

جمهوری اسلامی ایران
سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور

راهنمای

آیین‌نامه بتن ایران «آبا»

نشریه شماره ۱۲۶

معاونت امور فنی
دفتر امور فنی و تدوین معیارها

۱۳۸۱

انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور ۸۱/۰۰/۵۰

فهرستبرگه

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها
راهنمای آیین‌نامه بتن ایران (آبا) / معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین
معیارها - تهران: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک
علمی و انتشارات، ۱۳۸۱.

۴۳۴ صص مصور - (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، دفتر امور فنی و تدوین معیارها؛
نشریه شماره ۱۲۶) (انتشارات سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور؛ ۸۱/۰۰/۵۰)

ISBN 964-425-370-1

مربوط به بخشنامه شماره ۱۰۱/۹۳۶۴۰ مورخ ۱۳۸۱/۵/۲۶.

۱. بتن - مشخصات - دستنامه‌ها. ۲. بتن - استانداردها. الف. سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی
کشور. مرکز مدارک علمی و انتشارات. ب. عنوان.

۱۳۸۱ ش. ۱۲۶/۲۴/۳۶۸ TA

ISBN 964-425-370-1

شابک ۹۶۴-۴۲۵-۳۷۰-۱

راهنمای آیین‌نامه بتن ایران (آبا)

تهیه کننده: معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها

ناشر: سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور، معاونت امور پشتیبانی، مرکز مدارک علمی و انتشارات

چاپ اول: ۱۵۰۰ نسخه، ۱۳۸۱

قیمت: ۴۵۰۰۰ ریال

لیتوگرافی: قاسملو

چاپ و صحافی: چاپ زحل

همه حقوق برای ناشر محفوظ است.

۸۱۲۱/۱۸

۹



ریاست جمهوری

سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور
دفتر رئیس سازمان

بسمه تعالی

شماره : ۱۰۱/۹۳۶۴۰	به : تمامی دستگاههای اجرایی و مهندسان مشاور
تاریخ : ۱۳۸۱/۵/۲۶	
موضوع : راهنمای آیین‌نامه بتن ایران	
به استناد آیین‌نامه استانداردهای اجرایی طرحهای عمرانی موضوع ماده ۲۳ قانون برنامه و بودجه و در چارچوب نظام فنی و اجرایی طرحهای عمرانی کشور (مصوبه شماره ۲۴۵۲۵/ت/۱۴۸۹۸ هـ ، مورخ ۱۳۷۵/۴/۴ هیأت وزیران) به پیوست نشریه شماره ۱۲۶ دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان با عنوان «راهنمای آیین‌نامه بتن ایران» از نوع گروه سوم، ابلاغ می‌گردد. دستگاههای اجرایی، مهندسان مشاور، پیمانکاران و عوامل دیگر می‌توانند از این نشریه به عنوان راهنما استفاده نمایند و در صورتی که راهنمای بهتر در اختیار داشته باشند، رعایت مفاد این نشریه الزامی نیست. عوامل یاد شده باید نسخه‌ای از راهنمای جایگزین را برای دفتر امور فنی و تدوین معیارهای این سازمان ارسال دارند. محمد ستاری فر معاون رئیس جمهور و رئیس سازمان	

اصلاح مدارک فنی

خواننده گرامی:

دفتر امور فنی و تدین معیارهای سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور با استفاده از نظر کارشناسان برجسته مبادرت به تهیه این راهنما نموده و آنرا برای استفاده جامعه مهندسی کشور در اختیار قرار داده است. این دفتر معتقد است که با وجود تلاش فراوان، این اثر بطور طبیعی مصون از ایرادهایی نظیر غلطهای چاپی، دستوری، ابهام، اشکالات انشایی و موضوعی نیست.

از این رو، این دفتر صمیمانه از شما خواننده گرامی تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال اعم از ویرایشی یا موضوعی مراتب را بصورت زیر گزارش فرمایید:

۱- شماره بند و صفحه موضوع مورد نظر را مشخص کنید.

۲- ایراد مورد نظر را بصورت خلاصه بیان دارید.

۳- در صورت امکان متن اصلاح شده را برای جایگزینی ارسال نمایید.

۴- نشانی خود را برای تماس احتمالی ذکر فرمایید.

کارشناسان این دفتر نظرهای دریافتی را بدقت مطالعه نموده و اقدام لازم را معمول خواهند داشت. پیشاپیش از همکاری و دقت نظر شما همکار ارجمند قدردانی می‌شود.

نشانی برای مکاتبه: تهران، خیابان شیخ بهایی، بالاتر از ملاصدرا، کوچه لادن، سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور.

دفتر امور فنی و تدوین معیارها، صندوق پستی ۱۹۹۱۷

پیشگفتار

پس از انتشار اولین نسخه آیین‌نامه بتن ایران "آبا" در سال ۱۳۶۹ و استقبال بی‌نظیر مهندسان عمران در استفاده از آن، لزوم تهیه دستنامه آیین‌نامه بتن جزو دستور کار این دفتر قرار گرفت.

با توجه به آنکه "آبا" برای اولین بار مورد استفاده قرار می‌گرفت، ضرورت نگارش کتابی با مثالهای حل شده و جداول و نمودارهای لازم برای راهنمایی استفاده‌کنندگان، از آن زمان احساس می‌شد. کتاب حاضر به همین منظور تهیه شده است. در هر بخش از این کتاب سعی شده است با مثالهای متعدد و با ذکر شماره‌بندهای آیین‌نامه و توضیحات کافی، خواننده با نحوه بکارگیری روابط و ضوابط این آیین‌نامه آشنا شود. در بخش خمش و نیروی محوری نمودارهای اندرکنش ستونها همراه مثالهایی ذکر شده است.

زحمت نگارش این کتاب به عهده آقای دکتر فریدون امینی بوده و آقایان مهندس حسین فرزنانگان و دکتر موسی مظلوم نیز در این ارتباط با نگارنده همکاری داشته‌اند.

از سوی دفتر امور فنی و تدوین معیارها آقای مهندس حمیدرضا خاشعی عهده‌دار انجام هماهنگی‌های لازم بوده‌اند. از تمام کارشناسانی که با اظهارنظرهای خود بر غنای مجموعه افزوده‌اند و همچنین از سرکار خانم نیکوهمت که عهده‌دار تحریر و آماده‌سازی رایانه‌ای راهنما بوده‌اند، تشکر می‌شود.

ضمن آرزوی توفیق این عزیزان از تمامی مهندسان و متخصصان انتظار دارد این معاونت را از نظریات اصلاحی خود بهره‌مند نمایند.

معاون امور فنی
تابستان ۱۳۸۱

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	۱- کلیات
۲۰	۱-۱- مقدمه
۲۰	۲-۱- اصول طراحی
۲۲	۳-۱- اصول تحلیل
	۲- خمش
	نمودار جریان ها
۲۸	نمودار جریان ۱ : طراحی تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی
۲۹	نمودار جریان ۱-۱ : کنترل خمش در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی
۳۰	نمودار جریان ۳-۱ : طراحی برای خمش در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی
۳۱	نمودار جریان ۲ : طراحی دال های یک طرفه
۳۲	نمودار جریان ۱-۲ : طراحی برای خمش در دال های یک طرفه
۳۳	نمودار جریان ۳ : طراحی تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی
۳۴	نمودار جریان ۱-۳ : کنترل خمش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی
۳۵	نمودار جریان ۲-۳ : طراحی برای خمش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی
۳۷	نمودار جریان ۴ : طراحی تیرهای T شکل
	مثال ها
۳۹	مثال ۱ : محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده و بدون آرماتور فشاری
۴۲	مثال ۲ : طرح تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، تحت اثر خمش ساده
	مثال ۳ : محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت تاثیر نیروی
۴۴	محوری کوچکی نیز قرار دارد.
۴۷	مثال ۴ : انتخاب ضخامت و آرماتورهای کششی لازم برای یک دال بدون آرماتور فشاری و تحت اثر خمش ساده
	مثال ۵ : انتخاب ضخامت دال یک طرفه برای کنترل افت و محاسبه آرماتور کششی برای خمش ساده، در دال بدون
۵۰	آرماتور فشاری
	مثال ۶ : تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده. آرماتورهای
۵۲	فشاری جاری نمی شوند.
	مثال ۷ : تعیین آرماتورهای کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده با آرماتورهای فشاری

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مشخص	۵۶
مثال ۸ : تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل کمتر از ضخامت بال است.	۶۰
مثال ۹ : تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است.	۶۲
مثال ۱۰ : تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای تیر T' شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است و فولاد فشاری جاری نمی‌شود.	۶۷
مثال ۱۱ : محاسبه فولادهای فشاری و کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده.	
آرماتورهای فشاری برای شکل‌پذیری یا کنترل افت اضافه شده‌اند.	۷۳
مثال ۱۲ : محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت اثر خمش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تار فوقانی فشاری می‌باشد.	۷۶
مثال ۱۳ : محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل، که تحت اثر خمش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تار فوقانی کششی می‌باشد.	۷۹
جداول کمکی	
خمش ۱ : نسبت آرماتور و ضریب a_n برای طرح تقریبی و سریع تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری	۸۰
خمش ۲ : ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری	۸۱
خمش ۳ : ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتی که $f'_s = f_y$	۹۷
خمش ۴ : ضریب a''_n برای تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتیکه $f'_s < f_y$	۱۱۳
خمش ۵ : تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر	۱۱۵
۲- خمش و بار محوری	
مثالها	
مثال ۱ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری	۱۳۰
مثال ۲ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی (ستون بدون فولاد میانی)	۱۳۱
مثال ۳ : طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی	۱۳۲
مثال ۴ : طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی	۱۳۳

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱۳۴	مثال ۵ : طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و خمش دوجواره نمودارهای اندرکنش لنگر خمشی و بار محوری
۱۳۶	نمودارهای اندرکنش خمش و بار محوری ستون مستطیل شکل بدون فولاد میانی
۱۴۱	نمودارهای اندرکنش خمش و بار محوری ستون مستطیل شکل با فولاد میانی
۱۴۶	نمودارهای اندرکنش خمش و بار محوری ستونهای دایره‌ای
۴- برش و پیچش	
نمودار جریان‌ها	
۱۵۲	نمودار جریان ۱-۲ : کنترل برش برای طراحی تیر بدون محدودیت ارتفاعی
۱۵۳	نمودار جریان ۱-۵ : طراحی برای برش در تیر بدون محدودیت ارتفاعی
مثال‌ها	
۱۵۵	مثال ۱ : طراحی تیر برای برش با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۱، از آئین‌نامه بتن ایران
۱۵۸	مثال ۲ : تعیین مقاومت برشی بتن در تیر با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۲، از آئین‌نامه بتن ایران
۱۶۰	مثال ۳ : طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.
۱۶۴	مثال ۴ : طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت دوزنقه و مثلث است.
۱۶۷	مثال ۵ : طراحی خاموت‌های مایل برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.
۱۷۲	مثال ۶ : انتخاب شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها، در حالتی که حداقل آرماتور برشی مورد نیاز است.
۱۷۵	مثال ۷ : تعیین ضخامت لازم دال (یا شالوده) برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز.
۱۷۷	مثال ۸ : طراحی آرماتورهای برش اصطکاکی برای اتصال بین مصالح مختلف.
۱۷۹	مثال ۹ : طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش.
۱۸۳	مثال ۱۰ : استفاده از دو حلقه خاموت در طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش.
مثال ۱۱ : طراحی دستک در حالتی که نیروی کششی افقی برابر صفر است. برای جلوگیری از ایجاد نیروی کششی	
۱۸۷	افقی تمهیدات خاصی در نظر گرفته شده است.
۱۹۰	مثال ۱۲ : طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی N_u وجود داشته باشد.
مثال ۱۳ : طراحی دستک در حالتی که نیروی کششی افقی برابر صفر است ($N_u=0$) ولی هیچگونه تمهیداتی برای	
۱۹۳	جلوگیری از ایجاد آن در نظر گرفته نشده است.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

جداول کمکی

- برش ۱-۱ : حداکثر عرض تیر b_w ، در صورت استفاده از خاموت‌های U شکل به فواصل $\frac{d}{2}$ ۱۹۶
- برش ۱-۲ : حداکثر فاصله مجاز بین خاموت‌ها برای تیر که پهنای آن بیشتر از اعداد پیشنهادی جدول برش ۱-۱ می‌باشد ۱۹۷
- برش ۱-۲ : تعیین مقاومت برشی V_s برای خاموت‌های U شکل، $f_y = 300 \text{ MPa}$ ۱۹۸
- برش ۲-۲ : تعیین مقاومت برشی V_s برای خاموت‌های U شکل، $f_y = 400 \text{ MPa}$ ۲۰۰
- برش ۳ : ضرایب لازم برای طراحی خاموت‌های مایل ۲۰۲
- برش ۴ : تعیین درصد آرماتور عمود بر صفحه برش، در برشر اصطکاکی ۲۰۳

۵- تغییر شکلها

مثال‌ها

- مثال افت ۱ : ممان اینرسی موثر برای یک مقطع مستطیل شکل با آرماتور کششی ۲۰۶
- مثال افت ۲ : افت یک تیر مستطیل شکل با دهانه ساده و دارای آرماتور کششی ۲۰۹
- مثال افت ۳ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده T شکل با آرماتور کششی ۲۱۲
- مثال افت ۴ : ممان اینرسی یک مقطع ترک خورده و دارای آرماتور کششی و فشاری ۲۱۴
- مثال افت ۵ : افت ناشی از بار زنده و افت دراز مدت در یک تیر پیوسته ۲۱۶

جداول کمکی

- افت ۱ : لنگر خمشی ترک خوردگی M_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل ۲۲۶
- افت ۲ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} ، برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی ۲۲۸
- افت ۱-۳ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} ، برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، یا مقاطع T شکل در حالت $0.1 \leq \beta_e \leq 0.9$ ۲۳۰
- افت ۲-۳ : ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} ، برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، یا مقاطع T شکل در حالت $1 \leq \beta_e \leq 5$ ۲۳۳
- افت ۴ : ممان اینرسی موثر I_e ۲۳۶
- افت ۱-۵ : مقادیر M_c و K_{a3} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی ۲۳۹
- افت ۲-۵ : ضریب K_{a1} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی ۲۴۰

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
۶- دالهای دو طرفه	
مثال‌ها	
مثال ۱ : طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش مستقیم	۲۴۴
مثال ۲ : طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش مستقیم	۲۷۰
مثال ۳ : طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش قاب معادل	۲۸۴
مثال ۴ : طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش ضرایب لنگر خمشی	۲۹۶
جداول کمکی	
دال ۱ : ضریب α_f برای محاسبه α	۳۰۵
دال ۲ : ضریب ثابت C برای محاسبه سختی پیچشی K_f	۳۰۶
دال ۱-۳ : ضریب سختی k_c برای ستونهای دارای سرستون با پخ ۴۵ درجه	۳۰۸
دال ۲-۳ : ضریب سختی k_c برای ستونهای بدون سرستون پخ‌دار	۳۰۸
دال ۳-۳ : ضریب سختی k_c برای ستونهای دارای سرستون با پخ ۴۵ درجه	۳۱۰
دال ۱-۴ : ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر- دال و بدون کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل	۳۱۲
دال ۲-۴ : ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر- دال و دارای کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل	۳۱۵
۷- دیوارهای حائل	
مثال : طرح دیوار حائل بتنی در برابر فشارهای وارده از طرف خاک	۳۲۰
۸- شالوده‌ها	
مثال‌ها	
مثال ۱ : ضخامت شالوده منفرد و مربع شکل که دارای ستون با مقطع مربع باشد.	۳۲۸
مثال ۲ : ضخامت شالوده منفرد و مستطیل شکل که دارای ستون با مقطع مستطیل باشد.	۳۳۱
مثال ۳ : ضخامت و آرماتورگذاری شالوده یک طرفه	۳۳۶
مثال ۴ : ضخامت و آرماتورگذاری شالوده مربع شکل و دو طرفه	۳۳۹
مثال ۵ : ضخامت و آرماتورگذاری شالوده مستطیل شکل و دو طرفه	۳۴۳
مثال ۶ : ضخامت و آرماتورگذاری شالوده که به صورت متقارن بر روی شمع‌ها قرار گرفته است.	۳۴۸

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مثال ۷: ضخامت و آرماتورگذاری شالوده قرا رگرفته بر روی شمع‌های متقارن.....	۳۵۱
جداول کمکی	
شالوده ۱: ضریب K_{v1} برای محاسبه عمق موثر مورد نیاز d در برش‌های عادی یا یک طرفه.....	۳۵۴
شالوده ۲: عمق موثر مورد نیاز d برای برش سوراخ‌کننده.....	۳۵۵
۹- آرماتورگذاری	
نمودار جریان‌ها	
نمودار جریان ۱-۴: انتخاب میلگردها و کنترل ترک در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی.....	۳۶۲
مثال‌ها	
مثال ۱: انتخاب میلگردها برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی.....	۳۶۳
مثال ۲: کنترل ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی، در یک دال یک طرفه.....	۳۶۶
مثال ۳: آرماتورگذاری در دو لایه، برای تیر مستطیل شکل؛ تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک‌خوردگی.....	۳۶۸
مثال ۴: تعیین حداکثر عرض برای تیر دارای گروه میلگردهایی در تماس، با توجه به ضوابط عرض ترک‌خوردگی.....	۳۷۱
مثال ۵: طول مهار می‌لگرد مستقیم و قلاب‌دار در کشش.....	۳۷۳
مثال ۶: حداکثر قطر می‌لگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر دو سر مفصل و تحت اثر بار گسترده یکنواخت.....	۳۷۵
مثال ۷: حداکثر قطر می‌لگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یکی از دهانه‌های میانی مربوط به تیر یکسره و تحت اثر بار گسترده یکنواخت.....	۳۷۸
مثال ۸: حداکثر قطر می‌لگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر مربوط به یک قاب خمشی، و تحت اثر بار گسترده یکنواخت.....	۳۸۱
جداول کمکی	
آرماتورگذاری ۱: سطح مقطع و وزن واحد طول میلگردها.....	۳۸۴
آرماتورگذاری ۲: سطح مقطع میلگردها با در نظر گرفتن تعداد آنها.....	۳۸۵
آرماتورگذاری ۳: حداکثر مقدار A برای یک می‌لگرد به منظور کنترل ترک در تیرها و دالها.....	۳۸۶
آرماتورگذاری ۴: نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد میلگردهایی کششی تیرها و دالها که به صورت تکی به کار رفته‌اند.....	۳۸۷

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

آرما تورگذاری ۵ : نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد گروه میلگردها، در حالتی که میلگردهای با قطر مساوی در یک لایه قرار گرفته‌اند.....	۳۸۹
آرما تورگذاری ۶ : سطح مقطع میلگردهای موجود در یک متر عرض.....	۳۹۰
آرما تورگذاری ۷ : طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$	۳۹۱

۱۰- ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

مثال ۱ : طرح تیرهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد.....	۳۹۸
مثال ۲ : طرح ستونهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد.....	۴۱۰
مثال ۳ : طرح اتصالات تیر به ستون کناری سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد.....	۴۱۸
مثال ۴ : طرح اتصالات تیر به ستون میانی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد.....	۴۲۱
مثال ۵ : طرح دیوارهای برشی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد.....	۴۲۴

کلیات

۱-۱- مقدمه

در این فصل به اختصار مبانی طرح و تحلیل بکار رفته در آیین‌نامه بتن ایران تشریح خواهد شد. منظور از طراحی یک سازه تعیین پیکربندی، ابعاد و مشخصات قطعات آن به نحوی است که هدف‌های ایمنی، عملکرد مطلوب و پایداری سازه تامین شوند. ایمنی سازه وقتی حاصل می‌شود که:

- تحت اثر بارها و سربارهای متعارف آسیب نبیند.
- در اثر بارها و سربارهای استثنایی گسیخته نشود و فرو نریزد.
- منظور از عملکرد مطلوب این است که سازه برای بهره‌برداری پیش‌بینی شده ساختمان مزاحمت فراهم نکند و:
- تحت اثر بارها و سربارهای متعارف در آن ترک‌خوردگی و تغییر شکل بیش از حد بوجود نیاید بطوری که اجزای غیر سازه‌ای، نظیر نازک‌کاری و تیغه‌ها، دچار آسیب شوند.
- در اثر لرزش در بهره‌برداری کنندگان احساس ناامنی بوجود نیاید.
- هدف از پایداری این است که مصالح سازه کیفیت خود را در تمام طول عمر پیش‌بینی شده حفظ کند، بطوری که در اثر پیری و فرسودگی ایمنی و قابلیت بهره‌برداری سازه بیش از حد تقلیل نیابد.
- منظور از تحلیل سازه تعیین تلاش‌های موجود در مقاطع مختلف سازه، تحت اثر عامل‌های وارده، با در نظر گرفتن مشخصات هندسی و مکانیکی آن است. در تعیین تلاش‌ها باید نامساعدترین حالات را به لحاظ عملکرد توأم ترکیبات محتمل عامل‌ها در نظر گرفته شوند.

۱-۲- اصول طراحی

روش طراحی در آیین‌نامه بتن ایران بر اساس «طراحی در حالات حدی» است. در این روش سازه باید طوری طرح شود که با ایمنی مشخصی، تحت هیچ یک از شرایط نامساعد بارگذاری به هیچ یک از حالت‌های ویژه که اصطلاحاً «حالت‌های حدی» نامیده می‌شوند، برسد. حالت‌های حدی عمدتاً شامل حالت حدی نهایی مقاومت و حالت حدی بهره‌برداری می‌شود. در حالت حدی مقاومت، سازه یا قطعه‌ای از آن ممکن است به علت رسیدن به حداکثر ظرفیت خود گسیخته شود. در حالت حدی بهره‌برداری مواردی نظیر تغییر شکل‌های بیش از حد، لطمات موضعی نظیر ترک‌خوردگی و لرزش بیش از اندازه مطرح می‌باشد. علاوه بر موارد فوق حالات حدی نظیر: از دست رفتن تعادل سازه و یا قسمتی از آن به عنوان یک جسم صلب و یا تغییر شکل سازه یا قسمتی از آن در حدی که شکل هندسی و در نتیجه رفتار سازه را به کلی تغییر دهد، نیز باید بررسی شود. همچنین باید پایداری سازه در تمام طول عمر مفید پیش‌بینی شده حفظ شود، بطوری که در اثر پیری و فرسودگی ایمنی و قابلیت بهره‌برداری سازه بیش از حد تقلیل نیابد.

۱-۲-۱- حالت حدی نهایی مقاومت

در این حالت حدی، طراحی اعضای مختلف سازه چنان صورت می‌گیرد که مقاومت نهایی آنها در هر مقطع بزرگتر یا مساوی با تلاش‌های موجود در آن مقطع تحت اثر بارهای نهایی وارد به سازه باشد. برای این کار مقادیر مشخصه بارها در ضرایبی به نام «ضرایب جزیی ایمنی عامل‌ها» که با γ_f نشان داده می‌شود، ضرب می‌شوند. این ضرایب بیان‌کننده عدم یقین‌ها در برآورد صحیح مقادیر بارهای خارجی می‌باشند.

علاوه بر آن مقادیر مشخصه مقاومت‌های بتن و فولاد باید در ضرایبی به نام «ضرایب جزیی ایمنی مقاومت‌ها» که با ϕ_m نمایش داده می‌شوند، ضرب شوند. این ضرایب منعکس کننده عدم اطمینان موجود در کیفیت مصالح، نحوه اجرا، درستی ابعاد و اندازه قطعات‌اند. مقادیر γ_f بصورت ترکیب عامل‌ها و ϕ_m در جدول (۱-۱) و (۲-۱) نشان داده شده‌اند.

جدول (۱-۱) ترکیب عامل‌ها

انواع ترکیب عامل‌ها (حاصلضرب γ_f در انواع عامل‌ها)
1.25 D + 1.5 L*
D + 1.2 L* + 1.2 E (یا 1.2 W)
0.85 D + 1.2 E (یا 1.2 W)
1.25 D + 1.5 L* + 1.5 H (یا 1.25 F)
0.85 D + 1.5 H (یا 1.25 F)
D + 1.2 L + T
1.25 D + 1.25 T

* در مواردی که اثر بارهای زنده نامساعد و کاهش دهنده‌اند این اثر برابر با صفر منظور می‌شود.

در این جدول :

- D = - بار مرده
- L = - بار زنده
- E = - بار زلزله
- W = - بار باد
- H = - فشار خاک یا فشار ناشی از آبهای تحت‌الارضی
- T = - اثر تجمعی حرارت، جمع‌شدگی و وارفتگی بتن و نشست تکیه‌گاه‌ها
- F = - فشار و وزن مایعات

جدول (۲-۱) مقادیر ضرایب جزیی ایمنی مقاومت‌ها

نام	ϕ_m
ضریب جزیی ایمنی مقاومت بتن	$\phi_m = 0.6$
ضریب جزیی ایمنی مقاومت فولاد	$\phi_s = 0.85$

علاوه بر ضرایب γ_f و ϕ_m ، در آیین‌نامه ضریبی تحت عنوان «ضریب جزیی ایمنی اصلاحی» معرفی شده است که در مواردی که اهمیت قطعه و پیامدهای گسیختگی آن، از جمله شاخص بودن نوع گسیختگی مانند نرم یا ترد بودن آن، مورد نظر باشد، بکار گرفته می‌شود. این

ضریب بنا به مورد یا در مقاومت قطعه ضرب می‌شود و آن را کاهش می‌دهد (ϕ_n) یا در عامل‌ها ضرب می‌شود و آنها را افزایش می‌دهد (γ_n).

ضرایب اصلاحی ϕ_n و γ_n در طراحی کلیه قطعات مساوی با یک است مگر آنکه برای آن مقداری مشخص شده باشد، مانند مقدار $\gamma_n = 0.65$ در بند (۱۳-۸-۴) آیین‌نامه.

۱-۲-۲- حالات حدی بهره‌برداری

این حالات شامل دو حالت تغییر شکل و ترک‌خوردگی است. در این حالات حدی، کنترل می‌شود که تغییر شکل‌ها و ترک‌خوردگی‌های ایجاد شده در هر عضو تحت اثر بارهای بهره‌برداری وارد به سازه کوچکتر از مقادیر مشخصی باشند که در طرح مورد نظر بوده‌اند. در این حالت مقادیر ضرایب جزیی ایمنی بارها، γ_f و ضرایب جزیی ایمنی مقاومت، ϕ_s و ϕ_c ، برابر واحد در نظر گرفته می‌شوند.

۱-۳-۳- اصول تحلیل

در آیین‌نامه روش‌های زیر برای تحلیل سازه‌ها مجاز شمرده شده است:

۱-۳-۱- تحلیل خطی

در این روش تحلیل کلیه تلاش‌ها در مقاطع مختلف سازه با فرض خطی بودن رفتار مصالح کوچک بودن تغییر شکل‌های ایجاد شده و بر اساس تئوری الاستیسیته تعیین می‌شوند. این روش تحلیل را می‌توان برای انواع سازه‌ها در حالت حدی مقاومت و حالت حدی بهره‌برداری مورد استفاده قرار داد. ولی در سازه‌های متشکل از اعضای منشوری که در آنها تغییر مکان جانبی آزاد است، استفاده از این روش به شرطی مجاز است که ضریب لاغری ستون‌ها، $k \frac{\ell_u}{r}$ ، از صد تجاوز نکند.

در قاب‌های خمشی که در آنها محدودیت‌های خاصی رعایت شده باشند، تحلیل سازه را می‌توان با استفاده از روش‌های تقریبی انجام داد. این روش به شرح زیر خلاصه می‌شود:

در تیرهای یکسره و دال‌های یکطرفه ممتد، در صورتی که شرایط زیر موجود باشند، لنگرهای خمشی و تلاش‌های برشی را می‌توان در مقاطع مختلف با استفاده از جدول (۱-۳) تعیین نمود:

- تیر یا دال دارای حداقل دو دهانه باشد.

- اختلاف طول دو دهانه مجاور بیشتر از ۲۰ درصد طول دهانه کوچکتر نباشد.

- بارها در سراسر طول تیر یا دال تقریباً به صورت یکنواخت توزیع شده باشند.

- شدت بار زنده نهایی از سه برابر شدت بار مرده نهایی بیشتر نباشد.

- کلیه اعضا دارای مقاطع ثابت باشند.

جدول (۳-۱) مقادیر تقریبی لنگرها و برش‌ها در تیرهای یکسره و دال‌های یکطرفه

لنگر مثبت:	
دهانه‌های انتهایی	
$W_u \frac{\ell_n^2}{11}$	با انتهای غیر ممتد به صورت آزاد (غیر گیردار)
$W_u \frac{\ell_n^2}{14}$	با انتهای غیر ممتد به صورت یکپارچه با تکیه‌گاه
$W_u \frac{\ell_n^2}{16}$	دهانه‌های داخلی
لنگر منفی در وجه خارجی اولین تکیه‌گاه داخلی:	
$W_u \frac{\ell_n^2}{9}$	دو دهانه
$W_u \frac{\ell_n^2}{10}$	بیشتر از دو دهانه
$W_u \frac{\ell_n^2}{11}$	لنگر منفی در وجوه دیگر تکیه‌گاه‌های داخلی:
لنگر منفی در وجوه دیگر تکیه‌گاه‌ها برای:	
دال‌ها با دهانه‌های حداکثر ۳ متر و تیرهایی که در آنها نسبت مجموع سختی ستون‌ها به مجموع سختی تیرها در هر انتهای دهانه بیشتر از ۸ باشد.	
$W_u \frac{\ell_n^2}{12}$	
لنگر منفی در وجه داخلی کلیه تکیه‌گاه‌های خارجی برای اعضایی که با تکیه‌گاه‌های خود به صورت یکپارچه ساخته شده باشد:	
$W_u \frac{\ell_n^2}{24}$	در حالتی که تکیه‌گاه یک تیر محیطی باشد
$W_u \frac{\ell_n^2}{16}$	در حالتی که تکیه‌گاه یک ستون باشد
$1.15 W_u \frac{\ell_n}{2}$	برش در اعضای انتهایی در وجه اولین تکیه‌گاه داخلی
$W_u \frac{\ell_n}{2}$	برش در وجوه سایر تکیه‌گاه‌ها

 ℓ_n : دهانه آزاد

در تحلیل قاب‌های چند طبقه در سازه‌های متعارف تحت اثر بارهای قائم، در صورتی که تغییر مکان‌های جانبی عمده نباشند، می‌توان قاب‌ها را به زیر قاب‌های کوچکتری تفکیک و هر یک را جداگانه بررسی نکرد. هر یک از این زیر قاب‌ها شامل تیرهای یک طبقه و ستون‌های بالا و پایین همان طبقه است. انتهای این ستونها در محل اتصال به طبقات مجاوز گیردار فرض می‌شوند. در مواردی که اتصال ستونی به طبقه مجاوز مشخصاً مفصلی باشد، این اتصال مفصلی فرض می‌شود. در طرح ستون‌های هر طبقه از این قاب‌ها بارهای محوری منتقل شده از طبقات فوقانی باید منظور شوند.

در تحلیل قاب‌های چند طبقه در سازه‌های متعارف تحت اثر بارهای قائم، در صورتی که تغییر مکان‌های جانبی عمده نباشند، می‌توان روش فوق را به کار گرفت مشروط بر آنکه انتهای ستونها در محل اتصال به یک طبقه مجاوز گیردار و در محل اتصال به طبقه مجاوز دیگر گیردار ولی با امکان حرکت جانبی در نظر گرفته شوند.

در تحلیل قاب‌های چند طبقه برای بارهای جانبی استفاده از روش‌های تقریبی مانند روش «پرتال» در صورتی مجاز است که موقعیت نقاط عطف را بتوان با تقریب قابل قبولی مشخص نمود و اثر تغییر شکل‌های محوری ستون‌ها را هم در نظر گرفت. ولی برای ساختمان‌های متعارف با حداکثر هشت طبقه می‌توان از تغییر شکل‌های ستون‌ها صرف‌نظر کرد.

۱-۳-۲- تحلیل خطی همراه با بازپخش محدود

در این روش تحلیل، فرض‌های منظور شده عیناً مانند روش تحلیل خطی است. علاوه بر آنها اجازه داده می‌شود تلاش‌های موجود در مقاطع مختلف با توجه به مشخصات مکانیکی آنها به مقدار محدودی کاهش یا افزایش داده شوند. آثار ناشی از تغییرات این تلاش‌ها باید در سایر مقاطع نیز در نظر گرفته شوند.

این روش را می‌توان برای سازه‌های متشکل از اعضای منشوری و اعضای صفحه‌ای به شرح زیر اعمال کرد:

در قاب‌های خمشی با شرایط زیر می‌توان بازپخش لنگرهای خمشی را به مقدار گفته شده انجام داد:

- مقادیر لنگرهای خمشی منفی محاسبه شده در تکیه‌گاه‌ها، حداکثر به اندازه مقدار زیر کاهش داده می‌شوند، مشروط بر آنکه مقادیر لنگرها در سایر مقاطع، با توجه به شرایط تعادل بارها تغییر داده شوند.

$$R = 20(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

که در آن:

ρ = نسبت آرماتور کششی

ρ' = نسبت آرماتور فشاری

ρ_b = نسبت آرماتور کششی در مقطع متعادل

- بازپخش لنگرها تنها در صورتی انجام می‌شود که در مقطع مورد نظر مقدار ρ یا $\rho - \rho'$ کوچکتر از $0.7 \rho_b$ باشد.

- بازپخش لنگرها در اعضای خمشی با حرکت جانبی آزاد در صورتی که ضریب لاغری ستون، $k \frac{\ell_u}{r}$ بزرگتر از ۲۵ باشد مجاز نیست. در صورتی که ضریب لاغری ستون‌ها کوچکتر از ۲۵ باشد حداکثر بازپخش لنگرها به مقدار:

$$R = 10(1 - 0.7 \frac{\rho - \rho'}{\rho_b})\%$$

محدود می‌شود.

- در صورتی که برای تعیین تلاش‌ها از روش تقریبی استفاده شده باشد، بازپخش لنگرها مجاز نیست.

- بازپخش لنگرهای ناشی از نیروهای جانبی باد یا زلزله مجاز نمی‌باشد.

در دال‌های کسره دو طرفه مقادیر لنگرهای خمشی محاسبه شده در تکیه‌گاه‌ها را، در هر نوار، می‌توان به اندازه ۲۵ درصد کاهش یا افزایش داد مشروط بر آنکه مقادیر لنگرهای خمشی در سایر مقاطع آن نوار با استفاده از شرایط تعادل بارها تغییر داده شوند. بازپخش لنگرها در سیستم‌های دال که لنگرهای آنها با استفاده از روش مستقیم بند (۷-۱۵) آیین‌نامه تعیین شده‌اند، مجاز نیست.

۱-۳-۳- تحلیل غیر خطی

در این روش کلیه تلاش‌ها با توجه به رفتار غیرخطی مصالح و با توجه به اثر تغییر شکل‌های زیاد در سازه که به رفتار غیرخطی هندسی معروف است، تعیین می‌شوند.

تحلیل غیرخطی را می‌توان برای سازه‌های متشکل از اعضای منشوری و اعضای صفحه‌ای در حالت حدی نهایی و بهره‌برداری مورد استفاده قرار داد.

در این روش برای نمودار لنگر خمشی- انحنای اعضا می‌توان از نمودار دو خطی الاستو- پلاستیک که نمایشگر حالت ترک‌خورده بتن و حالت تشکیل مفصل پلاستیکی است، و یا از نمودار سه خطی که نمایشگر حالت ترک‌نخورده بتن، حالت ترک خورده بتن و حالت تشکیل مفصل پلاستیکی است، و یا از هر نمودار دیگری که با آزمایش تایید شده باشد، استفاده نمود.

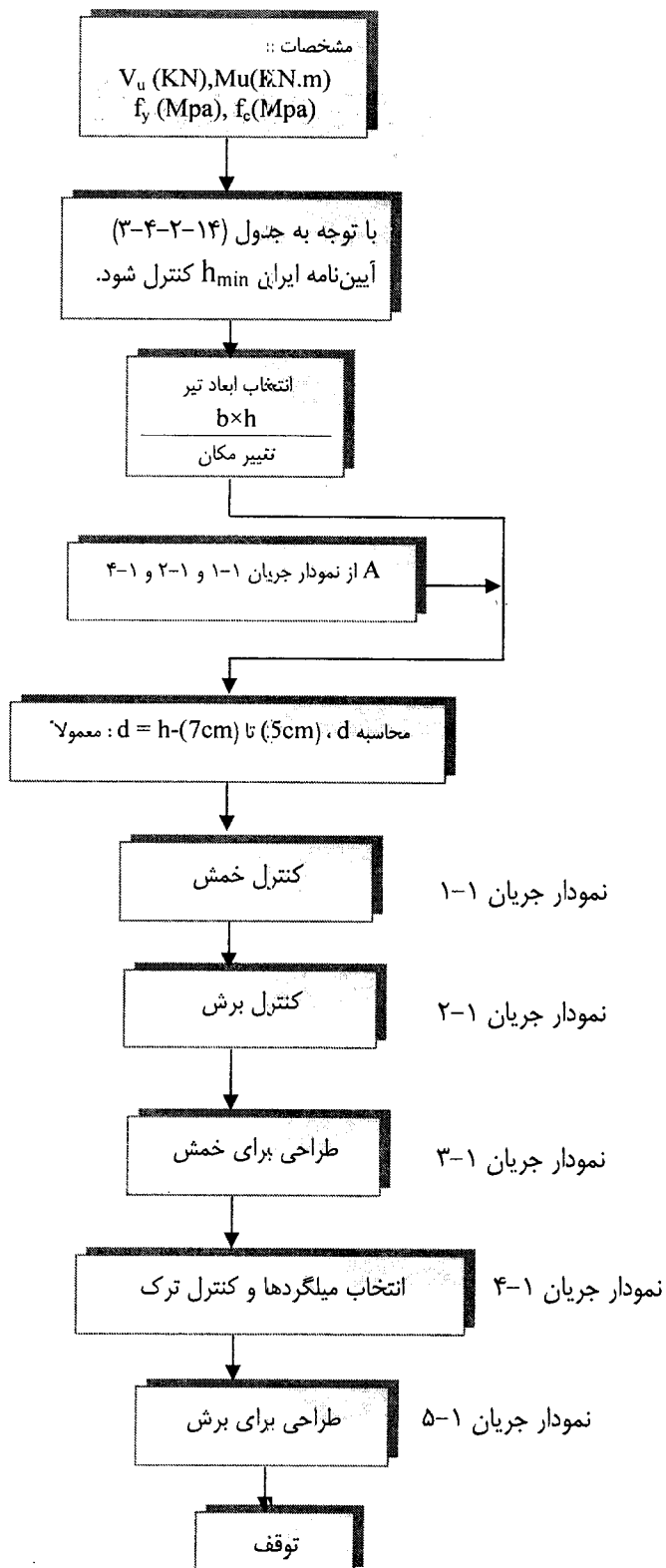
۱-۳-۴- تحلیل پلاستیک

در این روش کلیه تلاش‌ها با فرض رفتای صلب- پلاستیک قطعات و با استفاده از تئوری پلاستیسیته تعیین می‌شوند و برای اعضای صفحه‌ای تنها در حالات حدی نهایی بکار برده می‌شود. در دال‌ها این روش می‌تواند به صورت روش استاتیکی مانند روش نوارها و یا روش سینماتیکی مانند روش لولاهای گسیختگی بکار گرفته شود. در هر یک از این روش‌ها باید آرماتورگذاری در دال چنان صورت گیرد که نسبت به ظرفیت دوران لولاهای اطمینان کامل حاصل شود. در روش استاتیکی باید تابع توزیع لنگرهای خمشی انتخاب شده تا حد امکان نزدیک به تابع توزیع حاصل از روش تحلیل خطی باشد. در پوسته‌ها تنها استفاده از روش استاتیکی مجاز شمرده می‌شود. در این روش باید تابع توزیع لنگرهای خمشی انتخاب شده تا حد امکان نزدیک به تابع توزیع حاصل از روش تحلیل خطی باشد. در انتخاب این تابع باید تجارب گذشته و یا نتایج آزمایش‌های انجام شده را ملاک عمل قرار داد.

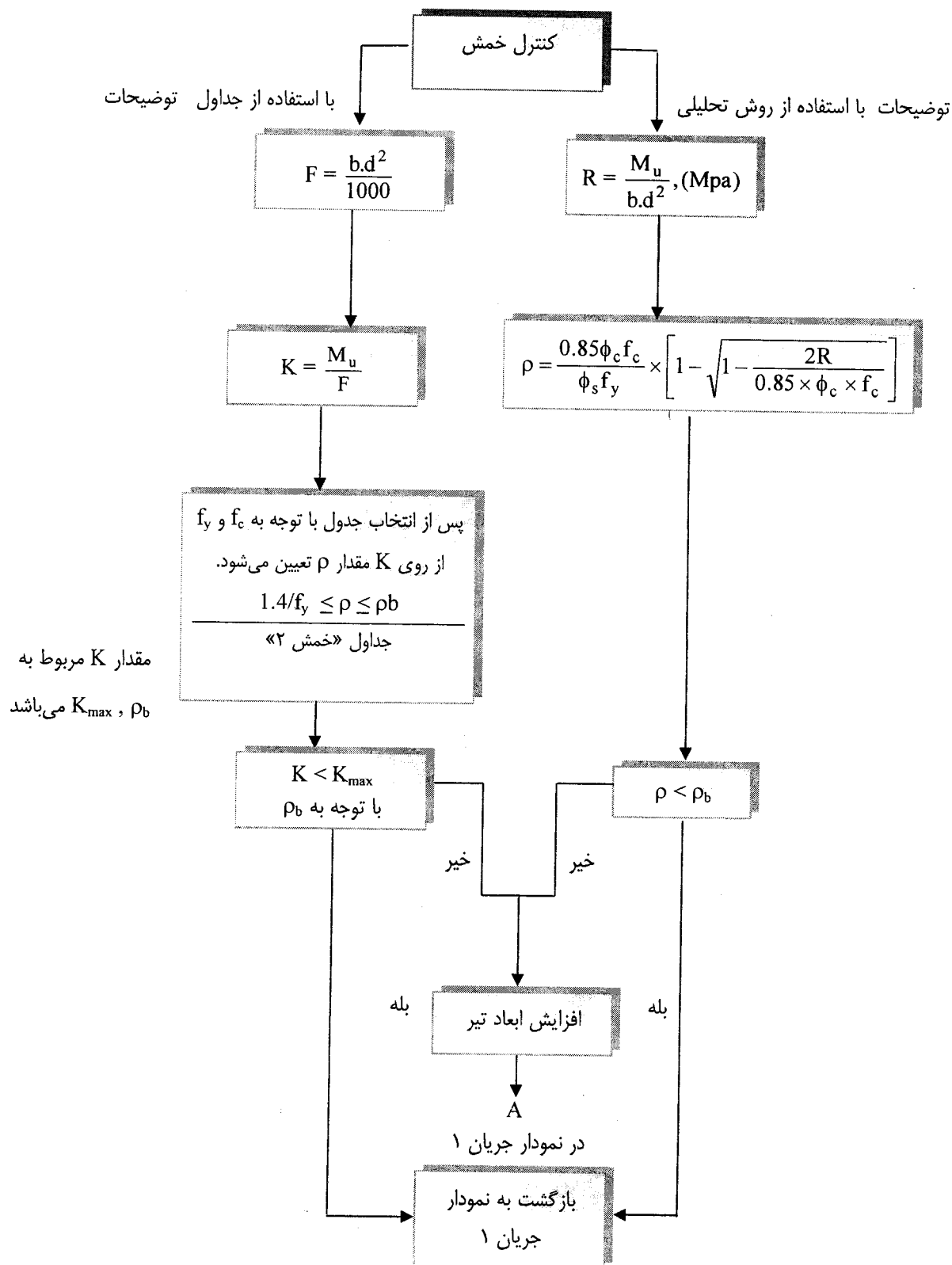
فصل

نمودار جریان ۱: طراحی تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی

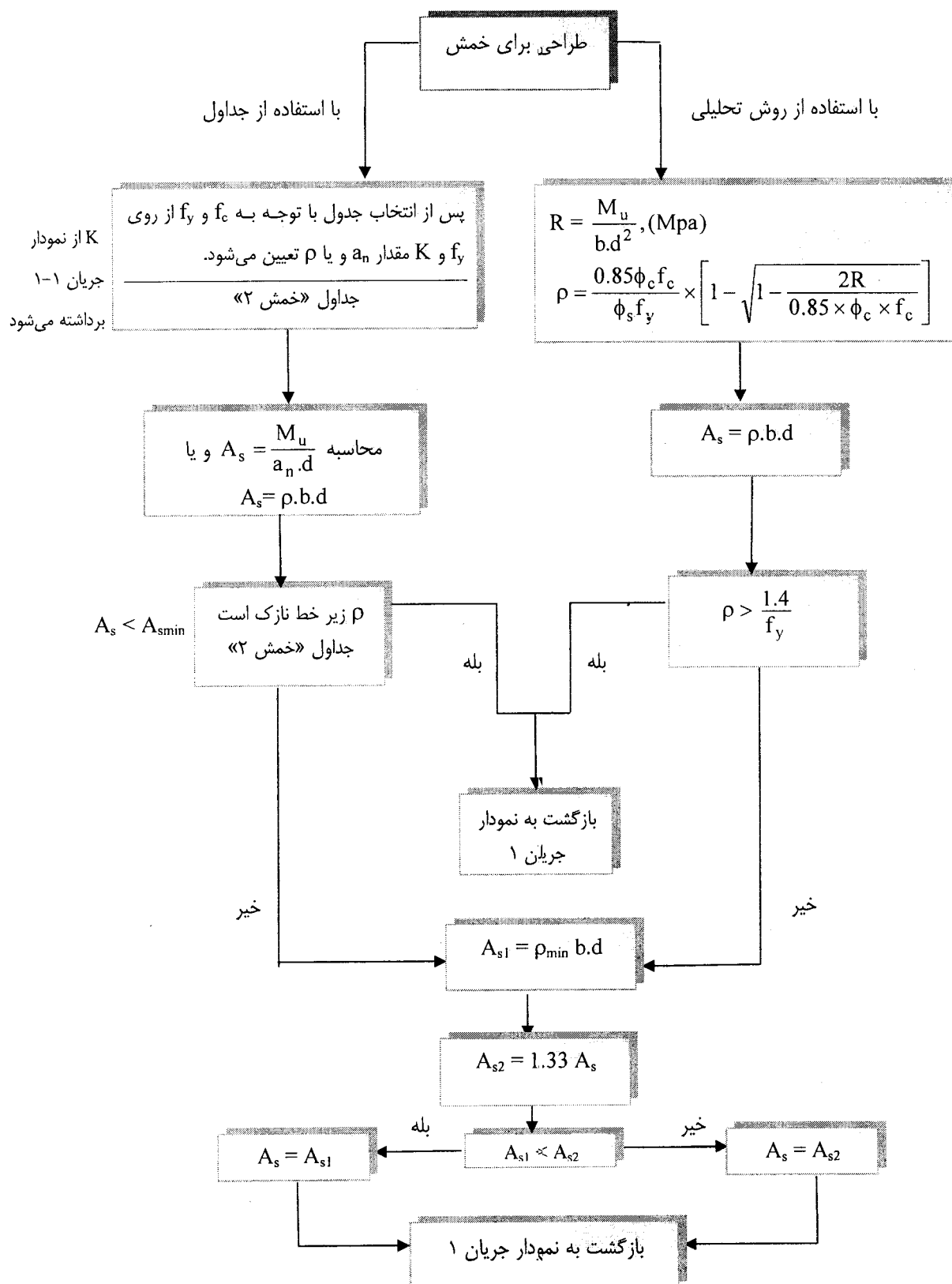
توضیحات: اگر اعضاء غیرسازه‌ای روی تیر در برابر تغییر شکل حساس باشند و یا $h < h_{min}$ باشد، کنترل تغییر مکان الزامیست. محدودیت تغییر مکان در تیرها، در جدول (۱-۴-۲-۱۴) آیین‌نامه ایران موجود است.



نمودار جریان ۱-۱: کنترل خمشی در تیر بدون محدودیت ارتفاعی

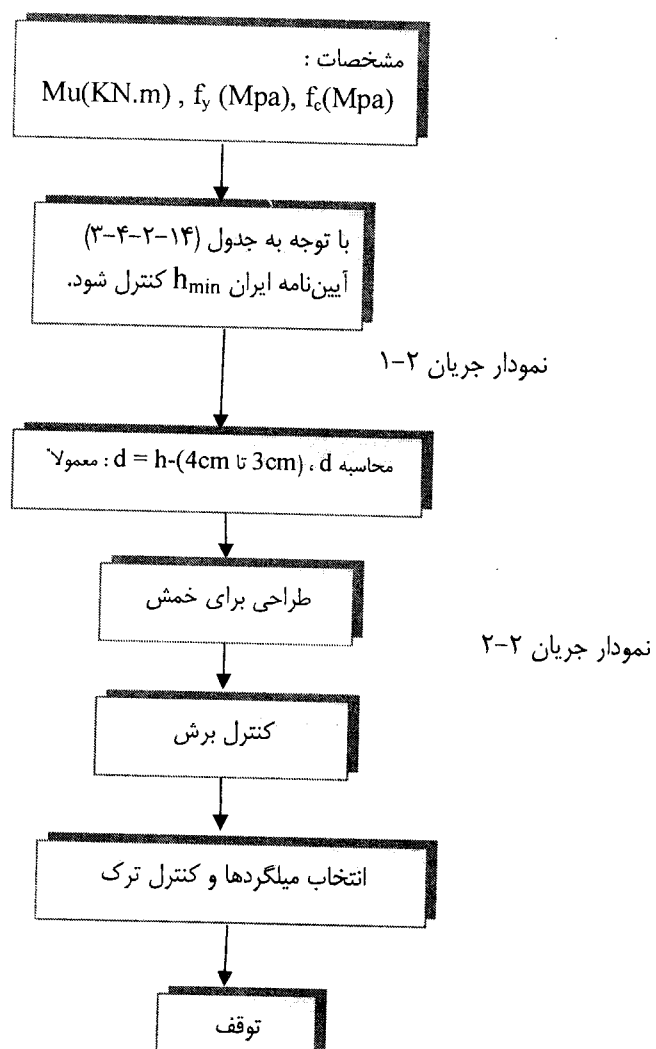


نمودار جریان ۱-۳: طراحی برای خمش در تیرهای بدون محدودیت ارتفاعی

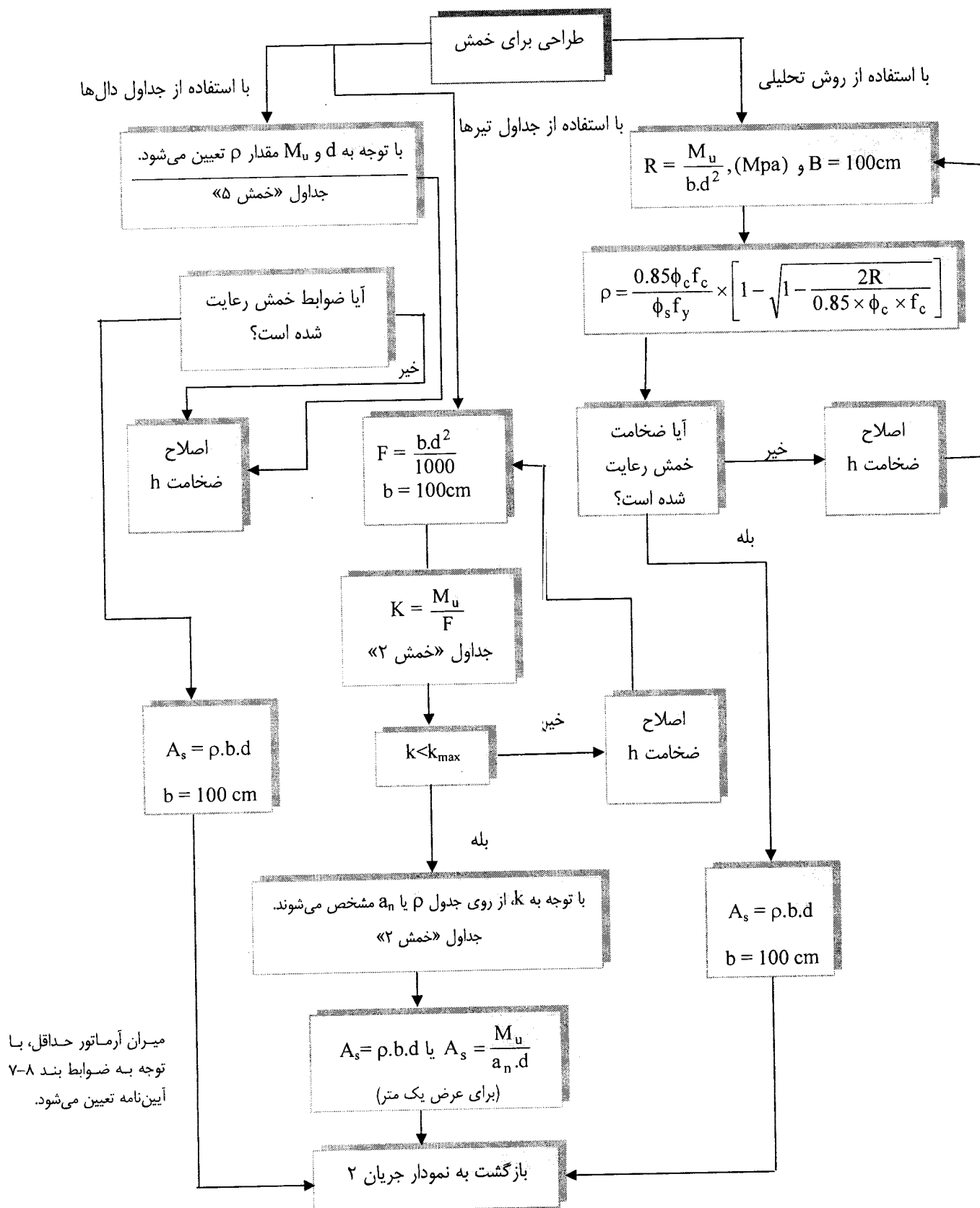


نمودار جریان ۲: طراحی دال‌های یک طرفه

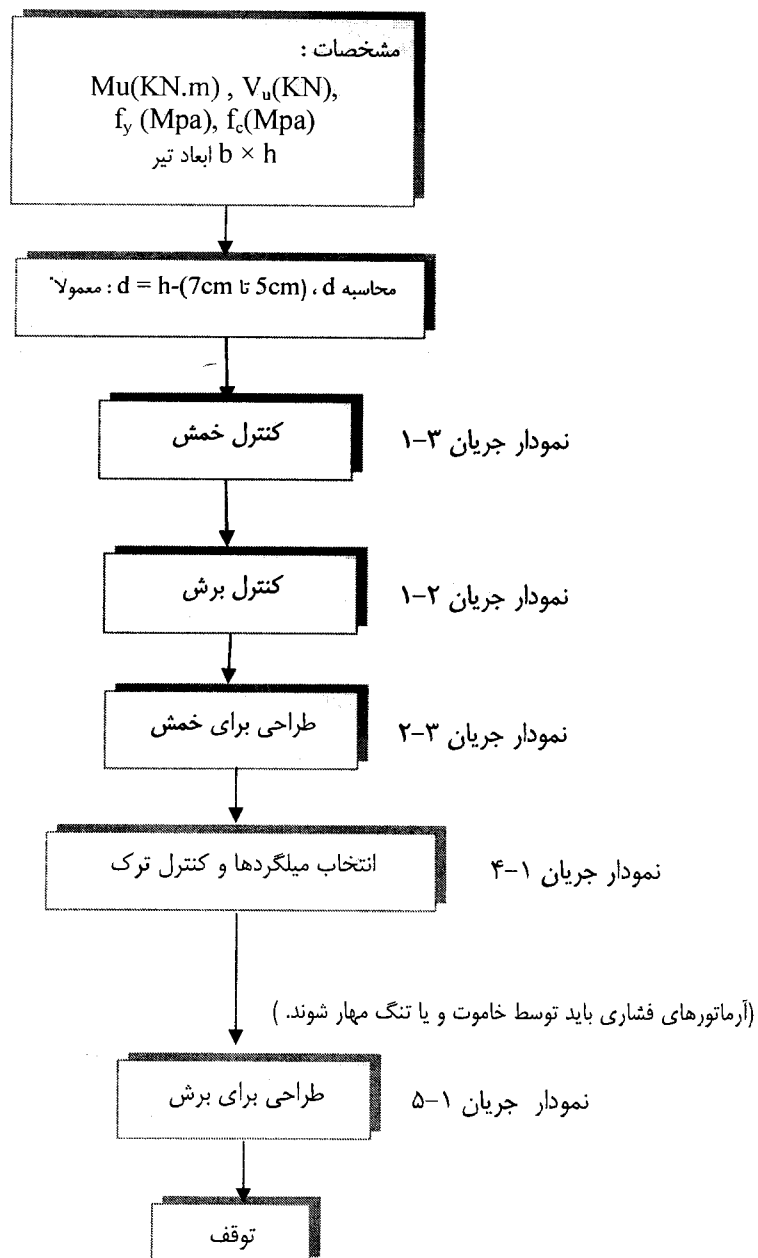
توضیحات: اگر اعضا غیر سازه روی دال در برابر تغییر شکل حساس باشند و یا $h < h_{min}$ باشد، کنترل تغییر مکان الزامیست. محدودیت تغییر مکان در دالها، در جدول ۱۴-۲-۴-۱ آیین‌نامه بتن ایران موجود است.



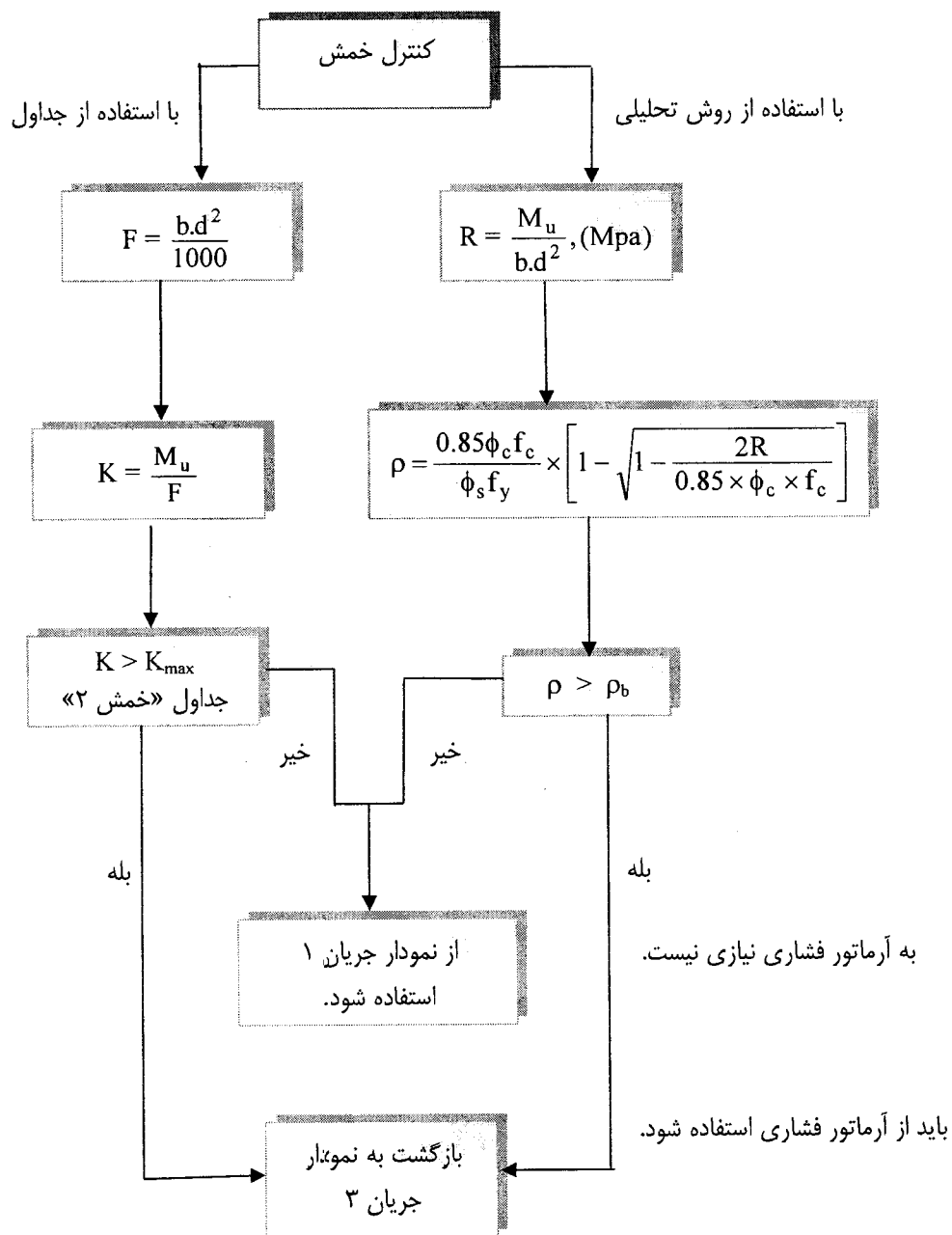
نمودار جریان ۱-۲ : طراحی برای خمش در دال‌های یک طرفه



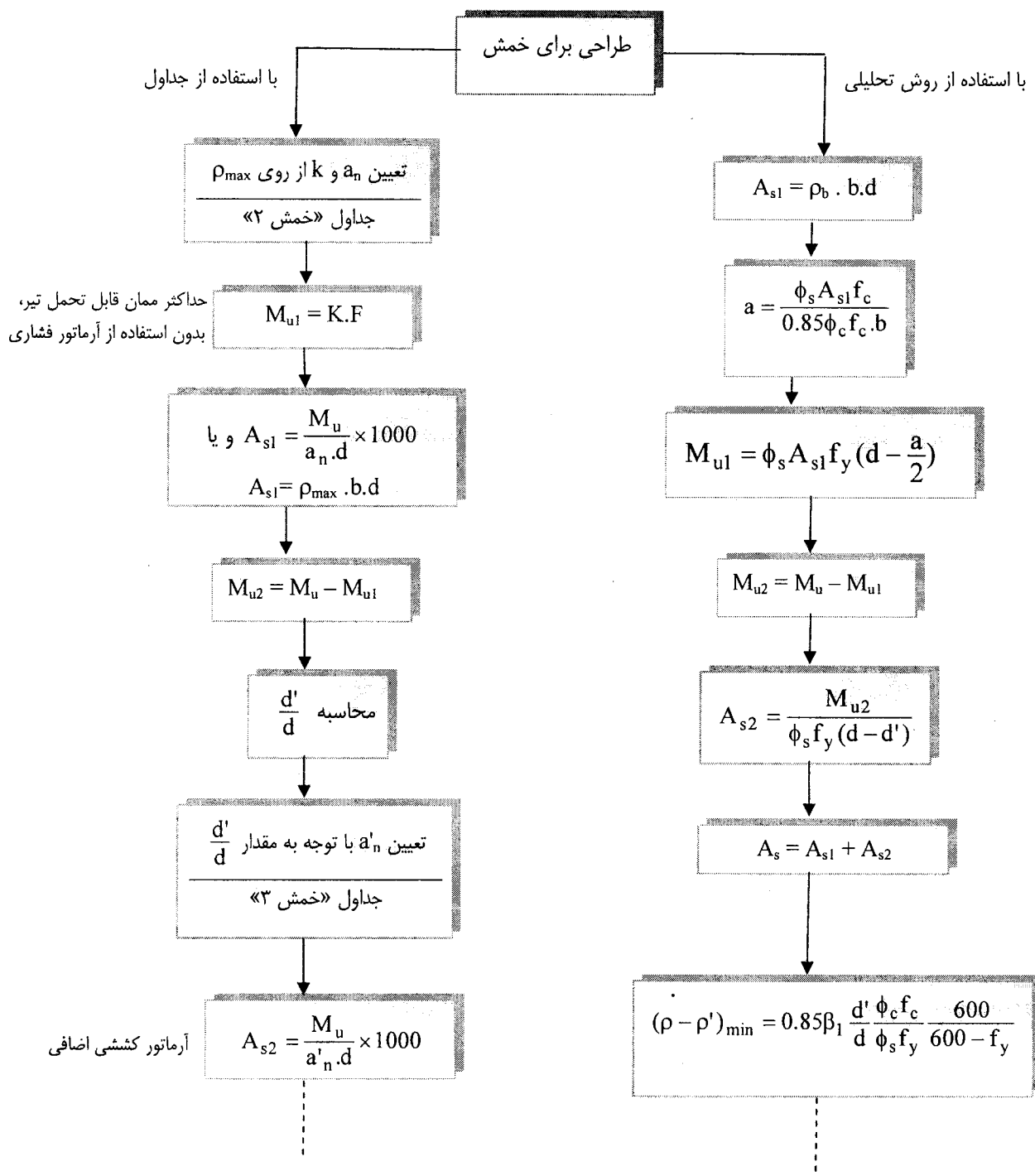
نمودار جریان ۳: طراحی تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



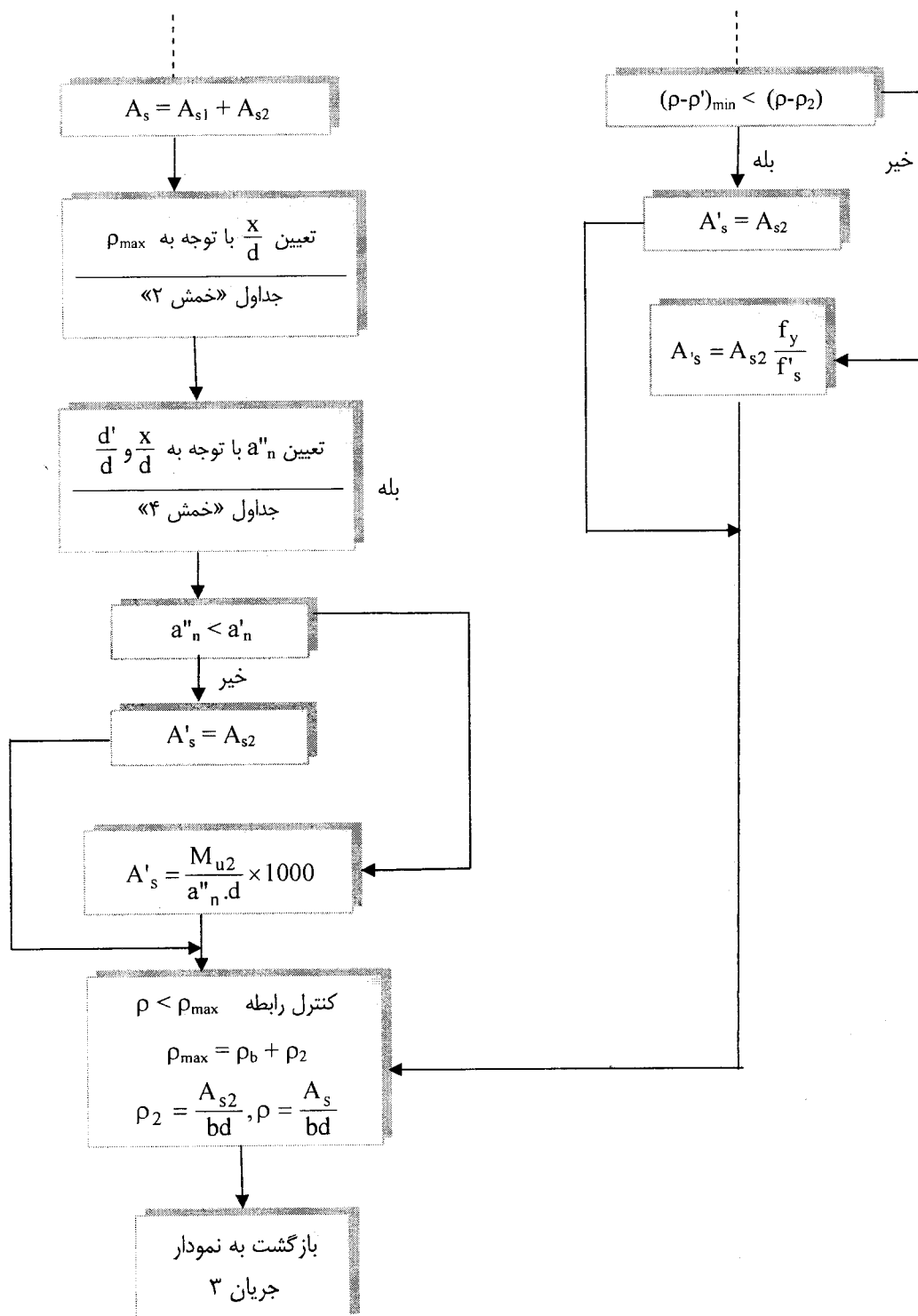
نمودار جریان ۱-۳: کنترل خمش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



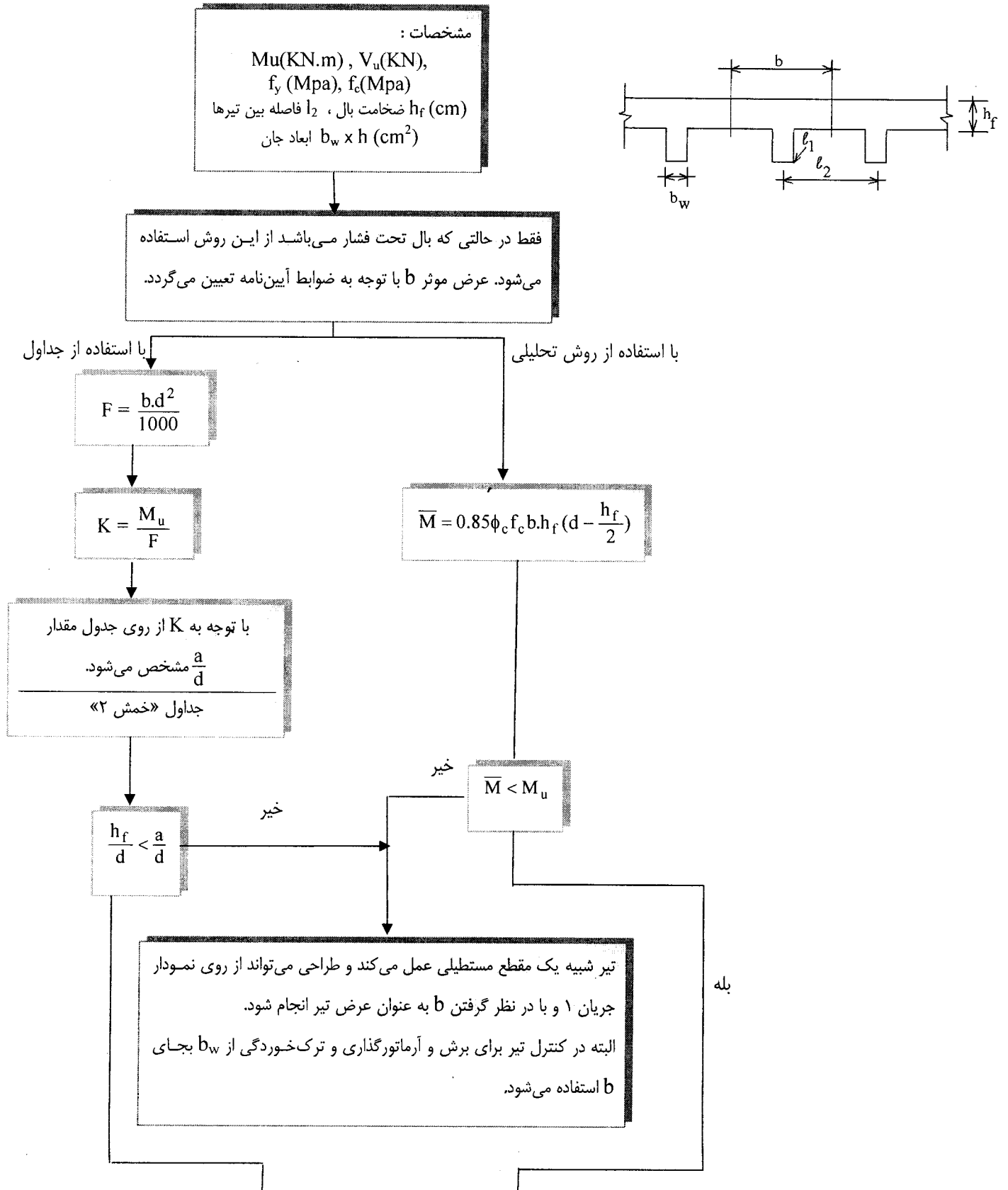
نمودار جریان ۲-۳: طراحی برای خمش در تیرهای دارای محدودیت ارتفاعی



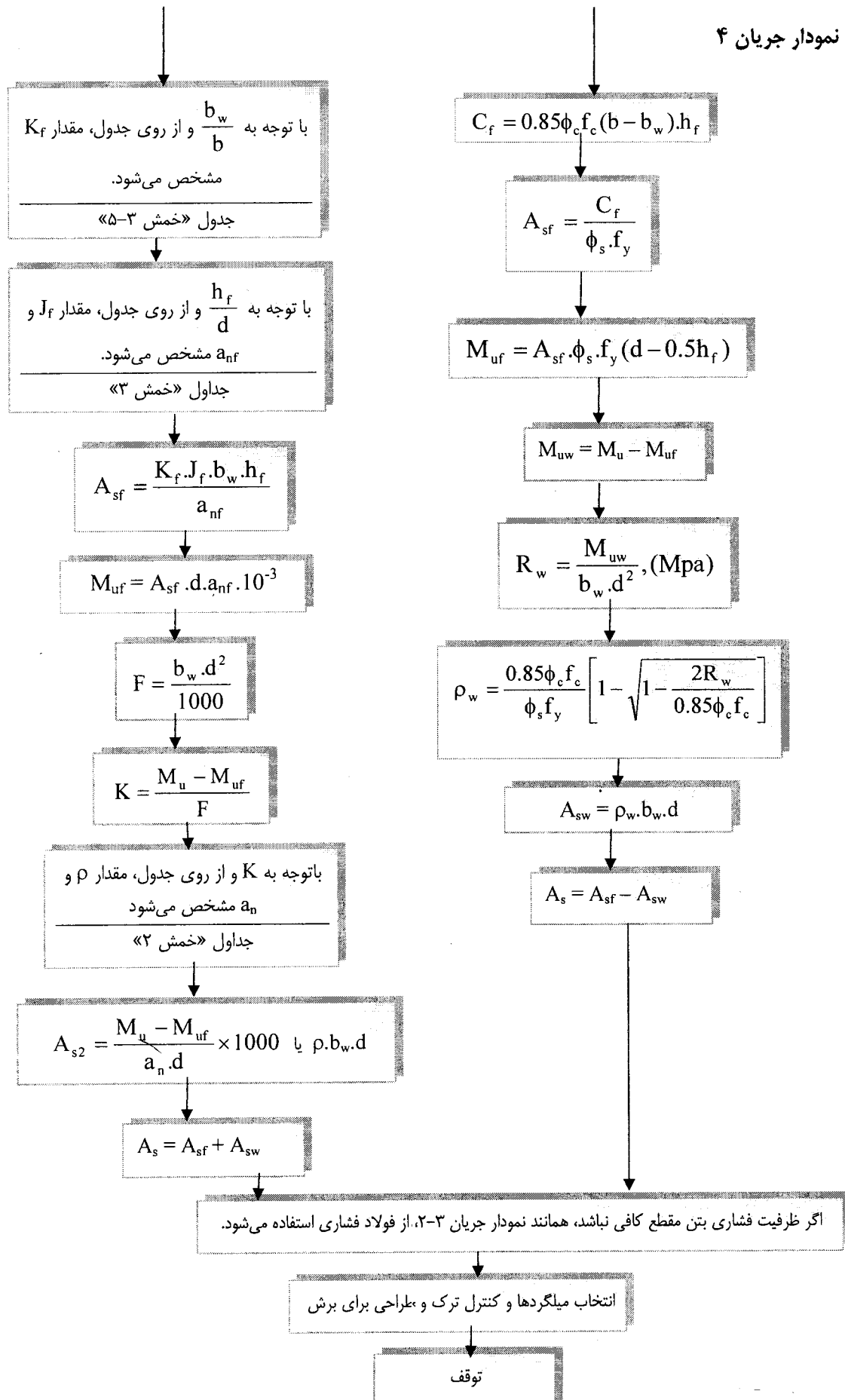
ادامه نمودار جریان ۲-۳



نمودار جریان ۴: طراحی تیرهای T شکل



ادامه نمودار جریان ۴



مثال ۱ محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده و بدون آرماتور فشاری

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر نهایی M_u ، میزان آرماتور کششی لازم را، با توجه به ابعاد تیر تعیین کنید. تیر در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

مشخصات :

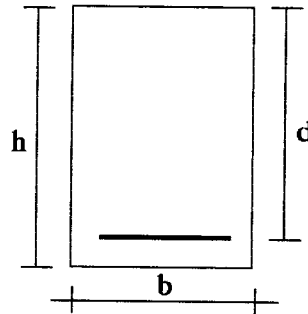
$$M_u = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) ۹-۲-۸ با توجه به قطر میلگردهای طولی و خاموت‌ها و پوشش بتنی، مقدار d تخمین زده می‌شود. - ضخامت پوشش - قطر خاموت - ارتفاع کل = ارتفاع موثر نصف قطر میلگرد فرض : $d = h - 1 - \frac{2}{2} - 3.5$ $d = 44.5 \text{ cm}$		
	گام دوم) R برای مقطع محاسبه می‌شود. $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $R = \frac{110}{1000 \times 0.25 \times 0.445^2}$ $R = 2.22 \text{ MPa}$	فصل ۱۱	
	گام سوم) ρ محاسبه می‌شود. $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.22}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.00746$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم) ρ_{min} محاسبه می گردد	
	$\rho_{min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 < \rho \text{ O.K.}$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{400} = 0.0028 < \rho \text{ O.K.}$	$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	۱-۲-۵-۱۱
		گام پنجم) ρ_{max} محاسبه می شود.	
	$\rho_{max} = 0.85 \times 0.85 \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \frac{600}{600 + 400}$ $\rho_{max} = 0.0153 > \rho \text{ O.K.}$	$\rho_{max} = 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$	۱-۵-۱۱
		گام ششم) A_s محاسبه می شود.	
	$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0.00746 \times 25 \times 44.5 = 8.3 \text{ cm}^2$	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$	
		ب: با استفاده از جدول «خمش ۱» گام اول) مقدار d مشخص می شود.	
	$d = 44.5 \text{ cm}$		
خمش - ۱	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم : $a_n = 286$	گام دوم) مقدار a_n مشخص می شود.	
		گام سوم) A_s محاسبه می شود.	
	$A_s = \frac{110}{286 \times 44.5} \times 1000 = 8.64 \text{ cm}^2$	$A_s = \frac{M_u}{a_n \cdot d} \times 1000$	
		ج) با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) مقدار d مشخص می شود.	
	$d = 44.5 \text{ cm}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) مقدار F محاسبه می شود.	$F = \frac{b.d^2}{1000}$
	$F = \frac{25 \times 44.5^2}{1000} = 49.5$		
		گام سوم) K محاسبه می شود.	$K = \frac{M_u}{F}$
	$K = \frac{110}{49.5} = 2.22$		
خمش ۱-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ $K=2.22$ داریم : $\rho = 0.0074$, $a_n = 297.84$	گام چهارم) مقدار ρ و یا a_n مشخص می شود.	
		گام پنجم) A_s محاسبه می شود.	$A_s = \rho.b.d$
	$A_s = 0.0074 \times 25 \times 44.5 = 8.2 \text{ cm}^2$	و یا :	و یا :
	$A_s = \frac{110}{297.84 \times 44.5} \times 1000 = 8.2 \text{ cm}^2$		$A_s = \frac{M_u}{a_n.d} \times 1000$

مثال ۲ طرح تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، تحت اثر خمش ساده.

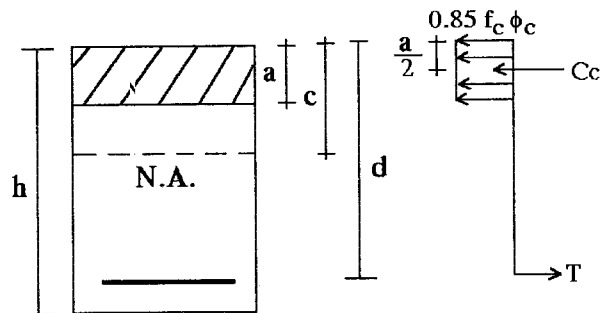
برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر نهایی M_u ، ارتفاع تیر h و فولاد مورد نیاز A_s را تعیین کنید. فرض کنید $\rho_b = 0.5$ و ρ و تیر در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

مشخصات:

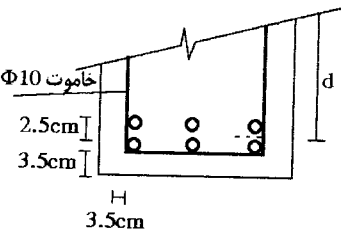
$$M_u = 160 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

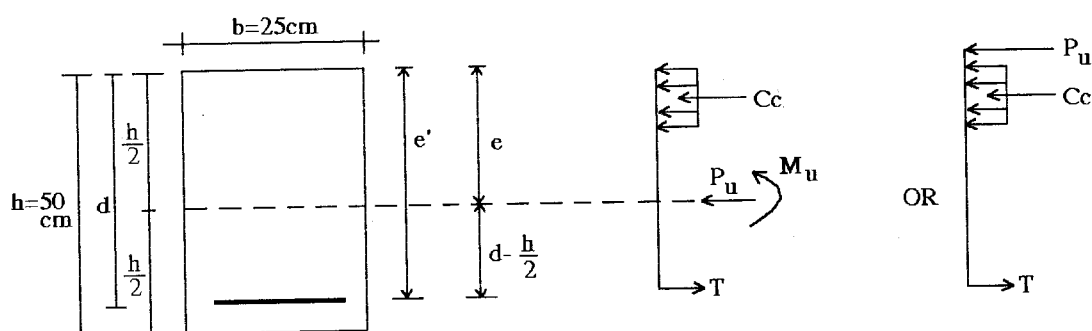


جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $\rho_b = 0.0153$ $\rho = 0.5 \rho_b = 0.0077 \approx 0.008$ محاسبه میزان R $R = \rho \phi_s f_y \left[1 - 0.5 \frac{\rho \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c} \right]$ تعیین bd^2 مورد نیاز $\frac{M_u}{R}$ محاسبه میزان d با فرض $b = 30 \text{ cm}$ (عرض ستون) $(bd^2)_{req} = \frac{160}{2.36 \times 1000} = 0.068 \text{ m}^3$ $d = \sqrt{\frac{(bd^2)_{req}}{b}} = \sqrt{\frac{0.068}{0.3}}$ $d = 0.48 \text{ m} = 48 \text{ cm}$	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول تعیین ابعاد تیر با توجه به میزان ρ محاسبه میزان R تعیین bd^2 مورد نیاز $\frac{M_u}{R}$ محاسبه میزان d با فرض $b = 30 \text{ cm}$ (عرض ستون)	۱۱-۵-۱
	تعیین میزان فولاد مورد نیاز $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = 0.0008 \times 30 \times 48 = 11.52 \text{ cm}^2$	گام دوم	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام سوم) انتخاب میلگردها کنترل عرض تیر  $USE \ 6 \ \Phi \ 16, A_s = 12.06 \text{ cm}^2$ با فرض وجود $3\Phi 16$ در هر لایه فاصله آزاد بین میلگردها برابر است با: $\frac{30 - 2 \times 3.5 - 2 \times 1 - 3 \times 1.6}{2} = 8.1 \text{ cm} > 2.5 \text{ cm O.K}$	گام سوم) انتخاب میلگردها کنترل عرض تیر	۱-۶-۲-۸ ۲-۶-۲-۸ ۲-۹-۲-۸
خمش ۱-۲	با توجه به قسمت الف: $\rho = 0.5 \quad \rho_b = 0.008$ برای $\rho = 0.008$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ داریم: $K = 2.3846, \quad a_n = 293.760$ $F = \frac{160}{2.3846} = 67.1$ $d = \left(\frac{1000 \times 67.1}{30} \right)^{1/2} = 47.3 \approx 48 \text{ cm}$	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) تعیین ابعاد تیر با توجه به میزان ρ مقدار K و a_n را بدست آورید. مقدار F را محاسبه کنید. $F = \frac{M_u}{K}$ با فرض $b = 30 \text{ cm}$ مقدار d را محاسبه کنید. $d = \left(\frac{1000 \times F}{b} \right)^{1/2}$	۱-۵-۱۱
	گام دوم) تعیین میزان فولاد مورد نیاز $A_s = \frac{M_u}{a_n \cdot b} \times 1000$ و یا: $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ $A_s = \frac{160}{293.76 \times 48} \times 1000 = 11.35 \text{ cm}^2$ $A_s = 0.008 \times 30 \times 48 = 11.52 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = 11.52 \text{ cm}^2$	گام دوم) تعیین میزان فولاد مورد نیاز	

مثال ۳ محاسبه آرماتورهای کششی لازم برای تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت تاثیر نیروی محوری کوچکی نیز قرار دارد.

مثال ۱ را با این فرض که علاوه بر لنگر خمشی $M_u = 110 \text{ KN.m}$ تحت تاثیر نیروی محوری $P_u = 200 \text{ KN}$ قرار دارد، حل کنید.



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) کنترل کوچک بودن نیروی محوری وارده $0.15\phi_c f_c A_g$	۱-۸-۱۱
	$0.15 \times 0.6 \times 20 \times 0.5 \times 0.25 \times 1000$ $= 225 \text{ KN} > 200 \text{ O.K}$		
		گام دوم) محاسبه خروج از محوری e'	
	$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{110}{200} = 0.55 \text{ m} = 55 \text{ cm}$ $e' = 55 + 44.5 - \frac{50}{2} = 74.5 \text{ cm}$	$e = \frac{M_u}{P_u}$ $e' = e + d - \frac{h}{2}$	
		گام سوم) محاسبه P_u, e'	
	$P_u, e' = 200 \times 0.745 = 149 \text{ KN.m}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام چهارم) R برای مقطع محاسبه می شود. $R = \frac{P_u \cdot e'}{bd^2}$ $R = \frac{149}{1000 \times 0.25 \times 0.445^2}$ $R = 3 \text{ MPa}$	گام چهارم) R برای مقطع محاسبه می شود. $R = \frac{P_u \cdot e'}{bd^2}$	فصل ۱۱
	گام پنجم) ρ محاسبه می شود. $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.011$	گام پنجم) ρ محاسبه می شود. $\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	
	گام ششم) A_s محاسبه می شود. $A_s = \rho bd - \frac{P_u}{\phi_s f_y}$ $A_s = 0.011 \times 0.25 \times 0.445 - \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400}$ تذکر: اگر A_s منفی شود، این روش قابل قبول نبوده و مقطع باید همانند یک ستون طراحی شود. $A_s = 1.22 \times 10^{-3} - 0.588 \times 10^{-3} = 6.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_s = 6.3 \text{ m}^2$	گام ششم) A_s محاسبه می شود. $A_s = \rho bd - \frac{P_u}{\phi_s f_y}$ تذکر: اگر A_s منفی شود، این روش قابل قبول نبوده و مقطع باید همانند یک ستون طراحی شود.	
	گام هفتم) مقایسه میزان فولاد بدست آمده یا A_{Smin} $A_{Smin} = \frac{1.4}{f_y} bd$ $A_{Smin} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y} bd$ تذکر: برای انتخاب میلگردها گام سوم مثال ۲ را ببینید. کنترل فاصله بین آرماتورها و عرض ترک و تغییر شکل انجام شود. $A_{Smin} = \frac{1.4}{400} \times 25 \times 44.5$ $= 3.89 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ $A_{Smin} = \frac{0.25\sqrt{20}}{400} \times 25 \times 44.5$ $A_{Smin} = 3.1 \text{ cm}^2 < A_s \text{ OK.}$	گام هفتم) مقایسه میزان فولاد بدست آمده یا A_{Smin} $A_{Smin} = \frac{1.4}{f_y} bd$ $A_{Smin} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y} bd$ تذکر: برای انتخاب میلگردها گام سوم مثال ۲ را ببینید. کنترل فاصله بین آرماتورها و عرض ترک و تغییر شکل انجام شود.	۱۱-۵-۲-۱

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام هشتم) کنترل کمتر بودن P_u از P_b $a_{bal} = \left(\frac{600 \times \beta_1}{600 + f_y} \right) d$ $P_{bal} = 0.85 \phi_c f_c b a_{bal} - \phi_s A_s f_y$ $a_{bal} = \frac{600 \times 0.85}{600 + 400} \times 44.5 = 22.7 \text{ cm}$ $P_{bal} = [0.85 \times 0.6 \times 20 \times 0.25 \times 0.227 - 0.85 \times 6.3 \times 10^{-4} \times 400] \times 10^3$ $P_{bal} = 365 \text{ KN} > P_u \text{ O.K.}$	گام هشتم) کنترل کمتر بودن P_u از P_b $a_{bal} = \left(\frac{600 \times \beta_1}{600 + f_y} \right) d$ $P_{bal} = 0.85 \phi_c f_c b a_{bal} - \phi_s A_s f_y$	
	با توجه به قسمت الف : $P_u \cdot e' = 149 \text{ KN.m}$	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) محاسبه خروج از محوری $P_u \cdot e'$	
	$F = \frac{25 \times 44.5^2}{1000} = 49.5$	گام دوم) مقدار F محاسبه می شود. $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	فصل ۱۱
	$K = \frac{149}{49.5} = 3.01$	گام سوم) K محاسبه می شود. $K = \frac{P_u \cdot e'}{F}$	
خمش ۱-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $K=3$ $a_n = 277.78$ داریم :	گام چهارم) مقدار a_n	
	$A_s = \frac{149 \times 10^3}{277.78 \times 44.5} - \frac{200 \times 10}{0.85 \times 400}$ $A_s = 12.05 - 5.88 = 6.17 \text{ cm}^2$ P_u بر حسب KN و d بر حسب cm می باشد. تذکر: کنترل فولاد حداقل و کمتر بودن P_u از P_b همانند قسمت الف انجام می شود.	گام پنجم) محاسبه A_s $A_s = \frac{P_u \times e' \times 10^3}{a_n \cdot d} - \frac{P_u \times 10}{\phi_s f_y} \text{ cm}^2$	

مثال ۴ انتخاب ضخامت و آرماتورهای کششی برای یک دال بدون آرماتور فشاری و تحت اثر خمشی ساده

برای یک دال تحت اثر لنگر خمشی M_u ، ضخامت h و میزان آرماتور مورد نیاز را تعیین کنید. دال در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

مشخصات :

$$M_u = 35 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_u = 35 \text{ KN.m}$ $\rho_b = 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$ $\rho_b = 0.0227$ $0.5 \rho_b \approx 0.011$ $R = \rho \phi_s f_y \left[1 - 0.5 \frac{\rho \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c} \right]$ $R = 0.011 \times 0.85 \times 300 \left[1 - 0.5 \frac{0.011 \times 0.85 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20} \right]$ $R = 2.42$ $(1 \times d^2)_{req} = \frac{M_u}{R} = \frac{35}{2.42 \times 1000} = 0.014 \text{ m}^2$ $d = 0.12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$ $A_s = \rho b d = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$	الف) با استفاده از روش تحلیلی گام اول) اگر ضخامت مشخصی مد نظر نباشد بهتر است ضخامت دال را طوری تعیین کنیم که درصد فولاد لازم حدود $0.5 \rho_b$ باشد.	۱۱-۵-۱

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) انتخاب میلگردها و فاصله بین آنها ($S_{max} = 3 h \leq 35 \text{ cm}$)	۶-۶-۲-۸
	USE $\Phi 16/15 \text{ cm}$, $A_s = 13.4 \text{ cm}^2/\text{m}$		
		گام سوم) تعیین h	۲-۹-۲-۸
	$d = 12 \text{ cm}$ $\text{شعاع آرماتور} = 0.8 \text{ cm}$ $\text{پوشش بتن} = 2 \text{ cm}$ $\text{مجموع} = 14.8 \text{ cm} \approx 15 \text{ cm}$ $d = 12.2 \text{ cm}$ پس		
		گام چهارم) محاسبه مجدد A_s و در صورت لزوم اصلاح آرماتورها و فاصله بین آنها	
	برای $d = 12.2 \text{ cm}$ و $M_u = 35 \text{ KN.m}$ مقدار فولاد مورد نیاز برابر خواهد بود با : $A_s = 12.98 \text{ cm}^2/\text{m}$ هنوز $\Phi 16/15 \text{ cm}$ قابل قبول است.		
		گام پنجم) کنترل فولاد حداقل $A_{Smin} = 0.002bh$	۳-۷-۸
	$A_{Smin} = 0.002 \times 100 \times 15 = 3 \text{ cm}^2 / \text{m} < A_s \text{ O.K.}$		
		گام ششم) اگر h کمتر از مقدار پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) آیین نامه باشد، باید تغییر شکلها را کنترل نمود.	۳-۴-۲-۱۴
		گام هفتم) کنترل ترک خوردگی	فصل ۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۱-۲	با توجه به قسمت الف : $\rho = 0.011$ برای $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $\rho = 0.011$ داریم : $K = 2.471$, $a_n = 218.79$ $F = \frac{35}{2.471} = 14.16$ $d = \left(\frac{1000 \times 14.16}{100} \right)^{1/2} = 11.9 \text{ cm} \approx 12 \text{ cm}$ $A_s = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) تعیین ضخامت دال با توجه به میزان ρ فصل ۱۱ $F = \frac{M_u}{K}$ $d = \left(\frac{1000 \times F}{b} \right)^{1/2}$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ تذکر: بقیه گام‌ها همانند قسمت "الف" است.	
خمش ۱-۵	با توجه به قسمت الف : $\rho = 0.011$ برای $f_y = 300 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $\rho = 0.011$ و $M_u = 35 \text{ KN.m}$ داریم : $d = 12 \text{ cm}$ $A_s = 0.011 \times 100 \times 12 = 13.2 \text{ cm}^2/\text{m}$	ج) با استفاده از جداول «خمش ۵» گام اول) تعیین ضخامت دال با توجه به میزان ρ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ تذکر: بقیه گام‌ها همانند قسمت "الف" است.	

مثال ۵ انتخاب ضخامت دال یکطرفه برای کنترل افت و محاسبه آرماتور کششی برای خمش ساده، در دال بدون آرماتور فشاری

برای عرض واحد از دال تحت اثر لنگر خمشی M_u ، ضخامت دال و میزان آرماتور مورد نیاز را تعیین کنید فرض کنید طول دال پیوسته از هر دو طرف برابر ۹ متر است. دال در معرض شرایط محیطی ملایم قرار دارد.

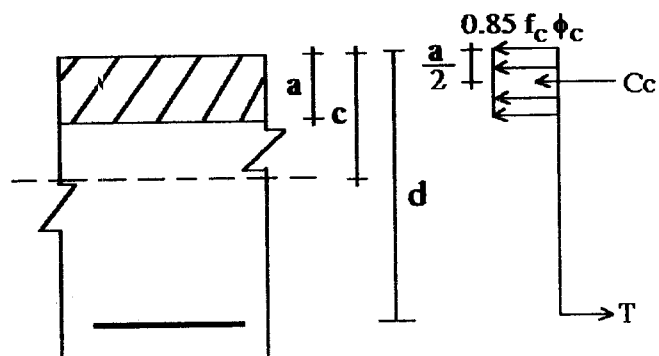
مشخصات :

$$M_u = 130 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۱-۵	$h_{l_{min}} = \frac{L}{28} = \frac{900}{28} = 32 \text{ cm}$ $d = 32 - 3 = 29$ برای $f_c = 20 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $M_u = 130 \text{ KN.m}$ و $d = 29 \text{ cm}$ داریم : $\rho = 0.005 \rightarrow A_s = 0.005 \times 100 \times 29$ $A_s = 14.5 \text{ cm}^2$	گام اول)	۱-۲-۱-۱۴
		در حالتی که در انتخاب ضخامت دال محدودیتی وجود ندارد می توانیم آنرا همانند مثال ۴ از روی $\rho \approx 0.5 \rho_b$ تعیین کنیم و یا از جدول (۳-۴-۲-۱۴) استفاده نماییم. در این مثال از جدول (۳-۴-۲-۱۴) استفاده شده است و فرض بر آن بوده که عناصر غیره سازه ای نسبت به تغییر شکل دال حساس نیستند.	۲-۹-۲-۸
		مجموع ضخامت پوشش بتن و شعاع آرماتور برابر ۳ سانتیمتر فرض می شود.	۱-۵-۱۱
		با توجه به d و M_u مقدار A_s محاسبه می شود.	۳-۲-۵-۱۱

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	USE $\Phi 20$, $A_b = 3.14 \text{ cm}^2$ $S = \frac{100 \times 3.14}{14.5} = 21.65 \text{ cm}$ USE $S = 20 \text{ cm}$	گام دوم) انتخاب میلگردها و فاصله بین آنها. ابتدا میلگرد انتخاب می شود و سپس فاصله بین میلگردها محاسبه می گردد. فاصله مرکز تا مرکز میلگردها $= \frac{100 \times A_b}{A_s}$	۶-۲-۸
	O.K. فاصله بین میلگردها کمتر از 35 cm است.	گام سوم) کنترل توزیع آرماتورهای خمشی	۱-۳-۵-۱۱ ۶-۶-۲-۸
	ضخامت پوشش + شعاع میلگرد + $h = d$ $h = 29 + 1 + 2 = 32 \text{ cm O.K.}$	گام چهارم) محاسبه مقدار دقیق h	۲-۹-۲-۸
	$h = 32 \text{ cm} = h_{\min}$ پس نیازی به کنترل میزان افت تیر نمی باشد.	گام پنجم) چون اعضاء غیر سازه ای نسبت به تغییر شکل دال حساس نیستند، در صورتی h کمتر از مقدار پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد، کنترل تغییر شکل لازم است. اگر اعضاء غیر سازه ای نسبت به تغییر شکل حساس باشند، باید در تمامی حالات میزان افت کنترل شود.	۳-۴-۲-۱۴

مثال ۶ تعیین آرماتورهای کششی و فشاری لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده. آرماتورهای فشاری جاری نمی‌شوند.

برای یک تیر مستطیل شکل با ابعاد مشخص و تحت اثر لنگر خمشی M_u آرماتورهای کششی و فشاری لازم را تعیین کنید.

مشخصات :

$$M_u = 210 \text{ KN.m}$$

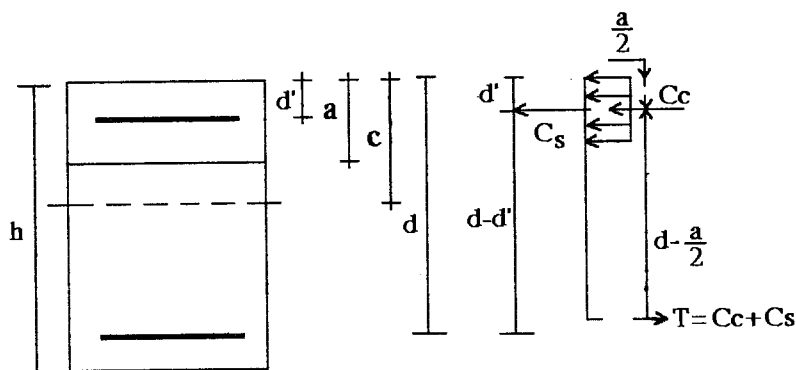
$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

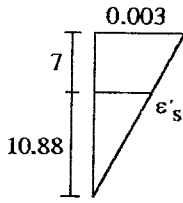
$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 30 \text{ cm}$$

$$d' = 7 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول تعیین مقاومت مقطع هنگام استفاده از ρ_{max} و بدون آرماتور فشاری (M_{u1})	۱۱-۵-۱
	$\rho_{max} = 0.85 \times 0.85 \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400} \frac{600}{600 + 400}$ $\rho_{max} = 0.019$	$\rho_{max} = \rho_b = 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$	
	$A_{s1} = \rho_{max} b d$ $A_{s1} = 0.019 \times 30 \times 30 = 17.1 \text{ cm}^2$		
	$a = \frac{0.85 \times 17.1 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 30} = 15.2 \text{ cm}$	$a = \frac{\phi_s A_{s1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	
	$M_{u1} = 0.85 \times 17.1 \times 10^{-4} \times 400 \left(0.3 - \frac{0.152}{2} \right) \times 10^3$ $M_{u1} = 130.2 \text{ KN.m} < 210 \text{ KN.m}$	$M_{u1} = \phi_s A_{s1} f_y \left(d - \frac{a}{2} \right)$ اگر مقاومت مقطع (M_{u1}) کمتر از M_u باشد، باید از آرماتور فشاری استفاده نمود.	
	$M_{u2} = 210 - 130.2 = 79.8 \text{ KN.m}$	$M_{u2} = M_u - M_{u1}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) محاسبه A_{s1} و A_{s2} $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_s = A_{s1} + A_{s2}$	
	$A_{s2} = \frac{79.8 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times (0.30 - 0.07)} \times 10^4$ $= 10.2 \text{ cm}^2$ $A_s = 17.1 + 10.2 = 27.3 \text{ cm}^2$		
		گام سوم) محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s در این مرحله باید $(\rho - \rho_2)$ را با $(\rho - \rho')_{\min}$ مقایسه کرد. اگر $(\rho - \rho_2) \leq (\rho - \rho')_{\min}$ باشد فولاد فشاری جاری می شود و $A'_s = A_{s2}$ در غیر اینصورت $A'_s = A_{s2} \frac{f_y}{f'_s}$ $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \beta_1 \frac{d' \phi_c f_c}{d \phi_s f_y} \frac{600}{600 - f_y}$ $a = \frac{\phi_s A_{s1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $x = \frac{a}{0.85}$ $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$	۳-۱۱ ۴-۱۱ ۲-۵-۴
	$\rho - \rho_2 = \frac{27.3}{30 \times 30} - \frac{10.2}{30 \times 30} = 0.019$ $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{7}{30} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400}$ $\frac{600}{600 - 400} = 0.0223$ $(\rho - \rho_2) < (\rho - \rho')_{\min}$ پس آرماتور فشاری به حد جاری شدن نمی رسد. $A_{s1} = 17.1 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 17.1 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 30} = 15.2 \text{ cm}$ $x = \frac{15.2}{0.85} = 17.88$  $\epsilon'_s = \frac{0.003}{17.88} \times 10.88 = 0.0018$ $\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.0020$ $A'_s = A_{s2} \frac{f_y}{f'_s} = A_{s2} \frac{\epsilon_y}{\epsilon'_s}$ $A'_s = 10.2 \times \frac{0.0020}{0.0018} = 11.3 \text{ cm}^2$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام چهارم) کنترل رابطه $\rho < \rho_{max}$ $\rho_{max} = \rho_b + \rho_2$ $\rho = \frac{A_s}{b.d}$	گام چهارم) کنترل رابطه $\rho < \rho_{max}$ $\rho_{max} = 0.019 + \frac{10.2}{30 \times 30} = 0.03$ $\rho = \frac{27.3}{30 \times 30} = 0.03 \leq \rho_{max}$	
	گام پنجم) آرما تورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ مهار شوند.	گام پنجم) آرما تورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ مهار شوند.	۲-۵-۸
	گام ششم) در صورتی که ارتفاع تیر کمتر از مقادیر پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد و یا اعضاء غیر سازه‌ای حساس در برابر تغییر شکل را تحمل نماید، باید افت را کنترل نمود.	گام ششم) در صورتی که ارتفاع تیر کمتر از مقادیر پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد و یا اعضاء غیر سازه‌ای حساس در برابر تغییر شکل را تحمل نماید، باید افت را کنترل نمود.	۱-۱-۲-۱۴
خمش ۲-۲	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲ و ۳» گام اول) محاسبه A_{s1} , M_{u2} , M_{u1} $F = \frac{b.d^2}{1000}$ $M_{u1} = K.F$ $M_{u2} = M_u - M_{u1}$ $A_{s1} = \rho_{max} b d$	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ داریم : $\rho_{max} = 0.019$, $K = 4.8117$ $a_n = 253.64$, $\frac{x}{d} = 0.597$ $F = \frac{30 \times 30^2}{1000} = 27$ $M_{u1} = 4.8117 \times 27 = 129.92 \text{ KN.m}$ $M_{u2} = 210 - 129.92 = 80.80 \text{ KN.m}$ $A_{s1} = 0.019 \times 30 \times 30 = 17.1 \text{ cm}^2$	
خمش ۲-۳	گام دوم) محاسبه A_s و A_{s2} $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{a'_n . d} \times 1000$ $A_s = A_{s1} + A_{s2}$	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $\frac{d'}{d} = \frac{7}{30} = 0.23$ داریم: $a'_n = 261.8$ $A_{s2} = \frac{80.80}{261.8 \times 30} \times 1000 = 10.2 \text{ cm}^2$ $A_s = 17.1 + 10.2 = 27.3 \text{ cm}^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۴	برای $\frac{d'}{d} = 0.23$ و $\frac{x}{d} = 0.597$ داریم: $a'' = 241.4 < a'_n$ $A'_s = \frac{80.80}{241.4 \times 30} \times 1000 = 11.06 \text{ cm}^2$	گام سوم) محاسبه A'_s در این مرحله a'_n و a''_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n < a'_n$ باشد آرماتور فشاری جاری نشده است و برای محاسبه A'_s باید از a''_n استفاده نمود.	۳-۱۱ ۴-۱۱

مثال ۷ تعیین آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر خمش ساده، با آرماتورها فشاری مشخص.

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، با فرض مشخص بودن مقدار A'_s ، میزان A_s را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$M_u = 330 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

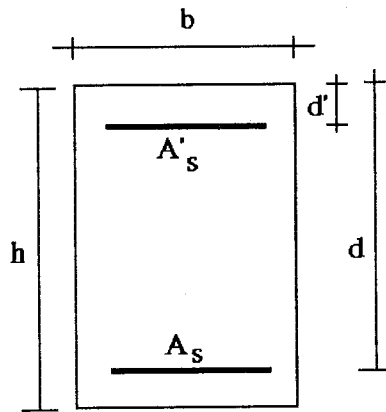
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d' = 5 \text{ cm}$$

$$A'_s = 11.4 \text{ cm}^2 \quad (3 \Phi 22)$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه M_{u2} $M_{u2} = \phi_s f_y A'_s (d-d')$ (فرض می کنیم آرماتور فشاری، جاری می شود)	فصل ۱۱
	$M_{u2} = 0.85 \times 400 \times 11.4 \times 10^{-4} \times (0.5 - 0.05) \times 10^3 = 174.4 \text{ KN}$	گام دوم) محاسبه M_{u1} $M_{u1} = M_u - M_{u2}$	
	$M_{u1} = 330 - 174.4 = 155.6 \text{ KN}$	گام سوم) محاسبه R $R = \frac{M_{u1}}{bd^2}$	
	$R = \frac{155.6}{1000 \times 0.25 \times 0.5^2} = 2.49 \text{ Mpa}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام چهارم) محاسبه ρ_1 $\rho_1 = \frac{0.85\phi_s f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.49}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho_1 = 0.00854 < \rho_b$ O.K. (FOR $f_c = 20$ MPa , $f_y = 400$ MPa) $\rho_b = 0.0153$	گام چهارم)	
	گام پنجم) محاسبه A_{s1} $A_{s1} = \rho_1 bd$ برای اطمینان از جاری شدن فولاد فشاری کنترل زیر را انجام می دهیم: IF : $(\rho - \rho')_{min} < \rho - \rho'$ O.K. $(\rho - \rho')_{min} = 0.85k_1 \frac{d' \phi_c f_c}{d \phi_s f_y} \frac{600}{600 - f_y}$ $(\rho - \rho')_{min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{5}{50} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400} \times \frac{600}{600 - 400} = 0.0077$ $\rho - \rho' = \frac{A_{s1}}{bd}$ $(\rho - \rho') = \frac{10.675}{25 \times 50} = 0.00854 > (\rho - \rho')_{min}$ O.K. تذکره: اگر فولاد فشاری جاری نشود (یعنی $f'_s(\epsilon'_s < \epsilon_y)$ را یافته و M_{u2} را با استفاده از آن محاسبه می کنیم. سپس گامهای دوم تا پنجم را مجدداً تکرار می نماییم.	گام پنجم)	
	گام ششم) محاسبه A_s $A_s = A_{s1} + A_{s2}$ $A_s = 10.675 + 11.4 = 22.075 \text{ cm}^2$	گام ششم)	
	گام هفتم) کنترل محاسبات $a = \frac{(A_s - A'_s) \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $a = \frac{10.675 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 25} = 14.23 \text{ cm}$	گام هفتم)	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_u = [10.675 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.5 - \frac{0.1423}{2}) + 11.4 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400(0.5 - 0.05)] \times 10^{-3}$ $= 330 \text{ KN O.K.}$	$M_u = (A_s - A'_s) \phi_s f_y (d - \frac{a}{2}) + A'_s \phi_s f_y (d - d')$	
	گام هشتم) انتخاب میلگردها در انتخاب میلگردها باید به مسائل مربوط به مهار و وصله آرماتورها محدودیت فواصل بین آنها و پارامتر ترک خوردگی توجه کرد. آرماتورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ محصور شوند.	فصل ۲۸ ۶-۲-۸ ۳-۱۴ ۲-۵-۸	
خمش ۱-۳	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲ و ۳ و ۴» گام اول) محاسبه M_{u2} $M_{u2} = \frac{A'_s \cdot a'_n \cdot d}{1000}$ (با فرض جاری شدن فولاد فشاری) برای $\frac{d'}{d} = \frac{5}{50} = 0.1$، $f_y = 400 \text{ MPa}$، $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $a'_n = 306$ $M_{u2} = \frac{11.4 \times 306 \times 50}{1000} = 174.4 \text{ KN.m}$		
	گام دوم) محاسبه M_{u1} $M_{u1} = M_u - M_{u2}$ $M_{u1} = 330 - 174.4 = 155.6 \text{ KN}$		
	گام سوم) محاسبه K $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $K = \frac{M_{u1}}{F}$ $F = \frac{25 \times 50^2}{1000} = 62.5$ $K = \frac{155.6}{62.5} = 2.49$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۱-۲	برای $k = 2.49$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $a_n = 291.5, \frac{x}{d} = 0.337$	گام چهارم) تعیین a_n	
	$A_{s1} = \frac{155.6}{291.5 \times 50} \times 1000 = 10.676$	گام پنجم) محاسبه A_{s1} $A_{s1} = \frac{M_{ul}}{a_n \cdot d} \times 1000$	
خمش ۴	برای $\frac{d'}{d} = 0.1$ و $\frac{x}{d} = 0.337$ داریم: $a''_n = 324 > a'_n \quad \text{O.K.}$	گام ششم) کنترل جاری شدن فولاد فشاری در این مرحله a'_n و a''_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n > a'_n$ باشد فولاد فشاری جاری می شود.	
	$A_s = 10.676 + 11.4 = 22.076 \text{ cm}^2$	گام هفتم) محاسبه A_s $A_s = A_{s1} + A'_s$ تذکر: سایر مراحل همانند قسمت الف است.	

مثال ۸ تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل کمتر از ضخامت بال است.

برای یک تیر T شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، میزان آرماتورهای کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$M_u = 290 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

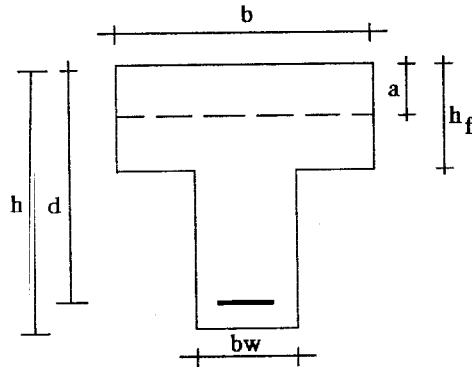
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 75 \text{ cm}$$

$$b_w = 25 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$h_f = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف) با استفاده از روش تحلیلی گام اول) برای مستطیل بزرگ مقدار R محاسبه می شود. $R = \frac{M_u}{bd^2}$	فصل ۱۱
	$R = \frac{290}{1000 \times 0.75 \times 0.50^2} = 1.547 \text{ MPa}$	گام دوم) ρ و A_s محاسبه می شوند. $\rho = \frac{0.85\phi_s f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.547}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.00496$ $A_s = 0.00496 \times 75 \times 50 = 18.6 \text{ cm}^2$	گام سوم) a محاسبه شده و با h_f مقایسه می گردد. $a = \frac{A_s \cdot \phi_s \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	
	$a = \frac{18.6 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 75} = 8.27 < h_f \text{ O.K.}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\rho_{min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{400} = 0.0028$ $\frac{A_s}{b_w d} = \frac{18.6}{25 \times 50} = 0.0149 > \rho_{min} \text{ O.K.}$	گام چهارم) کنترل فولاد حداقل $\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$ $\rho_{min} = \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	۱-۲-۵-۱۱
	$F = \frac{75 \times 50^2}{1000} = 187.5$	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) با توجه به مستطیل بزرگ، مقدار F محاسبه می شود. $F = \frac{b.d^2}{1000}$	
	$K = \frac{290}{187.5} = 1.55$	گام دوم) محاسبه K $K = \frac{M_u}{F}$	
خمش ۱-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ و k $= 1.55$ داریم: $\rho = 0.0049, \frac{a}{d} = 0.165$	گام سوم) محاسبه ρ و $\frac{a}{d}$	
	$\frac{h_f}{d} = \frac{10}{50} = 0.2 > \frac{a}{d} \text{ O.K.}$	گام چهارم) محاسبه $\frac{h_f}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{a}{d}$	
	$A_s = 0.0049 \times 75 \times 50 = 18.38 \text{ cm}^2$	گام پنجم) محاسبه A_s $A_s = \rho.b.d$	

مثال ۹ تعیین آرماتور کششی لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است.

برای یک تیر T شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، میزان آرماتورهای کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$M_u = 825 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

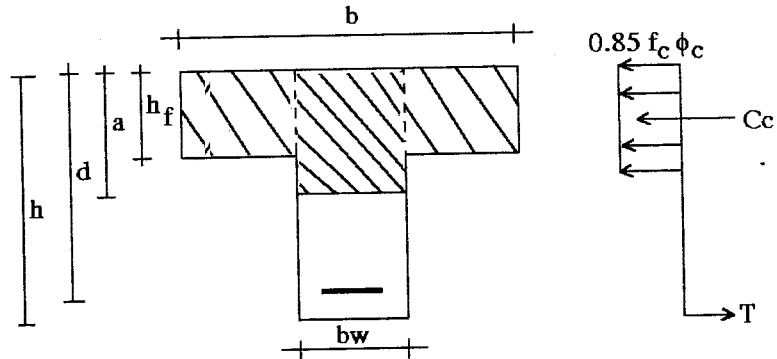
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 180 \text{ cm}$$

$$b_w = 75 \text{ cm}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$h_f = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف) با استفاده از روش تحلیلی گام اول) برای مستطیل بزرگ مقدار R محاسبه می شود.	فصل ۱۱
	$R = \frac{825}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2} = 2.865 \text{ Mpa}$	$R = \frac{M_u}{bd^2}$	
		گام دوم) ρ و A_s محاسبه می شوند.	
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.865}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.01$ $A_s = 0.01 \times 180 \times 40 = 72 \text{ cm}^2$	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	
		گام سوم) a محاسبه شده و با h_f مقایسه می گردد.	
	$a = \frac{72 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 180} = 13.3 \text{ cm} > h_f$	$a = \frac{A_s \cdot \phi_s \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		تذکر ۱: چون مقدار a بیشتر از ضخامت دال است، باید مقطع T شکل را وارد محاسبات نمود. تذکر ۲: در ابتدای مسئله می توان $\bar{M} = 0.85\phi_c f_c b h_f \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$ را محاسبه نمود. و با M_u مقایسه کرد. اگر $M_u > \bar{M}$ باشد، باید وارد محاسبات تیر T شکل گردید.	
	گام چهارم) محاسبه M_{uf} و A_{sf} مقاومت فشاری بال برابر است با: $C_f = 0.85\phi_c f_c (b - b_w) h_f$ $C_f = [0.85 \times 0.6 \times 20(1.8 - 0.75) \times 0.1] \times 1000$ $C_f = 1071 \text{ KN}$ فولاد مورد نیاز A_{sf} برای موازنه با نیروی C_f برابر است با: $A_{sf} = \frac{C_f}{\phi_s f_y}$ $A_{sf} = \left[\frac{1071 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \right] \times 10^4 = 31.5 \text{ cm}^2$ و لنگر مقاوم بال برابر است با: $M_{uf} = A_{sf} \cdot \phi_s \cdot f_y (d - 0.5h_f)$ $M_{uf} = 1.071 \times (0.4 - 0.5 \times 0.1) \times 10^3$ $M_{uf} = 374.85 \text{ KN.m}$	گام چهارم) محاسبه M_{uf} و A_{sf} مقاومت فشاری بال برابر است با: $C_f = 0.85\phi_c f_c (b - b_w) h_f$ $C_f = [0.85 \times 0.6 \times 20(1.8 - 0.75) \times 0.1] \times 1000$ $C_f = 1071 \text{ KN}$ فولاد مورد نیاز A_{sf} برای موازنه با نیروی C_f برابر است با: $A_{sf} = \frac{C_f}{\phi_s f_y}$ $A_{sf} = \left[\frac{1071 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \right] \times 10^4 = 31.5 \text{ cm}^2$ و لنگر مقاوم بال برابر است با: $M_{uf} = A_{sf} \cdot \phi_s \cdot f_y (d - 0.5h_f)$ $M_{uf} = 1.071 \times (0.4 - 0.5 \times 0.1) \times 10^3$ $M_{uf} = 374.85 \text{ KN.m}$	
	گام پنجم) محاسبه M_{uw} و A_{sw} $M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $M_{uw} = 825 - 374.85 = 450.15 \text{ KN.m}$	گام پنجم) محاسبه M_{uw} و A_{sw} $M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $M_{uw} = 825 - 374.85 = 450.15 \text{ KN.m}$	

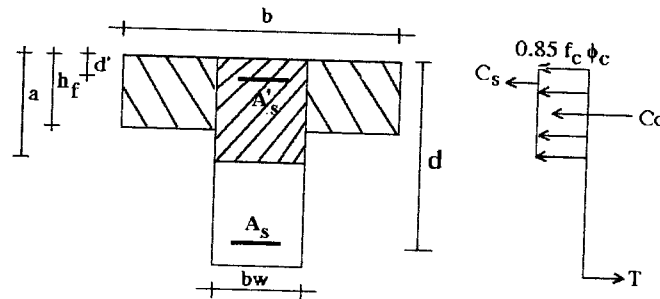
جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$R_w = \frac{450.15}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2}$ $\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 3.75}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho_w = 0.0146$ $\rho_b = 0.85 \times 0.85 \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \frac{600}{600 + 400}$ $\rho_b = 0.0153 > \rho_w$ پس نیازی به آرماتور فشاری نیست. $A_{sw} = 0.0146 \times 75 \times 40 = 43.8 \text{ cm}^2$	$R_w = \frac{M_{uw}}{b_w d^2}$ $\rho_w = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_w}{0.85 \times \phi_c \times f_c}} \right]$ اگر $\rho_w < \rho_b$ باشد نیازی به آرماتور فشاری نیست. $\rho_b = 0.85 k_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 + f_y}$ $A_{sw} = \rho_w b_w . d$	بند آیین نامه
	$A_s = 31.5 + 43.8 = 75.3 \text{ cm}^2$	گام ششم) محاسبه کل فولاد لازم برای تحمل لنگر M_u $A_s = A_{sf} + A_{sw}$	
	$a_w = \frac{43.8 \times 0.85 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 75} = 19.47$ $M_u = \left[43.8 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times \left(0.4 \frac{0.1947}{2} \right) \right] + 31.5 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times \left(0.4 \frac{0.1}{2} \right) \times 10^3 = 825.5 \approx 825 \text{ KN.m OK.}$	گام هفتم) کنترل محاسبات $a_w = \frac{A_{sw} \phi_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b_w}$ $M_u = A_{sw} \phi_s f_y \left(d - \frac{a_w}{2} \right) + A_{sf} \phi_s f_y \left(d - \frac{h_f}{2} \right)$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هشتم) کنترل حداکثر مقدار مجاز آرماتور کششی	۱۱-۵-۱۱
	$\rho_{\max} = 0.0153 + \frac{31.5}{75 \times 40}$ $\rho_{\max} = 0.0258$ $\rho = \frac{75.3}{75 \times 40} = 0.0251 < \rho_{\max} \text{ O.K.}$	$\rho_{\max} = \rho_b + \rho_f$ $\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}$ $\rho = \frac{A_s}{b_w d}$	
		ب: با استفاده از جداول «خمش ۲ و ۳» گام اول) محاسبه F با توجه به مستطیل بزرگ	فصل ۱۱
	$F = \frac{180 \times 40^2}{1000} = 288$	$F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	
		گام دوم) محاسبه K	
	$K = \frac{825}{288} = 2.86$	$K = \frac{M_u}{F}$	
خمش ۱-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ و k $= 2.86$ داریم : $\rho = 0.0102, \frac{a}{d} = 0.342$	محاسبه ρ و $\frac{a}{d}$	
	گام چهارم) $\frac{h_f}{d} = \frac{10}{40} = 0.25 > \frac{a}{d}$ پس باید وارد محاسبات تیر T شکل باشد.	محاسبه $\frac{h_f}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{a}{d}$	
خمش ۵-۳	$\frac{b}{b_w} = \frac{180}{75} = 2.4$ برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $\frac{b}{b_w} = 2.4$ داریم : $K_f = 14.28$	تعیین K_f برای $\frac{b}{b_w}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۱-۳	برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\frac{h_f}{d} = 0.25$ داریم : $J_f = 0.875$, $a_{nf} = 297.5$	گام ششم) محاسبه J_f و a_{nf}	
	$A_{sf} = \frac{14.28 \times 0.875 \times 75 \times 10}{297.5} = 31.5 \text{ cm}$	گام هفتم) محاسبه A_{sf}	
	$M_{uf} = 31.5 \times 297.5 \times 40 \times 10^{-3}$ $M_{uf} = 374.85 \text{ KN.m}$	گام هشتم) محاسبه M_{uf}	
	$M_{uw} = 825 - 374.85 = 450.15 \text{ KN.m}$	گام نهم) محاسبه M_{uw}	
	$F = \frac{75 \times 40^2}{1000} = 120$	گام دهم) محاسبه F برای جان	
	$K = \frac{450.15}{120} = 3.75$	گام یازدهم) محاسبه K برای جان	
	برای $k = 3.75$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم : $\rho = 0.0146 < \rho_b \text{ O.K.}$	گام دوازدهم) تعیین ρ	
	$A_{sw} = 0.0146 \times 75 \times 40 = 43.8 \text{ cm}^2$	گام سیزدهم) تعیین A_{sw}	
	$A_s = 43.8 + 31.5 = 75.36 \text{ cm}^2$ تذکر: سایر گام‌ها همانند قسمت الف می‌باشد.	گام چهاردهم) تعیین A_s	

مثال ۱۰ تعیین آرماتور کششی و فشاری لازم برای تیر T شکل تحت اثر خمش ساده، در حالتی که ارتفاع بلوک تنش معادل بیشتر از ضخامت بال است و فولاد فشاری جاری نمی‌شود.

مثال ۹ را با این فرض که تیر تحت اثر لنگر خمشی $M_u = 1200 \text{ KN.m}$ قرار دارد و $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $d' = 9 \text{ cm}$ حل کنید.



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	$\bar{M} = 0.85 \times 0.6 \times 20 \times 1.8 \times 0.1 \left(0.4 \times \frac{0.1}{2}\right) \times 10^3$ $\bar{M} = 642.6 \text{ KN.m}$	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه لنگر مقاوم تیر در حالتی که $a = h_f$ بوده و فولاد فشاری وجود ندارد. $\bar{M} = 0.85 \phi_c f_c b h_f \left(d - \frac{h_f}{2}\right)$	فصل ۱۱
	$M_u = 1200 \text{ KN.m} > \bar{M}$	گام دوم) مقایسه M_u، $\bar{M}$ در صورتی که $M_u > \bar{M}$ باشد، می‌توان نتیجه گرفت که $a > h_f$ است و محاسبات تیر T الزامیست.	
	$M_{uw} = 1200 - 468.6 = 731.4 \text{ KN.m}$ $R_w = \frac{731.4}{1000 \times 0.75 \times 0.4^2} = 6.1 \text{ MPa}$ $\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 25}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 6.1}{0.85 \times 0.6 \times 25}}\right]$	گام سوم) محاسبه M_{uf} و A_{sf} $M_{uw} = M_u - M_{uf}$ $R_w = \frac{M_{uw}}{b_w d^2}$ $\rho_w = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 R_w}{0.85 \times \phi_c \times f_c}}\right]$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\rho_w = 0.03$ برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ داریم : $\rightarrow \rho_b = 0.019 < \rho_w$	اگر $\rho_b < \rho_w$ باید از آرماتور فشاری استفاده کرد.	
	$\rho_{max} = 0.019$ $A_{sw1} = 0.019 \times 75 \times 40 = 57 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 57 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 75} = 20.27 \text{ cm}$ $M_{uw1} = 0.85 \times 57 \times 10^{-4} \times 400 \left(0.4 - \frac{0.2027}{2}\right) \times 10^3$ $M_{uw1} = 578.8 \text{ KN.m}$ $M_{uw2} = 731.4 - 578.8 = 152.6 \text{ KN.m}$	گام پنجم) تعیین مقاومت جان هنگام استفاده از ρ_{max} و بدون آرماتور فشاری (M_{uw1}) $\rho_{max} = \rho_b$ $A_{sw1} = \rho_{max} b_w d$ $a = \frac{\phi_s A_{sw1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b_w}$ $M_{uw1} = \phi_s A_{sw1} f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$ $M_{uw2} = M_{uw} - M_{uw1}$	
	$A_{sw2} = \frac{152.6 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 (0.4 - 0.09)} \times 10^4$ $A_{sw2} = 14.5 \text{ cm}^2$ $A_{sw} = 57 + 14.5 = 71.5 \text{ cm}^2$ $A_s = 71.5 + 39.4 = 110.9 \text{ cm}$	گام ششم) محاسبه A_s و A_{sw} و A_{sw2} $A_{sw2} = \frac{M_{uw2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_{sw} = A_{sw1} + A_{sw2}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	

بند آیین نامه	روشن	محاسبات	جداول کمکی
۲-۵-۴	گام هفتم) محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85\beta_1 \frac{d' \phi_c f'_c}{d \phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 - f_y}$ $\rho - \rho' = \frac{A_{sw}}{b_w d} - \frac{A_{sw2}}{b_w d}$ اگر $(\rho - \rho_2) < (\rho - \rho')_{\min}$ باشد فولاد فشاری جاری نمی شود. $a_w = \frac{\phi_s \cdot A_{sw1} f_y}{0.85 \phi_c f'_c b_w}$ $x = \frac{a}{\beta_1}$ $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$	پس فولاد فشاری جاری نمی شود. $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{9}{40} \times \frac{0.6 \times 25}{0.85 \times 400}$ $\times \frac{611.7}{611.7 - 400} = 0.02$ $\rho - \rho_2 = \frac{71.5}{75 \times 40} - \frac{14.5}{75 \times 40}$ $(\rho - \rho_2) = 0.019 < (\rho - \rho')_{\min}$ $A_{sw1} = 57 \text{ cm}^2$ $a_w = \frac{0.85 \times 57 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 25 \times 75}$ $a = 20.27 \text{ cm}$ $x = \frac{a}{0.85} = \frac{20.27}{0.85} = 23.84$ $\epsilon'_s = \frac{0.003}{23.84} \times 14.84 = 0.00187$ $\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.0020 > \epsilon'_s$ $A'_s = A_{sw2} \frac{\epsilon_y}{\epsilon'_s} = 145 \times \frac{0.002}{0.00187} = 15.5 \text{ cm}^2$	
۲-۵-۸	گام هشتم) آرماتورهای فشاری باید توسط خاموت و یا تنگ مهار شوند.		
۱-۱-۲-۱۴	گام نهم) در صورتی که ارتفاع تیر کمتر از مقادیر پیشنهادی جدول (۳-۴-۲-۱۴) باشد و یا اعضاء غیر سازه ای حساس در برابر تغییر شکل را تحمل نماید، باید افیت را کنترل نمود.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دهم) کنترل محاسبات $M_u = A_{sw1} \phi_s f_y (d - \frac{a_w}{2}) + A_{sw2} \phi_s f_y (d - d') + A_{sf} \phi_s f_y (d - \frac{h_f}{2})$	
	$M_u = [57 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 (0.4 - \frac{0.2027}{2}) + 14.5 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 (0.4 - 0.09) + 39.4 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 (0.4 - \frac{0.1}{2})] \times 10^3$ $M_u = 1200.47 \approx 1200 \text{ KN.m} \quad \text{O.K.}$		
	گام یازدهم) کنترل حداکثر مقدار مجاز آرماتور $\rho_b = 0.019$ $\rho_f = \frac{39.4}{75 \times 40} = 0.0131$ $\rho' = \frac{14.5}{75 \times 40} = 0.0048$ $\rho_{\max} = 0.019 + 0.0131 + 0.0048 = 0.0369$ $\rho = \frac{110.9}{75 \times 40} = 0.0369 \quad \text{O.K.}$	$\rho_f = \frac{A_{sf}}{b_w d}$ $\rho' = \frac{A_{sw2}}{b_w d}$ $\rho_{\max} = \rho_b + \rho_f + \rho'$ $\rho = \frac{A_s}{b_w d}$	
	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲ و ۳ و ۴» گام اول) محاسبه F با توجه به مستطیل بزرگ $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $F = \frac{180 \times 40^2}{1000} = 288$		
	گام دوم) محاسبه K $K = \frac{M_u}{F}$ $K = \frac{1200}{288} = 4.17$		
خمش ۲-۲	گام سوم) محاسبه ρ و $\frac{a}{d}$ برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $k = 4.17$ داریم: $\rho = 0.0154$, $\frac{a}{d} = 0.413$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\frac{h_f}{d} = \frac{10}{40} = 0.25 < \frac{a}{d}$ پس باید وارد محاسبات تیر T شکل باشد.	گام چهارم) محاسبه $\frac{h_f}{d}$ و مقایسه آن با $\frac{a}{d}$	
خمش ۳-۵	$\frac{b}{b_w} = \frac{180}{75} = 2.4$ برای $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $\frac{b}{b_w} = 2.4$ داریم : $K_f = 17.85$	گام پنجم) تعیین k_f برای $\frac{b}{b_w}$	
	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $\frac{h_f}{d} = 0.25$ داریم : $J_f = 0.875$, $a_{nf} = 297.5$	گام ششم) تعیین J_f و a_{nf}	
	$A_{sf} = \frac{17.85 \times 0.875 \times 75 \times 10}{297.5}$ $A_{sf} = 39.4 \text{ cm}^2$	گام هفتم) محاسبه A_{sf}	
	$M_{uf} = 39.4 \times 297.5 \times 40 \times 10^{-3}$ $M_{uf} = 468.9 \text{ KN.m}$	گام هشتم) محاسبه M_{uf} $M_{uf} = A_{sf} \cdot a_{nf} \cdot d \times 10^{-3}$	
	$M_{uw} = 1200 - 468.9 = 731.1 \text{ KN.m}$	گام نهم) محاسبه M_{uw} $M_{uw} = M_u - M_{uf}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۲-۲	برای و $f_y=400\text{MPa}$ و $f_c=25\text{MPa}$ داریم: $\rho_{\max} := 0.019$, $K=4.8117$ $a_n = 253.64, \frac{x}{d} = 0.597$ $F = \frac{75 \times 40^2}{1000} = 120$ $M_{uw1} = 4.8117 \times 120 = 577.4 \text{ KN.m}$ $M_{uw2} = 731.1 - 577.4 = 153.7 \text{ KN.m}$ $A_{sw1} = 0.019 \times 75 \times 40 = 57 \text{ cm}^2$	گام دهم) محاسبه M_{uw2} و M_{uw1} و A_{sw1} $F = \frac{b_w \cdot d^2}{1000}$ $M_{uw1} = K \cdot F$ $M_{uw2} = M_{uw} - M_{uw1}$ $A_{sw1} = \rho_{\max} b_w d$	
خمش ۲-۲	برای $f_y = 400\text{MPa}$, $f_c=25\text{MPa}$ و $\frac{d'}{d} = \frac{9}{40} = 0.225$ داریم: $a_n = 263.5$ $A_{sw2} = \frac{153.7}{263.5 \times 40} \times 1000 = 14.58 \text{ cm}^2$ $A_{sw2} = 14.5 \text{ cm}^2$ $A_{sw} = 57 + 14.58 = 71.58 \text{ cm}^2$ $A_s = 71.58 + 39.4 = 110.98 \text{ cm}^2$	گام یازدهم) محاسبه A_s و A_{sw} و A_{sw2} $A_{sw2} = \frac{M_{uw2}}{a'_n \cdot d} \times 1000$ $A_{sw} = A_{sw1} + A_{sw2}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	
خمش ۴	برای $\frac{d'}{d} = 0.225$ و $\frac{x}{d} = 0.597$ داریم: $a''_n = 246.3 < a'_n$ $A'_{s'} = \frac{153.7}{246.3 \times 40} \times 1000 = 15.6 \text{ cm}^2$	گام دوازدهم) محاسبه $A'_{s'}$ در این مرحله a'_n و a''_n را مقایسه می کنیم، اگر $a''_n < a'_n$ باشد آرماتور فشاری جاری نشده است و برای محاسبه $A'_{s'}$ باید از a''_n استفاده نمود. $A'_{s'} = \frac{M_{uw2}}{a''_n \cdot d} \times 1000$ تذکر: سایر مراحل مانند قسمت الف است.	۴-۱۱ ۳-۱۱

مثال ۱۱ محاسبه فولادهای فشاری و کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده. آرماتورهای فشاری برای شکل پذیری و یا کنترل افت اضافه شده‌اند.

برای یک تیر مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، آرماتورهای خمشی لازم را با این شرط که $\rho - \rho' \leq 0.5\rho_b$ باشد محاسبه نمایید. این شرط برای کنترل شکل پذیری و یا افت اضافه شده است. شکل پذیری برای بازپخش لنگر در نواحی ممان منفی (بند ۱۰-۳-۶ آیین‌نامه) و کنترل افت دراز مدت در صورت استفاده از فولاد فشاری (بند ۱۴-۲-۳) مورد نظر می‌باشند.

مشخصات :

$$M_u = 200 \text{ KN.m}$$

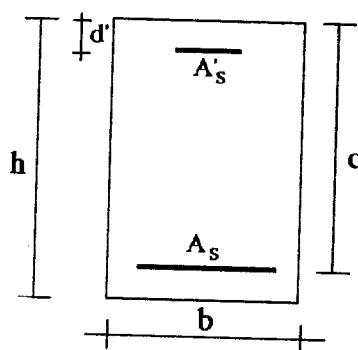
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

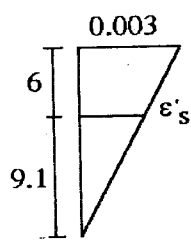
$$b = 30 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$d' = 6 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
خمش ۱	برای $f_y=400\text{MPa}$ و $f_c=20\text{MPa}$ داریم: $\rho_b = 0.0153$ $\rho = 0.5 \times 0.0153 \approx 0.0077$ $A_{s1} = 0.0077 \times 30 \times 50 = 11.55 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 11.55 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 30} = 12.83 \text{ cm}$ $M_{u1} = 0.85 \times 11.55 \times 10^{-4} \times 400 \left(0.5 - \frac{0.1283}{2}\right) \times 10^3$ $M_{u1} = 171.2 \text{ KN.m}$	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) تعیین مقاومت مقطع با فرض اینکه $\rho=0.5\rho_b$ است و فولاد فشاری وجود ندارد. $A_{s1} = \rho b d$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_{u1} = \phi_s A_{s1} f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$	فصل ۱۱
		گام دوم) محاسبه A_{s2} و M_{u2} چون M_{u1} کمتر از M_u است، باید از آرماتور فشاری استفاده نمود	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_{u2} = 200 - 171.2 = 28.8 \text{ KN.m}$ $A_{s2} = \frac{28.8 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400(0.5 - 0.06)} \times 10^4$ $A_{s2} = 1.93 \text{ cm}^2$ $A_s = 11.55 + 1.93 = 13.48 \text{ cm}^2$	$M_{u2} = M_u - M_{u1}$ $A_{s2} = \frac{M_{u2}}{\phi_s f_y (d - d')}$ $A_s = A_{sw} + A_{sf}$	
	گام سوم) محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s اگر $(\rho - \rho')_{\min} \leq (\rho - \rho_2)$ باشد فولاد فشاری جاری می شود. $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \beta_1 \frac{d' \phi_c f_c}{d \phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 - f_y}$ $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{6}{50} \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \frac{611.7}{611.7 - 400} = 0.0088$ $\rho - \rho_2 = \frac{A_s}{bd} - \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{A_{s1}}{bd}$ $\rho - \rho_2 = \frac{11.55}{30 \times 50} = 0.0077 < (\rho - \rho')_{\min}$ پس فولاد فشاری جاری نمی شود. $a = \frac{0.85 \times 11.5 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 30} = 12.83 \text{ cm}$ $x = \frac{12.83}{0.85} = 15.1 \text{ cm}$ $\epsilon_y = \frac{400}{2 \times 10^5} = 0.002$ $\epsilon'_s = \frac{0.003}{15.1} \times 9.1 = 0.0018 < \epsilon_y$ $A'_s = 1.93 \times \frac{0.002}{0.0018} = 2.14 \text{ cm}^2$ 	گام سوم) محاسبه سطح مقطع فولاد فشاری A'_s اگر $(\rho - \rho')_{\min} \leq (\rho - \rho_2)$ باشد فولاد فشاری جاری می شود. $(\rho - \rho')_{\min} = 0.85 \beta_1 \frac{d' \phi_c f_c}{d \phi_s f_y} \frac{611.7}{611.7 - f_y}$ $\rho - \rho_2 = \frac{A_s}{bd} - \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{A_{s1}}{bd}$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_{s1} \cdot f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $x = \frac{a}{\beta_1}$ $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ $A'_s = A_{s2} \frac{\epsilon_y}{\epsilon'_s}$	۲-۵-۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
خمش ۱-۲	$0.5 \rho_b = 0.0077$ برای و $f_y=400\text{MPa}$, $f_c=20\text{MPa}$ و $\rho=0.0077$ داریم: $K = 2.2968, \frac{x}{d} = 0.305$ $F = \frac{30 \times 50^2}{1000} = 75$ $M_{u1} = 2.2968 \times 75 \approx 172 \text{ KN.m}$ $A_{s1} = 0.0077 \times 30 \times 50 = 11.55 \text{ cm}^2$	ب: با استفاده از جداول «خمش ۲» گام اول) تعیین مقاومت مقطع با فرض اینکه $\rho=0.5\rho_b$ است و فولاد فشاری وجود ندارد.	$F = \frac{b.d^2}{1000}$ $M_{u1} = K.F$ $A_{s1} = \rho b d$
	$M_{u2} = 200 - 172 = 28 \text{ KN.m}$	گام دوم) محاسبه M_{u2}	$M_{u2} = M_u - M_{u1}$
خمش ۱-۳ خمش ۴	برای و $f_y = 400\text{MPa}$, $f_c=20\text{MPa}$ و $\frac{d'}{d} = \frac{6}{50} = 0.12$ داریم: $a'_n = 299.2$ $A_{s2} = \frac{28}{299.2 \times 50} \times 1000 = 1.87 \text{ cm}^2$ برای و $\frac{d'}{d} = 0.12$ و $\frac{x}{d} = 0.305$ داریم: $a''_n = 272$ $A'_s = \frac{28}{275 \times 50} \times 1000 = 2.06 \text{ cm}^2$	گام سوم) محاسبه A'_s و A_{s2}	$A_{s2} = \frac{M_{u2}}{a'_n \cdot d} \times 1000$ $A'_s = \frac{M_{u2}}{a''_n \cdot d} \times 1000$
	$A_s = 11.55 + 1.87 = 13.42 \text{ cm}^2$	گام چهارم) محاسبه A_s	$A_s = A_{s1} + A_{s2}$

مثال ۱۲

محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، که تحت اثر خمش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تارهای فوقانی فشاری می‌باشند.

برای یک مقطع مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، و نیروی کششی P_u ، سطح مقطع آرماتور کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$M_u = 110 \text{ KN.m}$$

$$P_u = 200 \text{ KN.m}$$

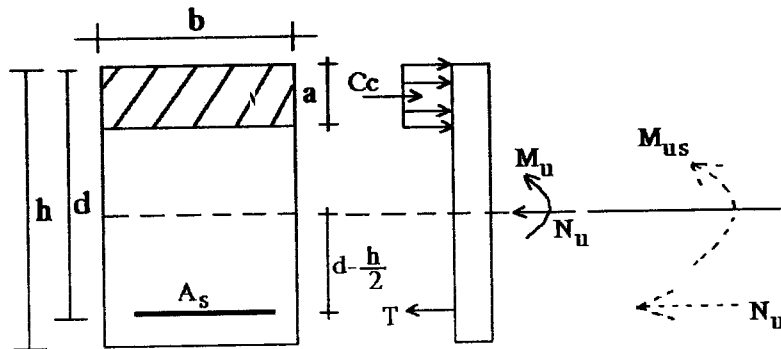
$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_{us} = 110 - 200(0.45 - \frac{0.5}{2}) = 70 \text{ KN.m}$	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) نیروی N_u را به محور آرماتورهای کششی منتقل کنید و برای اینکه از نظر استاتیکی در مسئله تغییری حاصل نشود، لنگر خمشی M_{us} را تعیین کرده و وارد محاسبات کنید. $M_{us} = M_u - N_u (d - \frac{h}{2})$ تذکر: در صورت منفی شدن M_{us} به مثال ۱۳ مراجعه شود.	
	$R = \frac{70}{1000 \times 0.25 \times 0.45^2} = 1.38 \text{ MPa}$	گام دوم) R برای مقطع محاسبه می‌شود. $R = \frac{M_{us}}{bd^2}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام سوم) ρ محاسبه می شود. $\rho_w = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	
	$\rho_w = \frac{0.85 \times 0.6 \times 30}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.38}{0.85 \times 0.6 \times 30}} \right]$ $\rho_w = 0.0043$		
		گام چهارم) A_s محاسبه می شود. $A_s = \rho \cdot b \cdot d + \frac{N_u}{\phi_s f_y}$ تذکر ۱: اگر لنگر خمشی M_u نیاز به درصد آرماتور کششی بیش از ρ_b داشته باشد، باید از آرماتور فشاری استفاده نمود. در این موارد می توان به مثال ۶ مراجعه نمود. تذکر ۲: اگر مقدار مشخصی آرماتور فشاری در مقطع موجود باشد می توان آنرا نادیده گرفت و مراحل فوق را انجام داد و یا مانند مثال ۷ عمل نمود و آرماتور کششی لازم برای لنگر M_u را محاسبه کرد. تذکر ۳: برای آنالیز دقیق باید دیاگرام اثر متقابل لنگر و نیروی کششی تهیه شود و از آن استفاده گردد.	
	$A_s = 0.0043 \times 25 \times 45 + \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \times 10^4$ $A_s = 4.84 + 5.88 = 10.72 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{1.4}{400} \times 25 \times 45 = 3.94 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$		
		ب: با استفاده از جداول «خمشی ۲» گام اول) محاسبه M_{us}	
	$M_{us} = 70 \text{ KN.m}$		
		گام دوم) محاسبه F	
	$F = \frac{25 \times 45^2}{1000} = 50.6$		
		$F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$K = \frac{70}{50.6} = 1.38$	گام سوم) محاسبه K	$K = \frac{M_{us}}{F}$
خمش ۲-۳	برای $K=1.38$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ ، $f_c = 30 \text{ MPa}$ $a_n = 324.02$ داریم:	گام چهارم) مقدار a_n	
	$A_s = \frac{70}{45 \times 324.02} \times 1000 + \frac{200 \times 10^3}{0.85 \times 400} \times 10^4$ $A_s = 4.8 + 5.88 = 10.68 \text{ cm}^2 > A_{smin} \text{ O.K.}$	گام پنجم) محاسبه A_s	$A_s = \frac{M_{us}}{a_n \cdot d} \times 1000 + \frac{N_u}{\phi_s f_y}$

مثال ۱۳ محاسبه آرماتور کششی لازم برای یک تیر مستطیل شکل، که تحت اثر خمش و نیروی محوری کششی قرار دارد. تار فوقانی کششی می‌باشد.

برای یک مقطع مستطیل شکل تحت اثر لنگر خمشی M_u ، و نیروی کششی P_u ، سطح مقطع آرماتور کششی لازم را محاسبه کنید.

مشخصات:

$$M_u = 55 \text{ KN.m}$$

$$N_u = 400 \text{ KN.m}$$

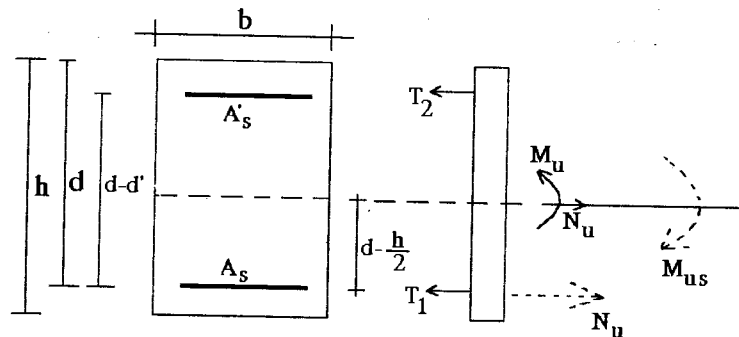
$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 25 \text{ cm}$$

$$d = 45 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$d-d' = 40 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_{us} = 55 - 400(0.45 - \frac{0.5}{2}) = -25 \text{ KN.m}$	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) نیروی N_u را به محور آرماتورهای کششی منتقل کنید و لنگر خمشی M_{us} را محاسبه کنید.	$M_{us} = M_u - N_u(d - \frac{h}{2})$ تذکر: در صورت منفی شدن M_{us} به مثال ۱۲ مراجعه شود.
	$A'_s = \frac{25 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.4} \times 10^4 = 1.84 \text{ cm}^2$	گام دوم) محاسبه A'_s	$A'_s = \frac{M_{us}}{\phi_s f_y (d - d')}$
	$A_s = \frac{400 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} \times 10^4 - 1.84$ $A_s = 1.76 - 1.84 = 9.92 \text{ cm}^2$	گام سوم) محاسبه A_s	$A_s = \frac{N_u}{\phi_s f_y} - A'_s$

خمش ۱) نسبت آرماتور و ضریب a_n برای طرح تقریبی و سریع تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴ و ۱۱-۵ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ و ۱۱-۴-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

M_u و d به ترتیب بر حسب KN.m و cm و cm^2 می‌باشند.

$$A_s = \frac{M_u}{a_n d} \times 1000$$

$$a_n = \phi_s f_y \left(1 - \frac{a}{2d}\right)$$

$$1 - \frac{a}{2d} = 0.84$$

$$a_n = 0.84 \phi_s f_y$$

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

$$\rho_{max} = 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{600}{600 + f_y}$$

f_c (MPa)	۲۰ ($\beta_1=0.85$)	۲۵ ($\beta_1=0.85$)	۳۰ ($\beta_1=0.85$)	۳۵ ($\beta_1=0.81$)
$f_y = 220$ MPa				
a_n	۱۵۷	۱۵۷	۱۵۷	۱۵۷
ρ_{min}	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴
ρ مناسب	۰/۰۱۷۰	۰/۰۲۱۲	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۸۳
ρ_{max}	۰/۰۳۳۹	۰/۰۴۲۴	۰/۰۵۰۹	۰/۰۵۶۶
$f_y = 300$ MPa				
a_n	۲۱۴	۲۱۴	۲۱۴	۲۱۴
ρ_{min}	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۴۷	۰/۰۰۴۷
ρ مناسب	۰/۰۱۱۴	۰/۰۱۴۲	۰/۰۱۷۰	۰/۰۱۸۹
ρ_{max}	۰/۰۲۲۷	۰/۰۲۸۳	۰/۰۳۴۰	۰/۰۳۷۸
$f_y = 400$ MPa				
a_n	۲۸۶	۲۸۶	۲۸۶	۲۸۶
ρ_{min}	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵	۰/۰۰۳۵
ρ مناسب	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۹۶	۰/۰۱۱۵	۰/۰۱۲۸
ρ_{max}	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۹۱	۰/۰۲۳۰	۰/۰۲۵۵

خمش ۱-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 20 \text{ Mpa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$M_u = K.F \text{ KN.m}$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

f_c بر حسب Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

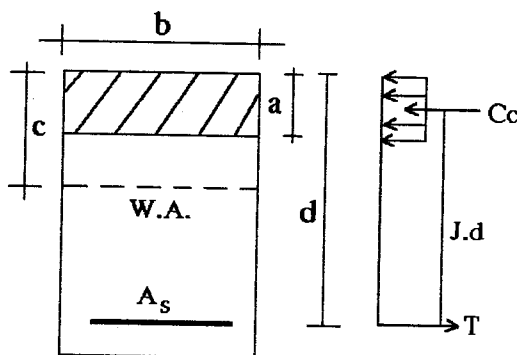
$$F = \frac{bd^2}{1000} \text{ cm می باشد } b \text{ و } d$$

$$\text{همچنین } M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \times 10^{-3}$$

$$\text{که } a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J$$

M_u و d و A_s به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می‌باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$



f _c = 20 MPa										
f _y = 220MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa				
W	K	ρ*	a _n	ρ*	a _n	ρ*	a _n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
۰/۰۲	۰/۳۳۷۱	۰/۰۰۱۳	۱۸۴/۷۵۶	۰/۰۰۰۹	۲۵۱/۹۴۰	۰/۰۰۰۷	۳۳۵/۹۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۹۸۸
۰/۰۳	۰/۳۵۳۵	۰/۰۰۱۹	۱۸۳/۶۳۴	۰/۰۰۱۴	۲۵۰/۴۱۰	۰/۰۰۱۱	۳۳۳/۸۸۰	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۹۸۲
۰/۰۴	۰/۴۶۸۵	۰/۰۰۲۶	۱۸۲/۵۱۲	۰/۰۰۱۹	۲۴۸/۸۸۰	۰/۰۰۱۴	۳۳۱/۸۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۴۷	۰/۹۷۶
۰/۰۵	۰/۵۸۲۶	۰/۰۰۳۲	۱۸۱/۵۷۷	۰/۰۰۲۴	۲۴۷/۶۰۵	۰/۰۰۱۸	۳۳۰/۱۴۰	۰/۰۶۹	۰/۰۵۹	۰/۹۷۱
۰/۰۶	۰/۶۹۴۸	۰/۰۰۳۹	۱۸۰/۴۵۵	۰/۰۰۲۸	۲۴۶/۰۷۵	۰/۰۰۲۱	۳۲۸/۱۰۰	۰/۰۸۳	۰/۰۷۱	۰/۹۶۵
۰/۰۷	۰/۸۰۵۶	۰/۰۰۴۵	۱۷۹/۳۳۳	۰/۰۰۳۳	۲۴۴/۵۴۵	۰/۰۰۲۵	۳۲۶/۰۶۰	۰/۰۹۷	۰/۰۸۳	۰/۹۵۹
۰/۰۸	۰/۹۱۴۹	۰/۰۰۵۱	۱۷۸/۲۱۱	۰/۰۰۳۸	۲۴۳/۰۱۵	۰/۰۰۲۸	۳۲۴/۰۲۰	۰/۱۱۱	۰/۰۹۴	۰/۹۵۳
۰/۰۹	۱/۰۲۲۵	۰/۰۰۵۸	۱۷۷/۰۸۹	۰/۰۰۴۲	۲۴۱/۴۸۵	۰/۰۰۳۲	۳۲۱/۹۸۰	۰/۱۲۵	۰/۱۰۶	۰/۹۴۷
۰/۱۰	۱/۱۲۹۲	۰/۰۰۶۴	۱۷۵/۹۶۷	۰/۰۰۴۷	۲۳۹/۹۵۵	۰/۰۰۳۵	۳۱۹/۹۴۰	۰/۱۳۹	۰/۱۱۸	۰/۹۴۱
۰/۱۱	۱/۲۳۴۲	۰/۰۰۷۱	۱۷۴/۸۴۵	۰/۰۰۵۲	۲۳۸/۴۲۵	۰/۰۰۳۹	۳۱۷/۹۰۰	۰/۱۵۳	۰/۱۳۰	۰/۹۳۵
۰/۱۲	۱/۳۳۷۸	۰/۰۰۷۷	۱۷۳/۷۲۳	۰/۰۰۵۷	۲۳۶/۸۹۵	۰/۰۰۴۲	۳۱۵/۸۶۰	۰/۱۶۷	۰/۱۴۲	۰/۹۲۹
۰/۱۳	۱/۴۳۹۹	۰/۰۰۸۳	۱۷۲/۶۰۱	۰/۰۰۶۱	۲۳۵/۳۶۵	۰/۰۰۴۶	۳۱۳/۸۲۰	۰/۱۸۰	۰/۱۵۳	۰/۹۲۳
۰/۱۴	۱/۵۴۰۶	۰/۰۰۹۰	۱۷۱/۴۷۹	۰/۰۰۶۶	۲۳۳/۸۳۵	۰/۰۰۴۹	۳۱۱/۷۸۰	۰/۱۹۴	۰/۱۶۵	۰/۹۱۷
۰/۱۵	۱/۶۴۱۶	۰/۰۰۹۶	۱۷۰/۵۴۴	۰/۰۰۷۱	۲۳۲/۵۶۰	۰/۰۰۵۳	۳۱۰/۰۸۰	۰/۲۰۸	۰/۱۷۷	۰/۹۱۲
۰/۱۶	۱/۷۳۹۵	۰/۰۱۰۳	۱۶۹/۴۲۲	۰/۰۰۷۵	۲۳۱/۰۳۰	۰/۰۰۵۶	۳۰۸/۰۴۰	۰/۲۲۲	۰/۱۸۹	۰/۹۰۶
۰/۱۷	۱/۸۳۶۰	۰/۰۱۰۹	۱۶۸/۳۰۰	۰/۰۰۸۰	۲۲۹/۵۰۰	۰/۰۰۶۰	۳۰۶/۰۰۰	۰/۲۳۶	۰/۲۰۱	۰/۹۰۰
۰/۱۸	۱/۹۳۱۰	۰/۰۱۱۵۶	۱۶۷/۱۷۸	۰/۰۰۸۵	۲۲۷/۹۷۰	۰/۰۰۶۴	۳۰۳/۹۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۱۲	۰/۸۹۴

$f_c = 20 \text{ MPa}$										
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$				
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
۰/۱۹	۲/۰۳۴۶	۰/۰۱۲۲	۱۶۶/۰۵۶	۰/۰۰۸۹	۲۲۶/۴۴۰	۰/۰۰۶۷	۳۰۱/۹۲۰	۰/۲۶۴	۰/۲۲۴	۰/۸۸۸
۰/۲۰	۲/۱۱۶۷	۰/۰۱۲۸	۱۶۴/۹۳۴	۰/۰۰۹۴	۲۲۴/۹۱۰	۰/۰۰۷۱	۲۹۹/۸۸۰	۰/۲۷۸	۰/۲۳۶	۰/۸۸۲
۰/۲۱	۲/۲۰۷۵	۰/۰۱۳۵	۱۶۳/۸۱۲	۰/۰۰۹۹	۲۲۳/۳۸۰	۰/۰۰۷۴	۲۹۷/۸۴۰	۰/۲۹۲	۰/۲۴۸	۰/۸۷۶
۰/۲۲	۲/۲۹۶۸	۰/۰۱۴۱	۱۶۲/۶۹۰	۰/۰۱۰۴	۲۲۱/۷۵۰	۰/۰۰۷۸	۲۹۵/۸۰۰	۰/۳۰۵	۰/۲۶۰	۰/۸۷۰
۰/۲۳	۲/۳۸۴۶	۰/۰۱۴۸	۱۶۱/۵۶۸	۰/۰۱۰۸	۲۲۰/۳۲۰	۰/۰۰۸۱	۲۹۳/۷۶۰	۰/۳۱۹	۰/۲۷۱	۰/۸۶۴
۰/۲۴	۲/۴۷۱۰	۰/۰۱۵۴	۱۶۰/۴۴۸	۰/۰۱۱۳	۲۱۸/۷۹۰	۰/۰۰۸۵	۲۹۱/۷۲۰	۰/۳۳۳	۰/۲۸۳	۰/۸۵۸
۰/۲۵	۲/۵۵۹۰	۰/۰۱۶۱	۱۵۹/۵۱۱	۰/۰۱۱۸	۲۱۷/۵۱۵	۰/۰۰۸۸	۲۹۰/۰۲۰	۰/۳۴۷	۰/۲۹۵	۰/۸۵۳
۰/۲۶	۲/۶۴۲۶	۰/۰۱۶۷	۱۵۸/۳۸۹	۰/۰۱۲۲	۲۱۵/۹۸۵	۰/۰۰۹۲	۲۸۷/۹۸۰	۰/۳۶۱	۰/۳۰۷	۰/۸۴۷
۰/۲۷	۲/۷۲۴۸	۰/۰۱۷۳	۱۵۷/۲۶۷	۰/۰۱۲۷	۲۱۴/۴۵۵	۰/۰۰۹۵	۲۸۵/۹۴۰	۰/۳۷۵	۰/۳۱۹	۰/۸۴۱
۰/۲۸	۲/۸۰۵۶	۰/۰۱۸۰	۱۵۶/۱۴۵	۰/۰۱۳۲	۲۱۲/۹۲۵	۰/۰۰۹۹	۲۸۳/۹۰۰	۰/۳۸۹	۰/۳۳۰	۰/۸۳۵
۰/۲۹	۲/۸۸۴۹	۰/۰۱۸۶	۱۵۵/۰۲۳	۰/۰۱۳۷	۲۱۱/۳۹۵	۰/۰۱۰۲	۲۸۱/۸۶۰	۰/۴۰۳	۰/۳۴۲	۰/۸۲۹
۰/۳۰	۲/۹۶۲۸	۰/۰۱۹۳	۱۵۳/۹۰۱	۰/۰۱۴۱	۲۰۹/۸۶۸	۰/۰۱۰۶	۲۷۹/۸۲۰	۰/۴۱۶	۰/۳۵۴	۰/۸۲۳
۰/۳۱	۲/۰۳۹۲	۰/۰۱۹۹	۱۵۲/۷۷۹	۰/۰۱۴۶	۲۰۸/۳۳۵	۰/۰۱۰۹	۲۷۷/۷۸۰	۰/۴۳۰	۰/۳۳۶	۰/۸۱۷
۰/۳۲	۲/۱۱۴۲	۰/۰۲۰۵	۱۵۱/۶۵۷	۰/۰۱۵۱	۲۰۶/۸۰۵	۰/۰۱۱۳	۲۷۵/۷۴۰	۰/۴۴۴	۰/۳۲۸	۰/۸۱۱
۰/۳۳	۲/۱۱۷۸	۰/۰۲۱۲	۱۵۰/۵۳۵	۰/۰۱۵۵	۲۰۵/۲۷۵	۰/۰۱۱۶	۲۷۳/۷۰۰	۰/۴۵۸	۰/۳۱۹	۰/۸۰۵
۰/۳۴	۲/۲۵۹۹	۰/۰۲۱۸	۱۴۹/۴۱۳	۰/۰۱۶۰	۲۰۳/۷۴۵	۰/۰۱۲۰	۲۷۱/۶۶۰	۰/۴۷۲	۰/۴۰۱	۰/۷۹۹
۰/۳۵	۲/۳۳۴۸	۰/۰۲۲۵	۱۴۸/۴۷۸	۰/۰۱۶۵	۲۰۲/۴۷۰	۰/۰۱۲۴	۲۶۹/۹۶۰	۰/۴۸۶	۰/۴۱۳	۰/۷۹۴
۰/۳۶	۲/۴۰۴۲	۰/۰۲۳۱	۱۴۷/۳۵۶	۰/۰۱۶۹	۲۰۰/۹۴۰	۰/۰۱۲۷	۲۶۷/۹۲۰	۰/۵۰۰	۰/۴۲۵	۰/۷۸۸

$f_c = 20 \text{ MPa}$											
			$f_y = 220 \text{ MPa}$		$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
.۳۷	۳/۴۷۲۱	.۰.۲۳۷	۱۴۶/۲۳۴	.۰.۱۷۴	۱۹۹/۴۱۰	.۰.۱۳۱	۲۶۵/۸۸۰	.۰.۱۳۱	.۵۱۴	.۴۳۷	.۷۸۲
.۳۸	۳/۵۲۸۶	.۰.۲۴۴	۱۴۵/۱۱۲	.۰.۱۷۹	۱۹۷/۸۸۰	.۰.۱۳۴	۲۶۳/۸۴۰	.۰.۱۳۴	.۵۲۸	.۴۴۸	.۷۷۶
.۳۹	۳/۶۰۳۶	.۰.۲۵۰	۱۴۳/۹۹۰	.۰.۱۸۴	۱۹۶/۳۵۰	.۰.۱۳۸	۲۶۱/۸۰۰	.۰.۱۳۸	.۵۴۱	.۴۶۰	.۷۷۰
.۴۰	۳/۶۶۷۲	.۰.۲۵۷	۱۴۲/۸۶۸	.۰.۱۸۸	۱۹۴/۸۲۰	.۰.۱۴۱	۲۵۹/۷۶۰	.۰.۱۴۱	.۵۵۵	.۴۷۲	.۷۶۴
.۴۱	۳/۷۲۹۴	.۰.۲۶۳	۱۴۱/۷۴۶	.۰.۱۹۳	۱۹۳/۲۹۰	.۰.۱۴۲	۲۵۷/۷۲۰	.۰.۱۴۲	.۵۶۹	.۴۸۴	.۷۵۸
.۴۲	۳/۷۹۰۱	.۰.۲۷۰	۱۴۰/۶۲۴	.۰.۱۹۸	۱۹۱/۷۶۰	.۰.۱۴۸	۲۵۵/۶۸۰	.۰.۱۴۸	.۵۸۳	.۴۹۶	.۷۵۲
.۴۳	۳/۸۴۹۴	.۰.۲۷۶	۱۳۹/۵۰۲	.۰.۲۰۲	۱۹۰/۲۳۰	.۰.۱۵۲	۲۵۳/۶۴۰	.۰.۱۵۲	.۵۹۷	.۵۰۷	.۷۴۶
.۴۴	۳/۹۰۷۲	.۰.۲۸۲	۱۳۸/۳۸۰	.۰.۲۰۷	۱۸۸/۸۰۰				.۶۱۱	.۵۱۹	.۷۴۰
.۴۵	۳/۹۶۹۰	.۰.۲۸۹	۱۳۷/۴۴۵	.۰.۲۱۲	۱۸۷/۴۲۵				.۶۲۵	.۵۳۱	.۷۳۵
.۴۶	۴/۰۲۴۱	.۰.۲۹۵	۱۳۶/۳۲۳	.۰.۲۱۶	۱۸۵/۸۹۵				.۶۳۹	.۵۴۳	.۷۲۹
.۴۷	۴/۰۷۷۷	.۰.۳۰۲	۱۳۵/۲۰۱	.۰.۲۲۱	۱۸۴/۳۶۵				.۶۵۲	.۵۵۵	.۷۲۳
.۴۸	۴/۱۲۹۹	.۰.۳۰۸	۱۳۴/۱۷۹	.۰.۲۲۶	۱۸۲/۸۳۵				.۶۶۶	.۵۶۶	.۷۱۷
.۴۹	۴/۱۸۰۷	.۰.۳۱۴	۱۳۳/۹۵۷						.۶۸۰	.۵۷۸	.۷۱۱
.۵۰	۴/۲۳۰۰	.۰.۳۲۱	۱۳۱/۸۲۵						.۶۹۴	.۵۹۰	.۷۰۵
.۵۱	۴/۲۷۷۹	.۰.۳۲۷	۱۳۰/۷۱۳						.۷۰۸	.۶۰۲	.۶۹۹
.۵۲	۴/۳۲۴۳	.۰.۳۳۴	۱۲۹/۵۹۱						.۷۲۲	.۶۱۴	.۶۹۳
ρ_{max}			.۰.۳۳۹		.۰.۲۲۷		.۰.۱۵۳				

* پهای بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می باشد.

* ρ های بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می‌باشد.

خمش ۲-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 25 \text{ Mpa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$M_u = K.F \text{ KN.m}$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

f_c بر حسب Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

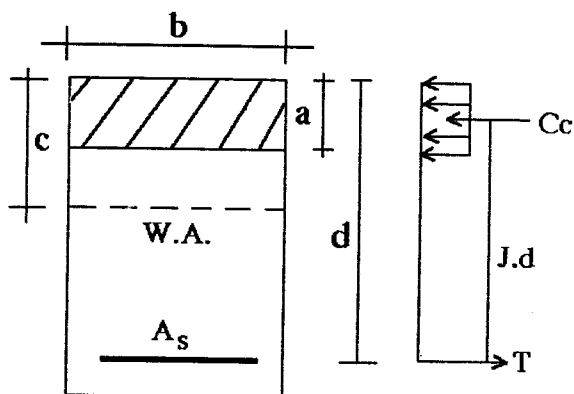
$$F = \frac{bd^2}{1000} \text{ و } d \text{ بر حسب cm می‌باشد}$$

$$M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3} \text{ همچنین}$$

$$a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J \text{ که}$$

M_u و d و A_s به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می‌باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$



$f_c = 25 \text{ MPa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			J
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	
./.۰۲	.۰۲۹۴۴	./.۰۱۶	۱۸۴/۷۵۶	./.۰۱۱۲	۲۵۱/۹۴۰	./.۰۰۰۹	۳۳۵/۹۲۰	./.۰۲۸	.۰۹۸۸
./.۰۳	.۰۴۴۱۹	./.۰۲۴	۱۸۳/۶۴۴	./.۰۰۱۸	۲۵۰/۴۱۰	./.۰۰۱۳	۳۳۳/۸۸۰	./.۰۴۲	.۰۹۸۲
./.۰۴	.۰۵۸۵۶	./.۰۳۲	۱۸۲/۵۱۲	./.۰۰۳۴	۲۴۸/۸۸۰	./.۰۰۱۸	۳۳۱/۸۴۰	./.۰۵۶	.۰۹۷۶
./.۰۵	.۰۷۲۸۳	./.۰۴۰	۱۸۱/۵۷۷	./.۰۰۲۹	۲۴۷/۶۰۵	./.۰۰۲۲	۳۳۰/۱۴۰	./.۰۶۹	.۰۹۷۱
./.۰۶	.۰۸۶۸۵	./.۰۴۸	۱۸۰/۴۵۵	./.۰۰۲۵	۲۴۶/۰۷۵	./.۰۰۲۶	۳۲۸/۱۰۰	./.۰۸۳	.۰۹۶۵
./.۰۷	۱/۰۰۷۰	./.۰۰۵۶	۱۷۹/۳۳۳	./.۰۰۴۱	۲۴۴/۵۴۵	./.۰۰۳۱	۳۲۶/۰۶۰	./.۰۹۷	.۰۹۵۹
./.۰۸	۱/۰۳۳۶	./.۰۰۶۴	۱۷۸/۲۱۱	./.۰۰۴۷	۲۴۳/۰۱۵	./.۰۰۳۵	۳۲۴/۰۲۰	./.۱۱۱	.۰۹۵۳
./.۰۹	۱/۰۷۸۵	./.۰۰۷۲	۱۷۷/۰۸۹	./.۰۰۵۳	۲۴۱/۴۸۵	./.۰۰۴۰	۳۲۱/۹۸۰	./.۱۲۵	.۰۹۴۷
./.۱۰	۱/۰۴۱۵	./.۰۰۸۰	۱۷۵/۹۶۷	./.۰۰۵۹	۲۳۹/۹۵۵	./.۰۰۴۴	۳۱۹/۹۴۰	./.۱۳۹	.۰۹۴۱
./.۱۱	۱/۰۴۲۸	./.۰۰۸۸	۱۷۴/۸۴۵	./.۰۰۶۵	۲۳۸/۴۲۵	./.۰۰۴۹	۳۱۷/۹۰۰	./.۱۵۳	.۰۹۳۵
./.۱۲	۱/۰۶۷۲	./.۰۰۹۶	۱۷۳/۷۲۳	./.۰۰۷۱	۲۳۶/۸۹۵	./.۰۰۵۳	۳۱۵/۸۶۰	./.۱۶۷	.۰۹۲۹
./.۱۳	۱/۰۹۹۹	./.۰۱۰۴	۱۷۲/۶۰۱	./.۰۰۷۶	۲۳۵/۳۶۵	./.۰۰۵۷	۳۱۳/۸۲۰	./.۱۸۰	.۰۹۲۳
./.۱۴	۱/۰۹۲۵۷	./.۰۱۱۲	۱۷۱/۴۷۹	./.۰۰۸۲	۲۳۳/۸۳۵	./.۰۰۶۲	۳۱۱/۷۸۰	./.۱۹۴	.۰۹۱۷
./.۱۵	۲/۰۵۲۰	./.۰۱۲۰	۱۷۰/۵۴۴	./.۰۰۸۸	۲۳۲/۵۶۰	./.۰۰۶۶	۳۱۰/۰۸۰	./.۲۰۸	.۰۹۱۲
./.۱۶	۲/۱۷۴۴	./.۰۱۲۸	۱۶۹/۴۲۲	./.۰۰۹۴	۲۳۱/۰۳۰	./.۰۰۷۱	۳۰۸/۰۴۰	./.۲۲۲	.۰۹۰۶
./.۱۷	۲/۲۹۵۰	./.۰۱۳۶	۱۶۸/۳۰۰	./.۰۱۰۰	۲۲۹/۵۰۰	./.۰۰۷۵	۳۰۶/۰۰۰	./.۲۳۶	.۰۹۰۰
./.۱۸	۲/۴۱۳۸	./.۰۱۴۴	۱۶۷/۱۷۸	./.۰۱۰۶	۲۲۷/۹۷۰	./.۰۰۷۹	۳۰۳/۹۶۰	./.۲۵۰	.۰۸۹۴

$f_c = 25 \text{ MPa}$										
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$				
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
۰/۱۹	۲/۵۳۰۸	۰/۰۱۵۲	۱۶۶/۵۵۶	۰/۰۱۱۲	۲۲۶/۴۴۰	۰/۰۰۸۴	۳۰۱/۹۲۰	۰/۲۶۴	۰/۲۲۴	۰/۸۸۸
۰/۲۰	۲/۶۴۶۰	۰/۰۱۶۰	۱۶۴/۹۳۴	۰/۰۱۱۸	۲۲۴/۹۱۰	۰/۰۰۸۸	۲۹۹/۸۸۰	۰/۲۷۸	۰/۲۲۶	۰/۸۸۲
۰/۲۱	۲/۷۵۹۴	۰/۰۱۶۸	۱۶۳/۸۱۲	۰/۰۱۲۳	۲۲۳/۳۸۰	۰/۰۰۹۳	۲۹۷/۸۴۰	۰/۲۹۲	۰/۲۴۸	۰/۸۷۶
۰/۲۲	۲/۸۷۱۰	۰/۰۱۷۶	۱۶۲/۶۹۰	۰/۰۱۲۹	۲۲۱/۷۵۰	۰/۰۰۹۷	۲۹۵/۸۰۰	۰/۳۰۵	۰/۲۶۰	۰/۸۷۰
۰/۲۳	۲/۹۸۰۸	۰/۰۱۸۴	۱۶۱/۵۶۸	۰/۰۱۳۵	۲۲۰/۳۲۰	۰/۰۱۰۱	۲۹۳/۷۶۰	۰/۳۱۹	۰/۲۷۱	۰/۸۶۴
۰/۲۴	۳/۰۸۸۸	۰/۰۱۹۲	۱۶۰/۴۴۸	۰/۰۱۴۱	۲۱۸/۷۹۰	۰/۰۱۰۶	۲۹۱/۷۲۰	۰/۳۳۳	۰/۲۸۳	۰/۸۵۸
۰/۲۵	۳/۱۹۸۸	۰/۰۲۰۱	۱۵۹/۵۱۱	۰/۰۱۴۷	۲۱۷/۵۱۵	۰/۰۱۱۰	۲۹۰/۰۲۰	۰/۳۴۷	۰/۲۹۵	۰/۸۵۳
۰/۲۶	۳/۳۰۳۳	۰/۰۲۰۹	۱۵۸/۲۸۹	۰/۰۱۵۳	۲۱۵/۹۸۵	۰/۰۱۱۵	۲۸۷/۹۸۰	۰/۳۶۱	۰/۳۰۷	۰/۸۴۷
۰/۲۷	۳/۴۰۶۱	۰/۰۲۱۷	۱۵۷/۲۶۷	۰/۰۱۵۹	۲۱۴/۴۵۵	۰/۰۱۱۹	۲۸۵/۹۴۰	۰/۳۷۵	۰/۳۱۹	۰/۸۴۱
۰/۲۸	۳/۵۰۷۰	۰/۰۲۲۵	۱۵۶/۱۴۵	۰/۰۱۶۵	۲۱۲/۹۲۵	۰/۰۱۲۳	۲۸۳/۹۰۰	۰/۳۸۹	۰/۳۳۰	۰/۸۳۵
۰/۲۹	۳/۶۰۶۲	۰/۰۲۳۳	۱۵۵/۰۲۳	۰/۰۱۷۱	۲۱۱/۳۹۵	۰/۰۱۲۸	۲۸۱/۸۶۰	۰/۴۰۳	۰/۳۴۲	۰/۸۲۹
۰/۳۰	۳/۷۰۳۵	۰/۰۲۴۱	۱۵۳/۹۰۱	۰/۰۱۷۶	۲۰۹/۸۶۸	۰/۰۱۳۲	۲۷۹/۸۲۰	۰/۴۱۶	۰/۳۵۴	۰/۸۲۳
۰/۳۱	۳/۷۹۹۱	۰/۰۲۴۹	۱۵۲/۷۷۹	۰/۰۱۸۲	۲۰۸/۳۳۵	۰/۰۱۳۷	۲۷۷/۷۸۰	۰/۴۳۰	۰/۳۶۶	۰/۸۱۷
۰/۳۲	۳/۸۱۲۸	۰/۰۲۵۷	۱۵۱/۶۵۷	۰/۰۱۸۸	۲۰۶/۸۰۵	۰/۰۱۴۱	۲۷۵/۷۴۰	۰/۴۴۴	۰/۳۷۸	۰/۸۱۱
۰/۳۳	۳/۹۸۴۸	۰/۰۲۶۵	۱۵۰/۵۳۵	۰/۰۱۹۴	۲۰۵/۲۷۵	۰/۰۱۴۶	۲۷۳/۷۰۰	۰/۴۵۸	۰/۳۸۹	۰/۸۰۵
۰/۳۴	۴/۰۷۴۹	۰/۰۲۷۳	۱۴۹/۴۱۳	۰/۰۲۰۰	۲۰۳/۷۴۵	۰/۰۱۵۰	۲۷۱/۶۶۰	۰/۴۷۲	۰/۴۰۱	۰/۷۹۹
۰/۳۵	۴/۱۶۸۵	۰/۰۲۸۱	۱۴۸/۴۷۸	۰/۰۲۰۱	۲۰۲/۴۷۰	۰/۰۱۵۴	۲۶۹/۹۶۰	۰/۴۸۶	۰/۴۱۳	۰/۷۹۴
۰/۳۶	۴/۲۵۵۲	۰/۰۲۸۹	۱۴۷/۴۵۶	۰/۰۲۱۲	۲۰۰/۹۴۰	۰/۰۱۵۹	۲۶۷/۹۲۰	۰/۵۰۰	۰/۴۲۵	۰/۷۸۸

$f_c = 25 \text{ MPa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			J
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$
۰/۳۷	۴/۳۴۰/۱	۰/۰/۲۹۷	۱۴۶/۳۳۴	۰/۰/۲۱۸	۱۹۹/۴۱۰	۰/۰/۱۶۳	۲۶۵/۸۸۰	۰/۰/۵۱۴	۰/۰/۴۳۷
۰/۳۸	۴/۴۲۳۲	۰/۰/۳۰۵	۱۴۵/۱۱۲	۰/۰/۲۲۴	۱۹۷/۸۸۰	۰/۰/۱۶۸	۲۶۳/۸۴۰	۰/۰/۵۲۸	۰/۰/۴۴۸
۰/۳۹	۴/۵۰۴۵	۰/۰/۳۱۳	۱۴۳/۹۹۰	۰/۰/۲۲۹	۱۹۶/۳۵۰	۰/۰/۱۷۲	۲۶۱/۸۰۰	۰/۰/۵۴۱	۰/۰/۴۶۰
۰/۴۰	۴/۵۸۴۰	۰/۰/۳۲۱	۱۴۲/۸۶۸	۰/۰/۲۳۵	۱۹۴/۸۲۰	۰/۰/۱۷۶	۲۵۹/۷۶۰	۰/۰/۵۵۵	۰/۰/۴۷۲
۰/۴۱	۴/۶۶۱۷	۰/۰/۳۲۹	۱۴۱/۷۴۶	۰/۰/۲۴۱	۱۹۳/۷۹۰	۰/۰/۱۸۱	۲۵۷/۷۲۰	۰/۰/۵۶۹	۰/۰/۴۸۴
۰/۴۲	۴/۷۳۷۶	۰/۰/۳۳۷	۱۴۰/۶۲۴	۰/۰/۲۴۷	۱۹۱/۷۶۰	۰/۰/۱۸۵	۲۵۵/۶۸۰	۰/۰/۵۸۳	۰/۰/۴۹۶
۰/۴۳	۴/۸۱۱۷	۰/۰/۳۴۵	۱۳۹/۵۰۲	۰/۰/۲۵۳	۱۹۰/۶۳۰	۰/۰/۱۹۰	۲۵۳/۶۴۰	۰/۰/۵۹۷	۰/۰/۵۰۷
۰/۴۴	۴/۸۸۴۰	۰/۰/۳۵۳	۱۳۸/۳۸۰	۰/۰/۲۵۹	۱۸۸/۴۰۰			۰/۰/۶۱۱	۰/۰/۵۱۹
۰/۴۵	۴/۹۶۱۳	۰/۰/۳۶۱	۱۳۷/۴۴۵	۰/۰/۲۶۵	۱۸۷/۴۲۵			۰/۰/۶۲۵	۰/۰/۵۳۱
۰/۴۶	۵/۰۳۰/۱	۰/۰/۳۶۹	۱۳۶/۳۲۳	۰/۰/۲۷۱	۱۸۵/۸۹۵			۰/۰/۶۳۹	۰/۰/۵۴۳
۰/۴۷	۵/۰۹۷۲	۰/۰/۳۷۷	۱۳۵/۲۰۱	۰/۰/۲۷۶	۱۸۴/۴۶۵			۰/۰/۶۵۲	۰/۰/۵۵۵
۰/۴۸	۵/۱۶۲۴	۰/۰/۳۸۵	۱۳۴/۰۷۹	۰/۰/۲۸۲	۱۸۲/۸۳۵			۰/۰/۶۶۶	۰/۰/۵۶۶
۰/۴۹	۵/۲۲۵۹	۰/۰/۳۹۳	۱۳۳/۹۵۷					۰/۰/۶۸۰	۰/۰/۵۷۸
۰/۵۰	۵/۲۸۷۵	۰/۰/۴۰۱	۱۳۱/۸۳۵					۰/۰/۶۹۴	۰/۰/۵۹۰
۰/۵۱	۵/۳۴۷۴	۰/۰/۴۰۹	۱۳۰/۷۱۳					۰/۰/۷۰۸	۰/۰/۶۰۲
۰/۵۲	۵/۴۰۵۴	۰/۰/۴۱۷	۱۲۹/۵۹۱					۰/۰/۷۲۲	۰/۰/۶۱۴
ρ_{max}		۰/۰/۴۲۴		۰/۰/۲۸۳		۰/۰/۱۹۱			

* پهای بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می‌باشند.

خمش ۳-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 30 \text{ Mpa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴ و ۱۱-۵ از آیین‌نامه بتن ایران

$$M_u = K.F \text{ KN.m}$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

f_c بر حسب Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

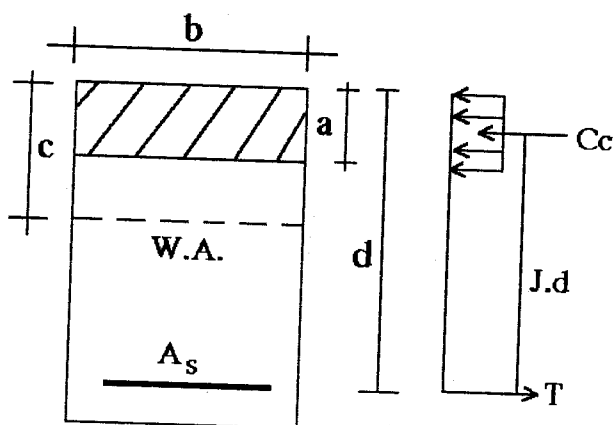
$$F = \frac{bd^2}{1000} \text{ cm می باشد } b \text{ و } d \text{ بر حسب}$$

$$M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3} \text{ همچنین}$$

$$a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J \text{ که}$$

M_u و d و A_s به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$



f _c = 30MPa										
f _y = 220MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa			J	
W	K	ρ*	a _n	ρ*	a _n	ρ*	a _n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	
۰/۰۲	۰/۳۵۵۷	۰/۰۰۱۹	۱۸۴/۷۵۶	۰/۰۰۱۴	۲۵۱/۹۴۰	۰/۰۰۱۱	۳۳۵/۹۲۰	۰/۰۲۸	۰/۰۲۴	۰/۹۸۸
۰/۰۳	۰/۵۳۰۳	۰/۰۰۲۹	۱۸۳/۶۳۴	۰/۰۰۲۱	۲۵۰/۴۱۰	۰/۰۰۱۶	۳۳۳/۸۸۰	۰/۰۴۲	۰/۰۳۵	۰/۹۸۲
۰/۰۴	۰/۷۰۲۷	۰/۰۰۳۹	۱۸۲/۵۱۲	۰/۰۰۲۸	۲۴۸/۸۸۰	۰/۰۰۲۱	۳۳۱/۸۴۰	۰/۰۵۶	۰/۰۴۷	۰/۹۷۶
۰/۰۵	۰/۸۷۳۹	۰/۰۰۴۸	۱۸۱/۵۷۷	۰/۰۰۳۵	۲۴۷/۶۰۵	۰/۰۰۲۶	۳۳۰/۱۴۰	۰/۰۶۹	۰/۰۵۹	۰/۹۷۱
۰/۰۶	۱/۰۴۲۲	۰/۰۰۵۸	۱۸۰/۴۵۵	۰/۰۰۴۲	۲۴۶/۷۵	۰/۰۰۳۲	۳۲۸/۱۰۰	۰/۰۸۳	۰/۰۸۳	۰/۹۵۹
۰/۰۷	۱/۲۰۸۳	۰/۰۰۶۷	۱۷۹/۳۳۳	۰/۰۰۴۹	۲۴۴/۵۴۵	۰/۰۰۳۷	۳۲۶/۰۶۰	۰/۰۹۷	۰/۰۹۴	۰/۹۵۳
۰/۰۸	۱/۳۷۲۳	۰/۰۰۷۷	۱۷۸/۲۱۱	۰/۰۰۵۶	۲۴۳/۰۱۵	۰/۰۰۴۲	۳۲۴/۰۲۰	۰/۱۱۱	۰/۱۰۶	۰/۹۴۷
۰/۰۹	۱/۵۳۴۱	۰/۰۰۸۷	۱۷۷/۰۸۹	۰/۰۰۶۴	۲۴۱/۴۸۵	۰/۰۰۴۸	۳۲۱/۹۸۰	۰/۱۲۵	۰/۱۱۸	۰/۹۴۱
۰/۱۰	۱/۶۹۳۸	۰/۰۰۹۶	۱۷۵/۹۶۷	۰/۰۰۷۱	۲۳۹/۹۵۵	۰/۰۰۵۳	۳۱۹/۹۴۰	۰/۱۳۹	۰/۱۲۰	۰/۹۳۵
۰/۱۱	۱/۸۵۱۳	۰/۰۱۰۶	۱۷۴/۸۴۵	۰/۰۰۷۸	۲۳۸/۴۲۵	۰/۰۰۵۸	۳۱۷/۹۰۰	۰/۱۵۳	۰/۱۳۰	۰/۹۲۵
۰/۱۲	۲/۰۰۶۶	۰/۰۱۱۶	۱۷۳/۷۲۳	۰/۰۰۸۵	۲۳۶/۸۹۵	۰/۰۰۶۳	۳۱۵/۸۶۰	۰/۱۶۷	۰/۱۴۲	۰/۹۲۹
۰/۱۳	۲/۱۵۹۸	۰/۰۱۲۵	۱۷۲/۶۰۱	۰/۰۰۹۲	۲۳۵/۳۶۵	۰/۰۰۶۹	۳۱۳/۸۲۰	۰/۱۸۰	۰/۱۵۳	۰/۹۲۳
۰/۱۴	۲/۳۱۰۸	۰/۰۱۳۵	۱۷۱/۴۷۹	۰/۰۰۹۹	۲۳۳/۸۲۵	۰/۰۰۷۴	۳۱۱/۷۸۰	۰/۱۹۴	۰/۱۶۵	۰/۹۱۷
۰/۱۵	۲/۴۶۲۴	۰/۰۱۴۴	۱۷۰/۵۴۴	۰/۰۱۰۶	۲۳۲/۵۶۰	۰/۰۰۷۹	۳۱۰/۰۸۰	۰/۲۰۸	۰/۱۷۷	۰/۹۱۲
۰/۱۶	۲/۶۰۹۳	۰/۰۱۵۴	۱۶۹/۴۲۲	۰/۰۱۱۳	۲۳۱/۰۳۰	۰/۰۰۸۵	۳۰۸/۰۴۰	۰/۲۲۲	۰/۱۸۹	۰/۹۰۶
۰/۱۷	۲/۷۵۴۰	۰/۰۱۶۴	۱۶۸/۳۰۰	۰/۰۱۲۰	۲۲۹/۵۰۰	۰/۰۰۹۰	۳۰۶/۰۰۰	۰/۲۳۶	۰/۲۰۱	۰/۹۰۰
۰/۱۸	۲/۸۹۶۶	۰/۰۱۷۳	۱۶۷/۱۷۸	۰/۰۱۲۷	۲۲۷/۹۷۰	۰/۰۰۹۵	۳۰۳/۹۶۰	۰/۲۵۰	۰/۲۱۲	۰/۸۹۴

f _c = 30 MPa										
f _y = 220 MPa			f _y = 300 MPa			f _y = 400 MPa				
W	K	ρ*	a _n	ρ*	a _n	ρ*	a _n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
۰/۱۹	۳/۳۷۰	۰/۰۱۸۳	۱۶۶/۰۵۶	۰/۰۱۳۴	۲۲۶/۴۴۰	۰/۰۱۰۱	۳۰۱/۹۲۰	۰/۲۶۴	۰/۲۲۴	۰/۸۸۸
۰/۲۰	۳/۱۷۵۲	۰/۰۱۹۳	۱۶۴/۹۳۴	۰/۰۱۴۱	۲۲۴/۹۱۰	۰/۰۱۰۶	۲۹۹/۸۸۰	۰/۲۷۸	۰/۲۳۶	۰/۸۸۲
۰/۲۱	۳/۳۱۱۳	۰/۰۲۰۲	۱۶۳/۸۱۲	۰/۰۱۴۸	۲۲۳/۳۸۰	۰/۰۱۱۱	۲۹۷/۸۴۰	۰/۲۹۲	۰/۲۴۸	۰/۸۷۶
۰/۲۲	۳/۴۴۵۲	۰/۰۲۱۲	۱۶۲/۶۹۰	۰/۰۱۵۵	۲۲۱/۷۵۰	۰/۰۱۱۶	۲۹۵/۸۰۰	۰/۳۰۵	۰/۲۶۰	۰/۸۷۰
۰/۲۳	۳/۵۷۷۰	۰/۰۲۲۱	۱۶۱/۵۶۸	۰/۰۱۶۲	۲۲۰/۳۲۰	۰/۰۱۲۲	۲۹۳/۷۶۰	۰/۳۱۹	۰/۲۷۱	۰/۸۶۴
۰/۲۴	۳/۷۰۶۶	۰/۰۲۳۱	۱۶۰/۴۴۸	۰/۰۱۶۹	۲۱۸/۷۹۰	۰/۰۱۲۷	۲۹۱/۷۲۰	۰/۳۳۳	۰/۲۸۳	۰/۸۵۸
۰/۲۵	۳/۸۳۸۵	۰/۰۲۴۱	۱۵۹/۵۱۱	۰/۰۱۷۷	۲۱۷/۵۱۵	۰/۰۱۳۲	۲۹۰/۰۲۰	۰/۳۴۷	۰/۲۹۵	۰/۸۵۳
۰/۲۶	۳/۹۶۴۰	۰/۰۲۵۰	۱۵۸/۲۸۹	۰/۰۱۸۴	۲۱۵/۹۸۵	۰/۰۱۳۸	۲۸۷/۹۸۰	۰/۳۶۱	۰/۳۰۷	۰/۸۴۷
۰/۲۷	۴/۰۸۷۳	۰/۰۲۶۰	۱۵۷/۲۶۷	۰/۰۱۹۱	۲۱۴/۴۵۵	۰/۰۱۴۳	۲۸۵/۹۴۰	۰/۳۷۵	۰/۳۱۹	۰/۸۴۱
۰/۲۸	۴/۲۰۸۴	۰/۰۲۷۰	۱۵۶/۱۴۵	۰/۰۱۹۸	۲۱۲/۹۲۵	۰/۰۱۴۸	۲۸۳/۹۰۰	۰/۳۸۹	۰/۳۳۰	۰/۸۳۵
۰/۲۹	۴/۳۲۷۴	۰/۰۲۷۹	۱۵۵/۰۲۳	۰/۰۲۰۵	۲۱۱/۳۹۵	۰/۰۱۵۳	۲۸۱/۸۶۰	۰/۴۰۳	۰/۳۴۲	۰/۸۲۹
۰/۳۰	۴/۴۴۴۲	۰/۰۲۸۹	۱۵۳/۹۰۱	۰/۰۲۱۲	۱۰۹/۸۶۸	۰/۰۱۵۹	۲۷۹/۸۲۰	۰/۴۱۶	۰/۳۵۴	۰/۸۲۳
۰/۳۱	۴/۵۵۸۹	۰/۰۲۹۹	۱۵۲/۷۷۹	۰/۰۲۱۹	۲۰۸/۳۳۵	۰/۰۱۶۴	۲۷۷/۷۸۰	۰/۴۳۰	۰/۳۳۶	۰/۸۱۷
۰/۳۲	۴/۶۷۱۴	۰/۰۳۰۸	۱۵۱/۶۵۷	۰/۰۲۲۶	۲۰۶/۸۰۵	۰/۰۱۶۹	۲۷۵/۷۴۰	۰/۴۴۴	۰/۳۲۸	۰/۸۱۱
۰/۳۳	۴/۷۸۱۷	۰/۰۳۱۸	۱۵۰/۵۳۵	۰/۰۲۳۳	۲۰۵/۲۷۵	۰/۰۱۷۵	۲۷۳/۷۰۰	۰/۴۵۸	۰/۳۸۹	۰/۸۰۵
۰/۳۴	۴/۸۸۹۹	۰/۰۳۲۷	۱۴۹/۴۱۳	۰/۰۲۴۰	۲۰۳/۷۴۵	۰/۰۱۸۰	۲۷۱/۶۶۰	۰/۴۷۲	۰/۴۰۱	۰/۷۹۹
۰/۳۵	۵/۰۰۲۲	۰/۰۳۳۷	۱۴۸/۴۷۸	۰/۰۲۴۷	۲۰۲/۴۷۰	۰/۰۱۸۵	۲۶۹/۹۶۰	۰/۴۸۶	۰/۴۱۳	۰/۷۹۴
۰/۳۶	۵/۱۰۶۲	۰/۰۳۴۷	۱۴۷/۳۵۶	۰/۰۲۵۴	۲۰۰/۹۴۰	۰/۰۱۹۱	۲۶۷/۹۲۰	۰/۵۰۰	۰/۴۲۵	۰/۷۸۸

$f_c = 30 \text{ MPa}$

		$f_y = 220 \text{ MPa}$		$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n			
.۳۷	۵/۲۰.۸۱	.۰.۳۵۶	۱۳۶/۳۳۴	.۰.۲۶۱	۱۹۹/۴۱۰	.۰.۱۹۶	۲۶۵/۸۸۰	.۰.۵۱۴	.۰.۴۳۷	.۰.۷۸۲
.۳۸	۵/۳۰.۷۸	.۰.۳۶۶	۱۴۵/۱۱۲	.۰.۲۶۸	۱۹۷/۸۸۰	.۰.۲۰۱	۲۶۳/۸۴۰	.۰.۵۲۸	.۰.۴۴۸	.۰.۷۷۶
.۳۹	۵/۴۰.۵۴	.۰.۳۷۵	۱۴۳/۹۹۰	.۰.۲۷۵	۱۹۶/۳۵۰	.۰.۲۰۶	۲۶۱/۸۰۰	.۰.۵۴۱	.۰.۴۶۰	.۰.۷۷۰
.۴۰	۵/۵۰.۰۸	.۰.۳۸۵	۱۴۲/۸۶۸	.۰.۲۸۲	۱۹۴/۸۲۰	.۰.۲۱۲	۲۵۹/۷۶۰	.۰.۵۵۵	.۰.۴۷۲	.۰.۷۶۴
.۴۱	۵/۵۹.۴۰	.۰.۳۹۵	۱۴۱/۷۴۶	.۰.۲۸۹	۱۹۳/۲۹۰	.۰.۲۱۷	۲۵۷/۷۲۰	.۰.۵۶۹	.۰.۴۸۴	.۰.۷۵۸
.۴۲	۵/۶۸.۵۱	.۰.۴۰۴	۱۴۰/۶۲۴	.۰.۲۹۶	۱۹۱/۷۶۰	.۰.۲۲۲	۲۵۵/۶۸۰	.۰.۵۸۳	.۰.۴۹۶	.۰.۷۵۲
.۴۳	۵/۷۷.۴۰	.۰.۴۱۴	۱۳۹/۵۰۲	.۰.۳۰۴	۱۹۰/۲۳۰	.۰.۲۲۸	۲۵۳/۶۴۰	.۰.۵۹۷	.۰.۵۰۷	.۰.۷۴۶
.۴۴	۵/۸۶.۰۸	.۰.۴۲۴	۱۳۸/۳۸۰	.۰.۳۱۱	۱۸۸/۷۰۰			.۰.۶۱۱	.۰.۵۱۹	.۰.۷۴۰
.۴۵	۵/۹۵.۳۵	.۰.۴۳۳	۱۳۷/۴۴۵	.۰.۳۱۸	۱۸۷/۴۲۵			.۰.۶۲۵	.۰.۵۳۱	.۰.۷۳۵
.۴۶	۶/۰.۳۶۱	.۰.۴۴۳	۱۳۶/۳۲۳	.۰.۳۲۵	۱۸۵/۸۹۵			.۰.۶۳۹	.۰.۵۴۳	.۰.۷۲۹
.۴۷	۶/۱۱.۶۶	.۰.۴۵۲	۱۳۵/۲۰۱	.۰.۳۳۲	۱۸۴/۳۶۵			.۰.۶۵۲	.۰.۵۵۵	.۰.۷۲۳
.۴۸	۶/۱۹.۴۹	.۰.۴۶۲	۱۳۴/۱۰۹	.۰.۳۳۹	۱۸۲/۸۲۵			.۰.۶۶۶	.۰.۵۶۶	.۰.۷۱۷
.۴۹	۶/۲۷.۱۰	.۰.۴۷۲	۱۳۳/۹۵۷					.۰.۶۸۰	.۰.۵۷۸	.۰.۷۱۱
.۵۰	۶/۳۴.۵۰	.۰.۴۸۱	۱۳۱/۸۳۵					.۰.۶۹۴	.۰.۵۹۰	.۰.۷۰۵
.۵۱	۶/۴۱.۶۸	.۰.۴۹۱	۱۳۰/۷۱۳					.۰.۷۰۸	.۰.۶۰۲	.۰.۶۹۹
.۵۲	۶/۴۸.۶۵	.۰.۵۰۱	۱۲۹/۵۹۱					.۰.۷۲۲	.۰.۶۱۴	.۰.۶۹۳
ρ_{max}		.۰.۵۰۹		.۰.۳۴۰		.۰.۲۳۰				

* ρ های بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می باشند.

خمش ۴-۲) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و بدون آرماتور فشاری، در حالت $f_c = 35 \text{ Mpa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴ و ۱۱-۵ از آیین‌نامه بتن ایران

$$M_u = K \cdot F \quad \text{KN.m}$$

$$K = \phi_c \cdot f_c \cdot W \cdot J$$

f_c بر حسب Mpa است.

$$W = \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}$$

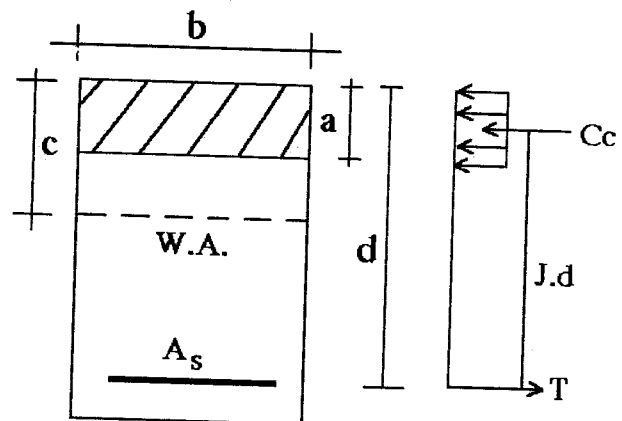
$$F = \frac{bd^2}{1000} \quad \text{cm می باشد} \quad \text{و } d \text{ و } b \text{ بر حسب}$$

$$M_u = A_s \cdot d \cdot a_n \cdot 10^{-3} \quad \text{همچنین}$$

$$a_n = \phi_s \cdot f_c \cdot J \quad \text{که}$$

A_s و d و M_u به ترتیب بر حسب cm^2 و cm و KN.m می باشند.

$$\frac{x}{d} = 1.18 \left(\frac{W}{\beta_1} \right) \quad \frac{a}{d} = \beta_1 \frac{x}{d} \quad \beta_1 = 0.85 \quad J = 1 - \frac{a}{2d} \quad J = 1 - 0.59W$$



$f_c = 35 \text{ MPa}$

		$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$					
W	K	ρ^*	a_n		ρ^*	a_n		ρ^*	a_n		$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
.۰۲	.۴۱۵۰	.۰۰۲۲	۱۸۴/۷۵۶		.۰۰۱۶	۲۵۱/۹۴۰		.۰۰۱۲	۳۳۵/۹۲۰		.۰۲۹	.۰۲۴	.۰۹۸۸
.۰۳	.۶۱۸۷	.۰۰۳۴	۱۸۳/۶۳۴		.۰۰۲۵	۲۵۰/۴۱۰		.۰۰۱۹	۳۳۳/۸۸۰		.۰۴۴	.۰۰۳۵	.۰۹۸۲
.۰۴	.۸۱۹۸	.۰۰۴۵	۱۸۲/۵۱۲		.۰۰۳۳	۲۴۸/۸۸۰		.۰۰۲۵	۳۳۱/۸۴۰		.۰۵۹	.۰۰۴۷	.۰۹۷۶
.۰۵	۱/۰۱۹۶	.۰۰۵۶	۱۸۱/۵۷۷		.۰۰۴۱	۲۴۷/۶۰۵		.۰۰۳۱	۳۳۰/۱۴۰		.۰۷۲	.۰۰۵۹	.۰۹۷۱
.۰۶	۱/۳۱۵۹	.۰۰۶۷	۱۸۰/۴۵۵		.۰۰۴۹	۲۴۶/۰۷۵		.۰۰۳۷	۳۲۸/۱۰۰		.۰۸۷	.۰۰۷۱	.۰۹۶۵
.۰۷	۱/۴۰۹۷	.۰۰۷۹	۱۷۹/۳۳۳		.۰۰۵۸	۲۴۴/۵۴۵		.۰۰۴۳	۳۲۶/۰۶۰		.۰۱۰۲	.۰۰۸۳	.۰۹۵۹
.۰۸	۱/۶۰۱۰	.۰۰۹۰	۱۷۸/۲۱۱		.۰۰۶۶	۲۴۳/۰۱۵		.۰۰۴۹	۳۲۴/۰۲۰		.۰۱۱۶	.۰۰۹۴	.۰۹۵۳
.۰۹	۱/۸۸۹۸	.۰۰۱۰۱	۱۷۷/۰۸۹		.۰۰۷۴	۲۴۱/۴۸۵		.۰۰۵۶	۳۲۱/۹۸۰		.۰۱۳۱	.۰۰۱۰۶	.۰۹۴۷
.۱۰	۱/۹۷۶۱	.۰۰۱۱۲	۱۷۵/۹۶۷		.۰۰۸۲	۲۳۹/۹۵۵		.۰۰۶۲	۳۱۹/۹۴۰		.۰۱۴۶	.۰۰۱۱۸	.۰۹۴۱
.۱۱	۲/۱۵۹۹	.۰۰۱۲۴	۱۷۴/۸۴۵		.۰۰۹۱	۲۳۸/۴۲۵		.۰۰۶۸	۳۱۷/۹۰۰		.۰۱۶۱	.۰۰۱۳۰	.۰۹۳۵
.۱۲	۲/۳۴۱۱	.۰۰۱۳۵	۱۷۳/۷۲۳		.۰۰۹۹	۲۳۶/۸۹۵		.۰۰۷۴	۳۱۵/۸۶۰		.۰۱۷۵	.۰۰۱۴۲	.۰۹۲۹
.۱۳	۲/۵۱۹۸	.۰۰۱۴۶	۱۷۲/۶۰۱		.۰۰۱۰۷	۲۳۵/۳۶۵		.۰۰۸۰	۳۱۳/۸۲۰		.۰۱۸۹	.۰۰۱۵۳	.۰۹۲۳
.۱۴	۲/۶۹۶۰	.۰۰۱۵۷	۱۷۱/۴۷۹		.۰۰۱۱۵	۲۳۳/۸۳۵		.۰۰۸۷	۳۱۱/۷۸۰		.۰۲۰۴	.۰۰۱۶۵	.۰۹۱۷
.۱۵	۲/۸۷۲۸	.۰۰۱۶۸	۱۷۰/۵۴۴		.۰۰۱۲۴	۲۳۲/۵۶۰		.۰۰۹۳	۳۱۰/۰۸۰		.۰۲۱۸	.۰۰۱۷۷	.۰۹۱۲
.۱۶	۳/۰۴۴۲	.۰۰۱۸۰	۱۶۹/۴۲۲		.۰۰۱۳۲	۲۳۱/۰۳۰		.۰۰۹۹	۳۰۸/۰۴۰		.۰۲۳۳	.۰۰۱۸۹	.۰۹۰۶
.۱۷	۳/۲۱۳۰	.۰۰۱۹۱	۱۶۸/۳۰۰		.۰۰۱۴۰	۲۲۹/۵۰۰		.۰۰۱۰۵	۳۰۶/۰۰۰		.۰۲۴۸	.۰۰۲۰۱	.۰۹۰۰
.۱۸	۳/۳۷۹۳	.۰۰۲۰۱	۱۶۷/۱۷۸		.۰۰۱۴۸	۲۲۷/۹۷۰		.۰۰۱۱۱	۳۰۳/۹۶۰		.۰۲۶۲	.۰۰۲۱۲	.۰۸۹۴

$f_c = 35 \text{ MPa}$										
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$				
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
.۱۹	۳/۵۴۳۱	.۰.۲۱۳	۱۶۶/۰.۵۶	.۰.۱۵۷	۲۲۶/۴۴.۰	.۰.۱۱۷	۳.۱/۹۲.۰	.۲۷۷	.۲۲۴	.۰.۸۸۸
.۲۰	۳/۷.۴۴	.۰.۲۲۵	۱۶۴/۹۳۴	.۰.۱۶۵	۲۲۴/۹۱.۰	.۰.۱۲۴	۲۹۹/۸۸.۰	.۲۹۲	.۲۳۶	.۰.۸۸۲
.۲۱	۳/۸۵۳۲	.۰.۲۳۶	۱۶۳/۸۱۲	.۰.۱۷۳	۲۲۳/۳۸.۰	.۰.۱۳۰	۲۹۷/۸۴.۰	.۳۰۶	.۲۴۸	.۰.۸۷۶
.۲۲	۴/۰.۱۹۴	.۰.۲۴۷	۱۶۲/۶۹۰	.۰.۱۸۱	۲۲۱/۷۵.۰	.۰.۱۳۶	۲۹۵/۸۰.۰	.۳۲.۰	.۲۶.۰	.۰.۸۷۰
.۲۳	۴/۱۷۳۱	.۰.۲۵۸	۱۶۱/۵۶۸	.۰.۱۹۰	۲۲۰/۳۲.۰	.۰.۱۴۲	۲۹۳/۷۶.۰	.۳۳.۵	.۲۷۱	.۰.۸۶۴
.۲۴	۴/۳۳۴۳	.۰.۲۷۰	۱۶۰/۴۴۸	.۰.۱۹۸	۲۱۸/۷۹.۰	.۰.۱۴۸	۲۹۱/۷۲.۰	.۳۴۹	.۲۸۳	.۰.۸۵۸
.۲۵	۴/۴۷۸۳	.۰.۲۸۱	۱۵۹/۵۱۱	.۰.۲۰۶	۲۱۷/۵۱۵	.۰.۱۵۵	۲۹۰/۰.۲۰	.۳۶۴	.۲۹۵	.۰.۸۵۳
.۲۶	۴/۶۲۴۶	.۰.۲۹۲	۱۵۸/۲۸۹	.۰.۲۱۴	۲۱۵/۹۸۵	.۰.۱۶۱	۲۸۷/۹۸.۰	.۳۷۹	.۳۰.۷	.۰.۸۴۷
.۲۷	۴/۷۶۸۵	.۰.۳۰۳	۱۵۷/۲۶۷	.۰.۲۲۱	۲۱۴/۴۵۵	.۰.۱۶۷	۲۸۵/۹۴.۰	.۳۹۴	.۳۱۹	.۰.۸۴۱
.۲۸	۴/۹.۹۸	.۰.۳۱۴	۱۵۶/۱۴۵	.۰.۲۳۱	۲۱۲/۹۲۵	.۰.۱۷۳	۲۸۳/۹۰.۰	.۴۰.۸	.۳۳.۰	.۰.۸۳۵
.۲۹	۵/۰.۶۸۶	.۰.۳۲۶	۱۵۵/۰.۲۳	.۰.۲۳۹	۲۱۱/۳۹۵	.۰.۱۷۹	۲۸۱/۸۶.۰	.۴۲۳	.۳۴۲	.۰.۸۲۹
.۳۰	۵/۱۸۴۹	.۰.۳۳۷	۱۵۳/۹۰.۱	.۰.۲۴۷	۲۰۹/۸۶۸	.۰.۱۸۵	۲۷۹/۸۲.۰	.۴۳۷	.۳۵۴	.۰.۸۲۳
.۳۱	۵/۳۱۸۷	.۰.۳۴۸	۱۵۲/۷۷۹	.۰.۲۵۵	۲۰۸/۳۳۵	.۰.۱۹۲	۲۷۷/۷۸.۰	.۴۵۱	.۳۶۶	.۰.۸۱۷
.۳۲	۵/۴۴۹۹	.۰.۳۵۹	۱۵۱/۶۵۷	.۰.۲۶۴	۲۰۶/۸۰.۵	.۰.۱۹۸	۲۷۵/۷۴.۰	.۴۶۶	.۳۷۸	.۰.۸۱۱
.۳۳	۵/۵۷۸۷	.۰.۳۷۱	۱۵۰/۵۳۵	.۰.۲۷۲	۲۰۵/۳۷۵	.۰.۲۰۴	۲۷۳/۷۰.۰	.۴۸۱	.۳۸۹	.۰.۸۰۵
.۳۴	۵/۷.۴۹	.۰.۳۸۲	۱۴۹/۴۱۳	.۰.۲۸۰	۲۰۳/۷۴۵	.۰.۲۱۰	۲۷۱/۶۶.۰	.۴۹۵	.۴۰.۱	.۰.۷۹۹
.۳۵	۵/۸۳۵۹	.۰.۳۹۳	۱۴۸/۴۷۸	.۰.۲۸۸	۲۰۲/۴۷۰	.۰.۲۱۶	۲۶۹/۹۶.۰	.۵۱۰	.۴۱۳	.۰.۷۹۴
.۳۶	۵/۹۵۷۳	.۰.۴۰۴	۱۴۷/۳۵۶	.۰.۲۹۷	۲۰۰/۹۴.۰	.۰.۲۲۲	۲۶۷/۹۲.۰	.۵۲۵	.۴۲۵	.۰.۷۸۸

$f_c = 35 \text{ MPa}$										
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$				
W	K	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	ρ^*	a_n	$\frac{x}{d}$	$\frac{a}{d}$	J
.۳۷	۶/۰۷۶۱	.۰۴۱۶	۱۴۶/۳۳۴	.۰۳۰۵	۱۹۹/۴۱۰	.۰۲۲۹	۲۶۵/۸۸۰	.۰۵۳۹	.۰۴۳۷	.۰۷۸۲
.۳۸	۶/۱۹۲۵	.۰۴۲۷	۱۴۵/۱۱۲	.۰۳۱۳	۱۹۷/۸۸۰	.۰۲۳۵	۲۶۳/۸۴۰	.۰۵۵۴	.۰۴۴۸	.۰۷۷۶
.۳۹	۶/۳۰۶۳	.۰۴۳۸	۱۴۳/۹۹۰	.۰۳۲۱	۱۹۶/۳۵۰	.۰۲۴۱	۲۶۱/۸۰۰	.۰۵۶۸	.۰۴۶۰	.۰۷۷۰
.۴۰	۶/۴۱۷۶	.۰۴۴۹	۱۴۲/۸۶۸	.۰۳۲۹	۱۹۴/۸۲۰	.۰۲۴۷	۲۵۹/۷۶۰	.۰۵۸۲	.۰۴۷۲	.۰۷۶۴
.۴۱	۶/۵۲۶۴	.۰۴۶۰	۱۴۱/۷۴۶	.۰۳۳۸	۱۹۳/۲۹۰	.۰۲۵۳	۲۵۷/۷۲۰	.۰۵۹۷	.۰۴۸۴	.۰۷۵۸
.۴۲	۶/۶۳۲۶	.۰۴۷۲	۱۴۰/۶۲۴	.۰۳۴۶	۱۹۱/۷۶۰			.۰۶۱۲	.۰۴۹۶	.۰۷۵۲
.۴۳	۶/۷۳۶۴	.۰۴۸۳	۱۳۹/۵۰۲	.۰۳۵۴	۱۹۰/۳۳۰			.۰۶۲۶	.۰۵۰۷	.۰۷۴۶
.۴۴	۶/۸۳۷۶	.۰۴۹۴	۱۳۸/۳۸۰	.۰۳۶۲	۱۸۸/۷۰۰			.۰۶۴۱	.۰۵۱۹	.۰۷۴۰
.۴۵	۶/۹۴۵۸	.۰۵۰۵	۱۳۷/۴۴۵	.۰۳۷۱	۱۸۷/۴۲۵			.۰۶۵۶	.۰۵۳۱	.۰۷۳۵
.۴۶	۷/۰۴۲۱	.۰۵۱۷	۱۳۶/۳۲۳					.۰۶۷۱	.۰۵۴۳	.۰۷۲۹
.۴۷	۷/۱۳۶۰	.۰۵۲۸	۱۳۵/۲۰۱					.۰۶۸۴	.۰۵۵۵	.۰۷۲۳
.۴۸	۷/۲۳۷۴	.۰۵۳۹	۱۳۴/۰۷۹					.۰۶۹۹	.۰۵۶۶	.۰۷۱۷
.۴۹	۷/۳۱۶۲	.۰۵۵۰	۱۳۲/۹۵۷					.۰۷۱۴	.۰۵۷۸	.۰۷۱۱
.۵۰	۷/۴۰۲۵	.۰۵۶۱	۱۳۱/۸۳۵					.۰۷۲۸	.۰۵۹۰	.۰۷۰۵
.۵۱	۷/۴۸۶۳							.۰۷۴۳	.۰۶۰۲	.۰۶۹۹
.۵۲	۷/۵۶۷۶							.۰۷۵۸	.۰۶۱۴	.۰۶۹۳
ρ_{max}		.۰۵۶۶			.۰۳۷۸			.۰۲۵۵		

* ρ های بالای خط نازک کمتر از ρ_{min} می باشند.

خمش ۱-۳) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f'_s = f_y$ ، و تیرهای T شکل در حالتیکه $f_c = 20 \text{ MPa}$ $h_f < a$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

M_{u2} و A_{s2} به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می باشند.

$a'_n = \phi_s f_y (1 - \frac{d'}{d})$ است MPa بر حسب f_y

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow \text{و } A'_s \text{ به ترتیب بر حسب}$$

cm^2 و cm می باشند.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

تیر T شکل

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

M_{uf} و A_{sf} به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{و } b_w \text{ بر حسب } \text{cm} \text{ و } h_f$$

A_{sf} بر حسب cm^2 می باشند.

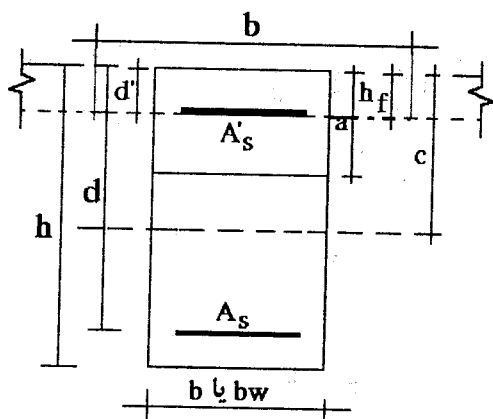
$k_f = 0.85 \phi_c f_c (\frac{b}{b_w} - 1)$ است MPa بر حسب f_c

(k_f از خمش ۳-۳)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$a_{nf} = \phi_s f_y (1 - \frac{h_f}{2d})$ است MPa بر حسب f_y

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$



$f_c = 20 \text{ Mpa}$									
d/d	$f_y = 220 \text{ MPa}$		$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		h/d	J_r	
	$\rho \cdot \rho^*$	a'n l a _{nf}	$\rho \cdot \rho^*$	a'n l a _{nf}	$\rho \cdot \rho^*$	a'n l a _{nf}			
. / .۱	. / .۰۰۰۷	۱۸۵ / ۱۳	. / .۰۰۰۷	۲۵۲ / ۴۵	. / .۰۰۰۸	۳۳۶ / ۶۰	. / .۰۲	. / .۹۹	
. / .۲	. / .۰۰۱۵	۱۸۳ / ۱۶	. / .۰۰۰۴	۲۴۹ / ۹۰	. / .۰۰۱۵	۳۳۳ / ۲۰	. / .۰۴	. / .۹۸	
. / .۳	. / .۰۰۲۲	۱۸۱ / ۳۹	. / .۰۰۱۴	۲۴۷ / ۳۵	. / .۰۰۲۳	۳۲۹ / ۸۰	. / .۰۶	. / .۹۷	
. / .۴	. / .۰۰۲۹	۱۷۹ / ۵۲	. / .۰۰۲۰	۲۴۴ / ۸۰	. / .۰۰۳۱	۳۲۶ / ۴۰	. / .۰۸	. / .۹۶	
. / .۵	. / .۰۰۳۷	۱۷۷ / ۶۵	. / .۰۰۲۷	۲۴۲ / ۲۵	. / .۰۰۳۸	۳۲۳ / ۰۰	. / .۱۰	. / .۹۵	
. / .۶	. / .۰۰۴۴	۱۷۵ / ۷۸	. / .۰۰۳۴	۲۳۹ / ۷۰	. / .۰۰۴۶	۳۱۹ / ۶۰	. / .۱۲	. / .۹۴	
. / .۷	. / .۰۰۵۱	۱۷۳ / ۹۱	. / .۰۰۴۱	۲۳۷ / ۱۵	. / .۰۰۵۴	۳۱۶ / ۲۰	. / .۱۴	. / .۹۳	
. / .۸	. / .۰۰۵۹	۱۷۲ / ۰۴	. / .۰۰۴۸	۲۳۴ / ۶۰	. / .۰۰۶۱	۳۱۳ / ۸۰	. / .۱۶	. / .۹۲	
. / .۹	. / .۰۰۶۶	۱۷۰ / ۱۷	. / .۰۰۵۴	۲۳۲ / ۰۵	. / .۰۰۶۹	۳۰۹ / ۴۰	. / .۱۸	. / .۹۱	
. / .۱۰	. / .۰۰۷۳	۱۶۸ / ۳۰	. / .۰۰۶۱	۲۲۹ / ۵۰	. / .۰۰۷۷	۳۰۶ / ۰۰	. / .۲۰	. / .۹۰	
. / .۱۱	. / .۰۰۸۱	۱۶۶ / ۴۳	. / .۰۰۶۸	۲۲۶ / ۹۵	. / .۰۰۸۴	۳۰۲ / ۶۰	. / .۲۲	. / .۸۹	
. / .۱۲	. / .۰۰۸۸	۱۶۴ / ۵۶	. / .۰۰۷۵	۲۲۴ / ۴۰	. / .۰۰۹۲	۲۹۹ / ۲۰	. / .۲۴	. / .۸۸	
. / .۱۳	. / .۰۰۹۵	۱۶۲ / ۶۹	. / .۰۰۸۲	۲۲۱ / ۸۵	. / .۰۰۹۹	۲۹۵ / ۸۰	. / .۲۶	. / .۸۷	
. / .۱۴	. / .۰۱۰۲	۱۶۰ / ۸۲	. / .۰۰۸۸	۲۱۹ / ۳۰	. / .۰۱۰۷	۲۹۲ / ۴۰	. / .۲۸	. / .۸۶	
. / .۱۵	. / .۰۱۱۰	۱۵۸ / ۹۵	. / .۰۰۹۵	۲۱۶ / ۷۵	. / .۰۱۱۵	۲۸۹ / ۰۰	. / .۳۰	. / .۸۵	
. / .۱۶ -	. / .۰۱۱۷	۱۵۷ / ۰۸	. / .۰۱۰۲	۲۱۴ / ۲۰	. / .۰۱۲۲	۲۸۵ / ۶۰	. / .۳۲	. / .۸۴	

$f_c = 20 \text{ Mpa}$							
d/d	$f_y = 220 \text{ MPa}$		$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		J_f
	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	h_f/d
.۱۷	./.۱۳۴	۱۵۵/۲۱	./.۱۰۹	۲۱۱/۶۵	./.۱۳۰	۲۸۲/۲۰	.۳۴
.۱۸	./.۱۳۲	۱۵۳/۳۴	./.۱۱۶	۲۰۹/۱۰	./.۱۳۸	۲۷۸/۸۰	.۳۶
.۱۹	./.۱۳۹	۱۵۱/۴۷	./.۱۲۲	۲۰۶/۵۵	./.۱۴۵	۲۷۵/۴۰	.۳۸
.۲۰	./.۱۴۶	۱۴۹/۶۰	./.۱۲۹	۲۰۴/۰۰	./.۱۵۳	۲۷۲/۰۰	.۴۰
.۲۱	./.۱۵۴	۱۴۷/۷۳	./.۱۳۶	۲۰۱/۴۵		۲۶۸/۶۰	.۴۲
.۲۲	./.۱۶۱	۱۴۵/۸۶	./.۱۴۳	۱۹۸/۹۰		۲۶۵/۲۰	.۴۴
.۲۳	./.۱۶۸	۱۴۳/۹۹	./.۱۵۰	۱۹۶/۳۵		۲۶۱/۸۰	.۴۶
.۲۴	./.۱۷۶	۱۴۲/۱۲	./.۱۵۶	۱۹۳/۸۰		۲۵۸/۴۰	.۴۸
.۲۵	./.۱۸۳	۱۴۰/۲۰	./.۱۶۳	۱۹۰/۸۵۸		۲۵۵/۰۰	.۵۰
.۲۶	./.۱۹۰	۱۳۸/۳۸	./.۱۶۷	۱۸۸/۷۰		۲۵۱/۶۰	.۵۲
.۲۷	./.۱۹۸	۱۳۶/۵۱	./.۱۷۷	۱۸۶/۱۵		۲۴۸/۲۰	.۵۴
.۲۸	./.۲۰۵	۱۳۴/۶۴	./.۱۸۴	۱۸۳/۶۰		۲۴۴/۸۰	.۵۶
.۲۹	./.۲۱۲	۱۳۲/۷۷	./.۱۹۰	۱۸۱/۰۵		۲۴۱/۴۰	.۵۸
.۳۰	./.۲۲۰	۱۳۰/۹۰	./.۱۹۷	۱۷۸/۵۰		۲۳۸/۰۰	.۶۰
							.۷۰

$f_c = 20 \text{ Mpa}$							
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		J_f
d'/d	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{b} a_{nf}$	$\rho - \rho^*$	$a'n \bar{b} a_{nf}$	
۰/۳۱	۰/۰.۳۳۷	۱۲۹/۰.۳	۰/۰.۲۰۴	۱۷۵/۹۵		۲۳۴/۶۰	۰/۶۹
۰/۳۲	۰/۰.۳۳۴	۱۲۷/۱۶	۰/۰.۲۱۱	۱۷۳/۴۰		۲۳۱/۲۰	۰/۶۸
۰/۳۳	۰/۰.۳۴۲	۱۲۵/۲۹	۰/۰.۲۱۸	۱۷۰/۸۵		۲۲۷/۸۰	۰/۶۷
۰/۳۴	۰/۰.۳۴۹	۱۲۳/۴۲	۰/۰.۲۲۴	۱۶۸/۳۰		۲۲۴/۴۰	۰/۶۶
۰/۳۵	۰/۰.۳۵۶	۱۲۱/۵۵		۱۶۵/۷۵		۲۲۱/۰۰	۰/۶۵
۰/۳۶	۰/۰.۳۶۴	۱۱۹/۶۸		۱۶۳/۲۰		۲۱۷/۶۰	۰/۶۴
۰/۳۷	۰/۰.۳۷۱	۱۱۷/۸۱		۱۶۰/۶۵		۲۱۴/۲۰	۰/۶۳
۰/۳۸	۰/۰.۳۷۸	۱۱۵/۹۴		۱۵۸/۱۰		۲۱۰/۸۰	۰/۶۲
۰/۳۹	۰/۰.۳۸۶	۱۱۴/۰.۴		۱۵۵/۵۵		۲۰۷/۴۰	۰/۶۱
۰/۴۰	۰/۰.۳۹۳	۱۱۲/۲۰		۱۵۳/۰۰		۲۰۴/۰۰	۰/۶۰
۰/۴۱	۰/۰.۳۰۰	۱۱۰/۳۳		۱۵۰/۴۵		۲۰۰/۶۰	۰/۵۹
۰/۴۲	۰/۰.۳۰۷	۱۰۸/۴۶		۱۴۷/۹۰		۱۹۷/۲۰	۰/۵۸
۰/۴۳	۰/۰.۳۱۵	۱۰۶/۵۹		۱۴۵/۳۵		۱۹۳/۸۰	۰/۵۷
۰/۴۴	۰/۰.۳۲۲	۱۰۴/۷۲		۱۴۲/۸۰		۱۹۰/۴۰	۰/۵۶
۰/۴۵	۰/۰.۳۲۹	۱۰۲/۸۵		۱۴۰/۲۵		۱۸۷/۰۰	۰/۵۵
۰/۴۶	۰/۰.۳۳۷	۱۰۰/۹۸		۱۳۷/۷۰		۱۹۳/۶۰	۰/۵۴

خمش ۲-۳) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f'_s = f_y$ و تیرهای T شکل در حالتیکه $f_c = 25 \text{ MPa}$ و $h_f < a$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲، ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

تیر T شکل

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

M_{uf} و A_{sf} و d به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می‌باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{و } b_w \text{ بر حسب cm و } h_f$$

A_{sf} بر حسب cm^2 می‌باشند.

$$k_f = 0.85 \phi_c f_c \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) \text{ است } f_c \text{ بر حسب MPa}$$

(kf از خمش ۳-۳)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right) \text{ است } f_y \text{ بر حسب MPa}$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

M_{u2} و A_{s2} و d به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می‌باشند.

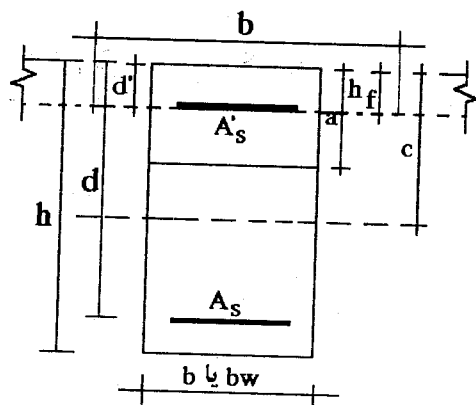
$$a'_n = \phi_s f_y \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \text{ است } f_y \text{ بر حسب MPa}$$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow \text{و } A'_s \text{ بترتیب بر حسب}$$

cm^2 و cm می‌باشند.

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



$f_c = 25 \text{ Mpa}$									
d'/d	$f_y = 220 \text{ Mpa}$		$f_y = 300 \text{ Mpa}$		$f_y = 400 \text{ Mpa}$		h/d	J_f	
	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$			
۰/۰۱	۰/۰۰۰۹	۱۸۵/۱۳	۰/۰۰۰۹	۲۵۲/۴۵	۰/۰۰۱۰	۳۳۶/۶۰	۰/۰۰۲	۰/۹۹	
۰/۰۲	۰/۰۰۱۸	۱۸۳/۱۶	۰/۰۰۱۷	۲۴۹/۹۰	۰/۰۰۱۹	۳۳۳/۲۰	۰/۰۰۴	۰/۹۸	
۰/۰۳	۰/۰۰۲۷	۱۸۱/۳۹	۰/۰۰۲۶	۲۴۷/۲۵	۰/۰۰۲۹	۳۳۹/۸۰	۰/۰۰۶	۰/۹۷	
۰/۰۴	۰/۰۰۳۷	۱۷۹/۵۲	۰/۰۰۳۴	۲۴۴/۸۰	۰/۰۰۳۸	۳۳۶/۴۰	۰/۰۰۸	۰/۹۶	
۰/۰۵	۰/۰۰۴۶	۱۷۷/۶۵	۰/۰۰۴۳	۲۴۲/۲۵	۰/۰۰۴۸	۳۳۳/۰۰	۰/۰۱۰	۰/۹۵	
۰/۰۶	۰/۰۰۵۵	۱۷۵/۷۸	۰/۰۰۵۱	۲۳۹/۷۰	۰/۰۰۵۷	۳۱۹/۶۰	۰/۰۱۲	۰/۹۴	
۰/۰۷	۰/۰۰۶۴	۱۷۳/۹۱	۰/۰۰۶۰	۲۳۷/۱۵	۰/۰۰۶۷	۳۱۶/۲۰	۰/۰۱۴	۰/۹۳	
۰/۰۸	۰/۰۰۷۳	۱۷۲/۰۴	۰/۰۰۶۸	۲۳۴/۶۰	۰/۰۰۷۷	۳۱۲/۸۰	۰/۰۱۶	۰/۹۲	
۰/۰۹	۰/۰۰۸۲	۱۷۰/۱۷	۰/۰۰۷۷	۲۳۲/۰۵	۰/۰۰۸۶	۳۰۹/۴۰	۰/۰۱۸	۰/۹۱	
۰/۱۰	۰/۰۰۹۲	۱۶۸/۳۰	۰/۰۰۸۵	۲۲۹/۵۰	۰/۰۰۹۶	۳۰۶/۰۰	۰/۰۲۰	۰/۹۰	
۰/۱۱	۰/۰۱۰۱	۱۶۶/۴۳	۰/۰۰۹۴	۲۲۶/۹۵	۰/۰۱۰۵	۳۰۴/۶۰	۰/۰۲۲	۰/۸۹	
۰/۱۲	۰/۰۱۱۰	۱۶۴/۵۶	۰/۰۱۰۲	۲۲۴/۴۰	۰/۰۱۱۵	۲۹۹/۲۰	۰/۰۲۴	۰/۸۸	
۰/۱۳	۰/۰۱۱۹	۱۶۲/۶۹	۰/۰۱۱۱	۲۲۱/۸۵	۰/۰۱۲۴	۲۹۵/۸۰	۰/۰۲۶	۰/۸۷	
۰/۱۴	۰/۰۱۲۸	۱۶۰/۸۲	۰/۰۱۱۹	۲۱۹/۳۰	۰/۰۱۳۴	۲۹۲/۴۰	۰/۰۲۸	۰/۸۶	
۰/۱۵	۰/۰۱۳۷	۱۵۸/۹۵	۰/۰۱۲۸	۲۱۶/۷۵	۰/۰۱۴۳	۲۸۹/۰۰	۰/۰۳۰	۰/۸۵	
۰/۱۶	۰/۰۱۴۶	۱۵۷/۰۸	۰/۰۱۳۶	۲۱۴/۲۰	۰/۰۱۵۳	۲۸۵/۶۰	۰/۰۳۲	۰/۸۴	
۰/۱۷	۰/۰۱۵۶	۱۵۵/۲۱	۰/۰۱۴۵	۲۱۱/۶۵	۰/۰۱۶۳	۲۸۲/۲۰	۰/۰۳۴	۰/۸۳	
۰/۱۸	۰/۰۱۶۵	۱۵۳/۳۴	۰/۰۱۵۳	۲۰۹/۱۰	۰/۰۱۷۲	۲۷۸/۸۰	۰/۰۳۶	۰/۸۲	
۰/۱۹	۰/۰۱۷۴	۱۵۱/۴۷	۰/۰۱۶۲	۲۰۶/۵۵	۰/۰۱۸۲	۲۷۵/۴۰	۰/۰۳۸	۰/۸۱	
۰/۲۰	۰/۰۱۸۳	۱۴۹/۶۰	۰/۰۱۷۰	۲۰۴/۰۰	۰/۰۱۹۱	۲۷۲/۰۰	۰/۰۴۰	۰/۸۰	
۰/۲۱	۰/۰۱۹۲	۱۴۷/۷۳	۰/۰۱۷۹	۲۰۱/۴۵		۲۶۸/۶۰	۰/۰۴۲	۰/۷۹	
۰/۲۲	۰/۰۲۰۱	۱۴۵/۸۶	۰/۰۱۸۷	۱۹۸/۹۰		۲۶۵/۲۰	۰/۰۴۴	۰/۷۸	
۰/۲۳	۰/۰۲۱۰	۱۴۳/۹۹	۰/۰۱۹۶	۱۹۶/۳۵		۲۶۱/۸۰	۰/۰۴۶	۰/۷۷	

$f_c = 25 \text{ Mpa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			
d'/d	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	h_f/d	J_f
.۲۴	.۰.۲۲۰	۱۴۲/۱۲	.۰.۲۰۴	۱۹۳/۸۰			۲۵۸/۴۰	.۰.۴۸	.۰.۷۶
.۲۵	.۰.۲۲۹	۱۴۰/۲۰	.۰.۲۰۳	۱۹۰/۸۵۸			۲۵۵/۰۰	.۰.۵۰	.۰.۷۵
.۲۶	.۰.۲۳۸	۱۳۸/۳۸	.۰.۲۲۱	۱۸۸/۷۰			۲۵۱/۶۰	.۰.۵۲	.۰.۷۴
.۲۷	.۰.۲۴۷	۱۳۶/۵۱	.۰.۲۳۰	۱۸۶/۱۵			۲۴۸/۲۰	.۰.۵۴	.۰.۷۳
.۲۸	.۰.۲۵۶	۱۳۴/۶۴	.۰.۲۳۸	۱۸۳/۶۰			۲۴۴/۸۰	.۰.۵۶	.۰.۷۲
.۲۹	.۰.۲۶۵	۱۳۲/۷۷	.۰.۲۴۷	۱۸۱/۰۵			۲۴۱/۴۰	.۰.۵۸	.۰.۷۱
.۳۰	.۰.۲۷۵	۱۳۰/۹۰	.۰.۲۵۵	۱۷۸/۵۰			۲۳۸/۰۰	.۰.۶۰	.۰.۷۰
.۳۱	.۰.۲۸۴	۱۲۹/۰۳	.۰.۲۶۴	۱۷۵/۹۵			۲۳۴/۶۰	.۰.۶۲	.۰.۶۹
.۳۲	.۰.۲۹۳	۱۲۷/۱۶	.۰.۲۷۲	۱۷۳/۴۰			۲۳۱/۲۰	.۰.۶۴	.۰.۶۸
.۳۳	.۰.۳۰۲	۱۲۵/۲۹	.۰.۲۸۱	۱۷۰/۸۵			۲۲۷/۸۰	.۰.۶۶	.۰.۶۷
.۳۴	.۰.۳۱۱	۱۲۳/۴۲		۱۶۸/۳۰			۲۲۴/۴۰	.۰.۶۸	.۰.۶۶
.۳۵	.۰.۳۲۰	۱۲۱/۵۵		۱۶۵/۷۵			۲۲۱/۰۰	.۰.۷۰	.۰.۶۵
.۳۶	.۰.۳۲۹	۱۱۹/۶۸		۱۶۳/۲۰			۲۱۷/۶۰	.۰.۷۲	.۰.۶۴
.۳۷	.۰.۳۳۹	۱۱۷/۸۱		۱۶۰/۶۵			۲۱۴/۲۰	.۰.۷۴	.۰.۶۳
.۳۸	.۰.۳۴۸	۱۱۵/۹۴		۱۵۸/۱۰			۲۱۰/۸۰	.۰.۷۶	.۰.۶۲
.۳۹	.۰.۳۵۷	۱۱۴/۰۷		۱۵۵/۵۵			۲۰۷/۴۰	.۰.۷۸	.۰.۶۱
.۴۰	.۰.۳۶۶	۱۱۲/۲۰		۱۵۳/۰۰			۲۰۴/۰۰	.۰.۸۰	.۰.۶۰
.۴۱	.۰.۳۷۵	۱۱۰/۳۳		۱۵۰/۴۵			۲۰۰/۶۰	.۰.۸۲	.۰.۵۹
.۴۲	.۰.۳۸۴	۱۰۸/۴۶		۱۴۷/۹۰			۱۹۷/۲۰	.۰.۸۴	.۰.۵۸
.۴۳	.۰.۳۹۳	۱۰۶/۵۹		۱۴۵/۳۵			۱۹۳/۸۰	.۰.۸۶	.۰.۵۷
.۴۴	.۰.۴۰۳	۱۰۴/۷۲		۱۴۲/۸۰			۱۹۰/۴۰	.۰.۸۸	.۰.۵۶
.۴۵	.۰.۴۱۲	۱۰۲/۸۵		۱۴۰/۲۵			۱۸۷/۰۰	.۰.۹۰	.۰.۵۵
.۴۶	.۰.۴۲۱	۱۰۰/۹۸		۱۳۷/۷۰			۱۹۳/۶۰	.۰.۹۲	.۰.۵۴

$f_c = 25 \text{ Mpa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			J_f
d/d	$\rho - \rho'$	$a'n \text{ ل } a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \text{ ل } a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$\rho - \rho'$	$a'n \text{ ل } a_{nf}$	h/d	
۰/۰۱	۰/۰۰۰۹	۱۸۵/۱۳	۰/۰۰۰۹	۲۵۲/۴۵	۰/۰۰۱۱	۰/۰۰۱۱	۳۳۶/۶۰	۰/۰۲	۰/۹۹
۰/۰۲	۰/۰۰۱۸	۱۸۳/۱۶	۰/۰۰۱۷	۲۴۹/۹۰	۰/۰۰۲۳	۰/۰۰۲۳	۳۳۳/۲۰	۰/۰۴	۰/۹۸
۰/۰۳	۰/۰۰۳۷	۱۸۱/۳۹	۰/۰۰۲۶	۲۴۷/۳۵	۰/۰۰۳۴	۰/۰۰۳۴	۳۳۹/۸۰	۰/۰۶	۰/۹۷
۰/۰۴	۰/۰۰۳۷	۱۷۹/۵۲	۰/۰۰۳۴	۲۴۴/۸۰	۰/۰۰۴۶	۰/۰۰۴۶	۳۳۶/۴۰	۰/۰۸	۰/۹۶
۰/۰۵	۰/۰۰۴۶	۱۷۷/۶۵	۰/۰۰۴۳	۲۴۲/۲۵	۰/۰۰۵۷	۰/۰۰۵۷	۳۳۳/۰۰	۰/۱۰	۰/۹۵
۰/۰۶	۰/۰۰۵۵	۱۷۵/۷۸	۰/۰۰۵۱	۲۳۹/۷۰	۰/۰۰۶۹	۰/۰۰۶۹	۳۱۹/۶۰	۰/۱۲	۰/۹۴
۰/۰۷	۰/۰۰۶۴	۱۷۳/۹۱	۰/۰۰۶۰	۲۳۷/۱۵	۰/۰۰۸۰	۰/۰۰۸۰	۳۱۶/۲۰	۰/۱۴	۰/۹۳
۰/۰۸	۰/۰۰۷۳	۱۷۲/۰۴	۰/۰۰۶۸	۲۳۴/۶۰	۰/۰۰۹۲	۰/۰۰۹۲	۳۱۲/۸۰	۰/۱۶	۰/۹۲
۰/۰۹	۰/۰۰۸۲	۱۷۰/۱۷	۰/۰۰۷۷	۲۳۲/۰۵	۰/۰۱۰۳	۰/۰۱۰۳	۳۰۹/۴۰	۰/۱۸	۰/۹۱
۰/۱۰	۰/۰۰۹۲	۱۶۸/۳۰	۰/۰۰۸۵	۲۲۹/۵۰	۰/۰۱۱۵	۰/۰۱۱۵	۳۰۶/۰۰	۰/۲۰	۰/۹۰
۰/۱۱	۰/۰۱۰۱	۱۶۶/۴۳	۰/۰۰۹۴	۲۲۶/۹۵	۰/۰۱۲۶	۰/۰۱۲۶	۳۰۲/۶۰	۰/۲۲	۰/۸۹
۰/۱۲	۰/۰۱۱۰	۱۶۴/۵۶	۰/۰۱۰۲	۲۲۴/۴۰	۰/۰۱۳۸	۰/۰۱۳۸	۲۹۹/۲۰	۰/۲۴	۰/۸۸
۰/۱۳	۰/۰۱۱۹	۱۶۲/۶۹	۰/۰۱۱۱	۲۲۱/۸۵	۰/۰۱۴۹	۰/۰۱۴۹	۲۹۵/۸۰	۰/۲۶	۰/۸۷
۰/۱۴	۰/۰۱۲۸	۱۶۰/۸۲	۰/۰۱۱۹	۲۱۹/۳۰	۰/۰۱۶۱	۰/۰۱۶۱	۲۹۲/۴۰	۰/۲۸	۰/۸۶
۰/۱۵	۰/۰۱۳۷	۱۵۸/۹۵	۰/۰۱۲۸	۲۱۶/۷۵	۰/۰۱۷۲	۰/۰۱۷۲	۲۸۹/۰۰	۰/۳۰	۰/۸۵
۰/۱۶	۰/۰۱۴۶	۱۵۷/۰۸	۰/۰۱۳۶	۲۱۴/۲۰	۰/۰۱۸۴	۰/۰۱۸۴	۲۸۵/۶۰	۰/۳۲	۰/۸۴
۰/۱۷	۰/۰۱۵۶	۱۵۵/۲۱	۰/۰۱۴۵	۲۱۱/۶۵	۰/۰۱۹۵	۰/۰۱۹۵	۲۸۲/۲۰	۰/۳۴	۰/۸۳
۰/۱۸	۰/۰۱۶۵	۱۵۳/۳۴	۰/۰۱۵۳	۲۰۹/۱۰	۰/۰۲۰۷	۰/۰۲۰۷	۲۷۸/۸۰	۰/۳۶	۰/۸۲
۰/۱۹	۰/۰۱۷۴	۱۵۱/۴۷	۰/۰۱۶۲	۲۰۶/۵۵	۰/۰۲۱۸	۰/۰۲۱۸	۲۷۵/۴۰	۰/۳۸	۰/۸۱
۰/۲۰	۰/۰۱۸۳	۱۴۹/۶۰	۰/۰۱۷۰	۲۰۴/۰۰	۰/۰۲۳۰	۰/۰۲۳۰	۲۷۲/۰۰	۰/۴۰	۰/۸۰
۰/۲۱	۰/۰۱۹۲	۱۴۷/۷۳	۰/۰۱۷۹	۲۰۱/۴۵			۲۶۸/۶۰	۰/۴۲	۰/۷۹
۰/۲۲	۰/۰۲۰۱	۱۴۵/۸۶	۰/۰۱۸۷	۱۹۸/۹۰			۲۶۵/۲۰	۰/۴۴	۰/۷۸
۰/۲۳	۰/۰۲۱۰	۱۴۳/۹۹	۰/۰۱۹۶	۱۹۶/۳۵			۲۶۱/۸۰	۰/۴۶	۰/۷۷

خمش ۳-۳) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f'_s = f_y$ و تیرهای T شکل در حالتیکه $f_c = 30 \text{ MPa}$ و $h_f < a$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲، ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

تیر T شکل

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

A_{sf} و M_{uf} به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می‌باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{و } h_f \text{ و } b_w \text{ بر حسب cm}$$

A_{sf} بر حسب cm^2 می‌باشند.

$$k_f = 0.85 \phi_c f_c \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) \text{ است } f_c \text{ بر حسب MPa}$$

(kf از خمش ۳-۳)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right) \text{ است } f_y \text{ بر حسب MPa}$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85 \beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

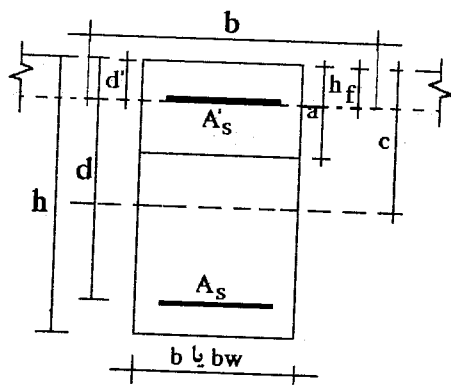
A_{s2} و M_{u2} به ترتیب بر حسب cm^2 و KN.m می‌باشند.

$$a'_n = \phi_s f_y \left(1 - \frac{d'}{d} \right) \text{ است } f_y \text{ بر حسب MPa}$$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow \text{و } A'_s \text{ به ترتیب بر حسب } \text{cm}^2 \text{ و } \text{cm} \text{ می‌باشند.}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$



$f_c = 30 \text{ Mpa}$							
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$		$f_y = 400 \text{ MPa}$		
d/d	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{u} a_{nf}$	J_f
٠/٠١	٠/٠٠٠١١	١٨٥/١٣	٠/٠٠١٠	٢٥٢/٤٥	٠/٠٠١١	٣٣٦/٦٠	٠/٩٩
٠/٠٢	٠/٠٠٢٢	١٨٣/١٦	٠/٠٠٢٠	٢٤٩/٩٠	٠/٠٠٢٣	٣٣٣/٢٠	٠/٩٨
٠/٠٣	٠/٠٠٣٣	١٨١/٣٩	٠/٠٠٣١	٢٤٧/٣٥	٠/٠٠٣٤	٣٢٩/٨٠	٠/٩٧
٠/٠٤	٠/٠٠٤٤	١٧٩/٥٢	٠/٠٠٤١	٢٤٤/٨٠	٠/٠٠٤٦	٣٢٦/٤٠	٠/٩٦
٠/٠٥	٠/٠٠٥٥	١٧٧/٦٥	٠/٠٠٥١	٢٤٢/٢٥	٠/٠٠٥٧	٣٢٣/٠٠	٠/٩٥
٠/٠٦	٠/٠٠٦٦	١٧٥/٧٨	٠/٠٠٦١	٢٣٩/٧٠	٠/٠٠٦٩	٣١٩/٦٠	٠/٩٤
٠/٠٧	٠/٠٠٧٧	١٧٣/٩١	٠/٠٠٧١	٢٣٧/١٥	٠/٠٠٨٠	٣١٦/٢٠	٠/٩٣
٠/٠٨	٠/٠٠٨٨	١٧٢/٠٤	٠/٠٠٨٢	٢٣٤/٦٠	٠/٠٠٩٢	٣١٢/٨٠	٠/٩٢
٠/٠٩	٠/٠٠٩٩	١٧٠/١٧	٠/٠٠٩٢	٢٣٢/٠٥	٠/٠١٠٣	٣٠٩/٤٠	٠/٩١
٠/١٠	٠/٠١١٠	١٦٨/٣٠	٠/٠١٠٢	٢٢٩/٥٠	٠/٠١١٥	٣٠٦/٠٠	٠/٩٠
٠/١١	٠/٠١٢١	١٦٦/٤٣	٠/٠١١٢	٢٢٦/٩٥	٠/٠١٢٦	٣٠٣/٦٠	٠/٨٩
٠/١٢	٠/٠١٣٢	١٦٤/٥٦	٠/٠١٢٢	٢٢٤/٤٠	٠/٠١٣٨	٢٩٩/٢٠	٠/٨٨
٠/١٣	٠/٠١٤٣	١٦٢/٦٩	٠/٠١٣٣	٢٢١/٨٥	٠/٠١٤٩	٢٩٥/٨٠	٠/٨٧
٠/١٤	٠/٠١٥٤	١٦٠/٨٢	٠/٠١٤٣	٢١٩/٣٠	٠/٠١٦١	٢٩٢/٤٠	٠/٨٦
٠/١٥	٠/٠١٦٥	١٥٨/٩٥	٠/٠١٥٣	٢١٦/٧٥	٠/٠١٧٢	٢٨٩/٠٠	٠/٨٥
٠/١٦	٠/٠١٧٦	١٥٧/٠٨	٠/٠١٦٣	٢١٤/٢٠	٠/٠١٨٤	٢٨٥/٦٠	٠/٨٤
٠/١٧	٠/٠١٨٧	١٥٥/٢١	٠/٠١٧٣	٢١١/٦٥	٠/٠١٩٥	٢٨٢/٢٠	٠/٨٣
٠/١٨	٠/٠١٩٨	١٥٣/٣٤	٠/٠١٨٤	٢٠٩/١٠	٠/٠٢٠٧	٢٧٨/٨٠	٠/٨٢
٠/١٩	٠/٠٢٠٩	١٥١/٤٧	٠/٠١٩٤	٢٠٦/٥٥	٠/٠٢١٨	٢٧٥/٤٠	٠/٨١
٠/٢٠	٠/٠٢٢٠	١٤٩/٦٠	٠/٠٢٠٤	٢٠٤/٠٠	٠/٠٢٣٠	٢٧٢/٠٠	٠/٨٠
٠/٢١	٠/٠٢٣١	١٤٧/٧٣	٠/٠٢١٤	٢٠١/٤٥		٢٦٨/٦٠	٠/٧٩
٠/٢٢	٠/٠٢٤٢	١٤٥/٨٦	٠/٠٢٢٤	١٩٨/٩٠		٢٦٥/٢٠	٠/٧٨
٠/٢٣	٠/٠٢٥٣	١٤٣/٩٩	٠/٠٢٣٥	١٩٦/٣٥		٢٦٢/٨٠	٠/٧٧

خمش ۳-۴) ضرایب لازم برای طرح تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری، در حالتی که $f_s = f_y$ و تیرهای T شکل در حالتیکه $h_f < a$ $f_c = 35 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲، ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

تیر T شکل

تیر مستطیل شکل

$$\rho - \rho' \geq 0.85\beta_1 \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \frac{d'}{d} \frac{600}{600 - f_y}$$

$$M_{u2} = A_{s2} \cdot d \cdot a'_n \times 10^{-3}$$

d و A_{sf} و M_{u2} به ترتیب بر حسب cm و cm^2 و KN.m می باشند.

$$a'_n = \phi_s f_y \left(1 - \frac{d'}{d}\right) \text{ است بر حسب MPa}$$

$$A'_s = A_{s2} = \frac{M_u - K.F}{d \cdot a'_n} \times 1000 \rightarrow \text{و A's به ترتیب بر حسب cm و } \text{cm}^2 \text{ می باشند.}$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$M_{uf} = A_{sf} \cdot d \cdot a_{nf} \times 10^{-3}$$

d و A_{sf} و M_{uf} به ترتیب بر حسب cm و cm^2 و KN.m می باشند.

$$A_{sf} = \frac{k_f \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \rightarrow \text{و } h_f \text{ و } b_w \text{ به ترتیب بر حسب cm و } \text{cm}^2 \text{ می باشند.}$$

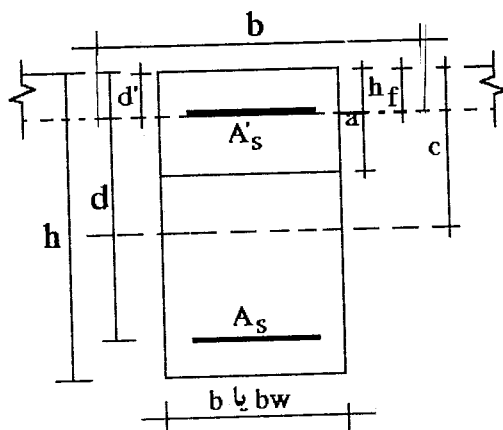
$$k_f = 0.85\phi_c f_c \left(\frac{b}{b_w} - 1\right) \text{ است بر حسب MPa}$$

(kf از خمش ۳-۳)

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y \left(1 - \frac{h_f}{2d}\right) \text{ است بر حسب MPa}$$

$$A_s = A_{sw} + A_{sf}$$



$f_c = 35 \text{ Mpa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ Mpa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			J_f
d'/d	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	h_t/d	
۰/۰۱	۰/۰۰۲۲	۱۸۵/۱۳	۰/۰۰۱۱	۲۵۲/۴۵	۰/۰۰۱۳	۰/۰۰۱۳	۳۳۶/۶۰	۰/۰۲	۰/۹۹
۰/۰۲	۰/۰۰۲۴	۱۸۳/۱۶	۰/۰۰۲۴	۲۴۹/۹۰	۰/۰۰۲۶	۰/۰۰۲۶	۳۳۳/۲۰	۰/۰۴	۰/۹۸
۰/۰۳	۰/۰۰۳۷	۱۸۱/۳۹	۰/۰۰۳۴	۲۴۷/۳۵	۰/۰۰۳۸	۰/۰۰۳۸	۳۲۹/۸۰	۰/۰۶	۰/۹۷
۰/۰۴	۰/۰۰۴۹	۱۷۹/۵۲	۰/۰۰۴۵	۲۴۴/۸۰	۰/۰۰۵۱	۰/۰۰۵۱	۳۲۶/۴۰	۰/۰۸	۰/۹۶
۰/۰۵	۰/۰۰۶۱	۱۷۷/۶۵	۰/۰۰۵۷	۲۴۲/۲۵	۰/۰۰۶۴	۰/۰۰۶۴	۳۲۳/۰۰	۰/۱۰	۰/۹۵
۰/۰۶	۰/۰۰۷۳	۱۷۵/۷۸	۰/۰۰۶۸	۲۳۹/۷۰	۰/۰۰۷۷	۰/۰۰۷۷	۳۱۹/۶۰	۰/۱۲	۰/۹۴
۰/۰۷	۰/۰۰۸۵	۱۷۳/۹۱	۰/۰۰۷۹	۲۳۷/۱۵	۰/۰۰۸۹	۰/۰۰۸۹	۳۱۶/۲۰	۰/۱۴	۰/۹۳
۰/۰۸	۰/۰۰۹۸	۱۷۲/۰۴	۰/۰۰۹۱	۲۳۴/۶۰	۰/۰۱۰۲	۰/۰۱۰۲	۳۱۲/۸۰	۰/۱۶	۰/۹۲
۰/۰۹	۰/۰۱۱۰	۱۷۰/۱۷	۰/۰۱۰۲	۲۳۲/۰۵	۰/۰۱۱۵	۰/۰۱۱۵	۳۰۹/۴۰	۰/۱۸	۰/۹۱
۰/۱۰	۰/۰۱۲۱	۱۶۸/۳۰	۰/۰۱۱۳	۲۲۹/۵۰	۰/۰۱۲۸	۰/۰۱۲۸	۳۰۶/۰۰	۰/۲۰	۰/۹۰
۰/۱۱	۰/۰۱۳۴	۱۶۶/۴۳	۰/۰۱۲۵	۲۲۶/۹۵	۰/۰۱۴۰	۰/۰۱۴۰	۳۰۲/۶۰	۰/۲۲	۰/۸۹
۰/۱۲	۰/۰۱۴۶	۱۶۴/۵۶	۰/۰۱۳۶	۲۲۴/۴۰	۰/۰۱۵۳	۰/۰۱۵۳	۲۹۹/۲۰	۰/۲۴	۰/۸۸
۰/۱۳	۰/۰۱۵۹	۱۶۲/۶۹	۰/۰۱۴۷	۲۲۱/۸۵	۰/۰۱۶۶	۰/۰۱۶۶	۲۹۵/۸۰	۰/۲۶	۰/۸۷
۰/۱۴	۰/۰۱۷۱	۱۶۰/۸۲	۰/۰۱۵۹	۲۱۹/۳۰	۰/۰۱۷۹	۰/۰۱۷۹	۲۹۲/۴۰	۰/۲۸	۰/۸۶
۰/۱۵	۰/۰۱۸۳	۱۵۸/۹۵	۰/۰۱۷۰	۲۱۶/۷۵	۰/۰۱۹۱	۰/۰۱۹۱	۲۸۹/۰۰	۰/۳۰	۰/۸۵
۰/۱۶	۰/۰۱۹۵	۱۵۷/۰۸	۰/۰۱۸۱	۲۱۴/۲۰	۰/۰۲۰۴	۰/۰۲۰۴	۲۸۵/۶۰	۰/۳۲	۰/۸۴
۰/۱۷	۰/۰۲۰۸	۱۵۵/۲۱	۰/۰۱۹۳	۲۱۱/۶۵	۰/۰۲۱۷	۰/۰۲۱۷	۲۸۲/۲۰	۰/۳۴	۰/۸۳
۰/۱۸	۰/۰۲۲۰	۱۵۳/۳۴	۰/۰۲۰۴	۲۰۹/۱۰	۰/۰۲۳۰	۰/۰۲۳۰	۲۷۸/۸۰	۰/۳۶	۰/۸۲
۰/۱۹	۰/۰۲۳۲	۱۵۱/۴۷	۰/۰۲۱۵	۲۰۶/۵۵	۰/۰۲۴۲	۰/۰۲۴۲	۲۷۵/۴۰	۰/۳۸	۰/۸۱
۰/۲۰	۰/۰۲۴۴	۱۴۹/۶۰	۰/۰۲۲۷	۲۰۴/۰۰	۰/۰۲۵۵	۰/۰۲۵۵	۲۷۲/۰۰	۰/۴۰	۰/۸۰
۰/۲۱	۰/۰۲۵۶	۱۴۷/۷۳	۰/۰۲۳۸	۲۰۱/۴۵			۲۶۸/۶۰	۰/۴۲	۰/۷۹
۰/۲۲	۰/۰۲۶۹	۱۴۵/۸۶	۰/۰۲۴۹	۱۹۸/۹۰			۲۶۵/۲۰	۰/۴۴	۰/۷۸
۰/۲۳	۰/۰۲۸۲	۱۴۳/۹۹	۰/۰۲۶۱	۱۹۶/۳۵			۲۶۱/۸۰	۰/۴۶	۰/۷۷

 $f_c = 35 \text{ Mpa}$ $f_y = 220 \text{ MPa}$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$ $\rho - \rho'$ $a'n \bar{L} a_{nf}$

$f_c = 35 \text{ Mpa}$									
$f_y = 220 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$			J_f
d/d	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho'$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho$	$a'n \bar{L} a_{nf}$	$\rho - \rho$	h/d	
.۲۴	.۰.۳۹۳	۱۴۲/۱۲	.۰.۲۷۲	۱۹۳/۸۰		۲۵۸/۴۰		.۰.۴۸	.۰.۷۶
.۲۵	.۰.۳۰۵	۱۴۰/۲۰	.۰.۲۸۴	۱۹۰/۸۵۸		۲۵۵/۰۰		.۰.۵۰	.۰.۷۵
.۲۶	.۰.۳۱۷	۱۳۸/۳۸	.۰.۲۹۵	۱۸۸/۷۰		۲۵۱/۶۰		.۰.۵۲	.۰.۷۴
.۲۷	.۰.۳۳۰	۱۳۶/۵۱	.۰.۳۰۶	۱۸۶/۱۵		۲۴۸/۲۰		.۰.۵۴	.۰.۷۳
.۲۸	.۰.۳۴۲	۱۳۴/۶۴	.۰.۳۱۸	۱۸۳/۶۰		۲۴۴/۸۰		.۰.۵۶	.۰.۷۲
.۲۹	.۰.۳۵۴	۱۳۲/۷۷	.۰.۳۲۹	۱۸۱/۰۵		۲۴۱/۴۰		.۰.۵۸	.۰.۷۱
.۳۰	.۰.۳۶۶	۱۳۰/۹۰	.۰.۳۴۰	۱۷۸/۵۰		۲۳۸/۰۰		.۰.۶۰	.۰.۷۰
.۳۱	.۰.۳۷۸	۱۲۹/۰۳	.۰.۳۵۲	۱۷۵/۹۵		۲۳۴/۶۰		.۰.۶۲	.۰.۶۹
.۳۲	.۰.۳۹۱	۱۲۷/۱۶	.۰.۳۶۳	۱۷۳/۴۰		۲۳۱/۲۰		.۰.۶۴	.۰.۶۸
.۳۳	.۰.۳۴۰.۳	۱۲۵/۴۹	.۰.۳۴۴	۱۷۰/۸۵		۲۲۷/۸۰		.۰.۶۶	.۰.۶۷
.۳۴	.۰.۳۱۵	۱۲۳/۴۲		۱۶۸/۳۰		۲۲۴/۴۰		.۰.۶۸	.۰.۶۶
.۳۵	.۰.۴۲۷	۱۲۱/۵۵		۱۶۵/۷۵		۲۲۱/۰۰		.۰.۷۰	.۰.۶۵
.۳۶	.۰.۴۳۹	۱۱۹/۶۸		۱۶۳/۲۰		۲۱۷/۶۰		.۰.۷۲	.۰.۶۴
.۳۷	.۰.۴۵۲	۱۱۷/۸۱		۱۶۰/۶۵		۲۱۴/۲۰		.۰.۷۴	.۰.۶۳
.۳۸	.۰.۴۶۴	۱۱۵/۹۴		۱۵۸/۱۰		۲۱۰/۸۰		.۰.۷۶	.۰.۶۲
.۳۹	.۰.۴۷۶	۱۱۴/۰۷		۱۵۵/۵۵		۲۰۷/۴۰		.۰.۷۸	.۰.۶۱
.۴۰	.۰.۴۸۸	۱۱۲/۲۰		۱۵۳/۰۰		۲۰۴/۰۰		.۰.۸۰	.۰.۶۰
.۴۱	.۰.۵۰۱	۱۱۰/۳۳		۱۵۰/۴۵		۲۰۰/۶۰		.۰.۸۲	.۰.۵۹
.۴۲	.۰.۵۱۳	۱۰۸/۴۶		۱۴۷/۹۰		۱۹۷/۲۰		.۰.۸۴	.۰.۵۸
.۴۳	.۰.۵۲۵	۱۰۶/۵۹		۱۴۵/۳۵		۱۹۳/۸۰		.۰.۸۶	.۰.۵۷
.۴۴	.۰.۵۳۷	۱۰۴/۷۲		۱۴۲/۸۰		۱۹۰/۴۰		.۰.۸۸	.۰.۵۶
.۴۵	.۰.۵۴۹	۱۰۲/۸۵		۱۴۰/۲۵		۱۸۷/۰۰		.۰.۹۰	.۰.۵۵
.۴۶	.۰.۵۶۲	۱۰۰/۹۸		۱۳۷/۷۰		۱۹۳/۶۰		.۰.۹۲	.۰.۵۴

خمش ۳-۵) ضریب k_r برای محاسبه A_{sf} در یک تیر T شکل در حالتیکه ($h_f < a$)

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$A_{sf} = \frac{k_r \cdot J_f \cdot b_w \cdot h_f}{a_{nf}} \quad \text{cm}^2$$

$$K_f = 0.85 \phi_c f_c \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right)$$

$$J_f = 1 - \frac{h_f}{2d}$$

$$a_{nf} = \phi_s f_y \left(1 - \frac{h_f}{2d} \right)$$

(J_f و a_{nf} در خمش ۳-۱ و ۳-۲ موجود می‌باشند)

b/b_w	$f_c = 20 \text{ Mpa}$	$f_c = 25 \text{ Mpa}$	$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$f_c = 35 \text{ Mpa}$
۲/۰	۱۰/۲۰	۱۲/۷۵	۱۵/۳۰	۱۷/۸۵
۲/۲	۱۲/۲۴	۱۵/۳۰	۱۸/۳۶	۲۱/۴۲
۲/۴	۱۴/۲۸	۱۷/۸۵	۲۱/۴۲	۲۴/۹۹
۲/۶	۱۶/۳۲	۲۰/۴۰	۲۴/۴۸	۲۸/۵۶
۲/۸	۱۸/۳۶	۲۲/۹۵	۲۷/۵۴	۳۲/۱۳
۳/۰	۲۰/۴۰	۲۵/۵۰	۳۰/۶۰	۳۵/۷۰
۳/۲	۲۲/۴۴	۲۸/۰۵	۳۳/۶۶	۳۹/۲۷
۳/۴	۲۴/۴۸	۳۰/۶۰	۳۶/۷۲	۴۲/۸۴
۳/۶	۲۶/۵۲	۳۳/۱۵	۳۹/۷۸	۴۶/۴۱
۳/۸	۲۸/۵۶	۳۵/۷۰	۴۲/۸۴	۴۹/۹۸
۴/۰	۳۰/۶۰	۳۸/۲۵	۴۵/۹۰	۵۳/۵۵
۴/۲	۳۲/۶۴	۴۰/۸۰	۴۸/۹۶	۵۷/۱۲
۴/۴	۳۴/۶۸	۴۳/۳۵	۵۲/۰۲	۶۰/۶۹
۴/۶	۳۶/۷۲	۴۵/۹۰	۵۵/۰۸	۶۴/۲۶
۴/۸	۳۸/۷۶	۴۸/۴۵	۵۸/۱۴	۶۷/۸۳
۵/۰	۴۰/۸۰	۵۱/۰۰	۶۱/۲۰	۷۱/۴۰
۵/۲	۴۲/۸۴	۵۳/۵۵	۶۴/۲۶	۷۴/۹۷
۵/۴	۴۴/۸۸	۵۶/۱۰	۶۷/۳۲	۷۸/۵۴
۵/۶	۴۶/۹۲	۵۸/۶۵	۷۰/۳۸	۸۲/۱۱

b/b_w	$f_c = 20 \text{ Mpa}$	$f_c = 25 \text{ Mpa}$	$f_c = 30 \text{ Mpa}$	$f_c = 35 \text{ Mpa}$
۵/۸	۴۸/۹۶	۶۱/۷۰	۷۳/۴۴	۸۵/۶۸
۶/۰	۵۱/۰۰	۶۳/۷۵	۷۶/۵۰	۸۹/۷۵
۶/۲	۵۳/۰۴	۶۶/۳۰	۷۹/۵۶	۹۲/۸۲
۶/۴	۵۵/۰۸	۶۸/۱۵	۸۲/۶۲	۹۶/۳۹
۶/۶	۵۶/۱۲	۷۱/۴۰	۸۵/۶۸	۹۹/۹۶
۶/۸	۵۹/۱۶	۷۳/۹۵	۸۸/۷۴	۱۰۳/۵۳
۷/۰	۶۱/۲۰	۷۶/۵۰	۹۱/۸۰	۱۰۷/۱۰
۷/۲	۶۳/۲۴	۷۹/۰۵	۹۴/۸۶	۱۱۰/۶۷
۷/۴	۶۵/۲۸	۸۱/۶۰	۹۷/۹۲	۱۱۴/۲۴
۷/۶	۶۷/۳۲	۸۴/۱۵	۱۰۰/۹۸	۱۱۷/۸۱
۷/۸	۶۹/۳۶	۸۶/۷۰	۱۰۴/۰۴	۱۲۱/۳۸
۸/۰	۷۱/۴۰	۸۹/۲۵	۱۰۷/۱۰	۱۲۴/۹۵
۸/۲	۷۳/۴۴	۹۱/۸۰	۱۱۰/۱۶	۱۲۸/۵۲
۸/۴	۷۵/۴	۹۴/۳۵	۱۱۳/۲۲	۱۳۲/۰۹
۸/۶	۷۷/۵۲	۹۶/۹۰	۱۱۶/۲۸	۱۳۵/۶۶
۸/۸	۷۹/۵۶	۹۹/۴۵	۱۱۹/۳۴	۱۳۹/۲۳
۹/۰	۸۱/۶۰	۱۰۲/۰۰	۱۲۲/۴۰	۱۴۲/۸۰
۹/۲	۸۳/۶۴	۱۰۴/۵۵	۱۲۵/۴۶	۱۴۶/۳۷
۹/۴	۸۵/۶۸	۱۰۷/۱۰	۱۲۸/۵۲	۱۴۹/۹۴
۹/۶	۸۷/۷۲	۱۰۹/۶۵	۱۳۱/۵۸	۱۵۳/۵۱
۹/۸	۸۹/۷۶	۱۱۲/۲۰	۱۳۴/۶۴	۱۵۷/۰۸

خمش ۴) ضریب a''_n برای تیرهای مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری در حالتیکه $f_s < f_y$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۴-۲ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$a''_n = \frac{M_{u2}}{A'_s d} = \phi_s \times 600 \times (1 - \frac{d'}{d})(1 - \frac{d'/d}{x/d}) \quad \text{MPa}$$

x/d	d'/d											
	۰/۰۲۵	۰/۰۵	۰/۰۷۵	۰/۱۰۰	۰/۱۲۵	۰/۱۵۰	۰/۱۷۵	۰/۲۰۰	۰/۲۲۵	۰/۲۵۰	۰/۲۷۵	۰/۳۰۰
۰/۰۴	۱۸۶/۴۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۰۵	۲۴۸/۶۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۰۶	۲۹۰/۰۶	۸۰/۷۵	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۰۷	۳۱۹/۶۶	۱۳۸/۴۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۰۸	۳۴۱/۸۶	۱۸۱/۶۹	۲۹/۴۸	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۰۹	۳۵۹/۱۳	۲۱۵/۳۳	۷۸/۶۳	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۰	۳۷۲/۹۴	۲۴۲/۲۵	۱۱۷/۹۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۱	۳۸۴/۲۴	۲۶۴/۲۷	۱۵۰/۱۰	۴۱/۷۳	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۲	۳۹۳/۶۶	۲۸۲/۶۳	۱۷۶/۹۱	۹۶/۵۰	-	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۳	۴۰۱/۶۳	۲۹۸/۱۵	۱۹۹/۵۹	۱۰۵/۹۱	۱۷/۱۶	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۴	۴۰۸/۴۶	۳۱۱/۴۶	۲۱۹/۰۳	۱۳۹/۱۴	۴۷/۸۱	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۵	۴۱۴/۳۸	۳۲۳/۰۰	۲۳۵/۸۸	۱۵۳/۰۰	۷۴/۳۸	-	-	-	-	-	-	-
۰/۱۶	۴۱۹/۵۵	۳۳۳/۰۹	۲۵۰/۶۲	۱۷۲/۱۳	۹۷/۶۲	۲۷/۰۹	-	-	-	-	-	-
۰/۱۷	۴۲۴/۱۳	۳۴۲/۰۰	۲۶۳/۶۳	۱۸۲/۰۰	۱۱۸/۱۳	۵۱/۰۰	-	-	-	-	-	-
۰/۱۸	۴۲۸/۱۹	۳۴۹/۹۲	۲۷۵/۱۹	۲۰۴/۰۰	۱۳۶/۳۵	۷۲/۲۵	۱۱/۶۹	-	-	-	-	-
۰/۱۹	۴۳۱/۸۲	۳۵۷/۰۰	۲۸۵/۵۳	۲۱۷/۴۲	۱۵۲/۶۶	۹۱/۲۶	۳۳/۲۲	-	-	-	-	-
۰/۲۰	۴۳۵/۰۹	۳۶۳/۳۸	۲۹۴/۸۴	۲۲۹/۵۰	۱۶۷/۳۴	۱۰۸/۳۸	۵۲/۵۹	-	-	-	-	-
۰/۲۱	۴۳۸/۰۵	۳۶۹/۱۴	۳۰۳/۲۷	۲۴۰/۴۳	۱۸۰/۶۳	۱۲۳/۸۶	۷۰/۱۳	۱۹/۴۳	-	-	-	-
۰/۲۲	۴۴۰/۷۴	۳۷۴/۳۹	۳۱۰/۹۳	۲۵۰/۳۶	۱۹۲/۷۰	۱۳۷/۹۳	۸۶/۰۶	۳۷/۰۹	-	-	-	-
۰/۲۳	۴۴۳/۲۰	۳۷۹/۱۷	۳۱۷/۹۲	۲۵۹/۴۳	۲۰۳/۷۲	۱۵۰/۷۸	۱۰۰/۶۱	۵۳/۲۲	۸/۵۹	-	-	-
۰/۲۴	۴۴۵/۴۵	۳۸۳/۵۶	۳۲۴/۳۳	۲۶۷/۷۵	۲۱۳/۸۳	۱۶۲/۵۶	۱۱۳/۹۵	۶۸/۰۰	۲۴/۷۰	-	-	-
۰/۲۵	۴۴۷/۵۳	۳۸۷/۶۰	۳۳۰/۲۳	۲۷۵/۴۰	۲۲۳/۱۳	۱۷۳/۴۰	۱۲۶/۲۳	۸۱/۶۰	۳۹/۵۳	-	-	-
۰/۲۶	۴۴۹/۴۴	۳۹۱/۳۳	۳۳۵/۶۷	۲۸۱/۴۶	۲۳۱/۷۱	۱۸۳/۴۰	۱۳۷/۵۵	۹۴/۱۵	۵۳/۲۱	۱۴/۷۱	-	-
۰/۲۷	۴۵۱/۲۱	۳۹۴/۷۸	۳۴۰/۷۱	۲۸۹/۰۰	۲۳۹/۶۵	۱۹۲/۶۷	۱۴۸/۰۴	۱۰۵/۷۸	۶۵/۸۸	۲۸/۳۳	-	-

x/d	d'/d											
	./۰.۲۵	./۰.۵	./۰.۷۵	./۱.۰۰	./۱.۲۵	./۱.۵۰	./۱.۷۵	./۲.۰۰	./۲.۲۵	./۲.۵۰	./۲.۷۵	./۳.۰۰
./۲۸	۴۵۲/۸۵	۳۹۷/۹۸	۳۴۵/۳۹	۲۹۵/۰.۷	۲۴۷/۰.۳	۲۰۱/۲۷	۱۵۷/۷۸	۱۱۶/۵۷	۷۷/۶۴	۴۰/۹۸	۶/۶۰	-
./۲۹	۴۵۴/۳۸	۴۰۰/۹۷	۳۴۹/۷۵	۳۰۰/۷۲	۲۵۲/۹۰	۲۰۹/۰.۸	۱۶۶/۸۵	۱۲۶/۶۲	۸۸/۵۹	۵۲/۷۶	۱۹/۱۳	-
./۳۰	۴۵۵/۸۱	۴۰۳/۷۵	۳۵۳/۸۱	۳۰۶/۰۰	۲۶۰/۳۹	۲۱۹/۷۵	۱۷۵/۳۱	۱۳۶/۰۰	۹۸/۸۱	۶۳/۷۵	۳۰/۸۱	-
./۳۲	۴۵۸/۴۰	۴۰۸/۸۰	۳۶۱/۱۸	۳۱۵/۵۶	۲۷۷/۹۳	۲۳۰/۳۰	۱۹۰/۶۵	۱۵۲/۰۰	۱۱۷/۳۴	۸۳/۶۷	۵۲/۰۰	۲۲/۳۱
./۳۴	۴۶۰/۶۹	۴۱۳/۲۵	۳۶۷/۶۹	۳۲۴/۰۰	۲۸۲/۱۹	۲۴۴/۱۵	۲۰۴/۱۹	۱۶۸/۰۰	۱۳۳/۶۹	۱۰۱/۲۵	۷۰/۶۹	۴۲/۰۰
./۳۶	۴۶۲/۷۲	۴۱۷/۹۱	۳۷۳/۴۷	۳۳۱/۵۰	۲۹۱/۳۰	۲۵۲/۸۸	۲۱۶/۲۲	۱۸۱/۳۳	۱۴۸/۲۲	۱۱۶/۸۸	۸۷/۳۰	۵۹/۵۰
./۳۸	۴۶۴/۵۴	۴۲۰/۷۵	۳۷۸/۶۴	۳۳۸/۲۹	۲۹۹/۲۶	۲۶۳/۳۸	۲۲۶/۹۸	۱۹۳/۲۶	۱۶۱/۲۲	۱۳۰/۸۶	۱۰۲/۱۷	۷۵/۱۶
./۴۰	۴۶۶/۱۷	۴۲۳/۹۴	۳۸۳/۳۰	۳۴۴/۲۵	۳۰۶/۸۰	۲۷۰/۹۴	۲۳۶/۶۷	۲۰۴/۰۰	۱۷۲/۹۲	۱۴۳/۴۴	۱۱۵/۵۵	۸۹/۲۵
./۴۲	۴۶۷/۶۵	۴۲۶/۸۲	۳۸۷/۵۱	۳۴۹/۷۱	۳۱۲/۴۲	۲۷۸/۶۸	۲۴۵/۴۴	۲۱۳/۷۱	۱۸۳/۵۱	۱۵۴/۸۲	۱۲۷/۶۵	۱۰۲/۰۰
./۴۴	۴۶۹/۰۰	۴۲۹/۴۴	۳۹۱/۳۴	۳۵۴/۶۸	۳۱۹/۴۷	۲۸۵/۷۲	۲۵۲/۴۱	۲۲۲/۵۵	۱۹۳/۱۳	۱۶۵/۱۷	۱۳۸/۶۶	۱۱۳/۵۹
./۴۶	۴۷۰/۲۳	۴۳۱/۸۴	۳۹۲/۸۳	۳۵۹/۱۲	۳۲۴/۹۹	۲۹۲/۱۴	۲۶۰/۶۸	۲۳۰/۶۱	۲۰۱/۹۲	۱۷۴/۶۲	۱۴۸/۷۰	۱۲۴/۱۷
./۴۸	۴۷۱/۳۵	۴۳۴/۰.۳	۳۹۸/۰.۴	۳۶۳/۳۸	۳۳۶/۰.۴	۲۹۸/۰.۳	۲۶۷/۳۵	۲۳۸/۰۰	۲۰۹/۹۸	۱۸۳/۲۸	۱۵۷/۹۱	۱۳۳/۸۸
./۵۰	۴۷۲/۳۹	۴۳۶/۰.۵	۴۰۰/۹۹	۳۶۷/۷۲	۳۳۴/۶۹	۳۰۲/۴۵	۲۷۳/۴۹	۲۴۴/۸۰	۲۱۷/۳۹	۱۹۱/۲۵	۱۶۶/۳۹	۱۴۲/۸۰
./۵۲	۴۷۳/۳۴	۴۳۷/۹۱	۴۰۳/۷۱	۳۷۰/۷۳	۳۳۸/۹۸	۳۰۸/۴۵	۲۷۹/۱۵	۲۵۱/۰.۸	۲۲۴/۲۳	۱۹۸/۶۱	۱۷۴/۲۱	۱۵۱/۰.۴
./۵۴	۴۷۴/۲۳	۴۳۹/۶۴	۴۰۶/۱۳	۳۷۴/۰۰	۳۴۲/۹۵	۳۱۳/۰.۸	۲۸۴/۴۰	۲۵۶/۸۹	۲۳۰/۵۶	۲۰۵/۴۲	۱۸۱/۴۵	۱۵۸/۶۷
./۵۶	۴۷۵/۰.۵	۴۴۱/۲۴	۴۰۸/۵۷	۳۷۷/۰.۴	۳۴۶/۶۴	۳۱۷/۳۸	۲۸۹/۲۷	۲۶۲/۲۹	۲۳۶/۴۴	۲۱۱/۷۴	۱۸۸/۱۸	۱۶۵/۷۵
./۵۸	۴۷۵/۸۲	۴۴۲/۷۳	۴۱۰/۷۵	۳۷۹/۸۶	۳۵۰/۰.۸	۳۲۱/۳۹	۲۹۳/۸۰	۲۶۷/۳۱	۲۴۱/۹۲	۲۱۷/۶۳	۱۹۴/۴۴	۱۷۲/۳۴
./۶۰	۴۷۶/۵۳	۴۴۴/۱۳	۴۱۲/۷۸	۳۸۲/۵۰	۳۵۲/۲۸	۳۲۵/۱۳	۲۹۸/۰.۳	۲۷۲/۰۰	۲۴۷/۰.۳	۲۲۳/۱۳	۲۰۰/۲۸	۱۷۸/۵۰
./۶۲	۴۷۷/۲۰	۴۴۵/۴۳	۴۱۴/۶۸	۳۸۳/۸۴	۳۵۶/۲۸	۳۲۸/۶۲	۳۰۱/۹۹	۲۷۶/۳۹	۲۵۱/۸۱	۲۲۸/۲۷	۲۰۵/۷۵	۱۸۴/۲۶
./۶۴	۴۷۷/۸۳	۴۴۶/۶۵	۴۱۶/۴۷	۳۸۷/۲۸	۳۵۹/۰.۹	۳۳۱/۹۰	۳۰۵/۷۰	۲۸۰/۵۰	۲۵۶/۲۹	۲۳۳/۰.۹	۲۱۰/۸۷	۱۸۹/۶۶
./۶۶	۴۷۸/۴۱	۴۴۷/۸۰	۴۱۸/۱۴	۳۸۹/۴۵	۳۶۱/۷۳	۳۳۴/۹۸	۳۰۹/۱۹	۲۸۴/۳۶	۲۶۰/۵۱	۲۳۷/۶۱	۲۱۵/۶۹	۱۹۴/۷۳
./۶۸	۴۷۸/۹۷	۴۴۸/۸۸	۴۱۹/۷۲	۳۹۱/۵۰	۳۶۴/۲۲	۳۳۷/۸۸	۳۱۲/۴۷	۲۸۸/۰۰	۲۶۴/۴۷	۲۴۱/۸۸	۲۲۰/۲۲	۱۹۹/۵۰

خمش ۵-۱) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر. $f_c = 20 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times (1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

$f_c = 20 \text{ MPa}$, $f_y = 220 \text{ MPa}$

ρ	$d = 6$	$d = 8$	$d = 10$	$d = 12$	$d = 14$	$d = 16$	$d = 18$	$d = 20$	$d = 22$	$d = 24$	$d = 26$	$d = 28$	$d = 30$	$d = 32$	$d = 34$	$d = 36$
۰.۰۲	۱/۳۲	۲/۳۵	۳/۴۷	۵/۴۹	۷/۵۰	۹/۴۰	۱۱/۷۹	۱۴/۶۸	۱۷/۷۷	۲۱/۱۵	۲۴/۷۲	۲۸/۷۸	۳۳/۴۰	۳۷/۵۹	۴۲/۴۴	۴۷/۵۷
۰.۰۴	۲/۵۹	۴/۶۱	۷/۵۰	۱۰/۳۸	۱۴/۱۲	۱۸/۴۴	۲۳/۳۴	۲۸/۸۲	۳۴/۸۷	۴۱/۵۰	۴۸/۷۱	۵۶/۴۹	۶۴/۸۴	۷۳/۷۸	۸۳/۶۹	۹۳/۳۹
۰.۰۵	۳/۸۲	۶/۷۸	۱۰/۶۰	۱۵/۹۷	۲۰/۷۸	۲۷/۱۱۴	۳۴/۳۵	۴۲/۴۰	۵۱/۳۱	۶۱/۰۶	۷۱/۶۶	۸۳/۱۱۱	۹۵/۴۱	۱۰۸/۵۵	۱۲۷/۵۵	۱۳۷/۳۹
۰.۰۸	۴/۹۹	۸/۸۷	۱۳/۸۶	۱۹/۹۶	۲۷/۱۱۶	۳۵/۴۸	۴۴/۹۱	۵۵/۴۴	۶۷/۰۸	۷۹/۷۳	۹۳/۶۹	۱۰۸/۶۶	۱۲۴/۷۴	۱۴۱/۹۲	۱۶۰/۳۲	۱۷۹/۶۲
۰.۱۰	۶/۱۱۶	۱۰/۸۷	۱۶/۹۷	۲۴/۴۵	۳۳/۲۸	۴۳/۴۷	۵۵/۰۲	۶۷/۹۲	۸۳/۱۹	۹۷/۷۱	۱۱۴/۷۹	۱۳۳/۱۳	۱۵۷/۱۳	۱۷۳/۸۸	۱۹۶/۳۰	۲۲۰/۰۷
۰.۱۲	۷/۱۱۹	۱۲/۷۸	۱۹/۹۶	۲۸/۷۵	۳۹/۱۱۳	۵۰/۱۱۱	۶۴/۶۸	۷۹/۸۶	۹۶/۶۳	۱۱۴/۹۹	۱۳۴/۹۶	۱۵۶/۵۲	۱۷۹/۶۸	۲۰۴/۴۳	۲۳۰/۷۹	۲۵۸/۷۴
۰.۱۴	۷/۲۱	۱۴/۶۰	۲۲/۸۱	۳۳/۸۵	۴۴/۷۱	۵۸/۳۹	۷۳/۹۰	۹۱/۲۴	۱۱۰/۴۰	۱۳۱/۳۹	۱۵۲/۲۰	۱۷۷/۱۳	۲۰۵/۲۹	۲۳۳/۵۸	۲۶۳/۶۹	۲۹۵/۶۲
۰.۱۶	۹/۱۱۹	۱۶/۳۳	۲۵/۵۲	۴۶/۴۵	۵۸/۲۰	۷۵/۳۳	۸۳/۶۵	۱۰۲/۰۷	۱۲۳/۵۱	۱۴۶/۹۹	۱۷۲/۵۱	۲۰۰/۰۷	۲۲۹/۶۷	۲۶۱/۳۱	۲۹۴/۹۹	۳۳۰/۷۴
۰.۱۸	۱۰/۱۱۱	۱۷/۹۸	۲۵/۵۲	۴۷/۴۵	۵۵/۰۶	۷۹/۱۱	۹۱/۰۱	۱۱۲/۳۶	۱۳۵/۹۵	۱۶۱/۸۰	۱۸۹/۸۸	۲۲۰/۲۲	۲۵۲/۸۰	۲۸۷/۶۴	۳۲۴/۸۱	۳۶۶/۰۴
۰.۲۰	۱۰/۹۹	۱۹/۵۳	۳۰/۵۲	۴۳/۹۵	۵۹/۸۲	۷۵/۱۴	۹۸/۸۹	۱۲۲/۰۹	۱۴۷/۳۷	۱۷۵/۱۱	۲۰۶/۳۳	۲۳۹/۳۰	۲۷۴/۷۰	۳۱۲/۵۵	۳۵۲/۱۴	۳۹۵/۵۸
۰.۲۲	۱۱/۸۱	۲۱/۰۰	۳۲/۸۲	۴۷/۴۶	۶۴/۳۲	۸۴/۰۲	۱۰۶/۳۳	۱۳۹/۳۷	۱۶۸/۸۴	۱۸۹/۰۳	۲۲۱/۸۵	۲۵۷/۳۰	۲۹۵/۳۷	۳۳۶/۰۶	۳۷۹/۳۷	۴۲۵/۳۳
۰.۲۴	۱۲/۵۹	۲۲/۳۹	۳۴/۹۸	۵۵/۴۳	۶۸/۵۵	۸۰/۹۲	۱۱۲/۳۲	۱۳۹/۹۱	۱۶۹/۲۹	۲۰۹/۴۷	۲۳۶/۴۴	۲۷۴/۳۲	۳۰۴/۷۹	۳۴۷/۵۹	۳۹۱/۶۹	۴۳۹/۴۹
۰.۲۶	۱۳/۳۲	۲۳/۴۸	۳۷/۰۰	۵۵/۴۵	۷۶/۳۲	۵۷/۵۰	۱۱۹/۸۷	۱۴۷/۹۹	۱۷۹/۰۷	۲۱۳/۵۵	۲۵۰/۱۰	۲۹۰/۰۶	۳۰۷/۱۴	۳۷۸/۸۵	۴۲۷/۶۹	۴۷۹/۴۹
۰.۲۸	۱۴/۰۰	۲۴/۲۲	۳۸/۸۸	۵۵/۵۹	۷۶/۴۵	۵۴/۵۲	۱۲۵/۹۷	۱۵۵/۵۲	۱۸۸/۱۸	۲۲۳/۹۵	۲۷۳/۳۳	۳۰۴/۸۲	۳۰۹/۹۰	۳۹۸/۱۴	۴۴۹/۴۶	۵۰۳/۸۹
۰.۳۰	۱۴/۳۳	۵۹/۰۰	۴۰/۳۳	۵۸/۵۰	۷۹/۲۴	۷۴/۰۰	۱۳۹/۶۳	۱۶۹/۵۰	۱۹۶/۶۳	۲۳۲/۰۹	۲۷۴/۶۳	۳۱۸/۵۰	۳۶۵/۶۴	۴۲۵/۰۵	۴۶۹/۶۴	۵۲۶/۵۹
۰.۳۲	۱۵/۲۰	۲۷/۲۳	۴۰/۳۵	۶۰/۸۲	۸۲/۷۸	۵۸/۱۲	۱۳۹/۸۲	۱۶۸/۹۴	۲۰۴/۴۱	۲۴۳/۳۷	۲۸۵/۵۰	۳۳۷/۴۲	۳۸۰/۱۱۱	۴۳۲/۲۸	۴۸۸/۲۳	۵۴۰/۳۶
۰.۳۴	۱۵/۷۹	۲۷/۲۳	۴۴/۳۳	۶۲/۸۳	۸۵/۴۲	۵۹/۷	۱۴۱/۳۸	۱۷۴/۵۴	۲۱۱/۱۹	۲۵۱/۳۳	۲۹۴/۹۷	۳۴۹/۰۹	۳۹۷/۰۷	۴۴۶/۸۲	۵۰۴/۴۲	۵۶۵/۵۰

ρ	$f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$															
	d=6	d=8	d=10	d=12	d=14	d=16	d=18	d=20	d=22	d=24	d=26	d=28	d=30	d=32	d=34	d=36
۰.۰۰۲	۱/۷۹	۳/۱۸	۴/۹۷	۷/۱۶	۹/۷۵	۱۲/۷۳	۱۶/۱۱	۱۹/۸۹	۲۴/۷	۲۸/۶۴	۳۳/۶۱	۳۸/۹۸	۴۴/۷۵	۵۰/۹۱	۵۷/۴۸	۶۴/۴۴
۰.۰۰۴	۳/۴۹	۶/۲۰	۹/۶۹	۱۳/۹۵	۱۸/۹۹	۲۴/۸۰	۳۱/۳۹	۳۸/۷۵	۴۶/۸۹	۵۵/۸۱	۶۵/۴۹	۷۵/۹۶	۸۷/۲۰	۹۹/۲۱	۱۱۲/۰۰	۱۲۵/۵۶
۰.۰۰۶	۵/۰۹	۹/۰۶	۱۴/۱۵	۲۰/۳۷	۲۷/۷۳	۳۶/۳۲	۴۵/۸۴	۵۶/۶۰	۶۸/۴۸	۸۱/۵۰	۹۵/۶۵	۱۱۰/۹۳	۱۲۷/۳۴	۱۴۴/۸۱	۱۶۲/۵۶	۱۸۲/۳۷
۰.۰۰۸	۶/۶۱	۱۱/۷۵	۱۸/۳۵	۲۶/۴۳	۳۵/۹۷	۴۶/۹۹	۵۹/۴۷	۷۳/۴۲	۸۷/۸۳	۱۰۵/۷۲	۱۲۴/۰۷	۱۴۳/۸۹	۱۶۵/۱۸	۱۸۷/۹۴	۲۱۲/۱۷	۲۳۷/۸۷
۰.۰۱۰	۸/۰۳	۱۴/۲۷	۲۲/۲۰	۳۲/۱۲	۴۳/۷۹	۵۷/۱۰	۷۲/۲۶	۸۹/۲۱	۱۰۷/۹۷	۱۲۸/۴۶	۱۵۰/۷۷	۱۷۴/۸۶	۲۰۰/۷۳	۲۲۸/۳۸	۲۵۷/۸۲	۲۸۹/۰۵
۰.۰۱۲	۹/۴۶	۱۶/۶۴	۲۶/۰۰	۳۷/۴۳	۵۰/۸۵	۶۶/۵۵	۸۴/۲۳	۱۰۳/۹۸	۱۲۵/۸۲	۱۴۹/۷۴	۱۷۵/۷۳	۲۰۲/۸۱	۲۳۳/۹۷	۲۶۶/۲۰	۳۰۰/۵۲	۳۳۶/۹۱
۰.۰۱۴	۱۰/۰۶	۱۸/۸۴	۲۹/۴۳	۴۲/۳۸	۵۷/۶۹	۷۵/۳۵	۹۵/۳۷	۱۱۷/۷۴	۱۴۲/۴۶	۱۶۹/۵۴	۱۹۸/۹۷	۲۳۰/۷۶	۲۶۴/۹۰	۳۰۹/۴۰	۳۴۰/۲۵	۳۸۱/۴۶
۰.۰۱۶	۱۱/۷۴	۲۰/۸۷	۳۲/۶۲	۴۶/۹۷	۶۳/۹۳	۸۳/۵۰	۱۰۵/۶۷	۱۳۰/۴۶	۱۵۷/۸۶	۱۸۷/۸۷	۲۲۰/۴۸	۲۵۵/۷۱	۲۹۲/۵۴	۳۳۳/۹۸	۳۷۱/۰۴	۴۲۲/۷۰
۰.۰۱۸	۱۲/۷۹	۲۲/۷۵	۳۵/۵۴	۵۱/۱۸	۶۹/۶۶	۹۰/۹۹	۱۱۵/۱۵	۱۴۲/۱۷	۱۷۲/۰۲	۲۰۴/۷۲	۲۴۰/۲۶	۲۷۸/۶۵	۳۱۹/۸۷	۳۶۳/۹۵	۴۱۰/۸۶	۴۶۰/۶۲
۰.۰۲۰	۱۳/۷۶	۲۴/۴۶	۳۸/۲۱	۵۵/۰۲	۷۴/۹۰	۹۷/۸۲	۱۲۳/۸۱	۱۵۲/۸۵	۱۸۴/۹۴	۲۲۰/۱۰	۲۵۸/۳۱	۲۹۹/۵۸	۳۴۳/۹۱	۳۹۱/۳۹	۴۴۱/۷۳	۴۹۵/۲۲
۰.۰۲۲	۱۴/۶۳	۲۶/۰۰	۴۰/۳۳	۵۸/۵۰	۷۹/۶۳	۱۰۴/۰۰	۱۳۲/۶۳	۱۶۲/۵۰	۱۹۶/۶۳	۲۳۴/۰۱	۲۷۴/۶۳	۳۱۸/۵۱	۳۶۵/۶۴	۴۱۶/۰۹	۴۶۹/۶۴	۵۲۶/۵۲
۰.۰۲۷	۱۴/۹۱	۲۶/۵۰	۴۱/۴۱	۵۹/۴۳	۸۱/۱۷	۱۰۶/۰۰	۱۳۴/۱۷	۱۶۵/۶۴	۲۰۰/۴۳	۲۳۸/۵۳	۲۷۹/۹۴	۳۲۴/۶۶	۳۷۷/۷۰	۴۲۴/۰۵	۴۷۸/۷۱	۵۲۶/۶۸

ρ	$f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$															
	d=6	d=8	d=10	d=12	d=14	d=16	d=18	d=20	d=22	d=24	d=26	d=28	d=30	d=32	d=34	d=36
۰.۰۰۲	۲/۳۷	۴/۲۱	۶/۵۷	۹/۴۶	۱۲/۸۸	۱۶/۸۳	۲۱/۳۰	۲۶/۴۹	۳۱/۸۱	۳۷/۸۶	۴۴/۴۳	۵۱/۵۳	۵۹/۱۵	۶۷/۳۰	۷۵/۹۸	۸۵/۸۸
۰.۰۰۴	۴/۵۷	۸/۱۲	۱۲/۶۹	۱۸/۲۷	۲۴/۸۷	۳۲/۴۹	۴۱/۱۲	۵۰/۷۶	۶۱/۴۲	۷۳/۴۲	۸۵/۷۹	۹۹/۴۹	۱۱۴/۲۲	۱۲۹/۹۵	۱۴۶/۷۰	۱۶۴/۴۸
۰.۰۰۶	۶/۶۱	۱۱/۷۵	۱۸/۳۵	۲۶/۴۳	۳۵/۹۷	۴۶/۹۹	۵۹/۴۷	۷۳/۴۲	۸۸/۸۳	۱۰۵/۷۲	۱۲۴/۰۷	۱۴۳/۸۹	۱۶۵/۱۸	۱۸۷/۹۴	۲۱۲/۱۷	۲۳۷/۸۷
۰.۰۰۸	۸/۴۸	۱۵/۰۸	۲۳/۵۶	۳۳/۹۳	۴۶/۱۸	۶۰/۳۲	۷۶/۳۴	۹۴/۲۵	۱۱۴/۰۴	۱۳۵/۷۲	۱۵۹/۲۸	۱۸۴/۷۳	۲۱۲/۰۶	۲۴۱/۲۸	۲۷۲/۳۸	۳۰۵/۳۷
۰.۰۱۰	۱۰/۱۹	۱۸/۱۲	۲۸/۲۳	۴۰/۷۸	۵۵/۵۰	۷۲/۴۹	۹۱/۷۴	۱۱۳/۲۷	۱۳۷/۰۵	۱۶۴/۱۰	۱۹۱/۴۲	۲۲۲/۰۰	۲۵۴/۸۵	۲۸۹/۹۶	۳۲۷/۳۴	۳۶۶/۸۷
۰.۰۱۲	۱۱/۷۴	۲۰/۸۷	۳۳/۶۲	۴۶/۹۷	۶۳/۹۳	۸۳/۵۰	۱۰۵/۶۷	۱۳۰/۴۶	۱۵۷/۸۶	۱۸۷/۸۷	۲۲۰/۴۸	۲۵۵/۷۱	۲۹۲/۵۴	۳۳۳/۹۸	۳۷۱/۰۴	۴۲۲/۷۰
۰.۰۱۴	۱۳/۱۳	۲۳/۳۳	۳۶/۴۶	۵۲/۵۰	۷۱/۴۶	۹۳/۳۴	۱۱۸/۳	۱۴۵/۸۴	۱۷۶/۴۷	۲۱۰/۰۱	۲۴۶/۶۷	۲۸۵/۸۵	۳۲۸/۱۴	۳۷۱/۳۵	۴۲۱/۴۸	۴۷۲/۵۲
۰.۰۱۵۲	۱۳/۹۴	۲۴/۷۸	۳۸/۷۲	۵۵/۷۵	۸۲/۸۸	۹۹/۱۱	۱۵۴/۴۴	۱۵۴/۸۶	۱۷۸/۳۸	۲۲۲/۰۰	۲۶۱/۷۱	۳۰۳/۵۳	۳۴۸/۴۴	۳۹۶/۴۴	۴۴۷/۵۵	۵۰۱/۷۵

خمش ۵-۲) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر $f_c = 25 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۵-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times (1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

ρ	$f_c = 25 \text{ MPa}$ و $f_y = 220 \text{ MPa}$															
	$d = 6$	$d = 8$	$d = 10$	$d = 12$	$d = 14$	$d = 16$	$d = 18$	$d = 20$	$d = 22$	$d = 24$	$d = 26$	$d = 28$	$d = 30$	$d = 32$	$d = 34$	$d = 36$
0.02	1/33	2/36	3/58	5/81	7/122	19/433	11/94	14/74	17/84	21/73	24/91	28/89	33/86	37/73	42/60	47/56
0.04	2/61	4/65	7/66	10/45	14/33	18/59	22/52	29/04	35/14	41/82	49/08	56/92	65/34	74/34	83/92	94/09
0.06	3/86	6/86	10/72	15/44	21/02	27/46	34/75	42/90	51/91	61/78	72/50	84/08	96/52	109/82	123/98	138/99
0.08	5/07	9/04	14/08	20/27	27/60	36/04	45/62	56/32	68/15	81/10	95/18	110/38	126/72	144/18	162/76	181/37
0.10	6/24	11/09	17/32	24/95	33/96	44/25	56/122	69/30	83/85	99/79	117/11	135/82	155/92	177/40	200/27	224/53
0.12	7/37	13/09	20/46	29/26	40/10	52/38	66/39	81/84	99/02	117/85	138/31	159/40	184/12	211/36	239/51	268/15
0.14	8/45	15/03	23/48	33/26	46/03	60/12	76/09	93/94	113/66	135/77	159/46	184/12	211/36	239/51	268/15	297/35
0.16	9/50	16/09	25/40	36/11	50/24	65/58	83/62	103/60	124/35	147/21	172/42	200/56	229/82	260/04	291/17	322/13
0.18	10/51	18/09	27/40	39/05	53/24	69/58	88/62	109/51	132/35	157/21	184/42	214/56	244/82	276/04	309/17	341/13
0.20	11/48	20/07	31/40	42/05	57/24	74/56	94/62	116/51	140/35	167/21	197/42	229/56	260/82	292/04	326/17	358/13
0.22	12/41	22/07	34/48	45/22	61/24	79/56	100/62	124/59	150/39	180/23	210/62	240/56	271/82	303/04	337/59	374/13
0.24	13/30	23/55	36/48	48/22	64/24	84/56	104/62	128/59	154/39	184/23	215/62	245/56	276/82	308/04	342/59	381/13
0.26	14/16	25/17	39/32	51/22	67/24	89/56	109/62	133/59	159/39	190/23	220/62	250/56	281/82	313/04	347/59	388/13
0.28	14/67	27/61	41/58	54/22	70/24	94/56	114/62	138/59	164/39	195/23	225/62	255/56	286/82	318/04	352/59	395/13
0.30	15/44	29/98	43/72	57/22	73/24	99/56	119/62	143/59	169/39	200/23	230/62	260/56	291/82	323/04	357/59	402/13
0.32	16/47	32/98	46/72	60/22	76/24	104/56	124/62	148/59	174/39	205/23	235/62	265/56	296/82	328/04	362/59	409/13
0.34	17/16	30/52	48/78	63/22	79/24	109/56	129/62	153/59	179/39	210/23	240/62	270/56	301/82	333/04	367/59	416/13
0.36	17/82	31/68	49/49	64/22	80/24	110/56	130/62	154/59	180/39	211/23	241/62	271/56	302/82	334/04	368/59	417/13
0.38	18/43	33/77	51/40	67/22	83/24	115/56	135/62	159/59	185/39	216/23	246/62	276/56	307/82	339/04	373/59	424/13
0.40	19/01	33/79	52/79	69/22	85/24	116/56	136/62	160/59	186/39	217/23	247/62	277/56	308/82	340/04	374/59	425/13
0.42	19/54	34/74	54/28	71/22	87/24	117/56	137/62	161/59	187/39	218/23	248/62	278/56	309/82	341/04	375/59	426/13
0.44	19/64	34/92	54/56	71/57	87/24	117/56	137/62	161/59	187/39	218/23	248/62	278/56	309/82	341/04	375/59	426/13

P	$f_c = 25 \text{ MPa}$, $f_y = 300 \text{ MPa}$														
	d = ۶	d = ۸	d = ۱۰	d = ۱۲	d = ۱۴	d = ۱۶	d = ۱۸	d = ۲۰	d = ۲۲	d = ۲۴	d = ۲۶	d = ۲۸	d = ۳۰	d = ۳۲	d = ۳۶
۰/۰۰۲	۲/۸۰	۳/۲۰	۵/۰۰	۷/۲۰	۹/۸۰	۱۲/۷۹	۱۶/۱۹	۱۹/۹۹	۲۴/۱۹	۲۸/۷۹	۳۳/۷۸	۳۹/۱۸	۴۴/۹۸	۵۱/۱۸	۶۴/۷۷
۰/۰۰۴	۳/۵۲	۶/۲۷	۹/۷۹	۱۴/۱۰	۱۹/۱۹	۲۵/۰۶	۳۱/۷۲	۳۹/۱۶	۴۷/۷۹	۵۶/۷۹	۶۶/۱۹	۷۶/۷۶	۸۸/۱۲	۱۰۰/۲۶	۱۲۶/۸۹
۰/۰۰۶	۵/۱۸	۹/۲۰	۱۴/۳۸	۲۰/۷۱	۲۸/۱۸	۳۶/۸۱	۴۶/۵۹	۵۷/۵۲	۶۹/۶۰	۸۳/۸۲	۹۷/۲۰	۱۱۲/۷۳	۱۲۹/۴۱	۱۴۷/۲۴	۱۸۶/۳۶
۰/۰۰۸	۶/۷۵	۱۲/۰۱	۱۸/۷۶	۲۷/۰۲	۳۶/۷۸	۴۸/۰۳	۶۰/۷۹	۷۵/۰۵	۹۰/۸۲	۱۰۸/۰۸	۱۲۶/۸۴	۱۴۷/۱۰	۱۶۸/۸۷	۱۹۲/۱۳	۲۴۳/۱۷
۰/۰۱۰	۸/۲۶	۱۴/۶۸	۲۲/۹۴	۳۳/۰۴	۴۴/۹۷	۵۸/۷۳	۷۴/۳۳	۹۱/۷۷	۱۱۱/۰۴	۱۳۲/۱۵	۱۵۵/۰۹	۱۷۹/۸۷	۲۰۶/۴۸	۲۳۴/۹۳	۲۹۷/۳۳
۰/۰۱۲	۹/۶۹	۱۶/۲۳	۲۶/۹۲	۳۸/۷۶	۵۲/۷۶	۶۸/۹۱	۸۷/۲۱	۱۰۷/۶۷	۱۳۰/۲۸	۱۵۵/۰۴	۱۸۱/۹۶	۲۱۱/۰۳	۲۴۲/۲۵	۲۷۵/۶۳	۳۴۷/۸۴
۰/۰۱۴	۱۱/۰۵	۱۹/۶۴	۳۰/۶۹	۴۴/۱۹	۶۰/۱۵	۷۸/۵۶	۹۹/۴۳	۱۲۷/۷۵	۱۶۸/۵۳	۱۷۶/۷۶	۲۰۷/۴۴	۲۴۰/۵۹	۲۷۶/۱۸	۳۱۴/۲۳	۳۹۷/۷۰
۰/۰۱۶	۱۲/۳۳	۲۱/۹۲	۳۴/۲۵	۴۹/۳۲	۶۷/۱۳	۸۷/۶۹	۱۱۰/۹۸	۱۳۷/۰۱	۱۶۵/۷۸	۱۹۷/۲۹	۲۳۱/۵۵	۲۶۸/۵۴	۳۰۸/۲۷	۳۵۰/۷۴	۴۴۳/۹۰
۰/۰۱۸	۱۳/۵۴	۲۴/۰۷	۳۷/۶۱	۵۴/۱۶	۷۳/۷۲	۹۶/۲۹	۱۲۱/۸۷	۱۵۰/۴۵	۱۸۲/۰۵	۲۱۶/۶۵	۲۵۴/۲۷	۲۹۴/۸۹	۳۳۸/۵۲	۳۸۵/۹۶	۴۸۷/۴۷
۰/۰۲۰	۱۴/۶۸	۲۴/۰۹	۴۰/۷۷	۵۸/۷۱	۷۹/۹۱	۱۰۴/۳۷	۱۳۲/۰۹	۱۶۲/۰۸	۱۹۷/۳۲	۲۳۴/۸۳	۲۷۵/۶۰	۳۱۹/۶۳	۳۶۶/۹۲	۴۱۷/۴۸	۵۲۸/۳۷
۰/۰۲۲	۱۵/۷۴	۲۷/۹۸	۴۳/۷۲	۶۲/۹۶	۸۵/۶۹	۱۱۱/۹۳	۱۴۱/۶۶	۱۷۴/۸۸	۲۱۱/۶۱	۲۵۱/۸۳	۲۹۵/۵۵	۳۴۲/۷۷	۳۹۲/۴۹	۴۴۷/۷۰	۵۶۶/۶۹
۰/۰۲۴	۱۶/۷۳	۲۹/۷۴	۴۶/۴۷	۶۲/۹۱	۹۰/۰۸	۱۱۸/۹۶	۱۵۰/۵۶	۱۸۵/۸۷	۲۲۴/۹۰	۲۶۷/۶۶	۳۱۴/۱۲	۳۶۴/۳۱	۴۱۸/۲۱	۴۷۵/۵۳	۶۰۲/۲۲
۰/۰۲۶	۱۷/۶۴	۳۱/۳۷	۴۹/۰۱	۷۰/۵۷	۹۶/۰۶	۱۲۵/۴۷	۱۵۸/۷۹	۱۹۶/۰۴	۲۳۷/۲۱	۲۸۲/۳۰	۳۳۱/۳۱	۳۸۴/۲۴	۴۴۱/۰۹	۵۰۱/۸۷	۶۳۵/۱۷
۰/۰۲۸	۱۸/۴۹	۳۲/۸۶	۵۱/۳۵	۷۳/۹۴	۱۰۰/۶۴	۱۳۱/۴۵	۱۶۶/۳۷	۲۰۵/۴۹	۲۴۸/۵۲	۲۹۵/۷۶	۳۴۷/۱۹	۴۰۷/۵۷	۴۶۲/۱۳	۵۲۵/۸۰	۶۶۵/۴۷
۰/۰۸۲	۱۸/۶۹	۳۲/۰۸	۵۱/۶۸	۷۴/۴۲	۱۰۰/۲۹	۱۳۲/۳۰	۱۶۷/۴۵	۲۰۶/۷۲	۲۵۰/۱۴	۲۹۷/۲۸	۳۴۹/۲۶	۴۰۵/۱۸	۴۶۵/۱۲	۵۲۹/۲۱	۶۶۹/۷۹

P	$f_c = 25 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$														
	d = ۶	d = ۸	d = ۱۰	d = ۱۲	d = ۱۴	d = ۱۶	d = ۱۸	d = ۲۰	d = ۲۲	d = ۲۴	d = ۲۶	d = ۲۸	d = ۳۰	d = ۳۲	d = ۳۶
۰/۰۰۲	۲/۷۸	۴/۲۴	۶/۶۲	۹/۵۳	۱۲/۰۷	۱۶/۹۴	۲۱/۴۴	۲۶/۳۷	۳۲/۰۳	۳۸/۱۲	۴۴/۷۴	۵۱/۸۹	۵۹/۵۶	۶۷/۷۷	۸۵/۷۷
۰/۰۰۴	۴/۶۳	۸/۲۴	۱۲/۸۷	۱۸/۵۴	۲۵/۲۳	۳۲/۹۵	۴۱/۷۱	۵۱/۴۹	۶۲/۳۰	۷۴/۱۵	۸۷/۰۲	۱۰۰/۹۲	۱۱۵/۸۵	۱۳۱/۸۱	۱۶۶/۸۳
۰/۰۰۶	۶/۷۵	۱۲/۰۱	۱۸/۷۶	۲۷/۰۲	۳۶/۷۸	۴۸/۰۳	۶۰/۷۹	۷۵/۰۵	۹۰/۸۱	۱۰۸/۰۸	۱۲۶/۸۴	۱۴۷/۱۰	۱۶۸/۸۷	۱۹۲/۱۳	۲۴۳/۱۷
۰/۰۰۸	۸/۲۴	۱۵/۵۵	۲۴/۳۹	۳۴/۹۸	۴۷/۶۱	۶۲/۱۸	۷۸/۷۰	۹۷/۱۶	۱۱۷/۵۶	۱۳۹/۹۱	۱۶۴/۲۰	۱۹۰/۴۳	۲۱۸/۶۱	۲۴۸/۷۳	۳۱۴/۸۰
۰/۰۱۰	۱۰/۶۰	۱۸/۸۵	۲۹/۴۵	۴۹/۴۱	۷۵/۷۳	۱۰۴/۴۰	۱۳۲/۱۱	۱۶۷/۱۱	۱۹۲/۱۵	۲۱۹/۶۵	۲۵۱/۱۰	۲۸۰/۹۱	۳۰۸/۰۸	۳۴۰/۴۸	۴۸۱/۷۱
۰/۰۱۲	۱۲/۳۳	۲۱/۹۲	۳۴/۲۵	۴۹/۳۲	۶۷/۱۳	۸۷/۶۹	۱۱۰/۹۸	۱۳۷/۰۱	۱۶۵/۷۸	۱۹۷/۲۹	۲۳۱/۵۵	۲۶۸/۵۴	۳۰۸/۲۷	۳۵۰/۷۴	۴۴۳/۹۱
۰/۰۱۴	۱۳/۹۳	۲۴/۷۶	۳۸/۶۹	۵۵/۷۱	۷۵/۸۳	۹۹/۰۴	۱۲۵/۴۵	۱۵۸/۷۹	۱۹۶/۰۴	۲۳۷/۲۱	۲۸۲/۳۰	۳۳۱/۳۱	۳۸۴/۲۴	۴۴۱/۰۹	۵۰۱/۴۰
۰/۰۱۶	۱۵/۳۹	۲۷/۳۷	۴۳/۷۶	۶۲/۹۱	۹۰/۰۸	۱۱۸/۹۶	۱۵۰/۵۶	۱۸۵/۸۷	۲۲۴/۹۰	۲۶۷/۶۶	۳۱۴/۱۲	۳۶۴/۳۱	۴۱۸/۲۱	۴۷۵/۵۳	۶۰۲/۲۲
۰/۰۱۸	۱۶/۷۳	۲۹/۷۴	۴۶/۴۷	۶۲/۹۱	۹۰/۰۸	۱۱۸/۹۶	۱۵۰/۵۶	۱۸۵/۸۷	۲۲۴/۹۰	۲۶۷/۶۶	۳۱۴/۱۲	۳۶۴/۳۱	۴۱۸/۲۱	۴۷۵/۵۳	۶۰۲/۲۲
۰/۰۱۹۱	۱۷/۴۱	۳۰/۹۵	۴۸/۳۵	۶۹/۶۳	۹۶/۷۷	۱۲۳/۷۸	۱۵۶/۶۶	۱۹۲/۴۱	۲۳۴/۰۳	۲۷۸/۵۱	۳۲۶/۸۶	۳۷۹/۰۸	۴۲۵/۱۷	۴۸۸/۹۵	۶۲۶/۶۵

خمش ۳-۵) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر $f_c = 30 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times (1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

P	$f_c = 30 \text{ MPa}$ و $f_y = 220 \text{ MPa}$															
	d = 6	d = 8	d = 10	d = 12	d = 14	d = 16	d = 18	d = 20	d = 22	d = 24	d = 26	d = 28	d = 30	d = 32	d = 34	d = 36
0.02	1/33	2/36	3/69	5/33	7/24	9/46	11/97	14/78	17/88	21/78	24/97	28/96	31/96	33/25	37/70	41/81
0.04	2/63	4/67	7/30	10/51	14/30	18/68	23/34	29/19	35/32	42/13	49/33	57/21	65/21	68/67	84/35	94/56
0.06	3/89	6/99	10/81	15/56	21/40	27/67	35/22	44/33	52/31	62/25	73/16	84/13	94/13	98/27	124/13	141/16
0.08	5/12	9/10	14/33	20/49	27/82	36/42	46/10	57/11	68/16	81/14	95/17	111/14	127/14	131/10	166/16	184/16
0.10	6/33	11/23	17/55	25/27	34/45	44/94	56/17	70/12	84/16	101/11	118/16	137/12	157/12	159/11	200/11	221/10
0.12	7/48	13/31	20/79	29/44	40/75	52/12	67/16	83/16	100/12	119/15	140/16	162/11	184/11	187/9	234/11	259/12
0.14	8/62	15/42	23/93	34/46	46/85	60/17	76/14	94/13	112/11	132/14	153/16	175/11	197/11	200/8	249/11	277/12
0.16	9/79	17/57	26/117	37/61	50/105	65/26	82/12	101/12	120/11	141/14	163/16	185/11	207/11	210/7	260/11	289/10
0.18	10/98	19/77	29/149	40/81	54/135	71/36	89/14	109/12	129/11	151/14	174/16	197/11	220/11	223/6	274/11	304/10
0.20	11/121	21/101	32/181	43/101	58/165	76/48	96/13	117/12	138/11	161/14	185/16	209/11	232/11	235/5	287/11	318/10
0.22	12/151	23/131	35/221	46/131	62/205	81/64	102/14	124/12	146/11	170/14	195/16	219/11	242/11	245/4	298/11	330/10
0.24	13/181	25/161	38/271	49/161	67/245	87/84	109/16	132/12	154/11	179/14	205/16	229/11	252/11	255/3	309/11	342/10
0.26	14/211	27/191	41/321	52/191	71/285	92/104	114/16	138/12	160/11	186/14	213/16	237/11	260/11	263/2	314/11	348/10
0.28	15/241	29/221	44/371	55/221	76/325	98/124	120/16	144/12	168/11	195/14	221/16	245/11	268/11	271/1	319/11	354/10
0.30	16/271	31/251	47/421	58/251	81/365	104/144	126/16	150/12	174/11	201/14	227/16	251/11	274/11	277/0	324/11	360/10
0.32	17/301	33/281	50/471	61/281	86/405	110/164	132/16	156/12	180/11	207/14	233/16	257/11	280/11	283/0	329/11	366/10
0.34	18/331	35/311	53/521	64/311	91/445	116/184	138/16	162/12	186/11	213/14	239/16	263/11	286/11	289/0	334/11	372/10
0.36	19/361	37/341	56/571	67/341	96/485	122/204	144/16	168/12	192/11	219/14	245/16	269/11	292/11	295/0	339/11	378/10
0.38	20/391	39/371	59/621	70/371	101/525	128/224	150/16	174/12	198/11	225/14	251/16	275/11	298/11	301/0	344/11	384/10
0.40	21/421	41/401	62/671	73/401	106/565	134/244	156/16	180/12	204/11	231/14	257/16	281/11	304/11	307/0	349/11	390/10
0.42	22/451	43/431	65/721	76/431	111/605	140/264	162/16	186/12	210/11	237/14	263/16	287/11	310/11	313/0	354/11	396/10
0.44	23/481	45/461	68/771	79/461	116/645	146/284	168/16	192/12	216/11	243/14	269/16	293/11	316/11	319/0	359/11	402/10
0.46	24/511	47/491	71/821	82/491	121/685	152/304	174/16	198/12	222/11	249/14	275/16	299/11	322/11	325/0	364/11	408/10
0.48	25/541	49/521	74/871	85/521	126/725	158/324	180/16	204/12	228/11	255/14	281/16	305/11	328/11	331/0	369/11	414/10
0.50	26/571	51/551	77/921	88/551	131/765	164/344	186/16	210/12	234/11	261/14	287/16	311/11	334/11	337/0	374/11	420/10
0.52	27/601	53/581	80/971	91/581	136/805	170/364	192/16	216/12	240/11	267/14	293/16	317/11	340/11	343/0	379/11	426/10
0.54	28/631	55/611	83/1021	94/611	141/845	176/384	198/16	222/12	246/11	273/14	299/16	323/11	346/11	349/0	384/11	432/10
0.56	29/661	57/641	86/1071	97/641	146/885	182/404	204/16	228/12	252/11	279/14	305/16	329/11	352/11	355/0	389/11	438/10
0.58	30/691	59/671	89/1121	100/671	151/925	188/424	210/16	234/12	258/11	285/14	311/16	335/11	358/11	361/0	394/11	444/10
0.60	31/721	61/701	92/1171	103/701	156/965	194/444	216/16	240/12	264/11	291/14	317/16	341/11	364/11	367/0	399/11	450/10

ρ	$f_c = 30 \text{ MPa}$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$															
	d = ۶	d = ۸	d = ۱۰	d = ۱۲	d = ۱۴	d = ۱۶	d = ۱۸	d = ۲۰	d = ۲۲	d = ۲۴	d = ۲۶	d = ۲۸	d = ۳۰	d = ۳۲	d = ۳۴	d = ۳۶
۰.۰۲	۱/۸۱	۳/۳۱	۵/۰۱	۱۷/۲۲	۹/۸۳	۱۲/۸۴	۱۶/۲۵	۲۰/۰۶	۲۴/۲۷	۲۸/۸۸	۳۳/۹۰	۳۹/۳۲	۴۵/۱۳	۵۱/۳۵	۵۷/۹۷	۶۴/۹۹
۰.۰۴	۳/۵۵	۶/۳۱	۹/۸۶	۱۴/۲۰	۱۹/۳۲	۲۵/۲۴	۳۱/۹۴	۳۹/۴۴	۴۷/۷۲	۵۶/۷۹	۶۵/۲۵	۷۷/۲۹	۸۸/۷۳	۱۰۰/۹۶	۱۱۳/۹۷	۱۲۷/۷۷
۰.۰۶	۵/۲۳	۹/۳۰	۱۴/۵۳	۲۰/۹۳	۲۸/۴۸	۳۷/۲۰	۴۷/۰۹	۵۸/۱۳	۷۰/۳۴	۸۳/۷۱	۹۸/۲۴	۱۱۳/۹۴	۱۳۰/۷۹	۱۴۷/۸۱	۱۶۸/۰۰	۱۸۸/۳۴
۰.۰۸	۶/۸۵	۱۲/۱۸	۱۹/۰۴	۲۷/۴۱	۳۷/۳۱	۴۸/۷۳	۶۱/۶۸	۷۶/۸۴	۹۲/۱۳	۱۰۹/۶۵	۱۲۸/۶۸	۱۴۹/۲۴	۱۷۱/۳۲	۱۹۴/۹۳	۲۲۰/۰۶	۲۴۶/۷۱
۰.۱۰	۸/۴۱	۱۴/۹۶	۲۳/۳۷	۳۳/۶۵	۴۵/۸۰	۵۹/۸۲	۷۵/۷۱	۹۳/۴۷	۱۰۳/۱۰	۱۲۴/۶۰	۱۵۷/۸۷	۱۸۳/۲۱	۲۱۰/۳۲	۲۳۹/۲۹	۲۷۰/۱۴	۳۰۲/۸۶
۰.۱۲	۹/۹۱	۱۷/۶۲	۲۷/۵۳	۳۹/۶۴	۵۳/۹۶	۷۰/۴۸	۸۹/۲۰	۱۱۰/۱۲	۱۳۳/۲۵	۱۵۸/۵۸	۱۸۶/۲۳	۲۱۵/۸۴	۲۴۷/۷۸	۲۸۱/۹۲	۳۱۸/۲۶	۳۵۶/۸۰
۰.۱۴	۱۱/۳۵	۲۰/۱۷	۳۱/۵۲	۴۵/۳۹	۶۱/۷۸	۸۰/۷۰	۱۰۲/۱۳	۱۲۶/۱۳	۱۵۲/۵۷	۱۸۱/۵۷	۲۰۳/۰۹	۲۴۷/۱۴	۲۸۳/۷۰	۳۲۲/۷۹	۳۶۴/۴۰	۴۰۸/۰۳
۰.۱۶	۱۲/۷۲	۲۲/۶۲	۳۵/۳۴	۵۰/۸۹	۶۹/۳۷	۹۰/۴۸	۱۱۴/۵۱	۱۴۷/۳۷	۱۷۲/۰۶	۲۰۳/۵۸	۲۳۸/۹۳	۲۷۷/۰۹	۳۱۸/۰۹	۳۶۱/۹۲	۴۰۸/۵۷	۴۵۸/۰۵
۰.۱۸	۱۴/۰۴	۲۴/۹۶	۳۵/۹۹	۵۶/۱۵	۷۶/۴۳	۹۹/۸۳	۱۲۶/۳۴	۱۵۵/۹۸	۱۸۸/۷۳	۲۲۴/۶۱	۲۶۳/۶۰	۳۰۵/۷۲	۳۵۰/۹۵	۳۹۹/۳۰	۴۵۰/۷۷	۵۰۵/۳۷
۰.۲۰	۱۵/۲۹	۲۷/۱۸	۴۲/۴۷	۶۱/۱۶	۸۳/۲۵	۱۰۸/۷۳	۱۳۷/۶۲	۱۶۹/۹۰	۲۰۵/۵۸	۲۴۴/۲۵	۲۸۷/۱۳	۳۳۳/۰۰	۳۸۲/۳۷	۴۳۴/۹۴	۴۹۱/۰۱	۵۵۰/۴۷
۰.۲۲	۱۶/۴۸	۲۹/۳۰	۴۵/۷۸	۶۵/۹۳	۸۹/۷۴	۱۱۷/۲۱	۱۴۸/۳۴	۱۸۳/۱۴	۲۲۱/۶۰	۲۶۲/۷۲	۳۰۹/۵۰	۳۵۸/۹۵	۴۱۲/۰۶	۴۶۸/۸۳	۵۲۹/۲۶	۵۹۲/۳۶
۰.۲۴	۱۷/۶۱	۳۱/۳۱	۴۸/۹۲	۷۰/۴۵	۹۵/۸۹	۱۲۵/۲۴	۱۵۸/۵۱	۱۹۵/۶۹	۲۳۶/۷۹	۲۸۱/۸۰	۳۳۰/۷۲	۳۸۳/۵۶	۴۴۰/۳۱	۵۰۰/۹۷	۵۶۵/۵۵	۶۳۴/۰۵
۰.۲۶	۱۸/۶۸	۳۳/۲۱	۵۱/۸۹	۷۴/۷۲	۱۰۱/۷۱	۱۳۳/۸۴	۱۶۸/۱۳	۲۰۷/۵۷	۲۵۱/۱۶	۲۹۸/۹۰	۳۵۰/۷۹	۴۰۶/۸۳	۴۶۷/۰۳	۵۳۱/۳۷	۵۹۹/۸۷	۶۷۲/۵۲
۰.۲۸	۱۹/۶۹	۳۵/۰۰	۵۴/۶۹	۷۸/۷۵	۱۰۷/۱۹	۱۴۰/۰۱	۱۷۷/۲۰	۲۱۸/۷۶	۲۶۴/۷۰	۳۱۵/۰۱	۳۶۹/۷۰	۴۲۸/۷۷	۴۹۲/۲۱	۵۶۰/۰۳	۶۲۲/۲۲	۷۰۸/۷۸
۰.۳۰	۲۰/۶۳	۳۶/۶۸	۸۲/۳۲	۸۲/۵۴	۱۱۲/۳۴	۱۴۶/۳	۱۶۵/۷۱	۲۰۹/۷۶	۲۶۷/۴۲	۳۲۰/۱۵	۳۸۷/۴۷	۴۴۹/۳۷	۵۱۵/۸۶	۵۸۶/۹۳	۶۶۲/۵۹	۷۴۲/۸۴
۰.۳۲	۲۱/۵۲	۳۸/۲۶	۸۶/۷۷	۸۶/۰۸	۱۱۷/۱۶	۱۵۳/۰۲	۱۹۳/۶۷	۲۳۹/۱۰	۲۸۹/۳۱	۳۴۴/۳۰	۴۰۴/۰۸	۴۶۸/۶۳	۵۳۷/۹۷	۶۱۲/۰۹	۶۹۱/۰۰	۷۷۴/۶۸
۰.۳۴	۲۲/۳۴	۳۹/۷۲	۹۲/۰۶	۸۹/۳۷	۱۲۱/۶۴	۱۵۸/۸۸	۲۰۱/۰۸	۲۴۸/۲۵	۳۰۰/۳۸	۳۵۷/۴۷	۴۱۹/۵۳	۴۸۶/۵۶	۵۵۸/۵۵	۶۳۵/۵۱	۷۱۷/۴۳	۸۰۴/۳۱

ρ	$f_c = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 400 \text{ MPa}$															
	d = ۶	d = ۸	d = ۱۰	d = ۱۲	d = ۱۴	d = ۱۶	d = ۱۸	d = ۲۰	d = ۲۲	d = ۲۴	d = ۲۶	d = ۲۸	d = ۳۰	d = ۳۲	d = ۳۴	d = ۳۶
۰/۰.۲	۲/۳۹	۴/۲۵	۶/۶۵	۹/۵۷	۱۳/۰.۳	۱۷/۰.۲	۲۱/۵۴	۲۶/۵۹	۳۲/۱۸	۳۸/۳۹	۴۴/۹۴	۵۲/۱۲	۵۹/۸۴	۶۸/۰.۸	۷۶/۸۶	۸۶/۱۶
۰/۰.۴	۴/۶۸	۸/۳۲	۱۳/۹۹	۱۸/۷۲	۲۵/۴۷	۳۳/۲۶	۴۲/۱۰	۵۹/۹۷	۶۲/۸۹	۷۴/۸۴	۸۷/۸۴	۱۰۱/۸۷	۱۱۶/۹۴	۱۳۳/۰.۶	۱۵۰/۲۱	۱۶۸/۴۰
۰/۰.۶	۶/۸۵	۱۲/۷۸	۱۸/۰.۴	۲۷/۴۱	۳۷/۳۱	۴۸/۲۳	۶۱/۶۸	۷۶/۴۰	۹۲/۱۳	۱۰۹/۶۵	۱۲۸/۶۸	۱۴۹/۳۴	۱۷۱/۳۲	۱۹۴/۱۳	۲۲۰/۰.۶	۲۴۲/۷۱
۰/۰.۸	۸/۹۲	۱۵/۸۶	۲۴/۷۷	۳۵/۶۸	۴۸/۵۶	۶۳/۴۲	۶۰/۲۷	۹۹/۱۰	۱۱۹/۹۱	۱۴۲/۷۰	۱۶۷/۴۸	۱۹۴/۲۴	۲۲۲/۹۷	۲۵۳/۷۰	۲۸۶/۴۰	۳۵۸/۰.۸
۰/۰.۱۰	۱۰/۸۸	۱۹/۳۳	۳۰/۲۱	۴۳/۵۰	۵۹/۳۷	۷۷/۳۴	۹۸/۸۸	۱۲۰/۸۴	۱۴۶/۲۲	۱۷۴/۰.۱	۲۰۴/۳۳	۲۳۶/۸۵	۲۷۱/۹۰	۳۰۹/۳۶	۳۴۹/۲۴	۳۹۷/۵۳
۰/۰.۱۲	۱۲/۷۲	۲۲/۷۲	۳۵/۳۴	۵۰/۸۹	۶۹/۳۷	۹۰/۴۷	۱۱۴/۵۱	۱۴۱/۳۷	۱۷۹/۰.۶	۲۰۳/۵۸	۲۳۸/۹۲	۲۷۷/۰.۹	۳۱۸/۰.۹	۳۶۱/۹۲	۴۰۸/۵۷	۴۵۸/۰.۵
۰/۰.۱۴	۱۴/۴۶	۲۵/۷۹	۴۰/۱۷	۵۷/۸۵	۷۸/۷۴	۱۰۲/۸۴	۱۳۰/۸۶	۱۶۰/۶۹	۱۹۴/۴۴	۲۳۱/۴۰	۲۶۹/۵۷	۳۱۳/۹۵	۳۶۱/۵۶	۴۰۹/۳۸	۴۶۴/۴۰	۵۶۹/۶۵
۰/۰.۱۶	۱۶/۰.۹	۲۸/۶۱	۴۴/۷۰	۶۴/۳۷	۸۷/۶۲	۱۱۴/۴۳	۱۴۴/۸۳	۱۷۸/۸۷	۲۱۶/۳۵	۲۵۷/۴۷	۳۰۲/۱۷	۳۵۰/۴۵	۴۰۲/۳۰	۴۵۷/۷۳	۵۱۶/۷۳	۵۷۹/۳۰
۰/۰.۱۸	۱۷/۶۱	۳۱/۳	۴۸/۹۲	۷۰/۴۶	۹۵/۸۹	۱۲۵/۲۴	۱۵۸/۵۷	۲۱۵/۶۹	۲۳۴/۷۹	۲۸۱/۸۰	۳۳۰/۷۲	۳۸۵/۵۶	۴۴۰/۳۱	۵۰۰/۹۷	۵۶۵/۵۵	۶۳۴/۰.۵
۰/۰.۲۰	۱۹/۰.۲	۳۳/۸۲	۵۲/۸۴	۷۶/۰.۹	۱۰۳/۵۷	۱۳۵/۲۸	۱۷۱/۲۱	۲۲۱/۳۷	۲۵۵/۷۶	۳۰۴/۳۸	۳۵۷/۲۲	۴۱۴/۳۹	۴۷۵/۵۹	۵۴۱/۱۲	۶۱۰/۸۷	۶۸۴/۸۵
۰/۰.۲۲	۲۰/۳۳	۳۶/۱۳	۵۶/۴۶	۸۰/۳۰	۱۱۰/۶۶	۱۴۴/۵۴	۱۸۲/۹۳	۲۲۵/۷۵	۲۷۳/۳۷	۳۲۵/۲۱	۳۸۱/۶۷	۴۴۲/۶۵	۵۰۸/۱۵	۵۷۸/۱۶	۶۵۲/۶۹	۷۳۱/۷۳
۰/۰.۲۴	۲۰/۹۴	۳۷/۲۲	۵۸/۷۶	۸۳/۷۴	۱۱۳/۹۸	۱۴۸/۸۸	۱۸۸/۴۲	۲۳۲/۶۲	۲۸۱/۴۷	۳۳۴/۹۸	۳۹۱/۱۳	۴۵۵/۹۴	۵۲۳/۴۰	۵۹۵/۵۱	۶۷۲/۲۸	۷۵۲/۷۰

خمش ۴-۵) تعیین لنگر مقاوم خمشی M_u برای عرض یک متر $f_c = 35 \text{ MPa}$

مراجع: بندهای ۱۰-۲-۵-۲ و ۱۱-۳ و ۱۱-۴-۱ و ۱۱-۵-۱ از آیین نامه بتن ایران

$$M_u = \phi_s \rho d^2 f_y \times (1 - 0.59 \rho \frac{\phi_s f_y}{\phi_c f_c}) \times 10^{-1} \quad \text{KN.m}$$

$f_c = 30 \text{ MPa}$, $f_y = 220 \text{ MPa}$

ρ	$d = 6$	$d = 8$	$d = 10$	$d = 12$	$d = 14$	$d = 16$	$d = 18$	$d = 20$	$d = 22$	$d = 24$	$d = 26$	$d = 28$	$d = 30$	$d = 32$	$d = 34$	$d = 36$
0.02	1/33	2/37	3/40	5/33	7/25	9/27	11/29	14/30	17/31	21/32	25/30	29/31	33/31	37/30	42/28	47/26
0.04	2/54	4/59	7/32	10/54	14/35	18/25	23/23	29/19	35/14	42/11	49/10	56/11	63/11	70/10	77/9	84/9
0.06	3/91	6/95	10/87	15/65	21/30	27/22	34/19	42/14	50/11	58/9	66/8	74/9	82/8	90/7	98/6	106/6
0.08	35/16	9/17	14/33	20/54	28/29	36/22	44/19	52/14	60/11	68/9	76/8	84/9	92/8	100/7	108/6	116/6
0.10	6/28	11/34	17/22	25/51	34/23	43/19	52/16	61/12	70/11	79/10	88/9	97/8	106/7	115/6	124/5	133/5
0.12	7/57	13/55	21/40	30/45	40/31	50/22	60/17	70/12	80/11	90/10	100/9	110/8	120/7	130/6	140/5	150/5
0.14	8/73	15/52	24/25	34/45	45/31	56/22	67/17	78/12	89/11	100/10	111/9	122/8	133/7	144/6	155/5	166/5
0.16	9/87	17/54	27/48	38/49	50/33	62/24	74/19	86/14	98/11	110/10	122/9	134/8	146/7	158/6	170/5	182/5
0.18	10/97	19/51	30/44	41/48	54/33	67/24	80/19	93/14	106/11	119/10	132/9	145/8	158/7	171/6	184/5	197/5
0.20	12/105	21/42	33/47	44/49	58/33	72/24	86/19	100/14	114/11	128/10	142/9	156/8	170/7	184/6	198/5	212/5
0.22	13/110	23/39	36/44	47/48	62/33	76/24	90/19	104/14	118/11	132/10	146/9	160/8	174/7	188/6	202/5	216/5
0.24	14/112	25/36	39/41	50/45	66/33	80/24	94/19	108/14	122/11	136/10	150/9	164/8	178/7	192/6	206/5	220/5
0.26	15/114	27/33	41/38	53/42	70/33	84/24	98/19	112/14	126/11	140/10	154/9	168/8	182/7	196/6	210/5	224/5
0.28	16/116	29/30	44/35	56/39	74/33	88/24	102/19	116/14	130/11	144/10	158/9	172/8	186/7	200/6	214/5	228/5
0.30	17/118	31/27	47/32	59/36	78/33	92/24	106/19	120/14	134/11	148/10	162/9	176/8	190/7	204/6	218/5	232/5
0.32	18/120	33/24	50/29	62/33	82/33	96/24	110/19	124/14	138/11	152/10	166/9	180/8	194/7	208/6	222/5	236/5
0.34	19/122	35/21	53/26	65/30	86/33	100/24	114/19	128/14	142/11	156/10	170/9	184/8	198/7	212/6	226/5	240/5
0.36	20/124	37/18	56/23	68/27	90/33	104/24	118/19	132/14	146/11	160/10	174/9	188/8	202/7	216/6	230/5	244/5
0.38	21/126	39/15	59/20	71/24	94/33	108/24	122/19	136/14	150/11	164/10	178/9	192/8	206/7	220/6	234/5	248/5
0.40	22/128	41/12	62/17	74/21	98/33	112/24	126/19	140/14	154/11	168/10	182/9	196/8	210/7	224/6	238/5	252/5
0.42	23/130	43/9	65/14	77/18	102/33	116/24	130/19	144/14	158/11	172/10	186/9	198/8	214/7	228/6	242/5	256/5
0.44	24/132	45/6	68/11	80/15	106/33	120/24	134/19	148/14	162/11	176/10	190/9	202/8	218/7	232/6	246/5	260/5
0.46	25/134	47/3	71/8	83/12	110/33	124/24	138/19	152/14	166/11	180/10	194/9	206/8	222/7	236/6	250/5	264/5
0.48	26/136	49/0	74/5	86/9	114/33	128/24	142/19	156/14	170/11	184/10	198/9	210/8	226/7	240/6	254/5	268/5
0.50	27/138	51/0	77/2	89/6	118/33	132/24	146/19	160/14	174/11	188/10	202/9	214/8	230/7	244/6	258/5	272/5
0.52	28/140	53/0	80/0	92/3	122/33	136/24	150/19	164/14	178/11	192/10	206/9	218/8	234/7	248/6	262/5	276/5
0.54	29/142	55/0	83/0	95/0	126/33	140/24	154/19	168/14	182/11	196/10	210/9	222/8	238/7	252/6	266/5	280/5
0.56	30/144	57/0	86/0	98/0	130/33	144/24	158/19	172/14	186/11	200/10	214/9	226/8	242/7	256/6	270/5	284/5
0.58	31/146	59/0	89/0	101/0	134/33	148/24	162/19	176/14	190/11	204/10	218/9	230/8	246/7	260/6	274/5	288/5
0.60	32/148	61/0	92/0	104/0	138/33	152/24	166/19	180/14	194/11	208/10	222/9	234/8	250/7	264/6	278/5	292/5

ρ	$f_c = 30 \text{ MPa}$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$															
	$d=6$	$d=8$	$d=10$	$d=12$	$d=14$	$d=16$	$d=18$	$d=20$	$d=22$	$d=24$	$d=26$	$d=28$	$d=30$	$d=32$	$d=34$	$d=36$
۰.۰۰۲	۱/۸۱	۳/۲۲	۵/۰۳	۷/۳۴	۹/۸۵	۱۲/۸۷	۱۶/۴۹	۲۰/۱۱	۲۴/۳۳	۲۸/۹۶	۳۳/۹۸	۳۹/۴۱	۴۵/۲۴	۵۱/۴۸	۵۸/۱۱	۶۵/۱۵
۰.۰۰۴	۳/۵۶	۶/۳۹	۹/۹۱	۱۴/۲۷	۱۹/۴۲	۲۵/۳۶	۳۲/۱۰	۳۹/۶۳	۴۷/۹۵	۵۷/۰۷	۶۶/۹۸	۷۷/۶۸	۸۹/۱۷	۱۰۱/۴۵	۱۱۴/۵۳	۱۲۸/۴۰
۰.۰۰۶	۵/۳۷	۹/۳۷	۱۴/۶۴	۲۱/۰۸	۲۸/۷۰	۳۷/۴۸	۴۷/۴۴	۵۸/۵۷	۷۰/۸۷	۸۴/۳۴	۹۸/۹۸	۱۱۴/۸۰	۱۳۱/۷۸	۱۴۹/۹۴	۱۶۹/۲۷	۱۸۹/۷۶
۰.۰۰۸	۶/۹۲	۱۲/۳۱	۱۹/۳۳	۲۷/۶۹	۳۷/۶۹	۴۹/۳۳	۶۲/۳۱	۷۶/۹۲	۹۳/۰۸	۱۱۰/۷۷	۱۳۰/۰۰	۱۵۰/۷۷	۱۷۲/۰۸	۱۹۶/۹۲	۲۲۲/۳۱	۲۴۹/۲۳
۰.۰۱۰	۸/۵۲	۱۵/۱۵	۲۳/۶۷	۳۴/۰۹	۴۶/۴۰	۶۰/۶۰	۷۶/۷۰	۹۴/۶۹	۱۱۴/۵۸	۱۳۶/۳۶	۱۶۰/۰۳	۱۸۵/۶۰	۲۱۲/۰۶	۲۴۲/۴۱	۲۷۳/۶۶	۳۰۶/۸۰
۰.۰۱۲	۱۰/۰۷	۱۷/۹۰	۲۷/۹۷	۴۰/۲۸	۵۴/۸۲	۷۱/۶۰	۹۰/۶۲	۱۱۱/۸۸	۱۳۵/۳۷	۱۶۱/۱۰	۱۸۹/۰۷	۲۱۹/۲۸	۲۵۹/۷۲	۲۸۶/۴۱	۳۲۳/۳۲	۳۶۲/۴۸
۰.۰۱۴	۱۱/۵۶	۲۰/۵۶	۳۲/۱۲	۴۶/۲۵	۶۲/۹۵	۸۲/۳۳	۱۰۴/۰۷	۱۲۸/۴۸	۱۵۵/۴۶	۱۸۵/۰۱	۲۱۷/۱۳	۲۵۱/۸۲	۲۸۹/۰۷	۳۲۸/۹۰	۳۷۱/۳۰	۴۱۶/۳۷
۰.۰۱۶	۱۳/۰۰	۲۳/۱۲	۳۶/۱۲	۵۲/۰۲	۷۰/۸۰	۹۲/۴۸	۱۱۷/۰۴	۱۴۴/۴۹	۱۷۴/۸۴	۲۰۸/۰۷	۲۴۴/۱۹	۲۸۳/۲۱	۳۲۵/۱۱	۳۶۹/۹۰	۴۱۷/۵۸	۴۶۸/۱۶
۰.۰۱۸	۱۴/۳۹	۲۵/۵۹	۳۹/۹۸	۵۷/۵۷	۸۷/۳۶	۱۲۲/۳۵	۱۴۹/۵۴	۱۵۹/۹۲	۱۹۳/۵۱	۲۳۰/۳۹	۲۷۰/۳۷	۳۱۳/۴۵	۳۵۹/۸۳	۴۰۹/۴۰	۴۶۲/۱۸	۵۱۸/۱۵
۰.۰۲۰	۱۵/۷۳	۲۷/۹۶	۴۳/۶۹	۶۲/۹۲	۸۵/۶۴	۱۱۱/۸۵	۱۴۱/۵۶	۱۷۴/۷۷	۲۱۱/۴۷	۲۵۱/۶۷	۲۹۵/۳۶	۳۴۲/۵۵	۳۹۳/۳۳	۴۴۷/۴۱	۵۰۵/۰۸	۵۶۶/۲۵
۰.۰۲۲	۱۷/۰۱	۳۰/۴۵	۴۷/۲۶	۶۸/۰۵	۹۲/۶۳	۱۲۰/۹۸	۱۵۳/۱۲	۱۸۹/۰۳	۲۲۸/۷۳	۲۷۲/۲۹	۳۱۹/۴۶	۳۷۰/۵۰	۴۲۵/۳۲	۴۸۳/۹۲	۵۴۶/۳۰	۶۱۲/۴۶
۰.۰۲۴	۱۸/۳۴	۳۴/۴۳	۵۰/۶۸	۷۳/۹۸	۹۹/۳۳	۱۲۹/۸۳	۱۶۴/۱۹	۲۰۲/۷۱	۲۴۵/۲۸	۲۹۱/۹۰	۳۴۶/۵۸	۳۹۷/۳۱	۴۵۶/۰۹	۵۱۸/۹۳	۵۸۵/۸۳	۶۵۶/۷۸
۰.۰۲۶	۱۹/۴۲	۳۴/۵۳	۵۳/۹۵	۷۷/۶۹	۱۰۵/۷۴	۱۳۸/۱۱	۱۷۴/۸۰	۲۱۵/۸۰	۲۶۱/۲۲	۳۱۰/۷۵	۳۶۶/۷۰	۴۲۲/۹۷	۴۸۵/۵۵	۵۵۲/۴۵	۶۲۳/۶۶	۶۹۹/۱۹
۰.۰۲۸	۲۰/۵۵	۳۶/۵۳	۵۷/۰۸	۸۲/۱۹	۱۱۱/۸۷	۱۴۶/۱۲	۱۸۴/۹۳	۲۲۸/۳۱	۲۷۶/۲۵	۳۲۸/۶۶	۳۸۵/۸۴	۴۴۷/۴۸	۵۱۳/۶۹	۵۸۴/۳۷	۶۵۹/۸۱	۷۳۹/۷۲
۰.۰۳۰	۲۰/۶۲	۳۸/۴۴	۶۰/۰۶	۸۶/۴۸	۱۱۷/۷۱	۱۵۳/۷۵	۱۹۴/۵۹	۲۴۰/۲۳	۲۹۰/۲۸	۳۴۵/۹۳	۴۰۵/۹۹	۴۷۰/۸۵	۵۴۰/۵۲	۶۱۴/۹۹	۶۹۴/۳۷	۷۸۸/۲۵
۰.۰۳۲	۲۲/۶۴	۴۰/۲۵	۶۲/۸۹	۹۰/۵۷	۱۲۳/۳۷	۱۶۱/۰۱	۲۰۳/۷۷	۲۵۱/۵۷	۳۰۲/۳۰	۳۶۲/۴۶	۴۲۵/۱۵	۴۹۳/۰۸	۵۶۶/۰۳	۶۴۴/۰۲	۷۲۷/۰۴	۸۱۵/۰۹
۰.۰۳۴	۲۳/۶۱	۴۱/۹۷	۶۵/۵۸	۹۴/۴۴	۱۲۸/۵۴	۱۶۷/۸۹	۲۱۲/۴۸	۲۶۲/۳۲	۳۱۷/۴۲	۳۷۷/۷۵	۴۴۳/۳۳	۵۱۴/۱۶	۵۹۰/۲۳	۶۷۱/۵۵	۷۵۸/۱۲	۸۴۹/۹۳
۰.۰۳۶	۲۴/۵۲	۴۳/۶۰	۶۸/۱۲	۱۳۳/۵۲	۱۷۴/۴۰	۲۲۰/۸۲	۲۷۲/۴۹	۳۲۹/۷۲	۳۹۲/۳۹	۴۶۰/۵۱	۵۳۴/۳۳	۶۱۳/۰۹	۶۹۰/۱۱	۷۸۷/۵۸	۸۸۲/۸۱	۹۱۰/۹۱
۰.۰۳۸	۲۵/۴۰	۴۴/۹۸	۷۰/۲۹	۱۳۷/۲۶	۱۷۹/۹۳	۲۲۷/۷۳	۲۸۱/۱۵	۳۴۰/۱۹	۴۰۴/۸۵	۴۷۵/۵۴	۵۵۱/۵۴	۶۳۳/۵۸	۷۱۹/۷۴	۸۱۲/۵۱	۹۱۰/۹۱	

ρ	$f_c = 30 \text{ MPa} \quad , \quad f_y = 400 \text{ Mpa}$															
	$d = 6$	$d = 8$	$d = 10$	$d = 12$	$d = 14$	$d = 16$	$d = 18$	$d = 20$	$d = 22$	$d = 24$	$d = 26$	$d = 28$	$d = 30$	$d = 32$	$d = 34$	$d = 36$
۰.۰۰۲	۲/۴۰	۴/۲۷	۶/۶۷	۹/۶۰	۱۲/۷	۱۷/۰۸	۲۱/۶۱	۲۶/۶۸	۳۲/۲۸	۳۸/۴۲	۴۵/۰۹	۵۲/۲۹	۶۰/۰۳	۶۸/۳۰	۷۷/۱۱	۸۶/۴۴
۰.۰۰۴	۴/۷۱	۸/۳۷	۱۳/۰۸	۱۸/۸۴	۲۵/۶۴	۳۳/۴۹	۴۲/۳۸	۵۲/۳۲	۶۲/۳۱	۷۵/۳۴	۸۸/۴۲	۱۰۲/۵۵	۱۱۷/۷۷	۱۳۳/۹۴	۱۵۱/۳۱	۱۶۹/۵۲
۰.۰۰۶	۶/۹۲	۱۲/۳۱	۱۹/۲۳	۲۷/۶۹	۳۷/۶۹	۴۹/۲۳	۶۲/۳۱	۷۶/۹۲	۹۳/۰۸	۱۱۰/۷۷	۱۳۰/۰۰	۱۵۰/۷۷	۱۷۳/۰۸	۱۹۶/۹۲	۲۲۲/۳۱	۲۴۹/۲۳
۰.۰۰۸	۷/۰۴	۱۶/۰۸	۲۵/۱۲	۳۶/۱۷	۴۹/۲۴	۶۴/۳۱	۸۱/۳۹	۱۰۰/۴۹	۱۲۱/۵۹	۱۴۴/۷۰	۱۶۹/۸۲	۱۹۶/۹۵	۲۲۶/۰۹	۲۵۷/۳۴	۲۹۰/۴۰	۳۲۵/۵۷
۰.۰۱۰	۷/۰۷	۱۹/۰۸	۳۰/۱۵	۴۴/۲۸	۶۰/۳۷	۷۸/۳۳	۹۹/۶۴	۱۲۳/۰۱	۱۴۸/۸۴	۱۷۷/۱۳	۲۰۷/۸۸	۲۴۱/۱۰	۲۷۶/۷۷	۳۱۴/۹۰	۳۵۵/۵۰	۳۹۸/۵۵
۰.۰۱۲	۱۳/۰۰	۲۳/۱۲	۳۶/۱۲	۵۲/۰۲	۷۰/۸۰	۹۲/۴۸	۱۱۷/۰۴	۱۴۴/۴۹	۱۷۴/۸۴	۲۰۸/۰۷	۲۴۴/۱۹	۲۸۳/۲۱	۳۲۵/۱۱	۳۶۹/۹۰	۴۱۷/۵۸	۴۶۸/۱۶
۰.۰۱۴	۱۴/۸۴	۲۶/۳۹	۴۱/۲۳	۵۹/۳۸	۸۰/۸۲	۱۰۵/۵۸	۱۳۳/۶۰	۱۶۴/۹۴	۱۹۹/۵۷	۲۳۷/۵۱	۲۷۸/۷۴	۳۲۳/۲۸	۳۷۱/۱۱	۴۱۲/۳۴	۴۷۶/۶۷	۵۳۴/۴۰
۰.۰۱۶	۱۶/۵۹	۲۹/۴۹	۴۶/۰۹	۶۶/۳۶	۹۰/۳۳	۱۱۷/۹۷	۱۴۹/۳۲	۱۸۴/۴۴	۲۲۳/۰۵	۲۶۵/۴۵	۳۱۱/۵۴	۳۶۱/۳۱	۴۱۴/۷۷	۴۷۱/۹۲	۵۳۲/۷۵	۵۹۷/۲۷
۰.۰۱۸	۱۸/۲۴	۳۱/۴۳	۵۰/۶۸	۷۲/۹۸	۹۴/۳۳	۱۲۹/۷۳	۱۶۴/۱۹	۲۰۲/۷۱	۲۴۵/۵۸	۲۹۱/۹۰	۳۴۲/۵۸	۳۹۷/۳۱	۴۵۶/۰۹	۵۱۸/۹۳	۵۸۵/۸۳	۶۵۶/۷۸
۰.۰۲۰	۱۹/۸۰	۳۵/۲۱	۵۵/۰۱	۷۹/۳۱	۱۰۷/۸۲	۱۴۰/۸۲	۱۷۸/۲۳	۲۲۰/۰۴	۲۶۶/۵۴	۳۱۶/۸۵	۳۷۱/۸۶	۴۳۱/۲۷	۴۹۵/۰۸	۵۶۳/۳۹	۶۳۵/۹۰	۷۱۴/۹۱
۰.۰۲۲	۲۰/۲۷	۳۷/۲۷	۵۹/۰۸	۸۵/۰۸	۱۱۵/۸۰	۱۵۱/۳۷	۱۹۱/۴۲	۲۳۶/۳۲	۲۸۵/۹۵	۳۴۰/۳۰	۳۹۹/۳۸	۴۶۳/۱۹	۵۳۷/۷۳	۶۰۴/۹۹	۶۸۲/۹۷	۷۶۵/۶۸
۰.۰۲۴	۲۲/۲۴	۴۰/۳۵	۶۰/۷۹	۹۰/۵۷	۱۲۳/۳۷	۱۶۱/۰۱	۲۰۳/۷۷	۲۵۱/۵۷	۳۰۴/۴۰	۳۶۲/۴۶	۴۲۵/۱۵	۴۹۳/۰۸	۵۶۶/۰۳	۶۴۴/۰۲	۷۲۷/۰۴	۸۱۵/۰۹
۰.۰۲۶	۲۳/۲۶	۴۲/۳۷	۶۵/۰۸	۹۴/۴۴	۱۲۸/۵۴	۱۶۷/۸۹	۲۱۲/۴۸	۲۶۲/۳۲	۳۰۸/۴۲	۳۷۱/۷۵	۴۴۳/۳۳	۵۱۴/۱۶	۵۹۰/۲۳	۶۷۱/۵۵	۷۵۸/۱۲	۸۴۹/۹۳

خمش و بار محوری

مثال ۱ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری

محاسبه درصد فولاد ستون مربع شکلی که با خاموتهای جانبی بسته شده است در نظر است. بارهای مرده و زنده به ترتیب ۱۴۴۰ KN و ۸۵۵KN می باشد. طول آزاد ستون ۲/۶ متر است و سازه در هر دو جهت مهار جانبی شده است.

مشخصات :

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$t = 45 \text{ cm}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه بار در حد نهایی	
	$N_u = 1.25 \times 1440 + 1.5 \times 855 = 3083 \text{ KN}$	$N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$	۳-۳-۵-۱۰
	$K = 1$ $r = 0.3 \times 45 = 13.5 \text{ cm}$ $\frac{K\ell}{r} = \frac{260}{13.5} = 19.2 < 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) = 22$	گام دوم) کنترل لاغری ستون در قطعات فشاری مهار شده در صورتی که $K \frac{\ell_u}{r} < 34 - 12 \frac{M_1}{M_2}$ باشد می توان از اثر لاغری صرف نظر نمود.	۱-۷-۱۳
	$\frac{M_u}{A_g} = 0.8 [0.85 \times 0.6 \times 28(1 - \rho) + 0.85 \times 420 \times \rho]$ $\frac{3083 \times 10^{-3}}{0.45 \times 0.45} = 11.42 - 11.42\rho + 285.6\rho$ $11.22 = 11.42 + 274.18\rho$ $\rho = 0.014$	گام سوم) تعیین درصد فولاد لازم $N_{max} = 0.8 [0.85 \phi_c f_c (A_g - A_{st}) + \phi_s f_y A_{st}]$	۳-۴-۱۱

مسئله ۲ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی (ستون بدون فولاد میانی)

بارها مرده و زنده وارد بر ستون مربع شکلی به ترتیب برابر با ۹۰ KN و ۶۷.۵ KN می‌باشد. لنگرهای مرده و زنده وارد بر انتهای ستون ۱۲۳.۵ KN.m و ۹۵.۹ KN.m می‌باشد. طول آزاد ستون ۳.۶۵m است. ابعاد ستون $45 \times 45 \text{ cm}^2$ می‌باشد. درصد فولاد مورد نیاز را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$d = 40.5 \text{ cm}$$

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف : با استفاده از دیاگرامها گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$		۳-۳-۵-۱۰
	$N_u = 1.25 \times 90 + 1.5 \times 67.5 = 213.75 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 123.3 + 1.5 \times 95.9 = 289 \text{ KN.m}$		
	گام دوم) محاسبه خروج از مرکزیت، e/t $e = \frac{M_u}{P_u}$ $e = \frac{298}{213.75} = 1.39 \text{ m}$ $\frac{e}{t} = \frac{1.39}{0.45} = 3 \text{ m}$		
	گام سوم) محاسبه $\frac{N_u}{A_g \cdot f_c}, \frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c}$ $\frac{N_u}{A_g \cdot f_c} = \frac{213.75 \times 10^3}{(450 \times 450) 28} = 0.038$ $\frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c} = \frac{298 \times 10^6}{(450 \times 450) \times 450 \times 28} = 0.116$		
	گام چهارم) محاسبه d/t $\frac{d}{t} = \frac{40 \times 5}{450} = 0.9$		
	گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه ρ_t, m محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$ $\rho_t m = 0.34$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$		
	گام ششم) محاسبه ρ_t $\rho_t m = 0.34$ $\rho_t = \frac{0.34}{16.8} = 0.02$		

مثال ۳ طراحی ستون مستطیل شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

بارها و لنگرهای مرده و زنده وارد بر ستون مستطیلی شکل برابر با مقادیر زیر می‌باشند ابعاد ستون $35 \times 60 \text{ cm}^2$ می‌باشد. درصد فولاد لازم برای این ستون را محاسبه کنید.

مشخصات :

$$N_D = 1575 \text{ KN}$$

$$N_L = 1080 \text{ KN}$$

$$M_D = 137 \text{ KN.m}$$

$$M_L = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از دیاگرامها گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	۳-۳-۵-۱۰
	$N_u = 1.25 \times 1575 + 1.5 \times 1080 = 3589 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 137 + 1.5 \times 110 = 336 \text{ KN.m}$	گام دوم) محاسبه خروج از مرکزیت و e/t $e = \frac{M_u}{P_u}$	
	$\epsilon = \frac{336}{3589} = 9.36 \times 10^{-2}$ $\frac{e}{t} = \frac{0.094}{0.6} = 0.16$	گام سوم) محاسبه d/t	
	$\frac{d}{t} = \frac{54}{60} = 0.90$	گام چهارم) محاسبه $\frac{N_u}{A_g \cdot f_c}, \frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c}$	
	$\frac{N_u}{A_g \cdot f_c} = \frac{3589 \times 10^3}{(350 \times 600)28} = 0.61$ $\frac{M_u}{A_g \cdot t \cdot f_c} = \frac{336 \times 10^6}{(350 \times 600) \times 600 \times 28} = 0.095$	گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه $\rho_t m$ محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$	
	$\rho_t m = 0.42$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$	گام ششم) محاسبه ρ_t	
	$\rho_t m = 0.42$ $\rho_t = \frac{0.42}{16.8} = 0.025$		

مثال ۴ طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و لنگر خمشی

ستون دایروی با مشخصات زیر را طرح کنید. قطر ستون برابر 50cm می‌باشد. بارها و لنگرهای مرده و زنده وارد بر ستون به قرار زیر می‌باشند.

مشخصات :

$$D = 50 \text{ cm}$$

$$N_D = 360 \text{ KN}$$

$$M_D = 137 \text{ KN.m}$$

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$N_L = 270 \text{ KN}$$

$$M_L = 110 \text{ KN.m}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از دیاگرامها گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$	
	$N_u = 1.25 \times 360 + 1.5 \times 270 = 855 \text{ KN}$ $M_u = 1.25 \times 137 + 1.5 \times 110 = 336 \text{ KN.m}$	گام دوم) محاسبه خروج از مرکزیت و e/D $e = \frac{M_u}{N_u}$	
	$e = \frac{336}{855} = 0.39$ $e/D = \frac{0.39}{0.5} = 0.78 \text{ m}$	گام سوم) محاسبه، e/d	
	$\frac{d}{D} = \frac{40}{50} = 0.8$	گام چهارم) محاسبه $\frac{N_u}{D^2 f_c}, \frac{M_u}{D^3 f_c}$	
	$\frac{N_u}{D^2 f_c} = \frac{855 \times 10^3}{(500)^2 \times 28} = 0.122$ $\frac{M_u}{D^3 f_c} = \frac{336 \times 10^6}{(500)^3 \times 28} = 0.096$	گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه $\rho_t m$ محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$	
	$\rho_t m = 0.46$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$	گام ششم) محاسبه ρ_t	
	$\rho_t m = 0.46$ $\rho_t = \frac{0.46}{16.8} = 0.027$		

مثال ۵ طراحی ستون دایره‌ای شکل تحت اثر بار محوری و خمشی دو محوره

ستونی با مقطع دایره و تحت اثر بارهای زیر را طرح کنید. قطر ستون برابر 40 cm است.

مشخصات :

$$f_c = 28 \text{ MPa}$$

بار محوری

لنگر شرقی - غربی

لنگر شمالی - جنوبی

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$N_D = 360 \text{ KN}$$

$$M_D = 55 \text{ KN.m}$$

$$M_D = 71 \text{ KN.m}$$

$$d = 32 \text{ cm}$$

$$N_L = 330 \text{ KN}$$

$$M_L = 41 \text{ KN.m}$$

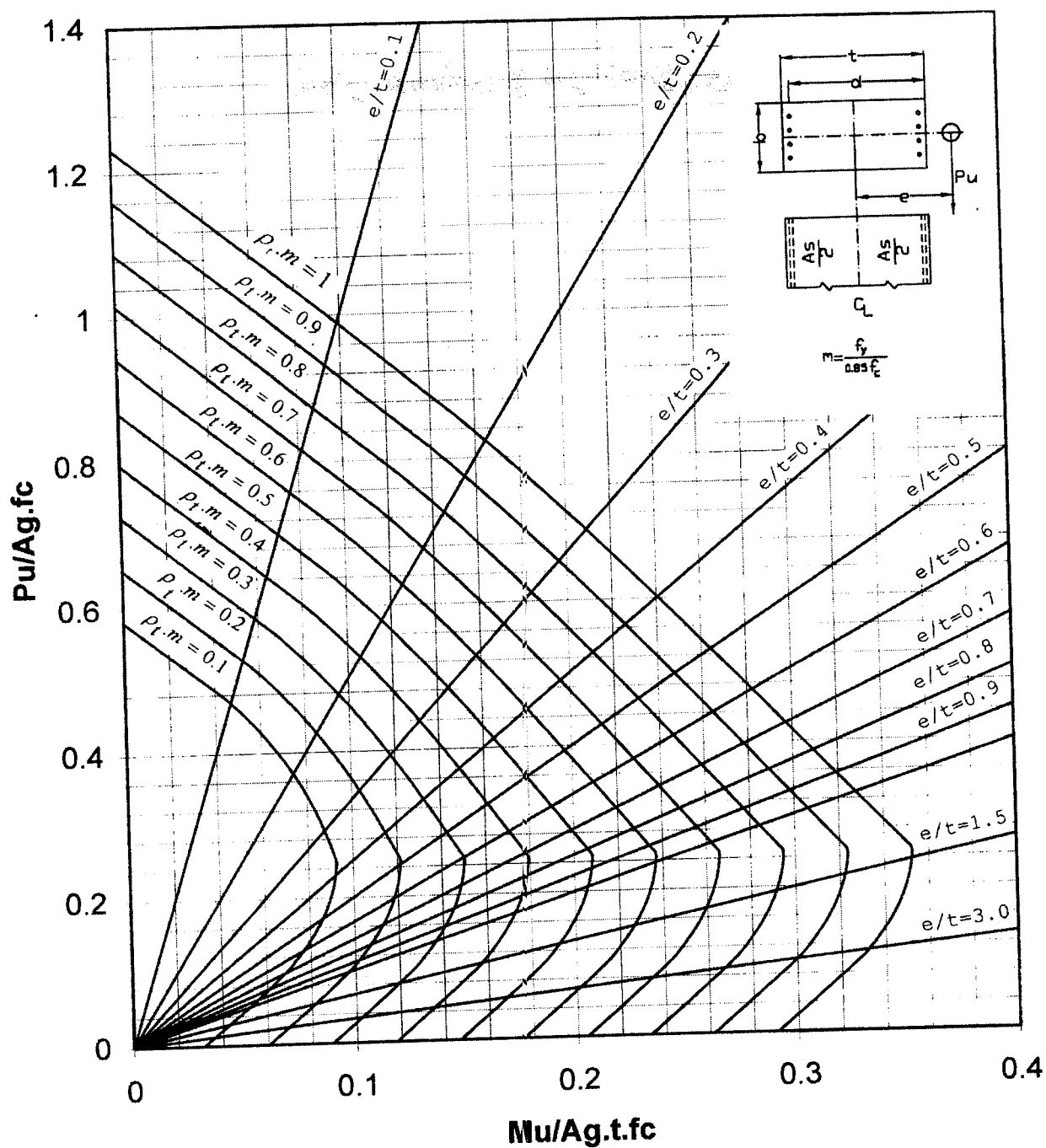
$$M_L = 58 \text{ KN.m}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند این نامه
	الف : با استفاده از دیاگرامها گام اول) محاسبه بار و لنگر در حد نهائی با توجه به این که ستون دایروی است می‌توان برآیند لنگرهای فوق را به دست آورده و آن را همانند ستونی تحت اثر خمشی یک محوره مورد بررسی قرار داد. $N_u = 1.25 N_D + 1.5 N_L$ $M_u = 1.25 M_D + 1.5 M_L$ $N_u = 1.25 \times 360 + 1.5 \times 330 = 945 \text{ KN}$ $M_{u1} = 1.25 \times 55 + 1.5 \times 41 = 130.25 \text{ KN.m}$ $M_{u2} = 1.25 \times 71 + 1.5 \times 58 = 175.75 \text{ KN.m}$ $M_u = \sqrt{130.25^2 + 175.75^2} = 218.75 \text{ KN.m}$		۳-۳-۵-۱۰
	گام دوم) محاسبه خروج از مرکزیت و e/d $e = \frac{M_u}{N_u}$ $e = \frac{218.75}{945} = 0.23$ $e/D = \frac{0.23}{0.4} = 0.575 \text{ m}$		
	گام سوم) محاسبه d/D $\frac{d}{D} = \frac{32}{40} = 0.8$		
	گام چهارم) محاسبه $\frac{N_u}{D^2 f_c}, \frac{M_u}{D^3 f_c}$ $\frac{N_u}{D^2 f_c} = \frac{945 \times 10^3}{(400)^2 \times 28} = 0.21$ $\frac{M_u}{D^3 f_c} = \frac{218.75 \times 10^6}{(400)^3 \times 28} = 0.122$		
	گام پنجم) با استفاده از دیاگرام مربوطه $\rho_t m$ محاسبه می‌شود. $m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$ $\rho_t m = 0.6$ $m = \frac{400}{0.85 \times 28} = 16.8$		
	گام ششم) محاسبه ρ_t $\rho_t = \frac{0.6}{16.8} = 0.036$		

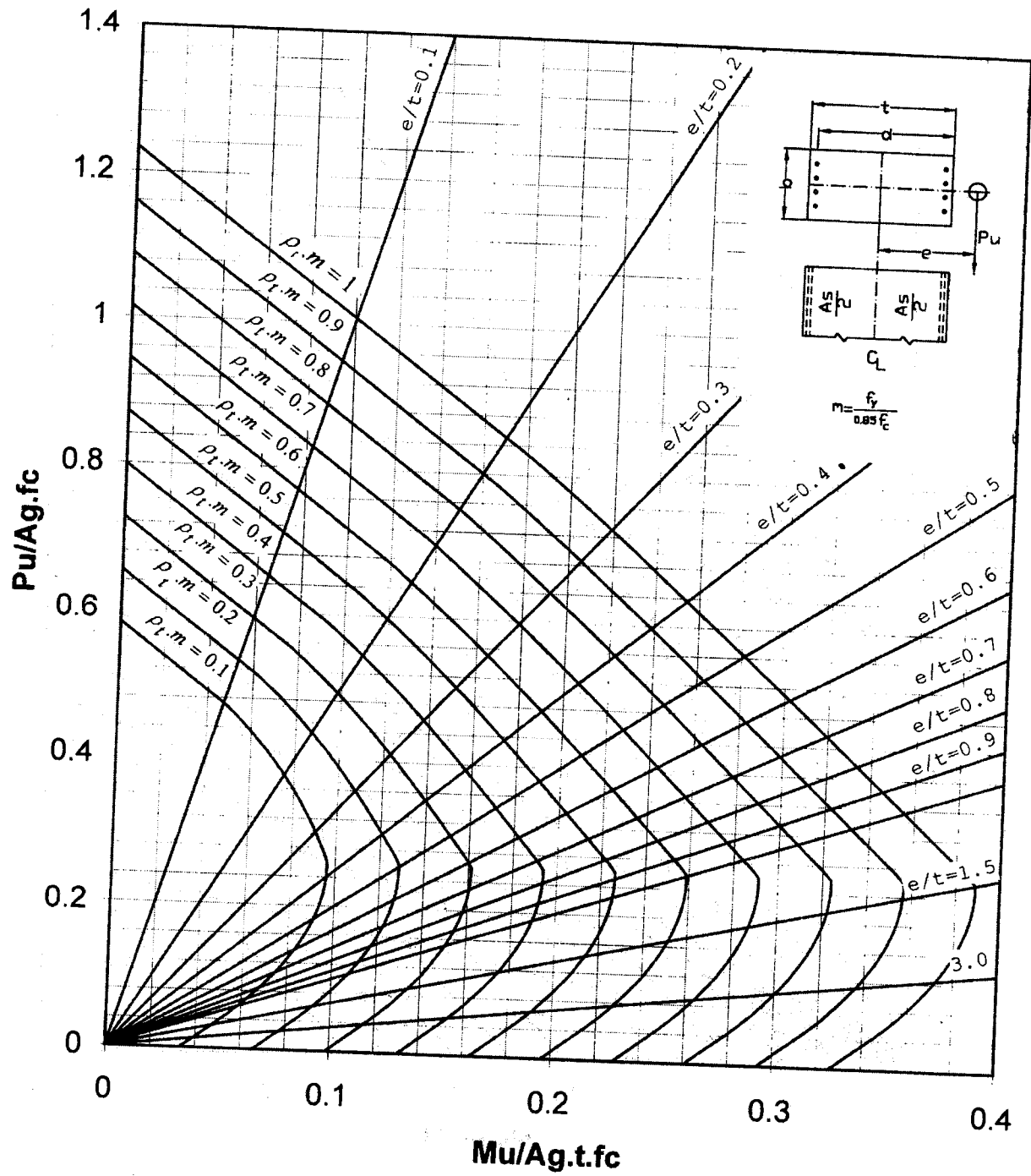
نمودارهای اندرکنش

لنگر خمشی و بار محوری

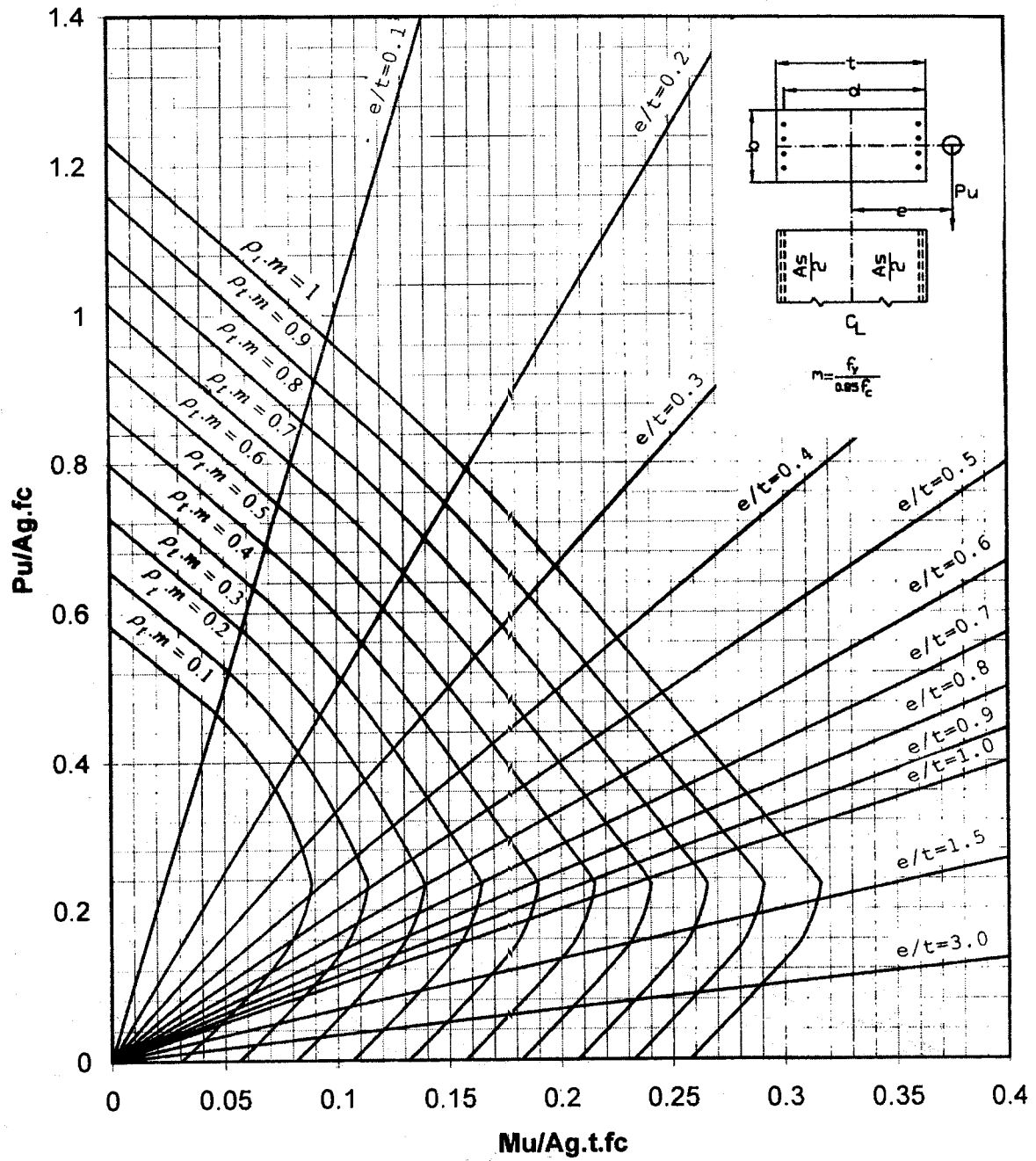
Bending and axial load-rectangular section d/t=0.9



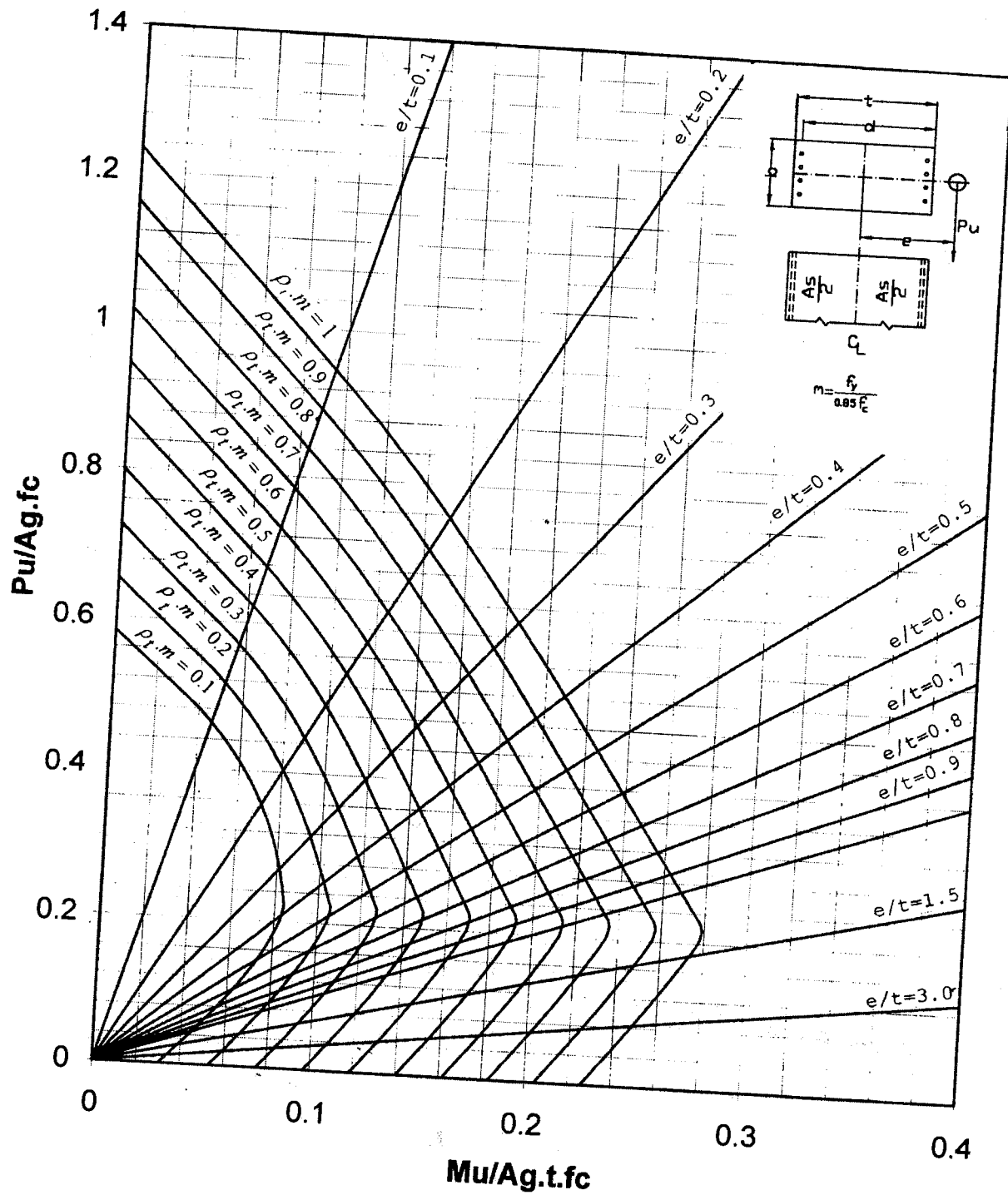
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.95$

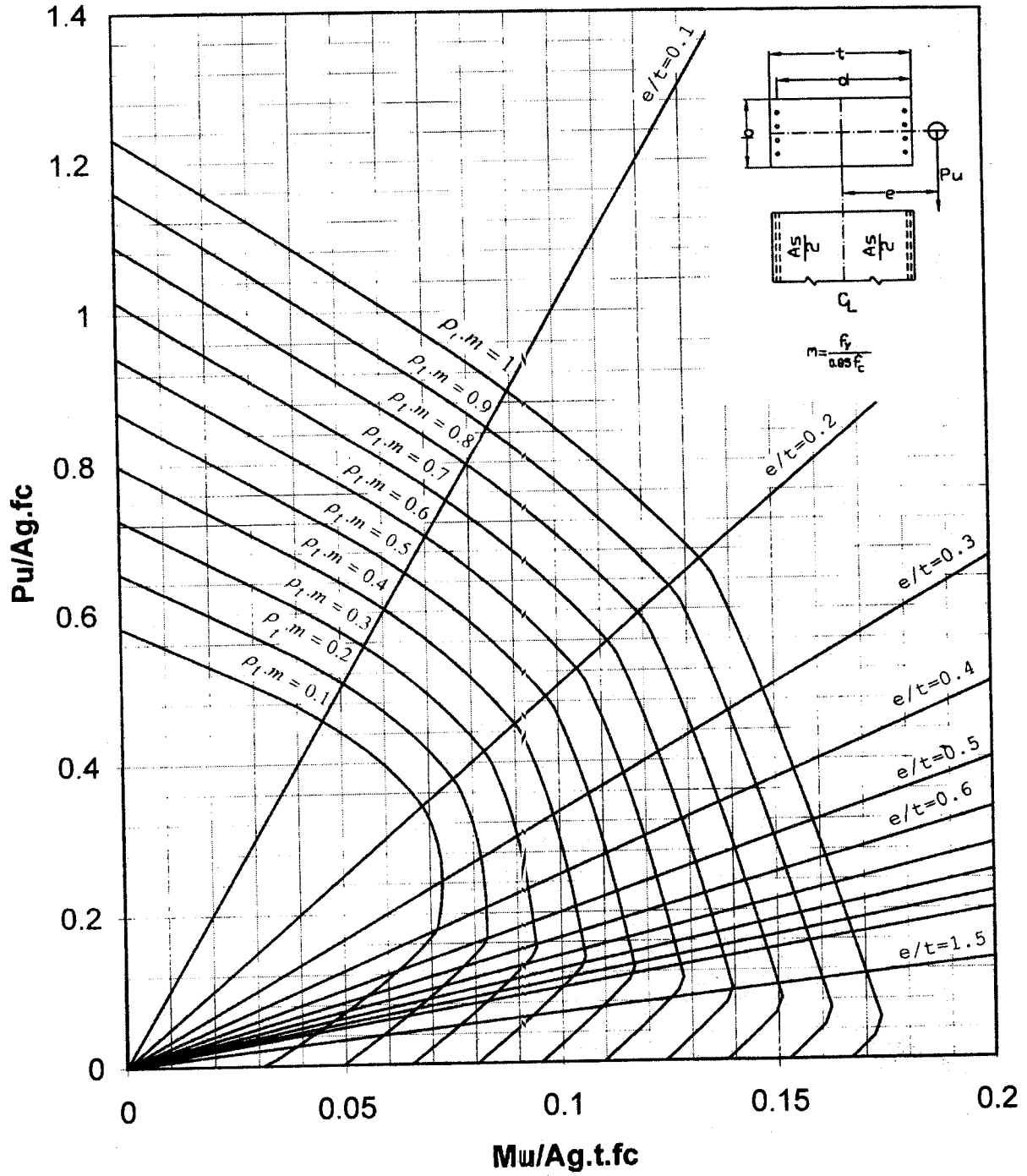


Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.85$

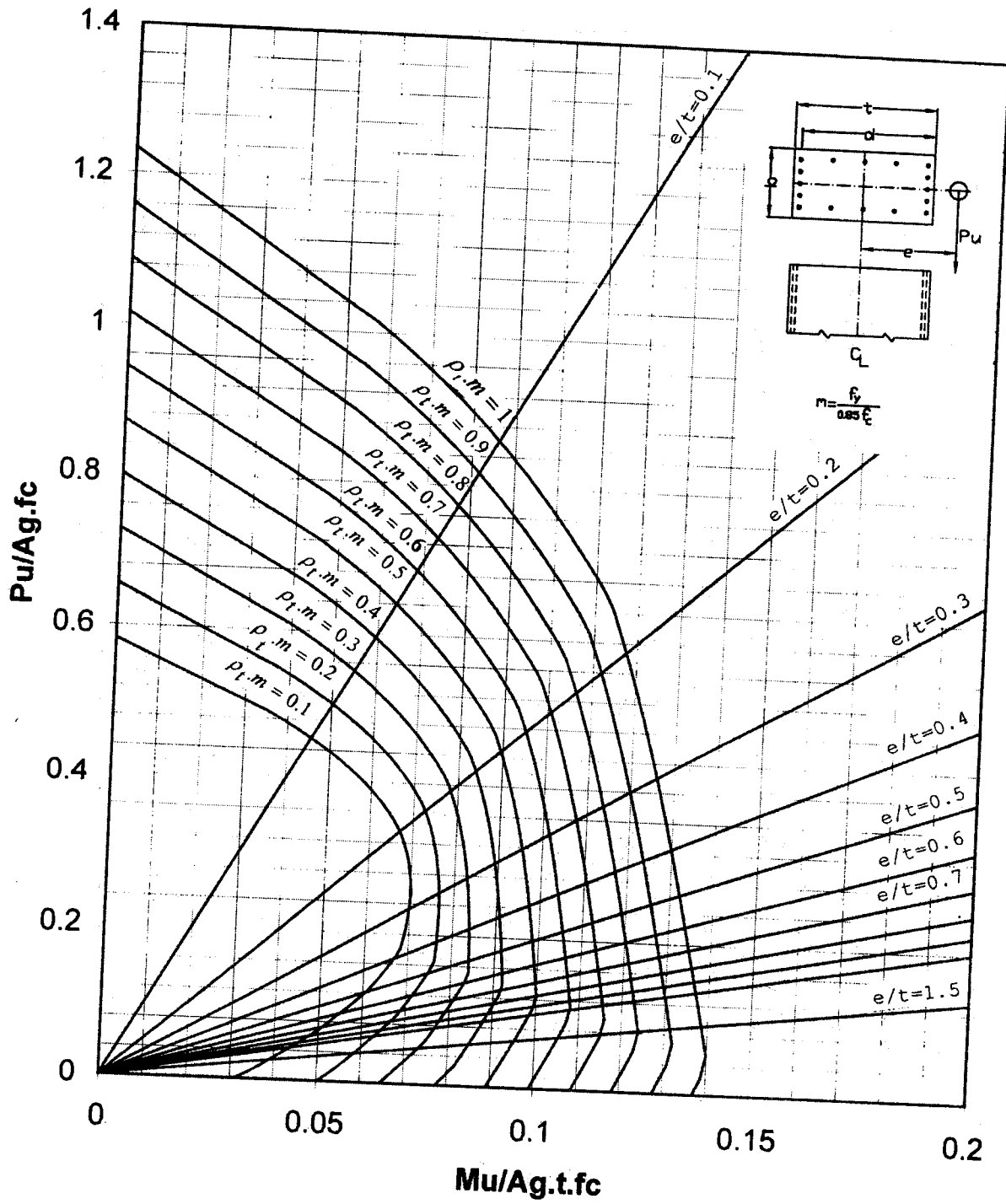


Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.8$

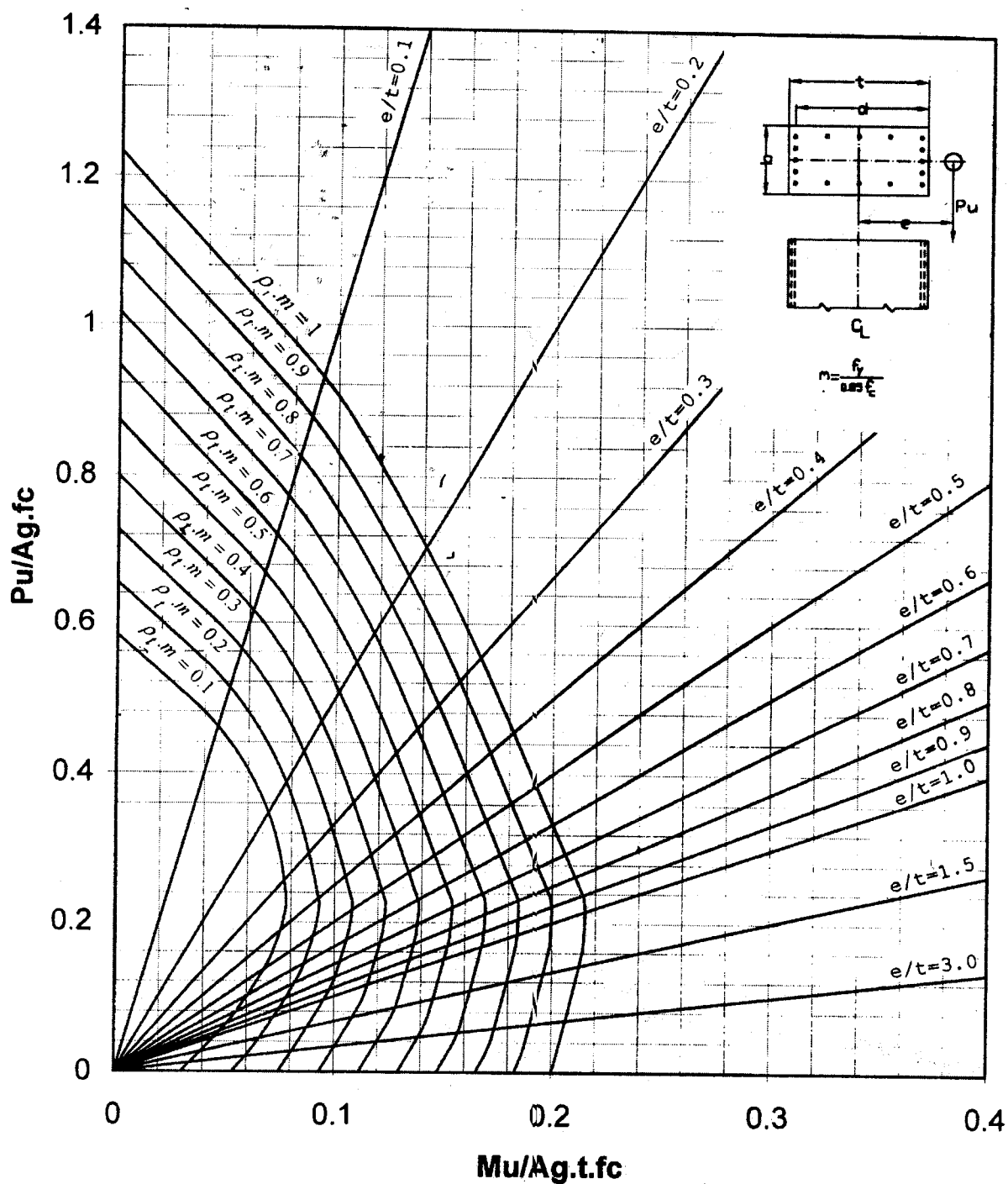


Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.7$ 

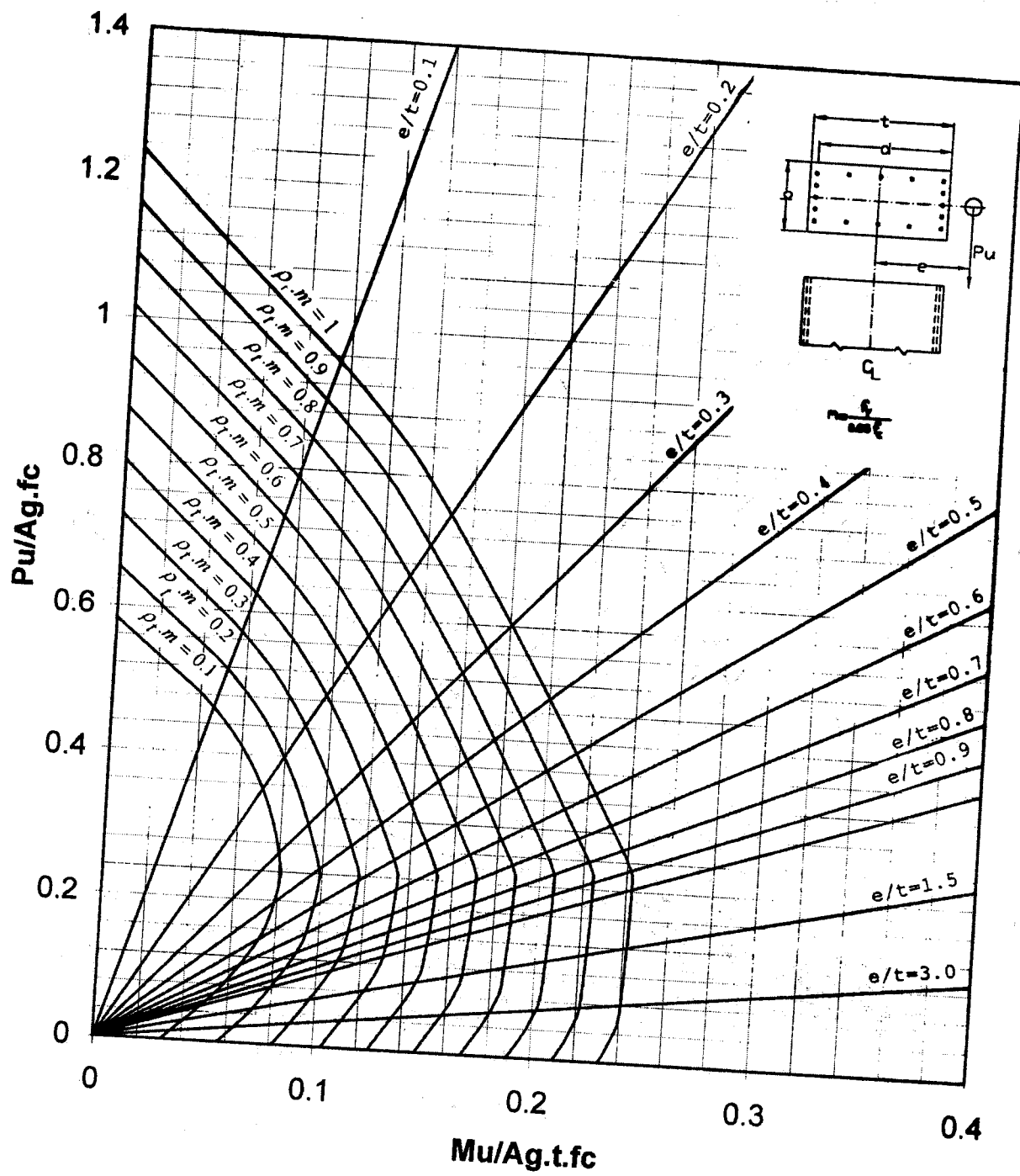
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.7$

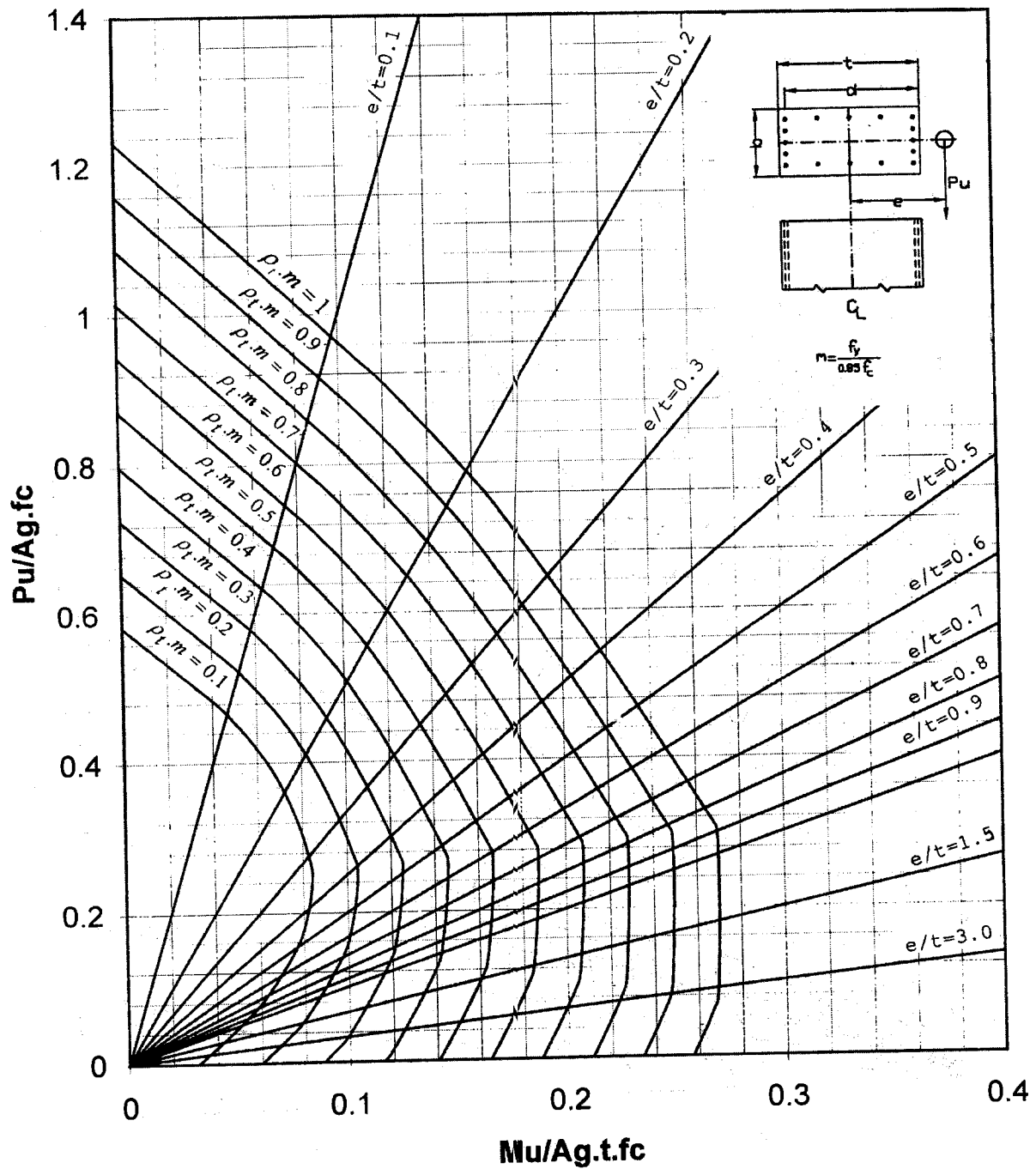


Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.8$

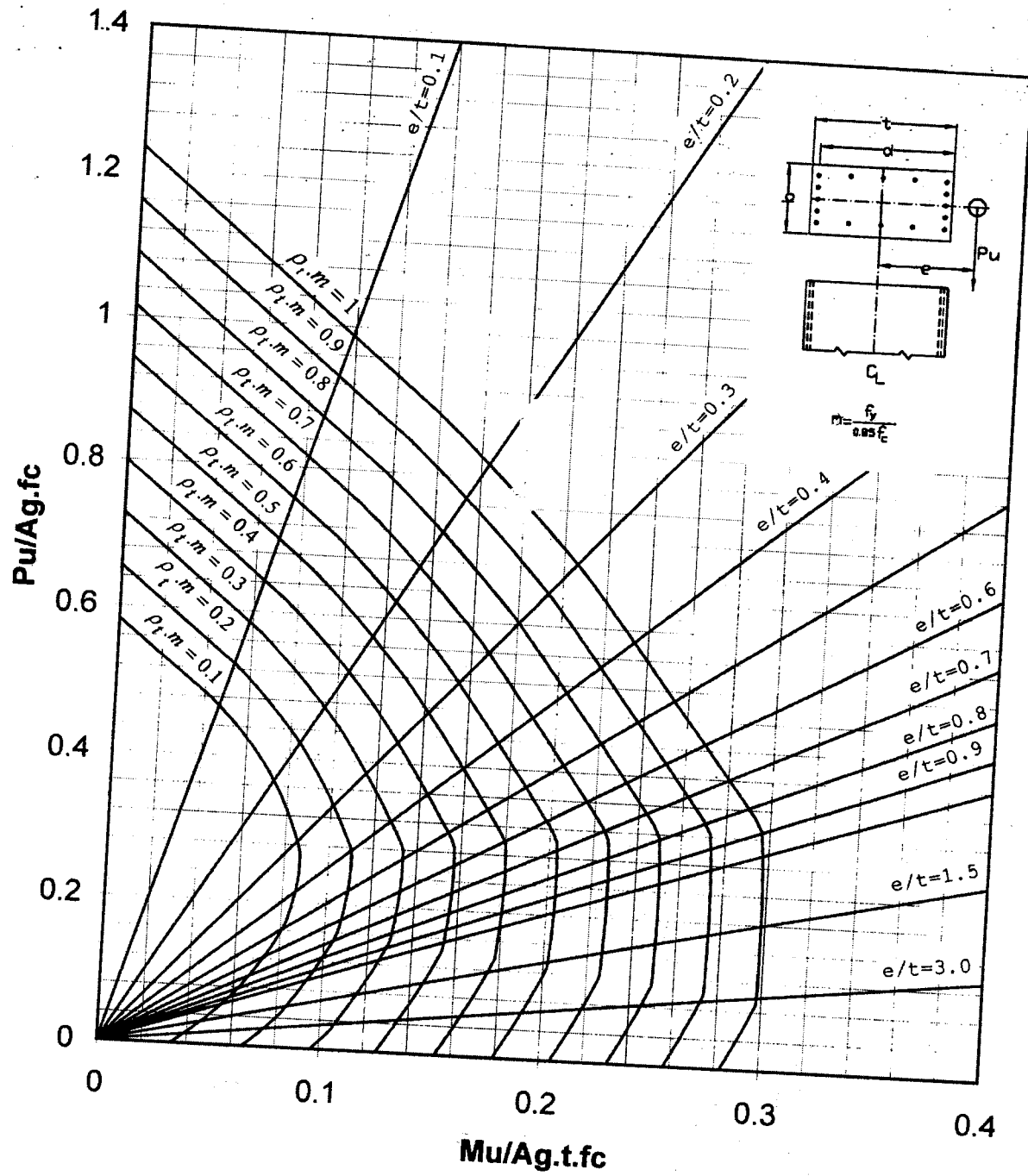


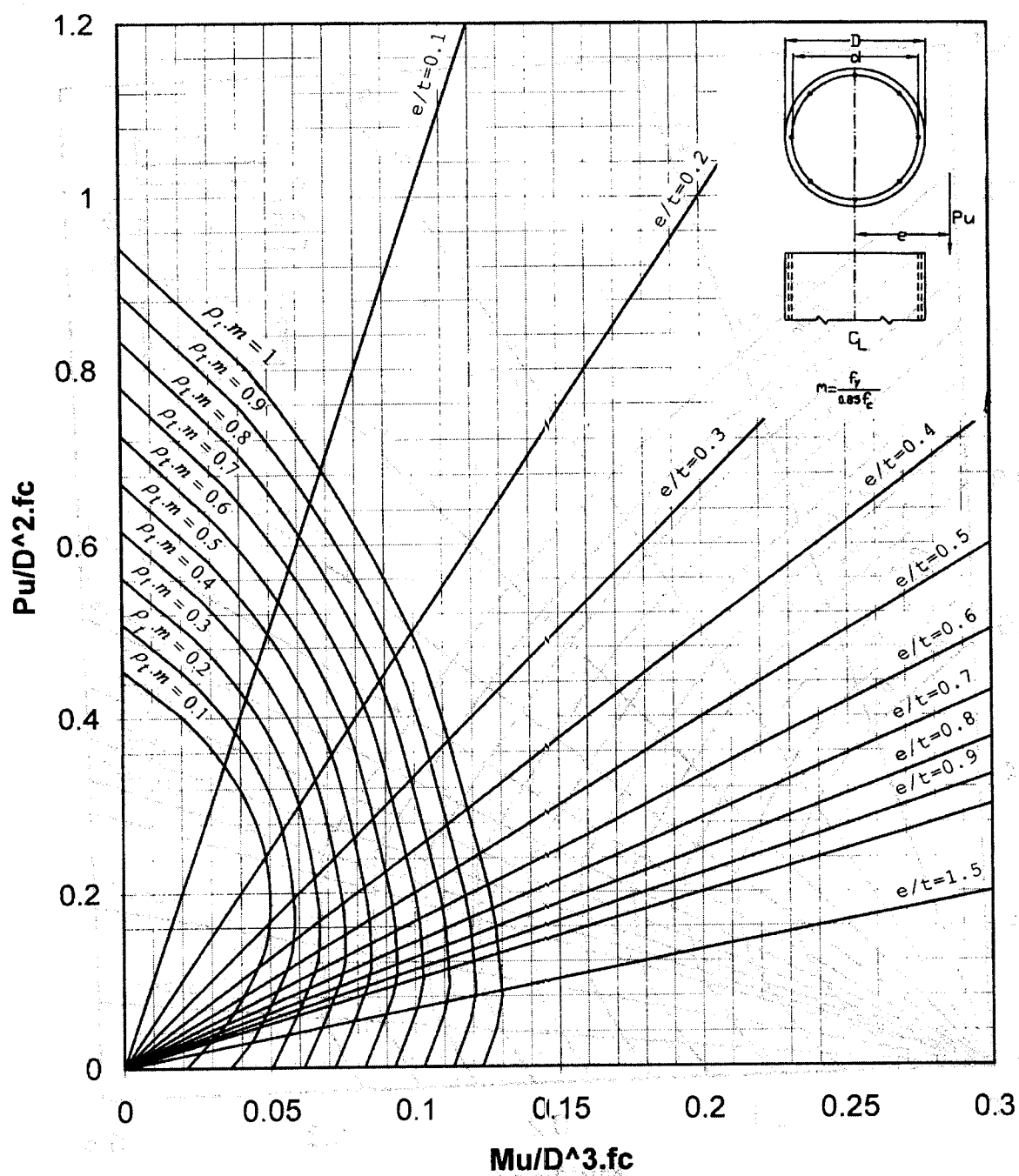
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.85$



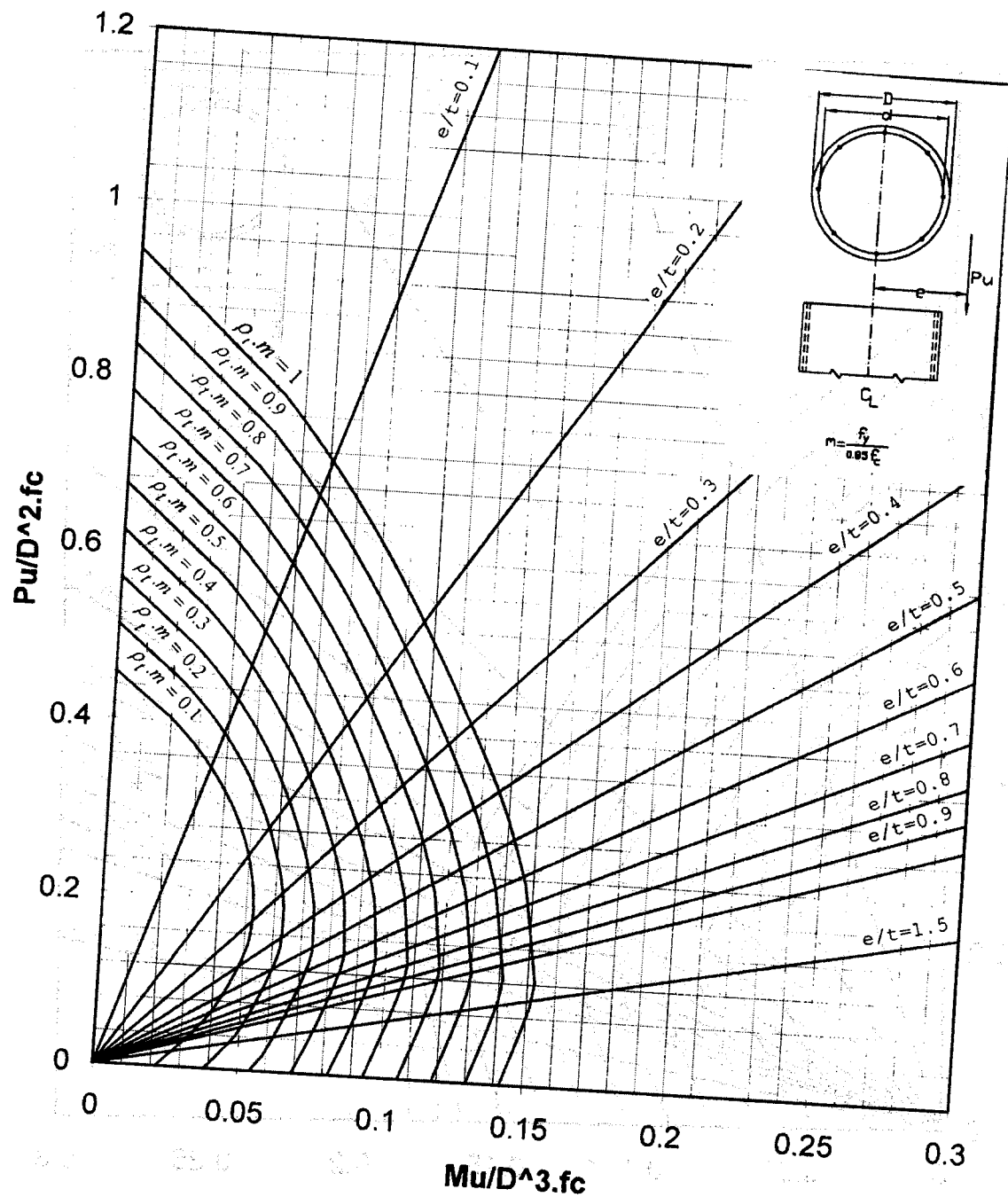
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.9$ 

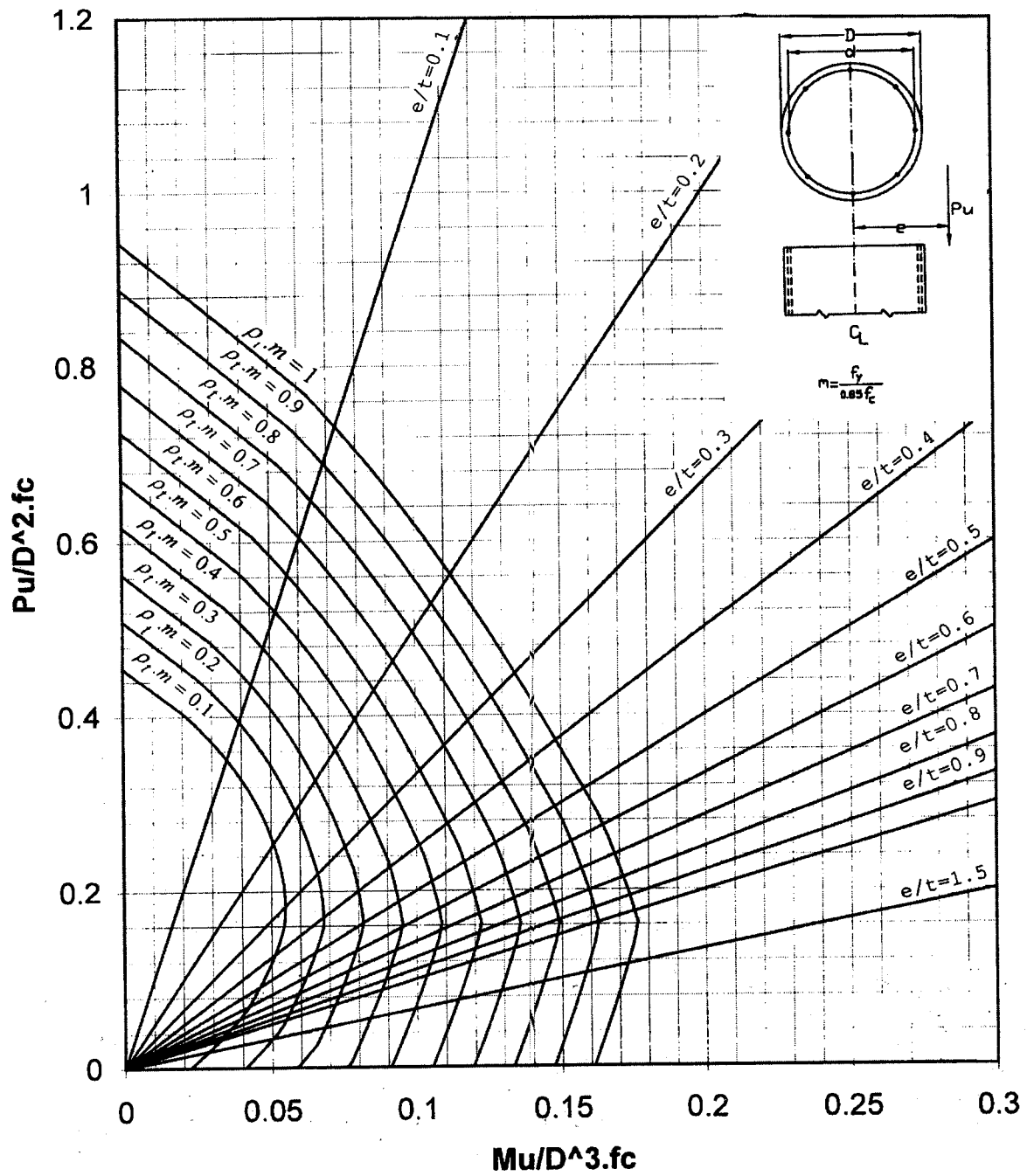
Bending and axial load-rectangular section $d/t=0.95$



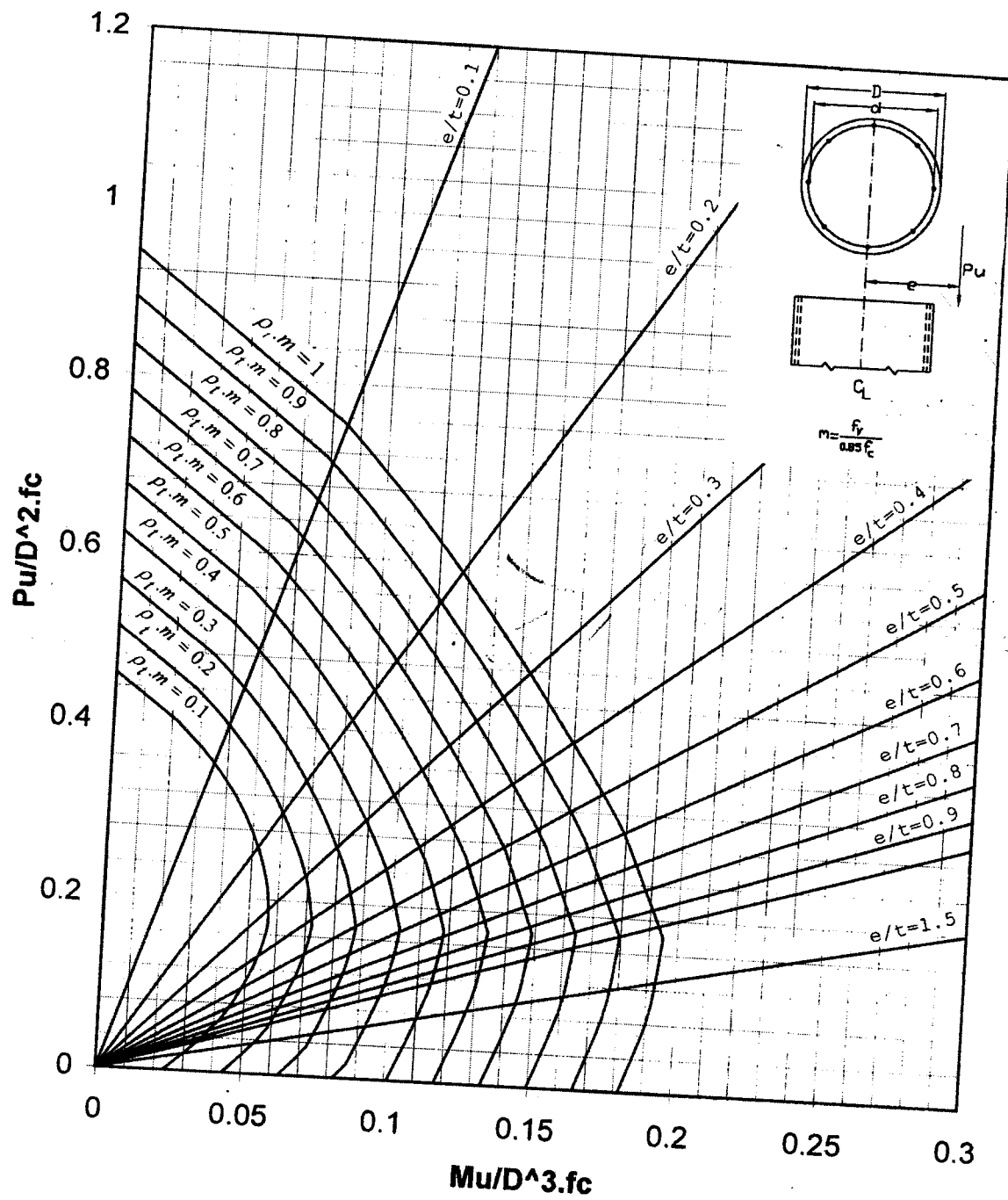
Bending and axial load-circular section $D/d=0.6$ 

Bending and axial load-circular section $D/d=0.7$



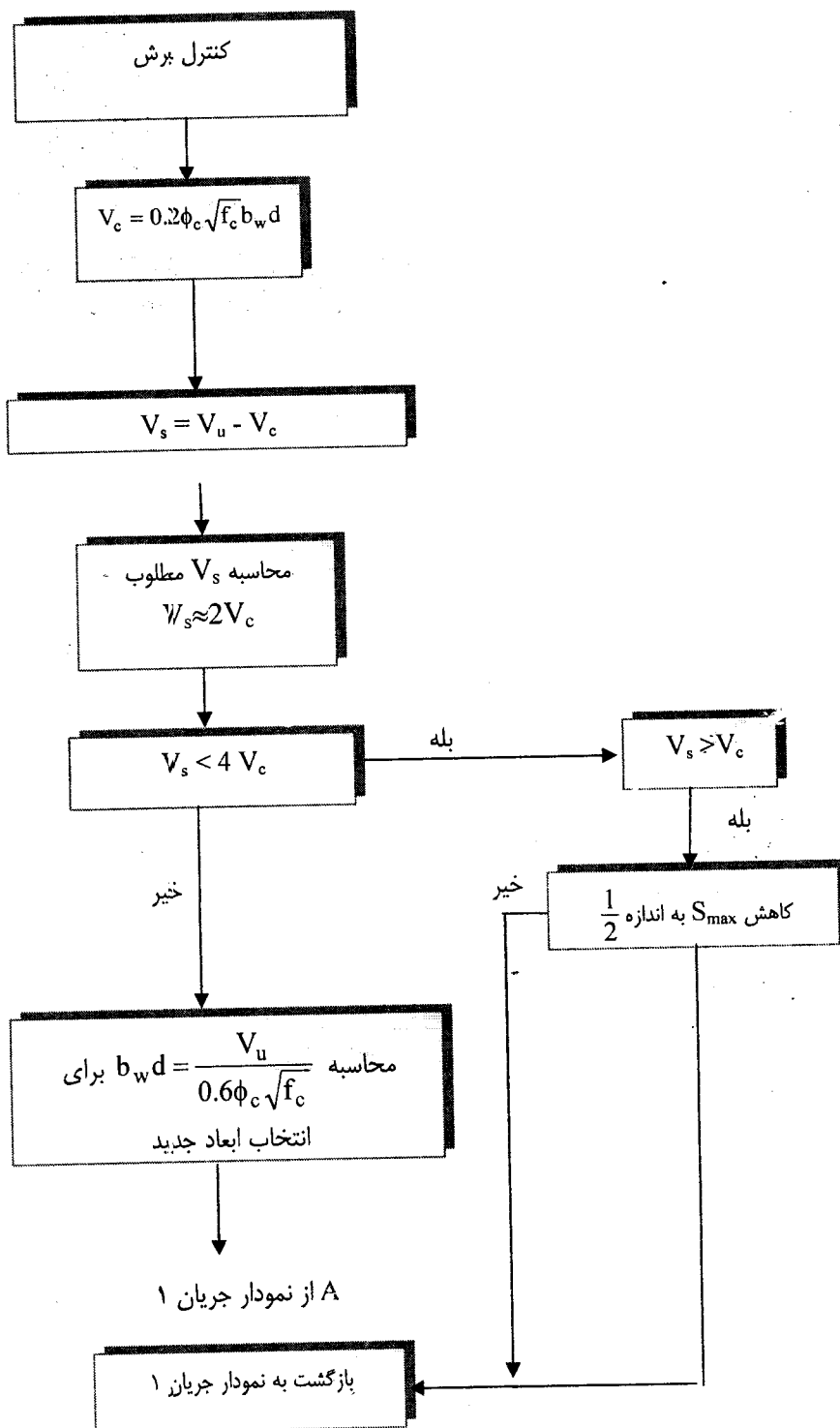
Bending and axial load-circular section $D/d=0.8$ 

Bending and axial load-circular section $D/d=0.9$

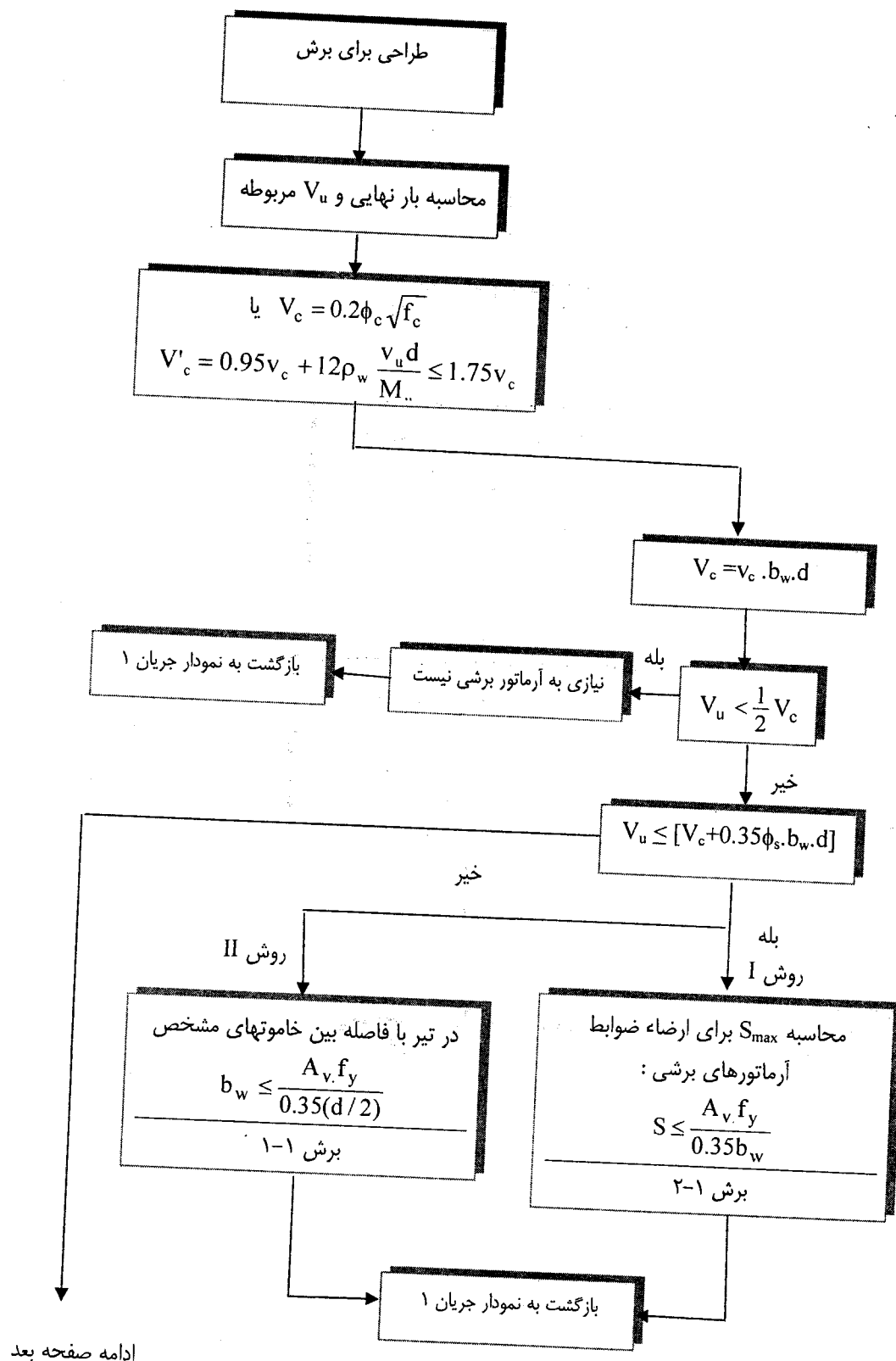


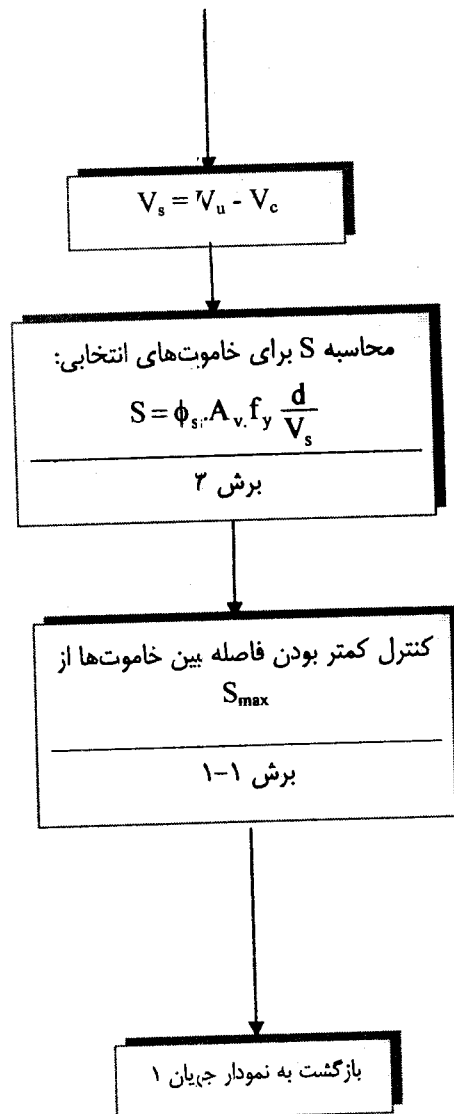
برش و پیشش

نمودار جریان ۱-۲: کنترل برش برای طراحی تیر بدون محدودیت ارتفاعی



نمودار ۵-۱: طراحی برای برش در تیر بدون محدودیت ارتفاعی





مثال ۱ طراحی تیر برای برش با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۱، از آیین نامه بتن ایران

تیر نشان داده شده در شکل زیر را برای برش نهایی V_u طراحی نمایید. مطابق بندهای ۱۲-۵-۳ و ۱۲-۵-۴ این برش می تواند در فاصله d از بر تکیه گاه اتفاق بیفتد. تیر تحت اثر پیچش قرار ندارد. در صورت لزوم از خاموت های قائم $\Phi 10$ با حداقل فاصله ممکن استفاده کنید.

مشخصات :

$$\text{بار زنده} = 15 \text{ KN/m}$$

$$\text{بار مرده روی تیر} = 11.25 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$b_w = 30 \text{ cm}$$

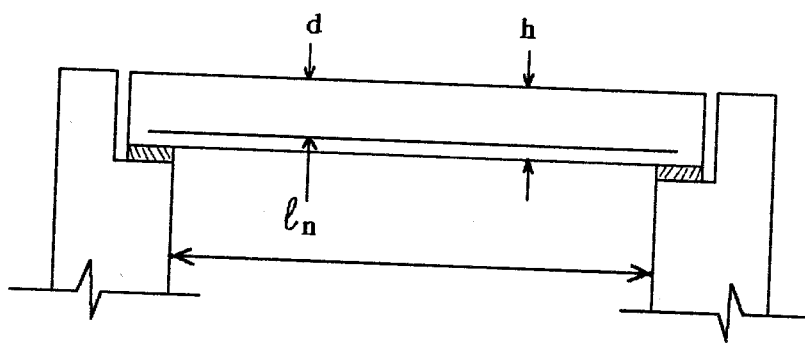
$$d = 44 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = 20 \text{ cm}^2$$

$$\ell_n = 6 \text{ m}$$

$$\text{وزن مخصوص بتن} = 25 \text{ KN/m}^3$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی	
		گام اول) تعیین بار نهایی W_u	
		محاسبه وزن تیر	
	$\text{وزن تیر} = 0.3 \times 0.5 \times 25 = 3.75 \text{ KN/m}$		
	$\text{بار مرده کل} = 3.75 + 11.25 = 15 \text{ KN/m}$	بار مرده روی تیر + وزن تیر = بار مرده کل	
	$W_u = 1.25 \times 15 + 1.5 \times 15 = 41.25 \text{ KN/m}$	(بار زنده) 1.5 + (بار مرده) 1.25	۳-۳-۵-۱۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه	
	$V_u = 41.25 \times (\frac{6}{2} - 0.44) = 105.6 \text{ KN}$	$V_u = W_u (\frac{\ell_n}{2} - d)$	۴-۵-۱۲
		گام سوم) تعیین مقاومت برشی بتن	
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 300 \times 440 = 70839 \text{ N}$ $V_c = 70.8 \text{ KN}$	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	۱-۱-۳-۱۲
		گام چهارم) مقایسه $\frac{1}{2} V_c, V_u$ اگر $V_u > \frac{1}{2} V_c$ باشد، استفاده از آرماتور برشی الزامیست.	
	$105.6 > \frac{70.8}{2}$		۱-۳-۶-۱۲
		گام پنجم) محاسبه V_s	
	$V_s = 105.6 - 70.8 = 34.8 \text{ KN}$	$V_s = V_u - V_c$	۲-۲-۱۲
		گام ششم) مقایسه V_{smax}, V_s	
	$V_{smax} = 4 \times 70.8 = 283.2 \text{ KN} > V_s \text{ O.K.}$ پس ابعاد تیر به اندازه کافی بزرگ می باشند.	$V_{smax} = 4 \times V_c$	۳-۴-۱۲
		گام هفتم) محاسبه S با فرض استفاده از $\phi 10 (A_v = 2 \times 0.79 \text{ cm}^2)$ به عنوان خاموت	
	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.44}{34.8 \times 10^{-3}}$ $S = 0.509 \text{ m} = 50.9 \text{ cm}$	$S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$	۱-۲-۴-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$S_{\max} = \frac{44}{2} = 22 \text{ cm} < 50.9$ $S = 22 \text{ cm}$ بنابراین :	$S_{\max} = \frac{d}{2}$	۱-۴-۶-۱۲
	$A_{V\min} = 0.35 \times \frac{0.3 \times 0.22}{300} = 0.77 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{V\min} = 0.77 \text{ cm}^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$	گام هشتم) مقایسه $A_{V\min}$ A_V $A_{V\min} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	۱-۳-۶-۱۲
برش ۱-۲	برای $d=44\text{cm}$ و خاموتهای $\Phi 10$ و $S_{\max} = \frac{d}{2} = 22\text{cm}$ داریم: $V_s = 80 \text{ KN}$ که بزرگتر از 34.8 KN می باشد، بنابراین : $S = \frac{d}{2} = 22$	ب : با استفاده از جداول گام های اول تا ششم همانند قسمت الف می باشند. گام هفتم) تعیین فاصله بین خاموت ها در حالتیکه $f_y = 300 \text{ MPa}$, $V_s = 34.8 \text{ KN}$	۱-۲-۴-۱۲ ۱-۴-۶-۱۲
برش ۱-۱	برای $d=44\text{cm}$ و خاموتهای $\Phi 10$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ داریم: $b_{W\max} = 59 \text{ cm}$ که بزرگتر از 30 cm است. بنابراین ضوابط مربوط به $A_{V\min}$ رعایت شده است.	گام هشتم) تعیین حداکثر عرض تیر، در صورتی که $S = \frac{d}{2}$	۱-۳-۶-۱۲

مثال ۲ تعیین مقاومت برشی بتن در تیر، با استفاده از روابط بند ۱۲-۳-۲، از آیین نامه بتن ایران

برای تیر نشان داده شده در شکل زیر، مقاومت برشی تامین شده توسط بتن V_c را در فاصله d از بر تکیه گاه تعیین نمایید. بار نهایی W_u بطور یکنواخت روی سراسر تیر گسترده است.

مشخصات :

$$w_u = 41.25 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

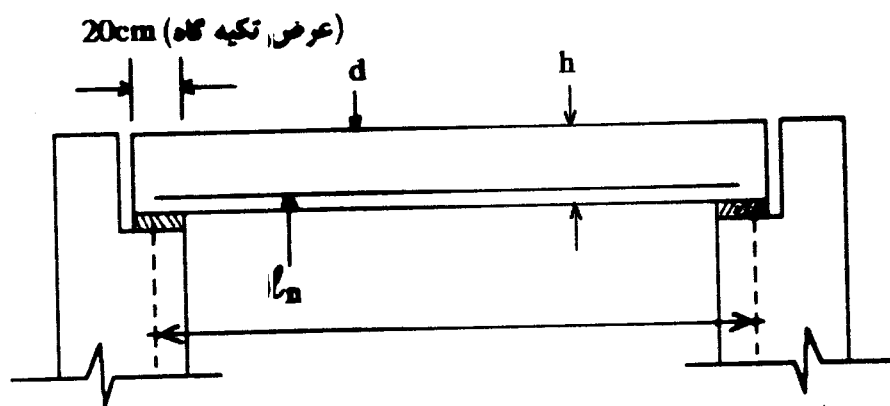
$$b_w = 30 \text{ MPa}$$

$$d = 44 \text{ cm}$$

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$A_s = 20 \text{ cm}^2$$

$$\ell = 6.2 \text{ m}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام اول) محاسبه M_u در فاصله d از بر تکیه گاه چون عرض تکیه گاه 20cm می باشد، فاصله d از بر تکیه گاه برابر فاصله $d+10\text{cm}$ از مرکز تکیه گاه است. $x = d + 10 = 44 + 10 = 54 \text{ cm}$ $M_u = \frac{41.25}{2} (0.54)(6.2 - 0.54)$ $M_u = 63 \text{ KN.m}$	گام اول) محاسبه M_u در فاصله d از بر تکیه گاه چون عرض تکیه گاه 20cm می باشد، فاصله d از بر تکیه گاه برابر فاصله $d+10\text{cm}$ از مرکز تکیه گاه است. $M_u = \frac{W_u}{2} (x)(\ell - x)$	
	گام دوم) محاسبه ρ_w $\rho_w = \frac{20}{30 \times 44} = 0.015$	گام دوم) محاسبه ρ_w $\rho_w = \frac{A_s}{b_w d}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_u = 41.25\left(\frac{6.2}{2} - 0.54\right)$ $V_u = 105.6 \text{ KN}$	گام سوم) محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه $V_u = W_u\left(\frac{\ell}{2} - x\right)$	
	$\frac{v_u \cdot d}{M_u} = \frac{105.6 \times 0.44}{63} = 0.7375 \text{ O.K}$	گام چهارم) محاسبه $\frac{v_u \cdot d}{M_u}$	۱-۲-۳-۱۲
	$V_c = (0.95 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} + 12 \times 0.015 \times 0.7375) \times (0.3 \times 0.44) \times 10^3 = 84.8 \text{ KN}$ $V_{c \max} = 1.75 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 0.3 \times 0.44 \times 10^3$ $V_{c \max} = 123.97 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	گام پنجم) محاسبه V_c $V_c = (0.95 \times 0.2 \times \phi_c \sqrt{f_c} + 12 \rho_w \frac{v_u \cdot d}{M_u}) b_w d$	۱-۲-۳-۱۲

مثال ۳ طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.

برای دیاگرام برش زیر، فاصله خاموت‌های $\Phi 10$ را تعیین کنید.

مشخصات :

$$V_u = 455 \text{ KN}$$

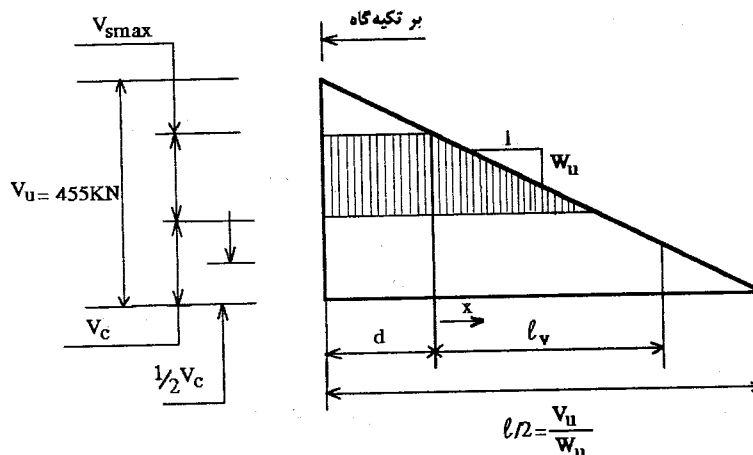
$$w_u = 100 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

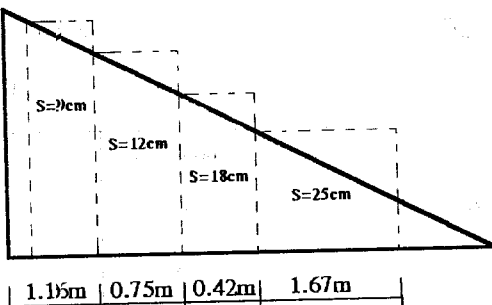
$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیل گام اول کنترل ارتفاع موثر تیر (d) با توجه به طول گیریابی میلگردهای برشی	
	$f_b = 0.65\sqrt{30} = 3.56$	$f_b = f_{bm} = 0.65\sqrt{f_c}$	۲-۲-۲-۱۸
	$\ell_d = \frac{(1 \times 10^{-2}) \times 400}{4 \times 3.56} = 0.28\text{m} < 0.3$	$\ell_d = \ell_{db} = \frac{d_b}{4f_b} f_y \geq 0.3\text{m}$	۳-۲-۲-۱۸
	$\ell_{cl} = 0.3 \text{ m} = 30\text{cm}$	(قطر خاموت) $\times 2 +$ قطر میلگرد طولی $+ \ell_d$ (پوشش بتنی) $\times 2$	۴-۲-۲-۱۸
	$d_{min} = 30 + 2 + 2 \times 1 + 2 \times 3.5$		
	$d_{min} = 41 \text{ cm} < 50 \text{ cm O.K.}$		
		گام دوم محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه‌گاه	
	$V_u = 455 - 100 \times 0.5 = 405 \text{ KN}$	$V_u = V_{end} - w_u \cdot d$	۴-۵-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام سوم) محاسبه V_c	
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^{-3}$ $V_c = 115 \text{ KN}$	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	۱-۱-۳-۱۲
		گام چهارم) محاسبه V_s	
	$V_s = 405 - 115 = 290 \text{ KN}$	$V_s = V_u - V_c$	۲-۲-۱۲
	$V_{smax} = 4 \times 115 = 460 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	$V_{smax} = 4 V_c$	۳-۴-۱۲
		گام پنجم) محاسبه S	
	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{290 \times 10^{-3}}$ $S = 0.093 \text{ m} = 9.3 \text{ cm} \quad s = 9 \text{ cm}$	$S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$	۱-۲-۴-۱۲
		گام ششم) افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کمتر است. فواصل بین خاموت‌های انتخابی:	
		$12 \text{ cm}, 18 \text{ cm}, \frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$	۱-۴-۶-۱۲
	$V_s = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{s} \times 10^3$ $V_s = \frac{26.86}{s}$ S و V_s به ترتیب بر حسب KN و m می‌باشند. $S_1 = 0.12 \text{ m} \rightarrow V_{s1} = 223.8 \text{ KN.m}$ $S_2 = 0.18 \text{ m} \rightarrow V_{s2} = 149.2 \text{ KN.m}$ $S_3 = 0.25 \text{ m} \rightarrow V_{s3} = 107.4 \text{ KN.m}$ $x_1 + d = (290 - 223.8) / 100 + 0.5 = 1.16 \text{ m}$ $x_2 + d = (290 - 149.2) / 100 + 0.5 = 1.91 \text{ m}$ $x_3 + d = (290 - 107.4) / 100 + 0.5 = 2.33 \text{ m}$	$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s}$ محاسبه فاصله $x+d$ از بر تکیه‌گاه برای S های انتخابی $x_i + d = (V_{sd} - V_{si}) / W_u + d$	۱-۲-۴-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم) محاسبه A_{vmin} $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	۱-۳-۶-۱۲
	$A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.25}{400} = 7.65 \times 10^{-5} m^2$ $A_{vmin} = 0.765 cm^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$		
		گام هشتم) تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد. $\ell_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$ $\ell_v + d + 3.98 = 4 m$	
	 با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموت‌ها $\Phi 10$ و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با: 14 @ 9 cm , 6 @ 12 , 2 @ 18 , 7 @ 25cm بهتر است یک خاموت، بین خاموت‌های اول و دوم اضافه نمود. مجموع خاموت‌ها $= 2 \times (14 + 6 + 2 + 7 + 1) = 60$ فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه 5cm می باشد.	گام نهم) خاموت گذاری تیر برای اولین خاموت فاصله بین خاموت ها را نصف کنید.	۳-۴-۶-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
برش ۲-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و خاموت‌های $\Phi 10$ و $d=50 \text{ cm}$ و $V_s = 290 \text{ KN}$ داریم: $S = 9 \text{ cm}$	ب : با استفاده از جداول گام‌های اول تا چهارم همانند قسمت الف می‌باشند. گام پنجم) محاسبه S	۱-۲-۴-۱۲
برش ۲-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و خاموت‌های $\Phi 10$ و $d=50 \text{ cm}$ داریم: $S_1 = 0.12 \text{ m} \rightarrow V_{s1} = 214 \text{ KN.m}$ $S_2 = 0.18 \text{ m} \rightarrow V_{s2} = 153 \text{ KN.m}$ $S_3 = 0.25 \text{ m} \rightarrow V_{s3} = 107 \text{ KN.m}$	گام ششم) افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کمتر است. فواصل بین خاموت‌های انتخابی : $12 \text{ cm}, 18 \text{ cm}, \frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$ تذکر : گام‌های بعد همانند قسمت الف می‌باشند.	۱-۴-۶-۱۲

مثال ۴ طراحی خاموت‌های قائم برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت ذوزنقه و مثلث است.

برای دیاگرام برش زیر، فاصله خاموت‌های $\Phi 10$ را تعیین کنید.

مشخصات :

$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$x_1 = 0.55 \text{ m}$$

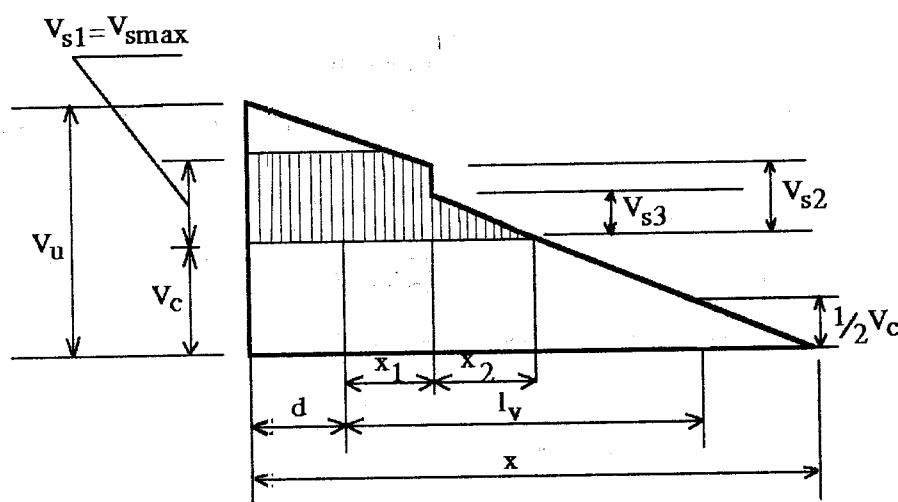
$$x_2 = 0.70 \text{ m}$$

$$\ell_v = 1.70 \text{ m}$$

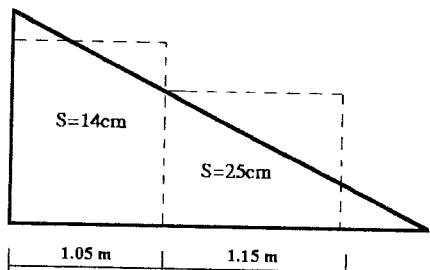
$$V_{s1} = 195 \text{ KN}$$

$$V_{s2} = 130 \text{ KN}$$

$$V_{s3} = 75 \text{ KN}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیل گام اول) کنترل ارتفاع موثر تیر (d) با توجه به طول گیریایی میلگردهای برشی	
	$f_b = 0.65\sqrt{30} = 3.56$	$f_b = f_{bm} = 0.65\sqrt{f_c}$	۲-۲-۲-۱۸
	$\ell_d = \frac{(1 \times 10^{-2}) \times 400}{4 \times 3.56} = 0.28 \text{ m} < 0.3$	$\ell_d = \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4 f_b} \geq 0.3 \text{ m}$	۳-۲-۲-۱۸
	$\ell_d = 0.3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$		۴-۲-۲-۱۸
	$d_{min} = 30 + 2 + 2 \times 1 + 2 \times 3.5$	$d_{min} = \ell_d + \text{قطر خاموت} \times ۲ + \text{قطر میلگرد طولی}$ $+ ۲ \times (\text{پوشش بتنی})$	
	$d_{min} = 41 \text{ cm} < 50 \text{ cm O.K.}$		

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
گام دوم) محاسبه V_c ۱-۱-۳-۱۲ ۱-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۱۲	در این مرحله S_{max} را بدست می آوریم: اگر: $(V_{smax} \leq 2V_c) \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2}$ اگر: $(2V_c < V_{smax} \leq 4V_c) \rightarrow S_{max} = \frac{d}{4}$	محاسبه V_c $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^3$ $V_c = 115 \text{ KN}$ $2V_c = 230 \text{ KN} > V_{smax} \rightarrow S_{max} = \frac{d}{2}$ $S_{smax} = \frac{d}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$	
	گام سوم) محاسبه A_{vmin} $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	$A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.25}{400} = 7.65 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 0.765 \text{ cm}^2 < 2 \times 0.79 \text{ O.K.}$	
۱-۲-۴-۱۲	گام چهارم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s}$	$S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{V_s}$ $S = \frac{0.02686}{V_s}$ $V_s = 195 \text{ KN} \rightarrow s = \frac{0.02686}{195 \times 10^{-3}} \rightarrow s = 0.14 \text{ m}$ $V_s = 75 \text{ KN} \rightarrow s = \frac{0.02686}{75 \times 10^{-3}} \rightarrow s = 0.36 \text{ m} > \frac{d}{2}$	
	گام پنجم) خاموت گذاری تیر	 با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموت های $\Phi 10$ و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با: 9 @ 14 cm , 5 @ 25 cm فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه 5cm می باشد.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
برش ۲-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $\frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$ داریم: $b_{w\max} = 72 \text{ cm}$ که بزرگتر از ۳۵ cm است. بنابراین: $S_{\max} = \frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$	ب : با استفاده از جداول گام‌های اول و دوم همانند قسمت الف می‌باشند. گام سوم) محاسبه حداکثر فاصله مجاز بین خاموت‌ها حداکثر ۱-۴-۶-۱۲ ۱-۳-۶-۱۲ فاصله مجاز بین خاموت‌ها توسط رابطه $\frac{d}{2}$ و یا $A_{v\min}$ تعیین می‌شود. برای $b_w = 35 \text{ cm}$ و $\frac{d}{2} = 25 \text{ cm}$ با استفاده از جدول $S_{\max}$ تعیین می‌شود.	
برش ۲-۲	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $d = 50 \text{ cm}$ و خاموت $\Phi 10$ داریم: $(V_s = 195 \text{ KN}) \rightarrow S = 14 \text{ m}$ $(V_s = 75 \text{ KN}) \rightarrow S = S_{\max} = 25 \text{ cm}$	گام چهارم) محاسبه S	
		گام پنجم همانند قسمت الف می‌باشد.	

مثال ۵ طراحی خاموت‌های مایل برای تیری که دیاگرام برش آن بصورت مثلثی است.

مثال ۳ را با این فرض که خاموت‌های $\Phi 10$ بصورت مایل و با زاویه 45° درجه نسبت به افق قرار داده می‌شوند، بررسی نمائید.

مشخصات :

$$V_u = 455 \text{ KN در بر تکیه‌گاه}$$

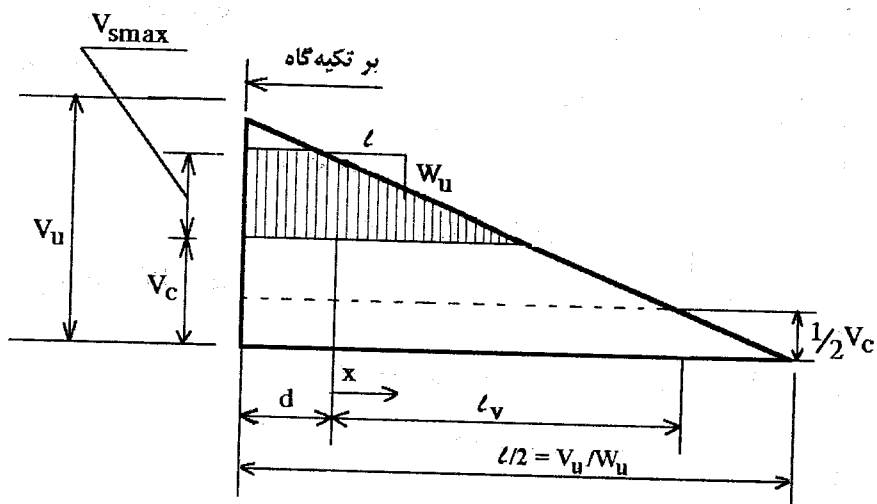
$$w_u = 100 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

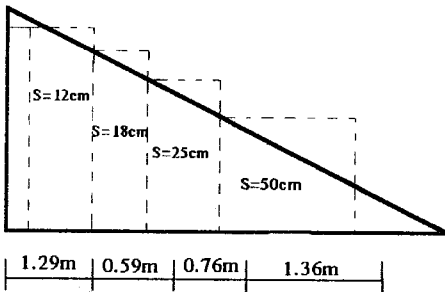
$$b_w = 35 \text{ cm}$$

$$d = 50 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	الف : با استفاده از روش تحلیل گام اول کنترل طول گیرایی خاموت‌های مایل با ضرب کردن ارتفاع موثر تیر (d) در 1.4 و مقایسه d_{min} با آن. $d_a = 1.4 \times 50 = 70 \text{ cm}$ با توجه به مثال ۳ : $d_{min} = 41 \text{ cm}$ $d_{min} < d_a$ O.K.		
	گام دوم محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه‌گاه $V_u = V_{end} - w_u \cdot d$ $V_u = 455 - 100 \times 0.5 = 405 \text{ KN}$		
	گام سوم محاسبه V_c $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.35 \times 0.5 \times 10^3$ $V_c = 115 \text{ KN}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام چهارم) محاسبه V_s $V_u = 405 - 115 = 290 \text{ KN}$ $V_{smax} = 4 \times 115 = 460 \text{ KN} > V_c \text{ O.K.}$	گام چهارم) محاسبه V_s $V_s = V_u - V_c$ $V_{smax} = 4V_c$	۲-۲-۱۲ ۳-۴-۱۲
	گام پنجم) محاسبه S_{max} در حالتیکه $V_s < 2V_c$ $\alpha = 45^\circ \quad S_{max} = d = 50 \text{ cm}$ تذکر: در قسمت‌هایی از تیر که مقدار V_s بین $2V_c$ و $4V_c$ قرار دارد فاصله S_{max} نصف مقدار فوق می‌باشد.	گام پنجم) محاسبه S_{max} در حالتیکه $V_s < 2V_c$ تذکر: در قسمت‌هایی از تیر که مقدار V_s بین $2V_c$ و $4V_c$ قرار دارد فاصله S_{max} نصف مقدار فوق می‌باشد.	۲-۴-۶-۱۲ ۳-۴-۶-۱۲
	گام ششم) محاسبه A_{vmin} $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$ $A_{vmin} = 0.35 \frac{0.35 \times 0.5}{400} = 1.53 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{vmin} = 1.53 \text{ cm}^2 < (2 \times 0.79 = 1.58) \text{ O.K.}$	گام ششم) محاسبه A_{vmin} $A_{vmin} = 0.35 \frac{b_w s}{f_y}$	۱-۳-۶-۱۲
	گام هفتم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$ $S = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{290 \times 10^{-3}}$ $\times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)$ $= 0.13 \text{ m} \rightarrow s = 13 \text{ cm} \rightarrow s = 12 \text{ cm}$	گام هفتم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$	۲-۲-۴-۱۲
	گام هشتم) افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کمتر است. فواصل بین خاموت‌های انتخابی : 18 cm , 25 cm , d=50 cm	گام هشتم) افزایش فاصله خاموت‌ها در قسمت‌هایی که برش کمتر است. فواصل بین خاموت‌های انتخابی : 18 cm , 25 cm , d=50 cm	۲-۴-۶-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_s = 0.85 \times (2 \times 0.79 \times 10^{-4}) \times 400 \times \frac{0.5}{s} \times 10^3 \times (\sin 45^\circ + \cos 45^\circ)$ $V_s = \frac{38}{S}$ S و V_s به ترتیب بر حسب KN و m می باشند. $S_1 = 0.18 \text{ m} \rightarrow V_{s1} = 211 \text{ KN}$ $S_2 = 0.25 \text{ m} \rightarrow V_{s2} = 152 \text{ KN}$ $S_3 = 0.5 \text{ m} \rightarrow V_{s3} = 76 \text{ KN}$ محاسبه فاصله x+d از بر تکیه گاه برای S های انتخابی $x_1 + d = (290 - 211) / 100 + 0.5 = 1.29 \text{ m}$ $x_2 + d = (290 - 152) / 100 + 0.5 = 1.88 \text{ m}$ $x_3 + d = (290 - 76) / 100 + 0.5 = 2.64 \text{ m}$	$V_s = \phi_s A_v f_y \frac{d}{s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$ ۲-۴-۶-۱۲ ۲-۲-۴-۱۲	
	گام نهم) تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد. $\ell_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$ $\ell_v + d = (405 - \frac{1}{2} \times 115) / 100 + 0.5$ $\ell_v + d + 3.98 = 4 \text{ m}$	گام نهم) تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد.	
	 با توجه به دیاگرام فوق تعداد خاموت ها Φ 10 و فاصله بین آنها برابر خواهد بود با: 12@12cm , 3@18cm , 3@25cm , 3@50cm مجموع خاموت ها = 2×(12+3+3+3)=42 فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه 5cm می باشد.	گام دهم) خاموت گذاری تیر	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		ب : با استفاده از جداول گام های اول تا چهارم همانند قسمت الف می باشد.	
	$\frac{S_{max}}{d} = 1 \rightarrow S_{max} = 50 \text{ cm}$	گام پنجم) تعیین S_{max}	
	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $S = 50 \text{ cm}$ و خاموت $\Phi 10$ داریم : $b_{Wmax} = 36 \text{ cm}$ که بزرگتر از 35 cm است. بنابراین شرط مربوط به خاموت حداقل رعایت شده است.	گام ششم) کنترل A_{Vmin} در این مرحله با داشتن S_{max} می توان با استفاده از جداول b_{Wmax} را بدست آورد و با b_w مقایسه نمود.	
یا	برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $d = 50 \text{ cm}$ و خاموت $\Phi 10$ و $V_s = 290 \text{ KN}$ داریم : $S_1 = 9.3 \text{ cm}$ $\alpha = 45^\circ \rightarrow \beta_v = 1.41$ $S = 1.41 \times 9.3 = 13.1 \text{ cm}$ $S = 12 \text{ cm}$	گام هفتم) محاسبه S $S = \phi_s A_v f_y \frac{d}{V_s} (\sin \alpha + \cos \alpha)$ مقدار S بدست آمده از جداول ۲ را در $\beta_v = \sin \alpha + \cos \alpha$ که از جدول ۳ استخراج می شود، ضرب می نمائیم تا فواصل بین خاموت های مایل را بدست آوریم.	۲-۲-۴-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
برش ۲-۲	برای $f_y=400 \text{ MPa}$ و $d=50 \text{ cm}$ و خاموت $\Phi 10$ داریم: $S_{la} = \frac{18}{1.41} = 12.77 \rightarrow V_s \approx 214 \text{ KN}$ $S_{lb} = \frac{25}{1.41} = 17.73 \rightarrow V_s \approx 153 \text{ KN}$ $S_{lc} = \frac{50}{1.41} = 35.46 \rightarrow$ در جدول موجود نیست و باید به روش تحلیلی محاسبه شود.	گام هشتم) افزایش فاصله خاموت ها در قسمت هایی که برش کمتر است. فواصل بین خاموت های انتخابی : 18 cm , 25 cm , d=50 cm $S_l = \frac{S}{\beta_v}$ تذکر : گام های بعد همانند قسمت الف می باشند.	۱۲-۶-۴-۲

مثال ۶ انتخاب شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها، در حالیکه حداقل آرماتور برشی مورد نیاز است.

برای دیاگرام برش زیر، شماره میلگرد خاموت‌ها و فاصله بین آنها را تعیین کنید.

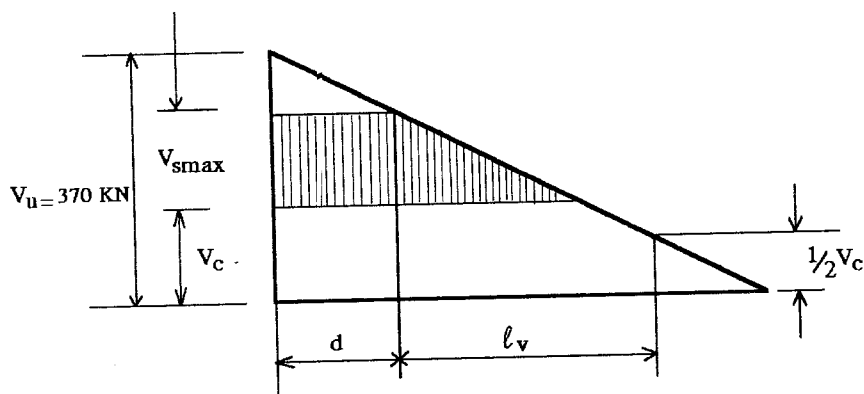
مشخصات :

$$b_w = 50 \text{ cm}$$

$$w_u = 65 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه V_u در فاصله d از بر تکیه گاه.	۴-۵-۱۲
	$V_u = 370 - 65 \times 0.75 = 321.25 \text{ KN}$	$V_u = V_{\text{end}} - w_u \cdot d$	
		گام دوم) محاسبه V_c	۱-۱-۳-۱۲
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.50 \times 0.75 \times 10^3$ $V_c = 246.5 \text{ KN}$	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	
		گام سوم) محاسبه V_s	۲-۲-۱۲
	$V_s = 321.25 - 246.5 = 74.75 \text{ KN}$	$V_s = V_u - V_c$	
		گام چهارم) کنترل $\Phi 10$ ($A_v = 1.57 \text{ cm}^2$) به عنوان خاموت	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_{Vmin} = 0.35 \times \frac{50 \times (75/2)}{300}, (s = \frac{d}{2})$ $A_{Vmin} = 2.18 \text{ cm}^2 > 1.57 \text{ N.G.}$ پس باید یا شماره میلگرد خاموت را بالا برد و یا فاصله S را کم نمود. در صورت استفاده از $\Phi 10$ داریم: $S_1 = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35 b_w} = \frac{1.57 \times 300}{0.35 \times 50} = 27 \text{ cm}$ $S = 0.85(1.57 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.75}{74.75 \times 10^{-3}}$ $S = 0.4 \text{ m} > S_1$ $\therefore S = S_1 = 27 \text{ cm}$ یا $S = 25 \text{ cm}$	$A_{Vmin} = 0.35 \frac{b_w \cdot s}{f_y}$	۱-۳-۶-۱۲
	گام پنجم) کنترل $\Phi 12$ $A_v = 2.26 \text{ cm}^2$ به عنوان خاموت $A_v = 2.26 > A_{Vmin} \text{ O.K.}, (s = \frac{d}{2})$ $S = 0.85(2.26 \times 10^{-4}) \times 300 \times \frac{0.75}{74.75 \times 10^{-3}}$ $S = 0.58 \text{ m} > \frac{d}{2}$ $\therefore S = \frac{d}{2} = \frac{75}{2} = 37.5 \text{ cm}$ یا $S = 35 \text{ cm}$	$S = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \frac{d}{V_s}$	۲-۲-۴-۱۲
	گام ششم) تعیین طولی از تیر که نیاز به آرماتور برشی دارد. $l_v + d = (V_{ud} - \frac{1}{2} V_c) / w_u + d$ $l_v + d = (321.25 - \frac{1}{2} \times 246.5) / 65 + 0.75$ $l_v + d = 3.8 \text{ m}$ برای خاموت $\Phi 10$: $16 @ 25 \text{ cm}$ برای خاموت $\Phi 12$: $12 @ 35 \text{ cm}$ فاصله اولین خاموت از برتکیه گاه 5cm می باشد. بهتر است یک خاموت بین خاموت های اول و دوم اضافه نمود.	تذکر: بعضی از طراحان ترجیح می دهند که سرتاسر تیر را خاموت گذاری نمایند.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $f_y=300 \text{ MPa}$ و خاموت $\Phi 10$ و $d=75 \text{ cm}$ $V_s=74.75 \text{ KN}$ داریم: $S = 37.5 \text{ cm}$	ب : با استفاده از جداول گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشند. گام چهارم) کنترل $\Phi 10$ به عنوان خاموت	
	برای $S=37.5 \text{ m}$ داریم: $b_{wmaz} = 36 \text{ m}$ که کمتر از $b_w=50 \text{ cm}$ است. برای $b_w=50 \text{ cm}$ داریم: $S = 27.5 \text{ cm}$ یا $S = 25 \text{ cm}$	گام پنجم) کنترل حداقل سطح مقطع خاموت در مواقعی که $b_{wmax} < b_w$ است، با توجه به مقدار b_w و جدول برش ۱-۲ مقدار S تعیین می شود.	۱۲-۳-۶-۱۳
	برای $S = \frac{d}{2} = 37.5 \text{ cm}$ داریم: $b_{wmaz} = 52 \text{ cm} > 50 \text{ cm O.K.}$	گام ششم) کنترل $\Phi 12$ به عنوان خاموت تذکر : گام بعد همانند قسمت الف می باشد.	

مثال ۷ تعیین ضخامت لازم دال (یا شالوده) برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز

ضخامت لازم دال را برای ایجاد مقاومت برشی محیطی مورد نیاز تعیین کنید. فرض کنید. که از آرماتور برشی استفاده نمی‌شود.

مشخصات :

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

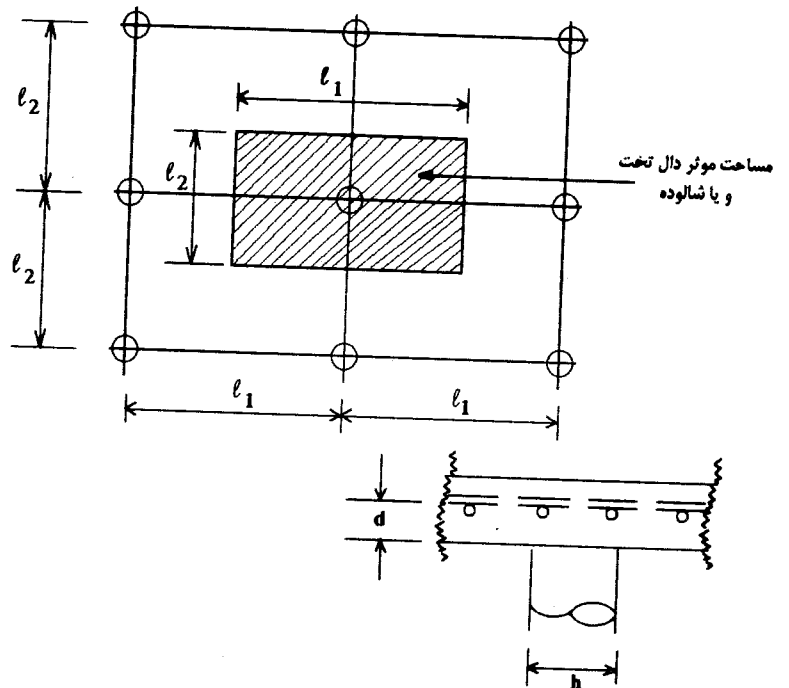
$$\ell_1 = 6.5 \text{ m}$$

$$\ell_2 = 6 \text{ m}$$

$$h = 75 \text{ cm} \text{ قطر}$$

$$w_u = 40 \text{ KN/m}^2$$

M_u قابل صرفنظر کردن است.



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه V_u در محیط مقطع بحرانی	۱-۲-۱۷-۱۲
	تقریباً : $V_u = 40 \times 6.5 \times 6 = 1560 \text{ KN}$	$V_u = w_u \cdot \ell_1 \cdot \ell_2 - w_u \left[\frac{\pi(h+d)^2}{4} \right]$ در این مرحله از عبارت دوم صرفنظر می‌شود.	
		گام دوم) تخمین d	۳-۲-۱۷-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲
	$V_{cp} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} = 1.07 \text{ MPa}$ $1.07 = \frac{1560 \times 10^{-3}}{\pi(0.75 + d)d}$ $d = 0.4 \text{ m}$	$V_{cp} = 2V_c$ $V_{cp} = \frac{V_u}{\pi(h+d)d}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_u = 1560 - 40 \times \frac{(0.75 + 0.4)^2}{2}$ $V_u = 1518 \text{ KN}$ $V_{cp} = \frac{1518 \times 10^{-3}}{\pi(0.75 + 0.4) \times 0.4}$ $V_{cp} = 1.05 \text{ MPa} < 1.07 \text{ O.K.}$	گام سوم) کنترل مجدد d ، با استفاده از مقدار دقیق V_u	

مثال ۸ طراحی آرماتورهای برش اصطکاکی برای اتصال بین مصالح مختلف

سطح مقطع آرماتورهای لازم، برای اتصال یک قطعه بتنی پیش ساخته، به یک عضو فلزی را تعیین کنید.

مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

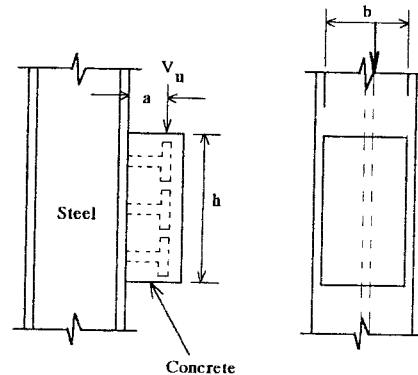
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$b = 20 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$V_u = 290 \text{ KN}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) تعیین نسبت $\frac{a}{d}$ برای کنترل ضوابط خاص دستگاه ها و شانه ها	۱-۱۵-۱۲
	فرض : $d = 35 \text{ cm}$ $\frac{a}{d} = \frac{10}{35} = 0.29 < 1 \quad \text{O.K.}$		
	برای بتنی که بوسیله گل مینخ یا میلگرد به یک عضو فلزی متصل شده باشد: $\mu = 0.6$	گام دوم) تعیین ضریب اصطکاک μ	۵-۲-۱۳-۱۲
	$A_{cv} = 0.2 \times 0.4 = 0.08 \text{ m}^2$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{290 \times 10^{-3}}{0.08} = 3.625 \text{ MPa}$ $6.5\phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9$ $0.25\phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 30 = 4.5$ $\therefore (\frac{V_u}{A_{cv}})_{\max} = 3.9 \text{ MPa} > 3.625 \text{ O.K.}$	گام سوم) محاسبه $\frac{V_u}{A_{cv}}$ و کنترل حداکثر مقاومت برشی مقطع $A_{cv} = b.h$ $(\frac{V_u}{A_{cv}})_{\max} = \min(6.5\phi_c, 0.25\phi_c f_c, f_c)$	۱-۲-۱۳-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم) محاسبه درصد آرماتور برش اصطکاکی مورد نیاز $\rho_{uf} = \frac{\left(\frac{V_u}{A_{cv}}\right)}{\mu \cdot \phi_s \cdot f_y}$	۳-۲-۱۳-۱۲
	$\rho_{uf} = \frac{3.625}{0.6 \times 0.85 \times 300} = 0.024 = 2.4\%$	گام پنجم) محاسبه A_{uf} $A_{uf} = \rho_{uf} \cdot b \cdot h$ تعدادی میلگرد یا گل میخ با حداقل سطح مقطع کل 19.2 cm^2 مورد نیاز است و باید بطور یکنواخت در سطح تماس پخش شود. باید مهاربندی کافی برای هر میلگرد یا گل میخ وجود داشته باشد تا بتواند به تنش تسلیم $f_y = 300 \text{ MPa}$ برسد.	
	برای $\mu = 0.6$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $f_c = 30 \text{ MPa}$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = 3.625 \text{ MPa}$ داریم: $100 \rho_{uf} = 2.4\%$	ب: با استفاده از جداول گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشد گام چهارم) محاسبه درصد آرماتور برش اصطکاکی مورد نیاز تذکر: گام پنجم همانند قسمت الف می باشد.	

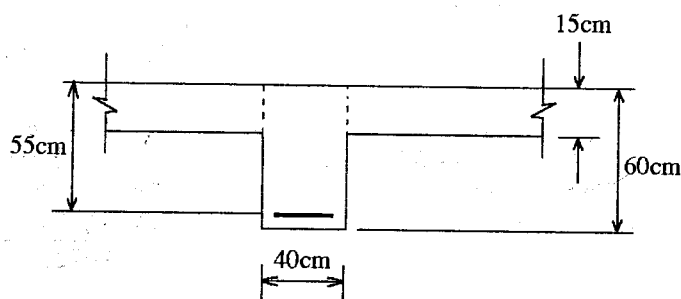
مثال ۹ طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش

یک تیر T شکل بصورت غیرممتقارن بارگذاری شده است، حداکثر لنگر پیچشی حاصله در حد نهایی برابر 40 kN.m می‌باشد، برش نهایی ایجاد شده در مقطعی که حداکثر پیچش در آن اتفاق می‌افتد برابر 200 kN است و سطح مقطع آرماتور خمشی لازم برای لنگر مثبت، در مقطع فوق برابر 17 cm^2 می‌باشد. تیر را برای پیچش مورد بررسی قرار داده و آرماتورهای لازم را محاسبه کنید.

مشخصات:

$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه T_{cr}	
	$T_{cr} = 2 \times \left(\frac{0.4^2 \times 0.6^2}{2(0.4 + 0.6)} \right) \times 0.2 \times 0.6 \sqrt{25} \times 10^3$ $T_{cr} = 34.56 \text{ kN.m}$	$T_{cr} = 2 \left(\frac{A_c^2}{P_c} \right) V_c$	۱-۷-۱۲ ۱-۱-۳-۱۲
	$0.25 T_{cr} = 0.25 \times 34.56 = 8.64 \text{ kN.m} < T_u$ پس محاسبات پیچش الزامی است.	مقایسه T_u و $0.25 T_{cr}$ اگر $T_u < 0.25 T_{cr}$ باشد می‌توان از پیچش صرف‌نظر کرد.	۱-۷-۱۲
		گام سوم کنترل ابعاد مقطع تحت اثر توام برش و پیچش	۲-۱۲-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$x_1 = 4l - 2(4.5 + 0.5) = 30 \text{ cm}$ $x_1 = 4l - 2(4.5 + 0.5) = 30 \text{ cm}$ $P_h = 2(0.5 + 0.3) = 1.6 \text{ m}$ $A_{oh} = 0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$ $A_{oh} = 0.15 \times 0.15 = 0.0225$ $\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} = \frac{200 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.55} +$ $\frac{40 \times 10^{-3} \times 1.6}{0.0225} = 0.91 + 2.84 = 3.75 \text{ MPa}$ $0.25 \phi_c \cdot f_c = 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 \text{ O.K.}$	(شعاع خاموت + پوشش) $x_1 = b_w - 2$ (شعاع خاموت + پوشش) $y_1 = h - 2$ $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	۲-۱۲-۱۲
	گام چهارم) محاسبه $\frac{A_t}{S}$ $A_o = 0.85 A_{oh}$ $\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{2\phi_s \cdot A_o \cdot f_y}$	$A_o = 0.85 \times 0.15 = 0.1275 \text{ m}^2$ $\frac{A_t}{S} = \frac{40 \times 10^{-3}}{2 \times 0.85 \times 0.1275 \times 400}$ $\frac{A_t}{S} = 4.61 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_t}{S} = 0.0461 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	۲-۸-۱۲ ۲-۸-۱۲ ۲-۷-۱۲
	گام پنجم) محاسبه $\frac{A_v}{S}$ $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ $V_s = V_u - V_c$ $\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\phi_s \cdot f_y \cdot d}$	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 0.40 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 132 \text{ KN}$ $V_s = 200 - 132 = 68 \text{ KN}$ $\frac{A_v}{S} = \frac{68 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.55} = 3.64 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_v}{S} = 0.0364 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$	۱-۱-۳-۱۲ ۲-۲-۱۲ ۱-۲-۴-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام ششم) محاسبه A_v و A_t با توجه به اینکه A_t سطح مقطع یک شاخه خاموت و A_v سطح مقطع هر دو شاخه می باشد.	۱-۱۲-۱۲
	$\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.0364 + 2 \times 0.0461$ $\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.1286 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$		
		گام هفتم) کنترل حداقل سطح مقطع آرماتور برشی و پیچشی $\min\left(\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}\right) = 0.35 \times \frac{b_w}{f_y}$ $\min\left(\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S}\right) = 0.35 \times \frac{0.4}{400} \times 100$ $0.035 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} < 0.2564 \quad \text{O.K.}$	۴-۳-۶-۱۲
		گام هشتم) انتخاب شماره میلگرد خاموت ها و فاصله بین آنها $\frac{A_v}{S} + 2 \frac{A_t}{S} = 0.1286 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$ $A_v + 2A_t = 2.26 \text{ cm}^2 \quad \text{کنترل } \Phi 12$ $A_v + 2A_t = 3.08 \text{ cm}^2 \quad \text{کنترل } \Phi 14$ کنترل حداکثر فاصله $S_{\max} = \frac{P_h}{8} \leq 30 \text{ cm}$	
	$S = \frac{2.26}{0.1286} = 17.5 \text{ cm} \quad \text{برای } \Phi 12$ $S = \frac{3.08}{0.1286} = 23.95 \text{ cm} \quad \text{برای } \Phi 14$ $S_{\max} = \frac{160}{8} = 20 \text{ cm}$ بنابراین از خاموت های بسته $\Phi 12$ به فواصل 15cm استفاده می شود.		
		گام نهم) محاسبه آرماتورهای طولی برای پیچش، با استفاده از x_1 و y_1 اصلاح شده. $P_h = 2 (x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	۳-۸-۱۲
	$x_1 = 40 - 2 (4.5 + 0.6) = 29.8 \text{ cm}$ $x_1 = 40 - 2 (4.5 + 0.6) = 49.8 \text{ cm}$ $P_h = 2 (29.8 + 49.8) = 159.2 \text{ m}$ $A_t = 0.0461 \times 159.2 = 734 \text{ cm}^2$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	سطح مقطع لازم برای هر یک از آرماتورهای طولی فوقانی و تحتانی و گونه برابر است با : $\frac{A_t}{3} = \frac{7.34}{3} = 2.45 \text{ cm}^2$ آرماتورهای فوقانی : USE 2 Φ 14 , ($A_s = 3.08 \text{ cm}^2$) آرماتورهای گونه : USE 2 Φ 14 , ($A_s = 3.08 \text{ cm}^2$) در هر یک از گونه‌های 1Φ14 قرار داده می‌شود. آرماتورهای تحتانی : $A_s = 2.45 + 17 = 19.45 \text{ cm}^2$ USE 5 Φ 14 , ($A_s = 22.62 \text{ cm}^2$) O.K. قطر میلگردهای انتخابی $\frac{S}{16} = \frac{12}{16} = 0.75 \text{ cm} <$	گام دهم) انتخاب میلگردهای طولی این میلگردها باید بصورت یکنواخت در اطراف مقطع پخش شوند و فاصله بین آنها کمتر از 30cm باشد. بنابراین استفاده از میلگردهای طولی در گونه‌های تیر الزامیست. آرماتورهای طولی پیچشی باید با آرماتورهای خمشی جمع شوند.	۷-۱۰-۱۲
		در هنگام انتخاب میلگردهای طولی باید به ضابطه زیر توجه کرد: $\geq \frac{S}{16}$ قطر میلگرد طولی گوشه	۳-۱۰-۱۲

مثال ۱۰ استفاده از دو حلقه خاموت در طراحی تیر T شکل برای پیچش و برش ناشی از خمش

تیر زیر را برای برش و پیچش طراحی نمایید.

مشخصات :

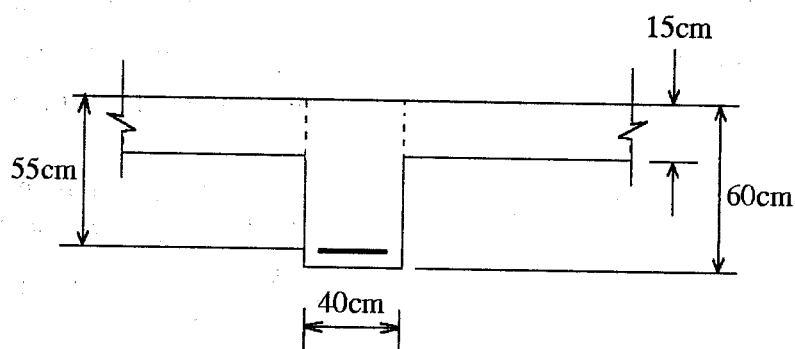
$$T_u = 15 \text{ KN.m}$$

$$V_u = 300 \text{ KN}$$

$$A_s = 17 \text{ cm}^2$$

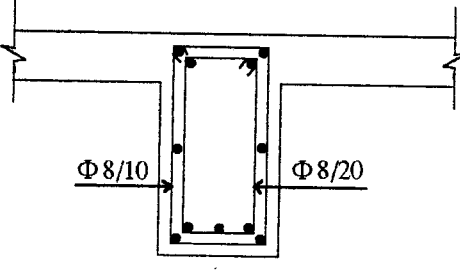
$$f_c = 25 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه T_{cr}	
	$T_{cr} = 2 \times \left(\frac{0.4^2 \times 0.6^2}{2(0.4 + 0.6)} \right) \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 10^3$ $T_{cr} = 34.56 \text{ KN.m}$	$T_{cr} = 2 \left(\frac{A_c^2}{P_c} \right) V_c$	۱-۷-۱۲ ۱-۱-۳-۱۲
	$0.25 T_{cr} = 0.25 \times 34.56 = 8.64 \text{ KN.m} < T_u$ پس محاسبات پیچش الزامی است.	گام دوم مقایسه $0.25 T_{cr}$ و T_u	۱-۷-۱۲
		گام سوم کنترل ابعاد مقطع تحت اثر توام برش و پیچش	۲-۱۲-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$x_1 = 4(-2(4.5 + 0.5)) = 30 \text{ cm}$ $x_1 = 6(-2(4.5 + 0.5)) = 50 \text{ cm}$ $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$ $P_h = 2(0.5 + 0.3) = 1.6 \text{ m}$ $A_{oh} = 0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$ $A_{oh} = 0.15 \times 0.15 = 0.0225$ $\frac{V_u}{b_w d} + \frac{T_u \cdot P_h}{A_{oh}} = \frac{300 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.55} +$ $\frac{(15 \times 10)^{-3} \times 1.6}{0.0225} = 1.36 + 1.07 = 2.43 \text{ MPa}$ $0.25 \phi_c \cdot f_c = 0.25 \times 0.6 \times 25 = 3.75 > 2.43 \text{ O.K.}$	(شعاع خاموت + پوشش) $x_1 = b_w - 2$ (شعاع خاموت + پوشش) $y_1 = h - 2$ $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_{oh} = x_1 \cdot y_1$	۲-۱۲-۱۲
	گام چهارم) محاسبه $\frac{A_t}{S}$ $A_o = 0.85 A_{oh}$ $\frac{A_t}{S} = \frac{T_u}{2\phi_s \cdot A_o \cdot f_y}$ $A_o = 0.85 \times 0.15 = 0.1275 \text{ m}^2$ $\frac{A_t}{S} = \frac{15 \times 10^{-3}}{2 \times 0.85 \times 0.1275 \times 400}$ $\frac{A_t}{S} = 1.73 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_t}{S} = 0.0173 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$		۲-۸-۱۲
	گام پنجم) محاسبه $\frac{A_v}{S}$ $V_c = 0.2\phi_c \sqrt{f_c} b_w d$ $V_s = V_u - V_c$ $\frac{A_v}{S} = \frac{V_s}{\phi_s \cdot f_y \cdot d}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{25} \times 0.40 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 132 \text{ KN}$ $V_s = 300 - 132 = 168 \text{ KN}$ $\frac{A_v}{S} = \frac{168 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 0.55} = 9 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$ $\frac{A_v}{S} = 0.09 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$		۱-۱-۳-۱۲ ۲-۲-۱۲ ۱-۲-۴-۱۲

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام ششم) طرح برای برش و پیچش با فرض استفاده از دو حلقه خاموت جمع سطح مقطع لازم برای یک شاخه در برش و پیچش برابر است با: $\frac{A_v}{4S} + \frac{A_t}{S}$ تذکر: با توجه به اینکه میزان خاموت لازم برای برش قابل ملاحظه است، از ۲ حلقه خاموت استفاده می کنیم. بافرض $S=10\text{cm}$ داریم: $\frac{A_v}{4S} + \frac{A_t}{S} = \frac{0.09}{4} + 0.0173 = 0.0398$ $\frac{A_v}{4} + A_t = 0.0398 \times 10 = 0.398 \text{ cm}^2$ بنابراین خاموت لازم $\Phi 8$ ($A_s = 0.5 \text{ cm}^2$) با شکل زیر است: خاموت های پیچشی: $\left(\frac{A_t}{S} = 0.0173, A_t = 0.5 \text{ cm}^2\right) \rightarrow S = 29 \text{ cm}$ یا $S = 20 \text{ cm}$ خاموت های برشی: $\left(\frac{A_v}{S} = 0.09, A_v = 4 \times 0.5 = 2 \text{ cm}^2\right)$ $\rightarrow S = 22.2 \text{ cm}$ یا $S = 20 \text{ cm}$  $S_{\max} = \frac{160}{8} = 20 \text{ cm} > 10 \text{ cm} \quad \text{O.K.}$	گام ششم) طرح برای برش و پیچش با فرض استفاده از دو حلقه خاموت جمع سطح مقطع لازم برای یک شاخه در برش و پیچش برابر است با: $\frac{A_v}{4S} + \frac{A_t}{S}$ تذکر: با توجه به اینکه میزان خاموت لازم برای برش قابل ملاحظه است، از ۲ حلقه خاموت استفاده می کنیم.	۱-۱۲-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام هفتم) کنترل حداقل سطح مقطع آرماتور برشی و پیچشی در فاصله $S=0.2m$ مقدار $0.35 \frac{b_w \cdot S}{f_y}$ برابر است با: $0.35 \times \frac{0.4 \times 0.2}{400} = 7 \times 10^{-5} m^2 = 0.7 cm^2$ در حالیکه در این فاصله ۴ شاخه خاموت بسته دبر و دو شاخه حلقه داخلی وجود دارد: $6 \times 0.5 = 3 cm^2 > 0.7 O.K.$	گام هفتم) کنترل حداقل سطح مقطع آرماتور برشی و پیچشی $\min(A_v + 2A_t) = 0.35 \frac{b_w \cdot S}{f_y}$	۱-۳-۶-۱۲
	گام هشتم) محاسبه آرماتورهای طولی برای پیچش، با استفاده از x_1 و y_1 اصلاح شده. $x_1 = 40 - 2(4.5 + 0.4) = 30.2 cm$ $x_1 = 50 - 2(4.5 + 0.4) = 50.2 cm$ $P_h = 2(30.2 + 50.2) = 160.8 cm$ $A_s = 0.0173 \times 160 = 2.77 cm^2$	گام هشتم) محاسبه آرماتورهای طولی برای پیچش، با استفاده از x_1 و y_1 اصلاح شده. $P_h = 2(x_1 + y_1)$ $A_s = \frac{A_t}{S} \cdot P_h$	۳-۸-۱۲
	گام نهم) انتخاب میلگردهای طولی $\frac{A_t}{3} = \frac{2.77}{3} = 0.92 cm^2$ آرماتورهای فوقانی: USE 4 Φ 8 , ($A_s = 2.01 cm^2$) به خاطر وجود ۲ حلقه خاموت و ضابطه زیر: $\geq \frac{S}{16} = \frac{10}{16} = 0.625 cm$ از 4Φ8 استفاده شده است. آرماتورهای گونه: USE 2 Φ 8 , ($A_s = 1.01 cm^2$) در هر یک از گونه‌های 1Φ8 قرار داده می‌شود. آرماتورهای تحتانی: $A_s = 0.92 + 17 = 17.92 cm^2$ USE 4 Φ 24 , ($A_s = 18.1 cm^2$)	گام نهم) انتخاب میلگردهای طولی	۳-۱۰-۱۲

مثال ۱۱ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی برابر صفر است. ($N_u=0$) برای جلوگیری از ایجاد نیروی کششی افقی تمهیدات خاصی در نظر گرفته شده است.

ظرفیت باربری دستک ساخته شده از بتن یکپارچه شکل زیر را کنترل کنید. در صورت کافی نبودن اندازه d پیشنهادی، مقدار جدیدی را برای آن در نظر گرفته، و سطح مقطع آرماتورهای مورد نیاز A_s و A_h را محاسبه کنید. برای اطمینان از صفر بودن نیروی کششی N_u از تمهیدات خاصی استفاده شده است.

مشخصات :

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

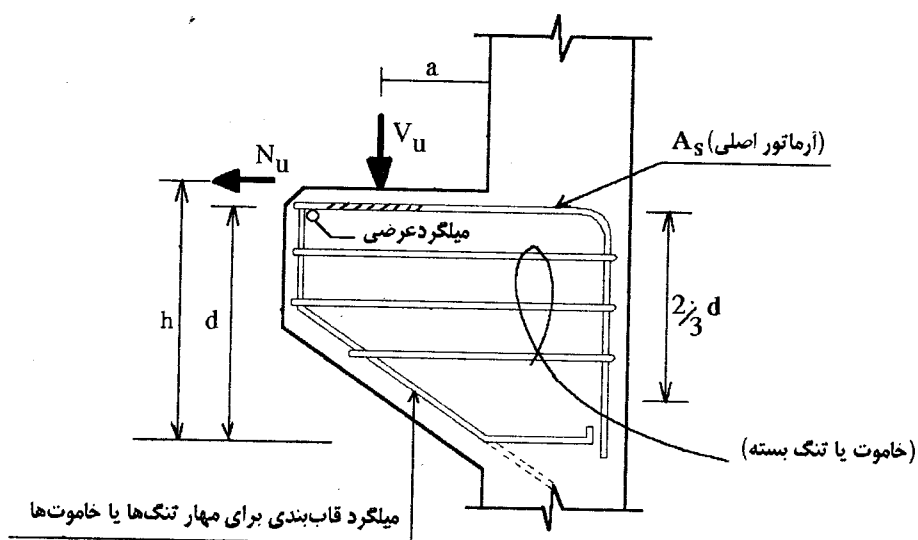
$$d = 25 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$V_u = 360 \text{ KN}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول	
	$\frac{a}{d} = \frac{10}{25} = 0.4 < 1 \text{ O.K.}$	کنترل $\frac{a}{d}$	۱-۱۵-۱۲
		گام دوم	
	محاسبه حداکثر تنش اسمی $V_{max} = \min (0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$		۴-۲-۱۵-۱۲
	$0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 35 = 5.25 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{max} = 3.9 \text{ MPa}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام سوم) محاسبه سطح مقطع بتنی لازم A_c برای انتقال برش و تعیین مقدار d مورد نیاز $A_{Creq} = \frac{V_u}{V_{max}}$ $d_{req} = \frac{A_{Creq}}{b}$	گام سوم) محاسبه سطح مقطع بتنی لازم A_c برای انتقال برش و تعیین مقدار d مورد نیاز $A_{Creq} = \frac{V_u}{V_{max}}$ $d_{req} = \frac{A_{Creq}}{b}$	گام سوم) محاسبه سطح مقطع بتنی لازم A_c برای انتقال برش و تعیین مقدار d مورد نیاز $A_{Creq} = \frac{V_u}{V_{max}}$ $d_{req} = \frac{A_{Creq}}{b}$
	گام چهارم) محاسبه h $h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b$	گام چهارم) محاسبه h $h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b$	گام چهارم) محاسبه h $h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b$
	گام پنجم) محاسبه مقدار آرماتور برش اصطکاکی لازم $A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \mu}$	گام پنجم) محاسبه مقدار آرماتور برش اصطکاکی لازم $A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \mu}$	گام پنجم) محاسبه مقدار آرماتور برش اصطکاکی لازم $A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \mu}$
	گام ششم) محاسبه فولاد خمشی $M_u = V_u \cdot a$ $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$	گام ششم) محاسبه فولاد خمشی $M_u = V_u \cdot a$ $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$	گام ششم) محاسبه فولاد خمشی $M_u = V_u \cdot a$ $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم) محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s	
	$\rho_{min} = 0.04 \frac{35}{400} = 0.0035$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$	۳-۳-۱۵-۱۲
	$A_{min} = 0.0035 \times 30 \times 35 = 3.675 \text{ cm}^2$	$A_{Smin} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$	۱-۳-۱۵-۱۲
	$\max (A_f \frac{2}{3} A_{uf}) = \max (3.15, \frac{2}{3} \times 8.47) = 5.65$	$A_s \geq \max (A_f \frac{2}{3} A_{uf})$	
	$\therefore A_s = 5.65 \text{ cm}^2$		
	$A_h \geq 2.825 \text{ cm}^2$	$A_h \geq \frac{1}{2} A_s$	۲-۳-۱۵-۱۲
		گام هشتم) انتخاب میلگردها	
	برای A_s و $4\Phi 14$ ($A_s = 6.16 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. برای A_h که باید بطور یکنواخت در ارتفاعی برابر با $\frac{2}{3}d$ از بالای دستک پخش شود. از دو حلقه خاموت بسته $\phi 10$ ($A_h = 3.14 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	تذکر: باید یک میلگرد عرضی با قطری حداقل برابر با قطر میلگردهای کششی اصلی، در وجه جلوی دستک، به آرماتورهای کششی اصلی جوش شود. انتهای داخلی آرماتورهای کششی اصلی باید به اندازه کافی داخل ستون شوند.	۲-۳-۱۵-۱۲ ۴-۳-۱۵-۱۲
	برای $\mu = 1.25$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{360 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.35} = 3.43 \text{ MPa}$ داریم: $100 \rho_{uf} = 0.8$ $\therefore A_{uf} = 0.8 \times 10.2 \times 30 \times 35 = 8.4 \text{ cm}^2$	ب : با استفاده از جداول گام های اول تا چهارم همانند قسمت الف می باشند. گام پنجم) محاسبه A_{uf} تذکر: بقیه گام ها همانند قسمت الف می باشند.	

مثال ۱۲ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی N_u وجود داشته باشد.

دستک شکل زیر را برای بارهای وارده طراحی کنید. بتن دستک و دیوار بصورت یکپارچه ریخته می‌شود.

مشخصات:

$$V_u = 320 \text{ KN}$$

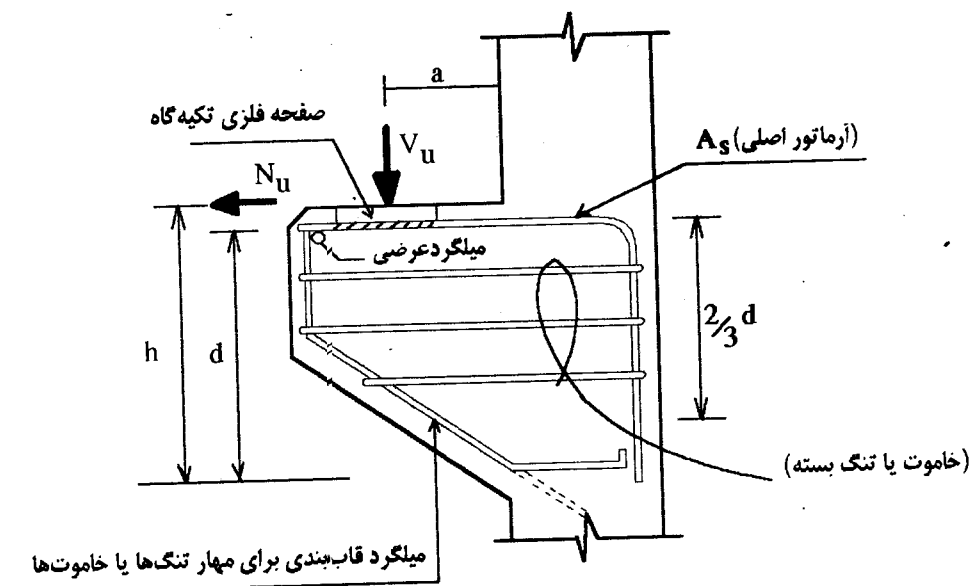
$$N_u = 200 \text{ KN}$$

$$a = 10 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$f_c = 35 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول کنترل نیروی کششی روی دستک	۱-۱۵-۱۲
	$\frac{N_u}{V_u} = \frac{200}{320} = 0.625 \text{ O.K.}$	$0.2 \leq \frac{N_u}{V_u} \leq 1$	۲-۲-۱۵-۱۲
		گام دوم محاسبه d با توجه به حداکثر تنش اسمی	۴-۲-۱۶-۱۲
	$0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 35 = 5.25 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{\max} = 3.9 \text{ MPa}$	$V_{\max} = \min (0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$d_{min} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.3 \times 3.9} = 0.27 \text{ m} \rightarrow d = 30 \text{ cm}$	$d_{min} = \frac{V_u}{b \cdot V_{max}}$	۹-۲-۸
	$h = 30 + 3.5 + 1 = 34.5 \approx 35 \text{ cm}$	$h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b$	۱-۱۵-۱۲
	$\frac{a}{d} = \frac{10}{30} = 0.33 < 1 \text{ O.K.}$	$\frac{a}{d} \leq 1$	
	$M_u = 320 \times 0.1 + 200 \times (0.35 - 0.3)$ $M_u = 42 \text{ KN.m}$	گام سوم) محاسبه M_u $M_u = V_u \cdot a + N_u (h - d)$	۳-۲-۱۵-۱۲
	برای بتن یکپارچه: $\mu = 1.25$ $A_{uf} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 1.25} = 7.53 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{uf} = 7.53 \text{ cm}^2$	گام چهارم) محاسبه مقدار آرماتور برش اصطکاکی لازم $A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \cdot \mu}$	۴-۲-۱۳-۱۲ ۵-۲-۱۳-۱۲
	$A_n = \frac{200 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} = 5.88 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_n = 5.88 \text{ cm}^2$	گام پنجم) محاسبه A_n $A_n = \frac{N_u}{\phi_s f_y}$	۶-۲-۱۵-۱۲
	$R = \frac{42 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.3^2} = 1.56 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 35}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.56}{0.85 \times 0.6 \times 35}} \right]$ $\rho = 0.0048$ $A_f = 0.0048 \times 30 \times 30 = 4.32 \text{ cm}^2$	گام ششم) محاسبه فولاد خمشی $R = \frac{M_u}{b d^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$	۵-۲-۱۵-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم) محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s	
	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y} = 0.04 \frac{35}{400} = 0.0035$ $A_{min} = 0.0035 \times 30 \times 30 = 3.15 \text{ cm}^2$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$	۳-۳-۱۵-۱۲
	$A_{s1} = \frac{2}{3} A_{uf} + A_n = \frac{2}{3} \times 7.53 + 5.88$ $A_{s1} = 10.9 \text{ cm}^2$ $A_{s2} = A_f + A_n = 4.32 + 5.88 = 10.2 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = \max (A_{s1}, A_{s2}) = 10.9 \text{ cm}^2$	$A_{min} = \rho_{min} . b . d$ $A_s \geq \max \left(\frac{2}{3} A_{uf} + A_n, A_f + A_n \right)$	۱-۳-۱۵-۱۲
		گام هشتم) انتخاب میلگردها	
	برای A_s و $4\Phi 14$ ($A_s = 12.57 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این آرماتورها باید به صفحه فلزی تکیه گاه و میلگرد عرضی جوش شوند.		۴-۳-۱۵-۱۲
	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n) = \frac{1}{2} (10.9 - 5.88) = 2.51 \text{ cm}^2$ برای A_h از دو حلقه خاموت بسته $\phi 10$ ($A_h = 3.14 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n)$	۲-۳-۱۵-۱۲
	ب : با استفاده از جداول گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشند. گام چهارم) محاسبه A_{uf} تذکر: بقیه گام ها همانند قسمت الف می باشند.		
	برای $\mu = 1.25$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{320 \times 10^{-3}}{0.3 \times 0.3} = 3.56 \text{ MPa}$ داریم : $100 \rho_{uf} = 0.83$ $\therefore A_{uf} = 0.0083 \times 30 \times 30 = 7.5 \text{ cm}^2$		

مثال ۱۳ طراحی دستک در حالتیکه نیروی کششی افقی برابر صفر است. ($N_u=0$) ولی هیچگونه تمهیداتی برای جلوگیری از ایجاد آن در نظر گرفته نشده است.

دستک ساخته شده از بتن یکپارچه نشان داده شده در شکل زیر را برای بار V_u که در فاصله a از بر ستون وارد می‌شود، طراحی کنید. هیچگونه تمهیداتی برای جلوگیری از ایجاد N_u در نظر گرفته نشده است.

مشخصات :

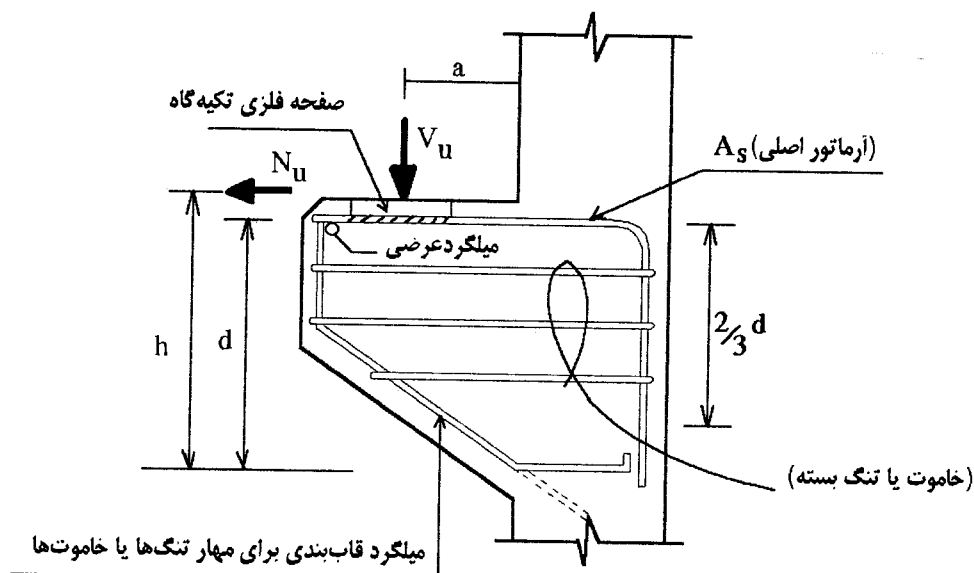
$$V_u = 120 \text{ KN}$$

$$a = 15 \text{ cm}$$

$$b = 40 \text{ cm}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول	
		محاسبه d با توجه به حداکثر تنش اسمی $V_{max} = \min (0.25 \phi_c f_c, 6.5 \phi_c)$	۴-۲-۱۵-۱۲
	$0.25 \phi_c f_c = 0.25 \times 0.6 \times 20 = 3 \text{ MPa}$ $6.5 \phi_c = 6.5 \times 0.6 = 3.9 \text{ MPa}$ $\therefore V_{max} = 3 \text{ MPa}$		
	$d_{min} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.4 \times 3} = 0.1 \text{ m} = 10 \text{ cm}$	$d_{min} = \frac{V_u}{b \cdot V_{max}}$	
	$\frac{15}{10} = 1.5 > 1 \quad \text{N.G}$ بنابراین مقدار d را نمی‌توان کمتر از ۱۵ سانتیمتر گرفت.	$\frac{a}{d} \leq 1$	۱-۱۵-۱۲
	$d = 15 \text{ cm}$ پس		۹-۲-۸
	$h = 15 + 3.5 + 1 = 19.5 \approx 20 \text{ cm}$	$h = d + \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) محاسبه N_u چون مقدار N_u مشخص نیست از فرمول زیر برای محاسبه آن استفاده می شود.	۲-۲-۱۵-۱۲
	$N_u = 0.2 \times 120 = 24 \text{ KN}$	$N_u = 0.2 V_u$	
		گام سوم) محاسبه M_u	۳-۲-۱۵-۱۲
	$M_u = 120 \times 0.15 + 24 \times (0.2 - 0.15)$ $M_u = 19.2 \text{ KN.m}$	$M_u = V_u \cdot a + N_u (h-d)$	
		گام چهارم) محاسبه A_{uf}	۴-۲-۱۳-۱۲ ۵-۲-۱۳-۱۲
	برای بتن یکپارچه : $\mu = 1.25$ $A_{uf} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400 \times 1.25} = 2.82 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $A_{uf} = 2.32 \text{ cm}^2$	$A_{uf} = \frac{V_u}{\phi_s f_y \cdot \mu}$	
		گام پنجم) محاسبه A_n	۶-۲-۱۵-۱۲
	$A_n = \frac{24 \times 10^{-3}}{0.85 \times 400} = 7 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ $A_n = 0.7 \text{ cm}^2$	$A_n = \frac{N_u}{\phi_s f_y}$	
		گام ششم) محاسبه فولاد خمشی	۵-۲-۱۵-۱۲
	$R = \frac{19.2 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.15^2} = 2.13 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.13}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0071$ $A_f = 0.0071 \times 40 \times 15 = 4.26 \text{ cm}^2$	$R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_f = \rho \cdot b \cdot d$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم) محاسبه آرماتور کششی اصلی A_s	
	$\rho_{min} = 0.04 \frac{20}{400} = 0.002$ $A_{min} = 0.002 \times 40 \times 15 = 1.2 \text{ cm}^2$	$\rho_{min} = 0.04 \frac{f_c}{f_y}$ $A_{min} = \rho_{min} \cdot b \cdot d$	۳-۳-۱۵-۱۲
	$A_{s1} = \frac{2}{3} A_{uf} + A_n = \frac{2}{3} \times 2.82 + 0.7$ $A_{s1} = 2.58 \text{ cm}^2$ $A_{s2} = A_f + A_n = 4.26 + 0.7 = 4.96 \text{ cm}^2$ $\therefore A_s = \max(A_{s1}, A_{s2}) = 4.96 \text{ cm}^2$	$A_s \geq \max(\frac{2}{3} A_{uf} + A_n, A_f + A_n)$	۱-۳-۱۵-۱۲
		گام هشتم) انتخاب میلگردها	
	برای A_s و $4\Phi 14$ ($A_s = 6.16 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این آرماتورها باید به صفحه فلزی تکیه گاه و میلگرد عرضی جوش شوند.		۴-۳-۱۵-۱۲
	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n) = \frac{1}{2} (4.96 - 0.7) = 2.13 \text{ cm}^2$ برای A_h از دو حلقه خاموت بسته $\phi 10$ ($A_h = 3.14 \text{ cm}^2$) استفاده می شود. این دو حلقه در فواصل ۱۰ و ۲۰ سانتیمتری از مرکز آرماتورهای کششی اصلی قرار می گیرند.	$A_h \geq \frac{1}{2} (A_s - A_n)$	۲-۳-۱۵-۱۲ ۲-۳-۱۵-۱۲
		ب : با استفاده از جداول گام های اول تا سوم همانند قسمت الف می باشند. گام چهارم) محاسبه A_{uf} تذکر: بقیه گام ها همانند قسمت الف می باشند.	
	برای $\mu = 1.25$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$ داریم: $\frac{V_u}{A_{cv}} = \frac{120 \times 10^{-3}}{0.4 \times 0.15} = 2 \text{ MPa}$ $100 \rho_{uf} = 0.47$ $\therefore A_{uf} = 0.0047 \times 40 \times 15 = 2.82 \text{ cm}^2$		

برش ۱-۱) حداکثر عرض تیر b_w ، در صورت استفاده از خاموت‌های U شکل، به فواصل $\frac{d}{2}$.

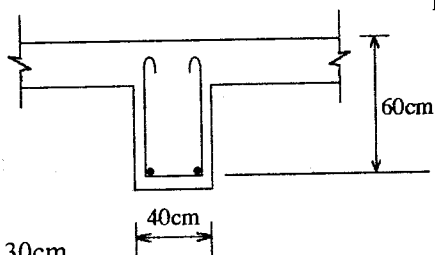
مراجع: بند ۱۲-۶-۳-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$b_{w \max} = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35 \left(\frac{d}{2} \right)}$$

d_1 cm	$b_{w \max}$, cm					
	$f_y = 300$ MPa			$f_y = 400$ MPa		
	$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$
۳۰	۸۹	۱۲۹	۱۷۶	۱۱۹	۱۷۲	۲۳۴
۳۵	۷۶	۱۱۰	۱۵۰	۱۰۲	۱۴۷	۲۰۱
۴۰	۶۷	۹۶	۱۳۲	۸۹	۱۲۹	۱۷۶
۴۵	۵۹	۸۶	۱۱۷	۷۹	۱۱۴	۱۵۶
۵۰	۵۳	۷۷	۱۰۵	۷۱	۱۰۳	۱۴۰
۵۵	۴۸	۷۰	۹۶	۶۵	۹۳	۱۲۸
۶۰	۴۴	۶۴	۸۸	۵۹	۸۶	۱۱۷
۶۵	۴۱	۵۹	۸۱	۵۵	۷۹	۱۰۸
۷۰	۳۸	۵۵	۷۵	۵۱	۷۳	۱۰۰
۷۵	۳۵	۵۱	۷۰	۴۷	۶۸	۹۳
۸۰	۳۳	۴۸	۶۶	۴۴	۶۴	۸۸
۸۵	۳۱	۴۵	۶۲	۴۲	۶۰	۸۲
۹۰	۲۹	۴۳	۵۸	۳۹	۵۷	۷۸
۹۵	۲۸	۴۰	۵۵	۳۷	۵۴	۷۴
۱۰۰	۲۶	۳۸	۵۲	۳۵	۵۱	۷۰
۱۰۵	۲۵	۳۶	۵۰	۳۴	۴۹	۶۷
۱۱۰	۲۴	۳۵	۴۸	۳۲	۴۶	۶۴
۱۱۵	۲۳	۳۳	۴۵	۳۱	۴۴	۶۱
۱۲۰	۲۲	۳۲	۴۴	۲۹	۴۳	۵۸

مثال:

برای تیر شکل زیر حداقل مقدار خاموت را تعیین کنید. $f_y = 400$ MPa



$$S_{\max} = \frac{d}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$$

حل:

برای $d = 60$ cm و $f_y = 400$ MPa و خاموت $\Phi 10$ داریم:

$$b_{w \max} = 59 \text{ cm} > 40 \text{ cm}$$

بنابراین استفاده از خاموت‌های $\Phi 10$ به فواصل 30 cm قابل قبول است.

برش ۱-۲) حداکثر فاصله مجاز بین خاموت‌ها برای تیری که پهنای آن بیشتر از اعداد پیشنهادی جدول برش ۱-۱ می‌باشد.

مراجع: بند ۱۲-۶-۳-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

$$b_{\max} = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35 b_w}$$

$S_{\max}$, cm					
$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$	$\Phi 10$	$\Phi 12$	$\Phi 14$
$\frac{1345}{b_w}$	$\frac{1937}{b_w}$	$\frac{2640}{b_w}$	$\frac{1794}{b_w}$	$\frac{2582}{b_w}$	$\frac{3520}{b_w}$

مثال:

برای تیری به پهنای $b_w = 65 \text{ cm}$ و ارتفاع موثر $d = 60 \text{ cm}$ که در آن از خاموت‌های $\Phi 10$ استفاده است، حداکثر فاصله مجاز بین خاموت‌ها را تعیین کنید. $f_y = 400 \text{ MPa}$

حل:

$$b_{w\max} = 59 \text{ cm} < 65 \text{ cm}$$

با توجه به جدول برش ۱-۱، حداکثر پهنای مجاز تیر برای $S = \frac{d}{2} = 30 \text{ cm}$ برابر است با:

بنابراین با توجه به جدول برش ۱-۲ داریم:

$$S_{\max} = \frac{1794}{b_w} = \frac{1794}{65} = 27.6 \text{ cm}$$

$$V_s = V_u - V_c = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s}$$

$$\text{maximum } b_w = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35S}$$

مراجع: بند ۱۲-۶-۳-۱ از آیین نامه بتن ایران

$\Phi 10$						$V_s \text{ (KN)}$						$f_y = 300 \text{ MPa}$									
d_{cm}	S_{cm}	Δ	V/Δ	$I.$	$12/\Delta$	1Δ	$1V/\Delta$	$2.$	$2V/\Delta$	3Δ	$3V/\Delta$	$4.$	$4V/\Delta$	5Δ	$5V/\Delta$	$6.$	$6V/\Delta$	7Δ	$7V/\Delta$	$\Delta.$	
25	200	133	100	80																	
30	240	160	120	96	80																
35	280	187	140	112	93	80															
40	320	214	160	128	107	93	80														
45	360	240	180	144	120	107	90	80													
50	400	267	200	160	133	114	100	89	80												
55	440	294	220	176	147	126	110	98	88	80											
60	480	320	240	192	160	137	120	107	96	88	80										
65	520	347	260	208	173	149	130	116	104	90	88	80									
70	560	374	280	224	187	160	140	125	112	102	93	86	80								
75	600	400	300	240	200	172	150	136	120	109	100	92	86	80							
80	640	427	320	256	214	183	160	147	132	118	107	99	92	80	80						
85	680	454	340	272	227	194	170	151	136	124	113	105	97	91	80	80					
90	720	480	360	288	240	206	180	156	144	131	120	111	103	96	90	80	80				
95	760	507	380	304	254	217	190	160	152	138	127	117	109	101	90	89	80	80			
100	800	534	400	320	267	229	200	168	160	146	133	123	114	107	100	94	89	88	80		
$b_{w \text{ max}}$ (cm)	269	179	135	108	90	77	67	60	54	49	45	41	38	35	32	29	27	25	23	22	

ادامه برش ۱-۲

$\Phi 12$		$V_s = \text{KN}$										$f_y = 300 \text{ MPa}$									
d_{cm}	s_{cm}	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۵	۲۸۸	۱۹۲	۱۴۴	۱۱۵																	
۳۰	۳۴۶	۲۳۱	۱۷۳	۱۳۸	۱۱۵																
۳۵	۴۰۳	۲۶۹	۲۰۲	۱۶۱	۱۳۴	۱۱۵															
۴۰	۴۶۱	۳۰۷	۲۳۱	۱۸۴	۱۵۴	۱۳۲	۱۱۵														
۴۵	۵۱۹	۳۴۶	۲۵۹	۲۰۷	۱۷۳	۱۴۸	۱۳۰	۱۱۵													
۵۰	۵۷۶	۳۸۴	۲۸۸	۲۳۱	۱۹۲	۱۶۵	۱۴۴	۱۲۸	۱۱۵												
۵۵	۵۳۴	۴۲۳	۳۱۷	۲۵۴	۲۱۱	۱۸۱	۱۵۸	۱۴۱	۱۲۷	۱۱۵											
۶۰	۶۹۲	۴۶۱	۳۴۶	۲۷۷	۲۳۱	۱۹۸	۱۷۳	۱۵۴	۱۳۸	۱۲۶	۱۱۵										
۶۵	۷۴۹	۴۹۹	۳۷۵	۳۰۰	۲۵۰	۲۱۴	۱۸۷	۱۶۶	۱۵۰	۱۳۶	۱۲۵	۱۱۵									
۷۰	۸۰۷	۵۳۸	۴۰۳	۳۲۳	۲۶۹	۲۳۱	۲۰۲	۱۷۹	۱۶۱	۱۴۷	۱۳۴	۱۲۴	۱۱۵								
۷۵	۸۶۴	۵۷۶	۴۳۲	۳۴۶	۲۸۸	۲۴۷	۲۱۶	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۷	۱۴۴	۱۳۳	۱۲۳	۱۱۵							
۸۰	۹۲۲	۶۱۵	۴۶۱	۳۶۹	۳۰۷	۲۶۳	۲۳۱	۲۰۵	۱۸۴	۱۶۸	۱۵۴	۱۴۲	۱۳۲	۱۲۳	۱۱۵						
۸۵	۹۸۰	۶۵۳	۴۹۰	۳۹۲	۳۲۷	۲۸۰	۲۴۵	۲۱۸	۱۹۶	۱۷۸	۱۶۳	۱۵۱	۱۴۰	۱۳۱	۱۲۲	۱۱۵					
۹۰	۱۰۳۷	۶۹۲	۵۱۹	۴۱۵	۳۶۴	۳۹۶	۳۵۹	۳۳۱	۲۰۷	۱۸۹	۱۷۳	۱۶۰	۱۴۸	۱۳۸	۱۳۰	۱۲۲	۱۱۵				
۹۵	۱۰۹۵	۷۳۰	۵۴۷	۴۳۸	۳۶۵	۳۱۳	۲۷۴	۲۴۳	۲۱۹	۱۹۹	۱۸۲	۱۶۸	۱۵۶	۱۴۶	۱۳۷	۱۲۹	۱۲۲	۱۱۵			
۱۰۰	۱۱۵۳	۷۶۸	۵۷۶	۴۶۱	۳۸۴	۳۲۹	۲۸۸	۲۵۶	۲۳۱	۲۱۰	۱۹۲	۱۷۷	۱۶۵	۱۵۴	۱۴۴	۱۳۶	۱۲۸	۱۲۱	۱۱۵		
$b_w \text{ max}$ (cm)	۲۸۷	۲۵۸	۱۹۴	۱۵۵	۱۲۹	۱۱۱	۹۷	۸۶	۷۷	۷۰	۶۵	۶۰	۵۵	۵۲	۴۸	۴۶	۴۳	۴۱	۳۹		

$\Phi 14$		$V_s = \text{KN}$										$f_y = 300 \text{ MPa}$									
d_{cm}	s_{cm}	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۵	۳۹۳	۲۶۲	۱۹۶	۱۵۷																	
۳۰	۴۷۱	۳۱۴	۲۳۶	۱۸۸	۱۵۷																
۳۵	۵۵۰	۳۶۷	۲۷۵	۲۲۰	۱۸۳	۱۵۷															
۴۰	۶۲۸	۴۱۹	۳۱۴	۲۵۱	۲۰۹	۱۸۰	۱۵۷														
۴۵	۷۰۷	۴۷۱	۳۵۳	۲۸۳	۲۳۶	۲۰۲	۱۷۷	۱۵۷													
۵۰	۷۶۵	۵۲۴	۳۹۳	۳۱۴	۲۶۲	۲۲۴	۱۹۶	۱۷۵	۱۵۷												
۵۵	۸۶۴	۵۷۶	۴۳۲	۳۴۶	۲۸۸	۲۴۷	۲۱۶	۱۹۲	۱۷۳	۱۵۷											
۶۰	۹۴۲	۶۲۸	۴۷۱	۳۷۷	۳۱۴	۲۶۹	۲۳۶	۲۰۹	۱۸۸	۱۷۱	۱۵۷										
۶۵	۱۰۲۱	۶۸۱	۵۱۱	۴۰۸	۳۴۰	۲۹۲	۲۵۵	۲۲۷	۲۰۴	۱۸۶	۱۷۰	۱۵۷									
۷۰	۱۱۰۰	۷۳۳	۵۵۰	۴۴۰	۳۶۷	۳۱۴	۲۷۵	۲۴۴	۲۲۰	۲۰۰	۱۸۳	۱۶۹	۱۵۷								
۷۵	۱۱۷۸	۷۸۵	۵۸۹	۴۷۱	۳۹۳	۳۳۷	۲۹۵	۲۶۲	۲۳۶	۲۱۴	۱۹۶	۱۸۱	۱۶۸	۱۵۷							
۸۰	۱۲۵۷	۸۳۸	۶۲۸	۵۰۳	۴۱۹	۳۵۹	۳۱۴	۲۷۹	۲۵۱	۲۲۸	۲۰۹	۱۹۳	۱۸۰	۱۶۸	۱۵۷						
۸۵	۱۳۳۵	۸۹۰	۶۶۸	۵۳۴	۴۴۵	۳۸۱	۳۳۴	۲۹۷	۲۶۷	۲۴۳	۲۲۳	۲۰۵	۱۹۱	۱۷۸	۱۶۷	۱۵۷					
۹۰	۱۴۱۴	۹۴۲	۷۰۷	۵۶۵	۴۷۱	۴۰۴	۳۵۳	۳۱۴	۲۸۳	۲۵۷	۲۳۶	۲۱۷	۲۰۲	۱۸۸	۱۷۷	۱۶۶	۱۵۷				
۹۵	۱۴۹۲	۹۹۵	۷۴۶	۵۹۷	۴۹۷	۴۲۶	۳۷۳	۳۳۲	۲۹۸	۲۷۱	۲۴۹	۲۳۰	۲۱۳	۱۹۹	۱۸۷	۱۷۶	۱۶۶	۱۵۷			
۱۰۰	۱۵۷۱	۱۰۳۷	۷۸۵	۶۲۸	۵۲۴	۴۴۹	۳۹۳	۳۴۹	۳۱۴	۲۸۶	۲۶۲	۲۴۲	۲۲۴	۲۰۹	۱۹۶	۱۸۵	۱۷۵	۱۶۵	۱۵۷		
$b_w \text{ max}$ (cm)	۵۲۸	۴۵۲	۳۶۴	۲۱۱	۱۷۶	۱۵۱	۱۳۲	۱۱۷	۱۰۶	۹۶	۸۸	۸۱	۷۵	۷۰	۶۶	۶۲	۵۹	۵۶	۵۳		

برش ۲-۲) تعیین مقاومت برشی V_s برای خاموت‌های U شکل . $f_y = 400 \text{ MPa}$

$$V_s = V_u - V_c = \phi_s \cdot A_v \cdot f_y \cdot \frac{d}{s}$$

$$\text{maximum } b_w = \frac{A_v \cdot f_y}{0.35S}$$

مراجع: بند ۲-۲-۱۲ و ۱-۲-۴-۱۲ و ۱-۳-۶-۱۲ از آیین‌نامه بتن ایران

$\Phi 10$				$V_s = \text{KN}$								$f_y = 400 \text{ MPa}$								
d, cm	s, cm	Δ	V/Δ	$1.$	$12/\Delta$	1Δ	$1V/\Delta$	$2.$	$22/\Delta$	2Δ	$2V/\Delta$	$3.$	$32/\Delta$	3Δ	$3V/\Delta$	$4.$	$42/\Delta$	4Δ	$4V/\Delta$	$\Delta.$
25	267	178	133	1.7																
30	320	214	160	128	1.7															
35	374	249	167	149	125	1.7														
40	427	285	214	171	142	122	1.7													
45	480	320	240	192	160	127	120	1.7												
50	534	356	267	214	178	153	122	119	1.7											
55	587	391	294	235	196	168	147	120	117	1.7										
60	641	427	320	256	214	183	160	142	128	116	1.7									
65	694	463	347	278	231	198	173	154	139	126	116	1.7								
70	747	498	374	299	249	214	187	166	149	136	125	115	1.7							
75	801	534	400	320	267	229	200	178	160	146	122	122	114	1.7						
80	854	569	427	342	285	244	214	190	171	155	142	121	122	114	1.7					
85	907	605	454	363	302	259	227	202	181	165	151	140	120	121	113	1.7				
90	961	641	480	384	320	275	240	214	192	175	160	148	127	128	112	1.7				
95	1014	676	507	406	338	290	254	225	203	184	169	156	145	135	127	119	112	1.7		
100	1038	712	524	427	356	305	267	237	214	194	178	164	153	142	132	126	119	112	1.7	
$b_w \text{ max}$ (cm)	359	229	179	144	120	102	90	80	72	65	60	55	51	48	45	42	40	38	36	

ادامه برش ۲-۲

$\Phi 12$		$V_s = \text{KN}$										$f_y = 400 \text{ MPa}$									
d, cm	S, cm	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۵		۳۸۴	۲۵۶	۱۹۲	۱۵۴																
۳۰		۴۶۱	۳۰۷	۲۳۱	۱۸۴	۱۵۴															
۳۵		۵۳۸	۳۵۹	۲۶۹	۲۱۵	۱۷۹	۱۵۴														
۴۰		۶۱۵	۴۱۰	۳۰۷	۲۴۶	۲۰۵	۱۷۶	۱۵۴													
۴۵		۶۹۲	۴۶۱	۳۴۶	۲۷۷	۲۳۱	۱۹۸	۱۷۳	۱۵۴												
۵۰		۷۶۸	۵۱۲	۳۸۴	۳۰۷	۲۵۶	۲۲۰	۱۹۲	۱۷۱	۱۵۴											
۵۵		۸۴۵	۵۶۳	۴۲۳	۳۳۸	۲۸۲	۲۴۱	۲۱۱	۱۸۸	۱۶۹	۱۵۴										
۶۰		۹۲۲	۶۱۵	۴۶۱	۳۶۹	۳۰۷	۲۶۳	۲۳۱	۲۰۵	۱۸۴	۱۶۸	۱۵۴									
۶۵		۹۹۹	۶۶۶	۴۹۹	۴۰۰	۳۳۳	۲۸۵	۲۵۰	۲۲۲	۲۰۰	۱۸۲	۱۶۶	۱۵۴								
۷۰		۱۰۷۶	۷۱۷	۵۳۸	۴۳۰	۳۵۹	۳۰۷	۲۶۹	۲۳۹	۲۱۵	۱۹۶	۱۷۹	۱۶۶	۱۵۴							
۷۵		۱۱۵۳	۷۶۸	۵۷۶	۴۶۱	۳۸۴	۳۳۹	۳۰۸	۲۵۶	۲۳۱	۲۱۰	۱۹۲	۱۷۷	۱۶۵	۱۵۴						
۸۰		۱۲۲۹	۷۲۰	۶۱۵	۴۹۲	۴۱۰	۳۵۱	۳۰۷	۲۷۳	۲۴۶	۲۲۴	۲۰۵	۱۸۹	۱۷۶	۱۶۴	۱۵۴					
۸۵		۱۳۰۶	۷۷۱	۶۵۳	۵۲۳	۴۳۵	۳۷۳	۳۲۷	۲۹۰	۲۶۱	۲۳۸	۲۱۸	۲۰۱	۱۸۷	۱۷۴	۱۶۳	۱۵۴				
۹۰		۱۳۸۳	۹۲۲	۶۹۲	۵۵۳	۴۶۱	۳۹۵	۳۴۶	۳۰۷	۲۷۷	۲۵۱	۲۳۱	۲۱۳	۱۹۸	۱۸۴	۱۷۳	۱۶۳	۱۵۴			
۹۵		۱۴۶۰	۹۷۳	۷۳۰	۵۸۴	۴۸۷	۴۱۷	۳۶۵	۳۲۴	۲۹۲	۲۶۵	۲۴۳	۲۲۵	۲۰۹	۱۹۵	۱۸۲	۱۷۲	۱۶۲	۱۵۴		
۱۰۰		۱۵۳۷	۱۰۲۵	۷۶۸	۶۱۵	۵۱۲	۴۳۹	۳۸۴	۳۴۲	۳۰۷	۲۷۹	۲۵۶	۲۳۶	۲۲۰	۲۰۵	۱۹۲	۱۸۱	۱۷۱	۱۶۲	۱۵۴	
$b_w \text{ max}$ (cm)		۵۱۷	۳۴۴	۲۵۸	۲۰۷	۱۷۲	۱۴۸	۱۲۹	۱۱۵	۱۰۳	۹۴	۸۶	۷۹	۷۴	۶۹	۶۵	۶۱	۵۷	۵۴	۵۲	

$\Phi 14$		$V_s = \text{KN}$										$f_y = 400 \text{ MPa}$									
d, cm	S, cm	۵	۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۲/۵	۴۵	۴۷/۵	۵۰	
۲۵		۵۲۴	۳۴۹	۲۶۲	۲۰۹																
۳۰		۶۲۸	۴۱۹	۳۱۴	۲۵۱	۲۰۹															
۳۵		۷۲۳	۴۸۹	۳۶۷	۲۹۳	۲۴۴	۲۰۹														
۴۰		۸۲۸	۵۵۹	۴۱۹	۳۳۵	۲۷۹	۲۳۹	۲۰۹													
۴۵		۹۳۲	۶۲۸	۴۷۱	۳۷۷	۳۱۴	۲۶۹	۲۳۶	۲۰۹												
۵۰		۱۰۴۷	۶۹۸	۵۲۴	۴۱۹	۳۴۹	۲۹۹	۲۶۲	۲۳۳	۲۰۹											
۵۵		۱۱۵۲	۷۶۸	۵۷۶	۴۶۱	۳۸۴	۳۳۹	۳۰۸	۲۵۶	۲۳۰	۲۰۹										
۶۰		۱۲۵۷	۸۳۸	۶۲۸	۵۰۳	۴۱۹	۳۵۹	۳۱۴	۲۷۹	۲۵۱	۲۳۸	۲۰۹									
۶۵		۱۳۶۱	۹۰۸	۶۸۱	۵۴۵	۴۵۴	۳۸۹	۳۴۰	۳۰۳	۲۷۲	۲۴۸	۲۲۷	۲۰۹								
۷۰		۱۴۶۶	۹۷۷	۷۳۳	۵۸۶	۴۸۹	۴۱۹	۳۶۷	۳۲۶	۲۹۳۶	۲۶۷	۲۴۴	۲۲۶	۲۰۹							
۷۵		۱۵۷۱	۱۰۴۷	۷۸۵	۶۲۸	۵۲۴	۴۴۹	۳۹۳	۳۴۹	۳۱۴	۲۸۶	۲۶۲	۲۴۲	۲۲۴	۲۰۹						
۸۰		۱۶۷۶	۱۱۱۷	۸۳۸	۶۷۰	۵۵۹	۴۷۹	۴۱۹	۳۷۲	۳۳۵	۳۰۵	۲۷۹	۲۵۸	۲۳۹	۲۲۳	۲۰۹					
۸۵		۱۷۸۰	۱۱۸۷	۸۹۰	۷۱۲	۵۹۳	۵۰۹	۴۴۵	۳۹۶	۳۵۶	۳۲۴	۲۹۷	۲۷۴	۲۵۴	۲۳۷	۲۲۳	۲۰۹				
۹۰		۱۸۸۵	۱۲۵۷	۸۴۲	۷۵۴	۶۲۸	۵۲۹	۴۷۱	۴۱۹	۳۷۷	۳۴۳	۳۱۴	۲۹۰	۲۶۹	۲۵۱	۲۳۶	۲۲۲	۲۰۹			
۹۵		۱۹۹۰	۱۳۲۶	۹۹۵	۷۹۶	۶۶۳	۵۳۸	۴۹۷	۴۴۲	۳۹۸	۳۶۲	۳۳۲	۳۰۶	۲۸۴	۲۶۵	۲۴۹	۲۳۴	۲۲۱	۲۰۹		
۱۰۰		۲۰۹۴	۱۳۹۶	۱۰۴۷	۷۳۸	۶۹۸	۵۹۸	۵۲۴	۴۶۵	۴۱۹	۳۸۱	۳۴۹	۳۲۲	۲۹۹	۲۷۹	۲۶۲	۲۴۶	۲۳۳	۲۲۰	۲۰۹	
$b_w \text{ max}$ (cm)		۷۰۴	۴۶۹	۳۵۲	۲۸۲	۲۳۵	۲۰۱	۱۷۶	۱۵۶	۱۴۱	۱۲۸	۱۱۷	۱۰۸	۱۰۱	۹۴	۸۸	۸۳	۷۸	۷۴	۷۰	

(۴-۳) شرایط محاسبه

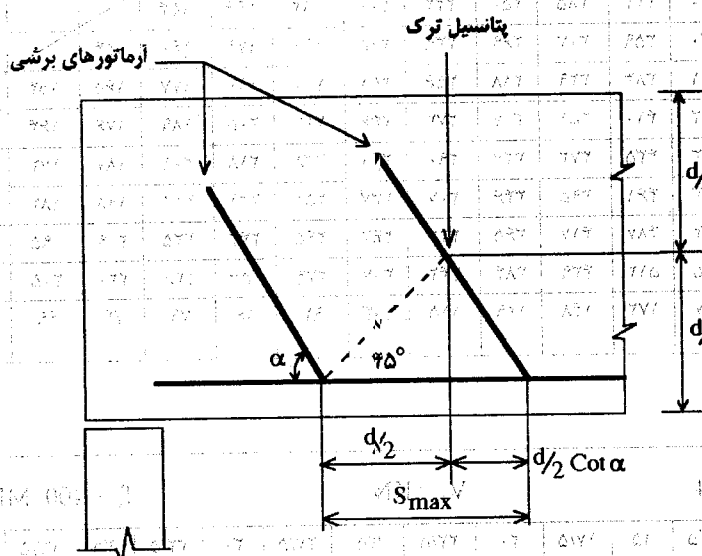
برش ۳) ضرایب لازم برای طراحی خاموت‌های مایل

مراجع: بندهای ۱۲-۴ و ۱۲-۴-۶ و ۱۲-۴-۳ و ۱۲-۴-۲ و ۱۲-۴-۴ از آیین‌نامه بتن ایران

$$\frac{S_{\max}}{d} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cot \alpha$$

برای خاموت‌ها اگر $V_s \leq 2V_c$ باشد داریم:

$$\frac{S_{\max}}{d} = \left(\frac{3}{4}\right) \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cot \alpha\right)$$

برای میلگردهای طولی خم شده اگر $V_s \leq 2V_c$ باشد داریم:

α (درجه)	۹۰	۸۵	۸۰	۷۵	۷۰	۶۵	۶۰	۵۵	۵۰	۴۵	۴۰	۳۵	۳۰
$B_v = \sin \alpha + \cos \alpha$	۱	۱/۰۸	۱/۱۶	۱/۲۲	۱/۲۸	۱/۳۳	۱/۳۷	۱/۳۹	۱/۴۱	۱/۴۱	۱/۴۱	۱/۳۹	۱/۳۷
$\frac{S_{\max}}{d}$ برای خاموت‌های مایل	۰/۵	۰/۵۴	۰/۵۹	۰/۶۳	۰/۶۸	۰/۷۳	۰/۷۹	۰/۸۵	۰/۹۲	۱	۱/۰۸	۱/۱۶	۰/۲۲
$\frac{S_{\max}}{d}$ برای میلگردهای خم شده	۰/۳۸	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۴۷	۰/۵۱	۰/۵۵	۰/۵۹	۰/۶۴	۰/۶۹	۰/۷۵	۰/۸۲	۰/۹۱	۱/۰۳

تذکره: در مواقعی که $V_s \geq 2V_c$ می‌باشد، مقادیر $\frac{S_{\max}}{d}$ باید به نصف تنذیل داده شوند.

برش ۴) تعیین درصد آرماتور ($100\rho_{uf}$) عمود بر صفحه برش، در برش اصطکاکی

مراجع: بخش ۱۲-۱۴ از آیین‌نامه بتن ایران.

مقادیر جدول برابر $100\rho_{uf}$ و یا $100\frac{A_{uf}}{A_{cv}}$ می‌باشند.

A_{uf} = سطح مقطع آرماتور برش اصطکاکی

A_{cv} = سطح مقطعی از بتن که در برابر برش مقاومت می‌کند

برای برش اصطکاکی داریم:

$$V_u \leq \phi_s \mu \cdot A_{uf} \cdot f_y = \phi_s \cdot \mu \cdot \rho_{uf} \cdot A_{cv} \cdot f_y$$

$$\frac{V_u}{A_{cv}} \leq \phi_s \mu \cdot \rho_{uf} \cdot f_y \leq 0.25 \phi_s \cdot f_c \quad (6.5 \phi_c \text{ با حداکثر مقدار})$$

100 ρ _{uf}													
$\frac{V_u}{A_{cv}}$ MPa	بتنی که بصورت یکپارچه، ریخته شود. μ = 1.25	بتنی که در مجاورت بتن سخت شده دارای سطح زیر، ریخته شود. μ = 0.9			بتنی که بوسیله گل میخ یا میگلرد به پروفیل فولادی متصل می‌شود. μ = 0.6			بتنی که در مجاورت بتن سخت شده دارای سطح نرم، ریخته شود. μ = 0.5					
	f_y , MPa			f_y , MPa			f_y , MPa			f_y , MPa			
	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	۲۲۰	۳۰۰	۴۰۰	
۰/۵	۰/۲۱	۰/۱۶	۰/۱۲	۰/۳۰	۰/۲۲	۰/۱۶	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۲۹	
۰/۷۵	۰/۳۲	۰/۲۴	۰/۱۸	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۲۵	۰/۶۷	۰/۴۹	۰/۳۷	۰/۸۰	۰/۵۹	۰/۴۴	
۱	۰/۴۳	۰/۳۱	۰/۲۴	۰/۵۹	۰/۴۴	۰/۳۳	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۴۹	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۵۹	
۱/۲۵	۰/۵۳	۰/۳۹	۰/۲۹	۰/۷۴	۰/۵۴	۰/۴۱	۱/۱۱	۰/۸۲	۰/۶۱	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	
۱/۵	۰/۶۴	۰/۴۷	۰/۳۵	۰/۸۹	۰/۶۵	۰/۴۹	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	۱/۶۰	۱/۱۸	۰/۸۸	
۱/۷۵	۰/۷۵	۰/۵۵	۰/۴۱	۱/۰۴	۰/۷۶	۰/۵۷	۱/۵۶	۱/۱۴	۰/۸۶	۱/۸۷	۱/۳۷	۱/۰۳	
۲	۰/۸۶	۰/۶۳	۰/۴۷	۱/۱۹	۰/۸۷	۰/۶۵	۱/۷۸	۱/۳۱	۰/۹۸	۲/۱۴	۱/۵۷	۱/۱۸	
۲/۲۵	۰/۹۶	۰/۷۱	۰/۵۳	۱/۳۴	۰/۹۸	۰/۷۴	۲/۰۱	۱/۴۷	۱/۱۰	۲/۴۱	۱/۷۶	۱/۳۲	
۲/۵	۱/۰۷	۰/۷۸	۰/۵۹	۱/۴۹	۱/۰۹	۰/۸۲	۲/۲۳	۱/۶۳	۱/۲۳	۲/۶۷	۱/۹۶	۱/۴۷	
۲/۷۵	۱/۱۸	۰/۸۶	۰/۶۵	۱/۶۳	۱/۲۰	۰/۹۰	۲/۴۵	۱/۸۰	۱/۳۵	۲/۹۴	۲/۱۶	۱/۶۲	
۳	۱/۲۸	۰/۹۴	۰/۷۱	۱/۷۸	۱/۳۱	۰/۹۸	۲/۶۷	۱/۹۶	۱/۴۷	۳/۲۱	۲/۳۵	۱/۷۶	
۳/۲۵	۱/۳۹	۱/۰۲	۰/۷۶	۱/۹۳	۱/۴۲	۱/۰۶	۳/۹۰	۲/۱۲	۱/۵۹	۳/۴۸	۲/۵۵	۱/۹۱	
۳/۵	۱/۵۰	۱/۱۰	۰/۸۲	۲/۰۸	۱/۵۳	۱/۱۴	۳/۱۲	۲/۲۹	۱/۷۲	۳/۷۴	۲/۷۵	۲/۰۶	
۳/۷۵	۱/۶۰	۱/۱۸	۰/۸۸	۲/۲۳	۱/۶۳	۱/۲۳	۳/۳۴	۲/۴۵	۱/۸۴	۴/۰۱	۲/۹۴	۲/۲۱	
۳/۹	۱/۶۷	۱/۲۲	۰/۹۲	۲/۳۲	۱/۷۰	۱/۲۷	۳/۴۸	۲/۵۵	۱/۹۱	۴/۱۴	۳/۰۶	۲/۲۹	

تفسير شكلها

مثال ۱ ممان اینرسی برای موثر برای یک مقطع مستطیل شکل با آرماتور کششی

ممان اینرسی موثر را برای تیر مستطیل شکل زیر محاسبه نمایید.

مشخصات :

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

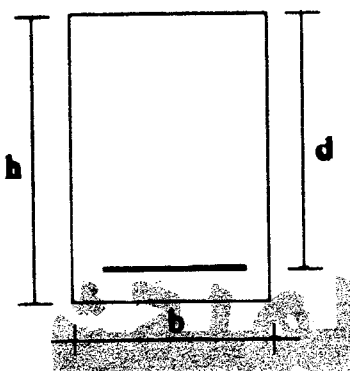
$$h = 60 \text{ cm}$$

$$A_s = 40 \text{ cm}^2$$

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$n = 8$$

$$M_a = 242 \text{ KN.m}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه لنگر خمشی ترک خوردگی مقطع $f_c = 0.6\sqrt{30} = 3.29 \text{ Mpa}$ $I_g = \frac{0.35 \times 0.6^3}{12} = 6.3 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ $M_{cr} = \frac{3.29 \times 6.3 \times 10^{-3}}{0.3} \times 10^3 = 69.1 \text{ KN.m}$	گام اول محاسبه لنگر خمشی ترک خوردگی مقطع $f_c = 0.6\sqrt{f_c}$ $I_g = \frac{bh^3}{12}$ $M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$	۲-۲-۲-۱۴ معادله ۳-۱۴
	گام دوم محاسبه ممان اینرسی مقطع ترک خورده برای مقاطع مستطیل شکل بدون آرماتور فشاری داریم: $\frac{bx^2}{2} - nA_s(d-x) = 0$ x فاصله محور خنثی از تار فوقانی تیر می باشد. $I_{cr} = \frac{bx^3}{3} + nA_s(d-x)^2$	گام دوم محاسبه ممان اینرسی مقطع ترک خورده برای مقاطع مستطیل شکل بدون آرماتور فشاری داریم: $\frac{35x^2}{2} - 8 \times 40(55-x) = 0$ $17.5x^2 + 320x - 17600 = 0$ $\rightarrow x = 23.86 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{35 \times 23.86^3}{3} + 8 \times 40(55 - 23.86)^2$ $I_{cr} = 468778 \text{ cm}^4$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام سوم) محاسبه ممان اینرسی کل مقطع $I_g = \frac{bh^3}{12} = \frac{0.35 \times 60^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$		
	گام چهارم) محاسبه ممان اینرسی موثر مقطع معادله ۱-۱۴ $I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$ $I_e = 468778 + (630000 - 468778) \times \left(\frac{69.1}{242} \right)^3$ $I_e = 468778 + 3753$ $I_e = 472531 \text{ cm}^4 < I_g \text{ O.K.}$		۲-۲-۲-۱۴
افت ۱	ب) با استفاده از جداول کمکی گام اول) محاسبه M_{cr} ابتدا مقدار K_{cr} به دست می آید. سپس با استفاده از فرمول زیر M_{cr} محاسبه می شود: $M_{cr} = K_{cr} \frac{b}{100}$ برای $f_c = 30 \text{ Mpa}$ و $h = 60 \text{ cm}$ داریم: $K_{cr} = 197.18$ $M_{cr} = 197.18 \times \frac{35}{100} = 69 \text{ KN.m}$		۲-۲-۲-۱۴
	گام دوم) محاسبه I_{cr} ابتدا مقدار ρ محاسبه می شود. $\rho = \frac{A_s}{bd}$ $\rho = \frac{40}{35 \times 55} = 0.0208$ برای $\rho = 0.0208$ و $n = 8$ داریم: $K_{il} = 0.08$ $I_{cr} = 0.08 \times 35 \times 55^3 = 465850 \text{ cm}^4$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام سوم) محاسبه I_g	$I_g = \frac{bh^3}{12}$
	$I_g = \frac{35 \times 60^3}{12} = 630000 \text{ cm}^4$		
		گام چهارم) محاسبه I_e	
	$\frac{I_{cr}}{I_g} = \frac{465850}{630000} = 0.74$ $\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{69}{242} = 0.285$ برای $\frac{M_{cr}}{M_a} = 0.285$ و $\frac{I_{cr}}{I_g} = 0.74$ داریم: $K_{i3} = 0.755$ $I_e = 0.755 \times 630000 = 475650 \text{ cm}^4$	ابتدا مقادیر $\frac{M_{cr}}{M_a}$ و $\frac{I_{cr}}{I_g}$ محاسبه می شوند و سپس K_{i3} بدست می آید.	

مثال ۲ افت یک تیر مستطیل شکل با دهانه ساده و دارای آرماتور کششی

افت ناشی از بار زنده را در وسط دهانه تیر زیر تعیین کنید. M_d و M_{d+1} لنگرهای ناشی از بارهای بهره‌برداری می‌باشند.

مشخصات :

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$d = 55 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$A_s = 40 \text{ cm}^2$$

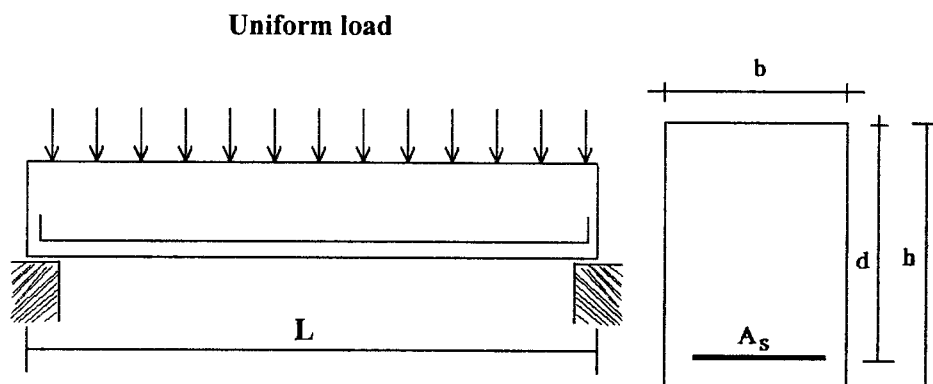
$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$n = 8$$

$$M_d = 165 \text{ KN.m}$$

$$M_{d+1} = 243 \text{ KN.m}$$

$$L = 12 \text{ m}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	با توجه به مثال افت ۱ مقادیر I_{cr} و I_g و M_{cr} برابرند با : $I_{cr} = 468778 \text{ cm}^4$ $I_g = 630000 \text{ cm}^4$ $M_{cr} = 69.1 \text{ KN.m}$ $I_{ed} = 468778 + (630000 - 468778) \left(\frac{69.1}{165} \right)^3$ $I_{ed} = 480620 \text{ cm}^4$	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه I_e برای لنگر ناشی از بار مرده	۲-۲-۲-۱۴
		معادله ۱-۱۴ $I_{ed} = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_d} \right)^3$	
		گام دوم محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده $a_d = \frac{5 q_d \cdot L^4}{384 E \cdot I_{ed}}$ و یا :	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$a_d = \frac{5}{48} \frac{165 \times 10^{-3} \times 12^2}{E \times 480620 \times 10^{-8}}$ $a_d = \frac{514/96}{E}$ و: $E = 5000\sqrt{30} = 27386 \text{ Mpa}$ بنابراین: $a_d = \frac{514/96}{27386} = 0.019\text{m}$ و یا: $a_d = 1.9 \text{ cm}$	$a_d = \frac{5}{48} \frac{(q_d \cdot L^2 / 8) L^2}{E \cdot I_{ed}}$ $E = 5000\sqrt{f_c}$	۱-۳-۳-۱۰
	$I_{e(d+1)} = 468778 + (630000 - 468778) \times \left(\frac{69.1}{243}\right)^3$ $I_{e(d+1)} = 472485 \text{ cm}^4$	گام سوم) محاسبه I_e ناشی از بار مرده و زنده $I_{e(d+1)} = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \times \left(\frac{M_{cr}}{M_{d+1}}\right)^3$	۲-۲-۲-۱۴
	$a_{d+1} = \frac{5}{48} \frac{243 \times 10^{-3} \times 12^2}{27386 \times 472485 \times 10^{-8}}$ $a_{d+1} = 0.028 \text{ m}$ $a_{d+1} = 2.8 \text{ cm}$ و:	گام چهارم) محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده و زنده $a_{d+1} = \frac{5}{48} \frac{(q_{d+1} L^2 / 8) L^2}{E \cdot I_{e(d+1)}}$	
	$a_l = 2.8 - 1.8 = 0.9 \text{ cm}$	گام پنجم) محاسبه تغییر شکل ناشی از بار زنده $a_l = a_{d+1} - a_d$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
افت ۴	با توجه به قسمت الف داریم: $\frac{I_{cr}}{I_g} = \frac{468778}{630000} = 0.74$ $\frac{M_{cr}}{M_a} = \frac{69.1}{165} = 0.42$ برای $\frac{I_{cr}}{I_g} = 0.74$ و $\frac{M_{cr}}{M_d} = 0.42$ داریم: $K_{i3} = 0.768$ $I_e = 0.768 \times 630000 = 483840 \text{ cm}^4$	ب) با استفاده از جداول کمکی گام اول) محاسبه I_e برای M_d ابتدا $\frac{M_{cr}}{M_d}$ و $\frac{I_{cr}}{I_g}$ محاسبه می شوند سپس K_{i3} تعیین می گردد. $I_{ed} = K_{i3} \cdot I_g$	۲-۲-۲-۱۴
افت ۱-۵ افت ۲-۵	برای حالت دوم داریم: $K_{a3} = 5$ برای $L = 12 \text{ m}$ و $f_c = 30 \text{ Mpa}$ داریم: $K_{a1} = 1095.45$ $a_d = \frac{1095.45}{483840} \times 5 \times 165 = 1.87 \text{ cm}$	محاسبه تغییر شکل ناشی از بار مرده ابتدا مقدار K_{a3} تعیین می شود. سپس مقدار K_{a1} تعیین می گردد: $a_d = \frac{K_{a1}}{I_{ed}} \cdot K_{a3} \cdot M_d$	

مثال ۳ ممان اینرسی مقطع ترک خورده T شکل با آرماتور کششی

ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} را برای شکل زیر بدست آورید.

مشخصات :

$$n = 9$$

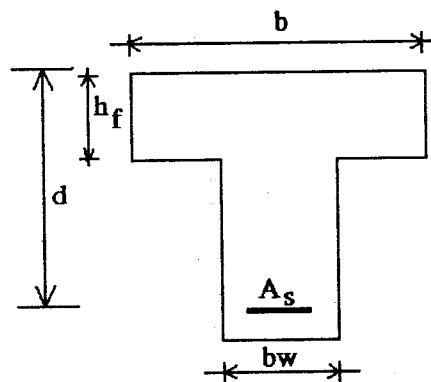
$$b = 115 \text{ cm}$$

$$b_w = 60 \text{ cm}$$

$$h_f = 15 \text{ cm}$$

$$d = 90 \text{ cm}$$

$$A_s = 180 \text{ cm}^2$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی نیز برای تیر T شکل و بدون آرماتور فشاری داریم: $h_f(b - b_w)(x - h_f/2) + \frac{1}{2}b_w x^2 - n.A_s(d - x) = 0$ $15(115 - 60)(x - 15/2) + 30x^2 - 9 \times 180(90 - x) = 0$ و یا: $30x^2 + 2445x - 151987.5 = 0$ $\rightarrow x = 41.27 \text{ cm} > h_f \text{ OK.}$ تذکر: اگر x کوچکتر از h_f شود باید مستطیل بزرگ به عرض b را در محاسبات مدنظر قرار داد. چون x بزرگتر از h_f شده است محاسبات تیر T شکل را ادامه می دهیم.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) محاسبه I_{cr} برای تیر T شکل و بدون آرما تور فشاری داریم: $I_{cr} = \frac{1}{3} b_w x^3 + n \cdot A_s (d - x)^2 + \frac{1}{12} (b - b_w) h_f^3 + (b - b_w) \cdot h_{fx} \left(x - \frac{h_f}{2} \right)^2$ $= \frac{1}{3} \times 60 \times 41.27^3 + 9 \times 180 \times (90 - 41.27)^2 + \frac{1}{12} \times (115 - 60) \times 15^3 + (115 - 60) \times 15 \times \left(41.27 - \frac{15}{2} \right)^2 = 620914 \text{ cm}^4$	
		ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه ثابت های جدول $\rho_w = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$ $\rho_w \cdot n$ $\frac{h_f}{2d}$ $\beta_c = \frac{\left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) \frac{h_f}{d}}{\rho_w \cdot n}$ $\rho_w = \frac{180}{60 \times 90} = 0.0333$ $\rho_w \cdot n = 0.0333 \times 9 = 0.3$ $\frac{h_f}{2d} = \frac{15}{2 \times 90} = 0.0833$ $\beta_c = \frac{\left(\frac{115}{60} - 1 \right) \frac{15}{90}}{0.3} = 0.51$	
		گام دوم) محاسبه K_{i2} برای $\frac{h_f}{2d} = 0.0833$ و $\rho_w \cdot n = 0.3$ و $\beta_c = 0.51$ داریم: $K_{i2} = 0.14$	
		گام سوم) محاسبه I_{cr} $I_{cr} = K_{i3} \cdot b_w \cdot d^3$ $I_{cr} = 0.14 \times 60 \times 90^3 = 6123600 \text{ cm}^4$	

مثال ۴ ممان اینرسی یک مقطع ترک خورده و دارای آرماتور کششی و فشاری

ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} را برای شکل زیر بدست آورید. مقطع تحت تاثیر لنگر منفی قرار دارد.

مشخصات :

$$n = 9$$

$$b = 45 \text{ cm}$$

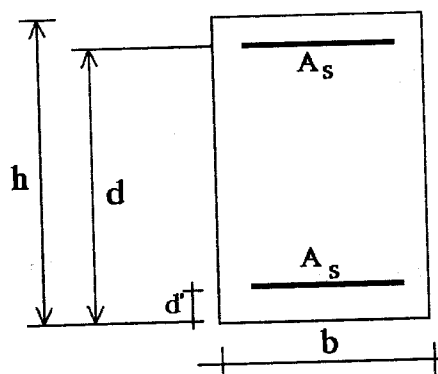
$$h = 100 \text{ cm}$$

$$d = 90 \text{ cm}$$

$$d' = 6.5 \text{ cm}$$

$$A_s = 88 \text{ cm}^2$$

$$A'_s = 42 \text{ cm}^2$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی تیر برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم: $\frac{1}{2} b x^2 + (n-1) A'_s (x - d') - n A_s (d - x) = 0$ $22.5x^2 + 8 \times 88 \times (x - 6.5) - 9 \times 88 (90 - x) = 0$ و یا: $22.5x^2 + 128x - 73464 = 0$ $\rightarrow x = 33.66 \text{ cm}$	الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه فاصله بین محور خنثی و تار فوقانی تیر برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم:	
	گام دوم) محاسبه I_{cr} برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم:	گام دوم) محاسبه I_{cr} برای تیر مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری داریم:	

جداول کمکی	محاسبات	روشی	بند آیین نامه
	$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 45 \times 33.66^3 + 8 \times 42 \times (33.66 - 6.5)^2 + 9 \times 88 \times (90 - 33.66)^2$ $I_{cr} = 3333868 \text{ cm}^4$	$I_{cr} = \frac{1}{3} b_w x^3 + (n-1) A'_s (x - d')^2 + n A_s (d - x)^2$	
	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه ثابت های جدول $\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d} = \frac{88}{45 \times 90} = 0.0217$ $\rho' = \frac{A'_s}{b_w \cdot d} = \frac{42}{45 \times 90} = 0.0104$ $\rho \cdot n = 0.0217 \times 9 = 0.1953$ $\beta_c = \frac{\rho' (n-1)}{\rho \cdot n} = \frac{0.0104(9-1)}{0.1953} = 0.426$ $\frac{d'}{d} = \frac{6.5}{90} = 0.0722$	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه ثابت های جدول $\rho = \frac{A_s}{b_w \cdot d}$ $\rho' = \frac{A'_s}{b_w \cdot d}$ $\rho \cdot n$ $\beta_c = \frac{\rho' (n-1)}{\rho \cdot n}$ $\frac{d'}{d}$	
افت ۱-۳	برای $\beta_c = 0.4$ و $\rho \cdot n = 0.1953$ و $\frac{d'}{d} = 0.0722$ داریم: $K_{i2} = 0.102$	گام دوم)	
افت ۱-۳	برای $\beta_c = 0.5$ و $\rho \cdot n = 0.1953$ و $\frac{d'}{d} = 0.0722$ داریم: $K_{i2} = 0.104$ با استفاده از درون یابی، برای $\beta_c = 0.426$ داریم: $K_{i2} = 0.1025$	محاسبه K_{i2}	
	$I_{cr} = 0.1025 \times 45 \times 90^3 = 3362513 \text{ cm}^4$	گام سوم)	
		محاسبه I_{cr}	
		$I_{cr} = K_{i2} \cdot b_w \cdot d^3$	

مثال ۵ افت ناشی از بار زنده و افت درازمدت در یک تیر پیوسته

افت ناشی از بار زنده و افت درازمدت را در تیر شکل زیر محاسبه نمایید. تمام لنگرها ناشی از بارهای بهره‌برداری می‌باشند.

مشخصات:

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

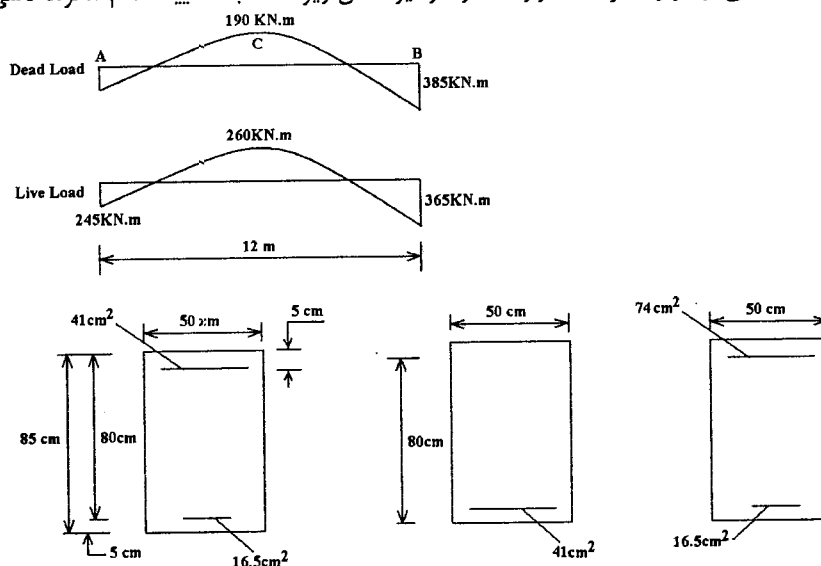
$$n = 9$$

$$q_d = 26.5 \text{ KN/m}$$

$$q_l = 31.4 \text{ KN/m}$$

تذکر: طبق بند ۱۴-۲-۲-ب از آیین‌نامه ایران می‌توان

از I_e محاسبه شده در وسط دهانه (مقطع C) استفاده نمود.



بند آیین‌نامه	روش	محاسبات	جدول کمکی
	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه I_g	$I_g = \frac{50 \times 85^3}{12} = 2558854 \text{ cm}^4$	
	گام دوم) محاسبه I_{cr} برای هر یک از مقاطع برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور فشاری با استفاده از معادله زیر، محل محور خنثی به دست می‌آید: $\frac{1}{2}bx^2 + (n-1)A'_s(x-d') - n.A_s(d-x) = 0$ سپس با استفاده از فرمول: $I_{cr} = \frac{1}{3}bx^3 + (n-1)A'_s(x-d')^2 + nA_s(d-x)^2$ ممان اینرسی مقطع ترک خورده محاسبه می‌گردد.	برای مقطع A داریم: $25x^2 + 8 \times 16.5 \times (x-5) - 9 \times 41(80-x) = 0$ و یا: $25x^2 + 501 - 30180 = 0$ $\rightarrow x = 26.14 \text{ cm}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 26.14^3 + 8 \times 16.5 \times (26.14 - 5)^2 + 9 \times 41 \times (80 - 26.14)^2$ $I_{cr} = 1427114$ برای مقطع B داریم : $25x^2 + 8 \times 16.5 \times (x - 5) - 9 \times 74(80 - x) = 0$ و یا : $25x^2 + 798x - 53940 = 0$ $\rightarrow x = 33.16 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 33.16^3 + 8 \times 16.5 \times (33.16 - 5)^2 + 9 \times 74 \times (80 - 33.16)^2$ $I_{cr} = 2173573$ برای مقطع C داریم : $25x^2 - 9 \times 41(80 - x) = 0$ و یا : $25x^2 + 369x - 29520 = 0$ $\rightarrow x = 27.77 \text{ cm}$ $I_{cr} = \frac{1}{3} \times 50 \times 27.77^3 + 9 \times 41 \times (80 - x)^2$ $I_{cr} = 1363547$		
۲-۲-۲-۱۴ معادله ۳-۱۴ معادله ۳-۱۴	گام سوم) محاسبه M_{cr} $f_r = 0.6\sqrt{f_c}$ $M_{cr} = \frac{f_r \cdot I_g}{y_t}$	$f_r = 0.6\sqrt{20} = 2.68 \text{ Mpa}$ $M_{cr} = \frac{2.68 \times 2558854 \times 10^{-8}}{0.425} \times 10^3$ $M_{cr} = 161.4 \text{ KN.m}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام چهارم) محاسبه I_{ed} برای بار مرده معادله ۱-۱۴ $I_{ed} = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_d} \right)^3$ برای مقطع A داریم: $I_{ed} = 1427114 + (2558854 - 1427114) \times \left(\frac{161.4}{190} \right)^3 = 2120854$ برای مقطع B داریم: $I_{ed} = 2173573 + (2558854 - 2173573) \times \left(\frac{161.4}{385} \right)^3 = 2201959$ برای مقطع C داریم: $I_{ed} = 1363547 + (2558854 - 1363547) \times \left(\frac{161.4}{190} \right)^3 = 2096252$ مقدار I_{ed} متوسط با در نظر گرفتن ضریب ۲ برای مقطع بحرانی وسط دهانه، برابر است با: $\overline{I_{ed}} = \frac{1}{4} (I_A + 2I_c + I_B)$ $\overline{I_{ed}} = \frac{1}{4} (2120854 + 2 \times 2096252 + 2201959) = 2128829$ دو مقدار برای I_{ed} می توان در نظر گرفت: $I_{ed1} = I_c$ $I_{ed2} = \overline{I_{ed}}$	روش	۲-۲-۲-۱۴ ۱-۱۴ ۲-۲-۲-۱۴ ب

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام پنجم) محاسبه افت ناشی از بار مرده $a_d = \frac{5}{284} \frac{q_d \cdot L^4}{E \cdot I_{ed}} - \frac{1}{16} \frac{L^2}{E \cdot I_{ed}} \times (M_A + M_B)$ $a_d = \frac{5}{384} \frac{26.5 \times 10^{-3} \times 12^4}{E \cdot I_{ed}} - \frac{1}{16} \frac{12^2}{E \cdot I_{ed}} (190 + 385) \times 10^{-3}$ $a_d = \frac{1.98}{E \cdot I_{ed}}$ و : $E = 5000 \sqrt{f_c} = 22361 \text{ Mpa}$ بنابراین: $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{I_{ed}}$ اگر $I_{ed} = I_c$ باشد : $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{2096252 \times 10^{-8}} = 4.22 \times 10^{-3} \text{ m}$ و یا : $a_d = 0.422 \text{ cm}$ اگر $I_{ed} = \overline{I_{ed}}$ باشد : $a_d = \frac{8.85 \times 10^{-5}}{2128829 \times 10^{-8}} = 4.16 \times 10^{-3} \text{ m}$ و یا : $a_d = 0.416 \text{ cm}$	گام پنجم) محاسبه افت ناشی از بار مرده $a_d = \frac{5}{284} \frac{q_d \cdot L^4}{E \cdot I_{ed}} - \frac{1}{16} \frac{L^2}{E \cdot I_{ed}} \times (M_A + M_B)$ ۱-۳-۳-۱۰ $E = 5000 \sqrt{f_c}$	
	گام ششم) محاسبه I_e برای مجموع بار مرده و زنده $I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$ معادله ۱-۱۴ $M_a = M_d + M_l$ که در آن :	گام ششم) محاسبه I_e برای مجموع بار مرده و زنده $I_e = I_{cr} + (I_g - I_{cr}) \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3$ ۲-۲-۲-۱۴ معادله ۱-۱۴ $M_a = M_d + M_l$ که در آن :	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای مقطع A داریم: $I_e = 1427114 + (2558854 - 1427114) \times \left(\frac{151.4}{190 + 245}\right)^3 = 1484922$ برای مقطع B داریم: $I_e = 2173573 + (2558854 - 2173573) \times \left(\frac{151.4}{388 + 365}\right)^3 = 2177413$ برای مقطع C داریم: $I_e = 1363547 + (2558854 - 1363547) \times \left(\frac{161.4}{190 + 260}\right)^3 = 1418698$ $\bar{I}_e = \frac{1}{4}(I_A + 2I_C + I_B)$ $\bar{I}_e = \frac{1}{4}(1484922 + 2 \times 1418698 + 2177413) = 1624933 \text{ cm}^4$ دو مقدار برای I_c می توان در نظر گرفت: $I_{e1} = I_c$ $I_{e2} = \bar{I}_e$		۲۲-۲-۲-۱۴ ب
	گام هفتم) محاسبه افت ناشی از مجموع بار مرده و زنده $a_{d+l} = \frac{5}{384} \frac{q.L^4}{E.I_e} - \frac{1}{16} \frac{L^2}{E.I_e} \times (M_A + M_B)$ $a_{d+l} = \frac{5}{384} \frac{(26.5 + 31.4) \times 10^{-3} \times 12^4}{22361 \times I_e} - \frac{1}{16} \times \frac{12^2}{22361 \times I_e} (435 + 750) \times 10^{-3}$ $= \frac{2.322 \times 10^{-4}}{I_e}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	اگر $I_e = I_c$ باشد : $a_{d+1} = \frac{2.222 \times 10^{-4}}{141869 \times 10^{-8}} = 0.01566 \text{ m}$ و یا : $a_{d+1} = 1.566 \text{ cm}$ اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد : $a_{d+1} = \frac{2.222 \times 10^{-4}}{1624933 \times 10^{-8}} = 0.01367 \text{ m}$ و یا : $a_{d+1} = 1.367 \text{ cm}$		
	اگر $I_e = I_c$ باشد : $a_1 = 1.566 - 0.422 = 1.144 \text{ cm}$ اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد : $a_1 = 1.367 - 0.416 = 0.951 \text{ cm}$	گام هشتم) محاسبه افت ناشی از بار زنده $a_1 = a_{d+1} - a_d$	
	اگر $I_e = I_c$ باشد : $a_{TOT} = 3 \times 0.1121 + 0.7817 = 1.118 \text{ cm}$ اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد : $a_{TOT} = 3 \times 0.1104 + 0.6699 = 1.001 \text{ cm}$	گام نهم) محاسبه افت دراز مدت $\lambda = \frac{2}{1 + 50\rho'}$ در این رابطه ρ' نسبت آرماتور فشاری در مقطع وسط دهانه می باشد. $a_{TOT} = (1 + \lambda) a_d + a_1$	۳-۲-۲-۱۴ معادله ۴-۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																
		گام دهم) کنترل محدودیت افت در ساختمانهای متعارف محدودیت های زیر باید رعایت شوند:	۴-۲-۱۴ ۲-۴-۲-۱۴																
	$\frac{0.7817}{1200} = \frac{1}{1535} < \frac{1}{360} \text{ OK.}$ $\frac{0.7817 + 2 \times 0.1121}{1200} = \frac{1}{1193} < \frac{1}{240} \text{ OK.}$	$\frac{a_1}{L} < \frac{1}{360}$ $\frac{a_1 + \lambda_{ad}}{L} < \frac{1}{240}$																	
		ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه I_g																	
	$I_g = \frac{50 \times 85^3}{12} = 2558854 \text{ cm}^4$	$I_g = \frac{bh^3}{12}$																	
		گام دوم) محاسبه I_{cr} برای هر یک از مقاطع برای مقاطع A و B داریم:	۲-۲-۲-۱۴																
	<table><thead><tr><th>مقطع A</th><th>مقطع B</th></tr></thead><tbody><tr><td>$\rho = 0.0103$</td><td>0.0185</td></tr><tr><td>$\rho' = 0.0041$</td><td>0.0041</td></tr><tr><td>$\rho.n = 0.0927$</td><td>0.1665</td></tr><tr><td>$\beta_c = 0.35$</td><td>0.2</td></tr><tr><td>$d'/d = 0.0625$</td><td>0.0625</td></tr><tr><td>$K_{i2} = 0.055$</td><td>0.083</td></tr><tr><td>$I_{cr} = 1408000$</td><td>2124800</td></tr></tbody></table>	مقطع A	مقطع B	$\rho = 0.0103$	0.0185	$\rho' = 0.0041$	0.0041	$\rho.n = 0.0927$	0.1665	$\beta_c = 0.35$	0.2	$d'/d = 0.0625$	0.0625	$K_{i2} = 0.055$	0.083	$I_{cr} = 1408000$	2124800	$\rho = A_s / bd$ $\rho' = A'_s / bd$ $\rho.n$ $\beta_c = \frac{(n-1)\rho'}{\rho.n}$ d'/d حال مقدار K_{i2} از روی جدول بدست می آید: $I_{cr} = K_{i2}.db^3 = K_{i2} \times 50 \times 80^3$	افت ۱-۳
مقطع A	مقطع B																		
$\rho = 0.0103$	0.0185																		
$\rho' = 0.0041$	0.0041																		
$\rho.n = 0.0927$	0.1665																		
$\beta_c = 0.35$	0.2																		
$d'/d = 0.0625$	0.0625																		
$K_{i2} = 0.055$	0.083																		
$I_{cr} = 1408000$	2124800																		

افت ۱-۳

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																				
افت ۲	برای $n = 9$ و $\rho = 0.0103$ داریم: $\rho = \frac{41}{50 \times 80} = 0.0103$ $K_{il} = 0.053$ $I_{cr} = 0.053 \times 50 \times 80^3 = 1356800 \text{ cm}^4$	برای مقطع C داریم: $\rho = A_s / bd$ حال مقدار K_{il} از روی جدول به دست می آید. $I_{cr} = K_{il} \cdot bd^3$																					
افت ۱	برای $h = 85 \text{ cm}$ و $f_c = 20 \text{ Mpa}$ داریم: $K_{cr} = 323.11$ $M_{cr} = 323.11 \times \frac{50}{100} = 161.5 \text{ KN.m}$	محاسبه M_{cr} $M_{cr} = K_{cr} \frac{b}{100}$	گام سوم																				
افت ۴	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>مقطع A</th><th>مقطع B</th><th>مقطع C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M_{cr}/M_a</td><td>0.85</td><td>0.42</td><td>0.85</td></tr> <tr> <td>I_{cr}/I_g</td><td>0.55</td><td>0.83</td><td>0.53</td></tr> <tr> <td>K_{i3}</td><td>0.826</td><td>0.843</td><td>0.818</td></tr> <tr> <td>I_{ed}</td><td>2113613</td><td>2157114</td><td>2093143</td></tr> </tbody> </table> $\bar{I}_{ed} = \frac{1}{4}(2113613 + 2 \times 2093143 + 2157114) = 2114253 \text{ cm}^4$ $I_{ed1} = 2093143 \text{ cm}^4$ $I_{ed2} = 2114253 \text{ cm}^4$		مقطع A	مقطع B	مقطع C	M_{cr}/M_a	0.85	0.42	0.85	I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53	K_{i3}	0.826	0.843	0.818	I_{ed}	2113613	2157114	2093143	محاسبه I_{ed} برای بار مرده $M_{cr} / M_a = \frac{161.5}{M_d}$ $I_{cr} / I_g = I_{cr} / 2558854$ حال مقدار K_{i3} از روی جدول به دست می آید. $I_{ed} = K_{i3} I_g = K_{i3} \times 2558854$ مقدار I_{ed} متوسط با در نظر گرفتن ضریب ۲ برای مقطع بحرانی وسط دهانه، برابر است با: $\bar{I}_{ed} = \frac{1}{4}(I_A + 2I_C + I_B)$ دو مقدار برای I_{ed} می توان در نظر گرفت: $I_{ed1} = I_c$ $I_{ed2} = \bar{I}_{ed}$	گام چهارم
	مقطع A	مقطع B	مقطع C																				
M_{cr}/M_a	0.85	0.42	0.85																				
I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53																				
K_{i3}	0.826	0.843	0.818																				
I_{ed}	2113613	2157114	2093143																				

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																				
افت ۲-۵	برای $f_c = 20\text{Mpa}$ و $L=12\text{ m}$ داریم: $K_{a1} = 1341.64$	گام پنجم) محاسبه افت ناشی از بار مرده مقادیر K_{a1} و K_{a3} از روی جدول تعیین می شوند.																					
افت ۱-۵	برای حالت ۷ داریم: $K_{a3} = 5$ اگر $I_{ed} = I_c$ باشد: $a_d = \frac{5}{2093143} [190 - 0.1(190 + 385)] \times 1341.64 = 0.425 \text{ cm}$ اگر $I_{ed} = \bar{I}_{ed}$ باشد: $a_d = \frac{5}{2114253} [190 - 0.1(190 + 385)] \times 1341.64 = 0.42 \text{ cm}$	$a_d = \frac{K_{a3}}{I_{ed}} [M_c - 0.1(M_A + M_B)] \times K_{a1}$																					
افت ۴	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>مقطع A</th><th>مقطع B</th><th>مقطع C</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>M_{cr}/M_a</td><td>0.37</td><td>0.215</td><td>0.36</td></tr> <tr> <td>I_{cr}/I_g</td><td>0.55</td><td>0.83</td><td>0.53</td></tr> <tr> <td>K_{i3}</td><td>0.573</td><td>0.832</td><td>0.552</td></tr> <tr> <td>I_{ed}</td><td>1466223</td><td>2128967</td><td>1412487</td></tr> </tbody> </table> $\bar{I}_e = \frac{1}{4} (1466223 + 2 \times 1412487 + 2128967) = 1605041 \text{ cm}^4$ $I_{e1} = 1412487 \text{ cm}^4$ $I_{e2} = 1605041 \text{ cm}^4$		مقطع A	مقطع B	مقطع C	M_{cr}/M_a	0.37	0.215	0.36	I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53	K_{i3}	0.573	0.832	0.552	I_{ed}	1466223	2128967	1412487	گام ششم) محاسبه I_e برای بار مرده و زنده $M_{cr}/M_a = \frac{161.5}{M_{d+1}}$ $I_{cr}/I_g = I_{cr}/2558854$ حال مقدار K_{i3} از روی جدول به دست می آید. $I_e = K_{i3} I_g = K_{i3} \times 2558854$ $\bar{I}_e = \frac{1}{4} (I_A + 2I_C + I_B)$ دو مقدار برای I_e می توان در نظر گرفت: $I_{e1} = I_c$ $I_{e2} = \bar{I}_e$	۲-۲-۲-۱۴-ب
	مقطع A	مقطع B	مقطع C																				
M_{cr}/M_a	0.37	0.215	0.36																				
I_{cr}/I_g	0.55	0.83	0.53																				
K_{i3}	0.573	0.832	0.552																				
I_{ed}	1466223	2128967	1412487																				

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
افت ۵-۱ و افت ۵-۲	برای $I_e = I_c$ باشد : $a_{d+1} = \frac{5}{1412487} [450 - 0.1(435 + 750)] \times 1341.64 = 1.575 \text{ cm}$ اگر $I_{ed} = \bar{I}_{ed}$ باشد : $a_{d+1} = \frac{5}{1605041} [450 - 0.1(435 + 750)] \times 1341.64 = 1.386 \text{ cm}$	گام هفتم) محاسبه افت ناشی از مجموع بار مرده و زنده $a_{d+1} = \frac{K_{a3}}{I_e} [M_c - 0.1(M_A + M_B)] \times K_{a1}$	
	برای $I_e = I_c$ باشد : $a_1 = 1.575 - 0.425 = 1.15 \text{ cm}$ اگر $I_e = \bar{I}_e$ باشد : $a_1 = 1.386 - 0.42 = 0.966 \text{ cm}$	گام هشتم) محاسبه افت ناشی از بار زنده $a_1 = a_{d+1} - a_d$ تذکر: گام‌های بعد همانند قسمت الف می‌باشند.	

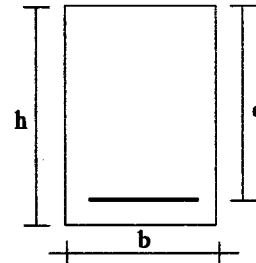
افت (۱) لنگر خمشی ترک خوردگی M_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل

مراجع: بند ۱۴-۲-۲ از آیین نامه بتن ایران

$$K_{cr} = \frac{f_r}{10} \cdot \frac{h^2}{6} \quad h \text{ بر حسب cm و } k_{cr} \text{ بر حسب KN می باشد.}$$

$$K_{cr} = \frac{0.6\sqrt{f_c}}{10} \cdot \frac{h^2}{6} = \frac{\sqrt{f_c} \cdot h^2}{100}, \text{KN}$$

$$M_{cr} = K_{cr} \cdot \frac{b}{100} \quad b \text{ بر حسب cm و } M_{cr} \text{ بر حسب KN.m می باشد.}$$



H cm	K_{cr}		
	f_c, Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۱۰	۴/۴۷	۵/۰۰	۵/۴۸
۱۲/۵	۶/۹۹	۷/۸۱	۸/۵۶
۱۵	۱۹/۰۶	۲۵۳/۱۱	۱۲/۳۲
۱۷/۵	۱۳/۷۰	۱۵/۳۱	۱۶/۷۷
۲۰	۱۷/۸۹	۲۰/۰۰	۲۱/۹۱
۲۲/۵	۲۲/۶۴	۲۵/۳۱	۲۷/۷۳
۲۵	۲۷/۹۵	۳۱/۲۵	۳۴/۲۳
۲۷/۵	۳۳/۸۲	۳۷/۸۱	۴۱/۴۲
۳۰	۴۰/۲۵	۴۵/۰۰	۴۹/۳۰
۳۲/۵	۴۷/۲۴	۵۲/۸۱	۵۷/۸۵
۳۵	۵۴/۷۸	۶۱/۲۵	۶۷/۱۰
۳۷/۵	۶۲/۸۹	۷۰/۳۱	۷۷/۰۲
۴۰	۷۱/۵۵	۸۰/۰۰	۸۷/۶۴
۴۲/۵	۸۰/۷۸	۳۱/۹۰	۹۸/۹۳
۴۵	۹۰/۵۶	۱۰۱/۲۵	۱۱۰/۹۱
۴۷/۵	۱۰۰/۹۰	۱۱۲/۸۱	۱۲۳/۵۸
۵۰	۱۱۱/۸۰	۱۲۵/۰۰	۱۳۶/۹۳
۵۲/۵	۱۲۳/۲۶	۱۳۷/۸۱	۱۵۰/۹۷
۵۵	۱۳۵/۲۸	۱۵۱/۲۵	۱۶۵/۶۹
۵۷/۵	۱۴۷/۸۶	۱۶۵/۳۱	۱۸۱/۰۹
۶۰	۱۶۱/۰۰	۱۸۰/۰۰	۱۹۷/۱۸
۶۲/۵	۱۱۴/۶۹	۱۹۵/۳۱	۲۱۳/۹۵
۶۵	۱۸۸/۹۵	۲۱۱/۲۵	۲۳۱/۴۱
۶۷/۵	۲۰۳/۷۶	۲۲۷/۸۱	۲۴۹/۵۶

H cm	K _{cr}		
	f _c , Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۷۰	۲۱۹/۱۳	۲۴۵/۰۰	۲۶۸/۳۸
۷۲/۵	۲۳۵/۰۷	۲۶۲/۸۱	۲۸۷/۹۰
۷۵	۲۵۱/۵۶	۲۸۱/۲۵	۳۰۸/۰۹
۷۷/۵	۲۶۸/۶۱	۳۰۰/۳۱	۳۲۸/۹۸
۸۰	۲۸۶/۲۲	۳۲۰/۰۰	۳۵۰/۵۴
۸۲/۵	۳۰۴/۳۸	۳۴۰/۳۱	۳۷۲/۷۹
۸۵	۳۲۳/۱۱	۳۶۱/۲۵	۳۹۵/۷۳
۸۷/۵	۳۴۲/۴۰	۳۸۲/۸۱	۴۱۹/۲۵
۹۰	۳۶۲/۲۴	۴۰۵/۰۰	۴۴۳/۶۶
۹۲/۵	۳۸۲/۶۵	۴۲۷/۸۱	۴۶۸/۶۵
۹۵	۴۰۳/۶۱	۴۵۱/۲۵	۴۹۴/۳۲
۹۷/۵	۴۲۵/۱۳	۴۷۵/۳۱	۵۲۰/۶۸
۱۰۰	۴۴۷/۲۱	۸۰۰/۰۰	۵۴۷/۷۲
۱۰۲/۵	۴۶۹/۸۵	۵۲۵/۳۱	۵۷۵/۴۵
۱۰۵	۴۹۳/۰۵	۵۵۱/۲۵	۶۰۳/۸۶
۱۰۷/۵	۵۱۶/۸۱	۵۷۷/۸۱	۶۳۲/۹۶
۱۱۰	۵۴۱/۱۳	۶۰۵/۰۰	۶۶۲/۷۴
۱۱۲/۵	۵۶۶/۰۰	۶۳۲/۸۱	۶۹۳/۲۱
۱۱۵	۵۹۱/۴۴	۶۶۱/۲۵	۷۲۴/۳۶
۱۱۷/۵	۶۱۷/۴۳	۶۹۰/۳۱	۷۵۶/۲۰
۱۲۰	۶۴۳/۹۹	۷۲۰/۰۰	۷۸۸/۷۲

افت ۲) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی

مراجع: بخش ۱۰-۲ از آیین نامه بتن ایران

$$I_{cr} = K_{ii} d b^3$$

$$K_{ii} = \frac{(c/d)^3}{3} + \rho n [1 - 2c/d + (c/d)^2]$$

ρ	K_{ii}				
	$n = E_s/E_c$				
	۶	۷	۸	۹	۱۰
۰/۰۰۲	۰/۰۱۰	۰/۰۱۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۵
۰/۰۰۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۸	۰/۰۲۰	۰/۰۲۲
۰/۰۰۴	۰/۰۱۸	۰/۰۲۱	۰/۰۲۳	۰/۰۲۵	۰/۰۲۸
۰/۰۰۵	۰/۰۲۲	۰/۰۲۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۰	۰/۰۳۳
۰/۰۰۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹	۰/۰۳۲	۰/۰۳۵	۰/۰۳۸
۰/۰۰۷	۰/۰۲۹	۰/۰۳۳	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۳
۰/۰۰۸	۰/۰۳۲	۰/۰۳۶	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸
۰/۰۰۹	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲
۰/۰۱۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۳	۰/۰۴۸	۰/۰۵۲	۰/۰۵۷
۰/۰۱۱	۰/۰۴۱	۰/۰۴۷	۰/۰۵۱	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱
۰/۰۱۲	۰/۰۴۴	۰/۰۵۰	۰/۰۵۵	۰/۰۶۰	۰/۰۶۴
۰/۰۱۳	۰/۰۴۷	۰/۰۵۳	۰/۰۵۸	۰/۰۶۳	۰/۰۶۸
۰/۰۱۴	۰/۰۵۰	۰/۰۵۶	۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۲
۰/۰۱۵	۰/۰۵۲	۰/۰۵۹	۰/۰۶۴	۰/۰۷۰	۰/۰۷۵
۰/۰۱۶	۰/۰۵۵	۰/۰۶۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۸
۰/۰۱۷	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۰	۰/۰۷۶	۰/۰۸۲
۰/۰۱۸	۰/۰۶۰	۰/۰۶۷	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵
۰/۰۱۹	۰/۰۶۲	۰/۰۶۹	۰/۰۷۶	۰/۰۸۲	۰/۰۸۸
۰/۰۲۰	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱
۰/۰۲۱	۰/۰۶۷	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۴
۰/۰۲۲	۰/۰۶۹	۰/۰۷۶	۰/۰۸۴	۰/۰۹۰	۰/۰۹۶
۰/۰۲۳	۰/۰۷۱	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹
۰/۰۲۴	۰/۰۷۳	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲
۰/۰۲۵	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴

ρ	K_{il}				
	$n = \frac{E_s}{E_c}$				
	۶	۷	۸	۹	۱۰
۰/۰۲۶	۰/۰۷۷	۰/۰۸۵	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۷
۰/۰۲۷	۰/۰۷۹	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹
۰/۰۲۸	۰/۰۸۱	۰/۰۹۰	۰/۰۹۷	۰/۱۰۵	۰/۱۱۱
۰/۰۲۹	۰/۰۸۳	۰/۰۹۲	۰/۱۰۰	۰/۱۰۷	۰/۱۱۴
۰/۰۳۰	۰/۰۸۵	۰/۰۹۴	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹	۰/۱۱۶
۰/۰۳۱	۰/۰۸۷	۰/۰۹۶	۰/۱۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۱۸
۰/۰۳۲	۰/۰۸۸	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۱۳	۰/۱۲۰
۰/۰۳۳	۰/۰۹۰	۰/۰۹۹	۰/۱۰۸	۰/۱۱۵	۰/۱۲۲
۰/۰۳۴	۰/۰۹۲	۰/۱۰۱	۰/۱۱۰	۰/۱۱۷	۰/۱۲۴
۰/۰۳۵	۰/۰۹۴	۰/۱۰۳	۰/۱۱۱	۰/۱۱۹	۰/۱۲۶
۰/۰۳۶	۰/۰۹۵	۰/۱۰۵	۰/۱۱۳	۰/۱۲۱	۰/۱۲۸
۰/۰۳۷	۰/۰۹۷	۰/۱۰۶	۰/۱۱۵	۰/۱۲۳	۰/۱۳۰
۰/۰۳۸	۰/۰۹۸	۰/۱۰۸	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۳۲
۰/۰۳۹	۰/۱۰۰	۰/۱۱۰	۰/۱۱۹	۰/۱۲۶	۰/۱۳۴
۰/۰۴۰	۰/۱۰۲	۰/۱۱۱	۰/۱۲۰	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶
۰/۰۴۱	۰/۱۰۳	۰/۱۱۳	۰/۱۲۲	۰/۱۳۰	۰/۱۳۷
۰/۰۴۲	۰/۱۰۵	۰/۱۱۵	۰/۱۲۳	۰/۱۳۲	۰/۱۳۹
۰/۰۴۳	۰/۱۰۶	۰/۱۱۶	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳	۰/۱۴۱
۰/۰۴۴	۰/۱۰۸	۰/۱۱۸	۰/۱۲۷	۰/۱۳۵	۰/۱۴۲
۰/۰۴۵	۰/۱۰۹	۰/۱۱۹	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۱۴۴

افت ۳-۱) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، با مقاطع T شکل، در حالت $0.1 \leq \beta_c \leq 0.9$

مراجع: بخش ۱۰-۳ از آیین نامه بتن ایران

$$I_{cr} = K_{i1} b_w b^3$$

$$K_{i2} = \left[\frac{(c/d)^3}{3} + \rho.n \left\{ 1 - 2c/d + (c/d)^2 \right\} + \rho.n\beta_c \left\{ (c/d)^2 - 2c/d \frac{d'}{d} + \left(\frac{d'}{d} \right)^2 \right\} \right]$$

برای مقاطع مستطیل شکل $\beta_c = (n-1)\rho' / (\rho.n)$

برای مقاطع T شکل $\beta_c = \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) h_f / (d.\rho_w.n)$

β_c	d'/d و یا $h_f/2d$	K_{12}															
		$p.n (p_{w.n} \text{ شکل T شطرنجی})$															
		۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	
۰/۱	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۸	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۱	۰/۱۰۷	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۲	
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۱	۰/۱۱۶	۰/۱۲۱	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۰۹	۰/۱۱۴	۰/۱۱۹	
	۰/۳۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۳	۰/۱۰۸	۰/۱۱۳	۰/۱۱۷	
	۰/۴۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۸	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۶	۰/۱۰۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۲	۰/۱۱۶	
۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴	۰/۱۳۰	
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۸۹	۰/۰۹۶	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹	۰/۱۱۵	۰/۱۲۱	۰/۱۲۶	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲	۰/۱۱۷	۰/۱۲۲	
	۰/۳۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۳	۰/۱۰۹	۰/۱۱۴	۰/۱۱۹	
	۰/۴۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۲	۰/۱۱۷	
۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۰۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۴	۰/۱۰۲	۰/۱۰۹	۰/۱۱۶	۰/۱۲۳	۰/۱۳۰	۰/۱۳۷	
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۷	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۱۳۱	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۱	۰/۱۰۷	۰/۱۱۳	۰/۱۱۹	۰/۱۲۵	
	۰/۳۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۰	۰/۱۱۵	۰/۱۲۰	
	۰/۴۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۷	۰/۱۱۲	۰/۱۱۷	
۰/۴	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۱	۰/۰۷۰	۰/۰۷۸	۰/۰۸۸	۰/۰۹۷	۰/۱۰۵	۰/۱۱۳	۰/۱۲۱	۰/۱۲۸	۰/۱۳۶	۰/۱۴۳	
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۷	۰/۰۷۶	۰/۰۸۵	۰/۰۹۳	۰/۱۰۰	۰/۱۰۸	۰/۱۱۵	۰/۱۲۲	۰/۱۲۹	۰/۱۳۵	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۱	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۰	۰/۱۱۶	۰/۱۲۱	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۷	۰/۱۰۳	۰/۱۰۹	۰/۱۱۵	۰/۱۲۱	
	۰/۴۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۰/۱۰۸	۰/۱۱۳	۰/۱۱۸	
۰/۵	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۲	۰/۰۷۲	۰/۰۸۱	۰/۰۹۰	۰/۰۹۹	۰/۱۰۸	۰/۱۱۶	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳	۰/۱۴۱	۰/۱۴۹	
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۶	۰/۰۹۴	۰/۱۰۲	۰/۱۱۰	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵	۰/۱۳۲	۰/۱۳۹	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۷	۰/۱۰۴	۰/۱۱۰	۰/۱۱۷	۰/۱۲۳	۰/۱۳۰	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۰	۰/۰۸۷	۰/۰۹۳	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۱	۰/۱۱۷	۰/۱۲۳	
	۰/۴۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۳	۰/۱۰۹	۰/۱۱۳	۰/۱۱۸	

β_c	d/d و یا $h_f/2d$	K_{12}													
		$\rho.n$ (برای مقاطع T شکل $\rho.n$)													
		۰.۲	۰.۴	۰.۶	۰.۸	۱.۰	۱.۲	۱.۴	۱.۶	۱.۸	۲.۰	۲.۲	۲.۴	۲.۶	۳.۰
۰.۶	۰.۲	۰.۱۶	۰.۲۹	۰.۴۱	۰.۵۲	۰.۶۳	۰.۷۳	۰.۸۳	۰.۹۲	۱.۰۱	۱.۱۱	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۳۷	۱.۵۴
	۰.۳	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۴	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۵	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۶	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
۰.۷	۰.۲	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۳	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۴	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۵	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۶	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
۰.۸	۰.۲	۰.۱۶	۰.۲۹	۰.۴۱	۰.۵۲	۰.۶۳	۰.۷۳	۰.۸۳	۰.۹۲	۱.۰۱	۱.۱۱	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۳۷	۱.۵۴
	۰.۳	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۴	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۵	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۶	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
۰.۹	۰.۲	۰.۱۶	۰.۲۹	۰.۴۱	۰.۵۲	۰.۶۳	۰.۷۳	۰.۸۳	۰.۹۲	۱.۰۱	۱.۱۱	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۳۷	۱.۵۴
	۰.۳	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۴	۰.۱۵	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۵	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳
	۰.۶	۰.۱۶	۰.۲۸	۰.۴۰	۰.۵۰	۰.۶۰	۰.۶۹	۰.۷۹	۰.۸۷	۰.۹۶	۱.۰۴	۱.۱۲	۱.۲۰	۱.۲۸	۱.۴۳

افت ۳-۲) ممان اینرسی مقطع ترک خورده I_{cr} برای مقاطع مستطیل شکل و دارای آرماتور کششی و فشاری، با مقاطع T شکل، در حالت $1 \leq \beta_c \leq 5$

مراجع: بخش ۱۰-۳ از آیین نامه بتن ایران

$$I_{cr} = K_{i2} b_w \cdot b^3$$

$$K_{i2} = \left[\frac{(c/d)^3}{3} + \rho \cdot n \left\{ 1 - 2c/d + (c/d)^2 \right\} + \rho \cdot n \beta_c \left\{ (c/d)^2 - 2c/d \frac{d'}{d} + \left(\frac{d'}{d} \right)^2 \right\} \right]$$

$$\beta_c = (n-1)\rho' / (\rho \cdot n) \quad \text{برای مقاطع مستطیل شکل}$$

$$\beta_c = \left(\frac{b}{b_w} - 1 \right) h_f / (d \cdot \rho_w \cdot n) \quad \text{برای مقاطع T شکل}$$

β_c	d/d و یا $hf/2d$	K_{12} $p.n$ (برای مقاطع T شکل $p.n$)															
		۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰	
۱	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴	۰/۰۶۶	۰/۰۷۷	۰/۰۸۸	۰/۰۹۹	۰/۱۱۰	۰/۱۲۱	۰/۱۳۱	۰/۱۴۲	۰/۱۵۲	۰/۱۶۲	۰/۱۷۲	
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۲	۰/۰۹۲	۰/۱۰۱	۰/۱۱۱	۰/۱۲۰	۰/۱۲۹	۰/۱۳۸	۰/۱۴۷	۰/۱۵۶	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۰۶۸	۰/۰۷۶	۰/۰۸۵	۰/۰۹۳	۰/۱۰۱	۰/۱۰۹	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۳۲	۰/۱۴۰	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۱	۰/۰۸۸	۰/۰۹۵	۰/۱۰۲	۰/۱۰۸	۰/۱۱۵	۰/۱۲۱	۰/۱۲۸	
	۰/۴۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۹	۰/۰۴۴	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۰۳	۰/۱۰۹	۰/۱۱۴	۰/۱۲۰	
۱/۵	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۰	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۶۹	۰/۰۸۲	۰/۰۹۴	۰/۱۰۶	۰/۱۱۸	۰/۱۳۰	۰/۱۴۲	۰/۱۵۴	۰/۱۶۶	۰/۱۷۸	۰/۱۹۰	
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۱	۰/۰۵۳	۰/۰۶۴	۰/۰۷۵	۰/۰۸۶	۰/۰۹۶	۰/۱۰۴	۰/۱۱۷	۰/۱۲۸	۰/۱۳۸	۰/۱۴۸	۰/۱۵۹	۰/۱۶۹	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۹	۰/۰۶۹	۰/۰۷۸	۰/۰۸۷	۰/۰۹۶	۰/۱۰۵	۰/۱۱۴	۰/۱۲۲	۰/۱۳۱	۰/۱۳۹	۰/۱۴۷	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۵	۰/۰۷۳	۰/۰۸۴	۰/۰۸۹	۰/۰۹۰	۰/۱۰۳۶	۰/۱۱۱	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴	۰/۱۳۱	
	۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۰	۰/۱۱۵	۰/۱۲۱	
۲	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۴۵	۰/۰۵۹	۰/۰۷۲	۰/۰۸۵	۰/۰۹۹	۰/۱۱۲	۰/۱۲۵	۰/۱۳۸	۰/۱۵۱	۰/۱۶۴	۰/۱۷۷	۰/۱۹۰	۰/۲۰۳	
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۵۴	۰/۰۶۶	۰/۰۷۷	۰/۰۸۹	۰/۱۰۰	۰/۱۱۲	۰/۱۲۳	۰/۱۳۴	۰/۱۴۵	۰/۱۵۶	۰/۱۶۷	۰/۱۷۸	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۵۰	۰/۰۶۰	۰/۰۷۰	۰/۰۸۰	۰/۰۸۹	۰/۰۹۸	۰/۱۰۸	۰/۱۱۷	۰/۱۲۶	۰/۱۳۵	۰/۱۴۴	۰/۱۵۳	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۷	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۱۲۰	۰/۱۲۷	۰/۱۳۴	
	۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۰	۰/۱۱۶	۰/۱۲۲	
۲/۵	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱	۰/۰۴۶	۰/۰۶۰	۰/۰۷۴	۰/۰۸۸	۰/۱۰۲	۰/۱۱۶	۰/۱۳۰	۰/۱۴۴	۰/۱۵۸	۰/۱۷۲	۰/۱۸۶	۰/۱۹۹	۰/۲۱۳	
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۲	۰/۰۵۵	۰/۰۶۷	۰/۰۷۹	۰/۰۹۱	۰/۱۰۳	۰/۱۱۵	۰/۱۲۷	۰/۱۳۹	۰/۱۵۱	۰/۱۶۲	۰/۱۷۴	۰/۱۸۶	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۵۰	۰/۰۶۱	۰/۰۷۱	۰/۰۸۱	۰/۰۹۱	۰/۱۰۰	۰/۱۱۰	۰/۱۲۰	۰/۱۲۹	۰/۱۳۹	۰/۱۴۸	۰/۱۵۸	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۸	۰/۱۰۶	۰/۱۱۴	۰/۱۲۱	۰/۱۲۹	۰/۱۳۶	
	۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۹	۰/۰۴۹	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۳	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۱۷	۰/۱۲۳	
۳	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۷	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۱۰۶	۰/۱۲۵	۰/۱۴۹	۰/۱۶۴	۰/۱۷۸	۰/۱۹۳	۰/۲۰۷	۰/۲۲۱	
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۹	۰/۰۴۳	۰/۰۵۶	۰/۰۶۸	۰/۰۸۱	۰/۰۹۳	۰/۱۰۳	۰/۱۱۸	۰/۱۳۰	۰/۱۴۳	۰/۱۵۵	۰/۱۶۷	۰/۱۸۰	۰/۱۹۲	
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۵۰	۰/۰۶۱	۰/۰۷۱	۰/۰۸۲	۰/۰۹۱	۰/۱۰۲	۰/۱۱۲	۰/۱۲۲	۰/۱۳۲	۰/۱۴۲	۰/۱۵۱	۰/۱۶۱	
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۴	۰/۰۸۲	۰/۰۹۰	۰/۰۹۸	۰/۱۰۶	۰/۱۱۴	۰/۱۲۱	۰/۱۲۹	۰/۱۳۸	
	۰/۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۳	۰/۰۸۲	۰/۰۸۵	۰/۰۹۱	۰/۰۹۸	۰/۱۰۴	۰/۱۱۱	۰/۱۱۷	۰/۱۲۳	

β_c	d/d_f و یا $h_f/2d$	K_{i2} برای مقاطع T شکل $\rho_w.n$														
		$\rho.n$														
		۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۴	۰/۲۶	۰/۲۸	۰/۳۰
۳/۵	۰/۰۲	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۴۸	۰/۰۶۳	۰/۰۷۸	۰/۰۹۳	۰/۱۰۸	۰/۱۲۰	۰/۱۳۸	۰/۱۵۳	۰/۱۶۸	۰/۱۸۳	۰/۱۹۸	۰/۲۱۳	۰/۲۲۸
	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۵۶	۰/۰۶۹	۰/۰۸۲	۰/۰۹۵	۰/۱۰۶	۰/۱۲۱	۰/۱۳۳	۰/۱۴۶	۰/۱۵۹	۰/۱۷۱	۰/۱۸۴	۰/۱۹۷
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۳۹	۰/۰۵۱	۰/۰۶۱	۰/۰۷۲	۰/۰۸۲	۰/۰۹۲	۰/۱۰۳	۰/۱۱۳	۰/۱۲۴	۰/۱۳۴	۰/۱۴۴	۰/۱۵۴	۰/۱۶۴
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۱	۰/۱۰۰	۰/۱۰۸	۰/۱۱۶	۰/۱۲۴	۰/۱۳۲	۰/۱۴۰
	۰/۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۵	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۱	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴
۴	۰/۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۰	۰/۰۴۳	۰/۰۵۷	۰/۰۷۰	۰/۰۸۳	۰/۰۹۶	۰/۱۰۸	۰/۱۲۳	۰/۱۳۶	۰/۱۴۹	۰/۱۶۲	۰/۱۷۵	۰/۱۸۸	۰/۲۰۱
	۰/۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۳	۰/۰۹۳	۰/۱۰۴	۰/۱۱۵	۰/۱۲۵	۰/۱۳۶	۰/۱۴۶	۰/۱۵۷	۰/۱۶۷
	۰/۲۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۳	۰/۰۹۲	۰/۱۰۰	۰/۱۰۸	۰/۱۱۷	۰/۱۲۵	۰/۱۳۳	۰/۱۴۱
	۰/۳۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴
	۰/۴۰	۰/۰۱۷	۰/۰۳۳	۰/۰۴۹	۰/۰۶۵	۰/۰۸۱	۰/۰۹۶	۰/۱۱۲	۰/۱۲۸	۰/۱۴۴	۰/۱۵۹	۰/۱۷۵	۰/۱۹۱	۰/۲۰۷	۰/۲۲۲	۰/۲۳۸
۴/۵	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۶	۰/۰۴۴	۰/۰۵۷	۰/۰۷۱	۰/۰۸۴	۰/۰۹۸	۰/۱۱۱	۰/۱۲۴	۰/۱۳۸	۰/۱۵۱	۰/۱۶۴	۰/۱۷۸	۰/۱۹۱	۰/۲۰۴
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۴	۰/۰۹۵	۰/۱۰۵	۰/۱۱۶	۰/۱۲۷	۰/۱۳۷	۰/۱۴۸	۰/۱۵۸	۰/۱۶۹
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۴	۰/۰۹۲	۰/۱۰۱	۰/۱۰۹	۰/۱۱۷	۰/۱۲۶	۰/۱۳۴	۰/۱۴۲
	۰/۴۰	۰/۰۱۸	۰/۰۳۰	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۵	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۴
	۰/۲	۰/۰۱۷	۰/۰۳۳	۰/۰۵۰	۰/۰۶۶	۰/۰۸۲	۰/۰۹۸	۰/۱۱۴	۰/۱۳۰	۰/۱۴۶	۰/۱۶۲	۰/۱۷۸	۰/۱۹۴	۰/۲۱۰	۰/۲۲۶	۰/۲۴۲
۵	۰/۱۰	۰/۰۱۶	۰/۰۳۰	۰/۰۴۴	۰/۰۵۸	۰/۰۷۲	۰/۰۸۵	۰/۰۹۹	۰/۱۱۲	۰/۱۲۶	۰/۱۴۰	۰/۱۵۳	۰/۱۶۷	۰/۱۸۰	۰/۱۹۴	۰/۲۰۷
	۰/۲۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۸	۰/۰۴۰	۰/۰۵۱	۰/۰۶۲	۰/۰۷۳	۰/۰۸۴	۰/۰۹۵	۰/۱۰۶	۰/۱۱۷	۰/۱۲۸	۰/۱۳۹	۰/۱۴۹	۰/۱۶۰	۰/۱۷۱
	۰/۳۰	۰/۰۱۶	۰/۰۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴۸	۰/۰۵۷	۰/۰۶۶	۰/۰۷۵	۰/۰۸۴	۰/۰۹۳	۰/۱۰۱	۰/۱۱۰	۰/۱۱۸	۰/۱۲۶	۰/۱۳۵	۰/۱۴۳
	۰/۴۰	۰/۰۱۹	۰/۰۳۱	۰/۰۴۰	۰/۰۴۹	۰/۰۵۷	۰/۰۶۴	۰/۰۷۲	۰/۰۷۹	۰/۰۸۶	۰/۰۹۲	۰/۰۹۹	۰/۱۰۶	۰/۱۱۲	۰/۱۱۸	۰/۱۲۵

افت ۴) ممان اینرسی موثر I_e

مراجع : بخش ۱۴-۲-۲-۲ از آیین نامه بتن ایران

$$I_e = K_{i3} \cdot I_g$$

$$K_{i3} = \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a} \right)^3 \right] \frac{I_{cr}}{I_g}$$

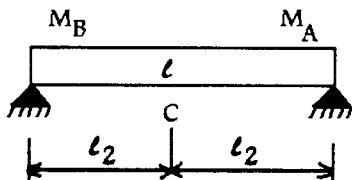
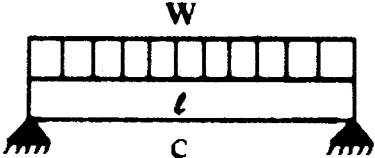
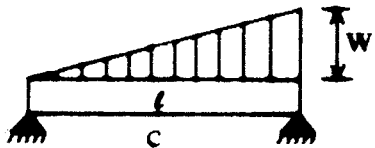
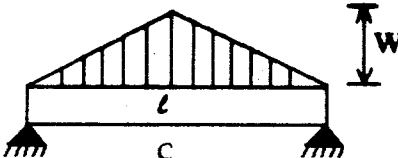
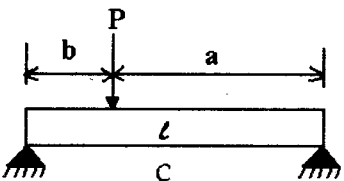
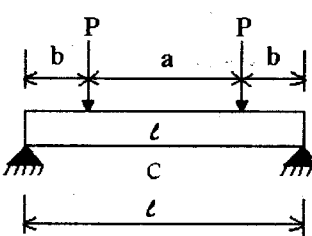
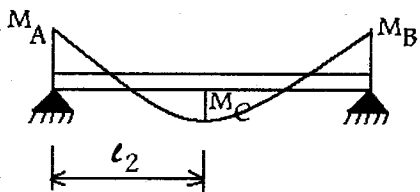
[illegible]

$\frac{M_{cr}}{Ma}$		K_{13}															
		I_{cr} / I_g															
۰.۰۰	۰.۳۳۳	۰.۳۴۷	۰.۳۶۲	۰.۳۷۹	۰.۳۹۴	۰.۴۱۱	۰.۴۲۴	۰.۴۳۳	۰.۴۴۱	۰.۴۴۹	۰.۴۵۷	۰.۴۶۵	۰.۴۷۳	۰.۴۸۱	۰.۴۸۹	۰.۴۹۷	۰.۵۰۵
۰.۰۱	۰.۳۵۴	۰.۳۶۹	۰.۳۸۴	۰.۳۹۹	۰.۴۱۴	۰.۴۲۹	۰.۴۴۳	۰.۴۵۳	۰.۴۶۱	۰.۴۶۹	۰.۴۷۷	۰.۴۸۵	۰.۴۹۳	۰.۵۰۱	۰.۵۰۹	۰.۵۱۷	۰.۵۲۵
۰.۰۲	۰.۳۷۷	۰.۳۹۲	۰.۴۰۶	۰.۴۲۱	۰.۴۳۶	۰.۴۵۱	۰.۴۶۴	۰.۴۷۳	۰.۴۸۱	۰.۴۸۹	۰.۴۹۷	۰.۵۰۵	۰.۵۱۳	۰.۵۲۱	۰.۵۲۹	۰.۵۳۷	۰.۵۴۵
۰.۰۳	۰.۴۰۰	۰.۴۱۵	۰.۴۳۰	۰.۴۴۴	۰.۴۵۹	۰.۴۷۳	۰.۴۸۲	۰.۴۹۰	۰.۴۹۸	۰.۵۰۶	۰.۵۱۴	۰.۵۲۲	۰.۵۳۰	۰.۵۳۸	۰.۵۴۶	۰.۵۵۴	۰.۵۶۲
۰.۰۴	۰.۴۱۸	۰.۴۳۳	۰.۴۴۷	۰.۴۶۱	۰.۴۷۶	۰.۴۹۰	۰.۴۹۹	۰.۵۰۷	۰.۵۱۵	۰.۵۲۳	۰.۵۳۱	۰.۵۳۹	۰.۵۴۷	۰.۵۵۵	۰.۵۶۳	۰.۵۷۱	۰.۵۷۹
۰.۰۵	۰.۴۳۵	۰.۴۵۰	۰.۴۶۴	۰.۴۷۸	۰.۴۹۳	۰.۵۰۷	۰.۵۱۶	۰.۵۲۴	۰.۵۳۲	۰.۵۴۰	۰.۵۴۸	۰.۵۵۶	۰.۵۶۴	۰.۵۷۲	۰.۵۸۰	۰.۵۸۸	۰.۵۹۶
۰.۰۶	۰.۴۵۲	۰.۴۶۷	۰.۴۸۱	۰.۴۹۵	۰.۵۱۰	۰.۵۲۴	۰.۵۳۳	۰.۵۴۱	۰.۵۴۹	۰.۵۵۷	۰.۵۶۵	۰.۵۷۳	۰.۵۸۱	۰.۵۸۹	۰.۵۹۷	۰.۶۰۵	۰.۶۱۳
۰.۰۷	۰.۴۷۰	۰.۴۸۵	۰.۴۹۹	۰.۵۱۳	۰.۵۲۸	۰.۵۴۲	۰.۵۵۱	۰.۵۵۹	۰.۵۶۷	۰.۵۷۵	۰.۵۸۳	۰.۵۹۱	۰.۵۹۹	۰.۶۰۷	۰.۶۱۵	۰.۶۲۳	۰.۶۳۱
۰.۰۸	۰.۴۸۷	۰.۵۰۲	۰.۵۱۶	۰.۵۳۰	۰.۵۴۵	۰.۵۵۹	۰.۵۶۸	۰.۵۷۶	۰.۵۸۴	۰.۵۹۲	۰.۶۰۰	۰.۶۰۸	۰.۶۱۶	۰.۶۲۴	۰.۶۳۲	۰.۶۴۰	۰.۶۴۸
۰.۰۹	۰.۵۰۴	۰.۵۱۹	۰.۵۳۳	۰.۵۴۷	۰.۵۶۲	۰.۵۷۶	۰.۵۸۵	۰.۵۹۳	۰.۶۰۱	۰.۶۰۹	۰.۶۱۷	۰.۶۲۵	۰.۶۳۳	۰.۶۴۱	۰.۶۴۹	۰.۶۵۷	۰.۶۶۵
۰.۱۰	۰.۵۲۲	۰.۵۳۷	۰.۵۵۱	۰.۵۶۵	۰.۵۸۰	۰.۵۹۴	۰.۶۰۳	۰.۶۱۱	۰.۶۱۹	۰.۶۲۷	۰.۶۳۵	۰.۶۴۳	۰.۶۵۱	۰.۶۵۹	۰.۶۶۷	۰.۶۷۵	۰.۶۸۳
۰.۱۱	۰.۵۴۰	۰.۵۵۵	۰.۵۶۹	۰.۵۸۳	۰.۵۹۸	۰.۶۱۲	۰.۶۲۱	۰.۶۲۹	۰.۶۳۷	۰.۶۴۵	۰.۶۵۳	۰.۶۶۱	۰.۶۶۹	۰.۶۷۷	۰.۶۸۵	۰.۶۹۳	۰.۷۰۱
۰.۱۲	۰.۵۵۷	۰.۵۷۲	۰.۵۸۶	۰.۶۰۰	۰.۶۱۵	۰.۶۲۹	۰.۶۳۸	۰.۶۴۶	۰.۶۵۴	۰.۶۶۲	۰.۶۷۰	۰.۶۷۸	۰.۶۸۶	۰.۶۹۴	۰.۷۰۲	۰.۷۱۰	۰.۷۱۸
۰.۱۳	۰.۵۷۵	۰.۵۹۰	۰.۶۰۴	۰.۶۱۸	۰.۶۳۳	۰.۶۴۷	۰.۶۵۶	۰.۶۶۴	۰.۶۷۲	۰.۶۸۰	۰.۶۸۸	۰.۶۹۶	۰.۷۰۴	۰.۷۱۲	۰.۷۲۰	۰.۷۲۸	۰.۷۳۶
۰.۱۴	۰.۵۹۳	۰.۶۰۸	۰.۶۲۲	۰.۶۳۶	۰.۶۵۱	۰.۶۶۵	۰.۶۷۴	۰.۶۸۲	۰.۶۹۰	۰.۶۹۸	۰.۷۰۶	۰.۷۱۴	۰.۷۲۲	۰.۷۳۰	۰.۷۳۸	۰.۷۴۶	۰.۷۵۴
۰.۱۵	۰.۶۱۰	۰.۶۲۵	۰.۶۳۹	۰.۶۵۳	۰.۶۶۸	۰.۶۸۲	۰.۶۹۱	۰.۶۹۹	۰.۷۰۷	۰.۷۱۵	۰.۷۲۳	۰.۷۳۱	۰.۷۳۹	۰.۷۴۷	۰.۷۵۵	۰.۷۶۳	۰.۷۷۱
۰.۱۶	۰.۶۲۷	۰.۶۴۲	۰.۶۵۶	۰.۶۷۰	۰.۶۸۵	۰.۶۹۹	۰.۷۰۸	۰.۷۱۶	۰.۷۲۴	۰.۷۳۲	۰.۷۴۰	۰.۷۴۸	۰.۷۵۶	۰.۷۶۴	۰.۷۷۲	۰.۷۸۰	۰.۷۸۸
۰.۱۷	۰.۶۴۵	۰.۶۶۰	۰.۶۷۴	۰.۶۸۸	۰.۷۰۳	۰.۷۱۷	۰.۷۲۶	۰.۷۳۴	۰.۷۴۲	۰.۷۵۰	۰.۷۵۸	۰.۷۶۶	۰.۷۷۴	۰.۷۸۲	۰.۷۹۰	۰.۷۹۸	۰.۸۰۶
۰.۱۸	۰.۶۶۲	۰.۶۷۷	۰.۶۹۱	۰.۷۰۵	۰.۷۲۰	۰.۷۳۴	۰.۷۴۳	۰.۷۵۱	۰.۷۵۹	۰.۷۶۷	۰.۷۷۵	۰.۷۸۳	۰.۷۹۱	۰.۷۹۹	۰.۸۰۷	۰.۸۱۵	۰.۸۲۳
۰.۱۹	۰.۶۸۰	۰.۶۹۵	۰.۷۰۹	۰.۷۲۳	۰.۷۳۸	۰.۷۵۲	۰.۷۶۱	۰.۷۶۹	۰.۷۷۷	۰.۷۸۵	۰.۷۹۳	۰.۸۰۱	۰.۸۰۹	۰.۸۱۷	۰.۸۲۵	۰.۸۳۳	۰.۸۴۱
۰.۲۰	۰.۶۹۷	۰.۷۱۲	۰.۷۲۶	۰.۷۴۰	۰.۷۵۵	۰.۷۶۹	۰.۷۷۸	۰.۷۸۶	۰.۷۹۴	۰.۸۰۲	۰.۸۱۰	۰.۸۱۸	۰.۸۲۶	۰.۸۳۴	۰.۸۴۲	۰.۸۵۰	۰.۸۵۸
۰.۲۱	۰.۷۱۵	۰.۷۳۰	۰.۷۴۴	۰.۷۵۸	۰.۷۷۳	۰.۷۸۷	۰.۷۹۶	۰.۸۰۴	۰.۸۱۲	۰.۸۲۰	۰.۸۲۸	۰.۸۳۶	۰.۸۴۴	۰.۸۵۲	۰.۸۶۰	۰.۸۶۸	۰.۸۷۶
۰.۲۲	۰.۷۳۲	۰.۷۴۷	۰.۷۶۱	۰.۷۷۵	۰.۷۹۰	۰.۸۰۴	۰.۸۱۳	۰.۸۲۱	۰.۸۲۹	۰.۸۳۷	۰.۸۴۵	۰.۸۵۳	۰.۸۶۱	۰.۸۶۹	۰.۸۷۷	۰.۸۸۵	۰.۸۹۳
۰.۲۳	۰.۷۵۰	۰.۷۶۵	۰.۷۷۹	۰.۷۹۳	۰.۸۰۸	۰.۸۲۲	۰.۸۳۱	۰.۸۳۹	۰.۸۴۷	۰.۸۵۵	۰.۸۶۳	۰.۸۷۱	۰.۸۷۹	۰.۸۸۷	۰.۸۹۵	۰.۹۰۳	۰.۹۱۱
۰.۲۴	۰.۷۶۷	۰.۷۸۲	۰.۷۹۶	۰.۸۱۰	۰.۸۲۵	۰.۸۳۹	۰.۸۴۸	۰.۸۵۶	۰.۸۶۴	۰.۸۷۲	۰.۸۸۰	۰.۸۸۸	۰.۸۹۶	۰.۹۰۴	۰.۹۱۲	۰.۹۲۰	۰.۹۲۸
۰.۲۵	۰.۷۸۵	۰.۸۰۰	۰.۸۱۴	۰.۸۲۸	۰.۸۴۳	۰.۸۵۷	۰.۸۶۶	۰.۸۷۴	۰.۸۸۲	۰.۸۹۰	۰.۸۹۸	۰.۹۰۶	۰.۹۱۴	۰.۹۲۲	۰.۹۳۰	۰.۹۳۸	۰.۹۴۶
۰.۲۶	۰.۸۰۳	۰.۸۱۸	۰.۸۳۲	۰.۸۴۶	۰.۸۶۰	۰.۸۷۴	۰.۸۸۳	۰.۸۹۱	۰.۸۹۹	۰.۹۰۷	۰.۹۱۵	۰.۹۲۳	۰.۹۳۱	۰.۹۳۹	۰.۹۴۷	۰.۹۵۵	۰.۹۶۳
۰.۲۷	۰.۸۲۰	۰.۸۳۵	۰.۸۴۹	۰.۸۶۳	۰.۸۷۸	۰.۸۹۲	۰.۹۰۱	۰.۹۰۹	۰.۹۱۷	۰.۹۲۵	۰.۹۳۳	۰.۹۴۱	۰.۹۴۹	۰.۹۵۷	۰.۹۶۵	۰.۹۷۳	۰.۹۸۱
۰.۲۸	۰.۸۳۷	۰.۸۵۲	۰.۸۶۶	۰.۸۸۰	۰.۸۹۵	۰.۹۰۹	۰.۹۱۸	۰.۹۲۶	۰.۹۳۴	۰.۹۴۲	۰.۹۵۰	۰.۹۵۸	۰.۹۶۶	۰.۹۷۴	۰.۹۸۲	۰.۹۹۰	۰.۹۹۸
۰.۲۹	۰.۸۵۵	۰.۸۷۰	۰.۸۸۴	۰.۸۹۸	۰.۹۱۳	۰.۹۲۷	۰.۹۳۶	۰.۹۴۴	۰.۹۵۲	۰.۹۶۰	۰.۹۶۸	۰.۹۷۶	۰.۹۸۴	۰.۹۹۲	۰.۹۹۹	۰.۹۹۹	۰.۹۹۹

افت ۵-۱) مقادیر M_c و K_{a3} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی

$$a_c = \frac{\sum (K_{a3} \cdot M_c)}{I_e} k_{a1}, \text{cm}$$

مراجع بندهای ۱۰-۳ و ۱۴-۲-۱ از آیین‌نامه بتن ایران

Case	Condition	$M_c, \text{KN.m}$	K_{a3}
1		$\frac{M_A + M_B}{2}$	6.0
2		$\frac{Wl^2}{8}$	5.0
3		$\frac{Wl^2}{18}$	5.0
4		$\frac{Wl^2}{12}$	4.8
5		$\frac{Pb}{2}$	Cases 5 and 6 b/l K_{a3} 0.125 5.875 0.200 5.680 0.250 5.500 0.333 5.111 0.400 4.720 0.500 4.000
6		Pb	
7		$M_c - 0.1 (M_A + M_B)$	5.0

افت ۵-۲) مقادیر K_{a1} برای محاسبه سریع افت در اعضا خمشی

مراجع بندهای ۱۰-۳ از آیین نامه بتن ایران

$$K_{a1} = \frac{10^7 \ell^2}{48 E_c} \quad \ell \text{ بر حسب } m \text{ می باشد.}$$

$$E_c = 5000 \sqrt{f_c}$$

$$a_c = \frac{\sum (K_{a3} \cdot M_c)}{I_e} k_{a1} \quad I_e \text{ بر حسب } cm^4 \text{ و } a_c \text{ بر حسب } cm \text{ می باشد.}$$

طول دهانه (m)	K_{a1}		
	f_c , Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۲/۵	۵۸/۲۳	۵۲/۰۸	۴۷/۵۵
۳	۸۳/۸۵	۷۵/۰۰	۶۸/۴۷
۳/۵	۱۱۴/۱۳	۱۰۲/۰۸	۹۳/۱۹
۴	۱۴۹/۰۷	۱۳۳/۳۳	۱۲۱/۷۱
۴/۵	۱۸۸/۶۹	۱۶۸/۷۵	۱۵۴/۰۵
۵	۲۳۲/۹۲	۲۰۸/۳۳	۱۹۰/۱۸
۵/۵	۲۸۱/۸۴	۲۵۲/۰۸	۲۳۰/۱۲
۶	۳۳۵/۴۱	۳۰۰/۰۰	۲۷۳/۸۶
۶/۵	۳۹۳/۶۴	۳۵۲/۰۸	۳۲۱/۴۱
۷	۴۵۶/۵۳	۴۰۸/۳۳	۳۷۲/۷۶
۷/۵	۵۲۴/۰۸	۴۶۸/۷۵	۴۲۷/۹۱
۸	۵۹۶/۲۸	۵۳۳/۳۳	۴۸۶/۸۶
۸/۵	۶۷۳/۱۵	۶۰۲/۰۸	۵۴۹/۶۲
۹	۷۵۴/۶۷	۶۷۵/۰۰	۶۱۶/۱۹
۹/۵	۸۴۰/۸۵	۷۵۲/۰۸	۶۸۶/۵۶
۱۰	۹۳۱/۶۹	۸۳۳/۳۳	۷۶۰/۷۳
۱۰/۵	۱۰۲۷/۱۹	۹۱۸/۷۵	۸۳۸/۷۰
۱۱	۱۱۲۷/۳۵	۱۰۰۸/۳۳	۹۲۰/۴۸
۱۱/۵	۱۲۳۲/۱۷	۱۱۰۲/۰۸	۱۰۰۶/۰۶
۱۲	۱۳۴۱/۶۴	۱۲۰۰/۰۰	۱۰۹۵/۴۵
۱۲/۵	۱۴۵۵/۷۷	۱۳۰۲/۰۸	۱۱۸۸/۶۳
۱۳	۱۵۷۴/۵۶	۱۴۰۸/۳۳	۱۲۸۵/۶۳
۱۳/۵	۱۶۹۸/۰۱	۱۵۱۸/۷۵	۱۳۸۶/۴۲

طول دهانه M	K_{a1}		
	f_c , Mpa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۱۴	۱۸۲۶/۱۲	۱۶۳۳/۳۳	۱۴۹۱/۰۲
۱۴/۵	۱۵۵۸/۸۹	۱۷۵۲/۰۸	۱۵۹۹/۴۳
۱۵	۲۰۹۶/۳۱	۱۸۷۵/۰۰	۱۷۱۱/۶۳
۱۵/۵	۲۲۳۸/۴۰	۲۰۰۲/۰۸	۱۸۲۷/۶۴
۱۶	۲۳۸۵/۱۴	۲۱۳۳/۳۳	۱۹۴۷/۴۶
۱۶/۵	۲۵۳۶/۵۴	۲۲۶۸/۷۵	۲۰۷۱/۰۸
۱۷	۲۶۹۲/۶۰	۲۴۰۸/۳۳	۲۱۹۸/۵۰
۱۷/۵	۲۸۵۲/۶۲	۲۵۵۲/۰۸	۲۳۲۹/۷۲
۱۸	۳۰۱۸/۶۹	۲۷۰۰/۰۰	۲۴۶۴/۷۵
۱۸/۵	۳۱۸۸/۷۳	۲۸۵۲/۰۸	۲۶۰۳/۵۸
۱۹	۳۳۶۳/۴۲	۳۰۰۸/۳۳	۲۷۴۶/۲۲
۱۹/۵	۳۵۴۲/۷۷	۳۱۶۸/۷۵	۲۸۹۲/۶۶
۲۰	۳۷۲۶/۷۸	۳۳۳۳/۳۳	۳۰۴۲/۹۰
۲۰/۵	۳۹۱۵/۴۵	۳۵۰۳/۰۸	۳۱۹۶/۹۵
۲۱	۴۱۰۸/۷۷	۳۶۷۵/۰۰	۳۳۵۴/۸۰
۲۱/۵	۴۳۰۶/۷۶	۳۸۵۲/۰۸	۳۵۱۶/۴۵
۲۲	۴۵۰۹/۴۰	۴۰۳۳/۳۳	۳۶۸۱/۹۰
۲۲/۵	۴۷۱۶/۷۱	۴۲۱۸/۷۵	۳۸۵۱/۱۷
۲۳	۴۹۲۸/۶۷	۴۴۰۸/۳۳	۴۰۲۴/۲۴
۲۳/۵	۵۱۴۵/۲۹	۴۶۰۲/۰۸	۴۲۰۱/۱۱
۲۴	۵۳۶۶/۵۶	۴۸۰۰/۰۰	۴۳۸۱/۷۸
۲۴/۵	۵۵۹۲/۵۰	۵۰۰۲/۰۸	۴۵۶۶/۲۶
۲۵	۵۸۲۳/۰۹	۵۲۰۸/۳۳	۴۷۵۴/۵۶

تذکر : در محاسبه افت از بارهای بهره‌برداری (بدون ضریب) استفاده شود.

دالهای دو طرفه

مثال ۱ طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش مستقیم

دال دوطرفه و بدون تیر صفحه بعد را با استفاده از روش مستقیم طرح کنید. در آکسهای (A) و (۱) تیرهای لبه به عرض ۴۰ سانتیمتر پیش‌بینی شده‌اند. در آکس‌های (5) و (D) تیر لبه وجود ندارد. استفاده از سر ستون مجاز است.



مشخصات :

$$\text{بار زنده} = 6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار کف سازی} = 0.7 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار دیوارهای خارجی} = 5.9 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{ابعاد ستونهای میانی زیر دال} = 50 \times 50 \text{ cm}^2$$

$$\text{ابعاد ستونهای میانی روی دال} = 45 \times 45 \text{ cm}^2$$

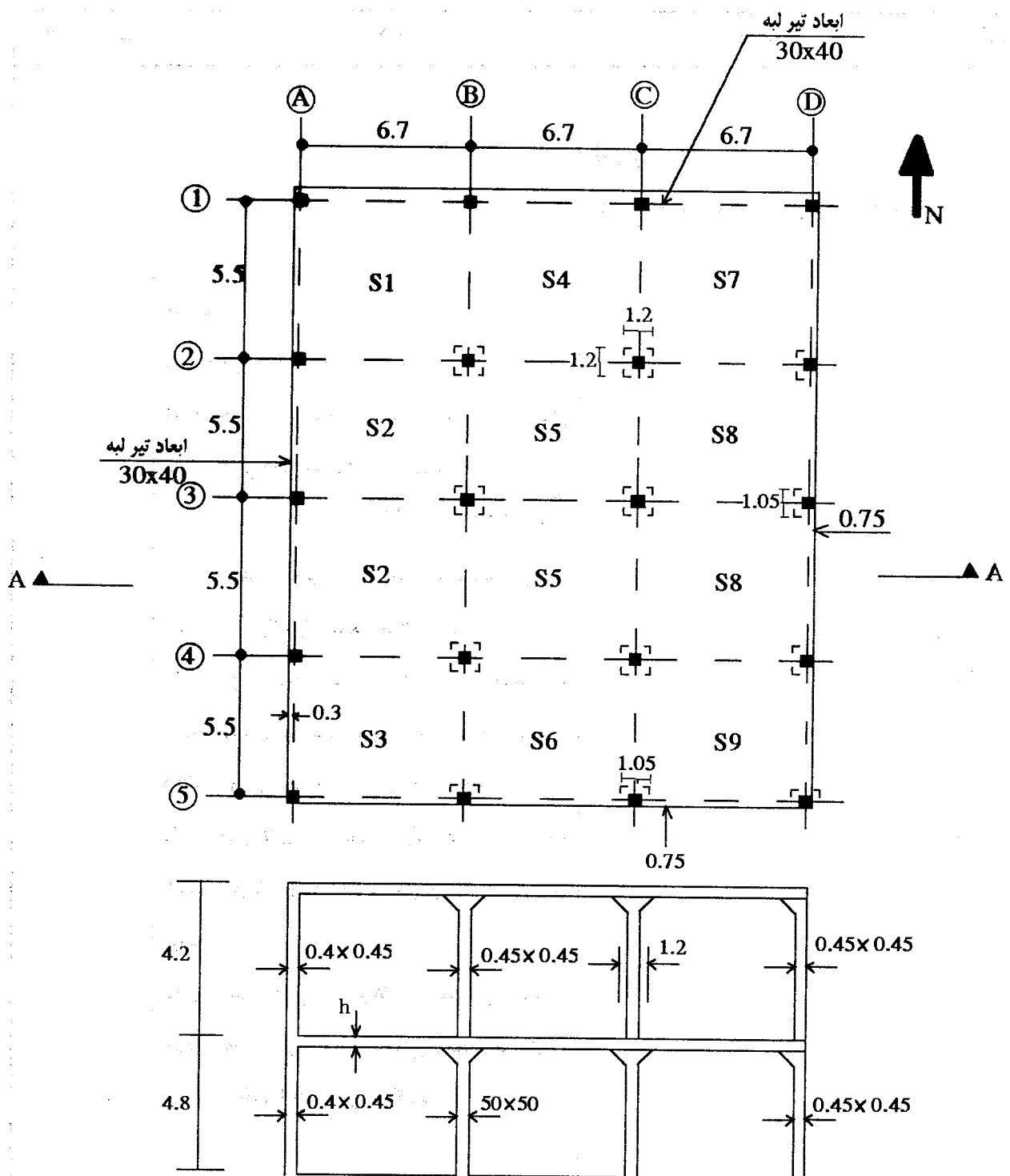
$$\text{ابعاد ستون گوشه} = 40 \times 40 \text{ cm}^2$$

$$\text{ابعاد سایر ستونهای خارجی و دارای تیر لبه} = 40 \times 45 \text{ cm}^2 \quad (\text{بعد بزرگتر موازی لبه دال})$$

$$\text{ابعاد ستونهای خارجی و بدون تیر لبه} = 45 \times 45 \text{ cm}^2$$

$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقه زیر دال} = 4.8 \text{ m}$$

$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقه روی دال} = 4.2 \text{ m}$$

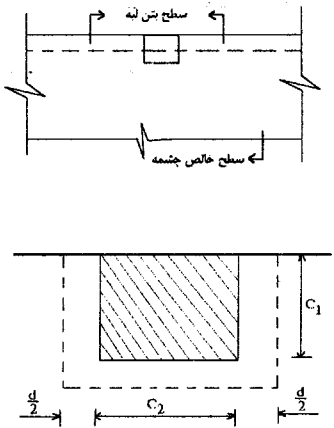


SECTION A-A

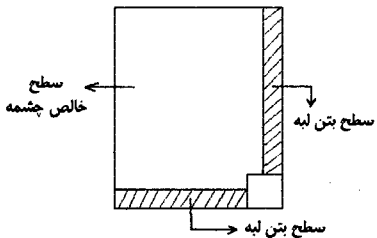
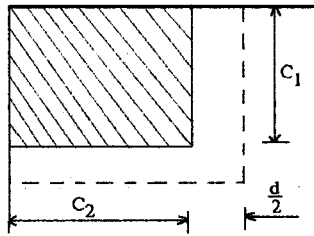
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام اول) کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش مستقیم	
	ضوابط: A- حداقل سه دهانه پیوسته در هر جهت موجود باشد. B- دال‌ها مستطیل شکل باشند و نسبت طول ضلع بزرگتر به کوچکتر آنها بیشتر از ۲ نباشد. $\frac{6.7}{5.5} = 1.22 < 2 \quad \text{O.K.}$ C- دهانه‌های متوالی در هر امتداد نباید بیشتر از یک سوم دهانه بزرگتر با یکدیگر اختلاف طول داشته باشد. D- برون محوری هیچیک از ستون‌ها نسبت به صفحه قاب در هر امتداد نباید بیشتر از ده درصد طول دهانه عمود بر صفحه قاب بر آن امتداد باشد. E- بارهای قائم باید بصورت یکنواخت پخش شده باشند و بارهای زنده نباید بزرگتر از دو برابر بارهای مرده باشند. برای تخمین حداقل مقدار W_d، ضخامت دال را برابر حداقل مقدار مجاز (12.5cm) و وزن مخصوص بتن را برابر 24 KN/m^3 فرض می‌کنیم.		
	وزن دال + بار کف‌سازی = بار مرده $W_D = 0.7 + 0.125 \times 24 = 3.7 \text{ KN.m}^2$ $2W_D = 2 \times 3.7 = 7.4$ $W_L = 6 \text{ KN.m}^2 < 2 W_d \quad \text{O.K.}$ بنابراین می‌توان از روش مستقیم استفاده کرد.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) انتخاب ضخامت دال با توجه به برش و افت در چشمه بحرانی A- در چشمه S9 ضخامت لازم برای افت محاسبه می شود. فرض می شود که هیچیک از ستون های کتیبه ندارند. تذکر: اگر ستون ها دارای کتیبه نباشند و دهانه های متوالی در یک جهت برابر باشند، چشمه بحرانی برای یک دال با ضخامت ثابت، چشمه گوشه ای است که دارای کوچکترین تیر لبه می باشد. نسبت طول دهانه خالص بزرگتر به کوچکتر β نسبت طول لبه پیوسته به کل محیط پانل β_s متوسط α برای تمام تیرهای پیرامونی چشمه α_m نسبت سختی خمشی تیر به سختی خمشی دال α به پهنای l_2	۲-۳-۷-۱۵
	برای چشمه S9 داریم: $\ell_n(5) = 6.7 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 6.25 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 5.05 \text{ m}$ $\beta = \frac{\ell_n(5)}{\ell_n(D)} = \frac{6.25}{5.05} = 1.24 \text{ m}$ $\beta_s = 0.5$ $\alpha_m = 0$		
	به جای l_n طول دهانه خالص بزرگتر را قرار می دهیم. $h = \frac{\ell_n}{36} = \frac{6.25}{36} = 17.4 \text{ cm}$ با فرض $h = 20 \text{ cm}$ داریم:		
	B- کنترل ضخامت دال برای برش شدت بار نهایی W_u = برش سوراخ کننده کل V_u سطح مقطع خالص دال وزن دال + بار کف سازی = بار مرده	۵-۴-۲-۱۴	
	$W_D = 0.7 + 0.2 \times 24 = 5.5 \text{ KN/m}^2$ $W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 5.5 + 1.5 \times 6 = 15.875 \text{ KN/m}^2$		
		$W_u = 1.25 W_D + 1.5 W_L$ B_1 = برای برش سوراخ کننده در ستون های داخلی داریم:	۳-۳-۵-۱۰

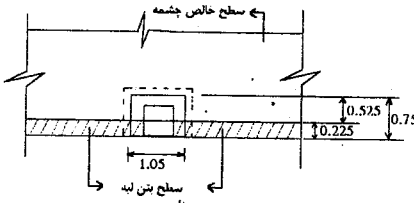
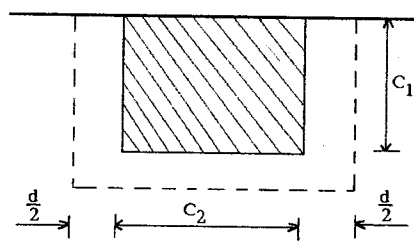
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_n = 6.7 \times 5.5 - 0.5^2 = 36.6 \text{ m}^2$ $V_u = 15.875 \times 36.6 = 581 \text{ KN}$ با فرض $d = 17 \text{ cm}$ داریم:	x طول دهانه = سطح مقطع خالص دال سطح مقطع یک ستون - عرض قاب طراحی $V_u = W_u \cdot A_n$	
	$b_o = (0.5 + 0.17) \times 4 = 2.68 \text{ m}$	$b_o = (C + d) \times 4$	۱-۲-۱۷-۱۲
	$\beta_c = \frac{0.5}{0.5} = 1$	$\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله ۳۴-۱۲
	$V_{c2} = (\frac{20 \times 0.17}{2.61} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله ۳۵-۱۲
	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله ۳۶-۱۲
	$V_c = \min (V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$ $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.68 \times 0.17 \times 10^3$ $V_c = 489 \text{ KN} < V_u \text{ N.G.}$ پس باید ضخامت دال را افزایش داد. با فرض $h = 25 \text{ cm}$ داریم:		
	$W_d = 0.7 + 0.25 \times 24 = 6.7 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 6.7 + 1.5 \times 6 = 17.375$ $V_u = 17.375 \times 36.6 = 635.9 \text{ KN}$ با فرض $d = 22 \text{ cm}$ داریم:		
	$b_o = (0.5 + 0.22) \times 4 = 2.88 \text{ m}$	$B_o = (C + d) \times 4$	

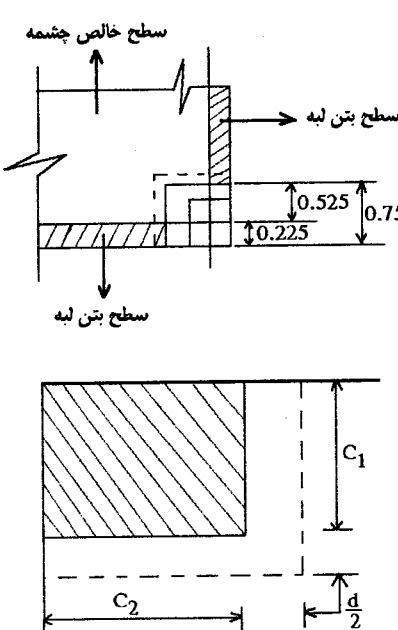
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه						
	$V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.88 \times 0.22 \times 10^3$ $V_c = 680 \text{ KN} > V_u \quad \text{O.K}$	تذکر: در این مرحله از آنجا که لنگرها مشخص نیستند، فقط کنترل برای برش پانچ عملی است. برای ایجاد ظرفیت برشی اضافی از انتقال لنگر خمشی در محل اتصال دال به ستون، باید ضخامت دال را افزایش داد. مقادیر پیشنهادی برای این حالت عبارتند از: <table><tr><td>ستون های میانی</td><td>۱۰ درصد</td></tr><tr><td>ستون های کناری</td><td>۴۰ درصد</td></tr><tr><td>ستون های گوشه</td><td>۷۰ درصد</td></tr></table>	ستون های میانی	۱۰ درصد	ستون های کناری	۴۰ درصد	ستون های گوشه	۷۰ درصد	
ستون های میانی	۱۰ درصد								
ستون های کناری	۴۰ درصد								
ستون های گوشه	۷۰ درصد								
	بنابراین $h = (22 \times 1.1) + 3 = 27.2 \text{ cm}$ و یا $h = 27 \text{ cm}$ در فرمول فوق پوشش بتنی برابر ۳ سانتیمتر فرض شده است. برای $h = 27 \text{ cm}$ داریم: $W_u = 1.25 (0.7 + 0.27 \times 24) + 1.5 \times 6$ $W_u = 9 + 9 = 18 \text{ KN/m}^3$ $V_u = \left(\frac{6.7 \times 5.5}{2} - \frac{0.45 \times 0.45}{2} \right) \times 18 + \frac{0.45}{2}$ $(6.7 - 0.45) \times 9 + (6.7 - 0.45) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 388.6 \text{ KN}$	B2- برای کنترل برش در ستون کناری بارهای زیر مدنظر قرار می گیرند: بارهای روی نصف سطح خالص چشمه، وزن بتن لبه، و دیوار خارجی طبقه فوقانی با ضریب بار مرده. 							

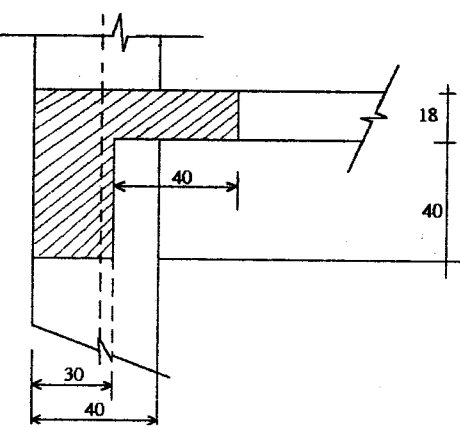
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$b_o = 2(0.45 + \frac{0.24}{2}) + (0.45 + 0.24)$ $b_o = 1.83 \text{ m}$	$b_o = 2(C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + d)$	
	$\beta_c = \frac{0.45}{0.45} = 1$	$\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله ۳۴-۱۲
	$V_{c2} = (\frac{15 \times 0.24}{1.83} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 2.97 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	معادله ۳۵-۱۲
	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$ $V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.83 \times 0.24 \times 10^3$ $V_c = 471.4 \text{ KN} > V_u \quad \text{O.K.}$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	معادله ۳۶-۱۲
	با وجود اینکه V_c خیلی بزرگتر از V_u است نمی‌توان ضخامت دال را کاهش داد. چرا که برش ناشی از انتقال لنگر خمشی در محل اتصال دال به ستون در نظر گرفته نشده است و مطابق تذکر قبل ارتفاع موثر بهینه d را باید در این حالت در $1/4$ ضرب نمود. B3 - کنترل برش در ستون گوشه با توجه به محاسبات ستون‌های میانی و کناری، ضخامت لازم برای برش، بیش از ضخامت لازم برای افت است و بنابراین استفاده از کتیبه یا سرستون منطقی است. برای کامل کردن مثال این موضوع را در ستون‌های گوشه نیز کنترل می‌کنیم.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $h = 20\text{cm}$ داریم: $W_u = 15.875 \text{ KN/m}^2$ $V_u = \left(\frac{6.7 \times 5.5}{4} - \frac{0.45 \times 0.45}{4} \right) \times 15.875 + \left[\frac{0.45}{2} \left(\frac{6.7}{2} - \frac{0.45}{2} \right) + \frac{0.45}{2} \times \left(\frac{5.5}{2} - \frac{0.45}{2} \right) \right] \times 1.25 \times 5.5 + \left(\frac{6.7 + 5.5}{2} - 0.45 \right) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 195.85 \text{ KN}$	 برش ستون‌های گوشه با توجه به بارهای زیر محاسبه می‌شود: بارهای روی یک چهارم سطح خالص چشمه، وزن بتن لبه و دیوار خارجی روی دو لبه با ضریب بار مرده.  $b_o = \left(C_1 + \frac{d}{2} \right) + \left(C_2 + \frac{d}{2} \right)$ $\beta_c = \frac{C_2}{C_1}$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$b_o = \left(0.45 + \frac{0.17}{2} \right) + \left(0.45 + \frac{0.17}{2} \right)$ $b_o = 1.07 \text{ m}$ $\beta_c = \frac{0.45}{0.45} = 1$ $V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = \left(\frac{10 \times 0.17}{1.07} + 1 \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 2.59 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = V_{c3} = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.07 \times 0.17 \times 10^3$ $V_c = 195.2 \text{ KN} \approx V_u \quad \text{O.K.}$	معادله ۳۴-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۶-۱۲	۳۴-۱۲
	با توجه به برش ناشی از انتقال لنگر خمشی داریم: $h = (17 \times 1.7) + 3 = 31.9 \text{ cm}$	C- انتخاب ابعاد سر ستون برای ابعاد سرستون مربوط به ستون‌های داخلی مقدار زیر پیشنهاد می‌شود:	۳۵-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$0.15\ell_a = 0.15\left(\frac{5.5+6.7}{2}\right) = 0.92 \text{ m}$ $0.25\ell_a = 0.25\left(\frac{5.5+6.7}{2}\right) = 1.5 \text{ m}$ بنابراین ابعاد سر ستون مربوط به ستون‌های داخلی را برابر با مقدار زیر فرض می‌کنیم: $C_1 = C_2 = 1.2 \text{ m}$ برای ستون‌های لبه ابعاد زیر را برای سر ستون‌ها در نظر می‌گیریم: در امتداد عمود بر لبه 0.75 m در امتداد لبه 1.05 m برای ستون گوشه آکس D5، ابعاد سرستون برابر است با: $C_1 = C_2 = 0.75 \text{ m}$ $\ell_n(5) = 6.7 - 0.525 - 0.525$ $\ell_n(5) = 5.65 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - 0.525 - 0.525$ $\ell_n(D) = 4.45 \text{ m}$ $\beta = \frac{\ell_n(5)}{\ell_n(D)} = \frac{5.65}{4.45} = 1.27$ $h = \frac{\ell_n}{36} = \frac{565}{36} = 15.69 \text{ cm}$ USE: $h = 18 \text{ cm}$ $W_D = 0.7 + 0.18 \times 24 = 5 \text{ KN/m}^2$	$0.15\ell_a < C < 0.25\ell_a$ که ℓ_a متوسط طول دهانه‌های بزرگتر و کوچکتر می‌باشد. تذکره ۱: در انتخاب ابعاد سرستون، علاوه بر برش، باید به مسائل اجرایی نیز توجه شود. تذکره ۲: به خاطر اینکه در آکس‌های (۱) و (A) تیر وجود دارد، از سر ستون استفاده نمی‌شود. تکرار گام‌های A و B با سر ستون: A' - کنترل افت در پانل S9 پس از استفاده از سر ستون. B1' - کنترل برش سوراخ‌کننده در ستون‌های داخلی، که دارای سرستون می‌باشند.	۵-۴-۲-۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 5 + 1.5 \times 6 = 15.25 \text{ KN/m}^2$ $V_u = (6.7 \times 5.5 - 1.2^2) \times 15.25 = 540 \text{ KN}$	$W_L = 1.25 W_D + 1.5 W_L$	۳-۳-۵-۱۰
	با فرض $d=15 \text{ cm}$ داریم: $b_o = (1.2 + 0.15) \times 4 = 5.4 \text{ m}$	$b_o = (c+d) \times 4$ با توجه به قسمت B₁ داریم:	۱-۲-۱۷-۱۲
	$V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.4 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 869.4 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	$V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	۴-۲-۱۷-۱۲
	B₂' - کنترل برش در ستون کناری  	با توجه به قسمت B₂ داریم: V_{c1} و V_{c2} تغییری نمی کنند.	
	$V_u = \left(\frac{6.7 \times 5.5}{2} - 1.05 \times 0.525 \right) \times 15.25 + 0.225$ $(6.7 - 1.05) \times 1.25 \times 5 + (6.7 - 1.05) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 322.2 \text{ KN}$	$b_o = 2 \left(C_1 + \frac{d}{2} \right) + (C_2 + d)$	
	$b_o = 2 \left(0.75 + \frac{0.15}{2} \right) + (1.05 + 0.15)$ $b_o = 2.85 \text{ m}$		
	$V_{c2} = \left(\frac{15 \times 0.15}{2.85} \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1 \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	۴-۲-۱۷-۱۲

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۴-۲-۱۷-۱۲	روشن B3' - کنترل برش در ستون گوشه  $b_o = (C_1 + \frac{d}{2}) + (C_2 + \frac{d}{2})$ با توجه به قسمت B3 داریم: V_{c1} و V_{c3} تغییری نمی کنند. $V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = 1.79 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{cmin}$ بنابراین: $V_c = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 2.85 \times 0.15 \times 10^3$ $V_c = 411 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$ $V_u = (\frac{6.7 \times 5.5}{2} - 0.525^2) \times 15.25 + 0.225$ $[0.225 \times (\frac{6.7}{2} - 0.525) + 0.225 \times (\frac{5.5}{2} - 0.525)]$ $\times 1.25 \times 5 + (\frac{6.7 + 5.5}{2} - 2 \times 0.525) \times 5.9 \times 1.25$ $V_u = 180.6 \text{ KN}$ $b_o = 2(0.75 + \frac{0.15}{2}) + (0.75 + \frac{0.15}{2}) = 1.65 \text{ m}$ $V_{c2} = (\frac{10 \times 0.15}{1.65}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 1.91 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d = V_{cmin}$ بنابراین: $V_c = 1.91 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1.65 \times 0.15 \times 10^3$	

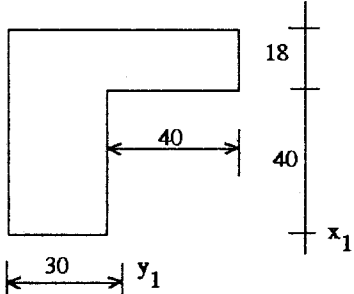
بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	D- کنترل کافی بودن ضخامت دال در سایر چشمه‌ها تذکره ۱: در دالهایی که تمام دهانه‌ها شبیه یکدیگر نیستند، ممکن است لازم شود که چند چشمه کنترل گردد تا چشمه بحرانی برای افت مشخص شود. این قسمت نحوه برخورد با چشمه‌هایی که دارای تیر لبه می‌باشند را مشخص می‌کند. $\beta = \frac{\text{طول دهانه بزرگتر}}{\text{طول دهانه کوچکتر}}$ $\beta_s = \frac{\text{طول لبه‌های پیوسته}}{\text{کل محیط دال}}$	$V_c = 253.7 \text{ KN} > V_u$ کنترل چشمه S2: $\ell_n(A) = 5.5 - \frac{0.45}{2} - \frac{0.45}{2} = 5.05 \text{ m}$ $\ell_n(B) = 5.5 - \frac{1.2}{2} - \frac{1.2}{2} = 4.3 \text{ m}$ (طول متوسط شمالی جنوبی) $\ell_n(NS) = \frac{5.05 + 4.3}{2} = 4.675 \text{ m}$ (طول شرقی غربی) $\ell_n(EW) = 6.7 - 0.1 - \frac{1.2}{2}$ $\ell_n(EW) = 6 \text{ m}$ $\beta = \frac{6}{4.675} = 1.28$ $\beta_s = \frac{6.7 \times 2 + 5.5}{2(6.7 + 5.5)} = 0.775$	
۱۵-۷-۳-۲	تذکره ۲: طول دهانه آزاد l_n در حالتی که ستونها دارای سر ستون باشند از لبه سر ستون و در حالتیکه دارای سر ستون نباشند از بر ستون اندازه‌گیری می‌شود. لازم به تذکره است که در صورت وجود تیر در دال، از لبه تیر اندازه‌گیری می‌شود. حداقل مقدار l_n برابر با $l_1/6.5$ می‌باشد. منظور از l_1 فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها است. D_1 - محاسبه α_m		

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آیین نامه
دال ۱	چون بتن دال و تیر از یک نوع می باشد بنابراین : و یا $E_{cb} = E_{cs}$ $\frac{h}{h_s} = \frac{58}{18} = 3.22$ $\frac{u}{h_s} = \frac{2 \times 30}{18} = 3.33$ برای $\frac{u}{h_s} = 3.33$ و $\frac{h}{h_s} = 3.22$ داریم: $\alpha_f = 1.46$ $\ell = 0.5 \times 6.7 + 0.5 \times 0.4 = 3.55 \text{ m}$ $\alpha = \frac{0.30}{3.55} \times (3.22)^3 \times 1.46$ $\alpha = 4.12 > 0.8$	تیر در دال ها شامل جان تیر و قسمتی از دال است که در هر سمت تیر دارای عرضی برابر با تصویر مایل ۴۵ درجه آن قسمت از جان تیر باشد که در زیر یا در روی دال، هر کدام ارتفاع بیشتری دارد قرار می گیرد مشروط بر آنکه این عرض در هر سمت جان بزرگتر از ۴ برابر ضخامت دال نباشد. $\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s}$ چون بتن تیر و دال از یک نوع می باشند داریم: $\alpha = \frac{I_b}{I_s} = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$ در تیرهای لبه u دو برابر عرض تیر، و در تیرهای میانی u برابر عرض تیر می باشد. $\ell = 0.5 \ell_2 + 0.5 \times c$ $\alpha = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$ در سه لبه دیگر به خاطر عدم وجود تیر لبه، مقدار α برابر صفر است.	۷-۲-۱۵
	$40 < 40 \times 18 \text{ O.K.}$		۶-۴-۲-۱۴
	$\alpha_m = \frac{1}{4} (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)$ $\alpha_m = \frac{1}{4} (4.12 + 0 + 0 + 0) = 1.03$	D2- محاسبه ضخامت دال در چشمه S2 برای افت در دالهایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از ۰/۲ و کوچکتر از ۲ است طبق رابطه ۱۴-۵:	معادله ۱۴-۵
	$h = \frac{6(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.28(1.03 - 0.2)} = 0.142$	$h = \frac{\ell_n (800 + 0.6 F_y)}{36000 + 5000 \beta (\alpha_m - 0.2)}$	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
دال ۱	بنابراین ضخامت ۱۸ cm قابل قبول است. $\ell_n(2) = 6.7 - \frac{1.2}{2} - 0.525$ $\ell_n(2) = 5.575 \text{ m}$ $\ell_n(1) = 6.7 - 0.45 = 6.25 \text{ m}$ $\ell_n(EW) = \frac{5.575 + 6.25}{2} = 5.91$ $\ell_n(C) = 5.5 - \frac{1.2}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.7 \text{ m}$ $\ell_n(D) = 5.5 - \frac{1.05}{2} - \frac{0.4}{2} = 4.775 \text{ m}$ $\ell_n(NS) = \frac{4.7 + 4.775}{2} = 4.74 \text{ m}$ $\beta = \frac{5.91}{4.74} = 1.25$ $\beta_s = 0.5$ $\frac{u}{h_s} = 3.33 \quad \text{و} \quad \frac{h}{h_s} = 3.22$ $\ell = 0.5 \times 5.5 + 0.5 \times 0.4 = 2.95 \text{ m}$ برای $\frac{u}{h_s} = 3.33$ و $\frac{h}{h_s} = 3.22$ داریم: $\alpha_f = 1.46$ $\alpha = \frac{0.3}{2.95} \times (3.22)^3 \times 1.46 = 4.96 > 0.8$ $\alpha_m = \frac{1}{4}(4.96 + 0 + 0 + 0) = 1.24$ $h = \frac{5.91(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.25(1.24 - 0.2)} = 0.136$ بنابراین ضخامت ۱۸cm قابل قبول است.	$\ell = 0.5 \ell_2 + 0.5 C$ $\alpha = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s} \right)^3 \alpha_f$ $\alpha_m = \frac{1}{4}(\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4)$ در دالهایی که نسبت α_m در آنها بزرگتر از ۰/۲ و کوچکتر از ۲ است طبق رابطه ۵-۱۴: $h = \frac{\ell_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$	معادله ۵-۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آیین نامه
	قابهای داخلی آکس‌های (B) و (C) دارای عرض $l_2 = 6.7\text{m}$ و قابهای داخلی آکس‌های (2) و (3) و (4) دارای عرض $l_2 = 5/5\text{ m}$ می‌باشند. عرض قابهای خارجی آکس‌های (A) و (D) به ترتیب برابر $l_2 = 3/55\text{m}$ و $l_2 = 3/575\text{m}$ می‌باشند. عرض‌های فوق از خط مرکزی چشمه تا لبه خارجی دال در نظر گرفته شده‌اند. قابهای خارجی آکس‌های (1) و (5) به ترتیب دارای عرض $l_2 = 2/95\text{m}$ و $l_2 = 2/975\text{m}$ می‌باشند.	گام سوم) تقسیم سازه به قابهای طراحی در امتداد آکس ستون‌ها	
	قاب طراحی را در امتداد آکس (3) در نظر می‌گیریم و لنگرها را در جهت شرقی غربی محاسبه می‌نمائیم. برای دهانه A-B از آکس (3) داریم: $l_2 = 5.5\text{ m}$ $l_{1n} = 6.7 - 0.2 - 0.6 = 5.9\text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.9^2}{8} = 365\text{ KN.m}$ برای دهانه B-C از آکس (3) داریم: $l_2 = 5.5\text{ m}$ $l_{1n} = 6.7 - 0.6 - 0.6 = 5.5\text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.5^2}{8} = 317.2\text{ KN.m}$ برای دهانه C-D از آکس (3) داریم: $l_2 = 5.5\text{ m}$ $l_{1n} = 6.7 - 0.6 - 0.525 = 5.575\text{ m}$ $M_o = \frac{15.25 \times 5.5 \times 5.575^2}{8} = 325.9\text{ KN.m}$ تذکر: گام‌های ۴ تا ۶ مربوط به آکس (3) می‌باشند. محاسبات سایر آکس‌ها از گام ۷ شروع می‌شود.	گام چهارم) محاسبه لنگر استاتیکی کل M_o برای هر دهانه از قابهای طراحی $M_o = \frac{W_u \cdot l_2 \cdot l_{1n}^2}{8}$ معادله ۸-۱۵	۱-۳-۷-۱۵

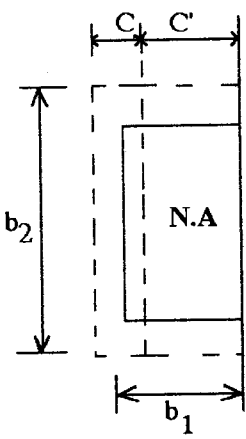
جداول کمیکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام پنجم) محاسبه لنگرهای نهایی در قاب شرقی غربی آکس (3) تذکر: بخاطر متقارن بودن طرح، نتایج این قسمت در آکس‌های (2) و (4) نیز کاربرد دارد. این موضوع در مورد قابهای شمالی جنوبی آکس‌های (B) و (C) نیز صادق است. لنگرهای مربوط به اولین دهانه	۲-۴-۷-۱۵
	برای چشمه S2 داریم: گام چهارم $M_o = 365 \text{ KN.m}$ $- M_e = 0.3 \times 365 = 109.5 \text{ KN.m}$ $+ M_e = 0.5 \times 365 = 182.5 \text{ KN.m}$ $- M_{ie} = 0.7 \times 365 = 255.5 \text{ KN.m}$	لنگر در ستون خارجی $- M_e = 0.3 M_o$ لنگر مثبت $+ M_e = 0.5 M_o$ لنگر در اولین ستون داخلی $- M_{ie} = 0.7 M_o$	۲-۴-۷-۱۵
	برای چشمه S5 داریم: $M_o = 317.2 \text{ KN.m}$ $- M = 0.65 \times 317.2 = 206.2 \text{ KN.m}$ $+ M = 0.35 \times 317.2 = 111 \text{ KN.m}$	لنگرهای مربوط به دهانه میانی $- M = 0.65 M_o$ $+ M = 0.35 M_o$	۱-۴-۷-۱۵
	برای چشمه S8 داریم: $M_o = 325.9 \text{ KN.m}$ $- M_e = 0.26 \times 325.9 = 84.7 \text{ KN.m}$ $+ M_e = 0.52 \times 325.9 = 169.5 \text{ KN.m}$ $- M_{ie} = 0.7 \times 325.9 = 228.1 \text{ KN.m}$	لنگرهای مربوط به آخرین دهانه $- M_e = 0.26 M_o$ $+ M_e = 0.52 M_o$ $- M_{ie} = 0.7 M_o$	۲-۴-۷-۱۵

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام ششم) تقسیم لنگرهای نهایی قاب، محاسبه شده در گام پنجم بین نوار میانی و نوار ستونی A - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه گاه های کناری. در این قسمت قاب های شرقی غربی آکس های (2) و (3) و (4) را مد نظر قرار می دهیم. ستونهای کناری این قابها در آکس های (A) و (D) قرار دارند. A1 - ستون D3 در آکس های (5) و (D) تیر لبه وجود ندارد. بنابراین نسبت سختی پیچشی مقطع تیر لبه به سختی خمشی عرضی از دال که برابر طول دهانه تیر است، برابر صفر می باشد ($\beta_1 = 0$). در آکس هایی که تیر خمشی وجود ندارد نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمشی نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه های مجاور محدود شده است، در امتداد I_1، برابر صفر است ($\alpha_1 = 0$). اگر β_1 برابر صفر باشد، تمام لنگر خمشی منفی به نوار ستونی می رسد. A2 - ستون A3 به خاطر وجود تیر لبه در آکس (A) باید مقدار C مربوط به آن محاسبه گردد. معادله ۱۵-۳ $C = \frac{1}{3} \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$	گام ششم) تقسیم لنگرهای نهایی قاب، محاسبه شده در گام پنجم بین نوار میانی و نوار ستونی A - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه گاه های کناری. در این قسمت قاب های شرقی غربی آکس های (2) و (3) و (4) را مد نظر قرار می دهیم. ستونهای کناری این قابها در آکس های (A) و (D) قرار دارند. A1 - ستون D3 در آکس های (5) و (D) تیر لبه وجود ندارد. بنابراین نسبت سختی پیچشی مقطع تیر لبه به سختی خمشی عرضی از دال که برابر طول دهانه تیر است، برابر صفر می باشد ($\beta_1 = 0$). در آکس هایی که تیر خمشی وجود ندارد نسبت سختی خمشی مقطع تیر به سختی خمشی نواری از دال که از طرفین به محورهای مرکزی چشمه های مجاور محدود شده است، در امتداد I_1، برابر صفر است ($\alpha_1 = 0$). اگر β_1 برابر صفر باشد، تمام لنگر خمشی منفی به نوار ستونی می رسد. A2 - ستون A3 به خاطر وجود تیر لبه در آکس (A) باید مقدار C مربوط به آن محاسبه گردد. معادله ۱۵-۳ $C = \frac{1}{3} \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$	۲-۵-۶-۱۵ ۳-۱۵
	در آکس های (5) و (D) داریم: $\beta_1 = 0$ در آکس های (2) و (3) و (4) و (5) و (B) و (C) و (D) داریم: $\alpha_1 = 0$ سهم نوار ستونی از لنگر منفی برابر 84.7 KN.m می باشد. چون تیر خمشی در آکس (3) وجود ندارد، مقدار α_1 برابر صفر است ($\alpha_1 = 0$). با توجه به قسمت D1 از گام دوم داریم: 		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $x_1 = 30 \text{ cm}$ و $y_1 = 58 \text{ cm}$ داریم: $C_1 = 351900 \text{ cm}^4$ برای $x_2 = 18 \text{ cm}$ و $y_2 = 40 \text{ cm}$ داریم: $C_2 = 55715 \text{ cm}^4$ $C = 351900 + 55715 \text{ cm}^4$ $C = 407615 \text{ cm}^4$	$C = C_1 + C_2$ مقدار I_s برای نوار دال آکس (3) از فرمول زیر بدست می آید. $I_s = \frac{\ell_2 \cdot h_s^3}{12}$	۱۵-۲
	$I_s = \frac{550 \times 18^3}{12} = 267300 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{407615}{2 \times 267300} = 0.76$ با توجه به جدول ۱۵-۶-۹-۲ برای $\beta_t = 0.76$ داریم: $\text{درصد سهم نوار ستونی} = 100 - \frac{0.76}{2.5} \times (100 - 75) = 92.4$ بنابراین ۹۲/۴ درصد از لنگر منفی آکس (A) به نوار ستونی می رسد. $0.924 \times 109.5 = 101.2 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{109.5 - 101.2}{2} = 4.15 \text{ KN.m}$	$\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2E_{cs} \cdot I_s} = \frac{C}{2I_s}$	۱۵-۶-۹-۲
	با توجه به جدول ۱۵-۶-۹-۲ برای $\alpha_1 = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 0$ داریم: ۷۵ درصد سهم نوار ستونی برای ستون B3 (در جهت شرقی غربی) مقدار لنگر منفی نوار ستونی (مربوط به چشمه S2) برابر است با: $0.75 \times 255.5 = 191.6 \text{ KN.m}$	B - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه گاه های میانی	۱۵-۶-۹-۲

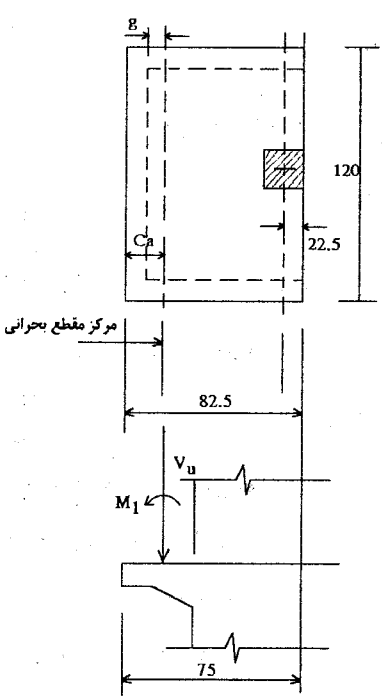
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با : $\frac{255.5 - 191.6}{2} = 31.95 \text{ KN.m}$ برای ستون C3 (در جهت شرقی غربی) مقدار لنگر منفی نوار ستونی (مربوط به چشمه S8) برابر است با: $0.75 \times 228.1 = 171.1 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با : $\frac{228.1 - 171.1}{2} = 28.5 \text{ KN.m}$ با توجه به جدول ۱۵-۹-۲ برای $\alpha_1 = \frac{\ell_2}{\ell_1} = 0$ داریم: ۶۰ = درصد سهم نوار ستونی برای دهانه A3-B3 (چشمه S2) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با : $0.6 \times 182.5 = 109.5 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{182.5 - 109.5}{2} = 36.5 \text{ KN.m}$ برای دهانه B3-C3 (چشمه S5) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با : $0.6 \times 111 = 66.6 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{111 - 66.6}{2} = 22.2 \text{ KN.m}$ برای دهانه C3-D3 (چشمه S8) مقدار لنگر مثبت نوار ستونی برابر است با : $0.6 \times 169.5 = 101.7 \text{ KN.m}$ لنگر مربوط به نصف نوار میانی برابر است با: $\frac{169.5 - 101.7}{2} = 33.9 \text{ KN.m}$	C - تعیین مقدار لنگر خمشی مثبت مربوط به نوار ستونی در دهانه های کناری و میانی	۲-۹-۶-۱۵
		D - جمع بندی لنگرهای خمشی نهایی مربوط به نوار ستونی و کل نوار میانی	

جداول کمکی	محاسبات			روش	بند آیین نامه								
	لنگر کل نوار میانی	لنگر نوار ستونی	چشمه و لنگر										
	لنگر کل نوار میانی	لنگر نوار ستونی	چشمه و لنگر	در تکیه گاه های میانی، دو مقدار برابر لنگر منفی تکیه گاهی به دست آمده است. مقدار بزرگتر را در جدول قرار داده ایم.	چشمه S2	- M _e	101.2	813					
						+ M _e	109.5	73					
						- M _{ie}	191.6	63.9					
						چشمه S5	- M	191.6	63.9				
							+ M	66.6	44.4				
							- M	171.1	57				
						چشمه S8	- M _{ie}	171.1	57				
							+ M _e	101.7	67.8				
							- M _e	84.7	0				
									تذکر ۱: در محاسبات مربوط به آکس های (A) و (1) به این نکته توجه شود که آنها دارای تیر خمشی هستند و $\alpha_1 > 0$ می باشد.				
										تذکر ۲: در نوارهای میانی (حتی در قسمت هایی که ۱۰۰٪ لنگر خمشی به نوار ستونی می رسد) باید فولادگذاری حداقل انجام شود.			

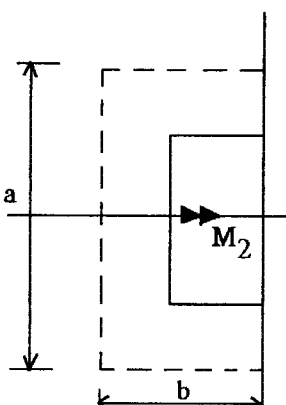
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		M_{uv} - محاسبه B1	
	$M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}\right) M_u$ $M_{uv} = \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{75 + (15)/2}{105 + 15}}}\right) M_u$	$M_{uv} = (1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}) M_u$ برای ستون‌های کناری عبارت $(c_1 + d)$ تبدیل به $(c_1 + \frac{d}{2})$ می‌شود.	معادله ۱۲-۲۴
	$M_{uv} = 0.356 M_u = 0.356 \times 84.7$ $M_{uv} = 30.15 \text{ KN.m}$	B2 - محاسبه مشخصات مقطع بحرانی برای ستون‌های کناری، در حالتی که خمش در جهت عمود بر لبه دال است داریم:	
			
	$b_1 = 75 + \frac{15}{2} = 82.5 \text{ cm}$ $b_2 = 105 + 15 = 120 \text{ cm}$ $C = \frac{82.5^2}{2 \times 82.5 + 120} = 23.88 \text{ cm}$ $A_c = (2 \times 82.5 + 120) \times 15 = 4275 \text{ cm}^2$ $\frac{I}{c} = [2 \times 82.5 \times 15(82.5 + 2 \times 120) + 15^3 \times (2 \times 82.5 + 120) / (82.5)] / 6$ $\frac{I}{c} = 134974 \text{ cm}^3$ $c' = 82.5 - 23.88 = 58.62$ $\frac{I}{c'} = 134974 \times \frac{23.88}{58.62} = 54984 \text{ cm}^3$	$b_1 = c_1 + \frac{d}{2}$ $b_2 = c_2 + d$ $C = \frac{b_1^2}{2b_1 + b_2}$ $A_c = (2b_1 + b_2) d$ $\frac{I}{c} = [2b_1 d(b_1 + 2b_2) + d^3 (2b_1 + b_2) / b_1] / 6$ $c' = b_1 - c$ $\frac{I}{c'} = (\frac{I}{c}) (\frac{c}{c'})$	

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آیین نامه
		C محاسبه آرماتورهای لازم برای خمشی در ستون کناری	۶-۴-۷-۱۵
		طبق بند ۶-۴-۷-۱۵ آرماتورهای موجود در نوار ستون بیاید بتوانند کل لنگر این نوار به ستون منتقل کنند. با فرض $j = 0.95$ داریم:	۳-۴-۱۵
	$M_u = -M_c = 84.7 \text{ KN.m}$	$A_s = \frac{M_u}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$	
	$A_s = \frac{84.7 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.95 \times 0.15}$		
	$A_s = 2.33 \times 10^{-3} \text{ m}^2$		
و یا	$A_s = 23.3 \text{ cm}^2$	حال مقدار j فرض شده را کنترل می کنیم.	
	$a = \frac{0.85 \times 23.3 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times (\frac{550}{2})}$	$a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$	
	$a = 2.12 \text{ cm}$		
	$j = 1 - \frac{2.12}{2 \times 15} = 0.93 \approx 0.95 \quad \text{O.K.}$	$j = 1 - \frac{a}{2d}$	
		با فرض استفاده از $\phi 16 (A_b = 2.01 \text{ cm}^2)$ تعداد میلگردها و فاصله آنها را محاسبه می کنیم.	
	تعداد میلگردها $= \frac{23.3}{2.01} = 11.59$		
	بنابراین از ۱۲ میلگرد استفاده می کنیم.		
	فاصله بین میلگردها $= \frac{275}{12} = 22.9 \text{ cm}$		
	$2h_s = 2 \times 18 = 36 \text{ cm} > 22.9 \text{ O.K.}$	فاصله میلگردهای خمشی نباید از دو برابر ضخامت دال و ۳۵۰ میلیمتر تجاوز کند.	۲-۱-۵-۱۵
		سپس دال را برای لنگر خمشی M_{uf} کنترل می کنیم. این لنگر توسط عرضی از دال که به دو مقطع به فواصل ۱/۵ برابر ضخامت دال یا ضخامت کتیبه دال از هر خارجی ستون در دو سمت آن محدود است، تحمل می شود.	۳-۴-۱۵

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_{uf} = 84.7 - 30.15 = 54.55 \text{ KN.m}$ $b = 105 + 2 \times (1.5 \times 18) = 159 \text{ cm}$ $A_s = \frac{54.55 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.95 \times 0.15} = 1.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ و یا $A_s = 15 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 15 \times 300}{(0.85 \times 0.6 \times 20 \times 159)} = 2.36 \text{ cm}$ $j = 1 - \frac{2.36}{2 \times 15} = 0.92 \approx 0.95 \quad \text{O.K.}$ تعداد میلگردها = $\frac{158}{2.01} = 7.46$ بنابراین : $\text{USE } 8 \Phi 16$ بنابراین باید ۸ میلگرد $\Phi 16$ در عرض ۱۵۹ سانتیمتر قرار گیرد و $2\Phi 16$ در هر طرف از ناحیه فوق قرار داده شود، بطوریکه مجموع میلگردها برابر ۱۲ عدد گردد. $M_n = 0.85 \times (12 \times 2.01 \times 10^{-4}) \times 300 \times 0.95 \times 0.15 \times 10^{-3} = 87.6 \text{ KN.m}$	$M_{uf} = M_u - M_{uv}$ عرض موثر = $c_2 + 2 (1.5h_s)$ با فرض $j = 0.95$ داریم: $A_s = \frac{M_{uf}}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$ حال مقدار j فرض شده را کنترل می کنیم. $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $j = 1 - \frac{a}{2d}$ بنابراین استفاده از $\phi 16$ ($A_b = 2.01 \text{ cm}^2$) تعداد میلگردها را محاسبه می کنیم. لنگر مقاوم مقطع برابر است با: $M_n = \phi_s \cdot A_s \cdot f_y \cdot j \cdot d$	۱۵-۱۸-۵ و ۱۲-۱۷-۴-۲
		D- محاسبه تنش برشی کل V_u و مقایسه آن با حداکثر مقدار قابل قبول V_c $V_u = \frac{V_u}{A_c} + \gamma_{v1} \frac{M_1 C_1}{I_1} + \gamma_{v2} \frac{M_2 C_2}{I_2}$ γ_v = کسری از لنگر است که بصورت برشی انتقال می یابد.	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
معادله ۱۲-۳۴	$v_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$		
معادله ۱۲-۳۵	$v_{c2} = (\frac{\alpha_s \cdot d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$		
معادله ۱۲-۳۶	$v_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$		
	D1 - در این قسمت لنگر خمشی شمالی جنوبی M_2 نادیده گرفته شده است. البته چون طول دهانه چشمه‌های دو طرف ستون D3 برابر می‌باشند، مقدار لنگر فوق ناچیز است. در این مرحله برش و لنگر در مرکز مقطع بحرانی محاسبه می‌شود.  $M_1 = M_n + V_u g$ با توجه به قسمت B1 از همین گام داریم: $M_v = 0.356 M_1$ $V_{ul} = \frac{V_u}{A_c} + M_v / (\frac{l}{c})$	از گام دوم $W_u = 15.25 \text{ KN/m}^2$ $M_n = 87.6 \text{ KN/m}$ $-M_{ie} = 171.1 \text{ KN/m}$ $V_u = 15.25 \times [(5.5 \times \frac{6.7}{2}) - 1.2 \times (0.825 - 0.225)] + 0.225 \times (5.5 - 1.2) \times (1.25 \times 5) \frac{171.1 - 87.6}{6.7 - 1.125}$ $V_u = 261.1 \text{ KN}$ $C_a = \frac{2 \times 0.5 \times 82.5^2}{2 \times 82.5 + 120} = 23.88 \text{ cm}$ $g = 75 - (82.5 - 23.88) = 16.38 \text{ cm}$ $M_1 = 87.6 + 261.1 \times 0.1638 = 130.4 \text{ KN.m}$ $M_v = 0.356 \times 130.4 = 46.4 \text{ KN.m}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$v_{u1} = \frac{261.1 \times 10^{-3}}{4275 \times 10^{-4}} + \frac{46.4 \times 10^{-3}}{134974 \times 10^{-6}}$ $v_{u1} = 0.95 \text{ MPa}$ $v_w = (5.5 - 1.2) \times 1.25 \times 5.9 = 31.7 \text{ KN}$ $v_{u2} = \frac{31.7 \times 10^{-3}}{2 \times (0.75 \times 0.075) \times 0.15} = 0.13 \text{ MPa}$ $v_{u2} = 0.95 + 0.13 = 1.08 \text{ MPa}$ $\beta_c = \frac{120}{82.5} = 1.45$ $b_o = 1.2 + 0.825 \times 2 = 2.85 \text{ m}$ $v_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_{c1} = 2.38 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_{c2} = (\frac{15 \times 0.15}{2.85} + 1) \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_{c2} = 1.79 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $v_c = v_{c2} = 1.79 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20}$ $v_c = 0.96 \text{ MPa}$ همانطور که ملاحظه می شود دال فوق حدود ۱۲٪ برای تحمل برش ضعیف است. علت این مسئله وجود دیوار سنگین خارجی روی دال بدون تیر لبه است. با در نظر گرفتن تیر در زیر دیوارهای فوق و یا استفاده از دیوارهای سبک می توان این مشکل را حل نمود.	تذکر: اگر آرماتورهای خمشی بیشتری در ناحیه فوق بکار روند، باید افزایش مقدار لنگر خمشی M_u را در محاسبات منظور نمود. حال باید تنش برشی ناشی از وزن دیوار خارجی را محاسبه کرد. $v_{u2} = \frac{V_w}{2 \times (0.75 + d/2)d}$ $V_u = V_{u1} + V_{u2}$ محاسبه V_c به صورت زیر انجام می شود.	معادله ۱۲-۳۴
		معادله ۱۲-۳۵	
		معادله ۱۲-۳۶	
		معادله ۱۵-۷-۶-۲	
		معادله ۱۵-۹	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$W_1 = 1.5 \times 6 = 9 \text{ KN/m}^2$ $l_2 = l'_2 = \frac{6.7}{2} = 3.35 \text{ m}$ $\ell_{in} = \ell'_{in} = 5.5 - 1.05 = 4.45 \text{ m}$ $M_2 = 0.07[(6.275 + 0.5 \times 9) \times 3.35 \times 4.45^2 - 6.275 \times 3.35 \times 4.45^2] = 20.9 \text{ KN.m}$	برای ستون‌های کناری در حالتی که خمش در جهت لبه دال است داریم: 	
	$b_1 = 75 + \frac{15}{2} = 82.5 \text{ cm}$ $a = 105 + 15 = 120 \text{ cm}$ $\frac{I}{c} = [120 \times 15(120 + 6 \times 82.5) + 15^3] / 6 = 185063 \text{ cm}^3$ $v_{u2} = \frac{20.9 \times 10^{-3}}{185063 \times 10^{-6}} = 0.11 \text{ MPa}$ همانطور که ملاحظه می‌شود مقدار v_{u2} قابل توجه نیست. با در نظر گرفتن v_{u2} در محاسبه تنش برشی کل خواهیم داشت: $v_u = 1.08 + 0.11 = 1.19 \text{ MPa}$ چون v_u بیشتر از v_c شده است ضخامت دال را باید افزایش داد و این کنترل را مجدداً انجام داد.	$b_1 = c_1 + \frac{d}{2}$ $a = c_2 + d$ $\frac{I}{c} = [ad(a + 6b) + d^3] / 6$ $v_{u2} = M_2 / (\frac{I}{c})$	
		گام نهم)	
		آرماتورگذاری سایر قسمت های دال	
		گام دهم)	
		طراحی تیرهای لبه	

مثال ۲ طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش مستقیم

دال دو طرفه و دارای تیر صفحه بعد را ، با توجه به بارهای وارده طرح نمائید.

مشخصات :

$$\text{بار زنده} = 6 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{بار کف سازی} = 0.7 \text{ KN/m}^2$$

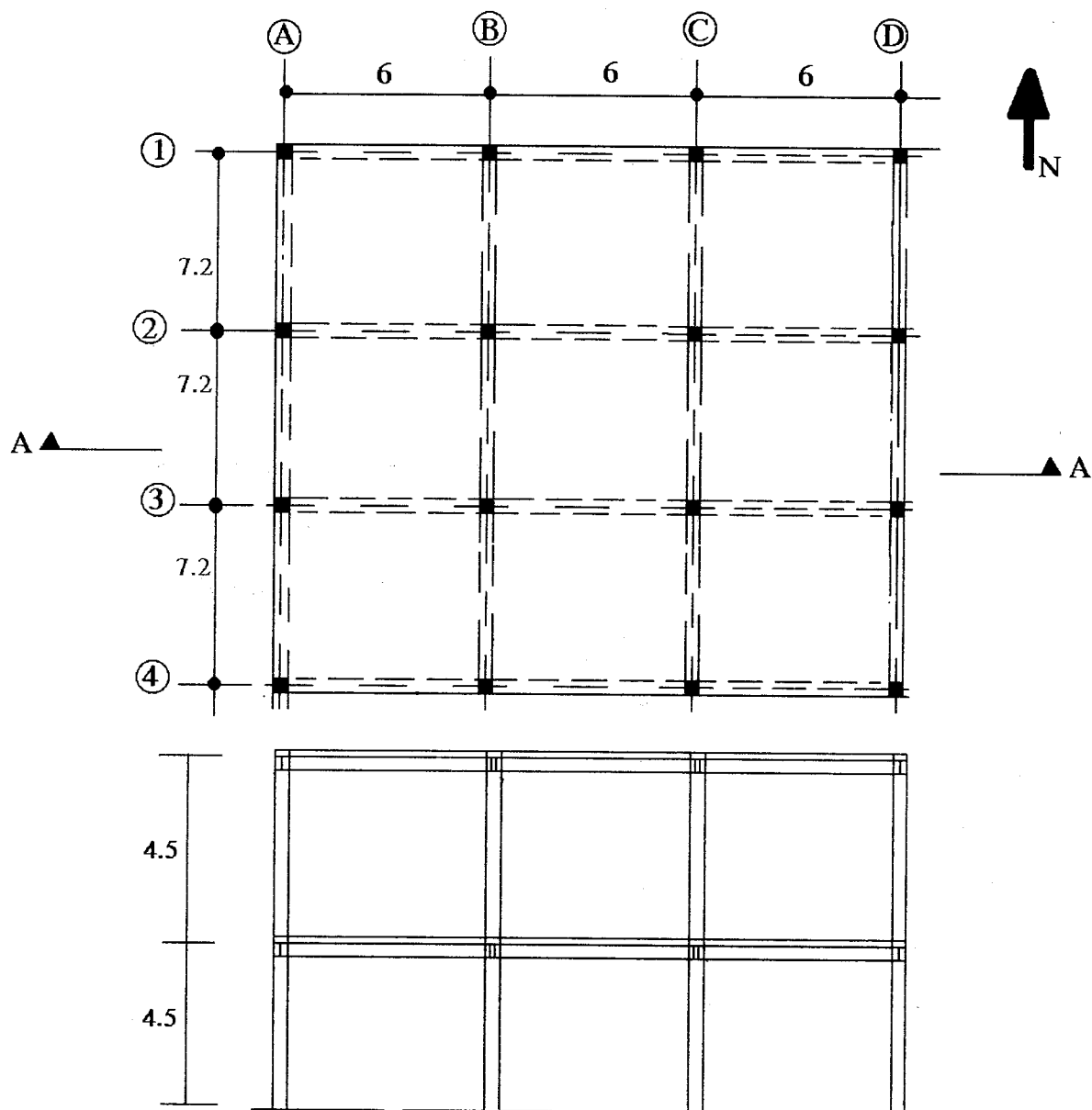
$$\text{بار دیوارهای خارجی} = 5.9 \text{ KN/m}$$

$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

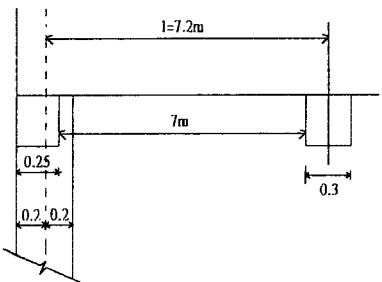
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

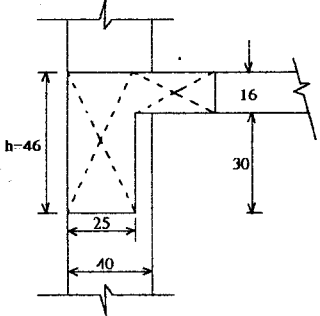
$$\text{ابعاد ستونهای زیر و روی دال} = 40 \times 40 \text{ cm}^2$$

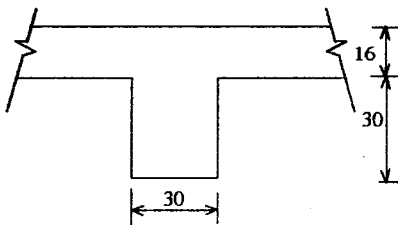
$$\text{ارتفاع کف تا کف طبقات} = 4.5 \text{ m}$$



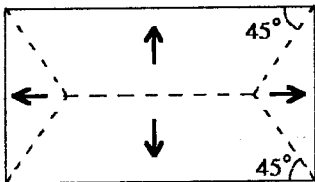
SECTION A-A

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	ضوابط: بندهای ۲-۱-۷-۱۵ تا ۶-۱-۷-۱۵ همانند مثال ۱ ارضاء می شوند. تیرها نیز طوری طراحی می شوند که محدودیت بند ۷-۱-۷-۱۵ رعایت شود. بنابراین می توان از روش مستقیم استفاده کرد.	گام اول) کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش مستقیم	۱-۷-۱۵
	برای اینکه حداقل ۲ میلگرد بتوانند در یک لایه قرار گیرند، عرض های زیر را انتخاب می کنیم. برای تیرهای لبه. $b = 25 \text{ cm}$ برای تیرهای میانی. $b = 30 \text{ cm}$	گام دوم) انتخاب ضخامت دال A- انتخاب ضخامت دال با توجه به افت. با توجه به مثال ۱ و از آنجا که تمام چشمه ها هم اندازه هستند، پانل های گوشه برای تعیین ضخامت بحرانی ترند. علت این است که β_s در آنها کمترین مقدار را دارد ($\beta_s = 0.5$) و مخرج فرمول مربوط به تعیین ضخامت دال (h) حداقل می شود. A1- انتخاب عرض تیرهای لبه و تیرهای میانی 	۶-۴-۲-۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	A2 - محاسبه l_n چشمه گوشه در هر دو جهت. $l_n (NS) = 7.2 - 0.15 - 0.05 = 7 \text{ m}$ $l_n (EW) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$ A3 - انتخاب ضخامت دال نسبت طول دهانه خالص بزرگتر به کوچکتر $\beta =$ $\beta = \frac{l_n (NS)}{l_n (EW)} = \frac{7}{5.8} = 1.21$ نسبت طول لبه پیوسته به کل محیط پانل $\beta_s =$ $\beta_s = 0.5$ متوسط α برای تمام تیرهای پیرامونی $\alpha_m =$ $\alpha_m = 2$ معادله ۶-۱۴ $h = \frac{\ell_n (800 + 0.6 f_y)}{36000 + 9000 \beta}$ $h = \frac{6(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 9000 \times 1.21} = 0.146$ ضخامت دال را برابر ۱۶ سانتیمتر فرض می کنیم. برای تیرهای لبه داریم: $h = h_s + 30 = 16 + 30 = 46 \text{ cm}$  تذکر: طراح در این مرحله می تواند هر ارتفاعی را برای تیر در نظر بگیرد (با توجه به بند ۱۴-۲-۴-۳ از آیین نامه) اما اگر در مراحل بعد لازم شود که ارتفاع تیرها را تغییر دهد، لنگرهای محاسبه شده در گام هفتم عوض خواهند شد. البته اگر مقدار $\alpha_1 = \frac{\ell_2}{\ell_1}$ در این مرحله بزرگتر از یک باشد افزایش ابعاد تیر در مراحل بعد تاثیری در لنگرهای محاسبه شده در گام هفتم نخواهد داشت. حال عرض دال l را در هر دو جهت محاسبه می کنیم. برای تیر شمالی جنوبی داریم: $\ell = \frac{6}{2} + \frac{0.4}{2} = 3.2 \text{ m}$ برای تیر شرقی غربی داریم: $\ell = \frac{7.2}{2} + \frac{0.4}{2} = 3.8 \text{ m}$ برای $\frac{u}{h_s} = \frac{50}{16} = 3.125$ و $\frac{h}{h_s} = \frac{46}{16} = 2.875$ داریم: $\alpha_f = 1.46$		
دال ۱			

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\alpha_{NS} := \frac{0.25}{3.2} \times \left(\frac{0.46}{0.16}\right)^3 \times 1.4 = 2.6 > 0.8$ $\alpha_{EW} = \frac{0.25}{3.8} \times \left(\frac{0.46}{0.16}\right)^3 \times 1.4 = 2.19 > 0.8$ بنابراین نیازی به افزایش ضخامت دال به اندازه ۱۰ درصد نمی باشد. برای تیرهای داخلی داریم: $h = h_z + 30 = 16 + 30 = 46 \text{ cm}$ حال عرض دال ۱ را در هر دو جهت محاسبه می کنیم. برای تیر شمالی جنوبی داریم: $\ell = \ell_2 := 6 \text{ m}$ برای تیر شرقی غربی داریم: $\ell = \ell_2 := 7.2 \text{ m}$ $b = 30 \text{ cm}$, $u = b = 30 \text{ cm}$ برای $\frac{u}{h_s} = \frac{30}{16} = 1.875$ و $\frac{h}{h_s} = \frac{46}{16} = 2.875$ داریم: $\alpha_f = 11.58$ $\alpha_{NS} = \frac{0.3}{6} \times \left(\frac{46}{16}\right)^3 \times 1.58 = 1.88$ $\alpha_{EW} = \frac{0.3}{7.2} \times \left(\frac{46}{16}\right)^3 \times 1.58 = 1.56$ برای جهت شمالی جنوبی داریم: $\alpha_1 \frac{\ell_s}{\ell_1} = 1.88 \times \frac{6}{7.2} = 1.57 > 1$ برای جهت شرقی غربی داریم: $\alpha_1 \frac{\ell_s}{\ell_1} = 1.56 \times \frac{7.2}{6} = 1.87 > 1$	مقدار α در حالتی که $E_{cb} = E_{cs}$ باشد برابر است با: $\alpha = \frac{b_w}{\ell} \left(\frac{h}{h_s}\right)^3 \alpha_f$ 	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	بنابراین افزایش ابعاد تیر مقدار لنگر خمشی نوار ستونی را تغییر نمی دهد. برای چشمه گوشه داریم: $\beta = 1.21$ (قسمت A3) $\ell_n = 7 \text{ m}$ (قسمت A1) $\alpha_m = (2.6 + 2.19 + 1.88 + 1.56) / 4 = 2.06$ در قسمت A3 برای کنترل اولیه ضخامت چشمه گوشه، مقدار α_m را برابر ۲ در نظر گرفته بودیم که به مقدار واقعی آن (۲/۰۶) نزدیک می باشد. بنابراین ضخامت این چشمه کافی است. $\ell_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.15 = 6.9 \text{ m}$ $\ell_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$ $\alpha_m = 2(1.88 + 1.56) / 4 = 1.72$ $\beta = \frac{6.9}{5.7} = 1.21$ $\beta_s = 1$ $h = \frac{6.9(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.21(1.72 - 0.2)} = 0.15$ بنابراین ضخامت ۱۶ سانتیمتر برای این چشمه مناسب است. برای چشمه لبه در حالتی که یکی از اضلاع بلندتر آن ناپیوسته است داریم: $\ell_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.15 = 6.9 \text{ m}$ $\ell_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$ $\beta = \frac{6.9}{5.8} = 1.19$ $\beta_s = \frac{2 \times 6 + 7.2}{2 \times 6 + 2 \times 7.2} = 0.73$ $\alpha_m = (1.88 + 1.56 + 1.56 + 2.6) / 4 = 1.9$	A5 - کنترل ضخامت دال با توجه به مقدار α_m معادله ۱۴-۵ $h = \frac{\ell_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$h = \frac{6.9(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.19(1.9 - 0.2)} = 0.146$ بنابراین ضخامت ۱۶ سانتیمتر برای این چشمه مناسب است. برای چشمه لبه در حالتی که یکی از اضلاع کوتاه‌تر آن ناپیوسته است داریم: $\ell_n(\text{NS}) = 7.2 - 0.15 - 0.05 = 7 \text{ m}$ $\ell_n(\text{EW}) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$ $\beta = \frac{7}{5.7} = 1.23$ $\beta_s = \frac{2 \times 7.2 + 6}{2 \times 7.2 + 2 \times 6} = 0.77$ $\alpha_m = (1.56 + 1.88 + 1.88 + 2.19) / 4 = 1.88$ $h = \frac{7(800 + 0.6 \times 300)}{36000 + 5000 \times 1.23(1.88 - 0.2)} = 0.148$ بنابراین ضخامت ۱۶ سانتیمتر برای چشمه مناسب است.	$h = \frac{\ell_n(800 + 0.6F_y)}{36000 + 5000\beta(\alpha_m - 0.2)}$	معادله ۱۴-۵
		B- کنترل ضخامت دال برای برش به خاطر اینکه $\frac{\ell_2}{\ell_1} \geq 1$ است، α_1 برش به تیرهای پیرامون چشمه‌ها منتقل می‌شود. نحوه انتقال برش به تیرها در شکل زیر نمایش داده شده است. 	۱۲-۳ و ۱۲-۱۷ ۱۵-۷-۱-۷

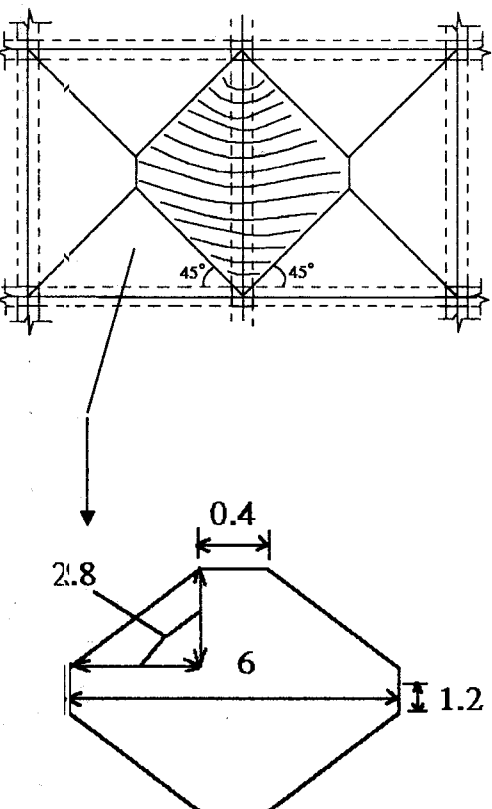
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	از آنجا که بیشترین مقدار بار در جهت کوچکتر حرکت می کند و حداکثر برش در لبه اولین تکیه گاه داخلی به وجود می آید، برش نهایی نواری به عرض واحد در جهت کوچکتر را می توان تقریباً برابر با مقدار زیر گرفت: $W_D = 0.7 + 0.16 \times 24 = 4.54 \quad \text{KN/m}^2$ $W_L = 6 \quad \text{KN/m}^2$ $W_u = 1.25 \times 4.54 + 1.5 \times 6 = 14.675 \quad \text{KN/m}^2$ $V_u = 1.15 \times \frac{14.675 \times 5.8}{2}$ $V_u = 48.9 \quad \text{KN/m of width}$	۱-۹-۳-۱۰ $V_u = 1.5 \frac{w_u \ell_n}{2}$	
	مقاومت برشی بتن برابر است با: $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.13 \times 10^3$ $V_u = 69.77 \quad \text{KN/m of width}$ چون $V_c > V_u$ می باشد ضخامت دال برای تحمل برش کافی است.	۱-۱-۳-۱۲	
	قابهای داخلی آکس های (B) و (C) دارای عرض $l_2 = 6 \text{ m}$ و قابهای داخلی آکس های (2) و (3) دارای عرض $l_2 = 7/2 \text{ m}$ می باشند. عرض قابهای خارجی آکس های (A) و (D) به ترتیب برابر $l_2 = 3/2 \text{ m}$ می باشند. عرض های فوق از خط مرکزی چشمه تا لبه خارجی دال در نظر گرفته شده اند. قابهای خارجی آکس های (1) و (4) دارای عرض $l_2 = 3/8 \text{ m}$ می باشند.	گام سوم) تقسیم سازه به قابهای طراحی در امتداد آکس ستون ها	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم) محاسبه لنگر استاتیکی کل M_0 برای هر دهانه از قابهای طراحی $M_0 = \frac{W_u \cdot \ell_2 \cdot \ell_{ln}^2}{8}$ معادله ۸-۱۵ A- محاسبه بار نهایی سقف بدون در نظر گرفتن وزن قسمت بیرون زده از سقف تیر	۱-۳-۷-۱۵
	با توجه به قسمت B از گام دوم داریم: $W_D = 4.54 \text{ KN/m}^2 \quad \text{و} \quad W_L = 6 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 14.675 \text{ KN/m}^2 \quad \text{و}$ تذکر: وزن قسمت بیرون زده از سقف تیر و لنگر ناشی از آن در گام نهم محاسبه می‌شوند. B - محاسبه لنگر M_0 قاب طراحی را در امتداد آکس (2) و (3) در نظر می‌گیریم و لنگرها را در جهت شرقی غربی محاسبه می‌نمائیم. برای دهانه AB و CD داریم: $\ell_n (AB) = \ell_n (CD) = 6 - 0.15 - 0.05 = 5.8 \text{ m}$ $\ell_2 = 7.2 \text{ m}$ $M_0 = \frac{14.675 \times 7.2 \times 5.8^2}{8} = 444.3 \text{ KN.m}$ برای دهانه BC داریم: $\ell_n (BC) = 6 - 0.15 - 0.15 = 5.7 \text{ m}$ $M_0 = \frac{14.675 \times 7.2 \times 5.7^2}{8} = 429.1 \text{ KN.m}$	۳-۷-۱۵	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای دهانه AB, CD داریم: $M_o = 444.3 \text{ KN.m}$ $- M_o = 0.16 \times 444.3 = 71.1 \text{ KN.m}$ $+ M_e = 0.57 \times 444.3 = 253.3 \text{ KN.m}$ $- M_{ic} = 0.7 \times 444.3 = 311 \text{ KN.m}$	گام پنجم) محاسبه لنگرهای نهایی در قاب شرقی غربی آکس (2) لنگرهای مربوط به دهانه کناری لنگر در ستون خارجی $-M_e = 0.16 M_o$ لنگر مثبت $+M_e = 0.57 M_o$ لنگر در اولین ستون داخلی $-M_{ic} = 0.7 M_o$	۲-۴-۷-۱۵
	برای چشمه BC داریم: $M_o = 429.1 \text{ KN.m}$ $- M = 0.65 \times 325.9 = 278.9 \text{ KN.m}$ $+ M = 0.35 \times 317.2 = 150.2 \text{ KN.m}$	لنگرهای مربوط به دهانه میانی $- M = 0.65 M_o$ $+ M = 0.35 M_o$	۱-۴-۷-۱۵
	با توجه به قسمت A4 از گام دوم داریم: $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ برای قابهای آکس (2) و (3) نسبت $\frac{\ell_2}{\ell_1}$ داریم: $\frac{\ell_2}{\ell_1} = \frac{7.2}{6} = 1.2$	گام ششم) تقسیم لنگرهای نهایی قاب محاسبه شده در گام پنجم بین نوار میانی و نوار ستونی A - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه‌گاه‌های میانی. B - تعیین مقدار لنگر خمشی مثبت مربوط به نوار ستونی در دهانه‌های کناری و میانی	۲-۹-۶-۱۵

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به جدول ۱۵-۶-۲ برای $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ داریم: 69 % = درصد سهم نوار ستونی با این فرض که $E_{cs} = E_{cb}$ داریم: $\beta_t = \frac{C}{2I_s}$ برای $y_1 = 46 \text{ cm}$ و $x_1 = 25 \text{ cm}$ داریم: $C_1 = 1157552 \text{ cm}^4$ برای $y_2 = 30 \text{ cm}$ و $x_2 = 16 \text{ cm}$ داریم: $C_1 = 27197 \text{ cm}^4$ $C = 1157552 + 27197$ $C = 1184749 \text{ cm}^4$ با توجه به قسمت B2 از گام ششم داریم: $I_s = 245760 \text{ cm}^4$ $\beta_t = \frac{C}{2I_s} = \frac{1184749}{2 \times 245760} = 0.376$ با توجه به جدول ۱۵-۶-۲ برای $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ داریم: $\beta_t = 0.376$ و $\frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.2$ 95.5 % = درصد سهم نوار ستونی $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} = 1.87 > 1$ بنابراین ۸۵٪ از لنگر نوار ستونی به تیر می‌رسد.	C - تعیین مقدار لنگر خمشی منفی مربوط به نوار ستونی در تکیه‌گاه‌های کناری با این فرض که $E_{cs} = E_{cb}$ داریم: $\beta_t = \frac{E_{cb} \cdot C}{2E_{cs} \cdot I_s}$ $C = \frac{1}{3} \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$ تذکر: با توجه به قسمت A4 از گام دوم مقدار y_2 برابر کوچکترین دو مقدار زیر است: 30 cm , $16 \times 4 = 64 \text{ cm}$ $C = c_1 + c_2$	۱۵-۰ ۱۵-۶-۲-۵ ۱۵-۲-۷
	D - تعیین سهمی از لنگر خمشی نوار ستونی که به تیر می‌رسد. چنانچه $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1}$ حداقل مساوی با یک باشد، ۸۵ درصد از لنگر خمشی در نوار ستونی، متعلق به تیر است. در صورتی که $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1}$ کوچکتر از یک	۱۵-۶-۳-۹ الف	

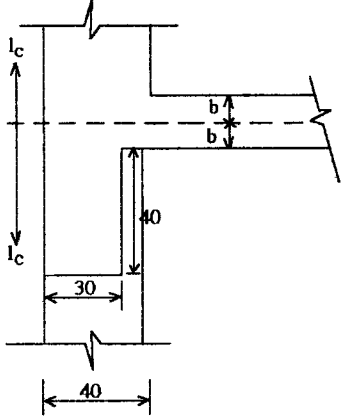
جداول کمکی		محاسبات		روش		بند آیین نامه
تذکر : با توجه به اینکه فقط مدها وجود دارد از Mie- به عنوان لنگر دهانه‌های میانی استفاده می‌شود و M- به کار برده نمی‌شود.		بخش لنگرهای خمشی در قاب‌های طراحی مربوط به آس‌های (2) و (3)		باشد سهم تیر با درون یابی خطی بین ۸۵ درصد و صفر برای $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1}$ به ترتیب برابر با یک و صفر بدست می‌آید. E- محاسبه لنگرهای خمشی تیر و نوار ستونی و نوار میانی. در تکیه‌گاه‌های میانی دو مقدار برای لنگر منفی تکیه گاهی بدست می‌آید. مقدار بزرگتر را مد نظر قرار می‌دهیم.		
لنگر خمشی دال	لنگر خمشی دال	لنگر خمشی تیر	لنگر خمشی نوار ستونی	درصد لنگر خمشی مربوط به نوار ستونی	مجموع لنگرهای خمشی نوارهای ستون و میانی	لنگرهای خمشی (KN.m)
۳۱۲	۱۰/۲	۵۷/۷	۶۷/۹	۹۵/۵	۷۱/۱	- Me
۷۸/۵	۲۶/۲	۱۴۸/۶	۱۷۴/۸	۶۹	۲۵۳/۳	+ Me
۹۶/۴	۳۲/۲	۱۸۲/۴	۲۱۴/۶	۶۹	۳۱۱	- Mie
۸۶/۵	۲۸/۹	۱۶۳/۵	۱۹۲/۴	۶۹	۳۷۸/۹	- M
۴۶/۶	۱۵/۵	۸۸/۱	۱۰۳/۶	۶۹	۱۵۰/۲	+ M
دهانه‌های کناری		دهانه‌های میانی		دهانه‌های میانی		

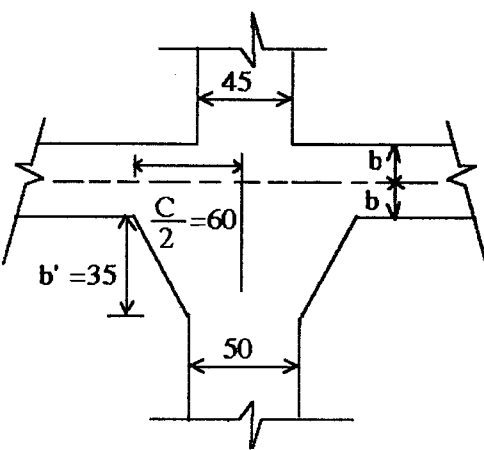
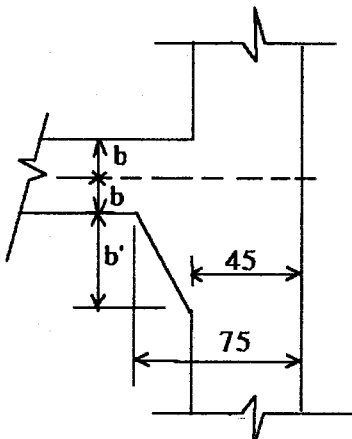
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام هفتم در این مثال انجام نشده است.	گام هفتم)	تکرار گام‌های چهارم تا ششم برای بقیه آکس‌ها
	گام هشتم) طراحی تیرها برای برش و خمش در طراحی تیرها برای خمش باید لنگرهای ناشی از وزن قسمت بیرون زده از دال تیر، و دیوارهایی که احتمالاً روی آن قرار دارند، به لنگرهای محاسبه شده در گام قبل اضافه شوند. چون $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} > 1$ می‌باشد تیرها باید برای برش ناشی از باری طراحی شوند که در محدوده خطوط مورب ۴۵ درجه از گوشه‌های دال‌های طرفین تیر و محورهای چشمه‌های طرفین به دال‌ها وارد می‌شود.  $A = 1.2 \times 6 + 2 \times (2.8 \times 0.4) + 4 \times \left(\frac{2.8 \times 2.8}{2} \right)$ $= 25.12 \text{ m}^2$ $W_{\text{tot}} = 25.12 \times 14.675 = 368.6 \text{ KN}$	گام هشتم) طراحی تیرها برای برش و خمش در طراحی تیرها برای خمش باید لنگرهای ناشی از وزن قسمت بیرون زده از دال تیر، و دیوارهایی که احتمالاً روی آن قرار دارند، به لنگرهای محاسبه شده در گام قبل اضافه شوند. چون $\alpha_1 \frac{\ell_2}{\ell_1} > 1$ می‌باشد تیرها باید برای برش ناشی از باری طراحی شوند که در محدوده خطوط مورب ۴۵ درجه از گوشه‌های دال‌های طرفین تیر و محورهای چشمه‌های طرفین به دال‌ها وارد می‌شود.	بند آیین نامه $W_{\text{tot}} = A \cdot W_u$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	وزن قسمت بیرون زده تیر $= (0.3 \times 0.3 \times 6.8) \times 24 \times 1.25$ $= 18.4 \text{ KN}$ بنابراین کل بار وارد بر تیر ب را بر است با: $368.6 + 18.4 = 387 \text{ KN}$ $V_u = \frac{387}{2} = 193.5 \text{ KN}$		۱-۹-۳-۱۰
	تذکر: برش در اعضای انتهایی و در درجه اولین تکیه گاه داخلی $1.15 W_u \frac{\ell_n}{2}$ می باشد. $bw = 0.3 \text{ m}$ $d = 0.46 - 0.05 = 0.41 \text{ m}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 0.3 \times 0.41 \times 10^3$ $V_c = 66 \text{ KN}$ چون V_u بزرگتر از V_c می باشد، برای تیر باید آرماتورهای برشی طراحی نمود.	تذکر: برش در اعضای انتهایی و در درجه اولین تکیه گاه داخلی $1.15 W_u \frac{\ell_n}{2}$ می باشد. $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_w d$	۱-۱-۳-۱۲
		گام نهم) آرماتور گذاری دال	

مثال ۳ طرح دال دو طرفه و بدون تیر به روش قاب معادل

دال دو طرفه و بدون تیر مثال یک را به روش قاب معادل طرح کنید.

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		تذکر: اختلاف اصلی دو روش قاب معادل و مستقیم، در نحوه محاسبه لنگرهای خمشی در طول قاب طراحی است. بنابراین فقط گام‌های مربوط به محاسبه لنگرهای خمشی نهایی، در این مثال بطور کامل آورده می‌شوند. گام‌های اول تا سوم مانند همان گام‌ها از مثال یک می‌باشند. با توجه به گام دوم ضخامت دال را برابر ۱۸ سانتیمتر در نظر می‌گیریم	۶-۱۵ ۷-۱۵
	برای ستون آکس (A) داریم:  $a = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm}$, $b' = 0$	گام چهارم) محاسبه پارامترهای لازم برای تحلیل به روش پخش لنگر قاب داخلی آکس (3) را برای تحلیل در نظر می‌گیریم. یکی از روشهای آنالیز پخش لنگر است که در این مثال بطور کامل شرح داده می‌شود. A - محاسبه ضرایب لازم برای استفاده از جداول ۳ و ۴ دال‌ها	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		برای ستون های آکس های (B) و (C) داریم:  $a = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm}$ در ستون روی دال : $b = 60 - 22.5 = 37.5 \text{ cm}$ در ستون زیر دال : $b = 60 - 25 = 35 \text{ cm}$ برای ستون آکس (D) داریم:  $a = \frac{18}{2} = 9 \text{ cm}$ در ستون روی دال $\ell_c = 420 \text{ cm}$ در ستون زیر دال $\ell_c = 480 \text{ cm}$ $\ell_1 = 670 \text{ cm}$ $\ell_2 = 550 \text{ cm}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات				جداول کمکی
			(A)	(B), (C)	(D)	
	ستون روی دال	$\frac{a}{\ell_c}$	$\frac{9}{420} = 0.021$	0.021	0.021	
		$\frac{b'}{\ell_c}$	—	$\frac{37.5}{420} = 0.089$	$\frac{30}{420} = 0.071$	
	دال	$\frac{C_1}{\ell_{1LEFT}}$	—	$\frac{120}{670} = 0.179$	$\frac{75}{670} = 0.112$	
		$\frac{C_2}{\ell_2}$	$\frac{45}{550} = 0.082$	$\frac{120}{550} = 0.218$	$\frac{105}{550} = 0.191$	
		$\frac{C_1}{\ell_{1RIGHT}}$	$\frac{40}{670} = 0.060$	$\frac{120}{670} = 0.179$	—	
	ستون زیر دال	$\frac{a}{\ell_c}$	$\frac{9}{480} = 0.073$	0.019	0.019	
		$\frac{b'}{\ell_c}$	0	$\frac{35}{480} = 0.073$	$\frac{30}{480} = 0.063$	
	B- محاسبه سختی ستون					
	ستون روی دال	$K_c \cdot$ در انتهای تکیه	(A)	(B), (C)	(D)	دال ۱-۳
		K_c	4.48	4.55	4.52	
		$I_c = \frac{b_c \cdot h_c^3}{12}$	240000	341719	341719	
		$\frac{K_c}{E_c} = \frac{K_{ci} \cdot I_c}{\ell_{ci}^3}$	2560	3702	3678	
	ستون زیر دال	$K_c \cdot$ در انتهای تکیه	(A)	(B), (C)	(D)	دال ۱-۳
		K_c	4.43	4.61	4.57	
		$I_c = \frac{b_c \cdot h_c^3}{12}$	240000	520833	341719	
		$\frac{K_c}{E_c} = \frac{K_{ci} \cdot I_c}{\ell_{ci}^3}$	2215	5002	3253	

بند آیین نامه	روش	محاسبات				جداول کمکی
۵-۲-۶-۱۵	محاسبه ضریب C	$\sum \frac{K_c}{E_c} = \frac{K_c(\text{above})}{E_c} + \frac{K_c(\text{below})}{E_c}$	$\sum \frac{K_c}{E_c}$	2560+2215 = 4775 (A)	3702+5002 = 8704 (B), (C)	3678+3253 = 6931 (D)
				دال تیر	دال	دال
			x	30 18	18	18
			y	58 40	120	75
				351900+55715		
معادله ۳-۱۵		$C = \frac{1\sum}{3} (1 - 0.63 \frac{x}{y}) x^3 y$	C	407615	211235	123755
معادله ۵-۱۵		$\frac{K_t}{E_c} = \sum \frac{9c}{\ell_2(1 - c_2/\ell_2)^3} = \frac{18c}{\ell_2(1 - c_2/\ell_2)^3}$	$\frac{K_t}{E_c}$	17244	14456	7649
معادله ۴-۱۵		$\frac{K_{ta}}{E_c} = (\frac{I_{sb}}{I_s}) \frac{K_t}{E_c}$	$\frac{K_{ta}}{E_c}$	17244	14456	7649
معادله ۶-۱۵	تذکر: چون در امتداد قاب آکس (3) تیر وجود ندارد نسبت $\frac{I_{sb}}{I_s}$ برابر یک می شود. C- محاسبه سختی دال برای دال های سمت چپ ستون ها داریم: $I_s = \frac{h_s^3 \ell_2}{12}$	$\frac{E_c}{K_{cc}} = \sum \frac{E_c}{K_c} + \frac{E_c}{K_{ta}}$	$\frac{E_c}{K_{cc}}$	2.674×10^{-4}	1.841×10^{-4}	2.75×10^{-4}
			$\frac{K_{cc}}{E_c}$	3740	5433	3636
				(A)	(B), (C)	(D)
			K_s^*	-	4.718	4.38
			I_s	-	267300	267300
						دال ۴-۱

جداول کمکی	محاسبات				روش	بند آیین نامه
دال ۱-۴	$\frac{K_s(\text{left})}{E_c}$	-	1879	1747		$\frac{K_s(\text{left})}{E_c} = \frac{K_s I_s}{\ell_1}$
		(A)	(B), (C)	(D)	برای دال های سمت راست ستونها داریم:	
	$K_{s,}$	4.07	4.71	-		$I_s = \frac{h^3 s \ell_2}{12}$
	$\frac{K_s(\text{right})}{E_c}$	1624	1879	-		$\frac{K_s(\text{right})}{E_c} = \frac{K_s I_s}{\ell_1}$
دال ۱-۴	$\sum \frac{K}{E_c}$	5364	9191	5383		حال سختی کل را از فرمول زیر محاسبه می کنیم.
		(A)	(B), (C)	(D)		$\sum K = K_{ec} + K_s(\text{left}) + K_s(\text{right})$
		$\frac{1624}{5364}$	$\frac{1879}{9191}$	$\frac{1747}{5383}$	D- محاسبه ضرایب پخش لنگر و لنگرهای گیرداری انتهایی.	
		= 0.30	= 0.20	= 0.32		ضریب پخش لنگر = $\frac{K_s}{\sum K}$
دال ۱-۴		$\xrightarrow{0.51} \xleftarrow{0.54}$	$\xrightarrow{0.54} \xleftarrow{0.53}$		C- ضریب انتقال لنگر	
		0.084 0.088	0.088 0.056		M - ضریب لنگر گیرداری انتهایی	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام پنجم)	
		توجه به حالات مختلف بارگذاری و محاسبه لنگر گیرداری انتهایی برای حالت بحرانی	۷-۶-۱۵
	$W_d = 1.25 (0.7 + 0.18 \times 24) = 6.275 \text{ KN/m}^2$	برای تعیین حداکثر لنگر خمشی مثبت در یک دهانه باید آن دهانه و دهانه های مجاور بعدی را	۳-۷-۶-۱۵
	$W_l = 1.5 \times 6 = 9 \text{ KN/m}^2$	بطور یک در میان با سه چهارم بار زنده نهایی بارگذاری کرد. همچنین برای تعیین حداکثر لنگر	
	$\frac{3}{4} W_l = 0.75 \times 9 = 6.75 \text{ KN/m}^2$	خمشی منفی روی یک تکیه گاه باید دهانه های مجاور آن تکیه گاه را با سه چهارم بار زنده نهایی	
	$W_d + \frac{3}{4} W_l = 13.25 \text{ KN/m}^2$	بارگذاری کرد.	
	$W_d + W_l = 6.275 + 9 = 15.275 \text{ KN/m}^2$	لنگرهای خمشی مورد استفاده در طراحی مقاطع در هیچ حالت نباید کمتر از لنگرهای خمشی	۴-۷-۶-۱۵
		ایجاد شده در قاب ، تحت اثر بارهای زنده نهایی روی تمام دهانه ها باشد.	
	$FEM_{AB} = 0.084 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 20.74 \text{ w}$		
	$FEM_{BA} = 0.088 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 21.73 \text{ w}$		
	$FEM_{BC} = FEM_{CB} = FEM_{CD} = 21.73 \text{ w}$		
	$FEM_{DC} = 0.086 \times 5.5 \times 6.7^2 \times w = 21.23 \text{ w}$		
		$M.W.l_2.l_1^2 = \text{لنگر گیرداری انتهایی}$	
		گام ششم)	
		محاسبه لنگرهای نهایی مثبت و منفی حداکثر در طول قاب طراحی	
		چون مقدار بارزنده از 5 KN/m^2 بیشتر است برای	۳-۷-۶-۱۵

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																																																																																		
	تعیین حداکثر لنگر خمشی مثبت در یک دهانه باید آن دهانه و دهانه های مجاور بعدی را بطور یک درمیان با سه چهارم بارزنده نهایی بارگذاری کرد. همچنین برای تعیین حداکثر لنگر خمشی منفی روی یک تکیه گاه باید دهانه های مجاور آن تکیه گاه را با سه چهارم بار زنده نهایی بارگذاری کرد. <table><thead><tr><th>گروه</th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th></tr><tr><th>عضو</th><th>A-B</th><th>B-A</th><th>B-C</th><th>C-B</th><th>C-D</th><th>D-C</th></tr></thead><tbody><tr><td>ضریب انتقال لنگر (COF)</td><td>0.51</td><td>0.54</td><td>0.54</td><td>0.54</td><td>0.54</td><td>0.53</td></tr><tr><td>ضریب پخش لنگر (DF)</td><td>0.3</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.2</td><td>0.32</td></tr></tbody></table> کل بار زنده روی تمام دهانه ها وجود دارد. <table><tbody><tr><td>FEM</td><td>-316.8</td><td>+331.9</td><td>-331.9</td><td>+331.9</td><td>-331.9</td><td>+324.3</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+95</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>-103.8</td></tr><tr><td>CO</td><td>0</td><td>+48.5</td><td>0</td><td>0</td><td>-55</td><td>0</td></tr><tr><td>Balance</td><td>0</td><td>-26.2</td><td>-26.2</td><td>+11</td><td>+11</td><td>0</td></tr><tr><td>CO</td><td>-14.2</td><td>0</td><td>+5.9</td><td>-14.2</td><td>0</td><td>+5.9</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+4.3</td><td>-1.2</td><td>-1.2</td><td>+2.8</td><td>+2.8</td><td>-1.9</td></tr><tr><td>Total</td><td>-231.7</td><td>+353</td><td>-353.4</td><td>+331.5</td><td>-373.1</td><td>+224.5</td></tr><tr><td>M' (وسط دهانه)</td><td colspan="2">+179</td><td colspan="2">+129</td><td colspan="2">+172.6</td></tr></tbody></table> برای نمونه لنگر M_{AB}^- در زیر محاسبه شده است: $M_{AB}^- = \frac{15.275 \times 5.5 \times 6.7^2}{8} - \frac{231.7 + 353}{2}$ $= 179 \text{ KN.m}$	گروه	A	B	C	D	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	ضریب انتقال لنگر (COF)	0.51	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53	ضریب پخش لنگر (DF)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.32	FEM	-316.8	+331.9	-331.9	+331.9	-331.9	+324.3	Balance	+95	0	0	0	0	-103.8	CO	0	+48.5	0	0	-55	0	Balance	0	-26.2	-26.2	+11	+11	0	CO	-14.2	0	+5.9	-14.2	0	+5.9	Balance	+4.3	-1.2	-1.2	+2.8	+2.8	-1.9	Total	-231.7	+353	-353.4	+331.5	-373.1	+224.5	M' (وسط دهانه)	+179		+129		+172.6		$W = W_d + W_l$ لنگر وسط دهانه هر پانل با کم کردن متوسط لنگر منفی تکیه گاه های آن از M_0 بدست آمده است. $M_0 = \frac{w_u \cdot \ell_2 \cdot \ell_1^2}{8}$	معادله ۹-۱۵
گروه	A	B	C	D																																																																																	
عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																																																																															
ضریب انتقال لنگر (COF)	0.51	0.54	0.54	0.54	0.54	0.53																																																																															
ضریب پخش لنگر (DF)	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.32																																																																															
FEM	-316.8	+331.9	-331.9	+331.9	-331.9	+324.3																																																																															
Balance	+95	0	0	0	0	-103.8																																																																															
CO	0	+48.5	0	0	-55	0																																																																															
Balance	0	-26.2	-26.2	+11	+11	0																																																																															
CO	-14.2	0	+5.9	-14.2	0	+5.9																																																																															
Balance	+4.3	-1.2	-1.2	+2.8	+2.8	-1.9																																																																															
Total	-231.7	+353	-353.4	+331.5	-373.1	+224.5																																																																															
M' (وسط دهانه)	+179		+129		+172.6																																																																																

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه														
	سه چهارم بار زنده روی دهانه های CD و AB وجود دارد.																
	<table><tr><td>FEM</td><td>-270.1</td><td>+283</td><td>-136.4</td><td>+136.4</td><td>-283</td><td>+276.5</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+81</td><td>+29.3</td><td>-29.3</td><td>+29.3</td><td>+29.3</td><td>-88.5</td></tr></table>	FEM	-270.1	+283	-136.4	+136.4	-283	+276.5	Balance	+81	+29.3	-29.3	+29.3	+29.3	-88.5	$CD, AB \text{ دهانه: } w = W_d + \frac{3}{4} w_l$ $BC \text{ دهانه: } w = W_d$	
FEM	-270.1	+283	-136.4	+136.4	-283	+276.5											
Balance	+81	+29.3	-29.3	+29.3	+29.3	-88.5											
	<table><tr><td>CO</td><td>-15.8</td><td>+41.3</td><td>+15.8</td><td>-15.8</td><td>-46.9</td><td>+15.8</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+4.7</td><td>-11.4</td><td>-11.4</td><td>+12.5</td><td>+12.5</td><td>-5.1</td></tr></table>	CO	-15.8	+41.3	+15.8	-15.8	-46.9	+15.8	Balance	+4.7	-11.4	-11.4	+12.5	+12.5	-5.1		
CO	-15.8	+41.3	+15.8	-15.8	-46.9	+15.8											
Balance	+4.7	-11.4	-11.4	+12.5	+12.5	-5.1											
	<table><tr><td>CO</td><td>-6.2</td><td>+2.4</td><td>+6.8</td><td>-6.2</td><td>-2.7</td><td>+6.8</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+1.9</td><td>-1.8</td><td>-1.8</td><td>+1.8</td><td>+1.8</td><td>-2.2</td></tr></table>	CO	-6.2	+2.4	+6.8	-6.2	-2.7	+6.8	Balance	+1.9	-1.8	-1.8	+1.8	+1.8	-2.2		
CO	-6.2	+2.4	+6.8	-6.2	-2.7	+6.8											
Balance	+1.9	-1.8	-1.8	+1.8	+1.8	-2.2											
	<table><tr><td>Total</td><td>-204.5</td><td>+284.2</td><td>-156.3</td><td>+158</td><td>-289</td><td>+203.3</td></tr></table>	Total	-204.5	+284.2	-156.3	+158	-289	+203.3									
Total	-204.5	+284.2	-156.3	+158	-289	+203.3											
	<table><tr><td>M'</td><td colspan="2">+157.6</td><td colspan="2">+36.5</td><td colspan="2">+155.8</td></tr><tr><td>(وسط دهانه)</td><td colspan="6"></td></tr></table>	M'	+157.6		+36.5		+155.8		(وسط دهانه)								
M'	+157.6		+36.5		+155.8												
(وسط دهانه)																	
	$M_{BC}^+ = 36.5 > 0 \text{ O.K.}$																
	سه چهارم بار زنده روی دهانه های BC وجود دارد.																
	<table><tr><td>FEM</td><td>-130.1</td><td>+136.4</td><td>-283</td><td>+283</td><td>-136.4</td><td>+133.2</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+39</td><td>+29.3</td><td>+29.3</td><td>-29.3</td><td>-29.3</td><td>-42.6</td></tr></table>	FEM	-130.1	+136.4	-283	+283	-136.4	+133.2	Balance	+39	+29.3	+29.3	-29.3	-29.3	-42.6	$CD, AB \text{ دهانه: } w = W_d$ $BC \text{ دهانه: } w = W_d + \frac{3}{4} w_l$	
FEM	-130.1	+136.4	-283	+283	-136.4	+133.2											
Balance	+39	+29.3	+29.3	-29.3	-29.3	-42.6											
	<table><tr><td>CO</td><td>+15.8</td><td>+19.9</td><td>-15.8</td><td>+15.8</td><td>-22.6</td><td>-15.8</td></tr><tr><td>Balance</td><td>-4.7</td><td>-0.8</td><td>-0.8</td><td>+1.4</td><td>+1.4</td><td>+5.1</td></tr></table>	CO	+15.8	+19.9	-15.8	+15.8	-22.6	-15.8	Balance	-4.7	-0.8	-0.8	+1.4	+1.4	+5.1		
CO	+15.8	+19.9	-15.8	+15.8	-22.6	-15.8											
Balance	-4.7	-0.8	-0.8	+1.4	+1.4	+5.1											
	<table><tr><td>CO</td><td>-0.4</td><td>-2.4</td><td>+0.8</td><td>-0.4</td><td>+2.7</td><td>+0.8</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+0.1</td><td>+0.3</td><td>+0.3</td><td>-0.5</td><td>-0.5</td><td>-0.3</td></tr></table>	CO	-0.4	-2.4	+0.8	-0.4	+2.7	+0.8	Balance	+0.1	+0.3	+0.3	-0.5	-0.5	-0.3		
CO	-0.4	-2.4	+0.8	-0.4	+2.7	+0.8											
Balance	+0.1	+0.3	+0.3	-0.5	-0.5	-0.3											
	<table><tr><td>Total</td><td>-80.3</td><td>+182.7</td><td>-269.2</td><td>+270</td><td>-184.7</td><td>+80.4</td></tr></table>	Total	-80.3	+182.7	-269.2	+270	-184.7	+80.4									
Total	-80.3	+182.7	-269.2	+270	-184.7	+80.4											
	<table><tr><td>M</td><td colspan="2">+62.2</td><td colspan="2">+132.4</td><td colspan="2">+61.1</td></tr><tr><td>(وسط دهانه)</td><td colspan="6"></td></tr></table>	M	+62.2		+132.4		+61.1		(وسط دهانه)								
M	+62.2		+132.4		+61.1												
(وسط دهانه)																	
	$(M_{AB}^+ + M_{CD}^+) > 0 \text{ OK}$																
	سه چهارم بار زنده روی دهانه های AB و BC وجود دارد.																
	<table><tr><td>FEM</td><td>-270.1</td><td>+283</td><td>-283</td><td>+283</td><td>-136.4</td><td>+133.2</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+81</td><td>0</td><td>0</td><td>-29.3</td><td>-29.3</td><td>-42.6</td></tr></table>	FEM	-270.1	+283	-283	+283	-136.4	+133.2	Balance	+81	0	0	-29.3	-29.3	-42.6	$BC, AB \text{ دهانه: } w = W_d + \frac{3}{4} w_l$ $CD \text{ دهانه: } w = W_d$	
FEM	-270.1	+283	-283	+283	-136.4	+133.2											
Balance	+81	0	0	-29.3	-29.3	-42.6											
	<table><tr><td>CO</td><td>0</td><td>+41.3</td><td>-15.8</td><td>0</td><td>-22.6</td><td>-15.8</td></tr><tr><td>Balance</td><td>0</td><td>-5.1</td><td>-5.1</td><td>+4.5</td><td>+4.5</td><td>+5.1</td></tr></table>	CO	0	+41.3	-15.8	0	-22.6	-15.8	Balance	0	-5.1	-5.1	+4.5	+4.5	+5.1		
CO	0	+41.3	-15.8	0	-22.6	-15.8											
Balance	0	-5.1	-5.1	+4.5	+4.5	+5.1											
	<table><tr><td>CO</td><td>-2.8</td><td>0</td><td>+2.4</td><td>-2.8</td><td>+2.7</td><td>+2.4</td></tr><tr><td>Balance</td><td>+0.8</td><td>-0.5</td><td>-0.5</td><td>0</td><td>0</td><td>-0.8</td></tr></table>	CO	-2.8	0	+2.4	-2.8	+2.7	+2.4	Balance	+0.8	-0.5	-0.5	0	0	-0.8		
CO	-2.8	0	+2.4	-2.8	+2.7	+2.4											
Balance	+0.8	-0.5	-0.5	0	0	-0.8											
	<table><tr><td>Total</td><td>-191.1</td><td>+318.7</td><td>-302</td><td>+255.4</td><td>-181.1</td><td>+81.5</td></tr></table>	Total	-191.1	+318.7	-302	+255.4	-181.1	+81.5									
Total	-191.1	+318.7	-302	+255.4	-181.1	+81.5											

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																															
	سه چهارم بار زنده روی دهانه های BC و CD وجود دارد.																																	
	<table><tr><td>FEM Balance</td><td>-130.1 +39</td><td>+136.4 +29.3</td><td>-283 +29.3</td><td>+283 0</td><td>-283 0</td><td>+276.5 -88.5</td></tr><tr><td>CO Balance</td><td>+15.8 -4.7</td><td>+19.9 -4</td><td>0 -4</td><td>+15.8 +6.2</td><td>-46.9 +6.2</td><td>0 0</td></tr><tr><td>CO Balance</td><td>-2.2 +0.7</td><td>-2.4 -0.2</td><td>+3.4 -0.2</td><td>-2.2 +0.4</td><td>0 +0.4</td><td>+3.4 -1.1</td></tr><tr><td>Total</td><td>-81.5</td><td>+179</td><td>-254.5</td><td>+303.2</td><td>-323.3</td><td>+190.3</td></tr></table>						FEM Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 0	-283 0	+276.5 -88.5	CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -4	0 -4	+15.8 +6.2	-46.9 +6.2	0 0	CO Balance	-2.2 +0.7	-2.4 -0.2	+3.4 -0.2	-2.2 +0.4	0 +0.4	+3.4 -1.1	Total	-81.5	+179	-254.5	+303.2	-323.3	+190.3
	FEM Balance	-130.1 +39	+136.4 +29.3	-283 +29.3	+283 0	-283 0	+276.5 -88.5																											
	CO Balance	+15.8 -4.7	+19.9 -4	0 -4	+15.8 +6.2	-46.9 +6.2	0 0																											
	CO Balance	-2.2 +0.7	-2.4 -0.2	+3.4 -0.2	-2.2 +0.4	0 +0.4	+3.4 -1.1																											
	Total	-81.5	+179	-254.5	+303.2	-323.3	+190.3																											
	با توجه به جداول فوق داریم:																																	
	<table><tr><td>عضو</td><td>A-B</td><td>B-A</td><td>B-C</td><td>C-B</td><td>C-D</td><td>D-C</td></tr><tr><td>M_{MAX} (تکیه گاه)</td><td>231.7</td><td>353</td><td>353.4</td><td>331.5</td><td>373.1</td><td>224.5</td></tr><tr><td>M_{MAX} (وسط دهانه)</td><td colspan="2">179</td><td colspan="2">132.4</td><td colspan="2">172.6</td></tr></table>						عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	M _{MAX} (تکیه گاه)	231.7	353	353.4	331.5	373.1	224.5	M _{MAX} (وسط دهانه)	179		132.4		172.6								
	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																											
	M _{MAX} (تکیه گاه)	231.7	353	353.4	331.5	373.1	224.5																											
M _{MAX} (وسط دهانه)	179		132.4		172.6																													
در این مسئله برای محاسبه لنگر خمشی منفی در بر تکیه گاه، مقدار $\frac{V.C_1}{3}$ را از لنگر محاسبه شده در مرکز تکیه گاه کم کرده ایم (روش تقریبی).																																		
چون لنگر منفی تکیه گاهی حاکم، در تمام دهانه ها، مربوط به حالتی است که کل بار زنده روی تمام دهانه ها وجود دارد، فقط برای این حالت $\frac{V.C_1}{3}$ را محاسبه می کنیم.																																		
۱-۸-۶-۱۵	حداکثر لنگر خمشی منفی در تکیه گاه های میانی برابر با لنگر خمشی در مقطع گذرنده از بر ستون است. فاصله محور ستون از این بر در هر حال نباید بزرگتر از $0.175 l_1$ در نظر گرفته شود.																																	
۲-۸-۶-۱۵	حداکثر لنگر خمشی منفی در تکیه گاه های خارجی که دارای سر ستون یا کتیبه باشند، در دهانه عمود بر لبه دال، برابر با لنگر خمشی در مقطعی به فاصله نصف تصویر افقی سر ستون یا کتیبه از بر ستون یا تکیه گاه است.																																	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
		$M_{AB}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{C_1}{3} \left[w \times l_2 \times \frac{l_1}{2} - \frac{M_{BA} - M_{AB}}{l_1} \right]$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{0.4}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{353 - 231.7}{6.7} \right]$ $= 25.1 \text{ KN.m}$ $M_{BA}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{231.7 - 353}{6.7} \right]$ $= 119.8 \text{ KN.m}$ $M_{BC}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{331.5 - 353.4}{6.7} \right]$ $= 113.9 \text{ KN.m}$ $M_{CB}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{353.4 - 331.5}{6.7} \right]$ $= 111.3 \text{ KN.m}$	

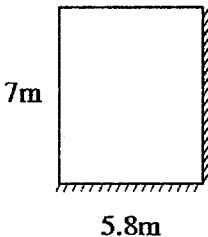
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه																					
	$M_{CD}:$ $\frac{C_1}{3} = \frac{1.2}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{224.5 - 373.1}{6.7} \right]$ $= 121.4 \text{ KN.m}$ $M_{BA}:$ $\frac{V.C_1}{3} = \frac{0.75}{3} \left[15.275 \times 5.5 \times \frac{6.7}{2} - \frac{373.1 - 224.5}{6.7} \right]$ $= 64.8 \text{ KN.m}$ بنابراین : <table><tr><th>عضو</th><th>A-B</th><th>B-A</th><th>B-C</th><th>C-B</th><th>C-D</th><th>D-C</th></tr><tr><td>M'_{MAX} (کجه ها)</td><td>196.6</td><td>233.2</td><td>239.5</td><td>220.2</td><td>251.7</td><td>159.7</td></tr><tr><td>M'_{MAX} (وسط دهانه)</td><td colspan="2">179</td><td colspan="2">132.4</td><td colspan="2">172.6</td></tr></table>	عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C	M'_{MAX} (کجه ها)	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7	M'_{MAX} (وسط دهانه)	179		132.4		172.6			
عضو	A-B	B-A	B-C	C-B	C-D	D-C																		
M'_{MAX} (کجه ها)	196.6	233.2	239.5	220.2	251.7	159.7																		
M'_{MAX} (وسط دهانه)	179		132.4		172.6																			
۴-۸-۶-۱۵	چون دالی محدودیت‌های روش مستقیم (قسمت ۷-۱۵) را ارضاء کند، می‌توان مجموع قدر مطلق‌های لنگر خمشی مثبت و متوسط لنگرهای خمشی منفی در هر دهانه از قاب معادل را تا مقدار M_0 کاهش داد و مقادیر لنگرهای خمشی مثبت و منفی را به تناسب اصلاح کرد. با توجه به گام چهارم از مثال اول داریم: AB دهانه : $M_0 = 365 \text{ KN.m}$ BC دهانه : $M_0 = 317.2 \text{ KN.m}$ CD دهانه : $M_0 = 325.9 \text{ KN.m}$																							
۸-۱۵ معادله	<table><tr><th>دهانه</th><th>A-B</th><th>B-C</th><th>C-D</th></tr><tr><td>$M^+ \text{ ave } M^-$</td><td>393.9</td><td>362.25</td><td>378.3</td></tr><tr><td>M_0</td><td>365</td><td>317.2</td><td>325.9</td></tr><tr><td>مقدار کاهش M^+</td><td>28.9</td><td>45.05</td><td>52.4</td></tr></table> $M_0 = \frac{w_u \cdot \ell_2 \cdot \ell_1^2}{8}$ چون لنگرهای منفی در مرحله قبل کاهش یافته‌اند، کاهش مربوط به این قسمت را به لنگرهای مثبت اختصاص می‌دهیم.	دهانه	A-B	B-C	C-D	$M^+ \text{ ave } M^-$	393.9	362.25	378.3	M_0	365	317.2	325.9	مقدار کاهش M^+	28.9	45.05	52.4							
دهانه	A-B	B-C	C-D																					
$M^+ \text{ ave } M^-$	393.9	362.25	378.3																					
M_0	365	317.2	325.9																					
مقدار کاهش M^+	28.9	45.05	52.4																					

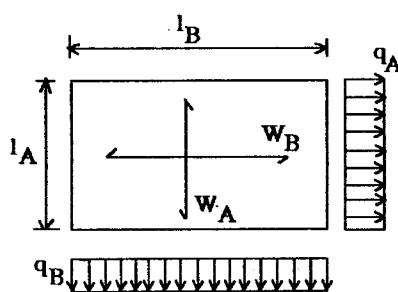
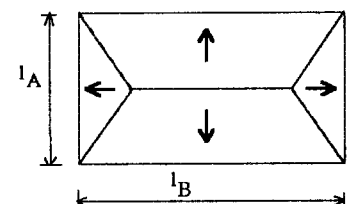
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه					
	بنابراین این مقادیر لنگرهای نهایی مثبت و منفی برابرند با :							
	عضو	A-B		B-A	B-C	C-B	C-D	D-C
	M'_{MAX} (تکیه گاه)	196.6		233.2	239.5	220.2	251.7	159.7
	M'_{MAX} (وسط دهانه)	150.1		87.35		120.2		
	گام‌های بعد شبیه مثال یک می‌باشند.							

مثال ۴ طرح دال دو طرفه و دارای تیر به روش ضرایب لنگر خمشی

دال دو طرفه و دارای تیر مثال دو را به روش ضرایب لنگر خمشی طرح کنید. فرض کنید ارتفاع کلیه تیرها برابر ۷۰ سانتیمتر است.

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	ضوابط : A- دال در چهار طرف روی تیرها یا دیوارهایی تکیه داشته باشد. B- ابعاد تیرهای زیر سری چنان باشند که رابطه زیر برقرار باشد. $\frac{b_w . h^3_b}{l_n . h^3} \geq 2$ $\frac{25 \times 70^3}{700 \times 16^3} = 2.99 > O.K.$ C- نسبت طول آزاد به عرض آزاد دال، کوچکتر از ۲ یا مساوی با آن باشد. $\frac{7}{5.8} = 1.21 < 2$ O.K. D- بارهای وارد به دال تنها به بارهای قائم بودند و بطور یکنواخت پخش شده باشند.	گام اول) کنترل هندسه و بارگذاری دال برای استفاده از روش ضرایب لنگر خمشی	۲-۱-۸-۱۵ ۳-۱-۸-۱۵ ۴-۱-۸-۱۵ ۵-۱-۸-۱۵
		گام دوم) انتخاب ضخامت دال با توجه به مثال دو ضخامت ۱۶ سانتیمتر ضوابط افت و برش را ارضاء می کند.	

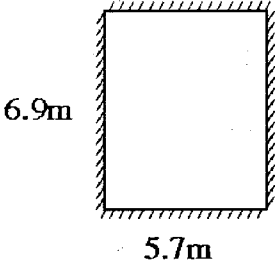
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	در صورت استفاده از روش ضرایب لنگر خمشی، ضخامت دال در هیچ حالت نباید در دال‌هایی که در یک سمت یا بیشتر غیر پیوسته هستند از مقدار زیر کمتر در نظر گرفته شود: $h_{smin} = \frac{2 \times (5.8 + 7)}{140} = 0.18m$ بنابراین ضخامت دال را برابر ۱۸ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.	محیط دال تقسیم بر ۱۴۰	۳-۱-۸-۱۵
	$\frac{25 \times 70^3}{700 \times 16^3} = 2.1 > 2 \quad \text{O.K.}$	به علت تغییر ضخامت دال رابطه (۱۲-۱۵) مجدداً کنترل می‌شود. $\frac{b_w \cdot h_b^3}{I_n \cdot h^3} \geq 2$	معادله ۱۰-۱۵
	گام سوم) محاسبات چشمه گوشه  ۷m ۵.۸m A - کنترل برش $m = \frac{I_A}{I_B}$ $m = \frac{5.8}{7} = 0.83$ $W_A = \frac{1}{2}(0.71 + 0.66) = 0.685$ $W_B = \frac{1}{2}(0.29 + 0.34) = 0.315$ به خاطر افزایش ضخامت دال بارهای نهایی مجدداً محاسبه می‌شوند. $W_d = 1.25(0.7 + 0.18 \times 24) = 6.275 \text{ KN.m}^2$	با داشتن مقدار m و استفاده از جدول (۴-۴-۸-۱۵) آیین‌نامه، ضرایب برش بدست می‌آیند.	۴-۴-۸-۱۵

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	 $q_A = \frac{w \cdot l_A \cdot l_B \cdot w_B}{2 \cdot l_A}$ $q_B = \frac{w \cdot l_A \cdot l_B \cdot w_A}{2 \cdot l_B}$	۱۵-۸-۴-۱ در این مرحله $\bar{q}_A$ و $\bar{q}_B$ را در حالتی که دال بصورت ذوزنقه‌ای مثلی تقسیم‌بندی شده است محاسبه می‌کنیم.  $\bar{q}_A = \frac{w \cdot l_A^2 / 4}{l_A}$ $\bar{q}_B = \frac{(w \cdot l_A \cdot l_B - 2 \times w \cdot l_A^2 / 4) \times 0.5}{l_B}$	
	$W_l = 6 \times 1.5 = 9 \text{ KN/m}^2$ $W_u = 6.275 + 9 = 15.275 \text{ KN/m}^2$ $q_A = \frac{15.275 \times 5.8 \times 7 \times 0.315}{2 \times 5.8} = 16.84 \text{ KN/m}$ $q_B = \frac{15.275 \times 5.8 \times 7 \times 0.685}{2 \times 7} = 30.34 \text{ KN/m}$		
	$\bar{q}_A = \frac{15.275 \times (5.8^2) / 4}{5.8} = 22.15 \text{ KN/m}$ $\bar{q}_B = \frac{(15.275 \times 5.8 \times 7 - 2 \times 15.275 \times 5.8^2 / 4) \times 0.5}{7} = 25.95 \text{ KN/m}$ $q = \text{MAX} (q_A, q_B, \bar{q}_A, \bar{q}_B)$ $q = q_B = 30.34 \text{ KN/m}$		
	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b d$ B- محاسبات خمش B_I- محاسبه لنگرهای خمشی	مقاومت برشی دال برابر است با: $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b d$	
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.15 \times 10^3 = 80.5 \text{ KN/m} > q \text{ O.K.}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $m=0.83$ داریم:		جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف
	$C_A^- = \frac{1}{2}(0.066 + 0.071) = 0.0685$ $C_B^- = \frac{1}{2}(0.029 + 0.034) = 0.0315$		
	$M_{A(d+l)}^- = 0.0685 \times 15.275 \times 5.8^2 = 35.2 \text{ KN/m}$ $M_{B(d+l)}^- = 0.0315 \times 15.275 \times 7^2 = 23.6 \text{ KN/m}$	$M_{A(d+l)}^- = C_A^- \cdot W_{(d+l)} \cdot l^2 A$ $M_{B(d+l)}^- = C_B^- \cdot W_{(d+l)} \cdot l^2 B$	معادله ۱۴-۱۵ جدول ۴-۲-۸-۱۵ ب
	$C_{Al}^+ = \frac{1}{2}(0.048 + 0.043) = 0.0455$ $C_{Ad}^+ = \frac{1}{2}(0.039 + 0.036) = 0.0375$ $C_{Bl}^+ = \frac{1}{2}(0.020 + 0.023) = 0.0215$ $C_{Bd}^+ = \frac{1}{2}(0.016 + 0.019) = 0.0175$		
	$M_{Ad}^+ = 0.0375 \times 6.275 \times 5.8^2 = 7.9 \text{ KN.m}$ $M_{Bd}^+ = 0.0175 \times 6.275 \times 7^2 = 5.4 \text{ KN.m}$	$M_{Ad}^+ = C_{Ad}^+ \cdot W_d \cdot l_A^2$ $M_{Bd}^+ = C_{Bd}^+ \cdot W_d \cdot l_B^2$	معادله ۱۵-۱۵ معادله ۱۶-۱۵
	$M_{Al}^+ = 0.0455 \times 9 \times 5.8^2 = 13.8 \text{ KN.m}$ $M_{Bl}^+ = 0.0215 \times 9 \times 7^2 = 9.5 \text{ KN.m}$	$M_{Al}^+ = C_{Al}^+ \cdot W_l \cdot l_A^2$ $M_{Bl}^+ = C_{Bl}^+ \cdot W_l \cdot l_B^2$	معادله ۱۷-۱۵ معادله ۱۸-۱۵
	$M_A^+ = 7.9 + 13.8 = 21.79 \text{ KN.m}$ $M_B^+ = 5.4 + 9.5 = 14.9 \text{ KN.m}$	$M_A^+ = M_{Ad}^+ + M_{Al}^+$ $M_B^+ = M_{Bd}^+ + M_{Bl}^+$	
	تذکر: کلیه لنگرهای خمشی فوق برای واحد عرض نوار میانی می باشند.		
	برای $M_u = M_A^- = 35.2 \text{ KN.m}$ و با فرض $j=0.92$ داریم:		
	$A_s = \frac{35.2 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.92 \times 0.15} = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$		
	و یا:		
	$A_s = 10 \text{ cm}^2 / \text{m}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_{smin} = 0.002 \times 100 \times 18 = 3.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$ حال مقدار ز فرض شده را کنترل می کنیم.		جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف
	$a = \frac{0.85 \times 10 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 100} = 2.5 \text{ m}$ $j = 1 - \frac{2.5}{2 \times 15} = 0.917 \approx 0.92 \text{ O.K.}$		
	$M_{\bar{A}(d+l)} = 0.0685 \times 15.275 \times 5.8^2 = 35.2 \text{ KN.m}$ $M_{\bar{B}(d+l)} = 0.0315 \times 15.275 \times 7^2 = 23.6 \text{ KN.m}$	$M_{\bar{A}(d+l)} = C_{\bar{A}} \cdot W_{(d+l)} \cdot \ell^2 A$ $M_{\bar{B}(d+l)} = C_{\bar{B}} \cdot W_{(d+l)} \cdot \ell^2 B$	معادله ۱۴-۱۵ جدول ۴-۲-۸-۱۵ ب
	$C_{Al}^+ = \frac{1}{2}(0.048 + 0.043) = 0.0455$ $C_{Ad}^+ = \frac{1}{2}(0.039 + 0.036) = 0.0375$ $C_{Bl}^+ = \frac{1}{2}(0.020 + 0.023) = 0.0215$ $C_{Bd}^+ = \frac{1}{2}(0.016 + 0.019) = 0.0175$	$M_{Ad}^+ = C_{Ad}^+ \cdot W_d \cdot \ell^2 A$ $M_{Bd}^+ = C_{Bd}^+ \cdot W_d \cdot \ell^2 B$	معادله ۱۵-۱۵
	$M_{Ad}^+ = 0.0375 \times 6.275 \times 5.8^2 = 7.9 \text{ KN.m}$ $M_{Bd}^+ = 0.0175 \times 6.275 \times 7^2 = 5.4 \text{ KN.m}$		معادله ۱۶-۱۵
	$M_{Al}^+ = 0.0455 \times 9 \times 5.8^2 = 13.8 \text{ KN.m}$ $M_{Bl}^+ = 0.0215 \times 9 \times 7^2 = 9.5 \text{ KN.m}$	$M_{Al}^+ = C_{Al}^+ \cdot W_l \cdot \ell^2 A$ $M_{Bl}^+ = C_{Bl}^+ \cdot W_l \cdot \ell^2 B$	معادله ۱۷-۱۵
	$M_A^+ = 7.9 + 13.8 = 21.79 \text{ KN.m}$ $M_B^+ = 5.4 + 9.5 = 14.9 \text{ KN.m}$	$M_A^+ = C_{Ad}^+ \cdot M_{Al}^+$ $M_B^+ = C_{Bd}^+ \cdot M_{Bl}^+$	معادله ۱۸-۱۵
	تذکر : کلیه لنگرهای خمشی فوق برای واحد عرض نوار میانی می باشند. B2- محاسبه آرمانتورهای خمشی لازم. $A_s = \frac{M_u}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$		
	برای $M_u = M_A = 35.2 \text{ KN.m}$ و با فرض $j = 0.92$ داریم: $A_s = \frac{35.2 \times 10^{-3}}{0.85 \times 300 \times 0.92 \times 0.15} = 10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ و یا: $A_s = 10 \text{ cm}^2 / \text{m}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_{s\min} = 0.002 \times 100 \times 18 = 3.6 \text{ cm}^2/2$ حال مقدار ز فرض شده را کنترل می کنیم. $a = \frac{0.85 \times 10 \times 300}{0.85 \times 0.6 \times 20 \times 100} = 2.5 \text{ cm}$ $j = 1 - \frac{2.5}{2 \times 15} = 0.917 \approx 0.92 \text{ O.K.}$	$A_{s\min} = 0.002 \times b \times h_s$ $a = \frac{\phi_s \cdot A_s \cdot f_y}{0.85 \phi_c \cdot f_c \cdot b}$ $j = 1 - \frac{a}{2d}$	۱-۳-۷-۸
آرماتور گذاری-۶	$\therefore \text{USE } \Phi 12/10 \text{ cm و } A_s = 11.31 \text{ cm}^2/\text{m}$ برای $M_u = M_B = 23.6 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 23.6 = 6.7 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$		
آرماتور گذاری-۶	$\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm و } A_s = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$ برای $M_u = M^+_A = 21.7 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 21.7 = 6.16 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$		
آرماتور گذاری-۶	$\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm و } A_s = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$ برای $M_u = M^+_B = 14.9 \text{ KN.m}$ داریم : $A_s = \frac{10}{35.2} \times 14.9 = 4.23 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s\min} \text{ O.K.}$		
آرماتور گذاری-۶	$\therefore \text{USE } \Phi 12/25 \text{ cm و } A_s = 4.52 \text{ cm}^2/\text{m}$ تذکر ۱ : میلگردهای فوق در نوارهای میانی بکار می روند. تغییرات لنگرهای خمشی مثبت و منفی در عرض هر یک از نوارهای کناری غیر یکنواخت ولی بصورت خطی در نظر گرفته می شود. این لنگرها در مرز مشترک با نوار میانی برابر با مقادیر مربوط در نوار میانی و در مرز خارجی برابر یک سوم این مقادیر منظور می شوند.		۳-۲-۸-۱۶

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	اگر بخواهیم این لنگرها را یکنواخت فرض کنیم مقدار متوسط آنها برابر $0.5(1 + \frac{1}{3})M_{\max}$ و یا $\frac{2}{3}M_{\max}$ خواهد شد. بنابراین می توان فاصله آرماتورها را در نوار کناری $\frac{2}{3}$ برابر کرد. البته باید توجه شود که فاصله بین میلگردها از حداکثر مقدار مجاز بیشتر نشود و نیز A_s از A_{smin} کمتر نگردد. تذکر ۲: مقدار لنگر خمشی منفی انتهایی دال در هر نوار متکی بر تکیه گاه غیر پیوسته، برابر سه چهارم لنگر خمشی مثبت وسط دهانه، در همان نوار فرض می شود.		۱۵-۸-۲-۶
	گام چهارم) محاسبات چشمه میانی  جدول ۴-۲-۸-۱۵ الف معادله ۱۳-۱۵ معادله ۱۴-۱۵ جدول ۱۵-۸-۲-۴ ب	AI - محاسبه لنگرهای خمشی $m = \frac{l_A}{l_B}$ $M_{\bar{A}(d+l)} = C_{-A}^{-} W_{(d+l)} \cdot \ell_A^2$ $M_{\bar{B}(d+l)} = C_{-B}^{-} W_{(d+l)} \cdot \ell_B^2$	برای $m=0.826$ داریم: $C_{-A}^{-} = \frac{1}{2}(0.06 + 0.065) = 0.0625$ $C_{-B}^{-} = \frac{1}{2}(0.031 + 0.027) = 0.029$ $M_{\bar{A}(d+l)} = 0.0625 \times 15.275 \times 5.7^2 = 31 \text{ KN.m}$ $M_{\bar{B}(d+l)} = 0.029 \times 15.275 \times 6.9^2 = 21.1 \text{ KN.m}$ $C_{+Al}^{+} = \frac{1}{2}(0.041 + 0.037) = 0.039$ $C_{+Ad}^{+} = \frac{1}{2}(0.026 + 0.024) = 0.025$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$C_{Bl}^+ = \frac{1}{2}(0.017 + 0.019) = 0.018$ $C_{Bd}^+ = \frac{1}{2}(0.011 + 0.012) = 0.0115$ $M_{Ad}^+ = 0.025 \times 6.275 \times 5.7^2 = 5.1 \text{ KN.m}$ $M_{Bd}^+ = 0.0115 \times 6.275 \times 6.9^2 = 3.4 \text{ KN.m}$ $M_{Al}^+ = 0.039 \times 9 \times 5.7^2 = 11.4 \text{ KN.m}$ $M_{Bl}^+ = 0.018 \times 9 \times 6.9^2 = 7.7 \text{ KN.m}$ $M_A^+ = 5.1 + 11.4 = 16.5 \text{ KN.m}$ $M_B^+ = 3.4 + 7.7 = 11.1 \text{ KN.m}$		
معادله ۱۵-۱۵		$M_{Ad}^+ = C_{Ad}^+ \cdot W_d \cdot \ell_A^2$	
معادله ۱۶-۱۵		$M_{Bd}^+ = C_{Bd}^+ \cdot W_d \cdot \ell_B^2$	
معادله ۱۷-۱۵		$M_{Al}^+ = C_{Al}^+ \cdot W_l \cdot \ell_A^2$	
معادله ۱۸-۱۵		$M_{Bl}^+ = C_{Bl}^+ \cdot W_l \cdot \ell_B^2$	
		$M_A^+ = C_{Ad}^+ \cdot M_{Al}^+$	
		$M_B^+ = C_{Bd}^+ \cdot M_{Bl}^+$	
	برای $M_u = M_A^- = 31 \text{ KN.m}$ داریم: $A_s = \frac{10}{35.2} \times 31 = 8.81 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s \min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/12.5 \text{ cm و } A_s = 9.05 \text{ cm}^2 / \text{m}$	A2- محاسبه آرماتورهای خمشی لازم. $A_s = \frac{M_u}{\phi_s \cdot f_y \cdot j \cdot d}$	آرماتورگذاری-۶
	برای $M_u = M_B^- = 21.1 \text{ KN.m}$ داریم: $A_s = \frac{10}{35.2} \times 21.1 = 6 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s \min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/15 \text{ cm و } A_s = 7.54 \text{ cm}^2 / \text{m}$		آرماتورگذاری-۶
	برای $M_u = M_A^+ = 16.5 \text{ KN.m}$ داریم: $A_s = \frac{10}{35.2} \times 16.5 = 4.7 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s \min} \text{ O.K.}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/20 \text{ cm و } A_s = 5.56 \text{ cm}^2 / \text{m}$		آرماتورگذاری-۶
	برای $M_u = M_B^+ = 11.1 \text{ KN.m}$ داریم: $A_s = \frac{10}{35.2} \times 11.1 = 3.15 \text{ cm}^2 / \text{m} > A_{s \min} \text{ O.K.}$ بنابراین: $A_s = A_{s \min} = 3.6 \text{ cm}^2 / \text{m}$ $\therefore \text{USE } \Phi 12/30 \text{ cm و } A_s = 3.77 \text{ cm}^2 / \text{m}$		آرماتورگذاری-۶

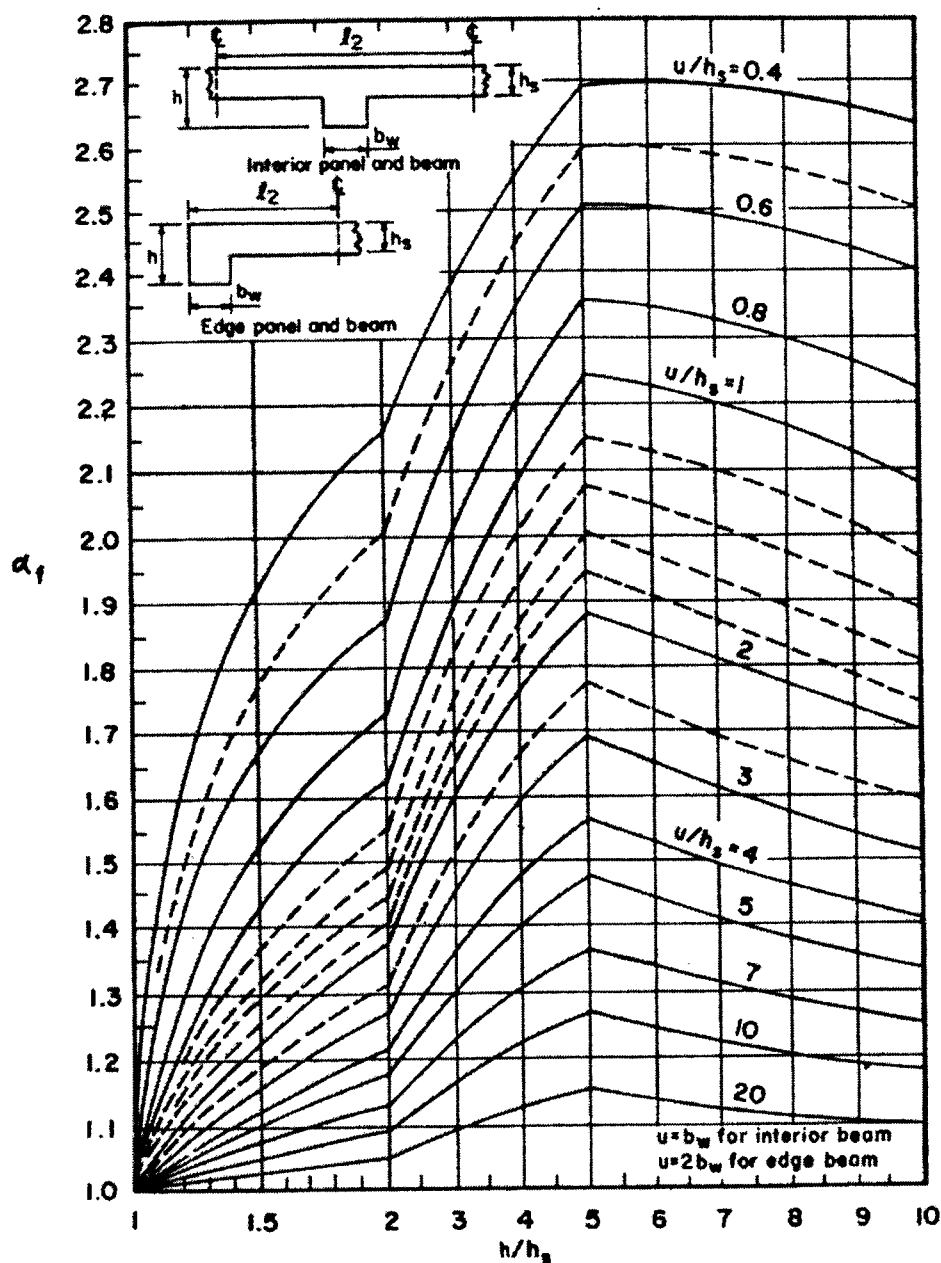
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام پنجم در این مثال انجام نشده است.	گام پنجم) محاسبات چشمه‌های کناری	
	لنگرهای خمشی در تیرها تیرها برای لنگرهای ناشی از بارهای دوزنقه‌ای مثلثی و یا بارهای معادل یکنواخت زیر طرح می‌شوند. - برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع کوتاه دال: $\frac{W_u \cdot \ell_A}{3}$ معادله ۱۷-۱۵ ۱۸-۱۵ - برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع بلند دال: $\left(\frac{w_u \cdot \ell_A}{3}\right) \left(\frac{3 - m^2}{2}\right)$ برای نمونه بارهای وارد بر تیرهای اطراف چشمه گوشه را بدست می‌آوریم. $q_A = \frac{15.275 \times 5.8}{3} = 29.5 \text{ KN/m}$ $q_B = 29.5 \times \left(\frac{3 - 0.83^2}{2}\right) = 34.1 \text{ KN/m}$	گام ششم) لنگرهای خمشی در تیرها تیرها برای لنگرهای ناشی از بارهای دوزنقه‌ای مثلثی و یا بارهای معادل یکنواخت زیر طرح می‌شوند. - برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع کوتاه دال: معادله ۱۷-۱۵ ۱۸-۱۵ - برای تیرهای تکیه‌گاه ضلع بلند دال:	۱-۵-۸-۱۵ ۱۷-۱۵ ۱۸-۱۵

دال (۱) ضریب α_f برای محاسبه α

مراجع: بندهای ۱۵-۰۰ (تعریف α) و ۱۵-۲-۷ آیین‌نامه بتن ایران

$$\alpha = \frac{E_{cb} \cdot I_b}{E_{cs} \cdot I_s} = \frac{E_{cb}}{E_{cs}} \frac{b_w}{\ell_2} \left[\frac{h}{h_s} \right]^3 \alpha_f$$

تذکر: علت تغییر شیب منحنی‌ها در $\frac{h}{h_s} = 5$ بعلا محدودیت عرض بال تیرهای T شکل با توجه به بند ۱۵-۲-۷ می‌باشد.



دال ۲) ضریب ثابت C برای محاسبه سختی پیچشی K_t

مراجع: بندهای ۲-۵-۶-۱۵ و ۳-۵-۶-۱۵ آیین‌نامه بتن ایران.

$$C = \sum (1 - 0.63 \frac{x}{y}) \frac{x^3 \cdot y}{3}$$

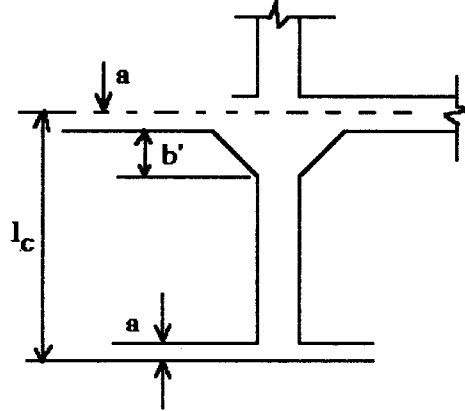
تذکر: x طول ضلع کوچکتر و y طول ضلع بزرگتر مقطع مستطیل شکل می‌باشد. اگر سطح مقطع عضو پیچش مستطیلی شکل نباشد، باید آنرا به تعدادی مستطیل تقسیم کرد و C آن قطعات را با هم جمع نمود. البته تقسیم‌بندی باید طوری باشد که C به حداکثر مقدار خود برسد.

C, cm ⁴															
X	۱۵	۱۷/۵	۲۰	۲۲/۵	۲۵	۲۷/۵	۳۰	۳۲/۵	۳۵	۳۷/۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵	
۲۰	۳۳۱۱۹	۳۳۸۹۸	۳۴۴۰۰	۳۵۰۸۶	۳۵۷۴۱	۳۶۴۹۷	۳۷۲۹۰	۳۸۰۹۹	۳۸۹۰۰	۳۹۷۰۰	۴۰۵۰۰	۴۱۳۰۰	۴۲۱۰۰	۴۲۹۰۰	۴۳۷۰۰
۲۲/۵	۳۵۹۳۱	۳۶۸۴۴	۳۷۷۵۷	۳۸۶۷۰	۳۹۵۸۳	۴۰۴۹۶	۴۱۴۰۹	۴۲۳۲۲	۴۳۲۳۵	۴۴۱۴۸	۴۵۰۶۱	۴۵۹۷۴	۴۶۸۸۷	۴۷۷۹۰	۴۸۷۰۳
۲۵	۳۸۷۴۴	۳۹۷۵۷	۴۰۷۷۰	۴۱۷۸۳	۴۲۷۹۶	۴۳۸۰۹	۴۴۸۲۲	۴۵۸۳۵	۴۶۸۴۸	۴۷۸۶۱	۴۸۸۷۴	۴۹۸۸۷	۵۰۸۹۰	۵۱۹۰۳	۵۲۹۱۶
۲۷/۵	۴۱۵۵۶	۴۲۵۶۹	۴۳۵۸۲	۴۴۵۹۵	۴۵۶۰۸	۴۶۶۲۱	۴۷۶۳۴	۴۸۶۴۷	۴۹۶۶۰	۵۰۶۷۳	۵۱۶۸۶	۵۲۶۹۹	۵۳۷۱۲	۵۴۷۲۵	۵۵۷۳۸
۳۰	۴۴۳۶۹	۴۵۳۸۲	۴۶۳۹۵	۴۷۴۰۸	۴۸۴۲۱	۴۹۴۳۴	۵۰۴۴۷	۵۱۴۶۰	۵۲۴۷۳	۵۳۴۸۶	۵۴۴۹۹	۵۵۵۱۲	۵۶۵۲۵	۵۷۵۳۸	۵۸۵۵۱
۳۲/۵	۴۷۱۸۱	۴۸۱۹۴	۴۹۲۰۷	۵۰۲۲۰	۵۱۲۳۳	۵۲۲۴۶	۵۳۲۵۹	۵۴۲۷۲	۵۵۲۸۵	۵۶۲۹۸	۵۷۳۱۱	۵۸۳۲۴	۵۹۳۳۷	۶۰۳۵۰	۶۱۳۶۳
۳۵	۴۹۹۹۴	۵۰۹۰۷	۵۱۹۲۰	۵۲۹۳۳	۵۳۹۴۶	۵۴۹۵۹	۵۵۹۷۲	۵۶۹۸۵	۵۷۹۹۸	۵۹۰۱۱	۶۰۰۲۴	۶۱۰۳۷	۶۲۰۴۰	۶۳۰۵۳	۶۴۰۶۶
۳۷/۵	۵۲۸۰۶	۵۳۸۱۹	۵۴۸۳۲	۵۵۸۴۵	۵۶۸۵۸	۵۷۸۷۱	۵۸۸۸۴	۵۹۸۹۷	۶۰۹۱۰	۶۱۹۲۳	۶۲۹۳۶	۶۳۹۴۹	۶۴۹۶۲	۶۵۹۷۵	۶۶۹۸۸
۴۰	۵۵۶۱۹	۵۶۶۳۲	۵۷۶۴۵	۵۸۶۵۸	۵۹۶۷۱	۶۰۶۸۴	۶۱۶۹۷	۶۲۷۱۰	۶۳۷۲۳	۶۴۷۳۶	۶۵۷۴۹	۶۶۷۶۲	۶۷۷۷۵	۶۸۷۸۸	۶۹۷۹۱
۴۲/۵	۵۸۴۳۱	۵۹۴۴۴	۶۰۴۵۷	۶۱۴۶۰	۶۲۴۷۳	۶۳۴۸۶	۶۴۴۹۹	۶۵۵۱۲	۶۶۵۲۵	۶۷۵۳۸	۶۸۵۵۱	۶۹۵۶۴	۷۰۵۷۷	۷۱۵۹۰	۷۲۶۰۳
۴۵	۶۱۲۴۴	۶۲۲۵۷	۶۳۲۷۰	۶۴۲۸۳	۶۵۲۹۶	۶۶۳۰۹	۶۷۳۲۲	۶۸۳۳۵	۶۹۳۴۸	۷۰۳۶۱	۷۱۳۷۴	۷۲۳۸۷	۷۳۴۰۰	۷۴۴۱۳	۷۵۴۲۶
۴۷/۵	۶۴۰۵۶	۶۵۰۶۹	۶۶۰۸۲	۶۷۰۹۵	۶۸۱۰۸	۶۹۱۲۱	۷۰۱۳۴	۷۱۱۴۷	۷۲۱۶۰	۷۳۱۷۳	۷۴۱۸۶	۷۵۱۹۹	۷۶۲۱۲	۷۷۲۲۵	۷۸۲۳۸
۵۰	۶۶۸۶۹	۶۷۸۸۲	۶۸۸۹۵	۶۹۹۰۸	۷۰۹۲۱	۷۱۹۳۴	۷۲۹۴۷	۷۳۹۶۰	۷۴۹۷۳	۷۵۹۸۶	۷۶۹۹۹	۷۸۰۱۲	۷۹۰۲۵	۸۰۰۳۸	۸۱۰۵۱
۵۲/۵	۶۹۶۸۱	۷۰۶۹۴	۷۱۷۰۷	۷۲۷۲۰	۷۳۷۳۳	۷۴۷۴۶	۷۵۷۵۹	۷۶۷۷۲	۷۷۷۸۵	۷۸۷۹۸	۷۹۸۱۱	۸۰۸۲۴	۸۱۸۳۷	۸۲۸۵۰	۸۳۸۶۳
۵۵	۷۲۴۹۴	۷۳۵۰۷	۷۴۵۲۰	۷۵۵۳۳	۷۶۵۴۶	۷۷۵۵۹	۷۸۵۷۲	۷۹۵۸۵	۸۰۵۹۸	۸۱۶۱۱	۸۲۶۲۴	۸۳۶۳۷	۸۴۶۵۰	۸۵۶۶۳	۸۶۶۷۶
۵۷/۵	۷۵۳۰۶	۷۶۳۱۹	۷۷۳۳۲	۷۸۳۴۵	۷۹۳۵۸	۸۰۳۷۱	۸۱۳۸۴	۸۲۳۹۷	۸۳۴۱۰	۸۴۴۲۳	۸۵۴۳۶	۸۶۴۴۹	۸۷۴۶۲	۸۸۴۷۵	۸۹۴۸۸
۶۰	۷۸۱۱۹	۷۹۱۳۲	۸۰۱۴۵	۸۱۱۵۸	۸۲۱۷۱	۸۳۱۸۴	۸۴۱۹۷	۸۵۲۱۰	۸۶۲۲۳	۸۷۲۳۶	۸۸۲۴۹	۸۹۲۶۲	۹۰۲۷۵	۹۱۲۸۸	۹۲۲۹۱
۶۲/۵	۸۰۹۳۱	۸۱۹۴۴	۸۲۹۵۷	۸۳۹۷۰	۸۴۹۸۳	۸۵۹۹۶	۸۷۰۰۹	۸۸۰۲۲	۸۹۰۳۵	۹۰۰۴۸	۹۱۰۶۱	۹۲۰۷۴	۹۳۰۸۷	۹۴۰۹۰	۹۵۱۰۳
۶۵	۸۳۷۴۴	۸۴۷۵۷	۸۵۷۷۰	۸۶۷۸۳	۸۷۷۹۶	۸۸۸۰۹	۸۹۸۲۲	۹۰۸۳۵	۹۱۸۴۸	۹۲۸۶۱	۹۳۸۷۴	۹۴۸۸۷	۹۵۸۹۰	۹۶۹۰۳	۹۷۹۱۶
۶۷/۵	۸۶۵۵۶	۸۷۵۶۹	۸۸۵۸۲	۸۹۵۹۵	۹۰۶۰۸	۹۱۶۲۱	۹۲۶۳۴	۹۳۶۴۷	۹۴۶۶۰	۹۵۶۷۳	۹۶۶۸۶	۹۷۶۹۹	۹۸۷۱۲	۹۹۷۲۵	۱۰۰۷۳۸
۷۰	۸۹۳۶۹	۹۰۳۸۲	۹۱۳۹۵	۹۲۴۰۸	۹۳۴۲۱	۹۴۴۳۴	۹۵۴۴۷	۹۶۴۶۰	۹۷۴۷۳	۹۸۴۸۶	۹۹۴۹۹	۱۰۰۵۰۱	۱۰۱۵۰۲	۱۰۲۵۰۳	۱۰۳۵۰۴
۷۲/۵	۹۲۱۸۱	۹۳۱۹۴	۹۴۲۰۷	۹۵۲۲۰	۹۶۲۳۳	۹۷۲۴۶	۹۸۲۵۹	۹۹۲۷۲	۱۰۰۲۸۵	۱۰۱۲۸۸	۱۰۲۲۹۱	۱۰۳۲۹۴	۱۰۴۲۹۷	۱۰۵۲۹۰	۱۰۶۲۹۳
۷۵	۹۴۹۹۴	۹۶۰۰۷	۹۷۰۱۰	۹۸۰۲۳	۹۹۰۳۶	۱۰۰۰۳۹	۱۰۱۰۴۲	۱۰۲۰۴۵	۱۰۳۰۴۸	۱۰۴۰۵۱	۱۰۵۰۵۴	۱۰۶۰۵۷	۱۰۷۰۶۰	۱۰۸۰۶۳	۱۰۹۰۶۶
۷۷/۵	۹۷۸۰۶	۹۸۸۱۹	۹۹۸۳۲	۱۰۰۸۳۵	۱۰۱۸۳۸	۱۰۲۸۴۱	۱۰۳۸۴۴	۱۰۴۸۴۷	۱۰۵۸۵۰	۱۰۶۸۵۳	۱۰۷۸۵۶	۱۰۸۸۵۹	۱۰۹۸۶۲	۱۱۰۸۶۵	۱۱۱۸۶۸
۸۰	۱۰۰۶۱۹	۱۰۱۶۲۲	۱۰۲۶۲۵	۱۰۳۶۲۸	۱۰۴۶۳۱	۱۰۵۶۳۴	۱۰۶۶۳۷	۱۰۷۶۴۰	۱۰۸۶۴۳	۱۰۹۶۴۶	۱۱۰۶۴۹	۱۱۱۶۵۲	۱۱۲۶۵۵	۱۱۳۶۵۸	۱۱۴۶۶۱
۸۲/۵	۱۰۳۴۳۱	۱۰۴۴۳۴	۱۰۵۴۳۷	۱۰۶۴۴۰	۱۰۷۴۴۳	۱۰۸۴۴۶	۱۰۹۴۴۹	۱۱۰۴۵۲	۱۱۱۴۵۵	۱۱۲۴۵۸	۱۱۳۴۶۱	۱۱۴۴۶۴	۱۱۵۴۶۷	۱۱۶۴۷۰	۱۱۷۴۷۳
۸۵	۱۰۶۲۴۴	۱۰۷۲۴۷	۱۰۸۲۵۰	۱۰۹۲۵۳	۱۱۰۲۵۶	۱۱۱۲۵۹	۱۱۲۲۶۲	۱۱۳۲۶۵	۱۱۴۲۶۸	۱۱۵۲۷۱	۱۱۶۲۷۴	۱۱۷۲۷۷	۱۱۸۲۸۰	۱۱۹۲۸۳	۱۲۰۲۸۶
۸۷/۵	۱۰۹۰۶۹	۱۱۰۰۷۲	۱۱۱۰۷۵	۱۱۲۰۷۸	۱۱۳۰۸۱	۱۱۴۰۸۴	۱۱۵۰۸۷	۱۱۶۰۹۰	۱۱۷۰۹۳	۱۱۸۰۹۶	۱۱۹۰۹۹	۱۲۰۱۰۲	۱۲۱۱۰۵	۱۲۲۱۰۸	۱۲۳۱۱۱
۹۰	۱۱۱۸۸۱	۱۱۲۸۸۴	۱۱۳۸۸۷	۱۱۴۸۹۰	۱۱۵۸۹۳	۱۱۶۸۹۶	۱۱۷۹۰۰	۱۱۸۹۰۳	۱۱۹۹۰۶	۱۲۰۹۰۹	۱۲۱۹۱۲	۱۲۲۹۱۵	۱۲۳۹۱۸	۱۲۴۹۲۱	۱۲۵۹۲۴
۹۲/۵	۱۱۴۶۹۴	۱۱۵۶۹۷	۱۱۶۶۹۰	۱۱۷۶۹۳	۱۱۸۶۹۶	۱۱۹۶۹۹	۱۲۰۷۰۲	۱۲۱۷۰۵	۱۲۲۷۰۸	۱۲۳۷۱۱	۱۲۴۷۱۴	۱۲۵۷۱۷	۱۲۶۷۲۰	۱۲۷۷۲۳	۱۲۸۷۲۶
۹۵	۱۱۷۵۰۶	۱۱۸۵۰۹	۱۱۹۵۱۲	۱۲۰۵۱۵	۱۲۱۵۱۸	۱۲۲۵۲۱	۱۲۳۵۲۴	۱۲۴۵۲۷	۱۲۵۵۳۰	۱۲۶۵۳۳	۱۲۷۵۳۶	۱۲۸۵۳۹	۱۲۹۵۴۲	۱۳۰۵۴۵	۱۳۱۵۴۸
۹۷/۵	۱۲۰۳۱۹	۱۲۱۳۲۲	۱۲۲۳۲۵	۱۲۳۳۲۸	۱۲۴۳۳۱	۱۲۵۳۳۴	۱۲۶۳۳۷	۱۲۷۳۴۰	۱۲۸۳۴۳	۱۲۹۳۴۶	۱۳۰۳۴۹	۱۳۱۳۵۲	۱۳۲۳۵۵	۱۳۳۳۵۸	۱۳۴۳۶۱
۱۰۰	۱۲۳۱۳۱	۱۲۴۱۳۴	۱۲۵۱۳۷	۱۲۶۱۴۰	۱۲۷۱۴۳	۱۲۸۱۴۶	۱۲۹۱۴۹	۱۳۰۱۵۲	۱۳۱۱۵۵	۱۳۲۱۵۸	۱۳۳۱۶۱	۱۳۴۱۶۴	۱۳۵۱۶۷	۱۳۶۱۷۰	۱۳۷۱۷۳

دال ۱-۳) ضریب سختی k_c برای ستونهای دارای سر ستون با پخ ۴۵ درجه

مراجع: بند ۱۵-۶-۶ آیین نامه بتن ایران.

$$K_c = \frac{k_c \cdot E_{cc} \cdot I_c}{\ell_c}$$



a = طولی از ستون که صلب فرض می شود. $b' =$ عمق پخ ۴۵ درجه از زیر سقف

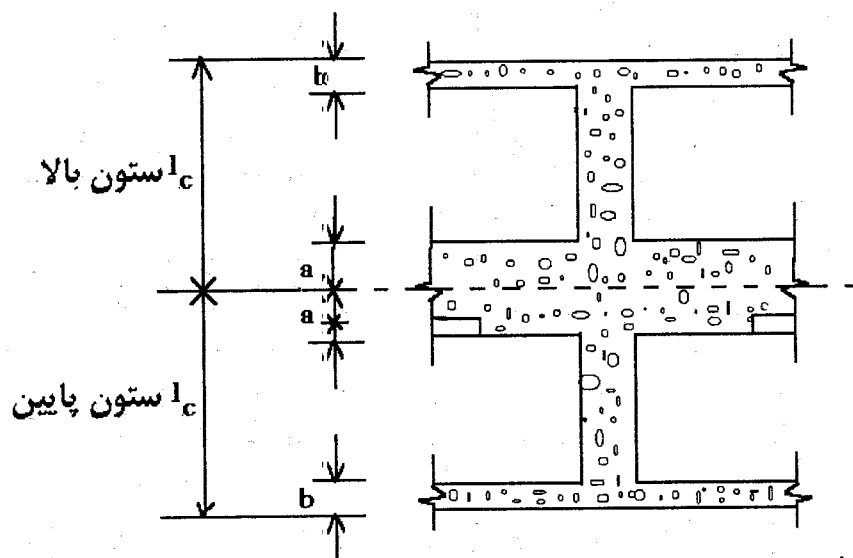
تذکر: عدد فوقانی جدول برای انتهای دارای سر ستون و عدد تحتانی آن برای انتهای تحتانی ستون می باشد.

ضریب سختی k_c													
$al/\%$													
b'/l_c	۰/۰۰	۰/۰۰۵	۰/۰۱۰	۰/۰۱۵	۰/۰۲۰	۰/۰۲۵	۰/۰۳۰	۰/۰۳۵	۰/۰۴۰	۰/۰۴۵	۰/۰۵۰		
۰/۰	۴/۰۰۰	۴/۱۰۲	۴/۲۰۸	۴/۳۱۸	۴/۴۳۳	۴/۵۵۲	۴/۶۷۶	۴/۸۰۵	۴/۹۴۰	۵/۰۲۰	۵/۱۲۶		
	۴/۰۰۰	۴/۱۰۲	۴/۲۰۸	۴/۳۱۸	۴/۴۳۳	۴/۵۵۲	۴/۶۷۶	۴/۸۰۵	۴/۹۴۰	۵/۰۲۰	۵/۱۲۶		
	۴/۰۱۳	۴/۱۱۵	۴/۲۲۲	۴/۳۳۲	۴/۴۴۸	۴/۵۶۷	۴/۶۹۲	۴/۸۲۲	۴/۹۵۷	۵/۰۹۸	۵/۲۴۵		
۰/۰۲	۴/۰۰۳	۴/۱۰۵	۴/۲۱۱	۴/۳۲۲	۴/۴۳۶	۴/۵۵۸	۴/۶۸۰	۴/۸۱۰	۴/۹۴۴	۵/۰۲۵	۵/۲۲۲		
	۴/۰۵۰	۴/۱۵۴	۴/۲۶۱	۴/۳۷۳	۴/۴۹۰	۴/۶۱۱	۴/۷۳۸	۴/۸۶۹	۵/۰۰۶	۵/۱۴۹	۵/۲۹۸		
	۴/۰۱۲	۴/۱۱۵	۴/۲۲۱	۴/۳۳۲	۴/۴۴۷	۴/۵۶۷	۴/۶۹۲	۴/۸۲۲	۴/۹۵۸	۵/۰۹۹	۵/۲۴۶		
۰/۰۴	۴/۱۰۸	۴/۲۱۴	۴/۳۲۳	۴/۴۳۲	۴/۵۵۷	۴/۶۸۰	۴/۸۰۹	۴/۹۴۳	۵/۰۸۳	۵/۲۲۹	۵/۳۸۲		
	۴/۰۲۵	۴/۱۲۹	۴/۲۳۶	۴/۳۴۷	۴/۴۶۳	۴/۵۴۸	۴/۷۱۰	۴/۸۴۱	۴/۹۷۸	۵/۱۲۰	۵/۲۸۹		
	۴/۱۸۵	۴/۲۹۳	۴/۴۰۶	۴/۵۲۳	۴/۶۴۵	۴/۷۷۲	۴/۹۰۵	۵/۰۴۲	۵/۱۸۶	۵/۳۳۶	۵/۴۹۲		
۰/۰۸	۴/۰۴۲	۴/۱۴۷	۴/۲۵۵	۴/۳۶۷	۴/۴۸۴	۴/۶۰۶	۴/۷۳۳	۵/۰۵۶	۵/۰۰۳	۵/۱۴۷	۵/۲۹۷		
	۴/۲۸۰	۴/۳۹۲	۴/۵۰۸	۴/۶۲۹	۴/۷۵۵	۴/۸۸۶	۵/۰۲۲	۵/۱۶۴	۵/۳۱۳	۵/۴۶۷	۵/۶۲۹		
	۴/۰۶۳	۴/۱۶۸	۴/۲۷۷	۴/۳۹۱	۴/۵۰۹	۴/۶۳۳	۴/۷۶۱	۴/۸۹۵	۵/۰۳۴	۵/۱۸۰	۵/۳۳۱		
۰/۱۰	۴/۳۹۳	۴/۵۰۹	۴/۶۲۸	۴/۷۵۴	۴/۸۸۴	۵/۰۲۰	۵/۱۶۱	۵/۳۰۸	۵/۴۶۲	۵/۶۲۳	۵/۷۹۰		
	۴/۰۸۶	۴/۱۹۲	۴/۳۰۳	۴/۴۱۸	۴/۵۳۸	۴/۶۶۲	۴/۷۹۲	۴/۹۲۸	۵/۰۶۹	۵/۲۱۶	۵/۳۷۰		
	۴/۵۲۲	۴/۶۴۲	۴/۷۶۷	۴/۸۹۷	۵/۰۳۲	۵/۱۷۴	۵/۳۲۱	۵/۴۸۴	۵/۶۳۴	۵/۸۰۱	۵/۹۳۵		
۰/۱۴	۴/۱۱۲	۴/۲۱۹	۴/۳۳۱	۴/۴۴۸	۴/۵۶۹	۴/۶۹۵	۴/۸۲۷	۴/۹۶۴	۵/۰۱۰	۵/۲۵۷	۵/۴۱۳		
	۴/۶۶۷	۴/۷۹۳	۴/۹۲۳	۵/۰۵۹	۵/۲۰۰	۵/۳۴۷	۵/۵۰۴	۵/۶۶۱	۵/۸۲۸	۶/۰۰۲	۶/۱۸۴		
	۴/۱۳۹	۴/۲۴۸	۴/۳۶۲	۴/۴۸۰	۴/۶۰۳	۴/۷۳۱	۴/۸۶۴	۵/۰۰۴	۵/۱۴۹	۵/۳۰۱	۵/۴۵۹		
۰/۱۸	۴/۸۳۰	۴/۹۶۱	۵/۰۹۷	۵/۲۳۹	۵/۳۸۷	۵/۵۴۱	۵/۷۰۱	۵/۸۶۹	۶/۰۴۴	۶/۲۱۶	۶/۴۱۷		
	۴/۱۶۹	۴/۲۷۹	۴/۳۹۴	۴/۵۱۴	۴/۶۳۹	۴/۷۶۹	۴/۹۰۴	۵/۰۴۶	۵/۱۹۳	۵/۳۴۷	۵/۵۰۸		
	۵/۰۰۹	۵/۱۴۶	۵/۲۸۹	۵/۴۳۸	۵/۵۹۳	۵/۷۵۴	۵/۹۲۳	۶/۰۹۸	۶/۲۸۲	۶/۴۳۳	۶/۶۷۴		
۰/۲۰	۴/۲۰۰	۴/۳۱۲	۴/۴۲۹	۵/۵۵۰	۴/۶۷۷	۴/۸۰۹	۴/۹۴۷	۵/۰۹۰	۵/۲۴۰	۵/۳۹۷	۵/۵۶۰		
	۵/۲۰۵	۵/۳۴۹	۵/۴۹۹	۵/۶۵۶	۵/۸۱۸	۵/۹۸۸	۶/۱۶۵	۶/۳۶۰	۶/۵۴۲	۶/۷۴۴	۶/۹۵۵		
	۴/۲۳۳	۴/۳۷۶	۴/۴۶۵	۴/۵۸۸	۴/۷۱۷	۴/۸۵۱	۴/۹۹۱	۵/۱۳۷	۵/۲۸۹	۵/۴۴۹	۵/۶۱۵		
۰/۲۴	۵/۴۱۹	۵/۵۷۱	۵/۷۲۹	۵/۸۹۳	۶/۰۶۴	۶/۲۴۳	۶/۴۳۰	۶/۶۲۴	۶/۸۲۷	۷/۰۴۰	۷/۲۶۲		
	۴/۲۶۶	۴/۳۸۲	۴/۵۰۲	۴/۶۲۸	۴/۷۵۸	۴/۹۱۵	۵/۰۳۷	۵/۱۸۵	۵/۳۴۰	۵/۵۰۲	۵/۶۷۲		

دال ۲-۳) ضریب k_c برای ستونهای بدون سر ستون پخدار

مراجع: ACI Journal V.68 , No. 11 , Nov. 1971 , P.830

$$K_c = \frac{k_c \cdot E_{cc} \cdot I_c}{\ell_c}$$



$b' =$ طولی از انتهای دور ستون که صلب فرض می‌شود.

$a =$ طولی از انتهای نزدیک ستون که صلب فرض می‌شود.

ضریب سختی kc															
a/lc															
b/lc	۰/۰۰	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۸	۰/۱۰	۰/۱۲	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۱۸	۰/۲۰	۰/۲۲	۰/۲۴		
۰/۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۸۲	۴/۱۶۷	۴/۲۵۵	۴/۳۴۸	۴/۴۴۴	۴/۵۴۲	۴/۶۵۱	۴/۷۶۲	۴/۸۷۸	۵/۰۰۰	۵/۱۲۸	۵/۲۶۳		
۰/۰۲	۴/۳۳۷	۴/۴۳۳	۴/۵۳۳	۴/۶۳۸	۴/۷۴۷	۴/۸۶۲	۴/۹۸۳	۵/۱۱۰	۵/۲۴۴	۵/۳۸۴	۵/۵۳۵	۵/۶۹۸	۵/۸۵۶		
۰/۰۴	۴/۷۰۹	۴/۸۳۲	۴/۹۴۰	۵/۰۶۳	۵/۱۹۳	۵/۳۳۰	۵/۴۷۵	۵/۶۲۷	۵/۷۸۷	۵/۹۵۸	۶/۱۳۸	۶/۳۲۹	۶/۵۳۳		
۰/۰۶	۵/۱۲۲	۵/۲۵۲	۵/۳۹۳	۵/۵۳۹	۵/۶۹۳	۵/۸۵۵	۶/۰۲۷	۶/۲۰۹	۶/۴۰۳	۶/۶۰۸	۶/۸۲۷	۷/۰۶۰	۷/۳۱۰		
۰/۰۸	۵/۵۸۱	۵/۷۳۵	۵/۸۹۸	۶/۰۷۰	۶/۲۵۲	۶/۴۴۵	۶/۶۵۰	۶/۸۶۷	۷/۱۰۰	۷/۳۴۸	۷/۶۱۳	۷/۸۹۷	۸/۲۰۳		
۰/۱۰	۶/۰۶۱	۶/۲۷۱	۶/۴۶۲	۶/۶۵۵	۶/۸۸۰	۷/۱۰۹	۷/۳۵۳	۷/۶۱۴	۷/۸۹۳	۸/۱۹۲	۸/۵۱۳	۸/۸۵۹	۹/۲۳۳		
۰/۱۲	۶/۶۵۶	۶/۸۷۰	۷/۰۹۴	۷/۳۳۳	۷/۵۷۵	۷/۸۵۹	۸/۱۵۰	۸/۴۶۱	۸/۷۹۶	۹/۱۵۷	۹/۴۶۶	۹/۹۶۷	۱۰/۴۳۰		
۰/۱۴	۷/۲۹۲	۷/۵۴۰	۷/۸۰۳	۸/۰۸۴	۸/۳۸۵	۸/۷۰۸	۹/۰۵۴	۹/۲۶۲	۹/۵۲۹	۱۰/۰۶۰	۱۰/۳۶۰	۱۱/۰۲۵	۱۱/۸۱۰		
۰/۱۶	۸/۰۰۱	۸/۲۹۱	۸/۶۰۰	۸/۹۳۱	۹/۲۸۷	۹/۶۷۰	۱۰/۰۸۰	۱۰/۵۳۰	۱۱/۰۱۰	۱۱/۵۴۰	۱۲/۱۱۰	۱۲/۷۴۰	۱۳/۴۲۰		
۰/۱۸	۸/۷۹۶	۹/۱۳۴	۹/۴۹۸	۹/۸۸۸	۱۰/۳۱۰	۱۰/۷۶۰	۱۱/۲۶۰	۱۱/۷۹۰	۱۲/۳۷۰	۱۳/۰۱۰	۱۳/۷۰۰	۱۴/۴۷۰	۱۵/۳۱۰		
۰/۲۰	۹/۶۸۷	۱۰/۰۸۰	۱۰/۵۱۰	۱۰/۹۷۰	۱۱/۴۷۰	۱۲/۰۱۰	۱۲/۶۰۰	۱۳/۲۴۰	۱۳/۹۴۰	۱۴/۷۱۰	۱۵/۵۶۰	۱۶/۴۹۰	۱۷/۵۳۰		
۰/۲۲	۱۰/۶۹۰	۱۱/۱۶۰	۱۱/۶۶۰	۱۲/۲۰۰	۱۲/۸۰۰	۱۳/۴۴۰	۱۴/۱۴۰	۱۴/۹۱۰	۱۵/۷۶۰	۱۶/۶۹۰	۱۷/۷۱۰	۱۸/۸۷۰	۲۰/۱۵۰		
۰/۲۴	۱۱/۸۲۰	۱۲/۳۷۰	۱۲/۹۶۰	۱۳/۶۱۰	۱۴/۳۱۰	۱۵/۰۸۰	۱۵/۹۲۰	۱۶/۸۴۰	۱۷/۸۷۰	۱۹/۰۰۰	۲۰/۲۶۰	۲۱/۶۵۰	۲۳/۲۶۰		

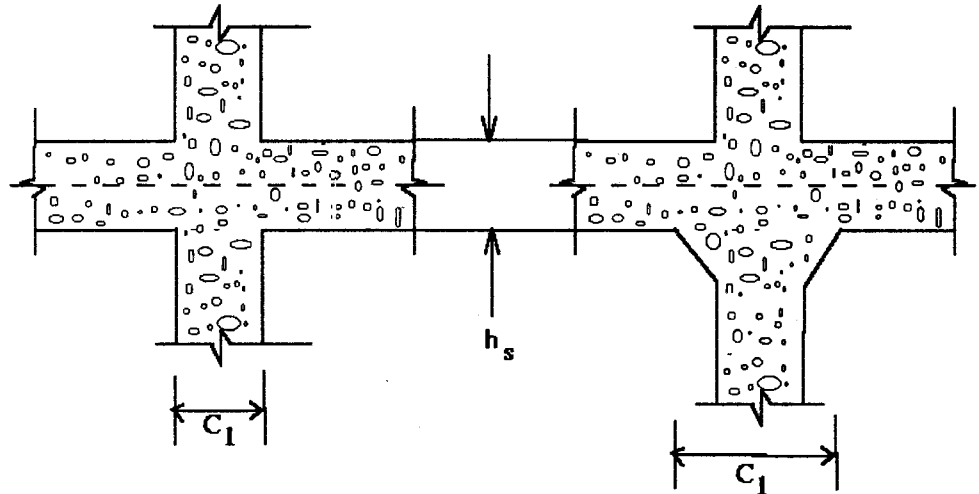
دال ۴-۱) ضریب پخش لنگر برای اعضای تیر- دال و بدون کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل

مراجع: بند ۱۵-۶-۳ از آیین‌نامه بتن ایران و ACI Journal V.68 , No. 11 , Nov. 1971 , P.828

ز بار گسترده یکنواخت (F.E.M)

$$(K_s) \text{ سختی} = \frac{k_s \cdot E_{cs} \cdot \ell_2 h_3^3}{12 \cdot \ell_1}$$

C = ضریب انتقال



تذکر: مقادیر $\frac{C_1}{\ell_1}$ و $\frac{C_2}{\ell_2}$ برای ستون در انتهای دور عضو تیر- دال برابر آن مقداری در انتهای ستون است، که ضرایب لنگر برای آن محاسبه شده‌اند.

C_1/f_1	Factors	C_2/f_2											
		./.0	./.05	./.1	./.15	./.2	./.25	./.3	./.35	./.4	./.45	./.5	./.55
/.0	M	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083	./.083
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰	۴/۰۰۰
	C	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰	./.۵۰۰
/.۰۵	M	./.۰۸۳	./.۰۸۴	./.۰۸۴	./.۰۸۴	./.۰۸۵	./.۰۸۵	./.۰۸۵	./.۰۸۵	./.۰۸۶	./.۰۸۶	./.۰۸۶	./.۰۸۶
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۰۴۷	۴/۰۹۳	۴/۱۳۸	۴/۱۸۱	۴/۲۲۲	۴/۲۶۱	۴/۲۹۹	۴/۳۳۴	۴/۳۶۸	۴/۳۶۸	۴/۳۶۸
	C	./.۵۰۰	./.۲۸۳	./.۵۰۷	./.۵۱۰	./.۵۱۳	./.۵۱۶	./.۵۱۸	./.۵۲۱	./.۵۲۳	./.۵۲۶	./.۵۲۶	./.۵۲۶
/.۱۰	M	./.۰۸۳	./.۰۸۴	./.۰۸۵	./.۰۸۵	./.۰۸۶	./.۰۸۷	./.۰۸۷	./.۰۸۸	./.۰۸۸	./.۰۸۹	./.۰۸۹	./.۰۸۹
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۰۹۱	۴/۱۸۲	۴/۲۷۲	۴/۳۶۲	۴/۴۴۹	۴/۵۳۵	۴/۶۱۸	۴/۶۹۸	۴/۷۴۴	۴/۷۴۴	۴/۷۴۴
	C	./.۵۰۰	./.۵۰۶	./.۵۱۳	./.۵۱۹	./.۵۲۴	./.۵۳۰	./.۵۳۵	./.۵۴۰	./.۵۴۵	./.۵۵۰	./.۵۵۰	./.۵۵۴
/.۱۵	M	./.۰۸۳	./.۰۸۴	./.۰۸۵	./.۰۸۶	./.۰۸۷	./.۰۸۸	./.۰۸۹	./.۰۹۰	./.۰۹۰	./.۰۹۱	./.۰۹۱	./.۰۹۲
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۱۳۲	۴/۲۶۷	۴/۴۰۳	۴/۵۴۱	۴/۶۸۰	۴/۸۱۸	۴/۹۵۵	۵/۰۹۰	۵/۲۲۲	۵/۲۲۲	۵/۳۴۹
	C	./.۵۰۰	./.۵۰۹	./.۵۱۷	./.۵۲۶	./.۵۳۴	./.۵۴۳	./.۵۵۰	./.۵۵۸	./.۵۶۵	./.۵۷۲	./.۵۷۲	./.۵۷۹
/.۲۰	M	./.۰۸۳	./.۰۸۵	./.۰۸۶	./.۰۸۷	./.۰۸۸	./.۰۸۹	./.۰۹۰	./.۰۹۱	./.۰۹۲	./.۰۹۳	./.۰۹۳	./.۰۹۴
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۱۷۰	۴/۳۴۶	۴/۵۲۹	۴/۷۱۷	۴/۹۱۰	۵/۱۰۸	۵/۳۰۸	۵/۵۰۹	۵/۷۱۰	۵/۷۱۰	۵/۹۰۸
	C	./.۵۰۰	./.۵۱۱	./.۵۲۲	./.۵۳۲	./.۵۴۳	./.۵۵۴	./.۵۶۴	./.۵۷۴	./.۵۸۴	./.۵۹۳	./.۵۹۳	./.۶۰۲
/.۲۵	M	./.۰۸۳	./.۰۸۵	./.۰۸۶	./.۰۸۷	./.۰۸۹	./.۰۹۰	./.۰۹۱	./.۰۹۳	./.۰۹۴	./.۰۹۵	./.۰۹۵	./.۰۹۶
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۲۰۴	۴/۴۲۰	۴/۶۴۸	۴/۸۸۷	۴/۱۱۳۸	۵/۴۰۱	۵/۶۷۲	۵/۹۵۲	۶/۲۳۸	۶/۲۳۸	۶/۵۲۷
	C	./.۵۰۰	./.۵۱۲	./.۵۲۵	./.۵۳۸	./.۵۵۰	./.۵۶۳	./.۵۷۶	./.۵۸۸	./.۶۰۰	./.۶۱۲	./.۶۱۲	./.۶۲۳

C_1/μ_1	Factors	C_2/μ_2											
		۰/۰۰	۰/۰۵	۰/۱	۰/۱۵	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۳۵	۰/۴	۰/۴۵	۰/۵	
۰/۳۰	M	۰/۰۸۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۶	۰/۰۸۸	۰/۰۸۹	۰/۰۹۱	۰/۰۹۲	۰/۰۹۴	۰/۰۹۵	۰/۰۹۶	۰/۰۹۸	
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۳۳۵	۴/۴۸۸	۴/۷۶۰	۴/۱۰۵۰	۴/۳۶۱	۵/۶۹۲	۶/۰۴۴	۶/۱۴۴	۶/۱۸۰۲	۷/۲۰۵	
	C	۰/۵۰۰	۰/۵۱۴	۰/۵۲۷	۰/۵۴۲	۰/۵۵۶	۰/۵۷۱	۰/۵۸۵	۰/۶۰۰	۰/۶۱۴	۰/۶۲۸	۰/۶۴۲	
۰/۳۵	M	۰/۰۸۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۹۰	۰/۰۹۱	۰/۰۹۳	۰/۰۹۵	۰/۰۹۶	۰/۰۹۸	۰/۰۹۹	
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۲۶۴	۴/۵۵۱	۴/۸۶۴	۴/۱۲۰۴	۴/۵۷۵	۵/۹۷۹	۶/۴۱۶	۷/۷۷/۶	۵/۶۸/۸	۷/۹۳۵	
	C	۰/۵۰۰	۰/۵۱۴	۰/۵۲۹	۰/۵۴۵	۰/۵۶۰	۰/۵۷۶	۰/۵۹۳	۰/۶۰۹	۰/۶۲۶	۰/۶۴۱	۰/۶۵۶	
۰/۴۰	M	۰/۰۸۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۰	۰/۰۹۲	۰/۰۹۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۰	
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۲۸۹	۴/۶۰۷	۴/۹۵۹	۴/۱۳۴۸	۴/۷۷۸	۶/۲۵۵	۶/۷۸/۶	۵/۶۳/۸	۸/۰۰/۸	۸/۷۱۰	
	C	۰/۵۰۰	۰/۵۱۵	۰/۵۳۰	۰/۵۴۶	۰/۵۶۳	۰/۵۸۰	۰/۵۹۸	۰/۶۱۶	۰/۶۳۵	۰/۶۵۱	۰/۶۷۲	
۰/۴۵	M	۰/۰۸۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۷	۰/۰۹۰	۰/۰۹۲	۰/۰۹۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹۷	۰/۰۹۸	۰/۱۰۰	
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۳۱۱	۴/۶۵۸	۵/۰۴۶	۵/۴۸۰	۵/۹۶۷	۶/۵۱۷	۷/۱۳/۸	۷/۸۳/۸	۸/۶۲/۸	۹/۵۱۴	
	C	۰/۵۰۰	۰/۵۱۵	۰/۵۳۰	۰/۵۴۷	۰/۵۶۴	۰/۵۸۳	۰/۶۰۲	۰/۶۲۱	۰/۶۴۲	۰/۶۶۱	۰/۶۸۳	
۰/۵۰	M	۰/۰۸۳	۰/۰۸۵	۰/۰۸۷	۰/۰۸۸	۰/۰۹۰	۰/۰۹۲	۰/۰۹۴	۰/۰۹۶	۰/۰۹۸	۰/۱۰۰	۰/۱۰۲	
	Ks	۴/۰۰۰	۴/۳۳۱	۴/۷۰۳	۵/۱۳۳	۵/۵۹۹	۵/۱۴۱	۶/۷۶۰	۷/۴۷۰	۸/۲۸/۸	۹/۲۳۴	۱۰/۲۲۹	
	C	۰/۵۰۰	۰/۵۱۵	۰/۵۳۰	۰/۵۴۷	۰/۵۶۴	۰/۵۸۳	۰/۶۰۳	۰/۶۲۴	۰/۶۴۵	۰/۶۶۷	۰/۶۹۰	

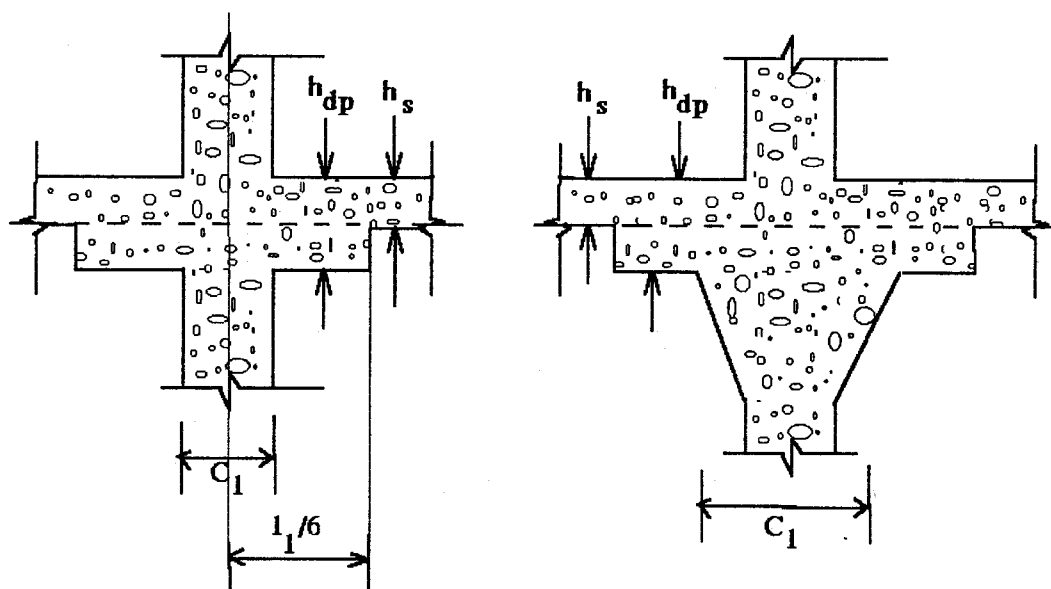
دال ۴-۲) ضرایب پخش لنگر برای اعضای تیر دال و دارای کتیبه به منظور استفاده در روش قاب معادل

مراجع: بند ۱۵-۶-۳ از آیین‌نامه بتن ایران و ACI Journal V.68, No. 11, Nov. 1971, P.829

$M \cdot w_u \cdot I_2 \cdot \ell_1^2 =$ لنگر گیرداری انتهایی تحت اثر بار گسترده یکنواخت (F.E.M)

$$(K_s) \text{ سختی} = \frac{k_s \cdot E_{cs} \cdot \ell_2 \cdot h_3^3}{12 \cdot \ell_1}$$

$C =$ ضریب انتقال



تذکر: مقادیر $\frac{C_2}{\ell_2}$ و $\frac{C_1}{\ell_1}$ برای ستون در انتهای دور عضو تیر-دال برابر آن مقداری در انتهای ستون است، که ضرایب لنگر برای آن

محاسبه شده‌اند.

h_{dp}/h_s	C_1/ℓ_1	Factors	C_2/ℓ_2							
			$\cdot/\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot$
۱/۲۵	$\cdot/\cdot\cdot$	M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
	$\cdot/\cdot$	C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
	$\cdot/\cdot\cdot$	M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
		Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
	$\cdot/\cdot$	C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$
M		$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
Ks		$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
C		$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
$\cdot/\cdot$	Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	C	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	M	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	
	Ks	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	$\cdot/\cdot\cdot\cdot$	

h_{dp}/h_s	C_1/l_1	Factors	C_2/l_2						
			./۰۰	./۰۵	./۱	./۱۵	./۲	./۲۵	./۳
۱/۵۰	./۰	M	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳
		Ks	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷	۵/۸۳۷
		C	./۵۸۹	./۵۸۹	./۵۸۹	./۵۸۹	./۵۸۹	./۵۸۹	./۵۸۹
		M	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۳
	./۰۵	Ks	۵/۸۳۷	۵/۸۹۰	۵/۹۴۲	۵/۹۹۳	۶/۰۴۱	۶/۰۸۷	۶/۱۳۱
		C	./۵۸۹	./۵۹۱	./۵۹۴	./۵۹۶	./۵۹۸	./۶۰۰	./۶۰۲
		M	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۴	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۵
		Ks	۵/۸۳۷	۵/۹۴۰	۶/۰۴۲	۶/۱۴۲	۶/۲۴۰	۶/۳۳۵	۶/۴۳۷
	./۱۰	C	./۵۸۹	./۵۹۳	./۵۹۸	./۶۰۲	./۶۰۷	./۶۱۰	./۶۱۵
		M	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۵	./۰۹۶	./۰۹۶
		Ks	۵/۸۳۷	۵/۹۸۶	۶/۱۳۵	۶/۲۸۴	۶/۴۳۲	۶/۵۷۹	۶/۷۲۳
		C	./۵۸۹	./۵۹۵	./۶۰۲	./۶۰۸	./۶۱۴	./۶۲۰	./۶۲۶
	./۱۵	M	./۰۹۳	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۶	./۰۹۶	./۰۹۷
		Ks	۵/۸۳۷	۶/۰۲۷	۶/۲۲۱	۶/۴۱۸	۶/۶۱۶	۶/۸۱۶	۷/۰۱۵
		C	./۵۸۹	./۵۹۷	./۶۰۵	./۶۱۳	./۶۲۱	./۶۲۸	./۶۳۵
		M	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۶	./۰۹۷	./۰۹۸
	./۲۰	Ks	۵/۸۳۷	۶/۰۶۵	۶/۳۰۰	۶/۵۴۳	۶/۷۹۰	۷/۰۴۳	۷/۲۹۸
		C	./۵۸۹	./۵۹۸	./۶۰۸	./۶۱۷	./۶۲۶	./۶۳۵	./۶۴۴
		M	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۶	./۰۹۷	./۰۹۸	./۰۹۹
		Ks	۵/۸۳۷	۶/۰۹۹	۶/۳۷۲	۶/۶۵۷	۶/۹۵۳	۷/۲۵۸	۷/۵۷۱
	./۲۵	C	./۵۸۹	./۵۹۹	./۶۱۰	./۶۲۰	./۶۳۱	./۶۴۱	./۶۵۱
		M	./۰۹۳	./۰۹۴	./۰۹۵	./۰۹۶	./۰۹۷	./۰۹۸	./۰۹۹
		Ks	۵/۸۳۷	۶/۰۹۹	۶/۳۷۲	۶/۶۵۷	۶/۹۵۳	۷/۲۵۸	۷/۵۷۱
		C	./۵۸۹	./۵۹۹	./۶۱۰	./۶۲۰	./۶۳۱	./۶۴۱	./۶۵۱

دیوارهای حائل

مثال طرح دیوار حائل بتنی در برابر فشارهای وارده از طرف خاک

دیوار حائل شکل زیر را در برابر بارهای وارده طرح نمایید.

مشخصات :

$$\gamma_1 = 18 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_1 = 30^\circ$$

$$C_1 = 0$$

$$\gamma_2 = 17.5 \text{ KN/m}^3$$

$$\phi_2 = 28^\circ$$

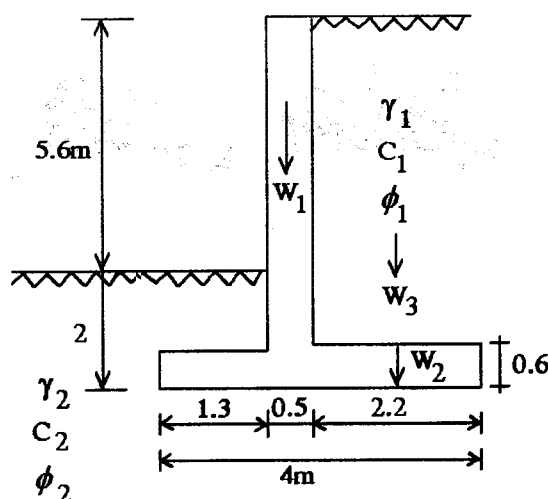
$$C_2 = 12 \text{ KN/m}^2$$

$$q_a = 200 \text{ KN/m}^2 \text{ تنش مجاز خاک}$$

$$\gamma_b = 25 \text{ KN/m}^3 \text{ وزن مخصوص بتن}$$

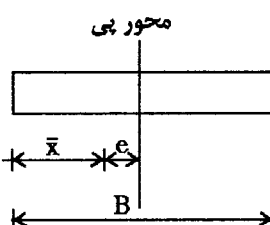
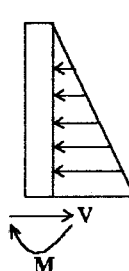
$$f_c = 20 \text{ MPa}$$

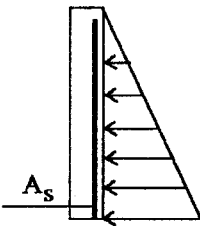
$$f_y = 300 \text{ MPa}$$

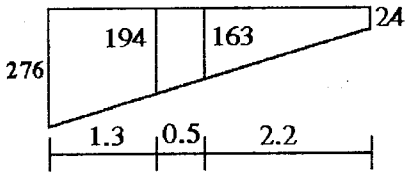


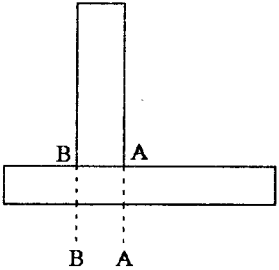
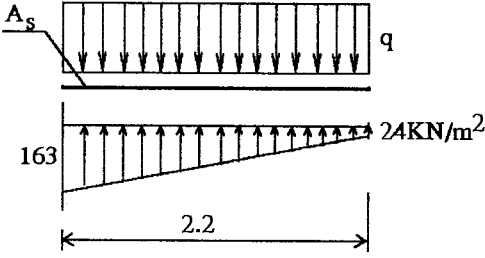
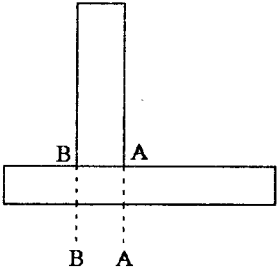
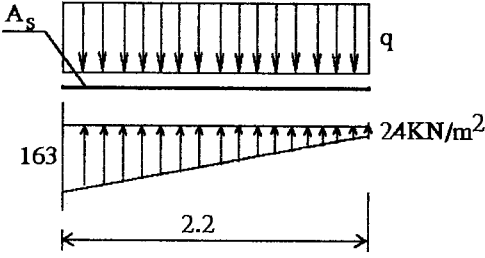
جداول کمکی	محاسبات	روشی	بند آیین نامه
	گام اول) محاسبه k_{a1} و k_{a2} با توجه به تئوری رانکین برای حالتی که شیب سطح خاک نسبت به افق برابر صفر است داریم: $k_{a1} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\phi_1}{2}\right)$ $k_{a2} = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi_2}{2}\right)$ $k_{a1} = \tan^2\left(45 - \frac{30}{2}\right) = 0.3333$ $k_{a2} = \tan^2\left(45 + \frac{28}{2}\right) = 2.7698$	گام دوم) کنترل لنگر واژگونی در این مرحله نسبت به گوشه سمت چپ پی لنگر می گیریم. باید نسبت لنگر مقاوم به لنگر واژگون کننده بزرگتر از ۱/۵ تا ۲ باشد.	

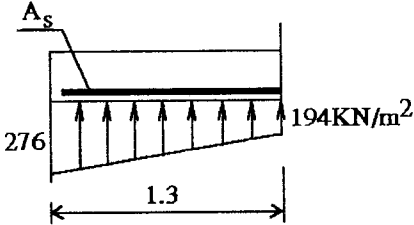
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$P_{a1} = \frac{18 \times 7.6^2}{2} \times 0.3333 = 173.3 \text{ KN}$ $W_1 = 0.5 \times 7 \times 25 = 87.5 \text{ KN}$ (فاصله W_1 از گوشه سمت چپ پی) $b_1 = 1.55 \text{ m}$ $W_2 = 0.6 \times 4 \times 25 = 60 \text{ KN}$ $b_2 = 2 \text{ m}$ $W_3 = 2.2 \times 7 \times 18 = 277.2 \text{ KN}$ $b_3 = 2.9 \text{ m}$ $R = 87.5 + 60 + 277.2 = 424.7 \text{ KN}$ $M_r = 87.5 \times 1.55 + 60 \times 2 + 277.2 \times 2.9 = 1059.5 \text{ KN.m}$ $M_0 = 173.3 \times \frac{7.6}{3} = 439 \text{ KN.m}$ $F.S. = \frac{1059.5}{439} = 2.41 > 2 \text{ O.K.}$	$P_{a1} = \frac{\gamma_1 \cdot H_1^2}{2} K_{a1}$ $R = \Sigma W_i$ $M_r = \Sigma W_i \cdot b_i$ $M_0 = P_{a1} \cdot \frac{H_1}{3}$ $F.S. = \frac{M_r}{M_0}$ تذکر: در این مرحله از اثر فشار پاسیو خاک صرف نظر شده است. بدیهی است که این فرض در جهت ضریب اطمینان است.	
	$P_p = \frac{1}{2} \times 17.5 \times 2^2 \times 2.7698 + 2 \times 12 \times 2 \times \sqrt{2.7698} = 176.8 \text{ KN}$	گام سوم) کنترل لغزش $P_{p2} = \frac{1}{2} \gamma_2 H_2^2 k_{p2} + 2C_2 H_2 \sqrt{K_{p2}}$ $F.S. = \frac{R \cdot \tan \delta + C'B + P_{p2}}{P_{a1}}$	

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
	δ و C' به ترتیب زاویه اصطکاک و ضریب چسبندگی بین کف پی و خاک می باشند. می توان فرض کرد: $C' = \frac{2}{3}C, \quad \delta = \frac{2}{3}\phi$ مقدار F.S. باید از ۱/۵ تا ۲ بیشتر باشد.	$F.S. := \frac{424.7 \times \tan(\frac{2}{3} \times 28) + \frac{2}{3} \times 12 \times 4 + 176.8}{173.3}$ $= 2.03 > 2 \text{ O.K.}$ تذکر: به مقدار R می توان وزن خاک سمت چپ را نیز اضافه کرد.	
	گام چهارم) کنترل تنش های زیر پی $\bar{X} = \frac{M_r - M_o}{R}$  $e = \frac{B}{2} - \bar{X}$ $q = \frac{R}{B} \left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$	$\bar{X} = \frac{1059.5 - 439}{424.7} = 1.46 \text{ m}$ $e = \frac{4}{2} - 1.46 = 0.54 \text{ m}$ $q = \frac{424.7}{4} \left(1 \pm \frac{6 \times 0.54}{4}\right)$ بنابراین $q_1 = 192.2 \text{ KN/m}^2 < q_a \text{ O.K.}$ و $q_2 = 20.2 \text{ KN/m}^2 < q_a \text{ O.K.}$	
	گام پنجم) محاسبه برش و لنگر نهایی در پای دیوار 		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_H = \frac{18 \times 7^2}{2} \times 0.3333 = 147 \text{ KN}$ $V_u = 1.5 \times 147 = 220.5 \text{ KN}$ $M_H = \frac{18 \times 7^3}{6} \times 0.3333 = 343 \text{ KN.m}$ $M_u = 1.5 \times 343 = 514.5 \text{ KN.m}$	$V_H = \frac{\gamma_1 \cdot H^2}{2} k_{al}$ $V_u = 1.5 Q_H$ $M_H = \frac{\gamma_1 \cdot H^3}{6} k_{al}$ $M_u = 1.5 M_H$	۶-۳-۵-۱۰
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 1 \times 0.44 \times 10^3$ $V_c = 236.1 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	گام ششم) کنترل برش در پای دیوار $V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$ البته می توان برش را در فاصله d از انتهای دیوار نیز کنترل نمود.	۱-۱-۳-۱۲ ۱-۲-۱۷-۱۲
	$R = \frac{514.5 \times 10^{-3}}{1 \times 0.44^2} = 2.658 \text{ Mpa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{1 \times 0.44^2} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 2.658}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho_{\max} = 0.85 \times 0.85 \times \frac{0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \times \frac{600}{600 + 300}$ $\rho_{\max} = 0.0227 > \rho \text{ O.K.}$	گام هفتم) محاسبه آرماتورهای لازم در پای دیوار  $R = \frac{M_u}{b d^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $\rho_{\max} = 0.85 \beta_1 \times \frac{\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \frac{600}{600 + f_y}$	۲-۱-۱۶ ۳-۲-۵-۱۱ ۱-۵-۱۱

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_s = 0.0123 \times 100 \times 44 = 54.12 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\therefore \text{Use } \Phi 28/10, A_s = 61.58 \text{ cm}^2/\text{m}$ تذکر: آرماتورهای مصرفی را می توان در قسمتهای فوقانی دیوار کاهش داد. البته در این قسمتها نیز باید ضوابط آرماتورگذاری حداقل رعایت شود.	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$	
		گام هشتم)	
		محاسبه تنش های زیر پی در حالت نهایی	
۶-۳-۵-۱۰	$M_{ou} = 1.5 \times (173.3 \times \frac{7.6}{3}) = 658.5 \text{ KN.m}$ $M_{ru} = 1.25(87.5 \times 1.55 + 60 \times 2) + 1.5(277.2 \times 2.9) = 1525.4 \text{ KN.m}$ $R_u = 1.25(87.5 + 60) + 1.5 \times 277.2 = 600.2 \text{ KN}$ $\bar{X}_u = \frac{1525.4 - 658.5}{600.2} = 1.44 \text{ m}$ $e_u = \frac{4}{2} - 1.44 = 0.56 \text{ m}$ $q_u = \frac{600.2}{4} (1 \pm \frac{6 \times 0.56}{4})$ بنابراین $q_{u1} = 276 \text{ KN/m}^2$ $q_{u2} = 24 \text{ KN/m}^2$	$M_{ou} = 1.5(P_{a1} \cdot \frac{H_1}{3})$ $M_{ru} = 1.25(W_1 \cdot b_1 + W_2 \cdot b_2) + 1.5(W_3 \cdot b_3)$ $R_u = 1.25(W_1 + W_2) + 1.5 \times W_3$ $\bar{X}_u = \frac{M_{ru} - M_{ou}}{R_u}$ $e_u = \frac{B}{2} - \bar{X}_u$ $q_u = \frac{R_u}{B} (1 \pm \frac{6e_u}{B})$	
			

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام نهم) کنترل برش و محاسبه آرماتورهای لازم در شالوده  برای مقطع A-A داریم:  $q = 1.5 (18 \times 7) + 1.25 (25 \times 0.6) = 208 \text{ KN/m}^2$ وزن شالوده + فشار خاک = q $V_u = 208 \times 2.2 - \frac{163 + 24}{2} \times 2.2 = 251.9 \text{ KN}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.5 \times 10^3$ $= 268.3 > V_u \text{ O.K.}$ البته می‌توان برش را در فاصله d از مقطع فوق نیز کنترل نمود. $M_u = 208 \times \frac{2.2^2}{2} - 24 \times \frac{2.2^2}{2}$ $- (163 - 24) \times \frac{2.2^2}{6} = 333 \text{ KN.m}$ $R = \frac{333 \times 10^{-3}}{1 \times 0.5^2} = 1.332 \text{ MPa}$	گام نهم) کنترل برش و محاسبه آرماتورهای لازم در شالوده  برای مقطع A-A داریم:  $q = 1.5 (18 \times 7) + 1.25 (25 \times 0.6) = 208 \text{ KN/m}^2$ وزن شالوده + فشار خاک = q $V_u = 208 \times 2.2 - \frac{163 + 24}{2} \times 2.2 = 251.9 \text{ KN}$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.5 \times 10^3$ $= 268.3 > V_u \text{ O.K.}$ البته می‌توان برش را در فاصله d از مقطع فوق نیز کنترل نمود. $M_u = 208 \times \frac{2.2^2}{2} - 24 \times \frac{2.2^2}{2}$ $- (163 - 24) \times \frac{2.2^2}{6} = 333 \text{ KN.m}$ $R = \frac{333 \times 10^{-3}}{1 \times 0.5^2} = 1.332 \text{ MPa}$	۶-۳-۵-۱۰ ۱-۲-۱۷-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.332}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0056 > 0.002 \quad \text{O.K.}$ $A_s = 0.0056 \times 100 \times 50 = 28 \text{ cm}^2/\text{m}$ $\text{Use } \Phi 28/20, \quad A_s = 30.79 \text{ cm}^2/\text{m}$ برای مقطع B-B داریم:  از فشارهای خاک روی آن و وزن پی در جهت ضریب اطمینان صرف نظر شده است. تنش زیر پی در فاصله d از بر دیوار برابر است با: $q = 194 + (276 - 194) \times \frac{0.5}{1.3} = 225.5 \text{ KN/m}^2$ $V_u = \frac{276 + 225.5}{2} \times (1.3 - 0.5)$ $= 200.6 \text{ KN} < V_c \text{ O.K.}$ $M_u = 194 \times \frac{1.3^2}{2} + (276 - 194) \times \frac{1.3^2}{3} = 210 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{28}{333} \times 210 = 17.66 \text{ cm}^2$ $A_{s, \min} = 0.002 \times 100 \times 60 = 12 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ $\text{Use } \Phi 22/20, \quad A_s = 19.01 \text{ cm}^2/\text{m}$	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \times \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	۲-۱-۱۶ ۳-۲-۵-۱۱
	$q = 194 + (276 - 194) \times \frac{0.5}{1.3} = 225.5 \text{ KN/m}^2$ $V_u = \frac{276 + 225.5}{2} \times (1.3 - 0.5)$ $= 200.6 \text{ KN} < V_c \text{ O.K.}$ $M_u = 194 \times \frac{1.3^2}{2} + (276 - 194) \times \frac{1.3^2}{3} = 210 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{28}{333} \times 210 = 17.66 \text{ cm}^2$ $A_{s, \min} = 0.002 \times 100 \times 60 = 12 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ $\text{Use } \Phi 22/20, \quad A_s = 19.01 \text{ cm}^2/\text{m}$		۱-۲-۱۷-۱۲
	$A_s = \frac{28}{333} \times 210 = 17.66 \text{ cm}^2$ $A_{s, \min} = 0.002 \times 100 \times 60 = 12 \text{ cm}^2 < A_s \text{ O.K.}$ $\text{Use } \Phi 22/20, \quad A_s = 19.01 \text{ cm}^2/\text{m}$		۱-۳-۷-۸

شالوده‌ها

مثال ۱ ضخامت شالوده منفرد و مربع شکل که دارای ستون با مقطع مربع می‌باشد.

ضخامت لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید :

مشخصات :

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

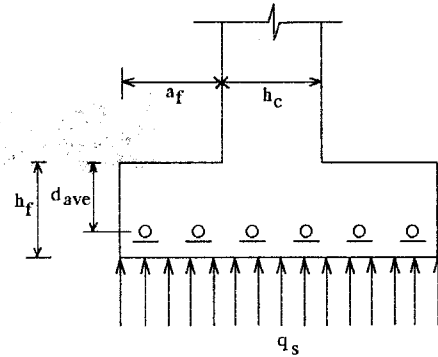
$$h_c = 50 \text{ cm}$$

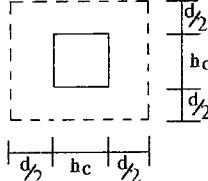
$$p_d = 810 \text{ KN}$$

$$p_l = 515 \text{ KN}$$

$$\text{ابعاد پی} = 2.4 \times 2.4 \text{ m}^2$$

$$\alpha_s = 10 \text{ (ستون گوشه)}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه بارهای نهایی	
	$P_u = 1.25 \times 810 + 1.5 \times 515$ $P_u = 1785 \text{ KN}$	$P_u = 1.25 P_d + 1.5 P_L$	۳-۳-۵-۱۰
		گام دوم) محاسبه فشار تکیه‌گاهی خالص q'_s	
	$q'_s = \frac{1785}{2.4 \times 2.4} = 309.9 \text{ KN/m}^2$	$q'_s = \frac{P_u}{A_f}$	
		گام سوم) محاسبه برش سوراخ‌کننده : اضلاع مقطع بحرانی در فاصله $\frac{d}{2}$ از هر ستون می‌باشند.	۱-۲-۱۷-۱۲
	اگر d_{ave} را برابر 40cm فرض کنیم. طول ضلع مقطع بحرانی برابر خواهد شد با: $h_c = d = 50 + 40 = 90 \text{ cm}$ $A_f = 2.4 \times 2.4 = 5.76 \text{ m}^2$ $V_f = (5.76 - 0.9^2) \times 309.9 = 1534 \text{ KN}$	 $V_p = [A_f - (h_c + d)^2] \cdot q_s$ که در آن A_f مساحت شالوده است.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم) محاسبه نیروی برشی مقاوم نهایی بتن $\beta_c = \frac{\text{طول ضلع بزرگ مقطع ستون}}{\text{طول ضلع کوچک مقطع ستون}}$ $b_o = 4 (h_c + d)$ $V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	۴-۲-۱۷-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۶-۱۲
	$\beta_c = \frac{50}{50} = 1$ $b_o = 4 \times 90 = 360 \text{ cm}$ $V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c2} = (\frac{10 \times 40}{360} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c2} = 2.11 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_c = V_{c3}$ و یا : $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 3.6 \times 0.4 \times 10^3$ $V_c = 1545.57 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$	گام پنجم) محاسبه h_f برای محاسبه h_f باید اندازه قطر میلگرد و ضخامت پوشش بتن را به d_{ave} افزود. $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$ تذکر: برای پی منفرد و تحت اثر بار محوری، در حالتی که پی و ستون روی آن مربع شکل باشند. غالباً نیازی به کنترل برش عادی نیست.	۴-۹-۲-۸
		ب : با استفاده از جداول گام اول) محاسبه بارهای نهایی	
	با توجه به قسمت الف داریم: $P_u = 1785 \text{ KN}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به قسمت الف داریم: $q_s = 309.9 \text{ KN.m}^2$ $\beta_c = 1$ $k_{v4} = \frac{4}{2+4} = 0.67 < 1 \rightarrow k_{v4} = 1$	گام دوم) محاسبه k_{v6} , q_s $k_{v4} = \frac{4}{2+(4/\beta_c)} \geq 1$ چون در این مرحله b_o مشخص نیست و نمی‌توان k_{v5} را محاسبه کرد فرض می‌کنیم: $k_{v6} = k_{v4}$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$k_{v6} = 1$ $k_{v6} \times q_s = 1 \times 309.9 = 309.9 \text{ KN}$	گام سوم) محاسبه نسبت سطح مقطع پی به سطح مقطع ستون $\frac{A_f}{A_c} = \frac{2.4 \times 2.4}{0.5 \times 0.5} = 23.04$	
	برای $k_{v6} q_s = 309.9$ و $\frac{A_f}{A_c} = 23.04$ داریم: $\frac{d}{h_c} = 0.8$	گام چهارم) تعیین نسبت $\frac{d}{h_c}$	۱-۲-۱۷-۱۲
	$d_{ave} = 0.8 \times 50 = 40 \text{ cm}$	گام پنجم) محاسبه d $d = \left(\frac{d}{h_c}\right) \cdot h_c$	
	$b_o = 4 \times 90 = 360 \text{ cm}$ $k_{v5} = \frac{2}{1+10 \times \frac{40}{360}} = 0.947 < K_{v6} \quad \text{O.K.}$	گام ششم) محاسبه k_{v5} $b_o = 4 (h_c + d)$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \cdot \frac{d}{b_o}}$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$h_f = 40 + 2 + 7.5 = 49.5 \text{ cm}$ $h_f = 50 \text{ cm}$ و یا:	گام هفتم) محاسبه h_f $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	۴-۹-۲-۸

مثال ۲ ضخامت شالوده منفرد و مستطیل شکل که دارای ستون با مقطع مستطیل می باشد.

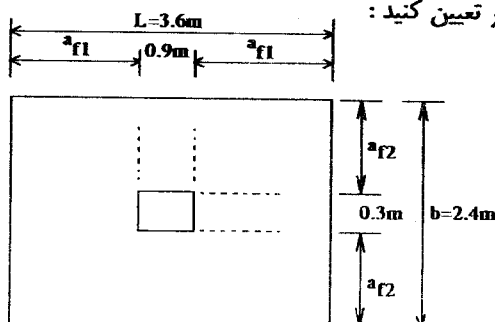
ضخامت لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید :

مشخصات :

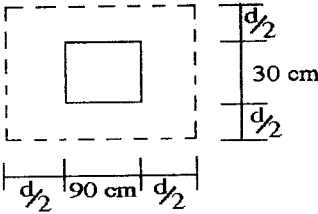
$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

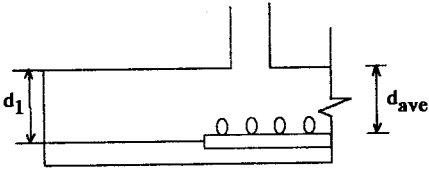
$$P_u = 2800 \text{ KN}$$

$$\alpha_s = 15 \text{ (ستون گوشه)}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه فشار تکیه گاهی خالص q_s $q_s = \frac{P_u}{A_f}$	
	$q'_s = \frac{2800}{3.6 \times 2.4} = 324.1 \text{ KN/m}^2$		
		گام دوم محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یک طرفه شالوده را در هر دو جهت در فاصله d از بر ستون کنترل می نمایم. به عنوان فرض اولیه d را برابر ۵۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	۱-۱-۳-۱۲ ۴-۵-۱۲
	$V_{uA-A} = q_s \cdot b \cdot (a_{f1} - d)$ $V_{cA-A} = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{uB-B} = q_s \cdot L \cdot (a_{f2} - d)$ $V_{cB-B} = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} L \cdot d$		
	$V_{uA-A} = 324.1 \times 2.4 \times (1.35 - 0.55) = 622.3 \text{ KN}$ $V_{cA-A} = 0.12 \sqrt{20} \times 2.4 \times 0.55 \times 10^3$ $V_{cA-A} = 708.4 \text{ KN} > V_{uA-A} \text{ O.K.}$ $V_{uB-B} = 324.1 \times 3.6 \times (1.05 - 0.55) = 583.4 \text{ KN}$ $V_{cB-B} = 0.12 \sqrt{20} \times 3.6 \times 0.55 \times 10^3$ $V_{cB-B} = 1063 \text{ KN} > V_{uB-B} \text{ O.K.}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام سوم) کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده  $b_o = 2(0.90 + 0.30 + 2d)$ $A_o = (0.90 + d) \cdot (0.30 + d)$ $A_f = b \cdot L$ $V_p = (A_f - A_o) \cdot q_s$ $\beta_c = \frac{\text{طول ضلع بزرگ مقطع ستون}}{\text{طول ضلع کوچک مقطع ستون}}$	۴-۲-۱۷-۱۲ ۱-۲-۱۷-۱۲
	$b_o = 2(1.2 + 2 \times 0.55) = 4.6 \text{ m}$ $A_o = 1.45 \times 0.85 = 1.2325 \text{ m}^2$ $A_f = 2.4 \times 3.6 = 8.64 \text{ m}^2$ $V_p = (8.64 - 1.2325) \times 324.1 = 2400.5 \text{ KN}$ $\beta_c = \frac{90}{30} = 3$ $V_{cl} = 1.67 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = \left(\frac{15 \times 55}{460} + 1 \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = 2.79 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = V_{cl}$ و یا: $V_c = 1.67 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 4.6 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 2267.4 \text{ KN} < V_p$ بنابراین ضخامت پی را باید افزایش داد.	معادله ۳۴-۱۲ معادله ۳۵-۱۲ معادله ۳۶-۱۲ $V_{cl} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c2} = \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1 \right) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$ $V_c = \min(V_{cl}, V_{c2}, V_{c3})$	
		گام چهارم) افزایش ضخامت شالوده d را برابر ۶۰ cm فرض می‌کنیم. $b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2d)$	$b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2 \times 0.6) = 4.8 \text{ m}$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$A_o = (0.9+0.6).(0.3+0.6)=1.35 \text{ m}^2$ $V_p = (8.64-1.35) \times 324.1 = 2362.7 \text{ KN}$ $V_{cl} = 1.67 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 4.8 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 2581.1 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$	$A_o = (0.9+d) . (0.3+d)$ $V_p = (A_f - A_o).q_s$ $V_c = V_{cl} = 1.67 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$	
	میلگردهای مصرفی $\Phi 20$ می باشند. $h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ و یا:	گام پنجم) محاسبه h_f $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$ تذکر: با توجه به شکل زیر، اگر در محاسبه ضخامت شالوده برش عادی حاکم باشد، در فرمول فوق برای محاسبه h_f مقدار d_p در $\frac{1}{2}$ ضرب می شود. 	۴-۹-۲-۸
	با توجه به قسمت الف داریم: $q_s^* = 324.1 \text{ KN/m}^2$	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه q_s	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام دوم) محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یک طرفه $a_{f1} = \frac{1}{2}(3.6 - 0.9) = 1.35 \text{ m}$ $a_{f2} = \frac{1}{2}(2.4 - 0.3) = 1.05 \text{ m}$ $a_f = \text{Max}(a_{f1}, a_{f2}) = 1.35 \text{ m}$ برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $q_s = 324.1 \text{ KN/m}^2$ داریم: $k_{v1} = 0.38$ $d = 0.38 \times 1.35 = 0.513 \text{ m}$ و یا: $d = 52 \text{ m}$	گام سوم) محاسبه حداقل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4/\beta_c)} \geq 1$ چون در این مرحله b_0 مشخص نیست و نمی‌توان k_{v5} را محاسبه کرد فرض می‌کنیم: $k_{v6} = k_{v4}$ مقدار h_c را برابر ضلع مربع معادل با مقطع مستطیل شکل ستون در نظر می‌گیریم. این فرض در جهت ضریب اطمینان است. $h_c = \sqrt{A_c}$ $d = (d/h_c) \cdot h_c$	۱-۱-۳-۱۲ ۲-۵-۱۲
	با توجه به قسمت الف داریم: $\beta_c = 1$ $k_{v4} = \frac{4}{2 + 4/3} = 1.2$ $k_{v6} = 1.2$ $k_{v6} \times q_s = 1.2 \times 324.1 = 388.92 \text{ KN}$ $\frac{A_f}{A_c} = \frac{2.4 \times 3.6}{0.3 \times 0.9} = 32$ برای $\frac{A_f}{A_c} = 32$ و k_{v6} و $q_s = 388.92$ داریم: $d/h_c = 1.16$ $h_c = \sqrt{0.3 \times 0.9} = 0.52 \text{ m}$ $d = 1.16 \times 0.52 = 0.6 \text{ m}$	۱-۲-۱۷-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲	۱-۱-۳-۱۲ ۲-۵-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	بنابراین برش سوراخ کننده حاکم می باشد. و یا : $d_{ave} = 60 \text{ m}$		
	$b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2 \times 0.6) = 4.8 \text{ m}$ $k_{vs} = \frac{2}{1 + 15 \times \frac{0.6}{4.8}} = 0.696 < K_{vs} \text{ O.k.}$	گام چهارم) محاسبه K_{vs} $b_o = 2(0.9 + 0.3 + 2d)$ $k_{vs} = \frac{2}{1 + \alpha_s d / b_o} \geq 1$	۴-۲-۱۷-۱۲
	$h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ و یا :	گام پنجم) محاسبه h_f $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	۴-۹-۲-۸

مثال ۳ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده یک طرفه

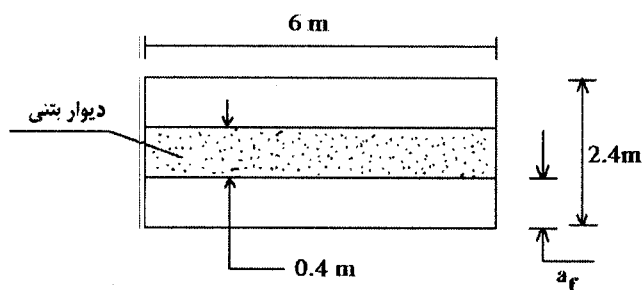
ضخامت پی و میلگردهای لازم را برای شالوده شکل زیر محاسبه کنید.

مشخصات :

$$q_s = 390 \text{ KN/m}^2$$

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$



پلان شالوده

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) تعیین ضخامت تیر برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر ۴۵ سانتیمتر در نظر می گیریم. Vu برای عرض واحد پی و در فاصله d از بر ستون، با استفاده از فرمول زیر بدست می آید:	
	$V_{ud} = 390 (1 - 0.45)$ $V_{ud} = 214.5 \text{ KN}$	$V_{ud} = q_s (a_f - d)$	۴-۵-۱۲
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 1 \times 0.45 \times 10^3$ $V_c = 241.5 \text{ KN} > V_{ud} \quad \text{O.K.}$	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o \cdot d$	۱-۱-۳-۱۲
		گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز ابتدا As برای عرض واحد پی محاسبه می شود.	
	$M_u = 390 \times \frac{(1)^2}{2} = 195 \text{ KN.m}$	$M_u = q_s \frac{a_f^2}{2}$	۱-۳-۴-۱۲
	$R = \frac{195 \times 10^{-3}}{1 \times 0.45^2} = 0.963$	$R = \frac{M_u}{bd^2}$	فصل ۱۱

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.963}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.004$ $A_s = 0.004 \times 100 \times 45 = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_{st} = 18 \times 6 = 108 \text{ cm}^2$	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$ حال کل میلگرد لازم محاسبه می گردد. $A_{st} = A_s \cdot b$	۴-۵-۱۷
	و یا : $N = \frac{108}{4.52} = 23.9$ $N = 24$ و یا : $S = \frac{600 - 2 \times 7.5 - 2.4}{24.1} = 25.3 \text{ cm}$ S = 25 cm < 35 O.K.	گام دوم) انتخاب میلگردها میلگرد مصرفی را $\Phi 24$ فرض می کنیم. $A_{s1} = 4.52 \text{ cm}^2$ تعداد مورد نیاز آرماتورها برابر است با : $N = \frac{A_{st}}{A_{s1}}$ فاصله بین آرماتورها برابر است با : $S = \frac{b - 2 \times (\text{پوشش ضخامت}) - d_b}{N - 1}$ حال طول گیرایی آرماتور $\Phi 24$ در کشش را به دست می آوریم.	۶-۶-۲-۸
	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{20} = 2.91 \text{ MPa}$ $\lambda_1 = 0.8$ $\lambda_2 = 0.85$ $f_b = 0.8 \times 0.85 \times 2.91 = 1.98 \text{ MPa}$	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$ ضریب λ_1 برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۲۰ میلیمتر برابر با ۰/۸ است. ضریب λ_2 در مواردی که پوشش بتن روی میلگردها بیشتر از d_b و فاصله آزاد میلگردها که در یک محل مهار یا وصله می شوند از یکدیگر مساوی یا بیشتر از $2d_b$ باشد برابر با ۰/۸۵ است.	۳-۲-۲-۱۸
	$\ell_{db} = \frac{2.4 \times 300}{4 \times 1.98} = 90 \text{ cm}$	$\ell_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$	۵-۲-۲-۱۸
			۲-۲-۲-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$K_1 = 1$ $K_2 = 1$ $K_3 = 1$ $l_d = 1 \times 1 \times 1 \times 90 = 90 \text{ cm}$	$l_d = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot l_{db}$ طول آرماتور از مقطع بحرانی شالوده به بعد، برابر است با:	۱۸-۲-۲ الف ۱۸-۲-۲ ب ۱۸-۲-۲ پ معادله ۱-۱۸
	$l = 100 - 75 = 92.5 \text{ cm} > l_d \text{ O.K.}$	$l = a_f - \text{پوشش بتن}$	۸-۲-۹-۴
		گام چهارم) محاسبه h_f	
	$h_f = 45 + 1/2 + 2.4 + 7.5 = 53.7 \text{ cm}$ $h_f = 55 \text{ cm}$ و یا:	$h_f = d + 1/2 d_b + 7.5 \text{ cm}$	۸-۲-۹-۴
		گام پنجم) کنترل آرماتور حداقل	
	$\rho = \frac{24 \times 4.52}{600 \times 55}$ $\rho = 0.0033 > 0.002 \text{ O.K.}$	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$	۱۱-۵-۲-۳ ۸-۷-۳-۱
	برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $q_s = 390 \text{ KN/m}^2$ داریم: $K_v1 = 0.42$ $d = (0.42 \times 1 = 0.42 \text{ m})$ $d = 45 \text{ cm}$ و یا:	ب: با استفاده از جداول گام اول) تعیین ضخامت تیر برای برش عادی $d = K_{v1} \cdot a_f$	
		گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز (عرض واحد پی)	
	$F = \frac{100 \times 45^2}{1000} = 202.5$ $K = \frac{195}{202.5} = 0.96$ M_u در قسمت الف محاسبه شده است. برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $K = 0.96$ داریم: $\rho = 0.004$ $A_s = 0.004 \times 100 \times 45 = 18 \text{ cm}^2/\text{m}$	$F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $K = \frac{M_u}{F}$	۱۷-۴-۳ ۱۷-۵-۴
		بقیه گام‌ها شبیه قسمت الف می‌باشند.	

مثال ۴ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده مربع شکل و دو طرفه

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید.

مشخصات :

$$q_s = 390 \text{ KN/m}^2$$

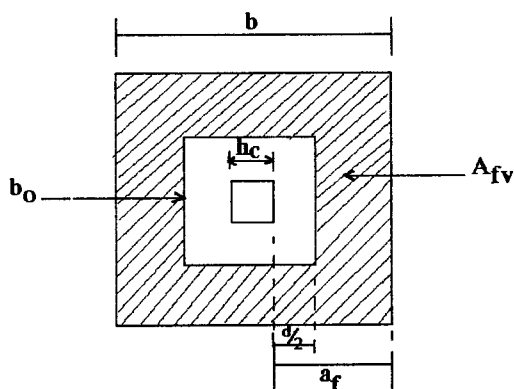
$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{ابعاد شالوده} = 3.5 \times 3.5 \text{ m}^2$$

$$\text{ابعاد ستون} = 65 \times 65 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (ستون میانی)}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول محاسبه a_f $a_f = \frac{1}{2} (\text{طول ضلع ستون} - \text{طول ضلع پی})$	
	$a_f = \frac{1}{2} (350 - 65) = 142.5 \text{ cm}$		
		گام دوم محاسبه ضخامت لازم برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می گیریم. $V_{ud} = q_s b (a_f - d)$	۴-۵-۱۲
	$V_{ud} = 390 \times 3.5 \times (1.425 - 0.6)$ $V_{ud} = 1126.1 \text{ KN}$		
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 3.5 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 1127 \text{ KN} > V_{ud} \text{ O.K.}$ با توجه به برش سوراخ کننده d را برابر ۷۰ سانتیمتر در نظر می گیریم.	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b.d$ از آنجا که برای شالوده منفرد و تحت اثر بار محوری، در حالتیکه شالوده و ستون روی آن مربع شکل باشند، برش سوراخ کننده غالباً بحرانی تر است، ضخامت محاسبه شده در این مرحله را قدری افزایش می دهیم.	۱-۱-۳-۱۲

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۱۲-۱۷-۲-۴	گام سوم) کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده $A_{fu} = A_f - (h_c + d)2$ $V_p = A_{fu} \cdot q_s$ $b_o = 4(h_c + d)$ در ستون مربع شکل β_c برابر یک است.	$A_{fu} = 3.5^2 - (0.65 + 0.7)^2 = 10.4275 \text{ m}^2$ $V_p = 10.4275 \times 390 = 4066.7 \text{ KN}$ $b_o = 4(0.65 + 0.7) = 5.4 \text{ m}$ $\beta_c = 1$	
معادله ۱۲-۳۴	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c1} = 3 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
معادله ۱۲-۳۵	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	$V_{c2} = (\frac{20 \times 70}{540} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_{c2} = 3.59 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$	
معادله ۱۲-۳۶	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = \text{Min}(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o d$ $V_c = V_{c3}$	
		و یا: $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.4 \times 0.7 \times 10^3$ $V_c = 4057.1 \text{ KN} \approx V_p \text{ O.K.}$	
۱۷-۴-۳-۱	گام چهارم) محاسبه فولاد مورد نیاز		
۱۷-۴-۳-الف	$M_u = q_s \cdot \frac{a_f^2}{2}$ (برای عرض واحد پی) $R = \frac{M_u}{bd^2}$	$M_u = 390 \times \frac{1.425^2}{2} = 396 \text{ KN.m}$ $R = \frac{396 \times 10^{-3}}{1 \times 0.7^2} = 0.808 \text{ MPa}$	
فصل ۱۱	$\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$	$\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.808}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0025$	
۱۷-۵-۴	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$ حال کل میلگرد لازم محاسبه می‌گردد. $A_{st} = A_s \cdot b$	$A_s = 0.0025 \times 100 \times 70 = 17.5 \text{ cm}^2/\text{m}$ $A_{st} = 17.5 \times 3.5 = 61.25 \text{ cm}^2$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام پنجم) انتخاب میلگردها میلگرد مصرفی را $\Phi 24$ فرض می کنیم. $A_{sl} = 4.52 \text{ cm}^2$ تعداد مورد نیاز آرماتورها برابر است با : $N = \frac{A_{st}}{A_{sl}}$ فاصله بین آرماتورها برابر است با : $S = \frac{b - 2 \times (\text{پوشش ضخامت}) - d_b}{N - 1}$ ۶-۶-۲-۸	
	$N = \frac{61.25}{4.52} = 13.55$ $N = 14$ و یا : $S = \frac{350 - 2 \times 7.5 - 2.4}{14 - 1} = 25.6 \text{ cm}$ و یا : $S = 25 \text{ cm} < 35 \text{ O.K.}$	حال طول گیرایی آرماتور $\Phi 24$ با توجه مثال ۳ برابر است با : ۴-۹-۲-۸ $\ell_d = 90 \text{ cm}$ طول آرماتور از مقطع بحرانی شالوده به بعد، برابر است با : $\ell_d = 90 \text{ cm}$	
		گام ششم) محاسبه ضخامت شالوده ۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸ $h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	
	$h_f = 70 + 2.4 + 7.5 = 79.9 \text{ cm}$ و یا : $h_f = 80 \text{ cm}$		
	ب : با استفاده از جداول گام اول) محاسبه حداقل ضخامت لازم برای برش عادی یا یکطرفه ۱-۱-۳-۱۲ ۲-۵-۱۲ با توجه به قسمت الف داریم: $a_f = 142.5 \text{ cm}$ برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $q_s = 390 \text{ KN/m}^2$ داریم: $K_{vl} = 0.42$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$d = 0.42 \times 142.5 = 59.85 \text{ cm}$ با توجه به برش سوراخ کننده d را برابر 70 cm در نظر می گیریم.	$d = K_{v1} \cdot a_f$	
	با توجه به قسمت الف داریم: $\beta_c = 1$ $k_{v4} = \frac{4}{2 + 4/\beta_c} = 0.67 < 1$ $K_{v4} = 1$ $b_o = 4 (h_c + d) = 4 (0.65 + 0.7) = 5.4 \text{ m}$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \frac{d}{b_o}} = 0.56 < 1$ $K_{v5} = 1$ $K_{v5} = 1$ $K_{v6} \cdot q_s = 390 \times 1 = 390 \text{ KN/m}^2$ $\frac{A_{f'}}{A_{c'}} = \frac{2.4 \times 3.5}{0.65 \times 0.65} = 29$ برای $\frac{A_{f'}}{A_c} = 29$ و $K_{v6} \times q_s = 388.92$ داریم: $d/h_x = 1.088$ $d = 1.088 \times 65 = 70.7 \approx 70 \text{ cm O.K.}$ $d = 70 \text{ cm}$ بنابراین:	گام دوم) کنترل حداقل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4/\beta_c)} \geq 1$ $b_o = 4 ((h_c + d)$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \frac{d}{b_o}} \geq 1$ $K_{v6} = \text{MAX } (K_{v4}, K_{v5})$ $d = (d/h_c) \cdot h_c$	
	$F = \frac{100 \times 70^2}{1000} = 490$ $K = \frac{396}{490} = 0.81$ $f_c = 20 \text{ MPa}$ در قسمت الف محاسبه شده است. برای $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $K = 0.81$ داریم: $\rho = 0.0025$ $A_s = 0.0025 \times 100 \times 70 = 17.5 \text{ cm}^2/\text{m}$	گام سوم) محاسبه فولاد مورد نیاز (عرض واحد شالوده) $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ $K = \frac{M_u}{F}$	۳-۴-۱۷
	$A_s = \rho \cdot b \cdot d$ بقیه گام‌ها شبیه قسمت الف می باشند.		۴-۵-۱۷

مثال ۵ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده مستطیل شکل و دو طرفه

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر تعیین کنید.

مشخصات :

$$q_s = 260 \text{ KN/m}^2$$

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

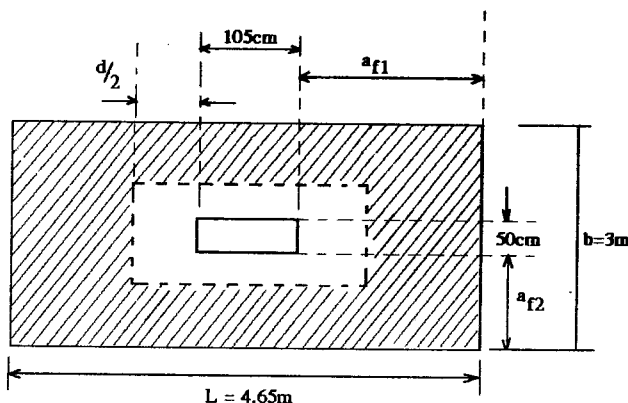
$$a_{f1} = 180 \text{ cm}$$

$$a_{f2} = 125 \text{ cm}$$

$$\text{ابعاد پی} = 4.65 \times 3 \text{ m}^2$$

$$\text{ابعاد ستون} = 105 \times 50 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_s = 20 \quad (\text{ستون میانی})$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف : با استفاده از روش تحلیلی گام اول)	
	$V_{ud1} = q_s b(a_n - d)$ $V_{c1} = 0.12 \times \sqrt{f_c} b.d$ $V_{ud2} = q_s .L(a_{f2} - d)$ $V_{c2} = 0.12 \times \sqrt{f_c} L.d$	محاسبه ضخامت لازم برای برش عادی به عنوان فرض اولیه d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می گیریم.	۴-۵-۱۲
	$V_{ud} = 260 \times 3 \times (1.8 - 0.6) = 936 \text{ KN}$ $V_{c1} = 0.12 \times \sqrt{20} \times 3 \times 0.6 \times 10^3$ $V_{c1} = 966 \text{ KN} > V_{ud1} \text{ OK.}$		۱-۱-۳-۱۲
	$V_{ud2} = 260 \times 4.65 \times (1.25 - 0.6) = 785.85 \text{ KN}$ $V_{c2} = 0.12 \times \sqrt{20} \times 4.65 \times 0.6 \times 10^3$ $V_{c2} = 1497.3 \text{ KN} > V_{ud2} \text{ OK.}$	تذکر: در شالوده های مستطیل شکل غالباً V_{ud1} بحرانی تر است.	۱-۱-۳-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده	۴-۲-۱۷-۱۲
	$b_o = 2 (1.05 + 0.5 + 2 \times 0.6) = 5.5 \text{ m}$ $A_o = (1.05 + 0.6)(0.5 + 0.6) = 1.815 \text{ m}^2$ $A_f = 3 \times 4.65 = 13.95 \text{ m}^2$ $V_p = (13.95 - 1.815) \times 260 = 3155.1 \text{ KN}$	$b_o = 2 (1.05 + 0.5 + 2d)$ $A_o = (1.05 + d) (0.5 + d)$ $A_f = b.L$ $V_p = (A_f - A_o) \cdot q_s$	
	$\beta_c = \frac{105}{50} = 2.1$	$\beta_c = \frac{\text{طول ضلع بزرگ مقطع ستون}}{\text{طول ضلع کوچک مقطع ستون}}$	
	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{2.1}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c1} = 1.95 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$	$V_{c1} = (1 + \frac{2}{\beta_c}) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$	معادله ۳۴-۱۲
	$V_{c2} = (\frac{20 \times 60}{550} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_{c2} = 3.18 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$	$V_{c2} = (\frac{\alpha_s d}{b_o} + 1) 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$	معادله ۳۵-۱۲
	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_c = V_{c1}$	$V_{c3} = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b_o . d$ $V_c = \min(V_{c1}, V_{c2}, V_{c3})$	معادله ۳۶-۱۲
	و یا : $V_c = 1.95 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 5.5 \times 0.6 \times 10^3$ $V_c = 3453.4 \text{ KN} > V_p \text{ O.K.}$		
		گام سوم) محاسبه فولاد مورد نیاز در جهت طولی	۱-۳-۴-۱۷
	$M_u = 260 \times \frac{1.8^2}{2} = 421.2 \text{ KN.m}$ $R = \frac{421.2 \times 10^{-3}}{1 \times 0.6^2} = 1.17 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1.17}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0049$ $A_{st} = 0.0049 \times 300 \times 60 = 88.2 \text{ cm}^2$	$M_u = q_s \cdot \frac{a_n^2}{2}$ (برای عرض واحد شالوده) $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$	۱۷-۴-۲-۳ الف فصل ۱۱
	از ۳۰ Φ ۱۳ به مساحت ۹۱.۹ سانتیمترمربع استفاده می‌کنیم. آرماتورهای فوق بصورت یکنواخت توزیع می‌شوند.	$A_{st} = \rho \cdot b \cdot d$	۱۷-۵-۵ الف

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام چهارم)	
		محاسبه فولاد مورد نیاز در جهت عرضی	۱-۳-۴-۱۷
		$M_u = q_s \cdot \frac{a_f^2}{2} \quad (\text{برای عرض واحد شالوده})$	۱۷-۴-۳-الف
		$R = \frac{M_u}{bd^2}$	فصل ۱۱
		$\rho = \frac{0.85\phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85\phi_c f_c}} \right]$	
		$A_{st} = \rho \cdot L \cdot d$	
	$M_u = 260 \times \frac{1.25^2}{2} = 203.1 \text{ KN.m}$ $R = \frac{203.1 \times 10^{-3}}{1 \times 0.6^2} = 0.564 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 300} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.564}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0023$ $A_{st} = 0.0023 \times 465 \times 60 = 64.17 \text{ cm}^2$ از ۲۱ Φ 20 به مساحت 65.94 سانتیمتر مربع استفاده می کنیم. میلگردهای فوق بصورت یکنواخت توزیع می شوند.		
		گام پنجم)	
		توزیع آرماتورها در جهت عرضی	۱۷-۵-۵-ب
		$\beta = \frac{L}{b}$	
		$\frac{\text{میلگردهای نوار میانی}}{\text{کل میلگردها}} = \frac{2}{1+\beta}$	
		عرض نوار میانی برابر b می باشد.	
		اگر بخواهیم فواصل بین میلگردها ثابت بماند به صورت زیر عمل می کنیم :	
		$A_{sa} = \beta \left(\frac{2}{1+\beta} \right) A_{st}$	
	$\beta_c = \frac{4.65}{3} = 1.55$ $\frac{\text{میلگردهای نوار میانی}}{\text{کل میلگردها}} = \frac{2}{1+1.55} = 0.78$ مقدار فولاد مورد نیاز در نوار میانی برابر است با : $0.78 \times 64.17 = 50 \text{ cm}^2$ از 16Φ20 به مساحت 50.24 سانتیمتر مربع استفاده می کنیم. آرماتورهای فوق در نوار میانی به عرض b=3m پخش می شوند. ۵ عدد آرماتور Φ20 باقی می ماند که باید بطور یکنواخت در دو طرف نوار میانی پخش شود. به این منظور ۳ عدد Φ20 در هر طرف نوار فوق قرار می دهیم و تعداد کل میلگردهای مصرفی برابر ۲۲ می شود. $A_{sa} = 1.55 \times 0.78 \times 64.17 = 77.58 \text{ cm}^2$ USE 25 Φ 20 , A_s = 78.5 cm² میلگردهای فوق بصورت یکنواخت توزیع می شوند.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام ششم) محاسبه h_f $h_f = 60 + 2 + 7.5 = 69.5 \text{ cm}$ $h_f = 70 \text{ cm}$ و یا:	$h_f = d_{ave} + d_b + 7.5 \text{ cm}$	۴-۹-۲-۸
	گام هفتم) کنترل آرماتور حداقل کمترین مقدار فولاد مربوط به حالتی است که در جهت عرضی، آرماتورگذاری بصورت غیریکنواخت انجام شود. $\rho = \frac{22 \times 314}{465 \times 70}$ $\rho = 0.0021 > 0.002 \text{ O.K.}$	$\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$	۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸
شالوده ۱	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه ضخامت لازم برای برش عادی $a_f = \text{MAX} (a_{f1}, a_{f2})$ $d = K_{v1} \cdot a_f$ $a_f = a_{f2} = 1.25 \text{ m}$ برای $f_c = 20 \text{ MPa}$ و $q_s = 260 \text{ KN/m}^2$ داریم: $K_{v1} = 0.33$ $d = 0.33 \times 1.25 = 0.41 \text{ m}$ با توجه به برش سوراخ کننده مقدار d را برابر ۶۰ سانتیمتر در نظر می گیریم: $d = 60 \text{ cm}$ یعنی:	۴-۵-۱۲	۴-۵-۱۲
	گام دوم) با توجه به قسمت الف داریم: $\beta_c = 2.1 \quad b_o = 5.5 \text{ m}$ $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4/2.1)} = 1.02$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + 20 \times \frac{0.6}{5.5}} = 0.63 < 1$	کنترل ضخامت شالوده برای برش سوراخ کننده $k_{v4} = \frac{4}{2 + (4/\beta_c)} \geq 1$ $k_{v5} = \frac{2}{1 + \alpha_s \frac{d}{b_o}} \geq 1$	۴-۲-۱۷-۱۲

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
شالوده ۱-۲	پس : $K_{v5} = 1$ $K_{v6} = K_{v4} = 1.02$ $K_{v6} \cdot q_s = 1.02 \times 260 = 265.2$ $\frac{A_f}{A_c} = \frac{4.65 \times 3}{1.05 \times 0.5} = 26.57$ برای $K_{v6} \times q_s = 265.2$ و $\frac{A_f}{A_c} = 26.57$ داریم: $d/h_c = 0.8$ $h_c = \sqrt{1.05 \times 0.5} = 0.72m$ $d = 0.88 \times 0.72 = 0.58 \text{ cm}$ بنابراین فرض $d = 60 \text{ cm}$ قابل قبول است.	$K_{v6} = \text{MAX} (K_{v4}, K_{v5})$ $h_c = \sqrt{A_c}$ $d = (d/h_c) \cdot h_c$	
خمش ۱-۲	$F = \frac{100 \times 60^2}{1000} = 360$ $K_1 = \frac{4212}{360} = 1.17$ برای $K=1.17$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $\rho_1 = 0.0049$ $A_{s1} = 0.0049 \times 300 \times 60 = 88.2 \text{ cm}^2$	کام سوم) محاسبه فولاد مورد نیاز در جهات طولی و عرضی $F = \frac{b \cdot d^2}{1000}$ (عرض واحد شالوده) برای جهت طولی داریم: $M_{u1} = 421.2 \text{ KN.m}$ $K_1 = \frac{M_{u1}}{F}$	
خمش ۱-۲	$K_2 = \frac{203.1}{360} = 0.56$ برای $K=0.56$ و $f_y = 300 \text{ MPa}$ و $f_c = 20 \text{ MPa}$ داریم: $\rho = 0.0023$ $A_{s2} = 0.0023 \times 46.5 \times 60 = 64.17 \text{ cm}^2$	برای جهت عرضی داریم: $M_{u2} = 203.1 \text{ KN.m}$ $K_2 = \frac{M_{u2}}{F}$ $A_{s1} = \rho \cdot b \cdot d$ $A_{s2} = \rho \cdot L \cdot d$ بقیه گامها شبیه قسمت الف می باشند.	

مثال ۶ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده‌ای که بصورت متقارن بر روی شمع‌ها قرار گرفته است.

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر، که به صورت متقارن بر روی تعدادی شمع قرار گرفته است، تعیین نمایید. روی شالوده ستونی مربع شکل به ابعاد $50 \times 50 \text{ cm}^2$ قرار گرفته است.

مشخصات :

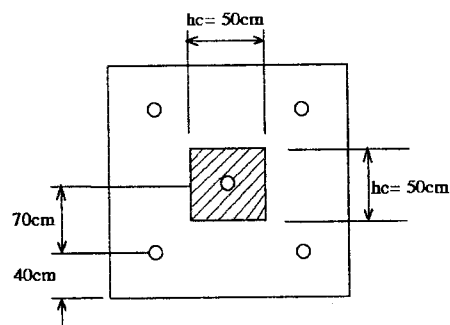
(حالت بهره‌برداری) $P_i = 600 \text{ KN}$ ظرفیت باربری هر شمع

$f_c = 20 \text{ Mpa}$

$f_y = 400 \text{ Mpa}$

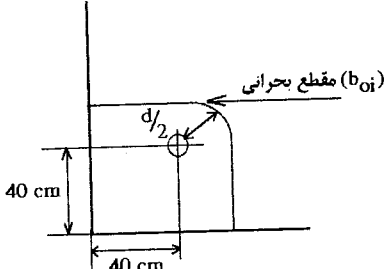
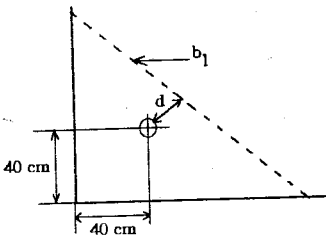
تعداد شمع $N = 5$

قطر شمع $d_p = 25 \text{ cm}$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		گام اول) تعیین مقدار d به عنوان فرض اولیه d را برابر ۷۰ سانتیمتر در نظر می‌گیریم. ضریب بار نهائی را برابر معدل ضرایب بار مرده و زنده فرض می‌کنیم. حال می‌توان بار نهائی ستون را از فرمول زیر بدست آورد : $P_u = N \cdot \lambda_f \cdot P_i$ $b_o = 4 (h_c + d)$ $V_p = (P_u - \lambda_f \times 1 \times P_i) / b_o d$ در رابطه فوق ضریب یک بخاطر وجود یک شمع در ناحیه مورد نظر است. همانطور که در مثالهای قبل دیدیم در ستونهای مربع شکل V_c مربوط به فرمول زیر حاکم می‌باشد.	۴-۵-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲ ۲-۴-۴-۱۷ ۶-۳-۱۷
	$\gamma_f = \frac{1}{2} (1.25 + 1.5) = 1.375 \text{ cm}$ $P_u = 5 \times 1.375 \times 600 = 4125 \text{ KN}$ $b_o = 4 (0.5 + 0.7) = 4.8 \text{ m}$ $V_p = (412.5 - 1.375 \times 1 \times 600) / (4.8 \times 0.7)$ $V_p = 982.1 \text{ KN/m}^2$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 1073 \text{ KN/m}^3 > V_p \quad \text{O.K.}$	$V_c = 2 \times 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b.d$ تذکر: برای کنترل برش عادی، پی را باید در فاصله d از بر ستون کنترل نمود. اما در این مسئله هیچ شمعی در فاصله دورتر از d، از بر ستون قرار ندارد و در واقع مقدار برش در مقطع مورد نظر صفر است.	۴-۲-۱۷-۱۲ ۴-۵-۱۲
	$M_u = 2 \times 1.375 \times 600 \times (0.7 - \frac{0.5}{2})$ $M_u = 742.5 \text{ KN.m}$ $R = \frac{742.5 \times 10^{-3}}{2.2 \times 0.7^2} = 0.689 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.689}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.0021$ $A_s = 0.0021 \times 220 \times 70 = 32.34 \text{ cm}^2$ USE 12Φ20 EACH WAY, $A_s = 37.7 \text{ cm}^2$ تذکر: به خاطر اینکه فقط یک ردیف شمع در اطراف ستون وجود دارد. بهتر است برای اطمینان از مهار کافی در انتهای میلگرد از خم ۱۸۰ درجه استفاده شود.	گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز ابتدا M_u در بر ستون محاسبه می شود. $M_u = 2 \times \gamma_f \times P_i \times \frac{h_c}{2}$ ضریب دو بخاطر وجود دو شمع در مقطع مورد نظر می باشد. $R = \frac{M_u}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ $A_s = \rho \cdot b \cdot d$	۱-۳-۴-۱۷ الف ۲-۳-۴-۱۷ فصل ۱۱ ۵-۵-۱۷
		گام سوم) محاسبه h_f ۷/۵ سانتیمتر برای پوشش و ۱۰ سانتیمتر برای جا دادن شمع در داخل بتن در نظر می گیریم.	۴-۹-۲-۸

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به اینکه عمق موثر d را از مرکز آرماتورهای شبکه فوقانی در نظر گرفته‌ایم داریم: $h_f = d + \frac{d_b}{2} + d_b + 7.5\text{cm} + 10\text{cm}$ $h_f = 70 + \frac{2}{2} + 2 + 7.5 + 10 = 90.5$ و یا: $h_f = 90\text{ cm}$		
	گام چهارم) کنترل آرماتور حداقل $\rho = \frac{A_s}{b \cdot h_f}$ $\rho = \frac{37.7}{220 \times 90} = 0.0019 > 0.0018 \text{ O.K.}$	۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸	
	گام پنجم) کنترل برش سوراخ کننده در اطراف شمع‌ها $P_{ui} = \gamma_f \cdot P_i$ $P_{ui} = 1.375 \times 600 = 825 \text{ KN}$  $b_{oi} = 2 \times 40 + \frac{2\pi(\frac{d}{2} + \frac{d_p}{2})}{4}$ $b_{oi} = 2 \times 40 + \frac{2\pi(\frac{70}{2} + \frac{2.5}{2})}{4} = 154.6 \text{ cm}$ $V_{pi} = \frac{P_{ui}}{b_{oi} d}$ $V_{pi} = \frac{825}{1.546 \times 0.9} = 762 \text{ KN/m}^2$ $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 1073 \text{ KN/m}^2 > V_{pi}$	۱-۲-۱۷-۱۲ ۴-۲-۱۷-۱۲	
	گام ششم) کنترل برش عادی برای شمعهای گوشه  $b_1 = 2(40 \times \sqrt{2} + \frac{d_p}{2} + d)$ $b_1 = 2(40 \times \sqrt{2} + \frac{2.5}{2} + 70) = 278.1 \text{ cm}$ $v_i = \frac{P_{ui}}{b_1 \cdot d}$ $v_i = \frac{825}{2.871 \times 0.7} = 423.8 \text{ KN/m}^2$ $V_c = 0.2 \times 0.6 \sqrt{20} \times 10^3$ $v_c = 536.7 \text{ KN/m}^2 > v_i \text{ O.K.}$	۱-۱-۳-۱۲ ۴-۵-۱۲ معادله ۱۲-۴	

مثال ۷ ضخامت و آرماتورگذاری شالوده قرار گرفته بر روی شمع‌های متقارن

ضخامت و مقدار آرماتورهای لازم را برای شالوده شکل زیر، که به صورت متقارن بر روی تعدادی شمع قرار گرفته است، تعیین نمایید. روی شالوده ستونی مستطیل شکل به ابعاد $۵۰ \times ۸۰ \text{ cm}^2$ قرار گرفته است.

مشخصات :

(حالت بهره‌برداری) $P_i = 450 \text{ KN}$ ظرفیت باربری هر شمع

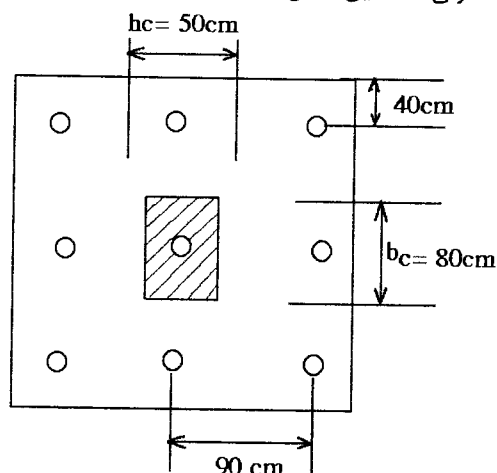
$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$N = 9 \text{ تعداد شمع}$$

$$d_p = 25 \text{ cm قطر شمع}$$

$$\alpha_s = 20 \text{ (ستون میانی)}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		گام اول) تعیین مقدار d	
		به عنوان فرض اولیه d را برابر ۸۵ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.	۴-۵-۱۲
		ضریب بار نهائی را برابر معدل ضرایب بار مرده و زنده فرض می‌کنیم.	۴-۲-۱۷-۱۲
		حال می‌توان بار نهائی ستون را از فرمول زیر بدست آورد :	۲-۴-۴-۱۷
		$P_u = N \cdot \gamma_f \cdot P_i$	۶-۳-۱۷
		$b_o = 4 (h_c + d)$	
		$V_p = (P_u - \gamma_f \times 1 \times P_i) / b_o d$	
	$\gamma_f = \frac{1}{2} (1.25 + 1.5) = 1.375 \text{ cm}$ $P_u = 9 \times 1.375 \times 450 = 5568.75 \text{ KN}$ $P_u = 5569 \text{ KN}$ $b_o = 2 (0.5 + 0.8 + 2 \times 0.85) = 6 \text{ m}$ $V_p = (5569 - 1.375 \times 1 \times 450) / (6 \times 0.85)$ $V_p = 970.6 \text{ KN/m}^2$		

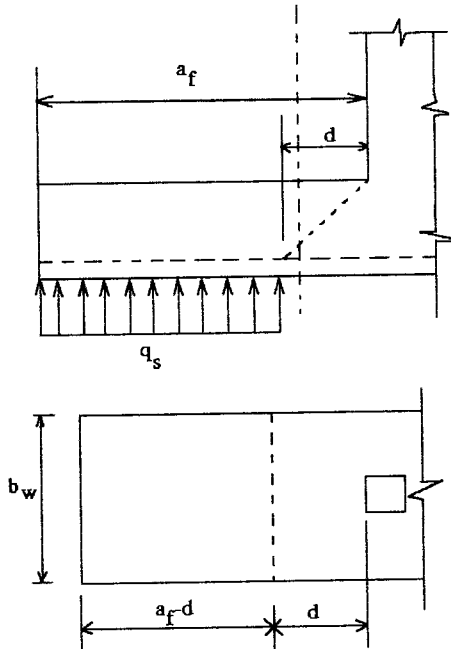
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	در رابطه فوق ضریب یک بخاطر وجود یک شمع در ناحیه مورد نظر است. $\beta_c = \frac{b_c}{h_c}$ $\beta_c = \frac{80}{50} = 1.6 < 2$ چون β_c کمتر از ۲ می‌باشد معادله (۱۲-۳۴) حاکم نیست. $\frac{\alpha_s d}{b_o} = \frac{20 \times 85}{600} = 2.83 > 1$ چون $\frac{\alpha_s d}{b_o}$ بزرگتر از ۱ می‌باشد، معادله (۱۲-۳۵) حاکم نیست. $V_c = 2 \times 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{20} \times 10^3$ $V_c = 1073.3 \text{ KN.m} > v_p \text{ O.K.}$	تذکر: برای کنترل برش عادی، پی را باید در فاصله d از برستون کنترل نمود. اما در این مسئله هیچ شمی در فاصله دورتر از d از برستون قرار ندارد و در واقع مقدار برش در مقطع مورد نظر صفر است.	معادله ۱۲-۳۶ ۱۲-۵-۴
	گام دوم) محاسبه فولاد مورد نیاز ابتدا M_{u1} در برستون محاسبه می‌شود. $M_{u1} = 3 \times \gamma_f \times P_i \times (0.9 - \frac{h_c}{2})$ $R = \frac{M_{u1}}{bd^2}$ $\rho = \frac{0.85 \phi_c f_c}{\phi_s f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R}{0.85 \phi_c f_c}} \right]$ مقدار M_{u2} (در جهت b_c) کمتر از M_{u1} خواهد شد. بنابراین نیازی به محاسبه آن نیست.	۱۷-۴-۳-۱ ۱۷-۴-۳-الف فصل ۱۱ $M_{u1} = 3 \times 1.375 \times 450 \times (0.9 - \frac{0.5}{2})$ $M_{u1} = 1206.6 \text{ KN.m}$ $R = \frac{1206.6 \times 10^{-3}}{2.6 \times 0.85} = 0.546 \text{ MPa}$ $\rho = \frac{0.85 \times 0.6 \times 20}{0.85 \times 400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0.546}{0.85 \times 0.6 \times 20}} \right]$ $\rho = 0.00165$ بخاطر کم شدن ρ_1، بعد از محاسبه h_f مقدار فولاد حداقل را حساب کرده و در شالوده قرار می‌دهیم.	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	از میلگردهای $\Phi 20$ استفاده می کنیم. $h_f = 85 + \frac{2}{2} + 2 + 7.5 + 10 = 105.5$ $h_f = 105 \text{ cm}$ و یا :	گام سوم) محاسبه h_f ۷/۵ سانتیمتر برای پوشش و ۱۰ سانتیمتر برای جا دادن شمع در داخل بتن در نظر می گیریم. با توجه به اینکه عمق موثر d را از مرکز آرماتورهای شبکه فوقانی در نظر گرفته ایم داریم: $h_f = d + \frac{d_b}{2} + d_b + 7.5 \text{ cm} + 10 \text{ cm}$	
	$A_{smin} = 0.0018 \times 260 \times 105 = 49.14 \text{ cm}^2$ USE 16 $\Phi 20$ EACH WAY , $A_s = 50.24 \text{ cm}^2$	گام چهارم) کنترل آرماتور حداقل $A_{smin} = \rho_{min} . b . h_f$	۳-۲-۵-۱۱ ۱-۳-۷-۸
	در مقایسه با مثال ۶ می بینیم که هم ظرفیت باربری شمع ها کاسته شده و هم ضخامت پی افزایش یافته است و در عین حال قطر شمع تغییری نکرده است. بنابراین برش عادی و سوراخ کننده مربوط به شمع های گوشه مشکلی ایجاد نخواهند کرد.	گام پنجم) کنترل برش عادی و سوراخ کننده برای شمع های گوشه. زمانی این موارد حاکم می باشند که شمع ها کوچک بوده و ضخامت پی کم باشد.	

شالوده ۱) ضریب K_{v1} برای محاسبه عمق موثر مورد نیاز d در بر عادی یا یک طرفه
مراجع بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۲-۲ و ۱۲-۳ و ۱۲-۵ و ۱۷-۴-۴ از آیین‌نامه بتن ایران

$$d = k_{v1} a_f$$

$$k_{v1} = \frac{q_s \times 10^{-3}}{0.2 \phi_c \sqrt{f_c} + q_s \times 10^{-3}}$$



$q_s, \text{KN/m}^2$	K_{v1}		
	f_c, MPa		
	۲۰	۲۵	۳۰
۸۰	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۱۱
۱۰۰	۰/۱۶	۰/۱۴	۰/۱۳
۱۲۰	۰/۱۸	۰/۱۷	۰/۱۵
۱۴۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۸
۱۶۰	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۲۰
۱۸۰	۰/۲۵	۰/۲۳	۰/۲۱
۲۰۰	۰/۲۷	۰/۲۵	۰/۲۳
۲۲۰	۰/۲۹	۰/۲۷	۰/۲۵
۲۴۰	۰/۳۱	۰/۲۹	۰/۲۷
۲۶۰	۰/۳۳	۰/۳۰	۰/۲۸
۲۸۰	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۳۰
۳۰۰	۰/۳۶	۰/۳۳	۰/۳۱
۳۲۰	۰/۳۷	۰/۳۵	۰/۳۳
۳۴۰	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۳۴
۳۶۰	۰/۴۰	۰/۳۸	۰/۳۵
۳۸۰	۰/۴۱	۰/۳۹	۰/۳۷
۴۰۰	۰/۴۳	۰/۴۰	۰/۳۸
۴۲۰	۰/۴۴	۰/۴۱	۰/۳۹
۴۴۰	۰/۴۵	۰/۴۲	۰/۴۰
۴۶۰	۰/۴۶	۰/۴۳	۰/۴۱
۴۸۰	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۲
۵۰۰	۰/۴۸	۰/۴۵	۰/۴۳
۵۲۰	۰/۴۹	۰/۴۶	۰/۴۴
۵۴۰	۰/۵۰	۰/۴۷	۰/۴۵
۵۶۰	۰/۵۱	۰/۴۸	۰/۴۶
۵۸۰	۰/۵۲	۰/۴۹	۰/۴۷
۶۰۰	۰/۵۳	۰/۵۰	۰/۴۸
۶۲۰	۰/۵۴	۰/۵۱	۰/۴۹
۶۴۰	۰/۵۴	۰/۵۲	۰/۴۹
۶۶۰	۰/۵۵	۰/۵۲	۰/۵۰
۶۸۰	۰/۵۶	۰/۵۳	۰/۵۱
۷۲۰	۰/۵۷	۰/۵۴	۰/۵۲

شالوده ۱-۲) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 20\text{MPa}$

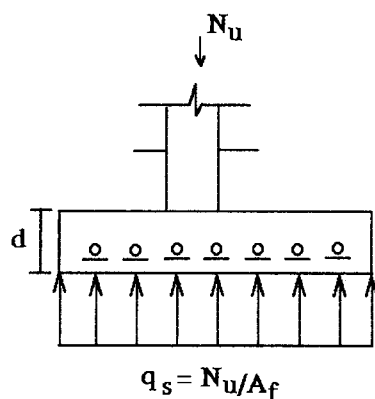
مراجع بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱۲-۲ و ۱۲-۳ و ۱۲-۵ و ۱۲-۱۸ و ۱۷-۴-۴ از آیین نامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2 \right] + 1 + 2\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s}\right)} \geq 1, \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX}(k_{v4}, k_{v5})$$

β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر $K_{v6} q_s$ و $\frac{A_f}{A_c}$ را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار $K_{v6} q_s$ را در جدول بیابید. و

به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ مورد نظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d}{h_c}$ را بخوانید.

K _{و/ق} و KN/m ²	d/h _c															۲/۰	
	(نسبت مساحت شالوده به ستون) A _f /A _c																
	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹		
۸۰	۴۲/۵	۵۴/۱	۶۶/۸	۸۰/۵	۹۵/۴	۱۱۱/۳	۱۲۸/۴	۱۴۶/۵	۱۶۵/۸	۱۸۶/۱	۲۰۷/۵	۲۳۰/۰	۲۵۲/۶	۲۷۸/۳	۳۰۴/۱	۳۳۱/۰	
۱۰۰	۳۴/۴	۴۳/۸	۵۴/۰	۶۵/۱	۷۷/۳	۸۹/۹	۱۰۳/۶	۱۱۸/۲	۱۳۳/۷	۱۵۰/۰	۱۶۷/۲	۱۸۵/۴	۲۰۴/۴	۲۲۴/۲	۲۴۵/۰	۲۶۶/۶	
۱۲۰	۳۹/۱	۳۶/۹	۴۵/۵	۵۴/۸	۶۴/۸	۷۵/۶	۸۷/۱	۹۹/۳	۱۱۲/۳	۱۲۶/۰	۱۴۴/۲	۱۵۵/۶	۱۷۱/۵	۱۸۸/۲	۲۰۵/۵	۲۲۲/۷	
۱۴۰	۲۵/۲	۳۲/۳	۳۹/۴	۴۷/۴	۵۶/۰	۶۵/۳	۷۵/۲	۸۵/۸	۹۷/۰	۱۰۸/۸	۱۲۱/۲	۱۳۴/۳	۱۴۸/۰	۱۶۲/۴	۱۷۷/۴	۱۹۳/۰	
۱۶۰	۲۲/۴	۲۸/۳	۳۴/۸	۴۱/۹	۴۹/۵	۵۷/۷	۶۶/۴	۷۵/۷	۸۵/۵	۹۵/۹	۱۰۶/۹	۱۱۸/۴	۱۳۰/۵	۱۴۳/۱	۱۵۶/۳	۱۷۰/۰	
۱۸۰	۲۰/۱	۲۵/۵	۳۱/۳	۳۷/۶	۴۴/۵	۵۱/۷	۵۹/۵	۶۷/۸	۷۶/۶	۸۵/۹	۹۵/۷	۱۰۶/۰	۱۱۶/۸	۱۲۸/۱	۱۳۹/۸	۱۵۲/۱	
۲۰۰	۱۸/۳	۲۳/۲	۲۸/۴	۳۴/۲	۴۰/۳	۴۶/۹	۵۴/۰	۶۱/۵	۶۹/۵	۷۷/۹	۸۶/۷	۹۶/۱	۱۰۵/۸	۱۱۶/۰	۱۲۶/۷	۱۳۷/۱	
۲۲۰	۱۶/۹	۲۱/۳	۲۶/۱	۳۱/۳	۳۷/۰	۴۳/۰	۴۹/۵	۵۶/۴	۶۴/۶	۷۱/۳	۷۹/۴	۸۷/۹	۹۶/۹	۱۰۶/۲	۱۱۵/۹	۱۲۶/۱	
۲۴۰	۱۵/۷	۱۹/۷	۲۴/۲	۲۹/۰	۳۴/۲	۳۹/۸	۴۵/۷	۵۲/۱	۵۸/۸	۶۵/۹	۷۳/۰	۸۱/۲	۸۹/۴	۹۸/۰	۱۰۷/۰	۱۱۶/۳	
۲۶۰	۱۴/۶	۱۸/۴	۲۲/۵	۲۷/۰	۳۱/۸	۳۶/۷	۴۲/۶	۴۸/۲	۵۴/۷	۶۱/۲	۶۸/۲	۷۵/۵	۸۳/۱	۹۱/۱	۹۹/۴	۱۰۸/۱	
۲۸۰	۱۳/۷	۱۷/۳	۲۱/۱	۲۵/۳	۲۹/۸	۳۴/۶	۳۹/۸	۴۵/۲	۵۱/۱	۵۷/۳	۶۳/۷	۷۰/۵	۷۷/۷	۸۵/۱	۹۲/۹	۱۰۱/۰	
۳۰۰	۱۳/۰	۱۶/۳	۱۹/۹	۲۳/۸	۲۸/۱	۳۳/۶	۳۷/۵	۴۲/۶	۴۸/۱	۵۴/۸	۵۹/۹	۶۶/۲	۷۳/۰	۸۰/۰	۸۷/۲	۹۴/۹	
۳۲۰	۱۲/۳	۱۵/۴	۱۸/۹	۲۲/۶	۲۶/۶	۳۰/۸	۳۵/۴	۴۰/۳	۴۵/۴	۵۰/۸	۵۶/۶	۶۲/۶	۶۸/۲	۷۵/۵	۸۱/۳	۸۹/۵	
۳۴۰	۱۱/۷	۱۴/۷	۱۷/۹	۲۱/۴	۲۵/۲	۲۹/۲	۳۳/۶	۳۸/۲	۴۳/۰	۴۸/۲	۵۳/۶	۵۹/۳	۶۵/۲	۷۱/۵	۷۸/۰	۸۴/۸	
۳۶۰	۱۱/۲	۱۴/۰	۱۷/۱	۲۰/۴	۲۴/۰	۲۷/۹	۳۲/۰	۳۶/۳	۴۰/۹	۴۵/۵	۵۱/۰	۵۶/۴	۶۱/۰	۶۷/۹	۷۴/۱	۸۰/۶	
۳۸۰	۱۰/۷	۱۳/۴	۱۶/۳	۱۹/۵	۲۲/۹	۲۶/۶	۳۰/۵	۳۴/۷	۳۹/۱	۴۳/۷	۴۸/۶	۵۳/۸	۵۸/۱	۶۴/۸	۷۰/۷	۷۶/۱	
۴۰۰	۱۰/۳	۱۳/۹	۱۵/۷	۱۸/۷	۲۲/۰	۲۵/۵	۲۹/۲	۳۳/۲	۳۷/۴	۴۱/۸	۴۶/۵	۵۱/۴	۵۶/۶	۶۱/۹	۶۷/۵	۷۳/۴	
۴۲۰	۹/۹	۱۳/۴	۱۵/۱	۱۷/۳	۲۱/۱	۲۴/۴	۲۸/۰	۳۱/۸	۳۵/۹	۴۰/۱	۴۴/۶	۴۹/۳	۵۴/۲	۵۹/۴	۶۴/۷	۷۰/۳	
۴۴۰	۹/۶	۱۱/۹	۱۴/۵	۱۷/۳	۲۰/۳	۲۳/۵	۲۶/۹	۳۰/۶	۳۴/۵	۳۸/۵	۴۳/۶	۴۷/۴	۵۲/۱	۵۷/۰	۶۲/۲	۶۷/۵	
۴۶۰	۹/۲	۱۱/۵	۱۴/۰	۱۶/۷	۱۹/۶	۲۲/۷	۲۶/۰	۲۹/۵	۳۳/۲	۳۷/۱	۴۱/۲	۴۵/۶	۵۰/۱	۵۴/۹	۵۹/۸	۶۵/۰	
۴۸۰	۹/۰	۱۱/۱	۱۳/۵	۱۶/۱	۱۸/۹	۲۱/۹	۲۵/۱	۲۸/۵	۳۲/۰	۳۵/۸	۳۹/۸	۴۴/۰	۴۸/۳	۵۲/۹	۵۷/۷	۶۲/۷	
۵۰۰	۸/۷	۱۰/۸	۱۳/۱	۱۵/۶	۱۸/۳	۲۱/۲	۲۴/۲	۲۷/۵	۳۱/۰	۳۴/۶	۳۸/۴	۴۲/۵	۴۶/۷	۵۱/۱	۵۵/۷	۶۰/۵	
۵۲۰	۸/۴	۱۰/۵	۱۲/۷	۱۵/۱	۱۷/۷	۲۰/۵	۲۳/۵	۲۶/۶	۳۰/۰	۳۳/۵	۳۷/۲	۴۱/۱	۴۵/۲	۴۹/۵	۵۳/۹	۵۸/۵	
۵۴۰	۸/۲	۱۰/۲	۱۲/۴	۱۴/۷	۱۷/۲	۱۹/۹	۲۲/۸	۲۵/۸	۲۹/۱	۳۳/۵	۳۶/۱	۳۹/۸	۴۳/۸	۴۷/۹	۵۲/۲	۵۶/۷	
۵۶۰	۸/۰	۹/۹	۱۲/۰	۱۴/۳	۱۶/۷	۱۹/۳	۲۲/۱	۲۵/۱	۲۸/۲	۳۱/۵	۳۵/۰	۳۸/۷	۴۲/۵	۴۶/۵	۵۰/۷	۵۵/۰	
۵۸۰	۷/۸	۹/۷	۱۱/۷	۱۳/۹	۱۶/۳	۱۸/۸	۲۱/۵	۲۴/۴	۲۷/۴	۳۰/۶	۳۳/۰	۳۷/۶	۴۱/۳	۴۵/۱	۴۹/۲	۵۳/۴	
۶۰۰	۷/۶	۹/۴	۱۱/۴	۱۳/۵	۱۵/۸	۱۸/۳	۲۰/۹	۲۳/۷	۲۶/۷	۲۹/۸	۳۳/۱	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۳/۹	۴۷/۸	۵۱/۹	
۶۲۰	۷/۴	۹/۲	۱۱/۱	۱۳/۲	۱۵/۵	۱۷/۸	۲۰/۴	۲۳/۱	۲۶/۰	۲۹/۰	۳۳/۲	۳۵/۶	۳۹/۱	۴۲/۷	۴۶/۶	۵۰/۵	
۶۴۰	۷/۳	۹/۰	۱۰/۹	۱۲/۹	۱۵/۱	۱۷/۴	۱۹/۹	۲۲/۵	۲۵/۰	۲۸/۳	۳۱/۴	۳۴/۷	۳۸/۱	۴۱/۶	۴۵/۴	۴۹/۲	
۶۶۰	۷/۱	۸/۸	۱۰/۶	۱۲/۶	۱۴/۷	۱۷/۰	۱۹/۴	۲۲/۸	۲۴/۷	۲۷/۶	۳۰/۶	۳۳/۸	۳۷/۱	۴۰/۶	۴۴/۳	۴۸/۰	
۶۸۰	۷/۰	۸/۶	۱۰/۴	۱۲/۳	۱۴/۴	۱۶/۶	۱۹/۰	۲۱/۵	۲۴/۲	۲۷/۰	۳۰/۹	۳۳/۰	۳۶/۳	۳۹/۷	۴۳/۲	۴۶/۹	
۷۰۰	۶/۸	۸/۴	۱۰/۲	۱۲/۱	۱۴/۱	۱۶/۳	۱۸/۶	۲۱/۰	۲۴/۶	۲۶/۴	۲۹/۲	۳۲/۳	۳۵/۴	۳۸/۸	۴۲/۲	۴۵/۸	

شالوده ۲-۲) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 25\text{MPa}$

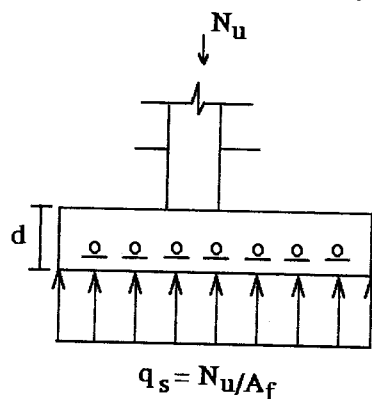
مراجع بندهای ۱۰-۲-۲ و ۱-۱۲ و ۳-۱۲ و ۸-۱۲ و ۱۸-۱۲ و ۴-۴-۱۷ از آیین نامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2 \right] + 1 + 2\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s}\right)} \geq 1, \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_o}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX}(k_{v4}, k_{v5})$$

β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر q_s و K_{v6} را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار q_s و K_{v6} را در جدول بیابید. و

به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ مورد نظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d}{h_c}$ را بخوانید.

K_{ϕ}/q_s و KN/m^2	d/h_c															
	(نسبت مساحت شالوده به ستون) A_f/A_c															
	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۲/۰
۸۰	۴۷/۳	۶۰/۲	۷۴/۳	۸۹/۶	۱۰۶/۲	۱۳۴/۰	۱۶۳/۲	۱۸۴/۷	۲۰۷/۴	۲۳۱/۳	۲۵۶/۴	۲۷۷/۷	۳۱۰/۲	۳۳۹/۰	۳۶۹/۰	۳۹۹/۰
۱۰۰	۳۸/۳	۴۸/۰	۶۰/۰	۷۲/۴	۸۵/۷	۱۰۰/۰	۱۱۵/۳	۱۳۱/۶	۱۴۸/۸	۱۶۶/۳	۱۸۶/۳	۲۰۶/۴	۲۲۷/۶	۲۴۹/۸	۲۷۱/۹	۲۹۷/۰
۱۲۰	۳۳/۳	۴۱/۰	۵۰/۵	۶۰/۸	۷۲/۰	۸۴/۰	۹۶/۸	۱۱۰/۴	۱۲۴/۹	۱۴۰/۲	۱۵۶/۳	۱۷۳/۲	۱۹۰/۹	۲۰۹/۴	۲۲۸/۸	۲۴۹/۰
۱۴۰	۲۸/۰	۳۵/۵	۴۴/۷	۵۲/۶	۶۲/۲	۷۲/۰	۸۳/۶	۹۵/۴	۱۰۷/۸	۱۲۱/۰	۱۳۴/۸	۱۴۹/۴	۱۶۴/۷	۱۸۰/۶	۱۹۷/۳	۲۱۴/۷
۱۶۰	۲۴/۸	۳۱/۴	۳۸/۶	۴۶/۴	۵۴/۹	۶۴/۰	۷۳/۷	۸۴/۰	۹۵/۰	۱۰۶/۶	۱۱۸/۸	۱۳۱/۶	۱۴۵/۰	۱۵۹/۰	۱۷۳/۷	۱۸۹/۰
۱۸۰	۲۲/۳	۲۸/۱	۳۴/۶	۴۱/۶	۴۹/۲	۵۷/۳	۶۶/۰	۷۵/۲	۸۴/۰	۹۵/۴	۱۰۶/۳	۱۱۷/۷	۱۲۹/۷	۱۴۲/۲	۱۵۵/۳	۱۶۹/۰
۲۰۰	۲۰/۳	۲۵/۶	۳۱/۵	۳۷/۸	۴۴/۷	۵۲/۰	۵۹/۹	۶۲/۴	۷۲/۱	۸۴/۴	۹۶/۳	۱۰۶/۶	۱۱۷/۵	۱۲۸/۸	۱۴۰/۷	۱۵۲/۰
۲۲۰	۱۸/۶	۲۳/۵	۲۸/۹	۳۴/۷	۴۰/۹	۴۷/۶	۵۴/۸	۶۲/۴	۷۰/۵	۷۹/۱	۸۸/۱	۹۷/۵	۱۰۷/۴	۱۱۷/۸	۱۲۸/۶	۱۳۹/۹
۲۴۰	۱۷/۳	۲۱/۸	۲۶/۷	۳۲/۰	۳۷/۸	۴۴/۰	۵۰/۶	۵۷/۶	۶۵/۱	۷۳/۰	۸۱/۳	۹۰/۰	۹۹/۱	۱۰۸/۶	۱۱۸/۶	۱۲۹/۰
۲۶۰	۱۶/۱	۲۰/۳	۲۴/۹	۳۰/۴	۳۵/۲	۴۱/۱	۴۷/۱	۵۳/۶	۶۰/۵	۶۷/۸	۷۵/۵	۸۳/۶	۹۲/۰	۱۰۰/۹	۱۱۰/۱	۱۱۹/۸
۲۸۰	۱۵/۱	۱۹/۰	۲۳/۳	۲۸/۹	۳۲/۹	۳۸/۳	۴۴/۰	۵۰/۱	۵۶/۵	۶۳/۴	۷۰/۵	۷۸/۱	۸۶/۰	۹۴/۲	۱۰۲/۹	۱۱۱/۹
۳۰۰	۱۴/۶	۱۷/۹	۲۱/۹	۲۶/۳	۳۱/۰	۳۶/۰	۴۱/۴	۴۷/۱	۵۳/۱	۵۹/۵	۶۶/۳	۷۳/۳	۸۰/۷	۸۸/۵	۹۶/۶	۱۰۵/۰
۳۲۰	۱۳/۵	۱۷/۰	۲۰/۷	۲۴/۸	۲۹/۳	۳۴/۰	۳۹/۱	۴۴/۴	۵۰/۱	۵۶/۲	۶۲/۵	۶۹/۲	۷۶/۱	۸۴/۳	۹۱/۱	۹۹/۰
۳۴۰	۱۲/۸	۱۶/۱	۱۹/۷	۲۳/۶	۲۷/۸	۳۲/۲	۳۷/۰	۴۲/۱	۴۷/۵	۵۳/۲	۵۹/۲	۶۵/۵	۷۲/۱	۷۹/۰	۸۶/۲	۹۳/۷
۳۶۰	۱۲/۳	۱۵/۴	۱۸/۸	۲۲/۴	۲۶/۴	۳۰/۷	۳۵/۲	۴۰/۰	۴۵/۲	۵۰/۶	۵۶/۴	۶۲/۲	۶۸/۵	۷۵/۰	۸۱/۹	۸۹/۰
۳۸۰	۱۱/۷	۱۴/۷	۱۷/۹	۲۱/۴	۲۵/۲	۲۹/۳	۳۳/۶	۳۸/۲	۴۳/۱	۴۸/۲	۵۳/۶	۵۹/۳	۶۵/۳	۷۱/۵	۷۸/۰	۸۴/۸
۴۰۰	۱۱/۳	۱۴/۱	۱۷/۲	۲۰/۵	۲۴/۱	۲۸/۰	۳۳/۱	۳۶/۵	۴۱/۲	۴۶/۱	۵۱/۳	۵۶/۷	۶۲/۴	۶۸/۳	۷۴/۵	۸۱/۰
۴۲۰	۱۰/۸	۱۳/۵	۱۶/۵	۱۹/۷	۲۳/۳	۲۵/۸	۲۹/۶	۳۳/۶	۳۷/۹	۴۲/۴	۴۷/۲	۵۲/۱	۵۷/۴	۶۲/۸	۶۸/۵	۷۴/۵
۴۴۰	۱۰/۳	۱۳/۰	۱۵/۹	۱۸/۹	۲۲/۳	۲۴/۹	۲۹/۶	۳۳/۴	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۶۵/۹	۷۱/۶
۴۶۰	۱۰/۱	۱۲/۶	۱۵/۳	۱۸/۳	۲۱/۵	۲۴/۹	۲۹/۶	۳۳/۴	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۶۵/۹	۷۱/۶
۴۸۰	۹/۸	۱۲/۲	۱۴/۸	۱۷/۶	۲۰/۷	۲۴/۰	۲۹/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۶۵/۹	۷۱/۶
۵۰۰	۹/۵	۱۱/۴	۱۳/۹	۱۶/۵	۱۹/۴	۲۲/۵	۲۶/۶	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۵۲۰	۹/۲	۱۱/۱	۱۳/۷	۱۶/۱	۱۹/۴	۲۲/۵	۲۶/۶	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۵۴۰	۸/۹	۱۱/۱	۱۳/۵	۱۶/۱	۱۹/۴	۲۲/۵	۲۶/۶	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۵۶۰	۸/۷	۱۰/۸	۱۳/۱	۱۵/۶	۱۸/۳	۲۱/۱	۲۶/۲	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۵۸۰	۸/۵	۱۰/۵	۱۳/۷	۱۵/۲	۱۸/۳	۲۱/۱	۲۶/۲	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۶۰۰	۸/۳	۱۰/۲	۱۳/۴	۱۴/۸	۱۷/۳	۲۰/۱	۲۶/۲	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۶۲۰	۸/۱	۱۰/۱	۱۳/۱	۱۴/۴	۱۷/۳	۲۰/۱	۲۶/۲	۳۰/۲	۳۳/۲	۳۶/۵	۴۰/۱	۴۵/۴	۵۰/۲	۵۵/۲	۶۰/۴	۷۱/۶
۶۴۰	۷/۹	۹/۸	۱۱/۸	۱۳/۱	۱۶/۴	۱۹/۵	۲۱/۷	۲۴/۳	۲۷/۷	۳۱/۰	۳۴/۴	۳۷/۰	۴۰/۷	۴۳/۴	۴۶/۳	۴۹/۷
۶۶۰	۷/۷	۹/۵	۱۱/۵	۱۳/۷	۱۶/۰	۱۸/۵	۲۱/۲	۲۴/۳	۲۷/۰	۳۰/۲	۳۳/۵	۳۷/۰	۴۰/۷	۴۳/۴	۴۶/۳	۴۹/۷
۶۸۰	۷/۵	۹/۳	۱۱/۳	۱۳/۴	۱۵/۷	۱۸/۱	۲۰/۷	۲۴/۵	۲۶/۴	۳۰/۲	۳۳/۵	۳۷/۰	۴۰/۷	۴۳/۴	۴۶/۳	۴۹/۷
۷۰۰	۷/۴	۹/۱	۱۱/۱	۱۳/۱	۱۵/۳	۱۷/۷	۲۰/۳	۲۴/۹	۲۵/۸	۳۰/۲	۳۳/۵	۳۷/۰	۴۰/۷	۴۳/۴	۴۶/۳	۴۹/۷

شالوده ۲-۳) عمق موثر نیاز d برای برش سوراخ کننده در حالت $f_c = 30 \text{ MPa}$

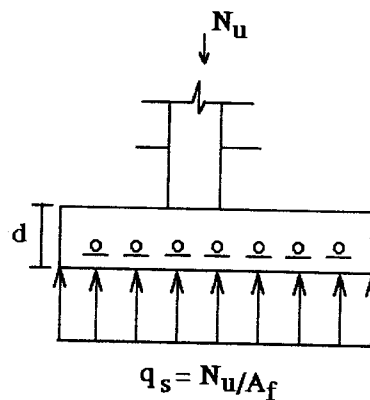
مراجع بندهای ۱۰-۵-۲ و ۱۲-۱ و ۱۲-۳ و ۱۲-۸ و ۱۲-۱۸ و ۱۷-۴-۴ از آیین نامه بتن ایران

$$\frac{A_f}{A_c} = \frac{960\sqrt{f_c}}{k_{v6}q_s} \left[\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2 \right] + 1 + 2\frac{d}{h_c} + \left(\frac{d}{h_c}\right)^2$$

$$k_{v4} = \frac{4}{2 + \left(\frac{4}{\beta_s}\right)} \geq 1, \quad k_{v5} = \frac{2}{1 + \frac{\alpha_s d}{b_0}} \geq 1$$

$$K_{v6} = \text{MAX} (k_{v4}, k_{v5})$$

β_c = نسبت ضلع بزرگ سه ضلع کوچک در ستون مستطیل شکل



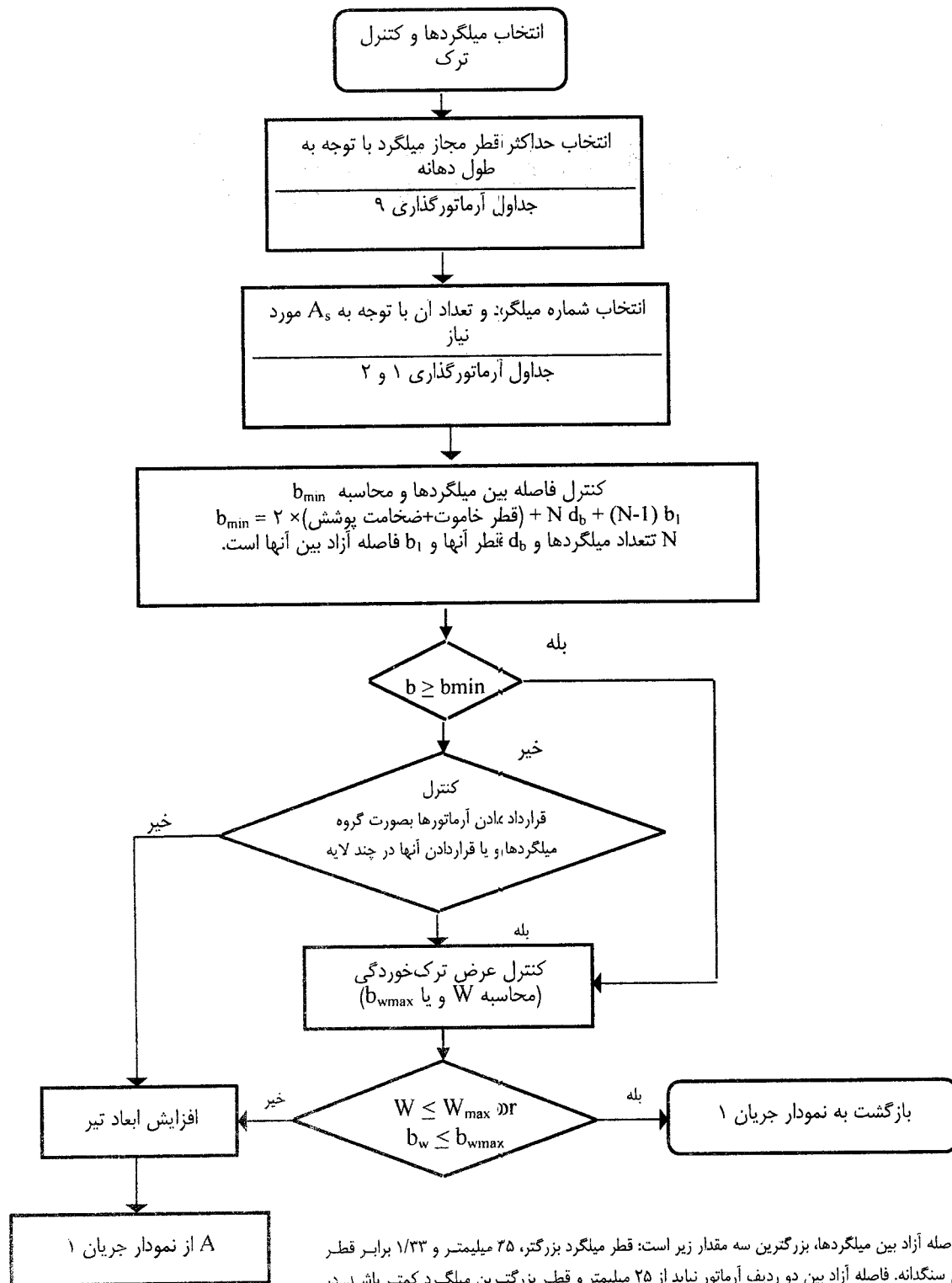
تذکر: برای استفاده از این جدول ابتدا مقادیر q_s و K_{v6} را برای مسئله مورد نظر محاسبه کنید. سپس مقدار q_s و K_{v6} را در جدول بیابید. و

به صورت افقی جلو بروید تا به $\frac{A_f}{A_c}$ مورد نظر برسید. حال بصورت قائم به سمت بالا حرکت کنید و مقدار $\frac{d}{h_c}$ را بخوانید.

$K_{\text{و}}/q_s$ ۳ KN/m^2	d/h_c (نسبت مساحت شالوده به ستون) A_d/A_c															
	۰/۵	۰/۶	۰/۷	۰/۸	۰/۹	۱/۰	۱/۱	۱/۲	۱/۳	۱/۴	۱/۵	۱/۶	۱/۷	۱/۸	۱/۹	۲/۰
۸۰	۵۱/۱	۶۵/۷	۸۱/۱	۹۷/۹	۱۱۶/۰	۱۳۵/۵	۱۵۳/۲	۱۷۸/۴	۲۰۱/۸	۲۲۶/۶	۲۵۲/۷	۲۸۰/۲	۳۰۹/۰	۳۳۹/۱	۳۷۰/۶	۴۰۳/۴
۱۰۰	۴۱/۷	۵۳/۰	۶۵/۵	۷۹/۰	۹۳/۵	۱۰۹/۳	۱۲۵/۹	۱۴۲/۷	۱۶۲/۵	۱۸۲/۴	۲۰۳/۴	۲۲۵/۵	۲۴۸/۶	۲۷۳/۹	۲۹۸/۱	۳۲۴/۵
۱۲۰	۳۵/۱	۴۴/۶	۵۵/۰	۶۶/۳	۷۸/۵	۹۱/۶	۱۰۵/۹	۱۲۰/۵	۱۳۶/۳	۱۵۲/۰	۱۰۷/۶	۱۸۹/۰	۲۰۸/۴	۲۳۸/۷	۲۶۹/۸	۲۹۱/۹
۱۴۰	۳۰/۴	۳۸/۶	۴۷/۶	۵۷/۳	۶۸/۸	۷۹/۱	۹۱/۲	۱۰۴/۰	۱۱۷/۶	۱۳۲/۰	۱۱۴/۷	۱۶۳/۰	۱۷۹/۷	۱۹۷/۱	۲۱۵/۴	۲۳۴/۳
۱۶۰	۲۶/۹	۳۴/۱	۴۲/۰	۵۰/۶	۵۹/۸	۶۹/۷	۸۰/۳	۹۱/۶	۱۰۳/۶	۱۱۶/۹	۵۱/۲۹	۱۳۳/۵	۱۵۸/۱	۱۷۳/۵	۱۸۹/۵	۲۰۶/۲
۱۸۰	۲۴/۲	۳۰/۶	۳۷/۷	۴۵/۳	۵۳/۶	۶۲/۴	۷۱/۹	۸۲/۰	۹۲/۶	۱۰۳/۹	۸۱/۱۵	۱۲۸/۳	۱۴۱/۴	۱۵۵/۱	۱۶۹/۴	۱۸۴/۳
۲۰۰	۲۲/۰	۲۷/۸	۳۴/۲	۴۱/۱	۴۸/۶	۵۶/۶	۶۵/۱	۷۴/۲	۸۳/۹	۹۴/۱	۸۱/۰۴	۱۱۶/۱	۱۲۸/۰	۱۴۰/۳	۱۵۳/۳	۱۶۶/۷
۲۲۰	۲۰/۳	۲۵/۵	۳۱/۳	۳۷/۷	۴۴/۵	۵۱/۸	۵۹/۶	۶۸/۹	۷۶/۸	۸۶/۱	۹۵/۹	۱۰۶/۲	۱۱۷/۰	۱۲۸/۳	۱۴۰/۱	۱۵۲/۴
۲۴۰	۱۸/۷	۲۳/۶	۲۹/۰	۳۴/۸	۴۱/۱	۴۷/۸	۵۵/۰	۶۲/۷	۷۰/۸	۷۹/۴	۸۸/۴	۹۷/۹	۱۰۷/۹	۱۱۸/۳	۱۲۹/۱	۱۴۰/۵
۲۶۰	۱۷/۴	۲۲/۰	۲۷/۰	۳۲/۴	۳۸/۲	۴۴/۴	۵۱/۱	۵۸/۲	۶۵/۸	۷۳/۷	۸۲/۱	۹۰/۹	۱۰۰/۱	۱۰۹/۸	۱۱۹/۸	۱۳۰/۳
۲۸۰	۱۶/۳	۲۰/۶	۲۵/۲	۳۰/۳	۳۵/۷	۴۱/۶	۴۷/۸	۵۴/۴	۶۱/۴	۶۸/۹	۷۶/۷	۸۴/۹	۹۳/۵	۱۰۲/۵	۱۱۱/۹	۱۲۱/۷
۳۰۰	۱۵/۴	۱۹/۴	۲۳/۷	۲۸/۵	۳۳/۶	۳۹/۱	۴۴/۹	۵۱/۱	۵۷/۷	۶۴/۷	۷۲/۰	۷۹/۷	۸۷/۷	۹۶/۱	۱۰۵/۰	۱۱۴/۲
۳۲۰	۱۴/۶	۱۸/۳	۲۲/۴	۲۶/۹	۳۱/۷	۳۶/۹	۴۲/۴	۴۸/۲	۵۴/۴	۶۱/۰	۶۷/۹	۷۵/۱	۸۲/۷	۹۰/۷	۹۸/۹	۱۰۷/۶
۳۴۰	۱۳/۸	۱۷/۴	۲۱/۳	۲۵/۵	۳۰/۱	۳۴/۹	۴۰/۱	۴۵/۷	۵۱/۵	۵۷/۷	۶۴/۲	۷۱/۱	۷۸/۳	۸۵/۸	۹۳/۶	۱۰۱/۶
۳۶۰	۱۲/۲	۱۶/۶	۲۰/۳	۲۴/۲	۲۸/۶	۳۳/۲	۳۸/۱	۴۳/۴	۴۹/۰	۵۴/۸	۶۲/۰	۶۹/۵	۷۴/۴	۸۱/۵	۸۶/۹	۹۵/۰
۳۸۰	۱۲/۶	۱۵/۸	۱۹/۴	۲۳/۲	۲۷/۳	۳۱/۷	۳۶/۴	۴۱/۴	۴۶/۷	۵۲/۳	۵۸/۱	۶۴/۳	۷۰/۸	۷۷/۶	۸۴/۷	۹۲/۰
۴۰۰	۱۲/۱	۱۵/۲	۱۸/۵	۲۲/۲	۲۶/۱	۳۰/۳	۳۴/۸	۳۹/۵	۴۴/۶	۴۹/۹	۵۵/۵	۶۱/۴	۶۷/۶	۷۴/۱	۸۰/۸	۸۷/۹
۴۲۰	۱۱/۶	۱۴/۶	۱۷/۸	۲۱/۳	۲۵/۰	۲۹/۰	۳۳/۰	۳۷/۹	۴۲/۷	۴۷/۸	۵۲/۲	۵۸/۸	۶۴/۸	۷۰/۹	۷۷/۴	۸۴/۱
۴۴۰	۱۱/۲	۱۴/۰	۱۷/۱	۲۰/۴	۲۴/۰	۲۸/۹	۳۲/۰	۳۶/۴	۴۱/۰	۴۵/۹	۵۱/۱	۵۶/۵	۶۲/۱	۶۸/۱	۷۴/۳	۸۰/۷
۴۶۰	۱۰/۸	۱۳/۵	۱۶/۵	۱۹/۷	۲۳/۲	۲۶/۹	۳۰/۸	۳۵/۰	۳۹/۵	۴۴/۲	۴۹/۱	۵۴/۳	۵۹/۸	۶۵/۵	۷۱/۴	۷۷/۶
۴۸۰	۱۰/۵	۱۳/۱	۱۵/۹	۱۸/۴	۲۱/۳	۲۵/۹	۲۹/۷	۳۳/۸	۳۸/۰	۴۲/۶	۴۷/۳	۵۲/۳	۵۷/۶	۶۲/۱	۶۸/۸	۷۴/۷
۵۰۰	۱۰/۱	۱۲/۷	۱۵/۴	۱۸/۴	۲۱/۶	۲۵/۰	۲۸/۷	۳۲/۶	۳۶/۷	۴۱/۱	۴۵/۷	۵۰/۵	۵۵/۶	۶۰/۸	۶۶/۴	۷۲/۱
۵۲۰	۸/۹	۱۲/۳	۱۴/۹	۱۷/۸	۲۰/۹	۲۴/۲	۲۷/۸	۳۱/۵	۳۵/۵	۳۹/۷	۴۴/۲	۴۸/۸	۵۳/۷	۵۸/۸	۶۴/۱	۶۹/۷
۵۴۰	۶/۹	۱۱/۹	۱۴/۵	۱۷/۳	۲۰/۳	۲۳/۵	۲۶/۹	۳۰/۵	۳۴/۴	۳۸/۵	۴۲/۸	۴۷/۳	۵۲/۱	۵۶/۹	۶۲/۱	۶۷/۴
۵۶۰	۳/۹	۱۱/۶	۱۴/۱	۱۶/۸	۱۹/۷	۲۲/۸	۲۶/۱	۲۹/۶	۳۳/۴	۳۷/۳	۴۱/۵	۴۵/۸	۵۰/۴	۵۵/۲	۶۰/۱	۶۵/۳
۵۸۰	۰/۹	۱۱/۳	۱۳/۷	۱۶/۳	۱۹/۱	۲۲/۱	۲۵/۴	۲۸/۸	۳۲/۴	۳۶/۲	۴۰/۲	۴۴/۵	۴۸/۹	۵۳/۵	۵۸/۴	۶۳/۴
۶۰۰	۸/۸	۱۱/۰	۱۳/۳	۱۵/۹	۱۸/۶	۲۱/۵	۲۴/۷	۲۸/۰	۳۱/۵	۳۵/۲	۳۹/۱	۴۲/۲	۴۷/۵	۵۲/۰	۵۶/۷	۶۱/۸
۶۲۰	۶/۸	۱۰/۷	۱۳/۷	۱۵/۱	۱۸/۱	۲۱/۰	۲۴/۰	۲۷/۲	۳۰/۶	۳۳/۳	۳۷/۱	۴۰/۲	۴۳/۵	۴۷/۲	۵۱/۶	۵۶/۹
۶۴۰	۴/۸	۱۰/۱	۱۲/۷	۱۵/۱	۱۷/۷	۲۰/۴	۲۳/۴	۲۶/۵	۲۹/۹	۳۳/۴	۳۷/۱	۴۰/۹	۴۵/۰	۴۹/۲	۵۳/۷	۵۸/۳
۶۶۰	۲/۸	۱۰/۲	۱۲/۴	۱۴/۷	۱۷/۲	۱۹/۹	۲۲/۸	۲۵/۹	۲۹/۱	۳۳/۵	۳۶/۱	۴۰/۹	۴۳/۹	۴۸/۰	۵۲/۳	۵۸/۶
۶۸۰	۰/۸	۱۰/۰	۱۲/۱	۱۴/۴	۱۶/۸	۱۹/۵	۲۲/۳	۲۵/۲	۲۸/۱	۳۱/۷	۳۵/۲	۳۹/۲	۴۲/۸	۴۶/۸	۵۱/۰	۵۵/۴
۷۰۰	۹/۷	۸/۹	۱۱/۸	۱۴/۱	۱۶/۵	۱۹/۰	۲۱/۸	۲۴/۷	۲۷/۷	۳۱/۰	۳۴/۴	۳۸/۰	۴۱/۸	۴۵/۷	۴۹/۸	۵۴/۱

آرماتورگذاری

نمودار جریان ۱-۴: انتخاب میلگردها و کنترل ترک در تیرهای بدون محدودیت ارتقاعی



حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، بزرگترین سه مقدار زیر است: قطر میلگرد بزرگتر، ۲۵ میلیمتر و ۱/۳۳ برابر قطر بزرگترین سنگدانه. فاصله آزاد بین دو ردیف آرماتور نباید از ۲۵ میلیمتر و قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد. در صورت قراردادن میلگردها در چند ردیف عمق موثر d کاهش می‌یابد و تیر باید برای عمق مجدداً کنترل گردد. W از رابطه $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt{d_c} \cdot A$ و b_{wmax} از جدول آرماتورگذاری ۳ و ۴ به دست می‌آید.

مثال ۱ انتخاب میلگردها برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک خوردگی

تیر شکل زیر را در یک لایه آرماتورگذاری کنید. شرایط محیطی شدید، و خاموتهای مصرفی از نوع $\Phi 12$ می باشند.

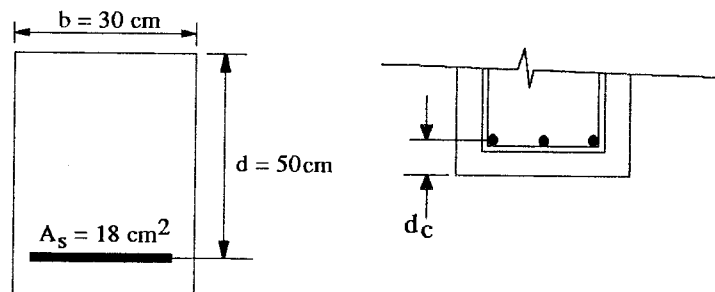
مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

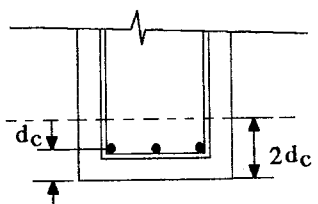
$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{قطر بزرگترین سنگدانه} = 2 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به اینکه $A_s = 18 \text{ cm}^2$ می باشد، از $5\Phi 22 (A_s = 19.01 \text{ cm}^2)$ یا $A_s = 18.47 \text{ cm}^2$ $3\Phi 28$ استفاده می کنیم.	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) انتخاب میلگردها با توجه به مقدار A_s میلگردها را انتخاب می کنیم.	
	برای $\Phi 22$ و $\Phi 28$ به ترتیب حداقل فاصله آزاد بین میلگردها برابر 2.66 cm و 2.8 cm می باشد.	گام دوم) کنترل عرض تیر با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها، عرض تیر کنترل می شود. حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، بزرگترین سه مقدار زیر است: - قطر میلگرد بزرگتر - ۲۵ میلیمتر - $1/33$ برابر قطر بزرگترین سنگدانه $b_{\min} = 2 \times (\text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش})$ $+ N.d_b + (N-1) b_l$	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $5\Phi 22$ داریم : $b_{min} = 2(5+1.2)+5 \times 2.2+4 \times 2.66$ $b_{min} = 34.04 > 30 \text{ cm}$ بنابراین نمی توان از $5\Phi 22$ استفاده نمود. برای $3\Phi 28$ داریم: $b_{min} = 2(5+1.2)+3 \times 2.8+2 \times 2.8$ $b_{min} = 26.4 < 30 \text{ cm O.K.}$ بنابراین $3\Phi 28$ قابل قبول است.	در فرمول فوق N تعداد میلگردها و b1 فاصله آزاد بین آنها است. در شرایط محیطی شدید، حداقل ضخامت پوشش تیرها برابر ۵ سانتیمتر می باشد.	۲-۹-۲-۸
	گام سوم) کنترل ترک خوردگی  $d_c = 5+1.2+\frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$ $A = \frac{b \cdot (2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 76}{3}$ $A = 15200 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{76 \times 15200}$ $W = 0.33 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$ فرض شده است که تیر در نما دیده می شود.	کنترل ترک خوردگی $d_c = \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش} + \frac{1}{2} d_b$ $A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$	۲-۹-۲-۸ ۲-۲-۳-۱۴ $f_s = 0.6 f_y$ ۱-۲-۳-۱۴ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$ ۱-۳-۳-۱۴
	با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها، که در قسمت الف کنترل شده است، از $3\Phi 28$ استفاده می کنیم	ب: استفاده از جدول گام اول) انتخاب میلگردها و کنترل عرض ترک خوردگی با استفاده از جدول آرماتورگذاری ۳	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
آرماتور گذاری ۳	$d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$ برای $W=0.35$, $f_y=400 \text{ Mpa}$, $d_c=76 \text{ mm}$ داریم: $A = 18588 \text{ mm}^2$ چون آرماتور گذاری در یک لایه انجام شده است داریم: $t = 2d_c$ $b_{wmax} = \frac{A.n}{t}$ $b_{wmax} = \frac{18588 \times 3}{152} = 337 \text{ mm}$ و یا: $b_{wmax} = 33.7 \text{ cm} > b_w \quad \text{O.K.}$	$d_c = \text{پوشش} + \frac{1}{2} d_b + \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش}$	۱۴-۳-۲
آرماتور گذاری ۴	برای $\Phi 28$ و $W=0.35$ و یک لایه میلگرد $f_y=400 \text{ Mpa}$ داریم: $\frac{b_{wmax}}{n} = 148.26 \text{ mm}$ و یا: $b_{wmax} = 3 \times 148.26 = 444.78 \text{ mm}$ و یا: $b_{wmax} = 44.5 \text{ cm} > b_w \quad \text{O.K.}$ علت اختلاف جواب b_{wmax} این گام و گام اول بخاطر این است که در اینجا مقدار d_c برابر عبارت زیر فرض شده است: $d_c = 55 + \frac{1}{2} d_b$ بعلت تقریبی بودن رابطه فوق، جوابهای بدست آمده از این جدول چندان دقیق نمی باشند.	گام دوم) انتخاب میلگردها و کنترل عرض ترک خوردگی با استفاده از جدول آرماتور گذاری ۴	

مثال ۲ کنترل ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک خوردگی، در یک دال یک طرفه

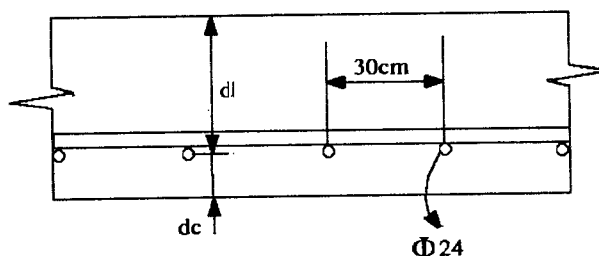
در دال شکل زیر نشان دهید که حداکثر فواصل مجاز بین آرماتور رعایت شده است و عرض ترک خوردگی نیز قابل قبول می‌باشد. شرایط محیطی متوسط است.

مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$h = 18 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) کنترل فواصل بین آرماتورها فاصله بین میلگردها خمشی نباید از ۲ برابر ضخامت دال و ۳۵ سانتیمتر بیشتر باشد.	۲ = 2 × 18 = 36 > 30 cm O.K. همچنین: 35 > 30 cm بنابراین ضابطه مربوط به حداکثر فواصل مجاز بین آرماتورها رعایت شده است.	۶-۶-۲-۸
	گام دوم) $d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.4 = 4.2 \text{ cm}$ $A = \frac{b_1(2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 42}{3}$ $A = 25200 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{42 \times 25200}$ $W = 0.32 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$ فرض شده است که تیر در نما دیده می‌شود.	گام دوم) $d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} d_b$ عرض ۳۰ سانتیمتر از دال (فاصله بین دو میلگرد) را کنترل می‌کنیم. $A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$ $f_s = 0.6 f_y$ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	۲-۹-۲-۸ ۲-۲-۳-۱۴ ۱-۲-۳-۱۴ ۱-۳-۳-۱۴

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	ب : با استفاده از جداول گام اول) شبیه قسمت الف است. گام دوم) کنترل عرض ترک خوردگی $d_c = 3 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.4 = 4.2 \text{ cm}$ برای $W = 0.35$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $d_c = 42 \text{ mm}$ داریم: $A = 33724 \text{ mm}^2$ $t = 2 \times 42 = 84 \text{ mm}$ $bw_{\max} = \frac{33724}{84} = 401.5 \text{ mm}$ و یا: $bw_{\max} = 40.15 \text{ cm} > 30 \quad \text{O.K.}$	$d_c = \text{ضخامت پوشش} + \frac{1}{2} d_b$ $t = 2 \times d_c$ $S_{\max} = \frac{bw_{\max}}{n} = \frac{A}{t}$	۲-۹-۲-۸

مثال ۳ آرماتورگذاری در دو لایه، برای تیر مستطیل شکل و تحت اثر خمش ساده، با توجه به ضوابطی مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها و عرض ترک خوردگی

تیر شکل زیر را آرماتورگذاری کنید. شرایط محیطی شدید، و خاموتهایی مصرفی از نوع $\Phi 12$ می‌باشند.

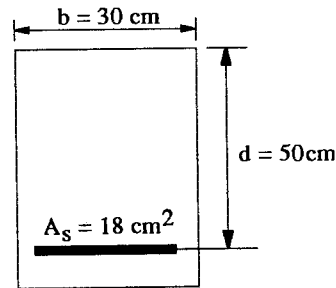
مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

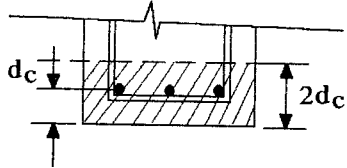
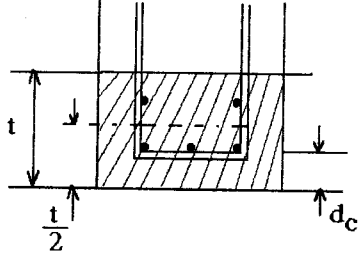
$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$\text{قطر بزرگترین سنگدانه} = 2 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
آرماتورگذاری ۲	با توجه به اینکه $A_s = 12 \text{ cm}^2$ می‌باشد، از $2\Phi 28 (A_s = 12.32 \text{ cm}^2)$ یا $(A_s = 12.72 \text{ cm}^2)$ استفاده می‌کنیم.	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) انتخاب میلگردها انتخاب میلگردها با توجه به مقدار A_s میلگردها را انتخاب می‌کنیم.	
	برای $\Phi 18$ و $\Phi 28$ به ترتیب حداقل فاصله آزاد بین میلگردها برابر 2.66 cm و 2.8 cm می‌باشد.	گام دوم) کنترل عرض تیر با توجه به ضوابط مربوط به فواصل میلگردها و پوشش آرماتورها، عرض تیر کنترل می‌شود. حداقل فاصله آزاد بین میلگردها، بزرگترین سه مقدار زیر است: - قطر میلگرد بزرگتر - ۲۵ میلیمتر - $1/33$ برابر قطر بزرگترین سنگدانه $b_{\min} = 2 \times (\text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش})$ $+ N.d_b + (N-1) b_i$	۱-۶-۲-۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای $5\Phi 22$ داریم : $b_{min} = 2(5 + 1.2) + 2 \times 2.8 + 1 \times 2.8$ $b_{min} = 20.8 < 30 \text{ cm O.K.}$ بنابراین $5\Phi 18$ با فرض قراردادن آنها در دو لایه داریم: $b_{min} = 2(5 + 1.2) + 3 \times 1.8 + 2 \times 2.66$ $b_{min} = 23.12 < 30 \text{ cm O.K.}$	در فرمول فوق N تعداد میلگردها و b_1 فاصله آزاد بین آنها است. در شرایط محیطی شدید، حداقل ضخامت پوشش تیرها برابر ۵ سانتیمتر می باشد.	۲-۹-۲-۸
	 $d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$ $A = \frac{b \cdot (2d_c)}{n} = \frac{300 \times 2 \times 76}{3}$ $A = 22800 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{76 \times 22800}$ $W = 0.37 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$ برای $2\Phi 28$ قابل قبول نیست :	گام سوم) کنترل ترک خوردگی برای $2\Phi 28$ داریم : $d_c = \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش} + \frac{1}{2} d_b$ $A = \frac{\text{سطح مقطع موثر کششی}}{\text{تعداد میلگردها}}$ $f_s = 0.6 f_y$ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	۲-۲-۳-۱۴ ۱-۲-۳-۱۴ ۱-۳-۳-۱۴
	 $d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 1.8 = 7.1 \text{ cm}$	فاصله آزاد بین دو ردیف آرماتور نباید از ۲/۵ سانتیمتر و قطر بزرگترین میلگرد کمتر باشد.	۲-۶-۲-۸

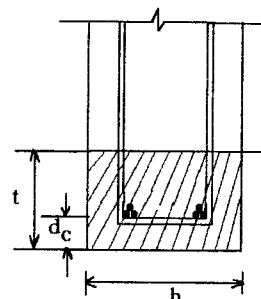
جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	فاصله آزاد بین دو ردیف آرماتور را برابر $\frac{3}{2}$ سانتیمتر در نظر می گیریم. بنابراین فاصله محور تا محور دو ردیف آرماتور برابر ۵ سانتیمتر می باشد. $\frac{t}{2} = \frac{3 \times 7.1 + 2 \times 12.1}{5} = 9.1 \text{ cm}$ $A = \frac{b \cdot t}{n} = \frac{300 \times 2 \times 91}{5}$ $A = 10920 \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $W = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{71 \times 10920}$ $W = 0.29 \text{ mm} < 0.35 \text{ O.K.}$	در فرمول فوق N_1 و N_2 به ترتیب تعداد میلگردهای ردیف اول و دوم، و d_1 فاصله محور تا محور دو ردیف آرماتور می باشد. سطح مقطع موثر کششی $A = \frac{\text{تعداد میلگردها}}{\text{تعداد میلگردها}}$ $f_s = 0.6 f_y$ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$	۲-۲-۳-۱۴ ۱-۲-۳-۱۴ ۱-۳-۳-۱۴
	ب: با استفاده از جدول گام های اول و دوم شبیه قسمت الف می باشند. گام سوم) کنترل عرض ترک خوردگی $d_c = 5 + 1.2 + \frac{1}{2} \times 2.8 = 7.6 \text{ cm}$ برای $W = 0.35$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $d_c = 76 \text{ mm}$ داریم: $A = 18588 \text{ mm}^2$ $t = 2 \times 76 = 152 \text{ mm}$ $b_{wmax} = \frac{18588 \times 2}{152} = 245 \text{ mm}$ و یا: $b_{wmax} = 24.5 \text{ cm} < 30 \text{ O.K.}$ بنابراین $2\Phi 28$ قابل قبول نیست. برای $W = 0.35$, $f_y = 400 \text{ Mpa}$, $d_c = 71 \text{ mm}$ داریم: $A = 19898 \text{ mm}^2$ $b_{wmax} = \frac{19898 \times 5}{182} = 547 \text{ mm}$ و یا: $b_{wmax} = 54.7 \text{ cm} < 30 \text{ O.K.}$	ب: با استفاده از جدول گام های اول و دوم شبیه قسمت الف می باشند. گام سوم) کنترل عرض ترک خوردگی $d_c = \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش} + \frac{1}{2} d_b$ چون آرماتور گذاری در یک لایه انجام شده است داریم: $t = 2d_c$ $b_{wmax} = \frac{A \cdot n}{t}$ برای $5\Phi 22$ داریم: d_c و t در قسمت الف محاسبه شده اند. $b_{wmax} = \frac{A \cdot n}{t}$	۲-۳-۱۴ ۲-۳-۱۴

مثال ۴ تعیین حداکثر عرض تیر دارای گروه میلگردهای در تماس، با توجه به ضوابط عرض ترک خوردگی

در تیر شکل زیر، حداکثر عرض مجاز را با توجه به ضوابط ترک خوردگی تعیین کنید. شرایط محیطی متوسط، و خاموت‌های مصرفی از نوع $\Phi 12$ می‌باشند. در آرماتورگذاری، میلگردهای $\Phi 24$ به صورت دو گروه سه تایی مصرف شده‌اند.

مشخصات :

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$



جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	$x_1 = R \sin 60$ $x_2 = 2x_1 + R$ با قرارداد دادن x_1 در x_2 داریم: $x_2 = R (2\sin 60 + 1)$ $x_{ave} = \frac{2 \times R + R(2 \sin 60 + 1)}{3}$ و یا : $x_{ave} = R \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3}\right)$ برای $\Phi 24$ داریم: $x_{ave} = 1.2 \left(1 + \frac{\sqrt{3}}{3}\right) = 1.89 \text{ cm}$	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه فاصله مرکز گروه میلگردها از انتهای تحتانی آنها. برای محاسبه فاصله مرکز گروه میلگردها از انتهای تحتانی آنها، باید از گشتاور اول سطح استفاده نمود. یعنی : $x_{ave} = \frac{\sum A_i \cdot x_i}{\sum A}$	
	$d_c = 4.5 + 1.2 + 1.89 = 7.59 \text{ cm}$ $t = 2 \times 7.59 = 15.18 \text{ cm}$	گام دوم) محاسبه حداکثر عرض مجاز تیر با توجه به ضوابط ترک خوردگی $d_c = \text{قطر خاموت} + \text{ضخامت پوشش}$ $t = 2 \times d_c$ سطح مقطع موثر کششی $A = \frac{\text{تعداد میلگردها}}$	۲-۹-۲-۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	هنگامی که میلگردها بصورت گروهی بکار می روند، سطح محاط شده در بتن کمتری دارند. بنابراین تنش پیوستگی بیشتر و ترکها بازتر می شوند. برای این منظور آقای Nawy* پیشنهاد می کند که مقدار N در فرمول $A = b \cdot t / N$ در K ضرب شود. مقدار K با توجه به تعداد میلگردهای موجود در گروه، در زیر آمده است. $K = 0.815$: برای گروه دارای ۲ میلگرد $K = 0.650$: برای گروه دارای ۳ میلگرد $K = 0.570$: برای گروه دارای ۴ میلگرد $A = \frac{b \cdot t}{n \cdot k} = \frac{b \times 151.8}{6 \times 0.65}$ $A = 38.92b \text{ mm}^2$ $f_s = 0.6 \times 400 = 240 \text{ Mpa}$ $0.35 = 13 \times 10^{-6} \times 240 \times \sqrt[3]{75.9 \times 38.92b}$ $b = 478 \text{ mm}$ بنابراین $b_{max} = 47.8 \text{ cm}$ و یا :	هنگامی که میلگردها بصورت گروهی بکار می روند، سطح محاط شده در بتن کمتری دارند. بنابراین تنش پیوستگی بیشتر و ترکها بازتر می شوند. برای این منظور آقای Nawy* پیشنهاد می کند که مقدار N در فرمول $A = b \cdot t / N$ در K ضرب شود. مقدار K با توجه به تعداد میلگردهای موجود در گروه، در زیر آمده است. $K = 0.815$: برای گروه دارای ۲ میلگرد $K = 0.650$: برای گروه دارای ۳ میلگرد $K = 0.570$: برای گروه دارای ۴ میلگرد	۲-۲-۳-۱۴ $f_s = 0.6 f_y$ ۱-۲-۳-۱۴ $W = 13 \times 10^{-6} \times f_s \sqrt[3]{d_c \cdot A}$ ۱-۳-۳-۱۴
آرماتورگذاری ۵	برای $\Phi 24$ و سه عدد میلگرد در هر گروه و $W = 0.35$ $f_y = 400 \text{ Mpa}$ داریم : $\frac{b_w}{n} = 251.94$ برای دو گروه میلگرد داریم: $bw_{max} = 251.94 \times 2 = 503.88 \text{ mm}$ و یا : $tw_{max} = 50.4 \text{ cm}$ بعلت اینکه d_c در نظر گرفته شده در جدول دقیق نیست، جوابهای این روش و روش تحلیلی بر هم منطبق نمی باشند.	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه حداکثر عرض مجاز تیر با توجه به ضوابط ترک خوردگی	

* Edward G. Nawy, "Crack Control in Beams Reinforced with Bundled Bars Using ACI 318-71," ACI Journal, Proceedings V.69, No.10, Oct. 1972, pp. 637-639.

مثال ۵ طول مهاري ميلگرد مستقيم و قلابدار در كشش

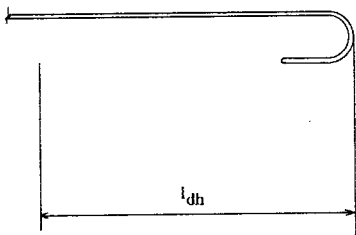
طول مهاري مستقيم و قلابدار ميلگرد $\Phi 20$ را در كشش بدست آوريد. فاصله محور تا محور ميلگردها ۱۵ سانتيمتر است.

مشخصات :

$$f_c = 20 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 300 \text{ Mpa}$$

جداول كمكي	محاسبات	روش	بند آيين نامه
		الف: با استفاده از روش تحليلي گام اول) محاسبه طول مهاري ميلگرد مستقيم	
	$f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{f_c} = 2.91 \text{ Mpa}$	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$	معادله ۴-۱۸
	$\lambda_1 = 1$		۱-۲-۲-۱۸
	$\lambda_2 = 0.85$		الف ۵-۲-۲-۱۸
	$f_b = 1 \times 0.85 \times 2.91 = 2.47 \text{ Mpa}$	$f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot f_{bd}$	معادله ۳-۱۸
	$l_{db} = \frac{2 \times 300}{4 \times 2.47} = 60.72 \text{ cm}$	$l_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$	معادله ۲-۱۸
	$k_1 = 1$		الف ۱-۲-۲-۱۸
	$k_2 = 1$		ب ۱-۲-۲-۱۸
	$k_3 = 1$		پ ۱-۲-۲-۱۸
	$l_d = 1 \times 1 \times 1 \times 60.72 = 60.72 \text{ cm}$	$l_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot l_{db}$	معادله ۱-۱۸
	اگر ميلگرد مورد نظر فوقاني باشد داريم:	براي ميلگردهاي فوقاني كه حداقل ۳۰ سانتيمتر بتن تازه در زير آنها قرار مي گيرد، مقدار k_1 برابر ۱/۳ است.	الف ۲-۲-۱۸-۱۲
	$l_d = 1.3 \times 60.72 = 78.9 \text{ cm}$		
	با توجه به گام اول داريم:	گام دوم) محاسبه طول مهاري ميلگرد قلابدار	
	$f_b = 1.5 \times 2.91 = 4.365 \text{ Mpa}$	$f_b = 1.5 f_{bm}$	۲-۵-۲-۱۸
	$l_{dhb} = \frac{2 \times 300}{4 \times 4.365} = 34.4 \text{ cm}$	$l_{dhb} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$	معادله ۲-۱۸
	$\beta_1 = 1$		۳-۵-۲-۱۸
	$\beta_2 = 1$		۴-۵-۲-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\beta_3 = 1$ $\ell_{dh} = 1 \times 1 \times 1 \times 34.4$ $\ell_{dh} = 34.4 \text{ cm}$ اگر میلگرد مورد نظر فوقانی باشد، تغییری در مقدار ℓ_{dh} ایجاد نمی شود.	$\ell_{dh} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \ell_{dhb}$ تذکر: منظور از ℓ_{dh} مجموع طول مستقیم میلگرد و شعاع قلاب و قطر میلگرد می باشد. یعنی: 	۵-۵-۲-۱۸ معادله ۹-۱۸ ۳-۱-۲-۱۸
آرماتورگذاری ۱-۷	برای $\Phi 20$ $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $f_c = 20 \text{ Mpa}$ داریم : $\ell_d = 60.7 \text{ cm}$ (آرماتور تحتانی) $1.3 \ell_d = 78.9 \text{ cm}$ (آرماتور فوقانی)	ب: با استفاده از جداول گام اول) محاسبه طول مهاری میلگرد مستقیم	۲-۲-۱۸ الف ۶-۲-۲-۱۸
آرماتورگذاری ۱-۷	برای $\Phi 20$ $f_y = 300 \text{ Mpa}$, $f_c = 20 \text{ Mpa}$ داریم: $\ell_{dh} = 34.4 \text{ cm}$ اگر میلگرد مورد نظر فوقانی باشد تغییر در ℓ_{dh} ایجاد نمی شود.	گام دوم) محاسبه طول مهاری میلگرد قلاب دار	۵-۲-۸

مثال ۶ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یک تیر دو سر مفصل و تحت اثر بار گسترده یکنواخت

برای تیر دو سر مفصل و تحت اثر بار گسترده شکل زیر، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمشی مثبت، و با توجه به رابطه (۱۸-۱۰) تعیین کنید. انتهای آرماتورها توسط بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل فشاری تکیه‌گاه، محصور شده است. تمام میلگردها از محل محور

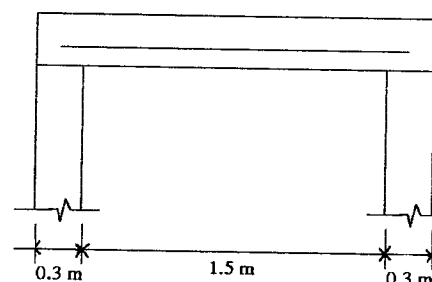
$$l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$$

تکیه‌گاه تیر عبور کرده‌اند.

مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه رابطه $l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$ بر اساس طول دهانه برای این کار M_r را برابر M_u فرض کرده و آنرا بر حسب بار گسترده روی تیر می‌نویسیم. سپس V_u را بر حسب بار گسترده روی تیر بدست آورده و دو عبارت را بر هم تقسیم می‌کنیم. $M_r = \frac{W_u \cdot L^2}{8}$ $V_u = \frac{W_u \cdot L}{2}$ و: $\frac{M_r}{V_u} = \frac{W_u \cdot L^2 / 8}{W_u \cdot L / 2} = \frac{L}{4}$ بنابراین: با جاگذاری در معادله $l_d \leq \frac{M_r}{V_u} + l_a$ داریم: $l_d \leq \frac{L}{4} + l_a$ و یا: $\frac{L}{4} \geq l_d - l_a$ بنابراین: $L_{\min} = 4 (l_d - l_a)$ برای حالتیکه آرماتورها در بتن فشاری تکیه‌گاهی محصور شده باشند داریم: $L_{\min} = \frac{4}{(1 + \frac{1}{3})} (l_d - l_a)$	در تکیه‌گاه‌هایی که آرماتور خمشی مثبت در داخل بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل فشاری تکیه‌گاه محصور شده باشد، مقدار $\frac{M_r}{V_u}$ را می‌توان به اندازه $\frac{1}{3}$ افزایش داد.	۳-۲-۳-۱۸

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	و یا : $L_{min} = 3 (\ell_d - \ell_a)$ در این مثال اگر ℓ_a را برابر صفر فرض کنیم داریم : $L_{min} = 3 \ell_d$	برای تکیه‌گاه‌های ساده، در صورتیکه تمام میلگردها از محور تکیه‌گاه عبور کرده باشند، می‌توان ℓ_a را برابر صفر فرض کرد. این فرض در جهت ضریب اطمینان است.	
	$L = 1.5 + 0.15 + 0.15 = 1.8 \text{ m}$	گام دوم (محاسبه طول دهانه در این حالت فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاه‌ها را محاسبه می‌کنیم.	
	و یا : $1.8 \ell_d = 3 \ell_d$ $\ell_d = 0.6 \text{ m}$	گام سوم (محاسبه ℓ_d $L_{min} = 3 \ell_d$	
	و یا : $f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$ $\lambda_1 = 1$ $\lambda_2 = 0.85$ $f_b = 1 \times 0.85 \times 3.56 = 3.026 \text{ Mpa}$ $\ell_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 3.026}$ $\ell_{db} = 33.04 d_b$	گام چهارم (تعیین حداکثر قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر کمتر از ۲۰ میلیمتر است داریم: $f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$ $f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$ $\ell_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$	۱۸-۲-۳-الف معادله ۱۸-۴ ۱۸-۲-۳-ب ۱۸-۲-۳-۵ معادله ۱۸-۳ معادله ۱۸-۲ ۱۸-۲-۳-الف ۱۸-۲-۳-ب ۱۸-۲-۳-پ
	$k_1 = 1$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 33.04 d_b$ $\ell_d = 33.04 d_b$ و یا : با جاگذاری ℓ_d گام سوم در رابطه فوق داریم: $60 = 33.04 \times d_b$ $d_b = 1.81 < 2 \text{ cm}$ O.K. و یا : همانطور که ملاحظه می شود حداکثر قطر مجاز میلگرد $1/81$ سانتیمتر است. بنابراین: USE $\Phi 18$	$\ell_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \ell_{db}$	معادله ۱۸-۱

مثال ۷ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در یکی از دهانه‌های میانی مربوط به تیر یکسره و تحت اثر بار گسترده یکنواخت

برای یکی از دهانه‌های میانی یک تیر یکسره و تحت اثر بار یکنواخت، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمشی مثبت، و با توجه به رابطه (۱۸-۱۰) تعیین کنید. فاصله مرکز تا مرکز تکیه‌گاه برای ۳/۷ متر است. نصف آرماتورهای مربوط به لنگر مثبت وارد تکیه‌گاه شده‌اند.

$$\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$$

مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d = 25 \text{ cm}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه رابطه $\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$ بر اساس طول دهانه در تیرهای پیوسته، فاصله بین نقطه عطف (لنگر صفر) و انتهای تیر در دهانه‌های میانی برابر 0.15ℓ فرض می‌شود. بنابراین فاصله بین دو نقطه عطف تیر 0.7ℓ است. اگر در محاسبات گام اول مثال قبل، بجای ℓ مقدار 0.7ℓ را قرار دهیم، به رابطه زیر می‌رسیم: بنابراین: $0.7 \ell_{min} = 4 (\ell_d - \ell_a)$ این رابطه برای حالتی است که تمام میلگردهای لنگر مثبت یکسره باشند. چون در نقطه عطف، میلگردها توسط بتن فشاری ناشی از عکس‌العمل تکیه‌گاه محصور نشده‌اند، مقدار $\frac{M_r}{V_u}$ را نمی‌توان افزایش داد.	و یا: $\ell_{min} = \frac{4}{0.7} (\ell_d - \ell_a)$ $L_{mir} = 5.71 (\ell_d - \ell_a)$ برای حالتیکه نصف میلگردهای لنگر مثبت از نقطه عطف بگذرند داریم: $L_{mir} = 2 \times 5.71 (\ell_d - \ell_a)$ و یا: $L_{min} = 11.42 (\ell_d - \ell_a)$	۳-۲-۳-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	اگر $\ell_a = d = 0.25 \text{ m}$ باشد داریم: $0.15\ell = 0.15 \times 3.7 = 0.555 > 0.25 \text{ m O.K.}$ $3.7 = 11.42 (\ell_{d1} - 0.25)$ بنابراین: اگر $\ell_a = 12d_b$ باشد داریم: $3.7 = 11.42 (\ell_{d1} - 12d_b)$ بنابراین: $\ell_{d2} = 0.32 + 12 d_b \text{ m}$	گام دوم (محاسبه ℓ_d ℓ_a برابر d و یا $12d_b$، هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته می شود. طبیعی است که مقدار فوق نباید بزرگتر از $0.15L$ (فاصله بین نقطه عطف و مرکز تکیه گاه) گردد: $L_{\min} = 11.42 (\ell_d - \ell_a)$	
	گام سوم) تعیین حداکثر قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر کمتر از ۲۰ میلیمتر است داریم: $f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$ $f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$ $\lambda_1 = 1$ $\lambda_2 = 0.85$ $f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 f_{bd}$ $f_b = 1 \times 0.85 \times 3.56 = 3.02 \text{ Mpa}$ $\ell_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 3.02}$ $\ell_{db} = 33.11 d_b$ و یا: $k_1 = 1$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1$ $\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 33.04 d_b$ $\ell_d = 33.11 d_b$ و یا:	معادله ۴-۱۸ معادله ۳-۲-۲-۱۸ معادله ۶-۲-۲-۱۸ معادله ۳-۱۸ معادله ۲-۱۸ الف ۱-۲-۲-۱۸ ب ۱-۲-۲-۱۸ پ ۱-۲-۲-۱۸ معادله ۱-۱۸	

مثال ۸ حداکثر قطر میلگرد برای آرماتور خمشی مثبت، در تیر مربوط به یک قاب خمشی، و تحت اثر بار گسترده یکنواخت

برای تیر مربوط به قاب خمشی زیر، حداکثر قطر مجاز میلگرد را برای لنگر خمشی مثبت، و با توجه به رابطه (۱۸-۱۰) تعیین کنید. تمام

$$\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$$

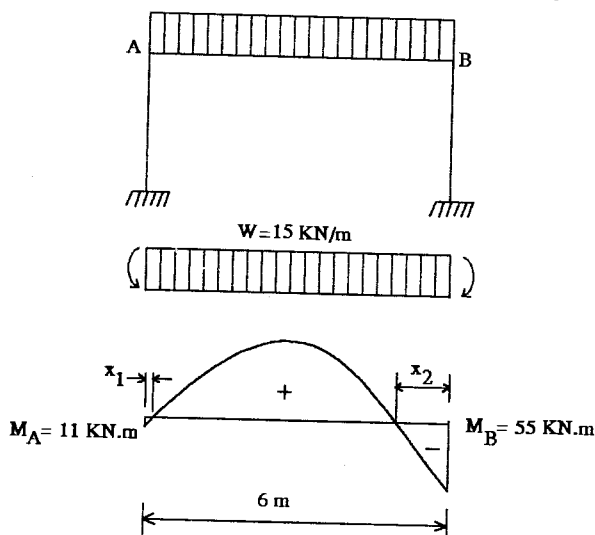
آرماتوراهی مربوط به لنگر مثبت وارد تکیه گاه‌ها شده‌اند.

مشخصات :

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		الف: با استفاده از روش تحلیلی گام اول) محاسبه رابطه $\ell_d \leq \frac{M_r}{V_u} + \ell_a$ بر اساس طول دهانه اگر فاصله بین دو نقطه عطف تیر از L_1 بنامیم، با توجه به مثال ۶ داریم: $L_{min} = 4 (\ell_d - \ell_a)$ بنابراین :	
و یا :	$V_A = \frac{15 \times 6}{2} - \frac{55 - 11}{6}$ $V_A = 37.67 \text{ KN}$ $x = \frac{37.67}{15} = 2.51 \text{ m}$ $M^+_{MAX} = \frac{37.67^2}{2 \times 15} - 11 = 36.3 \text{ KN.m}$	گام دوم) محاسبه x_1, x_2, L_1 $V_A = \frac{WL}{2} - \frac{M_B - M_A}{L}$ حال فاصله لنگر خمشی حداکثر را از نقطه A بدست می آوریم. $x = \frac{V_A}{W}$ سپس لنگر خمشی حداکثر مثبت را محاسبه می کنیم. $M^+_{MAX} = \frac{V_A^2}{2W} - M_A$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$L_1 = \sqrt{\frac{36.3 \times 8}{15}} = 4.4 \text{ m}$ $x_1 = 2.51 - \frac{4.4}{2} = 0.31 \text{ m}$ $x_2 = 6 - 0.31 - 4.4 = 1.29 \text{ m}$	از طرفی می توان M_{MAX}^+ را بصورت زیر نوشت: $M_{MAX}^+ = \frac{W \cdot L_1^2}{8}$ و یا: $L_1 = \sqrt{\frac{M_{MAX}^+ \cdot 8}{W}}$ $x_1 = x - \frac{L_1}{2}$ $x_2 = L - x_1 - L_1$	
	اگر $L_a = d$ باشد داریم: $l_a = 40 \text{ cm} > x_1$ بنابراین l_a را برابر x_1 می گیریم یعنی: $l_a = 31 \text{ m}$ $4.4 = 4 (l_d - 0.31)$ بنابراین: $l_d = 1.41 \text{ m}$	گام دوم (محاسبه l_a l_a برابر d و یا $12b_d$، هر کدام بزرگترند، در نظر گرفته می شود. طبیعی است که مقدار فوق نباید بزرگتر از x_1 و x_2 گردد. $L_{min} = 4 (l_d - l_a)$	۳-۲-۳-۱۸
	$f_{bd} = 0.65 \times \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$ $f_{bt} = 0.8 \times 0.85 \times 3.56 = 2.42 \text{ Mpa}$	گام چهارم) تعیین حداکثر قطر مجاز میلگرد با فرض اینکه قطر میلگرد مورد نظر بیشتر از ۲۰ میلیمتر است داریم: $f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$ $f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot f_{bd}$ با فرض آن که قطر میلگرد مورد نظر از ۲۰ میلیمتر بیشتر است. $\lambda_1 = 0.8$ $\lambda_2 = 0.85$ $f_b = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot f_{bd}$	الف ۳-۲-۲-۱۸ معادله ۴-۱۸ معادله ۳-۱۸ ۳-۲-۲-۱۸ ۵-۲-۲-۱۸ معادله ۳-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\ell_{db} = \frac{d_b \times 400}{4 \times 2.42}$ $\ell_{db} = 41.3 d_b$ و یا: $k_1 = 1$ $k_2 = 1$ $k_3 = 1$	$\ell_{db} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$	معادله ۲-۱۸ الف ۱-۲-۲-۱۸ ب ۱-۲-۲-۱۸ پ ۱-۲-۲-۱۸
	$\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 41.3 d_b$ $\ell_d = 41.3 d_b$ و یا: با جاگذاری ℓ_d مربوط به گام قبل در فرمول فوق داریم: $141 = 41.3 d_b$ بنابراین: $d_b = 3.4 > 2.5 \text{ cm O.K.}$ یعنی حداکثر قطر مجاز میلگرد 3.4 سانتیمتر است.	$\ell_d = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \ell_{db}$	معادله ۱-۱۸
	$4.4 = 3 d_b \rightarrow \ell_d = 1.47 \text{ m}$ $147 = 41.3 d_b$ و یا: $d_b = 3.55$ همانطور که ملاحظه می شود مقدار فوق بیشتر از مقدار بدست آمده در گام چهارم است. بنابراین از جواب بدست آمده در گام چهارم استفاده می شود یعنی: $d_{bmax} = 3.4 \text{ cm}$	گام پنجم) محاسبه ℓ_d و d_b با فرض محصور شدن آرماتورهای خمشی مثبت، در داخل بتن فشاری. با ادامه دادن آرماتورهای خمشی مثبت تا مرکز تکیه گاه ها، می توان فرض کرد که آنها در داخل بتن فشاری ناشی از عکس العمل فشاری تکیه گاه، محصور شده اند. بنابراین می توان $\frac{M_r}{V_u}$ را به اندازه $\frac{1}{3}$ افزایش داد. پس با توجه به مثال ۶ داریم: $L_{min} = 6 (\ell_d - \ell_a)$ و با صفر قراردادن مقدار ℓ_a خواهیم داشت: $L_{min} = 3 \ell_d$ با فرض $L_{min} = L_1$ داریم: $L_1 = 3 \ell_d$ با توجه به گام چهارم داریم: $\ell_d = 49.56 d_b$	۳-۲-۳-۱۸

آرماتورگذاری ۱) سطح مقطع و وزن واحد طول میلگردها

ϕ (mm)	A_s , cm ²	kg/m
۶	۰/۲۸	۰/۲۲۲
۸	۰/۵۰	۰/۳۹۵
۱۰	۰/۷۹	۰/۶۱۷
۱۲	۱/۱۳	۰/۸۸۸
۱۴	۱/۵۴	۱/۲۰۸
۱۶	۲/۰۱	۱/۵۷۸
۱۸	۲/۵۴	۱/۹۹۸
۲۰	۳/۱۴	۲/۴۶۶
۲۲	۳/۸۰	۲/۹۸۴
۲۴	۴/۵۲	۳/۵۵۱
۲۶	۵/۳۱	۴/۱۶۸
۲۸	۶/۱۶	۴/۸۳۴
۳۰	۷/۰۷	۵/۵۴۹
۳۲	۸/۰۲	۶/۳۱۳
۳۴	۹/۰۸	۷/۱۲۷
۳۶	۱۰/۱۸	۷/۹۹۰
۳۸	۱۱/۳۴	۸/۹۰۳
۴۰	۱۲/۵۷	۹/۸۶۵

آرماتورگذاری ۲) سطح مقطع میلگردها با در نظر گرفتن تعداد آنها

φ (mm)	تعداد میلگردها														
	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
۶	۰/۲۸	۰/۵۷	۰/۸۵	۱/۱۳	۱/۴۱	۱/۷۰	۱/۹۸	۲/۲۶	۲/۵۴	۲/۸۳	۳/۱۱	۳/۳۹	۳/۶۸	۳/۹۶	۴/۲۴
۸	۰/۵۰	۱/۰۱	۱/۵۴	۲/۰۱	۲/۵۱	۳/۰۲	۳/۵۲	۴/۰۲	۴/۵۲	۵/۰۳	۵/۵۳	۶/۰۳	۶/۵۳	۷/۰۴	۷/۵۴
۱۰	۰/۷۹	۵/۷۱	۲/۳۶	۳/۱۴	۳/۹۳	۴/۷۱	۵/۵۰	۶/۲۸	۷/۰۷	۷/۸۵	۸/۶۴	۹/۴۲	۱۰/۲۱	۱۱/۰۰	۱۱/۷۸
۱۲	۱/۱۳	۲/۲۶	۳/۳۹	۴/۵۲	۵/۶۵	۶/۷۹	۷/۹۲	۹/۰۵	۱۰/۱۸	۱۱/۳۱	۱۲/۴۴	۱۳/۵۷	۱۴/۷۰	۱۵/۸۳	۱۶/۹۶
۱۴	۱/۵۴	۳/۰۸	۴/۶۲	۶/۱۶	۷/۷۰	۹/۲۴	۱۰/۷۸	۱۲/۳۲	۱۳/۸۵	۱۵/۳۹	۱۶/۹۳	۱۸/۴۷	۲۰/۰۱	۲۱/۵۵	۲۳/۰۹
۱۶	۲/۰۱	۴/۰۲	۶/۰۳	۸/۰۴	۱۰/۰۵	۱۲/۰۶	۱۴/۰۷	۱۶/۰۸	۱۸/۱۰	۲۰/۱۱	۲۲/۱۲	۲۴/۱۳	۲۶/۱۴	۲۸/۱۵	۳۰/۱۶
۱۸	۲/۵۴	۵/۰۹	۷/۶۳	۱۰/۱۸	۱۲/۲۲	۱۵/۲۷	۱۷/۳۱	۲۰/۳۶	۲۲/۳۹	۲۵/۴۵	۲۷/۴۹	۳۰/۵۴	۳۲/۵۸	۳۵/۶۳	۳۸/۶۸
۲۰	۳/۱۴	۶/۲۸	۹/۴۲	۱۲/۵۷	۱۵/۷۱	۱۸/۸۵	۲۱/۹۰	۲۵/۱۳	۲۸/۲۷	۳۱/۴۲	۳۳/۵۶	۳۷/۷۰	۴۰/۸۴	۴۳/۹۸	۴۷/۱۲
۲۲	۳/۸۰	۷/۶۰	۱۱/۴۰	۱۵/۲۱	۱۹/۰۱	۲۲/۸۱	۲۶/۶۱	۳۰/۴۱	۳۳/۶۱	۳۸/۰۱	۴۱/۳۱	۴۵/۶۲	۴۹/۴۹	۵۳/۲۲	۵۷/۰۲
۲۴	۴/۵۲	۹/۰۹	۱۳/۵۷	۱۸/۱۰	۲۲/۶۲	۲۷/۱۴	۳۱/۶۷	۳۶/۱۹	۴۰/۷۱	۴۵/۲	۴۹/۷۶	۵۴/۲۹	۵۸/۵۸	۶۳/۳۳	۶۷/۸۶
۲۶	۵/۳۱	۱۰/۶۲	۱۵/۹۳	۲۱/۲۴	۲۶/۵۵	۳۱/۸۶	۳۷/۱۷	۴۲/۴۷	۴۷/۷۸	۵۳/۰۹	۵۸/۴۰	۶۳/۷۱	۶۸/۶۹	۷۳/۳۳	۷۹/۶۴
۲۸	۶/۱۶	۱۲/۳۲	۱۸/۱۸	۲۴/۶۳	۳۰/۷۹	۳۶/۹۵	۴۳/۱۰	۴۹/۲۷	۵۵/۴۲	۶۱/۵۸	۶۷/۷۳	۷۳/۸۹	۷۹/۸۰	۸۶/۲۱	۹۲/۳۶
۳۰	۷/۰۷	۱۴/۱۴	۲۱/۲۱	۲۸/۲۸	۳۵/۳۴	۴۲/۴۱	۴۹/۴۸	۵۶/۵۶	۶۳/۶۲	۷۰/۶۹	۷۷/۷۵	۸۴/۸۲	۸۹/۹۱	۹۷/۹۶	۱۰۶/۰۳
۳۲	۸/۰۴	۱۶/۰۸	۲۴/۱۲	۳۲/۱۷	۴۰/۲۱	۴۸/۲۵	۵۶/۳۰	۶۳/۳۶	۷۲/۳۸	۸۰/۴۲	۸۸/۴۷	۹۶/۵۱	۱۰۴/۵۵	۱۱۲/۵۹	۱۲۰/۶۴
۳۴	۹/۰۸	۱۸/۱۶	۲۷/۲۴	۳۶/۳۲	۴۵/۴۰	۵۴/۴۸	۶۳/۵۵	۷۲/۶۳	۸۱/۷۱	۹۰/۷۹	۹۹/۸۷	۱۰۸/۹۵	۱۱۸/۰۳	۱۲۷/۱۱	۱۳۶/۱۹
۳۶	۱۰/۱۸	۲۰/۳۶	۳۰/۵۴	۴۰/۷۲	۵۰/۸۹	۶۱/۰۷	۷۱/۲۵	۸۱/۴۳	۹۱/۶۱	۱۰۰/۷۹	۱۱۱/۹۷	۱۲۲/۱۵	۱۳۳/۳۲	۱۴۲/۵۰	۱۵۲/۶۸
۳۸	۱۱/۳۴	۲۲/۶۸	۳۳/۰۲	۴۵/۳۶	۵۶/۷۱	۶۸/۰۵	۷۹/۳۹	۹۰/۷۳	۱۰۲/۰۷	۱۱۳/۴۱	۱۱۴/۷۵	۱۳۶/۰۹	۱۳۷/۳۳	۱۵۷/۷۸	۱۷۰/۱۲

آرماتورگذاری (۳) حداکثر مقدار A برای یک میلگرد به مقدار کنترل ترک در تیرها و دالها

مراجع، بندها ۲-۳-۱۴ و ۳-۳-۱۴ از آیین‌نامه بتن ایران

$$A_{\max} = \frac{1}{d_c} \left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3$$

$$f_s = 0.6f_y \quad , \quad b_{w \max} = \frac{A_{\max} n}{t}$$

dc (mm)	$f_s = 300 \text{ MPa}$		$f_s = 400 \text{ MPa}$	
	W = 0.35	W = 0.4	W = 0.35	W = 0.4
۲۵	۱۳۳۸۴۹	۱۹۹۷۹۹	۵۶۴۶۸	۸۴۲۹۰
۳۰	۱۱۱۵۴۱	۱۶۶۴۹۹	۴۷۰۵۶	۷۰۲۴۲
۳۵	۹۵۶۰۷	۱۴۲۷۱۳	۴۰۳۳۴	۶۰۲۰۷
۴۰	۸۳۶۵۶	۱۲۴۸۱۴	۳۵۲۹۲	۵۲۶۸۱
۴۵	۷۴۳۷۱	۱۱۰۹۹۹	۳۱۳۷۱	۴۶۸۲۸
۵۰	۶۶۹۱۵	۹۹۸۹۹	۲۸۲۳۴	۴۲۱۴۵
۵۵	۶۰۸۴۱	۹۰۸۱۸	۲۵۶۶۷	۳۸۳۱۴
۶۰	۵۵۷۷۱	۸۳۲۳۹	۲۳۵۲۸	۳۵۱۲۱
۶۵	۵۱۴۸۱	۷۶۸۴۶	۲۱۷۱۸	۳۲۴۱۹
۷۰	۴۷۸۰۳	۷۱۳۵۷	۲۰۱۶۷	۳۰۱۰۴
۷۵	۴۴۶۱۶	۶۶۶۰۰	۱۸۸۲۳	۲۸۰۹۷
۸۰	۴۱۸۲۸	۶۱۴۳۷	۱۷۶۴۶	۲۶۳۴۱
۸۵	۳۹۳۶۷	۵۸۱۶۴	۱۶۶۰۸	۲۴۷۹۱
۹۰	۳۷۱۸۰	۵۵۵۰۰	۱۵۶۸۵	۲۳۴۱۴
۹۵	۳۵۲۲۴	۵۲۵۱۹	۱۴۸۶۰	۲۲۱۸۲
۱۰۰	۳۳۴۶۲	۴۹۹۵۰	۱۴۱۱۷	۲۱۰۷۳
۱۰۵	۳۱۸۶۹	۴۷۵۷۱	۱۳۴۴۵	۲۰۰۶۹
۱۱۰	۳۰۴۲۰	۴۵۴۰۹	۱۲۸۳۴	۱۹۱۵۷
۱۱۵	۲۹۰۹۸	۴۳۴۷۴	۱۲۲۷۶	۱۸۳۲۴
۱۱۰	۲۷۸۸۵	۴۱۶۲۵	۱۱۷۶۴	۱۷۵۶۰
۱۱۵	۲۶۷۷۰	۳۹۹۶۰	۱۱۲۹۴	۱۶۸۵۸

آرماتورگذاری (۴) نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد میلگردهای کششی تیرها و دال‌ها که به صورت تکی بکار رفته‌اند (به منظور کنترل ترک‌خوردگی)

مراجع، بندهای ۸-۳-۶ و ۸-۳-۹ و ۱۴-۳-۲ و ۱۴-۳-۳ از آیین‌نامه بتن ایران

$$\frac{b_{w \max}}{n} = \left(\frac{\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s}}{2d_c^2} \right)^3$$

برای میلگردهایی که در یک لایه قرار گرفته‌اند.

$$\frac{b_{w \max}}{n} = \frac{\left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{d_c (140 + 2d_b)}$$

برای میلگردهایی که در دو لایه قرار گرفته‌اند.

$$\frac{b_{w \max}}{n} = \frac{\left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{d_c (170 + 3d_b)}$$

برای میلگردهایی که در سه لایه قرار گرفته‌اند.

$$f_s = 0.6f_y \quad , \quad d_c = 55 + \frac{1}{2}d_b$$

W		تعداد لایه ها	f _y MPa	قطر میلگرد (mm)															
				۱۰	۱۲	۱۴	۱۶	۱۸	۲۰	۲۲	۲۴	۲۶	۲۸	۳۰	۳۲	۳۴	۳۶	۳۸	۴۰
w=0/4	۱		۳۰۰	۶۹۳/۷۵	۶۷۱/۱۹	۶۴۹/۷۱	۶۲۹/۲۵	۶۰۹/۸۴	۵۹۱/۱۲	۵۷۳/۳۳	۵۵۴/۳۶	۵۴۰/۱۱	۵۲۴/۵۷	۵۰۹/۶۹	۴۹۵/۴۳	۴۸۱/۷۷	۴۶۸/۶۶	۴۵۱/۰۸	۴۴۴/۰۰
			۴۰۰	۲۹۲/۶۷	۲۸۳/۱۶	۲۷۴/۱۰	۲۶۵/۴۶	۲۵۷/۳۳	۲۴۹/۳۸	۲۴۱/۸۸	۲۳۳/۷۱	۲۲۷/۸۶	۲۲۱/۳	۲۱۵/۰۳	۲۰۹/۰۱	۲۰۳/۲۵	۱۹۷/۷۲	۱۹۵/۴۱	۱۸۷/۳۱
	۲		۳۰۰	۵۲۰/۳۱	۴۹۹/۳	۴۷۹/۵۵	۴۶۰/۹۶	۴۴۳/۴۴	۴۲۶/۹۲	۴۱۱/۳۱	۳۹۱/۵۵	۳۸۲/۵۸	۳۶۹/۳۴	۳۵۶/۸۸	۳۴۴/۸۶	۳۳۳/۵۳	۳۲۲/۷۶	۳۱۲/۵۰	۳۰۲/۷۳
			۴۰۰	۲۱۹/۵۱	۲۱۰/۶۴	۲۰۲/۳۱	۱۹۴/۴۷	۱۸۷/۰۸	۱۸۰/۱۱	۱۷۳/۵۲	۱۶۷/۳۰	۱۶۱/۱۴	۱۵۵/۸۲	۱۵۰/۵۲	۱۴۵/۴۹	۱۴۰/۷۱	۱۳۶/۱۶	۱۳۱/۸۴	۱۲۷/۷۱
	۳		۳۰۰	۴۱۶/۲۵	۳۹۷/۵	۳۸۰/۰۲	۳۶۳/۶۹	۳۴۸/۴۲	۳۳۴/۱۱	۳۲۰/۶۸	۳۰۸/۰۶	۲۹۶/۱۹	۲۸۵/۰۰	۲۷۴/۴۵	۲۶۴/۴۸	۲۵۵/۰۵	۲۴۶/۱۳	۲۳۷/۶۷	۲۲۹/۶۵
			۴۰۰	۱۷۵/۶۰	۱۶۷/۶۹	۱۶۰/۳۲	۱۵۳/۴۴	۱۴۶/۹۹	۱۴۰/۹۵	۱۳۵/۴۹	۱۲۹/۹۶	۱۲۴/۹۶	۱۲۰/۲۴	۱۱۵/۷۸	۱۱۱/۵۸	۱۰۷/۶۰	۱۰۳/۸۴	۱۰۰/۳۷	۹۶/۸۹
w=0/35	۱		۳۰۰	۴۶۴/۷۵	۴۴۹/۶۴	۴۳۵/۲۵	۴۲۱/۵۵	۴۰۸/۴۸	۳۹۶/۰۰	۳۸۴/۱۰	۳۷۲/۷۲	۳۶۱/۸۳	۳۵۱/۴۲	۳۴۱/۴۵	۳۳۱/۹۰	۳۲۲/۷۵	۳۱۳/۹۶	۳۰۵/۵۴	۲۹۷/۴۴
			۴۰۰	۱۹۱/۰۷	۱۸۹/۶۹	۱۸۳/۶۲	۱۷۷/۸۴	۱۷۳/۳۳	۱۶۷/۰۶	۱۶۲/۰۴	۱۵۷/۳۴	۱۵۲/۹۵	۱۴۸/۲۶	۱۴۴/۰۵	۱۴۰/۰۲	۱۳۶/۱۶	۱۳۲/۴۵	۱۲۸/۹۰	۱۲۵/۴۸
	۲		۳۰۰	۳۴۸/۵۷	۳۳۴/۴۹	۳۲۱/۳۶	۳۰۸/۸۱	۲۹۷/۰۷	۲۸۶/۰۰	۲۷۵/۵۵	۲۶۵/۶۶	۲۵۶/۳۰	۲۴۷/۴۳	۲۳۹/۰۲	۲۳۱/۰۳	۲۲۳/۴۴	۲۱۶/۲۲	۲۰۹/۳۵	۲۰۲/۸۰
			۴۰۰	۱۴۷/۰۵	۱۴۱/۱۱	۱۳۵/۵۳	۱۳۰/۱۸	۱۲۵/۳۳	۱۲۰/۶۶	۱۱۶/۲۵	۱۱۲/۰۷	۱۰۸/۱۳	۱۰۴/۳۸	۱۰۰/۸۴	۹۷/۴۷	۹۴/۲۶	۹۱/۳۲	۸۸/۳۲	۸۵/۵۶
	۳		۳۰۰	۲۷۸/۸۵	۲۶۶/۳	۲۵۴/۵۸	۲۴۳/۶۵	۲۳۳/۴۱	۲۲۳/۸۳	۲۱۴/۸۳	۲۰۶/۳۸	۱۹۸/۴۲	۱۹۰/۹۳	۱۸۳/۸۶	۱۷۷/۸۸	۱۷۰/۸۷	۱۶۴/۸۹	۱۵۹/۲۲	۱۵۳/۸۵
			۴۰۰	۱۱۷/۱۴	۱۱۲/۳۴	۱۰۷/۴	۱۰۲/۷۹	۹۸/۴۷	۹۴/۴۳	۹۰/۶۳	۸۷/۰۷	۸۳/۷۱	۸۰/۵۵	۷۷/۵۶	۷۴/۷۵	۷۲/۰۸	۶۹/۰۵	۶۷/۱۷	۶۴/۹۱

آرماتورگذاری (۵) نسبت حداکثر عرض تیر به تعداد گروه میلگردها، در حالتیکه میلگردهای با قطر مساوی در یک لایه قرار گرفته‌اند (به منظور کنترل ترک خوردگی)
مراجع، بندهای ۸-۲-۶ و ۸-۲-۷ و ۸-۲-۹ و ۱۴-۳-۲ و ۱۴-۳-۳ از آیین‌نامه بتن ایران و مقاله زیر :

"Crack Control in Beams Reinforced with Bundled Bars Using ACI 318-71 , "

Edvard G.Nawy, ACI JOURNAL, Proceeding V.69 , No. 10 , Oct . 1972 , pp

637-639.

$$\frac{b_w}{n} = \left(\frac{K \left(\frac{W}{13 \times 10^{-6} \times f_s} \right)^3}{2(d_c)^2} \right) \times (\text{تعداد میلگردهای هر گروه})$$

$K = 0.815$

برای حالتیکه دو میلگرد در یک گروه قرار دارند

$K = 0.65$

برای حالتیکه سه میلگرد در یک گروه قرار دارند

$f_s = 0.6 f_y$

	ترکیب گروه میلگردها	f_y (MPa)	bw/n			
			قطر میلگرد (mm)			
			۲۴	۲۶	۲۸	۳۰
W = 0.40	 $d_c = 55 + \frac{1}{2} d_b$ (mm)	۳۰۰	۹۰۶/۸۶	۸۸۰/۳۸	۸۵۵/۰۶	۸۳۰/۸۰
		۴۰۰	۳۸۲/۵۸	۳۷۱/۴۲	۳۶۰/۷۲	۳۵۰/۵۰
	 $d_c = 55 + 0.788 d_b$ (mm)	۳۰۰	۸۹۱/۴۸	۸۵۴/۶۴	۸۲۰/۰۵	۷۸۷/۵۰
		۴۰۰	۳۷۶/۰۸	۳۶۰/۵۴	۳۴۵/۹۶	۳۳۲/۲۲
W = 0.35	 $d_c = 55 + \frac{1}{2} d_b$ (mm)	۳۰۰	۶۰۷/۵۲	۵۸۹/۷۸	۵۷۲/۸۲	۵۵۶/۵۶
		۴۰۰	۲۵۶/۳۰	۲۴۸/۸۲	۲۴۱/۶۶	۲۳۴/۸۰
	 $d_c = 55 + 0.788 d_b$ (mm)	۳۰۰	۵۹۷/۲۱	۵۷۲/۵۵	۵۴۹/۳۶	۵۲۷/۵۵
		۴۰۰	۲۵۱/۹۴	۲۴۱/۵۳	۲۳۱/۷۵	۲۲۲/۵۷

آرمان‌نگذاری (۶) سطح مقطع میلگردهای موجود در یک متر عرض

فاصله دو میلگرد (در یک متر (cm))	تعداد میلگردها	۶/۰۰	۸/۰۰	۱۰/۰۰	۱۲/۰۰	۱۴/۰۰	۱۶/۰۰	۱۸/۰۰	۲۰/۰۰	۲۲/۰۰	۲۴/۰۰	۲۶/۰۰	۲۸/۰۰	۳۰/۰۰
۴	۲۵/۰۰	۷/۰۰	۱۲/۵۷	۱۹/۶۳	۲۸/۷۸	۳۸/۹۳	۵۰/۳۷	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۵۳/۹۴	۱۶۷/۷۱
۵	۲۰/۰۰	۵/۶۵	۱۰/۰۵	۱۵/۸۱	۲۱/۹۶	۲۸/۱۱	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۶	۱۶/۶۷	۴/۸۱	۷/۷۱	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۷	۱۴/۶۹	۴/۰۴	۷/۷۱	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۷/۵	۱۳/۳۳	۳/۸۸	۶/۷۰	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۸	۱۱/۷۶	۳/۵۳	۶/۷۰	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۹	۱۱/۱۱	۳/۳۳	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۹/۵	۱۰/۵۳	۲/۷۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۰	۱۰/۰۰	۲/۷۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۰/۵	۹/۵۲	۲/۶۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۱	۹/۰۰	۲/۵۱	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۱/۵	۸/۷۸	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۲	۸/۳۳	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۲/۵	۸/۰۰	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۳	۷/۶۹	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۳/۵	۷/۴۹	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۴	۷/۱۴	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۴/۵	۶/۹۰	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۵	۶/۶۷	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۵/۵	۶/۴۵	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۶	۶/۲۵	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۶/۵	۶/۰۶	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۷	۵/۸۸	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۷/۵	۵/۷۱	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۸	۵/۵۶	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۸/۵	۵/۴۱	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۹	۵/۲۶	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۱۹/۵	۵/۱۳	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۲۰	۵/۰۰	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۲۵	۴/۰۰	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷
۳۰	۳/۳۳	۲/۴۹	۵/۵۵	۱۰/۳۱	۱۶/۶۱	۲۵/۵۷	۳۸/۳۱	۵۰/۲۸	۶۳/۶۲	۷۸/۵۴	۹۵/۰۳	۱۱۳/۱۰	۱۳۲/۷۳	۱۴۱/۳۷

قطر میلگردها (mm)

آرماتورگذاری (۱-۷) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$ ($f_c = 20 \text{ MPa}$)

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۵۹	۳۲۴	۱۸۳
۱۰	۳۴۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۳۰	۳۰۴	۱۷۲	۵۷۳	۴۰۵	۲۲۹
۱۲	۴۱۳	۳۰۰	۱۶۵	۵۱۶	۳۶۴	۲۰۶	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵
۱۴	۴۸۲	۳۴۰	۱۹۳	۶۰۲	۴۲۵	۲۴۱	۸۰۳	۵۶۷	۳۲۱
۱۶	۵۵۰	۳۸۹	۲۲۰	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵	۹۱۷	۶۴۸	۳۶۷
۱۸	۶۱۹	۴۳۷	۲۴۸	۷۷۴	۵۴۶	۳۱۰	۱۰۳۲	۷۲۸	۴۱۳
۲۰	۶۸۸	۴۸۶	۲۷۵	۸۶۰	۶۰۷	۳۴۴	۱۱۴۷	۸۰۹	۴۵۹
۲۲	۹۴۶	۶۶۸	۳۰۳	۱۱۸۳	۸۳۵	۳۷۸	۱۵۷۷	۱۱۱۳	۵۰۵
۲۴	۱۰۳۲	۷۲۸	۳۳۰	۱۲۹۰	۹۱۱	۴۱۳	۱۵۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰
۲۶	۱۱۱۸	۷۸۹	۳۵۸	۱۳۹۸	۹۸۷	۴۴۷	۱۸۶۳	۱۳۱۵	۵۹۶
۲۸	۱۲۰۴	۸۵۰	۳۸۵	۱۵۰۵	۱۰۶۲	۴۸۲	۲۰۰۷	۱۴۱۷	۶۴۲
۳۰	۱۲۹۰	۹۱۱	۴۱۳	۱۶۱۳	۱۱۳۸	۵۱۶	۲۱۵۰	۱۵۱۸	۶۸۸
۳۲	۱۳۷۶	۹۷۱	۴۴۰	۱۷۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰	۲۲۹۳	۱۶۱۹	۷۳۴
۳۴	۱۴۶۲	۱۰۳۲	۴۶۸	۱۸۲۸	۱۲۹۰	۵۸۵	۲۴۳۷	۱۷۲۰	۷۸۰
۳۶	۱۵۴۸	۱۰۹۳	۴۹۵	۱۹۳۵	۱۳۶۶	۶۱۹	۲۵۸۰	۱۸۲۱	۸۲۶
۳۸	۱۶۳۴	۱۱۵۳	۵۲۳	۲۰۴۳	۱۴۴۲	۶۵۴	۲۷۲۳	۱۹۲۲	۸۷۱
۴۰	۱۷۲۰	۱۲۱۴	۵۵۰	۲۱۵۰	۱۵۱۸	۶۸۸	۲۸۶۷	۲۰۲۴	۹۱۷

یادداشت:

۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می گیرند 1.3 برابر مقادیر جدول فوق می باشد.

۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرائی دو برابر مقادیر جدول بالا می باشد.

۳- طول گیرائی مینا برای میلگردهای قلاب دار، ℓ_{dthb} برابر طول گیرائی میلگردهای مستقیم در فشار است.

۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرایب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

آرماتورگذاری (۷-۲) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$ ($f_c = 25 \text{ MPa}$)

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰	۴۱۰	۳۰۰	۱۶۴
۱۰	۳۰۸	۳۰۰	۱۵۰	۳۸۵	۳۰۰	۱۵۴	۵۱۳	۳۶۲	۲۰۵
۱۲	۳۶۹	۳۰۰	۱۵۰	۴۶۲	۳۲۶	۱۸۵	۶۱۵	۴۳۴	۲۴۶
۱۴	۴۳۱	۳۰۴	۱۷۲	۵۳۸	۳۸۰	۲۱۵	۷۱۸	۵۰۷	۲۸۷
۱۶	۴۹۲	۳۴۸	۱۹۷	۶۱۵	۴۳۴	۲۴۶	۸۲۱	۵۷۹	۳۲۸
۱۸	۵۵۴	۳۹۱	۲۲۲	۶۹۲	۴۸۹	۲۷۷	۹۲۳	۶۵۲	۳۶۹
۲۰	۶۱۵	۴۳۴	۲۴۶	۷۶۹	۵۴۳	۳۰۸	۱۰۲۶	۷۲۴	۴۱۰
۲۲	۸۴۶	۵۹۷	۲۷۱	۱۰۵۸	۷۴۷	۳۳۸	۱۴۱۰	۹۹۵	۴۵۱
۲۴	۹۲۳	۶۵۲	۲۹۵	۱۱۵۴	۸۱۴	۳۶۹	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲
۲۶	۱۰۰۰	۷۰۶	۳۲۰	۱۲۵۰	۸۸۲	۴۰۰	۱۶۶۷	۱۱۷۶	۵۳۳
۲۸	۱۰۷۷	۷۶۰	۳۴۵	۱۳۴۶	۹۵۰	۴۳۱	۱۷۹۵	۱۲۶۷	۵۷۴
۳۰	۱۱۵۴	۸۱۴	۳۶۹	۱۴۴۲	۱۰۱۸	۴۶۲	۱۹۲۲۳	۱۳۵۷	۶۱۵
۳۲	۱۲۳۱	۸۶۹	۳۹۴	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲	۲۰۵۱	۱۴۴۸	۶۵۶
۳۴	۱۳۰۸	۹۲۳	۴۱۸	۱۶۳۵	۱۱۵۴	۵۲۳	۲۱۷۹	۱۵۳۸	۶۹۷
۳۶	۱۳۸۵	۹۷۷	۴۴۳	۱۷۳۱	۱۲۲۲	۵۵۴	۲۳۰۸	۱۶۲۹	۷۳۸
۳۸	۱۴۶۲	۱۰۳۲	۴۶۸	۱۸۲۷	۱۲۹۰	۵۸۵	۲۴۳۶	۱۷۱۹	۷۷۹
۴۰	۱۵۳۸	۱۰۸۶	۴۹۲	۱۹۲۳	۱۳۵۷	۶۱۵	۲۵۶۴	۱۸۱۰	۸۲۱

یادداشت:

۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می گیرند 1.3 برابر مقادیر جدول فوق می باشد.

۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرائی دو برابر مقادیر جدول بالا می باشد.

۳- طول گیرائی مبنا برای میلگردهای قلاب دار، ℓ_{dcb} برابر طول گیرائی میلگردهای مستقیم در فشار است.

۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرایب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell'_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bdl})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

آرماتورگذاری ۳-۷) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$ ($f_c = 30 \text{ MPa}$)

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۷۵	۳۰۰	۱۵۰
۱۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۵۱	۳۰۰	۱۵۰	۴۶۸	۳۳۰	۱۸۷
۱۲	۳۳۷	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۱	۳۰۰	۱۶۹	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵
۱۴	۳۹۳	۳۰۰	۱۵۷	۴۹۲	۳۴۷	۱۹۷	۶۵۵	۴۶۳	۲۶۲
۱۶	۴۴۹	۳۱۷	۱۸۰	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵	۷۴۹	۵۲۹	۳۰۰
۱۸	۵۰۶	۳۵۷	۲۰۲	۶۳۲	۴۴۶	۲۵۳	۸۴۳	۵۹۵	۳۳۷
۲۰	۵۶۲	۳۹۷	۲۲۵	۷۰۲	۴۹۶	۲۸۱	۹۳۶	۶۶۱	۳۷۵
۲۲	۷۷۲	۵۴۵	۲۴۷	۹۶۶	۶۸۲	۳۰۹	۱۲۸۷	۹۰۹	۴۱۲
۲۴	۸۴۳	۵۹۵	۲۷۰	۱۰۵۳	۷۴۴	۳۳۷	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹
۲۶	۹۱۳	۶۴۴	۲۹۲	۱۱۴۱	۸۰۵	۳۶۵	۱۵۲۱	۱۰۷۴	۴۸۷
۲۸	۹۸۳	۶۹۴	۳۱۵	۱۲۲۹	۸۶۷	۳۹۳	۱۶۳۸	۱۱۵۷	۵۲۴
۳۰	۱۰۵۳	۷۴۴	۳۳۷	۱۳۱۷	۹۲۹	۴۲۱	۱۷۵۶	۱۲۳۹	۵۶۲
۳۲	۱۱۲۴	۷۹۳	۳۶۰	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹	۱۸۷۳	۱۳۲۲	۵۹۹
۳۴	۱۱۹۴	۸۴۳	۳۸۲	۱۴۹۲	۱۰۵۳	۴۷۸	۱۹۹۰	۱۴۰۴	۶۳۷
۳۶	۱۲۶۴	۸۹۲	۴۰۴	۱۵۸۰	۱۱۱۵	۵۰۶	۲۱۰۷	۱۴۸۷	۶۷۴
۳۸	۱۳۳۴	۹۴۲	۴۲۷	۱۶۶۸	۱۱۷۷	۵۳۴	۲۲۲۴	۱۵۷۰	۷۱۲
۴۰	۱۴۰۴	۹۹۱	۴۴۹	۱۷۵۶	۱۲۳۹	۵۶۲	۲۳۴۱	۱۶۵۲	۷۴۹

یادداشت:

۱- طول گیرائی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند 1.3 برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.

۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرائی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.

۳- طول گیرائی مینا برای میلگردهای قلاب‌دار، ℓ_{dhb} برابر طول گیرائی میلگردهای مستقیم در فشار است.

۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرایب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

آرماتورگذاری ۴-۷) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$ ($f_c = 35 \text{ MPa}$)

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۴۷	۳۰۰	۱۵۰
۱۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۲۵	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۳	۳۰۶	۱۷۳
۱۲	۳۱۲	۳۰۰	۱۵۰	۳۹۰	۳۰۰	۱۵۶	۵۲۰	۳۶۷	۲۰۸
۱۴	۳۶۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۵۵	۳۲۱	۱۸۲	۶۰۷	۴۲۸	۲۴۳
۱۶	۴۱۶	۳۰۰	۱۶۶	۵۲۰	۳۶۷	۲۰۸	۶۹۳	۴۹۰	۲۷۷
۱۸	۴۶۸	۳۳۰	۱۸۷	۵۸۵	۴۱۳	۲۳۴	۷۸۰	۵۵۱	۳۱۲
۲۰	۵۲۰	۳۶۷	۲۰۸	۶۵۰	۴۵۹	۲۶۰	۸۶۷	۶۱۲	۳۴۷
۲۲	۷۱۵	۵۰۵	۲۲۹	۸۹۴	۶۳۱	۲۸۶	۱۱۹۲	۸۴۱	۳۸۱
۲۴	۷۸۰	۵۵۱	۲۵۰	۹۷۵	۶۶۸	۳۱۲	۱۳۰۰	۹۱۸	۴۱۶
۲۶	۸۴۵	۵۹۷	۲۷۰	۱۰۵۶	۷۴۶	۳۳۸	۱۴۰۹	۹۹۴	۴۵۱
۲۸	۹۱۰	۶۴۲	۲۹۱	۱۱۳۸	۸۰۳	۳۶۴	۱۵۱۷	۱۰۷۱	۴۸۵
۳۰	۹۷۵	۶۸۸	۳۱۲	۱۲۱۹	۸۶۰	۳۹۰	۱۶۲۵	۱۱۴۷	۵۲۰
۳۲	۱۰۴۰	۷۳۴	۳۳۳	۱۳۰۰	۹۱۸	۴۱۶	۱۷۳۴	۱۲۲۴	۵۵۵
۳۴	۱۱۰۵	۷۸۰	۳۵۴	۱۳۸۲	۹۷۵	۴۴۲	۱۸۴۲	۱۳۰۰	۵۸۹
۳۶	۱۱۷۰	۸۲۶	۳۷۴	۱۴۶۳	۱۰۳۳	۴۶۸	۱۹۵۰	۱۳۷۷	۶۲۴
۳۸	۱۲۳۵	۸۷۲	۳۹۵	۱۵۴۴	۱۰۹۰	۴۹۴	۲۰۵۹	۱۴۵۳	۶۵۹
۴۰	۱۳۰۰	۹۱۸	۴۱۶	۱۶۲۵	۱۱۴۷	۵۲۰	۲۱۶۷	۱۵۳۰	۶۹۳

یادداشت:

۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می‌گیرند 1.3 برابر مقادیر جدول فوق می‌باشد.

۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرائی دو برابر مقادیر جدول بالا می‌باشد.

۳- طول گیرائی مینا برای میلگردهای قلاب‌دار، ℓ_{dhh} برابر طول گیرائی میلگردهای مستقیم در فشار است.

۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرایب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده‌اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

آرماتورگذاری (۵-۷) طول گیرائی میلگردهای آجدار با قطرهای مختلف در حالت $k_1=k_2=k_3=1$ ($f_c = 40 \text{ MPa}$)

db (mm)	$f_c = 20 \text{ MPa}$								
	$f_y = 240 \text{ MPa}$			$f_y = 300 \text{ MPa}$			$f_y = 400 \text{ MPa}$		
	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$	$L_d \text{ (mm)}$		$L_{dc} \text{ (mm)}$
	$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$		$\lambda_2 = 0.6$	$\lambda_2 = 0.85$	
۶	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰
۸	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۲۴	۳۰۰	۱۵۰
۱۰	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۰۴	۳۰۰	۱۵۰	۴۰۵	۳۰۰	۱۶۲
۱۲	۳۰۰	۳۰۰	۱۵۰	۳۶۵	۳۰۰	۱۵۰	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵
۱۴	۳۴۱	۳۰۰	۱۵۰	۴۲۶	۳۰۰	۱۷۰	۵۶۸	۴۰۱	۲۲۷
۱۶	۳۸۹	۳۰۰	۱۵۶	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵	۶۴۹	۴۵۸	۲۵۹
۱۸	۴۳۸	۳۰۹	۱۷۵	۵۴۷	۳۸۶	۲۱۹	۷۳۰	۵۱۵	۲۹۲
۲۰	۴۸۷	۳۴۳	۱۹۵	۶۰۸	۴۲۹	۲۴۳	۷۱۱	۵۷۲	۳۲۴
۲۲	۶۶۹	۴۷۲	۲۱۴	۸۳۶	۵۹۰	۲۶۸	۱۱۱۵	۷۸۷	۳۵۷
۲۴	۷۳۰	۵۱۵	۲۳۴	۹۱۲	۶۴۴	۲۹۲	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹
۲۶	۷۹۱	۵۵۸	۲۵۳	۹۸۸	۶۹۸	۳۱۶	۱۳۱۸	۹۳۰	۴۲۲
۲۸	۸۵۱	۶۰۱	۲۷۲	۱۰۶۴	۷۵۱	۳۴۱	۱۴۱۹	۱۰۰۲	۴۵۴
۳۰	۹۱۲	۶۴۴	۲۹۲	۱۱۴۰	۸۰۵	۳۶۵	۱۵۲۰	۱۰۷۳	۴۸۷
۳۲	۹۷۳	۶۸۷	۳۱۱	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹	۱۶۲۲	۱۱۴۵	۵۱۹
۳۴	۱۰۳۴	۷۳۰	۳۳۱	۱۲۹۲	۹۱۲	۴۱۴	۱۷۲۳	۱۲۱۶	۵۵۱
۳۶	۱۰۹۵	۸۷۳	۳۵۰	۱۳۶۸	۹۶۶	۴۳۸	۱۸۲۴	۱۲۸۸	۵۸۴
۳۸	۱۱۵۵	۸۱۶	۳۷۰	۱۴۴۴	۱۰۲۰	۴۶۲	۱۹۲۶	۱۳۵۹	۶۱۶
۴۰	۱۲۱۶	۸۵۹	۳۸۹	۱۵۲۰	۱۰۷۳	۴۸۷	۲۰۲۷	۱۴۳۱	۶۴۹

یادداشت:

۱- طول گیرایی در کشش برای میلگردهایی که در روی دال یا تیر قرار می گیرند 1.3 برابر مقادیر جدول فوق می باشد.

۲- برای میلگردهای با بدنه صاف طول گیرائی دو برابر مقادیر جدول بالا می باشد.

۳- طول گیرائی مینا برای میلگردهای قلابدار، ℓ_{dhh} برابر طول گیرائی میلگردهای مستقیم در فشار است.

۴- در محاسبه ℓ_{dc} ، ضرایب α_1 و α_2 برابر ۱ فرض شده اند.

$$(۲-۱۸) \quad \ell_{db} = \frac{d_b f_y}{4f_b}$$

$$(۷-۱۸) \quad \ell_{dc} = \alpha_1 \alpha_2 \ell_{dcb}$$

$$(۳-۱۸) \quad f_b = \lambda_1 \lambda_2 f_{bd}$$

$$\ell_{dcb} = \frac{d_b f_y}{4(1.5f_{bd})}$$

$$(۴-۱۸) \quad f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$$

$$\lambda_1 = 1 \quad d_b \leq 20 \text{ mm}$$

$$\lambda_1 = 0.8 \quad d_b > 20 \text{ mm}$$

ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله

مهر و امضاء

مثال ۱ طرح تیرهای سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

تیر AB شکل زیر را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید.

مشخصات :

$$\text{تیر ابعاد } b \times h = 50 \times 60 \text{ cm}^2$$

$$\text{ضخامت دال } t = 20 \text{ cm}$$

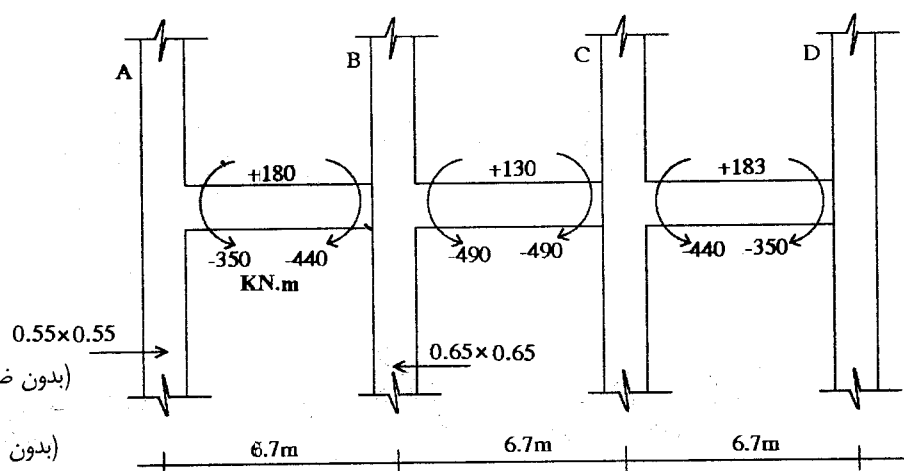
$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

$$\text{بار مرده روی تیر (بدون ضریب)} W_D = 55 \text{ KN/m}$$

$$\text{بار زنده روی تیر (بدون ضریب)} W_L = 28 \text{ KN/m}$$

$$N_u < 0.15 \phi_c f_c A_g$$

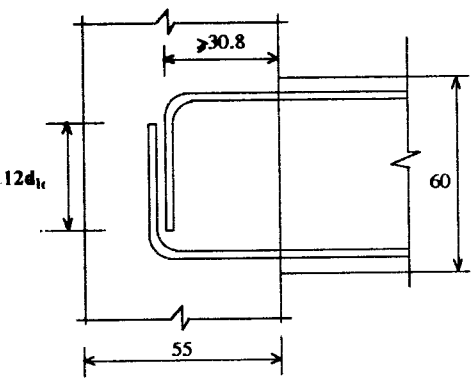


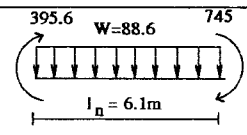
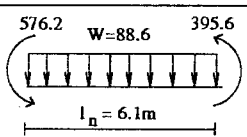
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
	گام اول) کنترل ابعاد اعضای خمشی در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شود: الف- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد. ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم ارتفاع آن باشد. پ- عرض مقطع نباید : - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف ستون باشد. - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی به اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع ستون در هر طرف ستون باشد. - کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.	کنترل ابعاد اعضای خمشی در اعضای خمشی قاب‌ها محدودیت‌های هندسی زیر باید رعایت شود: الف- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد. ب- عرض مقطع نباید کمتر از سه‌دهم ارتفاع آن باشد. پ- عرض مقطع نباید : - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه سه چهارم ارتفاع عضو خمشی در هر طرف ستون باشد. - بیشتر از عرض ستون تکیه‌گاهی به اضافه یک چهارم بعد دیگر مقطع ستون در هر طرف ستون باشد. - کمتر از ۲۵ سانتیمتر باشد.	۱-۱-۱-۵-۲۰
	$\frac{d}{\ell_n} = \frac{0.55}{6.7 - 0.5(0.55 + 0.65)} = 0.09 < 0.25$ $\frac{b}{h} = \frac{50}{60} = 0.83 > 0.30 \text{ O.K.}$ یعنی : (ارتفاع تیر $\times 1.5 +$ عرض ستون) $b \leq$ $b \leq (0.55 + 1.5 \times 0.6) = 1.45$ $(b=0.5) < 1.45 \text{ O.K.}$ $b \leq (0.55 + 1/2 \times 0.55) = 0.825 \text{ m}$ $(b=0.5) < 0.825 \text{ O.K.}$ $(b=0.5) > 0.25 \text{ m O.K.}$		

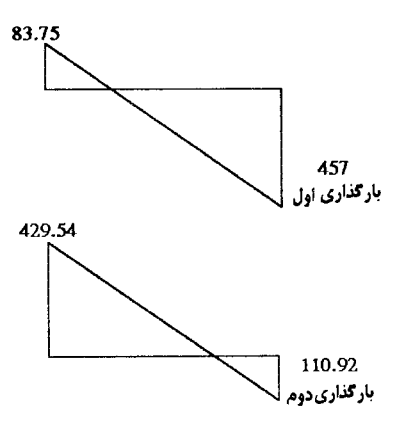
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) تعیین مقدار آرماتورهای خمشی الف- تکیه گاه های B و C چون از آرماتورهای ممتد در مقاطع استفاده می شود در نقطه B بیشترین لنگر خمشی منفی را معیار قرار می دهیم. $M_u^- = 490 \text{ KN.m}$ $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_u = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$	۱-۲-۱-۵-۲۰
	$a = \frac{0.85 \times A_s \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 0.50} = 44.4 A_s$ $490 \times 10^{-3} = 0.85 \times A_s \times 400 (0.55 - \frac{44.4}{2} A_s)$ $7548 A_s^2 - 187 A_s + 0.49 = 0$ بنابراین : $A_s \approx 0.0030 \text{ m}^2 = 30 \text{ cm}^2$ USE 8 Φ 22 , $A_s = 30.41 \text{ cm}^2$ $\rho_{\max}$ و $\rho_{\min}$ را کنترل می کند. $\rho = \frac{30.41}{50 \times 55} = 0.011$ $\rho_{\min} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 < \rho \quad \text{OK.}$ $\rho_{\max} = 0.025 > \rho \quad \text{OK.}$	با این مقدار آرماتور ظرفیت خمشی مقطع را محاسبه می کنیم. $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$ ب- تکیه گاه های A و D	
	$a = \frac{0.85 \times 30.41 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 50} = 13.51 \text{ cm}$ $M_r = 0.85 \times 30.41 \times 10^{-2} \times 400 (0.55 - \frac{0.13}{2}) \times 10^3$ $= 499 \text{ KN.m}$		

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$M_u^- = 350 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{30}{490} \times 350 = 21.4 \text{ cm}^2$ $\text{USE } 6\Phi 22, A_s = 22.81 \text{ cm}^2$ $a = \frac{0.85 \times 22.81 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 50} = 10 \text{ cm}$ $M_r = 0.85 \times 22.81 \times 10^{-4} \times 400(0.55 - \frac{0.1}{2}) \times 10^3$ $= 388 \text{ KN.m}$	$M_u^- = 350 \text{ KN.m}$ $a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c f_c b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y (d - \frac{a}{2})$ پ- لنگرهای مثبت تکیه گاه ها	۲-۲-۱-۵-۲۰
در تکیه گاه A داریم:	$\text{Min. } M_u^+ = \frac{388}{2} = 194 \text{ KN.m}$ در تکیه گاه B داریم: $\text{Min. } M_u^+ = \frac{504}{2} = 252 \text{ KN.m}$	در تکیه گاه های عضو خمشی باید آرماتور فشاری به مقدار نصف آرماتور کششی موجود در آن مقطع تامین گردد.	
لنگرهای فوق از لنگرهای مثبت بدست آمده از آنالیز بیشتر می باشند.			
به این نکته توجه شود که لنگر مثبت تکیه گاه B از لنگر مثبت وسط دهانه تیرهای AB و BC بیشتر شده است.			
چون می خواهیم آرماتورهای مثبت وسط دهانه به صورت سراسری از داخل تکیه گاه ها عبور کنند، لنگر مثبت در تکیه گاه B بیشتر از لنگر مثبت وسط دهانه است آن را در طراحی مدنظر می گیریم.			
$M_u^+ = 252 \text{ KN.m}$ $A_s = \frac{30}{490} \times 252 = 15.4 \text{ cm}^2$ $\text{USE } 4 \Phi 22, A_s = 15.21 \text{ cm}^2$		ت- لنگرهای مثبت وسط دهانه	۳-۲-۱-۵-۲۰
		در هر عضو خمشی حداقل یک چهارم آرماتور موجود در مقاطع تکیه گاه ها، هر انتها که آرماتور بیشتری دارد، باید در سراسر طول تیر در بالا و در پایین ادامه داده شود.	

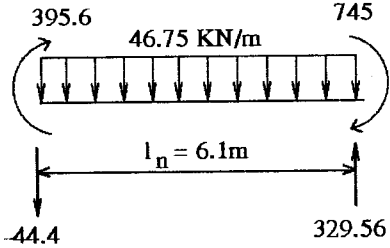
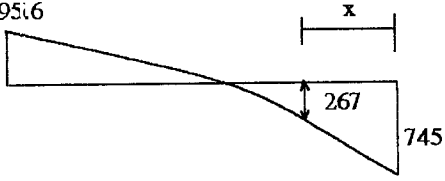
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$a = \frac{0.85 \times 15.21 \times 400}{0.85 \times 0.6 \times 30 \times 50} = 6.8 \text{ cm}$ $M_r = 0.85 \times 15.21 \times 10^{-4} \times 400 \left(0.55 - \frac{0.068}{2}\right) \times 10^3 = 267 \text{ KN.m}$ $\rho = \frac{15.71}{50 \times 55} = 0.0057$ $\rho_{\min} = \frac{1.4}{400} = 0.035 < \rho \text{ OK.}$ $\rho_{\min} = \frac{0.25\sqrt{80}}{400} = 0.0035 < \rho \text{ OK.}$ بنابراین 22 Φ 4 را در پایین تیر قرار داده و در سرتاسر طول آن امتداد می دهیم.	$a = \frac{\phi_s A_s f_y}{0.85 \phi_c \cdot f_c \cdot b}$ $M_r = \phi_s A_s f_y \left(d - \frac{a}{2}\right)$ $\rho = \frac{A_s}{bd}$ $\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y}, \frac{0.25\sqrt{f_c}}{f_y}$	۱-۲-۱-۵-۲۰
	و باید: $\ell_{dh} = 14 d_b \geq 15 \text{ cm}$	گام سوم) محاسبه طول گیرایی آرماتورهای خمشی در ستون خارجی برای مهار کردن این میلگردها در ستون از قلاب استاندارد ۹۰ درجه استفاده می شود. معادله ۴-۱۸ $f_{bd} = 0.65\sqrt{f_c}$ ۱-۳-۴-۵-۲۰ $f_b = 2f_{bd}$ معادله ۲-۱۸ $\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4f_b}$ ۱-۳-۴-۵-۲۰ طول گیرایی قلاب همچنین نباید کمتر از مقادیر ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلیمتر اختیار گردد. ۲-۴-۲-۸ تذکر: طبق آیین نامه بتن ایران خم ۹۰ درجه به اضافه طول مستقیم برابر حداقل 12d_b در انتهای آزاد میلگرد قلاب استاندارد تلقی می شود.	۳-۴-۵-۲۰

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
۳-۲-۴-۵-۲۰	تذکر: آرماتورهای طولی تیرها که به ستون ختم می شوند باید تا انتهای دیگر هسته محصور شده ستون ادامه یابند.	برای میلگردهای فوقانی $\Phi 22$ 6 داریم: $\ell_{dh} = 11 \times 2.2 = 30.8 \text{ cm} > 15 \text{ O.K.}$ برای میلگردهای تحتانی $\Phi 22$ 4 داریم: $\ell_{dh} = 11 \times 2.2 = 30.8 \text{ cm} > 15 \text{ O.K.}$ 	
۲-۱-۵-۵-۲۰	گام چهارم) محاسبه آرماتورهای برشی مورد نیاز نیروی برشی نهایی V_u در اعضای خمشی باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی عضو با فرض آنکه در این مقاطع مفصل های پلاستیکی تشکیل شده اند، تعیین شود. ظرفیت خمشی مفصل های پلاستیکی مثبت یا منفی، باید برابر با لنگر خمشی مقاومت محتمل، MP_r در نظر گرفته شود.	برای حرکت جانبی به سمت راست، برش تکیه گاه B در نتیجه لنگرهای پلاستیک دو انتهای تیر AB به صورت زیر محاسبه می شود.	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل 4 Φ 22 4 Φ 22 $\rightarrow A_s = 15.21 \text{ cm}$ $a = \frac{15.21 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 5.96$ $M_{Pr} = 15.21 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.0596}{2}) \times 10^3 = 395.6$ محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل 8 Φ 22 8 Φ 22 $\rightarrow A_s = 30.41$ $a = \frac{30.41 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 11.92$ $M_{Pr} = 30.41 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.1192}{2}) \times 10^3 = 745$ محاسبه لنگر مقاوم خمشی محتمل 6 Φ 22 6 Φ 22 $\rightarrow A_s = 22.81$ $a = \frac{22.81 \times 1.25 \times 400}{0.85 \times 30 \times 50} = 8.945$ $M_{Pr} = 22.81 \times 1.25 \times 400 \times 10^{-4}$ $(0.55 - \frac{0.08945}{2}) \times 10^3 = 576.2$ $V_B = \frac{395.6 + 745}{6.1} = 187 \text{ KN}$ $W = 55 + 1.2 \times 28 = 88.6 \text{ KN.m}$	MP_r $V_B = \frac{M_{l \max}^+ + M_{r \max}^-}{l_n}$ $W = W_D + 1.2 W_L$	۱-۲-۲۰
	بارگذاری $V_e = \frac{M_A^+ + M_B^+}{l_n} + \frac{W.l_n}{2}$ A B		۴-۳-۵-۱۰
	 حرکت جانبی به سمت راست	83.75	457
	 حرکت جانبی به سمت چپ	429.54	110.92

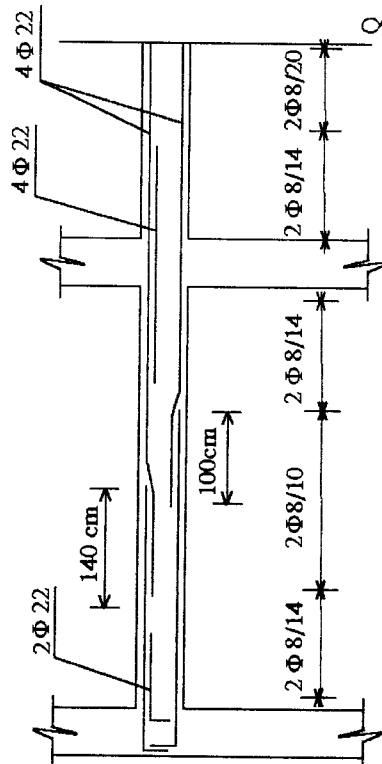
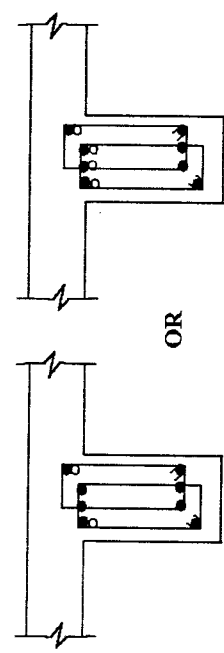
جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	نمودار برش:  در تکیه گاه B داریم: $V_c = 457 \text{ KN}$ $\frac{V_c}{2} = 228.5 \text{ KN} > V_B$ بنابراین V_c را برابر صفر نمی گیریم. به دلیل نزدیک بودن V_c و V_B مقدار V_B را در طراحی خاموت های دو انتهای تیر مد نظر قرار می دهیم.		۴-۱-۵-۵-۲۰
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 0.5 \times 0.55 \times 10^3$ $V_c = 180.75 \text{ KN}$	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} b d$	۱-۱-۳-۱۲
	$V_s = 457 - 180.75 = 276.25 \text{ KN}$	$V_s = V_c - V_c$	۲-۲-۱۲
	با فرض استفاده از دو حلقه خاموت $\Phi 8$ ($A_v = 2.01 \text{ cm}^2$) داریم: $S = \frac{2.01 \times 10^{-4} \times 0.85 \times 400 \times 0.55}{276.25 \times 10^{-3}} = 0.136 \text{ m}$	قطر تنگ های ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد.	۲-۳-۱-۵-۲۰
	$2h = 2 \times 60 = 120 \text{ cm}$	$S = \frac{A_v \phi_s f_y \cdot d}{V_s}$	۱-۲-۴-۱۲
	بنابراین در فاصله ۱۲۰ سانتیمتر از برتکیه گاه ها از $\Phi 8/14 \text{ cm}$ ۲ استفاده می کنیم.	در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه به سمت وسط دهانه، باید تنگ ویژه بکار برده شود.	۱-۳-۱-۵-۲۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\frac{d}{4} = \frac{55}{4} = 13.75 \text{ cm}$ $8d_{b \text{ min}} = 8 \times 2.2 = 17.6 \text{ cm}$ $24d_{bs} = 24 \times 1 = 24 \text{ cm}$ $300 \text{ mm} = 30 \text{ cm}$ بنابراین S باید کمتر از 13.75cm باشد.	فاصله تنگ‌های ویژه از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد: - یک چهارم ارتفاع موثر مقطع. - ۸ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی - ۲۴ برابر قطر خاموتها - ۳۰۰ میلیمتر	۲-۳-۱-۵-۲۰
	$S = 14 \text{ cm} \approx 13.75 \text{ O.K.}$ در خارج از محدوده 2h از بر تکیه‌گاه داریم: $S_{\text{MAX}} = \frac{d}{2} = \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$	در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که به تنگ ویژه نیاز نیست. فاصله خاموت‌ها نباید بیشتر از نصف ارتفاع موثر مقطع اختیار شود. تذکر: برای خاموت‌گذاری تیر باید به نکات زیر توجه شود:	۴-۳-۱-۵-۲۰
		- فاصله اولین تنگ از بر تکیه‌گاه بیشتر از ۵ سانتیمتر نباشد.	۲-۳-۱-۵-۲۰
		- در قسمت‌هایی از طول عضو خمشی که تنگ ویژه بکار برده می‌شود. میلگردهای طولی مقطع در محیط مقطع باید دارای تکیه‌گاه عرضی مطابق ضوابط بند (۵-۳-۴-۸) باشند.	۳-۳-۱-۵-۲۰
		- اگر بارگذاری طوری باشد که در طول دهانه امکان ایجاد مفصل پلاستیکی وجود داشته باشد. (مانند وجود بار متمرکز در نزدیکی وسط دهانه) باید در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطع مورد نظر تنگ ویژه بکار برد.	۱-۳-۱-۵-۲۰
		- در طولی از عضو که برای تامین ظرفیت خمشی مقطع به آرماتور فشاری نیاز باشد باید از تنگ ویژه استفاده نمود.	۱-۳-۱-۵-۲۰
		- استفاده از وصله‌های پوششی در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه‌گاه، و در محل‌هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در آنها در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیکی قاب موجود باشد، مجاز نیست.	۶-۲-۱-۵-۲۰
		- در صورت استفاده از وصله‌های پوششی در قسمت‌های مجاز، باید در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا ماریچ قرار دارد فاصله آرماتورهای فوق نباید از یک چهارم ارتفاع موثر مقطع و یا ۱۰ سانتیمتر تجاوز کند.	۵-۲-۱-۵-۲۰

بند آیین نامه	روش	محاسبات	جداول کمکی
معادله ۱۰-۱۱	گام پنجم) نقاط قطع آرماتورهای منفی برای تعیین نقاط قطع آرماتورهای منفی، باید دیالگرام لنگر خمشی مربوط به لنگرهای پلاستیک انتهایی و بار گسترده روی تیر با شدت $0.85 W_D$ را مد نظر قرار داد. در این قسمت نقطه قطع مربوط به چهار عدد از $\Phi 22$ مربوط به تکیه گاه B تعیین می گردد. با داشتن ظرفیت تحمل لنگر مقطعی که دارای $\Phi 22$ ۴ می باشد ($M_r = 267 \text{ KN.m}$) می توان فاصله این مقطع را از تکیه گاه B با استفاده از لنگرگیری حول این مقطع بدست آورد.	$0.85 W_D = 0.85 \times 55 = 46.75 \text{ KN.m}$   $329.56 \times 745 - 46.75 \frac{x^2}{2} = -267$ با حل معادله فوق داریم:	
۳-۱-۳-۱۸	آرماتورها باید از محل قطعی که وجودشان دیگر برای تحمل لنگر خمشی لازم نیست به اندازه حداقل برابر با d یا $12d_b$ هر کدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه گاه ساده یا انتهای آزاد عضو کنسولی الزامی نیست.	$x = 1.46 \text{ m}$ $d = 55 \text{ cm}$ $12 d_b = 12 \times 2.2 = 26.4 \text{ cm} < d$ بنابراین طول آرماتورهای قطع شونده از لبه تکیه گاه B برابر است با: $x + d = 1.46 + 0.55 = 2.01 \approx 2.1 \text{ m}$ طول گیرایی میلگرد فوقانی $\Phi 22$ با توجه به بند (۱-۲-۲-۱۸) برابر است با:	
۳-۳-۴-۵-۲۰	طول گیرایی میلگردهای مستقیم l_d در میلگردهای فوقانی نباید کمتر از $3/5$ برابر طول گیرایی میلگردهای قلاب دار تعریف شده در بند (۱-۳-۴-۵-۲۰) منظور گردد.	$l_{d1} = 96.4 \text{ cm}$ و طول گیرایی با توجه به l_{dh} برابر است با: $l_{d2} = 3.5 l_{dh} = 3.5 \times 30.8 = 107.8 \text{ cm}$ $l_d = \text{MAX} (l_{d1} , l_{d2})$ $l_d = 107.8 \text{ cm} < x + d \text{ O.K.}$ به همین ترتیب می توان محل قطع دو عدد از $\Phi 22$ ۶ مربوط به تکیه گاه A را تعیین نمود.	

جداول کمکی	محاسبات	روشن	بند آیین نامه
		گام ششم) وصله آرماتورهای خمشی استفاده از وصله پوششی در محل های زیر مجاز نیست: - در اتصالات تیرها به ستون ها - در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از بر تکیه گاه - در محل هایی که امکان تشکیل مفصل پلاستیکی در آنها در اثر تغییر مکان جانبی غیر الاستیکی قاب موجود باشد. لازم به یادآوری است که استفاده از وصله های پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع تنگ یا ماریچ موجود باشد. در ضمن فاصله آرماتورهای عرضی فوق از یکدیگر نباید از $\frac{d}{4}$ یا ۱۰ سانتیمتر تجاوز کند. الف - آرماتورهای تحتانی میلگردهای تحتانی تقریباً در کل طول تیر دارای تنش حداکثر می باشند. حداکثر لنگر بدست آمده از آنالیز در تیرهای AB و CD برابر 180 KN.m می باشد و لنگر مقاوم تیر به همراه 4Φ22 برابر 267 KN.m است.	۶-۲-۱-۵-۲۰
	اگر نسبت آرماتورهای موجود به آرماتورهای لازم را برابر نسبت لنگر وارده به لنگر مقاوم بگیریم خواهیم داشت: $\frac{A_{s \text{ موجود}}}{A_{s \text{ لازم}}} = \frac{267}{180} = 1.48 < 2$ با توجه به اینکه نسبت فوق کمتر از دو است و در عین حال تمام میلگردها در ناحیه طول پوشش وصله می شوند. طول پوشش وصله برابر 1.3l_d می باشد.	در وصله های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با 1.3 l_d باشد. تنها در صورتی که دو شرط زیر توأماً تامین باشد طول پوشش را می توان به مقدار کاهش داد: - مقدار آرماتور موجود در ناحیه طول پوشش حداقل به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد. - حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شود.	۱-۲-۴-۱۸

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
آرماتورگذاری ۳-۷	طول گیرایی $\Phi 22$ با توجه به بند (۱-۲-۲-۱۸) برابر است با: $\ell_{d1} = 14.20 \text{ cm}$ و طول گیرایی با توجه به ℓ_{dh} برابر است با: $\ell_{d2} = 2.5 \ell_{dh} = 2.5 \times 30.8 = 77 \text{ cm}$ $\ell_d = 77 \text{ cm}$ $1.3 \ell_d = 1.3 \times 77 = 100.1 \text{ cm}$ و یا: $\approx 100 \text{ cm}$ طول پوشش با توجه به گام پنجم داریم: $\ell_d = 107.8 \text{ cm}$ $1.3 \ell_d = 1.3 \times 107.8 = 140.14 \text{ cm}$ و یا: $\approx 140 \text{ cm}$ طول پوشش	لازم به ذکر است که طول پوشش در هیچ حالت نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر اختیار شود. طول گیرایی میلگردهای مستقیم تحتانی، مطابق تعریف بند (۱-۲-۲-۱۸) نباید از ۲/۵ برابر طول گیرایی میلگردهای قلابدار تعریف در بند (۱-۳-۴-۵-۲۰) کمتر باشد. $\ell_d = \text{MAX} (\ell_{d1} \cdot \ell_{d2})$ $1.3 \ell_d =$ طول پوشش ب- آرماتورهای فوقانی با توجه به اینکه وسط دهانه همواره تحت تاثیر لنگر خمشی مثبت می باشد، بهتر است وصله آرماتورهای منفی در حوالی آن انجام شود. در وصله های پوششی طول پرش باید حداقل برابر باشد: $1.3 \ell_d \geq 30 \text{ cm}$	۳-۳-۴-۵-۲۰ ۱-۲-۴-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام هفتم) رسم نقشه جزئیات تیر	
		تذکر ۱: قطر تنگ‌های ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر باشد.	۲-۳-۱-۵-۲۰
		تذکر ۲: در محل وصله آرماتورها، فواصل میلگردها عرضی نباید بیشتر از $\frac{d}{4}$ و یا ۱۰ سانتیمتر باشد.	۵-۲-۱-۵-۲۰
		تذکر ۳: فاصله اولین تنگ از برتکیه گاه نباید بیشتر از ۵ سانتیمتر باشد.	۲-۳-۱-۵-۲۰
		تذکر ۴: آرماتورهایی که در مقطع تیر با دایره توخالی نشان داده شده‌اند، مربوط به میلگردهای تقویتی قطع شده روی تکیه‌گاه‌ها می‌باشند.	
		تذکر ۵: میلگردهای طولی موجود در ناحیه دارای تنگ‌های ویژه باید دارای تکیه‌گاه عرضی مطابق ضوابط بند (۳-۵-۴-۸) باشند.	۲-۳-۱-۵-۲۰

مثال ۲ طرح ستون‌های سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

خاموت‌های ستون کناری طبقه دوم قاب مثال قبل را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید. بارهای وارد بر ستون در جدول زیر آمده‌اند.

ترکیب بارگذاری	ستون کناری طبقه دوم		
	بار محوری KN	لنگر خمشی KN.m	
		بالا	پایین
U_1	-۲۰۳۰	- ۸۸	+ ۸۸
حرکت به سمت راست U_2	-۳۴۶۵	- ۵/۵	- ۱۵
حرکت به سمت چپ	-۴۸۳۸	- ۱۵۹	+ ۱۸۱
حرکت به سمت راست U_3	- ۱۶۰۲	+ ۳۷	- ۵۹
حرکت به سمت چپ	- ۲۹۷۵	- ۱۱۶	+ ۱۳۷

مشخصات :

$$C_1 \times C_2 = 55 \times 55 \text{ cm}^2 \text{ ابعاد ستون}$$

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

۸ Φ ۲۲ آرماتورهای طولی

$$U_1 = 1.25 D + 1.5 L$$

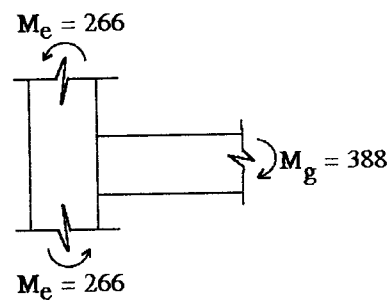
$$U_2 = D + 1.2 L + 1.2 E$$

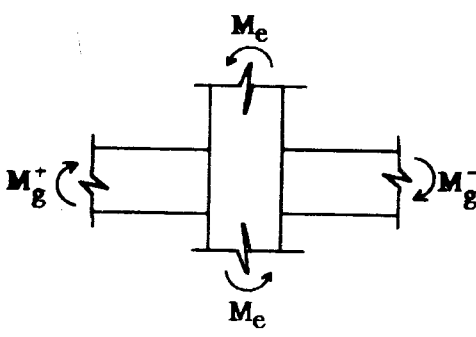
$$U_3 = +0.85D + 1.2 E$$

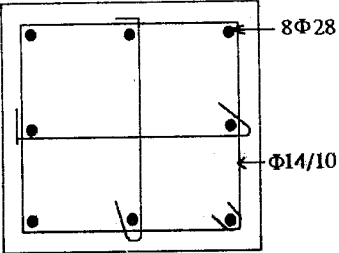
$$h = 3 \text{ m ارتفاع آزاد ستون}$$

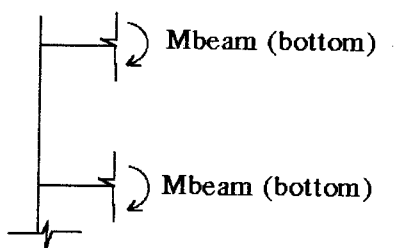
جداوله کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام اول) کنترل ابعاد ستون در ستون محدودیت های هندسی زیر باید رعایت شوند: - عرض مقطع نباید کمتر از چهاردهم بعد دیگر آن و نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد. - نسبت طول آزاد ستون به عرض آن در ستونهایی که زیر اثر لنگرهای خمشی موجود در دو انتها در دو جهت خم می شوند نباید بیشتر از ۱۶ و در ستونهای کنسولی نباید بیشتر از ۱۰ باشد. $\frac{C_1}{C_2} = \frac{55}{55} = 1 > 0.4 \text{ O.K.}$ $C1 = 55 > 30 \text{ cm O.K.}$ $\frac{h}{C_1} = \frac{300}{55} = 5.45 < 16 \text{ O.K.}$		
	گام دوم) کنترل محدودیت های آرماتورهای قائم و ظرفیت خمشی مقطع در صورتی که P_u از $0.15\phi_c \cdot f_c \cdot A_g \cdot b$ بیشتر باشد ضوابط اعضای فشاری خمشی را باید کنترل نمود. در ستونها نسبت آرماتور طولی نباید کمتر از یک درصد و بیشتر از شش درصد در نظر گرفته شود. نسبت آرماتور در خارج از محل وصله ها به چهارو نیم درصد محدود می شود. $P_u (\text{MAX}) = 4838 \text{ KN} \quad (\text{حرکت به سمت چپ})$ $0.15\phi_c \cdot f_c \cdot A_g = 0.15 \times 0.6 \times 30 \times 0.55^2 \times 10^3 = 816.75 \text{ KN} < P_u \text{ O.K.}$ $\rho = \frac{8 \times 6.16}{55 \times 55} = 0.016 \text{ O.K.}$ $0.85 < \rho = \frac{A_{st}}{A_g} < 0.045$ در اتصالات تیرها به ستونها، لنگرهای خمشی مقاوم ستونها باید در رابطه زیر صدق کنند: برای محاسبه M_e دیاگرام تداخلی مربوط به حالت $\frac{d}{4} = \frac{50}{55} = 0.9$ و $f_y = 400 \text{ MPa}$, $f_c = 30 \text{ MPa}$ را در نظر می گیریم.	۲-۵-۲۰ ۱-۲-۲-۵-۲۰ ۱-۴-۲-۵-۲۰	

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$\frac{P_u (MAX)}{A_g} = \frac{4838 \times 10^{-3}}{0.55 \times 0.55} = 16 \text{ Mpa}$ با توجه به مقدار فوق و $\rho = 0.016$ و دیاگرام تداخلی مربوطه داریم: $\frac{M}{A_g f} = 1.6$ و یا: $M = 1.6 \times 0.55^2 \times 0.55 \times 10^3 \approx 266 \text{ KN.m}$ با فرض مشابه بودن ستون بالا و پایین تیر داریم: $\sum M_e = 2 \times 266 = 532 \text{ KN.m}$ برای حرکت به سمت چپ باید لنگر مقاوم منفی تیر را در نظر گرفت. با توجه به مثال یک، مقدار M_r^- در تکیه گاه A برابر است با: $M_r^- = 388 \text{ KN.m}$ $1.2 \sum M_g = 1.2 \times 388 \approx 466 < \sum M_e \text{ O.K.}$ تذکر ۱: در شرایط زیر می توان رابطه $\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g$ را نادیده گرفت. - چنانچه تعداد ستون های موجود در یک طبقه در یک قاب بیشتر از چهار عدد باشند، از هر چهار ستون یک ستون می تواند رابطه فوق را ارضاء نکند.	$\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g$ (تیرها) $\geq$ (ستون ها)	۲-۴-۲-۵-۲۰

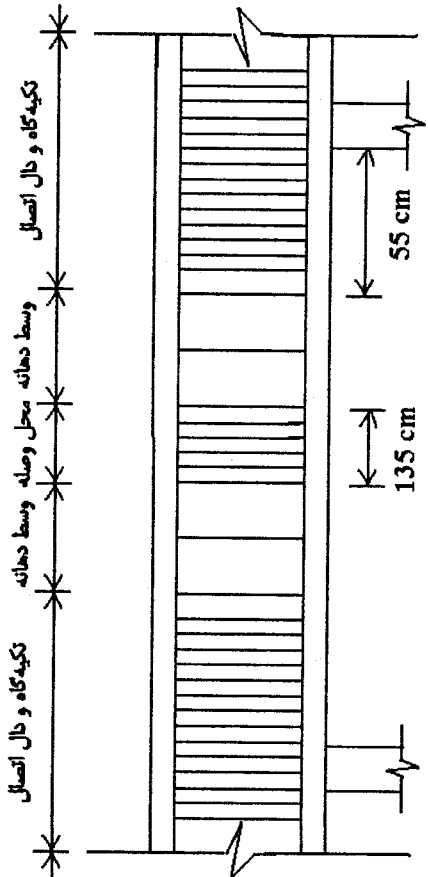


جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		- ستونهای قابها و یک و دو طبقه و نیز ستونهای طبقه آخر در قابهای چند طبقه می توانند رابطه فوق را ارضا نکنند. تذکر ۲: چنانچه ستونی رابطه $\sum M_e \geq 1.2 \sum M_g$ را ارضا نکند یا باید در تمام طول دارای آرماتورگذاری عرضی ویژه باشد و یا باید از کمک آن به سختی جانبی و مقاومت سازه در برابر بار زلزله صرف نظر شود. تذکر ۳: به خاطر سه بعدی بودن سازه، ستون مورد نظر را باید در قاب عمود بر قاب فوق نیز کنترل نمود. تذکر ۴: جمع لنگرها باید چنان صورت گیرد که لنگرهای ستونها در جهت مخالف لنگرهای تیرها قرار گیرند.	۳-۴-۲-۵-۲۰ ۴-۴-۲-۵-۲۰ ۵-۴-۲-۵-۲۰ ۱-۴-۲-۵-۲۰
			
	گام سوم) محاسبه آرماتورهای عرضی ستون الف- محاسبه سطح مقطع کل تنگهای ویژه طول ناحیه بحرانی l_0 که از بر اتصال ستون به اعضای جانبی اندازه گیری می شود نباید کمتر از مقادیر زیر در نظر گرفته شود: - یک ششم ارتفاع آزاد ستون $l_0 \geq \frac{300}{6} = 50 \text{ cm}$ - ضلع بزرگتر مقطع مستطیل شکل را با قطر مقطع دایره ای شکل. $l_0 \geq 55 \text{ cm}$ - ۴۵ سانتیمتر $l_0 \geq 45 \text{ cm}$	۱-۳-۲-۵-۲۰	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	بنابراین طول l_0 باید حداقل برابر ۵۵ سانتیمتر باشد. $S \leq \frac{5\phi}{4} = 13.75 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 2.8 = 22.4 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$	قطر میلگردهای عرضی در ناحیه بحرانی نباید کمتر از ۸ میلیمتر و فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد: - یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - ۱۲/۵ سانتیمتر	۴-۳-۲-۵-۲۰
	بنابراین S را برابر ۱۰ سانتیمتر در نظر می گیریم. $A_{sh} \geq 0.30(10 \times 44.6 \times \frac{300}{400}) \times (\frac{55 \times 55}{46 \times 46} - 1)$ $= 4.31 \text{ cm}^2$	در ستون های با مقطع مستطیل، سطح مقطع کل تنگ های ویژه در هر امتداد A_{sh} نباید کمتر از دو مقدار زیر باشد:	۲-۳-۲-۵-۲۰
	$A_{sh} \geq 0.09 s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$ $A_{sh} \geq 0.09 \times 10 \times 44.6 \times \frac{30}{400} = 3 \text{ cm}^2$	معادله ۴-۲۰ $A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1)$	۴-۲۰
	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 14$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 14$ در هر جهت استفاده می شود. $A_{sh} = 3 \times 1.54 = 4.62 \text{ cm}^2 \text{ O.K.}$	که در آن: h_c = فاصله محور تا محور میلگردهای محصور کننده A_{ch} = مساحتی که بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگردهای عرضی محاسبه می شود.	۵-۲۰
		تذکر ۱: می توان از قلاب های دوخت با قطر و فاصله مشابه تنگ ها که دارای خم ۹۰ درجه در یک انتهای آنست استفاده کرد. هر انتهای قلاب دوخت باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰ درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.	۵-۳-۲-۵-۲۰

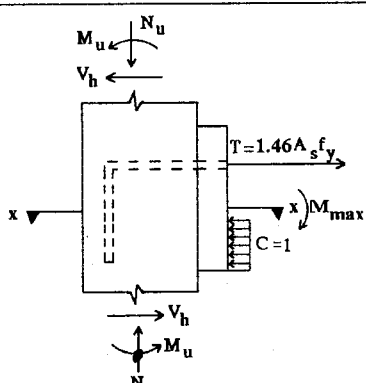
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به مثال یک، برای حالتی که حرکت جانبی به سمت چپ باشد مقدار لنگر تیر برابر 576.2 KN.m است. $V_e = \frac{\frac{576.2}{2} + \frac{576.2}{2}}{3} = 192 \text{ KN}$	تذکر ۲: در هر مقطع ستون تعداد خاموت‌ها باید طولی باشد که هر یک از میلگردهای زیر، در گوشه یک خاموت با زاویه داخلی حداکثر ۱۳۵ درجه بطور جانبی قرار گیرد: - هر میلگردی که در گوشه عضو واقع شود. - هر میلگرد غیر گوشه‌ای بصورت حداکثر یک در میان - هر میلگردی که فاصله آزاد آن تا میلگرد محصور شده مجاور بیشتر از ۱۵ سانتیمتر باشد. ب- محاسبه آرماتورها برای عرضی برای برش برش موجود در ستون را با توجه به لنگر خمشی منتقل شده از طرف تیرهای متصل به آن بدست می‌آوریم.  در صورت مساوی بودن مقطع و طول ستون‌ها در طبقه بالا و پایین M مربوط به تیر به نسبت مساوی بین آنها تقسیم می‌شود و به هر کدام $\frac{M}{2}$ می‌رسد. بنابراین V_e از رابطه زیر بدست می‌آید: $V_e = \frac{M_{\text{beam (top)}}/2 + M_{\text{beam (bottom)}}/2}{h}$	۵-۳-۴-۸ ۳-۱-۵-۵-۲۰

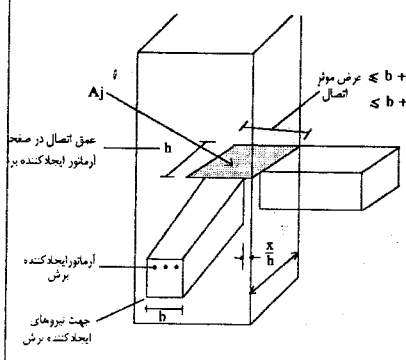
جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_c = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times (1 + \frac{4838 \times 10^{-3}}{12 \times 0.55 \times 0.55})$ $\times 0.55 \times 0.5 \times 10^3 = 421.6 \text{ KN} > V_e \text{ O.K.}$ بنابراین بتن به تنهایی می تواند برش را تحمل کنند. $S \leq \frac{55}{2} = 27.5 \text{ cm}$ $S \leq 6 \times 2.8 = 16.8 \text{ cm}$ $S \leq 20 \text{ cm}$ بنابراین از خاموت های $\Phi 8$ به فواصل ۱۵ سانتیمتری استفاده می کنیم.	$V_c = 0.2 \phi_c \sqrt{f_c} (1 + \frac{N_u}{12 A_g}) b_w d$ در قسمت هایی از طول ستون که آرماتور گذاری عرضی ویژه اجرا نمی شود باید آرماتور عرضی به قطر حداقل ۸ میلیمتر بکار برده شود. فاصله این میلگردها از یکدیگر نباشد بیشتر از نصف ضلع کوچکتر مقطع ستون، شش برابر قطر آرماتور طولی و یا ۲۰ سانتیمتر اختیار گردد.	۲-۱-۳-۱۲ ۱۱-۳-۲-۵-۲۰
		تذکر: آرماتور گذاری عرضی ویژه را در داخل اتصال نیز ادامه می دهیم.	۱-۲-۴-۵-۲۰
		گام چهارم) محاسبه طول وصله های پوششی آرماتورهای قائم ستون. استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی فقط در نیمه میانی طول ستون مجاز است. طول پوشش این وصله ها باید برای وصله های کششی در نظر گرفته شود.	۳-۲-۲-۵-۲۰
	$S \leq \frac{d}{4} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ cm}$ $S \leq 10 \text{ cm}$	فواصل سرفه های در برگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از $\frac{d}{4}$ و یا ۱۰ سانتیمتر اختیار شود	۵-۲-۱-۵-۲۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
آرماتور گذاری ۳-۷	بنابراین S را در این فاصله برابر ۱۰ سانتیمتر فرض می کنیم. طول گیرایی $\Phi 28$ با توجه به بند (۱-۲-۲-۱۸) برابر است با: $\ell_d = 115.7 \text{ cm}$ $1.3\ell_d = 1.3 \times 115.7 = 150.4 \text{ cm}$ بنابراین طول پوشش را برابر ۱۵۰ سانتیمتر در نظر می گیریم.	در وصله های پوششی طول پوشش باید حداقل برابر با $1.3\ell_d$ باشد. البته اگر نسبت آرماتور موجود به آرماتور مورد نیاز در ناحیه پوشش بزرگتر از دو باشد و حداکثر نصف آرماتور موجود در مقطع وصله شود می توان مقدار فوق را برابر ℓ_d گرفت. تذکر: در محاسبه طول گیرایی به ضوابط بخش ۲۰-۴-۳ توجه شود ($\ell_d > 2.5\ell_{dh}$)	۱-۲-۴-۱۸
		گام پنجم) رسم نقشه جزئیات ستون تذکر ۱: نسبت آرماتور طولی حداکثر در محل وصله ها برابر شش درصد و در خارج از محل وصله ها برابر چهار و نیم درصد می باشد. تذکر ۲: فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر نباید بیشتر از ۲۰ سانتیمتر باشد. تذکر ۳: در هر مقطع ستون فاصله قلاب های دوخت یا شاخه های تنگ ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی ستون، نباید بیشتر از ۳۵ سانتیمتر باشد. تذکر ۴: در محل اتصال ستون به شالوده آرماتور طولی ستون که به داخل شالوده برده شد است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰ سانتیمتر با آرماتور گذاری عرضی ویژه تقویت گردد.	۱-۲-۲-۵-۲۰ ۲-۲-۲-۵-۲۰ ۶-۳-۲-۵-۲۰ ۱۰-۳-۲-۵-۲۰

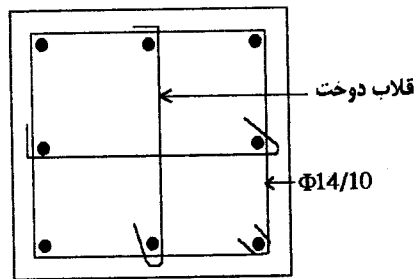
مثال ۳ طرح اتصالات تیر به ستون کناری سازه با توجه به ضوابط شکل پذیری زیاد

آرماتورهای عرضی و مقاومت برشی اتصال تیر به ستون کناری مثال یک را با توجه به ضوابط شکل پذیری زیاد طرح نمایید فرض کنید اتصال مورد نظر در طبقه دوم می باشد.

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	این اتصال در سه سمت توسط تیرها محصور شد، است. بنابراین باید آرماتورهای ویژه بدون هیچگونه تخفیفی در داخل آن ادامه داده شوند.	گام اول) محاسبه آرماتورهای عرضی محصورکننده آرماتورهای عرضی ویژه باید در داخل اتصالات نیز ادامه داده شوند. البته در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم عرضی از ستون که به آن متصل می شوند نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه ترین ارتفاع تیر در اتصال، آرماتورگذاری عرضی ویژه مساوی با نصف آنچه در ناحیه بحرانی ۱۵ گفته شد، بکار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می توان تا ۱۵ سانتیمتر افزایش داد.	۱-۲-۴-۵-۲۰ ۲-۲-۴-۵-۲۰
		گام دوم) کنترل مقاومت برشی اتصال	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برش در مقطع X-X از اتصال فوق را باید با کم کردن نیروی کششی آرماتورهای فوقانی تیر، T از نیروی برشی ستون فوقانی بدست آورد. برای محاسبه نیروی برشی ستون با توجه به مثال دو از رابطه زیر استفاده می کنیم. $T = 1.25 \times 1 \times (6 \times 3.8 \times 10^{-4}) \times 400 \times 10^3$ $T = 1139 \text{ KN}$ با توجه به مثال یک برای حرکت به سمت چپ مقدار M_{MAX} برابر است با: $M_{MAX} = 576.2 \text{ KN.m}$ $V_h = \frac{M_{beam} (top) / 2 + M_{beam} (bottom) / 2}{h}$ $V_h = \frac{576.2}{3} = 192 \text{ KN}$ $V_u = T - V_h$ $V_u = 1139 - 192 = 947 \text{ KN}$	برای اتصالات محصور شده در سه سمت داریم: $V_r = 9 A_j (0.2 \phi_c \sqrt{f_c})$ تذکر ۱: برای محاسبه مساحت A_j به شکل زیر توجه شود.  تذکر ۲: اتصال مورد نظر باید در قائم عمود بر قاب فوق نیز کنترل گردد.	۳-۱-۴-۵-۲۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام سوم) رسم نقشه جزییات اتصال با توجه به اینکه وجود قلاب دوخت $\Phi 14$ در داخل اتصال ممکن است مشکلات اجرایی ایجاد نماید. می توان آنرا حذف کرد و فقط از یک حلقه خاموت $\Phi 18$ به عنوان آرماتور عرضی استفاده نمود. $A_{sh} = 2 \times 2.54 = 5.08 \text{ cm}^2 > 4.31 \text{ O.K.}$	۲۰-۵-۲-۳-۶ تذکره : آیین نامه بتن ایران اجازه نمی دهد که فاصله قلاب های دوخت یا شاخه های تنگ ها از یکدیگر در جهت عمود بر محور طولی ستون از ۳۵ سانتیمتر بیشتر شود. البته چون اتصال فوق از سه طرف توسط تیرها محصور شده است در هنگام پیشنهاد استفاده از خاموت $\Phi 18$ به این محدودیت توجه نشده است.



SECA-A

مثال ۴ طرح اتصالات تیر به ستون میانی سازه با توجه به ضوابط شکل پذیری زیاد

آرماتورهای عرضی و مقاومت برشی اتصال تیر به ستون میانی مثال یک را با توجه به ضوابط شکل پذیری زیاد طرح نمایید.

مشخصات :

$$c_1 \times c_2 = 65 \text{ cm}^2 \text{ ابعاد ستون}$$

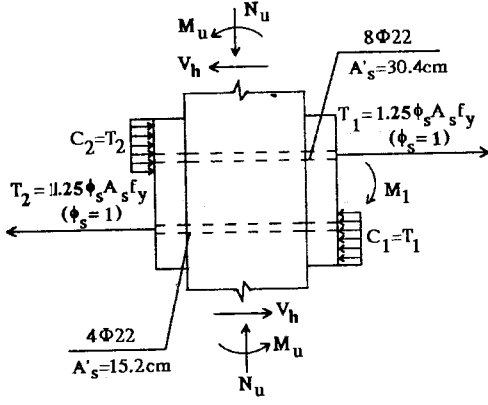
$$f_c = 300 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

۸ Φ 34 آرماتورهای طولی

$$b \times d = 50 \times 55 \text{ cm}^2 \text{ ابعاد تیر}$$

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام اول) محاسبه آرماتورهای عرضی محصورکننده فاصله خاموت ها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد: - یک چهارم ضلع کوچکتر مقطع ستون - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - ۱۲/۵ سانتیمتر $S \leq \frac{65}{4} = 16.25 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 3.4 = 27.2 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$ بنابراین S را برابر ۱۲ سانتیمتر در نظر می گیریم.	۴-۳-۲-۵-۲۰
		تذکر : استفاده از وصله های پوششی در مورد میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلیمتر مجاز است. بنابراین میلگردهای طولی حداکثر قطر مجاز را دارا می باشند.	۲-۱-۴-۱۸

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
معادله ۴-۲۰ $A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1)$ $A_{sh} = 5.12 \text{ cm}^2$ معادله ۵-۲۰ $A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$ $A_{sh} \geq 0.09 \times 12 \times 54.6 \times \frac{30}{400} = 4.42 \text{ cm}^2$ ۲-۲-۴-۵-۲۰ در اتصالاتی که از چهار طرف توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم عرضی از ستون که به آن متصل می‌شوند نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع تیر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه مساوی با نصف میلگردهای ناحیه بحرانی، f_o بکار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵ سانتیمتر افزایش داد. بنابراین: $A_{sh} = \frac{1}{2} \times 5.12 = 2.56 \text{ cm}^2$ اگر S را بجای ۱۲ سانتیمتر برابر ۱۵ سانتیمتر فرض کنیم خواهیم داشت: $A_{sh} = 2.56 \times \frac{15}{12} = 3.2 \text{ cm}^2$ بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به فواصل ۱۵ سانتیمتر استفاده می‌شود. $A_{sh} = 2.01 \times 2 = 4.02 \text{ cm}^2 \text{ O.K.}$ (به آخرین تذکر مثال سه توجه شود)	محاسبات	روش	بند آیین نامه
گام دوم) کنترل مقاومت برشی اتصال 	محاسبات	روش	بند آیین نامه

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با توجه به گام چهارم از مثال یک داریم: $M_1 = 745 \text{ KN.m}$ $M_2 = 395.6 \text{ KN.m}$ حال T_1 و T_2 و T_h را محاسبه می کنیم. $T_1 = 1.25 \times 1 \times (30.4 \times 10^{-4}) \times 400 \times 10^3$ $T_1 = 1520 \text{ KN}$ $T_2 = C_2 = \frac{1}{2} T_1 = 760 \text{ KN}$ $V_h = \frac{745 + 395.6}{3} = 380.2 \text{ KN}$ $V_u = 1520 + 760 - 380.2 = 1899.8 \text{ KN}$	به توضیحات گام سوم (قسمت ب) از مثال دو توجه شود. $V_h = \frac{M_1 + M_2}{h}$ $V_u = T_1 + C_2 - V_h$	
	$V_r = 12 \times 0.65^2 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30}) \times 10^3$ $V_r = 3332 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$	تذکر: V_h فرمول بالا مربوط به ستون فوقانی است. برای اتصالات محصور شده در چهار سمت داریم: $V_r = 12 A_j (0.2 \phi_c \sqrt{f_c})$	۳-۱-۴-۵-۲۰

مثال ۵ طرح دیوارهای برشی سازه با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد

دیوار برشی شکل زیر را با توجه به ضوابط شکل‌پذیری زیاد طرح نمایید. پس از طراحی اولیه ضخامت دیوار ۵۰ سانتیمتر و ابعاد اجزای لبه ۸۰×۱۲۵ سانتیمتر مربع و آرماتورهای طولی اجزای لبه ۳۴ Φ ۳۰ در نظر گرفته شده‌اند.

مشخصات:

$$f_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 400 \text{ MPa}$$

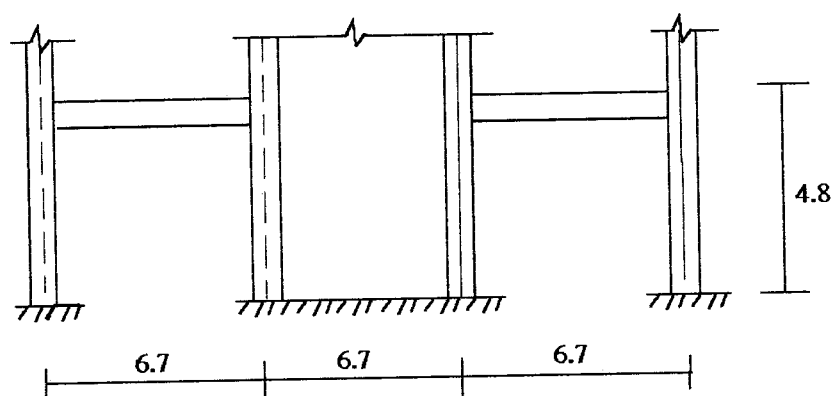
$$P_D = 13694 \text{ KN (بارهای وارد بر دیوار)}$$

$$P_L = 1760 \text{ KN}$$

$$M_E = 45135 \text{ KN.m}$$

$$V_E = 2835 \text{ KN}$$

$$h_w = 45 \text{ m ارتفاع کل دیوار}$$



جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین‌نامه
		گام اول) کنترل ابعاد دیوار در دیوارهای سازه‌ای محدودیت هندسی زیر باید رعایت شوند: - ضخامت دیوار نباید کمتر از ۱۵ سانتیمتر اختیار شود. - عرض جزء لبه نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.	۱-۱-۳-۵-۲۰
	$t = 50 \text{ cm} > 15 \text{ cm} \text{ O.K.}$ $C_1 = 80 \text{ cm} > 30 \text{ cm} \text{ O.K.}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		گام دوم) محاسبه تلاش های نهایی ترکیبات مختلف بارگذاری عبارتند از: $U_1 = 1.25 D + 1.5 L$ $U_2 = D + 1.1 L \pm 1.2 E$ $U_3 = 0.85 D \pm 1.2 E$ نحوه محاسبه حداکثر نیروی محوری فشاری اجرای لبه (P=-15987KN) را در زیر می آوریم: $P_u = P_D + 1.2 P_L + 1.2 P_E$ $M_u = M_D + 1.2 M_L + 1.2 M_E$ $P = \frac{P_u}{2} + \frac{M_u}{\ell}$ منظور از ℓ فاصله محور تا محور اجرای لبه دیوار است. تذکره: چون مرکز دیوار و مرکز سازه بر هم منطبق می باشند، در هنگام زلزله نیروی محور در دیوار ایجاد نشده است.	
	$P_u = 13694 + 1.2 \times 760 \pm 0 = 1580 \text{ KN}$ $M_u = 0 + 0 + 1.2 \times 45135 = 54162 \text{ KN.m}$ $P = \frac{15806}{2} + \frac{54162}{6.7} = 15987 \text{ KN}$		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	گام سوم) کنترل لازم بودن المان‌های مرزی اگر تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع دیوار تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از $0.2f_c$ بیشتر باشد باید از اجزای لبه استفاده نمود. مگر آنکه در تمام طول دیوار آرماتورگذاری ویژه پیش‌بینی شده باشد. اجزای لبه را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری بتن در آنها از $0.15f_c$ کمتر باشد قطع کرد. بنابراین : $f = \frac{15806 \times 10^{-3}}{3.975} + \frac{54162 \times 10^{-3} \times 3.975}{20.94} = 14.26 \text{ Mpa}$ $0.2 f_c = 0.2 \times 30 = 6 \text{ MPa} < f$ پس باید از اجزای لبه استفاده کرد.	گام سوم) کنترل لازم بودن المان‌های مرزی اگر تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع دیوار تحت اثر بارهای نهایی، به انضمام اثر زلزله، از $0.2f_c$ بیشتر باشد باید از اجزای لبه استفاده نمود. مگر آنکه در تمام طول دیوار آرماتورگذاری ویژه پیش‌بینی شده باشد. اجزای لبه را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری بتن در آنها از $0.15f_c$ کمتر باشد قطع کرد. $f = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u C}{I}$	۱-۳-۳-۵-۲۰
	با توجه به گام اول داریم: $V_u = 3402 \text{ KN}$	گام چهارم) تعیین حداقل فولاد مورد نیاز طولی و عرضی دیوار الف- کنترل لازم بودن دو شبکه آرماتور در دیوارهایی که نیروی برشی نهایی در مقطع آنها از $0.2\phi_c \sqrt{f_c} A_{cv}$ بیشتر است. بکارگیری دو شبکه آرماتور الزامی است.	۴-۳-۳-۵-۲۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$0.2\phi_c\sqrt{f_c}A_{cv} = 0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 7.95 \times 0.5 \times 10^3$ $= 2613 \text{ KN}$ بنابراین: $V_u > 0.2\phi_c\sqrt{f_c}A_{cv}$ پس بکارگیری دو شبکه آرماتور الزامی است.	منظور از A_{cv} مساحت خالص مقطع بتن محدود به ضخامت جان و طول مقطع در جهت نیروی برشی مورد نظر می باشد.	
	ب - محاسبه آرماتورهای طولی و عرضی مورد نیاز در دیوار. در دیوارهای سازه ای نسبت آرماتور در هیچ یک از دو امتداد قائم و افقی نباید کمتر از ۰/۰۰۲۵ باشد. البته اگر نیروی برشی نهایی موجود در مقطع دیوار از $(0.2\phi_c\sqrt{f_c})$ کمتر باشد برای حداقل آرماتور مورد نیاز در دیوار باید ضوابط بند (۴-۱۶) رعایت شوند.	با توجه به قسمت الف داریم: $0.5A_{cv}(0.2\phi_c\sqrt{f_c}) = 0.5 \times 2613 = 1158 \text{ KN} < V_u$ بنابراین: $\rho_v = \rho_n = 0.0025$ و حداقل فولاد مورد نیاز در طول یک متر از دیوار برابر است با: $A_{s \min} = 0.0025 \times 50 \times 100 = 12.5 \text{ cm}^2 / \text{m}$	۱-۲-۳-۵-۲۰

جدول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	اگر از دو شبکه آرماتور $\Phi 16$ استفاده کنیم ($A_s = 2.01 \text{ cm}^2$) خواهیم داشت: $S_{\text{req}} = \frac{2 \times 2.01}{2.5} \times 100 = 32.16 \text{ cm} < 35 \text{ O.K.}$ بنابراین از $\Phi 16/30$ در فولادگذاری حداقل استفاده می کنیم.	فاصله محور تا محور میلگردها از یکدیگر در هر دو امتداد قائم و افقی نباید بیشتر از ۳۵ سانتیمتر اختیار شود.	۳-۲-۳-۵-۲۰
	بنابراین: $A_{\text{cp}} = 7.95 \times 0.5 = 3.975 \text{ m}^2$ $V_r = A_{\text{cv}} (0.2 \phi_c \sqrt{f_c} \alpha_c + \phi_s \rho_n f_y) = 5 \times 3.975 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30}) \times 10^3 = 113063 \text{ KN} > V_u \text{ O.K.}$ بنابراین: $\alpha_c = 1$ با فرض استفاده از $\Phi 16/30$ داریم. $\rho_n = \frac{2 \times 2.01}{50 \times 30} = 0.00268$	گام پنجم) تعیین آرماتورهای لازم برای تحمل برش مقاومت برشی نهایی مقطع در هر پایه دیوارگونه نباید بیشتر از $5A_{\text{cp}}(0.2\phi_c\sqrt{f_c})$ منظور گردد. A_{cp} سطح مقطع پایه دیوارگونه است. مقاومت برشی نهایی مقطع V_r با استفاده از رابطه زیر محاسبه می شود: در این رابطه α_c ضریبی است که به شرح زیر در نظر گرفته می شود: اگر $h_w / \ell_w \geq 2$ باشد: $\alpha_c = 1$ اگر $h_w / \ell_w \geq 1.5$ باشد: $\alpha_c = 1.5$ اگر h_w / ℓ_w بین ۱/۵ و ۲ باشد ضریب α_c با درون یابی خطی بین اعداد فوق تعیین می شود.	۵-۲-۵-۵-۲۰ ۵-۲-۵-۵-۲۰

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$V_r = 7.95 \times 0.5 \times (0.2 \times 0.6 \times \sqrt{30} \times 1 + 0.85 \times 0.00268 \times 400) \times 10^3$ $V_r = 6235 \text{ KN}$ $0.7 \times V_r = 4364.5 \text{ KN} > V_u = 3402 \text{ KN O.K.}$ بنابراین از دو شبکه آرماتور $\Phi 16/30$ در دو جهت قائم و افقی استفاده می کنیم.	در دیوارهای سازه ای، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید بر اساس رابطه زیر صورت گیرد. $V_u \leq 0.7 \times V_r$ تذکر: در مواردیکه نسبت $\frac{h_w}{\ell_w}$ کمتر از ۲ است نسبت آرماتور قائم، ρ_v نباید کمتر از نسبت آرماتور افقی برشی، ρ_n در نظر گرفته شود.	۱-۲-۵-۵-۲۰
	با توجه به گام دوم داریم: $P^-(\text{MAX}) = -15987 \text{ KN} \quad (\text{فشاری})$ $P^+(\text{MAX}) = +2264 \text{ KN} \quad (\text{کششی})$ ابعاد اجزای لبه 80×125 سانتیمتر مربع و آرماتورهای طولی آن $30\Phi 34$ می باشند. بنابراین: $A_g = 0.8 \times 1.25 = 1 \text{ m}^2$ $A_{st} = 30 \times 9.08 \times 10^{-4} = 272.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $\rho_{st} = \frac{272.4 \times 10^{-4}}{1} = 0.0272$ $\rho_{st} > \rho_{\min} = 0.01 \text{ O.K.}$ $\rho_{st} < \rho_{\max} = 0.04 \text{ O.K.}$	گام ششم) کنترل اجزای لبه اجزای لبه در دیوارها باید در حالت حدی نهایی مقاومت برای مجموع بارهای قائم وارد به دیوار شامل بارهای اجزای مرتبط با دیوار و وزن دیوار و نیروی محوری ناشی از لنگر واژگونی حاصل از نیروهای جانبی زلزله طراحی می شوند.	۲-۳-۳-۵-۲۰
	$A_g = 0.8 \times 1.25 = 1 \text{ m}^2$ $A_{st} = 30 \times 9.08 \times 10^{-4} = 272.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ $\rho_{st} = \frac{272.4 \times 10^{-4}}{1} = 0.0272$ $\rho_{st} > \rho_{\min} = 0.01 \text{ O.K.}$ $\rho_{st} < \rho_{\max} = 0.04 \text{ O.K.}$	استفاده از وصله های پوششی در مورد میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلیمتر مجاز است. بنابراین میلگردهای طولی اجزای لبه حداکثر قطر مجاز را دارا می باشند.	۲-۱-۴-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
		نسبت آرماتور قائم در هیچ ناحیه از طول دیوار نباید از چهار درصد بیشتر باشد. نیروی محوری فشاری قابل تحمل اجزای لبه، مانند ستون‌های تحت اثر فشار محوری، از فرمول زیر محاسبه می‌شود:	۱-۲-۲-۵-۲۰ ۲-۲-۳-۵-۲۰
	$\rho_{r(MAX)} = 0.8 \times [0.85 \times 0.6 \times 30 \times (1 - 272.4 \times 10^{-4}) + 0.85 \times 400 \times 272.4 \times 10^{-4}] \times 10^3$ $\rho_{r(MAX)} = 19316 \text{ KN} > P_{(MAX)}^- \text{ O.K.}$ $\phi_s \cdot A_{st} \cdot f_y = 0.85 \times 272.4 \times 10^{-4} \times 400 \times 10^3 = 9262 \text{ KN} > P_{(MAX)}^+ \text{ O.K.}$	$\rho_{r(MAX)} = 0.8[0.85\phi_c \cdot f_c \cdot (A_g - A_{st}) + \phi_s \cdot f_y \cdot A_{st}]$ اگر در اجزای لبه کشش ایجاد شود باید تمام نیرو را میلگردها تحمل کنند. یعنی: $P_{(MAX)}^+ \leq \phi_c \cdot A_{st} \cdot f_y$	۳-۴-۱۱
		تذکر: در اجزای لبه فاصله میلگردهای قائم نباید بیشتر از ۲۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.	۳-۲-۳-۵-۲۰
		گام هفتم) محاسبه میلگردهای عرضی محصورکننده اجزای لبه	
		اجزای لبه باید در سراسر طول خود دارای آرماتورگذاری عرضی ویژه باشند.	۴-۳-۳-۵-۲۰
		قطر میلگردهای عرضی ویژه نباید کمتر از ۸ میلیمتر و فاصله سفره میلگردها از یکدیگر نباید بیشتر از مقادیر زیر باشد:	۴-۳-۲-۵-۲۰
	$S \leq \frac{80}{4} = 20 \text{ cm}$ $S \leq 8 \times 3.4 = 27.2 \text{ cm}$ $S \leq 12.5 \text{ cm}$	- یک چهارم ضلع کوچکتر جزء لبه - هشت برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی - ۱۲/۵ سانتیمتر	
	بنابراین S را برابر ۱۲/۵ سانتیمتر در نظر می‌گیریم.		

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	با فرض استفاده از خاموت‌های $\Phi 16$ و وجود $۴/۵$ سانتیمتر پوشش بتنی روی میلگردها، برای جهت کوچکتر داریم:	الف- محاسبه آرماتورهای جهت کوتاه‌تر در اجزای لبه با مقطع مستطیل سطح مقطع کل تنگ‌های ویژه در هر امتداد A_{sh} نباشد کمتر از دو مقدار زیر باشد:	۲-۳-۵-۲۰
	$h_c = 125 - 4.5 \times 2 - 1.6 = 114.4 \text{ cm}$		
	$A_{ch} = (125 - 4.5 \times 2)(80 - 4.5 \times 2) = 8236 \text{ cm}^2$		
	$A_{sh} \geq 0.3(12.5 \times 114.4 \times \frac{30}{400}) \times (\frac{125 \times 80}{8236} - 1)$	معادله ۴-۲۰ $A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1)$	
	$A_{sh} = 6.89 \text{ cm}^2$		
	$A_{sh} \geq 0.09 \times 12.5 \times 114.4 \times \frac{30}{400} = 9.65 \text{ cm}^2$	معادله ۵-۲۰ $A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	
	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 16$ در هر جهت استفاده می‌شود.	که در آن:	
	$A_{sh} = 5 \times 2.01 = 10.05 \text{ cm}^2 \text{ O.K.}$	h_c = فاصله محور تا محور میلگردهای محصورکننده	۰-۲۰
	$h_c = 80 - 4.5 \times 2 - 1.6 = 69.4 \text{ cm}$	A_{ch} = مساحتی که بر اساس اندازه پشت تا پشت میلگردهای عرضی محاسبه می‌شود.	
	$A_{ch} = (125 - 4.5 \times 2)(80 - 4.5 \times 2) = 8236 \text{ cm}^2$	می‌توان از قلاب‌های دوخت با قطر و فاصله مشابه تنگ‌ها که دارای خم ۹۰° درجه در یک انتهای آنست استفاده کرد. هر انتهای قلاب دوخت باید در برگیرنده یک میلگرد طولی باشد و محل خم ۹۰° درجه آن باید در امتداد میلگرد طولی یک در میان عوض شود.	۵-۳-۲-۵-۲۰
	$A_{sh} \geq 0.3(12.5 \times 69.4 \times \frac{30}{400}) \times (\frac{125 \times 80}{8236} - 1)$	ب- محاسبه آرماتورهای جهت بلندتر	
	$A_{sh} = 4.18 \text{ cm}^2$		
	$A_{sh} \geq 0.09 \times 12.5 \times 69.4 \times \frac{30}{400} = 5.86 \text{ cm}^2$	معادله ۴-۲۰ $A_{sh} \geq 0.3(s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}})(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1)$	
		معادله ۵-۲۰ $A_{sh} \geq 0.09s.h_c \cdot \frac{f_c}{f_{yh}}$	

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	بنابراین از یک حلقه خاموت $\Phi 16$ به همراه یک قلاب دوخت $\Phi 16$ در هر جهت استفاده می شود. $A_{sh} = 3 \times 2.01 = 6.03 \text{ cm}^2$ O.K.		
	ضریب a_1 برای میلگردهای بیشتر از ۲۰ میلیمتر برابر ۰/۸ است. $f_b = 0.8 \times 0.85 \times 3.56 = 2.42$ $\ell_{dh} = \frac{3.4 \times 400}{4 \times 2.42} = 140.5$ $\ell_d = 1 \times 1 \times 1 \times 140.5 = 140.5$	گام هشتم) محاسبه طول گیرایی و طول پوششی آرماتورها کلیه میلگردهای ممتد در دیوارهای سازه ای باید به عنوان میلگردها کششی مطابق ضوابط بند (۳-۴-۲۰) مهار یا وصله شوند. الف- طول وصله برای میلگردهای قائم $\Phi 34$ در اجزای لبه. طول وصله های پوششی برابر $1.3l_d$ می باشد. برای محاسبه l_d با توجه به ضوابط بخش ۲-۱۸-۲ به طریق زیر عمل می شود: $f_{bd} = 0.65 \sqrt{f_c}$ برای میلگردهای با قطر بیشتر از ۲۵ میلیمتر داریم: $f_b = \lambda_1 \lambda_2 \cdot f_{bd}$ $\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$ $\ell_{d1} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \ell_{db}$ برای محاسبه l_d با توجه به ضوابط بخش ۳-۴-۲۰ به طریق زیر عمل می شود:	۶-۲-۳-۵-۲۰ ۱-۲-۴-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	$f_b = 2 \times 3.56 = 7.12 \text{ MPa}$ $\ell_{dh} = \frac{3.4 \times 400}{4 \times 7.12} = 47.75 \text{ cm}$ $\ell_{d2} = 2.5 \times 47.75 = 119.375$ بنا براین : $\ell_d = 140.5 \text{ cm}$ $1.3 \times 140.5 = 182.6$ طول پوشش طول وصله را برابر ۱۸۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	$f_b = 2 f_{bd}$ $\ell_{dh} = \frac{d_b \cdot f_y}{4 f_b}$ (قلاب ۹۰ درجه) $\ell_{d2} = 2.5 \ell_{dh}$ $\ell_d = \text{MAX} (\ell_{d1} , \ell_{d2})$	۱-۳-۴-۵-۲۰ معادله ۲-۱۸ ۳-۳-۴-۵-۲۰
	$f_{bd} = 0.65 \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$ $f_b = 0.8 \times 1 \times 3.56 = 2.84 \text{ Mpa}$ $\ell_{db} = \frac{1.6 \times 400}{4 \times 2.84} = 56.3$ برای و $f_y = 400 \text{ MPa}$ و $f_c = 30 \text{ MPa}$ داریم: $\ell_{d1} = 56.3$ $f_{bd} = 0.65 \sqrt{30} = 3.56 \text{ Mpa}$ $f_b = 2 \times 3.56 = 7.12 \text{ Mpa}$ $\ell_{dh} = \frac{1.6 \times 400}{4 \times 7.12} = 22.47 \text{ cm}$ $\ell_{d2} = 2.5 \times 22.47 = 56.2 \text{ cm}$ $\ell_d = 56.3 \text{ cm}$ $1.3 \times 56.2 = 73 \text{ cm}$ طول پوشش طول وصله را برابر ۷۵ سانتیمتر در نظر می گیریم.	تذکر: برای میلگردهای بزرگتر از $\Phi 34$ نمی توان از وصله های پوشش استفاده کرد. ب- طول وصله برای میلگردهای قائم $\Phi 16$ در جان دیوار. ابتدا ℓ_d را با توجه به ضوابط بخش ۲-۲-۱۸ محاسبه می کنیم. برای محاسبه ℓ_d با توجه به ضوابط بخش ۲-۳-۴-۵-۲۰ به طریق زیر عمل می شود.	۲-۱-۴-۱۸ معادله ۴-۱۸ ۱-۳-۴-۵-۲۰ معادله ۲-۱۸ ۳-۳-۴-۵-۲۰ ۱-۲-۴-۱۸

جداول کمکی	محاسبات	روش	بند آیین نامه
	برای و $f_c=30\text{MPa}$, $f=400\text{MPa}$ و $\Phi 16$ داریم: $l_{d1} = 73.19$ $l_{d2} = 2.5 \times 22.47 = 78.6 \text{ cm}$ بنابراین: $l_d = 78.6 \text{ cm}$ طول مهاری را برابر ۸۰ سانتیمتر در نظر می گیریم. با توجه به اینکه طول اجزای لبه ۱۲۵ سانتیمتر می باشد، می توان میلگردهای افقی با طول مهاری ۸۰ سانتیمتر را مستقیماً در داخل بتن محصور شده اجزای لبه قرار داد و نیازی به قلاب در آن ندارد.	ب- طول گیرایی برای میلگردهای افقی با این فرض که در انتهای آن قلاب وجود ندارد. با توجه به اینکه در هر مرحله بتن ریزی بیش از ۳۰ سانتیمتر بتن تازه در زیر اکثر میلگردهای افقی قرار می گیرد، در محاسبه طول گیرایی، تمام آنها را میلگردهای فوقانی فرض می کنیم. ابتدا l_d با توجه به ضوابط بخش ۱۸-۲-۲ محاسبه می شود. برای محاسبه l_d با توجه به ضوابط بخش ۲۰-۵-۴-۳ از قسمت پ استفاده می کنیم. (میلگرد فوقانی) $l_{d2} = 3.5 l_{dh}$ $l_d = \text{MAX} (l_{d1} \cdot l_{d2})$	۳-۳-۴-۵-۲۰

