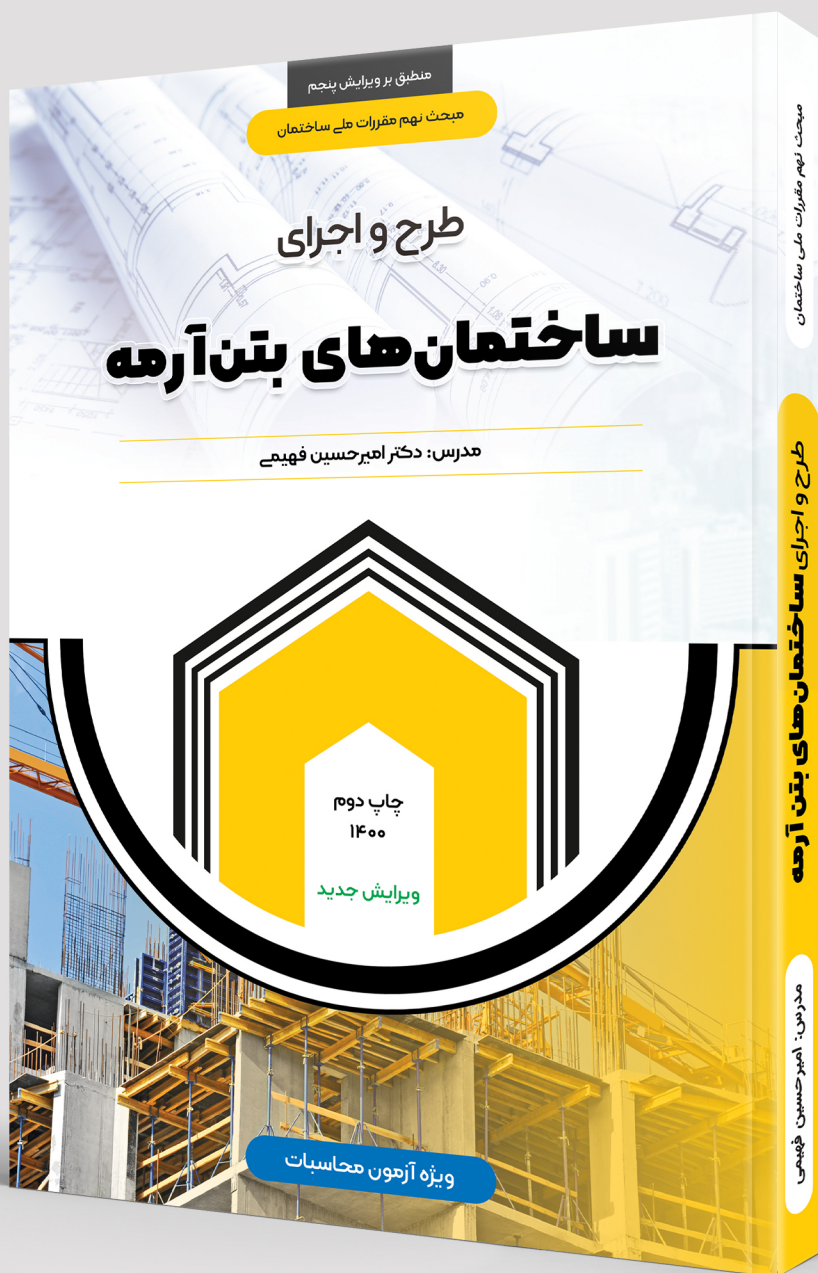




“

- نوع محصول: کتاب (نسخه چاپی) + فیلم آموزشی
- پیش نیاز: بدون پیش نیاز
- تعداد صفحات: ۴۸۲
- تعداد فصل‌ها: ۶
- زمان فیلم آموزشی: ۸۵ ساعت
- روش دریافت فیلم آموزشی: دانلودی
- تعداد تست‌های کتاب: به همراه تست‌های تالیفی و به
- انضمام تست‌های سال ۹۲ تا ۱۴۰۰ نظام مهندسی
- ویرایش: پاییز ۱۴۰۰
- نوع چاپ: چاپ دوم

www.acefirm.org

”

بنام خداوند جان و خوار



موسسه آموزشی ACE

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران طرح و اجرای ساختمان‌های بتن آرمه

ویژه آزمون محاسبات رشته عمران نظام مهندسی ایران

جدیدترین ویرایش: پاییز ۱۴۰۰

نویسنده و مدرس:

دکتر امیرحسین فهیمی

ویراستار علمی:

امیرحسین آقاخانی افشار

فهرست مطالب

۷

فصل ۱

۸	منظور از عضو بتن آرمه چیست؟
۹	بتن
۱۳	دامنه کاربرد بتن در طراحی اعضای بتن آرمه
۱۴	جمع شدگی و خزش در بتن
۱۴	آرماتورهای فولاد
۱۵	نمودار تنش و کرنش فولاد
۱۸	مشخصات مورد نیاز آرماتورها در طراحی
۲۲	پوشش روی آرماتورها
۲۵	فرآیند طراحی یک سازه بتن آرمه
۲۷	مدل سازه‌های معادل بیمار
۲۸	نکات مدلسازی
۳۴	بارگذاری معادل تشخیص بیماری
۳۵	تحلیل سازه معادل تحلیل مدارک بیمار
۴۵	طراحی معادل درمان

۴۹

فصل ۲

۵۰	روش طرح مقاومت
۵۵	طراحی خمشی تیرها
۷۲	محاسبه لنگر خمشی مقاوم مقطع تیر بتن آرمه با یک ردیف آرماتور کششی
۷۳	محاسبه عمقتار فشاری و آرماتورهای کششی لازم در لحظه مقاومت نهایی مقطع
۸۳	درصد آرماتور
۹۰	شکل‌پذیری در تیرهای بتن آرمه
۹۲	آرماتور فشاری
۱۰۲	تیرهای T شکل
۱۱۱	محدودیت مساحت آرماتورهای طول خمشی کششی
۱۲۱	ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله بخش اول
۱۲۹	ضوابط مربوط به فاصله حداقل میلگردهای طولی در تیرها
۱۳۳	برش در تیرها



طراحی برشی تیرها	۱۲۵
۲-۱ پیچش	۱۷۸
۱-۲-۱ طراحی پیچشی تیرهای بتن آرمه	۱۷۹
۲-۲-۱ ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله بخش دوم	۱۹۷
۳-۱ مقاومت اتکایی (لهیدگی)	۲۰۷
۴-۱ مهار و وصله آرماتورهای طولی	۲۰۹
۵-۱ وصله میلگردها	۲۲۷
۱-۵-۱ انواع وصله ها	۲۲۷
۲-۵-۱ وصله پوششی (۲-۴-۲۱-۹)	۲۲۸
۳-۵-۱ وصله اتکایی میلگردهای آجدار در فشار	۲۲۹
۴-۵-۱ وصله مکانیکی و جوشی میلگردهای آجدار در کشش و فشار (۷-۴-۲۱-۹)	۲۳۰
۶-۱ الزامات بهره برداری	۲۳۳
۱-۶-۱ کنترل خیز	۲۳۴
۲-۶-۱ کنترل ارتعاش (لرزش) سازه	۲۴۲
۳-۶-۱ توزیع آرماتور خمشی و کنترل عرض ترک	۲۴۶
۷-۱ نکات تکمیلی در خصوص آرماتورهای خمشی در تیرها	۲۴۹

۲۵۷

فصل سوم

۱-۳ انواع ستون ها از نظر شکل	۲۵۹
۲-۳ مرکز پلاستیک مقطع ستون ها	۲۵۹
۳-۳ طراحی ستون زمانی که تنها تحت نیروی محوری قرار دارد	۲۶۱
۴-۳ طراحی ستون زمانی که تنها تحت لنگر خمشی قرار دارد	۲۶۶
۵-۳ طراحی ستون زمانی که همزمان نیروی محوری و لنگر خمشی قرار دارد	۲۶۷
۱-۵-۳ مقطع ستون تحت حالت خمش دو محوره	۲۷۳
۲-۵-۳ محدودیت آرماتورهای طولی در ستون های بتن آرمه	۲۷۵
۳-۵-۳ ضوابط لرزه های آرماتورهای طولی و ابعاد هندسی ستون های بتن آرمه	۲۷۷
۶-۳ طراحی برشی ستون های بتن آرمه	۲۷۹
۱-۶-۳ حداقل مقدار و حداکثر فاصله بین آرماتورهای برشی در ستون های بتن آرمه	۲۸۱
۷-۳ طراحی پیچشی ستون های بتن آرمه	۲۸۲
۱-۷-۳ ضوابط لرزه های طراحی برشی و پیچشی ستون های بتن آرمه	۲۸۲
۸-۳ ستون های لاغر	۳۰۱
۱-۸-۳ مفهوم لاغری در ستون ها	۳۰۱
۲-۸-۳ طراحی ستون های لاغر	۳۰۸
۹-۳ نکات تکمیلی ستون ها	۳۱۷



فصل چهارم

۳۱۹

- ۱-۴ به چه دال‌هایی یک‌طرفه و به چه دال‌هایی دو طرفه می‌گوییم؟ ۳۲۱
- ۲-۴ طراحی دال‌های یک‌طرفه ۳۲۲
- ۱-۲-۴ حداقل آرماتور خمشی در دال‌های یک‌طرفه ۳۲۵
- ۲-۲-۴ حداقل و حداکثر فاصله آرماتورهای طولی دال‌های یک‌طرفه ۳۲۵
- ۳-۲-۴ حداقل آرماتور برشی در دال‌های یک‌طرفه ۳۲۶
- ۴-۲-۴ کنترل خیز دال‌های یک‌طرفه ۳۲۶
- ۵-۲-۴ کنترل ترک در دال‌ها و آرماتورهای حرارت و جمع‌شدگی ۳۲۸
- ۶-۲-۴ طول گیرایی و وصله آرماتورهای خمشی ۳۲۹
- ۷-۲-۴ قطع آرماتورهای خمشی ۳۳۰
- ۸-۲-۴ آرماتورهای یکپارچگی سازه‌ای در دال‌های یک طرفه درجا ریز ۳۳۱
- ۳-۴ دال‌های دو طرفه ۳۳۱
- ۱-۳-۴ تحلیل دال‌ها به روش مستقیم ۳۳۵
- ۲-۳-۴ تحلیل به روش قاب معادل ۳۴۶
- ۳-۳-۴ تحلیل پلاستیک دال‌های دو طرفه ۳۵۰
- ۴-۳-۴ انتقال لنگر خمشی ضریب‌دار در اتصالات دال به ستون ۳۵۰
- ۵-۳-۴ مقاومت برشی دال‌های دو طرفه ۳۵۲
- ۶-۳-۴ ضوابط آرماتورگذاری در دال‌های دو طرفه ۳۶۲
- ۷-۳-۴ فاصله آرماتورهای خمشی در دال‌های دو طرفه ۳۶۲
- ۸-۳-۴ مهار آرماتورها در دال و ضوابط قطع آن ۳۶۲
- ۹-۳-۴ اثر گوشه در دال‌ها ۳۶۵
- ۱۰-۳-۴ آرماتورهای انسجام در دال‌ها ۳۶۶
- ۱۱-۳-۴ کنترل خیز دال‌های دو طرفه ۳۶۶

فصل پنجم

۳۶۹

- ۱-۵ طراحی دیوارهای بتن‌آرمه برای بار محوری و لنگر خمشی داخل و خارج صفحه ۳۷۰
- ۲-۵ طراحی دیوارها در برابر نیروی برشی ۳۷۴
- ۱-۲-۵ طراحی دیوارها برای برش خارج صفحه ۳۷۴
- ۲-۲-۵ طراحی دیوارها برای برش داخل صفحه ۳۷۷
- ۳-۵ حداقل ضخامت دیوارها ۳۸۲
- ۴-۵ محدودیت مقادیر آرماتورها ۳۸۳
- ۵-۵ محدودیت فاصله آرماتورها ۳۸۸
- ۶-۵ تحلیل خارج از صفحه دیوارها ۳۹۰
- ۱-۶-۵ لنگر تشدید یافته (ضریب‌دار) ۳۹۱
- ۲-۶-۵ تغییر شکل خارج از صفحه - بارهای بهره‌برداری ۳۹۳
- ۷-۵ ضوابط لرزه‌ای دیوارها ۳۹۵

- ۳۹۶ ۵-۷-۱ اجزای دیوار برشی
- ۳۹۷ ۵-۷-۳ ضوابط طراحی دیوارهای سازه‌ای با شکل‌پذیری ویژه در خمش و بار محوری
- ۳۹۸ ۵-۷-۴ ضوابط طراحی دیوارهای سازه‌ای با شکل‌پذیری ویژه در برش
- ۴۰۷ ۵-۷-۵ دیوار پایه‌ها در دیوارهای سازه‌ای با شکل‌پذیری زیاد
- ۴۰۹ ۵-۷-۶ اجزای مرزی در دیوارهای سازه‌ای با شکل‌پذیری زیاد
- ۴۲۱ ۵-۷-۷ تیرهای همبند در دیوارهای هم‌بسته
- ۴۲۷ ۵-۷-۸ ضوابط طراحی مقطعاتی قائمی که در آنها $h/w \leq 2$ و یا $l/wb \geq 6$ باشد. ($bw=h$)
- ۴۲۷ ۵-۷-۹ ضوابط طراحی مقطعاتی قائمی که در آنها $h/w \geq 2$ و $l/wb \leq 2/5$ باشد. ($bw=h$)
- ۴۲۸ ۵-۷-۱۰ ضوابط طراحی مقطعاتی قائمی که در آنها $h/w \geq 2$ و $l/wb \leq 6$ باشد. ($bw=h$)

۴۲۹

فصل ششم

- ۴۳۰ ۶-۱ انواع شالوده‌ها
- ۴۳۳ ۶-۲ طراحی شالوده
- ۴۳۴ ۶-۲-۱ شالوده سطحی مرکب یک‌طرفه و نواری
- ۴۳۴ ۶-۲-۲ شالوده‌های سطحی منفرد دو طرفه
- ۴۳۵ ۶-۲-۳ شالوده سطحی مرکب دو طرفه و گسترده
- ۴۳۵ ۶-۲-۴ مقاطع بحرانی برای محاسبه MU و VU در شالوده‌های سطحی
- ۴۴۲ ۶-۲-۵ طراحی شالوده‌های عمیق
- ۴۵۰ ۶-۳ ضوابط لرزه‌ای شالوده‌ها
- ۴۵۰ ۶-۳-۱ ضوابط لرزه‌ای شالوده‌های تکی، نواری، سراسری، و سرشمع‌ها
- ۴۵۲ ۶-۳-۲ تیرهای در تراز پی (کلاف‌ها) و دال‌های متکی به زمین
- ۴۵۴ ۶-۳-۳ کلاف‌های لرزه‌ای در شالوده
- ۴۵۶ ۶-۳-۴ شالوده‌های عمیق



موسسه ACE

طرح و اجزای سازه های بتن آرمه



موسسه آموزشی ACE

ویژه آزمون محاسبات رشته عمران نظام مهندسی ایران

مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ایران

ویرایش سال ۱۳۹۹

نویسنده

امیرحسین فهیمی

مهر ۱۴۰۰



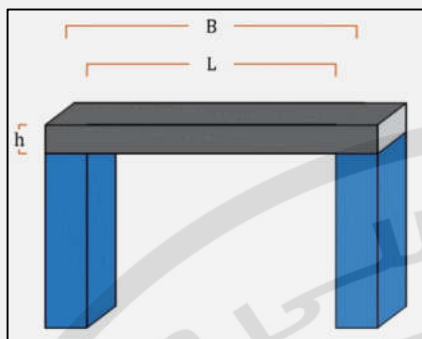
مقدمه

به نام طراح، مجری و ناظر جهان هستی.

سپاس بیکران خدای بزرگ را که به ما توفیق خدمت به جامعه مهندسی ایران عزیز به ویژه جامعه مهندسين عمران را عطا نموده است. پس از ویرایش جدید مبحث نهم مقررات ملی ساختمان از جانب سازمان مقررات ملی ساختمان ایران در سال ۱۳۹۹ بر آن شدیم تا مجموعه‌ای مکمل برای این مبحث مهم از مجموعه مباحث ۲۲ گانه سازمان مقررات ملی ساختمان را گردآوری نماییم. کتاب پیش رو به همراه فیلم آموزشی مکمل با هدف کمک به مهندسين عزیز جهت شرکت در آزمون‌های محاسبات نظام مهندسی و انجام فعالیت‌های طراحی سازه‌های بتن‌آرمه آماده و در اختیار شما مهندسين عزیز قرار داده شده است. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۹۹ نسبت به ویرایش سال ۹۲ تغییراتی در زمینه روابط و ضوابط طراحی سازه‌های بتن‌آرمه داشته و همچنین فصولی تکمیلی مانند طراحی به روش خرابایی و ... به آن اضافه شده است. سعی شده کتاب آموزش طراحی سازه‌های بتن‌آرمه ACE براساس ضوابط و روش‌های جدید مبحث نهم ویرایش سال ۹۹ تدوین گردد و همچنین تست‌های ادوار اخیر آزمون‌های نظام مهندسی و تست‌های تالیفی بر همین اساس اصلاح شده و در فصول مربوطه ارائه جای گیرند. جای دارد همین‌جا از همکاران عزیز خانواده ACE که مارا در گردآوری، نگارش و ارائه این اثر یاری نموده‌اند نهایت تشکر و قدردانی را نمایم. در پایان سخن خواهشمندیم همه مهندسين عزیزی که از کتاب طراحی سازه‌های بتن‌آرمه ACE استفاده می‌نمایند با نظرات و انتقادات خود از طریق راه‌های ارتباطی ACE و یا ایمیل بنده ما را در هرچه بهتر شدن این اثر یاری نمایند.

امیرحسین فهیمی

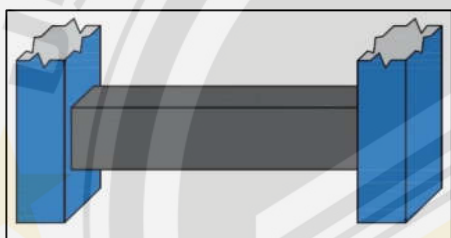
Email: Amirhosseinfhm95@gmail.com



$$\text{طول دهانه موثر} = \min\{B, l + h\}$$

شکل ۹-۱ طول دهانه موثر - اتصال ناپیوسته به تکیه گاه

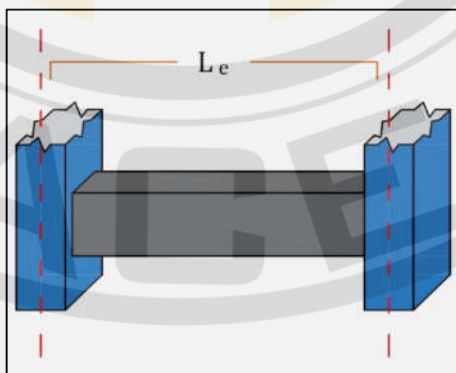
ب) طول موثر برای عضوی که با تکیه گاه های خود پیوسته است، با توجه به مقاومت و سختی نسبی اعضا در محل اتصال و با قضاوت مهندسی تعیین گردیده و درصدی از طول انتهایی عضو که در ناحیه اتصال واقع شده است صلب منظور می گردد. شکل ۱۰-۱



شکل ۱۰-۱ طول دهانه موثر - اتصال پیوسته به تکیه گاه

یک جرعه تجربه ۱:

در مدل سازی سازه های بتن آرمه معمولاً مهندسين عزیز بر اساس قضاوت مهندسی طول دهانه موثر را برای حالتی که اتصال عضو با تکیه گاه خود پیوسته است برابر طول دهانه آزاد به اضافه نصف فاصله آکس تکیه گاه تا بر تکیه گاه از هر سمت در نظر می گیرند. شکل ۱۱-۱



شکل ۱۱-۱ طول موثری بر اساس قضاوت مهندسی برای اتصال پیوسته

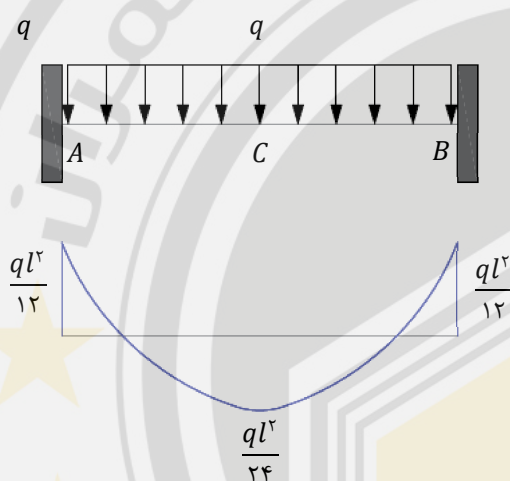
۳- لنگرهای هر طبقه یا بام باید با توزیع آن‌ها بین ستون‌های بالا و پایین طبقه یا بام، به نسبت سختی ستون‌ها و نیز شرایط تکی آنها توزیع شوند.

۴- نکات مدل‌سازی به همان گونه که بیان شد باید رعایت شود.

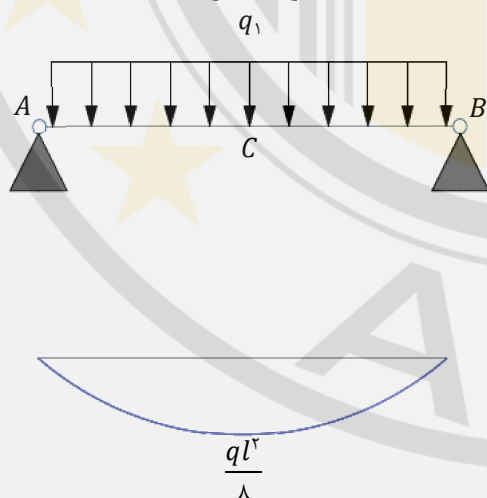
۵- در قاب‌ها و یا ساخت و سازهای پیوسته می‌توان چشمه اتصال را صلب فرض نمود.

بازپخش لنگرها در اعضای خمشی ممتد:

برای آشنایی با مفهوم باز پخش لنگر، تیر دو سر گیردار زیر که تحت بار گسترده q قرار داشته و مقاومت خمشی مقاطع در طول تیر مقدار ثابتی دارد را در نظر بگیرید:



شکل ۱-۱۲ نمودار لنگر تیر دو سر گیردار تحت بار گسترده یکنواخت q_1



شکل ۱-۱۳ نمودار لنگر تیر دو سر مفصل تحت بار گسترده یکنواخت

همانگونه که در نمودار لنگر خمشی تیر دو سر گیردار مشاهده می‌نمایید مقدار لنگر ایجاد شده در دو انتهای تیر نسبت به سایر نقاط بیشتر است؛ بنابراین با فرض یکسان بودن مقاومت خمشی کلیه نقاط در طول تیر، در نواحی انتهایی امکان گسیختگی خمشی نسبت به سایر نقاط بیشتر است. با افزایش میزان بار گسترده مقدار لنگر در طول تیر افزایش پیدا کرده تا جایی که لنگرهای نواحی انتهایی بیش از مقاومت خمشی این نقاط شوند. اگر بار گسترده‌ای را که منجر به رسیدن تیر به این مرحله شده را q_1 بنامیم، تیر دوسر گیردار تحت بار q_1 تبدیل به یک تیر دو سر مفصل می‌شود. بنابراین دو درجه از نامعینی تیر دوسر گیردار کم شده و تبدیل به یک تیر دو سر مفصل می‌گردد. مشاهده می‌کنید که با توجه به نمودار لنگر خمشی تیر ثانویه، میزان لنگر در وسط دهانه بیشترین مقدار را دارد و در وسط تیر امکان گسیختگی نسبت به سایر نقاط بیشتر است. با افزایش بار گسترده و یکنواخت q_1 میزان لنگر در وسط دهانه افزایش می‌یابد تا جایی که مقدار بار گسترده به میزان q_2 رسیده و لنگر متناظر با آن در وسط دهانه بیش از ظرفیت خمشی مقطع تیر در این نقطه از تیر می‌شود. در این هنگام در وسط تیر مفصل خمشی ایجاد شده و تیر ناپایدار می‌شود. در اینجا طراح برای

$$\rho' \geq \max \left\{ 0.25 \frac{\sqrt{f'_c}}{f_y} \cdot \frac{1.4}{f_y} \right\}$$

برای اینکه تیر بتن آرمه دارای شکل پذیری زیاد باشد باید نسبت آرماتور کششی برای فولادهای با حد تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کمتر نباید بیشتر از ۰.۰۲۵، و برای فولادهای با حد تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال بیش تر از ۰.۰۲ اختیار شود. حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ میلی متر باید هم در پایین و هم در بالای مقطع در سراسر طول پیش بینی شوند.

$$\rho_w \leq 0.25$$

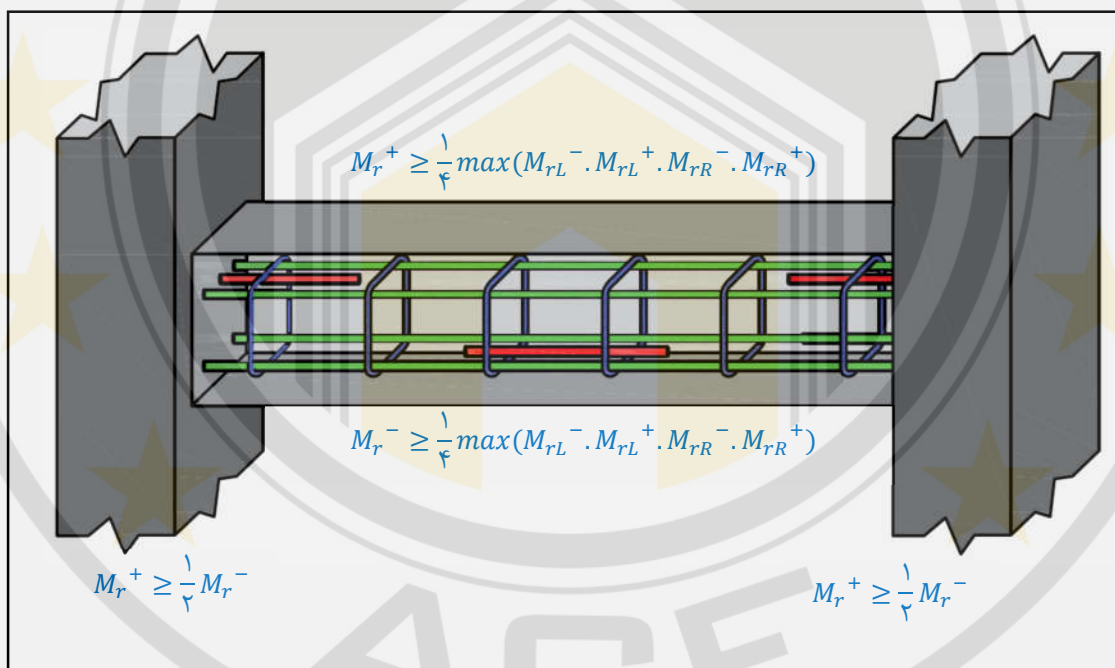
$$f_y \leq 420 \text{ Mpa}$$

$$\rho_w \leq 0.2$$

$$f_y = 520 \text{ Mpa}$$

مورد بعدی جهت رسیدن به شکل پذیری زیاد برای تیر اینک؛ در برتکیه گاه های تیر، مقاومت خمشی مثبت مقطع در هر تکیه گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان مقطع باشد. همچنین مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نباید کمتر از یک چهارم حداکثر مقاومت خمشی در ماقطع بر تکیه گاهی در دو انتهای عضو باشد.

شکل ۲-۲۷



شکل ۲-۲۷ ضوابط آرماتور طولی برای تیر با شکل پذیری زیاد

در خصوص ضوابط هندسی که باید در تیر با شکل پذیری زیاد رعایت شود، به موارد (الف) تا (پ) می توان اشاره نمود.
(الف) ارتفاع موثر مقطع نباید بیش از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.

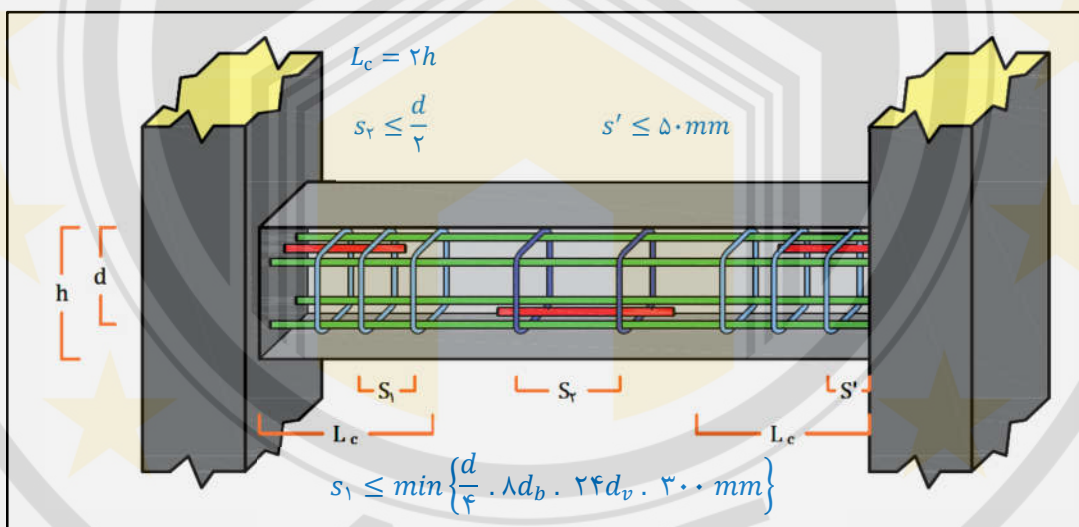
۱-۲-۲-۲ ضوابط شکل پذیری متوسط در خصوص آرماتور عرضی و حداقل مقاومت برشی

تیرها (۳-۲-۵-۲۰-۹) (۴-۲-۵-۲۰-۹)

در تیرهای با شکل پذیری متوسط ناحیه بحرانی از دو انتهای تیر شروع شده و طولی معادل با دو برابر با ارتفاع تیر دارد. قطر خاموت بکار رفته در این ناحیه حداقل برابر با ۸ میلی متر باید باشد و همچنین فاصله خاموتها در این قسمت باید از کمترین مقادیر:

- یک چهارم ارتفاع موثر مقطع $(\frac{d}{4})$ ؛
- ۸ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی $(8d_b)$ ؛
- ۲۴ برابر قطر خاموت $(24d_v)$ ؛
- و ۳۰۰ میلیمتر کمتر باشد.

در باقی طول تیر نیز فاصله آرماتورهای عرضی از یکدیگر نباید بیشتر از نصف ارتفاع موثر مقطع اختیار شود. فاصله اولین خاموت از بر تکیه گاه نیز نباید بیش از ۵۰ میلی متر باشد. شکل ۲-۴۲



شکل ۲-۴۲ ضوابط آرماتور عرضی برای تیر با شکل پذیری متوسط

مطابق بند ۱-۴-۲-۵-۲۰-۹ مبحث نهم مقاومت برشی تیر با شکل پذیری متوسط، ϕV_n ، نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر در نظر گرفته شود.

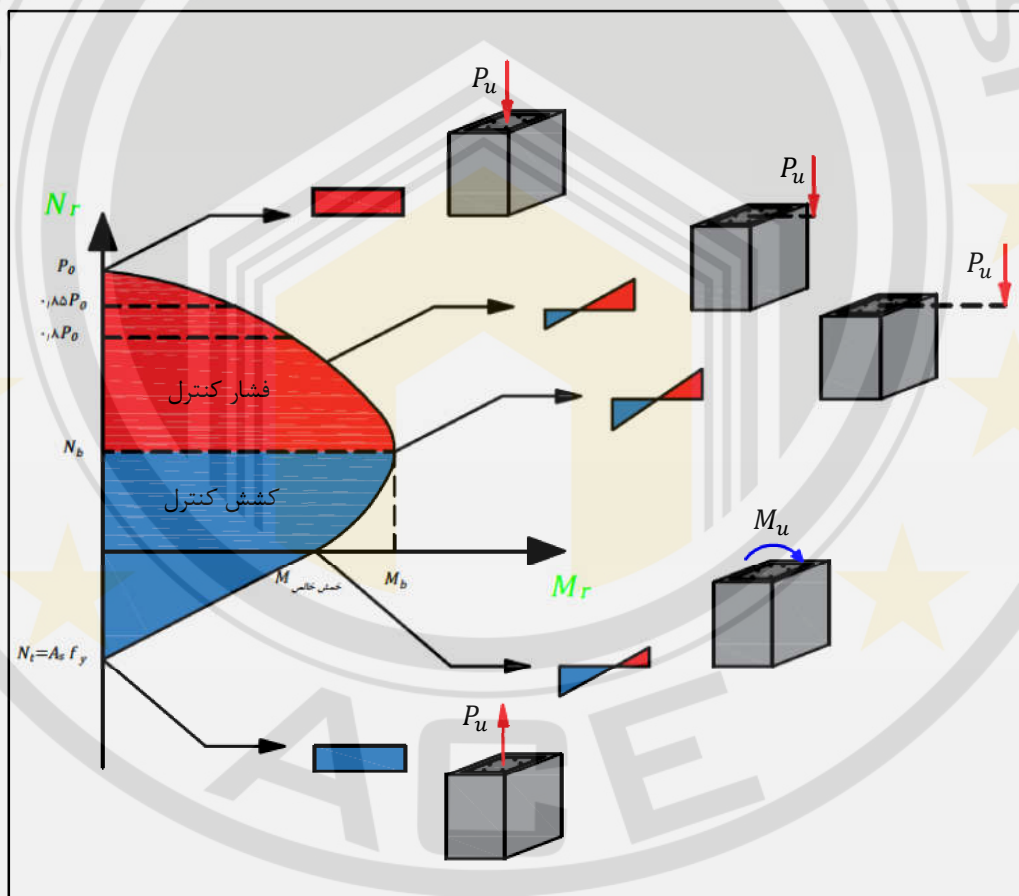
$$P_n = C_{c-1} + C_{c-2} - C_{t-1} = \alpha f'_c \beta x b + A'_s f_s - A_s f_y$$

با لنگر گیری حول نیروی مقاوم P_n لنگر مقاوم مقطع را نیز محاسبه می کنیم:

$$M_n = C_{c-1} \left(e - \frac{\beta x}{2} \right) + C_{c-2} L' + C_{t-1} L = \alpha f'_c \beta x b \left(e - \frac{\beta x}{2} \right) + A'_s f_s L' - A_s f_y L$$

$$e = \frac{M_n}{P_n}$$

با کمی دقت متوجه خواهیم شد که برای خروج از مرکزیت های مختلفی که نیروی محوری نسبت به مرکز پلاستیک ستون می تواند داشته باشد (e)، نیروی محوری مقاوم (P_n) و لنگر خمشی مقاوم (M_n) متفاوتی خواهیم داشت. اگر زوج مرتب های لنگر و نیروی مقاوم مقطع ستون ($M_n \cdot P_n$) را در یک نمودار دکارتی مشخص نماییم به منحنی اندرکنش ستون دست خواهیم یافت. شکل ۳-۶



شکل ۳-۶ منحنی اندرکنش ستون

$$M_u = M + Vl$$

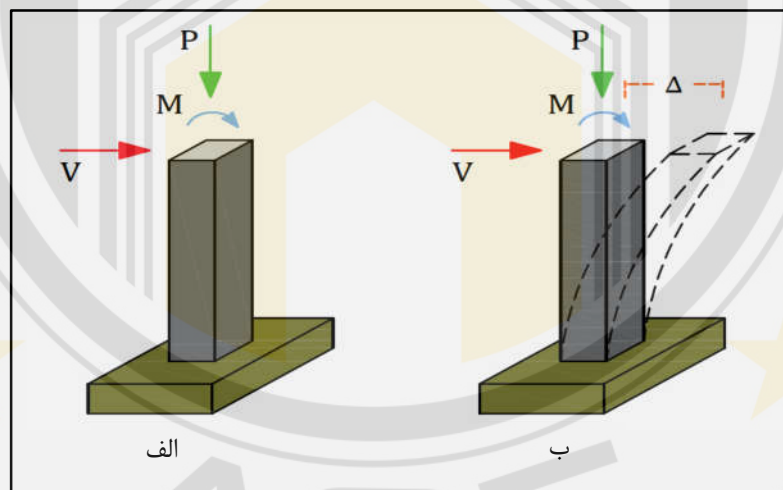
این محاسبه زمانی اعتبار دارد که ستون تغییر مکان جانبی نداشته باشد. اما از تحلیل سازه ها می دانیم که یک عضو طره ای تحت لنگر خمشی و نیروی برشی دچار تغییر مکان می شود. شکل ۳-۱۲ ب چنانچه تغییر مکان جانبی ستون ناشی از لنگر خمشی و نیروی برشی را Δ در نظر بگیریم، این بار لنگر در محل تکیه گاه ستون برابر خواهد بود با:

$$M'_u = M + Vl + P\Delta$$

همانطور که مشاهده کردید به مقدار لنگر قبلی به میزان $P\Delta$ اضافه شد. با افزایش لنگر دوباره، تغییر مکان جانبی ستون به مقدار Δ' بیشتر خواهد شد. بنابراین با استدلال مشابه لنگر در محل تکیه گاه ستون برابر خواهد شد با:

$$M''_u = M + Vl + P\Delta + P\Delta'$$

این روند به همین ترتیب ادامه می یابد و در هر مرحله مقداری به میزان لنگر وارد بر تکیه گاه ستون اضافه می شود، که باید حتما در فرآیند طراحی در نظر گرفته شود. از این اتفاق به عنوان اثر $P\Delta$ یاد می شود که رابطه عکس با میزان لاغری و سختی خمشی ستون دارد. بگونه ای که هرچه یک ستون لاغرتر باشد، این اثر در آن بیشتر بوده و باید به مقدار لنگر حاصل از تحلیل، عدد بیشتری اضافه شود (اصطلاحاً تشدید لنگر) تا طراحی براساس شرایط واقعی ستون صورت پذیرد.



شکل ۳-۱۲ اثر $P\Delta$ در ستون ها

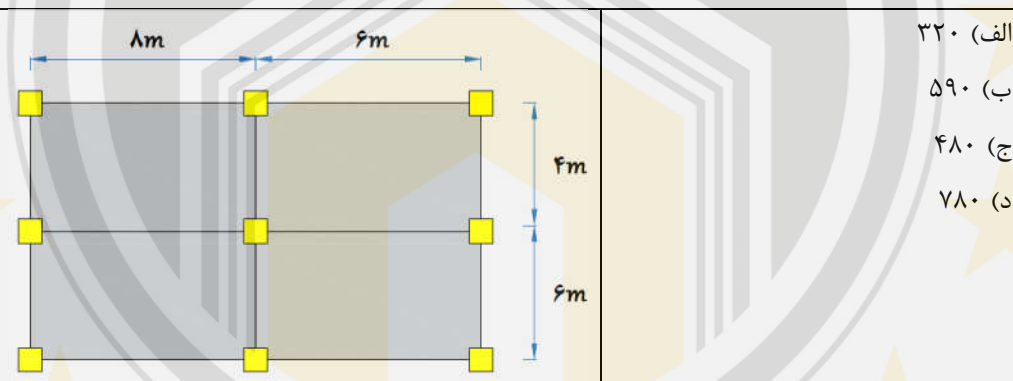
اما سوالی که ممکن است در ذهن شما بیاید این است که، میزان لاغری یک ستون چگونه مشخص می شود. طبق ضوابط مبحث نهم، میزان لاغری یک ستون براساس نسبت $\frac{kl_u}{r}$ تعیین می شود. بطوری که هرچه مقدار این نسبت کمتر باشد، ستون از لاغری کمتری برخوردار بوده و حتی ممکن است نیاز به در نظر گرفتن اثرات لاغری در طراحی ستون نباشد و هر چه این نسبت بزرگتر باشد، ستون لاغرتر بوده و اثرات ناشی از لاغری

- در محل تلاقی یک نوار ستون و یک نوار میانی، فقط یک چهارم آرماتورهای هر نوار در هر جهت را می توان قطع کرد.
- در دال های با تیر، بازشوها نباید از محل تیرها عبور کنند؛ مگر آنکه تحلیل قابل قبولی ارائه شود.

نوار	ستونی	میانی
ستونی	یک هشتم عرض نوار	یک چهارم عرض نوار
میانی	یک چهارم عرض نوار	محدود به مرز تلاقی دو نوار

مثال:

می خواهیم بازشویی در مرکز دال شکل زیر و در محل تلاقی دو نوار ستونی بدون انجام عملیات تحلیلی ایجاد کنیم. حداکثر مساحت این بازشو چند سانتی متر مربع می تواند باشد؟



- الف) ۳۲۰
ب) ۵۹۰
ج) ۴۸۰
د) ۷۸۰

حل)

عرض نوار ستونی قائم میانی دال:

$$\frac{4}{4} + \frac{4}{4} = 2m$$

عرض نوار ستونی افقی میانی دال:

$$\frac{4}{4} + \frac{6}{4} = 2.5m$$

حداکثر مساحت بازشو:

$$\frac{2}{8} \times \frac{2.5}{8} \times 10^4 = 781.25 \text{ cm}^2$$

گزینه د صحیح است.

بند ۹-۱۰-۱-۳-۱: ممان اینرسی مقاطع دال-تیر در قاب معادل را، بجز در ناحیه اتصال ستون یا سر ستون، می توان براساس مقطع بتن ترک نخورده محاسبه کرد.

بند ۹-۱۰-۱-۳-۲: تغییرات ممان اینرسی ناشی از تغییرات ابعاد در تیرها، دال ها و ستون ها یا دیوارها باید در محاسبات منظور شود.

بند ۹-۱۰-۱-۳-۳: ممان اینرسی تیر-دال از مرکز ستون تا بر ستون، نشیمن یا سر ستون، باید مساوی با ممان اینرسی تیر-دال در بر ستون، نشیمن یا سر ستون تقسیم بر مقدار $(1 - c_2/l_2)^2$ در نظر گرفته شود. c_2 : بعد ستون مستطیلی یا معادل مستطیلی، عمود بر جهت دهانه ای است که لنگرها برای آن تعیین می شوند. l_2 : بعد دال دو طرفه، عمود بر جهت دهانه ای است که لنگرها برای آن تعیین می شوند. بند ۹-۱۰-۱-۳-۴: ممان اینرسی ستون ها از بالا تا پایین دال - تیر در یک اتصال، بی نهایت فرض می شود.

۲-۳-۴ محاسبه سختی خمشی ستون ها در قاب معادل

برای تحلیل قاب معادل به روش هایی مثل پخش لنگر نیاز است تا علاوه بر سختی خمشی تیرها و دال ها، سختی خمشی ستون ها نیز مشخص باشد. سختی خمشی معادل ستون ها K_{ec} در تحلیل به روش قاب معادل از رابطه (۸) محاسبه می شود.

$$\frac{1}{K_{ec}} = \frac{1}{\sum K_c} + \frac{1}{K_{ta}}$$

رابطه (۸)

$\sum K_c$: مجموع سختی های خمشی ستون های بالا و پایین است.

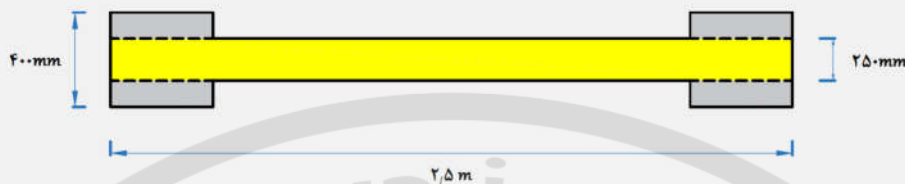
K_{ta} : سختی پیچشی عضو پیچشی است، جهت آشنایی با این پارامتر در ادامه بیشتر توضیح خواهیم داد.

قبل از پرداختن به رابطه سختی پیچشی، باید بدانید که چنانچه دال یا تیری در سه حالت توصیفی زیر قرار بگیرد به عنوان عضو پیچشی شناخته می شوند. شکل ۴-۷

الف) قسمتی از دال که دارای عرضی برابر با عرض ستون، نشیمن یا سر ستون در جهت دهانه ای که لنگرهای آن تعیین می شوند؛

ب) برای سازه های یک پارچه یا کاملاً مرکب، قسمتی از دال که در بند (الف) تعیین شد به اضافه جان تیر عمود بر قاب معادل مورد نظر در رو و زیر دال؛

پ) تیر عمود بر قاب معادل مورد نظر مطابق با ضوابطی که در خصوص عرض دال یکپارچه با تیر گفته شد.



$$A_{cv} = 250 \times 400 = 100,000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{h_w}{l_w} = \frac{4}{2.5} = 1.6 \Rightarrow \text{درونیایی} \Rightarrow \alpha_c = 0.234$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$\Rightarrow 0.175 \times (0.234 \times \sqrt{30} + \rho_t \times 420) \times 100,000 \geq 150 \times 10^3$$

$$\Rightarrow \rho_t \geq 0.0046$$

$$\Rightarrow \frac{2 \times \pi \times 16^2}{4 \times S \times 250} \geq 0.0046$$

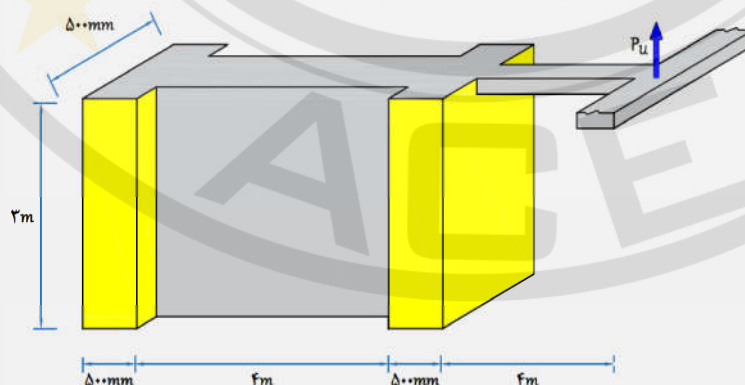
$$\Rightarrow S \leq 349.67 \text{ mm}$$

$$V_n \leq 0.166 \sqrt{f'_c} A_{cv} = 0.166 \times \sqrt{30} \times 100,000 = 90,909 \text{ KN OK}$$

گزینه ب صحیح است.

مثال ۷:

تیر دال طره‌ای مطابق شکل زیر به دیوار برشی طبقه آخر با ضخامت ۲۵۰ میلی‌متر متصل شده است. دستک متصل به این تیر نیروی قائم رو به بالای ۵۰۰ کیلونیوتن را به آن وارد می‌کند. چنانچه بتن استفاده شده در تیر و دیوار برشی هر دو از رده C۲۵ و تمامی فولادهای بکار رفته در آن‌ها از نوع S۴۰۰ باشند و آرماتورهای طولی و عرضی دیوار در دو سفره و به ترتیب $\phi 16 @ 450 \text{ mm}$ ، $\phi 16 @ 350 \text{ mm}$ باشد، مقاومت برشی طراحی داخل صفحه دیوار برشی چند کیلونیوتن خواهد بود؟



الف) ۳۵۰۰ کیلونیوتن

ب) ۱۷۵۰ کیلونیوتن

ج) ۲۲۰۰ کیلونیوتن

د) ۲۴۴۰ کیلونیوتن

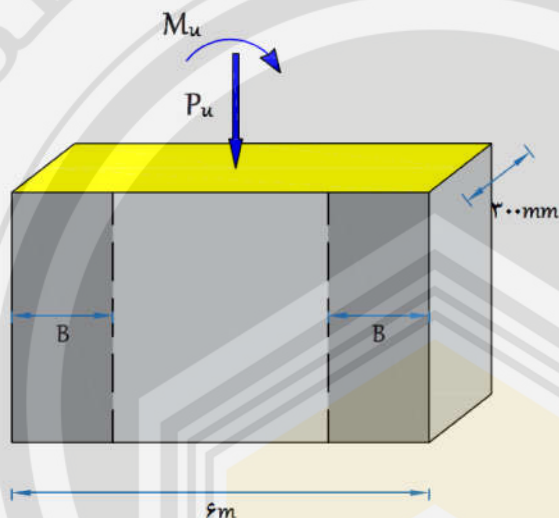
مثال ۲۳

در یک دیوار برشی بتنی با مقطع مستطیلی و ضخامت ۳۰۰ میلی متر و با شکل پذیری زیاد در صورتی که مشخصات آن مطابق شکل زیر باشد، حداقل بعد لازم المان مرزی (B) دیوار به کدام یک از مقادیر زیر نزدیک تر است؟ فرض کنید بتن از رده C۲۵ و فولاد از نوع S۴۰۰ است. (عمق تار فشاری دیوار تحت بارهای وارده برابر با ۱/۵ متر است)

$$P_u = 1800 \text{ KN}$$

$$M_u = 6000 \text{ KN.m}$$

محاسبات ۹۴



الف) نیاز به المان مرزی نمی باشد.

ب) ۹۰۰ میلی متر

ج) ۱۲۵۰ میلی متر

د) ۱۴۵۰ میلی متر

حل)

شرط بکارگیری المان مرزی

$$\sigma = \frac{P_u}{A} + \frac{M_u c}{I} < 0.12 f'_c$$

$$\sigma = \frac{1800000}{300 \times 6000} + \frac{6 \times 10^9 \times 6}{300 \times 6000^2} = 4.33 \text{ MPa} < 0.12 \times 25 = 3 \text{ MPa}$$

بنابراین نیاز به المان مرزی نیست.

گزینه الف صحیح است.

۶-۲-۱ شالوده سطحی مرکب یکطرفه و نواری

بخش ۹-۱۵-۳:۲

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$M_n = A_s f_y \left(d - \frac{A_s f_y}{2 \times \alpha \cdot f'_c \times b} \right)$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \begin{cases} A_v \geq A_{v, \min} & \max \begin{cases} \left(0.17 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right) b_w d \leq 0.42 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ \left(0.66 \lambda (\rho_w)^{\frac{1}{3}} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right) b_w d \leq 0.42 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ \left(0.66 \lambda_s (\rho_w)^{\frac{1}{3}} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6 A_g} \right) b_w d \leq 0.42 \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \end{cases} \\ A_v < A_{v, \min} \end{cases}$$

ϕ : ضریب کاهش مقاومت و براساس جدول ۱-۲ تعیین می شود.

۶-۲-۲ شالوده های سطحی منفرد دو طرفه

بخش ۹-۱۵-۳:۳

$$\phi M_n \geq M_u$$

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = \min \begin{cases} 0.33 \\ 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \times \lambda_s \lambda \sqrt{f'_c} b_w d \\ 0.183 \left(2 + \frac{a_s d}{b_0} \right) \end{cases}$$

روش تحلیل مشابه دال های دو طرفه و بوده و هر سه روش: مستقیم، قاب معادل و پلاستیک مجاز است.

مشابه دال های مستطیلی باید مدل آرماتورگذاری زیر در پی رعایت شود:

الف: میلگردها در جهت بلند باید به طور یکنواخت در کل عرض شالوده توزیع شوند.

$$\beta c = \frac{A_s f_y - A'_s (f_y - \alpha f'_c)}{\alpha f'_c b}$$

$$M_n = \alpha f'_c \left(\frac{A_s f_y - A'_s (f_y - \alpha f'_c)}{\alpha f'_c b} \times b \right) \times \left(d - \frac{A_s f_y - A'_s (f_y - \alpha f'_c)}{2 \alpha f'_c b} \right) + A'_s (f_y - \alpha f'_c) \times (d - d')$$

$$M_n = 0.185 \times 30 \times \left(\frac{5600 \times 400 - 2500 \times (400 - 0.185 \times 30)}{0.185 \times 30 \times 400} \times 400 \right) \times \left(350 - \frac{5600 \times 400 - 2500 \times (400 - 0.185 \times 30)}{2 \times 0.185 \times 30 \times 400} \right) + 2500 \times (400 - 0.185 \times 30) \times (350 - 50) = 653.86 \text{ KN.m}$$

$$M_{n-\min} = \frac{M_n}{4} = 163.465 \text{ KN.m}$$

گزینه الف صحیح است.

۳-۶ کلاف های لرزه ای در شالوده

بخش ۹-۲۰-۹-۴

- در سازه های با شکل پذیری متوسط و زیاد، سر شمع ها، ستون پایه ها، و پی های صندوقه ای باید به وسیله ی کلاف های لرزه ای و در جهات متعامد به یکدیگر متصل شوند؛ مگر آن که بتوان ثابت نمود که از روش های دیگر شرایط تکیه گاهی مشابهی برای آن ها تأمین شده اند.
- در خاک های متوسط و نرم (زمین نوع IV بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان)، شالوده های منفرد گسترده باید به وسیله ی کلاف های لرزه ای به یکدیگر متصل شوند.
- در مواردی که به کلاف های لرزه ای در شالوده نیاز است، مقاومت کششی و فشاری آن ها باید برابر با حداقل $S_{DS}/1$ برابر بزرگ ترین نیروی محوری ضریب دار ستون و یا سر شمع تحت بارهای مرده و زنده باشند؛ مگر آن که محدودیت حرکت جانبی از یکی از روش های زیر تأمین شده باشد. S_{DS} پارامتر شتاب پاسخ طیفی در تناوب های کوتاه متناظر با ۵ درصد استهلاک است که بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان تعیین می شود. (معادل حاصل ضرب شدت شتاب منطقه ای در ضریب بازتاب است AB)

الف) وجود تیرهای بتن آرمه در داخل دال متکی به زمین؛

ب) وجود دال های متکی به زمین؛

ج) محصور شدگی شالوده ی منفرد یا سر شمع به وسیله ی بسترهای سنگی مناسب، خاک های چسبنده ی سخت، و یا خاک های دانه ای بسیار متراکم؛

مثال ۱۸:

شمع دایره ای شکل پیش ساخته بتنی به قطر ۶۰۰ میلی متر و طول ۸ متر در زیر ساختمانی با شکل پذیری متوسط قرار گرفته است، در صورتی که نیروی محوری وارد بر شمع برابر ۱۲۰ تن و بتن مورد استفاده در آن از رده C۳۰ و فولاد مصرفی از نوع S۴۲۰ باشد، به تریب طول ناحیه شکل پذیر شمع و حداقل درصد آرماتور دورپیچ در این ناحیه برابر با کدام گزینه است؟

تالیفی ACE

الف) ۱۰/۶ متر-۰/۱۳۴	ب) ۸ متر-۰/۱۴۳	ج) ۸ متر-۰/۱۳۴	د) ۱۰/۶ متر-۰/۱۴۳
---------------------	----------------	----------------	-------------------

حل:

نکته: در صورتی که طول شمع مساوی با کوچکتر از ۱۰۶۰۰ میلی متر باشد، کل طول شمع مساوی طول ناحیه شکل پذیر منظور می شود. بنابراین در این سوال طول ناحیه شکل پذیر شمع برابر با ۸ متر است.

$$\rho_s \geq \max \begin{cases} \text{روش تقریبی} \\ 0.12 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \\ \text{روش دقیق} \\ 0.06 \left(\frac{f'_c}{f_{yt}} \right) \left(2/8 + \frac{2/3 P_u}{f'_c A_g} \right) \end{cases}$$

$$\rho_s \geq \max \begin{cases} \text{روش تقریبی} \\ 0.12 \times \left(\frac{30}{420} \right) \approx 0.143 \\ \text{روش دقیق} \\ 0.06 \times \left(\frac{30}{420} \right) \times \left(2/8 + \frac{2/3 \times 120 \times 10^4 \times 4}{30 \times \pi \times 600^2} \right) \approx 0.134 \end{cases}$$

گزینه ب صحیح است.

۱-۴-۳ نکات تکمیلی ضوابط لرزه ای شمع ها

- بند ۲-۵-۹-۲۰-۹: شمع ها، پایه ها و شالوده های صندوقه ای که بارهای کششی را تحمل می نمایند، باید دارای آرماتورهای طولی پیوسته، در طول خود برای مقاومت در برابر نیروهای کششی طراحی باشند.
- قطر دورگیرها و دورپیچ ها در ناحیه بحرانی و غیر بحرانی شمع های درجا ریز بدون غلاف متصل به سازه با شکل پذیری کم باید حداقل ۱۰ میلی متر باشد.
- حداقل قطر دورپیچ ها و یا دورگیرها در ناحیه بحرانی و غیر بحرانی شمع های درجا ریز بدون غلاف متصل به سازه های با شکل پذیری متوسط و زیاد و حداکثر قطر مقطع ۵۰۰ میلی متر : ۱۰ میلی متر