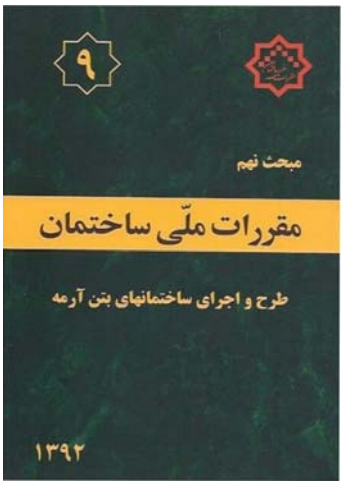
دوره تخصصی طراحی سازه
احسان شادمند
کارشناس ارشد سازه
www.shadmand.org
ehsan_shadmand@yahoo.com

1

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه



www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

2

ما در مقابل کسانی که جان خود را به دانش فنی ما سپرده اند مسئولیم.....

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

3

مدرس: احسان شادمند www.shadmand.org

مقدمه

- از جمله توانایی های مورد انتظار از یک مهندس عمران به خصوص افرادی که در زمینه ساختمان فعالیت دارند توانایی طراحی سازه است. امروزه با گسترش کاربرد رایانه به منظور سرعت بخشیدن در انجام محاسبات تسلط به نرم افزار های طراحی اهمیت ویژه ای پیدا کرده است. ولی نکته بسیار مهمی که در این مقوله می بایستی مورد توجه قرار گیرد استفاده اصولی و منطبق با آیین نامه های طراحی است.
- در این جزوه که به منظور ارائه در کلاس دوره جامع محاسبات سازه تدوین گردیده است. سعی شده تا بند های مهم آیین نامه و نحوه رعایت آنها در نرم افزار Etabs مورد توجه و تاکید قرار گیرد و سعی می گردد این جزوه به همراه سایر جزوات به مرور زمان بروزرسانی و در اختیار مهندسین عزیز قرار گیرد. بی شک این نوشتار خالی از نقص نمی باشد بدین منظور از شما مهندسین عزیز تقاضا می گردد انتقادات و پیشنهادات خود را به نشانی رایانامه ehsan_shadmand@yahoo.com ارسال نمایید.

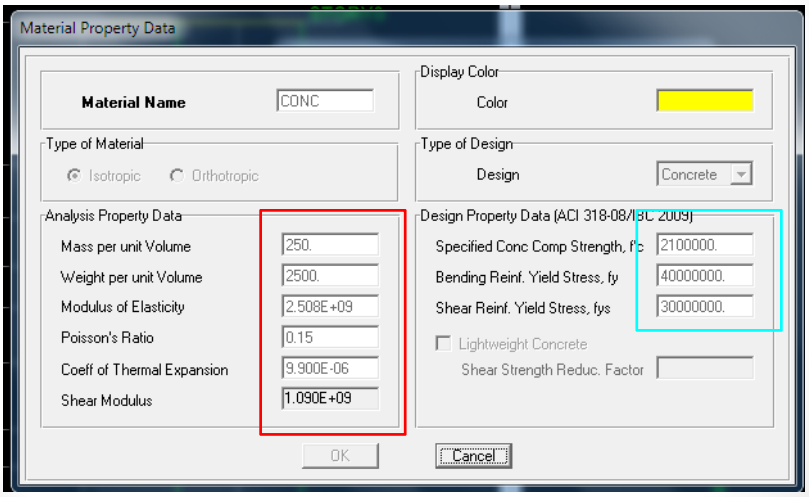
احسان شادمند
۱۴ اسفند ۱۳۹۴

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

4

مدرس: احسان شادمند www.shadmand.org

مصالح بتنی در نرم افزار Etabs 9.7.4

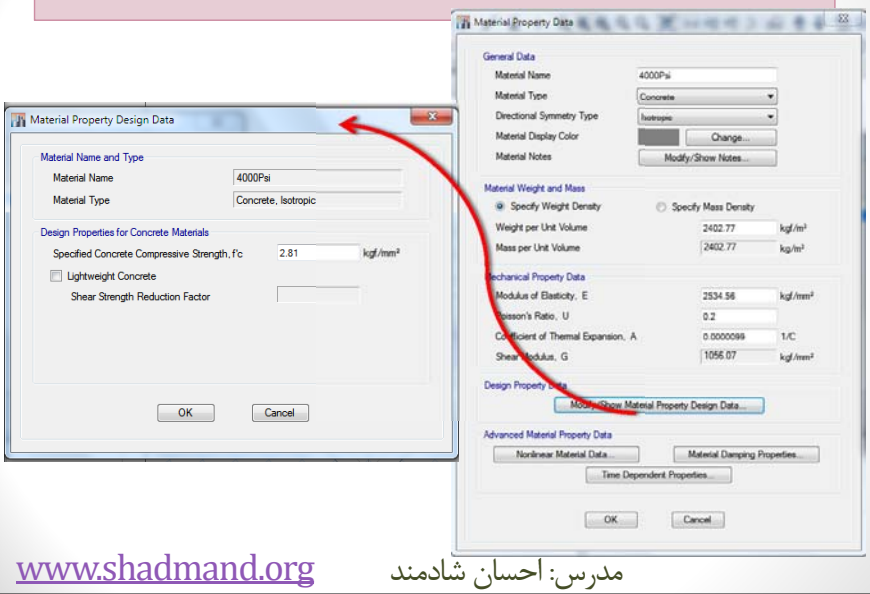


www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

5

مصالح بتنی در نرم افزار Etabs 15

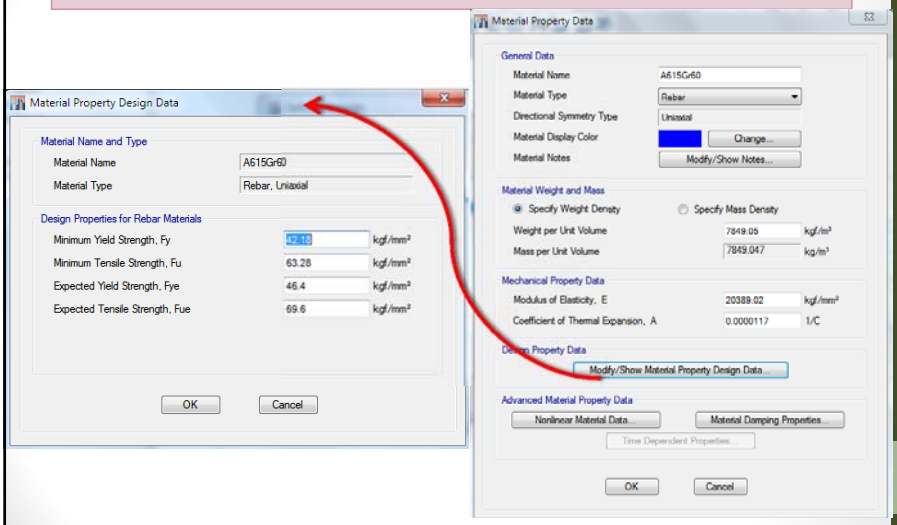


www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

6

میلگرد در نرم افزار Etabs 15



مصالح بتنی

۹-۱۳-۷-۱ مقادیر مدول الاستیسیته بتن با جرم مخصوص (γ_c) بین ۱۵ تا ۲۵ kN/m^3، از رابطه (۹-۱۳-۱) تعیین می‌گردد:

$$E_c = (۳۳۰۰\sqrt{f_c} + ۶۹۰۰)(\frac{\gamma_c}{۲۳})^{۱/۵} \qquad (۹-۱۳-۱)$$

۹-۱۳-۷-۲ در تحلیل خطی مقدار $E_S = ۲\times۱۰^۵$ مگاپاسکال منظور می‌شود.

مصالح بتنی

۹-۱۳-۷-۳ ضریب انبساط حرارتی بتن معادل $(1/^{\circ}C)$ 10^{-5} در نظر گرفته می‌شود.

۹-۱۳-۷-۴ ضریب پواسون به ترتیب برابر با ۰/۱۵ برای بتن معمولی و ۰/۲ برای بتن با مقاومت بالا و ۰/۳ برای فولاد است.

۹-۹-۲ بتن پرمقاومت

۹-۹-۲-۱ مشخصات کلی

بتن‌هایی که مقاومت فشاری مشخصه آنها بیشتر از ۵۰ مگاپاسکال است، بتن پرمقاومت محسوب می‌شوند. رفتار بتن‌های پرمقاومت ترد است، بنابراین برای تغییر رفتار این نوع بتن‌ها به شکل‌پذیر که ضرورت عملکرد مناسب آنها در مقابل بار زلزله است، باید الزامات مربوط این مبحث اعمال شوند.

مصالح بتنی

۹-۱۳-۷-۵ برای ساختمان‌های بتن‌آرمه، بتن رده $C۲۰$ و بالاتر و برای ساختمان‌های بتن پیش تنیده، بتن رده $C۳۰$ و بالاتر به عنوان مبنای طراحی در نظر گرفته می‌شود.

۹-۲۳-۲-۳-۱ بتن مورد استفاده در اجزای مقاوم در برابر زلزله برای ساختمان‌های با شکل پذیری زیاد باید از رده $C۲۵$ و یا بالاتر و برای ساختمان‌های با شکل‌پذیری متوسط از رده $C۲۰$ و یا بالاتر باشد.

۹-۵-۰ علائم اختصاری

f_c = مقاومت فشاری مشخصه بتن، بر اساس‌آزمونه‌های استوانه‌ای، مگاپاسکال

۹-۵-۱-۳ نمونه استوانه‌ای استاندارد به ابعاد ۳۰۰ × ۱۵۰ میلیمتر می‌باشد. در صورت استفاده از آزمونه‌های مکعبی باید مقاومت آنها به مقاومت نظیر آزمونه‌های استوانه‌ای تبدیل شود. برای تبدیل

مصالح بتنی

۹-۱۳-۷-۸ ضریب λ که جهت اعمال شرایط استفاده از بتن سبک می‌باشد، به شرح زیر تعیین می‌گردد:

الف) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک:

$\lambda = ۰/۷۵$

ب) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) سبک و سنگدانه‌های درشت (شن) معمولی:

$\lambda = ۰/۷۵$ تا $۰/۸۵$

مقدار دقیق λ با درون‌یابی خطی بر حسب درصد حجمی جایگزینی سنگدانه‌های ریز تعیین می‌شود.

پ) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) معمولی و سنگدانه‌های درشت (شن) سبک:

$\lambda = ۰/۸۵$ تا ۱

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

11

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

مصالح بتنی

مقدار دقیق λ با درون‌یابی خطی بر حسب درصد حجمی جایگزینی سنگدانه‌های درشت تعیین می‌شود.

ت) بتن با سنگدانه‌های ریز (ماسه) معمولی و سنگدانه‌های درشت (شن) معمولی:

$\lambda = ۱$

ث) در صورت انجام آزمایش مقاومت کششی دو نیمه شدن:

$$\lambda = \frac{f_{ct}}{۰/۵۶\sqrt{f_c}} \le ۱$$

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

12

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

مصالح فولادی (میلگرد)

۹-۱۳-۷-۶ رده میلگردهای به کار برده در قاب‌ها و اجزای لبه‌ای دیوارهای مقاوم در برابر زلزله و همچنین فولادهای دورپیچ ستونها و فولادهای عرضی پیچشی و برشی و برش اصطکاکی نباید بالاتر از رده S ۴۰۰ باشند.

۹-۱۳-۷-۷ استفاده از میلگردهای ساده به عنوان میلگرد سازه‌ای فقط در دور پیچ‌ها مجاز می‌باشد.

جدول ۹-۴-۱ رده‌بندی مکانیکی میلگردهای فولادی

رده	علامت مشخصه در استانداردهای ملّی ایران	f_{su} (N/mm^2)	f_{yk} (N/mm^2)	طبقه بندی از نظر شکل رویه	رده از نظر سختی
S۲۴۰	س ۲۴۰	۳۶۰	۲۴۰	ساده	نرم
S۳۴۰	آج ۳۴۰	۵۰۰	۳۴۰	آجدار مارپیچ	نیم سخت
S۴۰۰	آج ۴۰۰	۶۰۰	۴۰۰	آجدار جناقی	نیم سخت
S۵۰۰	آج ۵۰۰	۶۵۰	۵۰۰	آجدار مرکب	سخت

f_{yk} = مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی، f_{su} = تنشی که تنش نهایی حداکثر

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

13

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

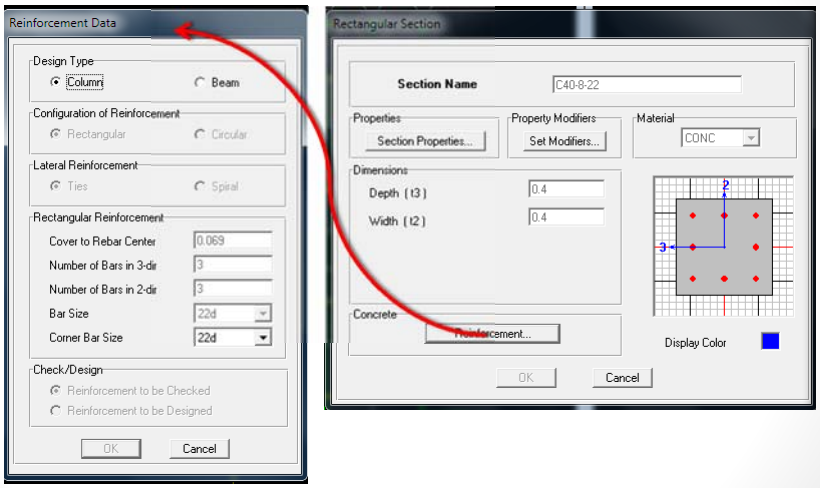
مصالح فولادی (میلگرد)

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

14

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

تعریف مقطع ستون در Etabs 9.7.4

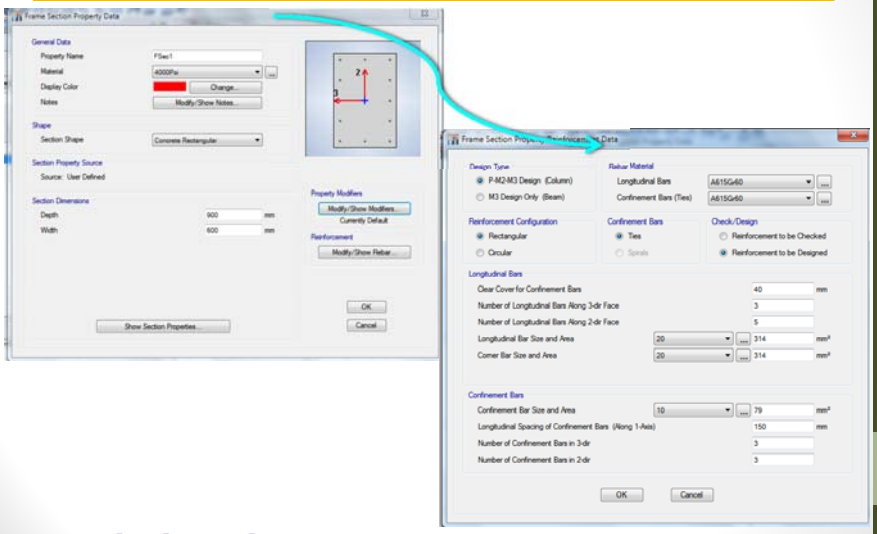


طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

15

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

تعریف مقطع ستون در Etabs 15



طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

16

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

مقدار حداقل پوشش بتن

جدول۹-۶-۶ مقادیر حداقل ضخامت پوشش بتن روی میلگردها (میلیمتر) در شرایط محیطی بند ۹-۶-۴

نوع قطعه	نوع شرایط محیطی			
	متوسط	شدید	خیلی شدید	فوق‌العاده شدید
تیرها و ستون‌ها	۴۵	۵۰	۷۵	۷۵
دال ها و تیرچه‌ها	۳۰	۳۰	۶۰	۶۰
دیوار ها وپوسته‌ها	۲۵	۳۰	۵۵	۵۵
شالوده‌ها	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

17

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

آرماتور گذاری ستون ها

۹-۱۴-۹ محدودیت‌های آرماتورها در قطعات فشاری (ستون‌ها)

۹-۱۴-۹-۱ در قطعات فشاری سطح مقطع آرماتور طولی نباید کمتر از ۰/۰۱ و بیشتر از ۰/۰۶ سطح مقطع کل باشد. محدودیت مقدار حداکثر باید در محل وصله‌های پوششی میلگردها نیز رعایت شود. درصورت استفاده از فولاد S۴۰۰ در آرماتورهای طولی مقدار حداکثر در خارج از محل وصله‌ها به ۰/۰۴۵ سطح مقطع کل محدود می‌گردد.

۹-۱۴-۹-۲ حداقل تعداد میلگردهای طولی در قطعات فشاری به شرح زیر است:

الف- میلگردهای داخل تنگ‌های مدور یا مستطیلی، چهار عدد

ب- میلگردهای داخل تنگ‌های مثلثی، سه عدد

پ- میلگردهای داخل دورپیچ، شش عدد، مطابق بند ۹-۱۴-۹-۳ .

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

18

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

محدودیت آرماتور گذاری اعضای خمشی و فشاری

۹-۱۴-۱۱-۱-۱ فاصله آزاد بین هر دو میلگرد موازی واقع در یک سفره نباید از هیچیک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) قطر میلگرد بزرگتر

ب) ۲۵ میلی‌متر

پ) ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگترین سنگدانه بتن

۹-۱۴-۱۱-۱-۲ در اعضای تحت فشار و خمش فاصله محور تا محور میلگردهای طولی از یکدیگر، نباید بیشتر از ۲۰۰ میلی‌متر باشد.

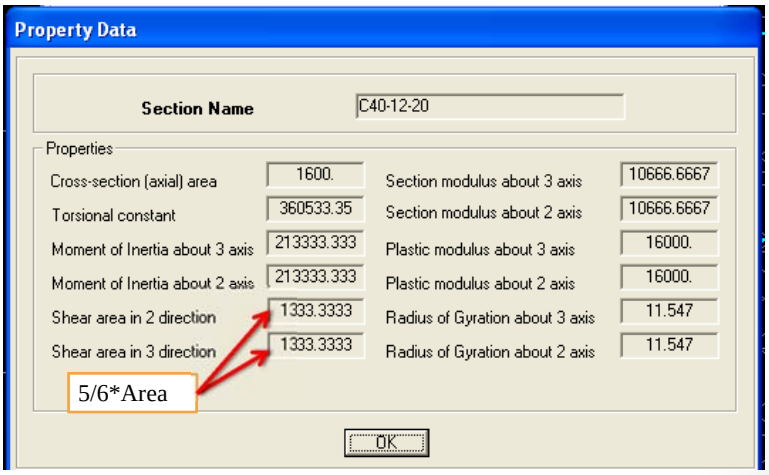
۹-۱۴-۱۱-۱-۴ دراعضای فشاری با خاموت‌های بسته یا دورپیچ، فاصله آزاد بین هر دو میلگرد طولی نباید از ۱/۵ برابر قطر بزرگترین میلگرد و نه از ۴۰ میلی‌متر، کمتر باشد.

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

19

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

Section Properties

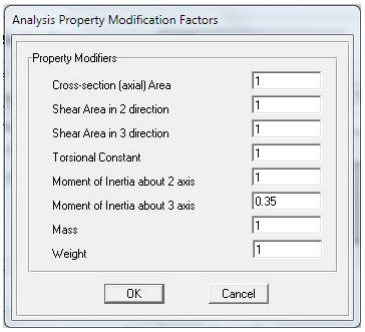


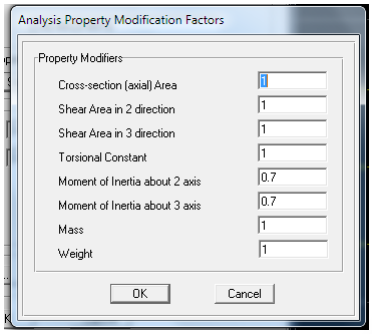
طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

20

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

اعمال اثر ترک خوردگی در نرم افزار





طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

اثر ترک خوردگی

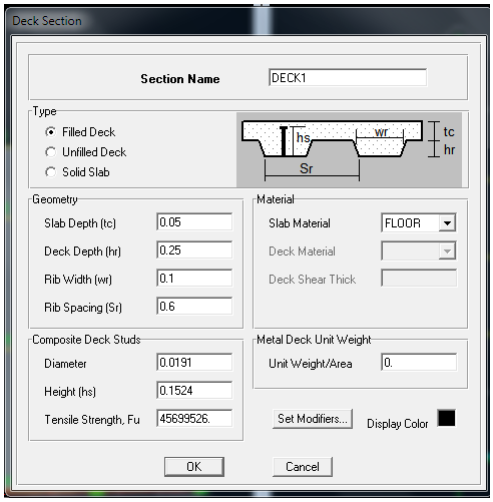
۹-۱۳-۸-۴ اثر ترک‌خوردگی

در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک‌خوردگی با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار دراز مدت باید محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک‌خوردگی می‌توان:

- در قاب‌های مهار نشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۷ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قاب‌های مهار شده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل ۰/۵ و ۱ برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

سقف تیرچه بلوک در Etabs 9.7.4



ضوابط سقف تیرچه بلوک

۹-۱۴-۶-۲-۱ سیستم تیرچه‌های بتنی، مرکب از تیرچه‌های با فواصل تقریباً مساوی در یک امتداد و یا دو امتداد عمود بر هم و یک دال فوقانی، که در آنها محدودیت‌های زیر رعایت شده باشند، می‌توانند به صورت مجموعه طبق ضوابط دال‌ها طراحی شوند:

الف) عرض تیرچه نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر و ارتفاع کل آنها نباید بیشتر از سه و نیم برابر حداقل عرض آنها باشد.

ب) فاصله آزاد بین تیرچه‌ها نباید بیشتر از ۷۵۰ میلی‌متر باشد.

۹-۱۴-۶-۲-۲ سیستم تیرچه‌های بتنی که مشمول ضوابط بند ۹-۱۴-۶-۲-۱ نمی‌شوند باید به صورت سیستم تیر و دال طراحی شود.

ضوابط سقف تیرچه بلوک

۹-۱۴-۶-۲-۳ درسیستم‌هایی که از اجزای پرکننده دائمی، مانند بلوک‌های سفالی و یا بلوک‌های بتنی، در فواصل بین تیرچه‌ها استفاده می‌شود و مقاومت فشاری مصالح این اجزا حداقل برابر با مقاومت مشخصه بتن تیرچه‌ها است، می‌توان از مقاومت جدارهایی از این اجزا که در تماس با تیرچه‌ها هستند در محاسبه مقاومت برشی و مقاومت خمشی منفی تیرچه‌ها استفاده کرد. از مقاومت سایر قسمت‌های اجزای پرکننده در مقاومت سیستم صرفنظر می‌شود. در این سیستم‌ها محدودیت‌های (الف) و (ب) این بند باید رعایت شوند:

الف) ضخامت دال روی اجزای پرکننده نباید از یک دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۴۰ میلی‌متر کمتر اختیار شود.

ب) در سیستم تیرچه‌های یک طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی عمود بر امتداد تیرچه‌ها و مطابق بند ۹-۱۸-۴ قرار داد. در سیستم تیرچه‌های دو طرفه باید در دال فوقانی میلگردهایی در دو امتداد عمود بر هم و مطابق بند ۹-۱۸-۴ پیش‌بینی کرد.

ضوابط سقف تیرچه بلوک

۹-۱۴-۶-۲-۴ در سیستم‌هایی که از قالب موقت استفاده می‌شود و یا اجزای پرکننده مشمول ضابطه بند ۹-۱۴-۶-۲-۳ نمی‌شوند، محدودیت‌های زیر باید رعایت شوند:

الف) ضخامت دال فوقانی نباید از یک‌دوازدهم فاصله آزاد بین تیرچه‌ها و نه از ۵۰ میلی متر کمتر اختیار شود.

ب) در دال فوقانی باید میلگردهایی عمود بر تیرچه‌ها که بر اساس ضوابط مربوط به خمش و با در نظر گرفتن بارهای متمرکز، درصورت موجود بودن، طراحی شده‌اند، پیش‌بینی کرد. مقدار این آرماتورها نباید کمتر از مقدار مندرج در بند ۹-۱۸-۴ اختیار شود.

۹-۱۴-۶-۲-۵ مقاومت برشی تأمین شده توسط بتن در تیرچه‌ها را می‌توان به اندازه ده درصد بیشتر از مقدار گفته شده در فصل پانزدهم در نظر گرفت. مقاومت برشی تیرچه‌ها را می‌توان با استفاده از آرماتور برشی و یا زیاد کردن عرض تیرچه‌ها افزایش داد.

تعیین ضخامت سقف تیرچه بلوک

جدول۹-۱۷-۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

عضو	با تکیه‌گاه‌های ساده	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف	با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف	کنسول
تیرها یا دال‌های یکطرفه پشت بنددار	$\frac{l}{۱۶}$	$\frac{l}{۱۸/۵}$	$\frac{l}{۲۱}$	$\frac{l}{۸}$
دال‌های یکطرفه توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک	$\frac{l}{۲۰}$	$\frac{l}{۲۴}$	$\frac{l}{۲۸}$	$\frac{l}{۱۰}$

تبصره- جدول فوق برای فولاد طولی نوع $S۴۰۰$ تنظیم شده است. برای سایر انواع فولادها مقادیر جدول باید در ضریب $(۰/۴+\frac{f_y}{۷۰۰})$ ضرب شوند.

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

27

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

ACI 318-08

TABLE 9.5(a) — MINIMUM THICKNESS OF NONPRESTRESSED BEAMS OR ONE-WAY SLABS UNLESS DEFLECTIONS ARE CALCULATED

	Minimum thickness, *h*			
	Simply supported	One end continuous	Both ends continuous	Cantilever
Member	Members not supporting or attached to partitions or other construction likely to be damaged by large deflections			
Solid one-way slabs	*ℓ*/20	*ℓ*/24	*ℓ*/28	*ℓ*/10
Beams or ribbed one-way slabs	*ℓ*/16	*ℓ*/18.5	*ℓ*/21	*ℓ*/8

Notes:
Values given shall be used directly for members with normalweight concrete and Grade 60 reinforcement. For other conditions, the values shall be modified as follows:
a) For lightweight concrete having equilibrium density, w_c, in the range of 90 to 115 lb/ft^3, the values shall be multiplied by $(1.65 - 0.005w_c)$ but not less than 1.09.
b) For f_y other than 60,000 psi, the values shall be multiplied by $(0.4 + f_y/100{,}000)$.

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

28

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

تعیین ضخامت دال دو طرفه

جدول۹-۱۷-۳ حداقل ضخامت دال‌های دوطرفه بدون تیر میانی

نوع فولاد	بدون کتیبه			با کتیبه		
	چشمه‌های بیرونی		چشمه های درونی	چشمه‌های بیرونی		چشمه‌های درونی
	بدون تیر لبه	با تیر لبه		بدون تیر لبه	با تیر لبه	
S۲۴۰	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۴۰}$	$\frac{l_n}{۴۰}$
S۴۰۰	$\frac{l_n}{۳۰}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۳}$	$\frac{l_n}{۳۶}$	$\frac{l_n}{۳۶}$

تبصره۱- کتیبه‌ها یا سرستون‌های عنوان شده در این جدول باید مطابق تعریف بند ۹-۱۸-۳-۴ باشند.

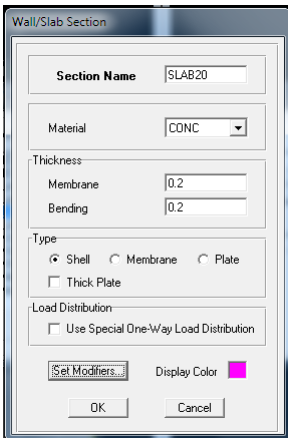
تبصره۲- تیرهای لبه باید دارای نسبت سختی، α برابر با حداقل ۰/۸ باشند.

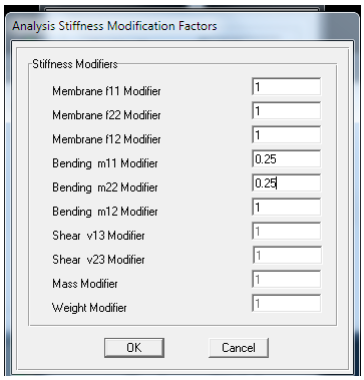
29

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

تعریف دال در نرم افزار





30

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

ACI 318-14

Table 6.6.3.1.1(a)—Moment of inertia and cross-sectional area permitted for elastic analysis at factored load level

Member and condition		Moment of Inertia	Cross-sectional area
Columns		$0.70I_g$	$1.0A_g$
Walls	Uncracked	$0.70I_g$	
	Cracked	$0.35I_g$	
Beams		$0.35I_g$	
Flat plates and flat slabs		$0.25I_g$	

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

31

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

ACI 318-08

10.10.4.1 — It shall be permitted to use the following properties for the members in the structure:

(a) Modulus of elasticity..... E_c from 8.5.1
(b) Moments of inertia, I
Compression members:
Columns ..... $0.70I_g$
Walls—Uncracked ..... $0.70I_g$
—Cracked..... $0.35I_g$
Flexural members:
Beams ..... $0.35I_g$
Flat plates and flat slabs..... $0.25I_g$
(c) Area..... $1.0A_g$

طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه

32

www.shadmand.org مدرس: احسان شادمند

Load Combination

9.2 — Required strength

9.2.1 — Required strength U shall be at least equal to the effects of factored loads in Eq. (9-1) through (9-7). The effect of one or more loads not acting simultaneously shall be investigated.

$$U = 1.4(D + F) \quad (9\text{-}1)$$

$$U = 1.2(D + F + T) + 1.6(L + H) + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9\text{-}2)$$

$$U = 1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (1.0L \text{ or } 0.8W) \quad (9\text{-}3)$$

$$U = 1.2D + 1.6W + 1.0L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) \quad (9\text{-}4)$$

$$U = 1.2D + 1.0E + 1.0L + 0.2S \quad (9\text{-}5)$$

$$U = 0.9D + 1.6W + 1.6H \quad (9\text{-}6)$$

$$U = 0.9D + 1.0E + 1.6H \quad (9\text{-}7)$$

Load Combination

except as follows:

(a) The load factor on the live load L in Eq. (9-3) to (9-5) shall be permitted to be reduced to 0.5 except for garages, areas occupied as places of public assembly, and all areas where L is greater than 100 lb/ft^2.

(b) Where wind load W has not been reduced by a directionality factor, it shall be permitted to use $1.3W$ in place of $1.6W$ in Eq. (9-4) and (9-6).

(c) Where E, the load effects of earthquake, is based on service-level seismic forces, $1.4E$ shall be used in place of $1.0E$ in Eq. (9-5) and (9-7).

(d) The load factor on H, loads due to weight and pressure of soil, water in soil, or other materials, shall be set equal to zero in Eq. (9-6) and (9-7) if the structural action due to H counteracts that due to W or E. Where lateral earth pressure provides resistance to structural actions from other forces, it shall not be included in H but shall be included in the design resistance.