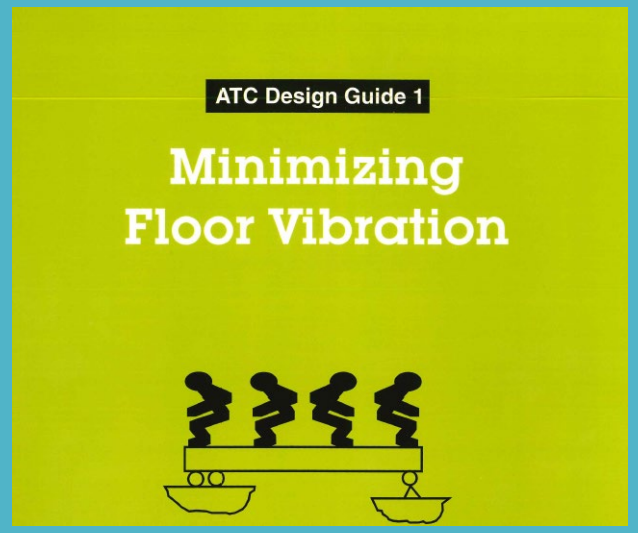
ضوابط طراحی و کنترل دال‌های مجوف بر اساس مبحث ۹ مقررات ملی ساختمان

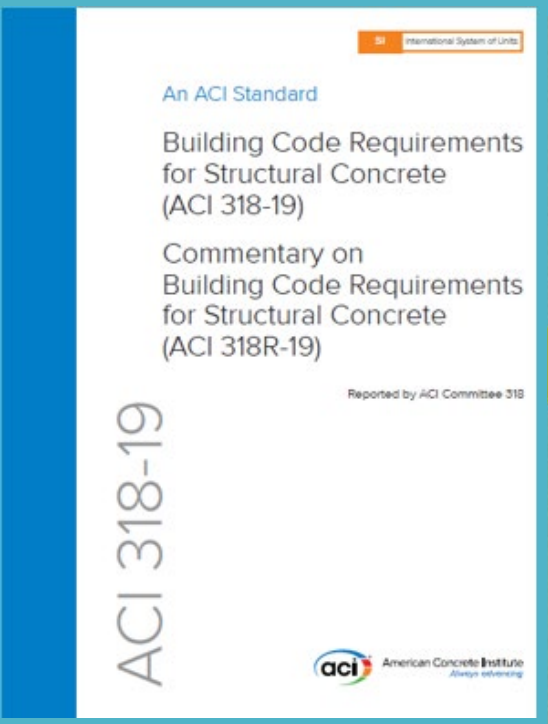
ارائه دهنده: دکتر محمد رضا جوانمردی

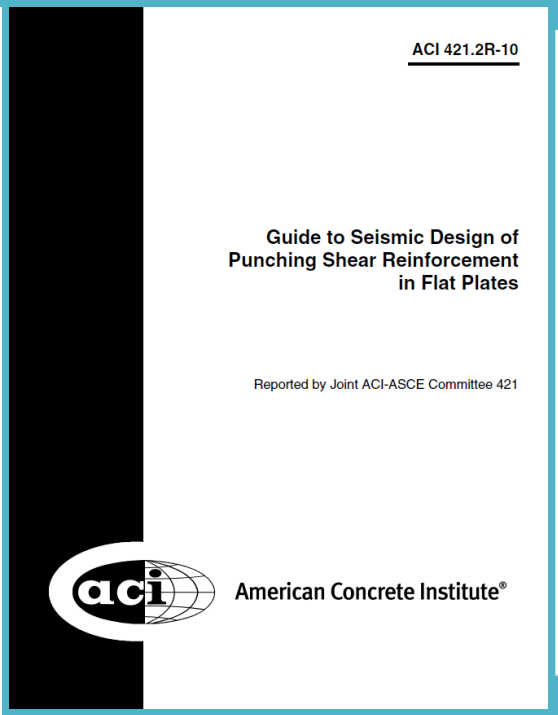
@rjavanmardi

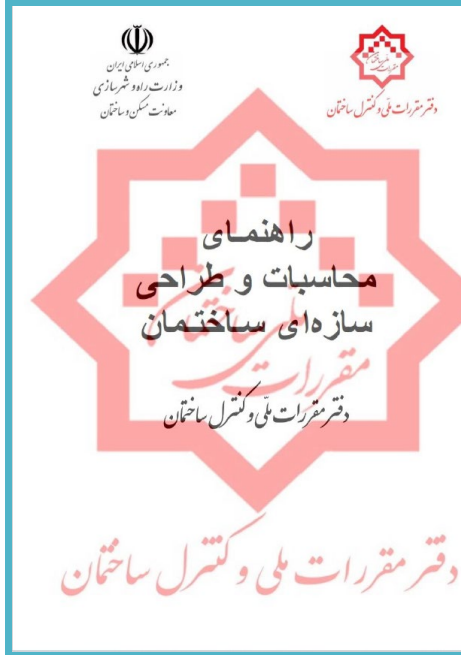
مراجع:

- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان ویرایش سال ۱۳۹۹
- آیین نامه ACI-318 ویرایش ۲۰۱۹ و ACI-421 ویرایش ۲۰۱۰
- دستورالعمل ۱۰۸ معاونت فنی شهرداری شیراز
- راهنمای محاسبات و طراحی سازه ای ساختمان
- راهنمای طراحی ATC برای کنترل لرزش سقف
- جزوه دال مجوف دکتر حسین زاده اصل









فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

معرفی دال های مجوف

دال مجوف دوطرفه

@rjavanmardi

معرفی دال های مجوف

دال مجوف دوطرفه

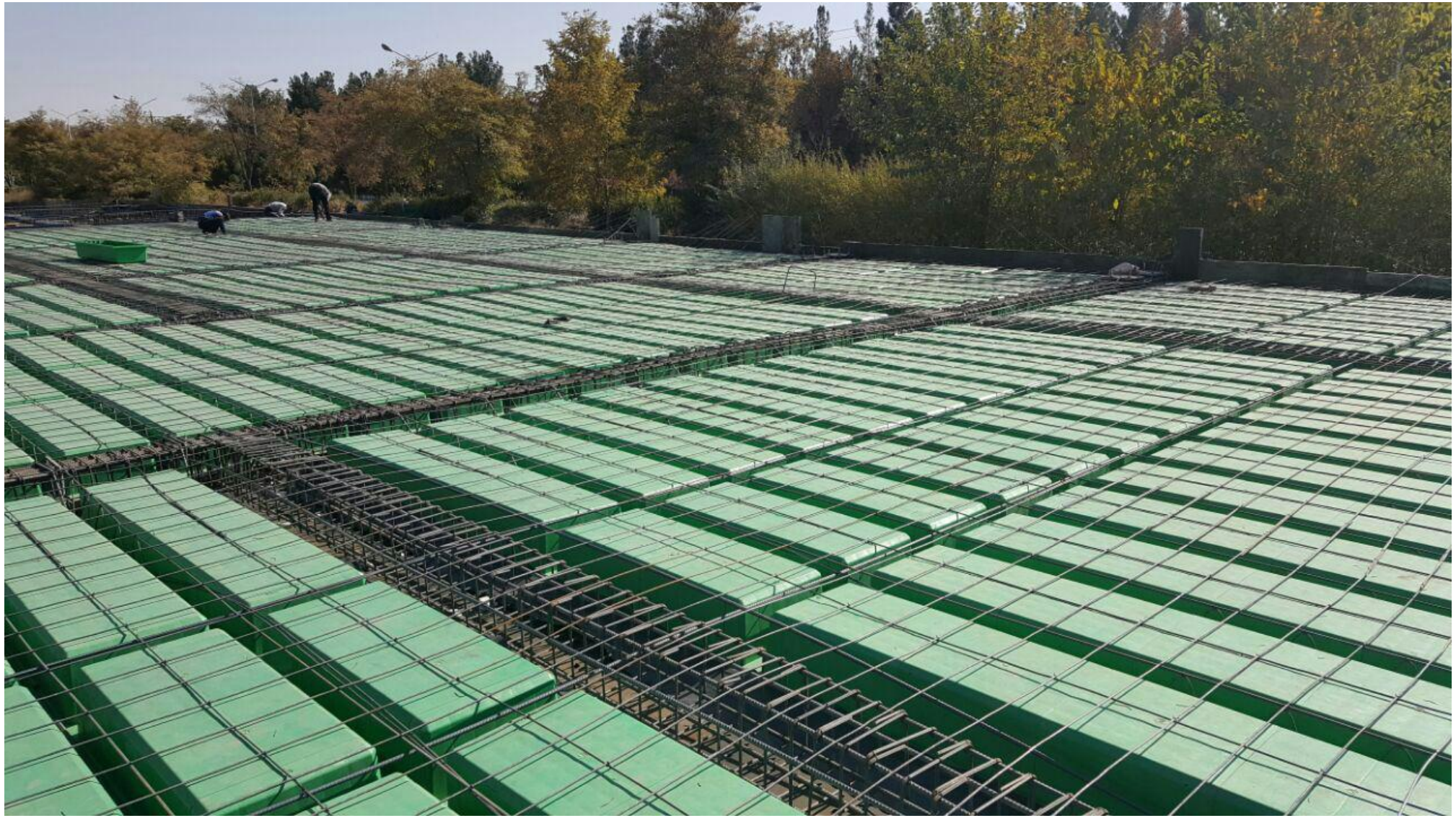
قالب دو طرفه مربعی، رفتار کاملا مشابه با

دال با سختی خمشی بالاتر

@rjavanmardi

معرفی دال های مجوف

دال مجوف یک طرفه



@rjavanmardi

معرفی دال های مجوف

دال مجوف یک طرفه

قالب مستطیلی رفتار و آرماتور گذاری مشابه با سقف تیرچه بلوک

@rjavanmardi

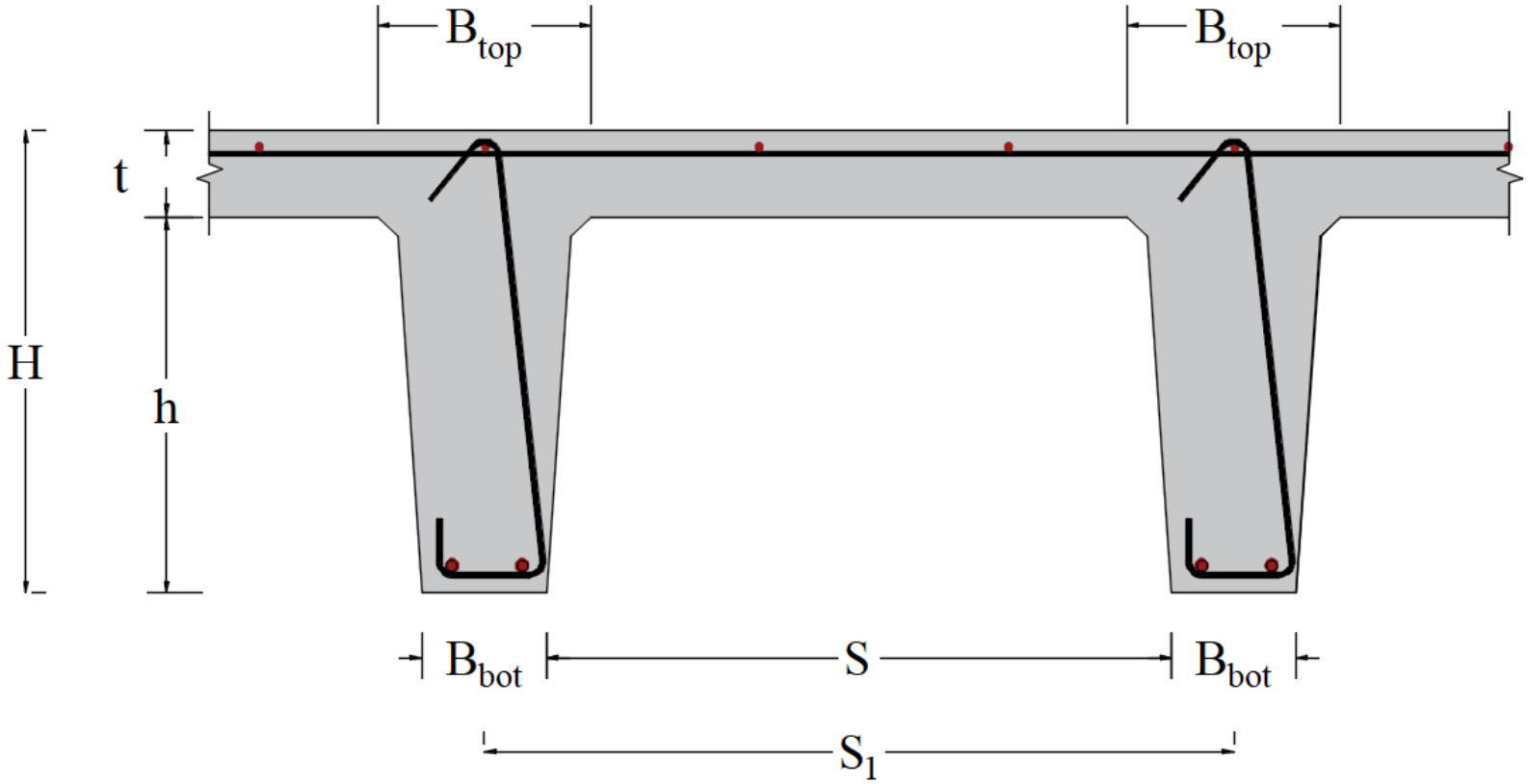
معرفی دال های مجوف

دال مجوف یک طرفه

@rjavanmardi

محدودیت های هندسی دال های مجوف دوطرفه

۹-۱۰-۸-۱-۲ حداقل عرض تیرچه در کل ارتفاع مقطع، نباید کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر باشد.



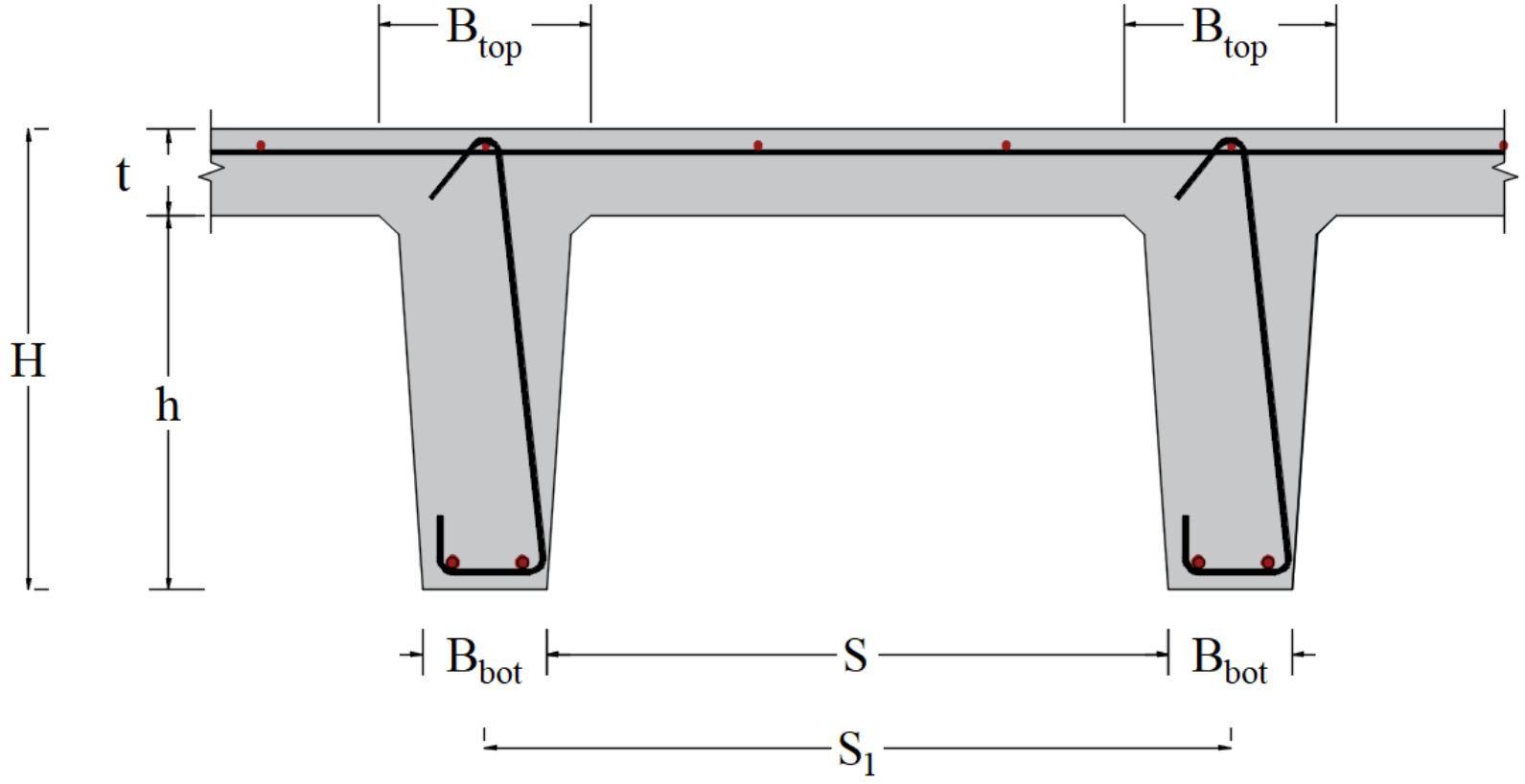
$$B_{bot} \geq 100\ mm$$

@rjavanmardi

محدودیت های هندسی دال های مجوف دوطرفه

۹-۱۰-۸-۱-۳ ارتفاع کل تیرچه نباید از ۳/۵ برابر عرض حداقل آن بیشتر شود.

8.8.1.3 Overall depth of ribs shall not exceed 3.5 times the minimum width.

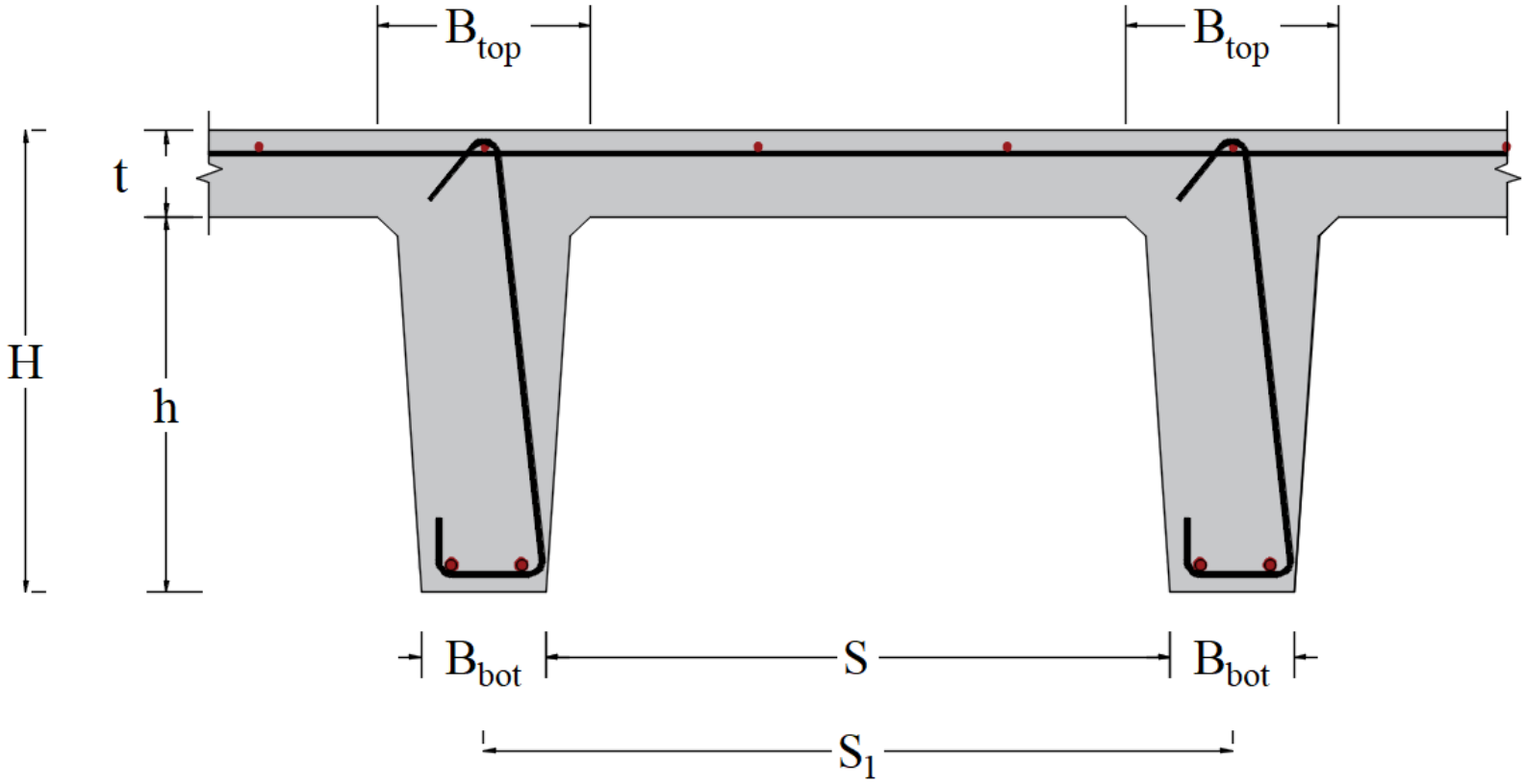


$$H \leq 3.5B_{bot}$$

@rjavanmardi

محدودیت های هندسی دال های مجوف دوطرفه

۹-۱۰-۸-۱-۴ فاصله‌ی آزاد بین تیرچه‌ها نباید از ۷۵۰ میلی‌متر بیشتر باشد.

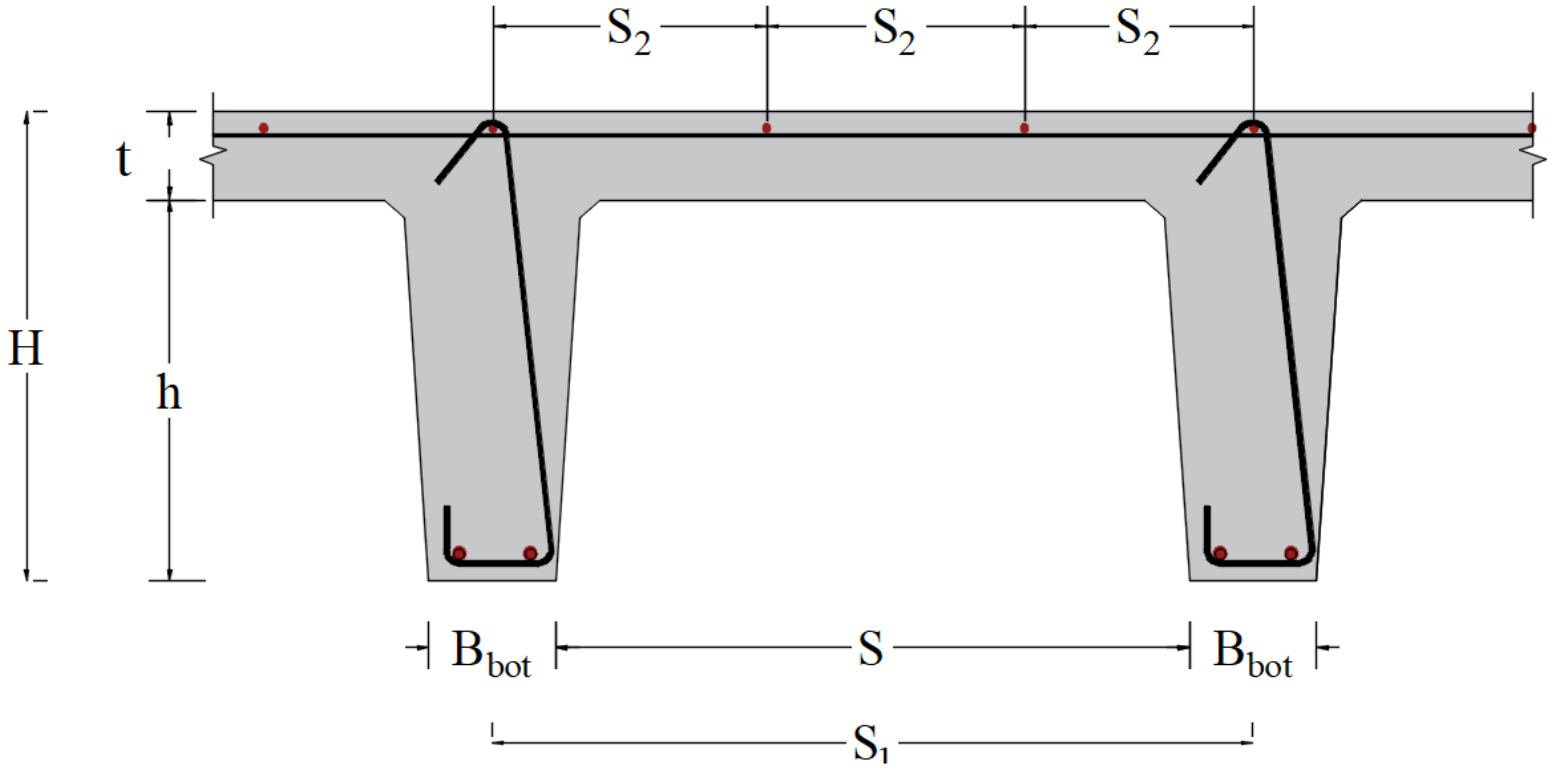


$$S \leq 750\ mm$$

@rjavanmardi

محدودیت های هندسی دال های مجوف دوطرفه

۹-۱۹-۴-۵ فاصله‌ی آرماتورهای حرارتی و جمع شدگی از یک دیگر نباید بیش‌تر از پنج برابر ضخامت دال و یا ۳۵۰ میلی متر در نظر گرفته شود.



$$S_2 \leq \min(5t, 350mm)$$

@rjavanmardi

محدودیت های هندسی دال های مجوف دوطرفه

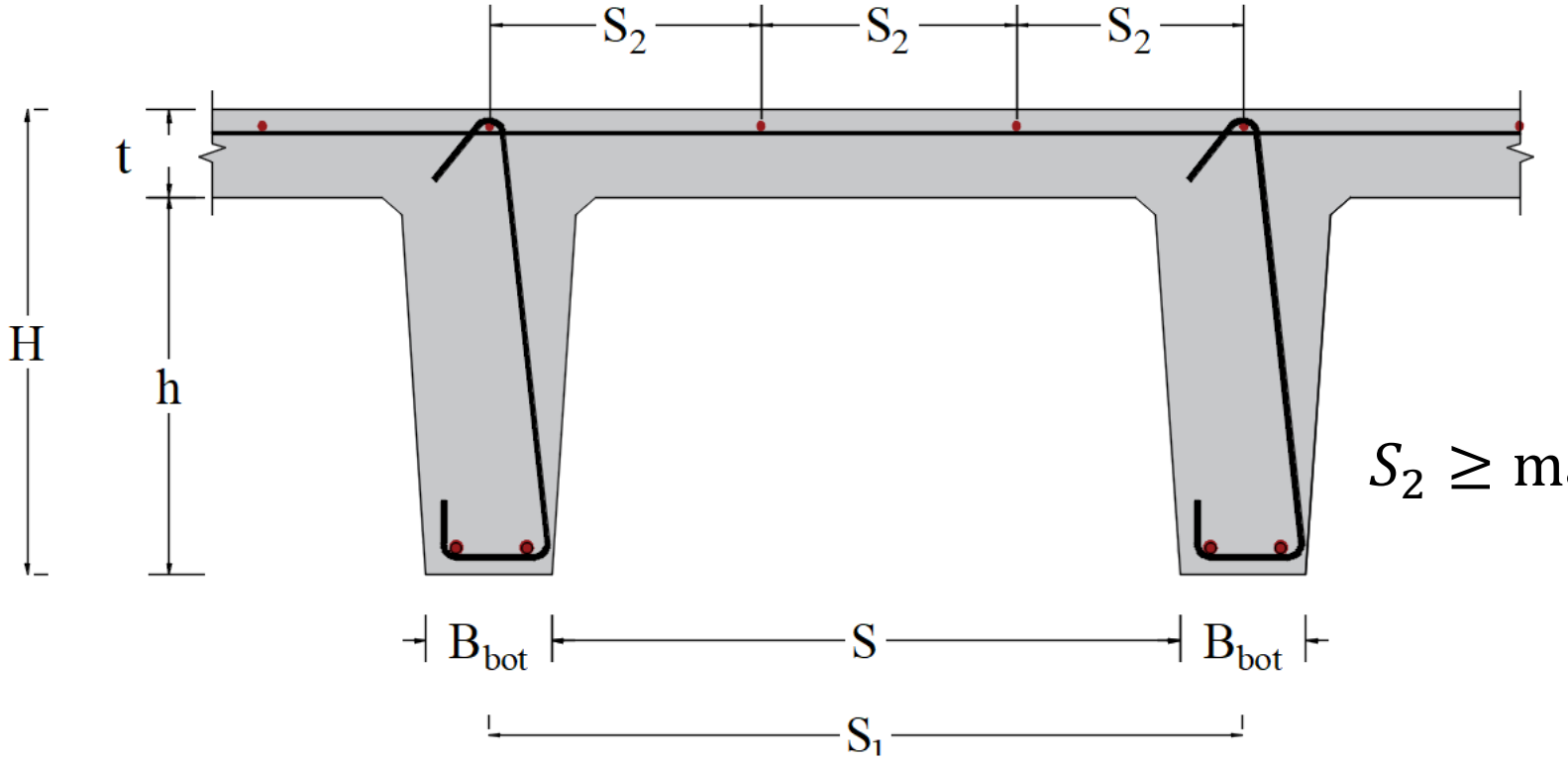
۹-۲۱-۲-۱ فاصله‌ی حداقل میلگردها

۹-۲۱-۲-۱-۱ فاصله‌ی آزاد میلگردهای موازی واقع در یک سفره‌ی افقی نباید کم‌تر از هیچ یک از مقادیر زیر باشد:

الف- ۲۵ میلی متر؛

ب- قطر بزرگ‌ترین میلگرد؛

پ- ۱/۳۳ برابر قطر اسمی بزرگ‌ترین سنگ دانه.



$$S_2 \geq \max(25mm, d_{max}, 1.33d_{\text{سنگدانه}})$$

@rjavanmardi

فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

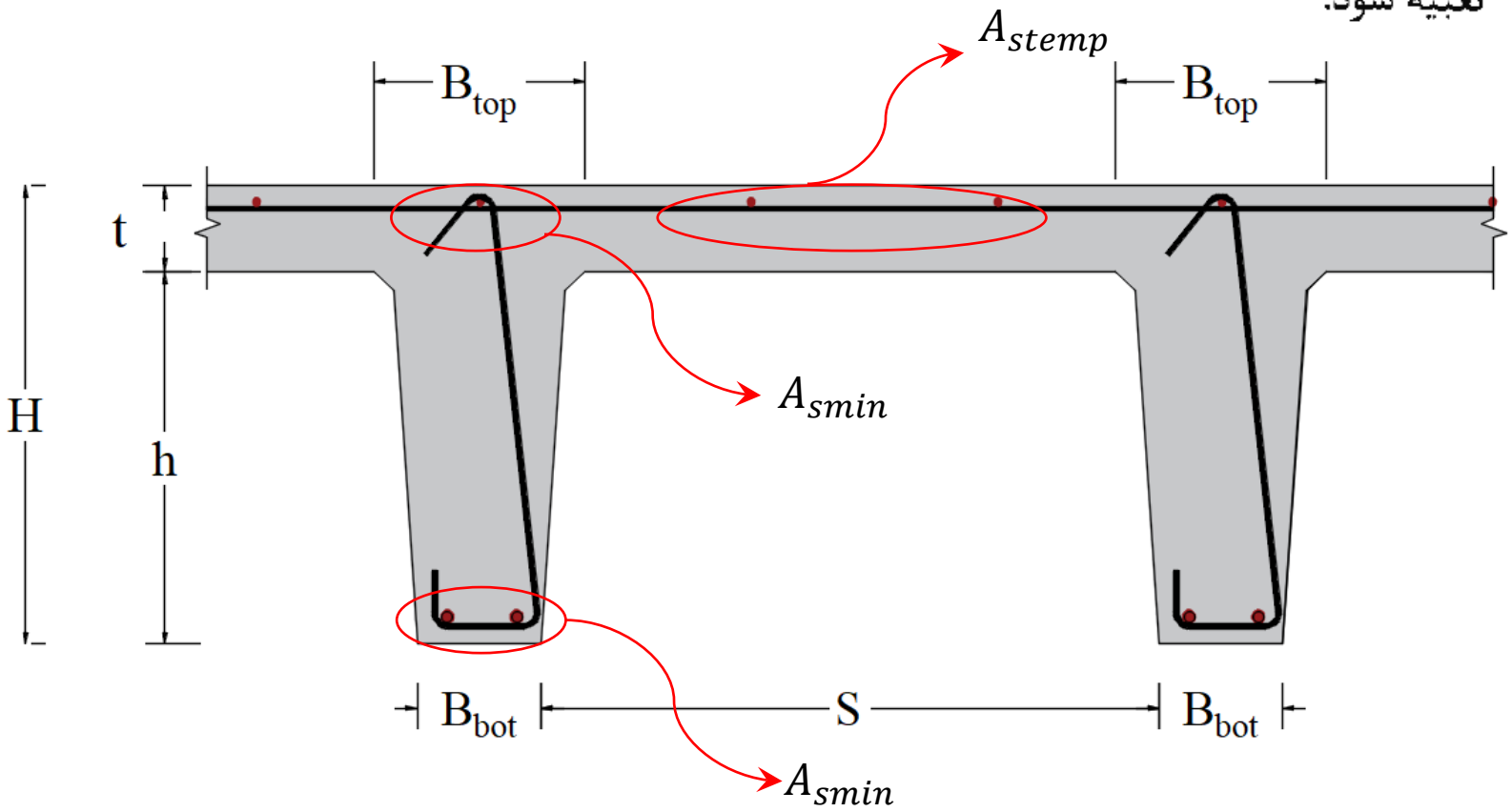
محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

حداقل آرماتور در سقف های وافل

۹-۱۰-۷-۱-۲ حداقل آرماتور خمشی در دال‌های دوطرفه

الف- حداقل مساحت آرماتور خمشی، $A_{s,min}$، برابر با $0.0018A_g$ بوده و یا مطابق آنچه در بند (ب) زیر تعریف شده است، محاسبه می‌شود. این آرماتور باید در نزدیکی سطح کششی در جهت دهانه، و در عرض دال (b_{slab}) تعبیه شود.



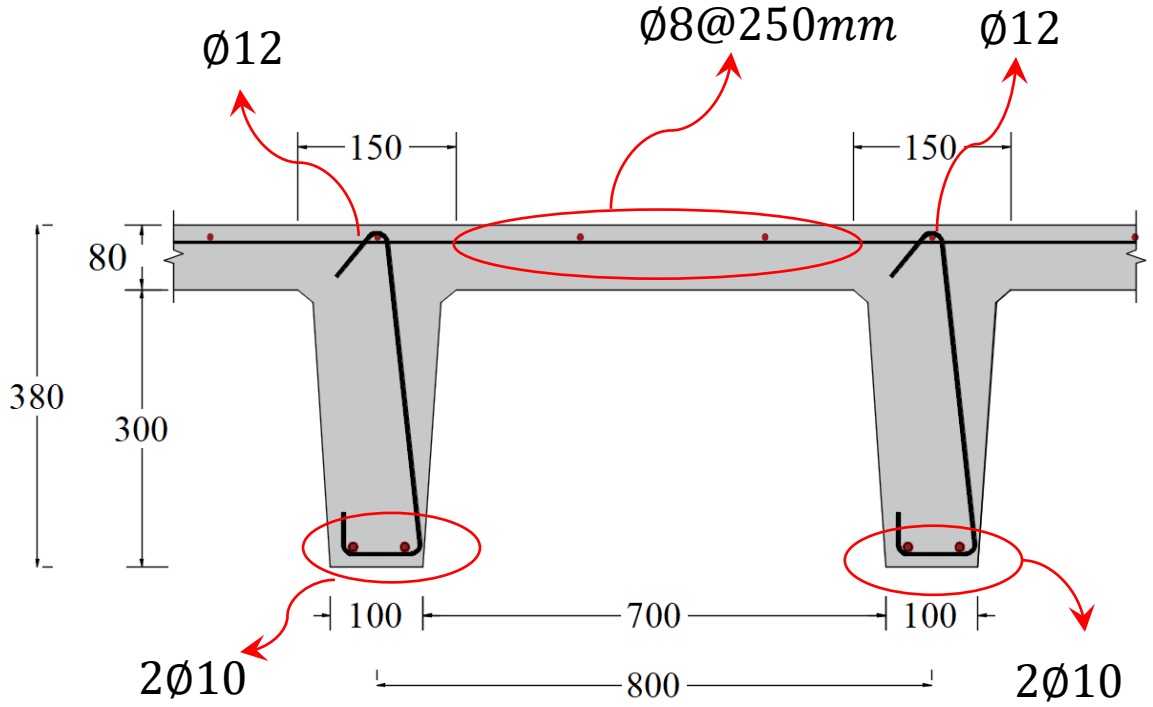
$$A_g = \frac{(B_{bot} + B_{top})}{2} \times H$$

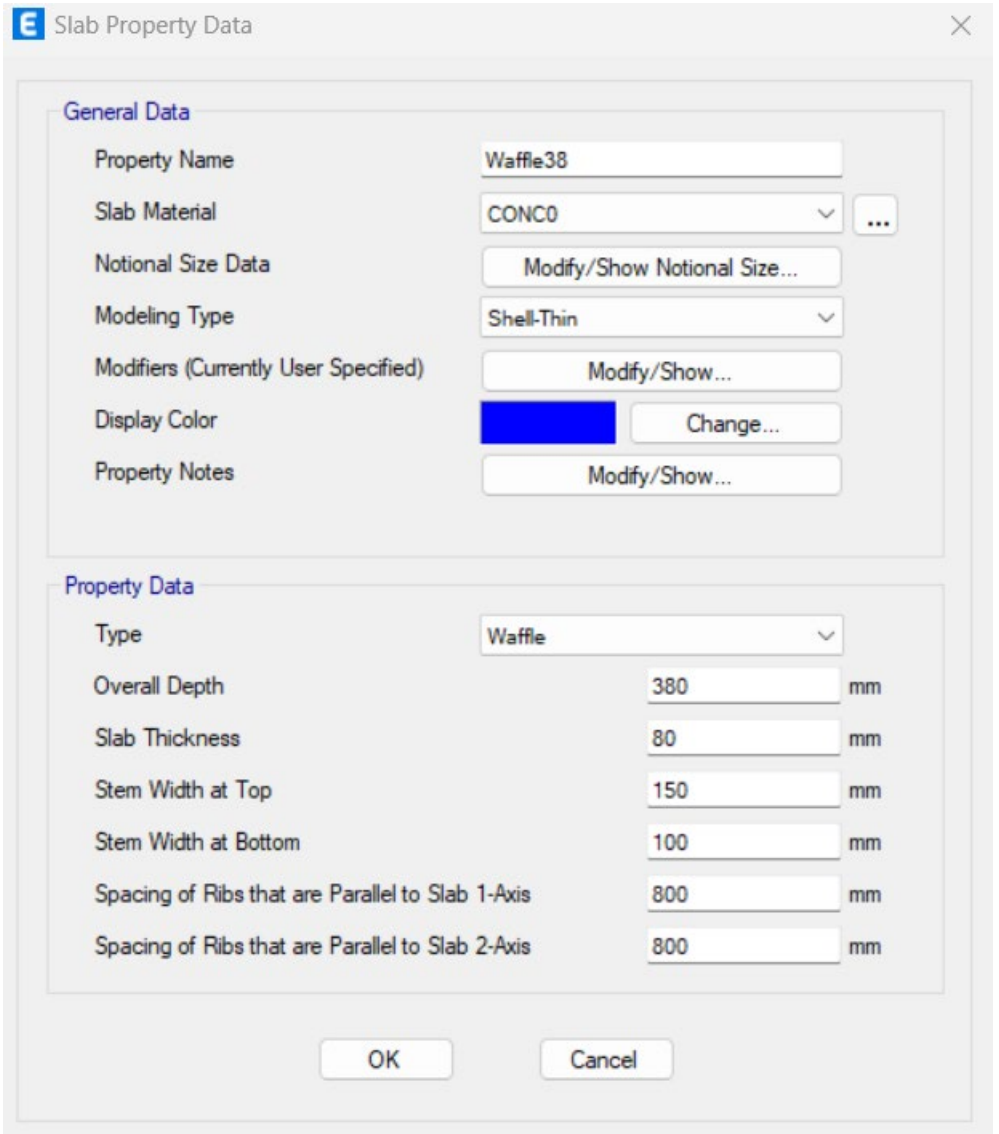
$$A_{smin} = 0.0018 \times A_g$$

$$A_{stemp} = 0.0018 \times t \times 1000$$

@rjavanmardi

آرماتور حداقل خمشی در دال





$$A_{smin} = 0.0018 \times \left(\frac{100+150}{2}\right) \times 380 = 85.5\ mm^2$$

$use\ 2Ø10\ Bot \quad 1Ø12\ Top$

$$A_{stemp} = 0.0018 \times 80 \times 1000 = 144\ mm^2/m$$

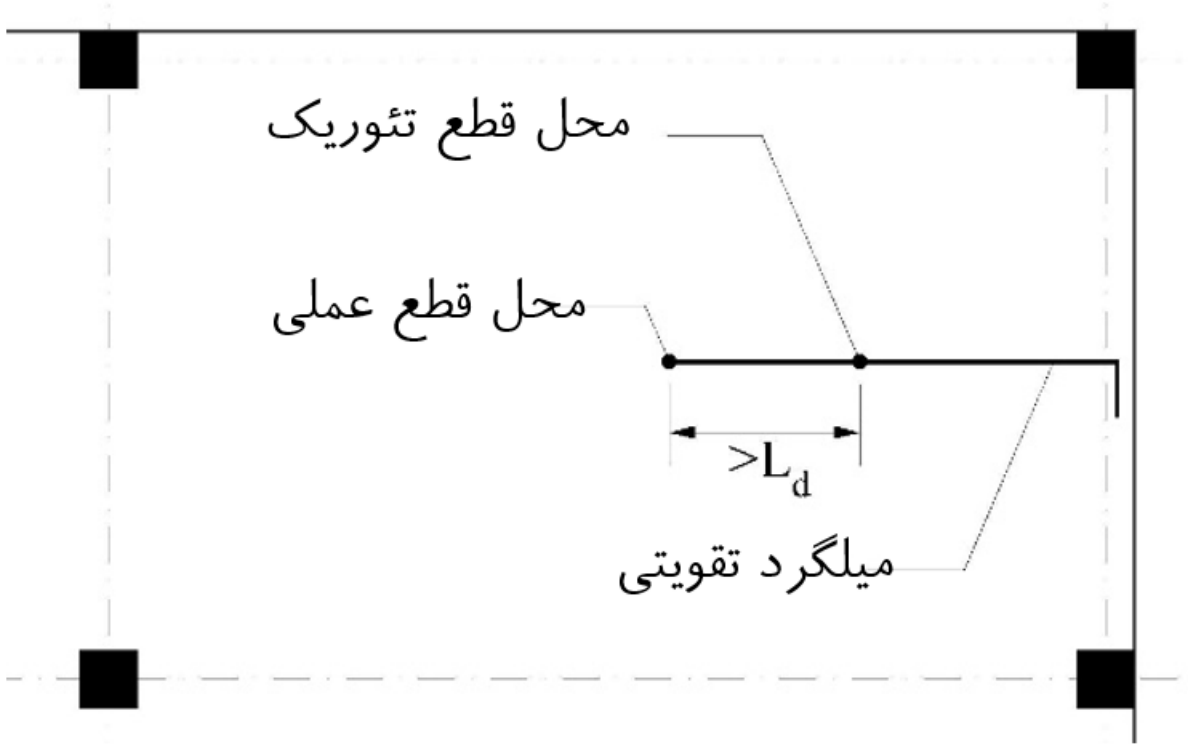
$use\ Ø8@250mm$

@rjavanmardi

محل قطع آرماتورهای تقویتی دال

۹-۱۱-۶-۲-۴ میلگردهای کششی ادامه داده شده باید حداقل طول گیرایی l_d را پس از نقطه‌ای که دیگر به میلگردهای قطع یا خم شده برای تحمل خمش نیازی نیست، تامین کنند.

قطر آرماتور	Ld شبکه پایین	Ld شبکه بالا
mm	cm	cm
ϕ8	35	40
ϕ10	40	50
ϕ12	50	60
ϕ14	55	70
ϕ16	65	80
ϕ18	70	90
ϕ20	95	125
ϕ22	105	135
ϕ25	120	155
ϕ28	135	175
ϕ32	155	200

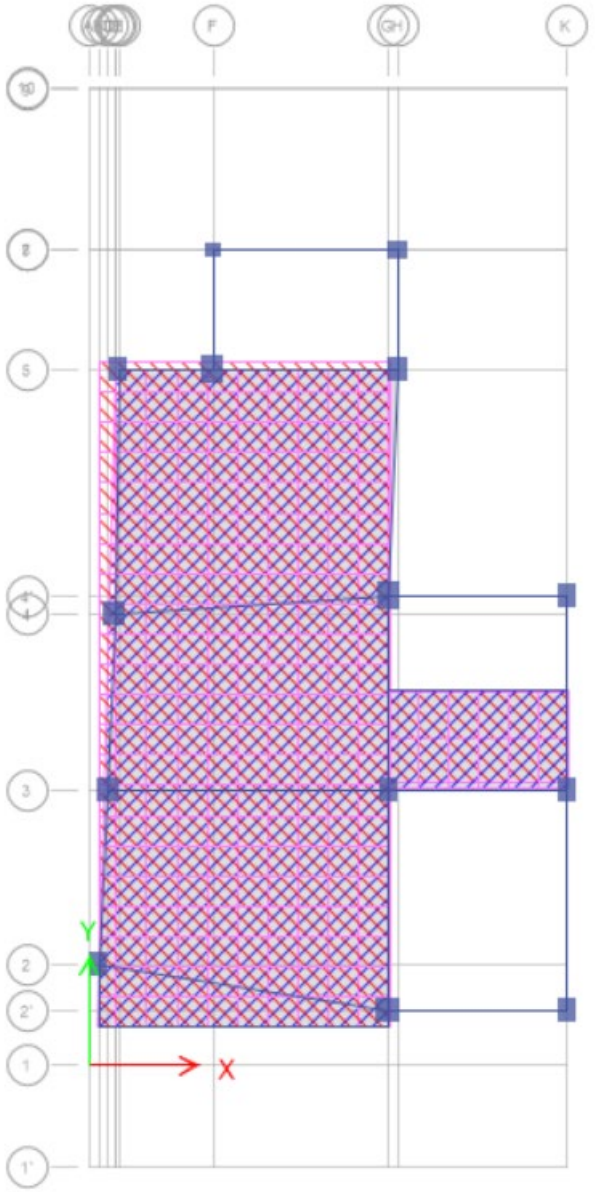


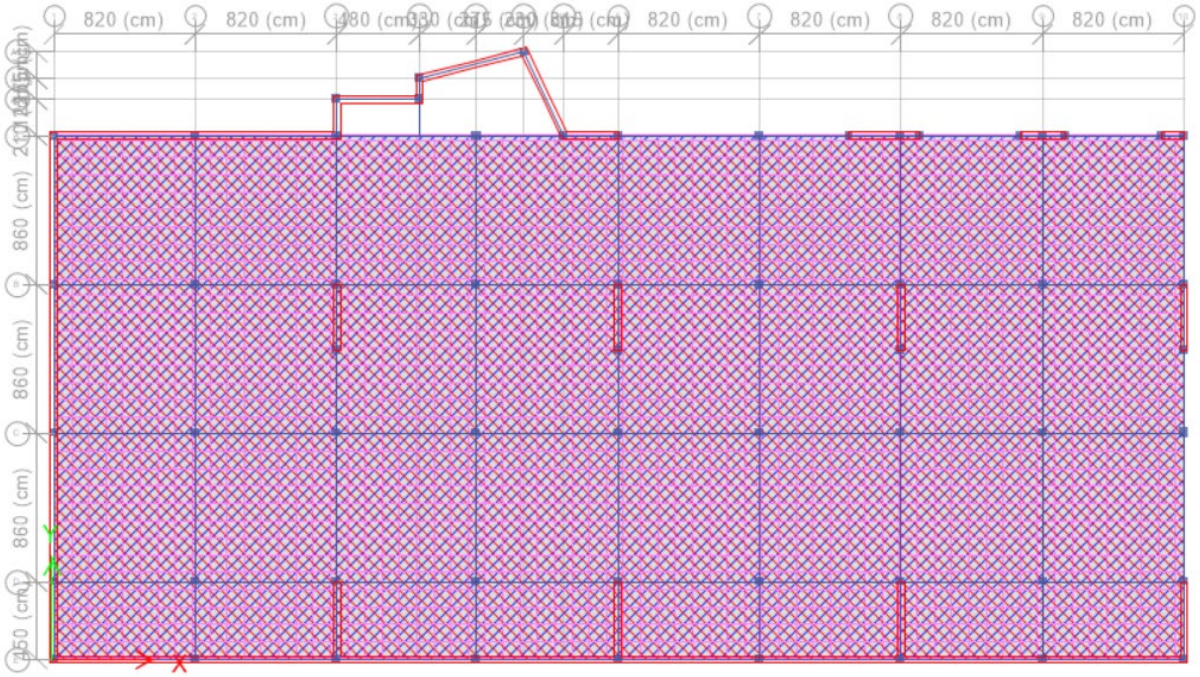
$$f_c' = 250\frac{kg}{cm^2}\ f_y = 4000\frac{kg}{cm^2}$$

@rjavanmardi

طراحی خمشی دال با نرم افزار Etabs

ترسیم نوارهای طراحی بر روی کل سطح دال در هر دو راستا

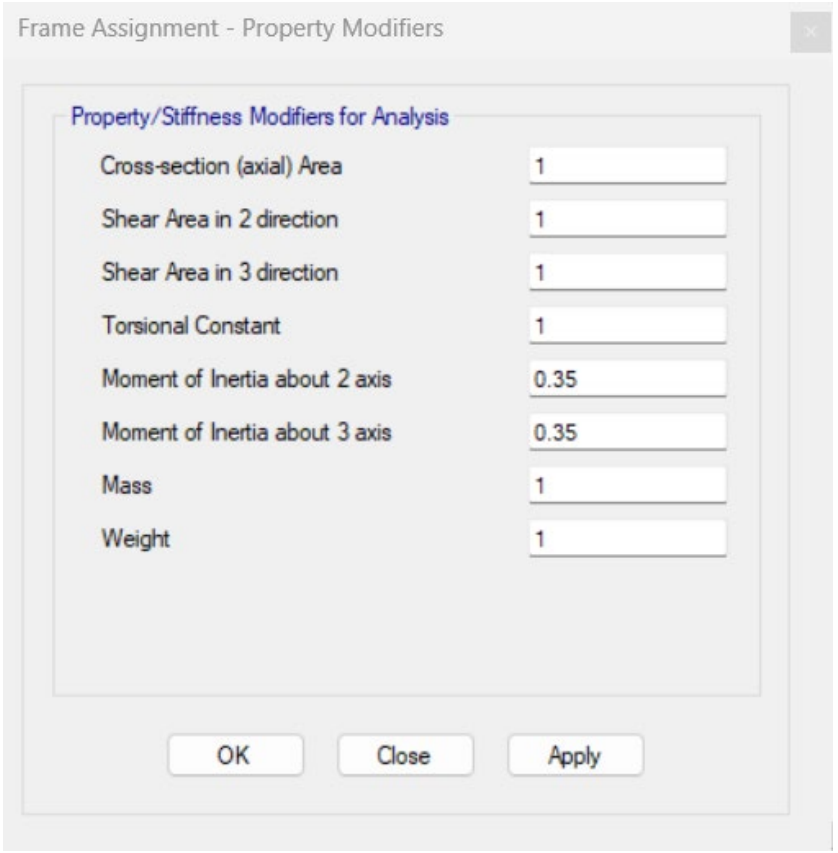




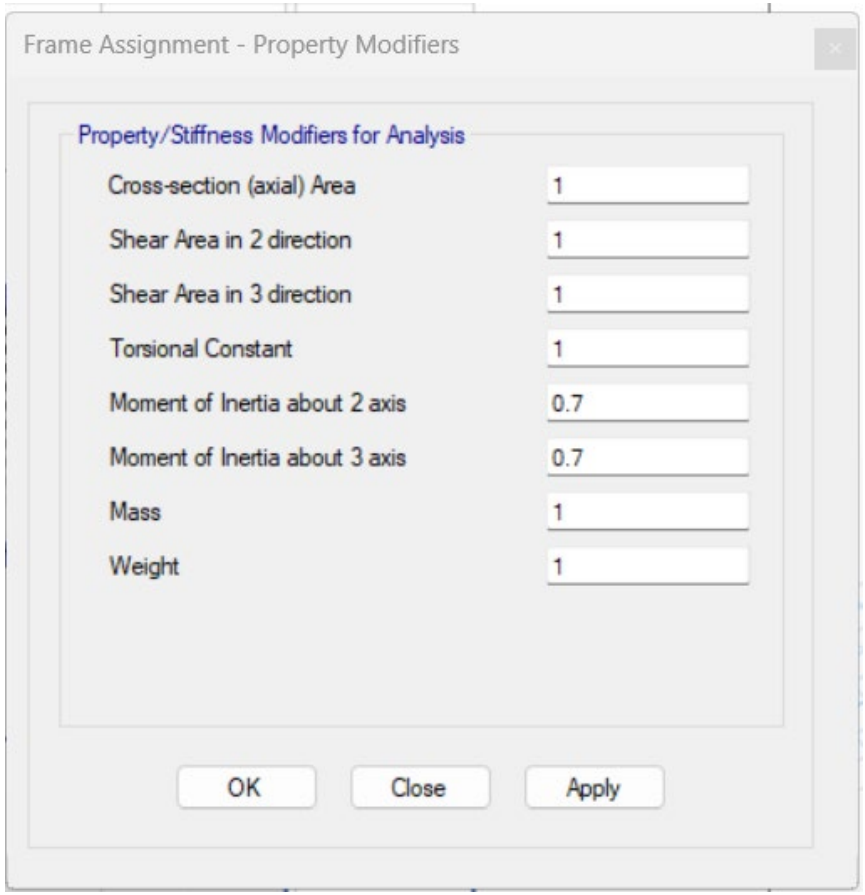
@rjavanmardi

طراحی خمشی دال با نرم افزار Etabs

تنظیمات نرم افزار (ضرایب ترک خوردگی اعضا)



ضرایب ترک خوردگی تیرها



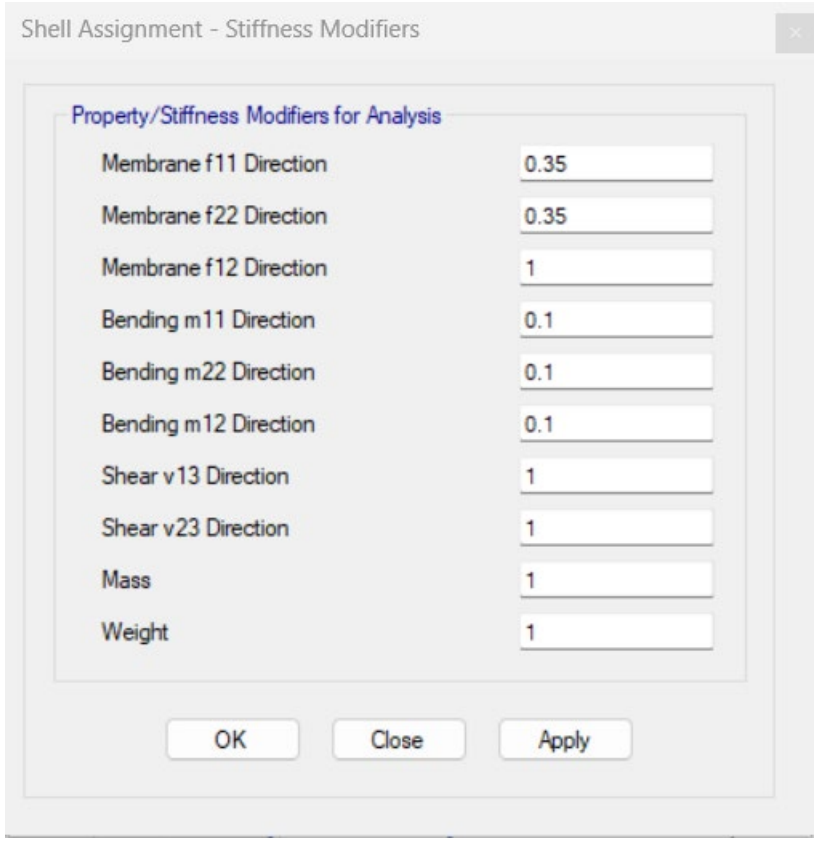
ضرایب ترک خوردگی ستون ها

در صورت استفاده از نرم افزار safe16 ضرایب ترک خوردگی پیچشی 0.1 به کلیه تیرها وارد می شود، در صورت استفاده از ورژن های بالاتر ترک خوردگی پیچشی به تیر باید اعمال شود

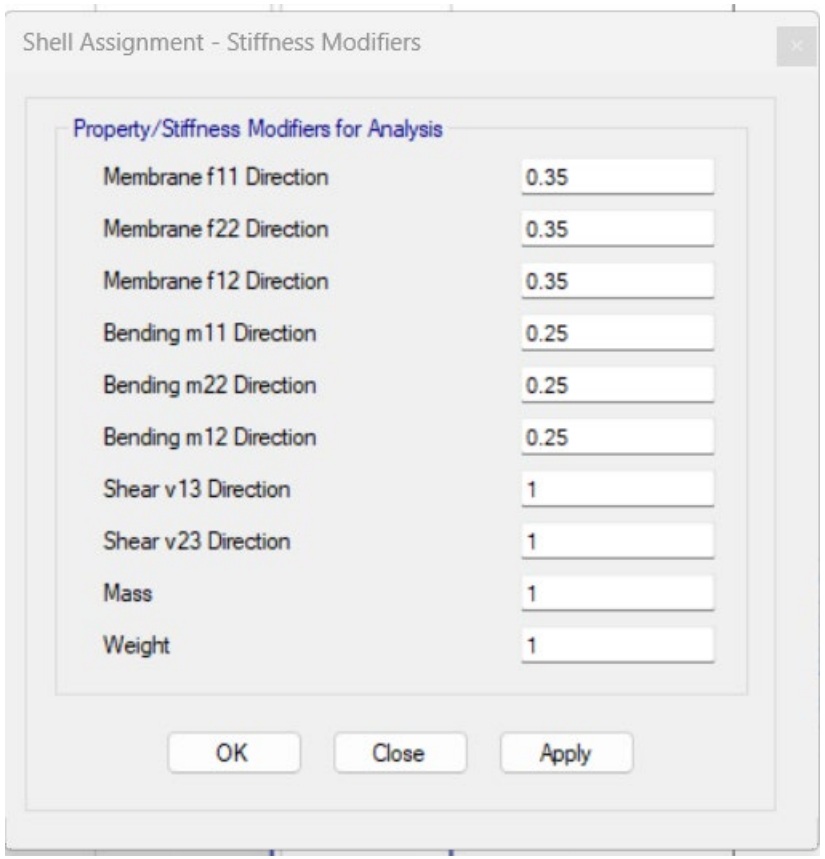
@rjavanmardi

طراحی خمشی دال با نرم افزار Etabs

تنظیمات نرم افزار (ضرایب ترک خوردگی اعضا)



ضرایب ترک خوردگی دیوارهای برشی

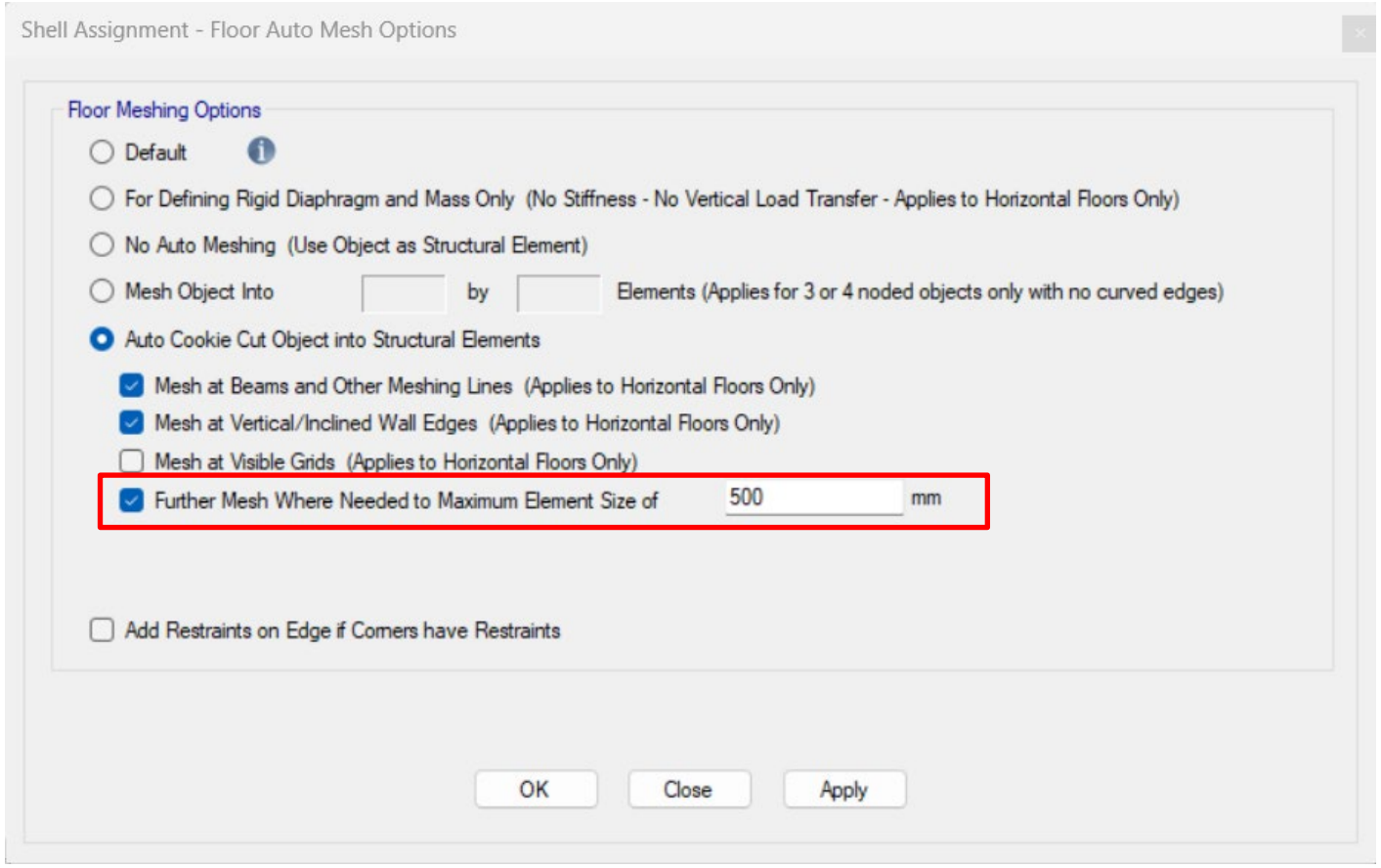


ضرایب ترک خوردگی دال ها

@rjavanmardi

طراحی خمشی دال با نرم افزار Etabs

حداکثر سایز مش بندی به ۱.۵ برابر ضخامت کل دال (H) محدود شود

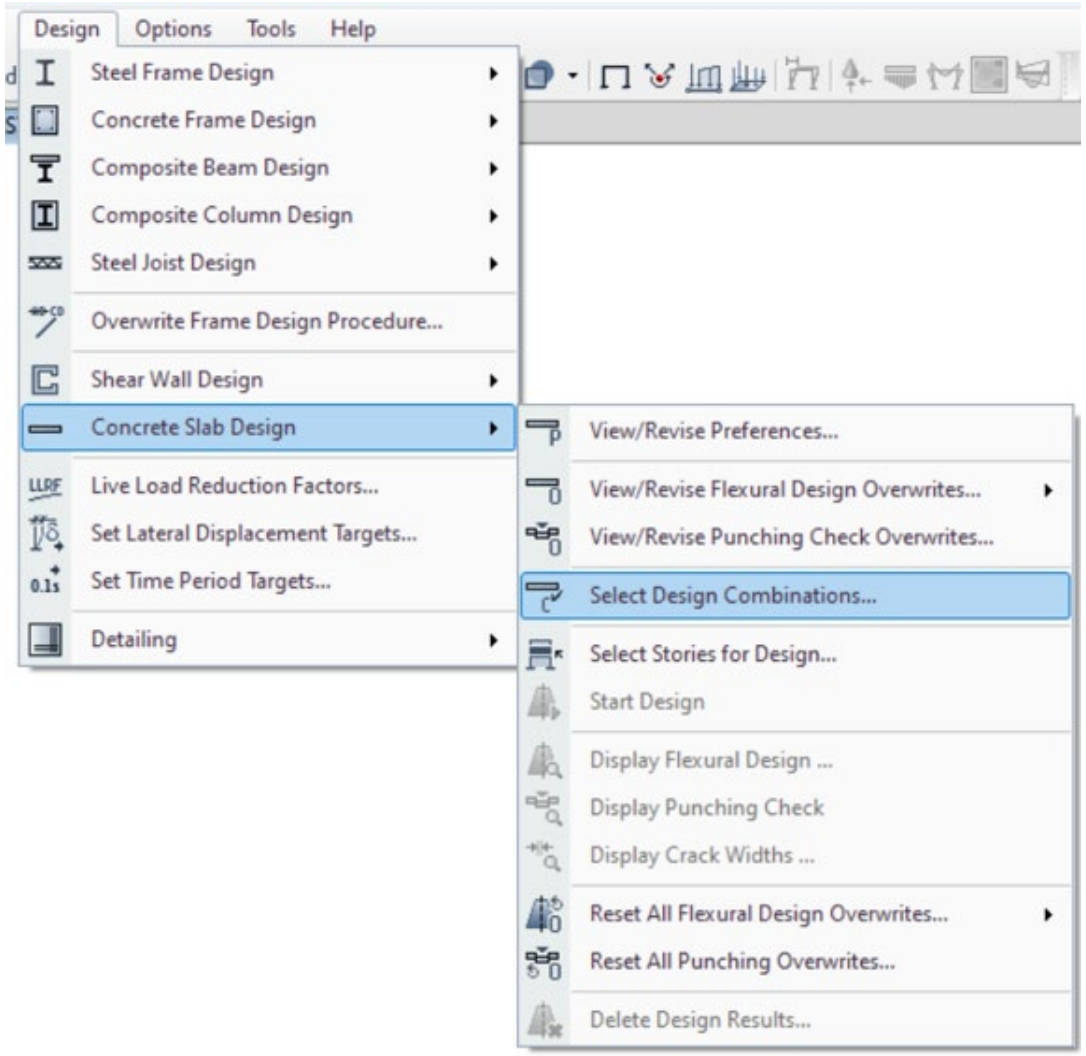


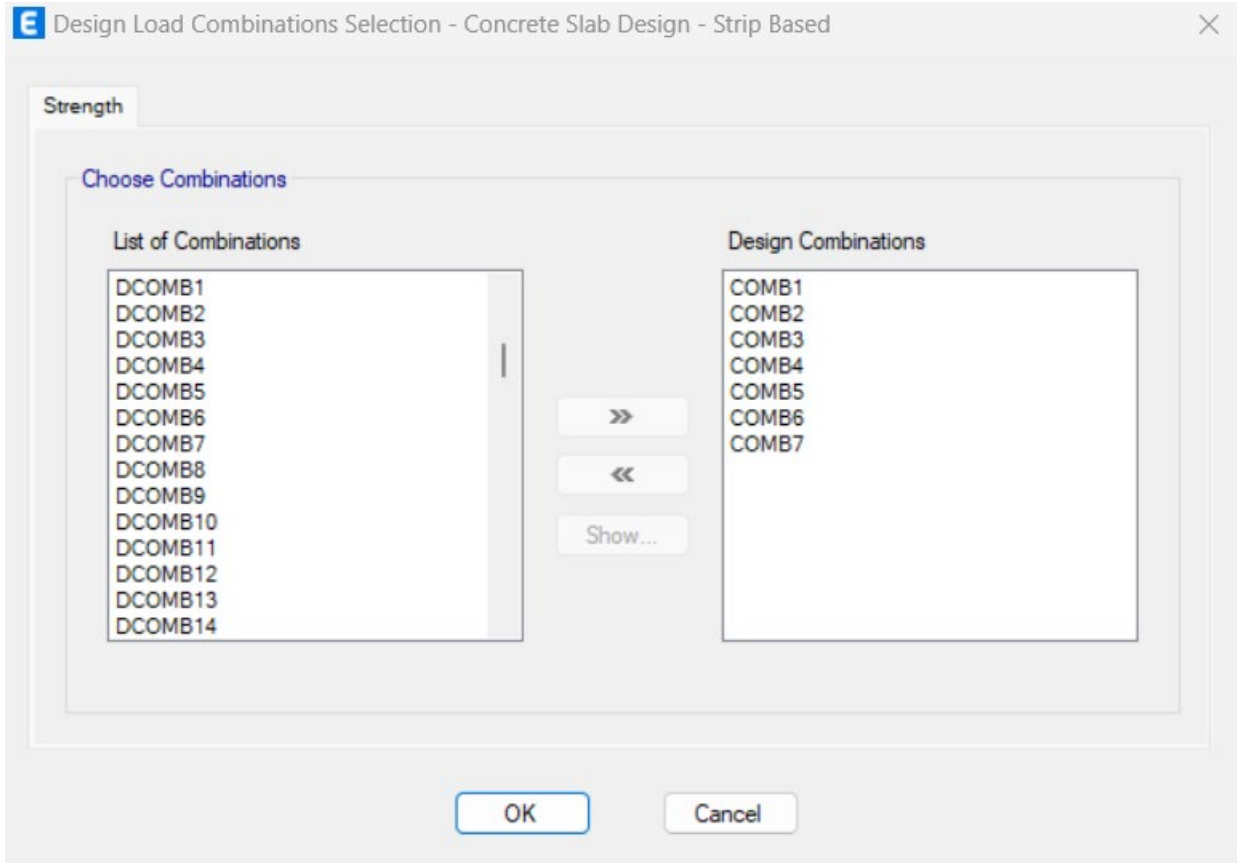
عرض نوارهای طراحی مضربی از عرض تیرچه ها باشد (برابر با عرض تیرچه یا ۲ برابر عرض تیرچه) تا به راحتی تعداد میلگرد تقویتی در هر تیرچه مشخص شود

@rjavanmardi

طراحی خمشی دال با نرم افزار Etabs

ترکیبات بارگذاری در طراحی خمشی دال

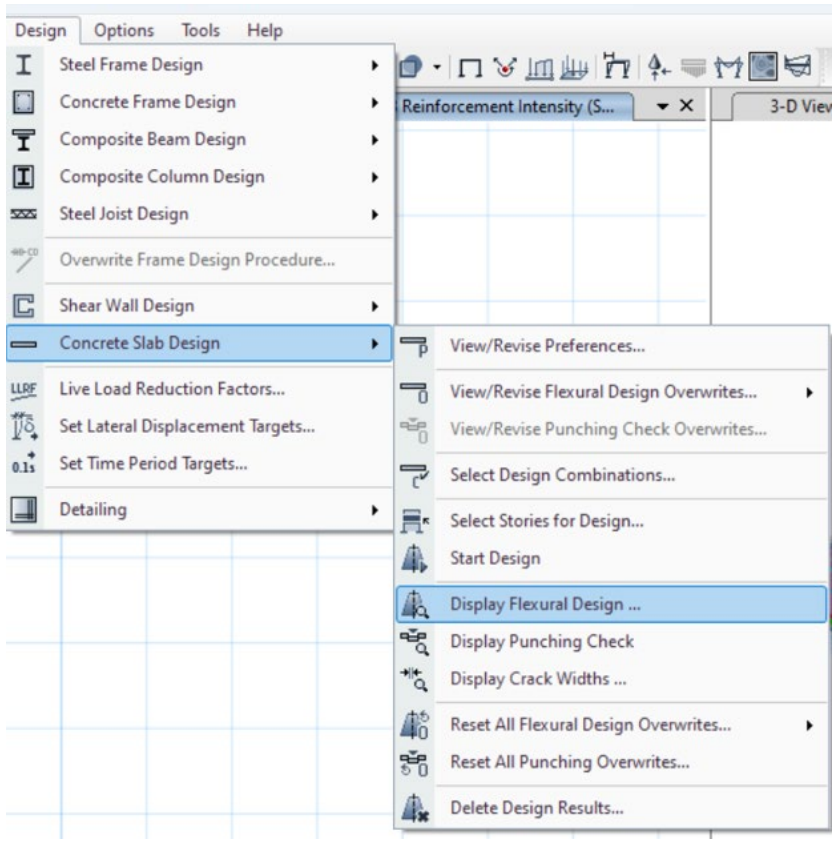


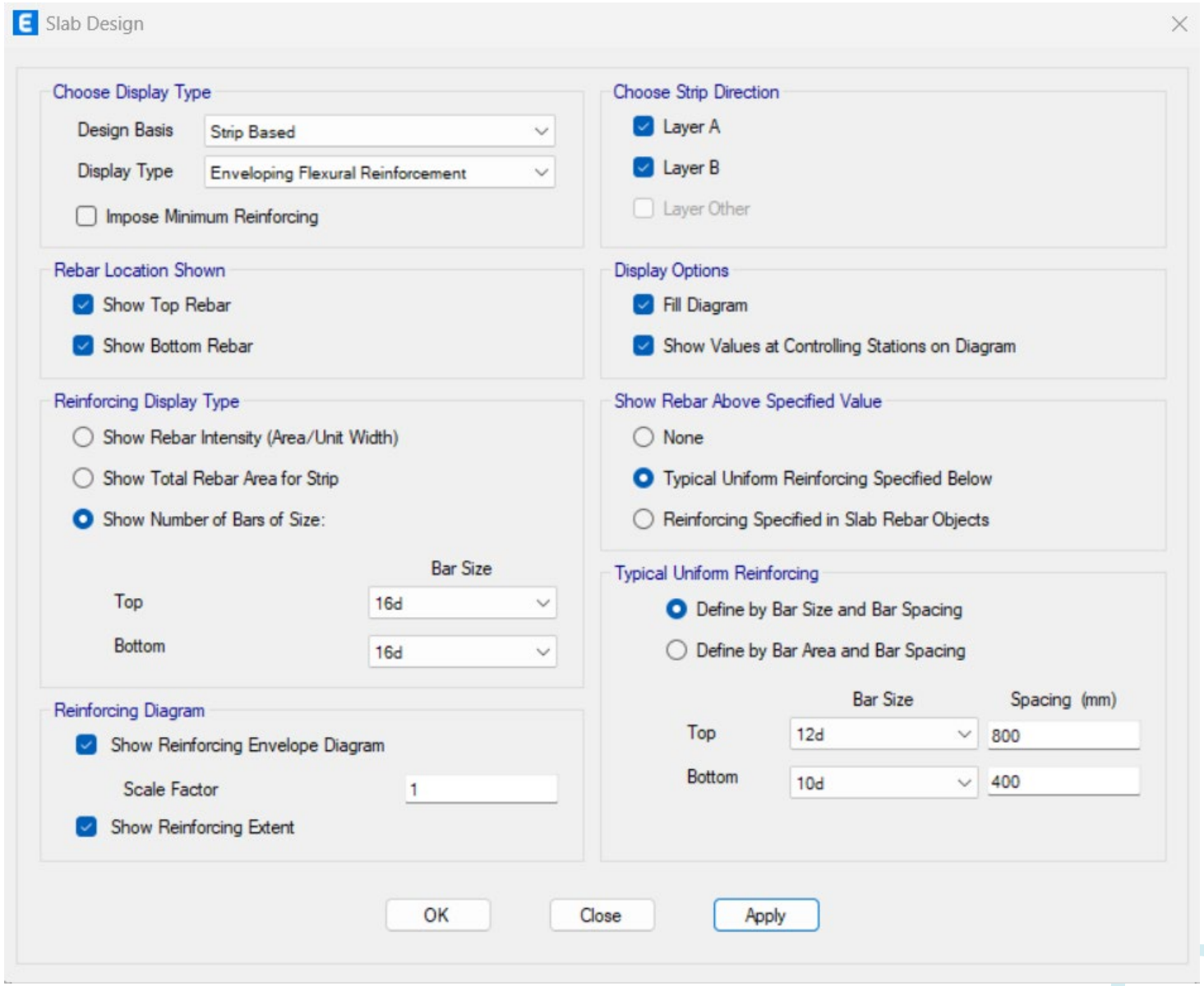


ترکیبات بارگذاری ثقلی انتخاب می شود

@rjavanmardi

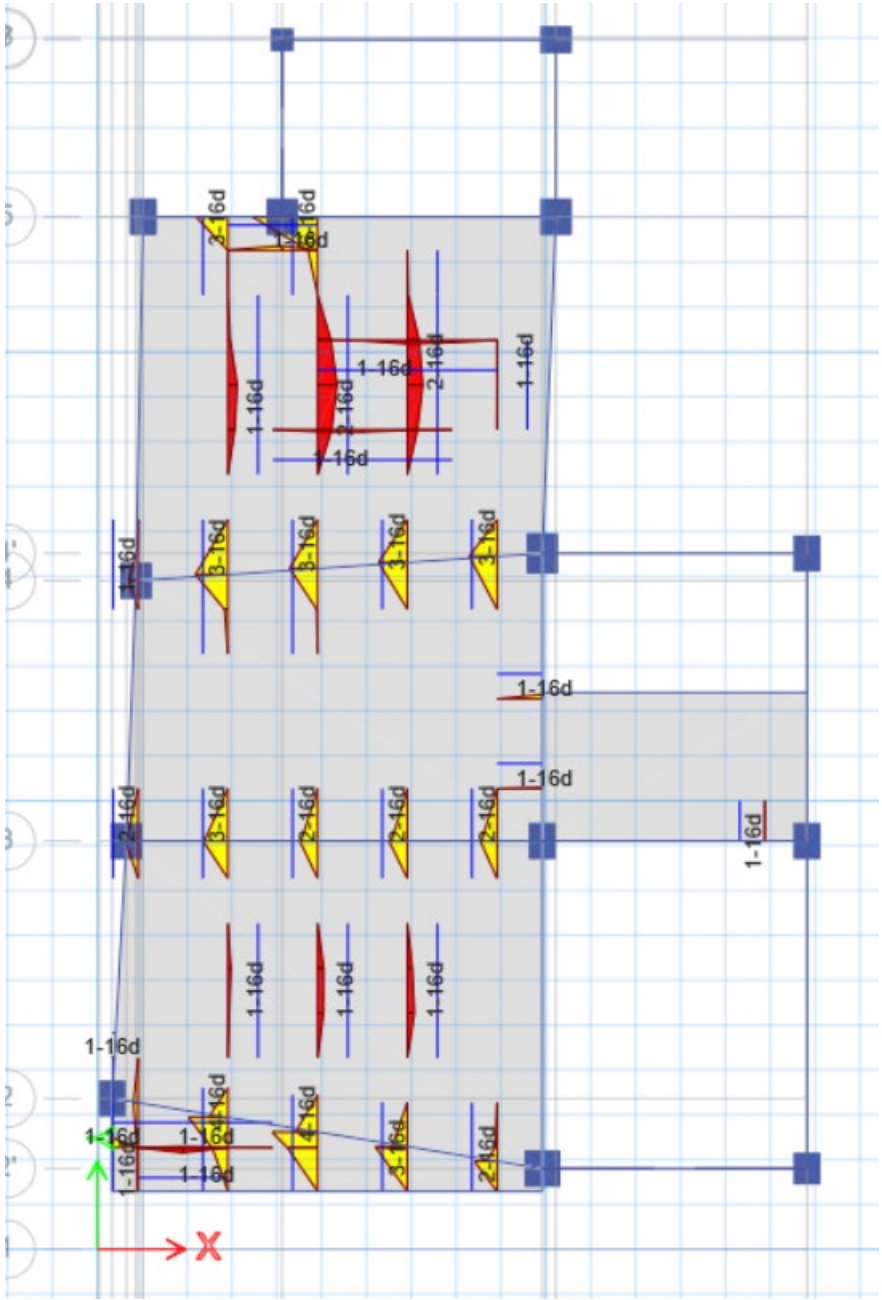
مشاهده خروجی آرماتور تقویتی با نرم افزار

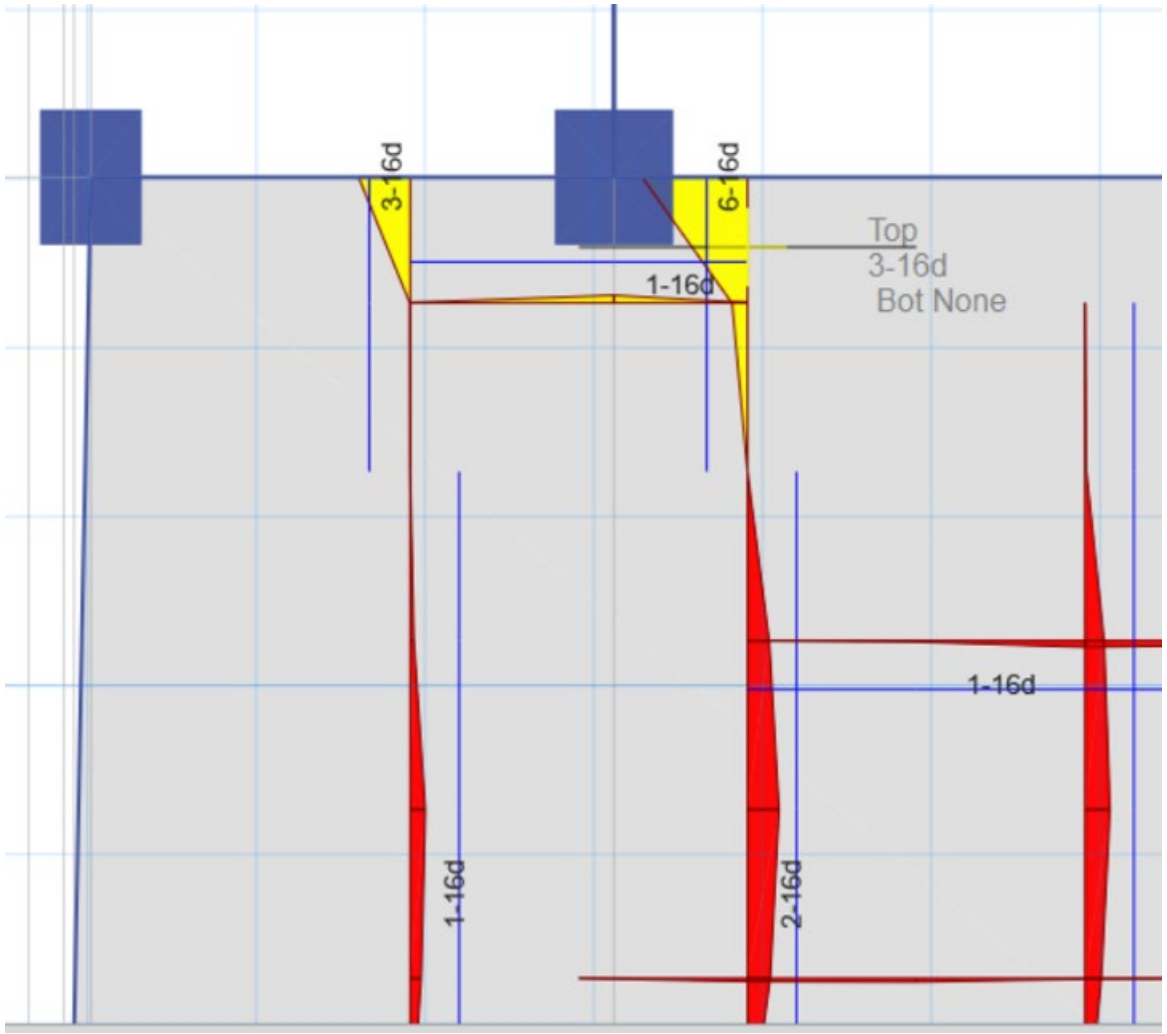




@rjavanmardi

مشاهده خروجی آرماتور تقویتی با نرم افزار



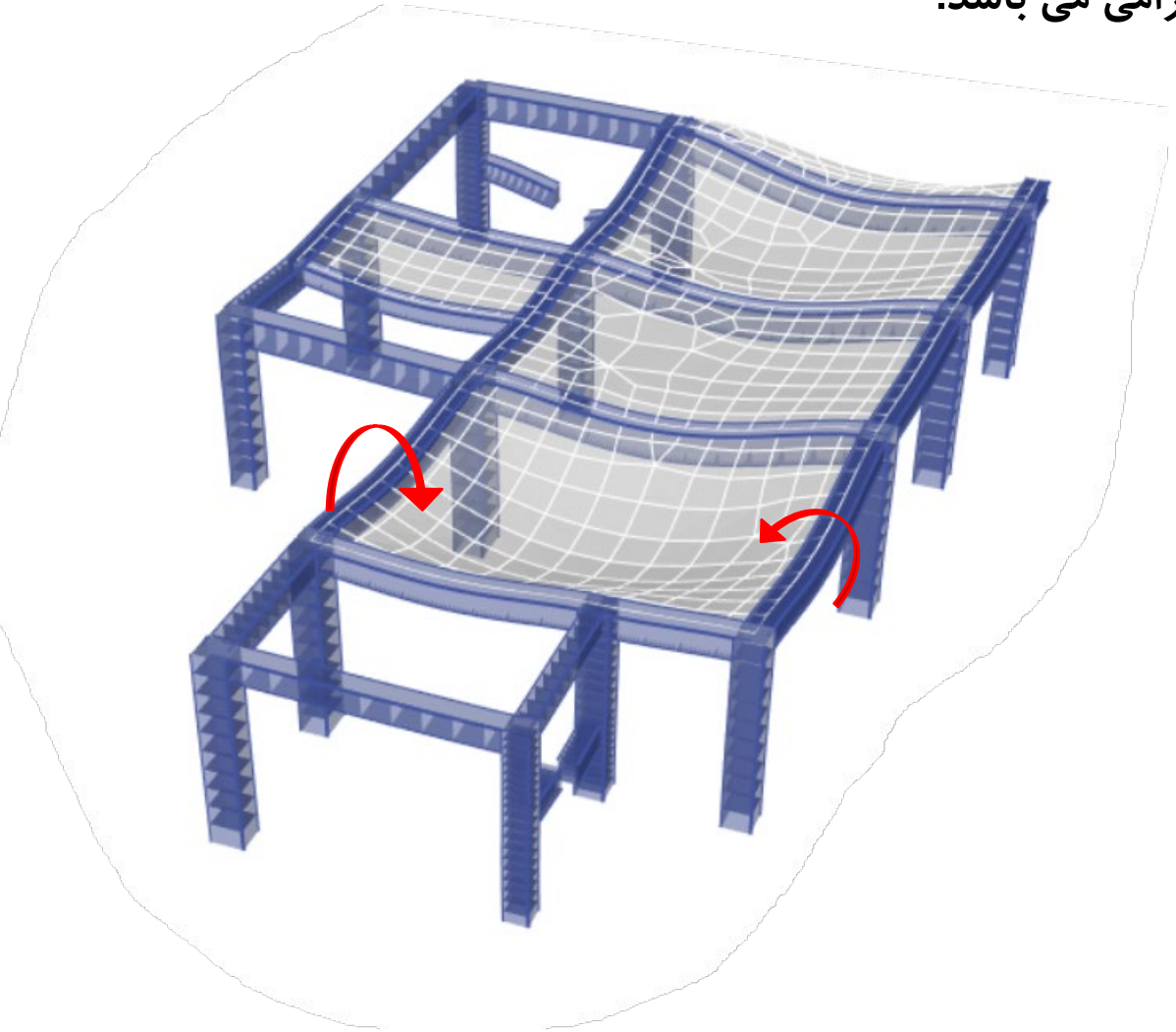


میلگرد تقویتی در بر تیر یا تکیه گاه را می توان در نظر گرفت

@rjavanmardi

آرماتور پیچشی در تیر ها

در دال های بتنی مانند دال وافل، با توجه به اینکه لنگر انتهایی دال، برابر با لنگر پیچشی در تیر انتهایی می شود، طراحی تیرها خصوصا تیرهای پیرامونی برای پیچش انتهایی الزامی می باشد.



با توجه به پیچش همسازی ضریب کاهش سختی J میتواند در ابتدا ۱ وارد شود.

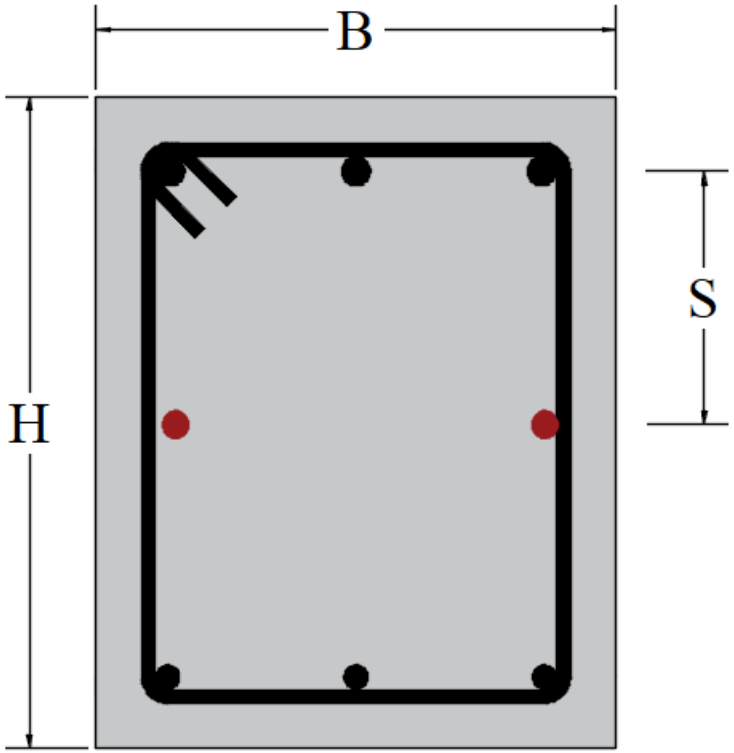
پس از آن در صورت جوابگو نبودن تیر در پیچش، ضریب J تا حدی کاهش پیدا می کند که $T_u > \emptyset T_{cr}$ شود.

@rjavanmardi

آرماتور پیچشی در تیر ها

آرماتور های طولی و برشی ناشی از پیچش باید به آرماتورهای خمشی و برشی تیر اضافه گردند

آرماتورهای طولی باید بصورت مساوی در هر چهار وجه تیر پخش شوند



همچنین حداکثر فاصله آرماتورهای پیچشی در عمق تیر باید کمتر از ۳۰ سانمتیتتر باشد

$$S \leq 300\ mm$$

@rjavanmardi

آرماتور پیوستگی در تیرچه

۹-۱۱-۷-۲-۳ به منظور تأمین یک پارچگی سازه‌ای، حداقل یک آرماتور در پایین هر تیرچه باید پیوسته بوده و مهار کافی داشته باشد تا در تکیه‌گاه به تنش جاری شدن خود برسد.

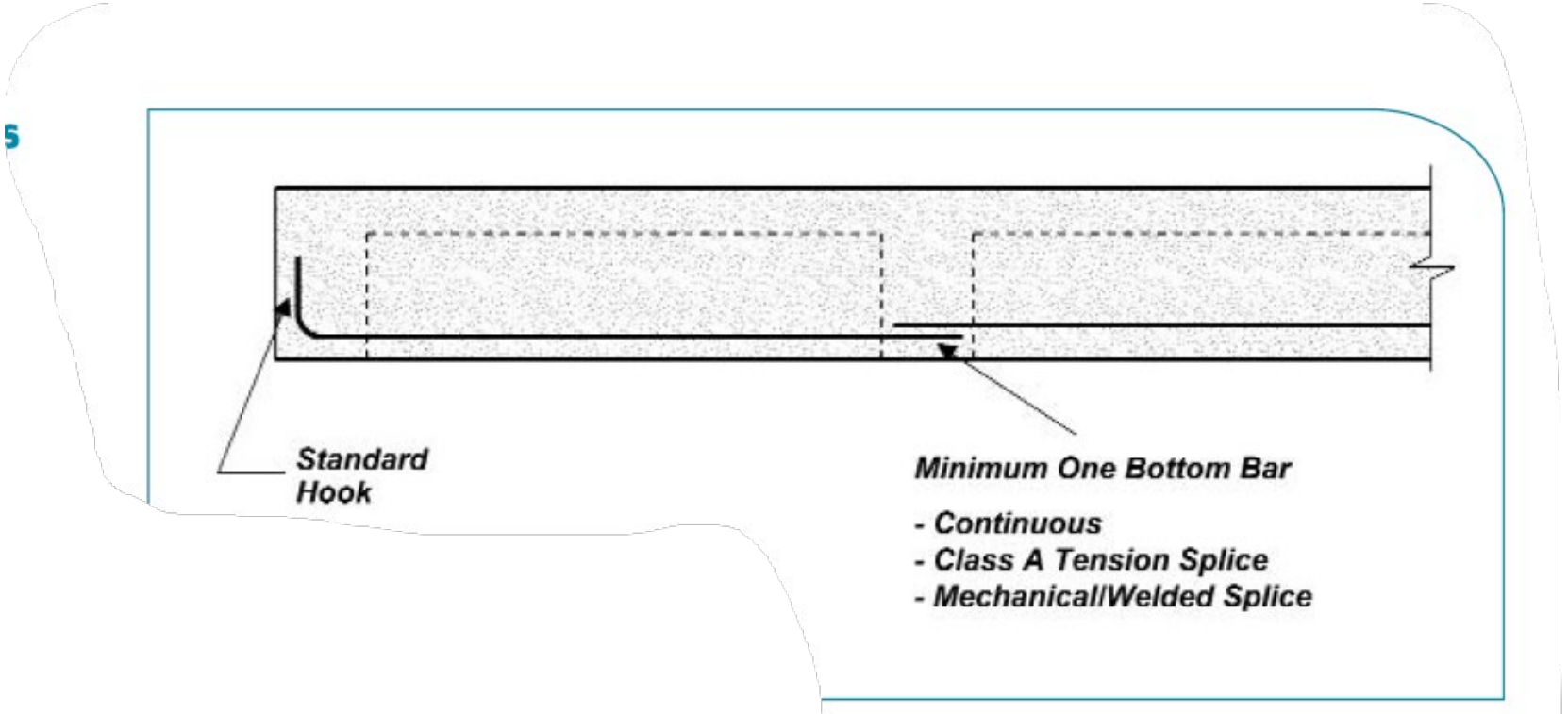
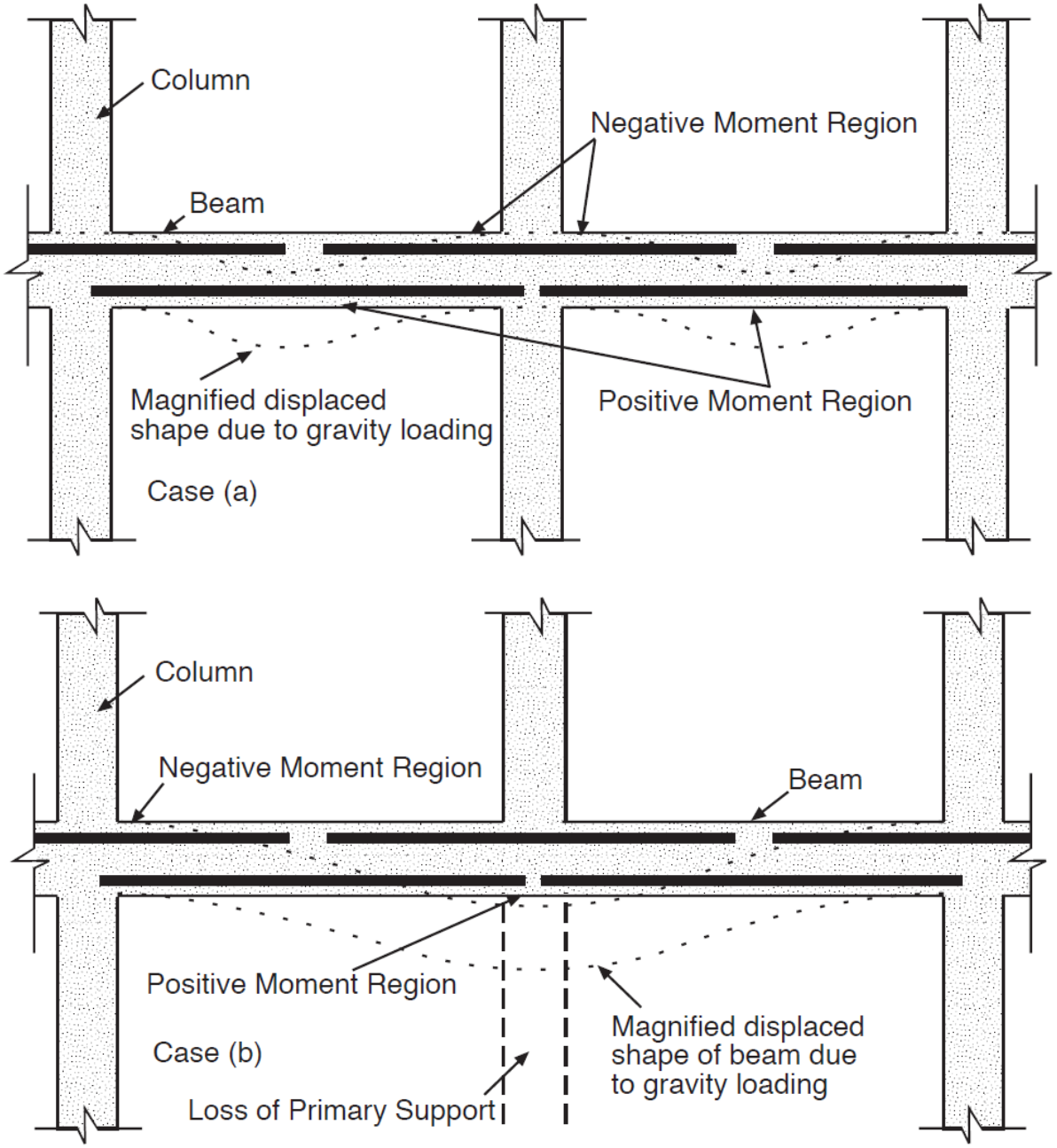


Figure 3. Structural integrity requirements for joist construction [7.13.2.1]

@rjavanmardi

آرماتور پیوستگی در تیرچه



@rjavanmardi

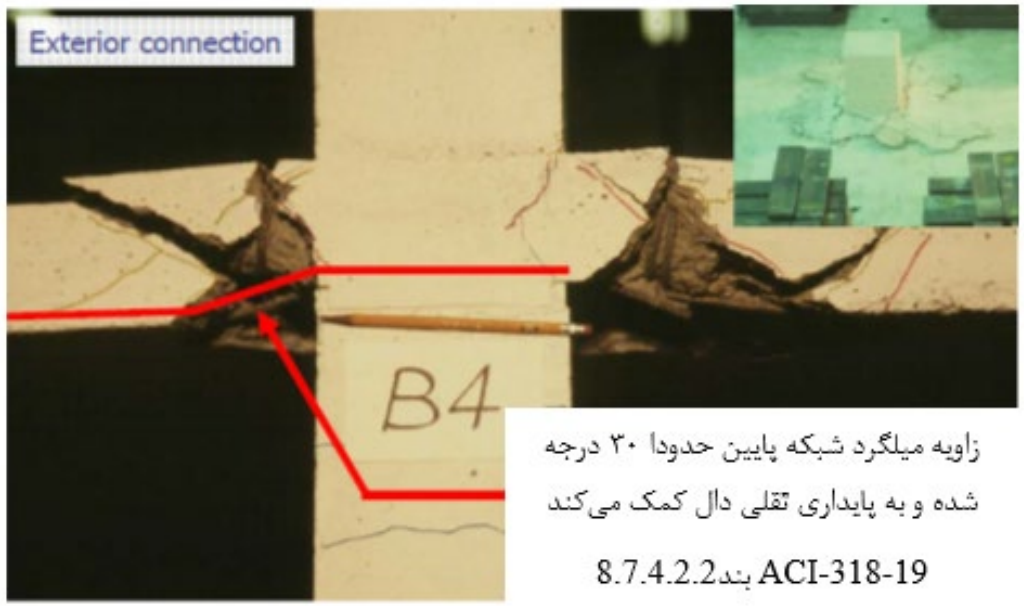
آرماتور پیوستگی در دال

۹-۱۰-۷-۳-۶ آرماتورهای انسجام

الف- کلیه آرماتورهای زیرین در نوار ستونی در هر جهت باید پیوسته باشند، و یا با وصله‌ی مکانیکی کامل، وصله‌ی جوش شده‌ی کامل یا وصله‌ی پوششی نوع B وصله شوند. وصله‌ها باید مطابق شکل ۹-۱۰-۱ قرار داده شوند.

$1.3l_d$

ب- حداقل دو آرماتور زیرین در نوار ستونی در هر جهت باید از ناحیه‌ی محدودشده به‌وسیله‌ی میلگردهای طولی ستون عبور نمایند، و در تکیه‌گاه‌های خارجی مهار شوند.



زاویه میلگرد شبکه پایین حدودا ۳۰ درجه شده و به پایداری تقلی دال کمک می‌کند

ACI-318-19 بند8.7.4.2.2

عبور حداقل ۲ میلگرد شبکه پایین از هسته ستون

@rjavanmardi

فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

آرماتور برشی در تیرچه ها

۹-۸-۴-۴-۲ برای اعضای بتنی که در آن‌ها از حداقل فولاد عرضی استفاده نشده باشد، V_c ، $A_v < A_{v,\min}$ از رابطه‌ی (۹-۸-۱۳) تعیین می‌شود.

$$V_c = \left(0.66\lambda_s \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) b_w d \qquad (۹-۸-۱۳)$$

که λ_s ضریب اصلاح تاثیر اندازه بوده و بر اساس رابطه‌ی (۹-۸-۱۴) تعیین می‌شود.

2.5.2.2 Determine Concrete Shear Capacity

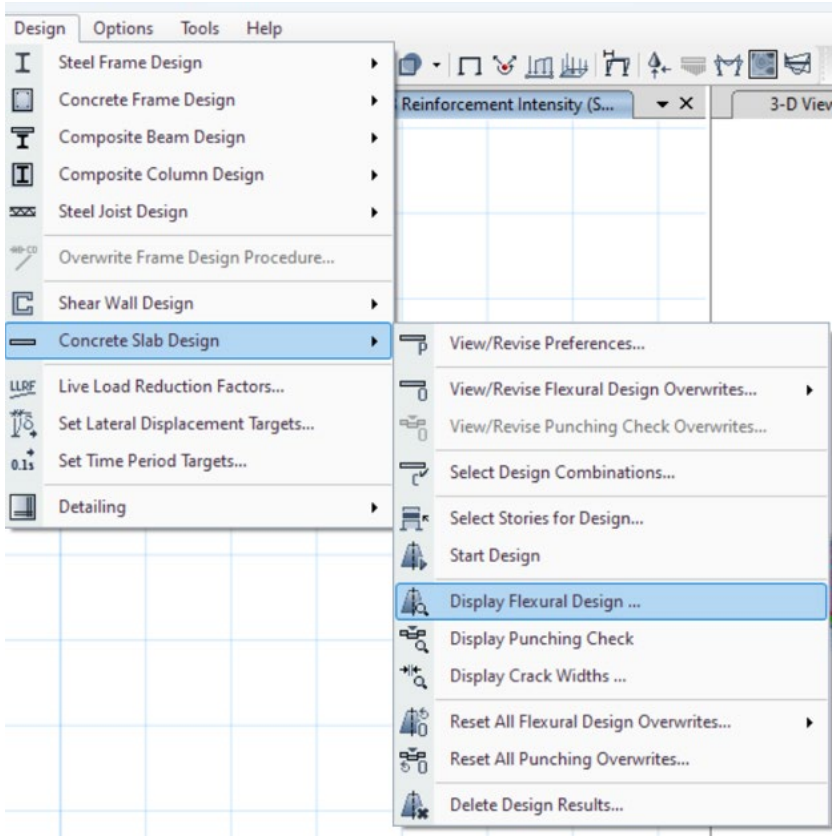
If the slab is not provided with the minimum shear rebar, i.e. $A_v < A_{v,\min}$,

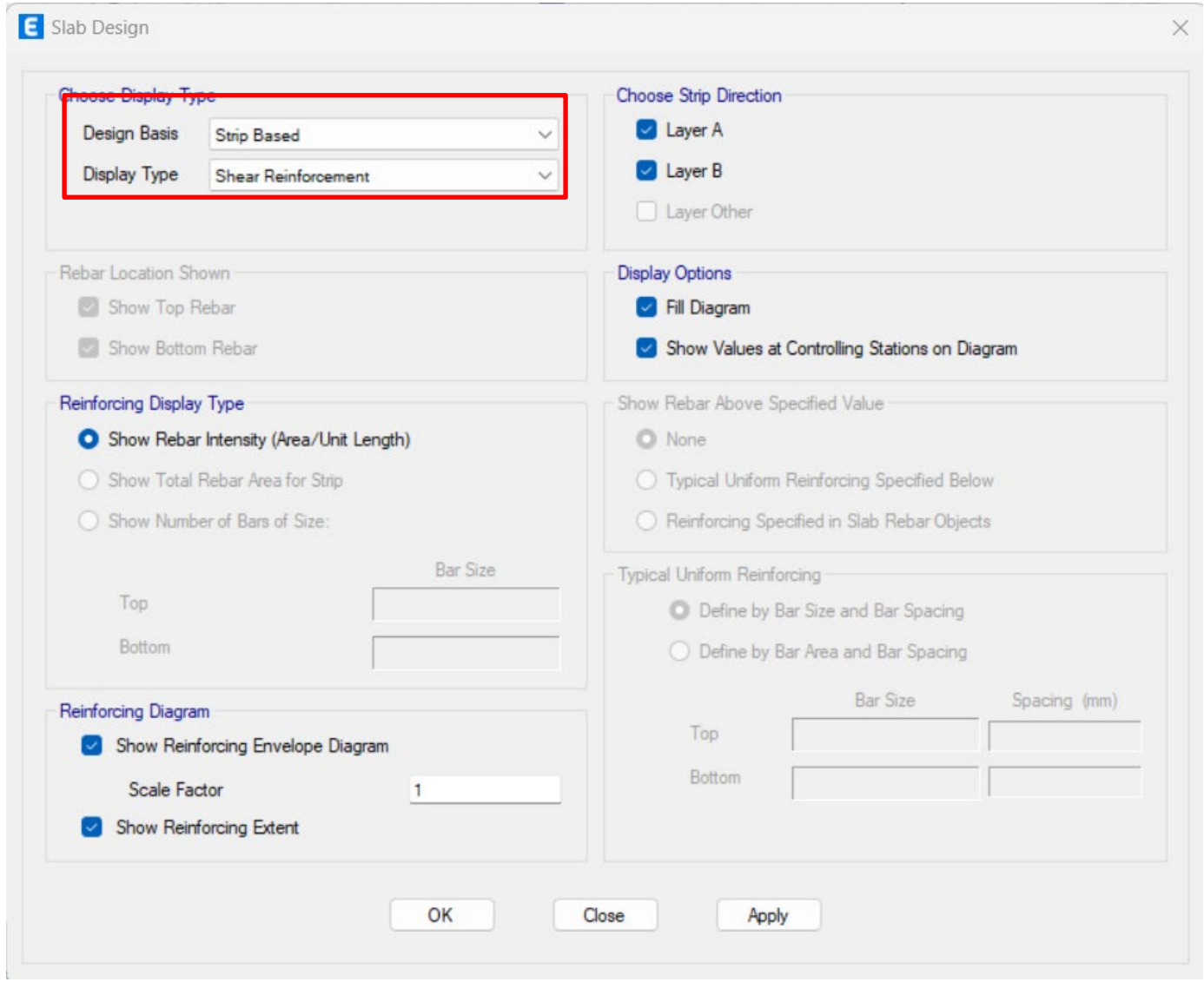
$$V_c = \left(8\lambda_s \lambda (\rho_w)^{1/3} \sqrt{f'_c} + \frac{N_u}{6A_g} \right) A_{cv} \qquad \text{(ACI 22.5.5.1(c))}$$

در Etabs 20.1 و ورژن‌های بالاتر مقاومت برشی بتن بر اساس ویرایش جدید ACI محاسبه می‌شود

@rjavanmardi

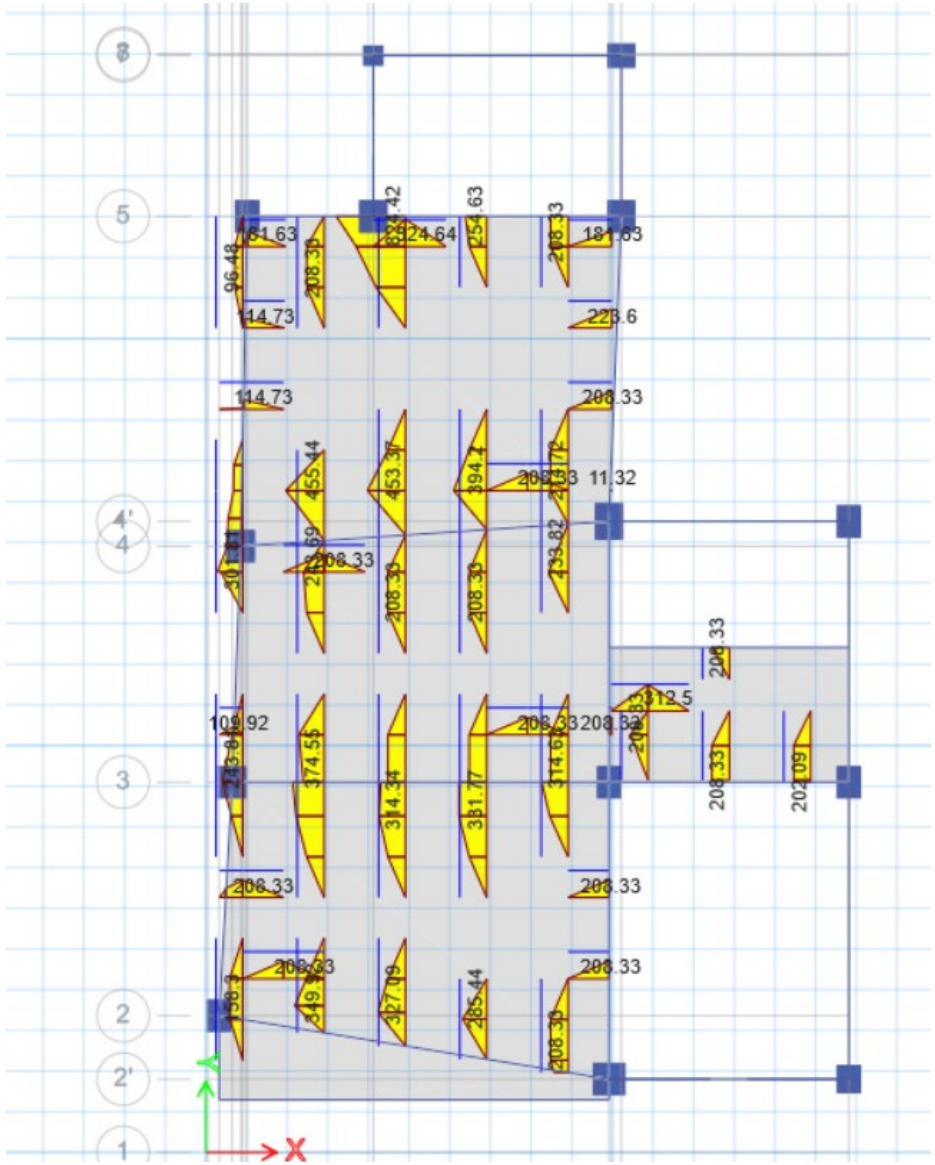
آرماتور برشی در تیرچه ها



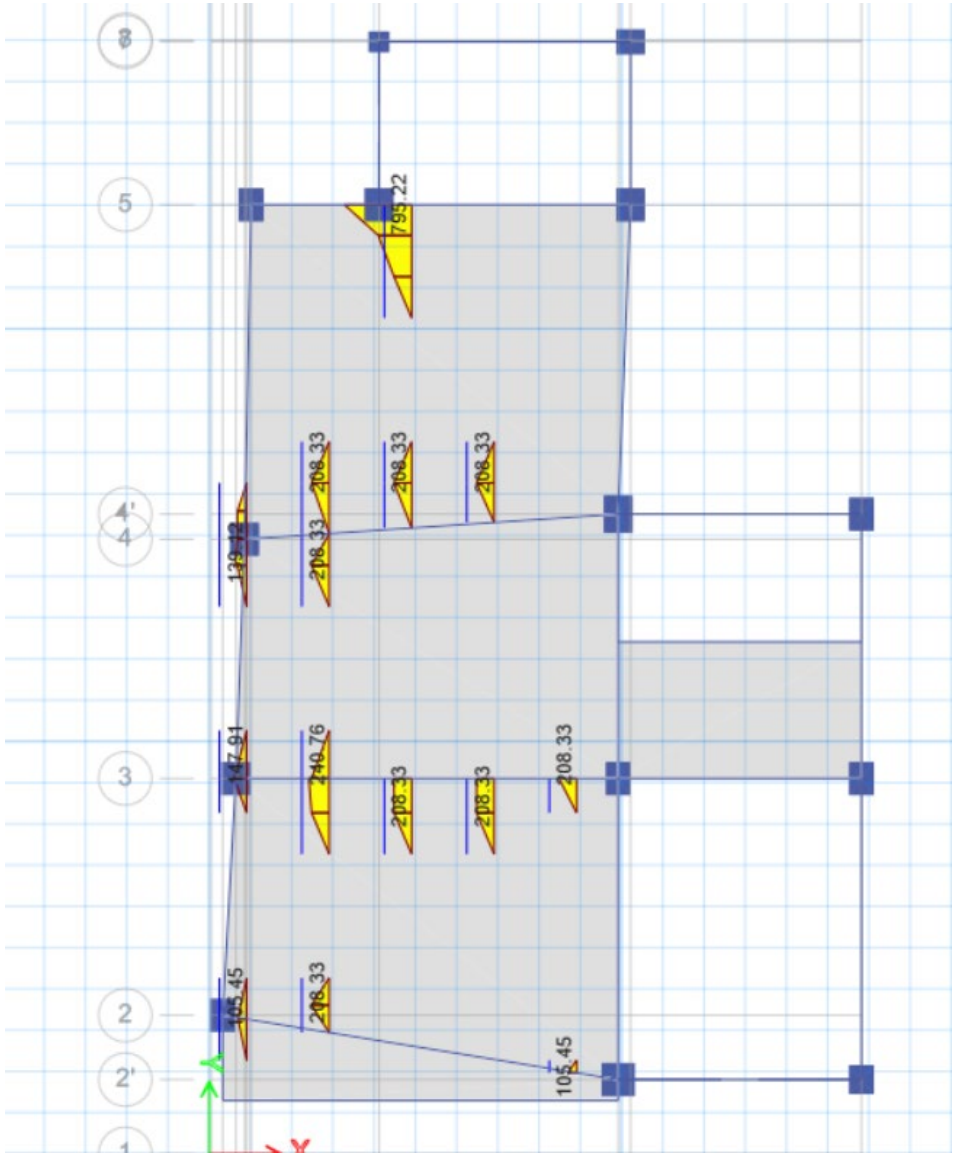


@rjavanmardi

آرماتور برشی در تیرچه ها



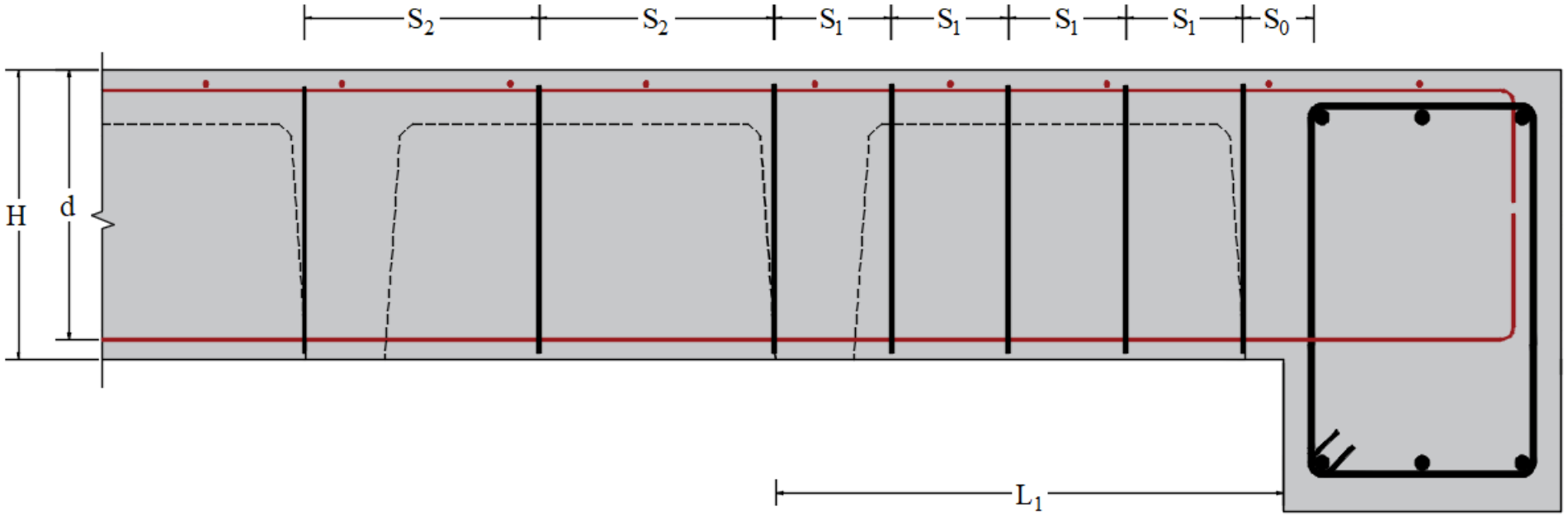
ACI 318-19



ACI 318-14

@rjavanmardi

آرماتور برشی در تیرچه ها



در نواحی که نیاز به آرماتور برشی وجود دارد

$$S_1 \leq \frac{d}{2}$$

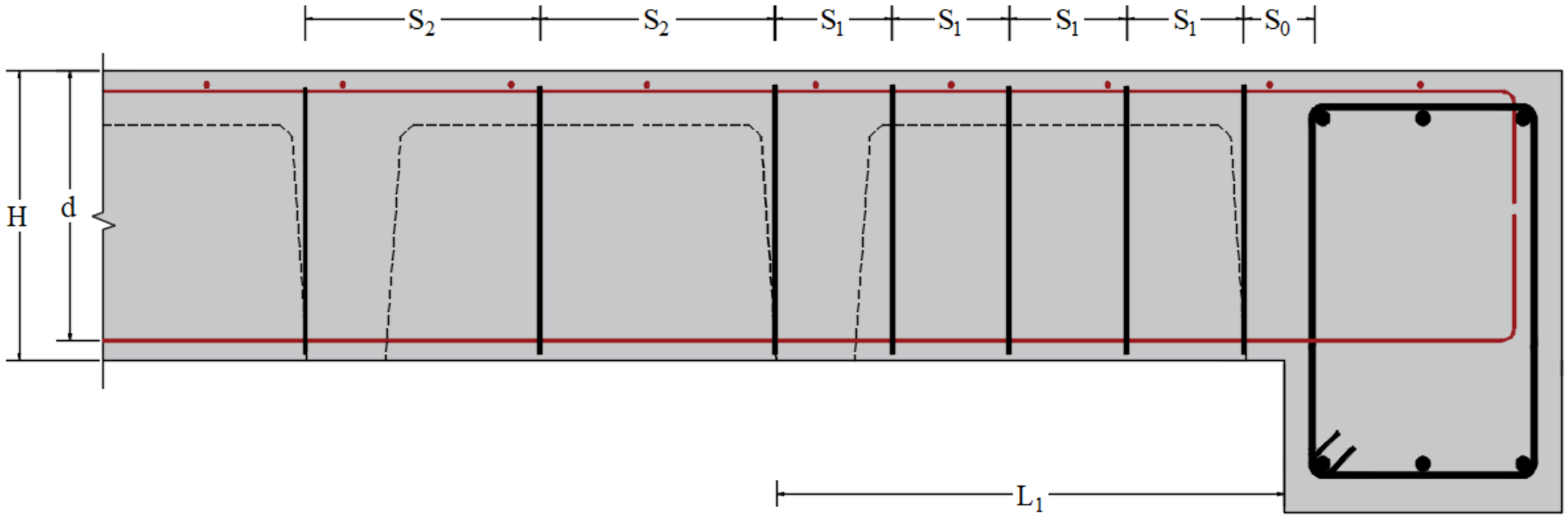
بر اساس گزارش نرم افزار مشخص می شود

$$L_1$$

$$S_0 = 100\ mm$$

@rjavanmardi

آرماتور برشی در تیرچه ها



در نواحی که نیاز به آرماتور برشی وجود ندارد

$S_2 \leq \min(1.5H, 1.2m)$

cage. The recommended maximum spacing of stirrups used for this purpose is the smaller of **1.5*h*** or 1.2 m. If applicable, the shear reinforcement provisions of 9.6.3 and 9.7.6.2 will require closer stirrup spacings.

@rjavanmardi

فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

جدول ۹-۱۹-۳ حداکثر تغییر مکان مجاز

انواع عضو	تغییر مکان مورد نظر	حد تغییر مکان	ملاحظات
۱- بامهای تخت که به اعضای غیر سازه‌ای متصل نیستند یا آن ها را نگه‌داری نمی‌کنند؛ و بنا بر این تغییر مکان زیاد آسیبی در این اعضا ایجاد نمی‌کند.	تغییر مکان آنی ناشی از بارهای زنده	$\frac{l}{180}$	-
۲- مانند بالا در مورد کفها		$\frac{l}{360}$	
۳- بامها یا کفهایی که به اعضای غیر سازه‌ای متصل هستند یا آن‌ها را نگه‌داری میکنند؛ و تغییر مکان زیاد ممکن است آسیبی در این اعضا ایجاد کند.	آن قسمت از تغییر مکان که بعد از اتصال اعضای غیر سازه‌ای ایجاد می‌شود. منظور مجموع اضافه تغییر - مکان دراز مدت ناشی از بارهای دائمی و تغییر مکان آنی ناشی از بارهای زنده است (تبصره ۳).	$\frac{l}{480}$	تبصره ۱
۴- بامها یا کفهایی که به اعضای غیر سازه‌ای متصل هستند یا آن ها را نگه‌داری میکنند، ولی تغییر مکان زیاد آسیبی در این اعضا ایجاد نمیکند.		$\frac{l}{240}$	تبصره ۲

۹-۱۹-۲-۴-۲ در ساختمان‌های متعارف مسکونی، اداری و تجاری رعایت محدودیت‌های شماره‌های ۲ و ۴ از جدول ۹-۱۹-۳ کافی تلقی میشود.

Def-Live= Dead & Live Crack- Dead Crack

Def-Sustain= (Sustain Long Term Crack- Sustain Crack) +(Dead & Live Crack- Self Dead Crack)

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

ترکیب بارهای تعریف شده در نرم افزار در Load Case

نام ترکیب بار	ترکیبات بار	نوع آنالیز (Analysis Type)
Self Dead Crack	DS	Nonlinear (Cracked)
Dead Crack	D+DW+DC+DWC	Nonlinear (Cracked)
Dead & Live Crack	D+DW+DC+DWC+ L1+L2+LR+L1C+L2C+LRC	Nonlinear (Cracked)
Sustain Crack	D+DW+DC+DWC+ 0.3(L1+L2+LR+L1C+L2C+LRC)	Nonlinear (Cracked)
Sustain Long Term Crack	D+DW+DC+DWC+ 0.3(L1+L2+LR+L1C+L2C+LRC)	Nonlinear (Long Term Cracked)

ترکیب بارهای تعریف شده در نرم افزار در Load Combination

Def-Live= (Dead & Live Crack)- (Dead Crack)

Def-Sustain= (Sustain Long Term Crack- Sustain Crack)+(Dead & Live Crack- Self Dead Crack)

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

Define\Load Cases

Load Case Data

General

Load Case Name	Dead+Live	Design...
Load Case Type	Nonlinear Static	Notes...
Mass Source	Previous	
Analysis Model	Default	

Initial Conditions

- (●) Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State
- ( ) Continue from State at End of Nonlinear Case (Loads at End of Case ARE Included)

Nonlinear Case

Loads Applied

Load Type	Load Name	Scale Factor
Load Pattern	D	1
Load Pattern	DC	1
Load Pattern	DW	1
Load Pattern	DWC	1

Add / Delete

Other Parameters

Modal Load Case	Modal	
Geometric Nonlinearity Option	None	
Load Application	Full Load	Modify/Show...
Results Saved	Final State Only	Modify/Show...
Floor Cracking Analysis	Cracked (Short Term)	Modify/Show...
Nonlinear Parameters	Default - Iterative Event-to-Event	Modify/Show...

OK Cancel

Floor Cracking Analysis Parameters

Floor Cracking Analysis Options

- ( ) No Cracked Analysis
- (●) Cracked (Short Term)
- ( ) Cracked (Long Term)

Long Term Cracking Options

- ( ) Creep and Shrinkage Parameters from Material Properties
  - Age at Loading, Days
  - Cracked Age for Creep/Shrinkage, Days
- (●) Creep, Shrinkage and Aging Coefficient Specified Below
  - Creep Coefficient
  - Shrinkage Strain
  - Aging Coefficient

Other Cracking Parameters

Relative Displacement Convergence Tolerance	0.005
Maximum Iterations	30

Note

The cracking analysis is only done on concrete beams and slabs that have been designed and/or their reinforcement has been specified. All other objects are treated as linear.

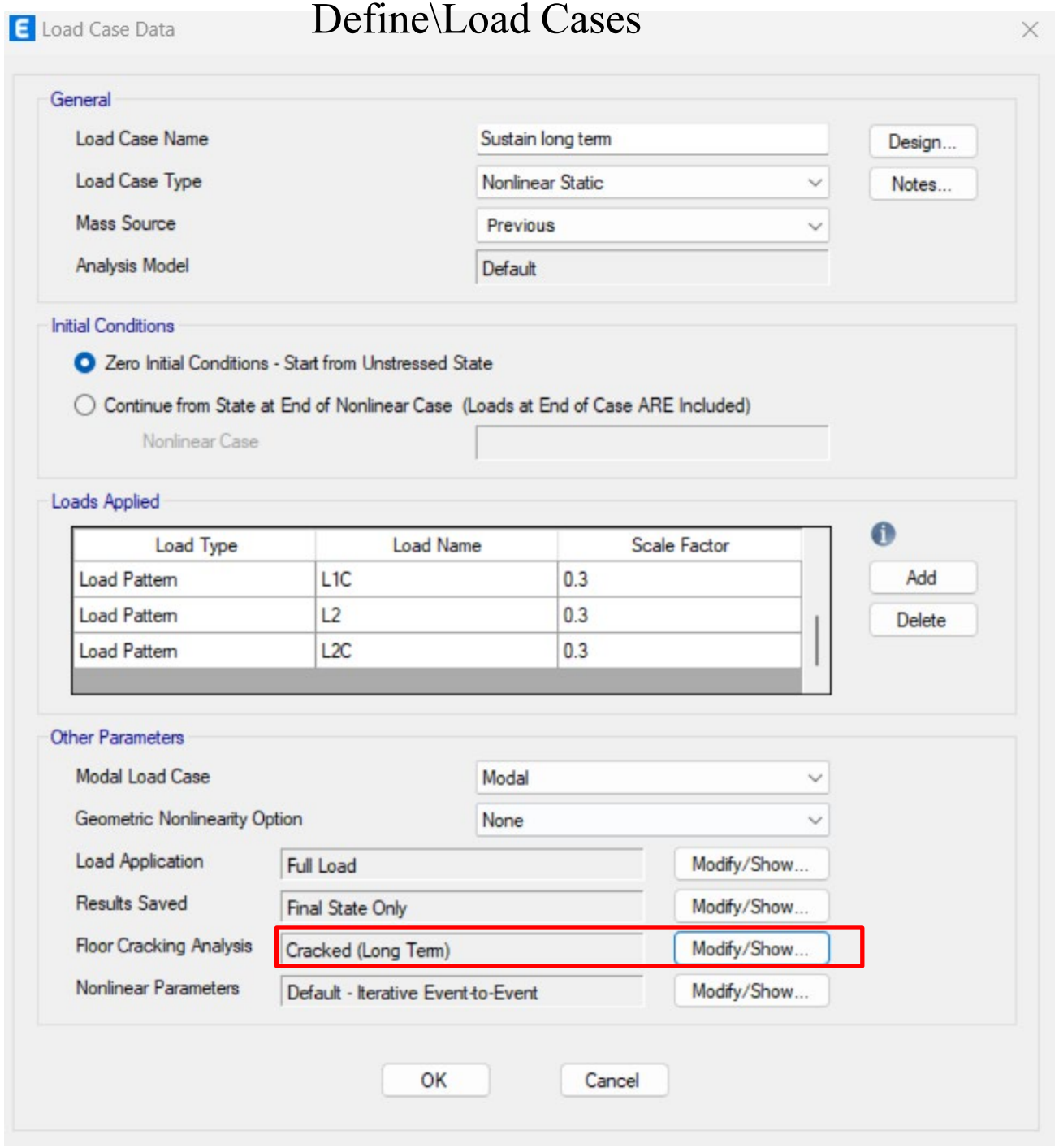
OK Cancel

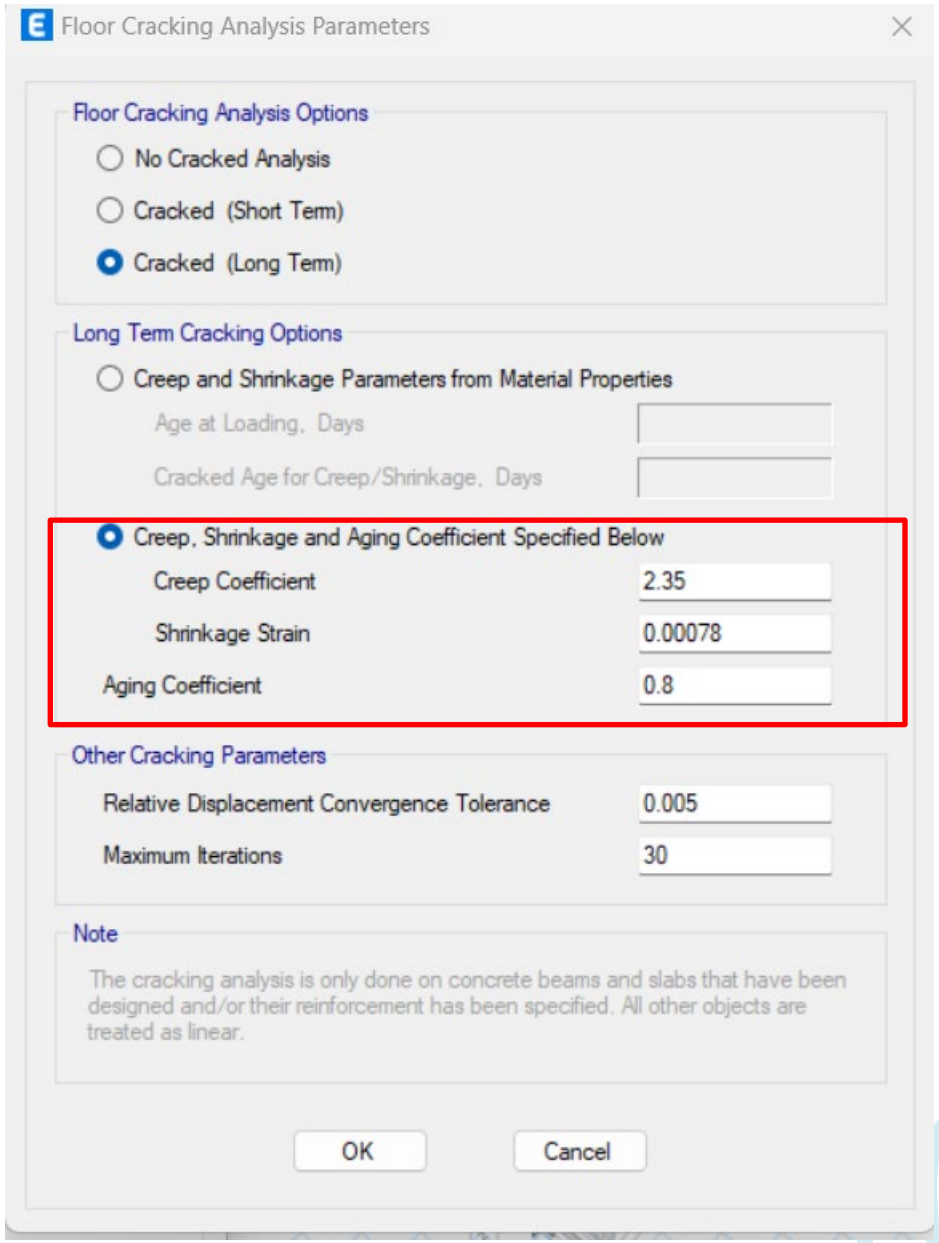
با نرم افزار Etabs

@rjavanmardi

Define\Load Cases

کنترل خیز در دال ها

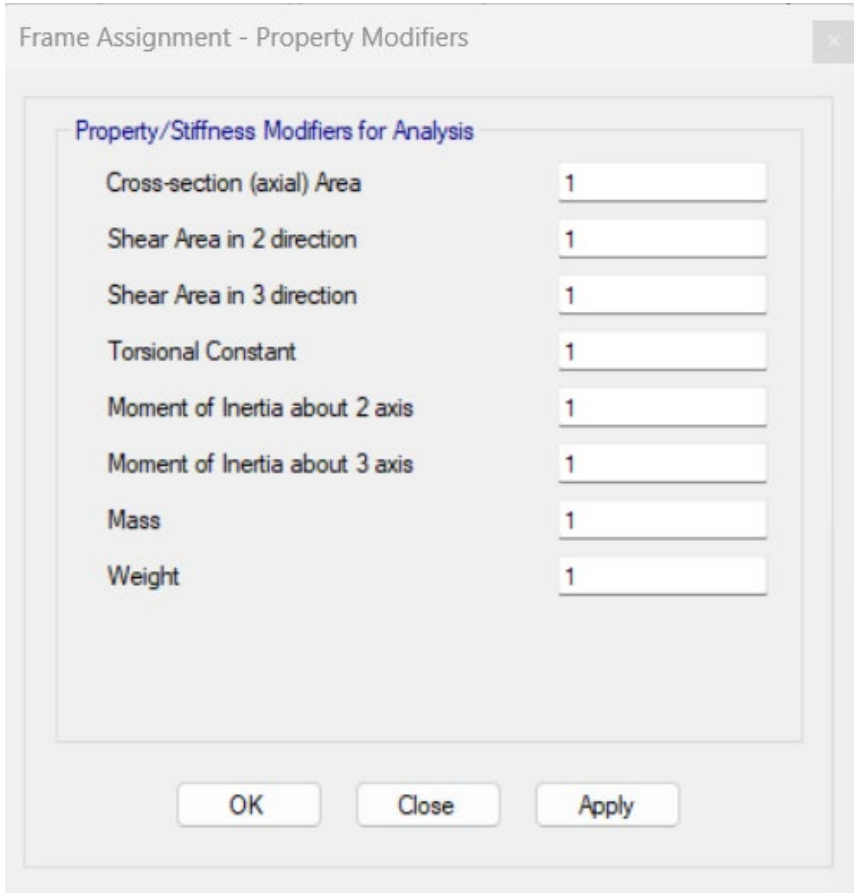




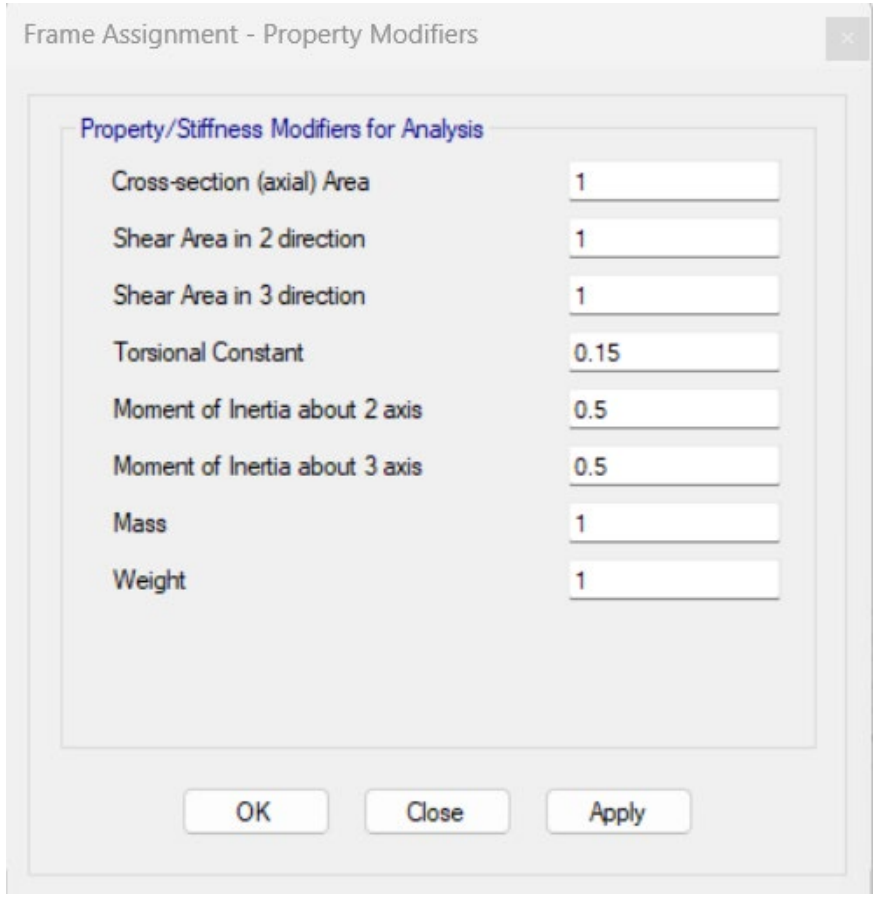
@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

تنظیمات نرم افزار (ضرایب ترک خوردگی اعضا در کنترل خیز و فرکانس)



ضرایب ترک خوردگی ستون ها



ضرایب ترک خوردگی تیرها

اعمال ضریب ل به تیرها در کنترل خیز مجاز و در راستای اطمینان است

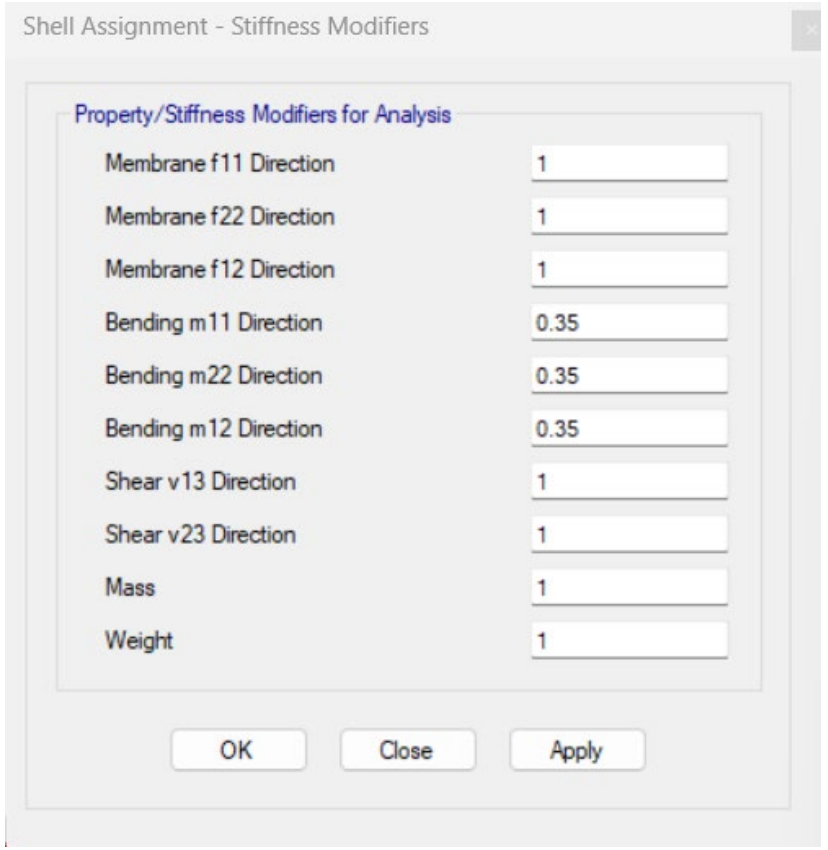
در صورت استفاده از نرم افزار Safe16 ضرایب ترک خوردگی تیر ۱ وارد می شود .

در صورت استفاده از ورژن بالاتر نرم افزار Safe ضریب ترک خوردگی پیچشی مشابه فایل Etabs وارد شود

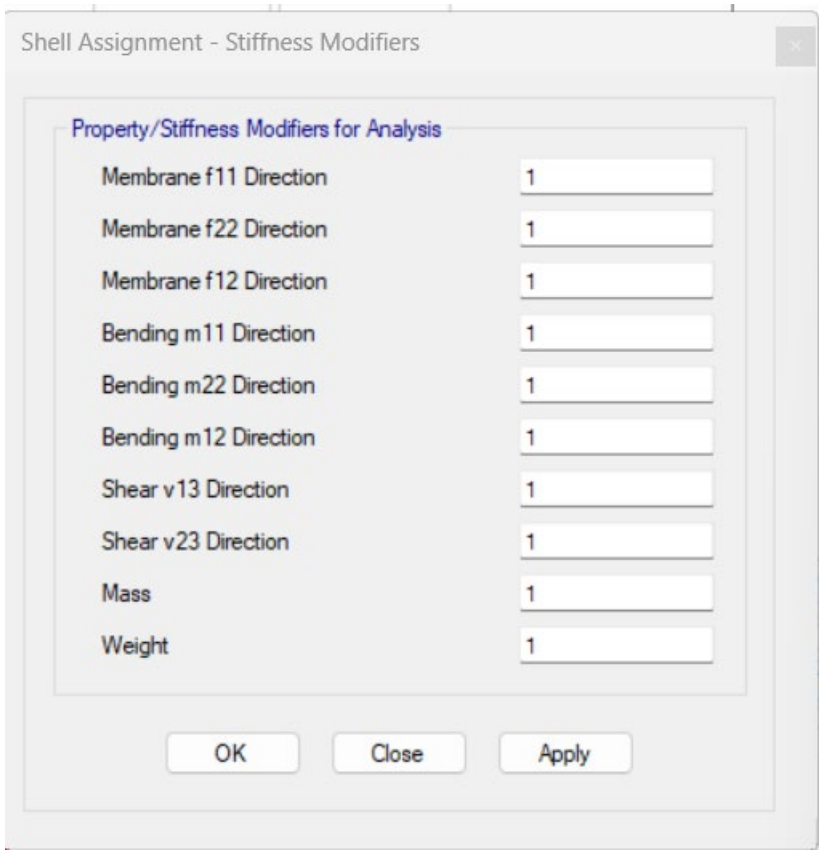
@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

تنظیمات نرم افزار (ضرایب ترک خوردگی اعضا در کنترل خیز و فرکانس)



ضرایب ترک خوردگی دیوارهای برشی

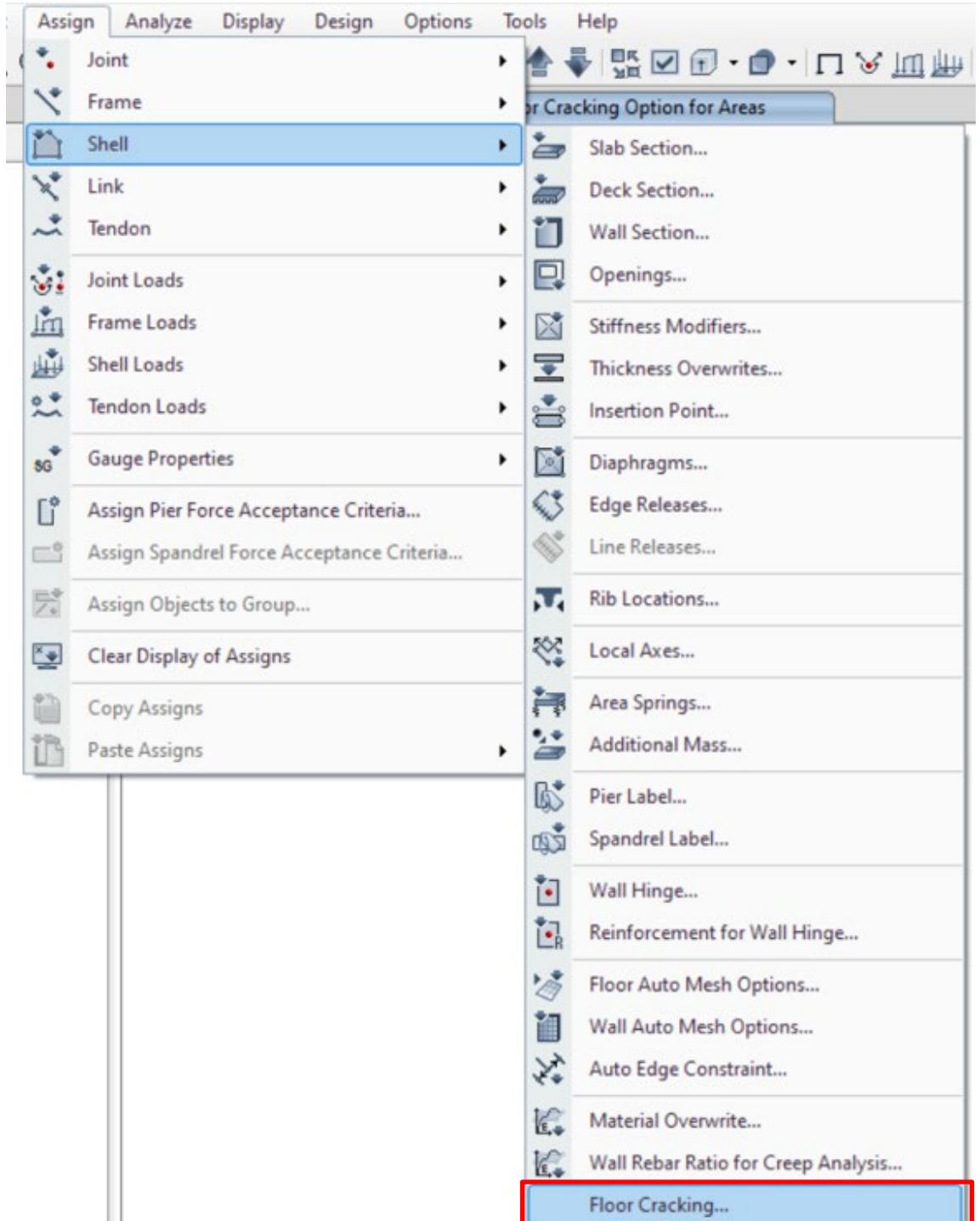


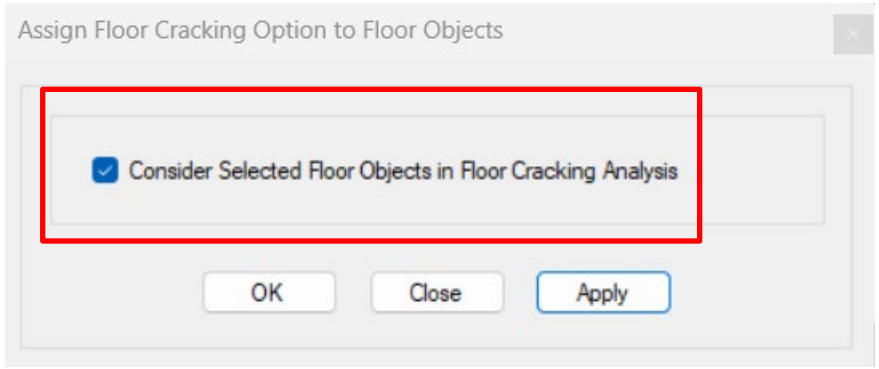
ضرایب ترک خوردگی دال ها

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

تنظیمات نرم افزار

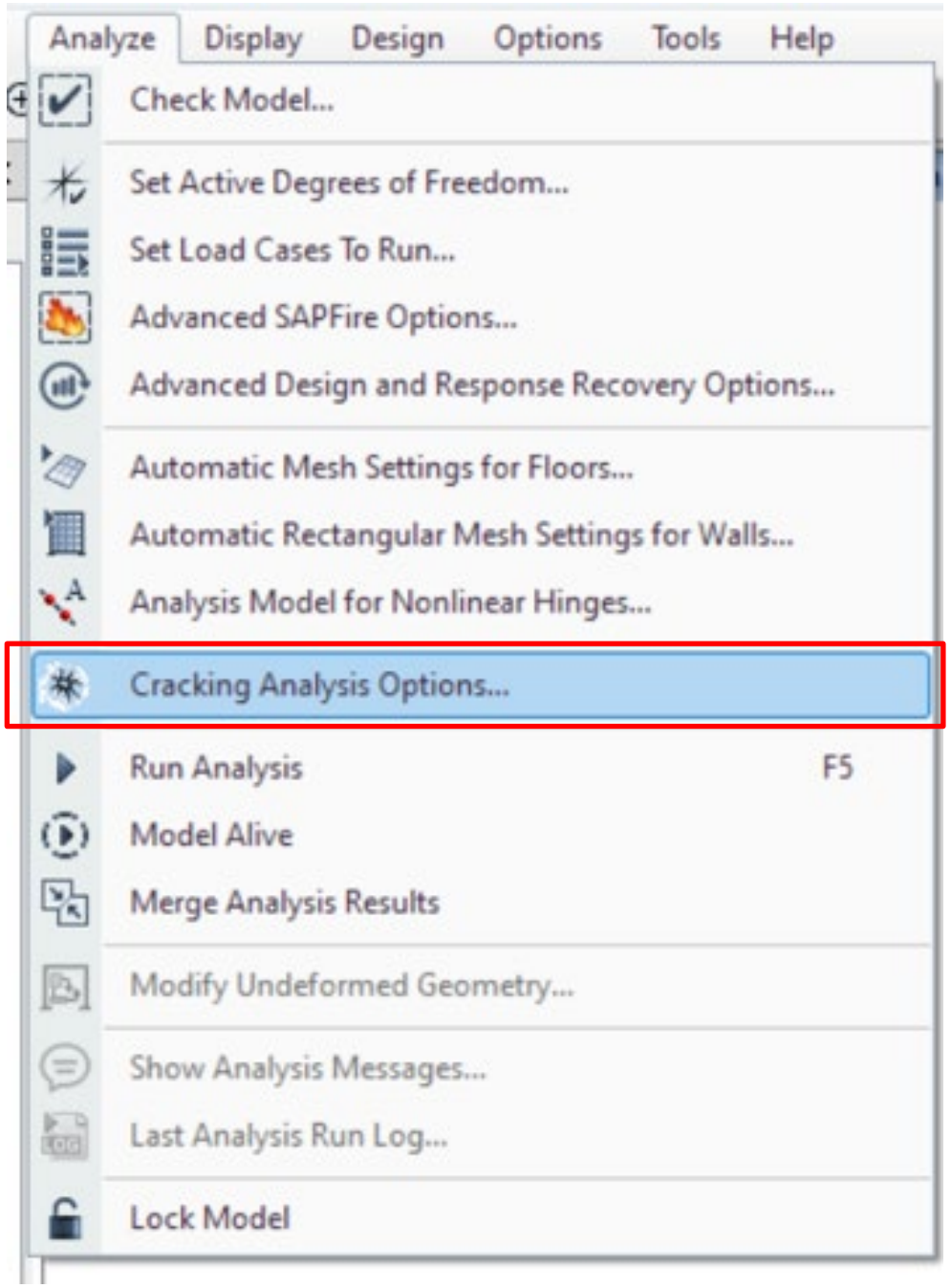


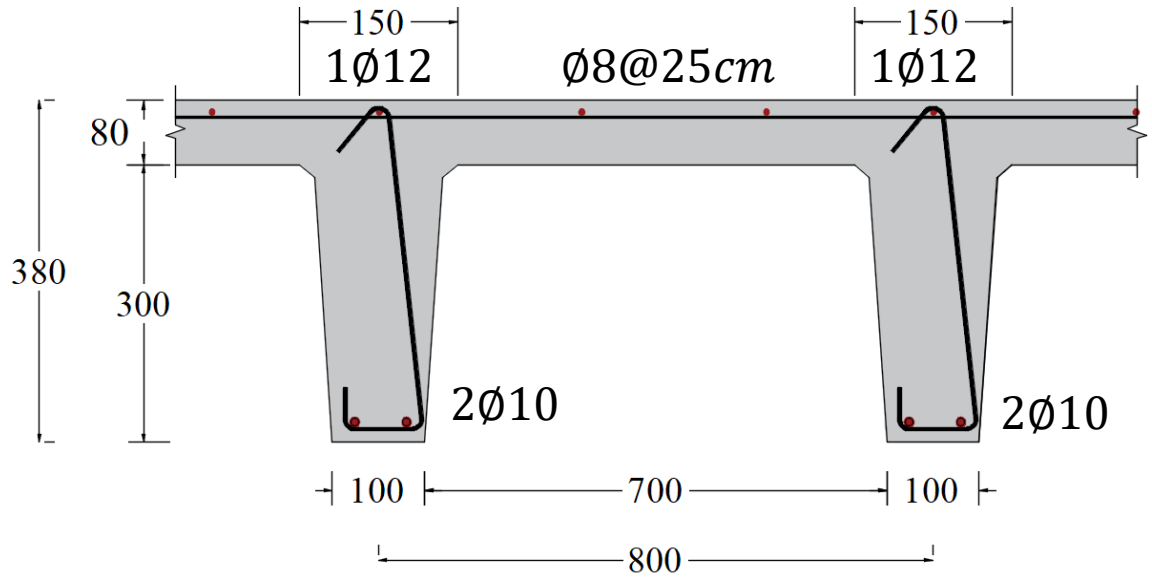


@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

تنظیمات نرم افزار





$$\rho_{top} = \frac{113 + 2 \times 50}{800 \times 380} = 0.0007$$

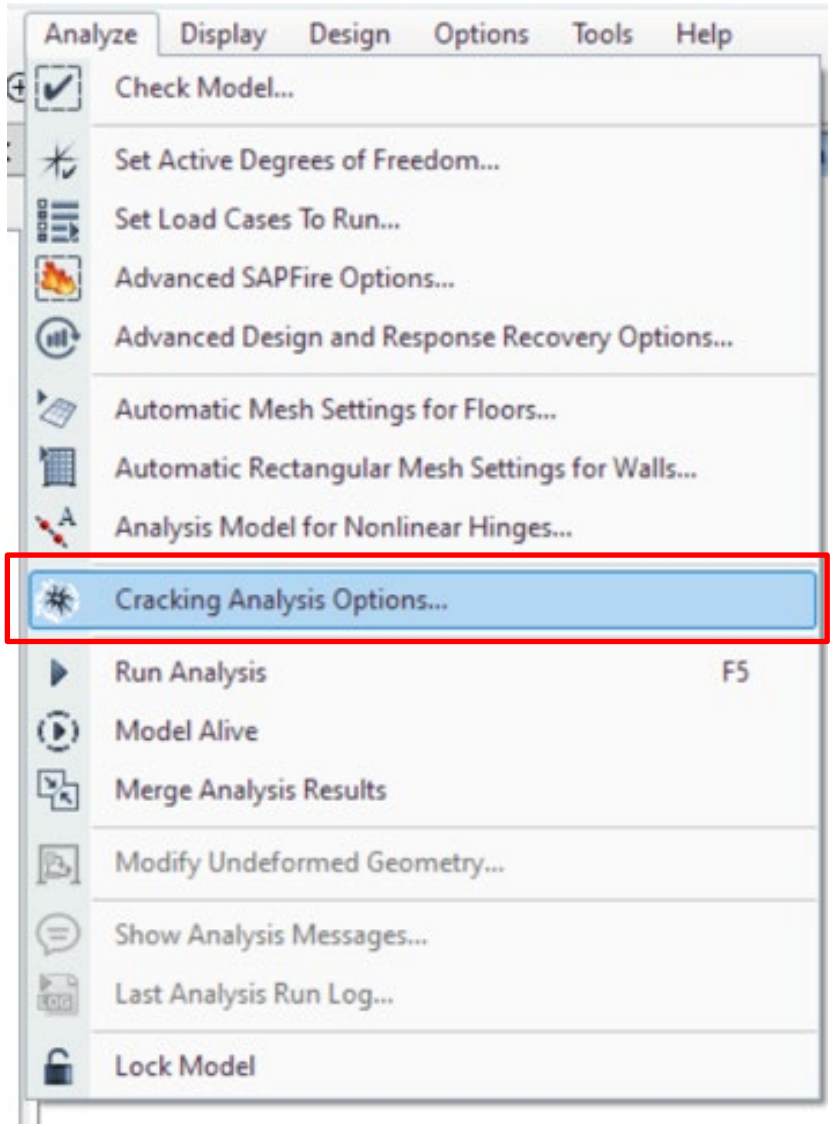
$$\rho_{bot} = \frac{2 \times 79}{800 \times 380} = 0.00052$$

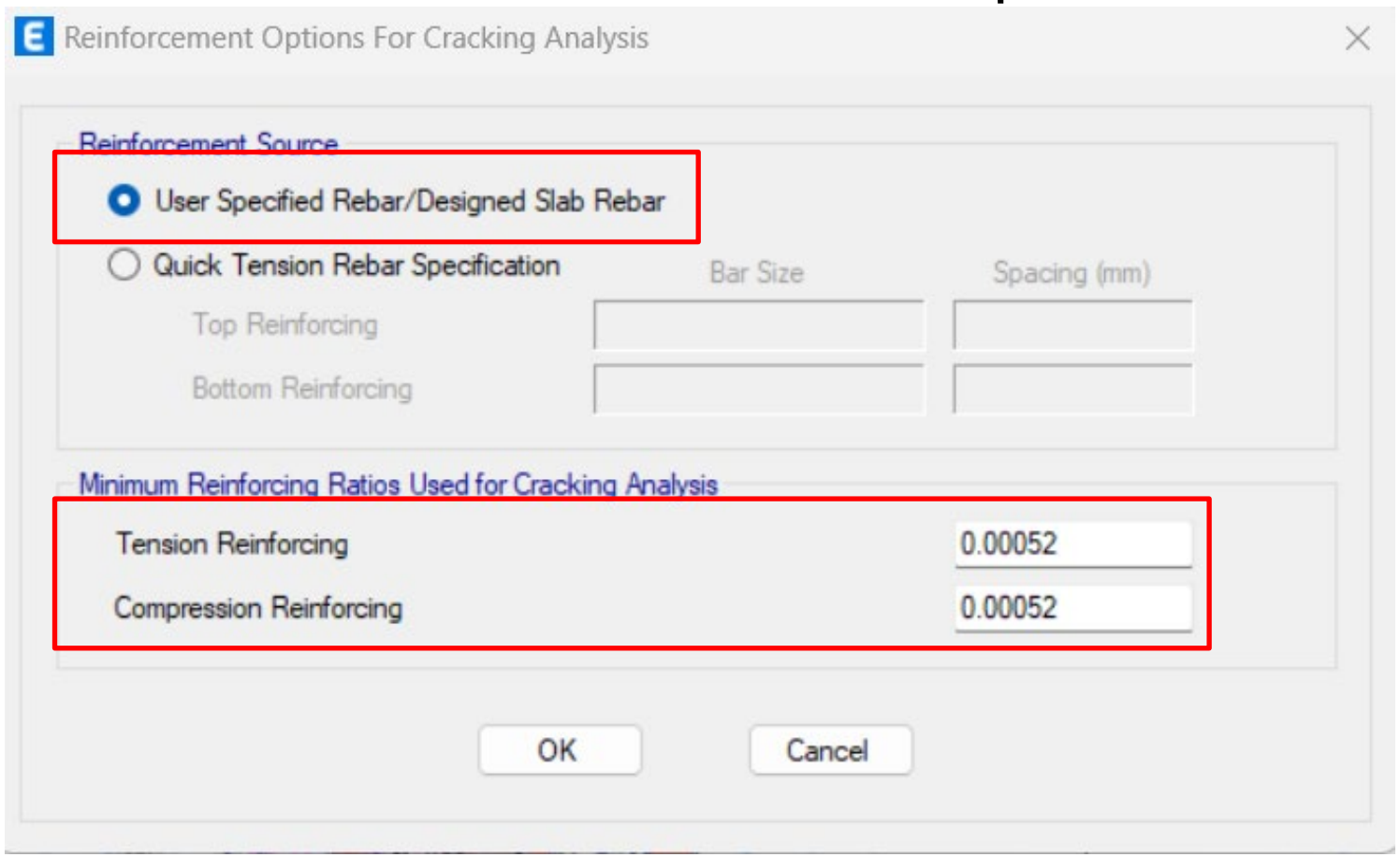
$$\min(\rho_{top}, \rho_{bot}) = 0.00052$$

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

تنظیمات نرم افزار





@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

Def-Live= Dead & Live Crack- Dead Crack

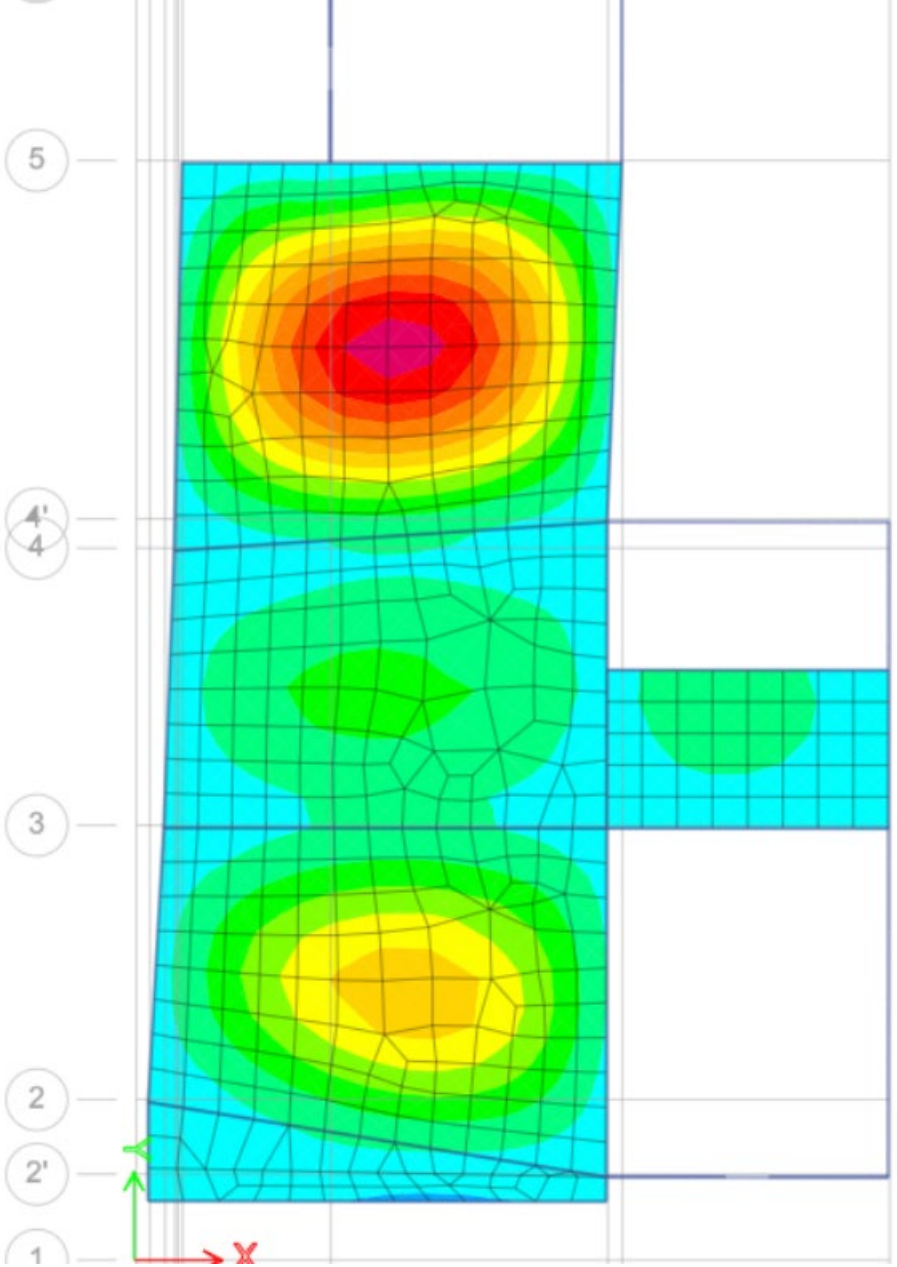
Def-Sustain= (Sustain Long Term Crack- Sustain Crack) +
(Dead & Live Crack- Self Dead Crack)

کاربری طبقه	ترکیبات بارگذاری	مقدار حداکثر تغییر شکل مجاز
بام	Def-Live	L/180
طبقات	Def-Live	L/360
طبقات و بام	Def-Sustain	L/240

خیز مجاز در طره ها تا ۲ برابر مقدار جدول فوق میتواند باشد

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها

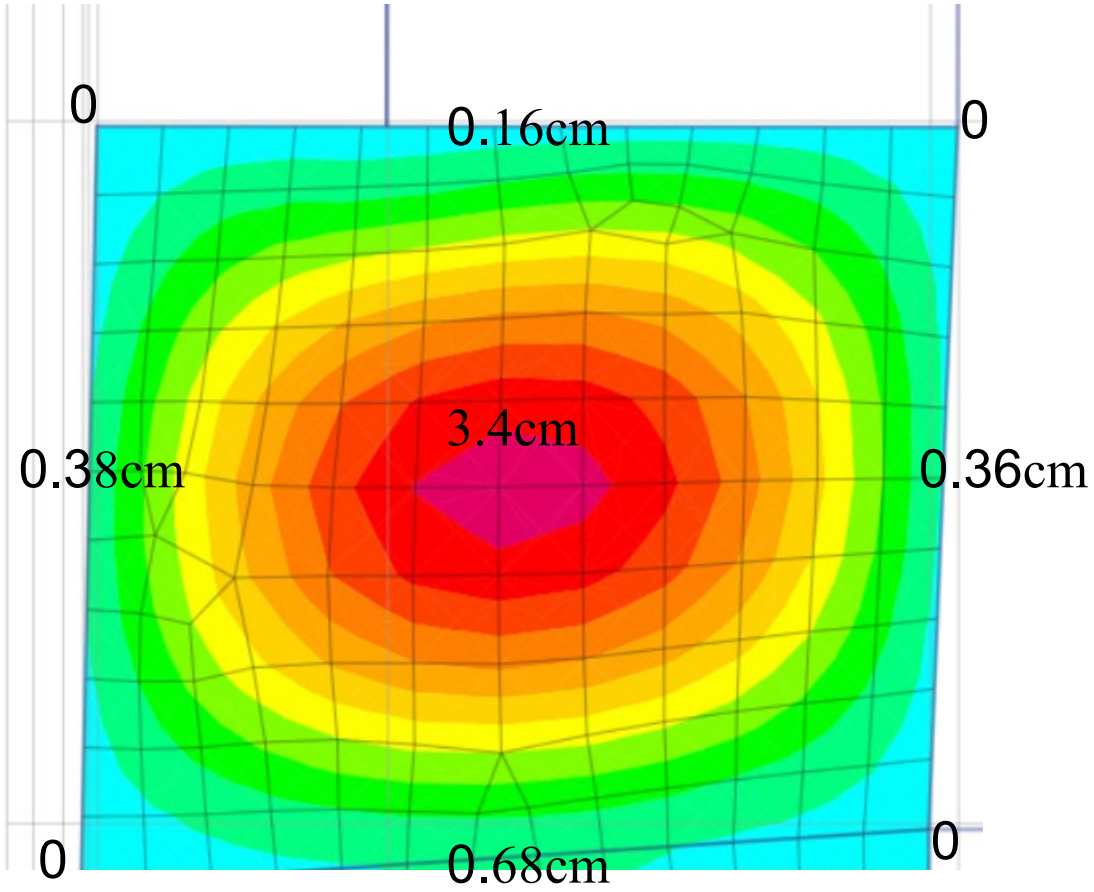


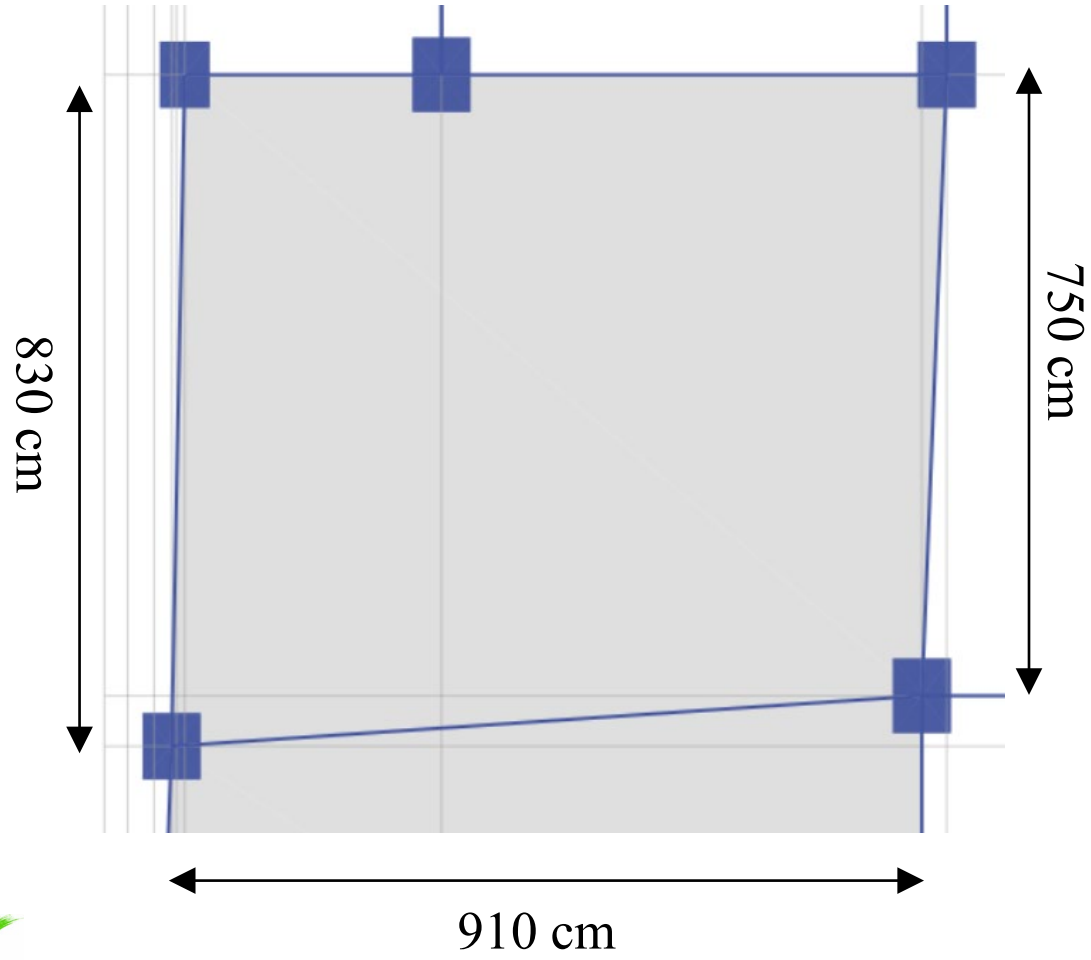
Def-Sustain max=3.4cm

Def-Sustain= (Sustain Long Term Crack- Sustain Crack)+(Dead & Live Crack- Self Dead Crack)

@rjavanmardi

کنترل خیز در دال ها





$$3.4 - \frac{0.68 + 0.16}{2} = 2.98cm \leq \frac{(830 + 750)/2}{240}$$

$$3.4 - \frac{0.38 + 0.36}{2} = 3.03cm \leq \frac{910}{240}$$

$$3.4 \leq \frac{\sqrt{910^2 + 750^2}}{240}$$

@rjavanmardi

فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش اول

برای محاسبه‌ی فرکانس دوره‌ای، f، می‌توان از رابطه‌ی (۹-۱۹-۶) استفاده نمود.

$$f = \frac{18}{\sqrt{\Delta_{is}}} \qquad (۹-۱۹-۶)$$

که در آن Δ_{is} تغییر مکان استاتیکی قائم حداکثر کف تحت اثر بار مرده و بخشی از بار زنده که دائمی فرض می‌شود (بر حسب میلی متر)، و f فرکانس دورهای ارتعاش بر حسب هرتز می‌باشد. در صورتی که به مطالعات جامع تر برای ارتعاش کف ها نیاز باشد می توان از مراجع معتبر بین‌المللی دیگر بجای رابطه ۹-۱۹-۶ و جدول ۹-۱۹-۴ استفاده نمود.

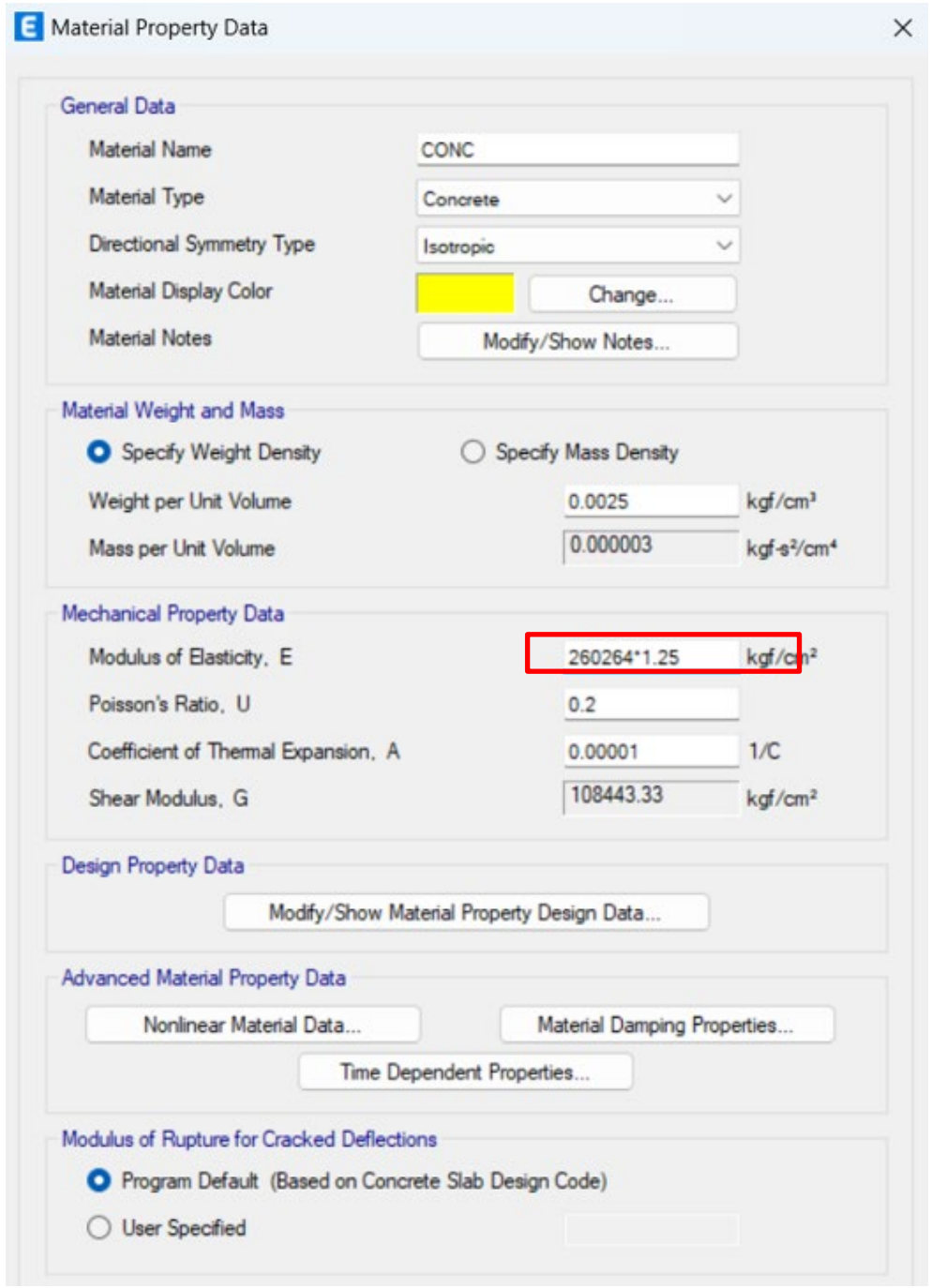
$$\frac{18}{\sqrt{\Delta_{is}}} \geq 5\ Hz \quad \rightarrow \Delta_{is} \leq 13\ mm$$

بجای کنترل لرزش می توان تغییر مکان دال تحت بار را حساب کرده و در صورت کمتر بودن تغییر مکان از 13 mm لرزش دال جوابگو می باشد

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش اول

با نرم افزار Etabs یا Safe

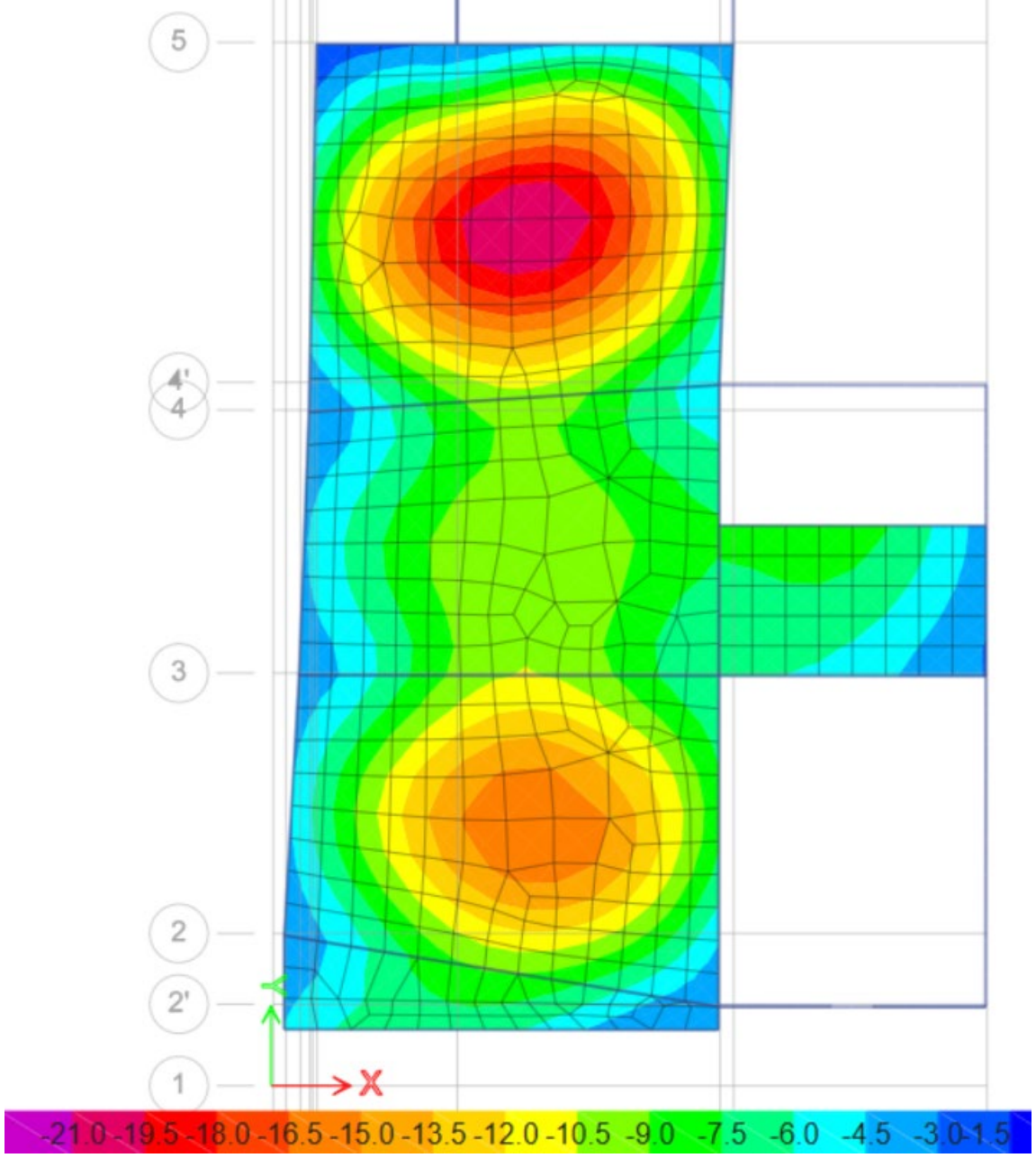


مدول الاستیسیته بتن در 1.25 ضرب شود

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش اول

با نرم افزار Etabs یا Safe



$$\Delta_{is} = 21\ mm \geq 13\ mm$$ ✗

کنترل لرزش با نرم افزار Safe و تحت ترکیب بار

Sustain Crack

Sustain Crack	D+DW+DC+DWC+ 0.3(L1+L2+LR+L1C+L2C+LRC)	Nonlinear (Cracked)

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش دوم

حداقل فرکانس دوره‌ای کف‌ها برای کاربری‌های مختلف نباید از مقـادیر مشـخص شـده در جـدول ۹-۱۹-۴ کم‌تر باشد:

جدول ۹-۱۹-۴ حداقل فرکانس دوره‌ای کف‌ها

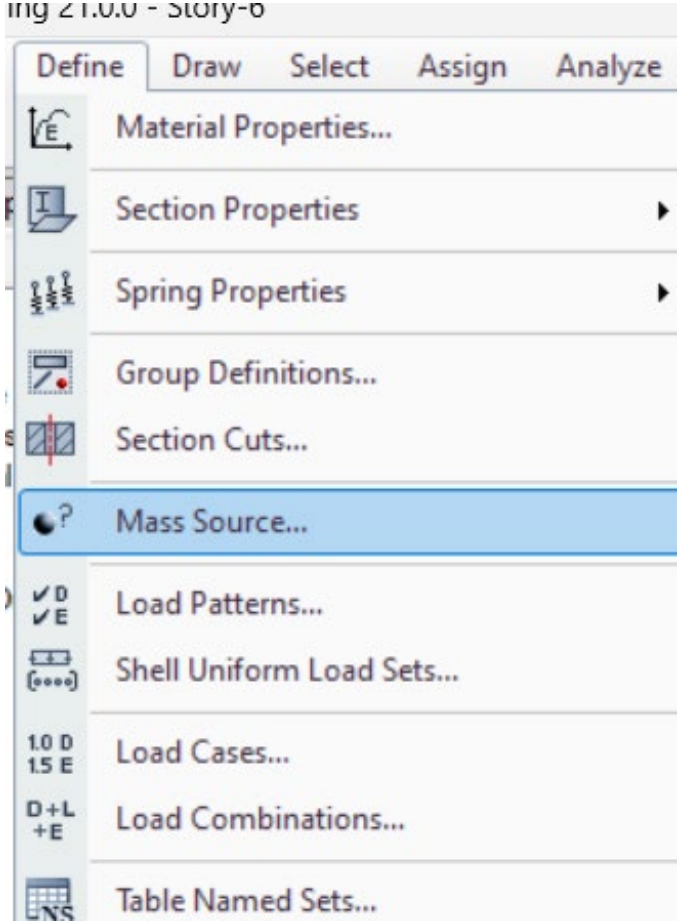
نوع کاربری	حداقل فرکانس دوره‌ای کف‌ها (f)
ساختمان‌های مسکونی و اداری	$f \geq 5$ Hz
ساختمان‌های تجاری- فروشگاه‌ها	$f \geq 4$ Hz
سالن‌های اجتماعات با صندلی‌های ثابت	$f \geq 4$ Hz
سالن‌های اجتماعات بدون صندلی‌های ثابت	$f \geq 8.5$ Hz
تعمیرگاه‌ها، سالن های ژیمناستیک و ورزشی	$f \geq 9.5$ Hz
پارکینگ‌ها	$f \geq 4$ Hz

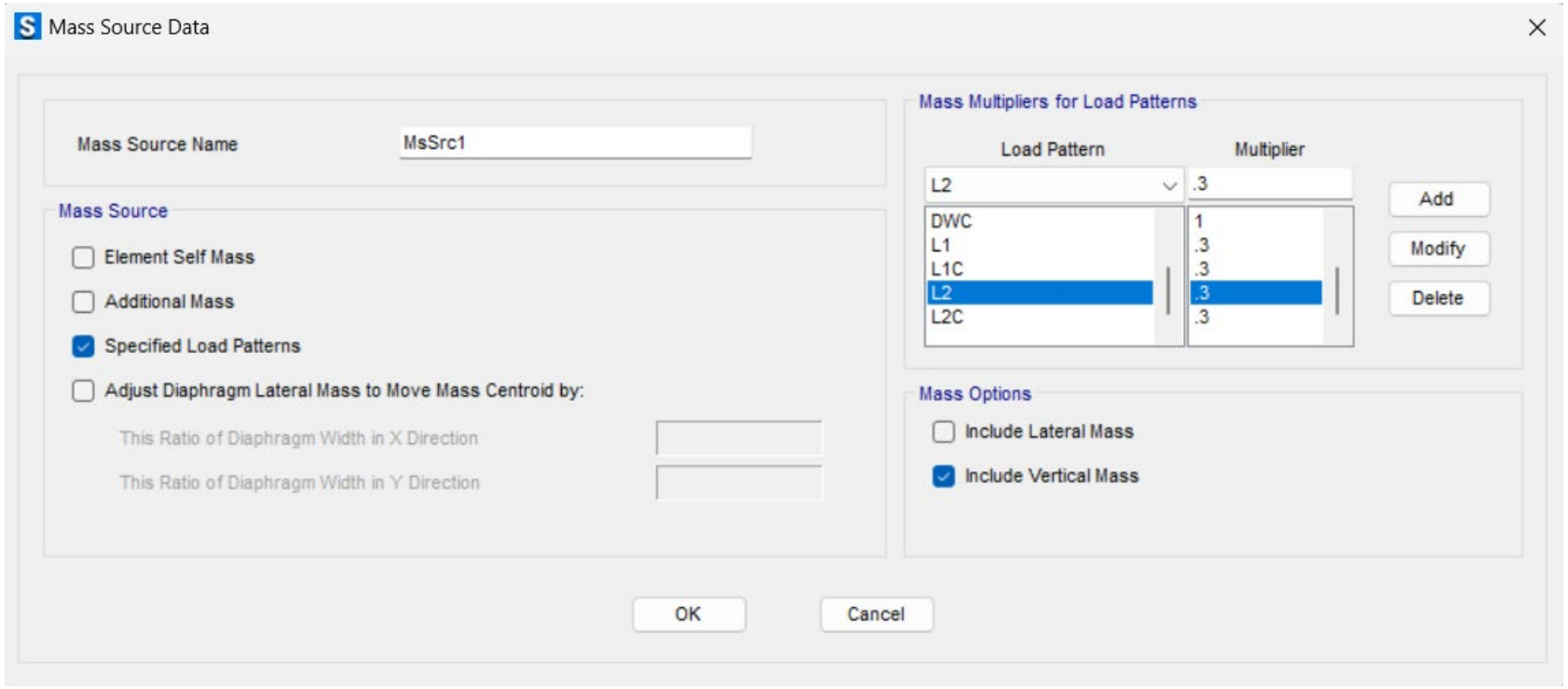
در محاسبه‌ی فرکانس دوره ای ارتعاش کف‌ها، باید اثر ترک خوردگی قطعات، با منظور نمودن ممان اینرسی مؤثر، I_e، متناظر با بارهای مرده و زنده‌ی بدون ضریب، در محاسبه‌ی تغییر شکل‌ها مورد توجـه قـرار گیـرد. این تغییر شکل‌ها مربوط به اثر بارهای مرده و بخشی از بارهای زنده که دائمی فرض می‌شود (بدون ضـرایب بار) بوده و ضریب ارتجاعی دینامیکی بتن ۱/۲۵ برابر مقدار E_c منظور می‌گردد.

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش دوم
با نرم افزار Safe

مدول الاستیسیته بتن در 1.25 ضرب شود

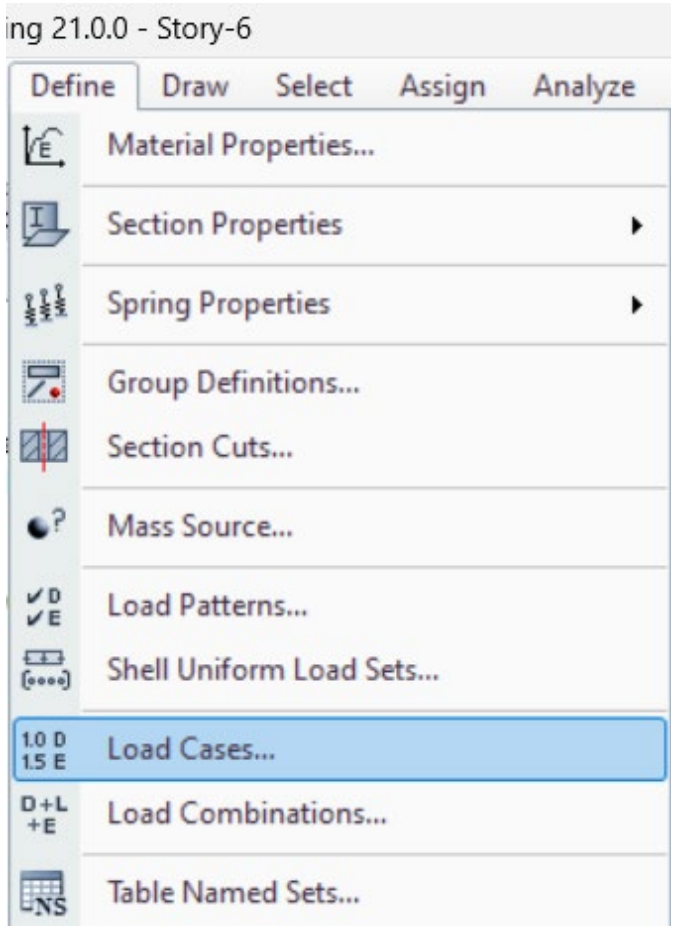




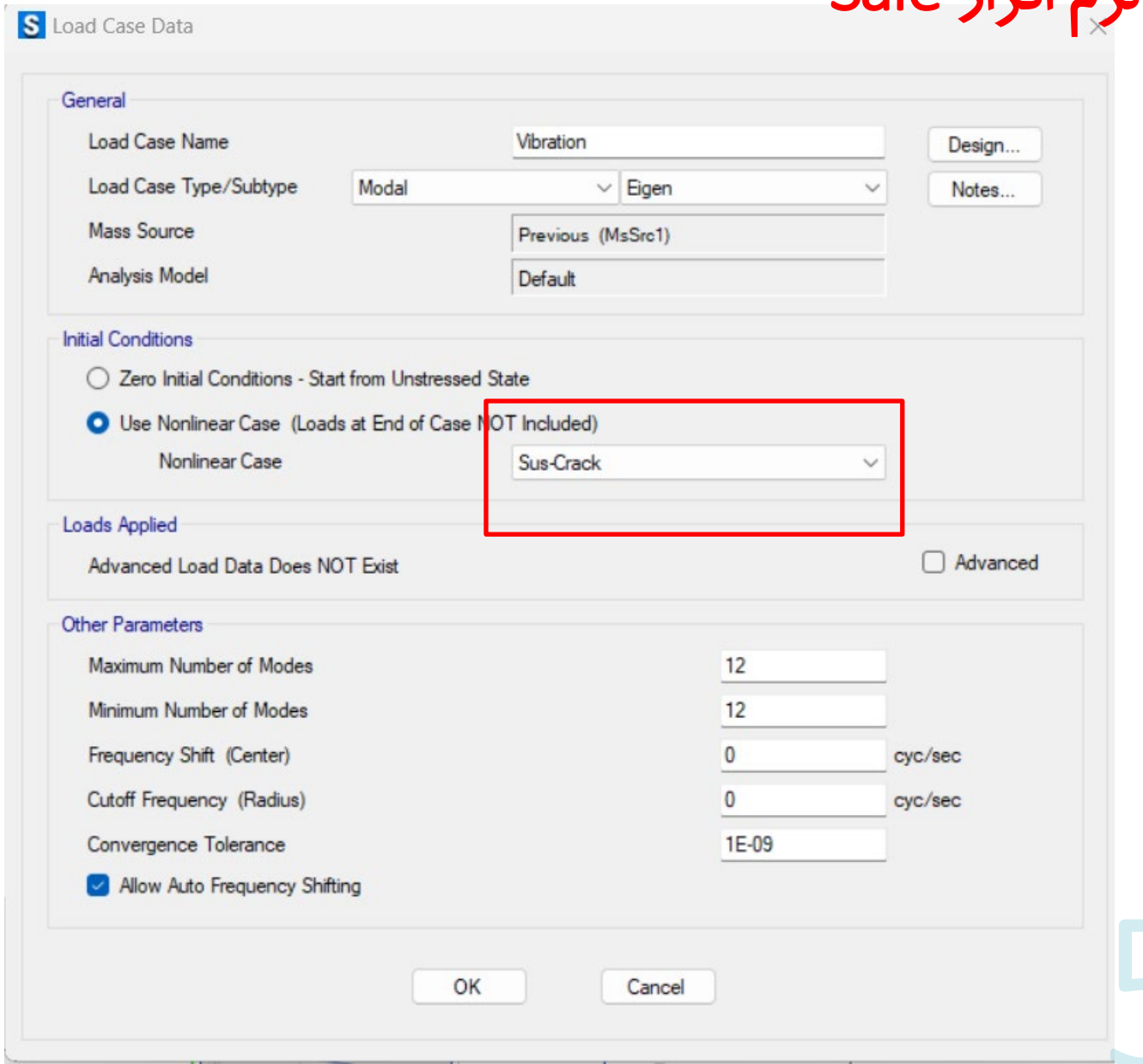
تنظیمات نرم افزارSafe

@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها روش دوم
با نرم افزار Safe



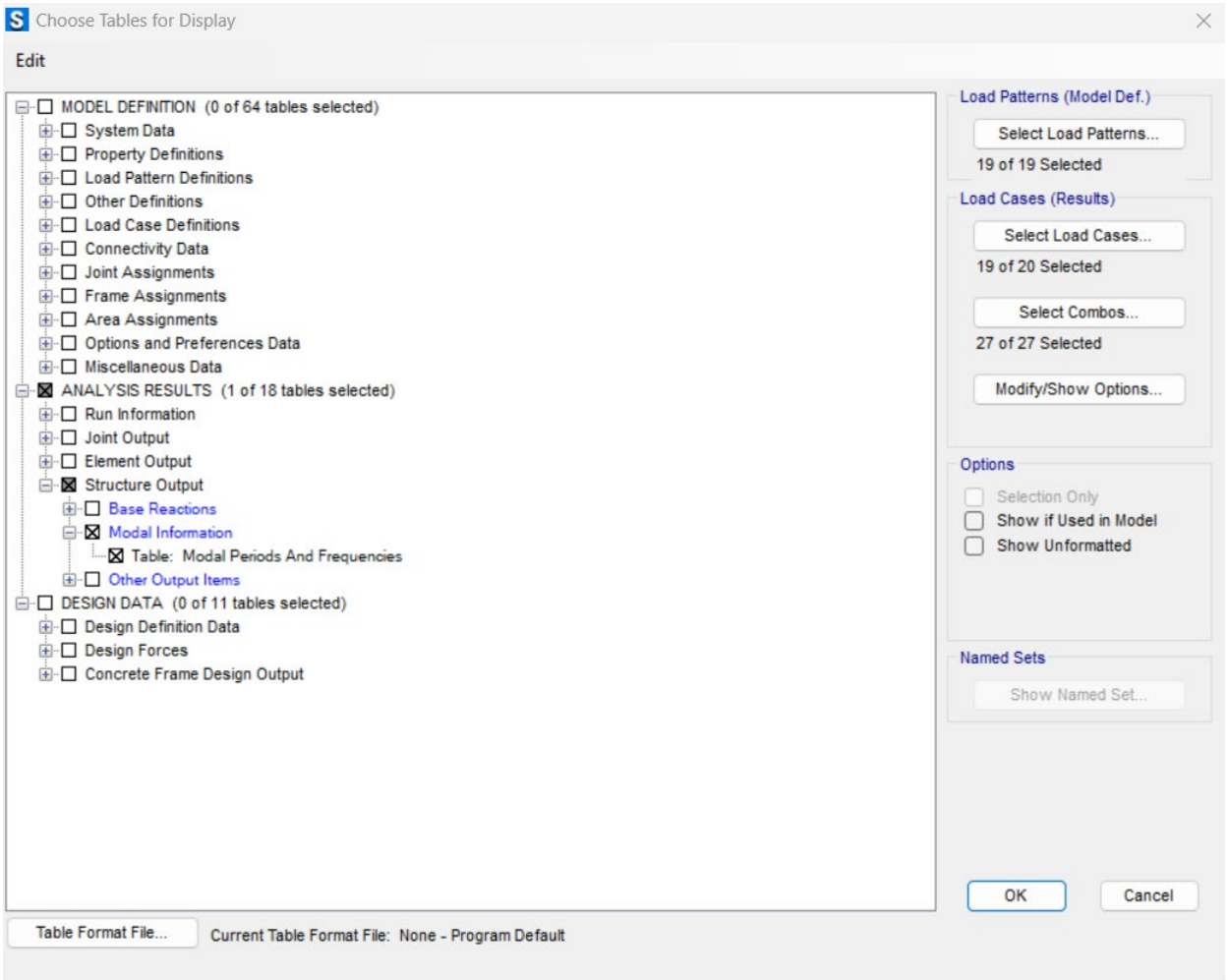
تنظیمات نرم افزارSafe

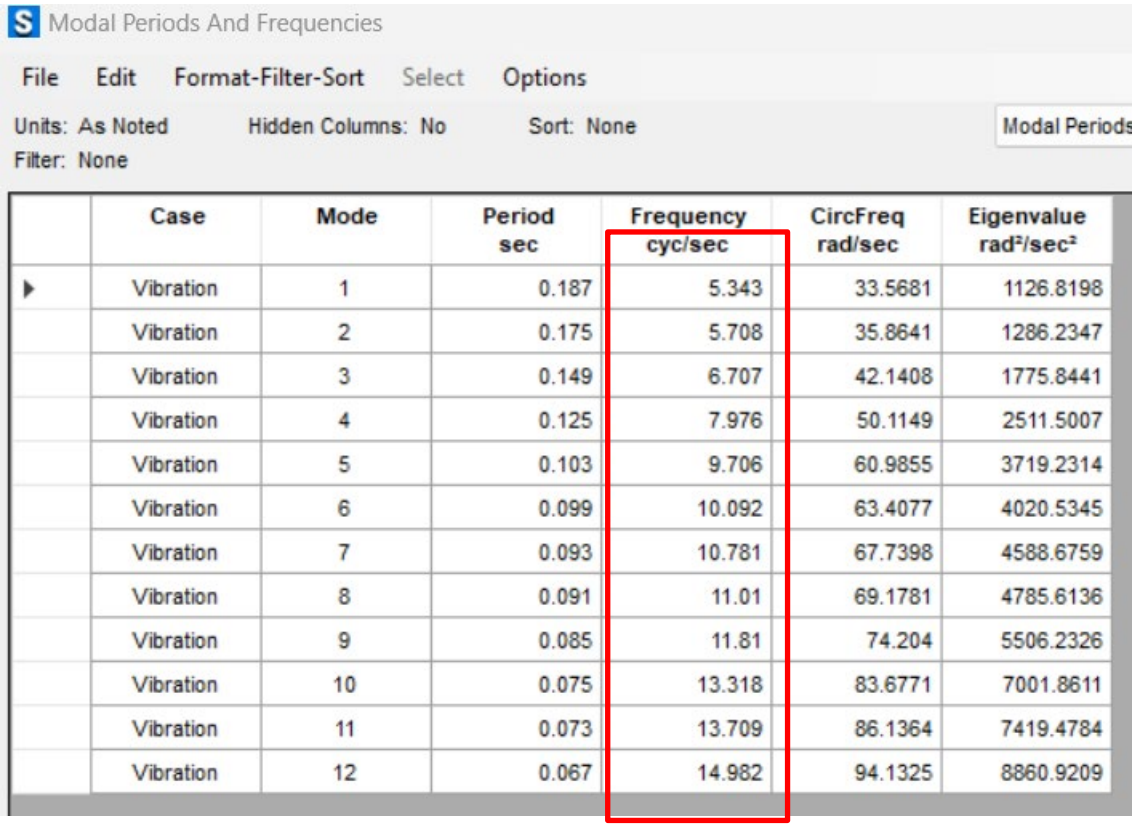


@rjavanmardi

کنترل لرزش در دال ها با نرم افزار Safe

با نرم افزار Safe





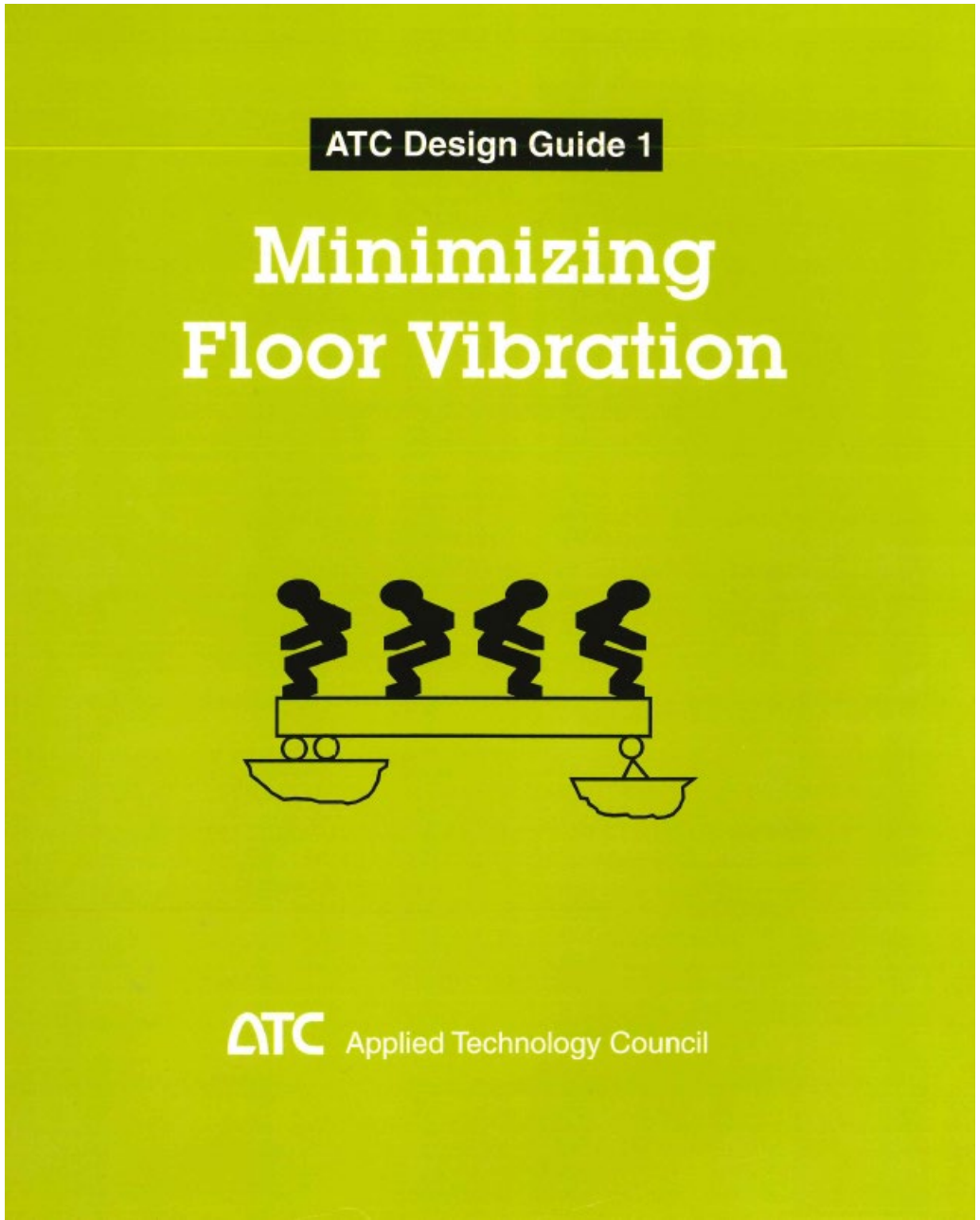
Case	Mode	Period sec	Frequency cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad²/sec²
Vibration	1	0.187	5.343	33.5681	1126.8198
Vibration	2	0.175	5.708	35.8641	1286.2347
Vibration	3	0.149	6.707	42.1408	1775.8441
Vibration	4	0.125	7.976	50.1149	2511.5007
Vibration	5	0.103	9.706	60.9855	3719.2314
Vibration	6	0.099	10.092	63.4077	4020.5345
Vibration	7	0.093	10.781	67.7398	4588.6759
Vibration	8	0.091	11.01	69.1781	4785.6136
Vibration	9	0.085	11.81	74.204	5506.2326
Vibration	10	0.075	13.318	83.6771	7001.8611
Vibration	11	0.073	13.709	86.1364	7419.4784
Vibration	12	0.067	14.982	94.1325	8860.9209

$f \geq 5\ Hz$ ✓

کنترل لرزش

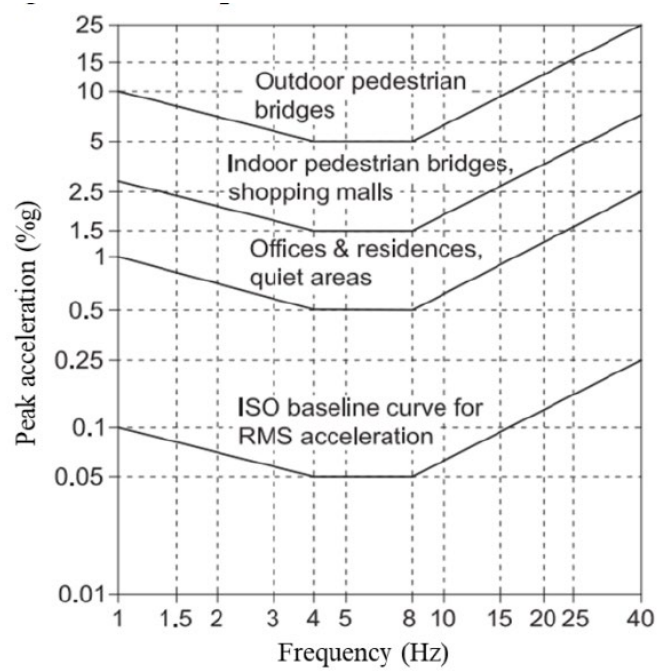
@rjavanmardi

کنترل لرزش بر اساس ATC Design Guide 1 (کنترل بر اساس شتاب)



روش سوم

$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_0 e^{-0.35f}}{\beta W}$$



@rjavanmardi

کنترل لرزش بر اساس ATC Design Guide 1 (کنترل بر اساس شتاب)

روش سوم

$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_0 e^{-0.35f}}{\beta W}$$

$\frac{a_p}{g}$ حداکثر نسبت شتاب حرکت

P_0 نیروی ثابت ناشی از حرکت افراد که پیشنهاد ATC40 برای کاربری اداری و مسکونی برابر با 29 kg

f حداقل فرکانس خروجی نرم افزار Safe

W وزن کل موثر چشمه سقف برابر با کل وزن مرده و ۳۰ درصد بار زنده سقف ضرب در مساحت کف

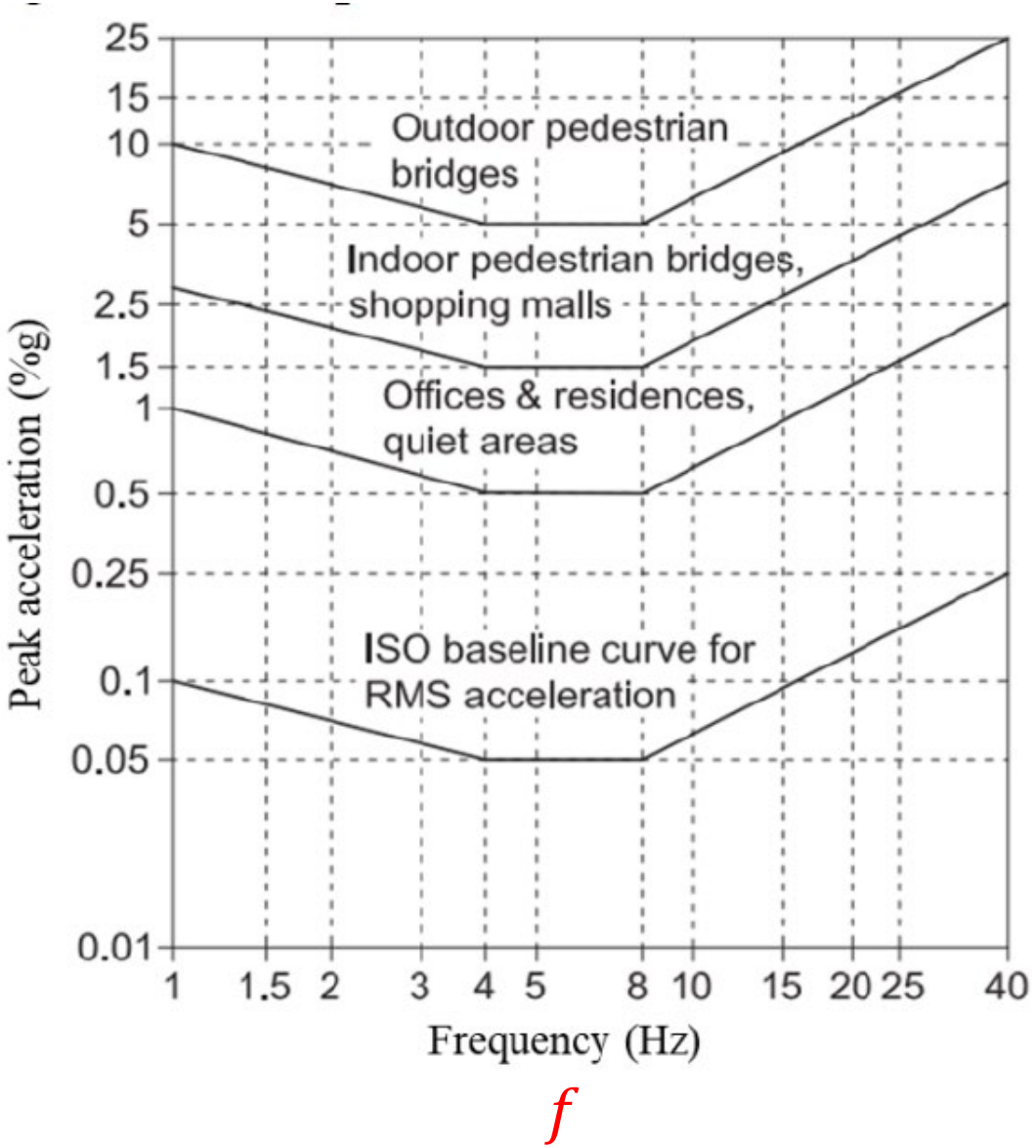
β نسبت میرایی

- 2% کف های فاقد دیوار مانند کف های اداری و مراکز خرید
- 3% کف های دارای دیوار پارتیشن غیر متصل به سازه
- 5% کف های دارای دیوار پارتیشن متصل به سازه

@rjavanmardi

کنترل لرزش بر اساس ATC Design Guide 1 (کنترل بر اساس شتاب)

روش سوم



$\frac{a_p}{g} \times 100$

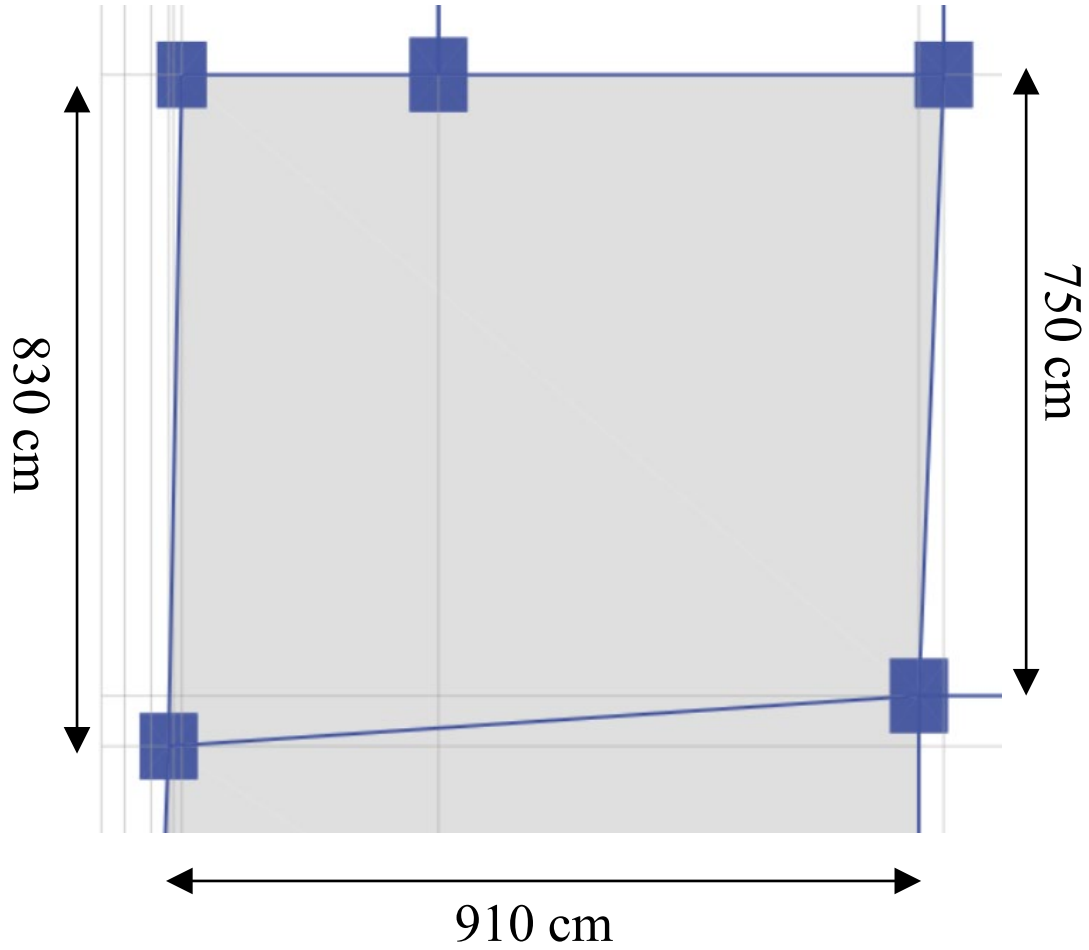
f

در صورتیکه در نمودار $\frac{a_p}{g}$ و مقدار فرکانس (f) متناظر با آن در زیر خط مشخص شده برای کاربری قرار بگیرد لرزش سازه قابل قبول است

@rjavanmardi

کنترل لرزش بر اساس ATC Design Guide 1 (کنترل بر اساس شتاب)

روش سوم



$$W = 9.1 \times \frac{8.3 + 7.5}{2} \times (650 + 0.3 \times 500) = 57512kg$$

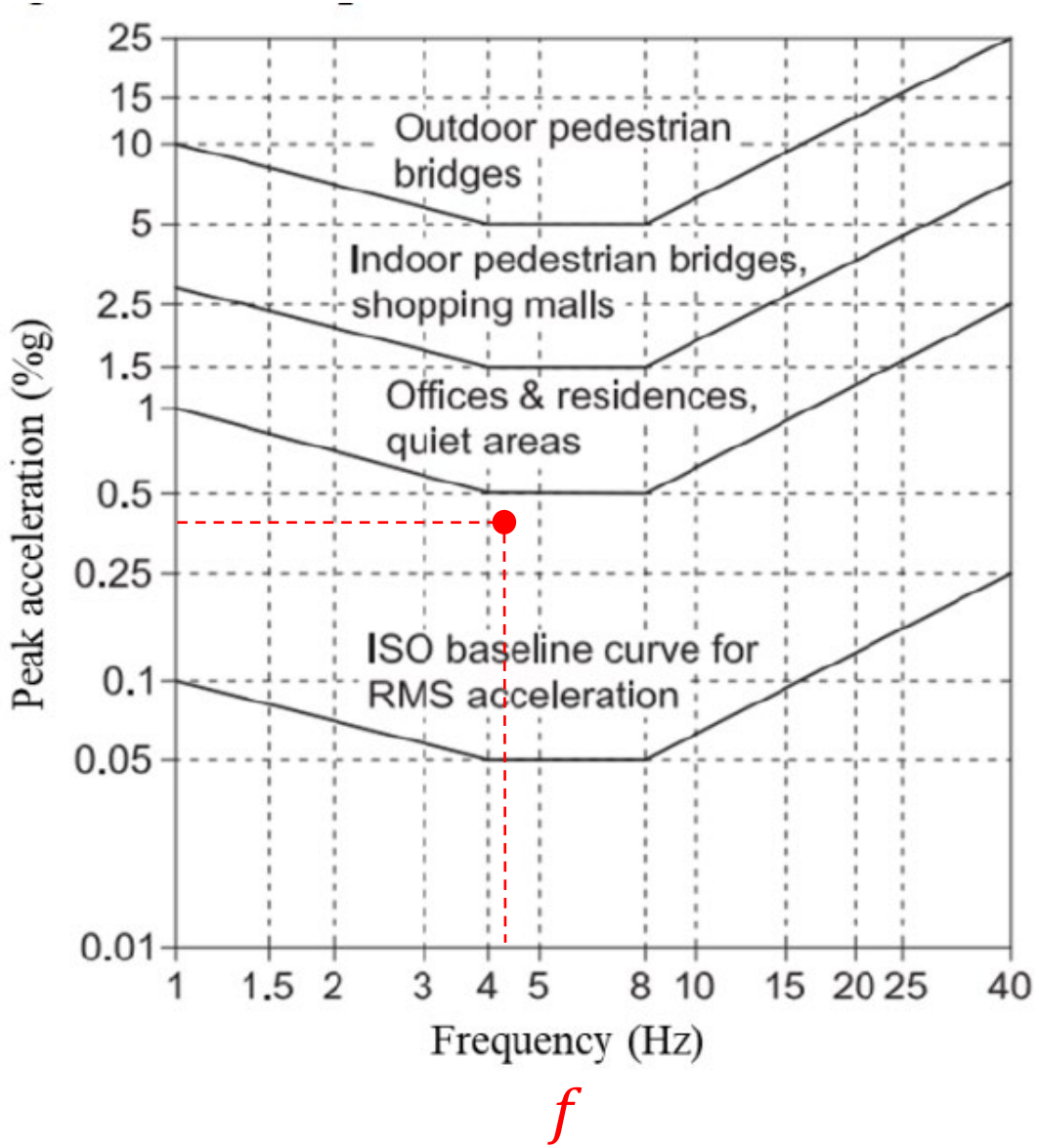
$$\frac{a_p}{g} = \frac{P_0 e^{-0.35f}}{\beta W} = \frac{29 \times e^{-0.35 \times 4.44}}{0.03 \times 57512} = 0.00355$$

$$\frac{a_p}{g} \times 100 = 0.355, \qquad f = 4.44\ Hz$$

@rjavanmardi

کنترل لرزش بر اساس ATC Design Guide 1 (کنترل بر اساس شتاب)

روش سوم



$\frac{a_p}{g} \times 100$

$\frac{a_p}{g} \times 100 = 0.355, \qquad f = 4.44\ Hz$

@rjavanmardi

فهرست مطالب

معرفی دال های مجوف و محدودیت‌های هندسی دال‌ها

طراحی خمشی دال‌های مجوف

طراحی برشی دال‌های مجوف

کنترل خیز در دال های دوطرفه

کنترل ارتعاش در دال های دوطرفه

محدودیت های مشارکت دال در زلزله و ضوابط لرزه ای مربوطه

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

۹-۲۰-۵-۵-۹ در سازه‌های با ا همیت بسیار زیاد و یا در مناطق با خطر نسبی زلزله‌ی بسیار زیاد، استفاده از سیستم دال و ستون به صورت سیستم قاب متوسط و یا سیستم دو گانه مجاز نمی‌باشد.

مشارکت دال در مناطق با خطر نسبی بسیار زیاد و یا ساختمان ها با اهمیت بسیار زیاد مجاز نمی باشد

۹-۲۰-۵-۵ دال‌های دو طرفه‌ی بدون تیر

۹-۲۰-۵-۵-۱ لنگرهای ضریب‌دار دال‌ها در تکیه گاه‌ها باید برای ترکیب‌های بارگذاری، شامل اثرات زلزله، محاسبه گردند. آرماتور مورد نیاز برای تحمل M_{sc} باید در عرض نوار ستون تعریف شده در بند ۹-۱۰-۲-۵ قرار داده شوند.

18.4.5 *Two-way slabs without beams*

18.4.5.1 Factored slab moment at the support including earthquake effects, E, shall be calculated for load combinations given in Eq. (5.3.1e) and (5.3.1g). Reinforcement to resist M_{sc} shall be placed within the column strip defined in 8.4.1.5.

در مبحث 9 و آیین نامه ACI 318-19 تنها ضوابط لرزه ای مربوط به دال بدون تیر آورده شده است و ضوابط لرزه ای دال با تیر در هیچ مرجعی آورد نشده است

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

با توجه به متن استاندارد ۲۸۰۰ و نیز مبحث نهم، در صورتی که تمامی شرایط زیر مهیا شود، می توان از ترکیب دال- ستون بدون تیر به عنوان **قاب خمشی متوسط** استفاده کرد:

۱- در دهانه مورد نظر تیر نداشته باشیم (دال دوطرفه بدون تیر)

۲- اگر سیستم قاب خمشی هست (دوگانه نیست) سازه حداکثر سه طبقه باشد و یا ارتفاع آن حداکثر ۱۰ متر باشد.

۳- سازه در مناطق با لرزه خیزی بسیار زیاد نباشد ($A<0.35$).

۴- درجه اهمیت سازه بسیار زیاد نباشد ($I<1.4$).

۵- ضوابط بند ۹-۲۰-۵-۵ مبحث نهم رعایت گردد.

۱ انتشار مطالب "با ذکر منبع" بلامانع است Instagram www.t.me/hoseinzadehasl www.hoseinzadeh.net

جزوه دال مجوف دکتر حسین زاده اصل

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

جمهوری اسلامی ایران
وزارت راه و شهرسازی
معاونت مسکن و ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

راهنمای
محاسبات و طراحی
سازه‌ای ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

دفتر مقررات ملی و کنترل ساختمان

۷-۲ دال‌های بتن‌آرمه؛ سیستم دال- تیر

۷-۲-۱ جهت مدل‌سازی دال‌ها در سیستم‌های دال- تیر توصیه می‌شود دال بصورت Membrane مدل شود. در این حالت می‌توان دال را بصورت یکطرفه یا دوطرفه معرفی و مدل‌سازی نمود (تصویر ۷-۲). توصیه می‌شود صرفنظر از نسبت طول دهانه‌ها و عملکرد یک یا دوطرفه، این دال‌ها همواره بصورت دال دوطرفه مدل‌سازی شوند. درصورتی‌که دال از نوع Membrane باشد نیازی به انجام مش‌بندی و تعریف ضرایب اصلاح سختی برای آن نمی‌باشد. روش دیگر معرفی دال‌ها آن است که رفتار

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

Slab-Column and Slab-Wall Connections

10.1 Preview

Slab-column framing and slab-wall framing generally are not used as part of the seismic-force-resisting system in regions of high seismicity. Such framing is, however, used to support gravity loads. As such, its design must ensure that it is capable of supporting the gravity loads as the building sways under earthquake motions. This latter subject is the main focus of this chapter. In regions of lower seismic risk, slab-column frames may be used to provide resistance to lateral forces, including forces due to wind and earthquake loading. This latter application is not considered directly in this book.

Jack Moehle کتاب

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

dear professor moehle thank you for your response.I have two more questions.
1- According to ACI318 for building assign to the seismic design category D,E or F we permit use slab on the girders as part of lateral load bearing system in special moment frames?
2-According ACI318 only "two-way slab- without beams" permits as part of seismic-force resisting systems?but code is silent about slab on girders?
It would be appreciated if you share your comments since you are quite familiar with the intention of the ACI code beside your extensive research work on slabs and slab column joints

Sincerely shahin

For SDC D, E, and F in the United States, a slab is permitted to act as a flange for a special moment frame beam. It is not permitted as a one-way flexural element spanning between beams. Two-way slabs also are not permitted. The reason is that there is no practical way to design and detail for adequate or reliable stiffness and deformation capacity.

استعلام از Jack Moehle

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

The general building code may also permit the use of intermediate moment frames as part of dual systems for some buildings assigned to SDC D, E, or F. It is not the intent of ACI Committee 318 to recommend the use of intermediate moment frames as part of moment-resisting frame or dual systems in SDC D, E, or F. The general building code may also permit substantiated alternative or nonprescriptive designs or, with various supplementary provisions, the use

– Copyrighted © Material – www.concrete.org

ACI 318-19

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

الف) تمامی تیرها شرط $\alpha_{f1}.L_2 / L_1 \geq 1$ را اقناع می‌نمایند

در این حالت، دال‌ها از نوع Shell مدل شوند و ضرایب اصلاح سختی مربوط به m11، m22 و m12 آنها برابر ۰/۲۵ معرفی گردد. بنابراین با توجه به آنکه اثر سختی دال به‌طور مستقیم لحاظ می‌گردد باید تیرها را با مقطع مستطیلی مدل نمود (عملکرد بال‌های تیر از طریق لحاظ نمودن سختی دال منظور می‌گردد). در این حالت

ب) تمامی یا برخی از تیرها شرط $\alpha_{f1}.L_2 / L_1 \geq 1$ را اقناع نمی‌نمایند

مطابق با توضیحاتی که پیش‌تر ارائه گردید، در این حالت مشارکت دال در باربری جانبی می‌تواند قابل‌توجه باشد. بر این اساس و با هدف جلوگیری از مشارکت سختی خمشی خارج صفحهٔ دال در باربری جانبی لازم است دال‌ها به‌صورت Membrane مدل شوند و یا اگر از نوع Shell مدل می‌شوند، ضرایب اصلاح سختی مربوط به m11، m22 و m12 آنها مقدار کوچکی نظیر ۰/۰۱ معرفی گردد؛ لیکن نظر به آنکه مطابق ضوابط مبحث

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

نشریه شماره ۱کارگروه کمیته ایرانی

نرم افزارهای مهندسی

@rjavanmardi

ارائه گردیده است). در مقابل، اگر ارتفاع تیرها به‌گونه‌ای اختیار شود که رابطهٔ $\alpha_{f1}.L_2 / L_1 \geq 1$ برقرار باشد، مشارکت دال در باربری جانبی، قابل‌توجه نبوده و انتظار تشکیل قاب‌های دال-ستونی نمی‌رود. لذا حتی اگر در مدل‌سازی از سختی خمشی دال‌ها صرف‌نظر نشود، عملاً کاهشی در سهم باربری جانبی سیستم قائم مقاوم لرزه‌ای ایجاد نخواهد شد. در این حالت انتظار می‌رود نتایج حاصل از مدلی که در آن تیرها به‌صورت مستطیلی مدل می‌شوند و از سختی خمشی دال صرف‌نظر نمی‌شود با نتایج مدلی که در آن تیرها با مقطع T و L (یا مستطیل معادل آنها؛ مطابق توضیحات مشروح ذیل بند ب) مدل می‌شوند و از سختی خمشی دال صرف‌نظر می‌شود، یکسان باشد. بر این اساس و با توجه به توضیحات فوق،

مشارکت دال در زلزله؟

$$\alpha_f = \frac{E_b I_b}{E_s I_s}$$

ممان اینرسی تیر

ممان اینرسی دال

L_1 طول دهانه دال در راستایی که لنگر محاسبه می شود

L_2 طول دهانه دال در راستای عمود بر راستای L_1

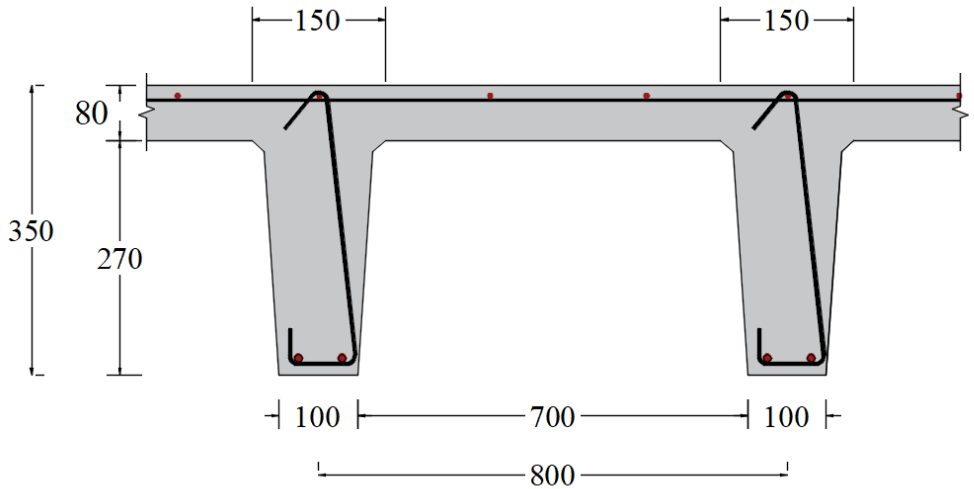
$\alpha_f \frac{L_2}{L_1} < 1$ دال مجاز به مشارکت در باربری جانبی نمی باشد

$\alpha_f \frac{L_2}{L_1} \geq 1$ دال مجاز به مشارکت در باربری جانبی می باشد

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

مثال موردی برای بررسی این مدل سازی



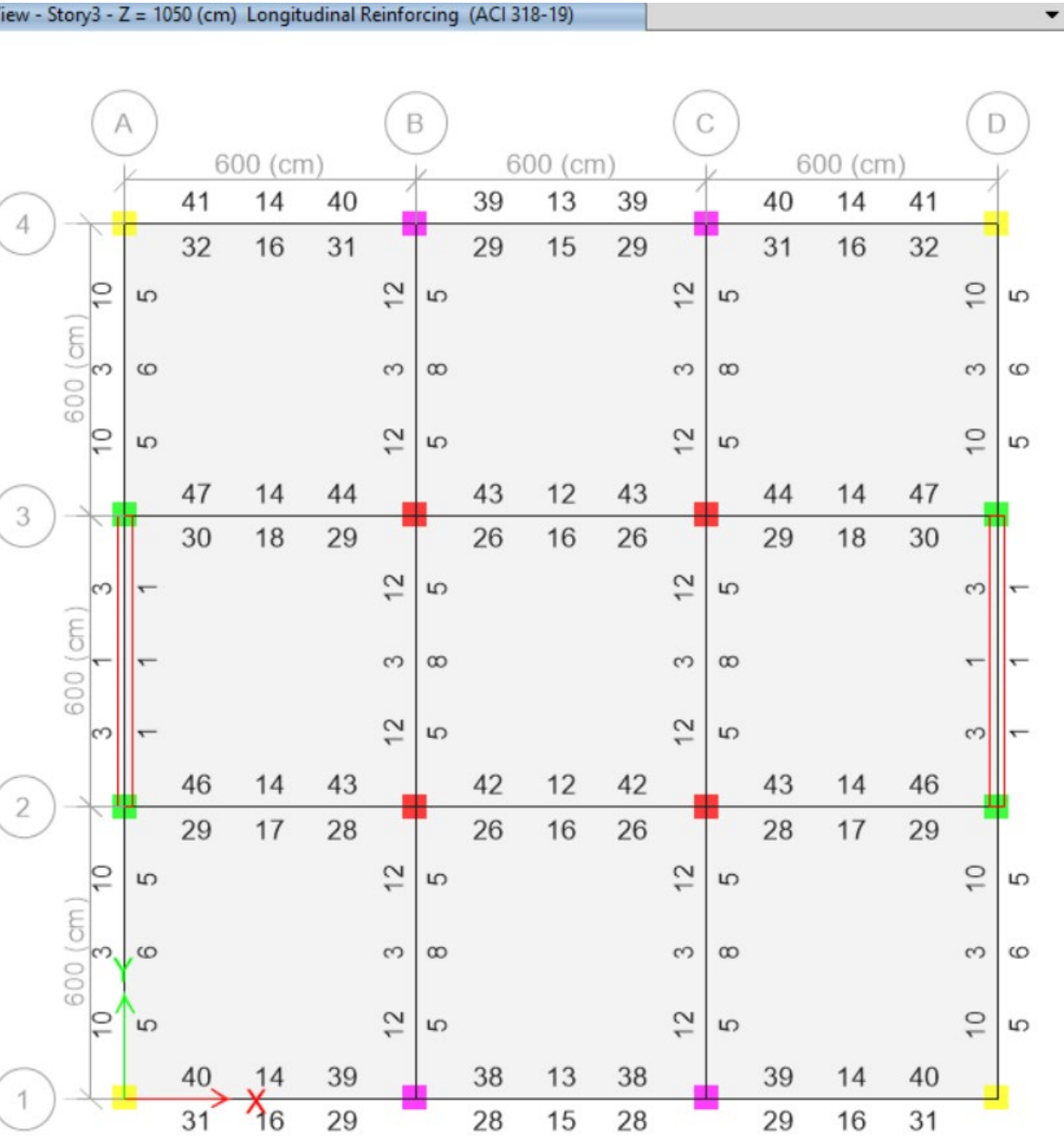
مقطع سقف وافل

$$\alpha_f = \frac{I_b}{I_s} = \frac{\frac{1}{12}45 \times 60^3}{634005} = 1.27$$

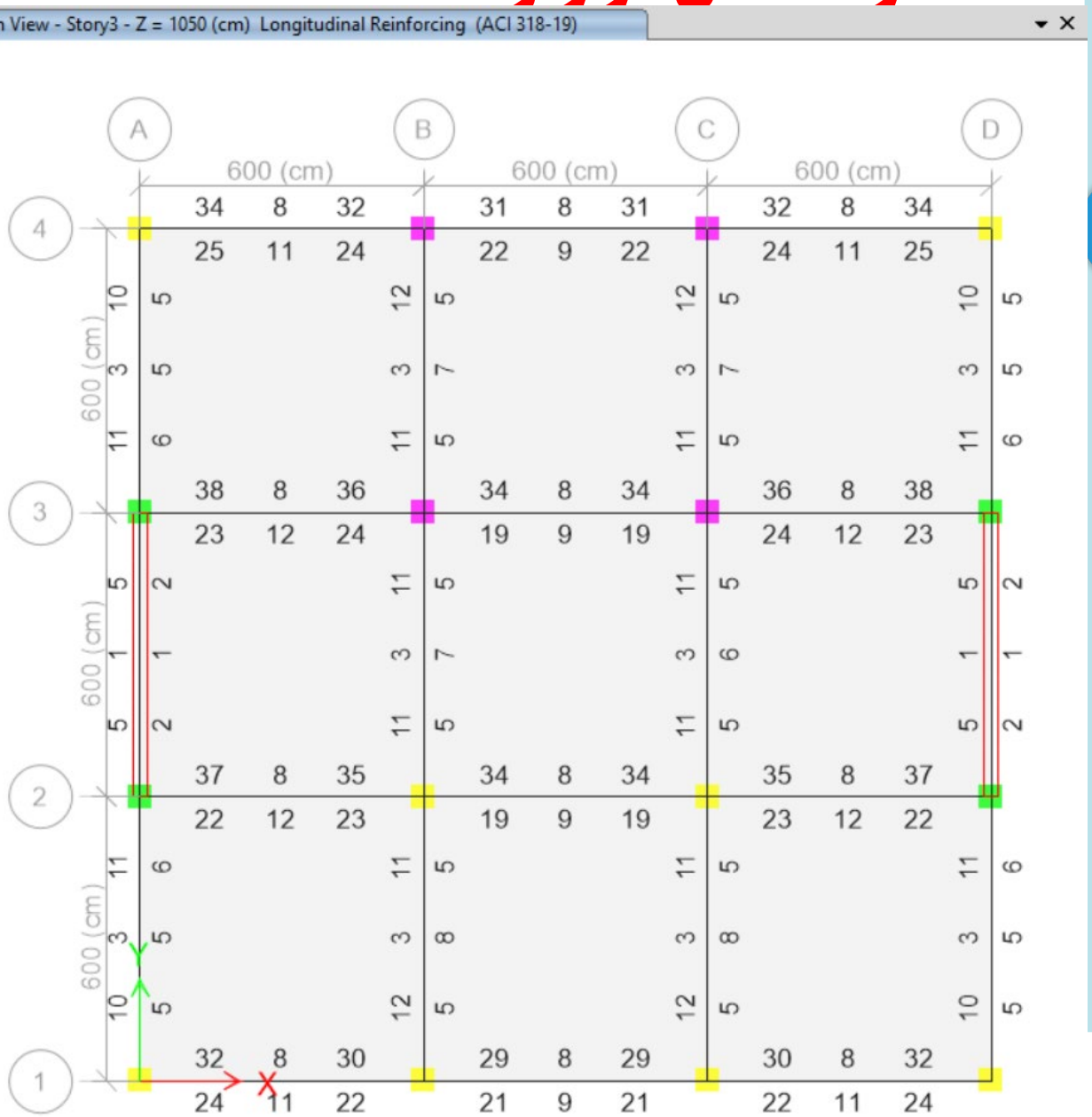
$$\alpha_f \frac{L_2}{L_1} = 1.27 > 1$$

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟



مدل سازی دال مجوف با المان Membrane



مدل سازی دال مجوف با المان Shell و سختی 0. 25

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

با توجه به کلیه موارد فوق در سازه های زیر مجاز به مشارکت دال در زلزله نمی باشیم:

۱- سیستم سقف تیر و دال ← عدم وجود ضوابط لرزه ای مشخص در آیین نامه

۲- درجه اهمیت سازه بسیار زیاد باشد ← ممنوعیت در آیین نامه

۳- منطقه با خطر لرزه ای بسیار زیاد باشد ← ممنوعیت در آیین نامه

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

طراحی سازه در ۲ مرحله انجام شود:

فایل طراحی اول – طراحی سازه با مدل سازی دال با المان Membrane یا المان Shell با سختی خارج از صفحه ناچیز مانند 0.001 (کلیه mها 0.001 اعمال گردد)

فایل طراحی دوم – طراحی سازه با مدل سازی دال با المان Shell با سختی خارج از صفحه 0.25

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

سختی اعضا در فایل محاسبه پریود سازه:

در محاسبه پریود باید سختی کلیه المان های سازه ای را در ۱.۴ ضرب کرد

در محاسبه پریود دال با المان Shell مدل سازی شده و سختی خارج از صفحه آن 0.35 اعمال می گردد

المان سازه ای	ضریب ترک خوردگی
ستون	1
تیر	0.5
دیوار ترک خورده	0.5
دیوار ترک نخورده	1
دال	0.35

@rjavanmardi

مشارکت دال در زلزله؟

سختی اعضا در فایل محاسبه دریفت سازه:

در محاسبه پریود نیز دال با المان Shell مدل سازی شده و سختی خارج از صفحه آن 0.25 اعمال می گردد

المان سازه ای	ضریب ترک خوردگی
ستون	0.7
تیر	0.35
دیوار ترک خورده	0.35
دیوار ترک نخورده	0.7
دال	0.25

@rjavanmardi

عرض موثر دال در تیرهای T شکل و L شکل

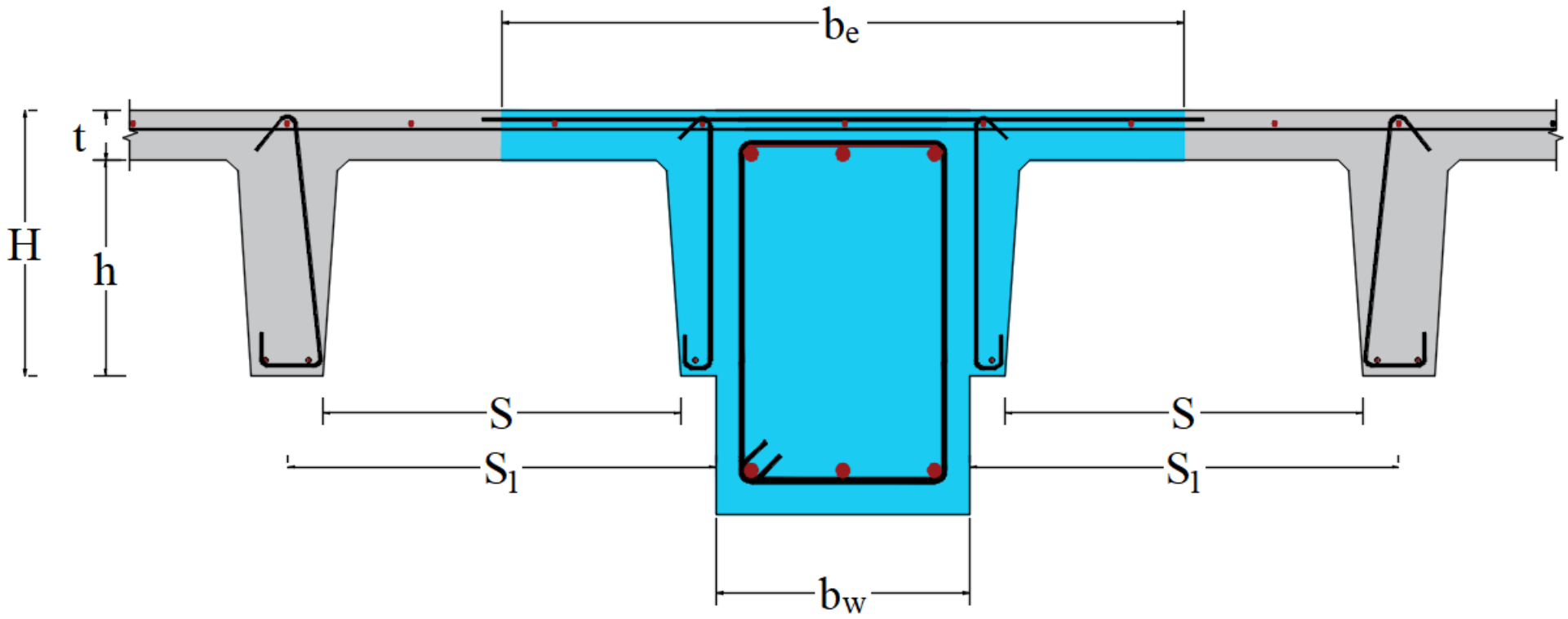
در فایل طراحی اول که سختی دال عدد کوچکی وارد شده است می توان تیرهای میانی را بصورت T شکل و تیرهای کناری را بصورت L شکل در نظر گرفت

جدول ۹-۶-۱ محدودیت ابعاد برای عرض موثر بال از بر جان تیر T شکل

وضعیت	عرض موثر بال، از بر جان تیر	
بال در دو طرف جان	کم‌ترین از:	$8h$
		$s_w/2$
		$l_n/8$
بال در یک طرف جان	کم‌ترین از:	$6h$
		$s_w/2$
		$l_n/12$

@rjavanmardi

عرض موثر دال در تیرهای T شکل و L شکل

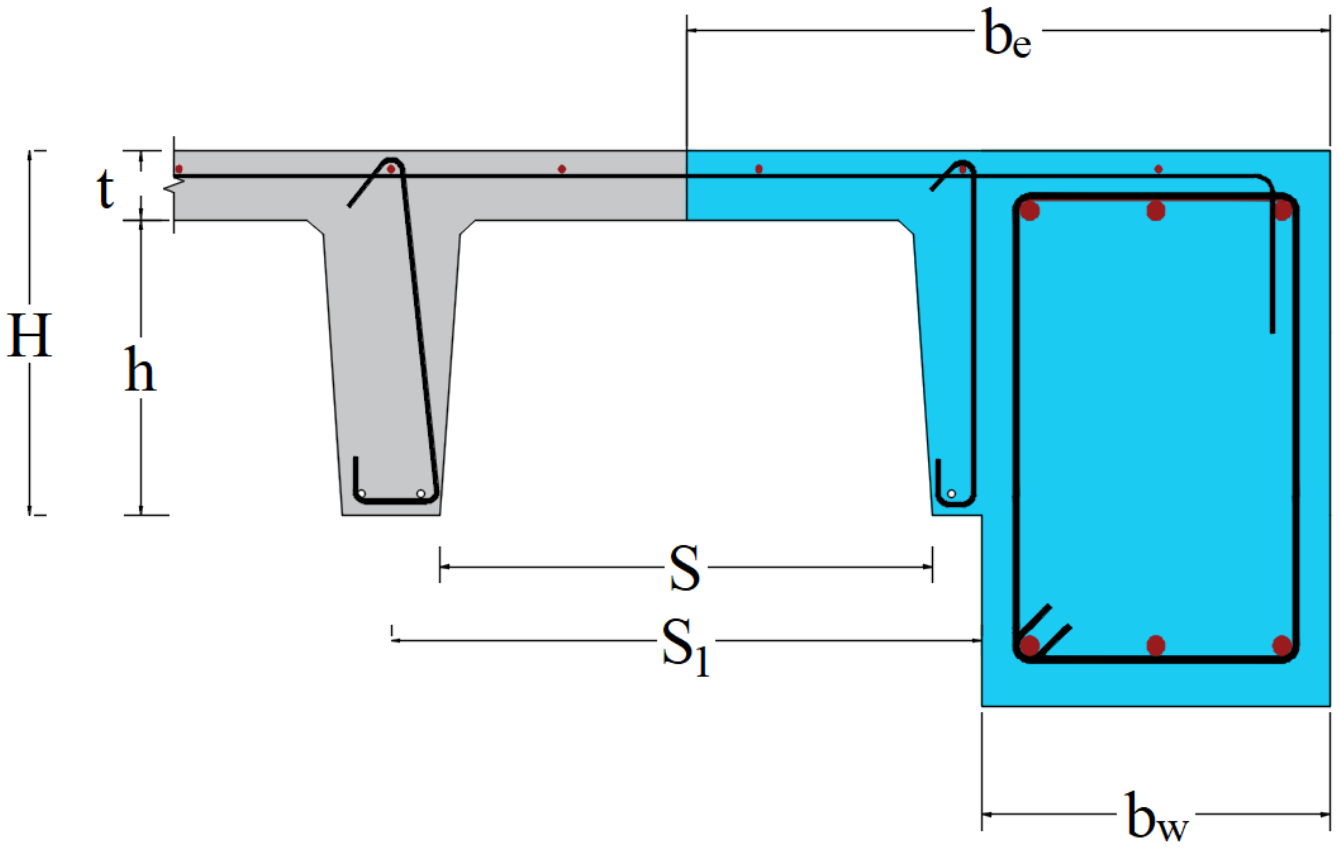


$$b_e = b_w + \min(\frac{S}{2}, \frac{L_n}{8}, 8t)$$

با توجه به ضخامت کوچک دال رویه در سقف وافل توصیه به در نظر گرفتن مقطع T شکل در این دال ها نمی شود

@rjavanmardi

عرض موثر دال در تیرهای T شکل و L شکل



$$b_e = b_w + \min\left(\frac{S}{2}, \frac{L_n}{12}, 6t\right)$$

با توجه به ضخامت کوچک دال رویه در سقف وافل توصیه به در نظر گرفتن مقطع T شکل در این دال ها نمی شود

@rjavanmardi

دال و مشارکت آن در زلزله

در صورتیکه کلیه شرایط زیر برقرار باشد مجاز به استفاده از دال در سیستم باربر جانبی می باشیم

۱- دال فاقد هر گونه تیری باشد

۲- درجه اهمیت سازه بسیار زیاد نباشد

۳- منطقه با خطر لرزه ای بسیار زیاد نباشد

۴- در صورت بلند تر بودن سازه از ۳ طبقه یا ۱۰متر، دیوار برشی در سازه تعبیه شده باشد

@rjavanmardi

دال و مشارکت آن در زلزله

در این حالت لازم است کلیه کنترل های زیر بر روی سازه انجام شود

۱- رعایت کلیه ضوابط بند ۹-۲۰-۵-۵

۲- کنترل دقیق برش پانچ لرزه ای و قرار دادن برشگیر در دال بند ۹-۲۰-۱۰-۴

۳- طراحی دال برای نیروهای درون صفحه ای و طراحی المان های Chord و Collector

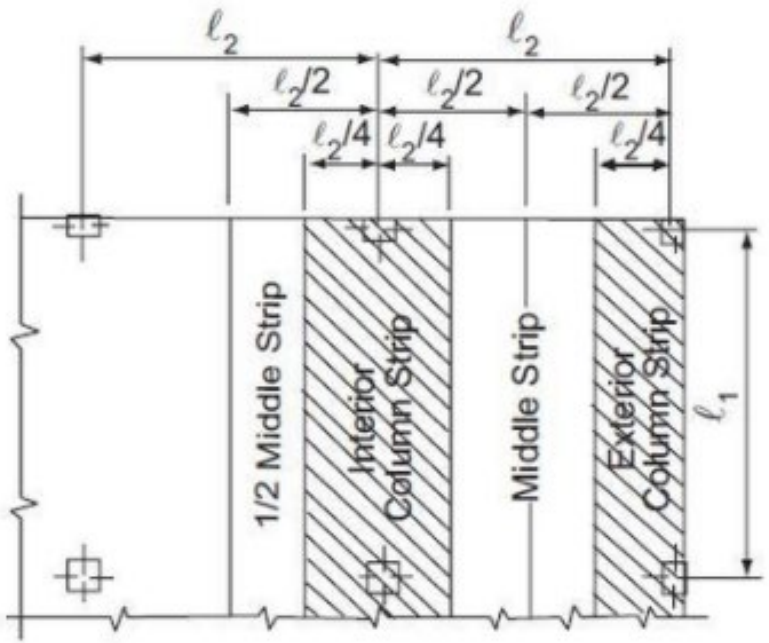
در صورت کنترل این موارد می توان طراحی سازه با مدل سازی دال با المان Shell با سختی خارج از صفحه 0.25 انجام داد

البته با توجه به کلیه توضیحات و مستندات قبلی مشارکت دال در زلزله توصیه نمی شود

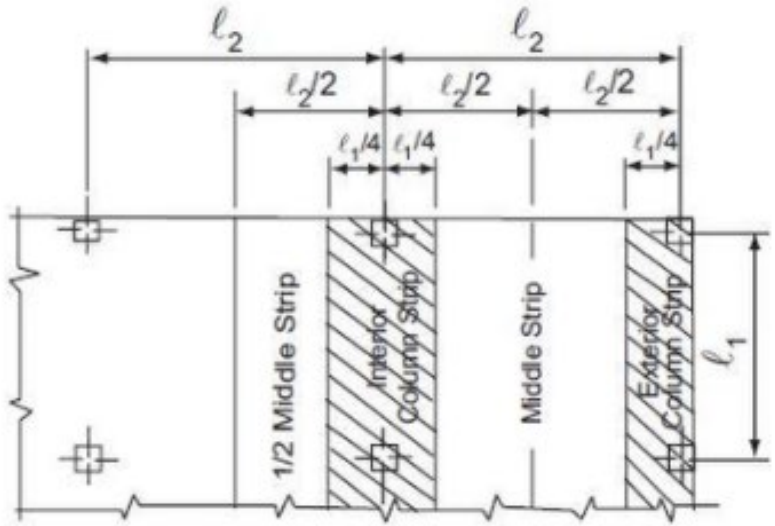
@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال

۹-۲۰-۵-۵-۱ لنگرهای ضریب‌دار دال‌ها در تکیه گاه‌ها باید برای ترکیب‌های بارگذاری، شامل اثرات زلزله، محاسبه گردند. آرماتور مورد نیاز برای تحمل M_{sc} باید در عرض نوار ستون تعریف شده در بند ۹-۱۰-۲-۵ قرار داده شوند.



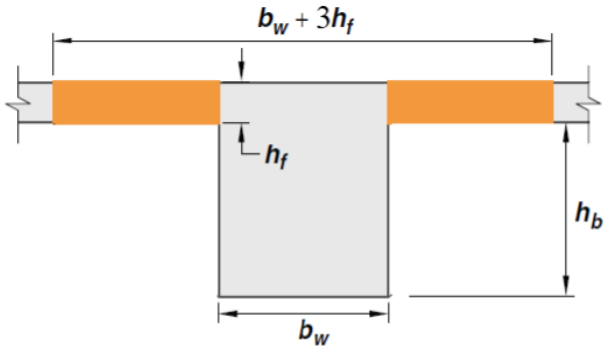
(a) Column Strip for $\ell_2 \le \ell_1$



(b) Column Strip for $\ell_2 > \ell_1$

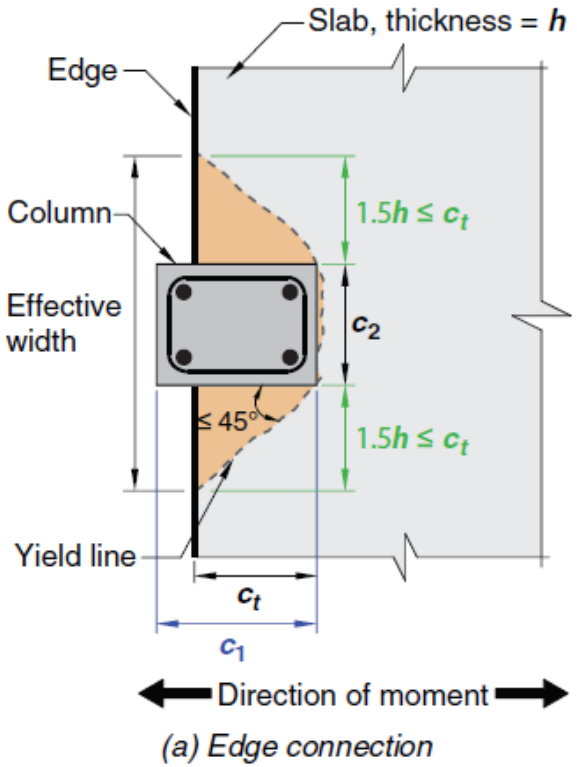
@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال

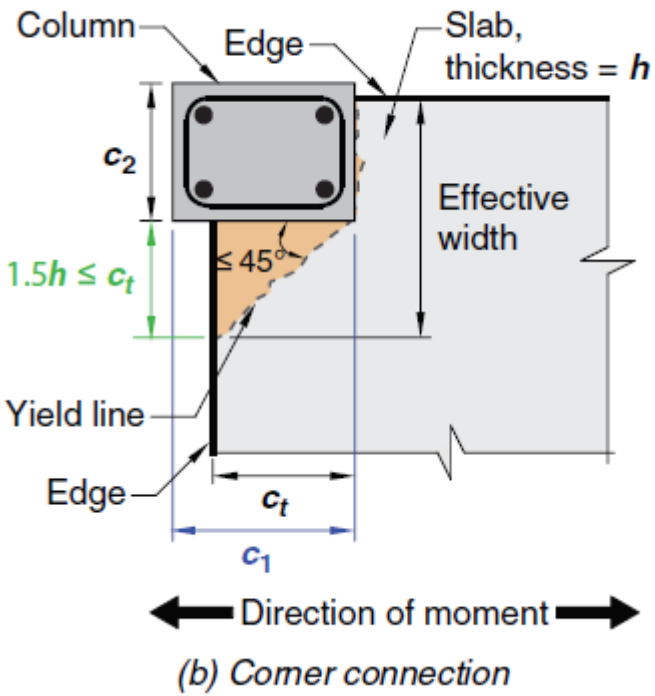


عرض موثر دال

۹-۲۰-۵-۵-۲ آرماتورهایی که در عرض موثرتعریف شده در بند ۹-۱۰-۶-۴-۲-۳ (۹-۱۰-۶-۴-۳) قرار داده می‌شوند، باید برای لنگر $\gamma_f M_{sc}$ طراحی شوند. عرض موثر برای نواحی اتصال واقع در لبه‌های خارجی و گوشه‌های دال نباید فراتر از اندازه‌ی c_t، که در جهت عمود بر امتداد دهانه‌ی دال اندازه‌گیری می‌شود، از بر ستون ادامه داده شود.



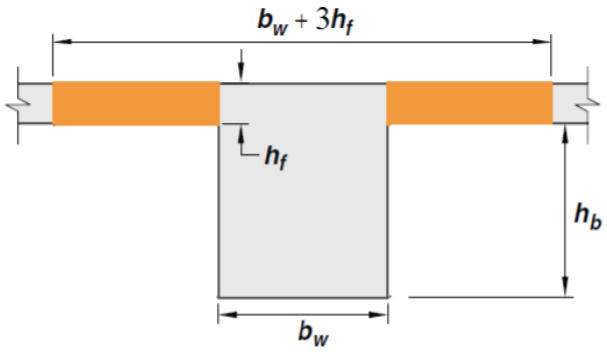
(a) Edge connection



(b) Corner connection

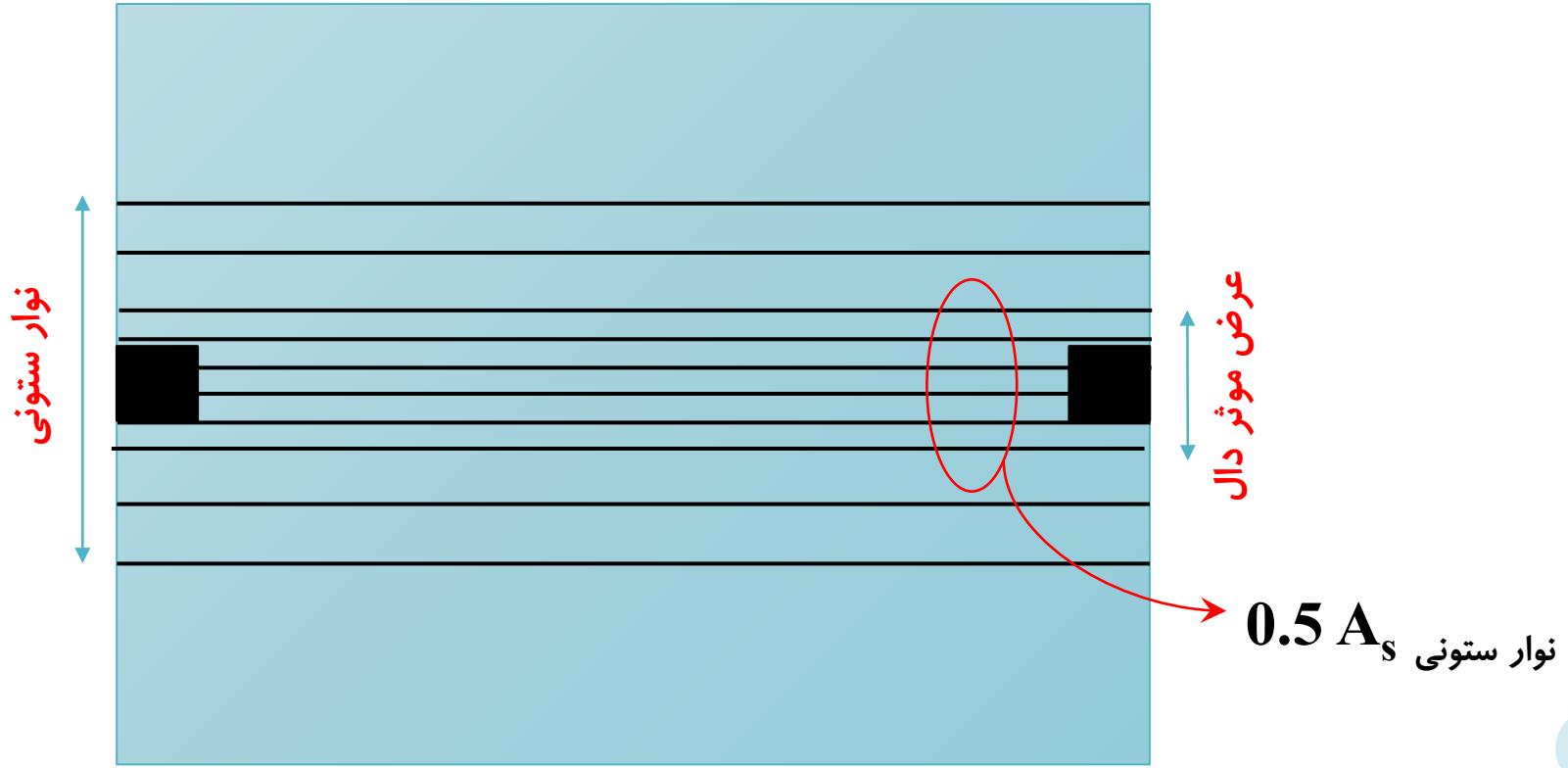
@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال



عرض موثر دال

۹-۲۰-۵-۵-۳ حداقل نصف آرماتورهای نوار ستون در تکیه گاه‌ها، باید در محدوده‌ی عرض موثر دال که در بند ۹-۱۰-۶-۴-۲-۳ تعیین شده است، قرار داده شوند.



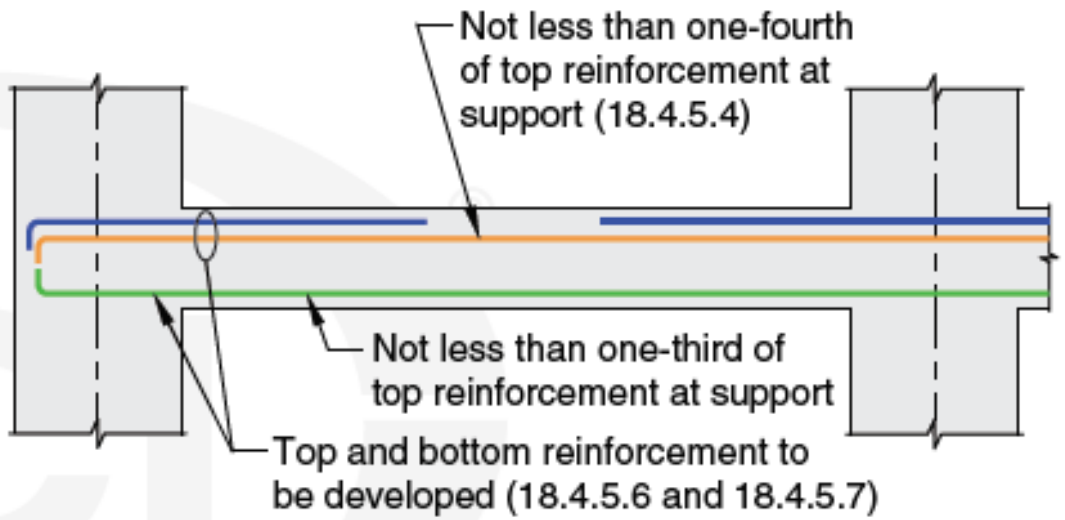
@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال

۹-۲۰-۵-۵-۴ حداقل یک چهارم آرماتورهای فوقانی نوار ستونی در تکیه گاه باید در تمام طول دهانه دال به صورت ممتد ادامه داده شوند.

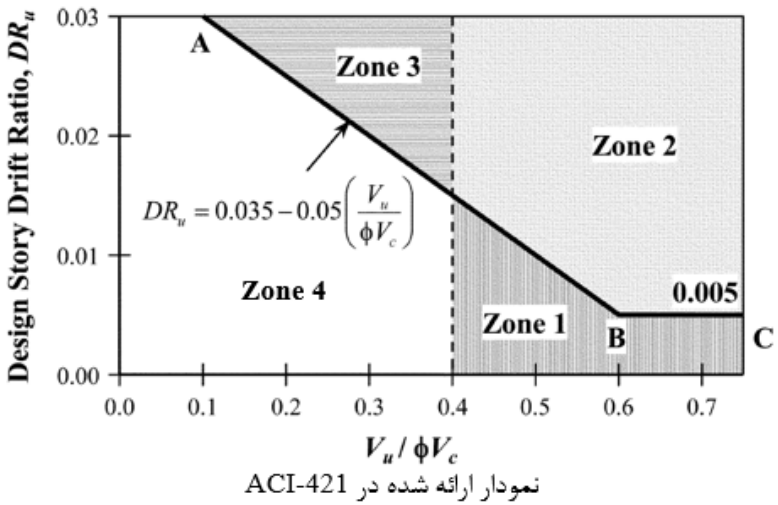
۹-۲۰-۵-۵-۵ مقدار آرماتورهای پیوسته‌ی تحتانی نوار ستونی، نباید از یک سوم مقدار آرماتور فوقانی این نوار در تکیه گاه کم‌تر باشند.

۹-۲۰-۵-۵-۶ حداقل نصف آرماتورهای تحتانی نوار میانی و نیز کل آرماتورهای تحتانی نوار ستونی در وسط دهانه باید به صورت سراسری ادامه داشته، و در تکیه گاه طوری مهار شوند که قادر به تحمل تنش تسلیم مطابق ضوابط بند ۹-۱۰-۹-۶-۲ باشند.
۹-۱۰-۹-۴-الف



@rjavanmardi

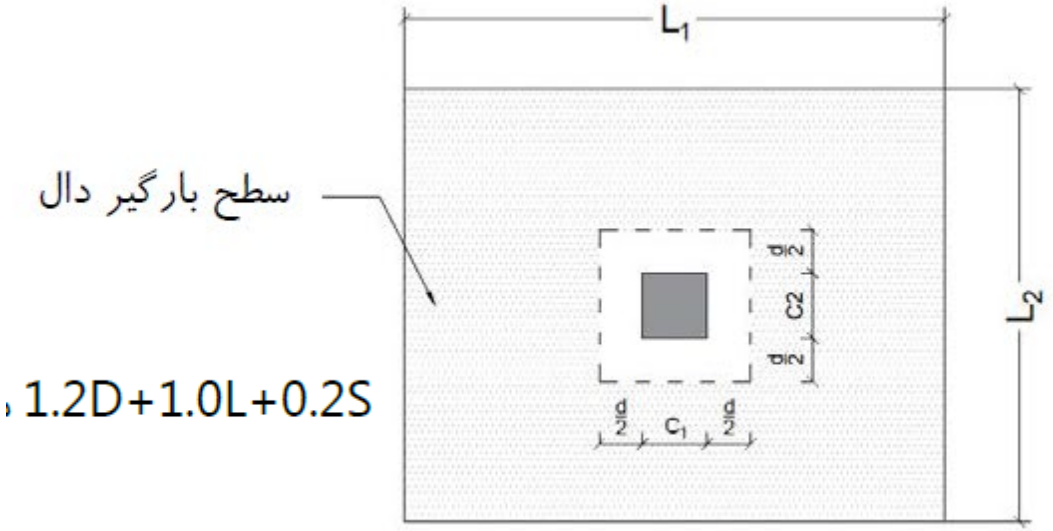
طراحی لرزه ای دال



نمودار ارائه شده در ACI-421

۹-۲۰-۵-۵-۸ در مقاطع بحرانی برای ستون‌هایی که در بند ۹-۸-۵-۲-۱ تعریف شده‌اند، تنش برشی دو طرفه‌ی ایجاد شده در اثر بارهای قائم ضریب‌دار نباید از $0.4\phi V_c$ تجاوز نماید. V_c از بند ۹-۸-۵-۳ محاسبه می‌شود. در صورتی که در دال ضوابط بند ۹-۲۰-۱۰-۴ رعایت شده باشند، نیازی به منظور نمودن ضابطه‌ی این بند نیست.

آرماتورگذاری برشی در دال



$$V_{ug}=W_u\times(L_1\times L_2-(C_1+d)\times(C_2+d))$$

$$b_0=2(C_1+d)+2(C_2+d)$$

نکته: در محاسبه V_{ug} نیازی به در نظر گرفتن لنگر نامتعادل وارد بر ستون نمی‌باشد.

@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال

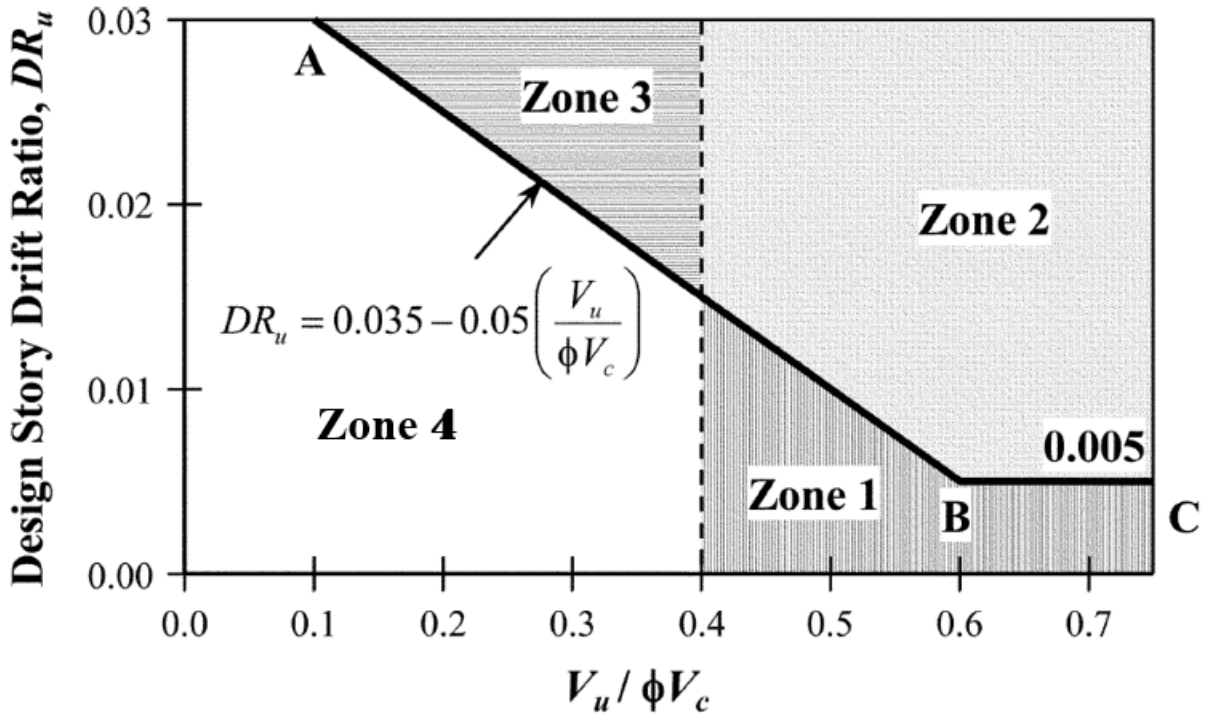
۹-۲۰-۱۰-۴-۱ در اتصالات دال‌های دو طرفه‌ی بدون تیر به ستون، باید در کلیه‌ی مقاطع بحرانی که در بند ۹-۸-۵-۲-۱ تعریف شده‌اند، در صورتی که $\frac{\Delta_x}{h_{sx}} \geq 0.035 - \frac{1}{20}\left(\frac{V_{uv}}{\varphi V_c}\right)$ ۹-۱۰-۷-۳-۷ باشد، از آرماتورهای برشی مطابق ضوابط بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۳ و یکی از دو بند ۹-۱۰-۷-۴ و ۹-۱۰-۷-۳-۸ ۹-۱۰-۷-۵ استفاده شود. در محاسبه‌ی v_{uv} فقط ترکیب‌های باری که شامل E هستند، باید منظور گردند. مقدار $\frac{\Delta_x}{h_{sx}}$ باید برای بزرگ‌ترین مقداری که در طبقات فوقانی و تحتانی مجاور طبقه‌ی مورد نظر هستند، محاسبه شود. مقدار v_c باید بر اساس بند ۹-۸-۵ محاسبه شود.

۹-۲۰-۱۰-۴-۲ در صورتی که $\frac{\Delta_x}{h_{sx}} \leq 0.005$ باشد، نیازی به محاسبه‌ی آرماتور برشی مطابق بند ۹-۲۰-۱۰-۴-۱ نمی‌باشد.

در دریفت خیلی پایین نیازی به آرماتور برشی وجود ندارد

@rjavanmardi

طراحی برش پانچ لرزه ای دال بر اساس ACI-421



ناحیه ۱ : مقدار $\frac{V_{ug}}{\emptyset V_c}$ زیاد و مقدار DR_u کم می‌باشد. در این ناحیه باید از میلگرد برشی حداقل استفاده شود.

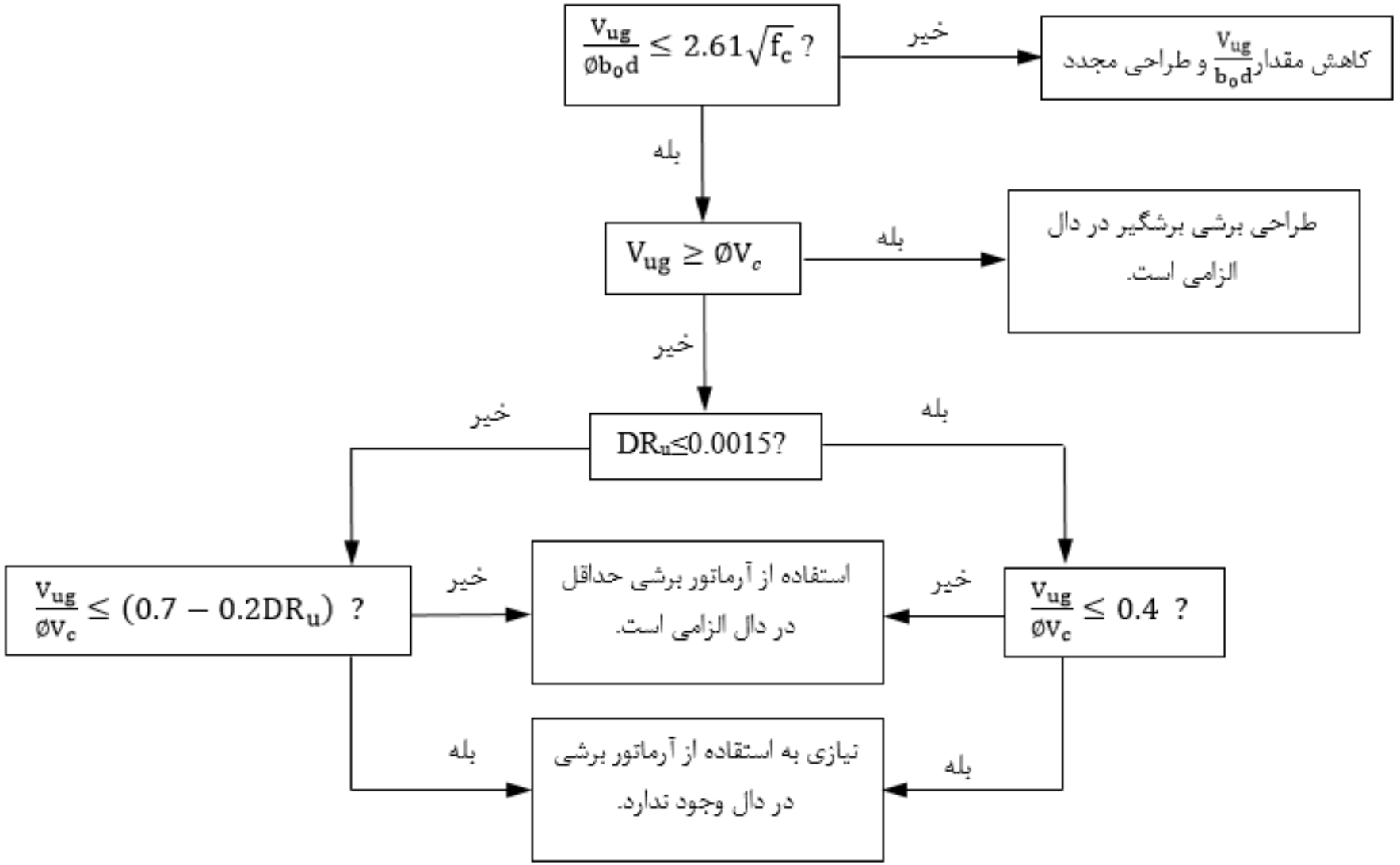
ناحیه ۲ : هر دو مقدار $\frac{V_{ug}}{\emptyset V_c}$ و DR_u زیاد می‌باشد. در این ناحیه باید طراحی برشی انجام شود.

ناحیه ۳ : مقدار $\frac{V_{ug}}{\emptyset V_c}$ کم و مقدار DR_u زیاد می‌باشد. در این ناحیه باید از میلگرد برشی حداقل استفاده شود.

ناحیه ۴ : هر دو مقدار $\frac{V_{ug}}{\emptyset V_c}$ و DR_u کم می‌باشد. در این ناحیه نیازی به میلگرد برشی در دال وجود ندارد.

@rjavanmardi

طراحی برش پانچ لرزه ای دال بر اساس ACI-421

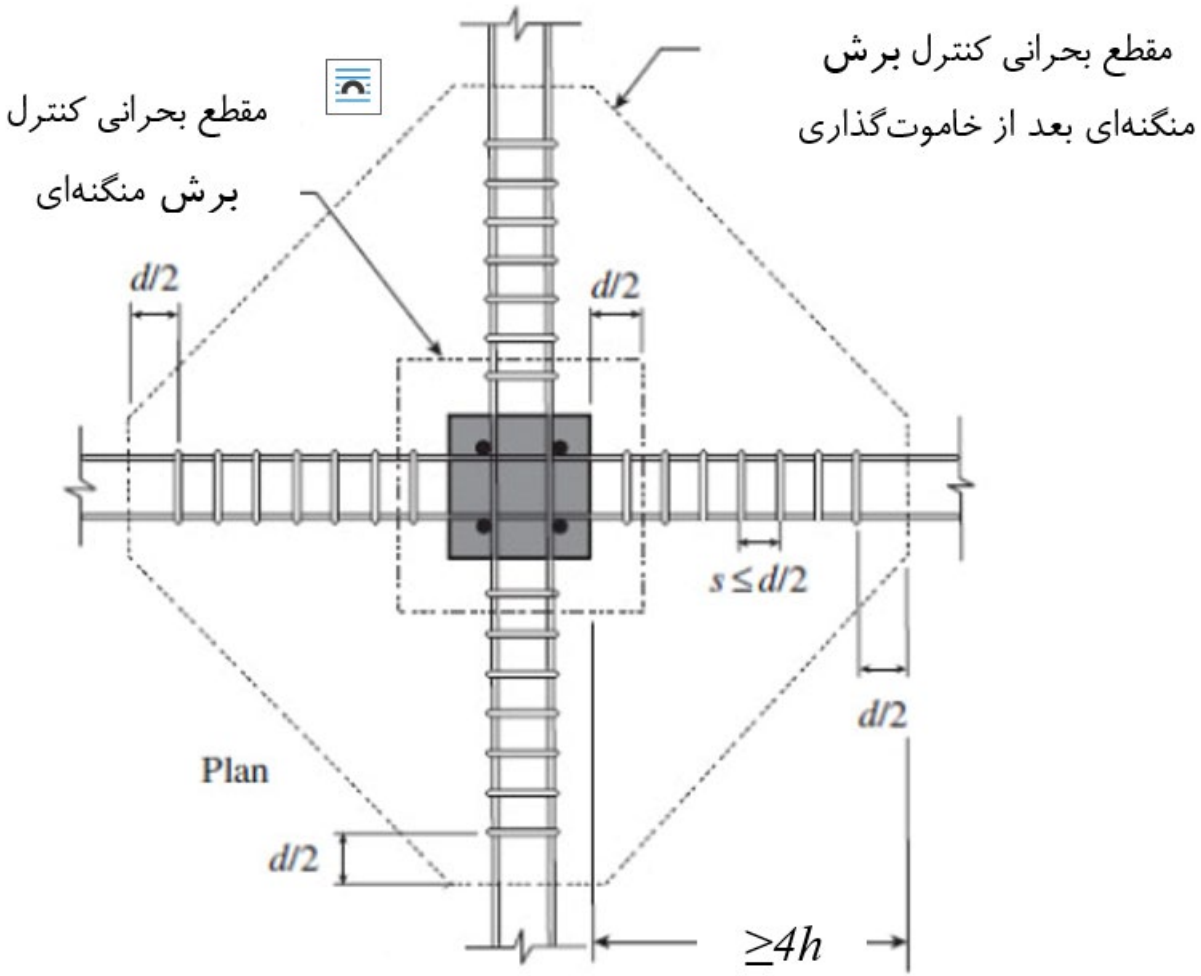


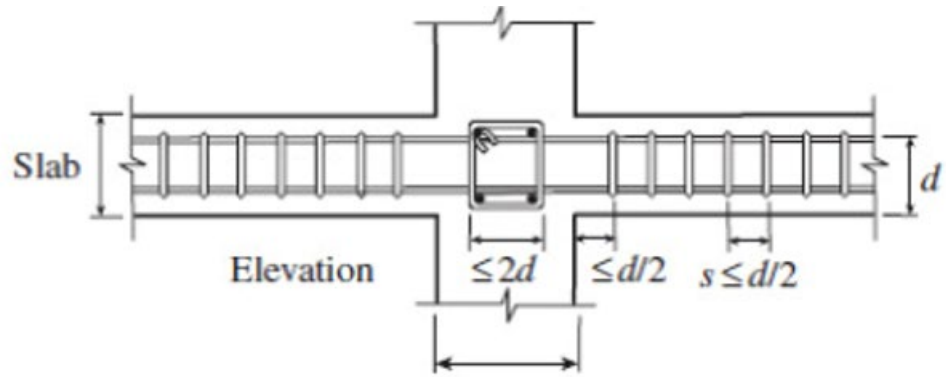
الگوریتم کنترل برش پانچ در دال‌ها (واحد kg , cm)

@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال

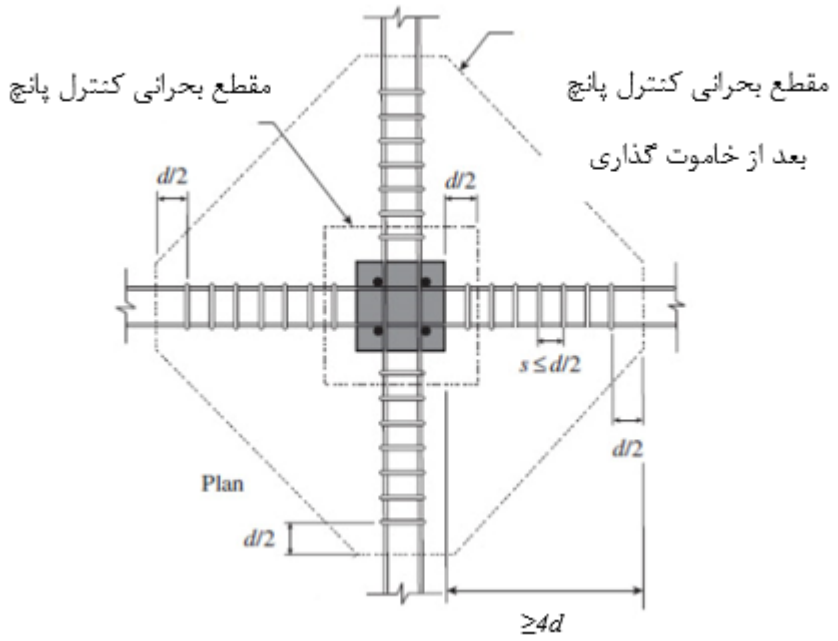
۹-۲۰-۱۰-۴-۳ در مقطع بحرانی دال، آرماتورهای برشی مورد نیاز باید رابطه‌ی $v_s \geq 0.29\sqrt{f'_c}$ را تامین نموده و حداقل تا ۴ برابر ضخامت دال از بر تکیه گاه در مجاورت مقطع بحرانی دال ادامه داشته باشند.

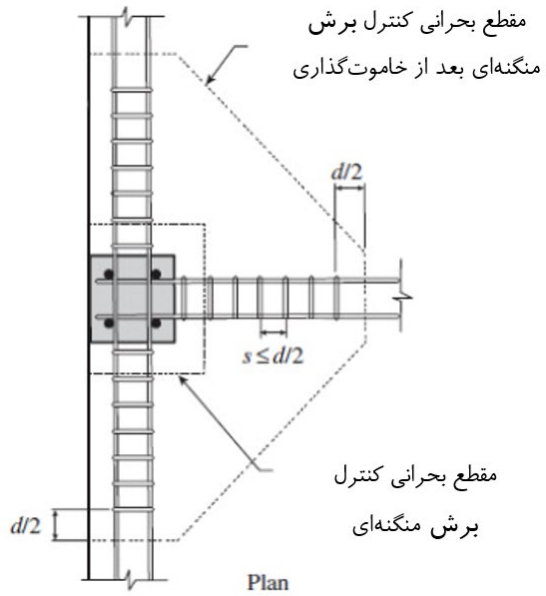




@rjavanmardi

طراحی لرزه ای دال





$$f_c' = 250\frac{kg}{cm^2}\ f_y = 4000\frac{kg}{cm^2}$$

کل خاموت لازم در محیط بحرانی	b_0 (cm) محیط بحرانی کنترل پانچ
8ϕ12@10cm	250
10ϕ12@10cm	300
13ϕ12@10cm	400

@rjavanmardi

با تشکر از توجه شما