



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

Version: 1.0 نسخه انتشار: پاییز ۹۷

{ این جزوه برای استفاده در کلاس‌های طراحی ساختمان‌های بتنی و مباحث مرتبط تهیه شده است و استفاده تنها از آن ممکن است چندان گویا نباشد.

{ این جزوه به مرور تکمیل خواهد شد.

{ سعی شده در این جزوه مباحث مهم در ارتباط با طراحی براساس ساختمان‌های بتنی با تاکید بر ضوابط لرزه‌ای بحث شود. در صورت وجود خطا در این نوشتار، لطفاً با اطلاع رسانی، بنده را در بهبود کیفیت آموزشی آن همراهی نمایید.

انتشار غیرتجاری این جزوه با ذکر منبع بلامانع است.

برای دریافت آخرین نسخه از این جزوه و سایر آموزش‌ها می‌توانید عضو کانال تلگرامی [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel) شوید.



۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)



برای دریافت آخرین نسخه از آموزش‌ها می‌توانید عضو کانال تلگرامی [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel) شوید.

۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

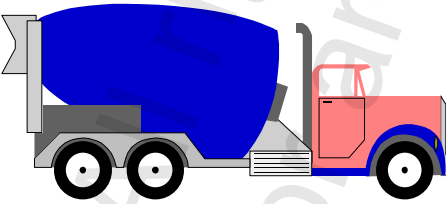
چند تبدیل واحد مهم

طول	1 m = 3.2808 ft = 1.0936 yd 1 cm = 0.3937 in. 1 in. = 2.54 cm	1 m = 3.2808 ft = 1.0936 yd 1 in. = 2.54 cm 1 mile = 0.869 nautical mile = 1.6093 km
مساحت	1 m ² = 10.7643 ft ² 1 km ² = 0.3861 mi ²	1 ft ² = 0.0929 m ² 1 mi ² = 2.59 km ²
حجم	1 L = 0.2642 gal 1 ml = 1 cm ³	1 gal = 4 qt = 3.7854 L 1 ft ³ = 7.481 gal = 28.32 L
جرم	1 g = 0.0353 oz 1 kg = 2.2046 lb	1 oz = 28.3495 g 1 lb = 0.4536 kg
نیرو	1 lb = 0.4536 kg	1 lbf = 4.4482 N

صفحه ۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فهرست مطالب



- ① ↵ کلیات
- ② ↵ مشخصات بتن
- ③ ↵ مشخصات میلگرد و ضوابط میلگرد گذاری
- ④ ↵ اصول تحلیل و طراحی
- ⑤ ↵ طراحی برای خمش، برش، نیروی محوری و پیش
- ⑥ ↵ طراحی دیوار
- ⑦ ↵ طراحی پی
- ⑧ ↵ ضوابط لرزه ای سازه های بتنی

صفحه ۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

معرفی چند منبع مهم



ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (ACI 318R-14) + Subject 9

Subject 9

مبحث نهم
مقررات ملی ساختمان
طرح و اجرای ساختمانهای بتن آرمه
۱۳۹۲

ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

Subject 9

صفحه ۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

Subject 6



Subject 6

Subject 6

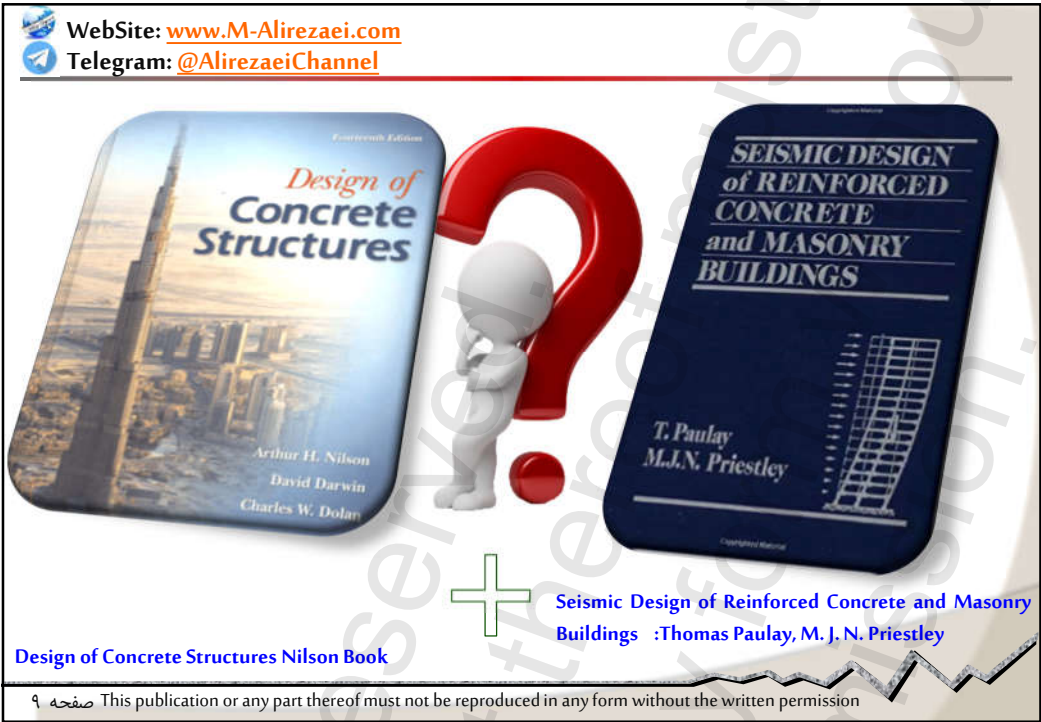
مبحث ششم
مقررات ملی ساختمان
بارهای وارد بر ساختمان
۱۳۹۲

ASCE 7-16
Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures

Subject 6

Subject 6

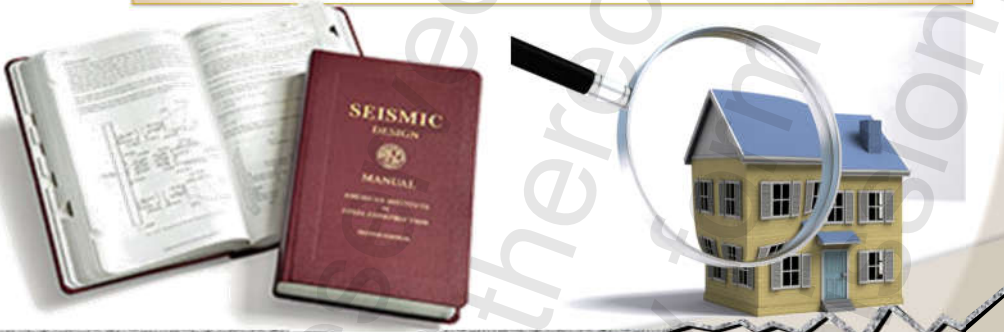
صفحه ۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

دروس و اطلاعات پیش نیاز برای فهم مطالب:

- ۱- آشنایی با اصول تحلیل سازه‌ها و مقاومت مصالح
- ۲- اصول طراحی سازه‌های بتن آرمه در حد مقطع کارشناسی
- ۳- آشنایی با بارگذاری لرزه‌ای سازه‌ها



۱۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

کلیات

یک سازه بتنی را می‌توان به اجزای زیر تقسیم نمود:

- ۱- تیرها (Beams): المان‌های افقی که بارهای جانبی و ثقلی را تحمل می‌کنند.
- ۲- دال‌ها (Slabs): المان‌های صفحه‌ای افقی که بارهای ثقلی را تحمل می‌کنند.
- ۳- ستون‌ها (Columns): المان‌های قائم که عموماً تحت نیروی محوری و لنگر خمشی ناشی از بارهای ثقلی و جانبی هستند.
- ۴- دیوارها (Walls): المان‌های صفحه‌ای قائم که عموماً بارهای جانبی را تحمل می‌کنند.
- ۵- پی (foundations): المان‌های نواری یا گسترده که برای انتقال بارهای تحمیل شده از طرف دیوار یا ستون به خاک بکار برده می‌شوند.

۱۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

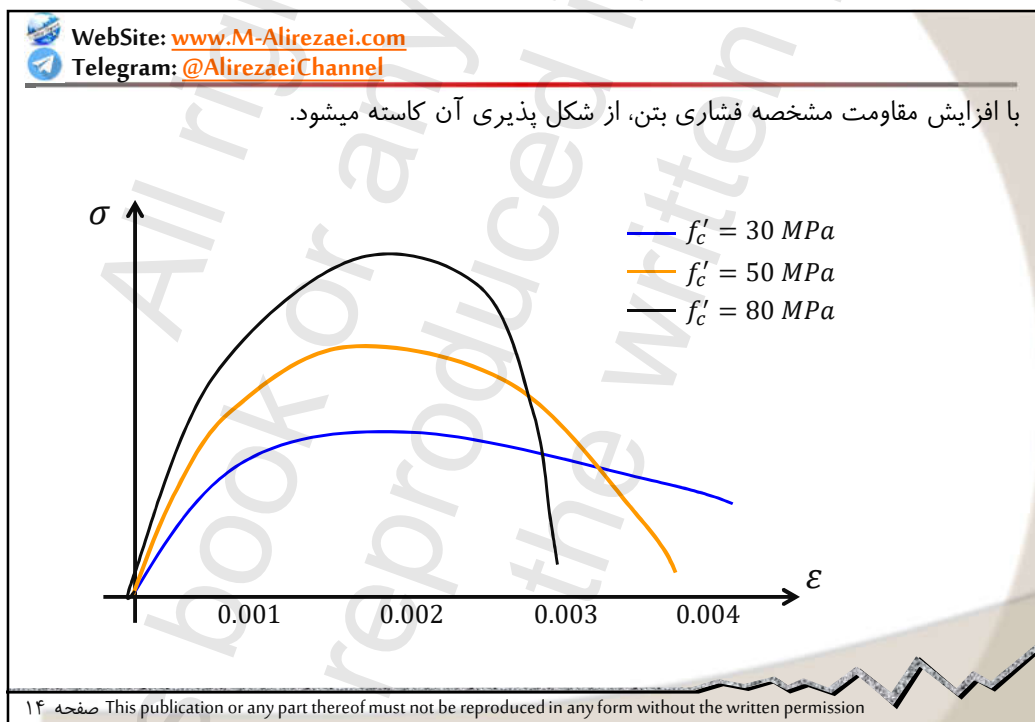
مشخصات بتن

۱- مقاومت فشاری (Compressive strength):

مقاومت فشاری یکی از مهمترین خواص بتن است. بصورت مقاومت فشاری نمونه استوانه‌ای شکل به ارتفاع ۳۰ و قطر ۱۵ در سن ۲۸ روز گفته می‌شود. گاهی اوقات از نمونه‌های مکعبی ۱۵ یا ۱۰ سانتیمتری نیز استفاده می‌شود.



صفحه ۱۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- مقاومت کششی (Tensile strength):

مقاومت کششی بتن حدود یک دهم مقاومت فشاری بوده و در محاسبات معمولاً از آن صرف نظر می‌شود. برای تعیین این مقاومت معمولاً از آزمایش برزلی استفاده می‌کنند. استوانه بتنی به ابعاد ۳۰ در ۱۵ به پهلو تحت بار با سرعت ثابت ۰.۷ تا ۱.۴ Mpa/sec وارد می‌شود تا نمونه شکسته شود. تنش فشاری ایجاد شده، تنش کششی متعادل ایجاد می‌کند. این روش مقاومت کششی را حدود ۱۰٪ بیشتر برآورد می‌کند. مقاومت کششی از رابطه زیر تعیین می‌شود که در آن P مقدار نیرو در لحظه شکست نمونه است.

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi l D} = \frac{2P}{\pi \times 30 \times 15}$$


۱۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- ضریب ارتجاعی (Modulus of elasticity):

به صورت شیب خط مماس بر منحنی تنش کرنش که از مبدا به نقطه‌ای متناظر با تنش ۰.۴۵f_c وصل شده باشد، گفته می‌شود. طبق آیین‌نامه ACI318-14 بصورت زیر تعیین می‌شود.

19.2.2 Modulus of elasticity

19.2.2.1 Modulus of elasticity, E_c, for concrete shall be permitted to be calculated as (a) or (b):

(a) For values of w_c between 1400 and 2500 kg/m³

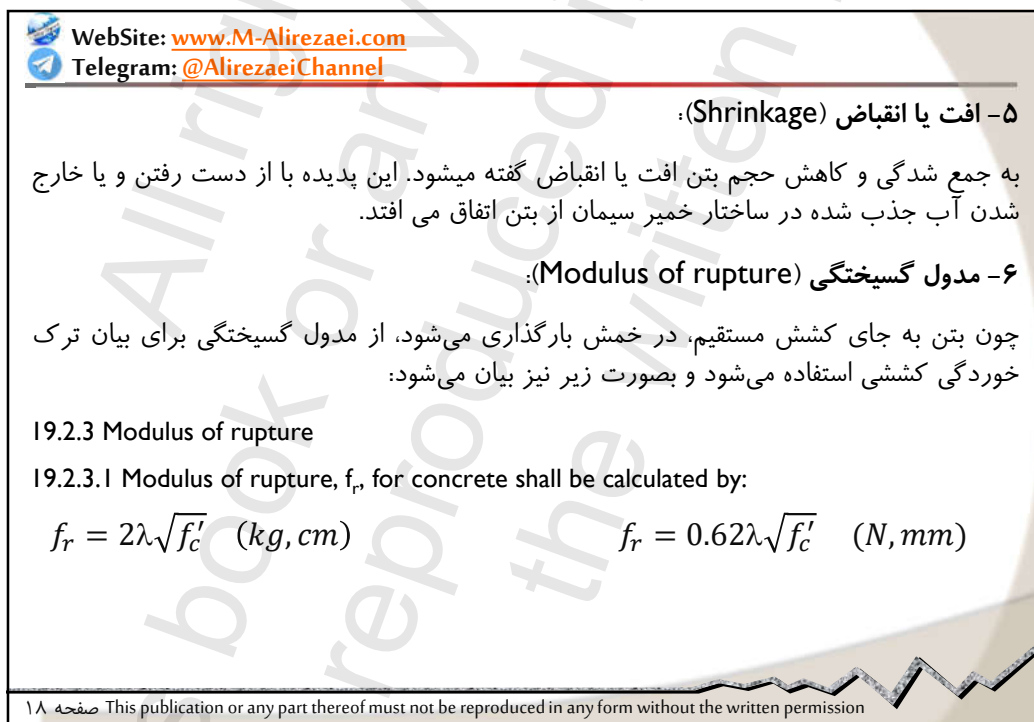
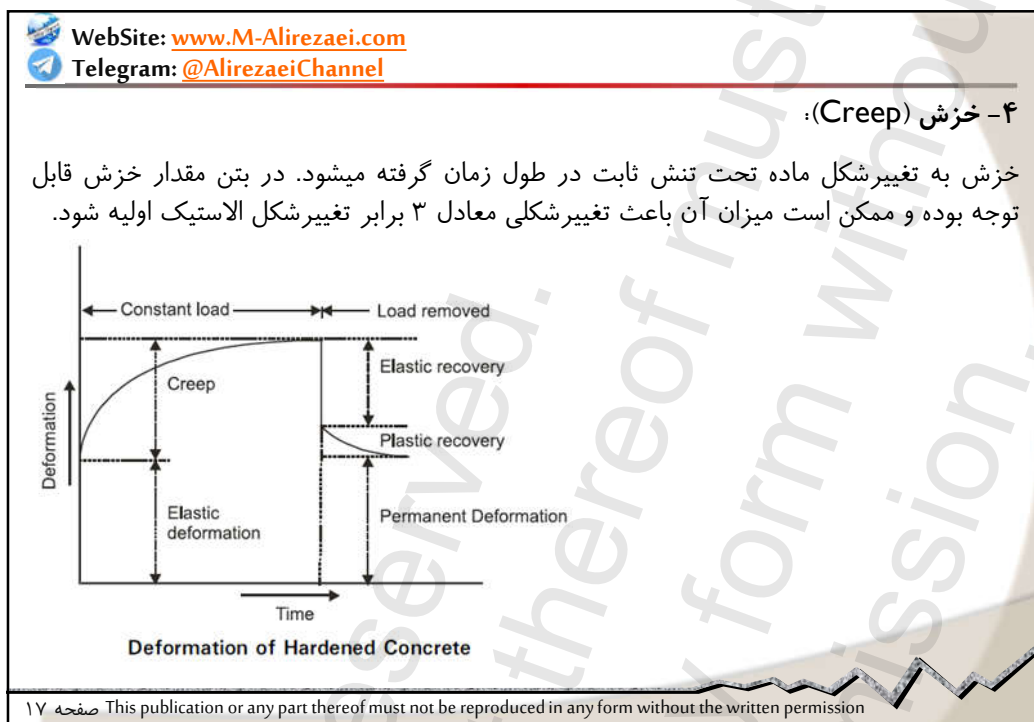
$$E_c = w_c^{1.5} 0.14 \sqrt{f'_c} \quad (kg, cm) \quad E_c = w_c^{1.5} 0.043 \sqrt{f'_c} \quad (N, mm)$$

(b) For normalweight concrete

$$E_c = 15100 \sqrt{f'_c} \quad (kg, cm) \quad E_c = 4700 \sqrt{f'_c} \quad (N, mm)$$

Studies leading to the expression for modulus of elasticity of concrete are summarized in Pauw (1960), where E_c is defined as the slope of the line drawn from a stress of zero to a compressive stress of 0.45f_c'

۱۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مشخصات میلگردها

۱- ضریب ارتجاعی (Modulus of elasticity):

برای میلگردهای معمولی (غیر پیش تنیده) برابر $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ در نظر گرفته می شود.

20.2.2.2 Modulus of elasticity, Es, for nonprestressed bars and wires shall be permitted to be taken as $2 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۹

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- تنش تسلیم (Yield strength):

استفاده از میلگردهای AII و AII در تمام سازه ها و استفاده از میلگرد AIV تنها در قاب های با شکل پذیری متوسط و معمولی (به غیر از شکل پذیری ویژه) مجاز است.

- استفاده از میلگرد S240 فقط به عنوان مارپیچ مجاز است.



Category	F_u (Mpa)	F_y (Mpa)	Name	
فاقد آج	360	240	AI	S240
آجدار مارپیچ	500	340	AII	S340
آجدار جناقی	600	400	AIII	S400
آجدار دوکی	650	520	AIV	S500

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۰

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

در استاندارد ASTM، دو میلگرد زیر بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند:

Grade 40: $f_y : 40 \text{ ksi} \approx 2800 \text{ kg/cm}^2$
Grade 60: $f_y : 60 \text{ ksi} \approx 4200 \text{ kg/cm}^2$

گرید ۴۰ در پروژه های کوچک بیشتر استفاده می شود و گرید ۶۰ در پروژه های بزرگتر.

در استاندارد ASTM، میلگردها با علامت # نشان داده می شود و عدد بعد از آن تقسیم بر ۸، برابر قطر میلگرد بر حسب اینچ است. به عنوان مثال:

diameter of a #10 bar is $10 \times (1/8) = 1.25 \text{ in.}$

صفحه ۲۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

ASTM Standard Bar Sizes and Areas

Bar	Diameter (in)	Diameter (cm)	Area (in ²)	Area (cm ²)
#3	0.375	0.95	0.11	0.71
#4	0.5	1.27	0.20	1.27
#5	0.625	1.59	0.31	1.98
#6	0.75	1.91	0.44	2.85
#7	0.875	2.22	0.60	3.88
#8	1	2.54	0.79	5.06
#9	1.125	2.86	0.99	6.41
#10	1.25	3.18	1.23	7.91
#11	1.375	3.49	1.48	9.58
#14	1.75	4.45	2.40	15.51
#18	2.25	5.72	3.97	25.64

صفحه ۲۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

قلاب‌های استاندارد میلگرد

هر یک از خم‌های شرح داده شده در زیر، قلاب استاندارد تلقی می‌شوند.

الف) برای میلگردهای اصلی:

- خم نیم‌دایره (قلاب ۱۸۰ درجه) به اضافه حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد.
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه طول مستقیم برابر حداقل $12d_b$ در انتهای آزاد میلگرد.

۲۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com

Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

Table 25.3.1—Standard hook geometry for development of deformed bars in tension

Type of standard hook	Bar size	Minimum inside bend diameter	Straight extension [1] ℓ_{ext} , cm.	Type of standard hook
90-degree hook	میلگرد ۱۰ تا ۲۵	$6d_b$	$12d_b$	
	میلگرد ۲۸ تا ۳۴	$8d_b$		
	میلگرد ۳۶ تا ۵۵	$10d_b$		
180-degree hook	میلگرد ۱۰ تا ۲۵	$6d_b$	بیشتر از $4d_b$ یا ۶۰ میلیمتر	
	میلگرد ۲۸ تا ۳۴	$8d_b$		
	میلگرد ۳۶ تا ۵۵	$10d_b$		

[1] A standard hook for deformed bars in tension includes the specific inside bend diameter and straight extension length.

۲۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

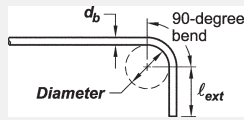
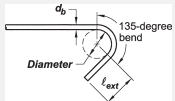
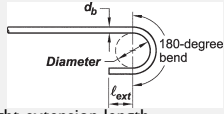
(ب) برای میلگردهای خاموت و سنجاقی:

- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $6d_b$ به طول مستقیم ولی نه کمتر از ۷۵ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر.
- خم ۹۰ درجه (گونیا) به اضافه حداقل $12d_b$ به طول مستقیم در انتهای آزاد میلگرد، برای میلگردهای به قطر بیشتر از ۱۶ میلیمتر و کمتر از ۲۵ میلیمتر.
- خم ۱۳۵ درجه (چنگک) به اضافه حداقل $6d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد.
- خم ۱۸۰ درجه به اضافه حداقل $4d_b$ طول مستقیم ولی نه کمتر از ۶۰ میلیمتر در انتهای آزاد میلگرد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Table 25.3.2—Minimum inside bend diameters and standard hook geometry for stirrups, ties, and hoops

Type of standard hook	Bar size	Minimum inside bend diameter, cm.	Straight extension [1] ℓ_{ext} , cm.	Type of standard hook
90-degree hook	به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر	$4d_b$	بیشتر از $6d_b$ و نه کمتر از ۷۵ میلیمتر	
	بیشتر از ۱۶ میلیمتر	$6d_b$	$12d_b$	
135-degree hook	به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر	$4d_b$	بیشتر از $6d_b$ و نه کمتر از ۷۵ میلیمتر	
	بیشتر از ۱۶ میلیمتر	$6d_b$		
180-degree hook	به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر	$4d_b$	بیشتر از $4d_b$ و نه کمتر از ۶۰ میلیمتر	
	بیشتر از ۱۶ میلیمتر	$6d_b$		

[1] A standard hook for deformed bars in tension includes the specific inside bend diameter and straight extension length.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طول گیرایی میلگردها در کشش

طول گیرایی میلگردها نیازی نیست در ضریب کاهش مقاومت ضرب شود.

25.4.1.3 Development lengths do not require a strength reduction factor ϕ .

در تعیین طول مهاری مقدار جذر مقاومت مشخصه بتن از ۲۷ کیلوگرم برسانتیمتر مربع بیشتر نشود.

25.4.1.4 The values of $\sqrt{f'_c}$ used to calculate development length shall not exceed 27 kg/cm².

طول گیرایی یک میلگرد در کشش، l_d باید حداقل برابر ۳۰ سانتیمتر یا مقدار بدست آمده از رابطه زیر باشد:

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c+k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b > 30 \text{ cm}$$

۲۷ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار جمله محصور شدگی رابطه یا $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ نباید بیشتر از ۲.۵ در نظر گرفته شود. همچنین

$$k_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn}$$

A_{tr} = total cross-sectional area of all transverse reinforcement within spacing s that crosses the potential plane of splitting through the reinforcement being developed, cm².

که در آن A_{tr} سطح مقطع کل آرماتورهای عرضی قرار گرفته با فاصله s از یکدیگر در امتداد عمود بر سفره میلگردهایی که مهار یا وصله می‌شوند. همچنین n تعداد میلگردهایی است که در یک محل وصله یا مهار می‌شوند.

برای سادگی حتی در صورتی که آرماتورهای عرضی حضور داشته باشند، میتوان، مقدار K_{tr} را برابر صفر در نظر گرفت.

It shall be permitted to use $K_{tr} = 0$ as a design simplification even if transverse reinforcement is present.

۲۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezai.com
Telegram: @AlirezaiChannel

مقدار α (ضریب موقعیت میلگردها) برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰ سانتیمتر بتن تازه در زیر آنها، در ناحیه طول گیرایی، ریخته میشود برابر ۱.۳ و برای سایر میلگردها برابر یک است.

مقدار β یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده اند و در آنها ضخامت پوشش بتنی روی میلگردها کمتر از $3d_b$ و فاصله آزاد میلگردها کمتر از $6d_b$ است، برابر ۱.۵ و برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند برابر ۱.۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده‌اند برابر یک است.

مقدار γ یا ضریب قطر میلگرد برای میلگردهای با قطر کمتر از ۲۰ میلی‌متر برابر ۰.۸ و برای میلگردهای با قطر بیش از ۲۰ میلی‌متر برابر یک است.

مقدار c ، ضریب فاصله میلگردها از یکدیگر و از رویه قطعه برابر با کوچکترین دو مقدار فاصله مرکز میلگرد از نزدیکترین رویه بتن و نصف فاصله مرکز تا مرکز میلگردهایی است در یک محل قطع و یا وصله می‌شوند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۹

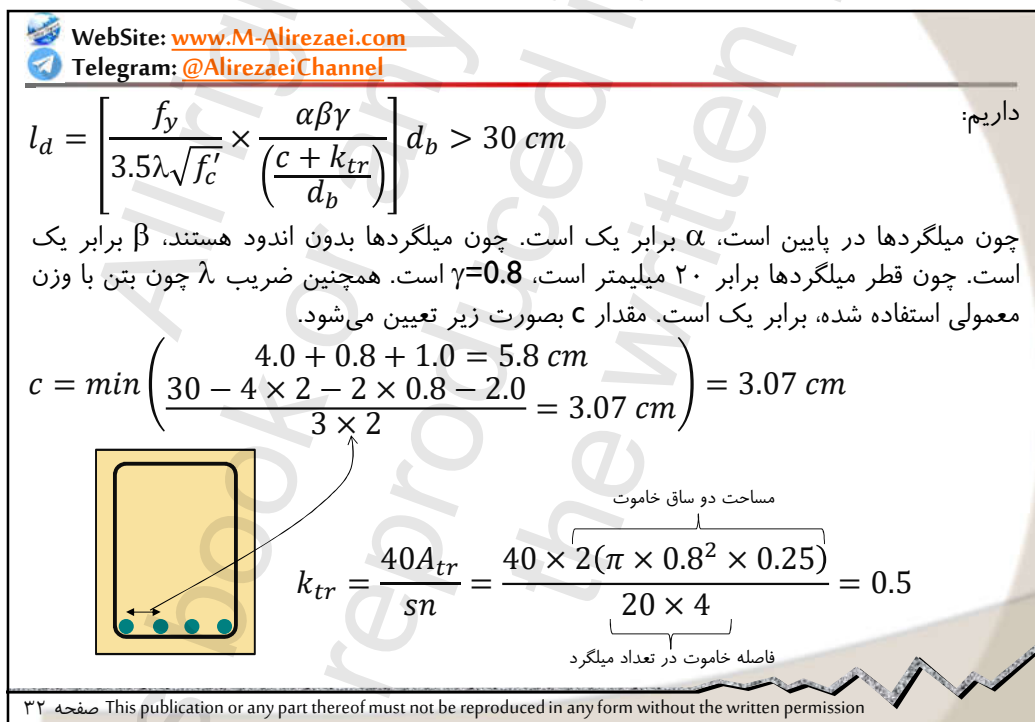
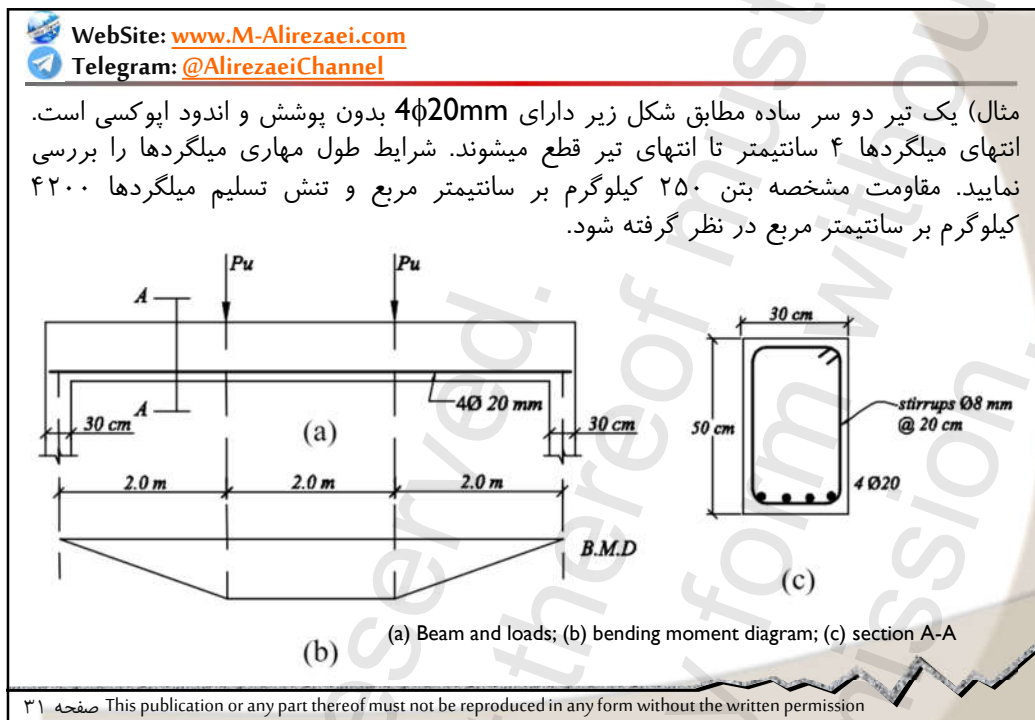
WebSite: www.M-Alirezai.com
Telegram: @AlirezaiChannel

برای سهولت چنانچه فاصله آزاد میلگردها و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد و حداقل آرماتور برشی در ناحیه طول گیرایی به کار برده شده باشد و یا اینکه فاصله آزاد میلگردها کمتر از $2d_b$ و پوشش روی آنها کمتر از d_b نباشد، مقدار $\frac{c+k_{tr}}{d_b}$ را میتوان برابر ۱.۵ در نظر گرفت.

لازم نیست حاصلضرب $\beta \cdot \alpha$ بیشتر از ۱.۷ شود.

مثال) طول گیرایی میلگردهای پایینی یک تیر با قطر ۲۵ را تعیین نمایید. نوع میلگردها AIII و مقاومت مشخصه بتن ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۳۰



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

بنابراین:

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{3.07 + 0.5}{2} = 1.785$$

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b = \left[\frac{4200}{3.5 \times 1.0\sqrt{250}} \times \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.8}{1.785} \right] 2.0$$

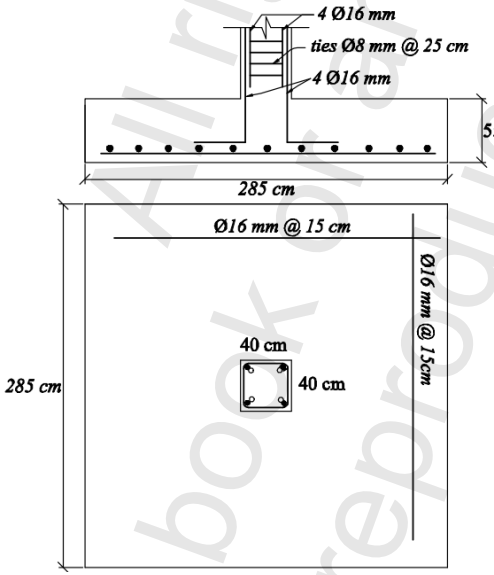
$$= 68.03 > 30 \text{ cm}$$

طول مهاري موجود:

Available development length = $200 + 15 - 4 = 211 \text{ cm} > 68.03 \text{ cm}$ O.K

۳۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



مثال) برای پی منفرد نشان داده شده در شکل، شرایط طول مهاري ميلگردها را بررسی نماييد. مقدار کاور بتن 7.5 cm، مقاومت مشخصه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتيمتر مربع و تنش تسليم ميلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتيمتر مربع در نظر گرفته شود.

۳۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

چون میلگردها در پایین است، α برابر یک است. چون میلگردها بدون اندود هستند، β برابر یک است. چون قطر میلگردها برابر ۱۶ میلیمتر است، $\gamma=0.8$ است. همچنین ضریب λ چون بتن با وزن معمولی استفاده شده، برابر یک است. مقدار c بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$c = \min \left(\begin{matrix} 7.5 + 0.8 = 8.3 \text{ cm} \\ \frac{15}{2} = 7.5 \text{ cm} \end{matrix} \right) = 7.5 \text{ cm}$$

چون خاموتی استفاده نشده است، $K_{tr}=0$ در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{7.5 + 0}{1.6} = 4.68 > 2.5 \Rightarrow \frac{c + k_{tr}}{d_b} = 2.5$$

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b = \left[\frac{4200}{3.5 \times 1.0\sqrt{250}} \times \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.8}{2.5} \right] 1.6$$

$$= 38.86 > 30 \text{ cm}$$

طول مهارتی موجود:

$$\text{Available length} = \frac{285 - 40}{2} - 7.5 = 115 \text{ cm} > 38.86 \text{ cm} \quad Ok$$

صفحه ۳۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طول گیرایی میلگردها در فشار

طول گیرایی میلگردها در فشار کمتر از مقدار طولی گیرایی میلگردها در کشش است. این طول با l_{dc} نمایش داده می‌شود. طول گیرایی یک میلگرد در فشار باید حداقل برابر ۲۰ سانتیمتر یا مقدار بدست آمده از رابطه زیر باشد:

$$l_{dc} = \frac{0.075f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} d_b \geq 0.0044f_y d_b > 20 \text{ cm}$$

صفحه ۳۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش

طول گیرایی میلگردهای قلابدار در کشش، l_{dh} باید حداقل برابر مقدار رابطه زیر بوده و در هیچ حالت از $8d_b$ یا 150 میلیمتر کمتر اختیار نشود.

$$l_{dh} = \left(\frac{0.075 \times f_y \times \beta \times \gamma \times k_1 \times k_2}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$> 15 \text{ cm} \text{ or } 8d_b$

ضرایب β و γ قبلا معرفی شده‌اند. ضریب k_1 در تمامی موارد برابر یک منظور میشود مگر در مواردی که در قلابهای با خم 180° درجه پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، مساوی یا بیشتر از 65 میلیمتر و در قلاب های با خم 90° درجه پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب به ترتیب مساوی یا بیشتر از 65 و 50 میلیمتر باشد. در این موارد این ضریب را میتوان برابر 0.7 در نظر گرفت. ضریب k_2 در تمامی موارد برابر یک بوده مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت های با فاصله مساوی یا کمتر از $3d_b$ محصور شده باشند که در این حالت میتوان آن را برابر 0.8 در نظر گرفت.

۳۷ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

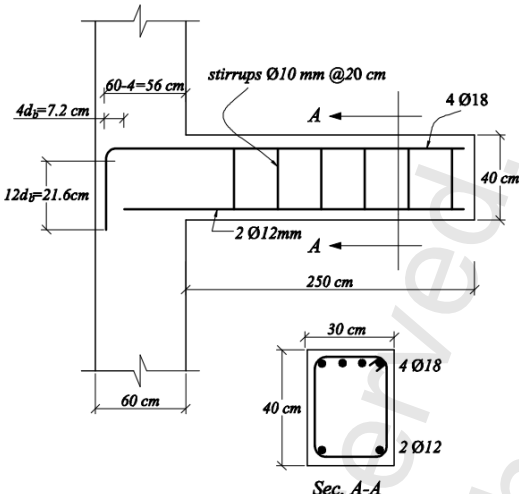
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

اثر اضافه آرماتور در طول گیرایی بدون قلاب و با قلاب

در مواردی که آرماتور بکار رفته در مقطع بیشتر از آرماتور لازم براساس تحلیل سازه باشد، می‌توان روابط ارائه شده برای طول گیرایی برای کشش ها و رابطه طول گیرایی با قلاب در کشش l_{dh} را در نسبت آرماتور لازم به آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد ساختمان‌های با شکل‌پذیری ویژه باید برابر یک منظور شود.

۳۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



مثال) برای اتصال نشان داده شده در شکل روبرو، آرماتورهای بالا برای تنش خمشی بر ستون طراحی شده‌اند. مهار آرماتورهای فوقانی با قلاب ۹۰ درجه را تعیین نمایید.

مقاومت مشخصه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

۳۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

چون میلگردها در بالا است، α برابر ۱.۳ است. چون میلگردها بدون اندود هستند، β برابر یک است. چون قطر میلگردها برابر ۱۸ میلیمتر است، $\gamma = 0.8$ است. همچنین ضریب λ چون بتن با وزن معمولی استفاده شده، برابر یک است. مقدار c بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$c = \min \left(\frac{4.0 + 1.0 + 0.9 = 5.9 \text{ cm}}{3 \times 2} = 3.03 \text{ cm} \right) = 3.03 \text{ cm}$$

$$k_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} = \frac{40 \times 2(\pi \times 1.0^2 \times 0.25)}{20 \times 4} = 0.785$$

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{3.03 + 0.785}{1.8} = 2.12 < 2.5$$

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b = \left[\frac{4200}{3.5 \times 1.0\sqrt{250}} \times \frac{1.3 \times 1.0 \times 0.8}{2.12} \right] 1.8$$

$$= 67.02$$

۴۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طول مهاري تامين شده در انتهای آزاد تیر:

Available development length at free end = $250 - 4 = 246 \text{ cm} > 67.02 \text{ cm}$

بنابراین مقدار طول مهاري بدون قلاب تامين شده نيازی به قلاب نیست.

طول مهاري تامين شده در داخل ستون:

Available development length at column side = $60 - 4 = 56 \text{ cm} < 67.02 \text{ cm}$.

بنابراین مقدار طول مهاري بدون قلاب تامين نشده و نياز به قلاب استاندارد در داخل ستون است.

$$l_{dh} = \left(\frac{0.075 \times f_y \times \beta \times \gamma \times k_1 \times k_2}{\lambda \sqrt{f'_c}} \right) d_b$$

$$= \left(\frac{0.075 \times 4200 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0 \times 1.0}{1.0 \times \sqrt{250}} \right) 1.8 = 35.86 \text{ cm} > 15 \text{ cm or } 8d_b$$

طول مهاري تامين شده ۵۶ سانتيمتر بوده که کافی است.

۴۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش های وصله میلگرد

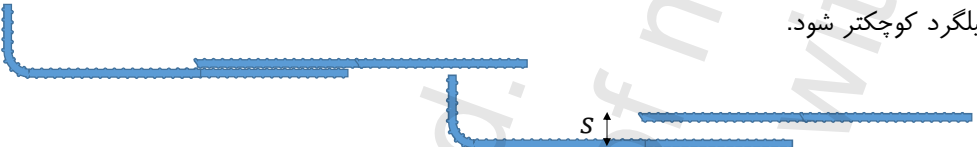
به سبب محدودیت در طول میلگرد و محدودیت اجرایی، نیاز به وصله وجود دارد. انواع روش های وصله آرماتور عبارتند از:

۱- استفاده از وصله پوششی: متداولترین روش بوده و در اکثر موارد اقتصادی است.

۴۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در وصله پوششی، میلگردهای وصله شده میتوانند به هم متصل یا با فاصله باشند. در اعضای خمشی، فاصله محور تا محور دو میلگرد که با وصله پوششی بهم متصل میشوند، نباید بیشتر از یک پنجم طول پوششی مورد نیاز یا ۱۵ سانتیمتر باشد. در سایر اعضا این فاصله نباید بیشتر از ۵ برابر قطر میلگرد کوچکتر شود.



* محل وصله غیرتماسی باید با میلگردهای عرضی عمود بر میلگردهای وصله شونده محصور گردد.

* وصله پوششی فقط برای میلگردهای با قطر کمتر از ۳۶ میلیمتر مجاز است.

* کاهش طول وصله به واسطه تامین میلگرد بیشتر از مقدار محاسباتی مجاز نیست.

25.5.1.4 Reduction of development length in accordance with 25.4.10.1 is not permitted in calculating lap splice lengths.

۴۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- استفاده از وصله جوشی: که با جوش دادن دو میلگرد به یکدیگر انجام میشود. اتصال جوشی نوک به نوک فقط در شرایط کارخانه و در صورتی مجاز است که قطر میلگرد از ۱۰ میلیمتر کمتر نبوده و نسبت سطح مقطع دو میلگرد نیز از ۱.۵ تجاوز نکند.



۴۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- استفاده از وصله مکانیکی: که با بکار بردن وسایل مکانیکی خاص حاصل می‌شود.



۴۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

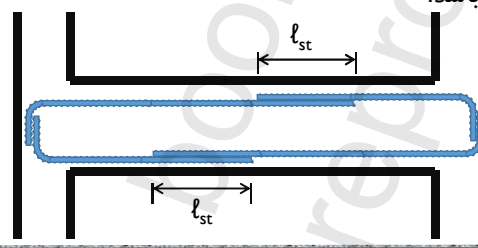
طول وصله پوششی میلگردهای کششی

در وصله پوششی، طول پوشش باید حداقل برابر با $1.3l_d$ باشد. تنها در مواردی که دو شرط زیر بطور توأم تأمین شود، طول پوششی را میتوان برابر l_d منظور نمود:

الف) مقدار آرماتور موجود در ناحیه طول پوشش حداقل به اندازه دو برابر مقدار مورد نیاز باشد.

ب) حداکثر نصف آرماتورها موجود در مقطع در ناحیه طول پوشش وصله شوند.

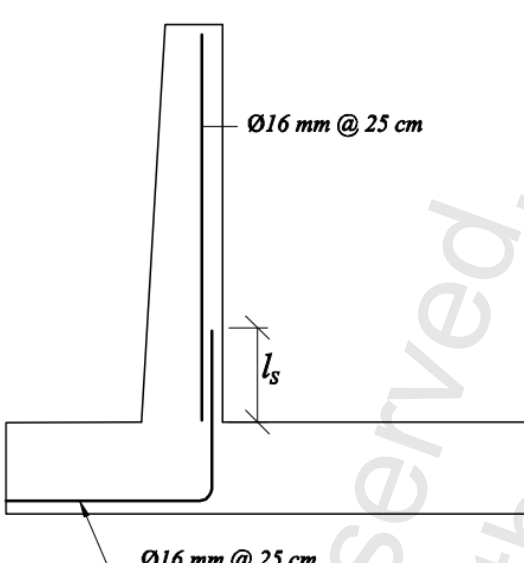
- اگر دو میلگرد با قطرهای نامساوی به هم وصله شوند، طول وصله مورد نیاز باید برابر بزرگترین l_d میلگرد با قطر بزرگتر و l_{st} میلگرد با قطر کوچکتر باشد.



25.5.2.2 If bars of different size are lap spliced in tension, l_{st} shall be the greater of l_d of the larger bar and l_{st} of the smaller bar

۴۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



مثال) برای دیوار حائل نشان داده شده در شکل زیر، برای اتصال آرماتورهای دیوار به آرماتورهای انتظار، نیاز به وصله پوششی است. در صورتی که مقطع بحرانی خمش دیوار بر روی پی باشد، طول وصله مورد نیاز را محاسبه نمایید.

مقاومت مشخصه بتن ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

۴۷ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

چون میلگردها قائم هستند، α برابر ۱.۰ است. چون میلگردها بدون اندود هستند، β برابر یک است. چون قطر میلگردها برابر ۱۶ میلیمتر است، $\gamma=0.8$ است. همچنین ضریب λ چون بتن با وزن معمولی استفاده شده، برابر یک است. مقدار c بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$c = \min \left(\begin{array}{l} 7.5 + 0.8 = 8.3 \text{ cm} \\ \frac{25}{2} = 12.5 \text{ cm} \end{array} \right) = 8.3 \text{ cm}$$

چون خاموتی استفاده نشده است، $K_{tr}=0$ در نظر گرفته می‌شود.

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{8.3 + 0}{1.6} = 5.18 > 2.5 \Rightarrow \frac{c + k_{tr}}{d_b} = 2.5$$

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b = \left[\frac{4200}{3.5 \times 1.0\sqrt{300}} \times \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.8}{2.5} \right] 1.6$$

$$= 35.47 \text{ cm}$$

بنابراین طول وصله مورد نیاز برابر است با:

Required splice length $l_s = 35.47 \times (1.3) = 46.11 \text{ cm}$, taken as 50 cm.

۴۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

طول وصله پوششی میلگردهای فشاری

طول وصله پوششی برای میلگردهای فشاری برای فولادهای با تنش تسلیم کمتر از ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع، برابر $0.0073f_y d_b$ و برای میلگردهای با تنش تسلیم بیشتر، برابر $(0.013f_y - 24)d_b$ است. در هر حالت طول وصله نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

اگر مقاومت مشخصه بتن کمتر از ۲۱۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع باشد، طول وصله باید یک سوم افزایش داده شود.

5.5.5.1 Compression lap splice length ℓ_{sc} of No. 11 or smaller deformed bars in compression shall be calculated in accordance with (a) or (b):

(a) For $f_y \leq 4200 \text{ kg/cm}^2$: ℓ_{sc} is the greater of $0.0073f_y d_b$ and 30 cm.

(b) For $f_y > 4200 \text{ kg/cm}^2$: ℓ_{sc} is the greater of $(0.013f_y - 24)d_b$ and 30 cm.

For $f_c' < 210 \text{ kg/cm}^2$, the length of lap shall be increased by one-third.

صفحه ۴۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

ضوابط خاص وصله میلگردهای ستون

در ستون‌ها، وصله آرماتورها می‌تواند پوششی، مکانیکی و یا جوشی باشد. وصله باید برای تمام ترکیب‌های بارگذاری مناسب باشد. وصله پوششی میلگردهای تحت فشار، مشمول ضوابط این نوع وصله‌ها در فشار و میلگردهایی که در کشش قرار دارند، مشمول ضوابط آنها می‌شود.

در قطعات تحت فشار چنانچه در ناحیه وصله پوششی، آرماتور عرضی به صورت خاموت با سطح مقطع بیشتر از $0.0015h_s$ وجود داشته باشد، طول پوششی را میتوان در ۰.۸۳ ضرب نمود و چنانچه آرماتور عرضی بصورت مارپیچ وجود داشته باشد، طول پوشش را میتوان در ۰.۷۵ ضرب نمود. طول پوشش در هر حالت نباید کمتر از ۳۰ سانتیمتر باشد. در محاسبه سطح مقطع خاموت تنها سطح مقطع شاخه‌های عمود در امتداد h محاسبه می‌شود.

(a) For tied columns, where ties throughout the lap splice length have an effective area not less than $0.0015h_s$ in both directions, lap splice length shall be permitted to be multiplied by 0.83. Tie legs perpendicular to dimension h shall be considered in calculating effective area.

(b) For spiral columns, where spirals throughout the lap splice length satisfy 25.7.3, lap splice length shall be permitted to be multiplied by 0.75.

صفحه ۵۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال) برای ستون نشان داده شده در شکل زیر که توسط خاموت محصور شده است، وصله پوششی فشاری را طراحی در حالات زیر طراحی نمایید:

الف) وقتی که از میلگرد ۱۶ در هر دو سمت وصله استفاده شده باشد.

ب) وقتی که از میلگرد ۱۶ در یک سمت و از میلگرد ۱۸ در سمت دیگر وصله استفاده شده باشد.

مقاومت مشخصه بتن ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

ties Ø8 mm @ 25 cm

۵۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

الف) طبق مطالب قبلی، طول وصله در فشار برابر است با:

$$0.0073(4200)(1.6) = 49.06 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm} > 30 \text{ cm O.K}$$

ب) در این حالت چون سائز دو میلگرد متفاوت است، طول وصله برابر بزرگترین دو مقدار طول گیرایی میلگرد بزرگتر یا طول وصله میلگرد کوچکتر است. طول گیرایی میلگرد بزرگتر برابر است با:

$$l_{dc} = \frac{0.075f_y}{\lambda\sqrt{f'_c}} d_b = \frac{0.075 \times 4200}{1.0\sqrt{300}} \times 1.8 = 32.74 \text{ cm}$$

که البته نباید کمتر از مقدار زیر هم باشد:

$$l_{dc} \geq 0.0044f_y d_b = 0.0044 \times 4200 \times 1.8 = 33.26 \text{ cm}$$

از قسمت الف) طول وصله آرماتور ۱۶ برابر ۵۰ سانتیمتر بدست آمد که بیشتر از طول گیرایی میلگرد ۱۸ است. بنابراین طول وصله برابر ۵۰ سانتیمتر است.

با توجه به مطالب گفته شده، کنترل خاموت‌های ستون برای استفاده از ضریب کاهش را بررسی میکنیم.

۵۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

سطح مقطع موثر خاموت‌ها:

Effective area of ties $2 \times (0.5) = 1.0 \text{ cm}^2$

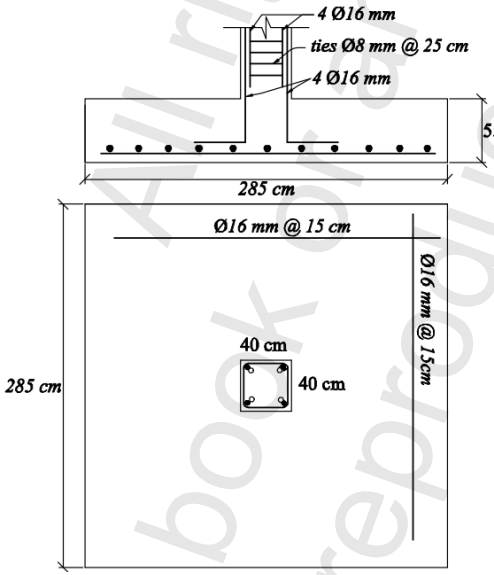
$0.0015 \times h \times s = 0.0015 \times (40) \times (25) = 1.5 \text{ cm}^2 > 1.0 \text{ cm}^2$

بنابراین قادر به اعمال ضریب کاهش 0.83 نیستیم و طول مهارى بدست آمده بدون تغییر باقی خواهد ماند.



۵۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



مثال) برای پی منفرد نشان داده شده در شکل، از چهار میلگرد ۱۶ برای انتقال بار ستون استفاده شده است. حداقل میزان طول میلگرد در ستون را تعیین نمایید. مقدار کاور بتن ۷.۵ cm، مقاومت مشخصه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

۵۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طول گیرایی میلگرد برابر است با:

$$l_{dc} = \frac{0.075f_y}{\lambda\sqrt{f_c}} d_b = \frac{0.075 \times 4200}{1.0\sqrt{250}} \times 1.6 = 31.88 \text{ cm}$$

که البته نباید کمتر از مقدار زیر هم باشد:

$$l_{dc} \geq 0.0044f_y d_b = 0.0044 \times 4200 \times 1.6 = 29.57 \text{ cm}$$

بنابراین طول گیرایی میلگرد برابر 31.88 cm بوده که از مقدار حداقل ۲۰ سانتیمتر نیز بیشتر است. طول موجود در پی برابر است با:

Available length = 55 – 7.5 – 1.6 – 1.6 = 44.3 cm > 31.88 cm O.K.

بنابراین نیازی به قلاب نیز وجود ندارد ولی در اینجا برای ملاحظات اجرایی قرار داده می‌شود.

وصله میلگردهای ۱۶ در فشار:

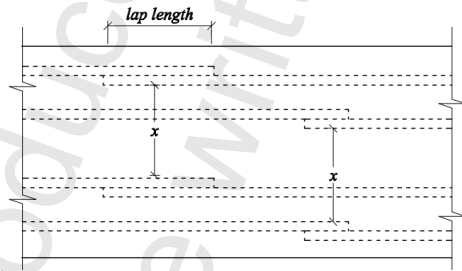
$$0.0073(4200)(1.6) = 49.06 \text{ cm} \approx 50 \text{ cm} > 30 \text{ cm O.K.}$$

۵۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

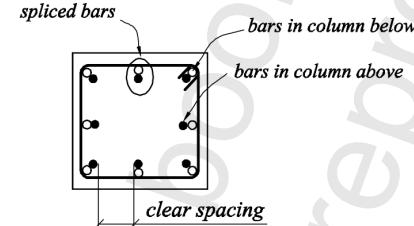
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ملاحظات اجرایی وصله پوششی

* در وصله میلگردهای دیوار و دال، فاصله خالصی بین آرماتورهای وصله شونده، مطابق شکل زیر ایجاد شود.



* در ستون ها، وصله آرماتورها بصورت شکل روبرو باشد:



۵۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* در شکل زیر دو روش برای وصله نشان داده شده است. در حالت (الف) محور دو میلگرد در یک راستا بوده و بیشتر در ستون مورد استفاده قرار میگیرد. در شکل (ب) محور دو میلگرد یکی نبوده و بیشتر در تیرها مورد استفاده قرار میگیرد.

(الف) (ب)

* وصله در چه نواحی صورت گیرد تا پرت مصالح حداقل شود؟

۵۷ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حداقل آرماتور افت و حرارت

طبق ACI318-14 حداقل نسبت آرماتور افت و حرارت برای میلگردهای مختلف بصورت زیر است:

Minimum ratios of deformed shrinkage and temperature reinforcement area to gross concrete area

Reinforcement type	f_y , kg/cm ²	Minimum reinforcement ratio	
Deformed bars	<4200	0.002	
Deformed bars or welded wire reinforcement	>4200	Greater of:	$(0.0018 \times 4200) / f_y$ 0.0014

فاصله آرماتورهای حرارت نباید از 5h یا 45 cm بیشتر شود.

24.4.3.3 The spacing of deformed shrinkage and temperature reinforcement shall not exceed the lesser of 5h and 18 in.

۵۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

حداقل فاصله بین میلگردها از هم

طبق ACI318-14 فاصله خالص بین میلگردها از هم در یک لایه افقی حداقل برابر بیشترین سه مقدار 2.5 سانتیمتر، قطر میلگرد یا $4/3$ قطر بزرگترین سنگدانه باشد.

همچنین در ستون ها، پدستال ها و المان های مرزی دیوارها فاصله خالص بین میلگردها از هم برابر بیشترین سه مقدار 4.8 سانتیمتر، یک و نیم برابر قطر میلگرد یا $4/3$ قطر بزرگترین سنگدانه باشد.

25.2.1 For parallel nonprestressed reinforcement in a horizontal layer, clear spacing shall be at least the greatest of 2.5 cm., d_b , and $(4/3)d_{agg}$.

25.2.3 For longitudinal reinforcement in columns, pedestals, struts, and boundary elements in walls, clear spacing between bars shall be at least the greatest of 4.8 cm., $1.5d_b$, and $(4/3)d_{agg}$.

d_{agg} = nominal maximum size of coarse aggregate.

۵۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

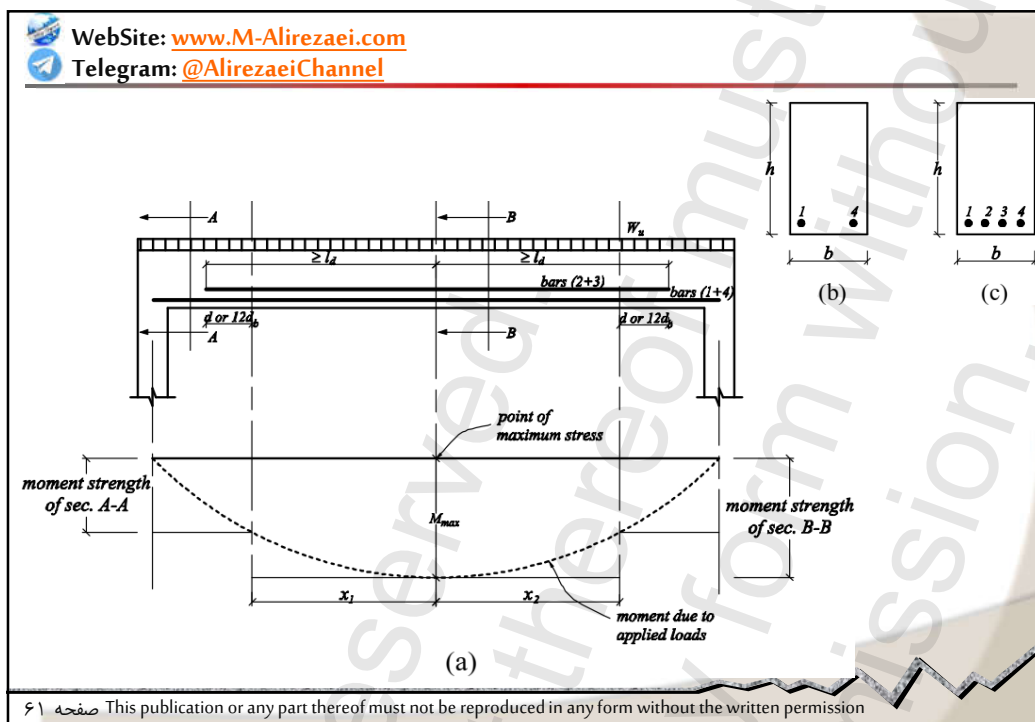
قطع و برش آرماتورهای خمشی

آرماتورهایی که در مقطع از تیر نیاز نباشند را میتوان قطع نمود. این امر باعث کاهش وزن میلگرد مصرفی و در نهایت کاهش هزینه ساخت خواهد شد. همچنین کاهش تعداد میلگردها باعث سهولت بتن ریزی و اجرا خواهد شد.

* در هر مقطع بحرانی، باید بعد از آن آرماتورها به میزانی ادامه داده شوند. میلگردها باید از محل مقطعی که وجودشان دیگر برای تحمل خمش لازم نیست طول حداقل برابر با d یا $12d_b$ هر کدام بزرگترند، ادامه داده شوند. رعایت این ضابطه در انتهای عضو با تکیه گاه ساده و یا انتهای آزاد عضو طره ای الزامی نیست.

7.7.3.3 Reinforcement shall extend beyond the point at which it is no longer required to resist flexure for a distance at least the greater of d and $12d_b$, except at supports of simply-supported spans and at free ends of cantilevers.

۶۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی مثبت

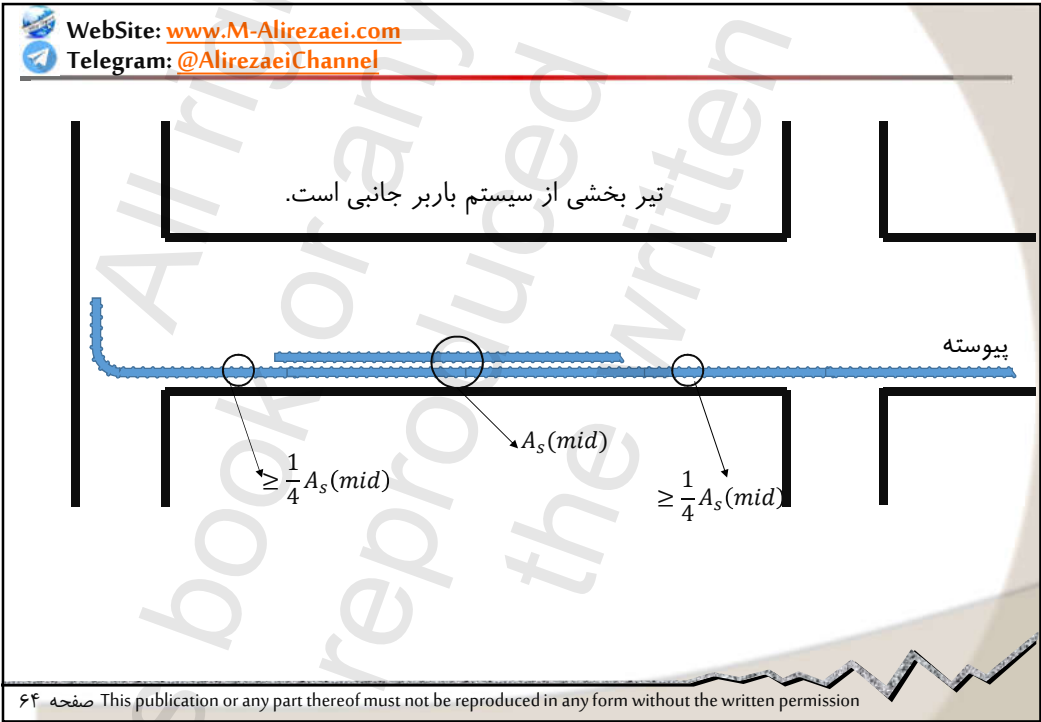
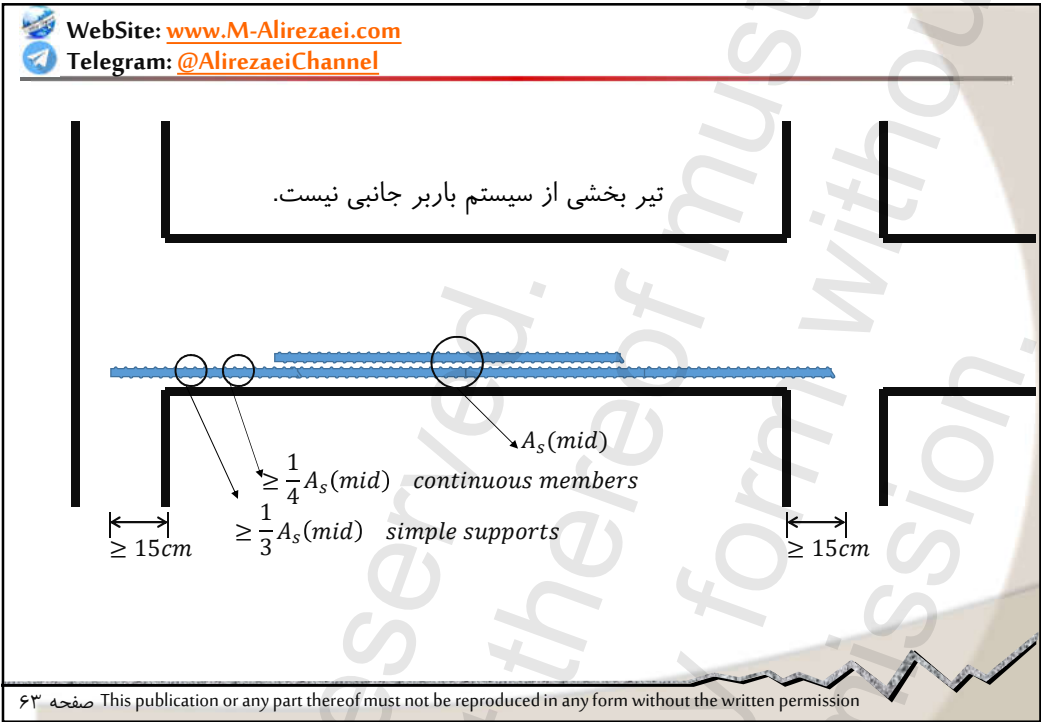
حداقل یک سوم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات با تکیه‌گاه ساده، و یک چهارم آرماتور خمشی مثبت، در قطعات یکسره، باید در طول وجهی از قطعه که در آن قرار گرفته‌اند تا روی تکیه‌گاه ادامه داده شوند. در تیرها این میلگردها باید به اندازه حداقل ۱۵۰ میلیمتر در داخل تکیه‌گاه ادامه یابند.

در قطعات خمشی که به عنوان عضوی از یک سیستم اصلی در مقابل بارهای جانبی به کار برده شده‌اند، آن گروه از آرماتور خمشی مثبت که بر طبق بند فوق، تا روی تکیه‌گاه ادامه می‌یابد باید بطور کامل در تکیه‌گاه مهار شود به طوری که آرماتور بتواند در مقطع بر تکیه‌گاه به تنش جاری شدن، f_y برسد.

9.7.3.8.1 At simple supports, at least one-third of the maximum positive moment reinforcement shall extend along the beam bottom into the support at least 6 in.

9.7.3.8.2 At other supports, at least one-fourth of the maximum positive moment reinforcement shall extend along the beam bottom into the support at least 6 in. and, if the beam is part of the primary lateral-load-resisting system, shall be anchored to develop f_y at the face of the support.

62 صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ضوابط خاص مهار آرماتور خمشی منفی

آرماتور خمشی منفی در قطعات خمشی یکسره، گیردار، طره و یا تمامی قطعات قاب‌های پیوسته باید با یکی از روش‌های گفته شده در تکیه‌گاه‌ها مهار شوند.

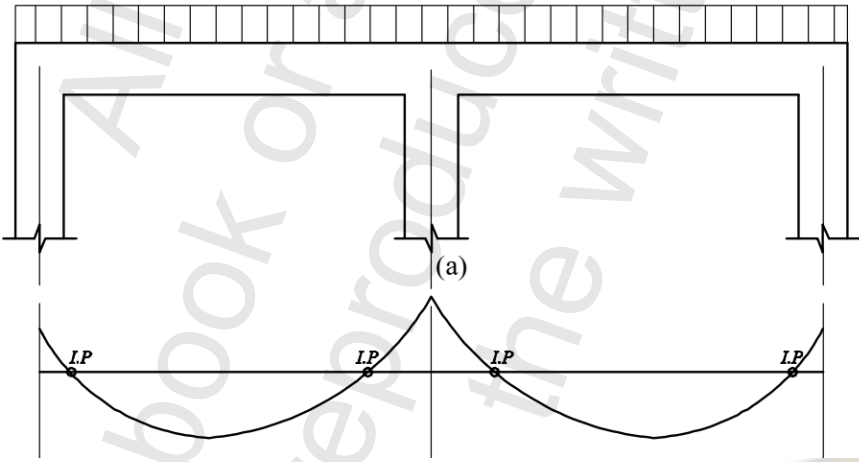
حداقل یک سوم آرماتور خمشی منفی موجود در تکیه‌گاه یک عضو خمشی باید تا محل نقطه عطف منحنی تغییر شکل عضو ادامه داده شده و از این محل به اندازه حداقل d ، $12d_b$ و یک شانزدهم طول دهانه خالص، هر کدام بزرگتر است، فراتر برده شود.

9.7.3.8.4 At least one-third of the negative moment reinforcement at a support shall have an embedment length beyond the point of inflection at least the greatest of d , $12d_b$, and $\ell_n/16$.

صفحه ۶۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

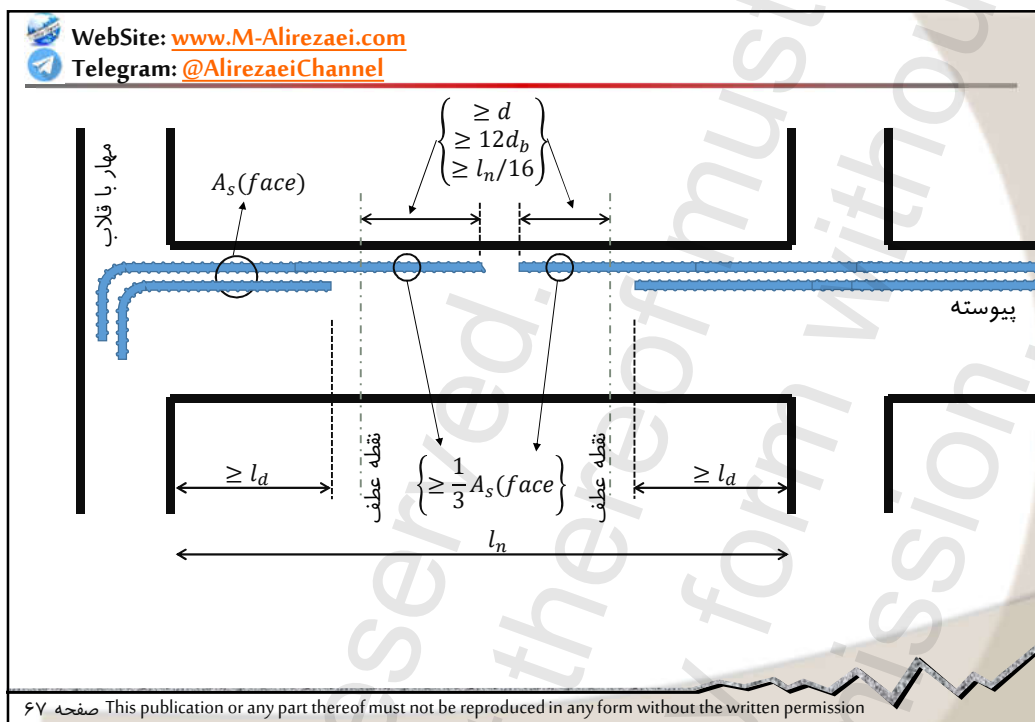
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

نقاط عطف برای یک تیر پیوسته در شکل زیر نشان داده شده است.



(a)

صفحه ۶۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال) در تیر دو سر ساده نشان داده شده در شکل، که تحت نیروهای ضربی هستند، از چهار میلگرد ۲۲ بین تکیه‌گاه‌ها استفاده شده است. محل قطع آرماتورها را تعیین نمایید. عرض تکیه‌گاه برابر ۳۰ سانتیمتر، مقاومت مشخصه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود. (اسلاید بعدی)

پاسخ: برای مقطع A-A داریم:

$$d = 70 - 4 - 0.8 - 2.2 - 2.5/2 = 61.75 \text{ cm}$$

برای مقطع B-B داریم:

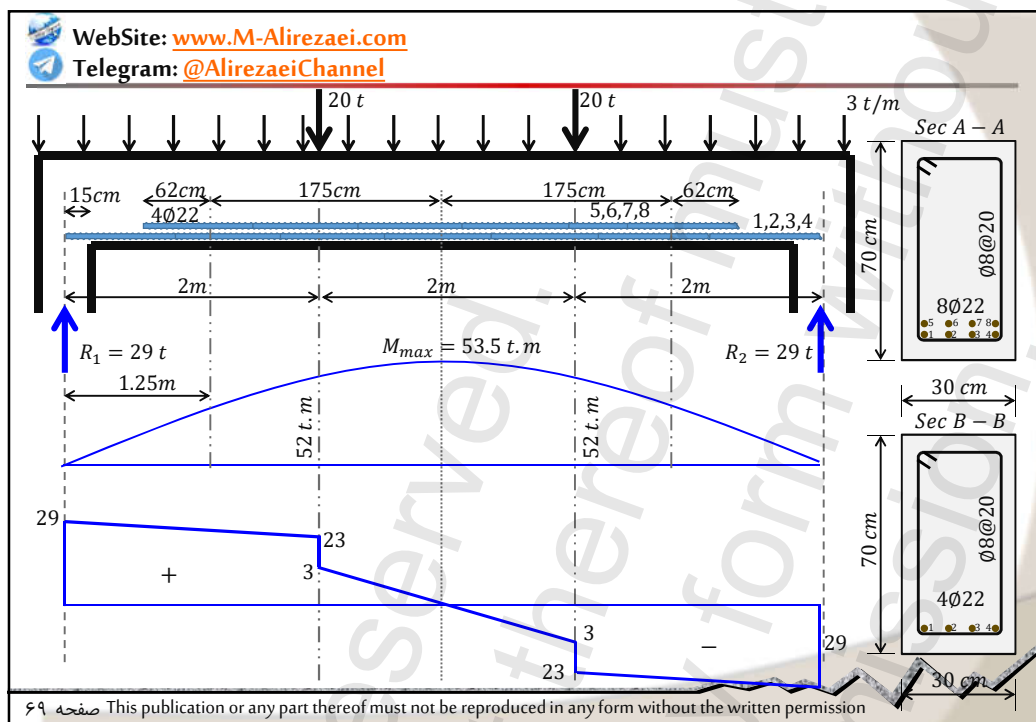
$$d = 70 - 4 - 0.8 - 2.2/2 = 64.10 \text{ cm}$$

ظرفیت خمشی مقطع B-B با ۴φ۲۲ برابر است با:

$$M_u = 0.9 \times \rho b d^2 f_y \left(1 - 0.59 \rho \frac{f_y}{f'_c} \right)$$

$$= 0.9 \times \frac{15.2}{30 \times 64.1} \times 30 \times 64.1^2 \times 4200 \left(1 - 0.59 \times \frac{15.2}{30 \times 64.1} \times \frac{4200}{250} \right) = 33.95 \text{ t.m}$$

۶۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

محل قطع تئوریک 4Ø22 در فاصله x از آکس تکیه‌گاه سمت چپ است که با معادله زیر تعیین می‌شود.

$$33.95 = 29x - 1.5x^2 \Rightarrow 1.5x^2 - 29x = 33.95$$

با حل این معادله درجه دو داریم:

$$x = \frac{29 \pm \sqrt{(29)^2 - 4 \times 1.5 \times 33.95}}{2 \times 1.5} \Rightarrow x = 1.25 \text{ m} \text{ or } x = 18.08 \text{ m}$$

الزامات ACI318:

۱- آرماتورها بایستی حداقل به میزان عمق موثر تیر $d = 61.75 \text{ cm}$ و $12d_b = 12(2.2) = 26.4 \text{ cm}$ ادامه داده شوند. بنابراین میزان میلگرد ادامه داده شده 62 cm در نظر گرفته می‌شود.

بنابراین طول قطع برابر است با:

$$\text{Length of cutoff bars} = 2(175 + 62) = 474 \text{ cm}$$

70 صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- فاصله بین نقطه بحرانی (تنش حداکثر) تا انتهای میلگرد، از هر طرف بایستی بزرگتر یا برابر طول مهاری آن میلگرد در کشش l_a باشد. برای میلگردها در کشش داریم:

چون میلگردها در پایین است، α برابر یک است. چون میلگردها بدون اندود هستند، β برابر یک است. چون قطر میلگردها برابر ۲۲ میلیمتر است، $\gamma=1.0$ است. همچنین ضریب λ چون بتن با وزن معمولی استفاده شده، برابر یک است. مقدار c بصورت زیر تعیین می شود.

$$c = \min \left(\frac{4.0 + 0.8 + 1.1 = 5.9 \text{ cm}}{3 \times 2} = 3.03 \text{ cm} \right) = 3.03 \text{ cm}$$

$$k_{tr} = \frac{40A_{tr}}{sn} = \frac{40 \times 2(\pi \times 0.8^2 \times 0.25)}{20 \times 4} = 0.5$$

$$\frac{c + k_{tr}}{d_b} = \frac{3.03 + 0.5}{2.2} = 1.6 < 2.5 \quad Ok$$

صفحه ۷۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$l_d = \left[\frac{f_y}{3.5\lambda\sqrt{f'_c}} \times \frac{\alpha\beta\gamma}{\left(\frac{c + k_{tr}}{d_b}\right)} \right] d_b = \left[\frac{4200}{3.5 \times 1.0\sqrt{250}} \times \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0}{1.6} \right] 2.2 =$$

$$= 104.36 \text{ cm}$$

طول مهاری موجود:

Available development length = $474/2 = 237 \text{ cm} > 104.36 \text{ cm}$.

۳- حداقل یک سوم میلگردهای لنگر مثبت بایستی به میزان ۱۵ سانتیمتر داخل تکیه گاه ادامه داده شوند. در این مثال نصف کل آرماتورهای لنگر مثبت داخل تکیه گاه ادامه داده شده است.

صفحه ۷۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقاطع بتنی متداول برای خمش

۱- مقطع مستطیلی شکل:

در دو حالت با و بدون آرماتور فشاری مورد استفاده قرار می گیرد.

۲- مقاطع T یا L شکل:

در دو حالت با و بدون آرماتور فشاری مورد استفاده قرار می گیرد.



۷۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش طراحی سازه های بتنی

در سالهای قبل استفاده از روش تنش مجاز (working stress design) برای طراحی سازه های بتنی متداول بوده است. در این روش، اثر بارهای بدون ضریب با ظرفیت مجاز مقطع مقایسه می شد. امروزه روش مقاومت نهایی یا روش حالات حدی (strength design or limit-state design) جایگزینی برای روش تنش مجاز شده است.

گام های ایجاد شده برای تغییر این روش های طراحی بصورت زیر است:

The 1956 ACI code included ultimate strength design in the Appendix.

The 1963 ACI code awarded the two methods equal standing.

The 1971 ACI code became almost totally a strength code.

۷۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فرضیات طراحی

* طبق ACI318-14 حداکثر کرنش بتن در دورترین تار برابر 0.003 در نظر گرفته می‌شود.

2.2.2.1 Maximum strain at the extreme concrete compression fiber shall be assumed equal to 0.003.

* طبق ACI318-14 از مقاومت کششی بتن در طراحی خمشی و محوری اعضا، صرف نظر می‌شود.

22.2.2.2 Tensile strength of concrete shall be neglected in flexural and axial strength calculations.

۷۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* طبق ACI318-14 توزیع تنش در بتن بصورت یک مستطیل معادل، در ناحیه فشاری معادل $0.85f'_c$ در ارتفاعی به میزان a از دورترین تار فشاری در نظر گرفته می‌شود.

22.2.2.4.1 Concrete stress of $0.85f'_c$ shall be assumed uniformly distributed over an equivalent compression zone bounded by edges of the cross section and a line parallel to the neutral axis located a distance a from the fiber of maximum compressive strain, as calculated by:

$$a = \beta_1 c$$

22.2.2.4.2 Distance from the fiber of maximum compressive strain to the neutral axis, c , shall be measured perpendicular to the neutral axis.

۷۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* طبق ACI318-14 مقدار β_1 بصورت زیر تعیین میشود:

$$f'_c \leq 280 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow \beta_1 = 0.85$$

$$280 \frac{kg}{cm^2} < f'_c < 560 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow \beta_1 = 0.85 - \frac{0.05(f'_c - 280)}{70}$$

$$f'_c \geq 560 \frac{kg}{cm^2} \rightarrow \beta_1 = 0.65$$

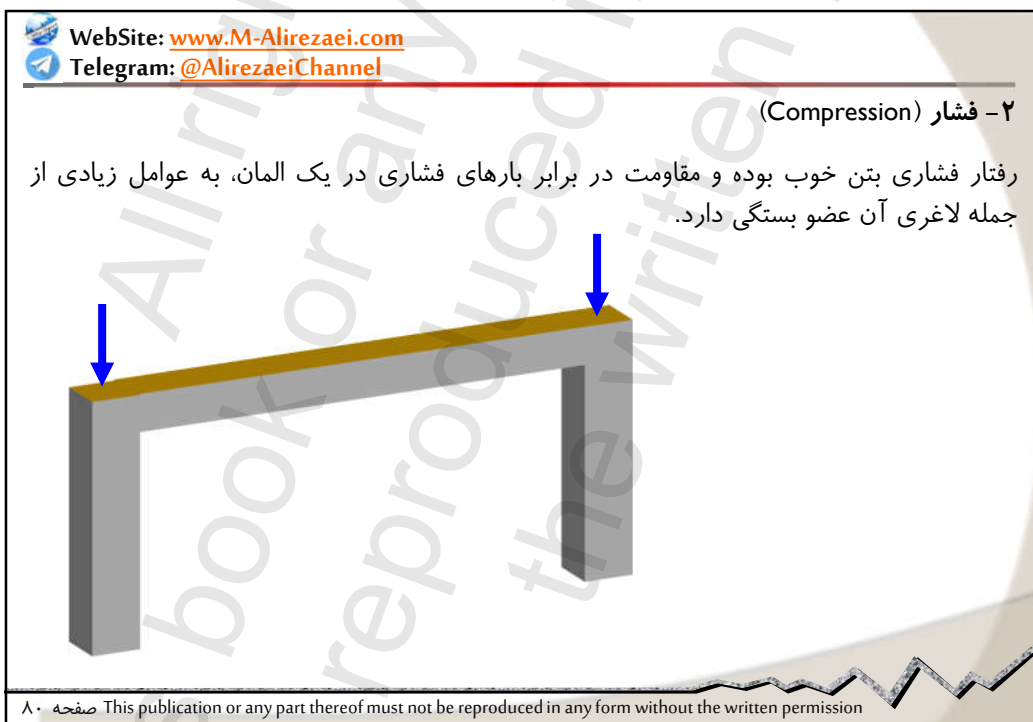
صفحه ۷۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار المان‌های بتنی: المان‌های سازه‌های بتنی عموماً تحت نیروهای زیر هستند:

- * کشش (Tension)
- * فشار (Compression)
- * خمش (Bending)
- * برش (Shear)
- * برش اصطکاکی (Sliding shear (shear friction))
- * برش پانچ (Punching shear)
- * پیچش (Torsion)

صفحه ۷۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- خمش (Bending)

در ساختمان‌های بتنی در اثر بارهای اعمالی، در اعضا لنگرهای خمشی ایجاد شده که باعث ایجاد نیروهای کششی و فشاری در مقطع تحت خمش خواهد شد. در اثر این خمش، بخش کششی ترک خورده و معمولاً ترکهای قائم در وسط دهانه ظاهر میشوند.

۸۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳-۱- قوانین سرانگشتی برای طراحی تیر (Thumb Rules for Beam Design):



- * برای تیر به ازای هر متر طول آن، ۶ سانتیمتر عمق لحاظ شود.
- (مثلاً برای یک تیر ۶ متری، عمق ۴۰ سانتیمتر میتواند مناسب باشد)
- * یک روش ساده برای تعیین آرماتور خمشی تیر استفاده از رابطه زیر است.

$$A_s = \frac{M_u}{35d}$$

where

M_u is the ultimate design moment (kg.m)

A_s is the area of flexural reinforcement (cm²)

d is the effective depth of flexural reinforcement from the compression face (cm)

این رابطه برای تیرهایی که درصد آرماتور آنها بین ۱ تا ۱/۵ درصد باشد، جواب معقولی میدهد.

۸۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Example

Given

Span = 11 m
 $M_u = 69000 \text{ kg.m}$

Required

Area of flexural reinforcement

Solution

Beam depth = $6 \times 11 = 66 \text{ cm}$.
Depth, $d = 66 - 6 = 60 \text{ cm}$.

$$A_s = \frac{M_u}{35d} = \frac{69000}{35 \times 60} = 32.8 \text{ cm}^2$$


۸۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

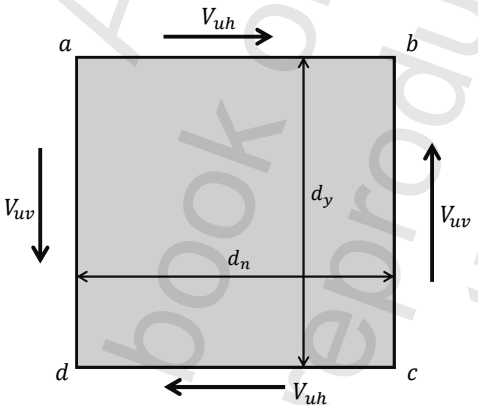
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- برش (Shear)

نیروی برشی در مقطع به سبب تغییرات لنگر در مقطع تیر ایجاد می‌شوند. مطابق شکل زیر یک المان از یک تیر با ضخامت واحد در نظر گرفته شود. اگر تنش برشی در لبه سمت راست برابر V_{uv} باشد، نیروی برشی ایجاد شده برابر $V_{uv} \times d_y \times 1.0$ است که برای تعادل بایستی با نیروی برشی روی لبه سمت چپ نیز برابر باشد.

اگر تنش برشی در لبه پایین برابر V_{uh} باشد، نیروی برشی ایجاد شده برابر $V_{uh} \times d_x \times 1.0$ است که برای تعادل بایستی با نیروی برشی روی لبه سمت بالایی نیز برابر باشد. تعادل کوپل ایجاد شده ایجاب می‌کند که:

$$V_{uv} \times d_y \times d_x = V_{uh} \times d_x \times d_y$$

$$\Rightarrow V_{uv} = V_{uh}$$


۸۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

از مقاومت مصالح داریم:

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

برای یک مقطع مستطیلی مطابق شکل زیر داریم:

$$\tau_{max} = \frac{V \left(\left(\frac{bh}{2} \right) \times \frac{h}{4} \right)}{\left(\frac{bh^3}{12} \right) b} = \frac{3}{2} \frac{V}{bh} = \frac{3}{2} \frac{V}{A}$$

توزیع نیروی برشی در مقاطع مختلف بصورت زیر است:

همانطور که دیده میشود، بیشترین تنش برشی در تارخشی رخ میدهد.

۸۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

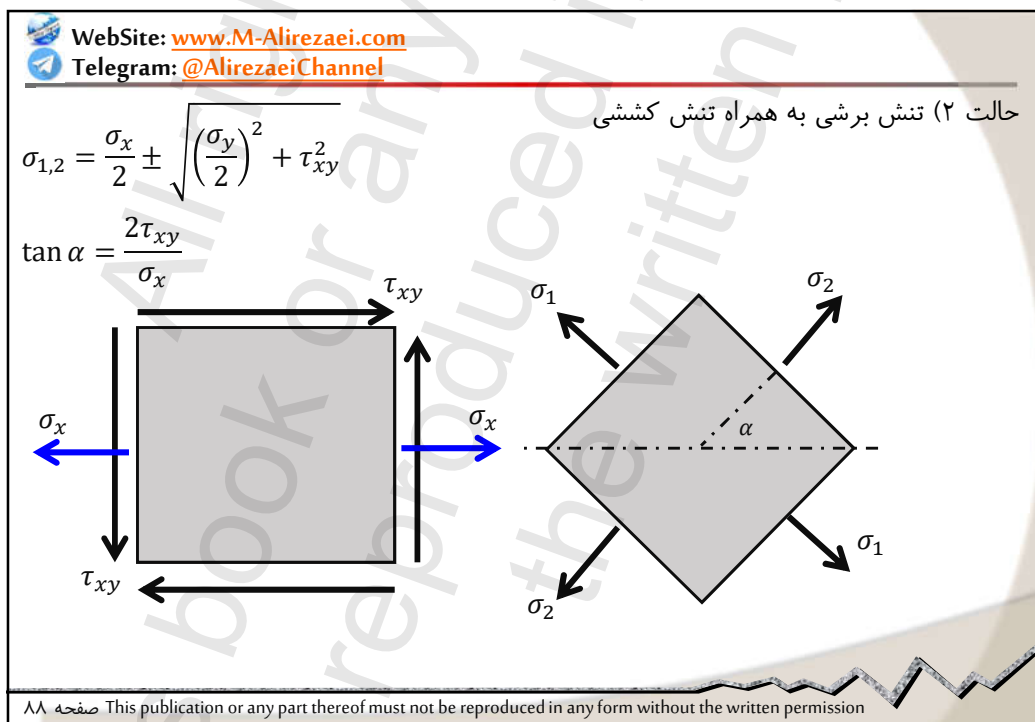
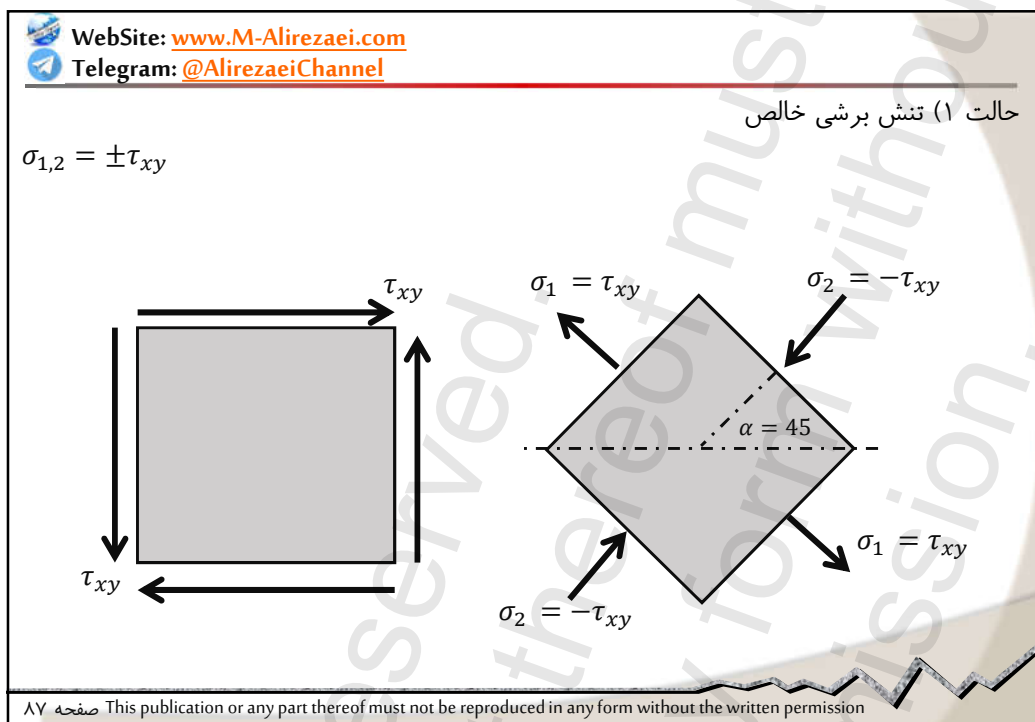
از مقاومت مصالح تنش‌های اصلی یک المان با رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} \right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

همچنین زاویه صفحات اصلی از محورهای اولیه المان (α) از رابطه زیر تعیین میشود.

$$\tan \alpha = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y}$$

۸۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حالت (۳) صرفاً تنش کششی

$\sigma_1 = \sigma_x$

$\alpha = 0$

$\sigma_2 = 0$

۸۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

با توجه به توضیحات قبل، می‌توان حالت‌های تنش نشان داده شده در قبل را در یک تیر بتنی متصور شد.

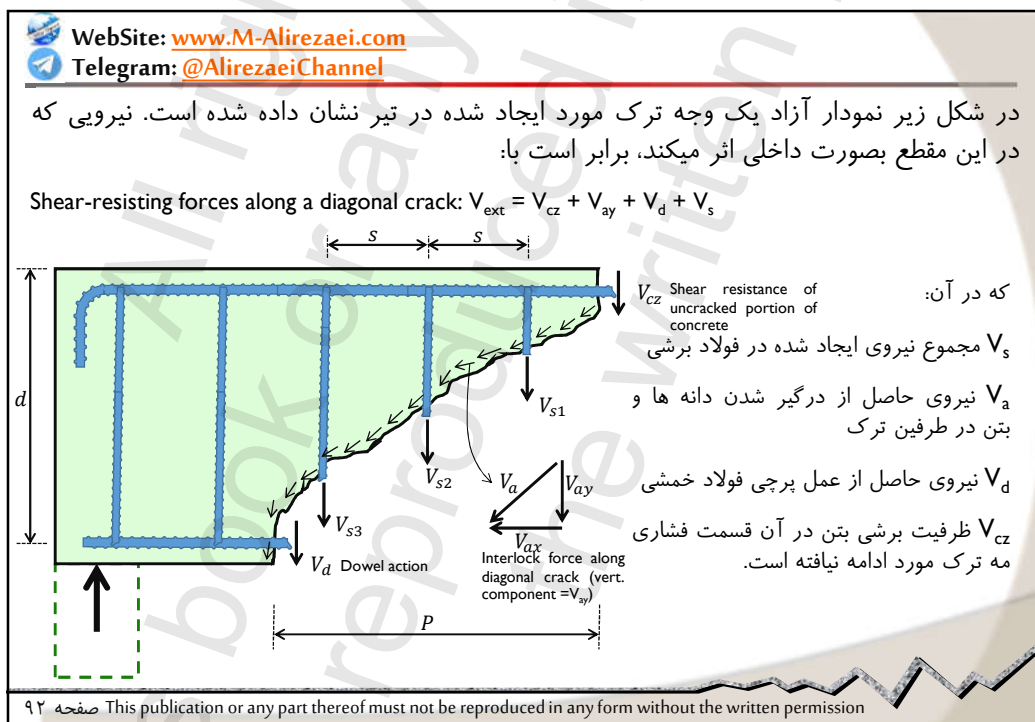
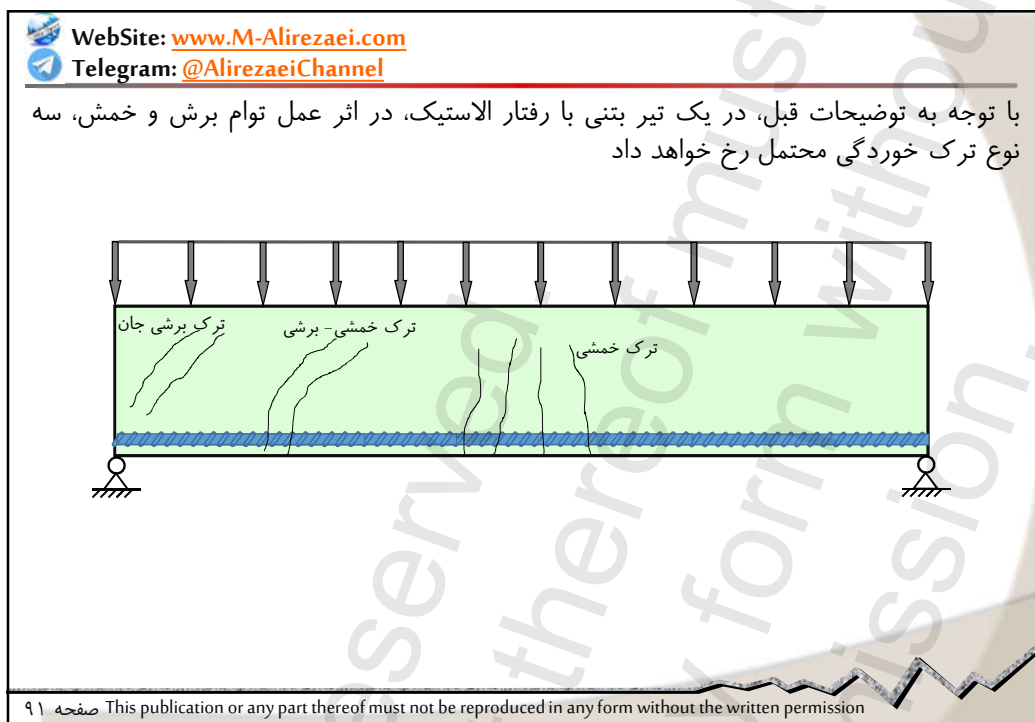
CL

المان روی تار خنثی

المان با فاصله از تکیه‌گاه

المان در وسط دهانه

۹۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

تحقیقات نشان داده اند که جمع V_d , V_{cz} و V_{ay} را می توان تقریباً برابر با مقاومت برشی مقطع بتنی ترک نخورده (V_c) در نظر گرفت. بنابراین:

$$V_n = V_c + V_s$$

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c}b_wd$$

مقدار V_s در واقع ظرفیت برشی فولادها بوده و بسته به سطح تحت برش تعیین می شود. اگر A_v سطح مقطع کل میلگردهای تحت برش، s فاصله افقی خاموت ها، تصویر افقی ترک برابر P و تنش ایجاد شده در آنها f_s باشد:

$$V_s = nA_vf_s = \frac{P}{s}A_vf_s$$

در لحظه نهایی تنش فولادهای قائم به تنش تسلیم f_{yt} رسیده و تقریباً طول تصویر P برابر عمق موثر مقطع ($P=d$) در نظر گرفته می شود.

$$V_s = \frac{A_vf_{yt}d}{s}$$

طبق ACI318-14 تنش تسلیم خاموت حداکثر ۴۲۰۰ باشد.

R22.6.3.2 The upper limit of 4200 kg/cm² on the value of f_{yt} used in design is intended to control cracking.

۹۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

λ = modification factor to reflect the reduced mechanical properties of lightweight concrete relative to normalweight concrete of the same compressive strength.

19.2.4 Lightweight concrete

19.2.4.1 To account for the properties of lightweight concrete, a modification factor λ is used as a multiplier of $\sqrt{f'_c}$ in all applicable provisions of this Code.

Concrete	Composition of aggregates	λ
All-lightweight	Fine: ASTM C330 Coarse: ASTM C330	0.75
Lightweight, fine blend	Fine: Combination of ASTM C330 and C33 Coarse: ASTM C330	0.75 to 0.85[1]
Sand-lightweight	Fine: ASTM C33 Coarse: ASTM C330	0.85
Sand-lightweight, coarse blend	Fine: ASTM C33 Coarse: Combination of ASTM C330 and C33	0.85 to 1[2]
Normalweight	Fine: ASTM C33 Coarse: ASTM C33	1

۹۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طبق ضوابط ACI ابعاد تیر باید طوری اختیار شود که رابطه زیر اقناع شود:

22.5.1.2 Cross-sectional dimensions shall be selected to satisfy Eq. (22.5.1.2)

$$V_u \leq (\phi V_c + 2.2\sqrt{f'_c}b_w d) \rightarrow kg, cm$$

$$V_u \leq (\phi V_c + 0.66\sqrt{f'_c}b_w d) \rightarrow N, mm$$

در روابط فوق مقدار $\phi=0.75$ است.

* اگر $V_u \leq 0.5\phi V_c$ باشد، آنگاه: $\frac{A_v}{s} = 0$

* اگر $0.5\phi V_c < V_u \leq \phi V_{max}$ باشد، آنگاه: $\frac{A_v}{s} = \frac{(V_u - \phi V_c)}{\phi f_{yt} d}$

* اگر $V_u > \phi V_{max}$ باشد، شرایط گسیختگی اعلام خواهد شد.

حداکثر مقدار f_{yt} برابر ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع است. در صورتی از این مقدار بیشتر تعریف شده باشد، از آن صرف نظر می‌شود.

f_{yt} = specified yield strength of transverse reinforcement

صفحه ۹۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طبق ضوابط ACI در صورت وجود شرایط زیر نیازی به آرماتور برشی نیست.

9.6.3.1 A minimum area of shear reinforcement, $A_{v,min}$, shall be provided in all regions where $V_u > 0.5\phi V_c$ except for the cases in Table 9.6.3.1. For these cases, at least $A_{v,min}$ shall be provided where $V_u > \phi V_c$.

Table 9.6.3.1—Cases where $A_{v,min}$ is not required if $0.5\phi V_c < V_u \leq \phi V_c$

Beam type	Conditions
Shallow depth	$h \leq 10$ in.
Integral with slab	$h \leq$ greater of $2.5f_f$ or $0.5b_w$ and $h \leq 24$ in.

اگر عمق تیر h :

برای تیرهای مستطیلی:

$$h \leq 25\text{ cm}$$

برای تیرهای T شکل:

$$h \leq \min\{60\text{ cm}, \max(2.5h_f, 0.5b_w)\}$$

صفحه ۹۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طبق ضوابط ACI در صورت نیاز به آرماتور برشی حداقل، و در صورت عدم وجود پیچش، مقدار آرماتور حداقل برشی بصورت زیر تعیین میشود.

9.6.3.3 If shear reinforcement is required and torsional effects can be neglected according to 9.5.4.1, $A_v, \min$ shall be in accordance with Table 9.6.3.3.

Table 9.6.3.3—Required $A_v, \min$

Beam type	$A_v, \min / s$		
Nonprestressed and prestressed with $A_{ps} f_{se} < 0.4(A_{ps} f_{pu} + A_s f_y)$	Greater of:	$0.75 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_y}$	(a)
		$50 \frac{b_w}{f_y}$	(b)
Prestressed with $A_{ps} f_{se} \geq 0.4(A_{ps} f_{pu} + A_s f_y)$	Lesser of:	$0.75 \sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_y}$	(c)
		$50 \frac{b_w}{f_y}$	(d)
		$\frac{A_{ps} f_{pu}}{80 f_y d} \sqrt{\frac{d}{b_w}}$	(e)

$$\frac{A_v}{s} \geq \max \left(\frac{0.2 \sqrt{f'_c}}{f_{yt}} b_w, \frac{3.5 b_w}{f_{yt}} \right) \rightarrow kg, cm$$

$$\frac{A_v}{s} \geq \max \left(\frac{0.062 \sqrt{f'_c}}{f_{yt}} b_w, \frac{0.35 b_w}{f_{yt}} \right) \rightarrow N, mm$$

۹۷ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۵- برش اصطکاکی (Shear Friction)

برش اصطکاکی مربوط به برش ایجاد شده بین دو سطح است که:

- (الف) وجود ترک یا استعداد ترک خوردن بین دو سطح وجود داشته باشد.
- (ب) دو سطح ساخته شده با مصالح غیرمتشابه
- (پ) دو سطح بتن ریزی شده در زمانهای متفاوت

انتقال برش در موارد فوق توسط عملکرد برشی - اصطکاکی صورت می گیرد. با توجه به اینکه سطح ترک خشن و نامنظم است، بنابراین اصطکاک ایجاد شده بین دو سطح نیز زیاد است.

۹۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

(a)

اگر از آرماتورهای عمود بر این ترک استفاده شود، دو سطح متقابل ترک، به هم دوخته شده و نیروی ایجاد شده در میلگردها برابر $A_{vf}f_y$ خواهد بود که در آن A_{vf} سطح مقطع کل آرماتورهای قرار گرفته در مسیر ترک و f_y تنش تسلیم این میلگردها بوده که حداکثر به ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محدود میشود. سطح مقطع آرماتور مورد نیاز برابر است با:

$$A_{vf} = \frac{V_u}{\phi f_y \mu}$$

که در آن A_{vf} سطح مقطع آرماتورهای برشی اصطکاکی، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰.۷۵، f_y تنش تسلیم میلگرد، برش ضریبدار مقطع و μ ضریب اصطکاک بوده که در ادامه معرفی شده است.

۹۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ACI318-14: 22.9.4.2 If shear-friction reinforcement is perpendicular to the shear plane, nominal shear strength across the assumed shear plane shall be calculated by:

$$V_n = \mu A_{vf} f_y$$

where A_{vf} is the area of reinforcement crossing the assumed shear plane to resist shear, and μ is the coefficient of friction in accordance with Table 22.9.4.2.

Table 22.9.4.2—Coefficients of friction

Contact surface condition	Coefficient of friction μ [1]	
Concrete placed monolithically	1.4λ	(a)
Concrete placed against hardened concrete that is clean, free of laitance, and intentionally roughened to a full amplitude of approximately 1/4 in.	1.0λ	(b)
Concrete placed against hardened concrete that is clean, free of laitance, and not intentionally roughened	0.6λ	(c)
Concrete placed against as-rolled structural steel that is clean, free of paint, and with shear transferred across the contact surface by headed studs or by welded deformed bars or wires.	0.7λ	(d)

[1] $\lambda = 1.0$ for normalweight concrete; $\lambda = 0.75$ for all lightweight concrete

۱۰۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار ضریب اصطکاک μ برابر با یکی از مقادیر زیر در نظر گرفته میشود:

الف) برای بتنی که بصورت یکپارچه ریخته شده است، برابر 1.4λ

ب) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده با زبری سطحی و خراش به عمق تقریبی ۶ میلیمتر باشد، برابر 1.0λ

پ) برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده با زبری سطحی و خراش کمتر از عمق تقریبی ۶ میلیمتر باشد، برابر 0.6λ

ت) برای بتنی که به وسیله گل میخ یا بوسیله میلگردهایی به پروفیل فولادی ساختمانی مهار شده باشد، برابر 0.7λ

صفحه ۱۰۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در مواردی که آرماتور برش اصطکاکی نسبت به صفحه برش مایل باشد، بطوری که نیروی برشی در آن ایجاد کشش کند:

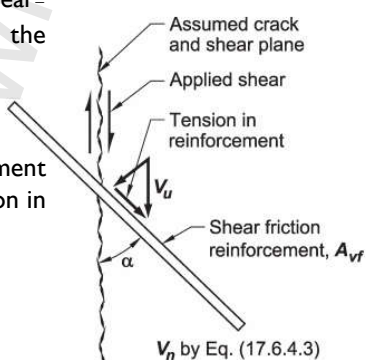
$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$$

که در آن α زاویه میلگرد برشی اصطکاکی و صفحه برش است.

22.9.4.3 If shear-friction reinforcement is inclined to the shear plane and the shear force induces tension in the shear-friction reinforcement, nominal shear strength across the assumed shear plane shall be calculated by:

$$V_n = A_{vf} f_y (\mu \sin \alpha + \cos \alpha)$$

where α is the angle between shear-friction reinforcement and assumed shear plane, and μ is the coefficient of friction in accordance with Table 22.9.4.2.



V_n by Eq. (17.6.4.3)

صفحه ۱۰۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار حداکثر ظرفیت V_n در برش اصطکاکی نبایستی از مقادیر زیر بیشتر در نظر گرفته شود:

الف) برای بتنی که بصورت یکپارچه ریخته شده یا برای بتنی که در مجاورت بتن سخت شده با زبری سطحی و خراش به عمق تقریبی ۶ میلیمتر باشد، کمترین سه مقدار زیر:

$0.2f_c'A_c$
 $(34 + 0.08f_c')A_c$
 $110A_c$

ب) برای حالات دیگر، کمترین دو مقدار زیر

$0.2f_c'A_c$
 $55A_c$

روابط فوق بر حسب kg و cm میباشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۰۳

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

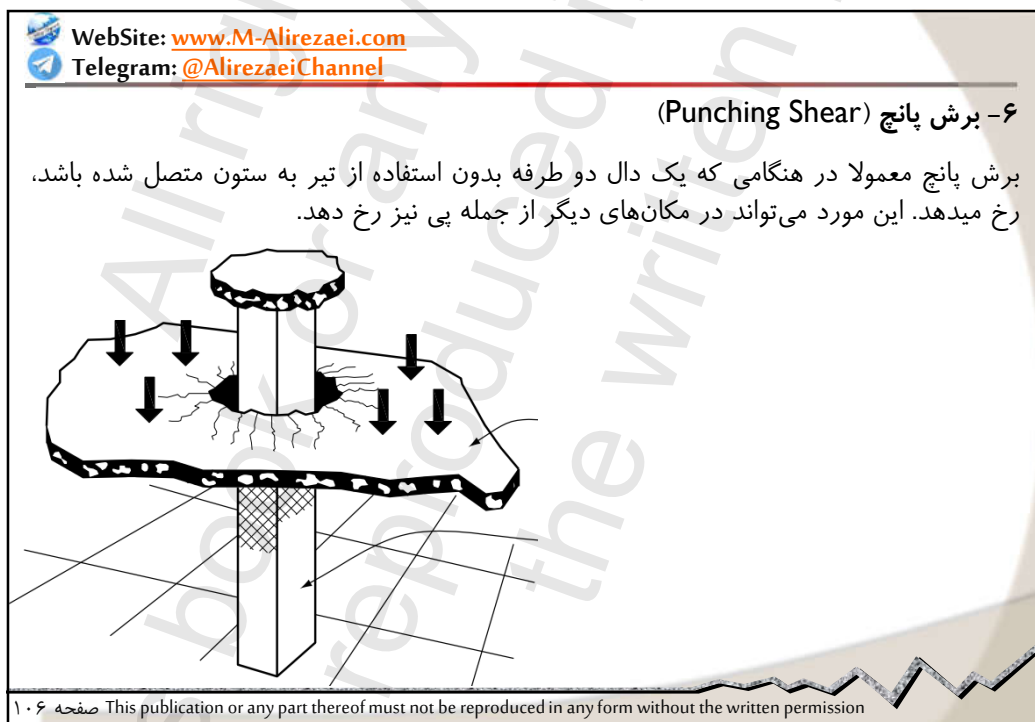
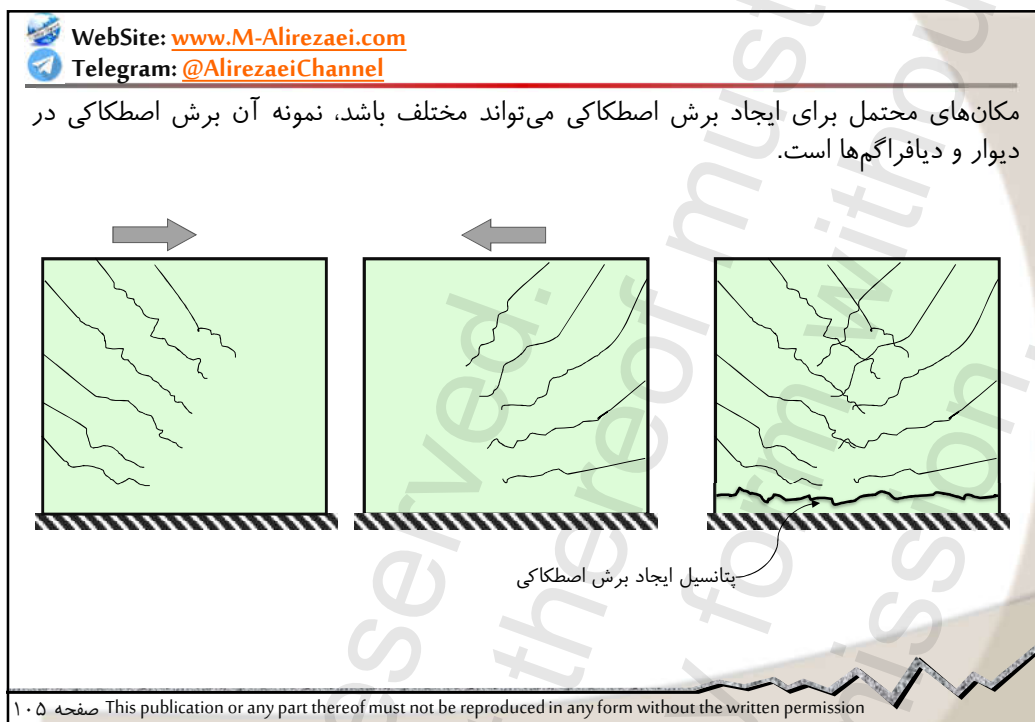
ACI318-14: 22.9.4.4 The value of V_n across the assumed shear plane shall not exceed the limits in Table 22.9.4.4. Where concretes of different strengths are cast against each other, the lesser value of f_c' shall be used in Table 22.9.4.4

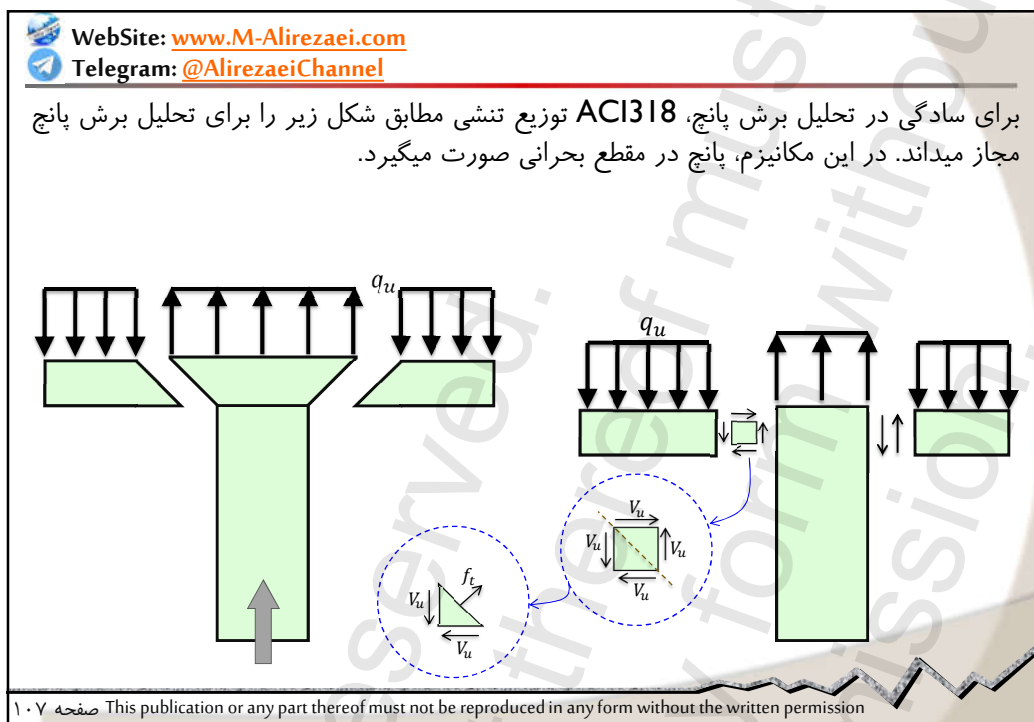
Table 22.9.4.4—Maximum V_n across the assumed shear plane

Condition	Maximum V_n (kg , cm)		
Normal weight concrete placed monolithically or placed against hardened concrete intentionally roughened to a full amplitude of approximately 6 mm.	Least of (a), (b), and (c)	$0.2f_c'A_c$	(a)
		$(34 + 0.08f_c')A_c$	(b)
		$110A_c$	(c)
Other cases	Lesser of (d) and (e)	$0.2f_c'A_c$	(d)
		$55A_c$	(e)

A_c = area of concrete section resisting shear transfer,

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۰۴





WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

*** مقطع بحرانی برای کنترل برش پانچ در دال:**

برش پانچ در یک مقطع بحرانی به فاصله $d/2$ از لبه تکیه‌گاه کنترل می‌شود.

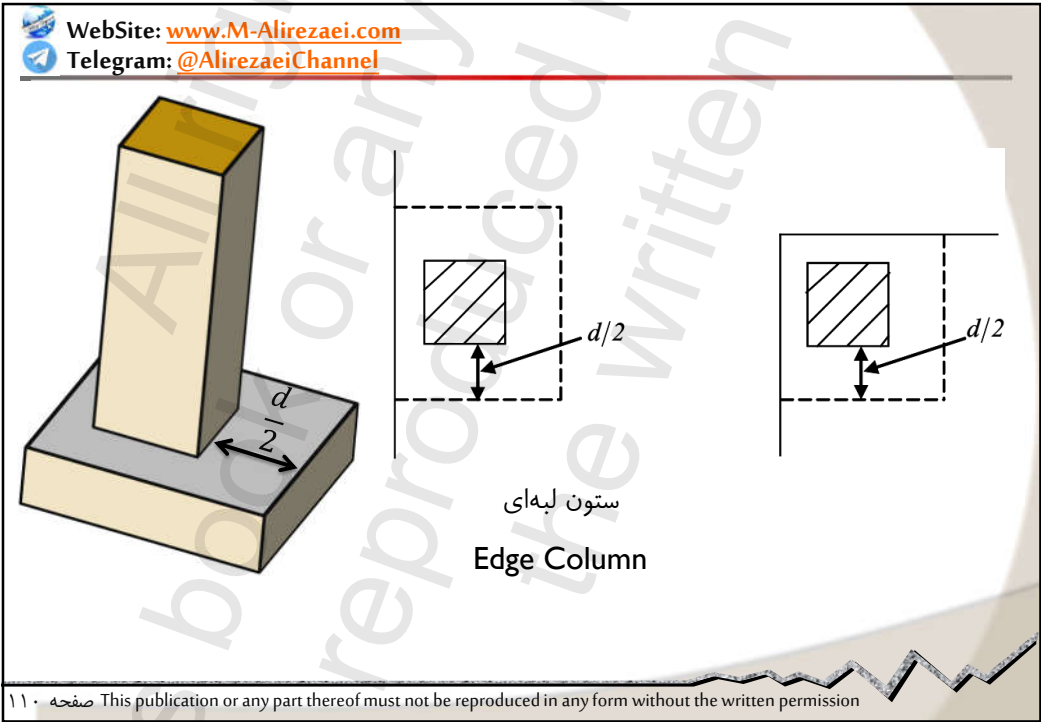
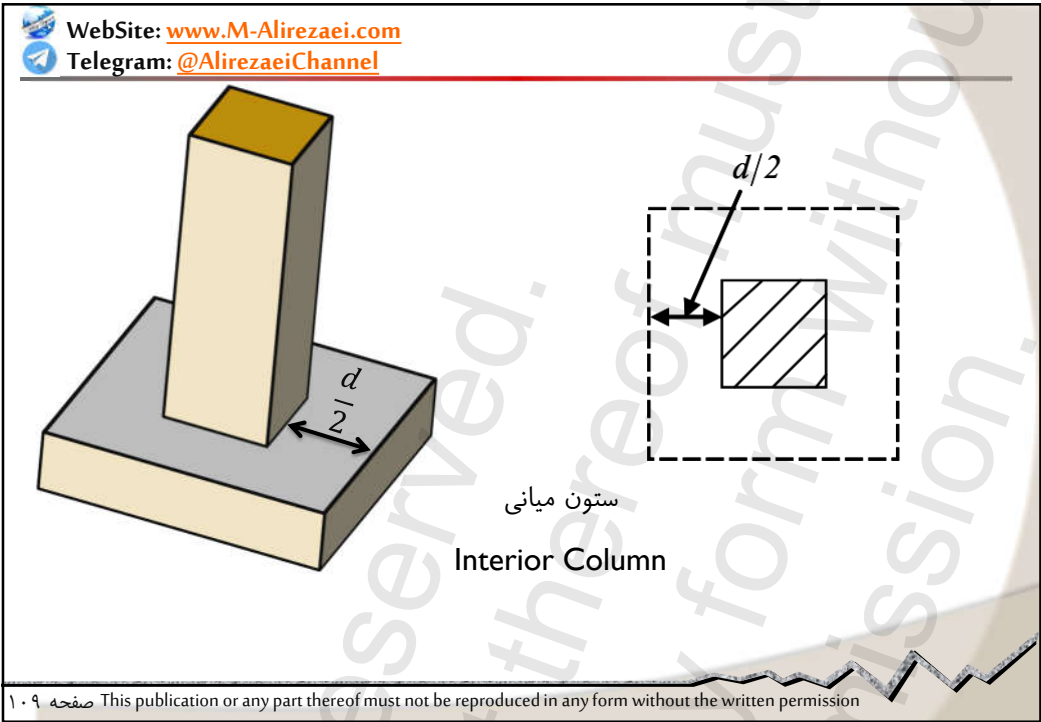
22.6.4.2 For two-way members reinforced with headed shear reinforcement or single- or multi-leg stirrups, a critical section with perimeter b_o located $d/2$ beyond the outermost peripheral line of shear reinforcement shall also be considered. The shape of this critical section shall be a polygon selected to minimize b_o .

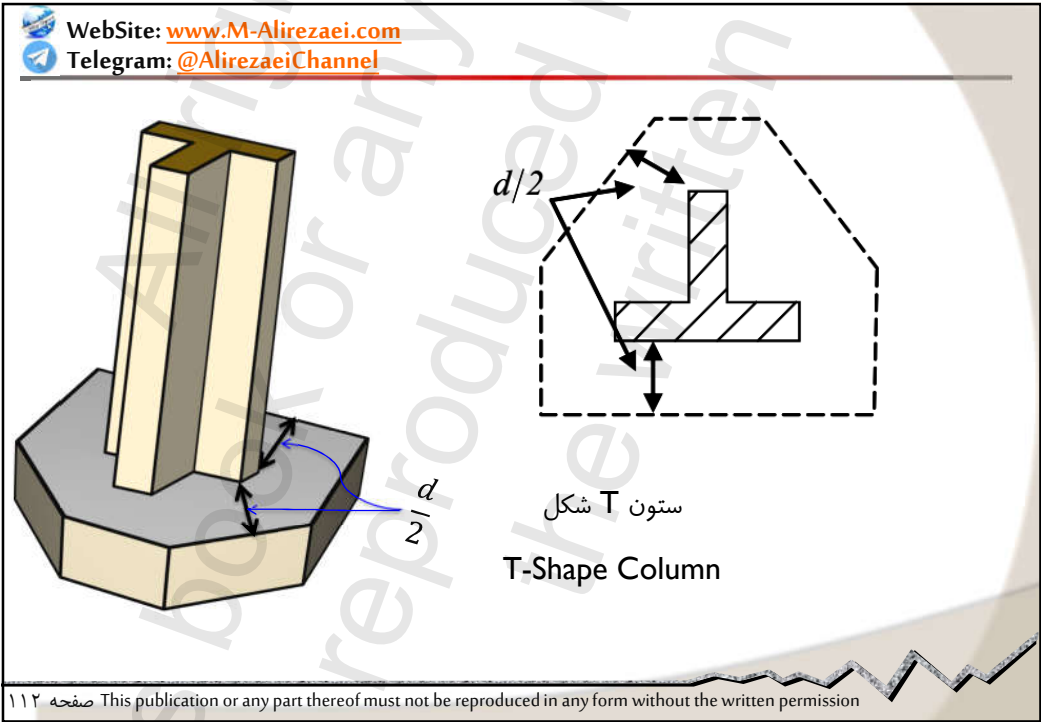
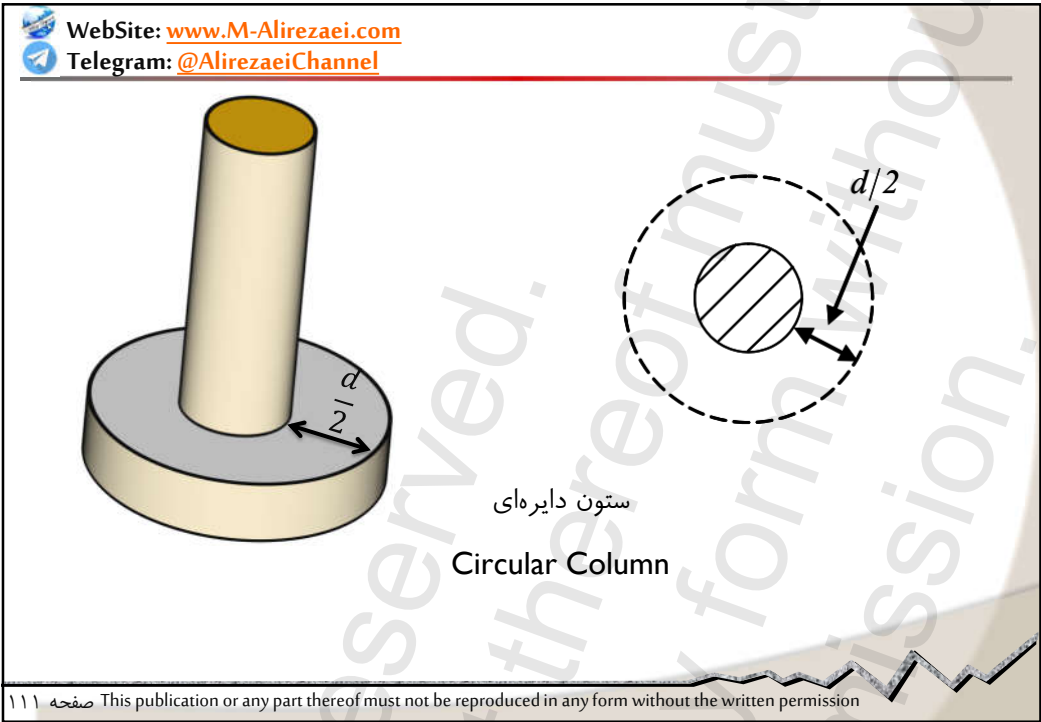
برای ستون‌های مستطیلی و بارهای نقطه‌ای، سطح مقطع بحرانی بصورت مستطیلی به موازات لبه‌های ستون در نظر گرفته می‌شود.

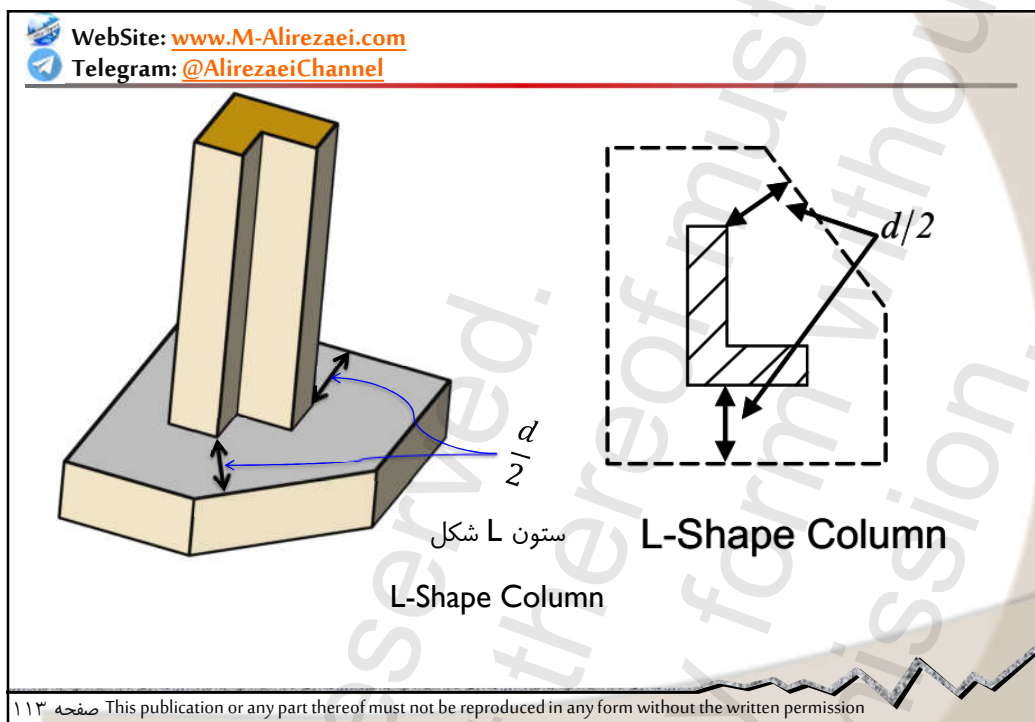
مقدار d ، برابر متوسط عمق موثر در دو جهت در نظر گرفته می‌شود.

22.6.2.1 For calculation of v_c and v_s for two-way shear, d shall be the average of the effective depths in the two orthogonal directions.

صفحه ۱۰۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission







WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* ظرفیت برش پانچ بتن:

مقدار ظرفیت برش پانچ بتن بصورت حداقل سه مقدار زیر تعیین می شود:

$$v_c = \min \begin{cases} 0.53 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \\ 0.27 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \\ 1.1 \lambda \sqrt{f'_c} \end{cases} \rightarrow kg, cm$$

22.6.3.1 The value of $\sqrt{f'_c}$ used to calculate v_c for two-way shear shall not exceed 27 kg/cm^2 .

$$v_c = \min \begin{cases} 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \\ 0.083 \left(2 + \frac{\alpha_s d}{b_0} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \\ 0.33 \lambda \sqrt{f'_c} \end{cases} \rightarrow N, mm$$

* مقدار جذر مقاومت مشخصه بتن استفاده شده در روابط فوق نباید از ۲۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیشتر شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

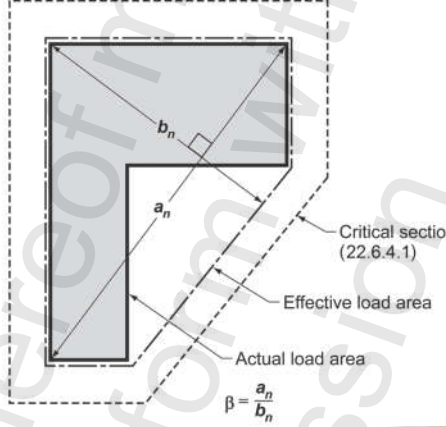
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در این روابط β نسبت طول حداکثر به حداقل مقطع بحرانی و b_0 محیط چند ضلعی مقطع بحرانی است. در مثال زیر نحوه تعیین ضریب β برای یک سطح غیر مستطیلی شکل نشان داده شده است.

همچنین α_s یک ضریب مقیاس بوده که براساس مکان قرار گیری مقطع بحرانی تعیین می‌شود:

$$\alpha_s = \begin{cases} 40 & \text{for interior columns,} \\ 30 & \text{for edge columns, and} \\ 20 & \text{for corner columns.} \end{cases}$$

22.6.5.3 The value of α_s is 40 for interior columns, 30 for edge columns, and 20 for corner columns.



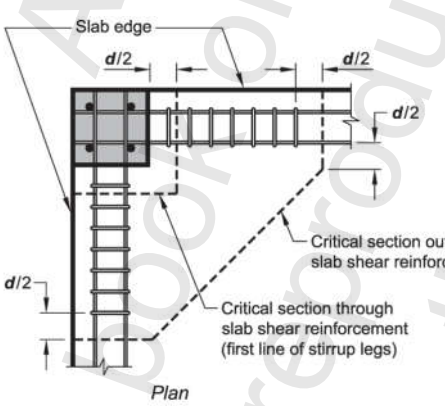
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

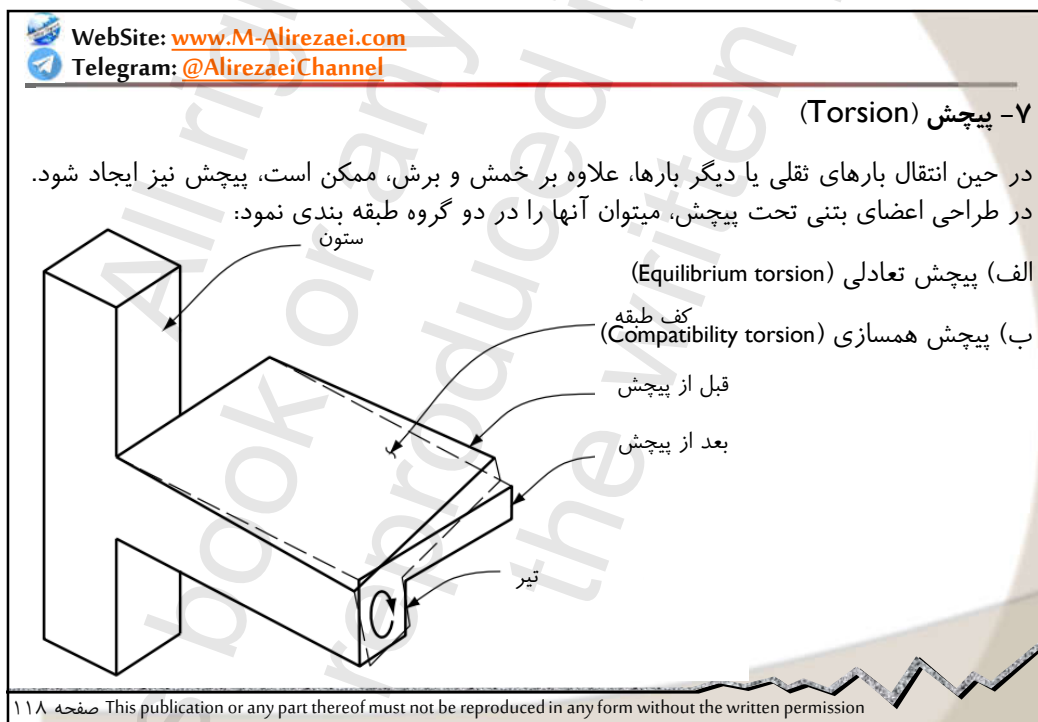
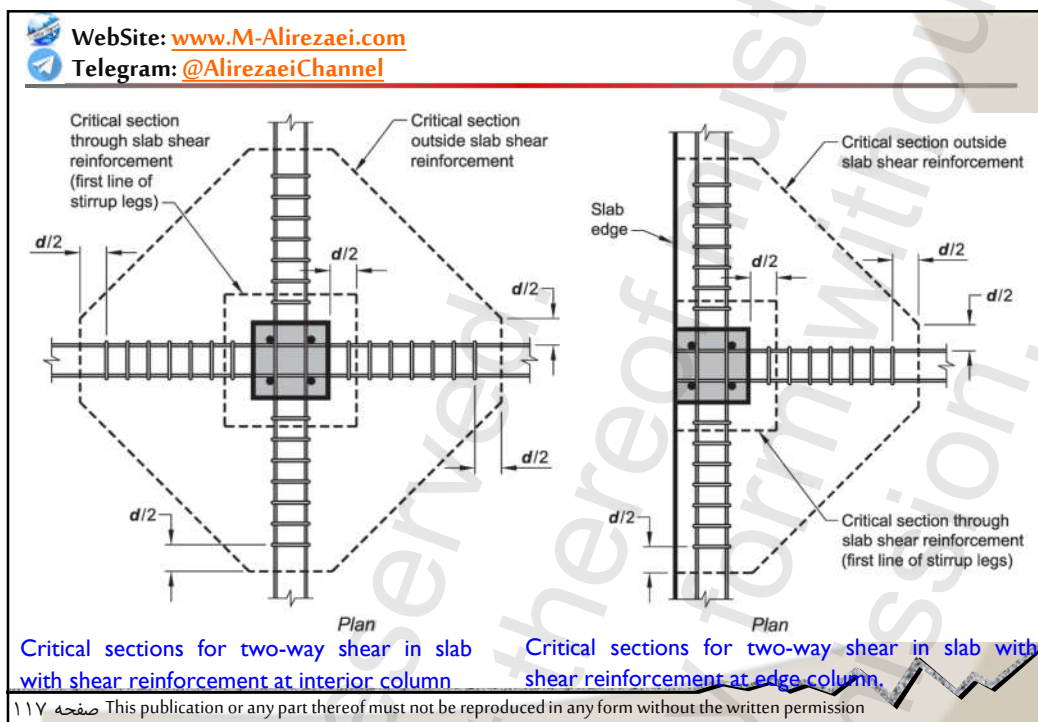
در عملکرد یک طرفه، مقطع بحرانی در فاصله d از لبه سطح اثر بار متمرکز یا از وجه کتیبه و یا هر تغییر دیگر در ضخامت دال با تکیه‌گاه در تمام عرض دال در نظر گرفته شود.

در عملکرد دو طرفه، مقطع بحرانی در این حالت سطح جانبی منشوری است که وجوه آن عمود بر سطح دال بوده و از لبه‌ها و گوشه‌های سطح اثر بار متمرکز یا تکیه‌گاه دارای فاصله ای برابر $d/2$ باشند.

Critical sections for two-way shear in slab with shear reinforcement at corner column.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

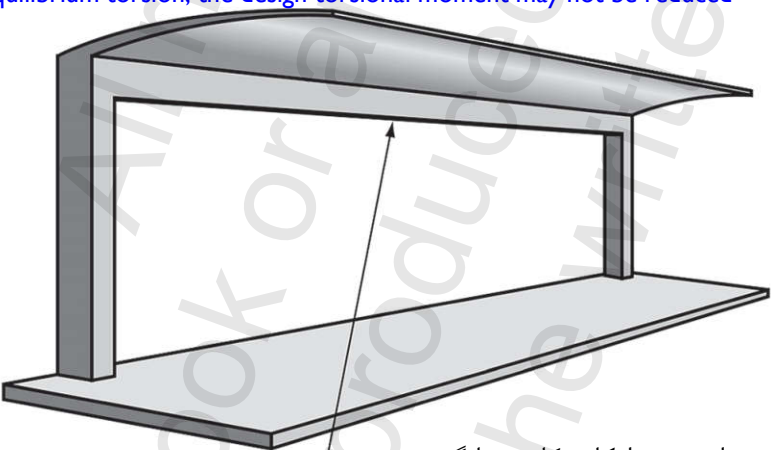
توجه: طبق ACI در حالتی که تیر نامعینی استاتیکی بوده و امکان بازتوزیع لنگرهای پیچشی فراهم باشد، میتوان مقدار T_u را به ϕT_{cr} کاهش داد.

22.7.3.2 In a statically indeterminate structure where $T_u \geq \phi T_{cr}$ and a reduction of T_u can occur due to redistribution of internal forces after torsional cracking, it shall be permitted to reduce T_u to ϕT_{cr} , where the cracking torsion T_{cr} is calculated in accordance with 22.7.5.

۱۱۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

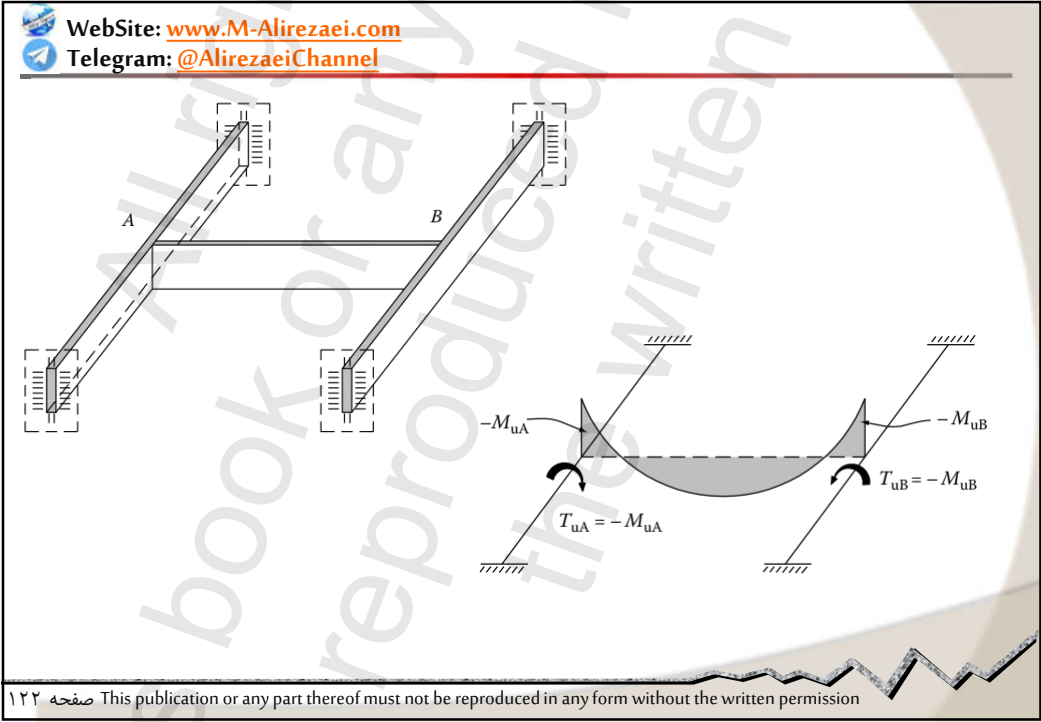
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

Equilibrium torsion, the design torsional moment may not be reduced



در این تیر امکان کاهش لنگر پیچشی وجود ندارد، زیرا امکان بازپخش لنگر در این تیر وجود ندارد.

۱۲۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای طراحی تیرها به سبب پیچش نیاز است برخی مشخصات هندسی همچون A_{cp} , A_o , A_{oh} و p_h محاسبه شوند.

مقدار کاور بتن را باید حداقل برابر 4.5 cm در نظر گرفت.

در طراحی تیرهای T شکل فرض بر آن است که آرماتور موجود در بال موثر نیستند. با این فرض از اثر بال صرف نظر میشود. با این فرضیات مشخصات ویژه برای یک تیر مستطیلی بصورت زیر خواهد بود:

$$A_{cp} = bh \quad (\text{ACI 2.2, R22.7.5})$$

$$A_{oh} = (b - 2c)(h - 2c) \quad (\text{ACI 2.2, R22.7, Fig R22.7.6.1.1})$$

$$A_o = 0.85 A_{oh} \quad (\text{ACI 22.7.6.1.1, Fig R22.7.6.1.1})$$

$$p_{cp} = 2b + 2h \quad (\text{ACI 2.2, R22.7.5})$$

$$p_h = 2(b - 2c) + 2(h - 2c) \quad (\text{ACI 22.7.6.1.1, Fig R22.7.6.1.1})$$

۱۲۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

همچنین این مشخصات برای تیرهای T شکل مطابق روابط زیر تعیین می‌شوند.

$$A_{cp} = b_w h + (b_f - b_w) h_f \quad (\text{ACI 2.2, R22.7.5})$$

$$A_{oh} = (b_w - 2c)(h - 2c) \quad (\text{ACI 2.2, R22.7, Fig R22.7.6.1.1})$$

$$A_o = 0.85 A_{oh} \quad (\text{ACI 22.7.6.1.1, Fig R22.7.6.1.1})$$

$$p_{cp} = 2b_f + 2h \quad (\text{ACI 2.2, R22.7.5})$$

$$p_h = 2(h - 2c) + 2(b_w - 2c) \quad (\text{ACI 2.2, R22.7.5})$$

۱۲۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای محاسبه پیچش حد آستانه (T_{th} Threshold torsion limit) و پیچش حد ترک خوردگی (T_{cr} Cracking torsion limits) از روابط زیر استفاده می‌شود:

$$T_{th} = 0.27\lambda\sqrt{f'_c}\left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}\right) \quad kg.cm$$

$$T_{cr} = \lambda\sqrt{f'_c}\left(\frac{A_{cp}^2}{p_{cp}}\right) \quad kg.cm$$

مقادیر p_{cp} و A_{cp} در قبل تعریف شدند. همچنین ضریب تقلیل مقاومت پیچشی بصورت پیش فرض برابر $\phi=0.75$ است.

* مقدار جذر مقاومت مشخصه بتن استفاده شده در روابط فوق نباید از ۲۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع بیشتر شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۲۵

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی آرماتورهای پیچشی:

در صورتی که $T_u < \phi T_{th}$ باشد، نیازی به طراحی آرماتور پیچشی نیست. تنش تسلیم آرماتورهای طولی پیچشی و آرماتورهای عرضی پیچشی به ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محدود شود.

در صورتی که $T_u \geq \phi T_{cr}$ باشد، آرماتور پیچشی مطابق روند زیر محاسبه میشود:

$$\frac{A_t}{s} = \frac{T_u \tan \theta}{\phi 2 A_0 f_{yt}} \quad \text{آرماتور عرضی پیچشی مورد نیاز:}$$

$$A_l = \frac{T_u p_h}{\phi 2 A_0 f_y} \tan \theta \quad \text{آرماتور طولی پیچشی مورد نیاز:}$$

در حین طراحی مقدار $\theta=45$ درجه در نظر گرفته می‌شود. آیین نامه هر مقداری بین ۳۰ تا ۶۰ درجه را اجازه میدهد

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۲۶

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طبق ACI318-14 در صورت نیاز به آرماتور پیچشی، حداقل مقدار آرماتور عرضی بصورت زیر است:

9.6.4.2 If torsional reinforcement is required, minimum transverse reinforcement $(A_v + 2A_t)_{min}/s$ shall be the greater of (a) and (b):

$$\frac{A_v + 2A_t}{s} \geq \begin{cases} 0.2\sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} \\ 3.5 \frac{b_w}{f_{yt}} \end{cases} \rightarrow kg, cm$$

$$\frac{A_v + 2A_t}{s} \geq \begin{cases} 0.062\sqrt{f'_c} \frac{b_w}{f_{yt}} \\ 0.35 \frac{b_w}{f_{yt}} \end{cases} \rightarrow N, mm$$

صفحه ۱۲۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

همچنین طبق ACI318-14 در صورت نیاز به آرماتور پیچشی، حداقل مقدار آرماتور طولی بصورت زیر است:

9.6.4.3 If torsional reinforcement is required, minimum area of longitudinal reinforcement $A_{l,min}$ shall be the lesser of (a) and (b):

$$A_{l,min} \leq \begin{cases} \frac{1.33\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\ \frac{1.33\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{25b_w}{f_{yt}}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \end{cases} \rightarrow kg, cm$$

$$A_{l,min} \leq \begin{cases} \frac{0.42\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \\ \frac{0.42\sqrt{f'_c} A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{0.175b_w}{f_{yt}}\right) p_h \frac{f_{yt}}{f_y} \end{cases} \rightarrow N, mm$$

صفحه ۱۲۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طبق ACI318-14 در صورت وجود نیروی برشی و لنگر پیچشی بصورت یکجا، رابطه زیر بایستی کنترل شود:

22.7.7.1 Cross-sectional dimensions shall be selected such that is satisfied:

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 2\sqrt{f'_c}\right) \rightarrow kg, cm$$

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u p_h}{1.7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0.66\sqrt{f'_c}\right) \rightarrow N, mm$$

در صورت عدم اقناع شرایط فوق در طراحی باید بازبینی صورت گیرد. در نهایت کل آرما تور برشی مورد نیاز با رابطه زیر تعیین میشود:

$$Total \left(\frac{A_{v+t}}{S}\right) = \frac{A_v}{S} + \frac{2A_t}{S}$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۲۹

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی لرزه‌ای سازه‌های بتنی:

در حین زلزله، نیروهای زیادی در مدت زمان کم به سازه اعمال می‌شود. باید بین نیروهای ایجاد شده ناشی از باد و زلزله تفاوت گذاشت. بارهای ناشی از باد خارجی بوده ولیکن بارهای ناشی از زلزله داخلی هستند.

میزان بارهای ناشی از زلزله، به جرم سازه بستگی دارد.

میزان بارهای ناشی از باد به سطح بارگیر سازه بستگی دارد.

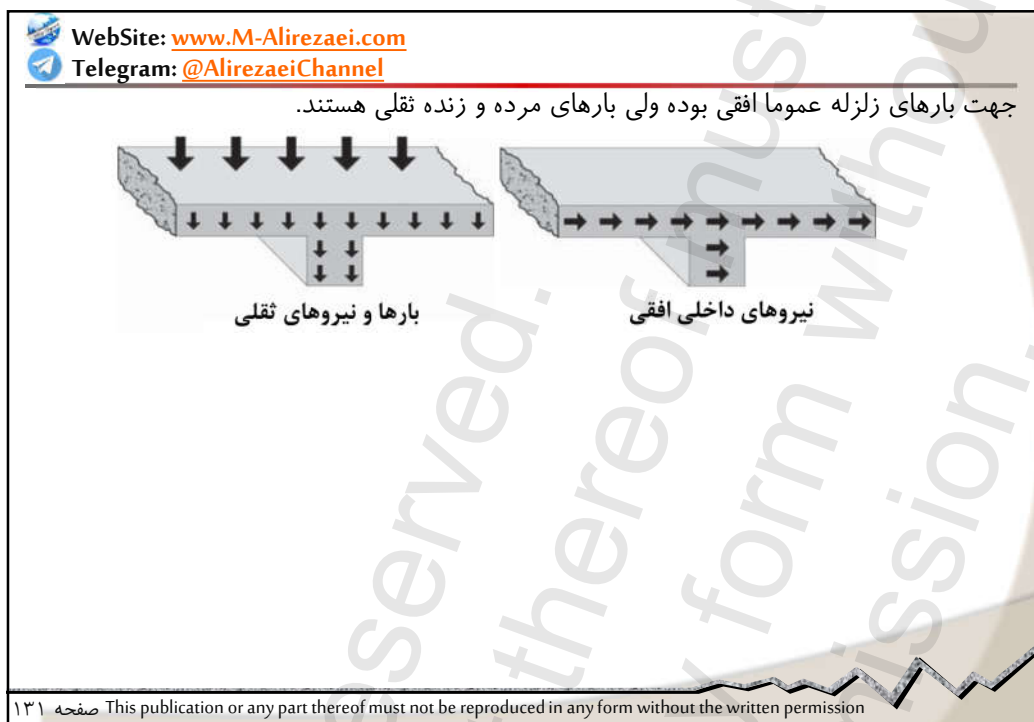
الف) نیروهای ناشی از باد

ب) نیروهای داخلی ناشی از زلزله

ج) جهت وزش باد

نشاب زمین

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۳۰



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار لرزه‌ای اتصالات تیر به ستون

* در طراحی سازه‌های بتن آرمه با اتصالات صلب، فرض بر گیرداری کامل اعضاء در محل اتصالات است.

* اتصال تیر- ستون در بین انواع اتصالات دیگر در قابهای بتن مسلح، حائز اهمیت خاصی است. چونکه ابعاد اتصال بسیار کوچک است در حالیکه لنگرهای منفی ماکزیمم و نیروهای برشی ماکزیمم در همین محل اتفاق می‌افتند و لذا تراکم میلگردگذاری فوق العاده زیاد می‌شود.

* در اتصالات کناری تیر- ستون به این دلیل که میلگردهای تیر باید در این ناحیه مهار و قطع گردند، بر خلاف اتصالات تیر- ستونهای میانی که در آنها میلگردهای تیر را می‌توان بطور ممتد از داخل اتصال عبور داد، با مسئله‌ای حادث‌تر مواجه می‌شویم.

* در سازه‌های بتن مسلح پیش ساخته بدلیل اینکه میلگردهای ستون در ناحیه اتصال قطع می‌گردند مشکل دیگری نیز بر مشکلات فوق الذکر اضافه می‌گردد.

صفحه ۱۳۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

* بطور خلاصه مشکل عمده‌ای که اتصال تیر به ستون را از سایر اتصالات (دیوار به سقف، ستون به دال و غیره) متمایز می‌کند، اینست که ناحیه تقاطع تیر به ستون کوچک است و تعبیه حجم زیاد میلگرد مشکل. مشاهدات پس از وقوع زلزله‌های واقعی و نیز نتایج آزمایشات مبین این نکته بوده‌اند که خرابی‌های سازه‌ای بیشتر در ناحیه اتصالات مشاهده شده است، حال آنکه گسیختگی سایر المانهای سازه‌ای کمتر اتفاق افتاده است.



ساختمان بتنی در سریل دهاب که به دلیل ضعف اتصالات در زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ منهدم شد

صفحه ۱۳۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

- در طراحی یک اتصال صلب باید نکات ذیل را مد نظر قرار داد:
- اتصالات باید به گونه‌ای طراحی شوند که بتوانند حداقل همان لنگرها و نیروهایی را که اعضای مجاور اتصال تحمل می‌کنند، متحمل گردند یعنی بتوان از حداکثر ظرفیت اعضا استفاده کرد.
 - برای اتصالاتی که معیار اول را ارضاء نمایند، انعطاف پذیری، اتصال باید به گونه‌ای باشد که از گسیختگی ترد جلوگیری شود.
 - حین وقوع زلزله، استهلاک انرژی قابل ملاحظه مشاهده گردد.
 - عرض ترک تحت اثر بارهای سرویس محدود و در حد قابل قبول باشد.
 - از نقطه نظر میلگردگذاری سهولتهای اجرایی ملحوظ گردد. این یکی از مهمترین دلایلی است که آرایشهای مختلفی از نظر میلگردگذاری، برای اتصالات پیشنهاد می‌شوند.
 - تغییر مکان اتصال نباید موجب افزایش چشمگیر تغییر مکان سازه گردد.
 - اگر زلزله متوسطی به سازه اعمال شد، اتصالها باید رفتارشان در محدوده ارتجاعی باشد.
 - پس از تشکیل لولای خمیری در محل اتصال، اتصال قادر باشد چرخشهای قابل ملاحظه‌ای را بدون کاهش در لنگر پلاستیک متحمل شود. بعبارت دیگر اتصال به اندازه کافی نرم باشد.

صفحه ۱۳۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

اگر بتوان لولای خمیری را به بیرون از ناحیه اتصال هدایت نمود در این صورت عملکرد سیستم بهتر خواهد شد. مخصوصاً در قابهای بتن مسلح مطلوب این است که لولای خمیری به خارج از ناحیه اتصال تیر به ستون و به درون تیر هدایت گردد. این موضوع باعث می‌شود که حین وقوع زلزله از تشکیل طبقه نرم جلوگیری شود و فلسفه تیر ضعیف- ستون قوی نیز رعایت گردد.



ساختمان بتنی در سرپل ذهاب که به دلیل ایجاد لولای خمیری در ستونها و در زلزله ۲۱ آبان ۱۳۹۶ منهدم شد

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۳۵

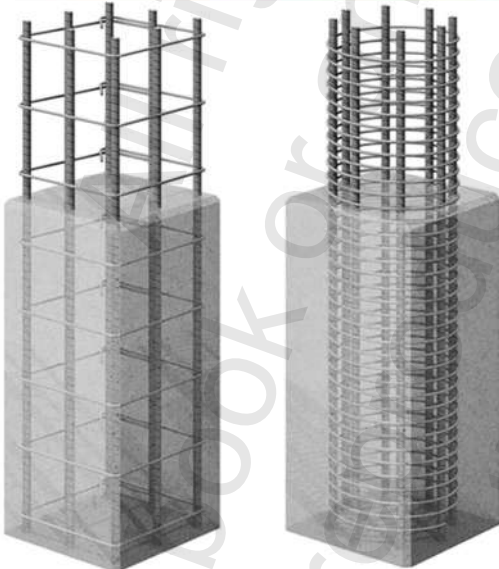
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

بتن محصور شده (Confined Concrete)

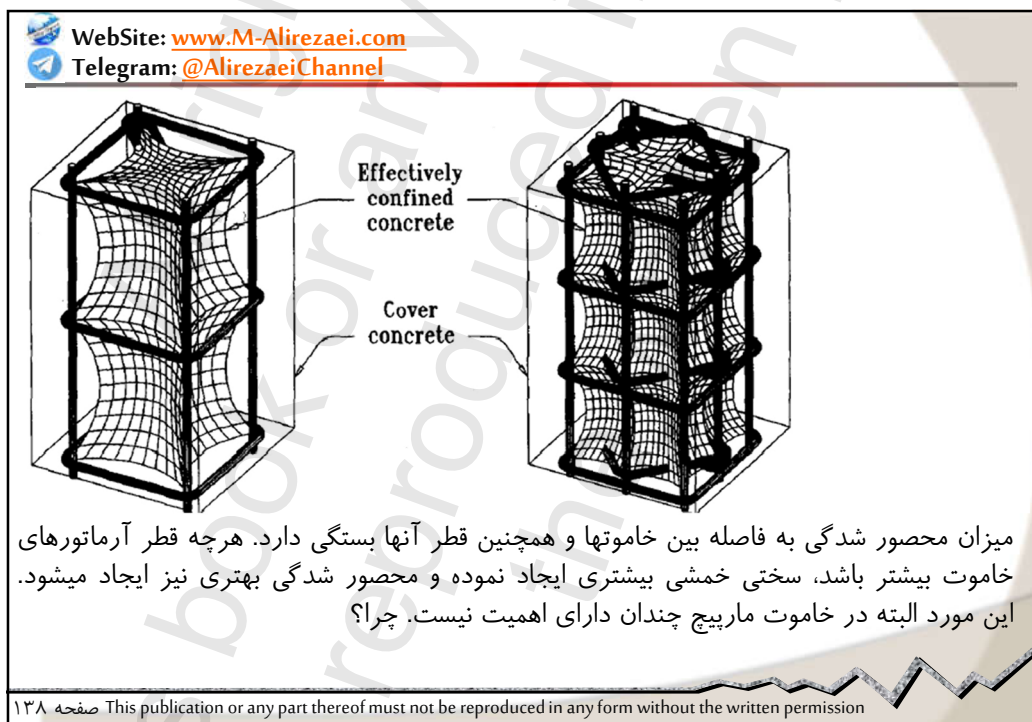
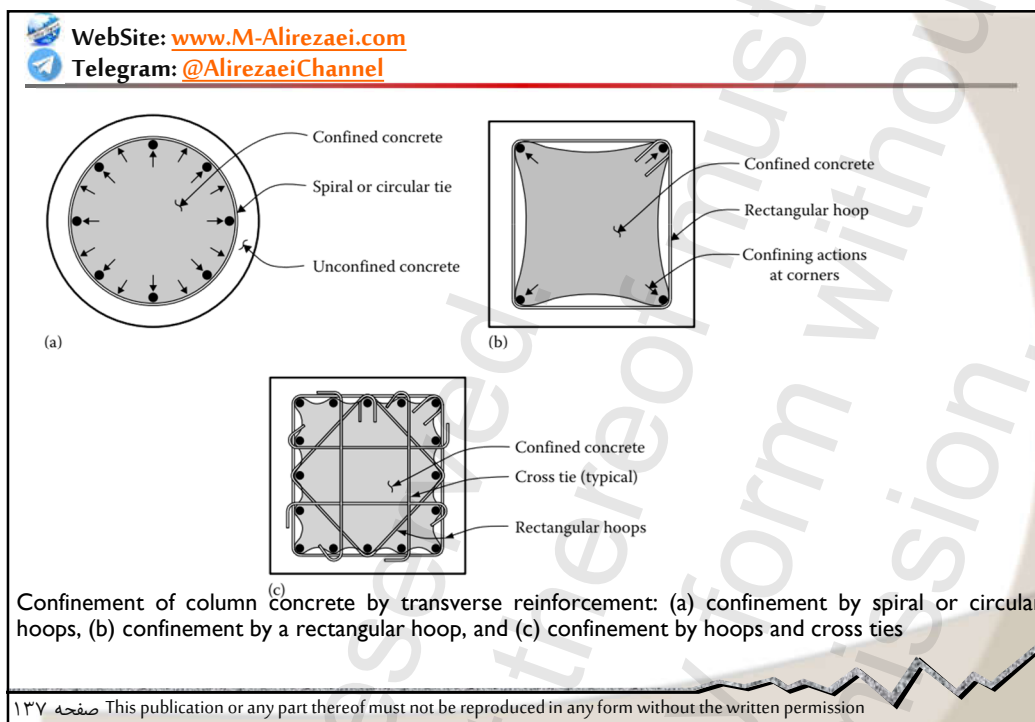
در حالتی بتن از تمام جهات محصور باشد، به آن بتن محصور گفته میشود. نمونه بارز بتن محصور، را میتوان ستون دارای خاموتهای مارپیچی در نظر گرفت که دارای محصوریت مناسبتری نسبت به خاموتهای بسته است.

استفاده از خاموت بسته در سازه‌های بتنی متداولتر است خاموت مارپیچ است.

✱ تا وقتی نیروی محوری به ستون اعمال نشده باشد، خاموتها تحت تنش نیستند. این نیرو باید به حدود ۸۵٪ مقاومت بتن غیرمحصور برسد

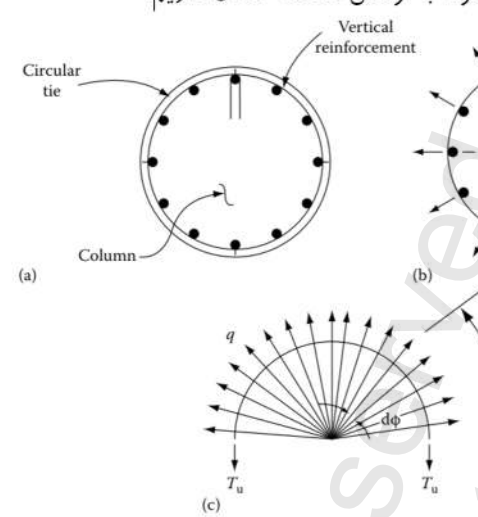


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۳۶



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای تعیین نیروی کششی ایجاد شده در خاموت، مطابق شکل زیر، شدت بار گسترده خطی روی خاموت برابر q و شعاع خاموت در نظر گرفته میشود. با نوشتن معادله تعادل داریم:



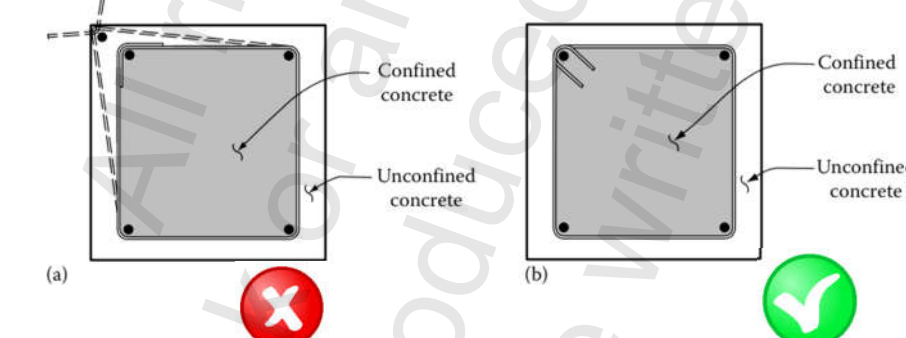
$$2T_u = 2 \int_0^{\pi/2} q r_c \sin \phi \, d\phi$$

$$\rightarrow T_u = q r_c$$

با توجه به این نیرو، آیین‌نامه برای تیرها، ستون‌ها و یا دیوارهایی که در آنها میلگرد طولی ممکن است جاری شود، محصورشدگی با خاموت مناسب را الزامی می‌کند.

صفحه ۱۳۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



استفاده از خاموت با خم ۹۰ درجه در گوشه قادر به محصور نمودن بتن بعد از خرابی کاور نبوده و بایستی از قلاب ۱۳۵ در مناطق با لرزه‌خیزی بالا استفاده نمود.

صفحه ۱۴۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

قلاب لرزه‌ای

قلاب ۹۰ درجه برای حلقه دایره‌ای

خم حداقل ۱۳۵ درجه و انتهای مستقیمی به طول ۶ برابر قطر میلگرد یا ۷۵ میلیمتر

ACI 318-14

25.3.4 Seismic hooks used to anchor stirrups, ties, hoops, and crossties shall be in accordance with (a) and (b):

(a) Minimum bend of 90 degrees for circular hoops and 135 degrees for all other hoops

(b) Hook shall engage longitudinal reinforcement and the extension shall project into the interior of the stirrup or hoop

ACI 318-14

25.3.5 Crossties shall be in accordance with (a) through (e):

(a) Crosstie shall be continuous between ends

(b) There shall be a seismic hook at one end

(c) There shall be a standard hook at other end with minimum bend of 90 degrees

(d) Hooks shall engage peripheral longitudinal bars

(e) 90-degree hooks of two successive crossties engaging the same longitudinal bars shall be alternated end for end, unless crossties satisfy 18.6.4.3 or 25.7.1.6.1

طول ۶ برابر قطر میلگرد

صفحه ۱۴۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

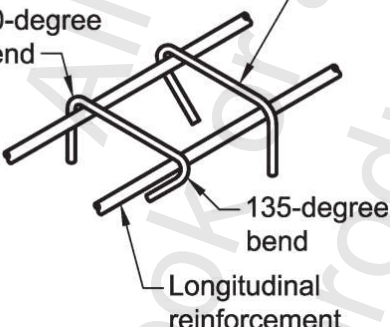
در سنجاقی‌ها، قلابهای ۹۰ درجه دو سنجاقی پی در پی، بایستی یکی در میان جایشان عوض شود.

Alternate hook position of each successive crosstie

90-degree bend

135-degree bend

Longitudinal reinforcement




صفحه ۱۴۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

شکل پذیری (Ductility)

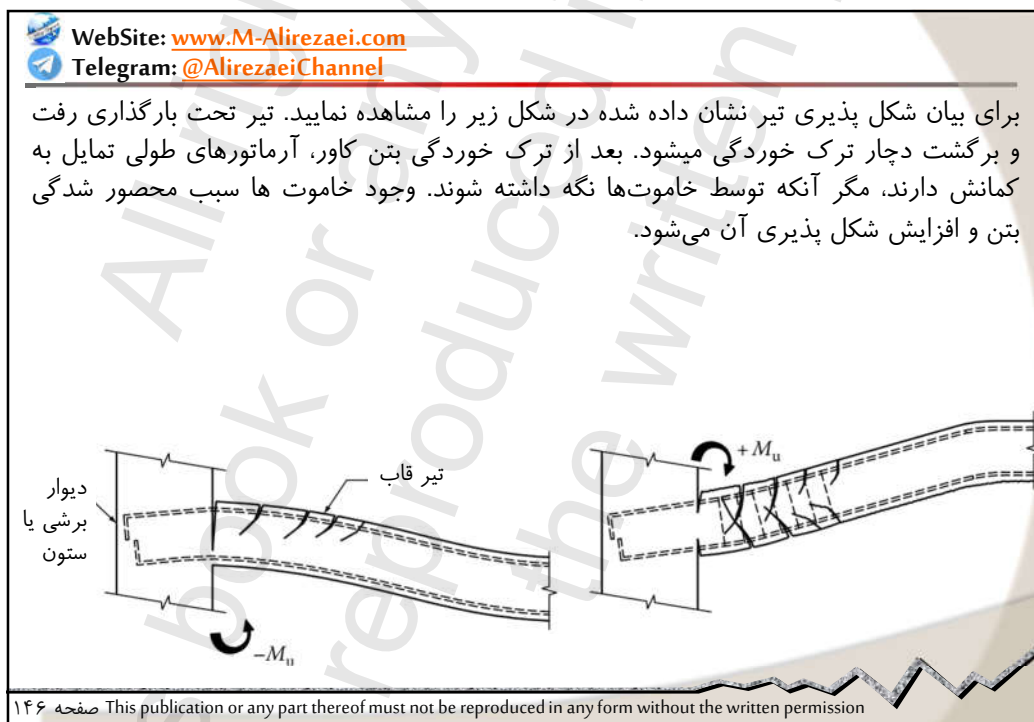
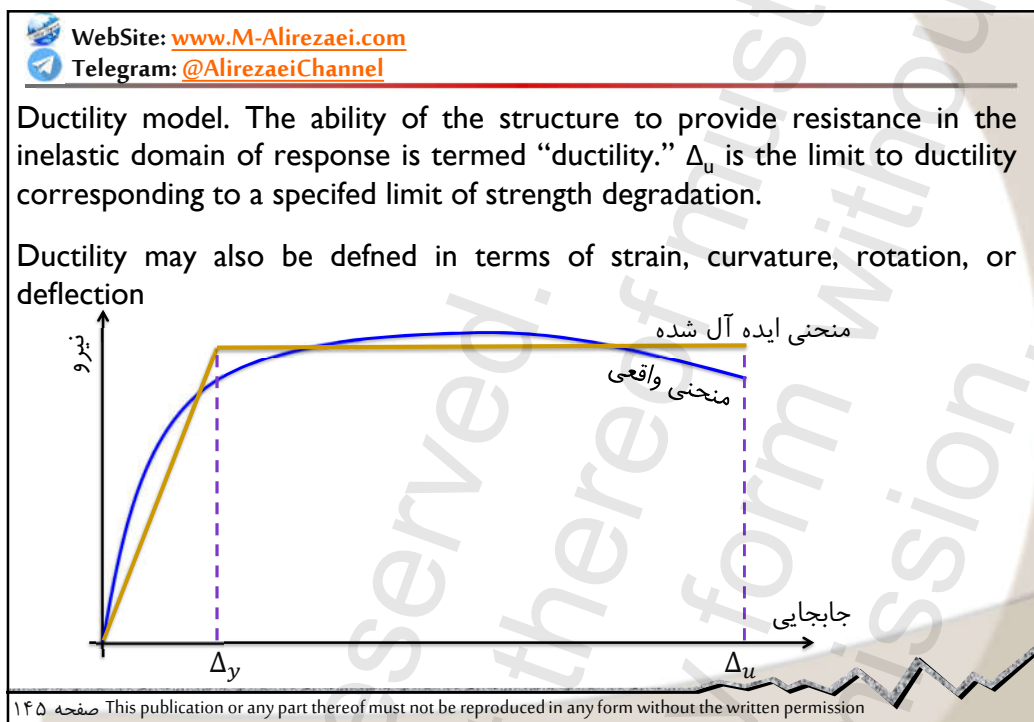
در ساختمان‌های بتنی برای اینکه اعضاء بتوانند بارهای تناوبی ناشی از زلزله را در چندین سیکل متوالی تحمل نمایند، آنها را به صورتی طراحی می‌کنند که رفتار اعضاء از حد ارتجاعی فراتر رود و تغییر شکل‌هایی در اعضاء بوجود آید، و اگر اعضاء و اتصالات بتوانند در برابر این تغییر شکل‌ها مقاومت کنند، در این صورت خود قاب بعنوان میراکننده بارهای تناوبی عمل نموده و مقدار زیادی از انرژی زلزله را جذب خواهد کرد. شکل‌پذیری قابهای بتن مسلح بصورت نسبت تغییر مکان نهایی بام به تغییر مکان نظیر حد تسلیم بام بصورت رابطه زیر تعریف می‌شود.

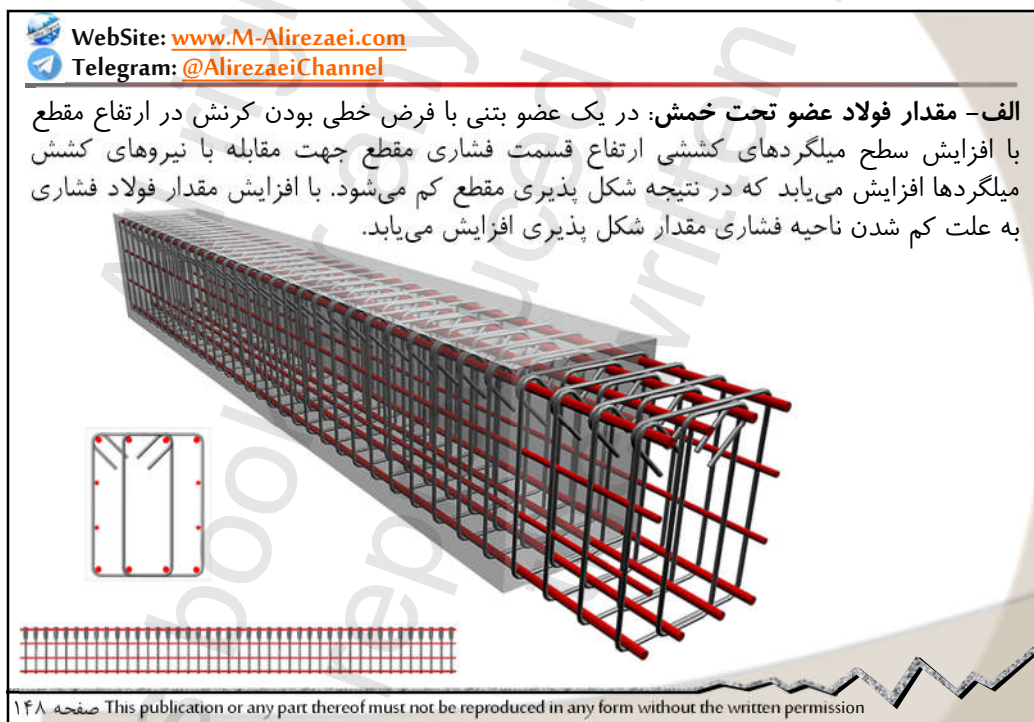
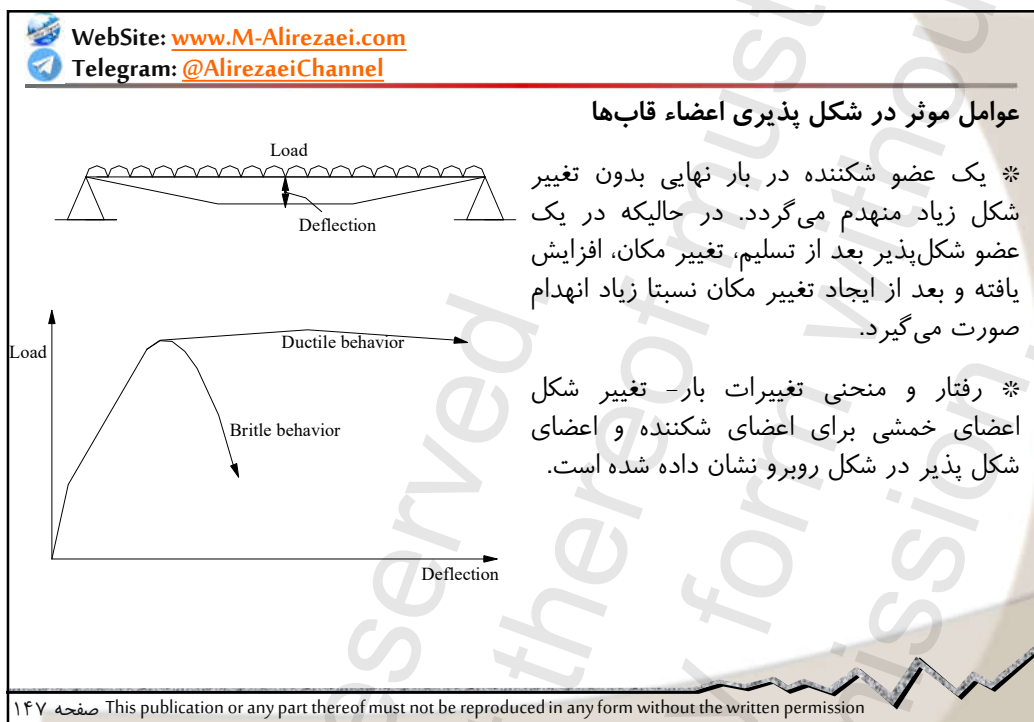
$$\mu = \frac{\Delta_u}{\Delta_y}$$

در اغلب موارد شکل پذیری مقاطع بتن مسلح را با انحناء بیان می‌کنند. در این صورت فاکتور شکل پذیری نسبت انحناء در بار نهایی حالت پلاستیک به انحناء در اولین تسلیم به صورت رابطه زیر تعریف می‌شود.

$$\mu = \frac{\phi_u}{\phi_y}$$

۱۴۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission





WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ب- مقاومت بتن مصرف شده: با افزایش مقاومت بتن مقدار عمق موثر لازم در یک مقطع کاهش خواهد یافت در نتیجه باعث افزایش انحناء و شکل پذیری خواهد شد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پ- مقاومت فولاد مصرف شده: با افزایش مقاومت میلگردهای کششی مصرف شده در مقطع تحت خمش، ارتفاع بتن فشاری جهت مقابله با نیروهای کششی فولاد بیشتر خواهد شد در نتیجه انحناء و شکل پذیری کاهش خواهد یافت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

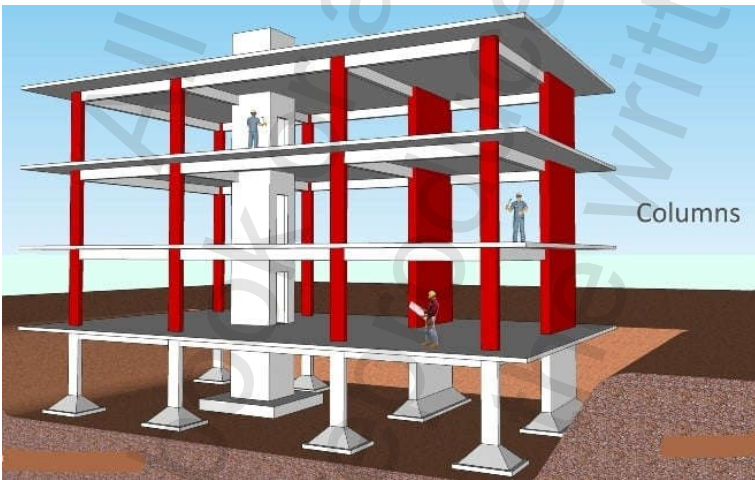
ت- شکل مقطع عرضی عضو تحت خمش: مقطعی که ارتفاع بتن فشاری را کاهش دهد مقطع مناسبی از نظر شکل پذیری می باشد مانند مقاطع شکل T و شکل L، که باعث کاهش ارتفاع بتن فشاری شده و در نتیجه انحناء و شکل پذیری افزایش می یابند. استفاده از مقاطع با عمق زیاد برای تیرها در طبقات پایین قاب، شکل پذیری قاب را بشدت کاهش می دهد.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۵۱

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ث- بار محوری فشاری: بار محوری بصورت فشاری باعث کاهش تغییر مکان و انحناء نهایی شده و اثر منفی در شکل پذیری قابها خواهد داشت.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۵۲



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

ج- مقدار میلگردهای عرضی (خاموتها) استفاده شده در عضو تحت خمش: خاموتهای استفاده شده در یک عضو تحت خمش به دلایل زیر باعث افزایش شکل پذیری می گردد:



- از کمانش فولادهای فشاری جلوگیری می کنند.
- از شکست برشی پیش رس بتن جلوگیری می کنند.
- خاموتها بتن را محبوس می کنند، در نتیجه باعث ازدیاد مقاومت و شکل پذیری آن می گردند. موقعی که بتن ساده تحت فشار محبوس کننده قرار می گیرد، مانند نمونه تحت فشار سه محوری، مقاومت فشاری آن چهار برابر نمونه تحت فشار یک محوری افزایش می یابد. عبارت دیگر فشار محبوس کننده جانبی باعث می گردد که بتن در تغییر شکلهای بیشتری خرد شود در نتیجه شکل پذیری عضو افزایش می یابد.

صفحه ۱۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

رفتار چرخه‌ای (Hysteresis)

رفتار رفت و برگشت یه المان یا یک سازه تحت بارهای جانبی یکی از مشخصات اصلی در رفتار آنها است.

* چه رفتار چرخه‌ای مناسب است؟

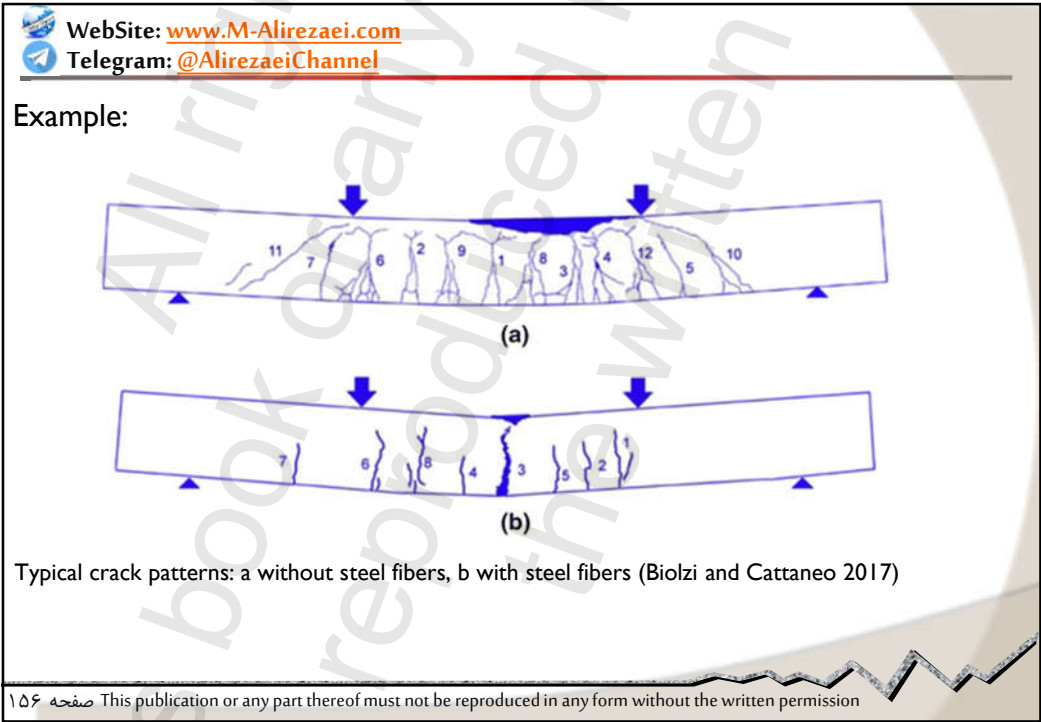
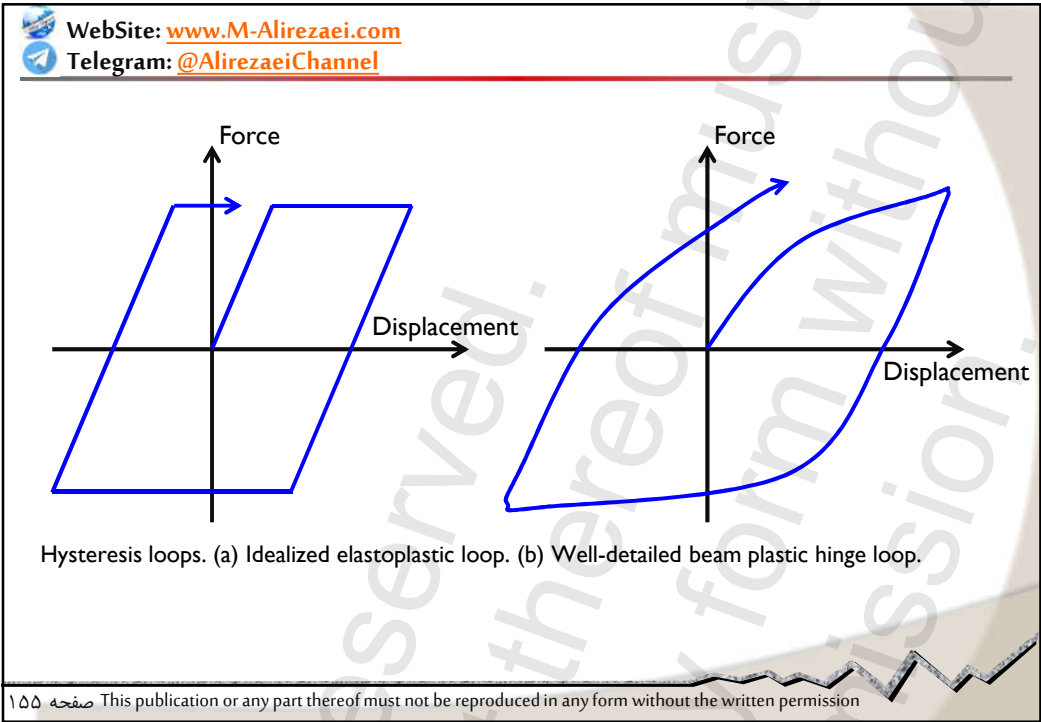
* معمولا نمودارهای رفتار چرخه‌ای براساس چه واحدهای ابعادی ترسیم می شوند؟

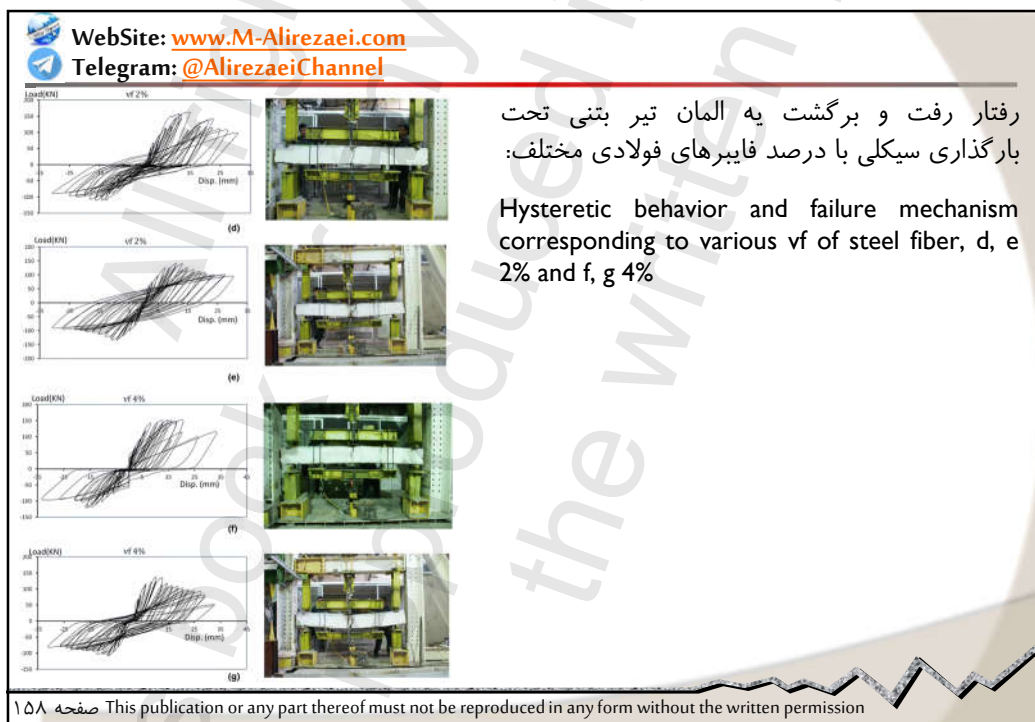
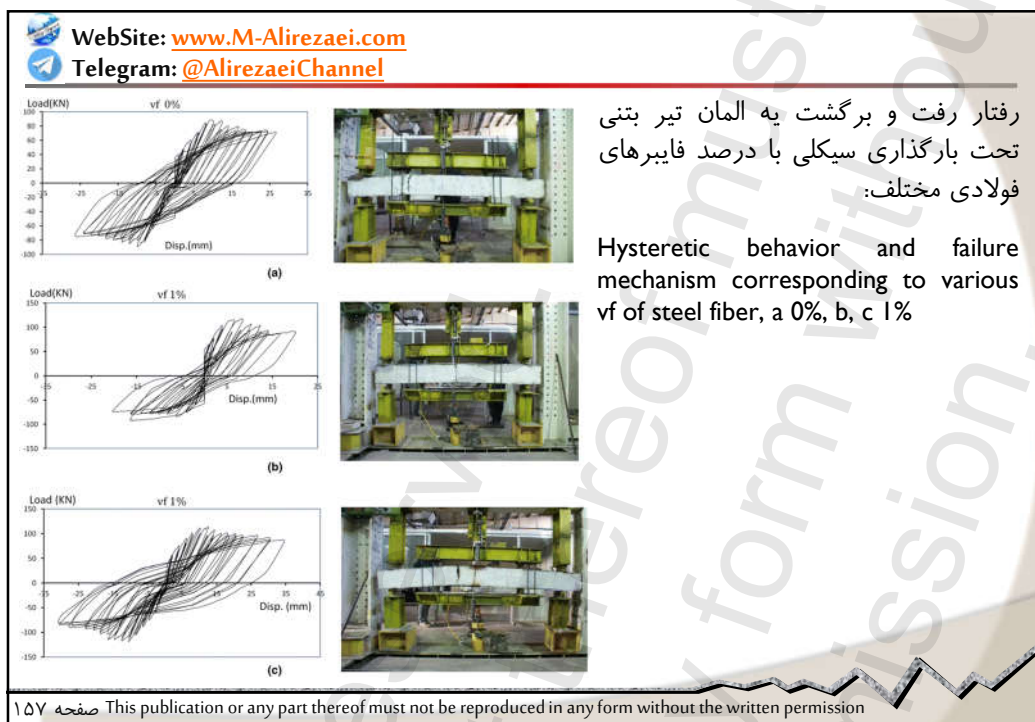
* چگونه می توان رفتار چرخه‌ای المانی از سازه را بهبود بخشید؟

* چه عواملی بر رفتار مناسب چرخه‌ای اثر گذارند؟



صفحه ۱۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission





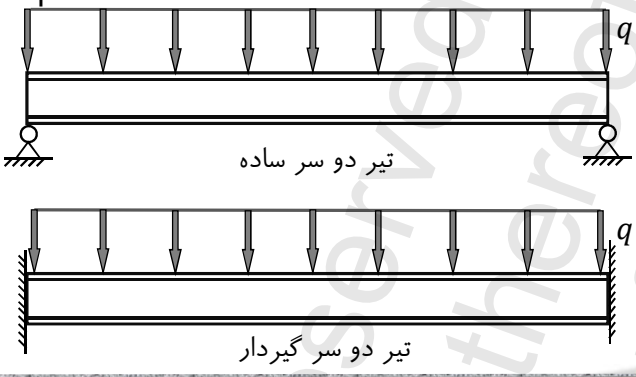
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

درجه نامعینی (افزونگی) (Redundancy)

رفتار سازه‌ها تحت بارهای زلزله، به میزان زیادی به درجه نامعینی آنها وابسته است.

* چگونه درجه نامعینی یک سازه را افزایش دهیم؟

Example:



تیر دو سر ساده

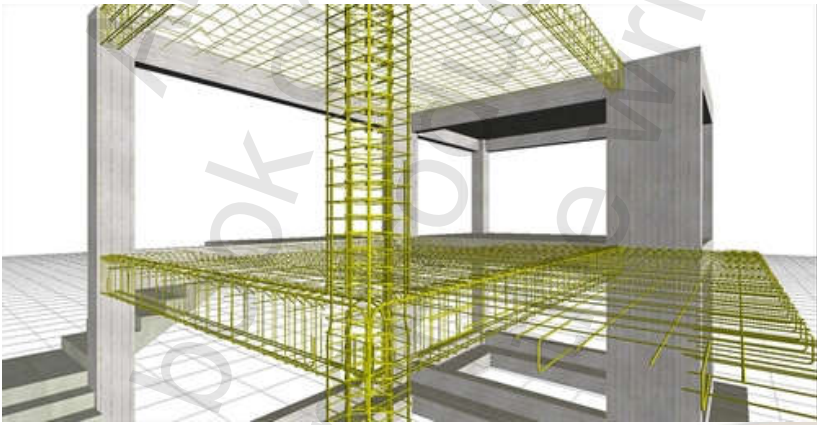
تیر دو سر گیردار

صفحه ۱۵۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

جزئیات بندی (Detailing)

جزئیات بندی نقش بسیار مهمی در انتقال بارها و رفتار شکل پذیر سازه‌ها دارد. معمولاً آیین‌نامه‌های طراحی بیشتر تأکید بر جزئیات بندی دارند تا تحلیل دقیق.

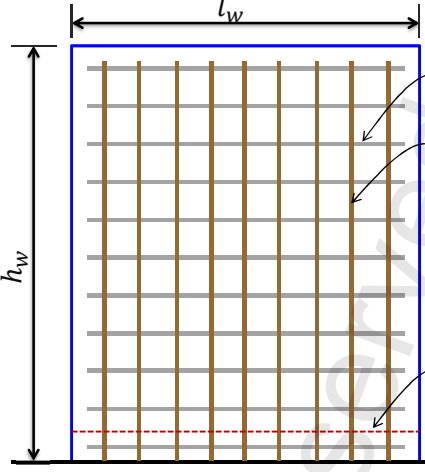


صفحه ۱۶۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی دیوار برشی بتنی (Shear wall design)

دیوار برشی در شکل‌های مختلفی از سیستم‌های لرزه بر در ساختمان‌های بتنی است.



ρ_t = ratio of area of distributed transverse reinforcement to gross concrete area perpendicular to that reinforcement

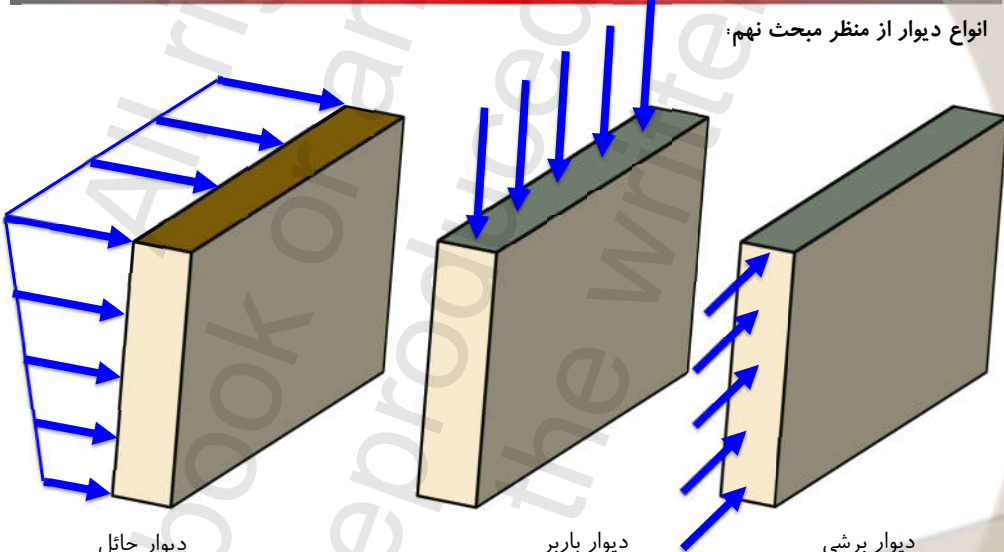
ρ_l = ratio of area of distributed longitudinal reinforcement to gross concrete area perpendicular to that reinforcement

Shear plane, A_{cv}
= web thickness $\times$ length of wall

صفحه ۱۶۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

انواع دیوار از منظر مبحث نهم:

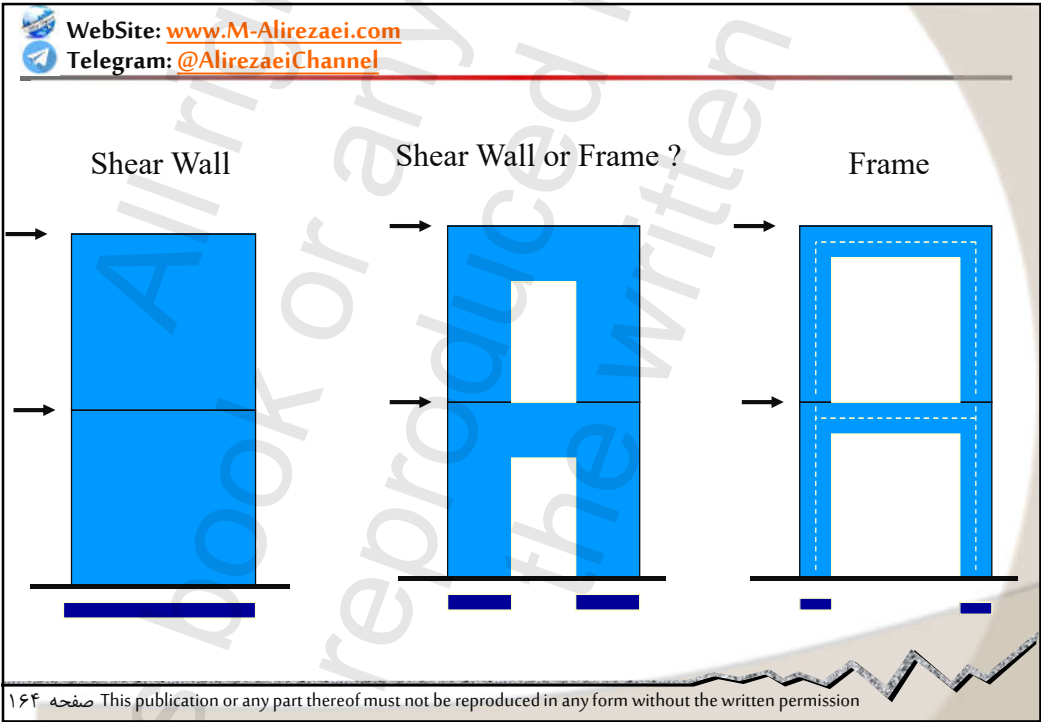


دیوار حائل

دیوار باربر

دیوار برشی

صفحه ۱۶۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

رفتار حاکم برشی و خمشی و بهترین آرایش میلگردهای قائم:
* طراحی برای نیروی محوری، خمش و برش صورت میگیرد.
* اکثر دیوارها رفتاری خمشی دارند.

۱۶۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

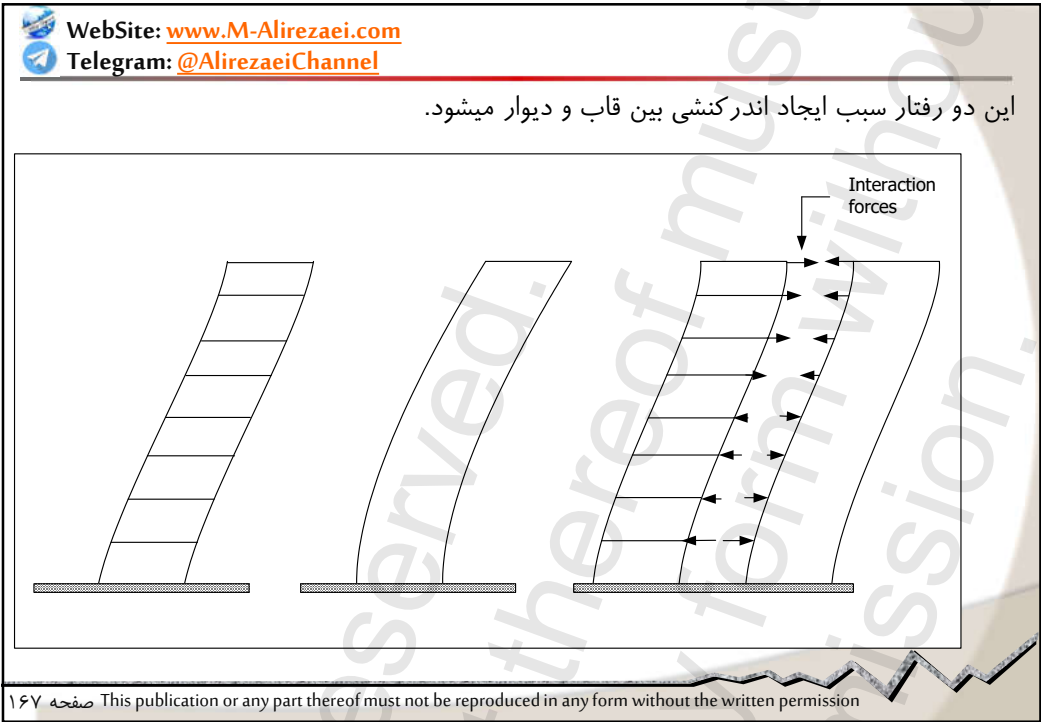
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

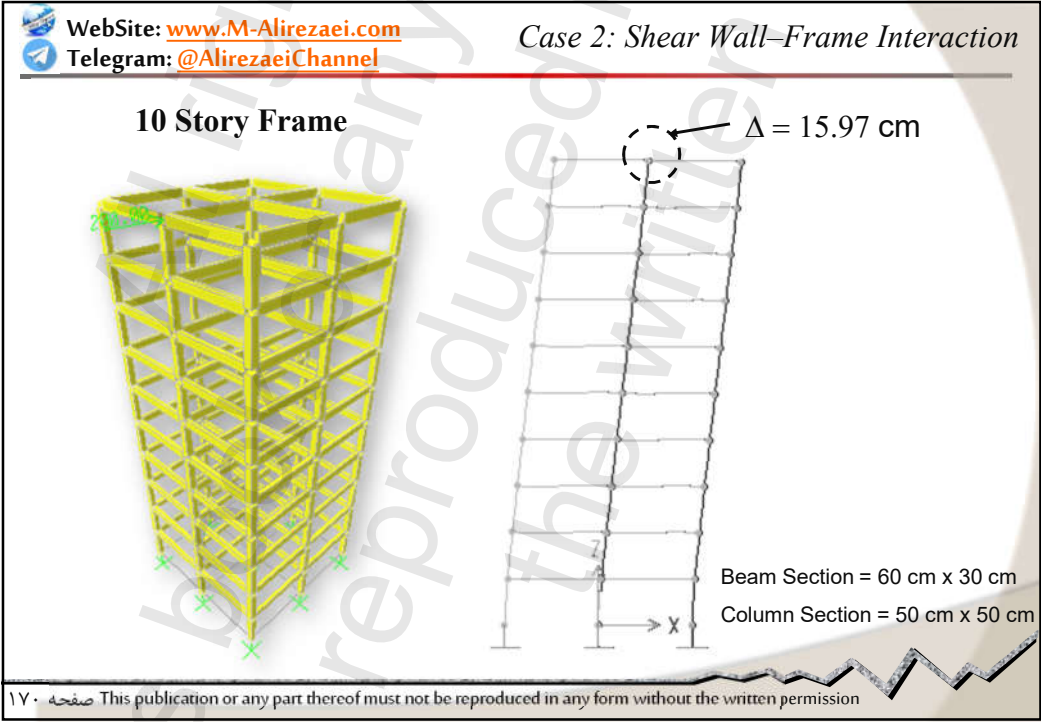
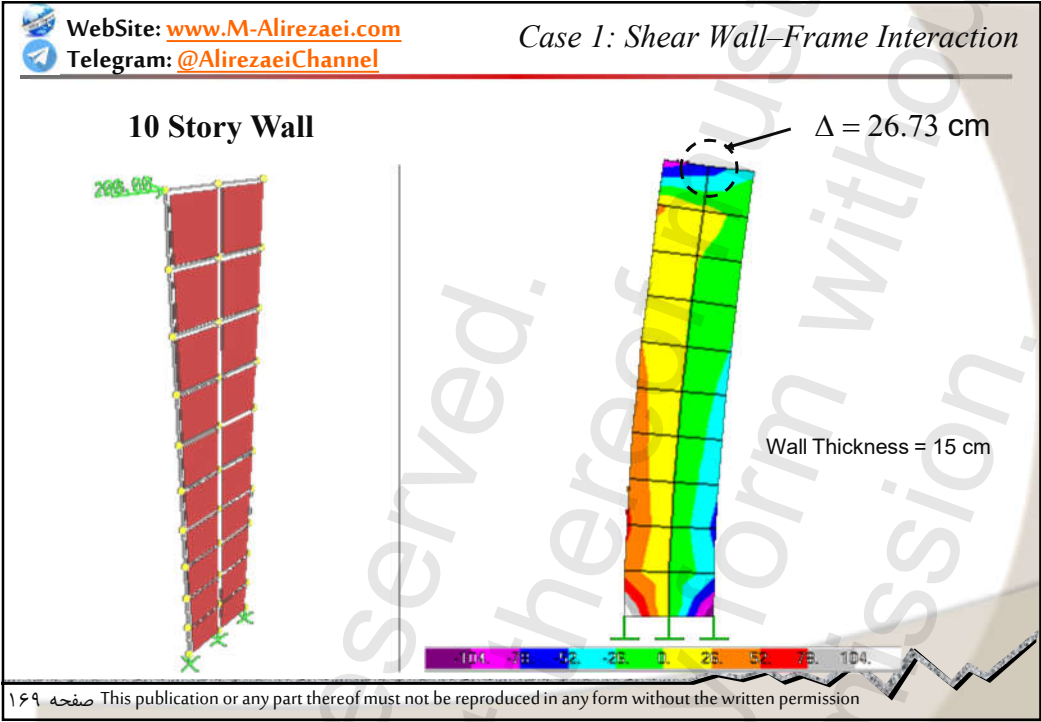
رفتار دیوار برشی و قاب

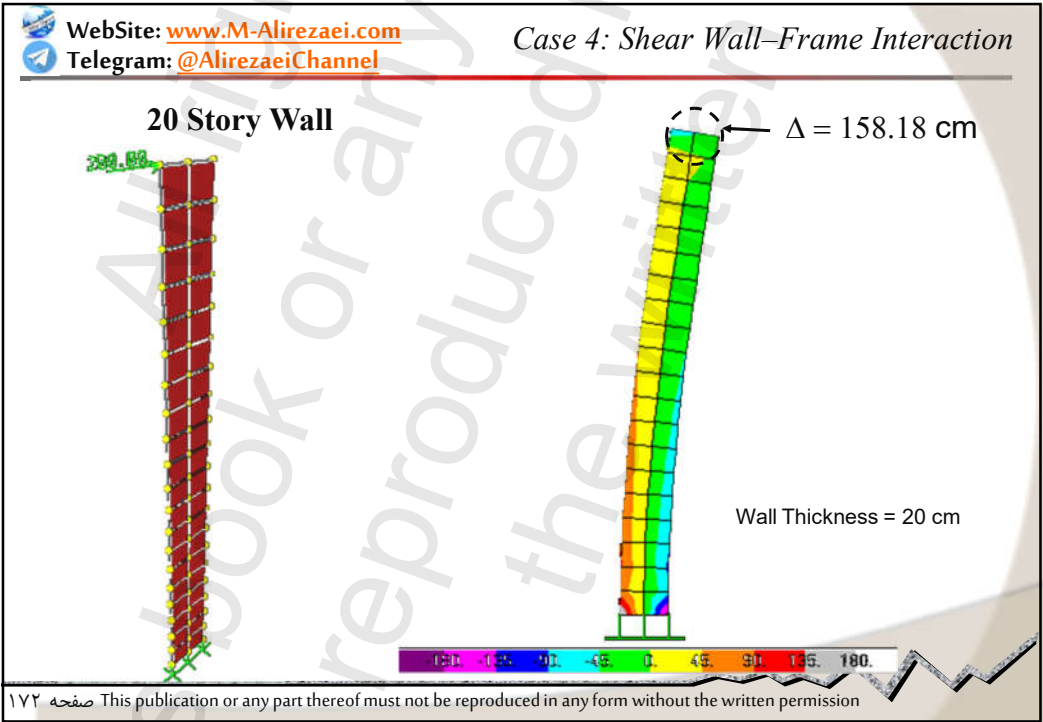
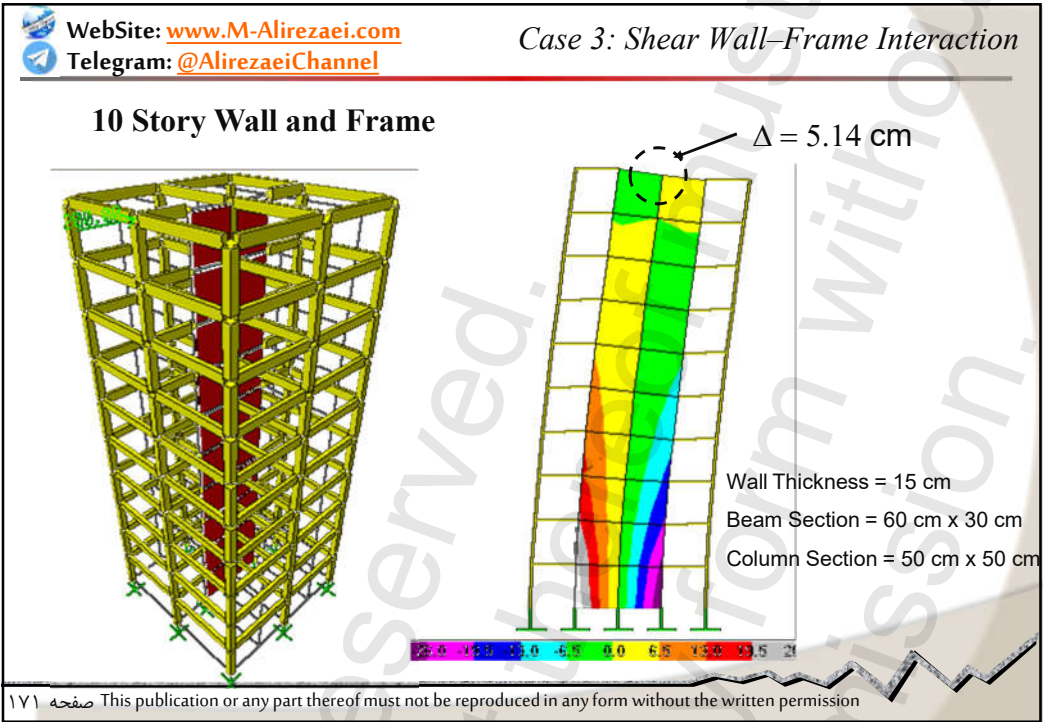
رفتار دیوار برشی، بصورت خمشی و رفتار قاب خمشی بصورت برشی است!
تنها دیوارهای کوتاه (نسبت ارتفاع به طول کمتر از ۲) برش در آنها حاکم است.

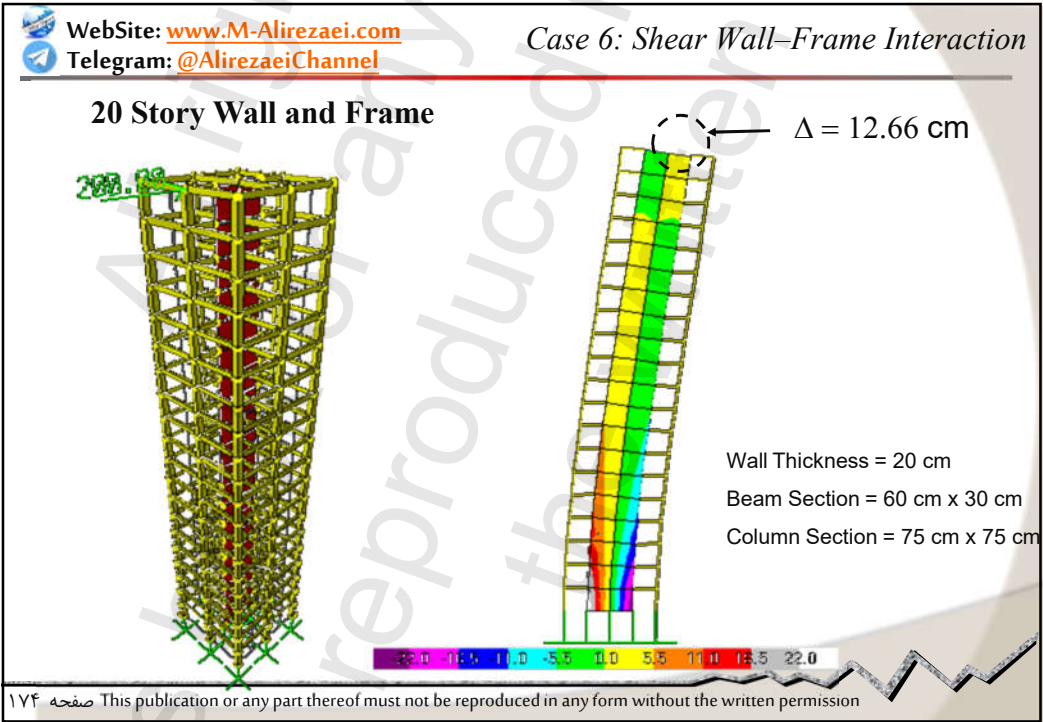
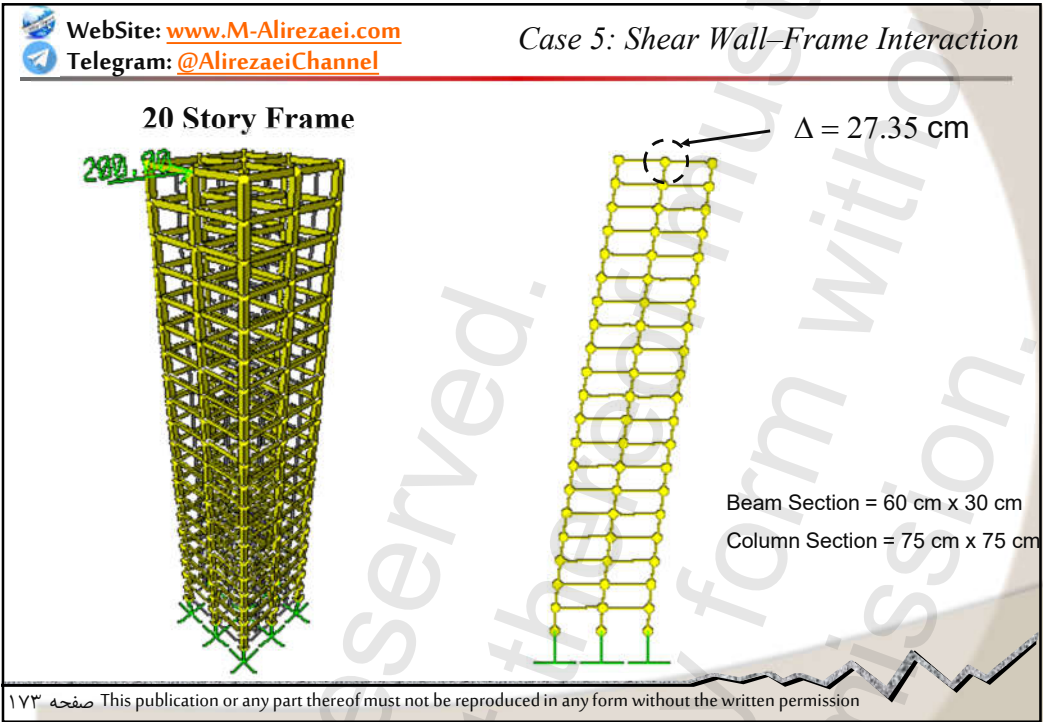
Shear Wall Behavior Frame Behavior

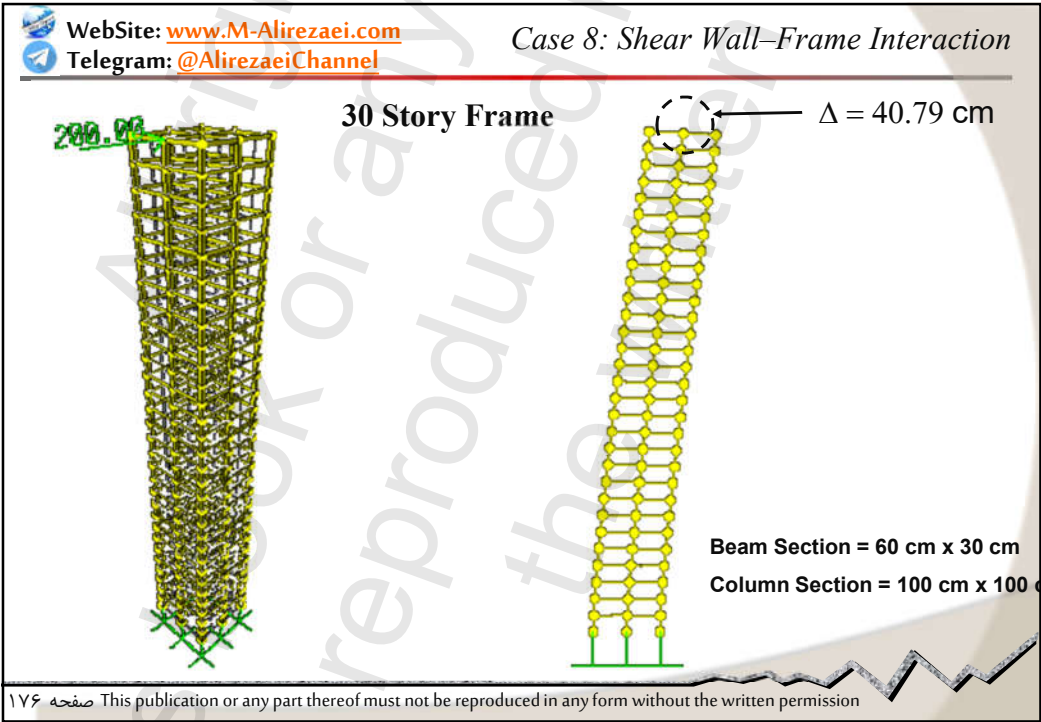
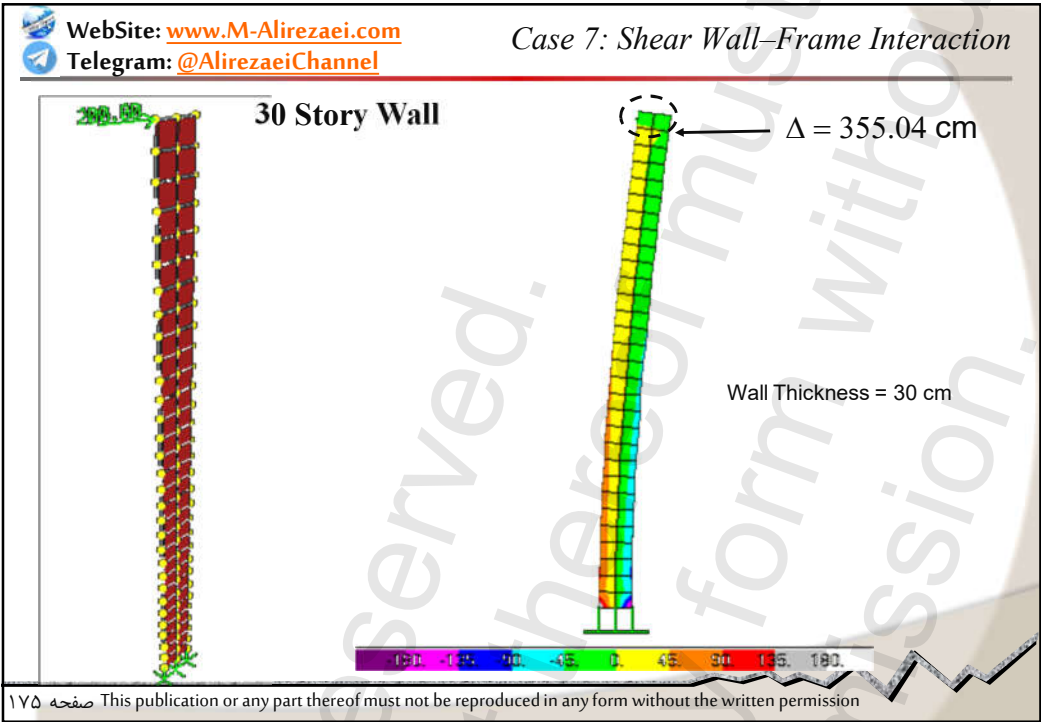
۱۶۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

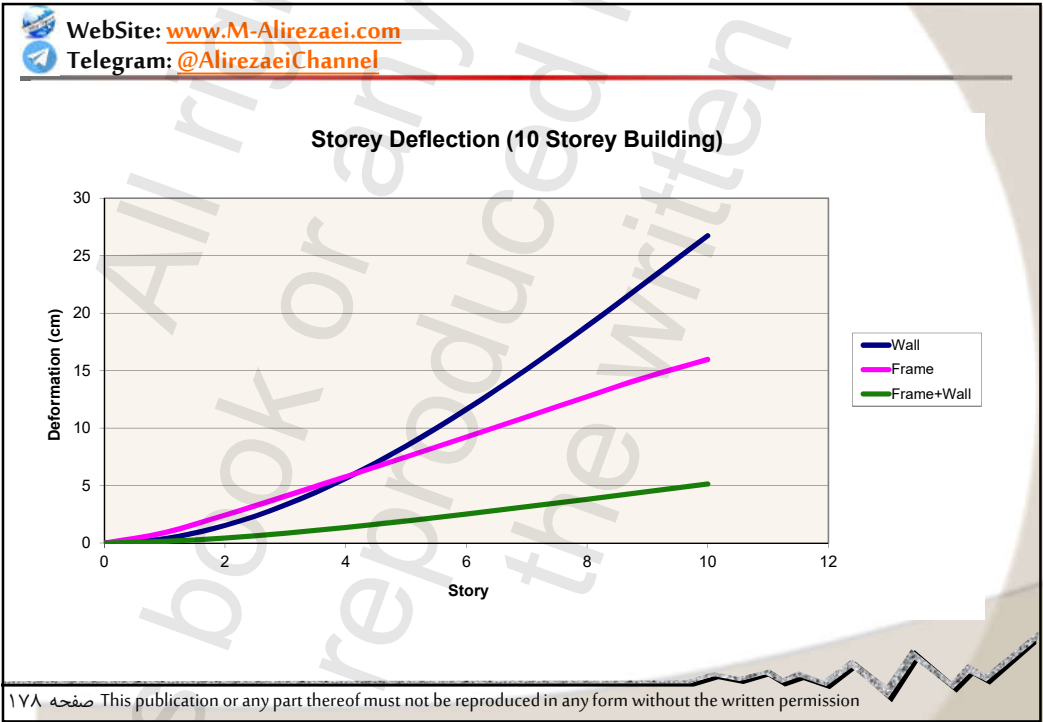
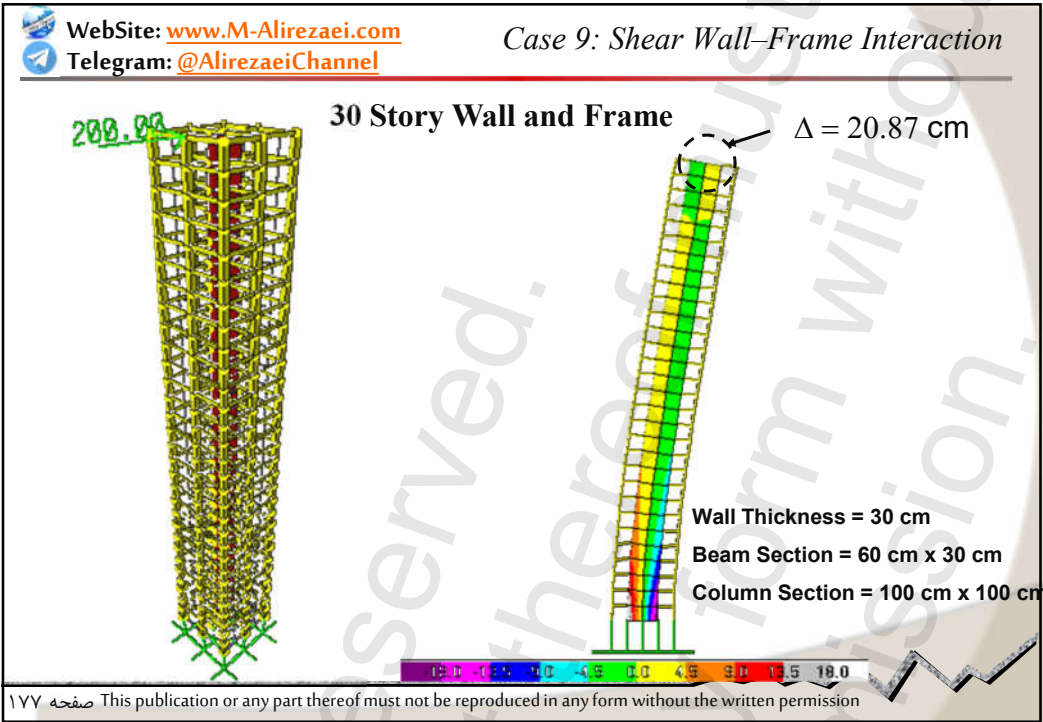


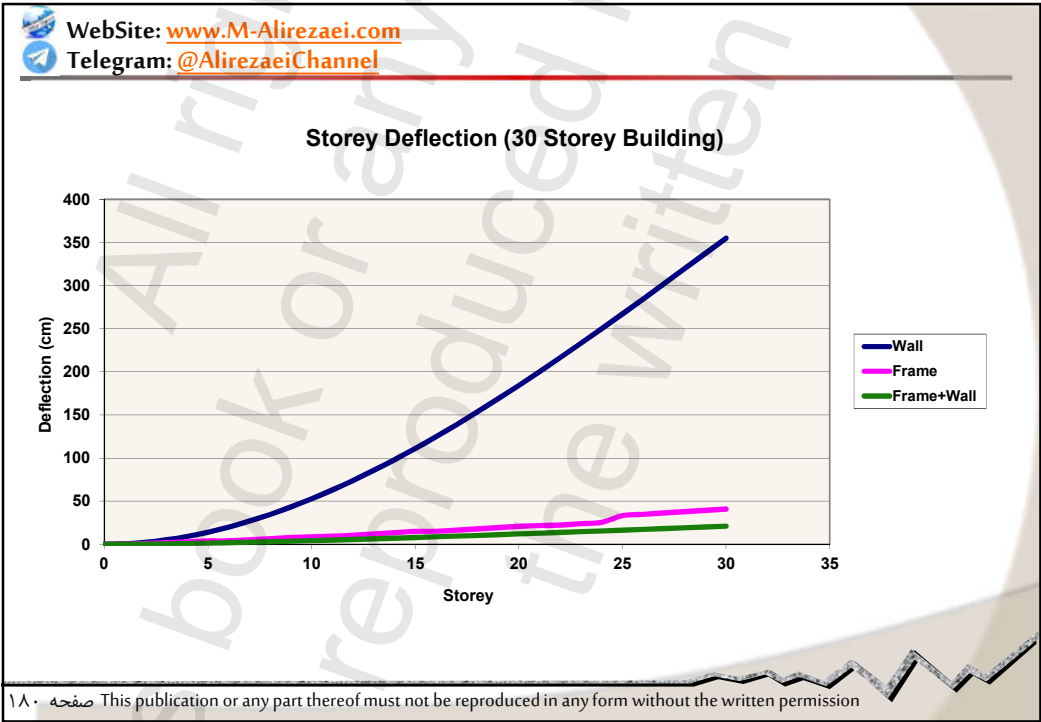
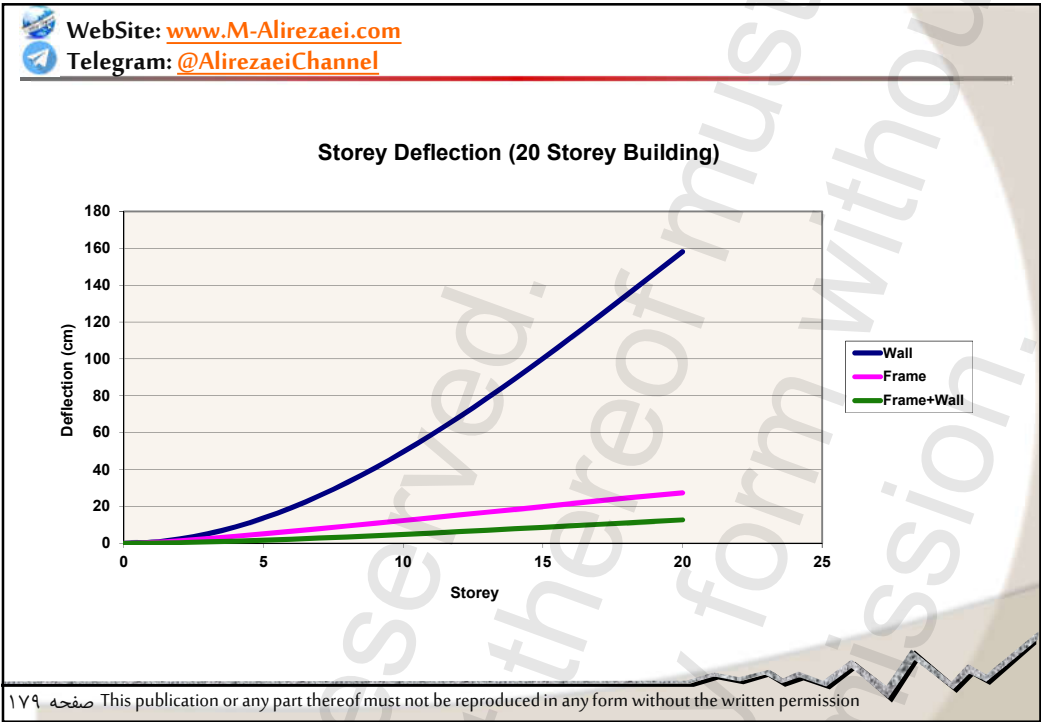












WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

اندرکنش بین قاب و دیوار (Shear Wall-Frame Interaction)

$\Delta = \text{Force} / \text{Stiffness}$ $\text{Stiffness} = \text{Force} / D$

For the cases considered here (30 story example):

$\text{Stiffness}_{\text{Frame}} = 200 / 40.79 = 4.90$ $\text{Force}=200$
 $\text{Stiffness}_{\text{Wall}} = 200 / 355.04 = 0.56$ $\text{Deflection} = 40.79$
 $\text{Stiffness}_{\text{Frame + Wall}} = 200 / 12.66 = 15.79$
 $\text{Stiffness}_{\text{Frame}} + \text{Stiffness}_{\text{Wall}} = 4.90 + 0.56 = 5.46$

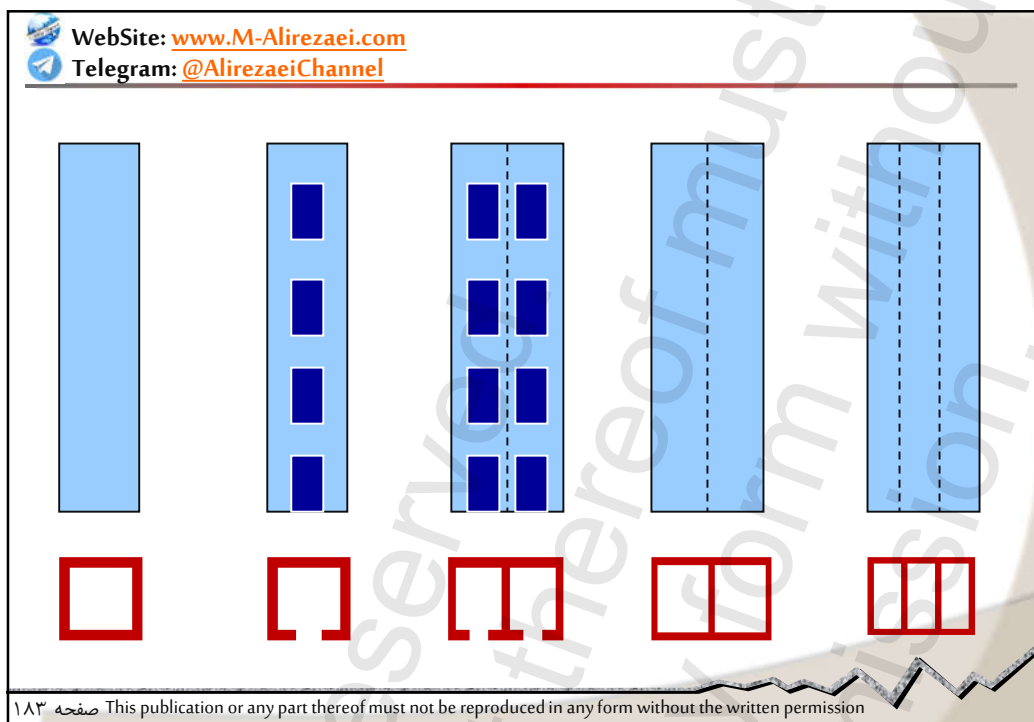
$\text{Stiffness}_{\text{Frame}} + \text{Stiffness}_{\text{Wall}} \neq \text{Stiffness}_{\text{Frame + Wall}}$

صفحه ۱۸۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پیکربندی‌های مختلف برای دیوار برشی (Basic Types of Shear Walls)

صفحه ۱۸۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

انواع دیوار برشی طبق ACI318-14

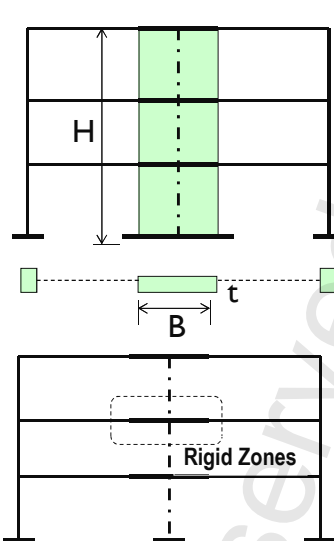
طبق این آیین‌نامه، دیوارهای برشی به دو دسته معمولی و ویژه تقسیم می‌شوند. دیوارهای برشی معمولی طبق ضوابط فصل یازدهم و دیوارهای برشی ویژه طبق ضوابط بند 18.2.3 تا 18.2.8 و 18.10 باید طراحی شوند.

- 1- Ordinary reinforced concrete structural walls: They are walls complying with the requirements of Chapter 11.
- 2- Special reinforced concrete structural walls: They are walls complying with the requirements of 18.2.3 through 18.2.8 and 18.10.

صفحه ۱۸۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مدلسازی دیوار برشی



این روش مدلسازی عموماً برای حالتی که نسبت ارتفاع به طول دیوار بیشتر از ۵ باشد، مناسب است. در این روش دیوار برشی به صورت یک ستون معادل مدلسازی سازی میشود. اتصال دیوار به تیرها توسط یک ناحیه صلب انجام می‌شود. می‌توان از المان‌های سطحی نیز برای مدلسازی استفاده نمود.

۱۸۵ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

1 D Elements (Beam type)

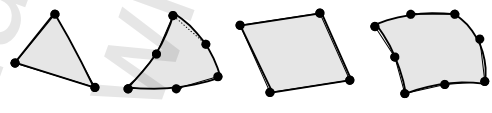
Can be used in 1D, 2D and 3D
2-3 Nodes. A, I etc.



Truss and Beam Elements (1D,2D,3D)

2 D Elements (Plate type)

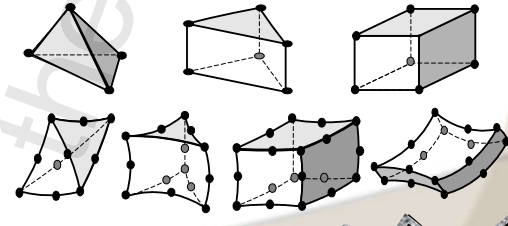
Can be used in 2D and 3D Model
3-9 nodes. Thickness



Plane Stress, Plane Strain, Axisymmetric, Plate and Shell Elements (2D,3D)

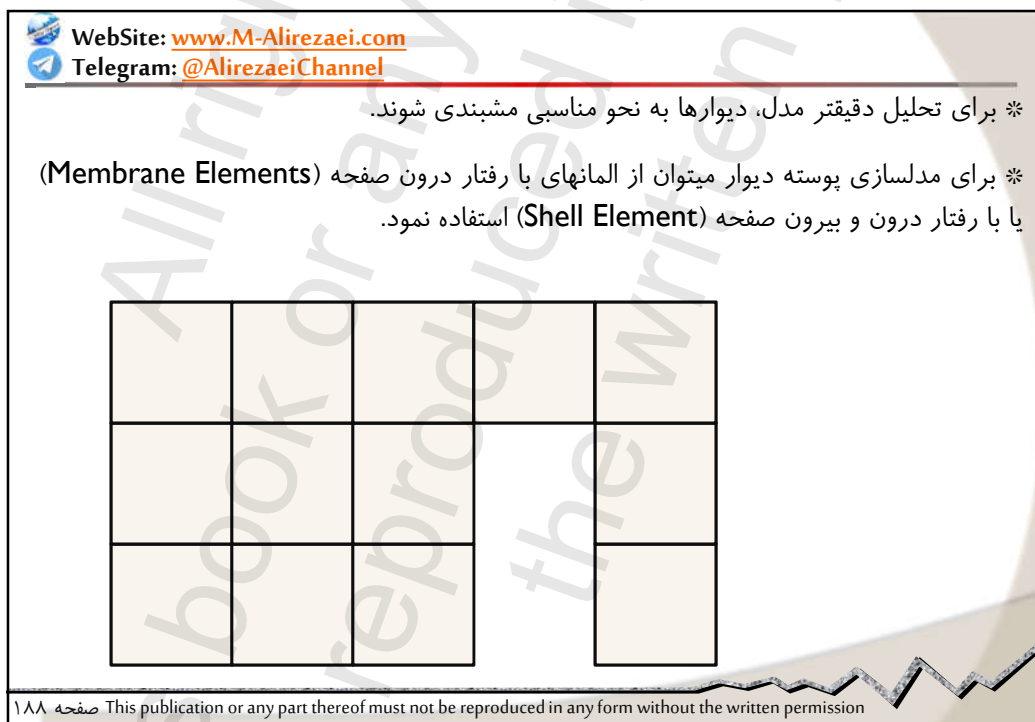
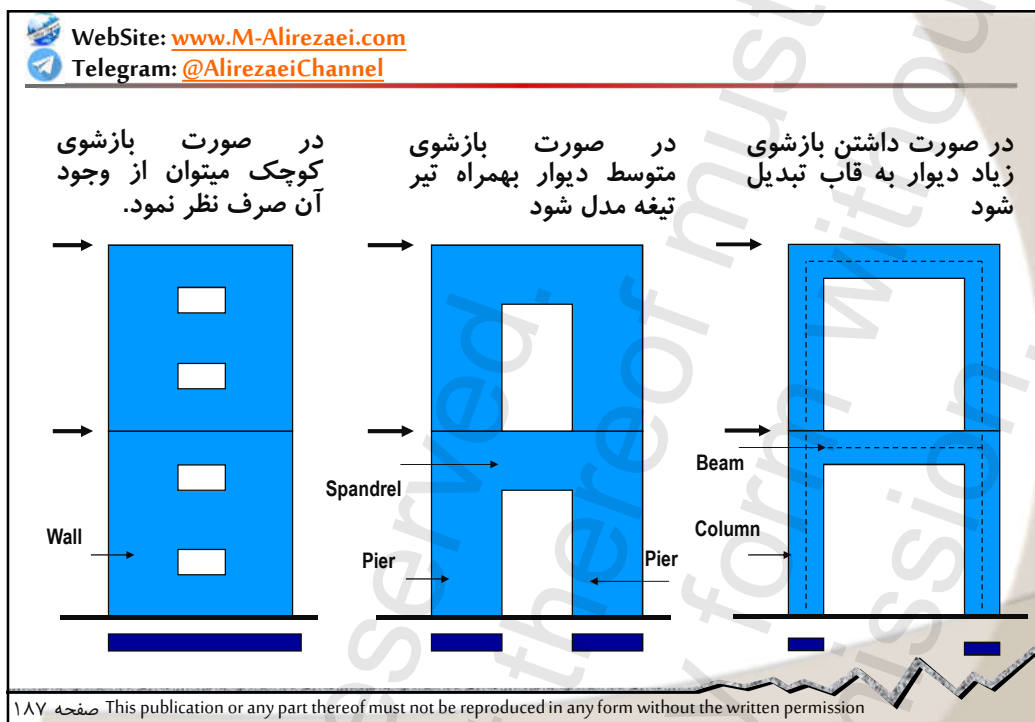
3 D Elements (Brick type)

Can be used in 3D Model
6-20 Nodes.



Brick Elements

۱۸۶ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

General

Total DOF per Node = 3 (or 2)
Total Displacements per Node = 2
Total Rotations per Node = 1 (or 0)
Membranes are modeled for flat surfaces

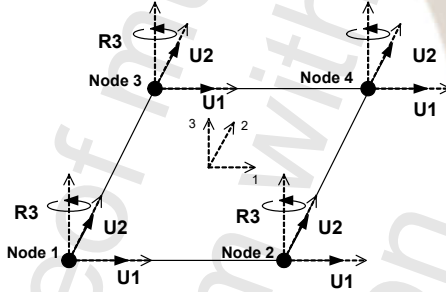
Application

For Modeling surface elements carrying in-plane loads

Building Specific Application

For representing floor slabs for Lateral Load Analysis.
Model Shear walls, Floor Diaphragm etc

Membrane



۱۸۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

The Shell Element

General

Total DOF per Node = 6 (or 5)
Total Displacements per Node = 3
Total Rotations per Node = 3
Used for curved surfaces

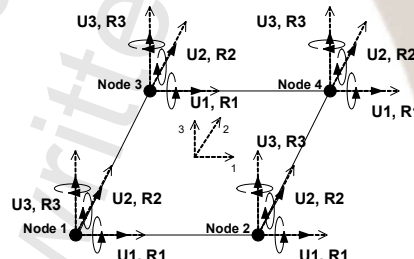
Application

For Modeling surface elements carrying general loads

Building Specific Application

May be used for modeling of general slabs systems.
But not used generally

Shell



۱۹۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

General

Total DOF per Node = 3
Total Displacements per Node = 1
Total Rotations per Node = 2
Plates are for flat surfaces

Application

For Modeling surface elements carrying out of plane loads

Building Specific Application

For representing floor slabs for Vertical Load Analysis
Model slabs

Plate

۱۹۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

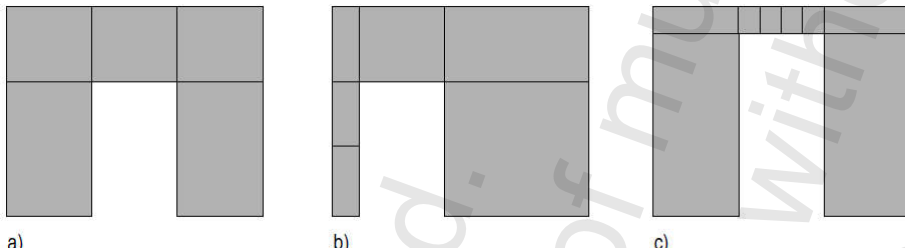
سه نوع تغییر شکل را میتوان برای المان پوسته تصور نمود:

- المان پوسته تغییر شکل برشی و محوری را خوب مدل میکند.
- المان پوسته قادر به مدلسازی تغییر شکل های خمشی نیست.

a) Axial Deformation b) Shear Deformation c) Bending Deformation

۱۹۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



a) b) c)

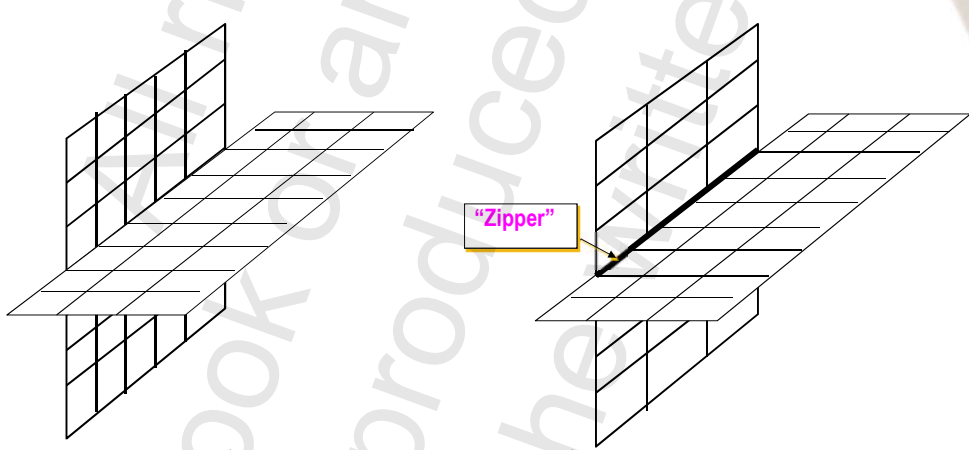
* دیوار a با ۵ المان مدل شده است. نسبت ابعادی المان‌ها مطلوب است و خمش حاکم نیست.

* دیوار b که بازشو به سمت چپ منتقل شده است، المان سمت چپ لاغر شده و در آن خمش حاکم بوده که در اینجا به دو المان تقسیم شده است.

* دیوار c بازشو به سمت بالا رفته و تیرپیوند لاغری را تشکیل داده است. جهت جلوگیری از حاکم شدن خمش این تیر به چند المان تقسیم شده است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۹۳

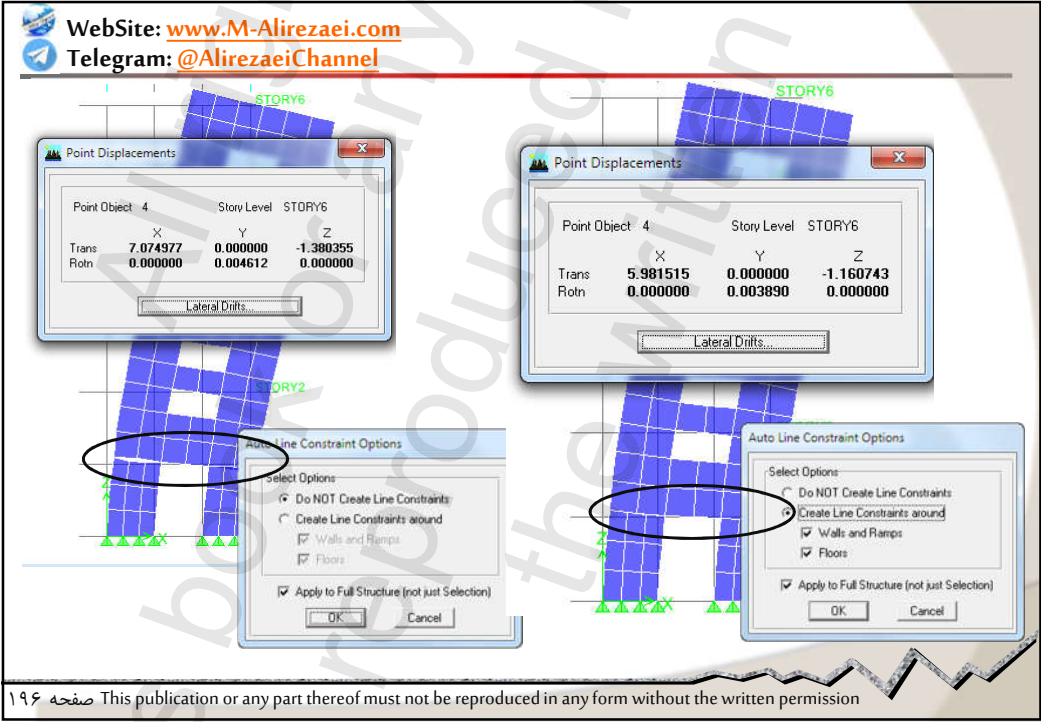
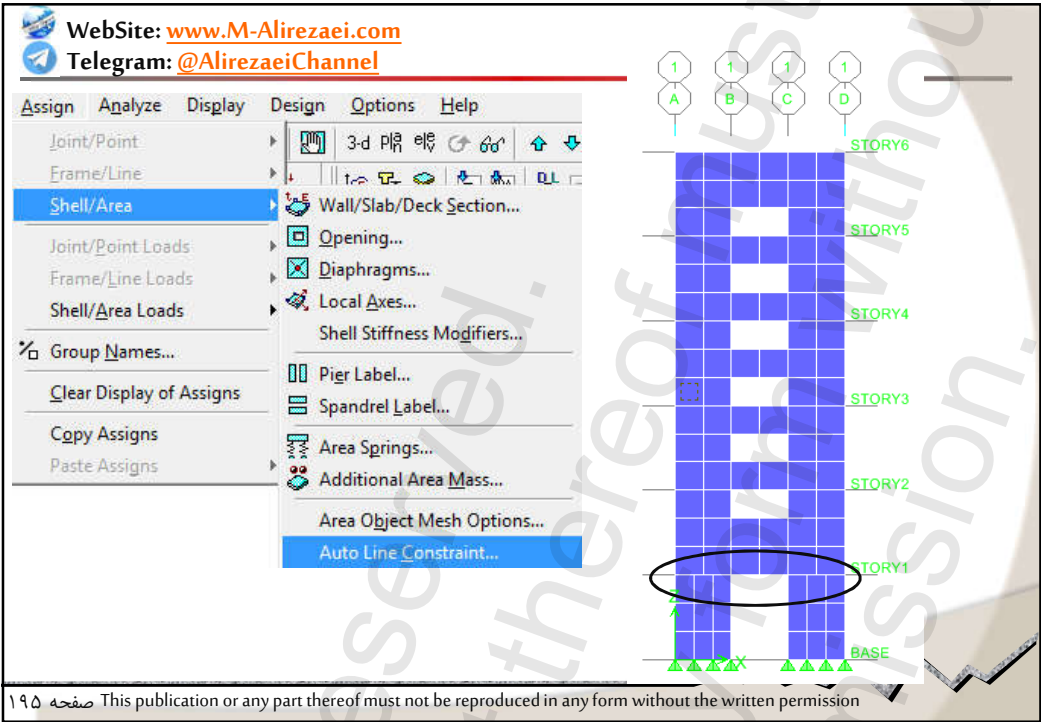
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



"Zipper"

نحوه مشبندی بهتر است طوری باشد که دو عضو در یک نقطه قرار گیرد ولیکن برخی از نرم‌افزارها قابلیت دارند که در صورت عدم انطباق گره‌ها، توسط یک المان زیبایی آنها را به هم متصل می‌نمایند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۹۴



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پیکربندی دیوارها در پلان

- برای عملکرد بهتر دیوارها، در محیط سازه در نظر گرفته شوند تا بازوی پیچشی آنها حداکثر شود.

پیکربندی‌های ناپایدار

پیکربندی‌های پایدار

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۹۷

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

توزیع نیروی جانبی بین دیوارهای برشی

در صورتی که سقف صلب باشد، نیروی جانبی به نسبت سختی المان‌ها بین آنها توزیع می‌شود. در صورتی که نیروی برش طبقه در جهت X و Y به ترتیب F_x و F_y باشد، سهمیه نیروی هر دیوار برابر است با:

$$F_{ix} = F'_{ix} \pm F''_{ix}$$

$$F_{iy} = F'_{iy} \pm F''_{iy}$$

که در آن،

- F'_{ix} : سهمیه نیروی رسیده به دیوار ام، تحت جابجایی طبقه در جهت X
- F'_{iy} : سهمیه نیروی رسیده به دیوار ام، تحت جابجایی طبقه در جهت Y
- F''_{ix} : سهمیه نیروی رسیده به دیوار ام، تحت پیچش طبقه در جهت X
- F''_{iy} : سهمیه نیروی رسیده به دیوار ام، تحت پیچش طبقه در جهت Y

F_{ix} و F_{iy} : به ترتیب نیروی جذب شده توسط دیوار ام در جهت X و Y است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۹۸

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

نیروی رسیده به هر دیوار ناشی از جابجایی انتقالی در جهت X و Y بصورت زیر تعیین می‌شود.

$$F'_{ix} = \frac{F_x I_{iy}}{\sum I_{iy}}$$

$$F'_{iy} = \frac{F_y I_{ix}}{\sum I_{ix}}$$

که در آن F_x کل نیروی جانبی رسیده به طبقه در جهت X و F_y کل نیروی جانبی رسیده به طبقه در جهت Y است. همچنین I_{ix} و I_{iy} به ترتیب ممان اینرسی مقطع دیوار آام حول محور X و Y است.

نیروی رسیده به دیوار آام به سبب پیچش در امتداد محور X و Y برابر است با:

$$F''_{ix} = \frac{(F_x e_y \pm \text{accidental torsion}) y_i I_{iy}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

$$F''_{iy} = \frac{(F_y e_x \pm \text{accidental torsion}) x_i I_{ix}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

صفحه ۱۹۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

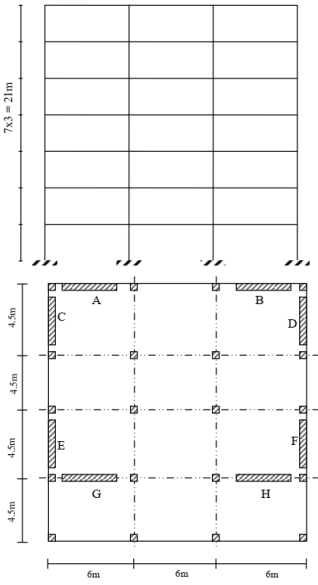
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

که در رابطه اخیر، x_i مقدار فاصله دیوار آام در امتداد محور X نسبت به مرکز سختی C.R طبقه است. همچنین y_i مقدار فاصله دیوار آام در امتداد محور Y نسبت به مرکز سختی C.R طبقه است.

مقدار e_x و e_y برابر فاصله بین مرکز جرم و مرکز سختی در امتداد X و Y است.

صفحه ۲۰۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel



مثال) یک ساختمان هفت طبقه مطابق شکل در نظر بگیرید. این سازه دارای هشت دیوار به طول هر یک ۳ متر و ضخامت ۲۰ سانتیمتر است. مقدار نیروی رسیده به دیوار G را تعیین نمایید.

حل: با صرف از ممان اینرسی حول محور ضعیف دیوارها، مقدار ممان اینرسی هر از دیوارها حول محور Y برابر است با:

$$I_{Ay} = I_{By} = I_{Gy} = I_{Hy} = \frac{0.2 \times 3^2}{12} = 0.45 \, m^4$$

مجموع ممان اینرسی دیوارها حول محور Y برابر است با:

$$\sum_{i=1}^4 I_{iy} = 0.45(4) = 1.8 \, m^4$$

صفحه ۲۰۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار ممان اینرسی هر از دیوارها حول محور X برابر است با:

$$I_{Cx} = I_{Dx} = I_{Ex} = I_{Fx} = \frac{0.2 \times 3^2}{12} = 0.45 \, m^4$$

مجموع ممان اینرسی دیوارها حول محور X برابر است با:

$$\sum_{i=1}^4 I_{ix} = 0.45(4) = 1.8 \, m^4$$

مختصات مرکز سختی سازه نسبت به مبدا مختصات برابر است با:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^4 I_{iy} y_i}{\sum_{i=1}^4 I_{iy}} = \frac{0.45 \times 2 \times 18 + 2 \times 0.45 \times 4.5}{1.8} = 11.25 \, m$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^4 I_{ix} x_i}{\sum_{i=1}^4 I_{ix}} = \frac{0.45 \times 2 \times 18}{1.8} = 9 \, m$$

صفحه ۲۰۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

بنابراین مقدار خروج از مرکزیت در جهت y برابر است با:

$$e_y = 11.25 - 9.0 = 2.25 \text{ m}$$

مقدار خروج از مرکزیت در جهت x برابر است با:

$$e_x = 9.0 - 9.0 = 0 \text{ m}$$

مقدار پیچش ایجاد شده به واسطه خروج از مرکزیت e_y برابر $T_1 = 2.25F_x$ است.

مقدار پیچش ایجاد شده به واسطه خروج از مرکزیت تصادفی برابر $T_2 = F_x(0.05)(18) = 0.9F_x$ است. بنابراین کل پیچش برابر است با:

$$\text{Total torsion, } T_1 \pm T_2 = (2.25F_x \pm 0.9F_x)$$

صفحه ۲۰۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$F'_{ix} = \frac{F_x I_{iy}}{\sum I_{iy}}$$

$$F'_{Ax} = F'_{Bx} = F'_{Gx} = F'_{Hx} = \frac{0.45F_x}{18} = 0.025F_x$$

$$F''_{ix} = \frac{(T_1 \pm T_2) y_i I_{iy}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

$$F''_{Ax} = F''_{Bx} = F''_{Gx} = F''_{Hx} = \frac{(2.25F_x \pm 0.9F_x)(6.75)(0.45)}{2(0.45)(6.75)^2 + 2(0.45)(6.75)^2 + 2(0.45)(9)^2 + 2(0.45)(9)^2}$$

$$= 0.0133(2.25F_x \pm 0.9F_x)$$

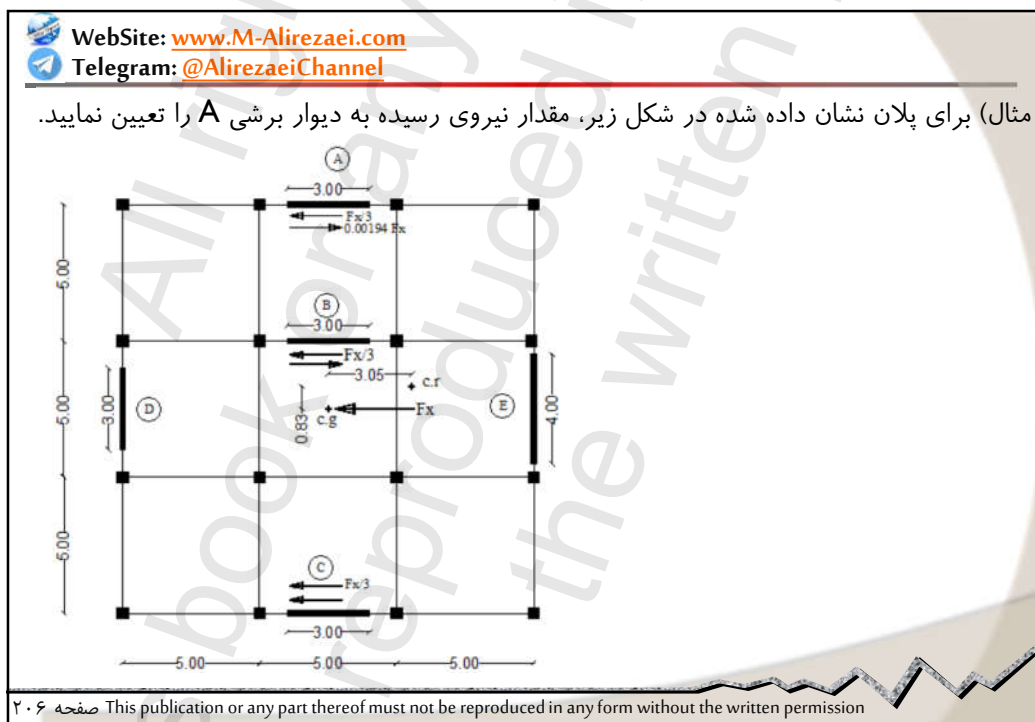
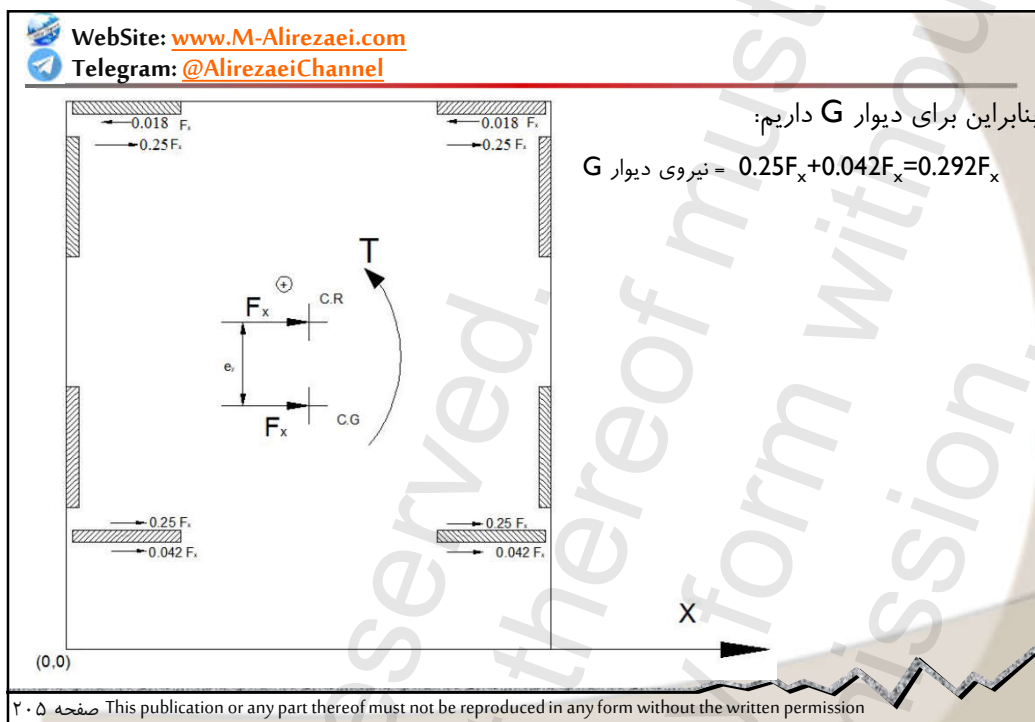
برای دیوار A و B

$$= 0.018F_x$$

برای دیوار G و H

$$= 0.042F_x$$

صفحه ۲۰۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$I_{Dx} = \frac{0.2 \times 3^2}{12} = 0.45 \text{ m}^4$$

$$I_{Ex} = \frac{0.2 \times 4^2}{12} = 1.067 \text{ m}^4$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^2 I_{ix} x_i}{\sum_{i=1}^2 I_{ix}} = \frac{0 + 1.067(15)}{0.45 + 1.067} = 10.55 \text{ m}$$

$$e_x = 10.55 - 7.5 = 3.05 \text{ m}$$

$$I_{Ay} = I_{By} = I_{Cy} = \frac{0.2 \times 3^2}{12} = 0.45 \text{ m}^4$$

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^3 I_{iy} y_i}{\sum_{i=1}^3 I_{iy}} = \frac{0 + 0.45 \times 10 + 0.45 \times 15}{3 \times 0.45} = 8.33 \text{ m}$$

$$e_y = 8.33 - 7.5 = 0.83 \text{ m}$$

صفحه ۲۰۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$F_{Ax} = F'_{Ax} \pm F''_{Ax}$$

$$F'_{Ax} = \frac{0.45}{3 \times 0.45} F_x = 0.333 F_x$$

$$F''_{Ax} = \frac{(T) y_i I_{Ay}}{\sum (x_i^2 I_{ix} + y_i^2 I_{iy})}$$

$$= \frac{(T)(6.75)(0.45)}{(0.45)(10.55)^2 + (1.067)(4.45)^2 + (0.45)(8.33)^2 + (0.45)(1.67)^2 + (0.45)(6.67)^2}$$

$$= 0.02426T$$

Maximum eccentricity = $0.83 + 0.05(15) = 1.58 \text{ m}$

Minimum eccentricity = $0.83 - 0.05(15) = 0.08 \text{ m}$

$$F''_{Ax, \min} = 0.02426(0.08)F_x = 0.00194F_x$$

$$F_{Ax} = (0.333 - 0.00194)F_x = 0.33F_x$$

صفحه ۲۰۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی دیوارهای برشی معمولی:

آرماتورهای عرضی برای برش و آرماتورهای طولی برای خمش طراحی می‌شوند. در صورتی که نیاز به ظرفیت خمشی بالاتری باشد، می‌توان آرماتورهای طولی را در انتهای دیوار بصورت متمرکز شده قرار داد. به این آرماتورهای متمرکز شده در انتهای دیوار المان مرزی گفته می‌شود.

۲۰۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

حداقل ضخامت دیوار:

طبق جدول ۱۱.۳.۱.۱ آیین‌نامه ACI318، حداقل ضخامت دیوار بصورت زیر تعیین می‌شود:

- * دیوارهای باربر: بیشترین دو مقدار ۱۰ سانتیمتر و $l/25$ طول آزاد یا ارتفاع آزاد دیوار هر کدام کوچکتر باشد.
- * دیوارهای غیرباربر: بیشترین دو مقدار ۱۰ سانتیمتر و $l/30$ طول آزاد یا ارتفاع آزاد دیوار هر کدام کوچکتر باشد.
- * دیوارهای بیرونی زیرزمین یا مواردی که در تماس مستقیم با خاک قرار دارد، حداقل ۲۰ سانتیمتر.

۲۱۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ظرفیت برش داخل صفحه دیوار

براساس بند 11.5.1.1 آیین نامه ACI 318، طراحی برای برش داخل صفحه دیوار براساس رابطه زیر تعیین می شود:

$$\phi V_n \geq V_u$$

که در آن V_u نیروی برشی ضریبدار حاصل از ترکیب بار مورد نظر و V_n ظرفیت اسمی برشی دیوار است که بصورت زیر محاسبه میشود:

$$V_n = V_c + V_s$$

که در آن V_c ظرفیت برشی بتن و V_s ظرفیت برشی میلگردها است. براساس ACI 11.5.4.3 مقدار $V_{n,max}$ در هر مقطع از دیوار، نبایستی بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود:

$$V_{n,max} = 2.65 \sqrt{f'_c} h d$$

که در آن h ضخامت دیوار و d عمق موثر در جهت خمش بوده که بایستی $0.8 l_w$ در نظر گرفت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۱۱

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

براساس ACI 11.5.4.6 مقاومت برشی تامین شده توسط بتن، V_c بصورت زیر تعیین میشود.

* روش ساده شده:

الف) برای فشار محوری:

$$V_c = 0.53 \lambda \sqrt{f'_c} h d$$

ب) برای کشش محوری:

$$V_c = 0.53 \left(1 + \frac{N_u}{35 A_g} \right) \lambda \sqrt{f'_c} h d \geq 0$$

که در آن A_g سطح مقطع دیوار بر حسب سانتیمتر به توان دو و N_u بار محوری بر حسب کیلوگرم است. مقدار N_u در حالت فشار محوری مثبت و در حالت کششی باید منفی لحاظ شود.

* روش دقیق تر: در این حالت چه برای کشش و چه برای فشار، برابر با کمترین دو مقدار زیر:

$$V_c = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.88 \lambda \sqrt{f'_c} h d + \frac{N_u d}{4 l_w} \\ 0.16 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{l_w \left(0.33 \lambda \sqrt{f'_c} + \frac{0.2 N_u}{l_w h} \right)}{\frac{M_u}{V_u} - \frac{l_w}{2}} \end{array} \right\} h d$$

Equation shall not apply if $(M_u/V_u - l_w/2)$ is negative.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۱۲

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای برشی دیوار

الف) در صورتی که برش V_u ایجاد شده در دیوار کمتر از $0.5\phi V_c$ باشد، حداقل آرماتور برشی و طولی و عرضی برای دیوار بصورت زیر در نظر گرفته می‌شود.

برای میلگردهای ۱۶ و کمتر در حالتی که $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$ باشد، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0012$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_t = 0.002$.

برای میلگردهای ۱۶ و کمتر در حالتی که $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$ باشد، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0015$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_t = 0.0025$.

برای میلگردهای بزرگتر از ۱۶ با هر تنش تسلیمی، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0015$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_t = 0.0025$.

صفحه ۲۱۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ب) در صورتی که برش V_u ایجاد شده در دیوار بیشتر از $0.5\phi V_c$ باشد، حداقل آرماتور برشی طولی ρ_t بایستی از مقدار بدست آمده از رابطه زیر بیشتر بوده و در هر حال از ۰.۰۰۲۵ نیز کمتر نشود.

$$\rho_t \geq 0.0025 + 0.5(2.5 - \frac{h_w}{l_w})(\rho_t - 0.0025)$$

مقدار ρ_t بدست آمده از رابطه فوق نیاز نیست از مقدار ρ_t داده شده در اسلاید قبل بیشتر لحاظ شود.

همچنین مقدار حداقل ρ_t برابر ۰.۰۰۲۵ در نظر گرفته می‌شود.

11.6.2 If in-plane $V_u \geq 0.5\phi V_c$, (a) and (b) shall be satisfied: (a) ρ_t shall be at least the greater of the value calculated by Eq. (11.6.2) and 0.0025, but need not exceed ρ_c in accordance with Table 11.6.1.

$$\rho_t \geq 0.0025 + 0.5(2.5 - h_w/l_w)(\rho_t - 0.0025) \quad (11.6.2)$$

(b) ρ_t shall be at least 0.0025

صفحه ۲۱۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

پ) در صورتی که برش V_u ایجاد شده در دیوار بیشتر از ϕV_c باشد، بایستی براساس رابطه زیر آرماتورهای برشی برای دیوار در نظر گرفته شود.

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{S}$$

که در آن A_v مساحت آرماتورهای برشی با فاصله S از یکدیگر قرار دارند. آرماتورهای قائم براساس بند (ب) قبل تعیین شوند.

حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی:

فاصله حداکثر آرماتورهای عرضی به کمترین سه مقدار $h_w/5$ ، $3h$ و 45 cm محدود می‌شود.

حداکثر فاصله آرماتورهای طولی:

فاصله حداکثر آرماتورهای طولی به کمترین سه مقدار $h_w/3$ ، $3h$ و 45 cm محدود می‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۱۵

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی برای خمش

دیوار بایستی برای خمش طراحی شود. برای این منظور ستون به مانند یک تیر ستون طراحی میشود. برای دیوارهای مستطیلی شکل که توزیع آرماتورهای آن یکنواخت باشد، رابطه زیر توسط Cardenas and Magura ارائه شده است.

$$M_u = \phi \left[0.5 A_s f_y l_w \left(1 + \frac{P_u}{A_s f_y} \right) \left(1 - \frac{c}{l_w} \right) \right]$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta_1} \quad \omega = \frac{A_s f_y}{l_w h f'_c} \quad \alpha = \frac{P_u}{l_w h f'_c}$$

که در آن c فاصله دورترین تار فشاری تا تار خنثی، A_s سطح مقطع آرماتورهای قائم، l_w طول دیوار، P_u نیروی محوری ضریبدار فشاری، f_y تنش تسلیم میلگردها و ϕ ضریب تقلیل مقاومت در خمش است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۱۶

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای اضافی اطراف بازشوها

در دیوارهای دارای دو سفره آرماتور، که دارای بازشو هستند، حداقل $2\phi 16$ در اطراف بازشو هم اندازه بازشو در نظر گرفته شده که بایستی دارای طول مهاری آنها در کشش تامین شده باشد. در صورتی که دیوار دارای یک لایه آرماتور باشد، حداقل $1\phi 16$ کافی است.

Additional reinforcement around wall openings

صفحه ۲۱۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

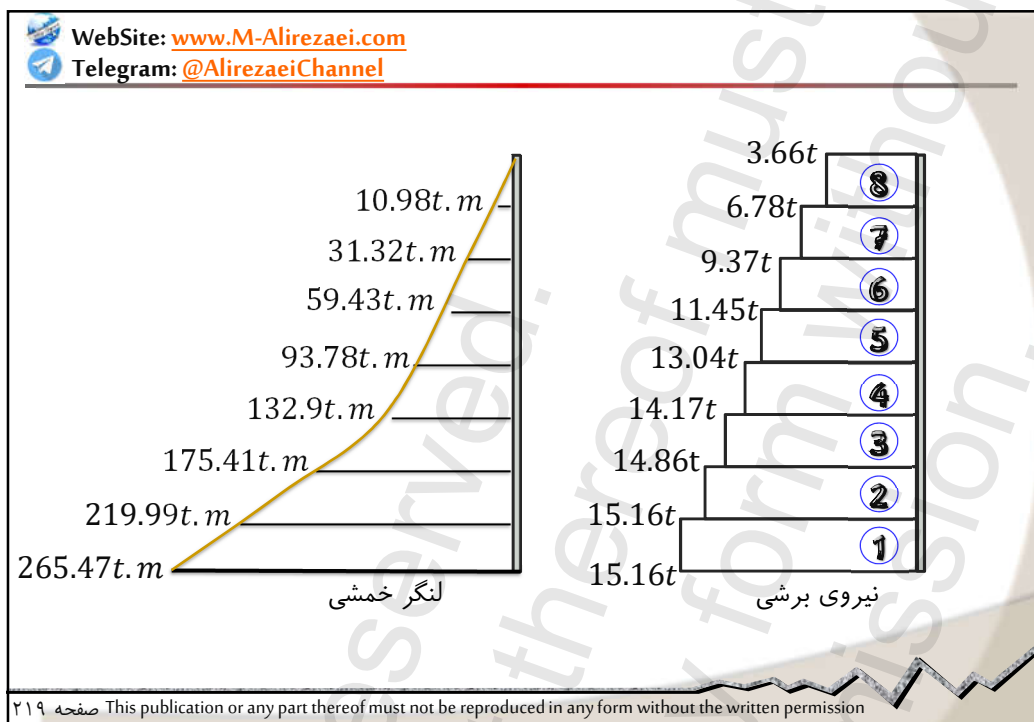
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مثال

یک دیوار برشی مطابق شکل زیر در نظر بگیرید (دیوار برشی مثال قبل) که در ادامه نیروی جانبی سهم دیوار و همچنین نیروهای جانبی توزیع شده در ارتفاع برای سازه نشان داده شده است. در اساس ACI 318-14 دیوار را طراحی نموده و شکل پذیری آن را معمولی در نظر بگیرید $3m$

نیروهای جانبی در ارتفاع

صفحه ۲۱۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقطع بحرانی برای برش برابر کمترین $h_w/2$ و $l_w/2$ است. در اینجا برابر ۱.۵m در نظر گرفته میشود.

(۱) طراحی برای برش:

کنترل حداکثر نیروی برشی اسمی:

$$V_{n,max} = 2.65\sqrt{f'_c}hd = 2.65\sqrt{300} \times 20 \times 0.8 \times \frac{300}{1000} = 220.32 \text{ ton}$$

$$V_{u,max} = 0.75 \times 220.32 = 165.24 \text{ ton} > 15.16 \text{ ton} \quad Ok$$

$$V_c = 0.53\lambda\sqrt{f'_c}hd = 0.53 \times 1.0 \times \sqrt{300} \times 0.8 \times \frac{300}{1000} = 44.06 \text{ ton}$$

$$\phi V_c = 0.75 \times 44.06 = 33.045 \text{ ton}$$

$$\frac{\phi V_c}{2} = \frac{33.045}{2} = 16.523 \text{ ton}$$

In zones 1 through 8, $V_u < \phi V_c / 2$

صفحه ۲۲۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۱-۱) آرماتورهای عرضی برشی:

حداقل آرماتور عرضی $\rho_t = 0.002$

$$S_2 = \min \begin{cases} \frac{l_w}{5} = 60 \text{ cm} \\ 3h = 60 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases} = 45 \text{ cm}$$

$$\frac{A_t}{S_2} = 0.002h = 0.002 \times 20 = 0.04 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

در صورتی که از دو سفر آرماتور ۱۰ استفاده شود:

$$\frac{2(0.785)}{S_2} = 0.04 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \rightarrow S_2 = 39.25 \text{ cm} < S_{2,max}$$

Use $\phi 10 \text{ mm bars @ } 30 \text{ cm}$

صفحه ۲۲۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲-۱) آرماتورهای طولی برشی:

حداقل آرماتور عرضی $\rho_l = 0.0012$

$$S_1 = \min \begin{cases} \frac{l_w}{3} = 100 \text{ cm} \\ 3h = 60 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases} = 45 \text{ cm}$$

در صورتی که از دو سفر آرماتور ۱۰ استفاده شود:

$$\frac{A_l}{S_1} = 0.0012h = 0.0012 \times 20 = \frac{2(0.785)}{S_1} \rightarrow S_1 = 65.42 \text{ cm} > S_{1,max}$$

Use $\phi 10 \text{ mm bars @ } 30 \text{ cm}$

صفحه ۲۲۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

(۲) طراحی برای خمش و نیروی محوری

$$M_u = \varphi \left[0.5A_s f_y l_w \left(1 + \frac{P_u}{A_s f_y} \right) \left(1 - \frac{c}{l_w} \right) \right]$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta_1} \quad \omega = \frac{A_s f_y}{l_w h f'_c} \quad \alpha = \frac{P_u}{l_w h f'_c}$$

برای آرماتورهای قائم که $\phi 10@30\text{cm}$ هستند، مقدار $A_s = 17.28 \text{ cm}^2$ داریم:

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70} (300 - 280) = 0.836 \rightarrow \omega = \frac{17.28 \times 4200}{300 \times 20 \times 300} = 0.04032$$

$$\alpha = \frac{P_u}{l_w h f'_c} = \frac{P_u (1000)}{300 \times 20 \times 300} = 0.00055 P_u$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055 P_u}{2(0.04032) + 0.85(0.836)} = \frac{0.04032 + 0.00055 P_u}{0.79124}$$

صفحه ۲۲۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه یک: با صرف نظر از بارهای ثقلی تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$$0.9D + pQ_E$$

$$\text{Vertical load} = 0.9(0.2)(3)(24)(2.5) = 31.68 \text{ ton}$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(31.68)}{0.79124} = 0.072346$$

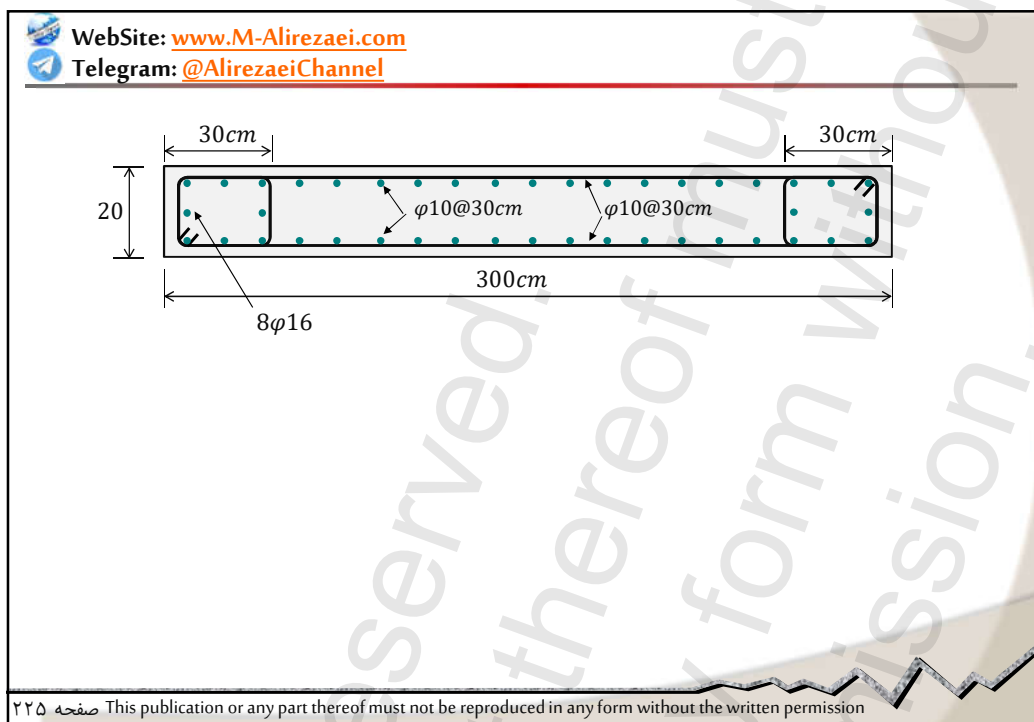
$$M_u = 130.55 \text{ t.m} < 265.47 \text{ t.m} \quad \text{بنابراین به المان مرزی در انتهای دیوار نیاز است.}$$

$$M'_u = 265.47 - 130.55 \text{ t.m} = 134.92 \text{ t.m}$$

$$A_{s, \text{additional}} = \frac{134.92(100000)}{0.9(4200)(266)} + 2(0.785) = 14.99 \text{ cm}^2$$

از $8\phi 16$ در المان های مرزی استفاده می شود.

صفحه ۲۲۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه دو: با صرف نظر از بارهای ثقیل تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$$0.9D + pQ_E$$

$$\text{Vertical load} = 0.9(0.2)(3)(21)(2.5) = 27.72 \text{ ton}$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(27.72)}{0.79124} = 0.069685$$

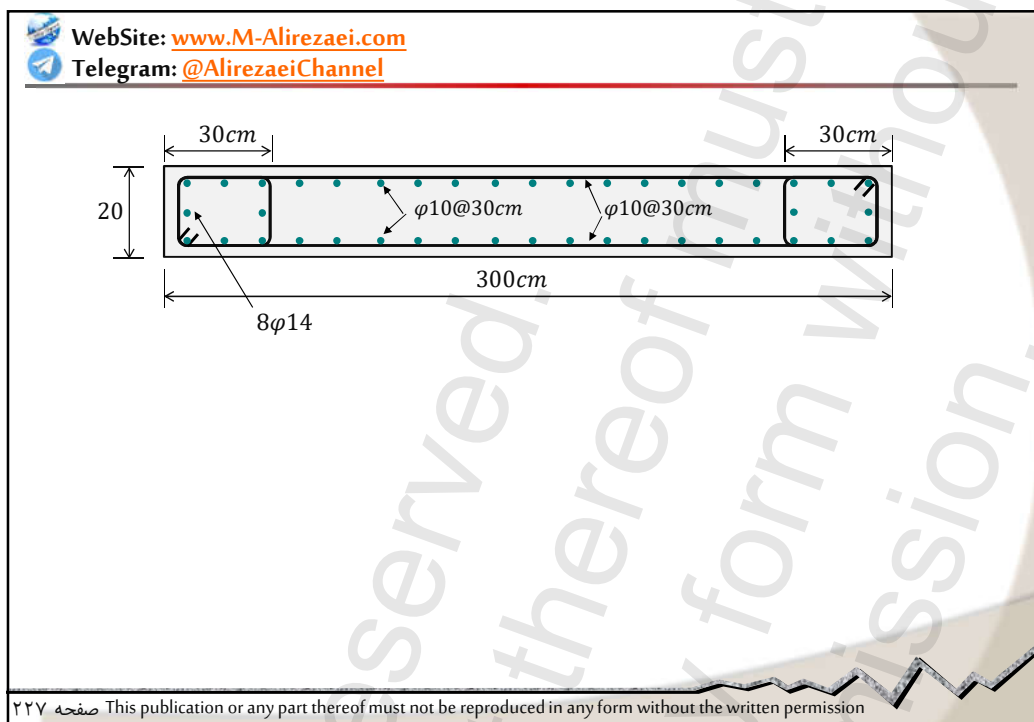
$$M_u = 125.96 \text{ t.m} < 219.99 \text{ t.m} \quad \text{بنابراین به المان مرزی در انتهای دیوار نیاز است.}$$

$$M'_u = 219.99 - 125.95 \text{ t.m} = 94.03 \text{ t.m}$$

$$A_{s, \text{additional}} = \frac{94.03(100000)}{0.9(4200)(266)} + 2(0.785) = 10.92 \text{ cm}^2$$

از 8φ14 در المان های مرزی استفاده می شود.

صفحه ۲۲۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه سه: با صرف نظر از بارهای ثقلی تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$0.9D + pQ_E$

Vertical load = $0.9(0.2)(3)(18)(2.5) = 23.76 \text{ ton}$

$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(23.76)}{0.79124} = 0.066933$

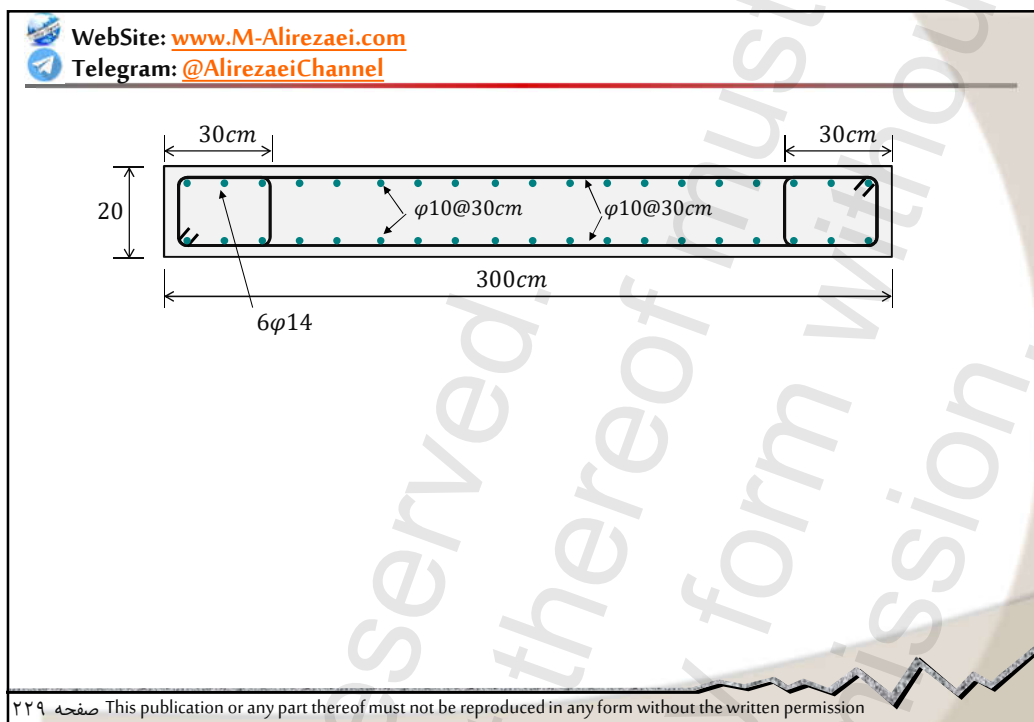
$M_u = 121.35 \text{ t.m} < 175.41 \text{ t.m}$ بنابراین به المان مرزی در انتهای دیوار نیاز است.

$M'_u = 175.41 - 121.35 \text{ t.m} = 54.06 \text{ t.m}$

$A_{s,additional} = \frac{54.06(100000)}{0.9(4200)(266)} + 2(0.785) = 6.95 \text{ cm}^2$

از 6φ14 در المان های مرزی استفاده می شود.

۲۲۸ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه چهار: با صرف نظر از بارهای ثقلی تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$$0.9D + pQ_E$$

$$\text{Vertical load} = 0.9(0.2)(3)(15)(2.5) = 19.8 \text{ ton}$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(19.8)}{0.79124} = 0.064182$$

$$M_u = 116.7 \text{ t.m} < 132.9 \text{ t.m} \quad \text{بنابراین به المان مرزی در انتهای دیوار نیاز است.}$$

$$M'_u = 132.9 - 116.7 \text{ t.m} = 16.2 \text{ t.m}$$

$$A_{s, \text{additional}} = \frac{16.2(100000)}{0.9(4200)(266)} + 2(0.785) = 3.18 \text{ cm}^2$$

از 6φ14 در المان های مرزی استفاده می شود.

صفحه ۲۳۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

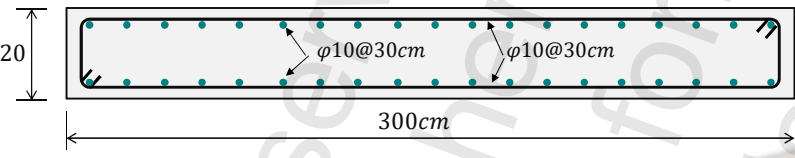
* برای طبقه پنج به بالا: با صرف نظر از بارهای ثقیلی تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$0.9D + \rho Q_E$

Vertical load = $0.9(0.2)(3)(12)(2.5) = 15.84 \text{ ton}$

$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(15.84)}{0.79124} = 0.061431$

$M_u = 112.03 \text{ t.m} < 93.78 \text{ t.m}$ بنابراین به المان مرزی در انتهای دیوار نیازی نیست.



۲۳۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی دیواری برشی ویژه:

نسبت آرماتورهای طولی و عرضی در دیوارهای برشی بایستی حداقل برابر 0.0025 باشد، مگر آنکه برش V_u در دیوار از $0.27A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'}$ بیشتر نباشد. در این حالت مقدار نسبت آرماتور طولی و عرضی را میتوان طبق ضوابط بند ۱۱.۶ کاهش داد. طبق بند ۱۱.۶ کاهش درصد آرماتور بصورت زیر است:

برای میلگردهای ۱۶ و کمتر در حالتی که $f_y \geq 4200 \text{ kg/cm}^2$ باشد، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0012$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_v = 0.002$.

برای میلگردهای ۱۶ و کمتر در حالتی که $f_y < 4200 \text{ kg/cm}^2$ باشد، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0015$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_v = 0.0025$.

برای میلگردهای بزرگتر از ۱۶ با هر تنش تسلیمی، حداقل آرماتور طولی $\rho_t = 0.0015$ و حداقل آرماتور عرضی $\rho_v = 0.0025$.

18.10.2.1 The distributed web reinforcement ratios, ρ_v and ρ_t , for structural walls shall be at least 0.0025, except that if V_u does not exceed $0.27A_{cv}\lambda\sqrt{f_c'}$, ρ_v and ρ_t shall be permitted to be reduced to the values in 11.6.

۲۳۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$\rho_l = \frac{2 \times \pi \times d^2}{4 \times S_1 \times t}$$

که در آن d قطر آرماتور قائم است

$$\rho_t = \frac{2 \times \pi \times d^2}{4 \times S_2 \times t}$$

که در آن d قطر آرماتور افقی است

– در صورتی که $h_w/l_w < 2$ باشد، دیوار برشی دارای عملکرد برشی بوده و بهتر است فولادگذاری تا حد امکان یکنواخت باشد. در صورتی که این مقدار بزرگتر از ۲ باشد، رفتار دیوار خمشی بوده و بهتر است آرماتورها در گوشه ها متمرکز شوند و در بین آنها از آرماتور حداقل استفاده شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۳۳

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

فاصله حداکثر بین آرماتورهای دیوار نباید از ۴۵ سانتیمتر بیشتر شود.

Reinforcement spacing each way in structural walls shall not exceed 45 cm. Reinforcement contributing to V_n shall be continuous and shall be distributed across the shear plane.

در صورتی که نیروی برشی $V_u > 0.53 A_{cv} \lambda \times \sqrt{f_c'}$ و یا نسبت $h_w/l_w \geq 2.0$ باشد، بایستی از دو سرفه آرماتور استفاده شود. که در آنها h_w و l_w به ترتیب ارتفاع و طول کلی دیوار هستند.

18.10.2.2 At least two curtains of reinforcement shall be used in a wall if $V_u > 0.53 A_{cv} \lambda \times \sqrt{f_c'}$ or $h_w/l_w \geq 2.0$, in which h_w and l_w refer to height and length of entire wall, respectively.

طراحی برای برش، بایستی بر اساس ترکیب بارهای ضریبدار حاصل از تحلیل باهای جانبی صورت گیرد.

18.10.3 Design forces— V_u shall be obtained from the lateral load analysis in accordance with the factored load combinations.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۳۴

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* مقدار ظرفیت برشی اسمی دیوار برشی بصورت زیر تعیین میشود:

18.10.4.1 V_n of structural walls shall not exceed:

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

where the coefficient α_c is 0.8 for $h_w/\ell_w \leq 1.5$, is 0.53 for $h_w/\ell_w \geq 2.0$, and varies linearly between 0.8 and 0.53 for h_w/ℓ_w between 1.5 and 2.0.

که در آن $\alpha_c=0.8$ برای $h_w/\ell_w \leq 1.5$ و همچنین $\alpha_c=0.53$ برای $h_w/\ell_w \geq 2.0$. برای مقادیر مابین از درونیایی خطی استفاده میشود.

* آرماتورهای برشی توزیع شده در دیوارها بایستی در دو امتداد عمود بر هم قرار گرفته باشند. اگر نسبت h_w/ℓ_w کمتر از ۲ باشد، نسبت آرماتورهای ρ_t بایستی حداقل برابر نسبت ρ_t باشد.

18.10.4.3 Walls shall have distributed shear reinforcement in two orthogonal directions in the plane of the wall. If h_w/ℓ_w does not exceed 2.0, reinforcement ratio ρ_t shall be at least the reinforcement ratio ρ_t .

صفحه ۲۳۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای تمام قطعات دیوار که بصورت قائم هستند مقدار V_n نبایستی بیشتر از $2.12A_{cv}\sqrt{f'_c}$ در نظر گرفته شود که در آن A_{cv} سطح مقطع بتن برابر ضخامت در طول مقطع است. همچنین برای بخش قائم از دیوار مقدار V_n نباید بیشتر از $2.65A_{cw}\sqrt{f'_c}$ در نظر گرفته شود که در آن A_{cw} سطح مقطع هر بخش قائم بصورت مجزا است.

18.10.4.4 For all vertical wall segments sharing a common lateral force, V_n shall not be taken greater than $2.12A_{cv}\sqrt{f'_c}$, where A_{cv} is the gross area of concrete bounded by web thickness and length of section. For any one of the individual vertical wall segments, V_n shall not be taken greater than $2.65A_{cw}\sqrt{f'_c}$, where A_{cw} is the area of concrete section of the individual vertical wall segment considered.

A_{cw} = area of concrete section of an individual pier, horizontal wall segment, or coupling beam resisting shear, cm^2 .

A_{cv} = gross area of concrete section bounded by web thickness and length of section in the direction of shear force considered in the case of walls, and gross area of concrete section in the case of diaphragms, not to exceed the thickness times the width of the diaphragm, cm^2 .

صفحه ۲۳۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای تمام قطعات دیوار که بصورت افقی و همچنین تیرهای کوبله، مقدار V_n نایستی بیشتر از $2.65A_{cw}\sqrt{f_c'}$ در نظر گرفته شود که در آن A_{cw} سطح مقطع هر بخش افقی بصورت مجزا است.

18.10.4.5 For horizontal wall segments and coupling beams, V_n shall not be taken greater than $2.65A_{cw}\sqrt{f_c'}$, where A_{cw} is the area of concrete section of a horizontal wall segment or coupling beam.

توجه شود وقتی یک عضو افقی یا تیر کوبله طراحی میکنیم، مقدار نسبت آرماتور ρ_t بیانگر آرماتورهای قائم و ρ_ℓ بیانگر آرماتورهای افقی آن عضو است.

When designing a horizontal wall segment or coupling beam, ρ_t refers to vertical reinforcement and ρ_ℓ refers to horizontal reinforcement.

صفحه ۲۳۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

بخش قائم دیوار

بخش افقی دیوار

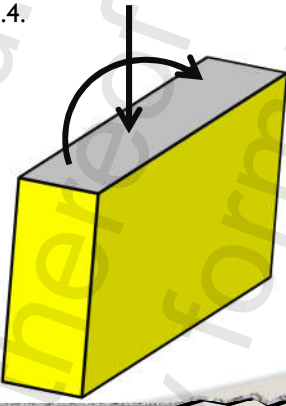
صفحه ۲۳۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی برای نیروی محوری و لنگر خمشی

در این حالت، طراحی شبیه به طراحی ستون برای تعیین اندرکنش نیروی محوری و لنگر خمشی است.

18.10.5.1 Structural walls and portions of such walls subject to combined flexure and axial loads shall be designed in accordance with 22.4.

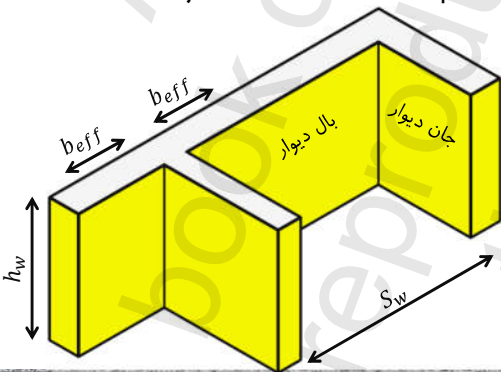


۲۳۹ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در طراحی دیوارهای با مقطع T، U، L و C شکل، عرض موثر بال از هر جان سمت، که در محاسبات به کار برده میشود، نباید بیشتر از نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور و همچنین ۲۵٪ ارتفاع کل در نظر گرفته شود.

18.10.5.2 Unless a more detailed analysis is performed, effective flange widths of flanged sections shall extend from the face of the web a distance equal to the lesser of one-half the distance to an adjacent wall web and 25 percent of the total wall height.



$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.25h_w \\ \frac{S_w}{2} \end{array} \right.$$

۲۴۰ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی المان مرزی دیوار برشی

بطور کلی دو روش برای تعیین نیاز به المان مرزی در دیوار برشی وجود دارد:

- ۱- براساس کرنش: که در این روش براساس جابجایی دیوار المان مرزی تعیین می‌شود.
- ۲- براساس تنش: که در این روش براساس حداکثر تنش ایجاد شده در دورترین تار دیوار المان مرزی تعیین می‌شود.

18.10.6.1 The need for special boundary elements at the edges of structural walls shall be evaluated in accordance with 18.10.6.2 or 18.10.6.3. The requirements of 18.10.6.4 and 18.10.6.5 shall also be satisfied.

براساس کرنش براساس تنش

۲۴۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

لرزم استفاده از المان مرزی براساس کرنش:

در صورتی که $h_w/l_w \geq 2.0$ باشد، در صورتی که رابطه زیر برقرار باشد، نیاز به المان مرزی دارد.

$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$

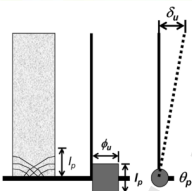
که در آن c بیشترین عمق تار خنثی برای بارها و لنگرهای ضربیدار است. مقدار δ_u/h_w نباید کمتر از 0.005 در نظر گرفته شود.

همچنین در صورتی که طبق رابطه فوق، نیاز به المان مرزی بود، آرماتورهای عرضی بایستی حداقل به میزان بیشترین دو مقدار l_w و $M_u/4V_u$ در امتداد قائم، بالا و پایین مقطع بحرانی ادامه داده شود.

۲۴۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

اثبات رابطه اخیر:
طبق ASCE7 داریم:



$$\delta_u(ACI) \equiv \delta_x = C_d \delta_e / I \quad (ASCE\ 7)$$

مقدار دوران پای دیوار تحت جابجایی δ_u برابر است با (ACI) ارتفاع مفصل را نصف طول دیوار میگیرد:

$$\theta_p = \frac{\delta_u}{h_w} = \left(\phi_u = \frac{\varepsilon_c}{c} \right) \left(l_p = \frac{l_w}{2} \right) \Rightarrow \varepsilon_c = 2 \left[\frac{\delta_u}{h_w} \right] \left[\frac{c}{l_w} \right]$$

طبق ACI، کرنش قابل تحمل در دورترین تار برابر 0.003 است. با بازنویسی رابطه اخیر داریم:

$$C_{limit} = \frac{0.003 l_w}{2 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} = \frac{l_w}{667 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)} \approx \frac{l_w}{600 \left(\frac{\delta_u}{h_w} \right)}$$

The multiplier of 1.5 on design displacement was added to Equation in the 2014 version of this Code to produce detailing requirements more consistent with the building code performance intent of a low probability of collapse in Maximum Considered Earthquake level shaking.

۲۴۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

18.10.6.2 Walls or wall piers with $h_w/l_w \geq 2.0$ that are effectively continuous from the base of structure to top of wall and are designed to have a single critical section for flexure and axial loads shall satisfy (a) and (b) or shall be designed by 18.10.6.3:

(a) Compression zones shall be reinforced with special boundary elements where

$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$

(b) Where special boundary elements are required by (a), the special boundary element transverse reinforcement shall extend vertically above and below the critical section at least the greater of l_w and $M_u/4V_u$, except as permitted in 18.10.6.4(g).

۲۴۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

لزوم استفاده از المان مرزی براساس تنش:

در دیوارهای برشی که در آنها مقدار تنش در دورترین تار تحت بارهای ضریبدار شامل نیروی زلزله، از $0.2f_c'$ بیشتر می‌شود، نیاز به المان مرزی دارند. این المان مرزی را می‌توان در طولی از قطعه که در آن تنش فشاری بتن از $0.15f_c'$ کمتر می‌شود، قطع نمود. اگر دیوار دارای بال باشد، عرض موثر بال بایستی در نظر گرفته شود.

18.10.6.3 Structural walls not designed in accordance with 18.10.6.2 shall have special boundary elements at boundaries and edges around openings of structural walls where the maximum extreme fiber compressive stress, corresponding to load combinations including earthquake effects E, exceeds $0.2f_c'$. The special boundary element shall be permitted to be discontinued where the calculated compressive stress is less than $0.15f_c'$. Stresses shall be calculated for the factored loads using a linearly elastic model and gross section properties. For walls with flanges, an effective flange width as given in 18.10.5.2 shall be used.

صفحه ۲۴۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

المان مرزی براساس کرنش:

آرماتورهای عرضی المان مرزی

δ_u

h_w

l_w

P_u

V_u

M_u

$\max \left\{ \frac{l_w}{4} \frac{M_u}{V_u} \right\}$

المان مرزی وقتی نیاز است که:

$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$

$\max \left\{ c - 0.1l_w, \frac{c}{2} \right\}$

محور خنثی

صفحه ۲۴۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

المان مرزی براساس تنش:

آرماتورهای عرضی المان مرزی

این المان مرزی را می توان در طولی از قطعه که در آن تنش فشاری بتن از $0.15f_c'$ کمتر می شود، قطع نمود

المان مرزی وقتی نیاز است که:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u}{I_g} \times \frac{l_w}{2} \geq 0.2f_c'$$

$\max \left\{ c - 0.1l_w, c/2 \right\}$

محور خنثی

صفحه ۲۴۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

ابعاد المان مرزی دیوار برشی

در صورت نیاز به المان مرزی، مطابق دو ضابطه قبل، الزامات زیر باید رعایت شود:

- ۱- طول المان مرزی از دورترین تار بایستی به میزان بیشترین دو مقدار $c - 0.1l_w$ و $c/2$ باشد.
- ۲- عرض المان مرزی بایستی حداقل به میزان یک شانزدهم طول دیوار باشد.
- ۳- در صورتی که $h_w/l_w \geq 2.0$ بوده و همچنین $c/l_w \geq 3/8$ باشد، عرض المان مرزی بایستی حداقل ۳۰ سانتیمتر لحاظ شود.

صفحه ۲۴۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

18.10.6.4 Where special boundary elements are required by 18.10.6.2 or 18.10.6.3, (a) through (h) shall be satisfied:

(a) The boundary element shall extend horizontally from the extreme compression fiber a distance at least the greater of $c - 0.1l_w$ and $c/2$, where c is the largest neutral axis depth calculated for the factored axial force and nominal moment strength consistent with δ_u .

(b) Width of the flexural compression zone, b , over the horizontal distance calculated by 18.10.6.4(a), including flange if present, shall be at least $h_u/16$.

(c) For walls or wall piers with $h_w/l_w \geq 2.0$ that are effectively continuous from the base of structure to top of wall, designed to have a single critical section for flexure and axial loads, and with $c/l_w \geq 3/8$, width of the flexural compression zone b over the length calculated in 18.10.6.4(a) shall be greater than or equal to 30 cm.

صفحه ۲۴۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای برشی المان مرزی ویژه

آرماتورهای برشی المان مرزی بایستی ضوابط بند 18.7.5.2(a) تا 18.7.5.2(e) (ضوابط آرماتورهای عرضی ستونها) و همچنین بند 18.7.5.3 را اقلان نمایند. تنها در بند 18.7.5.2 مقدار h_x نباید از کمترین دو مقدار ۳۵ سانتیمتر و دو سوم ضخامت المان مرزی فراتر رود. همچنین فاصله آرماتورهای عرضی گفته شده در بند 18.7.5.3(a) بایستی به یک سوم کوچکترین بعد المان مرزی محدود گردد.

مقدار آرماتورهای عرضی بایستی طبق جدول اسلاید بعدی تعیین شود.

(e) The boundary element transverse reinforcement shall satisfy 18.7.5.2(a) through (e) and 18.7.5.3, except the value h_x in 18.7.5.2 shall not exceed the lesser of 35 cm. and two-thirds of the boundary element thickness, and the transverse reinforcement spacing limit of 18.7.5.3(a) shall be one-third of the least dimension of the boundary element.

(f) The amount of transverse reinforcement shall be in accordance with Table 18.10.6.4(f).

صفحه ۲۵۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتور عرضی	مقدار مورد نیاز	
A_{sh}/sb_c for rectilinear hoop	بیشترین	$0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (a)
		$0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (b)
ρ_s for spiral or circular hoop	بیشترین	$0.45 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (c)
		$0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$ (d)

A_{sh} =total cross-sectional area of transverse reinforcement, including crossties, within spacing s and perpendicular to dimension b_c , cm^2 .
 A_g =gross area of concrete section, cm^2 .
 A_{ch} =cross-sectional area of a member measured to the outside edges of transverse reinforcement, cm^2 .

s = spacing of transverse reinforcement measured along the longitudinal axis of the structural member, center-to-center.
 b_c = cross-sectional dimension of member core measured to the outside edges of the transverse reinforcement composing area A_{sh} , cm .
 s_x = maximum center-to-center spacing of longitudinal bars supported by corners of crossties or hoop legs around the perimeter of the boundary element.

صفحه ۲۵۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای عرضی المان مرزی بایستی حداقل به میزان ۳۰ سانتیمتر داخل پی ادامه داده شوند.

g) Where the critical section occurs at the wall base, the boundary element transverse reinforcement at the wall base shall extend into the support at least l_d , in accordance with 18.10.2.3, of the largest longitudinal reinforcement in the special boundary element. Where the special boundary element terminates on a footing, mat, or pile cap, special boundary element transverse reinforcement shall extend at least 30 cm. into the footing, mat, or pile cap, unless a greater extension is required by 18.13.2.3.

صفحه ۲۵۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای افقی جان دیوار بایستی دست کم به میزان ۱۵ سانتیمتر از انتهای دیوار قطع شوند و همچنین در انتهای خود دارای قلاب استاندارد باشند. تنها در حالتی که قسمت محصور شده المان مرزی دارای طول مناسب بوده که بتوان آرماتورهای افقی را بصورت مستقیم مهار نمود، و $A_{sh}f_y/s$ آرماتورهای جان ستون بیشتر از $A_{sh}f_y/s$ آرماتورهای عرضی المان مرزی (که موازی آرماتورهای جان هستند) نباشد، میتوان از قلاب استفاده نکرد.

(h) Horizontal reinforcement in the wall web shall extend to within 15 cm. of the end of the wall. Reinforcement shall be anchored to develop f_y within the confined core of the boundary element using standard hooks or heads. Where the confined boundary element has sufficient length to develop the horizontal web reinforcement, and $A_{sh}f_y/s$ of the horizontal web reinforcement does not exceed $A_{sh}f_y/s$ of the boundary element transverse reinforcement parallel to the horizontal web reinforcement, it shall be permitted to terminate the horizontal web reinforcement without a standard hook or head.

صفحه ۲۵۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

Development of wall horizontal reinforcement in confined boundary element.

صفحه ۲۵۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

بطور خلاصه طبق ACI 18.7.5.3 فاصله آرماتورهای عرضی در المان مرزی نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- ۱- یک سوم کمتر بعد المان مرزی
- ۲- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی
- ۳- مقدار s_0 محاسبه شده توسط رابطه زیر:

$$s_0 = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3} \right)$$

مقدار s_0 نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر لحاظ شود و همچنین نیازی نیست کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵۵

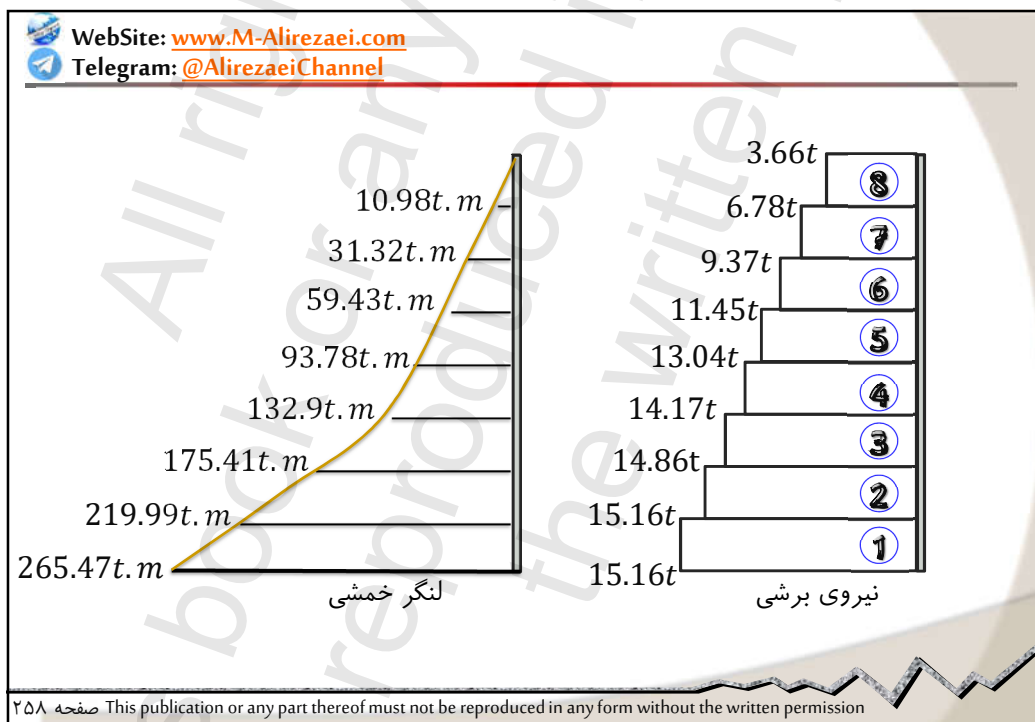
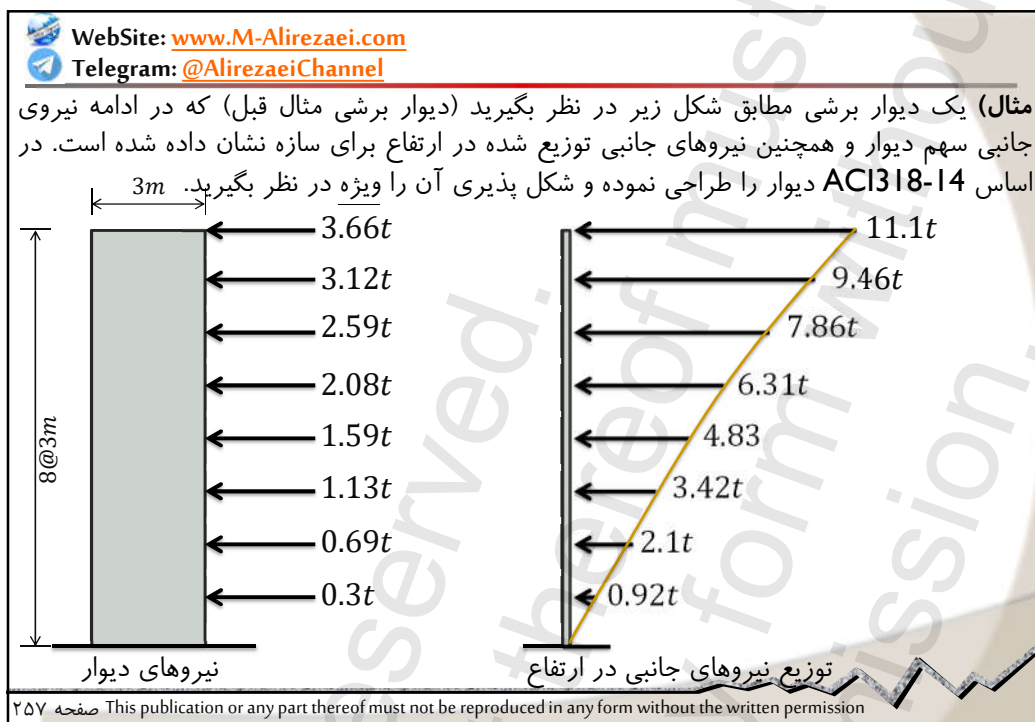
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

وقتی طبق ضوابط قبلی نیازی به المان مرزی ویژه طبق دو بند 18.10.6.2 و 18.10.6.3 نباشد، بایستی دو شرط زیر ا قناع شوند.

الف) در صورتی که نسبت آرماتورهای طولی دیوار بیشتر از $28/f_y$ باشد، آرماتورهای عرضی دیوار بایستی ضوابط 18.7.5.2(a) تا 18.7.5.2(e) را ا قناع کنند. همچنین حداکثر فاصله آرماتورهای عرضی نباید از کمترین دو مقدار ۲۰ سانتیمتر یا $8d_b$ بیشتر شود.

ب) به غیر از وقتی که برش V_u ایجاد شده در صفحه دیوار کمتر از $0.265A_{cv}\lambda.(f_c)^{0.5}$ باشد، آرماتورهای افقی دیوار در لبه دیوار بایستی دارای قلاب استاندارد بوده و یا توسط خاموت U شکل در انتها بسته شده باشند.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵۶



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

(۱) طراحی برای برش:

طبق چیزی که قبلا گفته شد، در صورتی که نیروی برشی $V_u > 0.53A_{cv}\lambda \times \sqrt{f'_c}$ و یا نسبت $h_w/l_w \geq 2.0$ باشد، بایستی از دو سفره آرماتور استفاده شود. که در آنها h_w و l_w به ترتیب ارتفاع و طول کلی دیوار هستند.

$$V_n = 0.53A_{cv}\lambda \sqrt{f'_c} h d = 0.53 \times 20 \times 300 \times \frac{\sqrt{300}}{1000} = 55.08 \text{ ton}$$

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{15.16}{0.75} = 20.21 \text{ ton} < 55.08 \text{ ton}$$

از آنجایی که $h_w/l_w = (24/3) = 8.0 \geq 2.0$ است، نیاز به دو سفره آرماتور میباشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵۹

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

(۱-۱) آرماتورهای برشی افقی:

طبق بند 18.10.2.1 برای دیوار برشی ویژه، نسبت آرماتورهای طولی و عرضی در دیوارهای برشی بایستی حداقل برابر 0.0025 باشد، مگر آنکه برش V_u در دیوار از $0.27A_{cv}\lambda \times \sqrt{f'_c}$ بیشتر نباشد. در این حالت مقدار نسبت آرماتور طولی و عرضی را میتوان طبق ضوابط بند 11.6 کاهش داد. حداکثر فاصله بین آرماتورها در دیوار برشی ویژه ۴۵ سانتیمتر است.

$$S_{2,max} = 45 \text{ cm}$$

$$\frac{A_t}{S_2} = 0.0025h = 0.0025 \times 20 = 0.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}}$$

در صورتی که از دو سفره آرماتور ۱۰ استفاده شود:

$$\frac{2(0.785)}{S_2} = 0.05 \frac{\text{cm}^2}{\text{cm}} \rightarrow S_2 = 31.4 \text{ cm} < S_{2,max}$$

Use $\phi 10 \text{ mm bars @ } 30 \text{ cm}$

$$0.27A_{cv}\lambda \sqrt{f'_c} = 0.27 \times 20 \times 300 \times 1.0 \times \frac{\sqrt{300}}{1000} = 28.06 \text{ ton} > 17.374 \text{ ton}$$

بنابراین مقدار نسبت آرماتور طولی و عرضی را میتوان طبق ضوابط بند 11.6 کاهش داد که در این مثال از این کاهش صرف نظر میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۰

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲-۱) آرماتورهای برشی قائم:

طبق بند 18.10.2.1 برای دیوار برشی ویژه، نسبت آرماتورهای طولی و عرضی در دیوارهای برشی بایستی حداقل برابر 0.0025 باشد، مگر آنکه برش V_u در دیوار از $0.27A_{cv}\lambda \times \sqrt{f'_c}$ بیشتر نباشد. در این حالت مقدار نسبت آرماتور طولی و عرضی را میتوان طبق ضوابط بند 11.6 کاهش داد. حداکثر فاصله بین آرماتورها در دیوار برشی ویژه 45 سانتیمتر است.

$S_{1,max} = 45 \text{ cm}$

در صورتی که از دو سفر آرماتور 10 استفاده شود:

$$\frac{A_l}{S_1} = 0.0025h = 0.0025 \times 20 = \frac{2(0.785)}{S_1} \rightarrow S_1 = 31.4 \text{ cm} < S_{1,max}$$

Use $\phi 10 \text{ mm bars @ } 30 \text{ cm}$

کنترل ظرفیت آرماتورهای برشی:

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۱

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

کنترل ظرفیت آرماتورهای برشی:

$$\frac{V_u}{\phi} = \frac{15.16}{0.75} = 20.21 \text{ ton}$$

$$V_n = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y)$$

که در آن $\alpha_c = 0.8$ برای $h_w/\ell_w \leq 1.5$ و همچنین $\alpha_c = 0.53$ برای $h_w/\ell_w \geq 2.0$. برای مقادیر مابین از درونیایی خطی استفاده می‌شود.

$$\frac{L_w}{h_w} = \frac{24}{3} = 8 > 2.0 \Rightarrow \alpha_c = 0.53$$

$$V_{n,max} = A_{cv} (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_y) = 20 \times \frac{30(0.53\sqrt{300} + 0.0025 \times 4200)}{1000}$$

$$= 118.08 \text{ ton} > 20.21 \text{ ton} \quad Ok$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۲

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

(۲) طراحی برای خمش و نیروی محوری

در دیوارهای برشی که در آنها مقدار تنش در دورترین تار تحت بارهای ضریبدار شامل نیروی زلزله، از $0.2fc'$ بیشتر می‌شود، نیاز به المان مرزی دارند. این المان مرزی را می‌توان در طولی از قطعه که در آن تنش فشاری بتن از $0.15fc'$ کمتر می‌شود، قطع نمود. تنش را میتوان از رابطه زیر تعیین نمود:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u}{I_g} \times \frac{l_w}{2}$$

$$M_u = \phi \left[0.5 A_s f_y l_w \left(1 + \frac{P_u}{A_s f_y} \right) \left(1 - \frac{c}{l_w} \right) \right]$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{\omega + \alpha}{2\omega + 0.85\beta_1} \quad \omega = \frac{A_s f_y}{l_w h f'_c} \quad \alpha = \frac{P_u}{l_w h f'_c}$$

در صورتی که از $\phi 10@30\text{cm}$ به عنوان میلگرد قائم استفاده شود، داریم:

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۳

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$\beta_1 = 0.85 - \frac{0.05}{70} (300 - 280) = 0.836 \rightarrow \omega = \frac{17.28 \times 4200}{300 \times 20 \times 300} = 0.04032$$

$$\alpha = \frac{P_u}{l_w h f'_c} = \frac{P_u (1000)}{300 \times 20 \times 300} = 0.00055 P_u$$

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055 P_u}{2(0.04032) + 0.85(0.836)} = \frac{0.04032 + 0.00055 P_u}{0.79124}$$


This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۴

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه یک: با صرف نظر از بارهای ثقیلی تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$1.2D+L+pQ_E$

Vertical load = $1.2(0.2)(3)(24)(2.5) = 43.92 \text{ ton}$

$$f = \frac{43.92}{20 \times 300} \pm \frac{265.47}{20 \times \frac{300^3}{12}} \times \frac{300}{2} = 95.81 \frac{kg}{cm^2} > 0.2 \times 300 = 60 \frac{kg}{cm^2}$$

بنابراین به المان مرزی ویژه در انتهای دیوار نیاز است. ظرفیت خمشی در مقطع بیشترین لنگر:

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(43.92)}{0.79124} = 0.08094$$

$$c = 0.08094 \times 300 = 24.28 \text{ cm}$$

طول المان مرزی از دورترین تار بایستی به میزان بیشترین دو مقدار $0.1l_w - c$ و $c/2$ باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۵

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$M_u = 144.54 \text{ t.m} < 265.47 \text{ t.m}$

$M'_u = 265.47 - 144.54 \text{ t.m} = 120.93 \text{ t.m}$

برای المان مرزی به طول ۳۵ سانتیمتر آرماتورهای اضافی در هر یک از المانها بصورت زیر است:

$$A_{s,additional} = \frac{120.93(100000)}{0.9(4200)(261)} + 4(0.785) = 15.4 \text{ cm}^2$$

از $8\phi 16$ در المان های مرزی استفاده می شود.

آرماتورهای عرضی المان مرزی:

$$A_{sh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \end{array} \right.$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۶

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار h_x نباید از کمترین دو مقدار ۳۵ سانتیمتر و دو سوم ضخامت دیوار فراتر رود.

$$h_x = \min \left(35 \text{ cm}, \frac{2}{3} \times 20 \right) = 13.33 \text{ cm}$$

فاصله آرماتورهای عرضی در المان مرزی نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- ۱- یک سوم کمتر بعد المان مرزی
- ۲- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی
- ۳- مقدار s_0 محاسبه شده توسط رابطه زیر:

$$s_0 = 10 + \left(\frac{35 - 13.33}{3} \right) = 17.22 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$$

مقدار s_0 نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر لحاظ شود و همچنین نیازی نیست کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

فاصله آنها را ۵ سانتیمتر در نظر میگیریم.

$$s_{max} \leq \text{the smallest of } \begin{cases} \frac{20}{3} = 6.67 \text{ cm} \\ 6(1.6) = 9.6 \text{ cm} \\ s_0 = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۷

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای طول بیشتر المان مرزی داریم:

$$b_{c1} = 20 - 2(4) = 12 \text{ cm}$$

برای طول کوتاه المان مرزی داریم:

$$b_{c2} = 35 - (4) = 31 \text{ cm}$$

$$A_{sh} = \max \begin{cases} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c = 0.3 \left(\frac{35 \times 20}{12 \times 31} - 1 \right) \frac{300}{4200} \times 5 \times 12 = 1.13 \text{ cm}^2 \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c = 0.09 \frac{300}{4200} \times 5 \times 12 = 0.39 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

از دو ساق $\phi 10 @ 5 \text{ cm}$ استفاده میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۸

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

* برای طبقه دو: با صرف نظر از بارهای ثقیل تحمل شده توسط دیوار و فقط با لحاظ وزن دیوار داریم:

$1.2D+L+pQ_E$

Vertical load = $1.2(0.2)(3)(21)(2.5) = 38.43 \text{ ton}$

$$f = \frac{38.43}{20 \times 300} \pm \frac{219.99}{20 \times \frac{300^3}{12}} \times \frac{300}{2} = 79.74 \frac{kg}{cm^2} > 0.2 \times 300 = 60 \frac{kg}{cm^2}$$

بنابراین به المان مرزی ویژه در انتهای دیوار نیاز است. ظرفیت خمشی در مقطع بیشترین لنگر:

$$\frac{c}{l_w} = \frac{0.04032 + 0.00055(38.43)}{0.79124} = 0.0771$$

$$c = 0.0771 \times 300 = 23.13 \text{ cm}$$

طول المان مرزی از دورترین تار بایستی به میزان بیشترین دو مقدار $0.1l_w - c$ و $c/2$ باشد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۹

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

$M_u = 138.3 \text{ t.m} < 219.99 \text{ t.m}$

$M'_u = 219.99 - 138.3 \text{ t.m} = 81.69 \text{ t.m}$

برای المان مرزی به طول ۳۵ سانتیمتر آرماتورهای اضافی در هر یک از المانها بصورت زیر است:

$$A_{s,additional} = \frac{81.69(100000)}{0.9(4200)(261)} + 4(0.785) = 11.42 \text{ cm}^2$$

از $8\phi 14$ در المان های مرزی استفاده می شود.

آرماتورهای عرضی المان مرزی:

$$A_{sh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c \end{array} \right.$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۷۰

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

مقدار h_x نباید از کمترین دو مقدار ۳۵ سانتیمتر و دو سوم ضخامت دیوار فراتر رود.

$$h_x = \min \left(35 \text{ cm}, \frac{2}{3} \times 20 \right) = 13.33 \text{ cm}$$

فاصله آرماتورهای عرضی در المان مرزی نباید از مقادیر زیر بیشتر شود:

- ۱- یک سوم کمتر بعد المان مرزی
- ۲- شش برابر کوچکترین قطر میلگرد طولی
- ۳- مقدار s_0 محاسبه شده توسط رابطه زیر:

$$s_0 = 10 + \left(\frac{35 - 13.33}{3} \right) = 17.22 \text{ cm} > 15 \text{ cm}$$

مقدار s_0 نباید بیشتر از ۱۵ سانتیمتر لحاظ شود و همچنین نیازی نیست کمتر از ۱۰ سانتیمتر باشد.

فاصله آنها را ۵ سانتیمتر در نظر میگیریم.

$$s_{max} \leq \text{the smallest of } \begin{cases} \frac{20}{3} = 6.67 \text{ cm} \\ 6(1.6) = 9.6 \text{ cm} \\ s_0 = 15 \text{ cm} \end{cases}$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۷۱

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برای طول بیشتر المان مرزی داریم:

$$b_{c1} = 20 - 2(4) = 12 \text{ cm}$$

برای طول کوتاه المان مرزی داریم:

$$b_{c2} = 35 - (4) = 31 \text{ cm}$$

$$A_{sh} = \max \begin{cases} 0.3 \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c = 0.3 \left(\frac{35 \times 20}{12 \times 31} - 1 \right) \frac{300}{4200} \times 5 \times 12 = 1.13 \text{ cm}^2 \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} s b_c = 0.09 \frac{300}{4200} \times 5 \times 12 = 0.39 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

از دو ساق $\phi 10 @ 5 \text{ cm}$ استفاده میشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۷۲

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

طراحی قاب‌های خمشی ویژه (Special moment frames)

طبق ACI، قاب‌های خمشی ویژه برای ضوابط گفته شده در بند 18.6 تا 18.8 طراحی شوند.

18.6—Beams of special moment frames
18.7—Columns of special moment frames
18.8—Joints of special moment frames

(الف) تیرهای قاب خمشی ویژه (Beams of special moment frames)

طبق ACI 318، فرض بر آن است که تیرها توسط اتصالاتی به ستون متصل شده است.



صفحه ۲۷۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

محدودیت‌های ابعادی:

برای تیرها طبق ACI بند 18.6.2 محدودیت‌های زیر در نظر گرفته شده است:

- ۱- ارتفاع موثر مقطع نباید بیشتر از یک چهارم طول دهانه آزاد باشد.
- ۲- عرض مقطع نباید کمتر از سه دهم ارتفاع آن یا ۲۵ سانتیمتر باشد.
- ۳- عرض مقطع نباید بیشتر از عرض عضو تکیه‌گاهی، در صفحه عمود بر محور طولی عضو خمشی، به اضافه کوچکترین دو مقدار c_2 و $0.75c_1$ در هر طرف عضو تکیه‌گاهی باشد.

18.6.2.1 Beams shall satisfy (a) through (c):

- (a) Clear span ℓ_n shall be at least $4d$
- (b) Width b_w shall be at least the lesser of $0.3h$ and 25 cm.
- (c) Projection of the beam width beyond the width of the supporting column on each side shall not exceed the lesser of c_2 and $0.75c_1$.

صفحه ۲۷۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای عرضی برای محصور نمودن آرماتورهای تیر که از هسته ستون عبور نمی کنند.

بیشتر از کوچکترین دو مقدار c_1 و c_2 و $0.75c_1$ نباشد.

پلان

مقطع A-A

* در این شکل، آرماتورهای عرضی ستون بالا و پایین برای وضوح بیشتر نشان داده نشده است.

صفحه ۲۷۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای طولی تیر:

برای تیرها طبق ACI بند 18.6.3 ضوابط زیر برای آرماتورهای طولی باید رعایت شود:

۱- در هر مقطعی از تیر، نسبت سطح مقطع آرماتور به سطح مقطع موثر بتن، هم در بالا و هم پایین، نباید کمتر از مقادیر زیر باشد:

$$\rho_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0.8\sqrt{f'_c}}{f_y} \\ \frac{14}{f_y} \end{array} \right.$$

این مقدار حداقل وقتی مقدار آرماتور مصرفی بیشتر از یک سوم مقدار محاسباتی باشد، قابل صرف نظر کردن است.

نسبت آرماتور کششی نباید بیشتر از 0.025 اختیار شود. همچنین حداقل دو میلگرد با قطر ۱۲ باید هم در بالا و هم در پایین مقطع در سراسر طول پیش‌بینی گردد.

18.6.3.1 Beams shall have at least two continuous bars at both top and bottom faces. At any section, for top as well as for bottom reinforcement, the amount of reinforcement shall be at least that required by 9.6.1.2 and the reinforcement ratio ρ shall not exceed 0.025.

صفحه ۲۷۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- در بر تکیه‌گاه‌های تیر، مقاومت خمشی مثبت مقطع در هر تکیه‌گاه باید حداقل برابر نصف مقاومت خمشی منفی همان مقطع باشد. مقاومت خمشی مثبت و منفی هر مقطع در سراسر طول تیر نبایستی کمتر از یک چهارم حداکثر مقاومت خمشی منفی در مقاطع بر تکیه‌گاهی در دو انتهای عضو باشد.

$$(M_{n,l}^+ M_{n,l}^-) \geq \frac{1}{4} \max(M_n \text{ دو انتهای تیر})$$

$$M_{n,l}^+ \geq \frac{1}{2} M_{n,l}^-$$

$$M_{n,r}^+ \geq \frac{1}{2} M_{n,r}^-$$

18.6.3.2 Positive moment strength at joint face shall be at least one-half the negative moment strength provided at that face of the joint. Both the negative and the positive moment strength at any section along member length shall be at least one-fourth the maximum moment strength provided at face of either joint.

صفحه ۲۷۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- استفاده از وصله پوششی در میلگردهای طولی خمشی فقط در شرایطی مجاز است که در تمام طول وصله آرماتور عرضی از نوع دورگیر یا دورپیچ موجود باشد. فواصل سفره‌های آرماتور عرضی در برگیرنده وصله از یکدیگر نباید بیشتر از کوچکترین دو مقدار یک چهارم ارتفاع موثر و ۱۰ سانتیمتر باشد.

محل وصله پوششی
 $\leftarrow \text{فاصله خاموت‌ها} < \frac{d}{4} \text{ or } 10 \text{ cm} \rightarrow$

18.6.3.3 Lap splices of deformed longitudinal reinforcement shall be permitted if hoop or spiral reinforcement is provided over the lap length. Spacing of the transverse reinforcement enclosing the lap-spliced bars shall not exceed the lesser of $d/4$ and 10 cm.

صفحه ۲۷۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

همچنین استفاده از وصله پوششی در مکان های زیر مجاز نیست:

(الف) در اتصالات تیرها به ستون ها

(ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از هر تکیه گاه

(پ) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از مقطع بحرانی که در آنها، در اثر تغییر مکان جانبی غیرالاستیک، امکان وقوع تسلیم آرماتور وجود دارد.

وصله در این مکان ها ممنوع است.

Lap splices shall not be used in locations (a) through (c):

(a) Within the joints

(b) Within a distance of twice the beam depth from the face of the joint

(c) Within a distance of twice the beam depth from critical sections where flexural yielding is likely to occur as a result of lateral displacements beyond the elastic range of behavior.

صفحه ۲۷۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

آرماتورهای عرضی تیر:

برای تیرها طبق **ACI بند 18.6.4** ضوابط زیر برای آرماتورهای عرضی باید رعایت شود:

۱- در تیرها در طول قسمت بحرانی تیرها که زیر مشخص میشوند، آرماتور عرضی باید از نوع دورگیر و شرایط بند بعدی را تامین کنند:

(الف) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع از هر تکیه گاه به سمت وسط دهانه

(ب) در طولی معادل دو برابر ارتفاع مقطع در دو سمت مقطعی که در آن امکان تشکیل مفصل پلاستیک در اثر تغییر شکل جانبی غیرالاستیک قاب وجود دارد.

18.6.4.1 Hoops shall be provided in the following regions of a beam:

(a) Over a length equal to twice the beam depth measured from the face of the supporting column toward midspan, at both ends of the beam

(b) Over lengths equal to twice the beam depth on both sides of a section where flexural yielding is likely to occur as a result of lateral displacements beyond the elastic range of behavior.

صفحه ۲۸۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۲- در قسمت‌هایی از تیر که به دورگیر نیاز است، میلگردهای طولی اصلی در مجاورت رویه‌های کششی عضو باید دارای تکیه گاه عرضی مطابق ضوابط زیر باشند. فاصله مرکز به مرکز میلگردهای خمشی که دارای تکیه‌گاهی جانبی هستند، نباید بیش از ۳۵ سانتیمتر باشد. برای آرماتورهای جلدی نیازی به تکیه‌گاه عرضی نیست.

الف) هر میلگرد طولی واقع در گوشه مقطع و سایر میلگردهای طولی بصورت یک در میان باید توسط خم با زاویه کمتر یا مساوی ۱۳۵ درجه مهار شود.

ب) میلگرد طولی بدون مهار جانبی نباید فاصله آزاد بیش از ۳۵ سانتیمتر از میلگرد طولی مهار شده داشته باشد.

پ) مهار تنگ‌ها در مقاطع مستطیلی با قلاب استاندارد که میلگرد طولی را در بر گرفته، انجام می‌شود.

18.6.4.2 Where hoops are required, primary longitudinal reinforcing bars closest to the tension and compression faces shall have lateral support in accordance with 25.7.2.3 and 25.7.2.4. The spacing of transversely supported flexural reinforcing bars shall not exceed 35 cm. Skin reinforcement required by 9.7.2.3 need not be laterally supported.

۲۸۱ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

این فاصله مهم نیست و میتواند بیشتر از ۱۵ سانتیمتر باشد.

۲۸۲ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۳- دورگیر در تیرها را می‌توان با دو قطعه میلگرد ساخت. یک میلگرد به شکل U که در دو انتها دارای قلاب لرزه‌ای باشد و میلگرد دیگر به شکل میلگرد دوخت که با میلگرد اول یک دورگیر تشکیل دهند. خم ۹۰ درجه میلگردهای دوخت متوالی که یک میلگرد طولی را در بر می‌گیرند باید بطور یک در میان در دو سمت تیر قرار داده شوند. چنانچه میلگردهای طولی که توسط میلگردهای دوخت نگهداری شده‌اند در داخل یک دال که تنها در یک سمت عضو خمشی قرار دارد محصور باشند، خم ۹۰ درجه میلگردهای دوخت را می‌توان در آن سمت دال قرار داد.

18.6.4.3 Hoops in beams shall be permitted to be made up of two pieces of reinforcement: a stirrup having seismic hooks at both ends and closed by a crosstie. Consecutive crossties engaging the same longitudinal bar shall have their 90-degree hooks at opposite sides of the flexural member. If the longitudinal reinforcing bars secured by the crossties are confined by a slab on only one side of the beam, the 90-degree hooks of the crossties shall be placed on that side.

۲۸۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۴- فاصله اولین دورگیر از بر تکیه گاه بیشتر از ۵ سانتیمتر نباشد. همچنین فاصله بین آنها از یکدیگر نباید بیشتر از یک چهارم ارتفاع موثر مقطع، ۶ برابر قطر کوچکترین میلگرد طولی به جز میلگرد طولی جلدی و ۱۵ سانتیمتر اختیار شود.

18.6.4.4 The first hoop shall be located not more than 5 cm. from the face of a supporting column. Spacing of the hoops shall not exceed the least of (a) through (c):

- (a) $d/4$
- (b) Six times the diameter of the smallest primary flexural reinforcing bars excluding longitudinal skin reinforcement required by 9.7.2.3
- (c) 15 cm.

۲۸۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

۵- در قسمت‌هایی از طول تیر که به دورگیر نیاز است، خاموت‌ها باید براساس برش گفته شده در قسمت بعدی طراحی شوند.

18.6.4.5 Where hoops are required, they shall be designed to resist shear according to 18.6.5.

۶- در قسمت‌هایی از طول تیر که به دورگیر نیازی نیست، خاموت‌ها باید در دو انتها دارای قلاب لرزه‌ای بوده و فاصله آنها از یکدیگر کمتر یا مساوی نصف ارتفاع موثر باشد.

18.6.4.6 Where hoops are not required, stirrups with seismic hooks at both ends shall be spaced at a distance not more than $d/2$ throughout the length of the beam.

۷- در نواحی بحرانی در تیرهایی که نیروی محوری آنها از $0.1A_g f_c$ بیشتر میشود، باید از دورگیرهای گفته شده در بندهای فوق استفاده نمود. در سایر نواحی تیر باید از خاموت‌هایی با مشخصات داده شده مربوط به ستون‌ها با فواصل s برابر یا کمترین مقدار ۶ برابر قطر کوچکترین آرماتور طولی یا ۱۵ سانتیمتر استفاده شود.

18.6.4.7 In beams having factored axial compressive force exceeding $A_g f_c / 10$, hoops satisfying 18.7.5.2 through 18.7.5.4 shall be provided along lengths given in 18.6.4.1. Along the remaining length, hoops satisfying 18.7.5.2 shall have spacing s not exceeding the lesser of six times the diameter of the smallest longitudinal beam bars and 15 cm. Where concrete cover over transverse reinforcement exceeds 10 cm., additional transverse reinforcement having cover not exceeding 10 cm. and spacing not exceeding 30 cm shall be provided.

۲۸۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

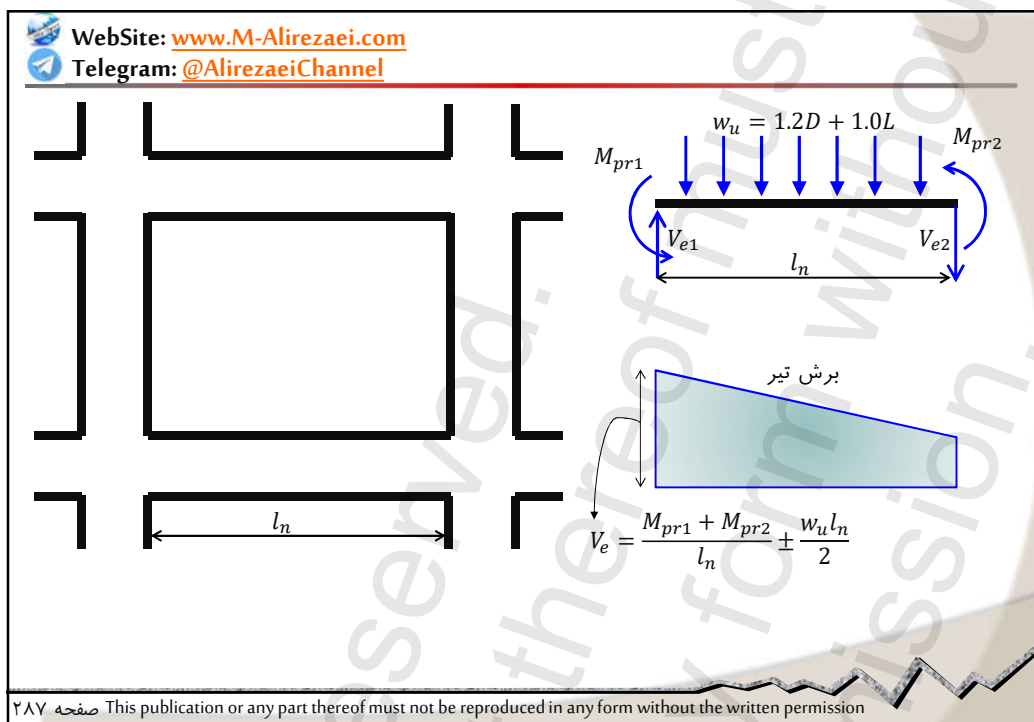
WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

برش در تیرهای با شکل‌پذیری زیاد

نیروی برشی طراحی V_e در تیرها باید با در نظر گرفتن تعادل استاتیکی بارهای قائم ضریبدار وارد بر تیر و لنگرهای خمشی موجود در مقاطع انتهایی تیر با فرض آنکه در این مقاطع مفصل‌های پلاستیک تشکیل شده‌اند، تعیین شود. ظرفیت خمشی مفصل پلاستیک مثبت یا منفی باید برابر با لنگر خمشی مقاومت محتمل مقطع M_{pr} در نظر گرفته شود. جهت این لنگرهای خمشی باید چنان در نظر گرفته شود که نیروی برشی ایجاد شده در تیر بیشترین باشد. در محاسبه M_{pr} مقاومت آرماتور کششی برابر $1.25f_y$ و ضریب کاهش مقاومت $\phi = 1.0$ لحاظ شود.

18.6.5.1 Design forces—The design shear force V_e shall be calculated from consideration of the forces on the portion of the beam between faces of the joints. It shall be assumed that moments of opposite sign corresponding to probable flexural strength, M_{pr} , act at the joint faces and that the beam is loaded with the factored tributary gravity load along its span.

۲۸۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: www.M-Alirezaei.com
Telegram: @AlirezaeiChannel

در مواردی که هر دو شرط (الف) و (ب) زیر برقرار باشد، طراحی آرماتور عرضی در مناطق بحرانی باید با فرض $V_c = 0$ انجام شود.

(الف) برش محاسبه شده براساس بند قبل، بیشتر یا مساوی نصف مقاومت برشی حداکثر در مناطق بحرانی باشد.

(ب) بار محوری ضریبدار P_u که شامل اثرات زلزله می باشد، از $0.05A_g f'_c$ کمتر باشد.

$$M_{pr} = A_s (1.25 f_y) \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad a = \frac{A_s (1.25 f_y)}{0.85 f'_c}$$

18.6.5.2 Transverse reinforcement—Transverse reinforcement over the lengths identified in 18.6.4.1 shall be designed to resist shear assuming $V_c = 0$ when both (a) and (b) occur:

(a) The earthquake-induced shear force calculated in accordance with 18.6.5.1 represents at least one-half of the maximum required shear strength within those lengths.

(b) The factored axial compressive force P_u including earthquake effects is less than $0.5A_g f'_c$.

صفحه ۲۸۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

