



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

Version: 1.0      نسخه انتشار: تابستان ۹۹

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 تغییرات عمده مبحث نهم ویرایش ۹۹ 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

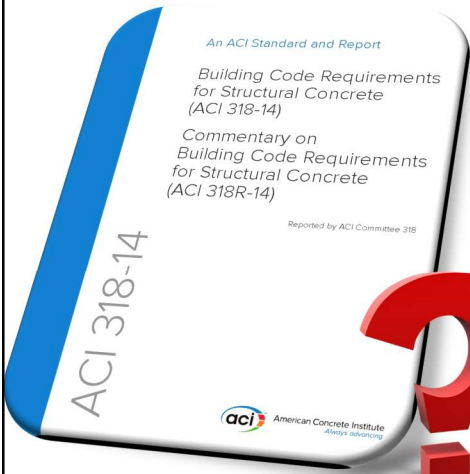
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)



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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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 on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-14)

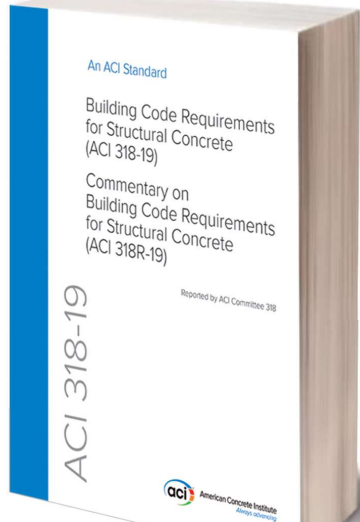


Subject 9

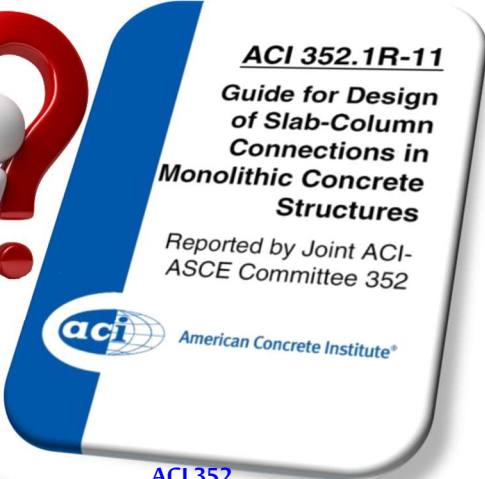
ACI 318-14 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

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

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



ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary on Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318R-19)



ACI 352.1R-11 Guide for Design of Slab-Column Connections in Monolithic Concrete Structures

ACI 352

Slab-Column Connections in Monolithic Concrete Structures

ACI 318-19 Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary

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



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

مقدمه

در نهایت بعد از چند سال، ویرایش جدید مبحث نهم تهیه و ابلاغ شد. ویرایش ۹۹ مبحث نهم دارای تغییرات عمده‌ای نسبت به ویرایش قبلی است. در این دوره به برخی از مهمترین تغییرات اعمال شده پرداخته خواهد شد.

به سبب اینکه ویرایش قبلی براساس آیین نامه کانادا نگارش یافته بود، در برخی موارد طراح دچار ابهاماتی می‌شد که خوشبختانه این مشکل در ویرایش جدید از بین رفته و تا حدود زیادی مباحث آن با به روزترین مباحث طرح سازه‌های بتنی و ACI318-19 منطبق شده است.



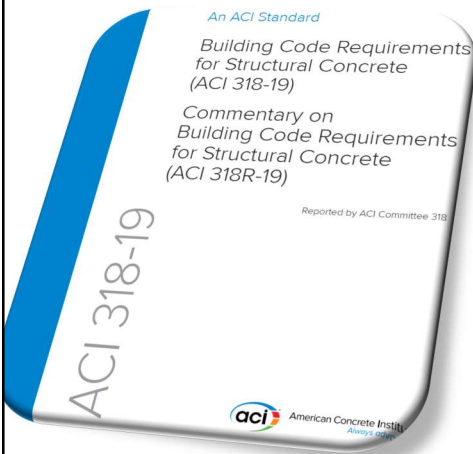
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۷



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

تغییرات عمده مبحث نهم

آیین‌نامه بتن آمریکا بنام ACI یکی از مهمترین و پر کاربردترین آیین‌نامه‌ها برای طراحی سازه‌های بتنی در سطح جهان می‌باشد. این آیین‌نامه بصورت آماده در نرم‌افزار ETABS نسخه‌های ۲۰۱۵ و بالاتر جای گرفته است. در حال حاضر آخرین نسخه این آیین‌نامه مربوط به سال ۲۰۱۹ است. نسخه ۲۰۱۹ این آیین‌نامه میراث دار ACI318-71 است. بعد از آن نه ویرایش در سال‌های ۱۹۷۷، ۱۹۸۳، ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۱۹۹۹، ۲۰۰۲، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۱ برای آن انجام شد. ویرایش بعدی این آیین‌نامه که در سال ۲۰۱۴ انجام شد به لحاظ پیکربندی مطالب، تغییرات عمده‌ای داشت. نسخه ۲۰۱۹ تا حدود زیادی به مانند نسخه ۲۰۱۴ است.



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



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



### تغییر پیکربندی آیین‌نامه از رفتار محور به عضو محور

ویرایش‌های قبل مبحث نهم براساس رفتار محور نگارش می‌شدند. یعنی مثلا یک فصل مربوط به خمش بود، یک فصل مربوط به برش و ...، اما در ویرایش ۹۹، پیکربندی آیین‌نامه براساس عضو محور است. مثلا یک فصل برای تیرها، یک فصل برای ستون‌ها و ...

از سال ۲۰۱۴ نگارش آیین‌نامه ACI براساس عضو محور شد که تقریبا همان پیکربندی در ویرایش جدید مبحث نهم حفظ شده است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۹

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



### در جدول زیر، مقایسه فصل‌های مبحث نهم ویرایش ۹۲ و ۹۹ صورت گرفته است.

| مبحث نهم ۹۲ |                                                      | مبحث نهم ۹۹                                                     |           |
|-------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| توصیف       | عنوان فصل                                            | توصیف                                                           | عنوان فصل |
| مقدمات      | ۱- کلیات                                             | ۱- کلیات                                                        |           |
|             | ۲- شرایط کلی ارائه و تائید مدارک فنی و مستندسازی     | ۲- علائم و تعاریف                                               |           |
| مصلح و ساخت | ۳- مصالح و اجزای بتن                                 | ۳- مشخصات مکانیکی بتن                                           |           |
|             | ۴- میلگردهای مصرفی                                   | ۴- مشخصات آرماتورها                                             |           |
|             | ۵- مقاومت بتن                                        | ۵- الزامات سیستم‌های سازه‌ای                                    |           |
|             | ۶- پایایی (دوام) بتن و میلگردهای فولادی              | ۶- تحلیل سیستم‌ها                                               |           |
|             | ۷- اجرای بتن                                         | ۷- ضریب‌های بار و ترکیب‌های بارگذاری - ضریب‌های کاهش مقاومت     |           |
|             | ۸- اجرای بتن در شرایط غیر متعارف                     | ۸- ارزیابی مقاومت مقطع در خمش، بارمحوری، برش، پیچش و برش اصطکاک |           |
|             | ۹- بتن‌های ویژه                                      |                                                                 |           |
|             | ۱۰- ارزیابی و کنترل کیفیت و بازرسی بتن و مصالح مصرفی |                                                                 |           |
|             |                                                      |                                                                 |           |
|             |                                                      |                                                                 |           |

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۰

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

در جدول زیر، مقایسه فصل‌های مبحث نهم ویرایش ۹۲ و ۹۹ صورت گرفته است.

| مبحث نهم ۹۲ |                                                                  | مبحث نهم ۹۹                               |           |
|-------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------|
| توصیف       | عنوان فصل                                                        | توصیف                                     | عنوان فصل |
| ابزار       | ۱۱- ضوابط فولادگذاری                                             | ۹- دال‌های یک طرفه                        |           |
| مصلح و ساخت | ۱۲- ضوابط قالب بندی در بتن، لوله‌ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن | ۱۰- دال‌های دو طرفه                       |           |
| دیگر        | ۱۳- اصول تحلیل و طراحی                                           | ۱۱- تیرها                                 |           |
|             | ۱۴- خمش و بارهای محوری                                           | ۱۲- ستون‌ها                               |           |
| رفتار محور  | ۱۵- برش و پیچش                                                   | ۱۳- دیوارها                               |           |
|             | ۱۶- اثر لاغری و کماتش                                            | ۱۴- دیافراگم‌ها                           |           |
|             | ۱۷- تغییر شکل و ترک‌خوردگی                                       | ۱۵- شالوده‌های بتن‌آرمه                   |           |
|             | ۱۸- طراحی دال                                                    | ۱۶- ناحیه اتصال تیر به ستون و دال به ستون |           |
| عضو محور    | ۱۹- طراحی دیوار                                                  | ۱۷- اتصالات اعضای سازه‌ای به یکدیگر       |           |
|             | ۲۰- طراحی شالوده                                                 | ۱۸- مهار به بتن                           |           |
| اتصالات     | ۲۱- مهار و وصله آرماتور                                          | ۱۹- الزامات بهره‌برداری                   |           |

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

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

در جدول زیر، مقایسه فصل‌های مبحث نهم ویرایش ۹۲ و ۹۹ صورت گرفته است.

| مبحث نهم ۹۲ |                                          | مبحث نهم ۹۹ |                                          |
|-------------|------------------------------------------|-------------|------------------------------------------|
| توصیف       | عنوان فصل                                | توصیف       | عنوان فصل                                |
| دیگر        | ۲۲- ضوابط ویژه طراحی در برابر آتش‌سوزی   | دیگر        | ۲۰- ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله |
|             | ۲۳- ضوابط ویژه برای طراحی در برابر زلزله | ابزار       | ۲۱- جزئیات آرماتورگذاری                  |
| ابزار       | ۲۴- طرح و محاسبه قطعات بتن پیش تنیده     | ساخت        | ۲۲- مدارک طرح، الزامات ساخت و نظارت      |
|             |                                          | دیگر        | ۲۳- ارزیابی مقاومت سازه‌های موجود        |
|             |                                          | مصلح و ساخت | پیوست ۱- دوام بتن و آرماتور              |
|             |                                          | دیگر        | پیوست ۲- طراحی در برابر آتش              |
|             |                                          | ابزار       | پیوست ۳- روش خرابایی (روش بست و بند)     |

برخی موارد در مبحث نهم ۹۹، بصورت جدید اضافه شده است. مثلا فصل طراحی دیافراگم و سه پیوست در انتها که قبلا وجود نداشت.

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

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



### کاربرد راحت تر و فهم بهتر

در ویرایش ۹۹ مبحث نهم شکل‌هایی جهت فهم بهتر مطالب به نقل از ACI 318-19 ترسیم شده که بیان مفهوم بندهای متن را راحت تر می‌کند.

همچنین با توجه به اینکه برنامه ETABS از آیین نامه ACI 318-14 پشتیبانی می‌کند و این برنامه در کشور بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، کنترل‌های ضوابط خیلی راحت تر و یکپارچه‌تر شده است. مثلاً برنامه وقتی آیین‌نامه کانادا مورد استفاده قرار گیرد، پیش‌تیرها را کنترل نمی‌کند.

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

| Item                            | Value              |
|---------------------------------|--------------------|
| 01 Design Code                  | ACI 318-14         |
| 02 Multi-Response Case Design   | Step-by-Step - All |
| 03 Number of Interaction Curves | 24                 |
| 04 Number of Interaction Points | 11                 |

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

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



### از چه نسخه ای از ETABS استفاده کنیم که ضوابط جدید را پوشش دهد؟

#### ETABS 2018

Concrete Frame Design Preferences for ACI 318-14

| Item                              | Value              |
|-----------------------------------|--------------------|
| 01 Design Code                    | ACI 318-14         |
| 02 Multi-Response Case Design     | Step-by-Step - All |
| 03 Number of Interaction Curves   | 24                 |
| 04 Number of Interaction Points   | 11                 |
| 05 Consider Minimum Eccentricity? | Yes                |
| 06 Design for B/C Capacity Ratio? | Yes                |
| 07 Seismic Design Category        | D                  |

#### ETABS 9.7.4

Concrete Frame Design Preferences

|                                     |                     |
|-------------------------------------|---------------------|
| Design Code                         | ACI 318-08/IBC 2006 |
| Seismic Design Category             | D                   |
| Number of Interaction Curves        | 24                  |
| Number of Interaction Points        | 11                  |
| Consider Minimum Eccentricity       | Yes                 |
| Phi (Tension Controlled)            | 0.9                 |
| Phi (Compression Controlled Tied)   | 0.65                |
| Phi (Compression Controlled Spiral) | 0.75                |
| Phi (Shear and/or Torsion)          | 0.75                |

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۴



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



### اضافه شدن برخی فصول به آیین نامه

فصل های جدید آیین نامه جدید مبحث نهم:

فصل ۵، الزامات سیستم های سازه ای

فصل ۱۴، دیافراگم ها

فصل ۱۶، ناحیه اتصال تیر به ستون و دال به ستون

فصل ۱۷، اتصالات اعضای سازه ای به یکدیگر

فصل ۱۸، مهار به بتن

فصل ۲۳، ارزیابی مقاومت سازه های موجود

پیوست پ ۴، جمع شدگی و خزش بتن

پیوست ج ۶، روش طراحی ساده ساختمان های بتنی

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



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



### حذف شدن برخی فصول از آیین نامه

فصل های زیر از آیین نامه جدید مبحث نهم حذف شده اند.

فصل ۳، مصالح و اجزای بتن

فصل ۷، اجرای بتن

فصل ۸، اجزای بتن در شرایط غیرمتعارف

فصل ۹، بتن های ویژه

فصل ۱۲، ضوابط قالب بندی در بتن، لوله ها و مجراهای مدفون و درزهای بتن

فصل ۲۴، طرح و اجرای قطعات پیش تنیده

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



**WebSite:** [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)

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



### تغییر روش طراحی بر مبنای ضریب بار و مقاومت به روش طراحی مقاومت نهایی

در ویرایش ۹۹ مبحث نهم روش طراحی بر مبنای ضریب بار و مقاومت (LRFD) کنار گذاشته شده و مبحث جدید، روش طراحی مقاومت نهایی استفاده شده است.

اگرچه سطوح بار و فلسفه طراحی در هر دو روش تقریباً یکسان است، لیکن در ویرایش ۹۲ مبحث نهم، ضریب کاهش مقاومت برای بتن و فولاد متفاوت بود. مثلاً ضریب کاهش مقاومت بتن برابر  $\phi_c = 0.65$  و برای فولاد  $\phi_s = 0.85$  بود. در ویرایش ۹۹ مبحث نهم، همگام با روش ACI 318 ضریب کاهش مقاومت به کل مقاومت اسمی مقطع به صورت یکجا زده می‌شود.

$$\text{design strength} \geq \text{required strength}$$
$$\phi S_n \geq U$$

**Load and Resistance  
Factor Design**



**Strength Design  
Method**

صفحه ۱۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

**WebSite:** [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)

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

#### 4.6.1 Design strength of a member and its joints and connections, in terms of moment, shear, torsional, axial, and bearing strength, shall be taken as the nominal strength $S_n$ multiplied by the applicable strength reduction factor $\phi$ .

#### 4.6.2 Structures and structural members shall have design strength at all sections, $\phi S_n$ , greater than or equal to the required strength $U$ calculated for the factored loads and forces in such combinations as required by this Code or the general building code.

صفحه ۱۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

تغییر در ترکیب بارهای طراحی

طبق ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

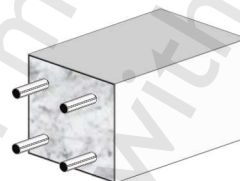
بهبتر آن بود که ترکیب بارها در مبحث نهم داده نمی‌شد.

براساس جدول ۹-۷-۱ ترکیب بارهای طراحی، مبحث نهم بصورت زیر است:

- 1.4D
- $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5(1.6W))$
- $1.2D + 1.0(1.6W) + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
- $0.9D + 1.0(1.6W)$
- $0.9D + 1.0E$

۹-۷-۲-۳ ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را میتوان به 0.5 کاهش داد، مگر در بارگذاری پارکینگ‌ها، بارگذاری محلهای ازدحام عمومی و محلهایی که میزان بار زنده آنها بیشتر از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع باشد. استفاده از ضریب 0.5 مورد اشاره در کنار بارهای زنده کاهش یافته نیز مجاز است.

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



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

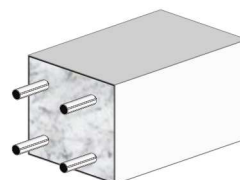
طبق ویرایش ۹۸ مبحث ششم:

براساس بند ۶-۲-۳-۲ مبحث ششم ویرایش ۹۸ برای طراحی به روش ضرایب بار و مقاومت داریم:

- 1.4D
- $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5(1.6W))$
- $1.2D + 1.0(1.6W) + L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
- $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$
- $0.9D + 1.0(1.6W)$
- $0.9D + 1.0E$

۶-۲-۳-۲ الف ضرایب بار مربوط به L در ترکیب بارهای ۳، ۴ و ۵ را برای کاربریهایی که مقدار  $L_0$  آنها کمتر از ۵ کیلونیوتن بر متر مربع است، به استثنای کف پارکینگ‌ها یا محلهای اجتماع عمومی می‌توان برابر 0.5 منظور نمود. مشروط به آنکه طبق ضوابط بند ۶-۵-۵ کاهش بارهای زنده در محاسبه بار L منظور نشده باشد.

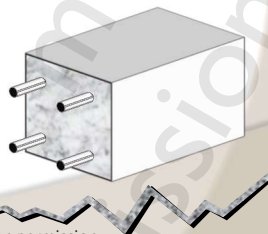
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۰



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

طبق ویرایش ۹۲ مبحث نهم:  
براساس مبحث ششم ۹۲، ترکیب بارهای طراحی، سازه بتنی بصورت زیر بود:

1.  $1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$
2.  $D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 1.2(W \text{ or } 0.7E)$
3.  $0.85D + 1.2(W \text{ or } 0.7E)$
4.  $1.25D + 1.5L + 1.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 1.5(H \text{ or } 0.84F)$
5.  $0.85D + 1.5(H \text{ or } 0.84F)$
6.  $D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ or } S) + T$
7.  $1.25D + 1.5T$
8.  $D + 1.2L + 1.2(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + 1.2((W + 1.67F_a) \text{ or } 0.7E)$
9.  $0.85D + 1.2((W + 1.67F_a) \text{ or } 0.7E)$



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

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

- این ترکیب بارهای ۹۲ برای سازه بتنی، دارای ایرادات زیادی بودند. از جمله آنکه ضریب نیروی زلزله کمتر از یک بدست می‌آمد. مقدار آن برابر 0.84 بود.

- ضریب بار باد در ترکیب بارهای جدید از 1.2 به 1.6 تغییر یافته است.

- در اعمال ضریب 0.5 برای بارهای زنده، در ترکیب بارهای شامل بارهای زلزله و باد، اختلاف نظری بین مبحث نهم و ششم وجود دارد. در مبحث نهم استفاده همزمان ضریب کاهش 0.5 و استفاده از بارهای زنده کاهش یافته داده شده ولی در مبحث ششم اجازه استفاده همزمان این دو داده نشده است.

ASCE7-16:  
The load factor on L in combinations 3 and 4 is permitted to equal 0.5 for all occupancies in which Lo in Chapter 4, Table 4.3-1, is less than or equal to 100 psf (4.78 kN/sq m), with the exception of garages or areas occupied as places of public assembly.

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



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



### تغییر رده بندی بتن

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۳-۱ رده بندی بتن بر اساس مقاومت مشخصی آن معمولاً به ترتیب زیر است:

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| C10 | C12 | C16 | C20 | C25 | C30 | C35 | C40 | C45 | C50 |
|     |     |     | C55 | C60 | C65 | C70 |     |     |     |

مبحث نهم ویرایش ۹۲: طبق بند ۹-۳-۵ رده بندی بتن بر اساس مقاومت فشاری مشخصه آن به ترتیب زیر است:

|     |     |     |     |      |      |      |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| C6  | C8  | C10 | C12 | C16  | C20  | C25  | C30 | C35 | C40 |
| C45 | C50 | C55 | C60 | C65  | C70  | C75  | C80 | C85 | C90 |
|     |     |     | C95 | C100 | C110 | C120 |     |     |     |

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



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



### ضوابطی برای حداقل مقاومت فشاری بتن

\* مبحث نهم برای مقاومت فشاری بتن محدودیت‌هایی به صورت زیر قرار داده است:

- ۱- مقدار حداقل و حداکثر مقاومت مشخصه بتن باید بین ۲۰ تا ۵۰ مگاپاسکال باشد.

$$20 \text{ MPa} \leq f'_c \leq 50 \text{ MPa}$$

- ۲- در سازه بلندتر از ۲۰ طبقه از روی شالوده به شرط پیش بینی تدابیر ویژه برای کنترل کیفیت بتن در اجرا، می‌توان حداکثر مقاومت را در بتن‌های معمولی را تا ۷۰ مگاپاسکال افزایش داد.
- ۳- در سازه با شکل‌پذیری ویژه، حداقل مقدار مقاومت مشخصه بتن برای بتن معمولی ۲۵ مگاپاسکال و حداکثر آن برای بتن‌های سبک ۳۵ مگاپاسکال است.
- ۴- در کلیه موارد مقدار مقاومت مشخصه بایستی ضوابط دوام بتن (پیوست ۹-پ-۱) را اقلان نماید.

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

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

**حداقل مقاومت مشخصه بتن طبق ACI318-19 چقدر است؟**

مقدار مقاومت مشخصه بتن باید براساس محدودیت‌های زیر تعیین شود:

الف) براساس حداقل مقاومت‌های داده شده در جدول زیر:

| کاربرد                                                                                                                   | حداقل مقاومت برحسب مگاپاسکال |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| عمومی                                                                                                                    | 17                           |
| فونداسیون برای طبقه بندی لرزه‌ای B و C                                                                                   | 17                           |
| فونداسیون برای ساختمان‌های مسکونی و عمومی با سیستم دیوار باربر تا حداکثر دو طبقه یا کمتر در طبقه بندی لرزه‌ای E و F      | 17                           |
| فونداسیون در طبقه بندی لرزه‌ای E و F به غیر از ساختمان‌های مسکونی و عمومی با سیستم دیوار باربر تا حداکثر دو طبقه یا کمتر | 21                           |
| قاب‌های خمشی ویژه                                                                                                        | 21                           |
| دیوارهای برشی ویژه با میلگرد رده 420 و 550                                                                               | 21                           |
| دیوارهای برشی ویژه با میلگرد رده 690                                                                                     | 35                           |

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

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

**ب) براساس معیار دوام (مطابق جدول 19.3.2.1 این آیین نامه)**

پ) مقاومت مورد نیاز سازه

ت) مقدار مقاومت مشخصه بتن برای بتن سبک در قاب خمشی ویژه، دیوار برشی ویژه و فونداسیون های آنها نبایستی بیشتر از ۳۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شود.

در ویرایش ۲۰۱۴ آیین نامه و در جدول 19.2.1.1، مقدار حداکثر و حداقلی برای مقاومت مشخصه ۲۸ روزه بتن معرفی شده بود که در نسخه ۲۰۱۹ تنها مقدار حداقل مقاومت مشخصه برای اجزای سازه معرفی شده است و ستون مربوط به حداکثر مقاومت بتن از آن حذف شده است. تنها برای بتن سبک استفاده شده در قاب‌های خمشی با شکل پذیری ویژه مقدار حداکثر مقاومت به ۳۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محدود شده است. البته در متن آیین نامه بسته به مورد طراحی، محدودیت‌هایی برای حداکثر مقاومت مشخصه بتن نیز لحاظ شده است. در اکثر روابط طراحی مقدار مقاومت مشخصه بتن به ۷۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محدود شده است.

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





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



### تغییر میزان کرنش بتن در دورترین تار فشاری از 0.0035 به 0.003

در ویرایش ۹۲ مبحث نهم، طبق بند ۹-۱۴-۳، مقدار کرنش بتن در دورترین تار فشاری  $\epsilon_{cu}$  برای بتن‌های با رده کمتر از C50، برابر 0.0035 داده شده بود.

در ویرایش ۹۹ مبحث نهم، طبق بند ۹-۸-۲-۳، مقدار کرنش بتن در دورترین تار فشاری  $\epsilon_{cu}$  برابر 0.003 داده شده است.

مقدار این عدد نقش مهمی در فرمولاسیون روابط طراحی دارد.

ACI318-19:

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

Maximum strain at the  
extreme concrete=0.0035



Maximum strain at the  
extreme concrete=0.003



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



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



### تغییراتی در طبقه بندی آرماتورها از نظر شکل پذیری

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۴-۱ آرماتورهای فولادی از نظر شکل پذیری به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف- فولاد نرم (S240) که منحنی تنش - کرنش آن دارای پله‌ی تسلیم مشهود است.

ب- فولاد نیمه سخت (S420, S400, S350, S340) که منحنی تنش - کرنش آن دارای پله‌ی تسلیم بسیار محدود است.

پ- فولاد سخت (S520, S500) که منحنی تنش - کرنش آن فاقد پله‌ی تسلیم است.

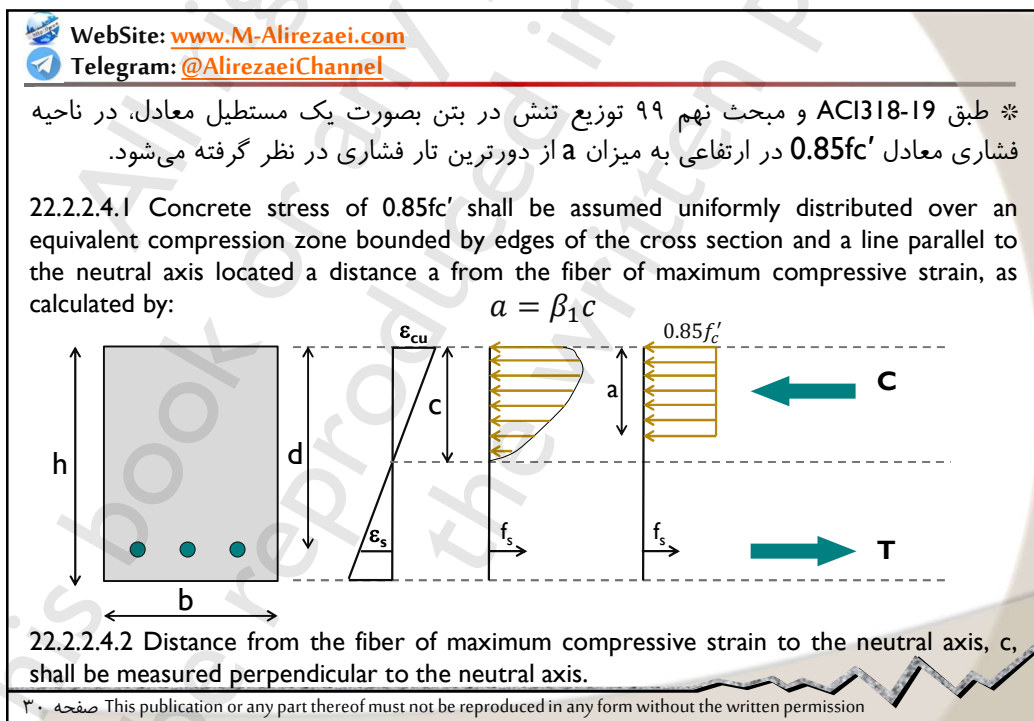
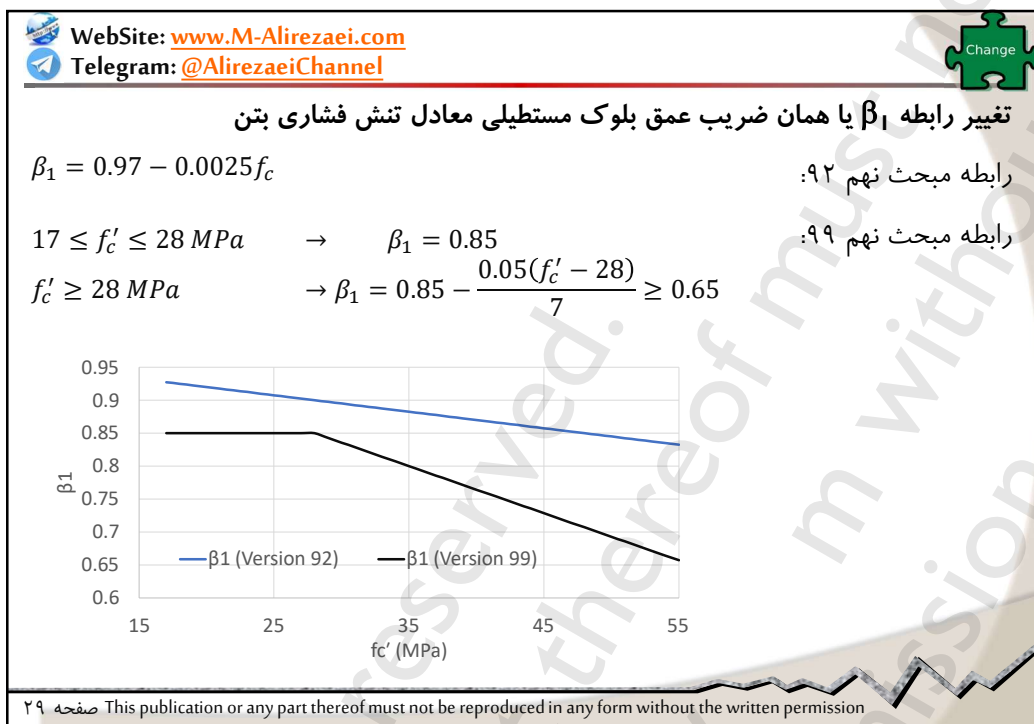
مبحث نهم ویرایش ۹۲: طبق بند ۹-۴-۳ میلگردهای فولادی بر اساس مقاومت مشخصه آنها تقسیم‌بندی میشوند.

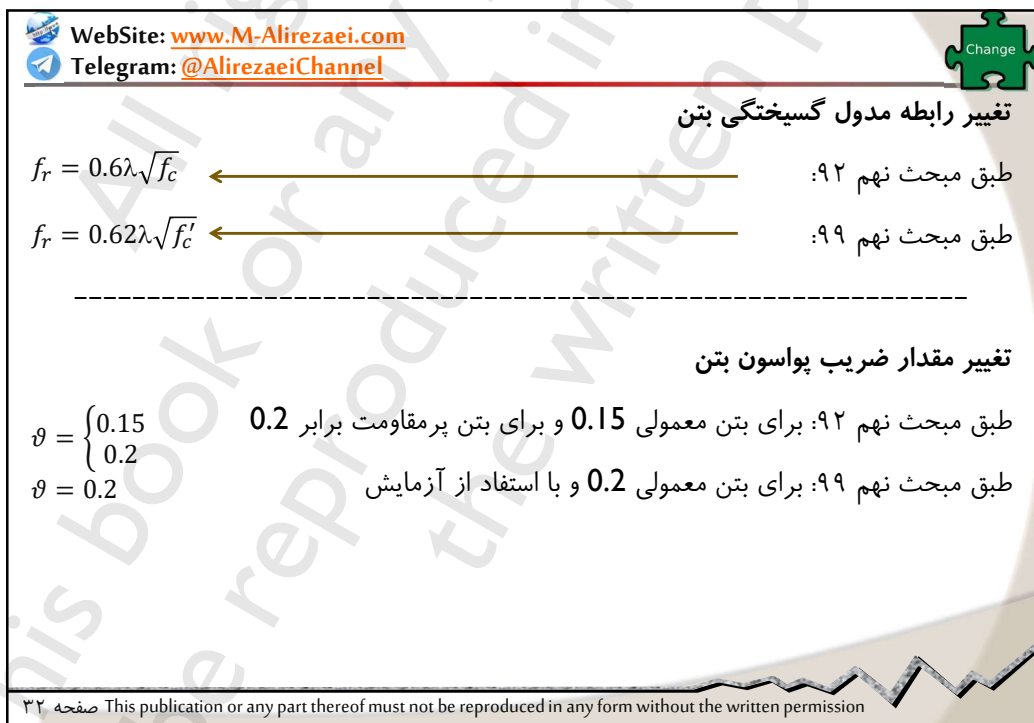
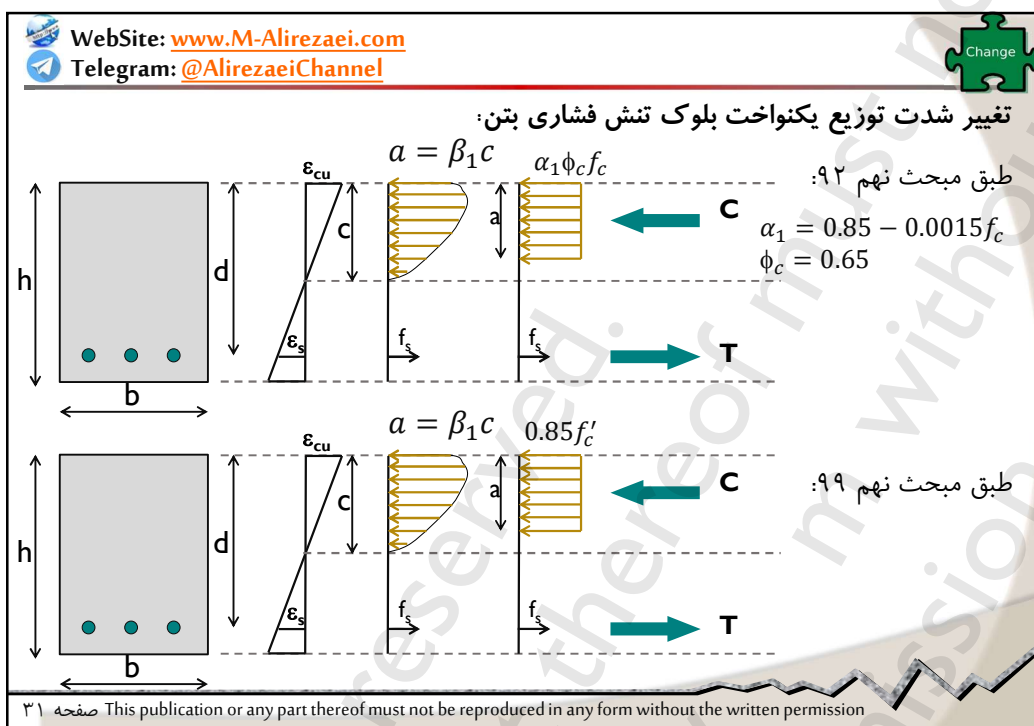
۱) فولاد نرم (S240) که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم مشهود است.

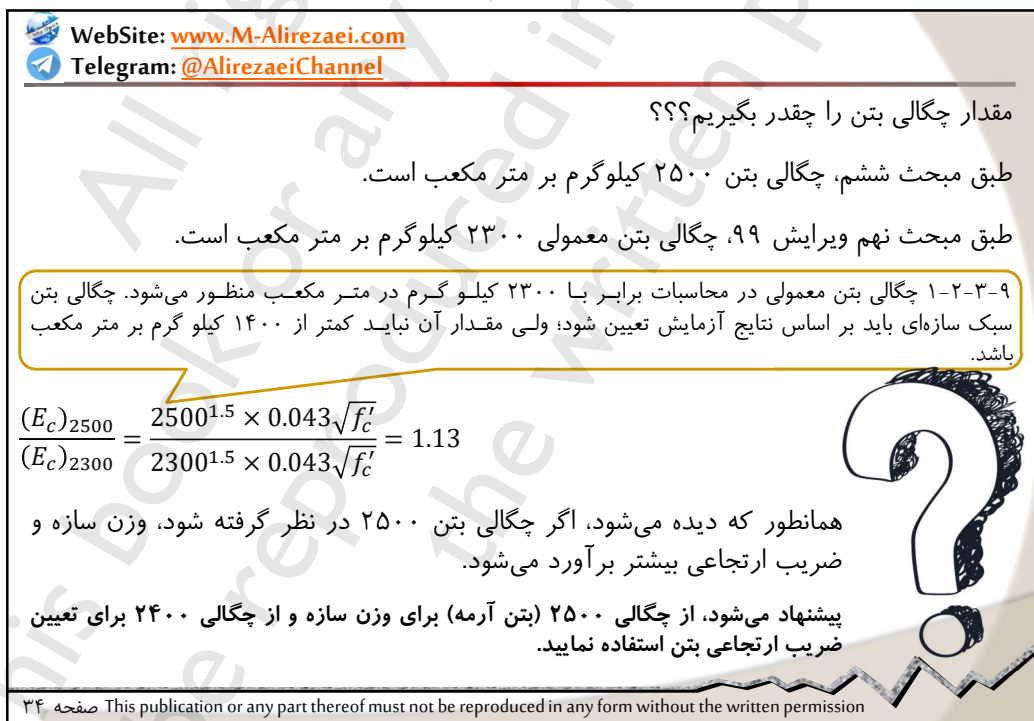
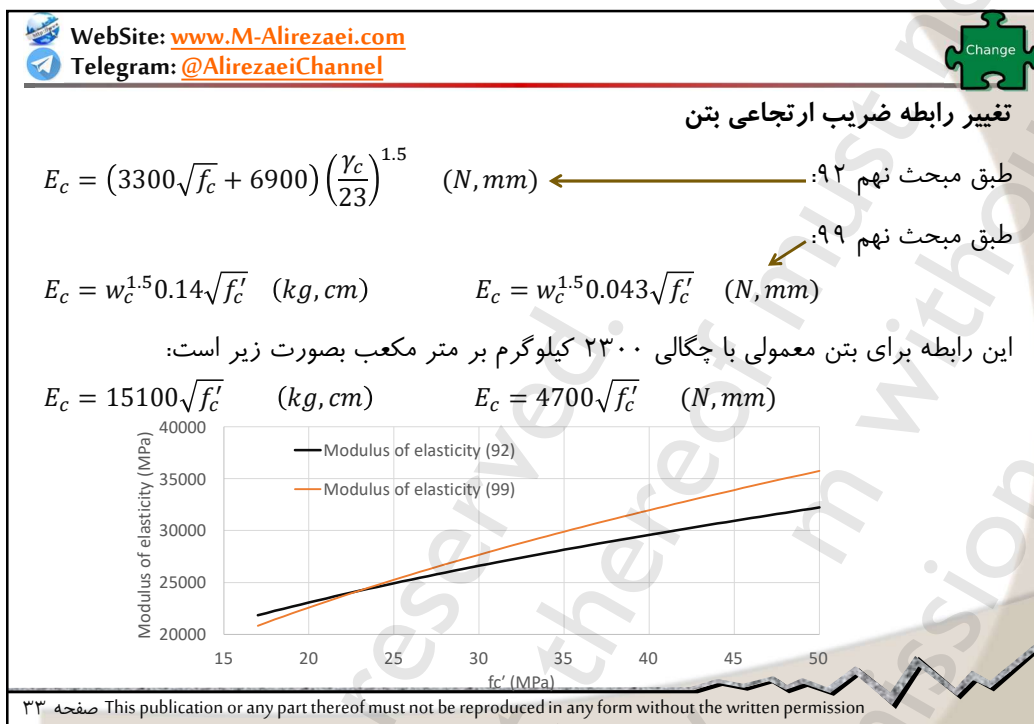
۲) فولاد نیمه سخت (S400 و S340) که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن دارای پله تسلیم بسیار محدود است.

۳) فولاد سخت (S500) که منحنی تنش - تغییر شکل نسبی آن فاقد پله تسلیم است.

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







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

به عنوان مثال برای بتن C30 داریم:

$$E_c = w_c^{1.5} \cdot 0.14 \sqrt{f'_c} = 2400^{1.5} \times 0.14 \sqrt{f'_c} = 285105 \frac{kg}{cm^2}$$

وزن بتن آرمه برای محاسبه وزن اجزای مدل شده

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

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

به عنوان مثال برای بتن با مقاومت ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع داریم:

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

$$E_c = 2400^{1.5} \times 0.14 \sqrt{300} = 285105 \frac{kg}{cm^2}$$

Define menu > Material Properties

چگالی یا وزن مخصوص بتن

مقاومت مشخص بتن

ضریب ارتجاعی بتن

نسبت بواسون بتن

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

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



محدودیت استفاده از میلگرد A4 در سیستم سازه‌ای با شکل‌پذیری ویژه برداشته شده است.

\* طبق اصلاحیه شماره یک مبحث نهم ۹۲ استفاده از میلگردهای A4 با تنش تسلیم ۵۰۰ و ۵۲۰ مگاپاسکال به جز در دیوارهای برشی ویژه و قاب‌های خمشی ویژه، در صورت احراز شرایط (شکل‌پذیری روی ۵ برابر قطر حداقل ۱۶٪ باشد و در تولید آن از شمش با کربن بالا استفاده نشده باشد) مجاز بود.

\* طبق جدول ۴-۴-۹ مبحث نهم ۹۹، استفاده از میلگردهای با تنش تسلیم حداکثر ۵۵۰ مگاپاسکال در قاب‌های لرزه‌ای ویژه (خمشی، نیروی محوری، حرارت، برش) مجاز است.



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

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

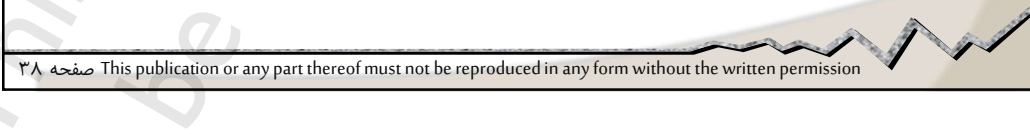


مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۴-۹ در آرماتورهای طولی آجدار در قاب‌های ویژه و دیوارهای لرزه‌ای ویژه و اجزای آنها از جمله دیوار پایه‌ها و تیرهای همبند که تحت اثر لنگر خمشی، نیروی محوری، و یا هر دو به صورت توأم قرار می‌گیرند، باید سه شرط زیر ارضا شوند:

الف- تنش تسلیم اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه از تنش حد تسلیم در محاسبات،  $f_y$  بیش از ۱۲۵ مگاپاسکال فراتر نرود.

ب- نسبت تاب کششی اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه به تنش حد تسلیم اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه از ۱.۲۵ کمتر نباشد.

پ- حداقل درصد ازدیاد طول گسیختگی در طول آزمون ۲۰۰ میلی‌متری برای آرماتورهای به قطر ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر برابر با ۱۴ درصد، برای آرماتورهای به قطر ۲۲ تا ۳۵ میلی‌متر برابر ۱۲ درصد، و برای آرماتورهای به قطر بزرگتر از ۳۵ میلی‌متر و تا ۵۷ میلی‌متر برابر ۱۰ درصد باشد.



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





WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @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 میشود 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 ۴۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

| Bar | Diameter (in) | Diameter (cm) | Area (in <sup>2</sup> ) | Area (cm <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------|---------------|-------------------------|-------------------------|
| #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                   |

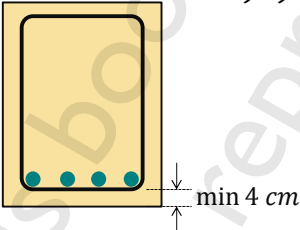
صفحه ۴۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

تغییر مقدار کاور میلگرد

\* طبق ویرایش ۹۲ مبحث نهم، مقدار حداقل کاور میلگردها در شرایط محیطی متوسط برای تیرها و ستونها ۴۵، برای دالها و تیرچه‌ها ۳۰، برای دیوارها و پوسته‌ها ۲۵ و برای شالوده ۵۰ میلیمتر بود.

\* طبق ویرایش ۹۹ مبحث نهم، مقدار حداقل کاور میلگردها برای بتن که در تماس با هوا و یا خاک نیست، برای تیرها، ستونها، ستون پایه‌ها و اعضای کششی ۴۰ میلیمتر و برای دالها، تیرچه‌ها و دیوارها (برای میلگردهای با قطر ۳۴ و کمتر) برابر ۲۰ میلیمتر در نظر گرفته شده است.




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

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

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

| شرایط محیطی سازه بتنی                            | نوع عضو                                       | میلگردها                                              | پوشش روی میلگردها، میلیمتر |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------|
| بتن در تماس دائم با خاک است                      | تمام اعضا                                     | تمام میلگردها                                         | ۷۵                         |
| بتن در تماس با هوا و یا تماس غیردائم با خاک است. | تمام اعضا                                     | میلگردهای به قطر ۱۸ تا ۵۸ میلیمتر                     | ۵۰                         |
|                                                  |                                               | میلگردها و سیم های به قطر ۱۶ میلیمتر و کمتر           | ۴۰                         |
|                                                  | دال ها، تیرچه ها و دیوارها                    | میلگردهای بزرگتر از قطر ۳۶ میلیمتر                    | ۴۰                         |
| بتن در تماس با هوا و یا خاک نیست.                |                                               | میلگردهای قطر ۳۴ میلیمتر و کمتر                       | ۲۰                         |
|                                                  | تیرها، ستون ها، ستون های پایه ها و اعضای کششی | آرماتورهای طولی، خاموت ها، بست ها، دورپیچ ها و تنگ ها | ۴۰                         |

min 4 cm

min 6.25 cm

پوشش خالص

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

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

Define menu > Section Properties > Frame Sections

تعریف مقطع ستون

Longitudinal Bars

Clear Cover for Confinement Bars: 4 cm

Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3

Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 5

Longitudinal Bar Size and Area: 25, 4.91 cm²

Corner Bar Size and Area: 25, 4.91 cm²

Design Type

☐ P-M2-M3 Design (Column)

☒ M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: AIII

Confinement Bars (Ties): AII

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 6.25 cm

Bottom Bars: 6.25 cm

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 0 cm²

Top Bars at J-End: 0 cm²

Bottom Bars at I-End: 0 cm²

Bottom Bars at J-End: 0 cm²

تعریف مقطع تیر

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

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

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: طبق بند ۹-۴-۵-۱ برای گروه میلگردها، ضخامت پوشش بتنی روی آنها، نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر باشد:

الف- قطر معادل گروه میلگردها؛

ب- ۷۵ میلیمتر برای مواردی که بتن بر روی خاک ریخته شده و با آن در تماس دائمی است؛ و ۵۰ میلی متر برای مواردی که بتن در تماس با خاک ریخته نشده است.

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

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

مرحله گام به گام ارزیابی مقاومت بتن ساخته شده:

مبحث نهم ویرایش ۹۲: اگر  $x_1$ ,  $x_2$  و  $x_3$  نتایج سه نمونه برداری متوالی باشند:

گام یک: چنانچه تمام آزمایشها مقاومت بیشتری از مقاومت فشاری مورد نظر در محاسبات داشتند، بتن قابل قبول تلقی می شود.

$$x_{min} = \min(x_1, x_2, x_3) \geq f'_c$$

در صورت عدم تحقق رابطه فوق، گام دوم بررسی می شود.

گام دوم: اگر هر دو رابطه زیر همزمان برقرار باشند، بتن قابل قبول است:

$$x_m = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} \geq f'_c + 1.5 \text{ Mpa}$$

در صورت عدم تحقق به گام سوم بروید.

$$x_{min} \geq f'_c - 4 \text{ MPa}$$

گام سوم: اگر هر دو یا یکی از دو رابطه زیر برقرار باشد، بتن غیرقابل قبول شناخته می شود، در غیراینصورت بتن عدم پذیرش قطعی شناخته می شود:

$$x_{min} < f'_c - 4 \text{ MPa}$$

$$x_m = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3} < f'_c$$

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

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

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۲۲-۱۱-۳ داریم:

الف) نمونه گیری از بتن باید مطابق استاندارد ملی شماره ۱-۳۲۰۱ باشد. ساخت و عمل آوری آزمونه‌های بتنی در کارگاه باید مطابق استاندارد ملی شماره ۵-۳۲۰۵ یا ۲-۱۶۰۸ و آزمایش آنها مطابق استاندارد ۳-۱۶۰۸ یا ۴۸-۶۰۴۸ باشند.

ب) مقاومت فشاری بتن هنگامی قابل قبول است که شرایط (۱) و (۲) زیر برقرار باشند:

- ۱- میانگین مقاومت هر سه نمونه‌ی متوالی برابر یا بیشتر از  $f'_c$  باشد.
- ۲- مقاومت هیچ یک از نمونه‌ها کمتر از  $0.9f'_c$  نباشد.

پ- در مواردی که تنها شرط زیر بند (۱) از بند "ب" بالا برآورده نشود، می‌توان بتن را از نظر سازه‌ای پذیرفت؛ ولی چنانچه شرط زیر بند (۲) از بند "ب" بالا برآورده نشود، باید اقداماتی به عمل آیند تا میانگین نتایج مقاومت در آزمایش‌های بعدی افزایش یابد.

ت- در مواردی که شرط زیر بند (۲) از بند "ب" بالا برآورده نشود، باید الزامات بررسی نتایج بتن کم مقاومت، موضوع بند ۹-۲۲-۱۱-۴ به اجرا گذاشته شوند.

ث- در مواردی که از آزمونه‌های مکعبی به ابعاد ۱۵۰ یا ۱۰۰ میلی‌متر برای تعیین مقاومت فشاری استفاده می‌شود، می‌توان طبق ضوابط ارایه شده در آئین نامه (آبا) این نتایج را به نتایج استوانه‌ای تبدیل نمود.

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

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

Change

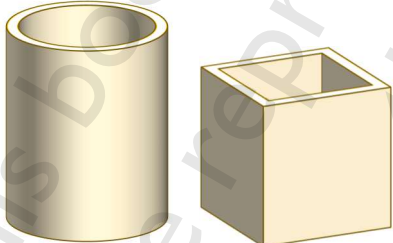
حذف نمونه‌های مکعبی برای بتن در مبحث نهم جدید

مبحث نهم ویرایش ۹۲: نمونه‌گیری از بتن با دو قالب استوانه‌ای و مکعبی انجام می‌شود. در نمونه استوانه‌ای ارتفاع، ۲ برابر قطر است. از نظر آیین‌نامه، نمونه استوانه‌ای ۱۵۰x۳۰۰ mm، استاندارد است.

نمونه‌های استوانه‌ای: ۱۰۰x۲۰۰ – ۱۵۰x۳۰۰ – ۲۰۰x۴۰۰ – ۲۵۰x۵۰۰ – ۳۰۰x۶۰۰

نمونه‌های مکعبی: ۱۰۰ – ۱۵۰ – ۲۰۰ – ۲۵۰ – ۳۰۰

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۳-۳-۱ مقاومت فشاری مشخصه‌ی بتن،  $f'_c$  بر اساس آزمایش‌های ۲۸ روزه بر روی حداقل دو نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۵۰ و ارتفاع ۳۰۰ میلی‌متر یا حداقل سه نمونه‌ی استوانه‌ای به قطر ۱۰۰ و ارتفاع ۲۰۰ میلی‌متر تعیین شود.



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

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

**تبدیل مقاومت بین نمونه‌های مکعبی و استوانه‌ای:**

برای تبدیل مقاومت نمونه‌های استوانه‌ای به یکدیگر از جدول زیر استفاده می‌شود:

| a×2a           | 100×200 | 150×300 | 200×400 | 250×500 | 300×600 |
|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| r <sub>1</sub> | 1.02    | 1.0     | 0.97    | 0.95    | 0.91    |

برای تبدیل مقاومت نمونه‌های مکعبی به یکدیگر نیز از جدول زیر استفاده می‌شود:

| b              | 100  | 150 | 200 | 250  | 300 |
|----------------|------|-----|-----|------|-----|
| r <sub>2</sub> | 1.05 | 1.0 | 1.0 | 0.95 | 0.9 |

برای تبدیل مقاومت نمونه‌های مکعبی به بعد 200 mm به نمونه‌های استوانه‌ای استاندارد، از جدول زیر استفاده می‌شود:

|                               |      |     |      |      |      |      |     |
|-------------------------------|------|-----|------|------|------|------|-----|
| مقاومت نمونه مکعبی (MPa)      | ≤25  | 30  | 35   | 40   | 45   | 50   | 55  |
| r <sub>3</sub>                | 1.25 | 1.2 | 1.17 | 1.14 | 1.13 | 1.11 | 1.1 |
| مقاومت نمونه استوانه‌ای (MPa) | 1.25 | 25  | 30   | 35   | 40   | 45   | 50  |

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

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

**برای تبدیل مقاومت نمونه بتنی از روند زیر استفاده می‌شود:**

- نمونه استوانه‌ای غیر استاندارد
- نمونه استوانه‌ای استاندارد 150x300
- نمونه مکعبی با بعد 200
- نمونه مکعبی با بعد دلخواه

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



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

مثال) در صورتی که مقاومت فشاری ۲۸ روزه یک نمونه مکعبی به ابعاد ۳۰۰ میلیمتر برابر ۲۷ MPa باشد، مقاومت ۲۸ روزه نظیر یک نمونه استوانه‌ای ۲۵۰×۵۰۰ چقدر است؟

(۱) ابتدا نمونه مکعبی غیراستاندارد را به استاندارد تبدیل میکنیم. با استفاده از ضریب  $r_2$  داریم:

$$\frac{27}{0.90} = 30 \text{ MPa}$$

مقاومت نمونه مکعبی به بعد ۲۰۰ میلیمتر

(۲) تبدیل مقاومت مکعبی استاندارد ۲۰۰ به استوانه‌ای استاندارد: با استفاده از جدول برای مقاومت ۳۰ مگاپاسکال نمونه مکعبی، مقدار مقاومت استوانه‌ای استاندارد برابر ۲۵ مگاپاسکال است.

(۳) تبدیل مقاومت استوانه‌ای استاندارد به نمونه استوانه‌ای ۲۵۰×۵۰۰: با استفاده از ضریب  $r_1$  داریم:

$$23.75 \text{ MPa} = 0.95 \times 25 = \text{مقاومت نمونه استوانه‌ای } 250 \times 500$$

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

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

مثال) در صورتی که مقاومت فشاری ۲۸ روزه یک نمونه استوانه‌ای استاندارد ۳۵ مگاپاسکال است. مقاومت فشاری نمونه مکعبی به ابعاد ۲۵۰ میلیمتر چقدر است؟

(۱) ابتدا نمونه استوانه‌ای استاندارد را به مکعبی با بعد ۲۰۰ تبدیل میکنیم. با استفاده از ضریب  $r_3$  یا جدول مربوطه، مقدار مقاومت نمونه مکعبی با بعد ۲۰۰ برابر ۴۰ مگاپاسکال خواهد شد.

(۲) تبدیل مقاومت مکعبی استاندارد ۲۰۰ به مکعبی با بعد ۲۵۰ میلیمتر: با استفاده از ضریب  $r_2$  داریم:

$$38 \text{ MPa} = 0.95 \times 40 = \text{مقاومت نمونه مکعبی به بعد } 250 \text{ میلیمتر}$$

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

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

حذف تاثیر نوع سیمان بر مقاومت فشاری بتن در ویرایش جدید

مبحث نهم ویرایش ۹۲: سیمان نوع ۱ در سن ۲۸ روز به عنوان مبنا قرار می گیرد:

| نوع سیمان     | مقاومت فشاری |        |         |         |
|---------------|--------------|--------|---------|---------|
|               | ۱ روزه       | ۷ روزه | ۲۸ روزه | ۹۰ روزه |
| سیمان نوع I   | 0.3          | 0.66   | 1.0     | 1.2     |
| سیمان نوع II  | 0.23         | 0.56   | 0.9     | 1.2     |
| سیمان نوع III | 0.57         | 0.79   | 1.1     | 1.2     |
| سیمان نوع IV  | 0.17         | 0.43   | 0.75    | 1.2     |
| سیمان نوع V   | 0.2          | 0.5    | 0.85    | 1.2     |

مثلاً با استفاده از جدول فوق، مقاومت ۷ روزه بتن ساخته شده از سیمان نوع ۲ حدود 0.56 برابر مقاومت ۲۸ روزه بتن با سیمان نوع ۱ در سن ۲۸ روز است.

مقاومت ۹۰ روزه بتن برای تمام بتن‌ها 1.2 برابر مقاومت بتن با سیمان نوع یک است.

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

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

مثال) مقاومت ۷ روزه بتن ساخته شده با سیمان نوع ۲، حدوداً چند برابر مقاومت ۷ روزه بتن ساخته شده با سیمان نوع پنج است؟

$$= \frac{0.56}{0.5} = 1.12$$

مثال) مقاومت فشاری ۲۸ روزه یک نمونه با سیمان نوع ۲ برابر ۲۵ مگاپاسکال است. اگر بخواهیم پس از گذشت یک روز از زمان بتن ریزی به مقاومت ۱۵ مگاپاسکال برسیم، باید از چه نوع سیمانی استفاده شود؟

$$= \frac{25}{0.9} = 27.7$$

ابتدا به مقاومت سیمان نوع ۱ تبدیل میشود:

حال اگر از سیمان نوع ۳ استفاده شود، برای یک روزه داریم:

$$27.7 \times 0.57 = 15.8 > 15 \text{ MPa} \quad \text{Ok}$$

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



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



### تواتر نمونه برداری از میلگرد مصرفی (تفاوت خاصی ایجاد نشده)

مبحث نهم ویرایش ۹۲: طبق بند ۹-۱۰-۷-۱ تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشد که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آن‌ها معرف کیفیت کل آرماتور مصرفی و حداقل به میزان ذکر شده در سه بند زیر باشند:

الف) به ازای هر ۵۰ تن وزن میلگرد و کسر آن یک سری نمونه

ب) از هر قطر یک سری نمونه

پ) از هر نوع فولاد یک سری نمونه

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۱۲-۲۲-۱-۱ تعداد و تواتر نمونه‌ها باید به گونه‌ای باشند که نتایج آزمایش‌های انجام شده بر روی آن‌ها معرف کیفیت کل آرماتورها باشند. هر سری نمونه‌ای آزمایشی تعداد ۵ آزمون را در بر می‌گیرد. تواتر نمونه برداری حداقل برابر مقادیری است که در بندهای (الف) تا (پ) زیر آورده شده‌اند:

الف- به ازای هر ۵۰۰ کیلو نیوتن وزن و کسر آن یک سری،

ب- از هر قطر یک سری،

پ- از هر نوع فولاد یک سری

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



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



### مشخصات هندسی میلگردها (تفاوتی وجود ندارد)

مبحث نهم ویرایش ۹۲: قطر اسمی میلگردهای ساده یا آجدار، از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$d_b = 2 \sqrt{\frac{M}{0.00785\pi L}}$$

که L طول یک قطعه میلگرد، بر حسب میلیمتر و M جرم یک قطعه میلگرد بر حسب گرم است

جدول ۹-۱۰-۲ ضوابط و الزامات قطرهای: اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

| میلگردهای S۴۰۰ (با آج دوگانه)                                                  |                                    |                                   | میلگردهای S۴۰۰ و S۴۰۰ (با آج یکنواخت) |                                    |                                   | میلگردهای S۴۰۰ (با آج دوگانه)         |                                    |                                   | قطر اسمی<br>میلگردهای<br>S۴۰۰<br>(mm)(d <sub>s</sub> ) |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|
| قطر خارجی در<br>بلندترین نقطه آج<br>عرضی و یا آج<br>طولی (mm)(d <sub>e</sub> ) | قطر زمینه<br>(mm)(d <sub>g</sub> ) | قطر اسمی<br>(mm)(d <sub>s</sub> ) | قطر خارجی<br>(mm)(d <sub>e</sub> )    | قطر زمینه<br>(mm)(d <sub>g</sub> ) | قطر اسمی<br>(mm)(d <sub>s</sub> ) | حداکثر ارتفاع<br>برجستگی<br>طولی (mm) | قطر زمینه<br>(mm)(d <sub>g</sub> ) | قطر اسمی<br>(mm)(d <sub>s</sub> ) | قطر اسمی<br>(mm)(d <sub>s</sub> )                      |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۶/۷۵                                  | ۵/۷۵                               | ۶                                 | -/۶                                   | ۵/۷۰                               | ۶                                 | ۶                                                      |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۹/۰۰                                  | ۷/۵۰                               | ۸                                 | -/۸                                   | ۷/۶۰                               | ۸                                 | ۸                                                      |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۱۱/۳۰                                 | ۹/۳۰                               | ۱۰                                | ۱/۰                                   | ۹/۵۰                               | ۱۰                                | ۱۰                                                     |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۱۳/۵۰                                 | ۱۱/۰۰                              | ۱۲                                | ۱/۲                                   | ۱۱/۴۰                              | ۱۲                                | ۱۲                                                     |
| ۱۵/۷۰                                                                          | ۱۳/۳۰                              | ۱۴                                | ۱۵/۵۰                                 | ۱۳/۰۰                              | ۱۴                                | ۱/۴                                   | ۱۳/۴۰                              | ۱۴                                | ۱۴                                                     |
| ۱۸/۲۰                                                                          | ۱۵/۳۰                              | ۱۶                                | ۱۸/۰۰                                 | ۱۵/۰۰                              | ۱۶                                | ۱/۶                                   | ۱۵/۳۰                              | ۱۶                                | ۱۶                                                     |
| ۲۰/۳۰                                                                          | ۱۷/۳۰                              | ۱۸                                | ۲۰/۰۰                                 | ۱۷/۰۰                              | ۱۸                                | ۱/۸                                   | ۱۷/۳۰                              | ۱۸                                | ۱۸                                                     |
| ۲۲/۴۰                                                                          | ۱۹/۳۰                              | ۲۰                                | ۲۲/۰۰                                 | ۱۹/۰۰                              | ۲۰                                | ۲/۰                                   | ۱۹/۲۰                              | ۲۰                                | ۲۰                                                     |
| ۲۴/۴۰                                                                          | ۲۱/۳۰                              | ۲۲                                | ۲۴/۰۰                                 | ۲۱/۰۰                              | ۲۲                                | ۲/۲                                   | ۲۱/۲۰                              | ۲۲                                | ۲۲                                                     |
| ۲۷/۲۰                                                                          | ۲۴/۳۰                              | ۲۵                                | ۲۷/۰۰                                 | ۲۴/۰۰                              | ۲۵                                | ۲/۵                                   | ۲۴/۰۰                              | ۲۵                                | ۲۵                                                     |
| ۳۰/۸۰                                                                          | ۲۶/۸۰                              | ۲۸                                | ۳۰/۵۰                                 | ۲۶/۵۰                              | ۲۸                                | ۲/۸                                   | ۲۶/۹۰                              | ۲۸                                | ۲۸                                                     |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۳۴/۵۰                                 | ۳۰/۵۰                              | ۳۲                                | ۳/۲                                   | ۳۰/۸۸                              | ۳۲                                | ۳۲                                                     |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۳۹/۵۰                                 | ۳۴/۵۰                              | ۳۶                                | ۳/۶                                   | ۳۴/۸۰                              | ۳۶                                | ۳۶                                                     |
| -                                                                              | -                                  | -                                 | ۴۳/۵۰                                 | ۳۸/۵۰                              | ۴۰                                | ۴/۰                                   | ۳۸/۵۰                              | ۴۰                                | ۴۰                                                     |

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

مبحث نهم ویرایش ۹۹: ۹-۲۲-۱۲-۲ الزامات قطر اسمی انواع میلگردهای ساده و آجدار، قطر زمینه میلگردهای آجدار بدون در نظر گرفتن آج آنها،  $d_1$  و قطر خارجی میلگردهای آجدار با احتساب کامل آج آنها،  $d_2$  بر اساس استاندارد مطابق جدول ۹-۲۲-۷ می‌باشند.

جدول ۹-۲۲-۷ ضوابط و الزامات قطره‌های اسمی، زمینه و خارجی انواع میلگردها

[illegible]

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



### ضوابط پذیرش میلگردها

مبحث نهم ویرایش ۹۲: میلگردها زمانی از نظر مکانیکی قابل قبول هستند که یکی از شرایط (۱) یا (۲) و بطور همزمان همه شرایط بندهای (۳) تا (۵) را برآورده نمایند.

شرط ۱) در تمامی ۵ آزمون میلگرد انتخابی باید رابطه زیر برقرار باشد:

$$(f_{y,obs})_i \geq f_{yk} \quad i = 1 \dots 5 \quad (1)$$

مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی یا همان تنش تسلیم طراحی (Mpa).

تنش تسلیمی که در آزمایش کشش بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً بدست آمده است (Mpa).

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

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

شرط (۲) در صورتی که تمام یا بخشی از شرط (۱) برآورده نشود، ۵ آزمون دیگر انتخاب شده و نتایج ۱۰ آزمون مذکور در شرط (۱) و (۲) باید در رابطه (۲) صدق کند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_{yk} + 0.6s \quad (2)$$

انحراف معیار برای آزمون‌های میلگرد.

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i]^2}{9}} \quad (4)$$

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

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

شرط (۳) در هر یک از آزمون‌های مذکور در شرط (۱) و (۲) باید تمامی روابط زیر برقرار باشد:

$$f_{su} \geq 1.18(f_{y,obs})_i \quad (5)$$

تنش نهایی طراحی (Mpa).

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25f_{yk} \quad (6)$$

$$|(f_{y,obs})_i - f_{yk}| \leq 125 \text{ MPa} \quad (7)$$

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25(f_{y,obs})_i \quad (8)$$

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

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

شرط ۴) به عنوان ضابطه شکل پذیری، کرنش دو طول معیار، یکی به طول ۱۰ برابر و دیگری به طول ۵ برابر قطر میلگرد باید حداقل برابر مقادیر مندرج در جدول زیر باشد:

حداقل مجاز ازدیاد طول نسبی میلگردهای فولادی در آزمایش کشش

| S500 | S400 | S340 | S240 |                                  |
|------|------|------|------|----------------------------------|
| 0.08 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | حداقل مقدار مجاز $\epsilon_{10}$ |
| 0.1  | 0.16 | 0.18 | 0.25 | حداقل مقدار مجاز $\epsilon_5$    |

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۱

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

شرط ۵) به عنوان ضابطه شکل پذیری، میلگردها باید با مشخصات و اندازه‌های مندرج در جدول زیر، تحت آزمون خمش قرار گیرند.

زاویه خمش و نسبت قطر خمش به قطر اسمی میلگردها در آزمایش خمش

| نسبت قطر فک خمش<br>به قطر اسمی میلگرد | زاویه خمش (درجه) |         | رده  |
|---------------------------------------|------------------|---------|------|
|                                       | خمش مجدد         | خمش سرد |      |
| 2                                     | 90               | 180     | S240 |
| 3                                     | 90               | 180     | S340 |
| 5                                     | 90               | 180     | S400 |
| 6                                     | 90               | 90      | S500 |

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد. آزمون خمش سرد بر روی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵ سانتیمتر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچ گونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌شود. در آزمون خمش مجدد، نمونه‌های آزمون که مشابه نمونه‌های خمش سرد است به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت به میزان ۲۰ درجه بر می‌گردانند. میلگرد زمانی از نظر هریک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌شود که پس از خمش، هیچ گونه ترک شکستگی یا سایر عیوب (مطابق استانداردهای ملی مربوطه) در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۲



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

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۲۲-۱۲-۳: مقاومت آرماتورها

الف) مقاومت تسلیم مشخصه‌ی آرماتور،  $f_y$  و مقاومت گسیختگی مشخصه‌ی آن،  $f_{su}$  در صورتی قابل قبول هستند که نتایج آزمایش‌ها ضوابط (ب) و (پ) زیر را تامین نمایند.

ب) مقاومت تسلیم هر یک از ۵ آزمون بزرگتر یا مساوی مقاومت مشخصه‌ی تسلیم باشد.

$$(f_{y,obs})_i \geq f_y \quad i = 1 \dots 5 \quad (1)$$

مقاومت مشخصه میلگردهای فولادی یا همان تنش تسلیم طراحی (Mpa).

تنش تسلیمی که در آزمایش کشش بر روی میلگردهای مصرفی مورد نظر عملاً بدست آمده است (Mpa).

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۳

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

چنان چه تمام یا قسمتی از رابطه‌ی فوق تامین نشوند، باید یک سری نمونه‌ی دیگر انتخاب و نتایج ۱۰ آزمون‌ی این دو سری رابطه‌ی زیر را تامین نمایند:

$$f_{y,obs,m} \geq f_{yk} + 0.6s \quad (2)$$

انحراف معیار برای آزمون‌های میلگرد.

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (3)$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} [(f_{y,obs,m}) - (f_{y,obs})_i]^2}{9}} \quad (4)$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۴

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

در هر یک از دو حالت مذکور در بند "ب" فوق، باید تمامی روابط زیر برقرار باشند:

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25f_y \quad (5)$$

$$|(f_{y,obs})_i - f_{yk}| \leq 125 \text{ MPa} \quad (6)$$

$$(f_{su,obs})_i \geq 1.25(f_{y,obs})_i \quad (7)$$

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

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

۲-۳-۱۲-۲۲-۹ کرنش گسیختگی آرماتورها، به عنوان ضابطه‌ی شکل پذیری آنها، در دو طول آزمون A5 و A10، به ترتیب مساوی ۱۰ و ۵ برابر قطر آرماتور،  $\epsilon_{10}$  و  $\epsilon_5$  باید حداقل برابر با مقادیر مندرج در جدول ۸-۲۲-۹ باشد. برای آرماتورهای طولی واقع در قاب‌ها و یا دیوارهای ویژه ضوابط بند ۹-۴-۹ (پ) باید برآورده شود.

جدول ۸-۲۲-۹ حداقل کرنش گسیختگی آرماتورها در آزمایش کشش

| S500 | S400 | S340 | S240 |                                  |
|------|------|------|------|----------------------------------|
| 0.08 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | حداقل مقدار مجاز $\epsilon_{10}$ |
| 0.1  | 0.16 | 0.18 | 0.25 | حداقل مقدار مجاز $\epsilon_5$    |

۹-۴-۹-۲: حداقل درصد ازدیاد طول گسیختگی در طول آزمون ۲۰۰ میلی‌متری برای آرماتورهای به قطر ۱۰ تا ۲۰ میلیمتر برابر با ۱۴ درصد، برای آرماتورهای به قطر ۲۲ تا ۳۵ میلی‌متر برابر ۱۲ درصد، و برای آرماتورهای به قطر بزرگتر از ۳۵ میلی‌متر و تا ۵۷ میلی‌متر برابر ۱۰ درصد باشد.

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

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

۹-۲۲-۱۲-۳-۳ آزمایش خم کردن آرماتور

الف- آزمایش خم کردن آرماتورها به عنوان ضابطه‌ی دیگری برای شکل پذیری انجام می‌شود؛ و در آن، آرماتورها به دور یک فک خمشی به اندازه‌ی زاویه‌ای خاص خم می‌شوند. در این آزمون دررویه‌ی خارجی آرماتور نباید هیچ گونه ترک، شکستگی، یا عیب دیگری مشاهده شود.

| رده  | زاویه خم (درجه) |         | نسبت قطر فک خمش<br>به قطر اسمی میلگرد |
|------|-----------------|---------|---------------------------------------|
|      | خم سرد          | خم مجدد |                                       |
| S240 | 180             | 90      | 2                                     |
| S340 | 180             | 90      | 3                                     |
| S400 | 180             | 90      | 5                                     |
| S500 | 90              | 90      | 5                                     |

آزمون خمش به دو صورت خمش سرد و خمش مجدد صورت می‌گیرد. آزمون خمش سرد بر روی نمونه‌هایی با طول حداقل ۲۵ سانتیمتر که مستقیماً از خط تولید به دست آمده و هیچ گونه عملیات مکانیکی (از جمله تراشکاری) بر روی آن اعمال نشده است انجام می‌شود. در آزمون خمش مجدد، نمونه‌های آزمون که مشابه نمونه‌های خمش سرد است به میزان ۹۰ درجه در دمای محیط خم و سپس نمونه به مدت حداقل نیم ساعت تا دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس گرم می‌شود. پس از آنکه نمونه سرد شده و به دمای محیط رسید آن را با نیروی پیوسته و یکنواخت به میزان ۲۰ درجه بر می‌گردانند. میلگرد زمانی از نظر هریک از آزمون‌های خمش قابل قبول تلقی می‌شود که پس از خمش، هیچ گونه ترک شکستگی، یا سایر عیب (مطابق استانداردهای ملی مربوطه) در آن ایجاد نگردد و مشاهده نشود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۷

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

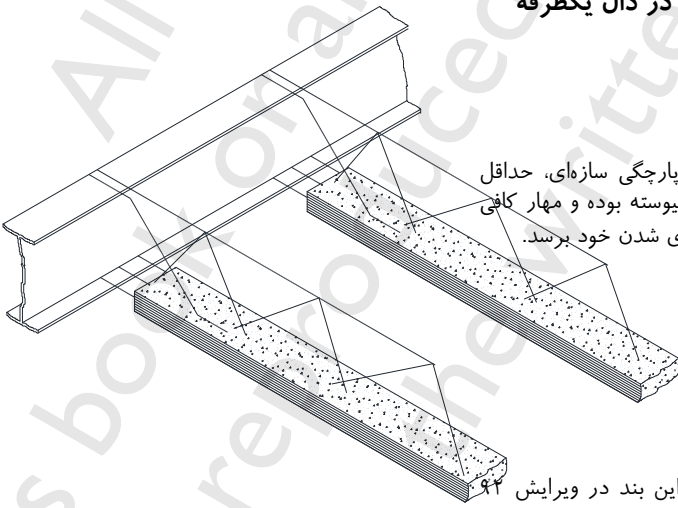
Change

لزوم مهار میلگرد پایینی تیرچه در دال یکطرفه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۹-۱۱-۷ سیستم تیرچه‌ی یکطرفه

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



ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ نحوه اتصال تیرچه به تیر اصلی وجود ندارد.

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

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

حذف دیوار برشی با شکل پذیری متوسط

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۲-۱-۲-۲۰-۹ سیستم‌های سازه‌ای که به عنوان بخشی از سیستم باربر جانبی در نظر گرفته می‌شوند، باید یکی از سیستم‌های توصیه شده در مقررات ملی ساختمان باشند. در این سیستم‌ها باید ضوابط عنوان شده در جدول ۱-۲۰-۹ رعایت شوند.

جدول ۱-۲۰-۹ ضوابط مربوط به سطوح شکل پذیری سیستم‌های بتن آرمه

| سطوح شکل پذیری |            |             | نوع سیستم        |
|----------------|------------|-------------|------------------|
| زیاد (ویژه)    | متوسط      | کم (معمولی) |                  |
| بند ۶-۲۰-۹     | بند ۵-۲۰-۹ | بند ۴-۲۰-۹  | قاب های خمشی     |
| بند ۷-۲۰-۹     | -          | بند ۴-۲۰-۹  | دیوارهای سازه‌ای |
| بند ۸-۲۰-۹     | بند ۸-۲۰-۹ | -           | دیافراگم و خرپا  |
|                | بند ۹-۲۰-۹ |             | شالوده           |

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: دیوار برشی متوسط وجود داشت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۶۹

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

حداقل ضوابط آرماتورهای عرضی تیر در قاب با شکل پذیری متوسط و ویژه

\* ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

حداقل قطر خاموت ۸ میلیمتر

$s \leq d/2$

$s \leq \begin{cases} d/4 & \text{آرماتور طولی با } F_y \leq 420 \text{ MPa} \\ 6d_b & \text{آرماتور طولی با } F_y = 520 \text{ MPa} \\ 5d_b & \text{آرماتور طولی با } F_y = 520 \text{ MPa} \end{cases}$

شکل پذیری ویژه

$s \leq \begin{cases} d/4 & \text{آرماتور طولی} \\ 8d_b & \text{آرماتور عرضی} \end{cases}$

شکل پذیری متوسط

$s \leq \begin{cases} d/4 & \text{آرماتور طولی} \\ 8d_b & \text{آرماتور خاموت} \end{cases}$

شکل پذیری متوسط و ویژه

\* ویرایش ۹۲ مبحث نهم

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۷۰

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

Change

### حداقل ضوابط آرماتورهای عرضی ستون در قاب با شکل پذیری متوسط

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

اگر قطر آرماتور طولی کمتر مساوی ۳۲ باشد  $\emptyset 10$   
اگر قطر آرماتور طولی بیشتر مساوی ۳۴ باشد  $\emptyset 12$

حداقل قطر آرماتور عرضی ستون =  $\begin{cases} \max(C_1 \text{ or } C_2) \\ \frac{1}{6} l_n \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$

$l_0 > \begin{cases} \max(C_1 \text{ or } C_2) \\ \frac{1}{6} l_n \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$

$s \leq \begin{cases} V_s \leq 0.33\sqrt{f'_c}b_wd \rightarrow \min \begin{cases} d/2 \\ 60 \text{ cm} \end{cases} \\ V_s > 0.33\sqrt{f'_c}b_wd \rightarrow \min \begin{cases} d/4 \\ 30 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$

$s_0 \leq \begin{cases} \min(\frac{C_1}{2} \text{ or } \frac{C_2}{2}) \\ F_y \leq 420 \text{ Mpa} \begin{cases} 8d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 20 \text{ cm} \end{cases} \\ F_y \geq 520 \text{ Mpa} \begin{cases} 6d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 15 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$

$\leq \frac{s_0}{2}$

$l_0$

$C_1$   $C_2$

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

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

Change

### حداقل ضوابط آرماتورهای عرضی ستون در قاب با شکل پذیری متوسط (ادامه)

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

حداقل قطر آرماتور عرضی ستون برابر ۸ میلیمتر یا یک سوم قطر میلگرد طولی ستون

$l_0 > \begin{cases} \max(C_1 \text{ or } C_2) \\ \frac{1}{6} l_n \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$

$s \leq \begin{cases} \min(C_1 \text{ or } C_2) \\ 12d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 36d_b \text{ خاموت آرماتور} \\ 25 \text{ cm} \end{cases}$

$s_0 \leq \begin{cases} \min(\frac{C_1}{2} \text{ or } \frac{C_2}{2}) \\ 8d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 24d_b \text{ خاموت آرماتور} \\ 30 \text{ cm} \end{cases}$

$\leq \frac{s_0}{2}$

$l_0$

$C_1$   $C_2$

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

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

Change

### حداقل ضوابط آرماتورهای عرضی ستون در قاب با شکل پذیری ویژه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

اگر قطر آرماتور طولی کمتر مساوی ۳۲ باشد  $\emptyset 10$   
اگر قطر آرماتور طولی بیشتر مساوی ۳۴ باشد  $\emptyset 12$

حداقل قطر آرماتور عرضی ستون =  $\max(C_1 \text{ or } C_2)$

$l_0 > \begin{cases} \frac{1}{6} l_n \\ 45 \text{ cm} \end{cases} \quad s \leq \begin{cases} F_y \leq 420 \text{ Mpa} \begin{cases} 6d_b \\ 15 \text{ cm} \end{cases} \\ F_y = 520 \text{ Mpa} \begin{cases} 5d_b \\ 15 \text{ cm} \end{cases} \end{cases}$

$s_0 \leq \frac{s_0}{2}$

$s \leq \begin{cases} \min\left(\frac{C_1}{4} \text{ or } \frac{C_2}{4}\right) \\ F_y \leq 420 \text{ Mpa} \rightarrow \text{کوچکترین آرماتور طولی } 6d_b \\ F_y = 520 \text{ Mpa} \rightarrow \text{کوچکترین آرماتور طولی } 5d_b \end{cases}$

$10 \text{ cm} \leq s_0 = 10 + \left(\frac{35 - h_x}{3}\right) \leq 15 \text{ cm}$

$h_x = \text{maximum}(x_i)$

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

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

Change

### حداقل ضوابط آرماتورهای عرضی ستون در قاب با شکل پذیری ویژه (ادامه)

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

حداقل قطر آرماتور عرضی ستون برابر ۸ میلیمتر یا یک سوم قطر میلگرد طولی ستون

$l_0 > \begin{cases} \max(C_1 \text{ or } C_2) \\ \frac{1}{6} l_n \\ 45 \text{ cm} \end{cases} \quad s \leq \begin{cases} \min\left(\frac{C_1}{2} \text{ or } \frac{C_2}{2}\right) \\ 6d_b \text{ آرماتور طولی } 20 \text{ cm} \end{cases}$

$s \leq \begin{cases} \min\left(\frac{C_1}{4} \text{ or } \frac{C_2}{4}\right) \\ 6d_b \text{ کوچکترین آرماتور طولی } 12.5 \text{ cm} \end{cases}$

$s_0 \leq \frac{s_0}{2}$

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



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

Change

### فاصله آرماتور عرضی در ناحیه چشمه اتصال قاب خمشی متوسط

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

مقدار آرماتور عرضی نباید کمتر از دو سوم مقدار آرماتور عرضی در ناحیه  $L_0$  ستون باشد. همچنین فاصله سفره‌های این آرماتورها از یکدیگر نباید بیشتر از یک و نیم برابر فاصله سفره‌های نظیر در ناحیه  $L_0$  اختیار شود.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

$$s \leq \begin{cases} \min\left(\frac{c_1}{2} \text{ or } \frac{c_2}{2}\right) \\ F_y \leq 420 \text{ Mpa} \begin{cases} 8d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 20\text{cm} \end{cases} \\ F_y \geq 520 \text{ Mpa} \begin{cases} 6d_b \text{ طولی آرماتور} \\ 15\text{cm} \end{cases} \end{cases}$$

مشابه ناحیه بحرانی ستون

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

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

Change

### محل وصله آرماتور طولی ستون قاب خمشی متوسط

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: هیچ توصیه‌ای در این زمینه ندارد.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۲۰-۵-۳-۲، محل وصله آرماتورهای طولی ستون باید در خارج از ناحیه اتصال تیر به ستون باشد.

قاب خمشی با شکل پذیری متوسط

وصله آرماتور طولی

**No Lap Splices**

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

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

Change

### الزام خم میلگرد طولی ستون در پی به سمت مرکز ستون در قاب ویژه و متوسط

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: هیچ توصیه‌ای در این زمینه ندارد.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: طبق بند ۹-۲۰-۹-۳، در ستون‌هایی که برای اتصال گیردار به شالوده طراحی شده‌اند، در صورت نیاز به مهار قلابدار، انتهای آرماتورهای طولی تعبیه شده برای تحمل خمش باید دارای قلاب‌های با خم ۹۰ درجه رو بطرف مرکز ستون در نزدیک قسمت تحتانی شالوده باشند.

ستون

ستون

فونداسیون

درست

نادرست

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

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

Change

### الزام امتداد آرماتورهای عرضی ستون گوشه در شالوده و در قاب ویژه و متوسط

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: طبق بند ۹-۲۳-۳-۲-۷، در محل اتصال ستون به شالوده، آرماتور طولی ستون که به داخل شالوده برده شده است باید در طول حداقل برابر با ۳۰۰ میلیمتر با آرماتور عرضی تقویت گردد.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: طبق بند ۹-۲۰-۹-۴، در ستون‌ها یا اجزاء لبه دیوارهای سازه‌ای ویژه که فاصله لبه آنها از لبه شالوده از نصف ضخامت شالوده کمتر باشد، باید از آرماتورهای عرضی مطابق با ناحیه ۱ا ستون، در قسمت شالوده استفاده شود. این آرماتورها باید از روی شالوده به اندازه طول مهار آرماتورهای طولی ستون و یا جزء لبه دیوار برشی ویژه که برای تنش  $f_y$  محاسبه شده است، در درون شالوده ادامه یابد. همچنین برای بقیه ستون‌ها به اندازه ۳۰ سانتیمتر آرماتور عرضی در شالوده لحاظ شود.

باید از آرماتورهای عرضی مطابق با ناحیه ۱ا ستون، در قسمت شالوده استفاده شود.

30cm

$\leq \frac{h}{2}$

$> \frac{h}{2}$

$h$

$h$

$l_d \geq 30 l_{dn}$

$l_d \geq 30 l_{dn}$

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



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



### تغییر الزامات طول گیرایی آرماتور در کشش

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

$$l_d = \left[ \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \times \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b > 30 \text{ cm}$$

مقدار  $\psi_t$  (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  $\psi_e$  یا ضریب اندود میلگرد، برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ی اپوکسی و روی، با پوشش بتن کمتر از سه برابر قطر میلگرد، و یا فاصله‌ی آزاد بین میلگردها کمتر از شش برابر قطر میلگرد برابر ۱.۵، برای سایر میلگردهایی که با ماده اپوکسی اندود شده‌اند برابر ۱.۲ و برای میلگردهایی که اندود اپوکسی نشده‌اند برابر یک است.

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

مقدار  $\psi_g$  یا ضریب رده میلگرد برای میلگردهای S500 و S520 برابر ۱.۱۵ و برای سایر میلگردها برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۷۹



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



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

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

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. همچنین  $c_b$  کوچکترین فاصله‌ی مرکز میلگرد یا سیمی که مهار می‌شود تا نزدیکترین رویه‌ی بتن، و یا نصف فاصله‌ی مرکز تا مرکز میلگردها و یا سیم‌هایی که مهار می‌شوند، است.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

$$l_d = \left[ \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c + k_{tr}}{d_b} \right)} \times \frac{0.86 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b > 30 \text{ cm}$$

در این رابطه مقدار  $\alpha$  مشابه  $\psi_t$ ، مقدار  $\beta$  مشابه  $\psi_e$ ، مقدار  $\gamma$  مشابه  $\psi_s$ ، (با این تفاوت که در ویرایش ۹۲ برای میلگرد ۲۰ هم مقدار آن یک بود) و  $\lambda$  برای بتن سبک برابر ۱.۳ و برای بتن معمولی برابر یک است. همچنین:

$$k_{tr} = \frac{0.12 A_{tr} f_{yd}}{sn}$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۸۰

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

نسبت طول گیرایی آرماتور در ویرایش ۹۹ به ۹۲ چقدر است؟

$$\frac{(l_d)_{99}}{(l_d)_{92}} = \frac{\left[ \frac{\psi_t \psi_e \psi_g}{\lambda \left( \frac{c}{d_b} + k_{tr} \right)} \times \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b}{\left[ \frac{\alpha \beta \gamma \lambda}{\left( \frac{c}{d_b} + k_{tr} \right)} \times \frac{0.86 f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b} = \frac{\frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}}}{\frac{0.86 \times 0.85 f_y}{0.806 \sqrt{f'_c}}} \cong 1.0$$


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

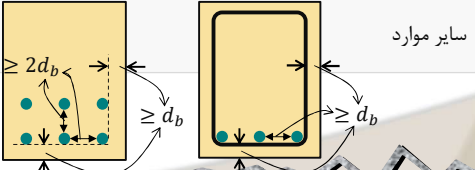
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

روش ساده شده برای طول گیرایی آرماتور در کشش

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: جدول ۹-۲۱-۴ طول گیرایی میلگرد بصورت ساده شده را بصورت زیر پیشنهاد میدهد:

| قطر میلگرد                   | فاصله آزاد و پوشش                                                                                                                                     |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| کمتر از ۲۰ میلیمتر           | فاصله‌ی آزاد میلگردها یا سیم‌ها در طول گیرایی یا وصله، حداقل برابر با قطر میلگرد بوده؛ و خاموت یا تنگ حداقل آیین نامه‌ای در طول گیرایی تامین شده‌اند؛ |
| برابر یا بیشتر از ۲۰ میلیمتر | یا فاصله‌ی آزاد میلگردها یا سیم‌ها در طول گیرایی یا وصله، حداقل دو برابر قطر میلگرد بوده؛ و پوشش روی میلگرد حداقل برابر با قطر میلگرد است.            |

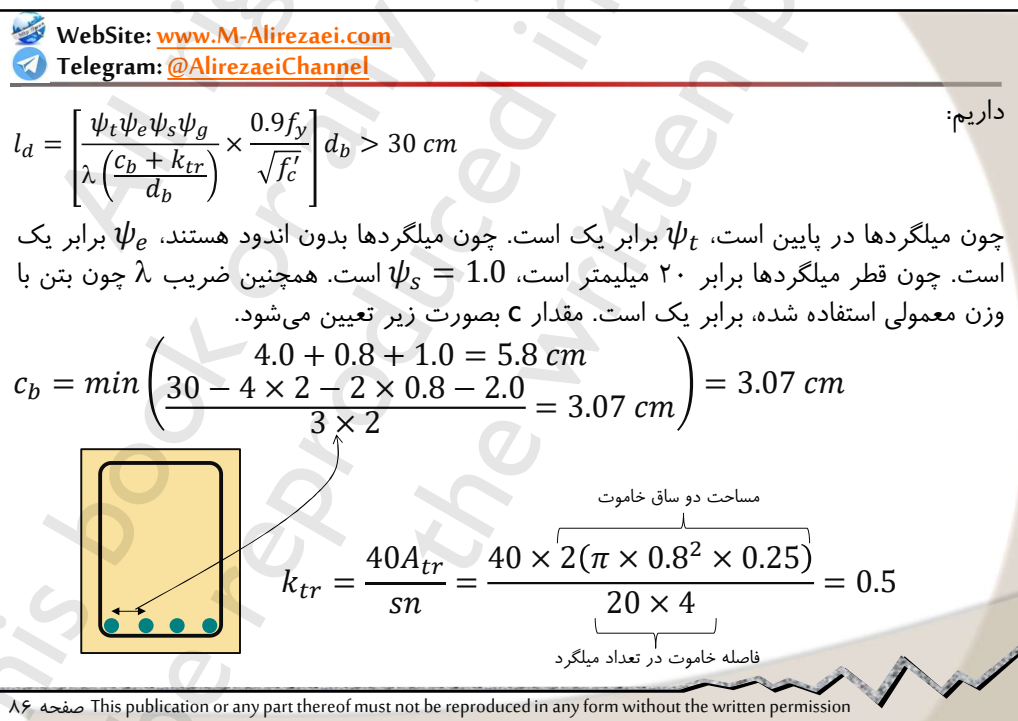
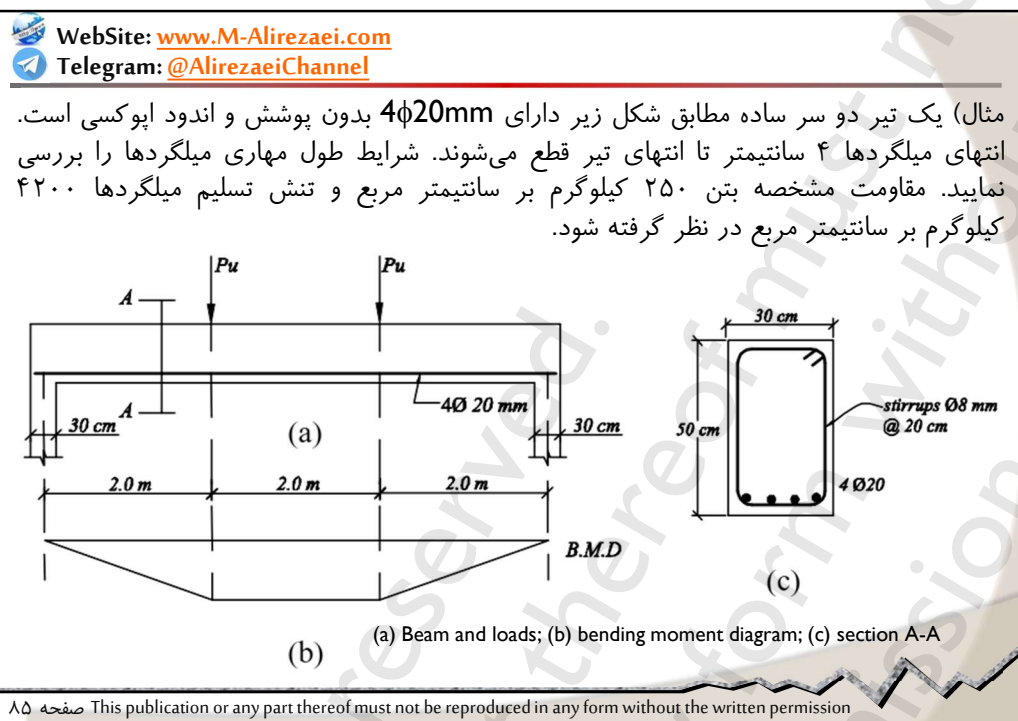
$$\frac{\psi_t \psi_e \psi_g}{1.7 \lambda} \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b \quad \frac{\psi_t \psi_e \psi_g}{2.1 \lambda} \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b$$

$$\frac{\psi_t \psi_e \psi_g}{1.1 \lambda} \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b \quad \frac{\psi_t \psi_e \psi_g}{1.4 \lambda} \times \frac{f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b$$


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

|  <b>WebSite: <a href="http://www.M-Alirezaei.com">www.M-Alirezaei.com</a></b><br><b>Telegram: <a href="https://t.me/AlirezaeiChannel">@AlirezaeiChannel</a></b>                 |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <p>بطور خلاصه از جدول زیر می‌توان طول گیرایی میلگرد بر حسب قطر را به ازای مقاومت مشخصه های مختلف براساس روش تقریبی مبحث نهم ویرایش ۹۹ تعیین نمود. به عنوان مثال برای بتن C30 و میلگرد AIII طول گیرایی میلگرد بالایی تیر با قطر ۲۰ برابر 56d<sub>b</sub> است.</p> |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
| <b>طول گیرایی میلگرد از نوع S400 به ازای قطر میلگرد</b>                                                                                                                                                                                                          |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
| fc (Mpa)                                                                                                                                                                                                                                                         | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                               | 38                                                                                   | 47                                                                                             | 50                                                          | 61                                                                    |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                               | 35                                                                                   | 43                                                                                             | 45                                                          | 56                                                                    |
| 35                                                                                                                                                                                                                                                               | 32                                                                                   | 40                                                                                             | 42                                                          | 52                                                                    |
| 40                                                                                                                                                                                                                                                               | 30                                                                                   | 37                                                                                             | 39                                                          | 48                                                                    |
| 45                                                                                                                                                                                                                                                               | 28                                                                                   | 35                                                                                             | 37                                                          | 46                                                                    |
| 50                                                                                                                                                                                                                                                               | 27                                                                                   | 33                                                                                             | 35                                                          | 43                                                                    |
| <p>۸۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission</p>                                                                                                                                            |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |

|  <b>WebSite: <a href="http://www.M-Alirezaei.com">www.M-Alirezaei.com</a></b><br><b>Telegram: <a href="https://t.me/AlirezaeiChannel">@AlirezaeiChannel</a></b> |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>طول گیرایی میلگرد از نوع S340 به ازای قطر میلگرد</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
| fc (Mpa)                                                                                                                                                                                                                                           | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                 | 32                                                                                   | 40                                                                                             | 42                                                          | 52                                                                    |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                 | 30                                                                                   | 37                                                                                             | 38                                                          | 47                                                                    |
| 35                                                                                                                                                                                                                                                 | 27                                                                                   | 34                                                                                             | 36                                                          | 44                                                                    |
| 40                                                                                                                                                                                                                                                 | 26                                                                                   | 32                                                                                             | 33                                                          | 41                                                                    |
| 45                                                                                                                                                                                                                                                 | 24                                                                                   | 30                                                                                             | 31                                                          | 39                                                                    |
| 50                                                                                                                                                                                                                                                 | 23                                                                                   | 28                                                                                             | 30                                                          | 37                                                                    |
| <b>طول گیرایی میلگرد از نوع S500 به ازای قطر میلگرد</b>                                                                                                                                                                                            |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |
| fc (Mpa)                                                                                                                                                                                                                                           | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور پایینی تیر یا آرماتور ستون یا دیوار بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای کمتر از ۲۰ | آرماتور بالایی تیر بر حسب قطر میلگرد برای قطرهای برابر یا بیشتر از ۲۰ |
| 25                                                                                                                                                                                                                                                 | 55                                                                                   | 68                                                                                             | 71                                                          | 88                                                                    |
| 30                                                                                                                                                                                                                                                 | 50                                                                                   | 62                                                                                             | 65                                                          | 80                                                                    |
| 35                                                                                                                                                                                                                                                 | 46                                                                                   | 57                                                                                             | 60                                                          | 74                                                                    |
| 40                                                                                                                                                                                                                                                 | 43                                                                                   | 53                                                                                             | 56                                                          | 70                                                                    |
| 45                                                                                                                                                                                                                                                 | 41                                                                                   | 50                                                                                             | 53                                                          | 66                                                                    |
| 50                                                                                                                                                                                                                                                 | 39                                                                                   | 48                                                                                             | 50                                                          | 62                                                                    |
| <p>۸۴ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission</p>                                                                                                                              |                                                                                      |                                                                                                |                                                             |                                                                       |





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

بنابراین:

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

$$l_d = \left[ \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \times \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b = l_d$$

$$= \left[ \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0}{1.0 \times 1.785} \times \frac{0.9 \times 420}{\sqrt{25}} \right] 20 = 84.7 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

طول مهاری موجود:

Available development length =  $200 + 15 - 4 = 211 \text{ cm} > 84.7 \text{ cm}$  O.K

صفحه ۸۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

مثال) برای پی منفرد نشان داده شده در شکل، شرایط طول مهاری میلگردها را بررسی نمایید. مقدار کاور بتن 7.5 cm، مقاومت مشخصه بتن ۲۵۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

صفحه ۸۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

چون میلگردها در پایین است،  $\psi_t$  برابر یک است. چون میلگردها بدون اندود هستند،  $\psi_e$  برابر یک است. چون قطر میلگردها برابر ۱۶ میلیمتر است،  $\psi_s = 0.8$  است. همچنین ضریب  $\lambda$  چون بتن با وزن معمولی استفاده شده، برابر یک است. مقدار  $c_b$  بصورت زیر تعیین می‌شود.

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

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

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

$$l_d = \left[ \frac{\psi_t \psi_e \psi_s \psi_g}{\lambda \left( \frac{c_b + k_{tr}}{d_b} \right)} \times \frac{0.9 f_y}{\sqrt{f'_c}} \right] d_b = \left[ \frac{1.0 \times 1.0 \times 0.8 \times 1.0}{1.0 \times 2.5} \times \frac{0.9 \times 420}{\sqrt{25}} \right] 16$$

$$= 387 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

طول مهارتی موجود:

$$\text{Available length} = \frac{285 - 40}{2} - 7.5 = 115 \text{ cm} > 38.7 \text{ cm} \quad Ok$$

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

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

تغییر

### طول گیرایی میلگردها در فشار

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: 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:

$$l_{dc} = \frac{0.24 f_y d_b}{\sqrt{f'_c}} \geq 0.05 f_y d_b > 20 \text{ cm}$$

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: طبق بند ۹-۲۱-۳-۸-۱ طول گیرایی میلگردهای آجدار و سیم‌های آجدار در فشار،  $l_{dc}$  نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر در نظر گرفته شود:

$$l_{dc} = \max \left\{ \frac{\psi_t 0.24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b, 0.043 \psi_r d_b \right\} \quad (\text{الف})$$

(ب) ۲۰۰ میلیمتر

در این روابط ضریب محصور شدگی  $\psi_r$  برای محصور شدگی توسط دورپیچ، تنگ دایروی پیوسته با قطر بیش از ۶ میلیمتر و گام کمتر از ۱۰۰ میلیمتر، تنگ سیمی به قطر بیش از ۱۲ میلیمتر و فواصل کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و دورگیر طبق ضوابط بند ۹-۲۱-۶-۴ با فواصل کمتر از ۱۰۰ میلیمتر، برابر با ۰/۷۵؛ و برای سایر حالات برابر با ۱/۰ در نظر گرفته می‌شود.

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

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

تغییر

### طول گیرایی آرماتور با قلاب استاندارد در کشش

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \text{ or } 8 d_b$$

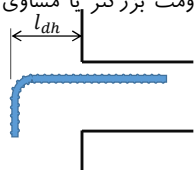
مقدار  $\psi_e$  (ضریب پوشش) برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دو گانه‌ی اپوکسی و روی برابر ۱.۲، برای میلگردهای بدون اندود و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه) برابر یک است.

مقدار  $\psi_r$  (ضریب آرماتور محصور کننده) برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۴ میلی‌متر یا  $A_{th} \geq 0.4 A_{hs}$  و یا با فاصله‌ی میلگردهای مهار شونده بیش از شش برابر قطر میل گرد برابر یک و برای سایر موارد برابر ۱.۶.

مقدار  $\psi_o$  (ضریب محل مهار) برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۴ میلی‌متر و مهار شده در هسته‌ی ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از ۶۵ میلی‌متر و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد برابر یک و برای سایر موارد برابر ۱.۲۵.

مقدار  $\psi_c$  برای بتن با مقاومت کمتر از ۴۲ مگاپاسکال برابر  $f_c / 105 + 0.6$  و برای بتن با مقاومت بزرگتر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال برابر یک در نظر گرفته شود.

پارامتر  $A_{hs}$  مساحت کل آرماتورهای مهار شده با قلاب است.



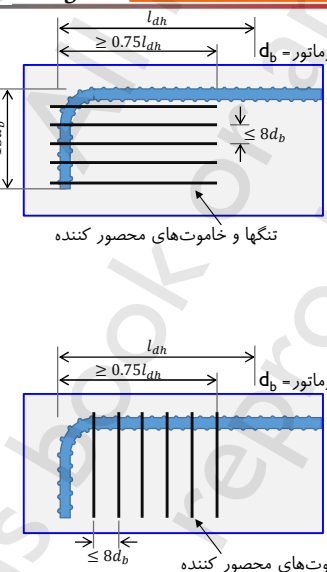
۹۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

### پارامتر $A_{th}$ مساحت کل تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی میلگرد مهار شده با قلاب، که حداقل طولی معادل $0.75 l_{dh}$ از انتهای خم را در امتداد $l_{dh}$ محصور کرده‌اند، شامل موارد باشند:

الف- تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) موازی طول  $l_{dh}$  با فاصله‌ی مساوی در طول انتهای آزاد خم. فاصله‌ی این تنگ‌ها و خاموت‌ها باید کمتر از هشت برابر قطر میلگرد بوده و در طول پانزده برابر قطر میلگرد، اندازه‌گیری شده از قسمت مستقیم میلگرد مهار شده واقع باشند.

ب- تنگ‌ها و خاموت‌های محصور کننده‌ی قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) عمود بر طول  $l_{dh}$  با فاصله‌ی مساوی در امتداد طول مستقیم. فاصله‌ی این تنگ‌ها و خاموت‌ها باید کمتر از هشت برابر قطر میلگرد باشد.



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



WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)

Telegram: @AlirezaeiChannel

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

$$l_{dh} = \left[ 0.24k_1k_2\beta\lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b > 15 \text{ cm or } 8d_b$$

مقدار  $\beta$  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  $\lambda$  یا ضریب نوع بتن، برای بتن سبک برابر ۱.۳ و برای بتن معمولی برابر یک است.

ضریب  $k_1$  در تمامی موارد برابر یک منظور می‌شود مگر در مواردی که در قلاب‌های با خم ۱۸۰ درجه پوشش بتنی روی قلاب، در امتداد عمود بر صفحه قلاب، مساوی یا بیشتر از ۶۵ میلیمتر و در قلاب‌های با خم ۹۰ درجه پوشش بتن روی قلاب در امتداد عمود بر صفحه قلاب و پوشش در صفحه قلاب به ترتیب مساوی یا بیشتر از ۶۵ و ۵۰ میلیمتر باشد. در این موارد این ضریب را میتوان برابر ۰.۷ در نظر گرفت.

ضریب  $k_2$  در تمامی موارد برابر یک بوده مگر در مواردی که میلگردها در طول گیرایی با خاموت‌های با فاصله مساوی یا کمتر از  $3d_b$  محصور شده باشند که در این حالت می‌توان آن را برابر ۰.۸ در نظر گرفت.

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



WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)

Telegram: @AlirezaeiChannel

نسبت طول گیرایی آرماتور قلابدار کششی در ویرایش ۹۹ به ۹۲ چقدر است؟

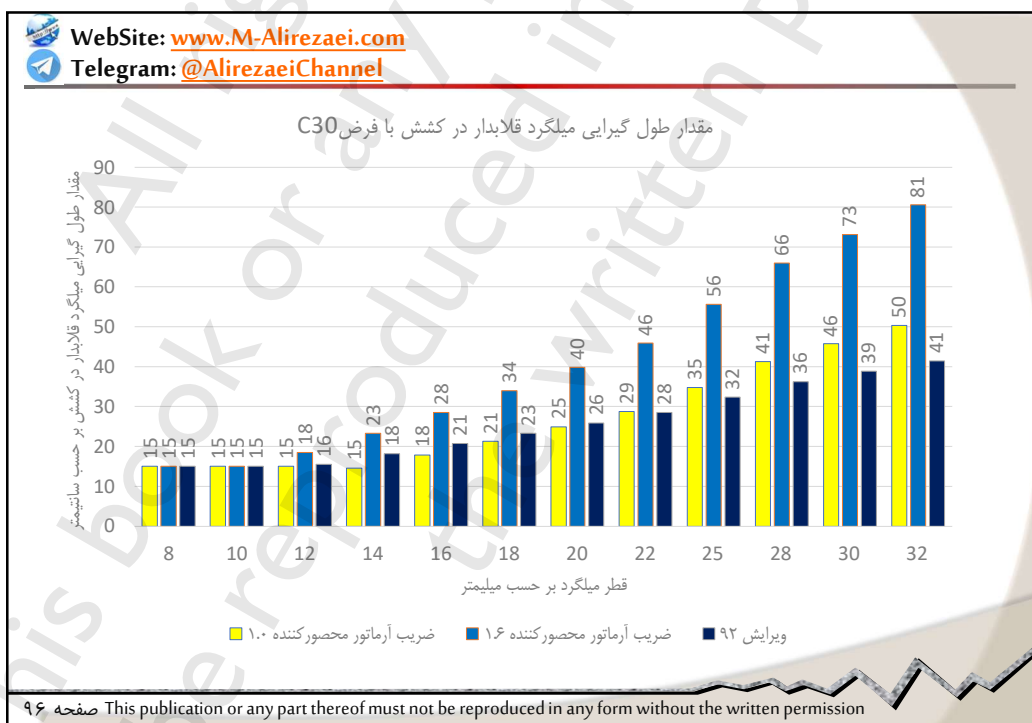
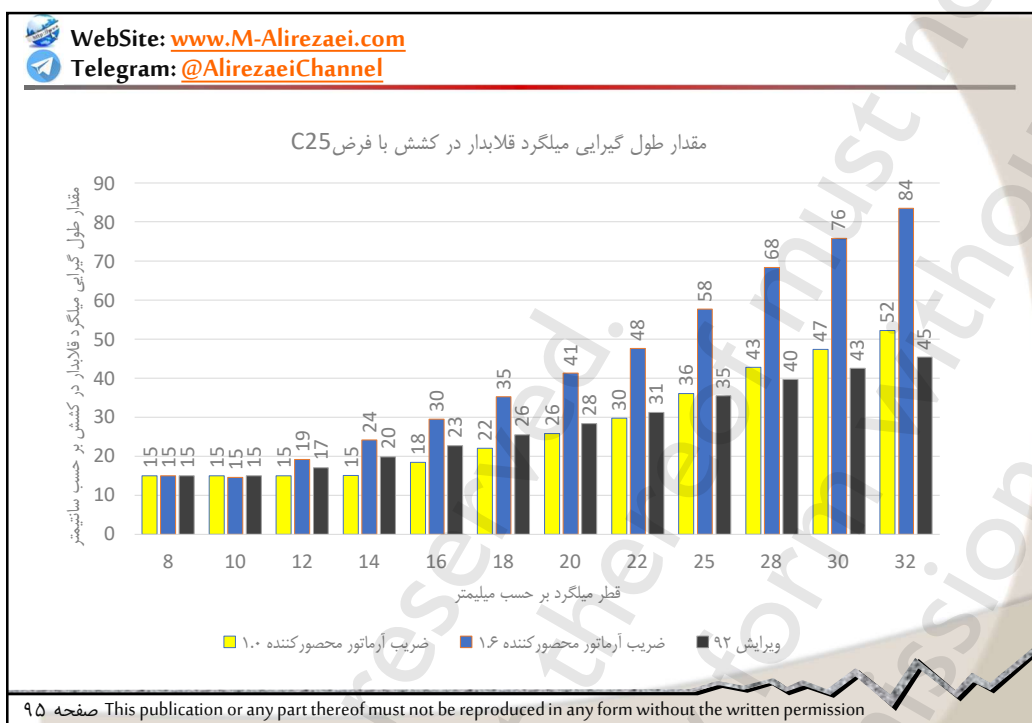
با فرض  $f'_c = 30$  و  $\psi_r = 1.0$  و  $k_1 = 0.7$  و  $\psi_e = \psi_c = \psi_o = k_2 = \beta = \lambda = 1.0$  و برای یک رده میلگرد:

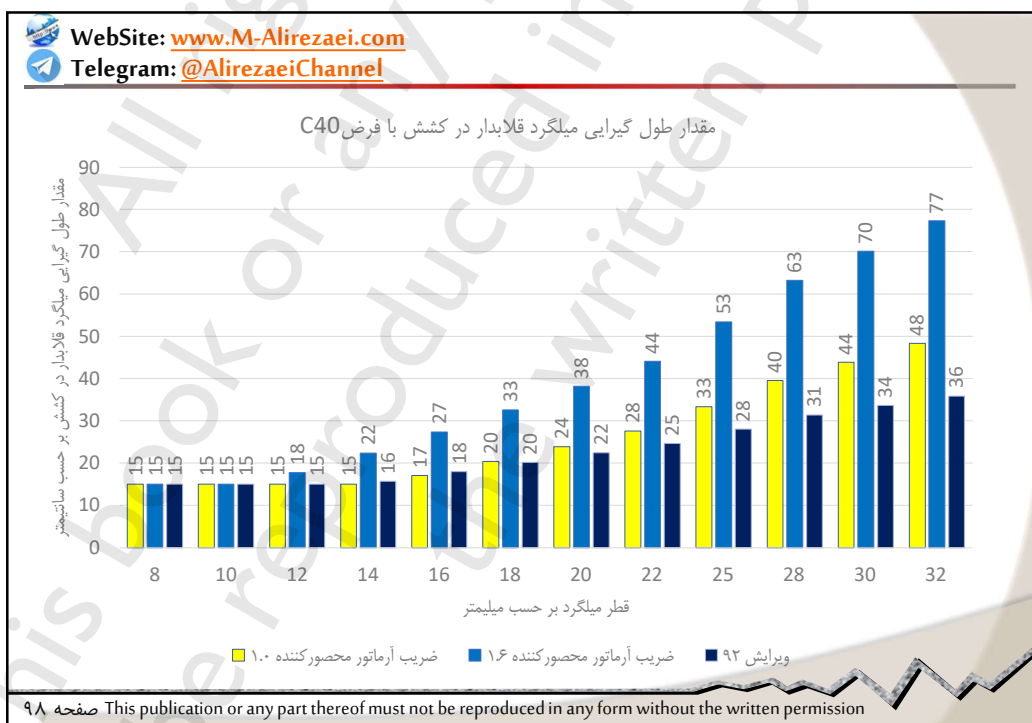
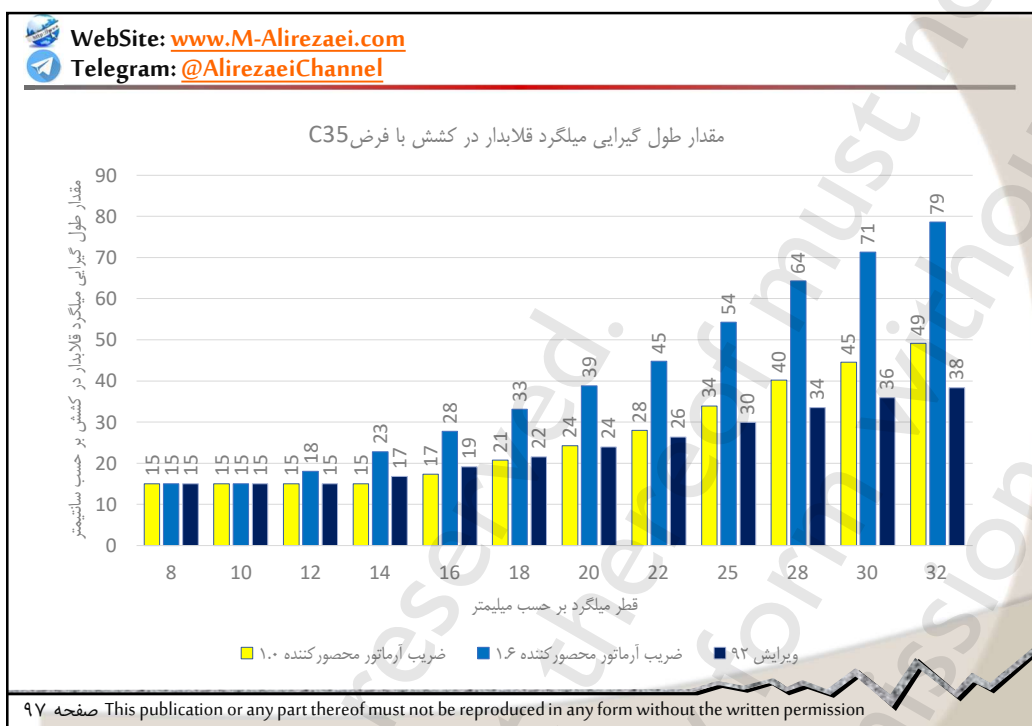
$$\frac{(l_{dh})_{99}}{(l_{dh})_{92}} = \frac{\frac{\psi_e\psi_r\psi_o\psi_c}{\lambda} \frac{0.043f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}}{\left[ 0.24k_1k_2\beta\lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b} = \frac{0.886 \times \frac{0.043f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}}{0.24 \times 0.7 \frac{0.85f_y}{0.806\sqrt{f'_c}} d_b} \cong 0.215\sqrt{d_b}$$

با فرض  $f'_c = 30$  و  $\psi_r = 1.6$  و  $k_1 = 0.7$  و  $\psi_e = \psi_c = \psi_o = k_2 = \beta = \lambda = 1.0$  و برای یک رده میلگرد:

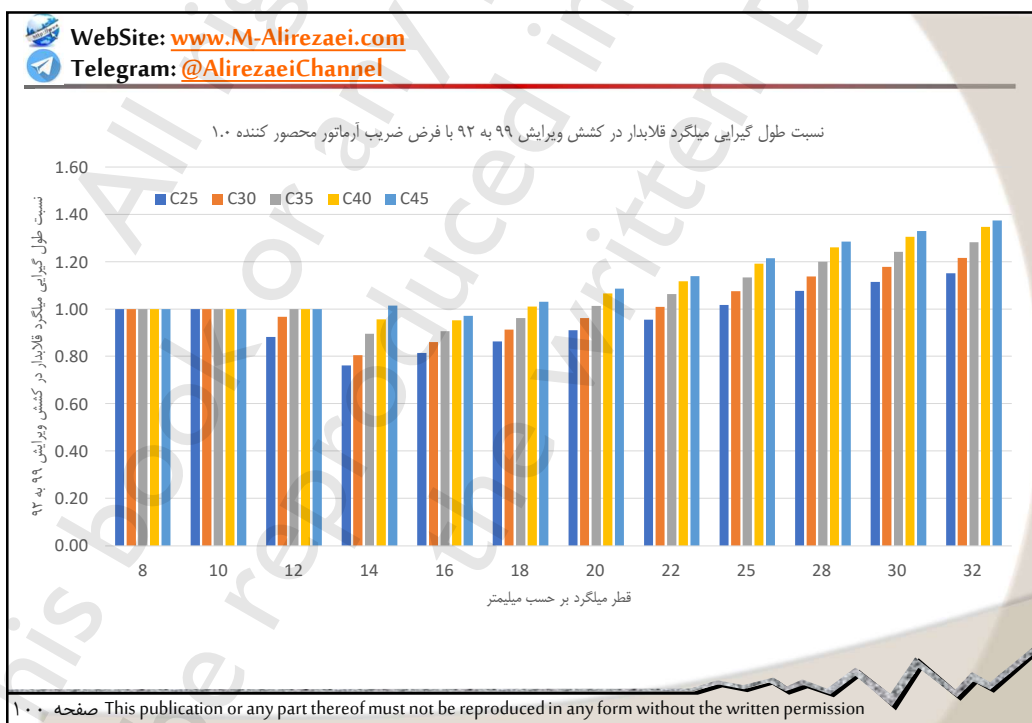
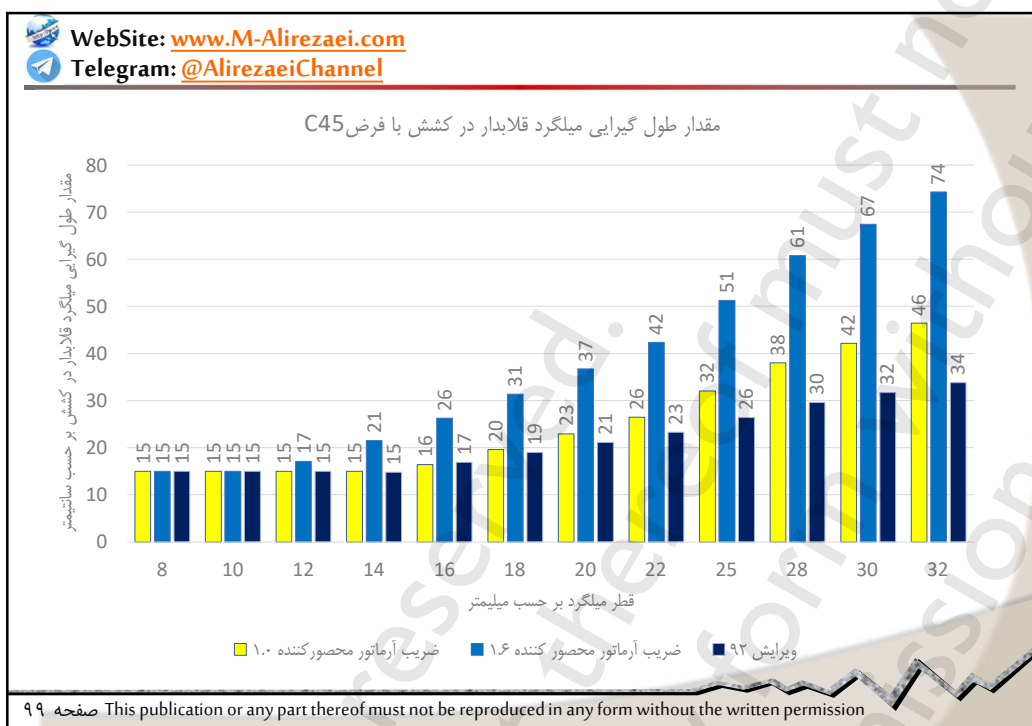
$$\frac{(l_{dh})_{99}}{(l_{dh})_{92}} = \frac{\frac{\psi_e\psi_r\psi_o\psi_c}{\lambda} \frac{0.043f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}}{\left[ 0.24k_1k_2\beta\lambda \frac{f_{yd}}{\sqrt{f_{cd}}} \right] d_b} = \frac{0.886 \times 1.6 \times \frac{0.043f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}}{0.24 \times 0.7 \frac{0.85f_y}{0.806\sqrt{f'_c}} d_b} \cong 0.34\sqrt{d_b}$$

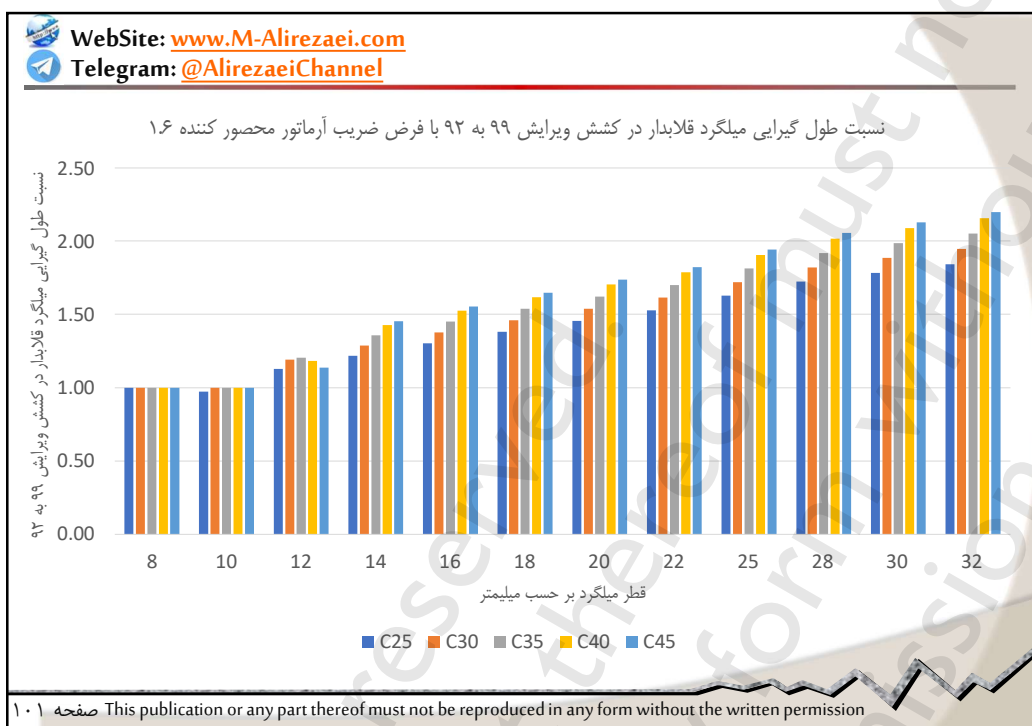
صفحه ۹۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission









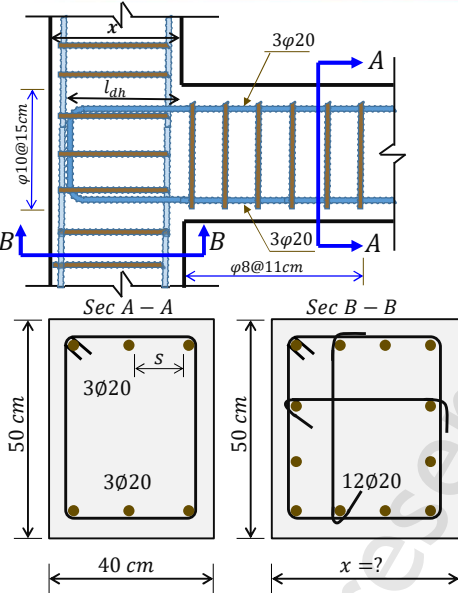


WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

| نسبت طول گیرایی میلگرد قلابدار در کشش ویرایش ۹۹ به ۹۲ با فرض ضریب آرماتور محصور کننده ۱.۰ |      |      |      |      |      | نسبت طول گیرایی میلگرد قلابدار در کشش ویرایش ۹۹ به ۹۲ با فرض ضریب آرماتور محصور کننده ۱.۶ |      |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|
| $\phi$                                                                                    | C25  | C30  | C35  | C40  | C45  | $\phi$                                                                                    | C25  | C30  | C35  | C40  | C45  |
| 8                                                                                         | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 8                                                                                         | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 10                                                                                        | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 10                                                                                        | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 12                                                                                        | 0.88 | 0.97 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 12                                                                                        | 1.13 | 1.19 | 1.20 | 1.18 | 1.14 |
| 14                                                                                        | 0.76 | 0.80 | 0.89 | 0.96 | 1.01 | 14                                                                                        | 1.22 | 1.29 | 1.36 | 1.43 | 1.45 |
| 16                                                                                        | 0.81 | 0.86 | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 16                                                                                        | 1.30 | 1.38 | 1.45 | 1.52 | 1.55 |
| 18                                                                                        | 0.86 | 0.91 | 0.96 | 1.01 | 1.03 | 18                                                                                        | 1.38 | 1.46 | 1.54 | 1.62 | 1.65 |
| 20                                                                                        | 0.91 | 0.96 | 1.01 | 1.07 | 1.09 | 20                                                                                        | 1.46 | 1.54 | 1.62 | 1.70 | 1.74 |
| 22                                                                                        | 0.95 | 1.01 | 1.06 | 1.12 | 1.14 | 22                                                                                        | 1.53 | 1.61 | 1.70 | 1.79 | 1.82 |
| 25                                                                                        | 1.02 | 1.08 | 1.13 | 1.19 | 1.21 | 25                                                                                        | 1.63 | 1.72 | 1.81 | 1.91 | 1.94 |
| 28                                                                                        | 1.08 | 1.14 | 1.20 | 1.26 | 1.28 | 28                                                                                        | 1.72 | 1.82 | 1.92 | 2.02 | 2.06 |
| 30                                                                                        | 1.11 | 1.18 | 1.24 | 1.30 | 1.33 | 30                                                                                        | 1.78 | 1.88 | 1.99 | 2.09 | 2.13 |
| 32                                                                                        | 1.15 | 1.22 | 1.28 | 1.35 | 1.37 | 32                                                                                        | 1.84 | 1.95 | 2.05 | 2.16 | 2.20 |

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

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



مثال) حداقل بعد ستون چقدر باشد؟ بتن از نوع C30. میلگردها از نوع AIII (بدون اپکسی) و کاور بتن ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

مقدار  $\psi_e$  (ضریب پوشش) با توجه به اینکه میلگرد بدون پوشش استفاده شده، برابر یک است. برای مقدار  $\psi_r$  (ضریب آرماچور محصورکننده) داریم:

$$A_{th} = 2 \times 3 \left( \pi \frac{10^2}{4} \right) = 471 \text{ mm}^2$$

$$0.4A_{hs} = 0.4 \times 3 \left( \pi \frac{20^2}{4} \right) = 377 \text{ mm}^2$$

$$A_{th} > 0.4A_{hs} \quad \text{Ok}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 8 - 3 \times 20}{2} = 122 \text{ mm}$$

$$s = 122 \text{ mm} > 6d_b = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$$

در این مثال، هم  $A_{th} \geq 0.4A_{hs}$  و هم فاصله‌ی میلگردهای مهارشونده بیش از شش برابر قطر میلگرد است. اگر یکی از این دو شرط هم برقرار بود، مقدار مقدار  $\psi_r$  برابر یک بود.

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

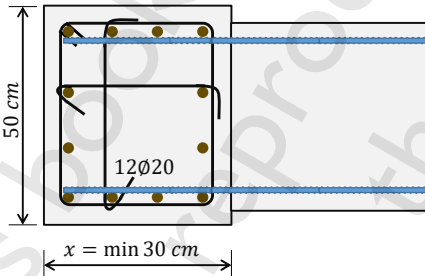
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \quad \text{or} \quad 8d_b$$

$$l_{dh} = \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times \left( \frac{30}{105} + 0.6 \right) 0.043 \times 400}{1.0 \sqrt{30}} \times 20^{1.5} = 250 \text{ mm}$$

$$> 150 \text{ mm} \quad \text{or} \quad 8d_b = 160 \text{ mm}$$

بنابراین حداقل بعد ستون باید ۳۰ سانتیمتر لحاظ شود.




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

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

مثال) حداقل بعد ستون چقدر باشد؟ بتن از نوع C30.  
میگردها از نوع AIII (بدون اپکسی) و کاور بتن ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

مقدار  $\psi_e$  (ضریب پوشش) با توجه به اینکه میگرد بدون پوشش استفاده شده، برابر یک است. برای مقدار  $\psi_r$  (ضریب آرماتور محصور کننده) داریم:

$$A_{th} = 2 \times 3 \left( \pi \frac{10^2}{4} \right) = 471 \text{ mm}^2$$

$$0.4A_{hs} = 0.4 \times 4 \left( \pi \frac{20^2}{4} \right) = 502 \text{ mm}^2$$

$A_{th} < 0.4A_{hs}$  Not Ok!

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 8 - 4 \times 20}{3} = 74.6 \text{ mm}$$

$s = 74.6 \text{ mm} < 6d_b = 6 \times 20 = 120 \text{ mm}$  Not OK

در این مثال، هم  $A_{th} < 0.4A_{hs}$  و هم فاصله‌ی میگردهای مهار شونده کمتر از شش برابر قطر میگرد است. بنابراین ضریب آرماتور محصور کننده برابر ۱.۶ است.

صفحه ۱۰۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \text{ or } 8d_b$$

$$l_{dh} = \frac{1.0 \times 1.6 \times 1.0 \times \left( \frac{30}{105} + 0.6 \right) 0.043 \times 400}{1.0 \sqrt{30}} \times 20^{1.5} = 400 \text{ mm}$$

$> 150 \text{ mm or } 8d_b = 160 \text{ mm}$

بنابراین حداقل بعد ستون باید ۴۵ سانتیمتر لحاظ شود.

صفحه ۱۰۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

مثال) حداقل بعد ستون چقدر باشد؟ بتن از نوع C30.  
میگردها از نوع AIII (بدون اپکسی) و کاور بتن ۴ سانتیمتر در نظر گرفته شود.

مقدار  $\psi_e$  (ضریب پوشش) با توجه به اینکه میگرد بدون پوشش استفاده شده، برابر یک است. برای مقدار  $\psi_r$  (ضریب آرماتور محصورکننده) در این حالت که در طول قلاب ۴ خاموت داریم:

$$A_{th} = 2 \times 4 \left( \pi \frac{10^2}{4} \right) = 628 \text{ mm}^2$$

$$0.4A_{hs} = 0.4 \times 4 \left( \pi \frac{20^2}{4} \right) = 502 \text{ mm}^2$$

$$A_{th} > 0.4A_{hs} \quad \text{Ok}$$

$$s = \frac{400 - 2 \times 40 - 2 \times 8 - 4 \times 20}{3} = 74.6 \text{ mm}$$

$$s = 74.6 \text{ mm} < 6d_b = 6 \times 20 = 120 \text{ mm} \quad \text{Not OK}$$

در این مثال،  $A_{th} > 0.4A_{hs}$  ولی فاصله‌ی میگردهای مهار شونده کمتر از شش برابر قطر میگرد است. بنابراین ضریب آرماتور محصورکننده برابر ۱.۰ است.

صفحه ۱۰۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \quad \text{or} \quad 8d_b$$

$$l_{dh} = \frac{1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times \left( \frac{30}{105} + 0.6 \right) 0.043 \times 400}{1.0 \sqrt{30}} \times 20^{1.5} = 250 \text{ mm}$$

$$> 150 \text{ mm} \quad \text{or} \quad 8d_b = 160 \text{ mm}$$

بنابراین حداقل بعد ستون باید ۳۰ سانتیمتر لحاظ شود.

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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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 ۴۲۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود.

صفحه ۱۰۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

مقدار  $\psi_e$  (ضریب پوشش) با توجه به اینکه بدون بدون اندود است، برابر یک است.

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c 0.043 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \text{ or } 8d_b$$

مقدار  $\psi_r$  (ضریب آرماتور محصورکننده) چون میلگرد طولی مهار شوند در آرماتورهای عرضی مهار نشده برابر ۱.۶

مقدار  $\psi_o$  (ضریب محل مهار) برابر یک (با پوشش جانبی عمود بر صفحه‌ی قلاب بیش از ۶۵ میلی‌متر)

مقدار  $\psi_c$  برای بتن با مقاومت کمتر از ۴۲ مگاپاسکال برابر  $f_c/105 + 0.6$  و برای بتن با مقاومت بزرگتر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال برابر یک در نظر گرفته شود.

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c 0.043 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} > 15 \text{ cm} \text{ or } 8d_b$$

$$l_{dh} = \frac{1.0 \times 1.6 \times 1.0 \times \left( \frac{25}{105} + 0.6 \right) 0.043 \times 420}{1.0 \sqrt{25}} \times 16^{1.5} = 314 \text{ mm}$$

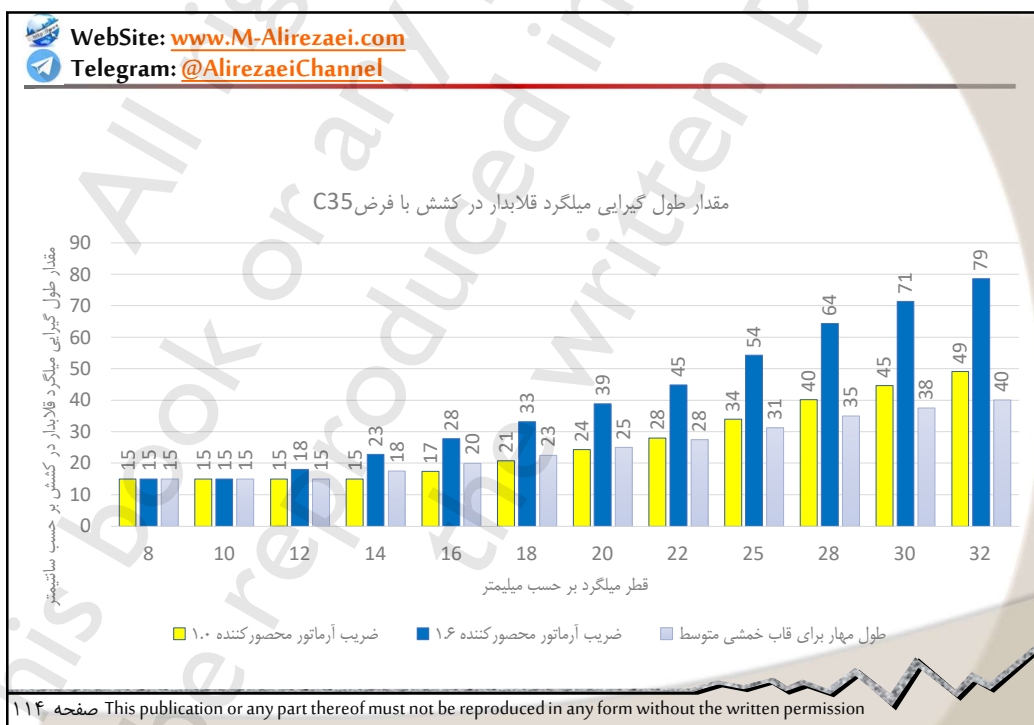
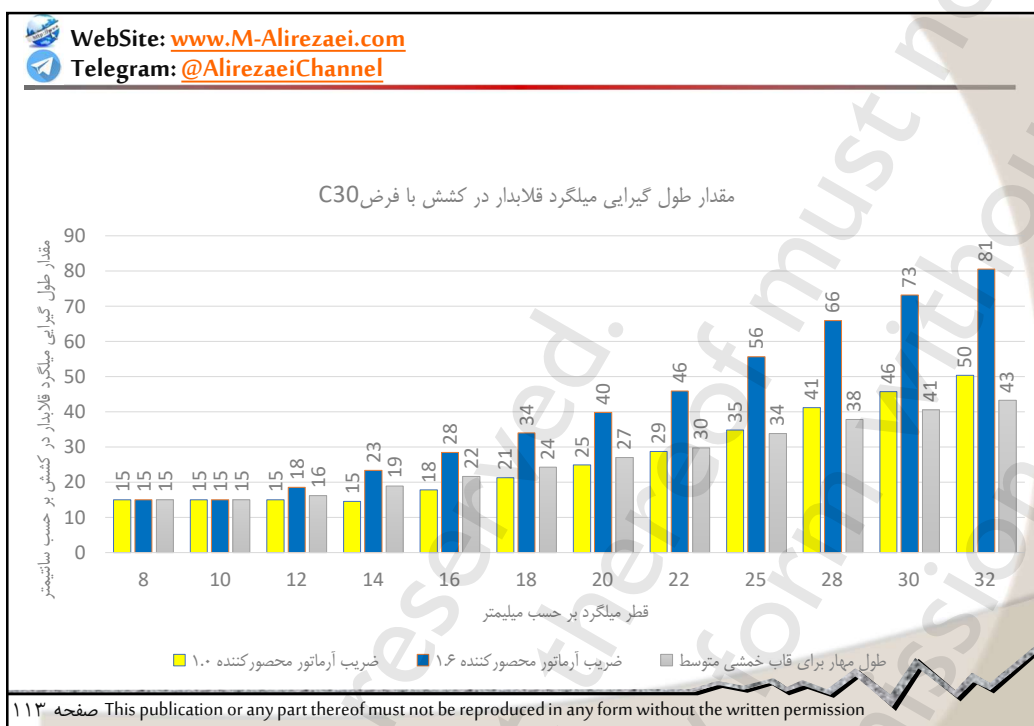
$$> 150 \text{ mm or } 8d_b = 160 \text{ mm}$$

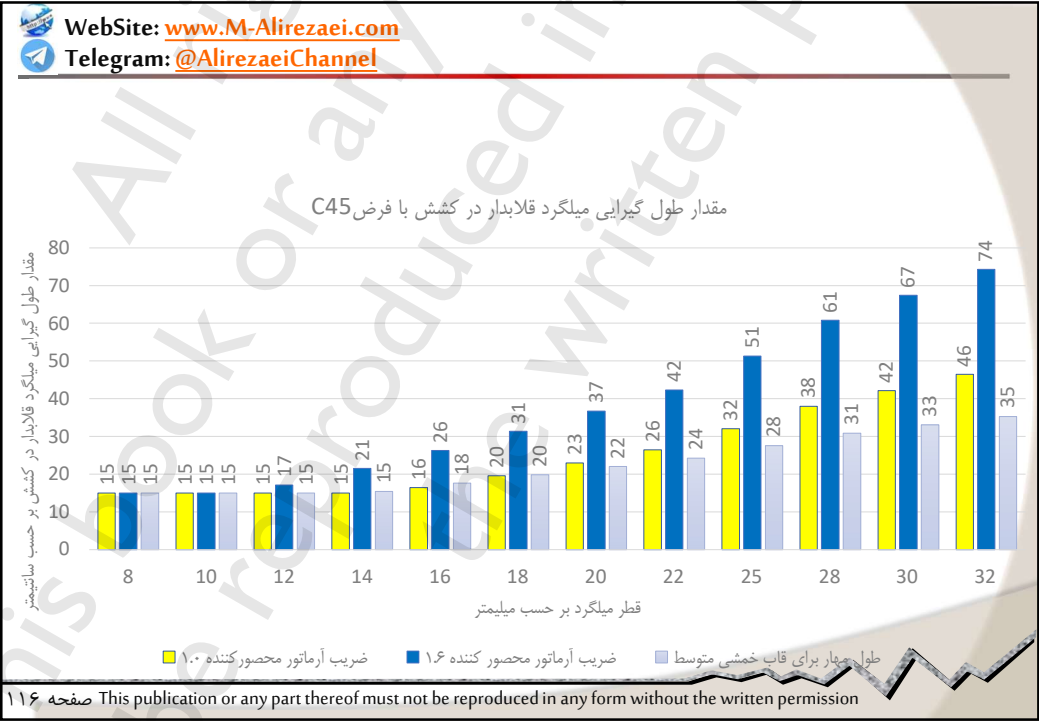
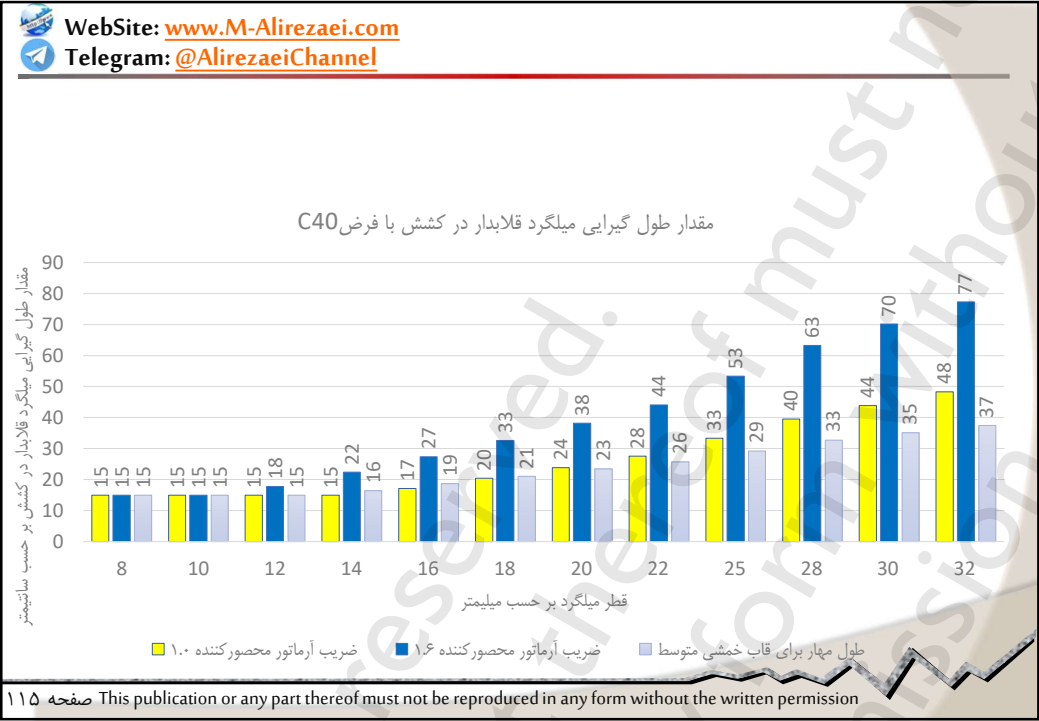
طول مهاری تامین شده ۵۶ سانتیمتر بوده که کافی است.

صفحه ۱۱۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission











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



### اثر اضافه آرماتور در طول گیرایی بدون قلاب و با قلاب

مبحث نهم ویرایش ۹۲: 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  $f_y$  و رابطه طول گیرایی با قلاب در کشش  $f_{yk}$  را در نسبت آرماتور لازم به آرماتور مصرفی ضرب نمود. این ضریب در مورد ساختمان‌های با شکل‌پذیری ویژه باید برابر یک منظور شود.

مبحث نهم ویرایش ۹۹: طبق بند ۹-۲۱-۳-۹ طولهای گیرایی محاسبه شده برای  $f_y$ ،  $f_{yk}$  و  $f_{dc}$  را به جز مواردی که در بند ۹-۲۱-۳-۹ ذکر شده‌اند، می‌توان به نسبت میلگرد مورد نیاز به میلگرد تامین شده کاهش داد. طول گیرایی اصلاح شده در هر صورت نباید از حداقل طول گیرایی تعریف شده برای موارد فوق کمتر باشد.

۹-۲۱-۳-۹-۲ کاهش طول گیرایی در موارد زیر مجاز نیست:

- الف- در تکیه‌گاه غیر ممتد؛
- ب- در محل‌هایی که مهار یا گیرایی برای تامین تنش تسلیم لازم است؛
- پ- در مواردی که میلگردها باید پیوسته باشند؛
- ت- در سیستم‌های باربر لرزه‌ای در سازه‌های با شکل پذیری متوسط و زیاد؛
- ث- برای میلگردهای آجدار سَر دار یا مهار شده با قلاب و یا دارای مهار مکانیکی؛
- ج- مهار آرماتور شمع در سر شمع

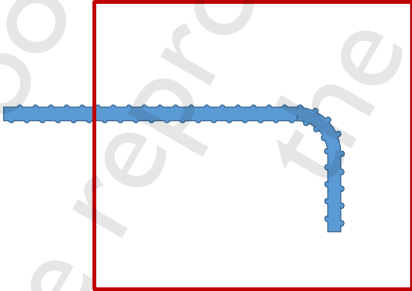
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission  
صفحه ۱۱۷



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

۹-۲۱-۳-۹-۲ کاهش طول گیرایی در موارد زیر مجاز نیست:

- الف- در تکیه‌گاه غیر ممتد؛
- ب- در محل‌هایی که مهار یا گیرایی برای تامین تنش تسلیم لازم است؛
- پ- در مواردی که میلگردها باید پیوسته باشند؛
- ت- در سیستم‌های باربر لرزه‌ای در سازه‌های با شکل پذیری متوسط و زیاد؛
- ث- برای میلگردهای آجدار سردار یا مهار شده با قلاب و یا دارای مهار مکانیکی؛
- ج- مهار آرماتور شمع در سر شمع



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission  
صفحه ۱۱۸



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



## مدلسازی چشمه اتصال در قاب خمشی

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۶-۲-۱-ب، طول موثر برای عضوی که با تکیهگاههای خود پیوسته است، با توجه به مقاومت و سختی نسبی اعضاء در محل اتصال و با قضاوت مهندسی تعیین گردیده و درصدی از طول انتهایی عضو که در ناحیه اتصال واقع شده است صلب منظور می شود. همچنین طبق بند ۹-۶-۲-۳ به منظور ساده کردن تحلیل، استفاده از هر یک از روشهای (الف) و (ب) زیر و یا هر دوی آنها مجاز است:

الف) استفاده از بند ۹-۶-۲-۱-ب،

ب) در قابها و یا ساخت و سازهای پیوسته، می توان چشمه ی اتصال را صلب فرض نمود.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم: توصیه ای در این زمینه ندارد.

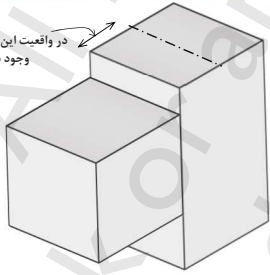
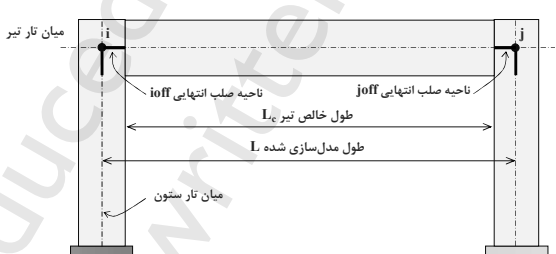
\* صلب فرض کردن چشمه اتصال چه اثری در طراحی دارد؟

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



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



وقتی توسط برنامه ETABS اقدام به مدل سازی تیر، ستون و یا مهاربند می شود، این اجزای قابی، توسط عضوهای Beam مدل سازی می شوند. عضو Beam تنها دارای طول بوده و فاقد بُعد است. به این صورت که مثلا برای مدل سازی ستونی با عرض ۲۰ سانتیمتر، باید از یک عضو (المان) میله ای بدون بُعد که دقیقا در مرکز ستون قرار گرفته، استفاده شود. بر همین اساس در حالتی که یک تیر و یک ستون توسط این عضو مدل سازی می شوند، با توجه به اینکه ستون در محل محور (آکس) مدل سازی شده است، طول تیر اندکی بزرگتر از واقعیت مدل خواهد شد. این مورد در سازه های بتنی که تیرها و ستونها دارای ابعاد به نسبت بزرگتری هستند، بیشتر اهمیت خواهد داشت. برای رفع مشکل و از بین بردن ناحیه ای از عضو که بیش از مقدار واقعی مدل شده است، می توان از قابلیتی که در برنامه تحت عنوان ناحیه صلب انتهایی (End Offset) پیش بینی شده است استفاده نمود. برنامه قادر به در نظر گرفتن نواحی صلب انتهایی i و j و دو انتهای عضو قابی، متناظر با گره های i و j می باشد.

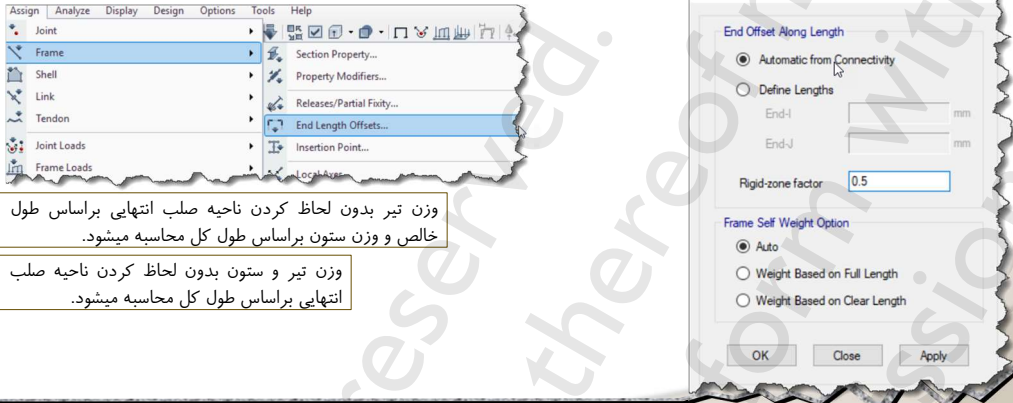
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۲۰

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

**FEMA 451:** Members were modeled using centerline dimensions without rigid end offsets. This allows, in an approximate but reasonably accurate manner, deformations to occur in the beam-column joint region.

در FEMA 451 نیز مقداری برای درصد ناحیه چشمه اتصال ارائه نشده است

**CSI Help:** Concrete frames should never use a fully rigid zone. A value of 0.5 is recommended for concrete frames, where 50% of the actual offset is considered rigid.

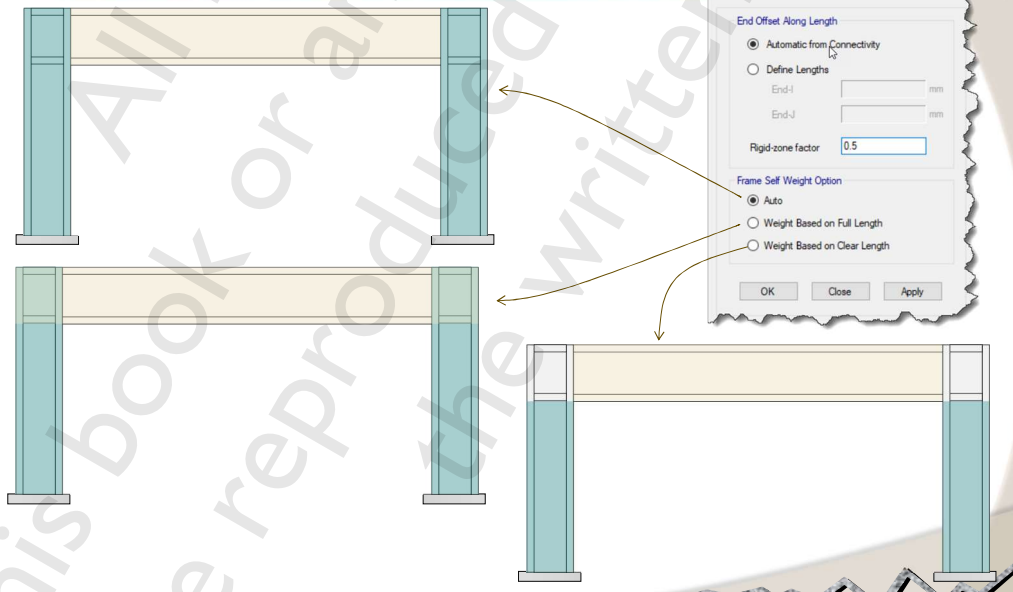


وزن تیر بدون لحاظ کردن ناحیه صلب انتهایی براساس طول خالص و وزن ستون براساس طول کل محاسبه میشود.

وزن تیر و ستون بدون لحاظ کردن ناحیه صلب انتهایی براساس طول کل محاسبه میشود.

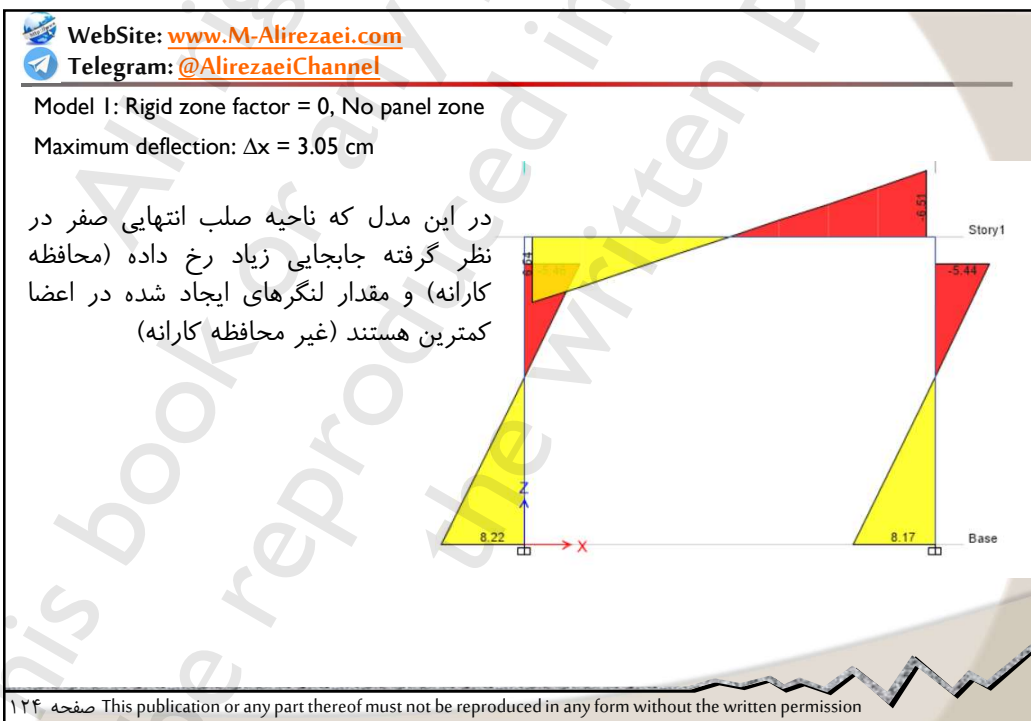
Page 121: This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

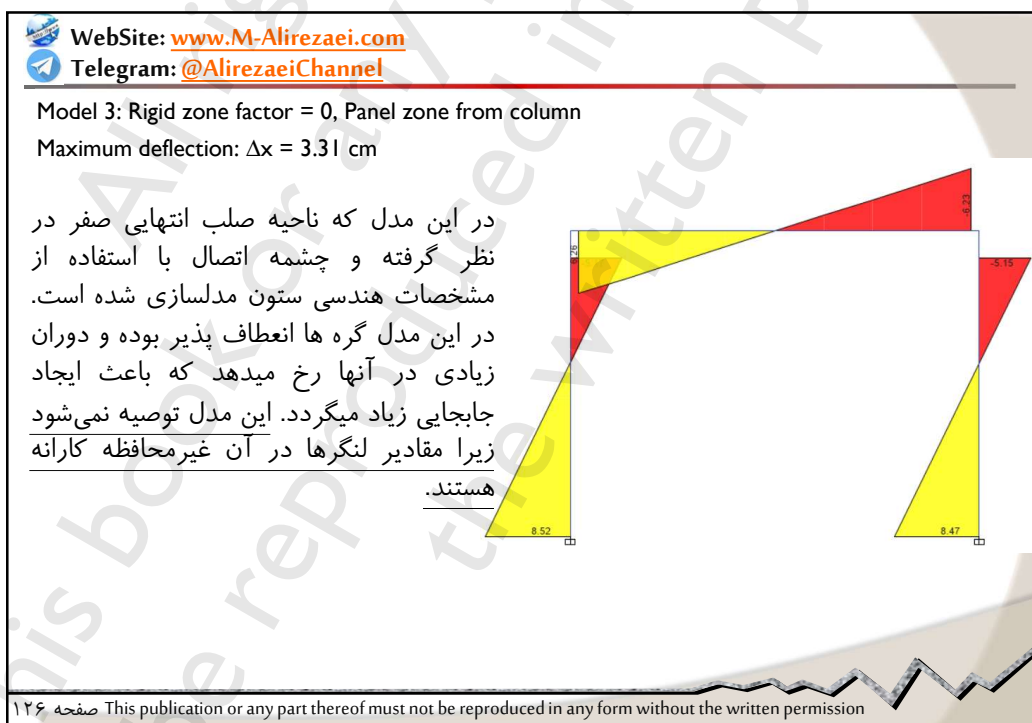
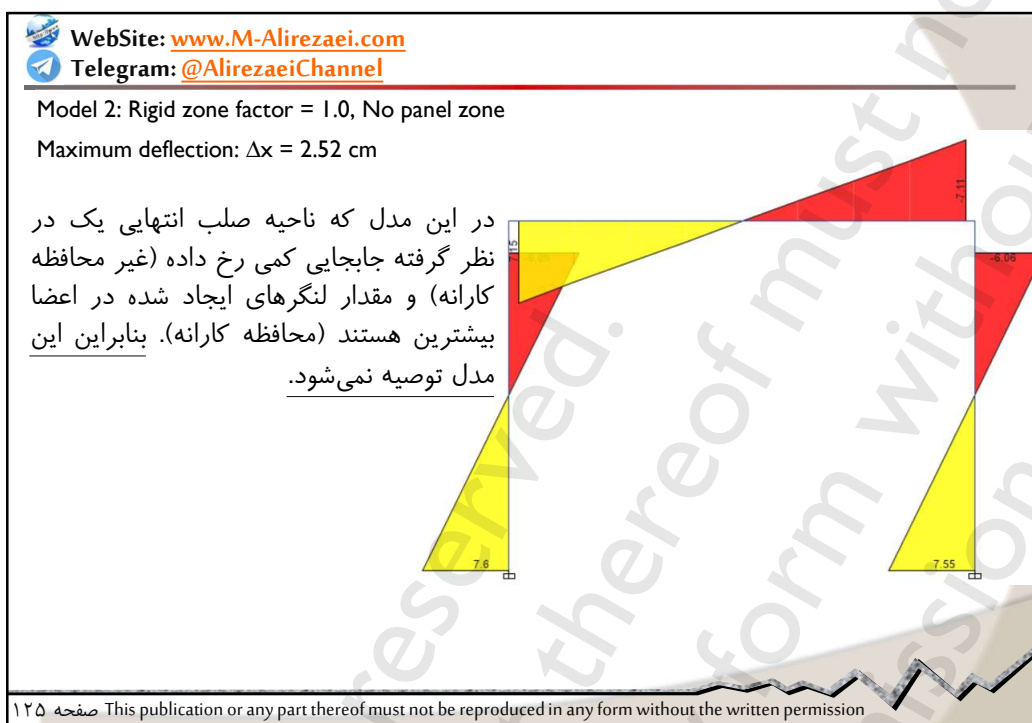
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

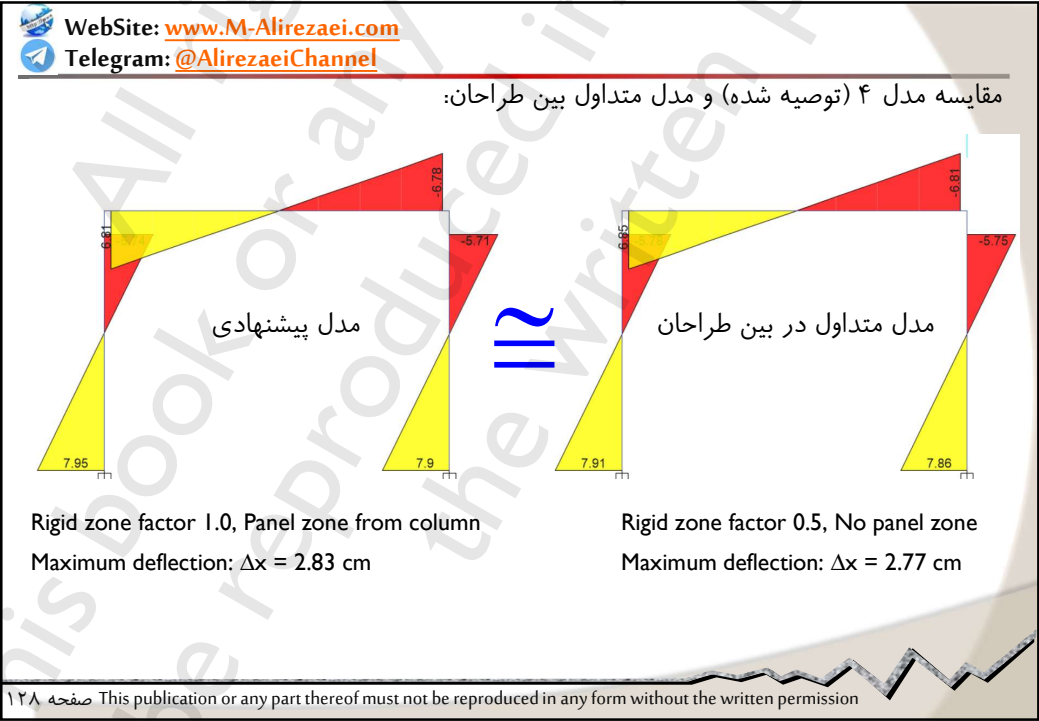
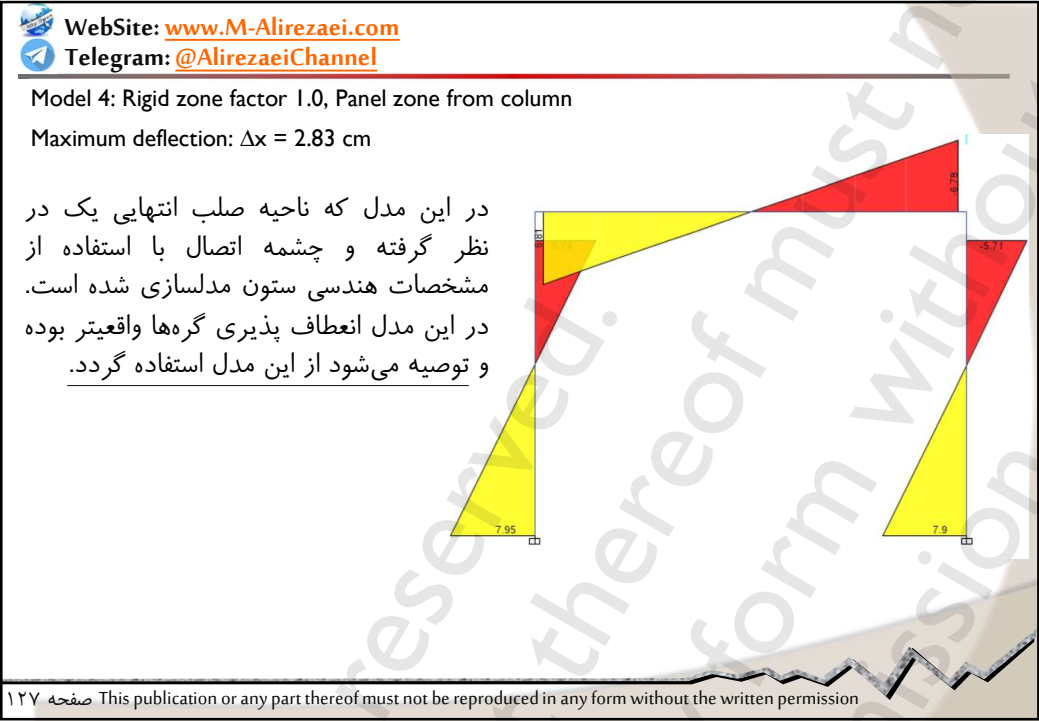


Page 122: This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission











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



### ضریب ترک خوردگی اعضای بتنی

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۶-۵-۱-۳، مشخصات مقطع شامل ممان اینرسی و سطح مقطع اعضا باید بر اساس جدول ۹-۶-۲ الف یا ۹-۶-۲ ب محاسبه شوند؛ مگر آن که بتوان آنها را از تحلیل‌های دقیقتری به دست آورد. در صورت وجود بارهای جانبی دائمی، ممان اینرسی ستون‌ها و دیوارها را باید بر ضریب  $(1 + \beta_{ds})$  تقسیم نمود. مقدار  $\beta_{ds}$  برابر با نسبت برش دائمی در کل طبقه به حداکثر برش کل طبقه در همان ترکیب بار می‌باشد. ممان اینرسی ناخالص تیرهای T شکل با منظور کردن عرض موثر بال محاسبه می‌شود؛ و یا دو برابر ممان اینرسی ناخالص مقطع مستطیلی جان منظور می‌گردد.

طبق بند ۹-۶-۵-۱-۳، در تحلیل برای بارهای جانبی ضریب‌دار می‌توان ممان اینرسی کلیه اعضا را برابر  $0.5I_g$  در نظر گرفت؛ یا می‌توان ممان اینرسی اعضا را با استفاده از روش‌های دقیقتری که سختی موثر همه اعضای تحت بار را منظور می‌نمایند، محاسبه نمود.

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



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



### جدول ۹-۶-۲ الف ممان اینرسی و سطح مقطع مجاز اعضا در تحلیل الاستیک برای بارهای ضریب‌دار

| عضو و شرایط آن              | ممان اینرسی | سطح مقطع برای تغییر شکل محوری | سطح مقطع برای تغییر شکل برشی |
|-----------------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| ستون‌ها                     | $0.7I_g$    |                               |                              |
| دیوارها                     | $0.7I_g$    | $1.0A_g$                      | $b_w h$                      |
| تیرها                       | $0.35I_g$   |                               |                              |
| دال‌های تخت و دال‌های قارچی | $0.25I_g$   |                               |                              |

جدول ۹-۶-۲ ب مقادیر دقیقتر ممان اینرسی اعضا در تحلیل الاستیک برای بارهای ضریب‌دار

| عضو                                | مقادیر ممان اینرسی | حداکثر     |
|------------------------------------|--------------------|------------|
| ستونها و دیوارها                   | $0.35I_g$          | $I$        |
| تیرها، دال‌های تخت و دال‌های قارچی | $0.25I_g$          | $0.875I_g$ |

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

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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۱۳-۴، در تحلیل سازه باید سختی خمشی و پیچشی اعضای ترک خورده به نحو مناسب محاسبه و منظور گردد. اثر ترک خوردگی باید با توجه به تغییر شکل‌های محوری و خمشی و آثار دراز مدت محاسبه شود. در غیاب محاسبات دقیق برای منظور کردن اثر ترک‌خوردگی می‌توان:

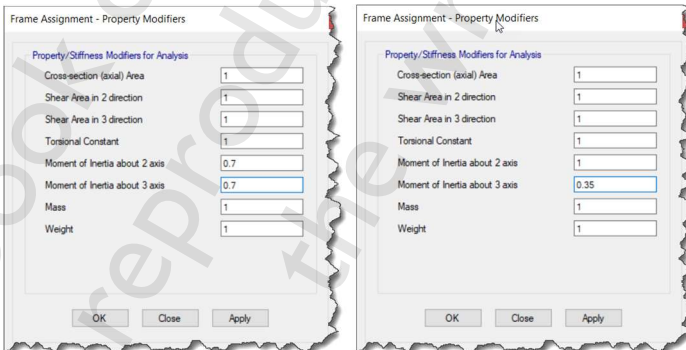
- در قاب‌های مهار نشده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل  $0.35$  و  $0.7$  برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- در قاب‌های مهار شده سختی خمشی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل  $0.5$  و  $1$  برابر سختی خمشی مقطع ترک نخورده آنها منظور نمود.
- سختی خمشی دیوارها در هر دو جهت را در صورتی که ترک خورده باشند  $0.35$  و در غیر این صورت  $0.7$  برابر سختی خمشی مقطع کل منظور نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۳۱

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

در ویرایش ۹۹ مبحث نهم مقدار ضریب ترک خوردگی تیرها و ستون‌ها در تمام سازه‌ها (حتی آنهایی که دارای دیوار برشی هستند، به ترتیب  $0.35$  و  $0.7$  داده شده است.

همچنین در ویرایش ۹۹ مبحث نهم، میتوان ضریب ترک خوردگی برای تمامی اعضا را برابر  $0.5$  در نظر گرفت.



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

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

Change

### اعمال ضریب اضافه مقاومت در طراحی برخی اجزاء

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۲۰-۵-۴-۱، مقاومت برشی تیر،  $\phi V_n$ ، نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر در نظر گرفته شود:

الف- مجموع نیروی برشی ایجاد شده در تیر در اثر بارهای ثقلی ضریبدار و مولفه‌ی قائم زلزله و نیروی برشی متناظر با ظرفیت خمشی اسمی موجود در دو انتهای مقید تیر با منظور نمودن انحناهای خمشی دو جهته در بر تکیه گاه‌ها؛

ب- حداکثر برش به دست آمده از ترکیب‌های بارگذاری که در آنها به جای برش ناشی از زلزله‌ی  $E$  مقدار  $2E$  جایگزین شده باشد.

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

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

$w_u = 1.2D + 1.0L$

$M_{nl}$ ,  $M_{nr}$ ,  $V_{ul}$ ,  $V_{ur}$ ,  $l_n$

برش تیر

$$V_e = \frac{M_{nl} + M_{nr}}{l_n} \pm \frac{w_u l_n}{2}$$

**ACI318-19: 18.4.2.3**  $\phi V_n$  shall be at least the lesser of (a) and (b):

(a) The sum of the shear associated with development of nominal moment strengths of the beam at each restrained end of the clear span due to reverse curvature bending and the shear calculated for factored gravity loads

(b) The maximum shear obtained from design load combinations that include E, with E taken as twice that prescribed by the general building code

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





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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

۵-۳-۲۳-۹ طراحی برای برش در اعضای قابها

۵-۳-۲۳-۹ در اعضای تحت خمش و تحت نیروی محوری و خمش در قابها، کنترل حالت حدی نهایی مقاومت در برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقدار  $V_u$  در این رابطه نباید از یکی از دو مقدار (الف) و (ب) این بند کمتر در نظر گرفته شود:

الف- مجموع نیروی برشی ایجاد شده در عضو در اثر بارهای قائم نهایی و نیروی برشی همساز با لنگرهای خمشی اسمی موجود در مقاطع انتهایی با انحنای خمشی مضاعف، با فرض تشکیل مفصل‌های پلاستیکی

ب- نیروی برشی به دست آمده از تحلیل ساختمان زیر اثر بارهای نهایی ناشی از بارهای قائم و نیروی جانبی زلزله با فرض آنکه نیروی زلزله مؤثر به ساختمان دو برابر مقدار تعیین شده در مبحث ششم مقررات ملی ساختمان منظور شود.

این بخش طراحی برشی تیرها بین دو نسخه ۹۲ و ۹۹ یکسان است.

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



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

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

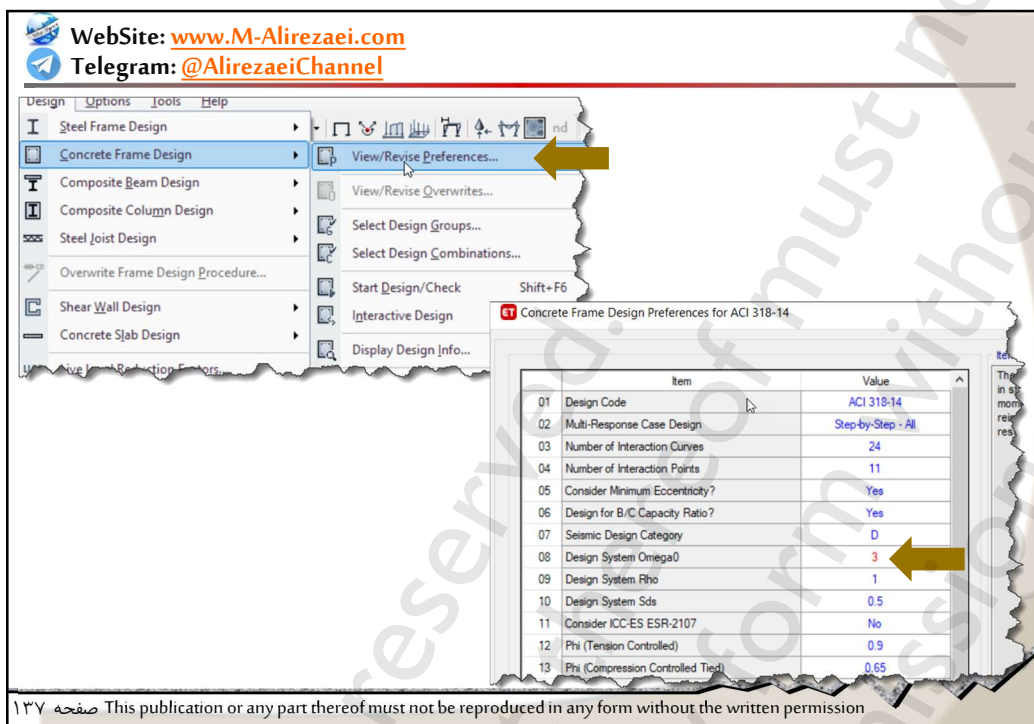
طبق بند ۴-۳-۵-۲۰-۹، برش در ستون‌های با شکل پذیری متوسط

۴-۳-۵-۲۰-۹ در ستون‌ها مقاومت برشی مقطع،  $\phi V_n$ ، نباید از کوچکترین دو مقدار (الف) و (ب) زیر کمتر در نظر گرفته شود:

الف- نیروی برشی ایجاد شده در ستون در اثر بارهای ثقلی ضربیدار و نیروی برشی متناظر با لنگرهای خمشی اسمی موجود در مقاطع انتهایی با انحنای خمشی دو جهته، در هر امتداد. بار محوری ضربیدار باید از ترکیبی در بارگذاری ستون انتخاب شود که بیشترین لنگر خمشی اسمی متناظر با آن حاصل گردد.

ب- حداکثر برش به دست آمده از ترکیب‌های بارگذاری ضربیدار شامل زلزله که در آنها به جای برش ناشی از زلزله، مقدار  $E \Omega_0 \times E$  جایگزین شده باشد.

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



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

Change

### محدودیت قطر میلگرد استفاده شده در ستون‌های با شکل‌پذیری ویژه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۲۰-۹-۳-۲ در طول آزاد ستون، آرماتورهای طولی ستون باید به گونه‌ای انتخاب شوند که  $1.25l_d \leq l_u/2$  باشد. در این رابطه  $l_d$  طول گیرایی آرماتورهای طولی  $l_u$  و طول آزاد ستون است.

طبق این بند نمی‌توان میلگرد با قطرهای بالا را در هر ستونی بکار برد. دلیل این محدودیت جلوگیری از خرابی ناشی از جداشدگی پیوند یا چسبیدگی بین بتن و آرماتور است. یکی از روش‌های جلوگیری از این خرابی استفاده از میلگرد با قطر کم است.

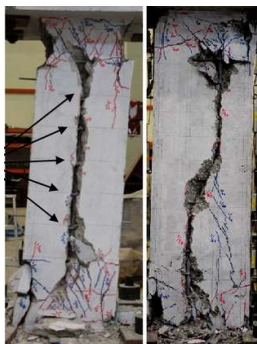
ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ وجود ندارد.  $l_d \leq \frac{l_u}{2.5} = \frac{l_u}{1.25}$

مثلاً اگر طول آزاد ستون ۳ متر باشد، حداکثر قطر میلگرد قابل استفاده، باید دارای  $l_d < 1.2m$  باشد.

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

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

به عنوان مثال، مطابق جدول زیر، برای بتن C30، برای ارتفاع حدود ۳ متر، حداکثر از قطر میلگرد ۲۸ می‌توان استفاده نمود.



| با فرض میلگرد AIII، بتن C30 و با صرف نظر از آرماتور عرضی |         |             | با فرض میلگرد AIII، بتن C25 و با صرف نظر از آرماتور عرضی |             |  |
|----------------------------------------------------------|---------|-------------|----------------------------------------------------------|-------------|--|
| d <sub>b</sub>                                           | Ld (cm) | min Lu (cm) | Ld (cm)                                                  | min Lu (cm) |  |
| 8                                                        | 30      | 76          | 28                                                       | 70          |  |
| 10                                                       | 38      | 95          | 35                                                       | 88          |  |
| 12                                                       | 46      | 114         | 42                                                       | 105         |  |
| 14                                                       | 53      | 133         | 49                                                       | 123         |  |
| 16                                                       | 61      | 152         | 56                                                       | 140         |  |
| 18                                                       | 69      | 171         | 63                                                       | 158         |  |
| 20                                                       | 94      | 235         | 88                                                       | 219         |  |
| 22                                                       | 104     | 259         | 96                                                       | 241         |  |
| 25                                                       | 118     | 294         | 110                                                      | 274         |  |
| 28                                                       | 132     | 329         | 123                                                      | 307         |  |
| 30                                                       | 141     | 353         | 131                                                      | 329         |  |
| 32                                                       | 151     | 376         | 140                                                      | 351         |  |

Square column      Rectangular column

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

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

Change

### لزوم تعویض جهت قرار گیری قلاب‌های دوخت (سنجاقی)

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۹-۲۱-۲-۶ قلاب‌های دوخت باید شرایط زیر را تامین کنند. آرماتور طولی

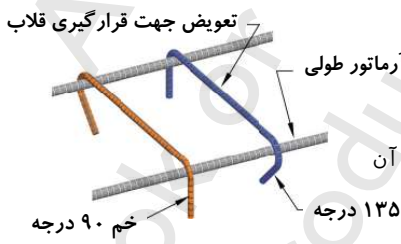
الف - سنجاقی باید یکپارچه باشد.

ب - یک انتهای سنجاقی باید دارای قلاب لرزه‌ای بوده، و انتهای دیگر آن باید دارای قلاب با زاویه‌ی حداقل ۹۰ درجه باشد.

پ - قلاب باید در برگرفته‌ی میلگرد طولی پیرامونی مقطع باشد.

ت - انتهای با خم ۹۰ درجه‌ی دو سنجاقی متوالی که میلگرد طولی را در بر می‌گیرند، باید به طور یک در میان در وجوه مقابل مقطع قرار گیرند؛ مگر آن که ضوابط بند ۹-۲۱-۶-۱ یا ۹-۲۰-۶-۲-۳ تامین شوند.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ وجود ندارد.



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

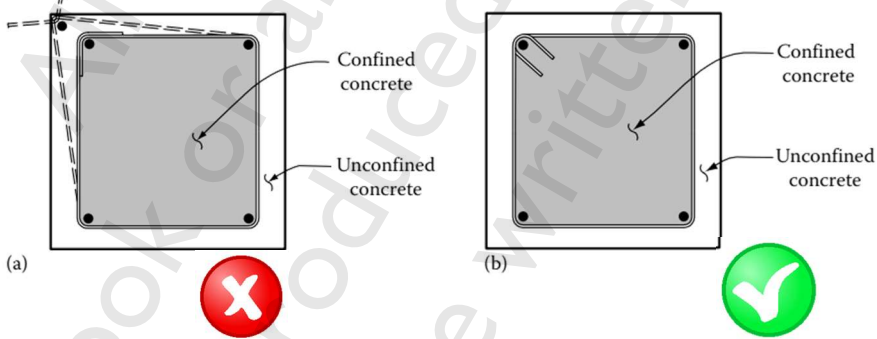
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)

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



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

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

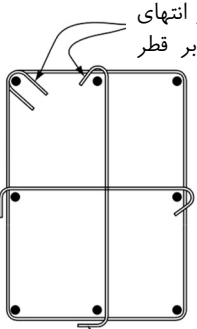


(a) (b)

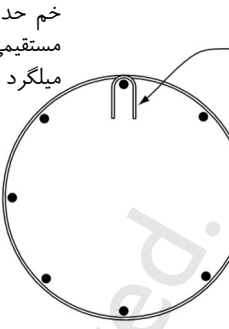
استفاده از خاموت با خم ۹۰ درجه در گوشه قادر به محصور نمودن بتن بعد از خرابی کاور نبوده و  
بایستی از قلاب ۱۳۵ در مناطق با لرزه‌خیزی بالا استفاده نمود.

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

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



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



قلاب ۹۰ درجه برای حلقه دایره‌ای

ACI 318-19  
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 318-19  
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

صفحه ۱۴۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

Change

### حداقل بعد ستون متناسب با میلگرد عبوری کرده تیر در قاب ویژه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۹-۲۰-۶-۲-۳ در مواردی که آرماتورهای طولی تیر از ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون عبور میکنند، بعد گره، h، به موازات آرماتورهای طولی تیر باید بیشترین مقدار به دست آمده از (الف) تا (پ) باشد:

الف- برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کمتر برابر با  $\frac{20}{\lambda} d_b$  که  $d_b$  قطر میلگرد بزرگتر است.

ب- برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۵۲۰ مگاپاسکال و کمتر برابر با  $26d_b$  که  $d_b$  قطر میلگرد بزرگتر است.

پ- نصف ارتفاع هر تیری که در امتداد مورد نظر به اتصال تیر به ستون وصل بوده و با عملکرد خود به صورت بخشی از سیستم مقاوم در برابر زلزله، در اتصال ایجاد برش می‌کند.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ وجود ندارد

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

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

مثال، اگر میلگرد طولی تیر ۲۵ و از نوع AIII باشد، ارتفاع تیر سمت چپ و راست ستون، ۵۰ سانتیمتر باشد، حداقل بعد ستون چقدر است؟ نوع بتن معمولی است

$$\max \begin{cases} \frac{20}{\lambda} d_b \rightarrow f_y \leq 420 \text{ MPa} \\ 26 d_b \rightarrow f_y = 520 \text{ MPa} \\ \frac{h_1}{2} \text{ or } \frac{h_2}{2} \end{cases}$$

$$\max \begin{cases} \frac{20}{1.0} \times 2.5 = 50 \text{ cm} \rightarrow f_y \leq 420 \text{ MPa} \\ \frac{h_1}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm} \end{cases}$$

بنابراین حداقل بعد ستون ۵۰ سانت است.

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

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

Change

### برش چشمه اتصال قاب خمشی متوسط

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۴-۲۰-۹ ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در قاب‌های متوسط

۷-۴-۲۰-۹ برش در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون

۱-۷-۴-۲۰-۹ مقاومت برشی اتصالات درجا ریز تیر به ستون باید رابطه‌ی  $\phi V_n \geq V_u$  را تامین کند.

۲-۷-۴-۲۰-۹ در ناحیه گره براساس بند ۳-۳-۲۰-۹ تعیین می‌شود.

۳-۷-۴-۲۰-۹  $\phi$  براساس بند ۴-۷-۹ برای برش تعیین می‌شود.

۴-۷-۴-۲۰-۹ در ناحیه گره براساس بند ۴-۵-۶-۲۰-۹ تعیین می‌شود.

$\phi = 0.75$  براساس جدول ۲-۷-۹

بند ۳-۳-۲۰-۹: اتصالات تیر به ستون در قاب‌های با شکل پذیری کم

اتصالات تیر به ستون باید مطابق فصل ۹-۱۶ بوده و برش اتصال  $V_u$  باید در صفحه‌ی افقی در وسط ارتفاع اتصال تیر به ستون، و با منظور نمودن نیروهای کششی و فشاری ناشی از لنگرهای اسمی تیر،  $M_n$ ، محاسبه گردد.

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



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

مقدار  $V_u$  در گره اتصال، چگونه محاسبه می‌شود؟

در یک سازه بتن مسلح ممکن است انواع گوناگونی از اتصالات وجود داشته باشند. اتصالات ممکن است ۳ یا ۴ بعدی باشند. ممکن است زوایای اعضای متصل به هم حاده، قائمه و یا منفرجه باشند. در قابهای شیبدار زوایای تیر و ستون غیرقائم است. در قابهای بتن مسلح مسطح از نظر تعداد اعضای متصل بهم می‌توان اتصالات را به انواع دو عضوی یا گوشه، اتصالات سه عضوی یا خارجی و اتصالات چهار عضوی یا میانی تقسیم نمود.

اتصال داخلی      اتصال خارجی      اتصال گوشه

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۴۷

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

نیروی برشی در اتصال

مطابق شکل، یک اتصال خارجی تیر به ستون در نظر بگیرید که از وسط ستون مقطع زده شده است. نیروی برشی اتصال برابر است با:

$$V_{u,joint} = T_n - V_{col}$$

با فرض نقطه عطف

اتصال تیر به ستون خارجی

نیمه بالایی اتصال خارجی

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۴۸

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

که در آن  $T_n$  نیروی کششی ناشی از جاری شدن میلگردهای بالایی تیر برابر  $\alpha A_s f_y$  بوده که  $\alpha=1.0$  است. همچنین نیروی برشی ستون بوده که از تحلیل سازه تعیین می‌شود. برای یک اتصال داخلی داریم:

با فرض نقطه عطف:

$$V_{u,joint} = T_{n1} + C_{n2} - V_{col}$$

نیمه بالایی اتصال داخلی

که در آن  $C_{n2}$  نیروی فشاری بتن در وجه دیگر است.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۴۹

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

مقدار  $V_n$  در گره اتصال، چگونه محاسبه می‌شود؟

طبق بند ۹-۲۰-۶-۵-۳ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون،  $V_n$  بصورت زیر تعیین می‌شود، در این روابط برای بتن با وزن معمولی  $\lambda=1.0$  و برای بتن سبک  $\lambda=0.75$  است.

| ستون                       | تیر در امتدادی که $V_u$ حساب شده است. | محصور شدگی با تیرهای عرضی مطابق بند ۹-۱۶-۲-۸ | $V_n$ (N)                  |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------|
| پیوسته یا مطابق بند ۹-۱۶-۶ | پیوسته یا مطابق بند ۹-۱۶-۷            | محصور شده                                    | $1.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            |                                       | محصور نشده                                   | $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            | سایر موارد                            | محصور شده                                    | $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            |                                       | محصور نشده                                   | $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
| سایر موارد                 | پیوسته یا مطابق بند ۹-۱۶-۷            | محصور شده                                    | $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            |                                       | محصور نشده                                   | $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            | سایر موارد                            | محصور شده                                    | $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |
|                            |                                       | محصور نشده                                   | $0.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ |

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۵۰

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

بند ۹-۱۶-۲-۶:

ادامه (توسعه) یک ستون در حالتی شرایط پیوستگی در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی را ایجاد می‌نماید که شرایط زیر برآورده گردند:

الف- ستون در بالای ناحیه‌ی اتصال حداقل به میزان یک عمق ستون ( $h$ ) در امتداد برش مورد بررسی ادامه داشته باشد.

ب- میلگردهای طولی و عرضی ستون در پایین ناحیه‌ی اتصال تا انتهای ستون در بالا ادامه یابند.

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

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

بند ۹-۱۶-۲-۷:

ادامه (توسعه) یک تیر در حالتی شرایط پیوستگی در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی را ایجاد می‌نماید که شرایط زیر برآورده گردند:

الف- تیر بعد از ناحیه‌ی اتصال حداقل به میزان یک عمق تیر ( $h$ ) ادامه داشته باشد.

ب- میلگردهای طولی و عرضی تیر در سمت مقابل ناحیه اتصال تیر به ستون تا انتهای تیر ادامه یابند.

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

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

بند ۹-۱۶-۲-۸:

در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی وقتی دارای شرایط محصور شدگی است که در آن دو تیر عرضی مطابق بندهای (الف) و (ب) و (پ) در زیر قرار داده شود:

الف- عرض هر یک از تیرهای عرضی حداقل سه چهارم عرض ستون در وجه اتصال باشد.

ب- تیرهای عرضی حداقل به طول یک عمق تیر بعد از ناحیه‌ی اتصال ادامه داشته باشند.

پ- تیرهای عرضی حداقل دارای دو میلگرد پیوسته در بالا و پایین مطابق بند ۹-۱۱-۵-۱ باشند؛ و حداقل دارای خاموتهایی با قطر ۱۰ میلی متر یا بیشتر مطابق بندهای ۹-۱۱-۵-۲ و ۹-۱۱-۶-۳ باشند.

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

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

بند ۹-۱۶-۴-۳:

سطح مقطع موثر ناحیه‌ی اتصال ( $A_j$ ) از حاصل ضرب عمق ستون در راستای مورد بررسی در عرض موثر ناحیه‌ی اتصال به دست می‌آید. عرض موثر در صورتی که عرض تیر از عرض ستون بیشتر باشد، برابر با عرض ستون، و در صورتی که عرض ستون از عرض تیر بیشتر باشد، برابر با حداقل مقادیر (الف) و (ب) منظور می‌گردد:

الف- عرض تیر به علاوه‌ی عمق ستون

ب- دو برابر فاصله‌ی عمودی بین محور طولی تیر تا نزدیکترین وجه ستون

میلگردهایی که تولید برش می‌کنند

جهت ایجاد برش

$h$

$b$

$x$

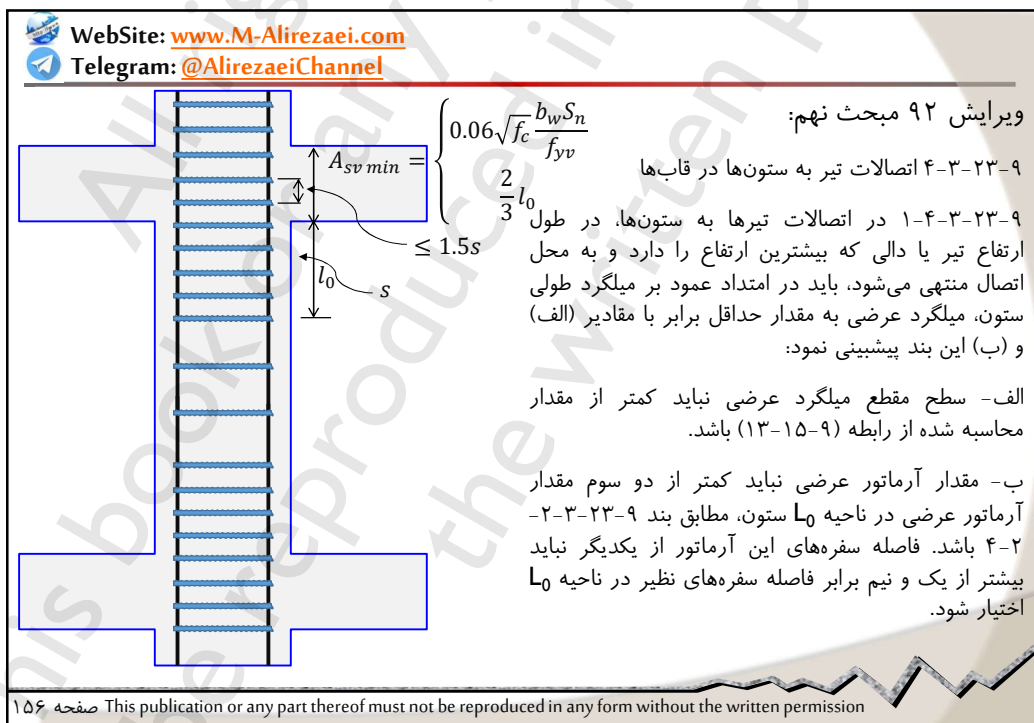
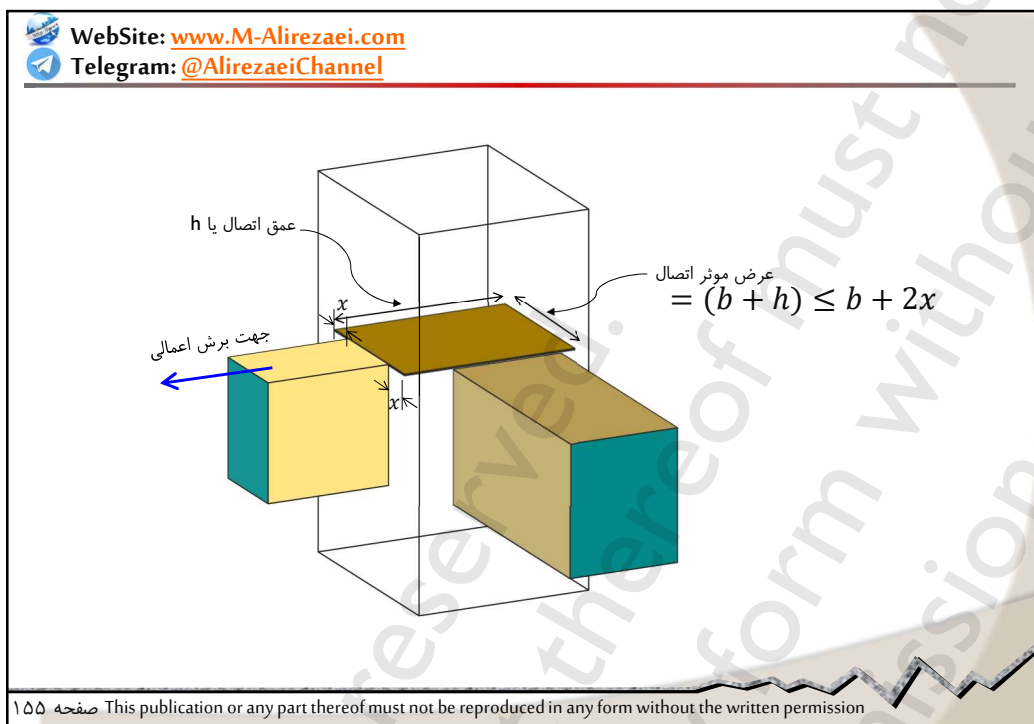
$A_j$

$b$

$x$

عرض موثر =  $\min \begin{cases} b + h \\ b + 2x \end{cases}$

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



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

مثال) کفایت اتصال زیر برش را بررسی نمایید. ارتفاع طبقه ۳ متر، مقاومت مشخصه بتن ۳۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و تنش تسلیم میلگردها ۴۲۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع در نظر گرفته شود. اتصال در یک قاب خمشی متوسط است. اتصال محصور شده فرض شود.

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

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

نیروی برشی در مرکز اتصال:

$$V_u = T_n - V_{col}$$

که در آن  $T_n$  نیروی کششی ناشی از جاری شدن میلگردهای بالایی تیر برابر  $\alpha A_s f_y$  بوده که  $\alpha = 1.0$  (برای حالات غیر لرزه‌ای) است.

$$T_n = \frac{1.0(10 \times \pi \times 2^2 \times 0.25)(4200)}{1000} = 131.922 \text{ ton}$$

از تعادل نیروها،  $C_n = T_n$  است (شکل اسلاید بعد) بنابراین:

$$0.85(300)(a)(40) = 131.922(1000) \Rightarrow a = 12.93 \text{ cm}$$

$$d = 80 - 4 - 1 - 2 - 1.25 = 71.75 \text{ cm}$$

$$M_n = A_s f_y \left( d - \frac{a}{2} \right) = \frac{(10 \times \pi \times 2^2 \times 0.25)(4200)}{10^5} \left( 71.75 - \frac{12.93}{2} \right)$$

$$= 86.125 \text{ t.m}$$

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



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

$$V_{col} l_{pc} = M_n \Rightarrow V_{col} = \frac{M_n}{3} = \frac{86.125}{3} = 28.708 \text{ t}$$

$$V_u = 131.922 - 28.708 = 103.214 \text{ t}$$

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

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

$$b_j = \min \left\{ \begin{array}{l} b + h \\ b + 2x \end{array} \right\} = \min \left\{ \begin{array}{l} 40 + 60 \\ b + 0 \end{array} \right\} = 40 \text{ cm}$$

$$V_n = \left( 1.7 \lambda \sqrt{f'_c} A_j \right)_{MPa} = \left( 5.3 \lambda \sqrt{f'_c} A_j \right)_{kg/cm^2} =$$

$$= \frac{5.3 \times 1.0 \times \sqrt{300} (40)(60)}{1000} = 220.32 \text{ t}$$

$$\phi V_n = 0.75(220.32) = 165.24 \text{ t} > 103.214 \text{ t}$$

بنابراین اتصال کفایت برشی لازم را دارد.

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

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

Change

### برش چشمه اتصال قاب خمشی ویژه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۵-۶-۲۰-۹ اتصالات تیر به ستون در قاب‌های ویژه

۱-۲-۵-۶-۲۰-۹ نیروهای آرماتورهای طولی تیرها در بر ناحیه‌ی اتصال باید با فرض تنش کششی  $f_y = 1.25f_y$  محاسبه شوند.

۱-۴-۵-۶-۲۰-۹ نیروی برشی در اتصال تیر به ستون باید در صفحه‌ی افقی وسط ارتفاع این اتصال و بر اساس نیروهای محاسبه شده در بر گره، با توجه به نیروهای فشاری و کششی در تیرها که مطابق بند ۱-۲-۵-۶-۲۰-۹ به دست آمده، و نیروی برشی در ستون‌ها در براساس مقاومت خمشی محتمل تیرها،  $M_{pr}$  محاسبه گردد.

۲-۴-۵-۶-۲۰-۹  $\phi$  براساس بند ۵-۴-۷-۹ پ برای برش تعیین می‌شود.  $\phi = 0.85$  براساس بند ۵-۴-۷-۹ پ

۳-۴-۵-۶-۲۰-۹  $V_n$  در ناحیه گره براساس جدول ۲-۲۰-۹ تعیین می‌شود.

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

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

Change

### مقدار $V_n$ در گره اتصال، چگونه محاسبه می‌شود؟

طبق بند ۳-۴-۵-۶-۲۰-۹ مقاومت برشی ناحیه اتصال تیر به ستون،  $V_n$  بصورت زیر تعیین می‌شود، در این روابط برای بتن با وزن معمولی  $\lambda = 1.0$  و برای بتن سبک  $\lambda = 0.75$  است.

| $V_n$ (N)                  | محصور شدگی با تیرهای عرضی مطابق بند ۸-۲-۱۶-۹ | تیر در امتدادی که $V_u$ حساب شده است. | ستون                         |
|----------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| $1.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور شده                                    | پیوسته یا مطابق بند ۷-۲-۱۶-۹          | پیوسته یا مطابق بند ۶-۲-۱۶-۹ |
| $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور نشده                                   | سایر موارد                            |                              |
| $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور شده                                    |                                       |                              |
| $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور نشده                                   |                                       |                              |
| $1.2\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور شده                                    | پیوسته یا مطابق بند ۷-۲-۱۶-۹          | سایر موارد                   |
| $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور نشده                                   | سایر موارد                            |                              |
| $1.0\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور شده                                    |                                       |                              |
| $0.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$ | محصور نشده                                   |                                       |                              |

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



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

### آرماتور عرضی

طبق بند ۹-۲۰-۶-۳-۱، آرماتور گذاری عرضی باید در کلیه نواحی اتصالی، به جز آنهایی که در بند ۹-۲۰-۶-۵-۳ اشاره شده‌اند، مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۶-۳-۲ تا ۹-۲۰-۶-۳-۴ و ۹-۲۰-۶-۳-۷ (ضوابط آرماتور گذاری ناحیه I<sub>0</sub> ستون) به کار برده شود.

۹-۲۰-۶-۳-۲ در نواحی اتصالی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم بعد ستونی که به آن متصل می‌شوند، نیستند، می‌توان در طولی به اندازه کوتاه ترین ارتفاع تیر، h، از آرماتور عرضی، مساوی با نصف مقدار تعیین شده برای ناحیه I<sub>0</sub> ستون، استفاده نمود و فاصله آنها نیز به مانند فاصله آنها را از هم به جای فاصله آرماتورهای عرضی ناحیه I<sub>0</sub> ستون، تا ۱۵ سانتیمتر افزایش داد.

طبق بند ۹-۲۰-۶-۳-۳، در تیرهایی که آرماتورهای طولی آنها از داخل هسته محصور شده ستون عبور نمی‌کند، در صورتی که آرماتورها توسط تیر دیگری محصور نشده باشند، باید در سراسر طول آرماتور طولی که در خارج از هسته قرار دارند، از آرماتورهای عرضی که آرماتورهای عرضی که از ستون عبور می‌کنند، با فاصله ای به میزان گفته شده برای آرماتورهای عرضی تیر در ناحیه بحرانی استفاده نمود.

صفحه ۱۶۳ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



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



صفحه ۱۶۴ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

طبق بند ۹-۲۰-۶-۳-۴، مقدار آرماتور عرضی ویژه لازم در ناحیه بحرانی برای تنگ های چند ضلعی باید مطابق (الف) و (ب) زیر محاسبه شود (روابط بر حسب MPa).

الف) در صورتی که  $P_u \leq 0.3A_g f'_c$  و  $f'_c \leq 70 \text{ Mpa}$  داریم:

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

ب) در صورتی که  $P_u > 0.3A_g f'_c$  یا  $f'_c > 70 \text{ Mpa}$  داریم:

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.2k_f k_n \frac{P_u}{A_{ch} f_{yt}} \end{array} \right.$$

که در آن  $n_l$  تعداد آرماتور یا گروه آرماتورهای واقع در محیط هسته ستون یا دورگیرهای با خطوط مستقیم که از نظر عرضی به قلابهای لرزهای و یا گوشه دورگیرها متکی هستند، میباشد.

$k_f = \frac{f'_c}{175} + 0.6 \geq 1.0$   
 $k_n = \frac{n_l}{n_l - 2}$

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

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

طبق بند ۹-۲۰-۶-۳-۴، مقدار آرماتور عرضی ویژه لازم در ناحیه بحرانی برای تنگ های دایره‌ای باید مطابق (الف) و (ب) زیر محاسبه شود.

الف) در صورتی که  $P_u \leq 0.3A_g f'_c$  و  $f'_c \leq 70 \text{ Mpa}$  داریم:

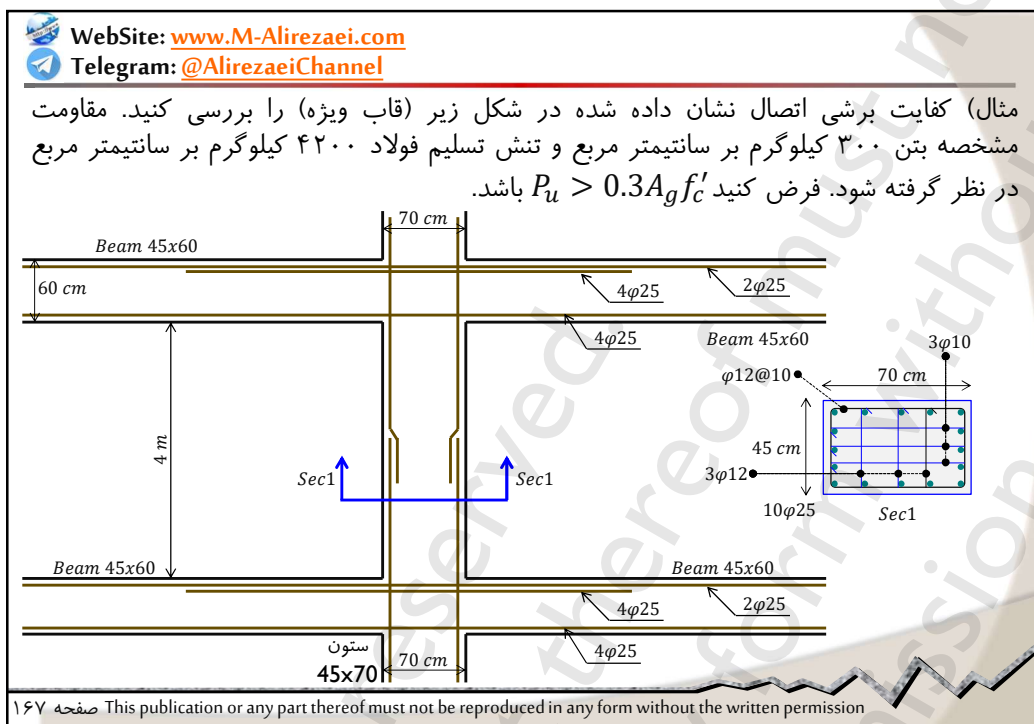
$$\rho_s = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$

ب) در صورتی که  $P_u > 0.3A_g f'_c$  یا  $f'_c > 70 \text{ Mpa}$  داریم:

$$\rho_s = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.35k_f \frac{P_u}{A_{ch} f_{yt}} \end{array} \right.$$

$k_f = \frac{f'_c}{175} + 0.6 \geq 1.0$

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



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

طبق مبحث نهم، وقتی که آرماتورهای طولی تیر از ناحیه اتصال تیر به ستون عبور می‌کنند، بعد ستون به موازات آرماتور طولی برای میلگردهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال و کمتر برابر با  $\frac{20}{\lambda} d_b$  باشد. بنابراین داریم:

$$20d_b / 1.0 = 20(2.5) = 50 \text{ cm} < 70 \text{ cm} \quad \text{Ok}$$

آرماتورهای عرضی:

برای برش در جهت کوتاه‌تر ستون داریم:

$$k_f = \frac{f'_c}{1750} + 0.6 = \frac{300}{1750} + 0.6 = 0.77 < 1.0 \Rightarrow k_f = 1.0$$

$$k_n = \frac{n_l}{n_l - 2} = \frac{10}{8} = 1.25$$

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

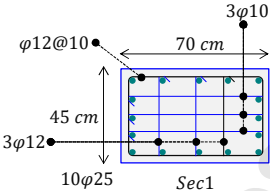
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

$$A_{sh2} = 0.3 \left( \frac{(45)(70)}{(37)(62)} - 1 \right) \frac{300(10)(62)}{4200} = 4.96 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh2'} = \frac{0.09(10)(62)(300)}{4200} = 3.98 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh2''} = 0.2(1.0)(1.25) \frac{337000}{4200(37)(62)} (10)(62) = 5.43 \text{ cm}^2$$

بنابراین  $A_{sh}=5.43$  لحاظ می‌شود. با توجه به مقطع که یک خاموت ۱۲ به همراه ۳ سنجاقی ۱۲ مقدار  $A_{sh}=5.65 \text{ cm}^2$  خواهد شد. بنابراین خوب است.



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

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

برای برش در جهت وجه بلندتر ستون داریم:

$$A_{sh1} = 0.3 \left( \frac{(45)(70)}{(37)(62)} - 1 \right) \frac{300(10)(37)}{4200} = 2.96 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh1'} = \frac{0.09(10)(37)(300)}{4200} = 2.38 \text{ cm}^2$$

$$A_{sh1''} = 0.2(1.0)(1.25) \frac{337000}{4200(37)(62)} (10)(37) = 3.24 \text{ cm}^2$$

بنابراین  $A_{sh}=3.24 \text{ cm}^2$  لحاظ می‌شود. با توجه به استفاده از یک خاموت ۱۲ به همراه ۳ سنجاقی ۱۰ مقدار  $A_{sh}=4.615 \text{ cm}^2$  خواهد شد. بنابراین بیشتر از مقدار حداقل است و خوب است.

مقاومت برشی اتصال:

برای بدست آوردن نیروی برشی اتصال، بایستی لنگر مورد انتظار تیر در بر اتصال بررسی شود.

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



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

ظرفیت خمشی مورد انتظار تیر:

$$M_{pr}(+ve) = 1.25A_s(+ve)f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

$$\Rightarrow 0.85(300)(a)(45) = 1.25(19.63)(4200)$$

$$\Rightarrow a = 8.98 \text{ cm}$$

$$M_{pr}(+ve) = \frac{1.25(19.63)(4200)}{10^5} \left( 53.75 - \frac{8.98}{2} \right) = 50.77 \text{ t.m}$$

$$d = 60 - 4 - 1 - \frac{2.5}{2} = 53.75 \text{ cm}$$

$$M_{pr}(-ve) = 1.25A_s(-ve)f_y \left( d - \frac{a}{2} \right)$$

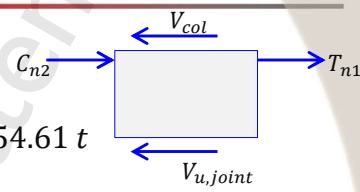
$$\Rightarrow 0.85(300)(a)(45) = 1.25(29.45)(4200)$$

$$\Rightarrow a = 13.47 \text{ cm}$$

$$M_{pr}(-ve) = \frac{1.25(29.45)(4200)}{10^5} \left( 53.75 - \frac{13.47}{2} \right) = 72.69 \text{ t.m}$$

صفحه ۱۷۱ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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



$$V_{col} = \frac{72.69 + 50.77}{4.6} = 26.84 \text{ t}$$

$$T_1 = 6 \times 1.25 \times \left( \pi \times \frac{2.5^2}{4} \right) \times 4200 \times 10^{-3} = 154.61 \text{ t}$$

$$C_2 = T_2 = 4 \times 1.25 \times \left( \pi \times \frac{2.5^2}{4} \right) \times 4200 \times 10^{-3} = 103.06 \text{ t}$$

$$V_{u,joint} = T_1 + C_2 - V_{col} = 154.61 + 103.06 - 26.84 = 230.83 \text{ t}$$

$$A_j = b_j h_c = 70 \times 45 = 3150 \text{ cm}^2$$

$$V_n = \left( 1.2\lambda\sqrt{f'_c} A_j \right)_{MPa} = \left( 4\lambda\sqrt{f'_c} A_j \right)_{\frac{kg}{cm^2}} = \frac{4(1)\sqrt{300}(3150)}{1000} = 218.24 \text{ t}$$

به دلیل آنکه  $V_u > \phi V_n$  شده، بایستی بعد ستون در جهت اعمال برش، بیشتر گردد.

$$\text{for } V_u = \phi V_n \Rightarrow 0.85 \frac{4(1)\sqrt{300}(45 \times h_{col})}{1000} = 230.83 \Rightarrow h_{col} = 87 \text{ cm}$$

صفحه ۱۷۲ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

۹-۲۳-۴-۴ اتصالات تیر به ستون در قاب‌های ویژه

۹-۲۳-۴-۱ ضوابط کلی طراحی

رابطه ۹-۱۵-۱

$$V_u \leq V_r$$

۹-۲۳-۴-۱-۱ طراحی اتصالات تیرها به ستونها در قابها برای برش باید براساس رابطه (۹-۱۵-۱) صورت گیرد. مقادیر  $V_u$  و  $V_r$  در این رابطه باید طبق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۱-۲ و ۹-۲۳-۴-۱-۳ تعیین شوند.

۹-۲۳-۴-۱-۲: نیروی برشی نهایی موثر به اتصال،  $V_u$ ، باید بر اساس تنش کششی برابر  $1.47f_y$  که ممکن است در میلگردهای کششی تیرهای دو سمت اتصال و نیز برش موجود در ستون‌های بالا و پایین اتصال پدید آید، محاسبه گردد. برای تعیین این مقادیر فرض می‌شود در تیرهای دو سمت اتصال مفصل‌های پلاستیک با ظرفیت‌های خمشی مثبت یا منفی، برابر با لنگرهای خمشی مقاوم محتمل،  $M_{pr}$ ، در مقاطع بر اتصال تشکیل شده باشند. جهت‌های این لنگرها باید به صورتی در نظر گرفته شوند که بیشترین برش در اتصال ایجاد شود.

۹-۲۳-۴-۱-۳: نیروی برشی مقاوم نهایی اتصال،  $V_r$ ، را می‌توان با شرط رعایت ضوابط بند ۹-۲۳-۴-۱-۲ حداکثر برابر با مقادیر (الف) تا (پ) این بند در نظر گرفت:

الف) برای اتصالات محصور شده در چهار سمت  $12A_v$ ، ب) برای اتصالات محصور شده در سه سمت و یا در دو سمت مقابل هم  $9A_v$ ، پ) برای سایر اتصالات  $7.5A_v$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۷۳

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

یک اتصال زمانی توسط نیرویی که به یک وجه آن میرسد محصور شده تلقی می‌گردد که تیر حداقل سه چهارم سطح آن اتصال را پوشانده باشد.

۹-۲۳-۴-۲-۱ در تمامی اتصالات به جز آنهایی که در بند ۹-۲۳-۴-۲-۲ گفته شده‌اند، باید آرماتورگذاری عرضی ویژه مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۳-۴-۲-۳ تا ۹-۲۳-۴-۲-۶ به کار برده شود.

۹-۲۳-۴-۲-۲: در اتصالاتی که در چهار سمت توسط تیرها محصور شده‌اند و عرض تیرها کمتر از سه چهارم بعد ستونی که به آن متصل می‌شوند، نیستند، باید در طولی به اندازه کوتاه‌ترین ارتفاع بر در اتصال آرماتورگذاری عرضی ویژه، مساوی با نصف آنچه در بند ۹-۲۳-۴-۲-۳ گفته شد، به کار برده شود. فاصله آرماتورهای عرضی در این اتصالات را می‌توان تا ۱۵۰ میلیمتر افزایش داد.

۹-۲۳-۴-۲-۳: آرماتورهای طولی تیرها که به ستون ختم می‌شوند باید تا انتهای دیگر هسته محصور شده ستون ادامه یابند و در صورت کششی بودن مطابق ضوابط بند ۹-۲۳-۴-۲-۳ و در صورت فشاری بودن مطابق ضوابط فصل بیست و یکم مهار شوند.

۹-۲۳-۴-۲-۴: در تیرهایی که آرماتور طولی آنها از داخل هسته محصور شده ستون عبور نمی‌کنند، در صورتی که این آرماتورها توسط تیر دیگری که به اتصال میرسد محصور نشده باشند، باید در سراسر طول آرماتور طولی که در خارج از هسته ستون قرار دارند آرماتور گذاری عرضی ویژه اجرا شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۷۴

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



### آرماتور جلدی (گونه) تیر

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۹-۱۱-۶-۴ در تیرهای با ارتفاع زیاد که در آنها  $h$  از ۹۰۰ میلی‌متر بیشتر است، آرماتورهای جلدی (گونه) باید به طور یکنواخت در دو وجه تیر در فاصله  $h/2$  از وجه کششی توزیع شوند. فاصله آرماتورهای جلدی نباید از مقدار  $s$  بر اساس ضابطه‌های بخش ۹-۱۹-۳ این مبحث بیشتر باشد. که در آن  $C_c$  فاصله پوشش خالص آرماتورهای جلدی از وجه کناری است. اثر آرماتورهای جلدی بر مقاومت را می‌توان با تحلیل همسازی کرنش اعمال نمود. آرماتورهای با قطر ۱۰ تا ۱۶ میلیمتر و یا شبکه‌ی میلگرد جوش شده با سطح مقطع حداقل برابر با ۲۱۰ میلیمتر مربع در یک متر ارتفاع، به عنوان آرماتور جلدی مناسب هستند.

۹-۱۹-۳ توزیع آرماتور خمشی و کنترل عرض ترک

۹-۱۹-۳-۱ در تیرها و دال‌های یک طرفه برای کنترل عرض ترکها و میزان گسترده‌گی آنها در ناحیه‌ی تحت کشش بتن، کافی است فاصله‌ی میلگردهای خمشی آجدار،  $s$ ، از حدودی که در زیر تعیین شده‌اند تجاوز نکند.

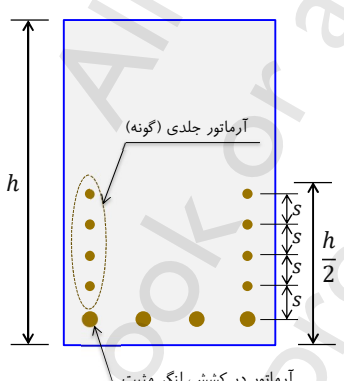
در این رابطه  $f_s$  میزان تنش در آرماتور کششی زیر اثر بارهای بهره‌برداري بر حسب مگاپاسکال و  $C_c$  کمترین فاصله‌ی سطح میلگردهای کششی آجدار از وجه کششی عضو بر حسب میلی‌متر است.

$$s = \min \begin{cases} 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2.5C_c \\ 300 \left( \frac{280}{f_s} \right) \end{cases}$$

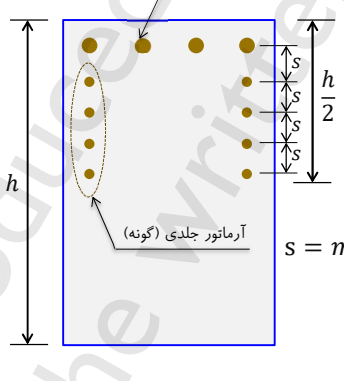
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۷۵

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





آرماتور در کشش، لنگر منفی



آرماتور در کشش، لنگر مثبت

$$s = \min \begin{cases} 380 \left( \frac{280}{f_s} \right) - 2.5C_c \\ 300 \left( \frac{280}{f_s} \right) \end{cases}$$

در محاسبه تنش کششی  $f_s$  در آرماتورها، به جای محاسبه‌ی دقیق بر مبنای روابط سازگاری کرنش‌ها در ارتفاع مقطع، می‌توان آن را برابر با  $2/3 f_y$  به حساب آورد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۷۶

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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

۹-۱۷-۳ برای اعضاء بتن مسلح به عمق  $d$  بزرگتر از ۷۵۰ میلیمتر آرماتور طولی گونه باید به طور یکنواخت در ارتفاع عضو با فاصله  $0.5h-2(h-d)$  از میلگرد اصلی توزیع شود. مساحت کلی این میلگردها باید برابر  $\rho_{sk} A_{cs}$  که در آن  $A_{cs}$  مجموع مساحت نوارهای گونه عضو می باشد که هر نوار دارای ارتفاع  $0.5h-2(h-d)$  و عرضی معادل دو برابر فاصله مرکز میلگرد گونه تا رویه بتن در جدار است (که نباید بیشتر از نصف عرض جان باشد) و در آن  $\rho_{sk}$  برای فضاهای داخلی برابر با  $0.008$  و برای فضاهای خارجی  $0.01$  می باشد. بیشترین فاصله بین آرماتورهای گونه ۲۰۰ میلیمتر می باشد. این آرماتورهای گونه در صورتیکه تحلیل سازگاری کرنشی برای تعیین تنش در هر آرماتور انجام گرفته باشد می تواند در محاسبات خمشی منظور گردد.

این دو مقدار در مبحث نهم ۹۲ جایجای گفته شده بود.  
مقدار  $A_{cs}$  سطح کل هاشور خورده است.

$A_{s,skin} = \rho_{sk} A_{cs}$   
 $A_{cs} = 2 \left[ 2X \left( \frac{h}{2} - 2(h-d) \right) \right]$   
 $\rho_{sk} = \begin{cases} 0.008 & \text{برای فضاهای داخلی} \\ 0.010 & \text{برای فضاهای خارجی} \end{cases}$

صفحه ۱۷۷ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

آرماتور حداقل در شالوده نواری و گسترده

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۹-۱۵-۳ شالوده های سطحی  
۹-۱۵-۳-۱ کلیات

۹-۱۵-۳-۷ در تعیین میلگردهای حداقل خمشی در شالوده های سطحی، ضوابط دالهای یک طرفه برای شالوده های سطحی با عمل کرد یک طرفه، و ضوابط دالهای دو طرفه برای شالوده های سطحی با عملکرد دو طرفه ملاک محاسبه می باشند. تیرهای روی زمین و تیرهای باسکولی از ضوابط تیرها پیروی می کنند.

۹-۹ دال های یکطرفه

۹-۹-۱ حداقل آرماتور خمشی،  $A_{s,min}$  در وجه کششی، باید برابر با  $0.0018A_g$  در نظر گرفته شود.

۹-۱۰ دال های دوطرفه

۹-۱۰-۲ حداقل آرماتور خمشی،  $A_{s,min}$  در وجه کششی، باید برابر با  $0.0018A_g$  در نظر گرفته شود.

صفحه ۱۷۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

۲-۵-۲۰-۹ در شالوده‌های نواری مقدار نسبت آرماتور در ناحیه کششی نباید کمتر از 0.25% اختیار شود، مگر آنکه آرماتور بکار رفته به اندازه یک سوم بیشتر از مقدار آرماتور تعیین شده در محاسبات باشد. در حالت اخیر این نسبت نمیتواند کمتر از 0.15% اختیار گردد.

۱-۸-۲۰-۹ نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای شالوده‌های به ضخامت کمتر یا مساوی ۱۰۰۰ میلیمتر نباید از مقدار بدست آمده از رابطه زیر کمتر اختیار شود.

$$\frac{f_{yd}}{0.16\sqrt{f_{cd}}}$$

۲-۸-۲۰-۹ نسبت سطح مقطع آرماتور حرارت و جمع شدگی لازم به کل سطح مقطع بتن برای شالوده‌های به ضخامت بیشتر از ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر نباید از  $\alpha$  برابر نسبت‌های مندرج در بند ۱-۸-۲۰-۹ کمتر اختیار شود.

$$\alpha = 1.3 - 0.0003h$$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۷۹

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

Change

استفاده از دال به عنوان بخشی از سیستم باربر جانبی

دال تخت: دالی که به تیرها تکیه ندارد و مستقیماً روی دیوار یا ستون می‌نشیند.

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۵-۲۰-۹ قاب‌های با شکل پذیری متوسط

۵-۲۰-۹ دال‌های دو طرفه‌ی بدون تیر

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

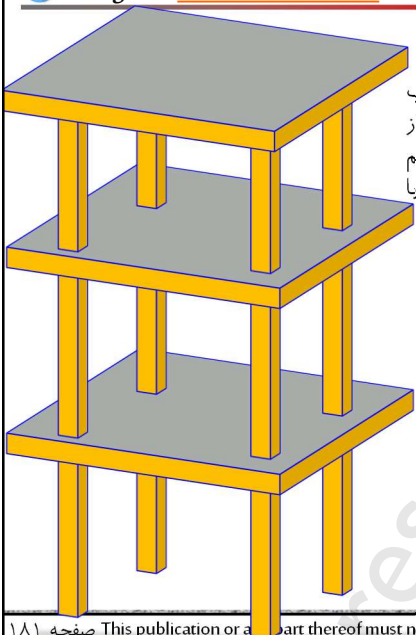
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۸۰

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

ویرایش چهارم ۲۸۰۰:

۵-۳-۵ استفاده از دال تخت یا قارچی و ستون به عنوان سیستم قاب خمشی منحصراً در ساختمان‌های سه طبقه، و یا کوتاه‌تر از ۱۰ متر مجاز است. در صورت تجاوز از این حد، تنها در صورتی استفاده از این سیستم مجاز می‌باشد، که مقابله با نیروی جانبی زلزله توسط دیوارهای برشی و یا قاب‌های مهاربندی شده تأمین شود.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: توصیه ای در این زمینه ندارد



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

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

Change

حداقل ارتفاع تیر برای عدم کنترل خیز

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۶-۲-۱۱-۹ حداقل ارتفاع تیر

۱-۶-۲-۱۱-۹ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول، در تیرهایی که ارتفاع آنها از مقادیر مندرج در جدول ۱-۱۱-۹ بیشتر است، محاسبه‌ی خیز (افتادگی) الزامی نمی‌باشد؛ به شرط آن که این تیرها به قطعات غیر سازه‌ای مانند تیغه‌ها متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند، و خیز زیاد در آنها خسارتی ایجاد نکند.

جدول ۱-۱۱-۹ حداقل ارتفاع تیر

| عضو               | تکیه‌گاه‌های ساده | تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف | تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف | کنسول         |
|-------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|
| تیرها یا تیرچه‌ها | $\frac{l}{16}$    | $\frac{l}{18.5}$              | $\frac{l}{21}$                | $\frac{l}{8}$ |

تبصره: ۱ در جدول طول آزاد دهانه‌ی تیر است. مقادیر جدول برای بتن معمولی و آرماتورهای با مقاومت تسلیم ۴۲۰ مگاپاسکال می‌باشند. برای سایر موارد، حداقل ارتفاع باید بر اساس ضوابط ۲-۶-۲-۱۱-۹ و ۳-۶-۲-۱۱-۹ تغییر یابد.

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



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

۹-۱۱-۲-۶ برای سایر انواع فولادها، مقادیر جدول ۹-۱۱-۱ باید در ضریب  $(0.4 + \frac{f_y}{700})$  ضرب شوند.

مثال) در تیرهای زیر از میلگرد S400 استفاده شده، حداقل ارتفاع تیر چقدر باشد؟

$h_{min} = (0.4 + \frac{400}{700}) \frac{300}{8} = 36.4 \text{ cm} !!!$   
معقول است؟

$h_{min} = (0.4 + \frac{400}{700}) \frac{700}{16} = 42.5 \text{ cm} !!!$

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

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

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

۹-۱۷-۵ محدودیت تغییر شکل در تیرها و دال‌ها

۹-۱۷-۳-۵ در ساختمان‌های متعارف و تحت بارگذاری‌های معمول در تیرها و دال‌های یکطرفه‌ای که ارتفاع یا ضخامت آنها از مقادیر مندرج در جدول شماره ۹-۱۷-۲ بیشتر است، محاسبه تغییر شکل الزامی نیست. مشروط بر آنکه این تیرها و دال‌ها بر قطعاتی غیرسازه‌ای مانند دیوارهای تقسیم که تغییر شکل زیاد در آنها خساراتی ایجاد کند، متصل نباشند و یا آنها را نگهداری نکنند.

جدول ۹-۱۷-۲ حداقل ارتفاع یا ضخامت تیر یا دال یکطرفه

| عضو                                         | با تکیه‌گاه‌های ساده | با تکیه‌گاه‌های پیوسته از یک طرف | با تکیه‌گاه‌های پیوسته از دو طرف | کنسول          |
|---------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------|
| تیرها یا دال‌های یکطرفه پشت بنددار          | $\frac{l}{16}$       | $\frac{l}{18.5}$                 | $\frac{l}{21}$                   | $\frac{l}{8}$  |
| دال‌های یکطرفه توپر یا سقف‌های تیرچه و بلوک | $\frac{l}{20}$       | $\frac{l}{20}$                   | $\frac{l}{28}$                   | $\frac{l}{10}$ |

جدول فوق برای فولاد طولی نوع S400 تنظیم شده و برای سایر انواع فولادها مقادیر باید در ضریب  $(0.4 + \frac{f_y}{700})$  ضرب شوند.

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



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



### امکان استفاده از بتن با مقاومت‌های متفاوت برای تیر و ستون

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۵-۱۶-۹ انتقال نیروی محوری ستون از طریق سیستم کف

۵-۱۶-۹ اگر مقاومت فشاری مشخصه بتن سیستم کف، کمتر از ۷۰ درصد مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون باشد، انتقال نیروی محوری از طریق سیستم کف باید مطابق بندهای (الف)، (ب) یا (پ) باشد.

الف- بتن دال کف در محدوده‌ی ستون و اطراف آن تا فاصله‌ی ۶۰۰ میلی‌متر از هر ستون باید با مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون ریخته شود. این بتن باید در تمام ضخامت سیستم کف ادامه یابد؛ و از یکپارچه بودن آن با بتن کف در سایر قسمت‌های مجاور اطمینان حاصل شود.

پ- مقاومت طراحی ستون در محدوده‌ی ضخامت سیستم کف، با استفاده از مقاومت فشاری مشخصه کمتر بتن به همراه آرماتورهای دوخت قائم و میلگردهای عرضی لازم تامین شود.

پ- برای ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون که از چهار طرف به تیرهای تقریباً هم عمق اتصال دارد و ضوابط بند ۷-۱۶-۹ را برآورده می‌نماید، و همچنین برای ناحیه‌ی اتصال دال که از چهار طرف به ستون اتصال دارد، مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون در ناحیه‌ی اتصال را می‌توان با فرض مقاومت فشاری بتن برابر با ۷۵ درصد مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون به علاوه‌ی ۳۵ درصد مقاومت فشاری مشخصه بتن کف محاسبه نمود؛ به شرط آن که مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون از ۲۵ برابر مقاومت فشاری مشخصه بتن سیستم کف بیشتر نباشد.

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



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



به طور خلاصه: اگر  $f'_{cc}$  مقاومت مشخصه بتن ستون،  $f'_{cs}$  مقاومت مشخصه بتن کف (شامل تیر و دال) و  $f'_{ce}$  مقاومت مشخصه موثر بتن برای تحلیل و طراحی ستون و گره اتصال تیر به ستون باشد:

برای محاسبه ظرفیت ستون‌های گوشه، کناری و میانی

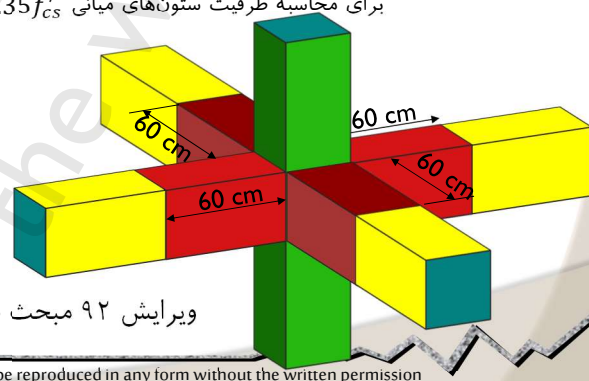
$$IF \frac{f'_{cc}}{f'_{cs}} \leq 1.4 \rightarrow f'_{ce} = f'_{cc}$$

برای محاسبه ظرفیت ستون‌های گوشه و کناری

$$IF \frac{f'_{cc}}{f'_{cs}} > 1.4 \rightarrow \begin{cases} f'_{ce} = f'_{cs} \\ f'_{ce} = 0.75f'_{cc} + 0.35f'_{cs} \end{cases}$$

برای محاسبه ظرفیت ستون‌های میانی

بتن دال کف در محدوده‌ی ستون و اطراف آن تا فاصله‌ی ۶۰۰ میلی‌متر از هر ستون باید با مقاومت فشاری مشخصه بتن ستون ریخته شود.



ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند وجود ندارد.

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


**WebSite:** [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  

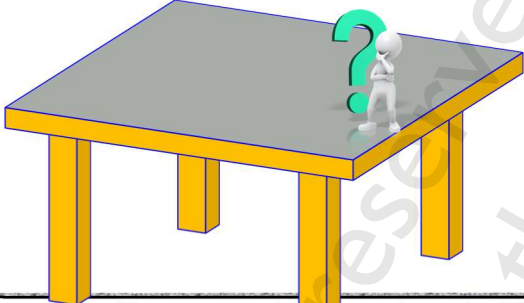
**Telegram:** [@AlirezaeiChannel](https://t.me/AlirezaeiChannel)



## کنترل ارتعاش کفها

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:  
۹-۱۹-۵ ارتعاش (لرزش)

کفها و تیرهایی که سطوح خالی از تیغه‌بندی‌های ممتد تا سقف (یا خالی از عناصر دیگری که خاصیت میرا کنندگی ارتعاش را دارند) را تحمل می‌کنند، باید با توجه خاص به لرزش و ارتعاش حاصل از بارهای جنبشی (نظیر بارهای ناشی از حرکت افراد، کارکرد ماشین آلات، حرکت و توقف آسانسورها و نظایر آنها) طراحی شوند. بدین منظور فرکانس نوسانی کفها (تیرچه‌ها، دالها و تیرها) باید به اندازه‌ای باشد که حداقل حساسیت افراد را در برابر ارتعاش قائم ایجاد نماید.



This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۸۷


**WebSite:** [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  

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



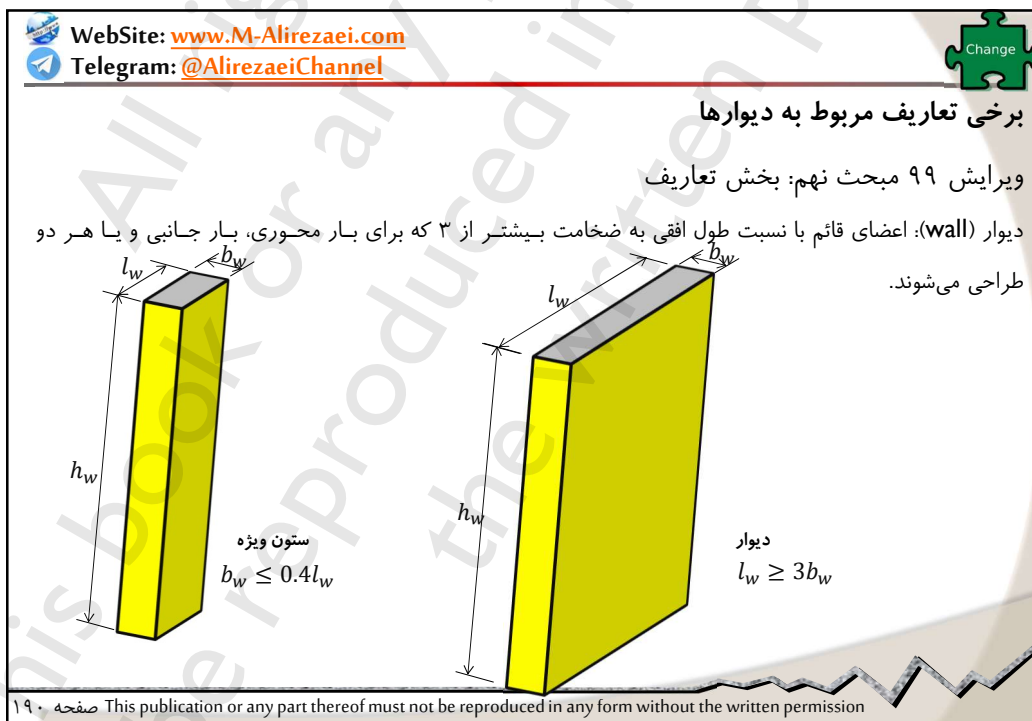
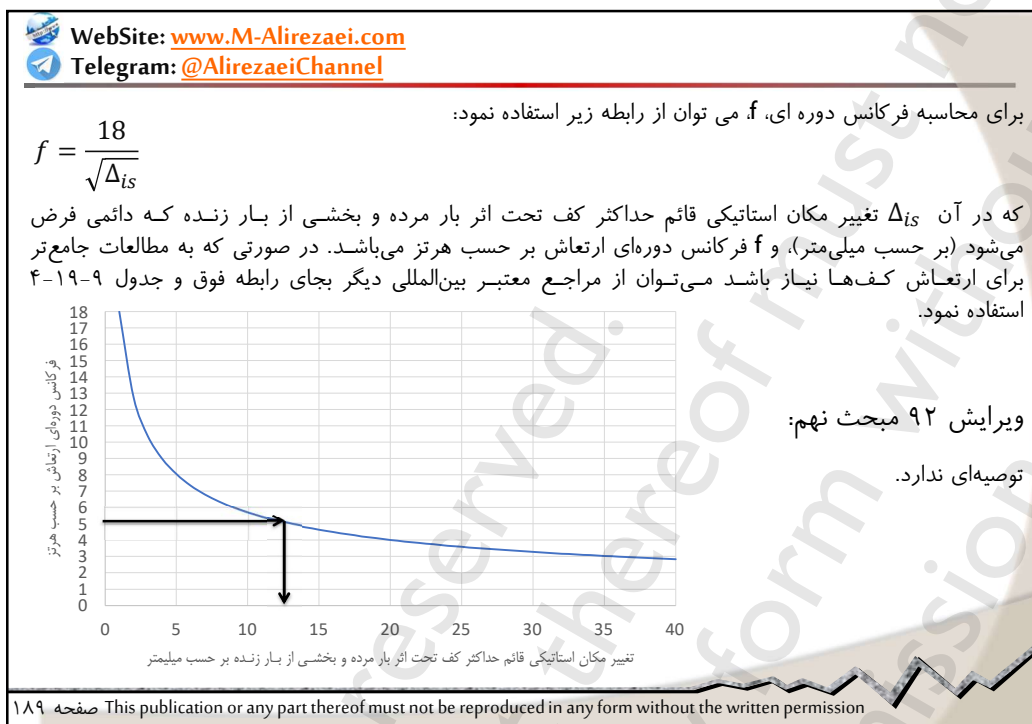
حداقل فرکانس دوره‌ای کفها برای کاربری‌های مختلف نباید از مقادیر مشخص شده در جدول ۹-۱۹-۴ کمتر باشد:

جدول ۹-۱۹-۴ حداقل فرکانس دوره‌ای کفها

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

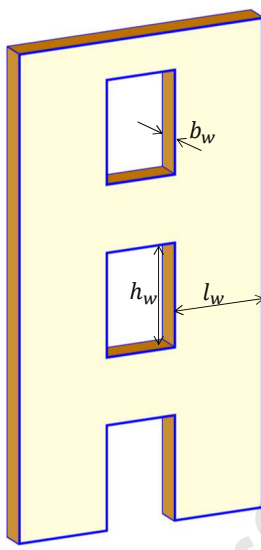
در محاسبه‌ی فرکانس دوره‌ای ارتعاش کفها، باید اثر ترک خوردگی قطعات، با منظور نمودن ممان اینرسی مؤثر،  $I_e$ ، متناظر با بارهای مرده و زنده‌ی بدون ضریب، در محاسبه‌ی تغییرشکل‌ها مورد توجه قرار گیرد. این تغییر شکل‌ها مربوط به اثر بارهای مرده و بخشی از بارهای زنده که دائمی فرض می‌شود (بدون ضرایب بار) بوده و ضریب ارتجاعی دینامیکی بتن ۱.۲۵ برابر مقدار  $E_c$  منظور می‌گردد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۱۸۸



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

دیوار پایه، جرز دیوار (wall pier): قطعه‌ی دیواری قائم که در آن نسبت طول افقی به ضخامت ( $l_w/b_w$ ) مساوی یا کمتر از ۶ و نسبت ارتفاع به طول افقی ( $h_w/l_w$ ) بزرگتر از ۲ باشد.



دیوار پایه، جرز دیوار

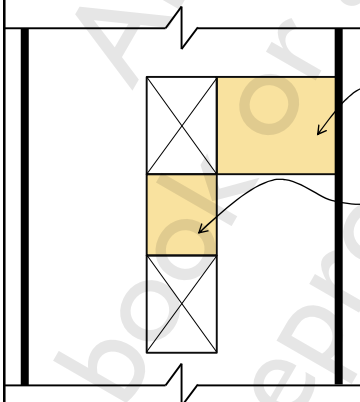
$$\begin{cases} \frac{h_w}{l_w} \geq 2 \\ \frac{l_w}{b_w} \leq 6 \end{cases}$$

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

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

قطعه‌ی دیواری (wall segment): قسمتی از دیوار که به بازشوهای قائم یا افقی و لبه‌های دیوار محدود شده باشد.

قطعه‌ی دیواری افقی (wall segment, horizontal): قطعه‌ی دیواری که در جهت قائم به دو بازشو و یا یک بازشو و یک لبه محدود شده باشد.



قطعه‌ی قائم دیوار

قطعه‌ی افقی دیوار

قطعه‌ی دیواری قائم (wall segment, vertical): قطعه‌ی دیواری که در جهت افقی به دو بازشو و یا یک بازشو و یک لبه محدود شده باشد. دیوار پایه (جرز دیوار) در این گروه جای دارد.

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

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

دیوار سازه ای (structural wall): دیواری که در میان صفحه‌ی خود زیر اثر بار و آثار ناشی از آن قرار دارد. دیوار برشی یک دیوار سازه‌ای است.

المان مرزی، جزء مرزی، جزء لبه (boundary element): قسمتی از لبه‌ی دیوار یا دیافراگم، در امتداد طول، که با آرماتورهای طولی و عرضی تقویت می‌شود.

دیوار سازه‌ای، شکل‌پذیری زیاد (ویژه) (structural wall, special): دیوار با ضوابط مربوط به شکل‌پذیری زیاد مطابق فصل ۹-۲۰.

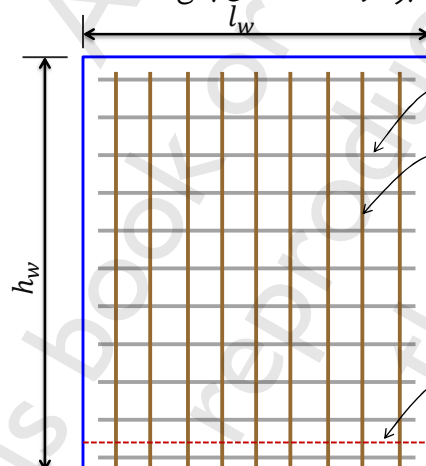
دیوار سازه‌ای، شکل‌پذیری کم (معمولی) (structural wall, ordinary): دیوار با ضوابط مربوط به شکل‌پذیری کم مطابق فصل ۹-۱۳.

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

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

طراحی دیوار برشی بتنی (Shear wall design)

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



The diagram shows a rectangular cross-section of a shear wall. The width is labeled  $l_w$  and the height is labeled  $h_w$ . A grid of vertical and horizontal reinforcement bars is shown. A dashed horizontal line near the bottom indicates the shear plane.

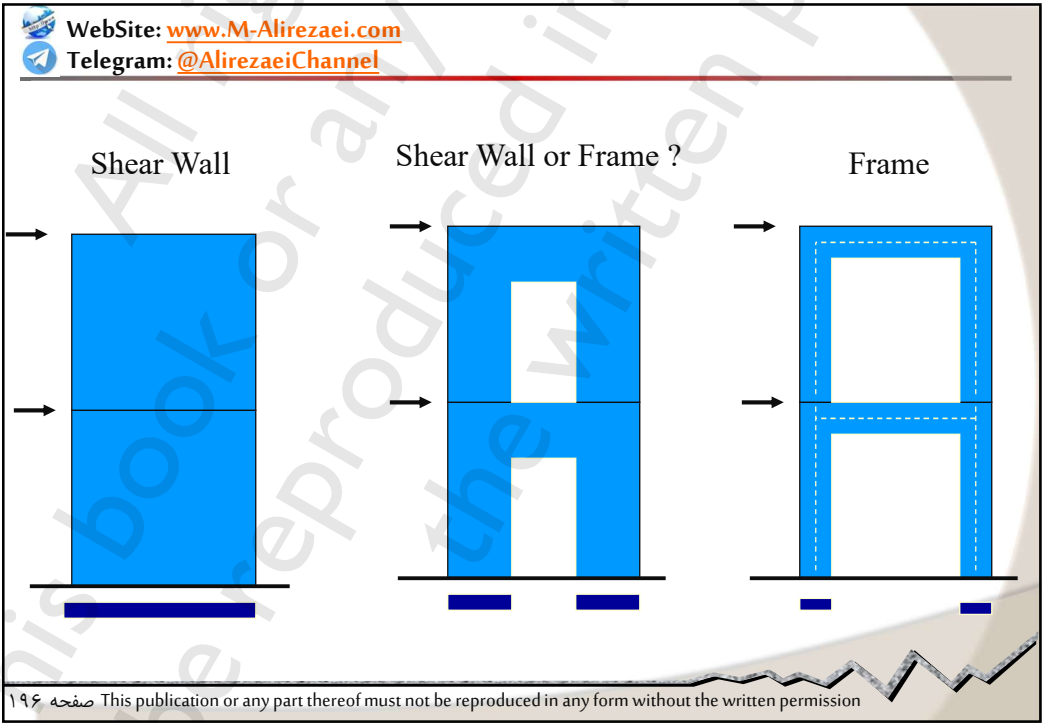
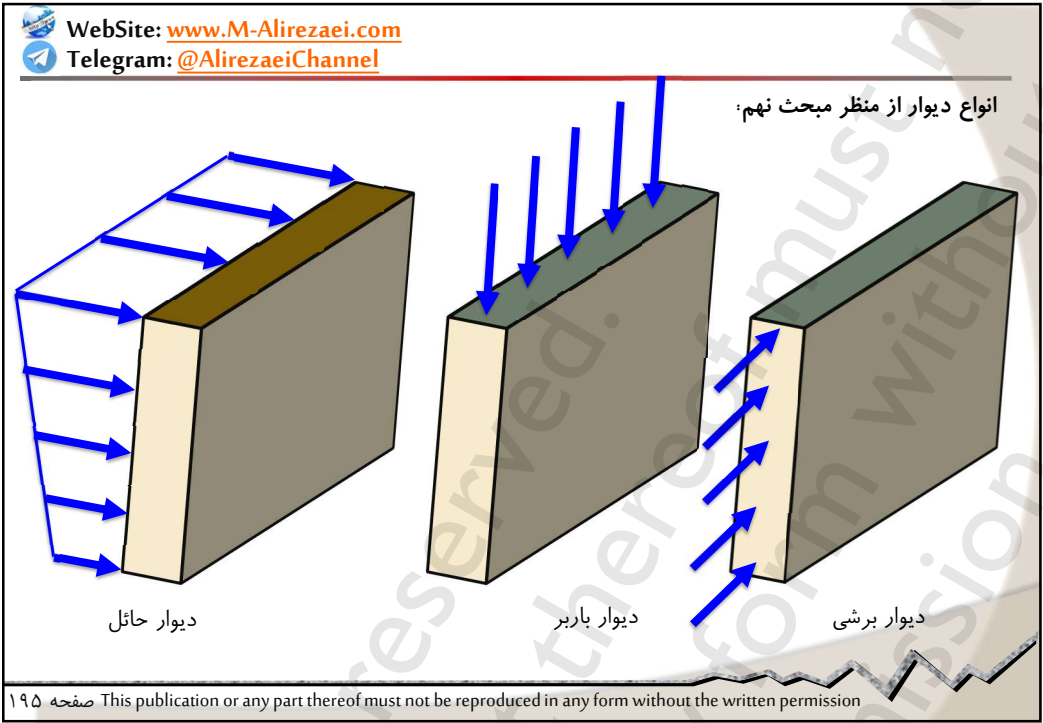
$\rho_t$  = ratio of area of distributed transverse reinforcement to gross concrete area perpendicular to that reinforcement

$\rho_l$  = 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

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





WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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.

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

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

رفتار دیوار برشی و قاب

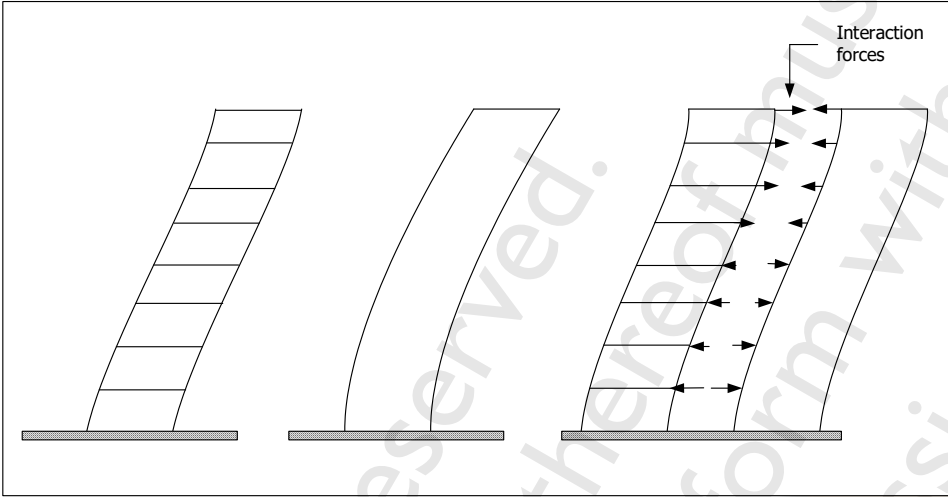
رفتار دیوار برشی، بصورت خمشی و رفتار قاب خمشی بصورت برشی است!  
تنها دیوارهای کوتاه (نسبت ارتفاع به طول کمتر از ۲) برش در آنها حاکم است.

Shear Wall Behavior      Frame Behavior

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

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

این دو رفتار سبب ایجاد اندرکنشی بین قاب و دیوار میشود.



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

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

Case Studies: Shear Wall–Frame Interaction

For each 10, 20 and 30 story buildings



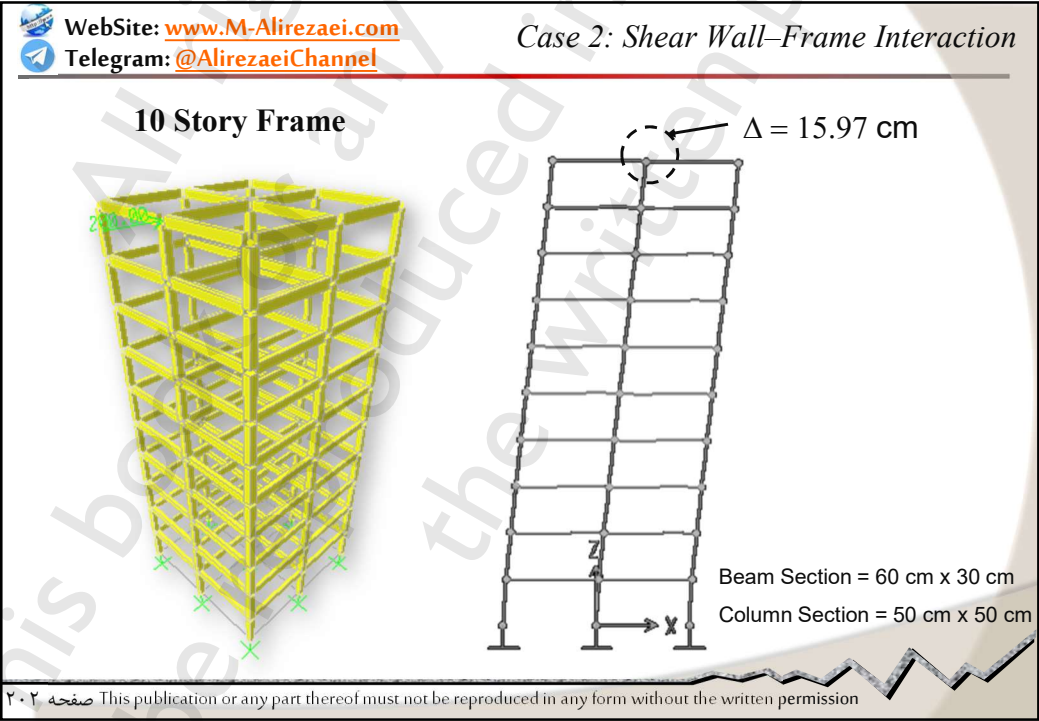
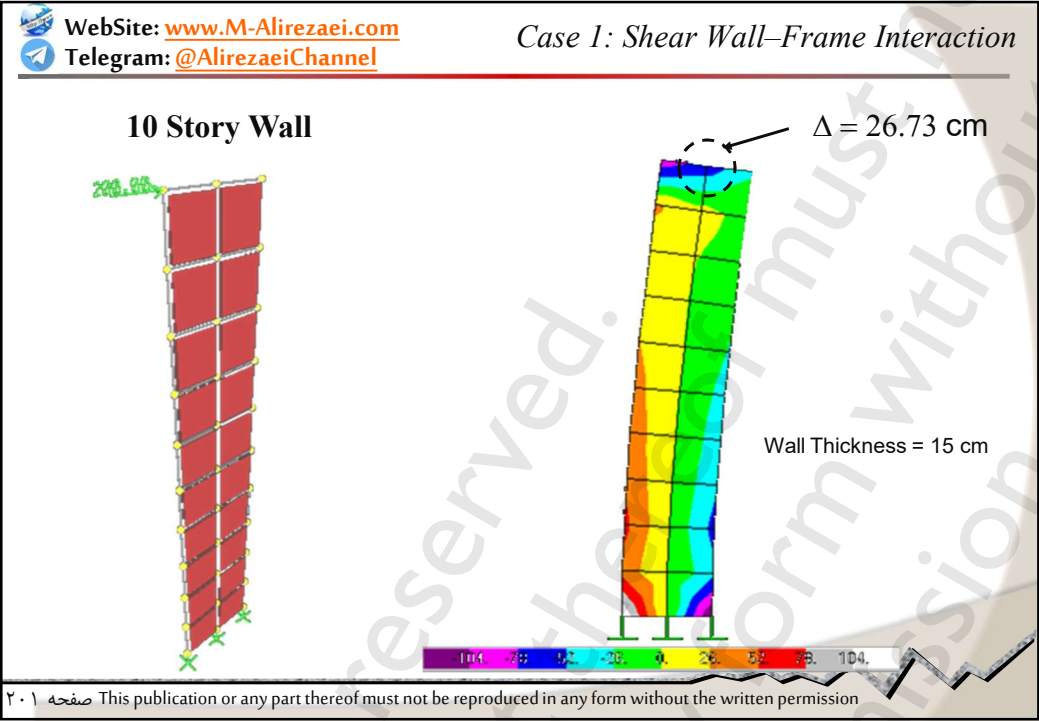
Only Shear Wall  
( Total 3 Cases )

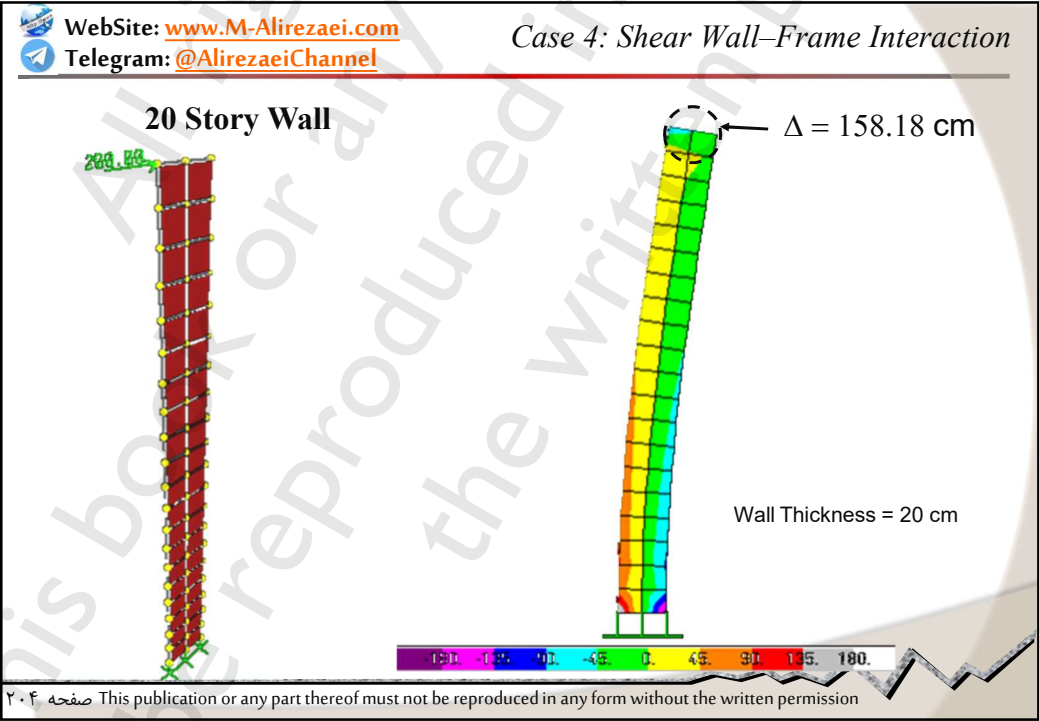
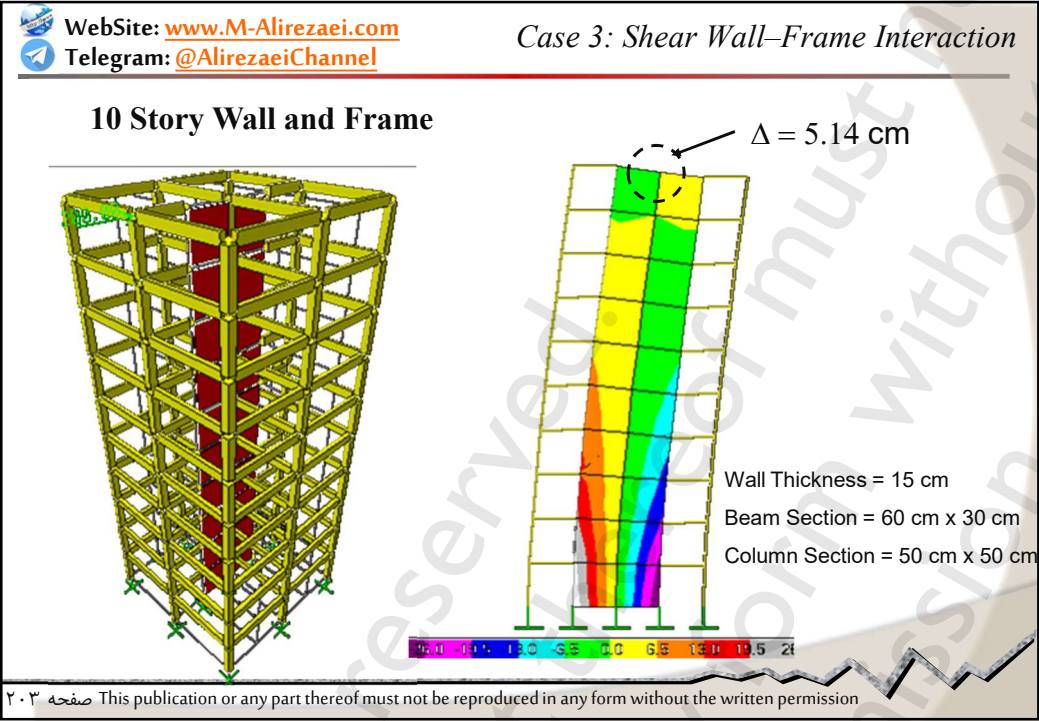
Only Frame  
( Total 3 Cases )

Only Shear + Frame  
( Total 3 Cases )

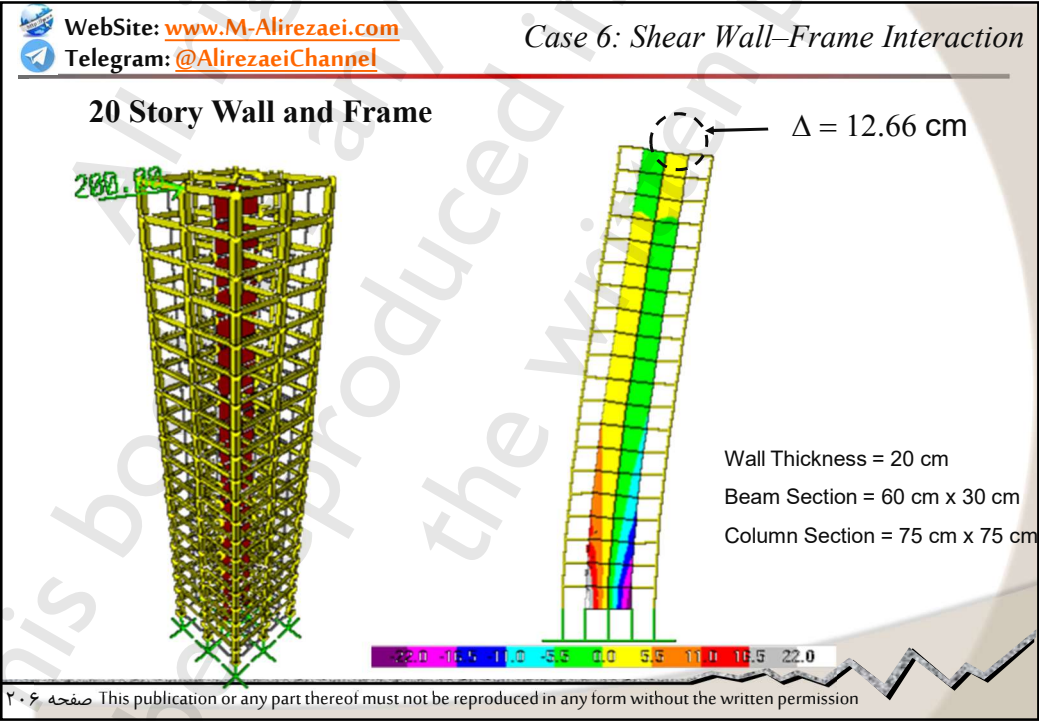
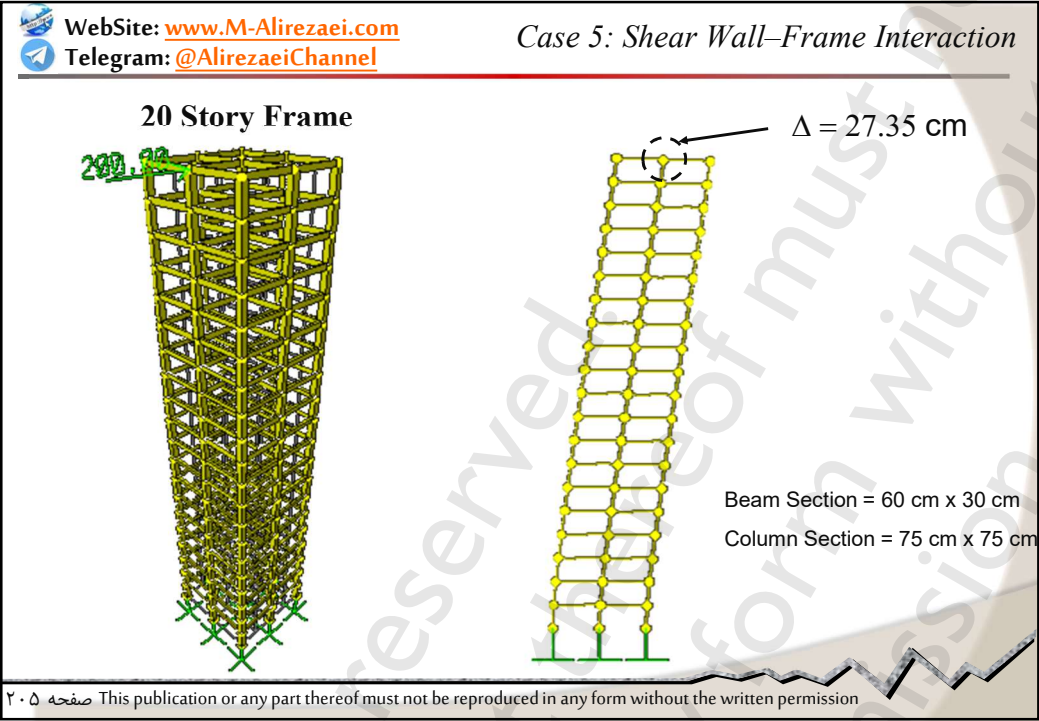
Total  $3 \times 3 = 9$  Cases

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

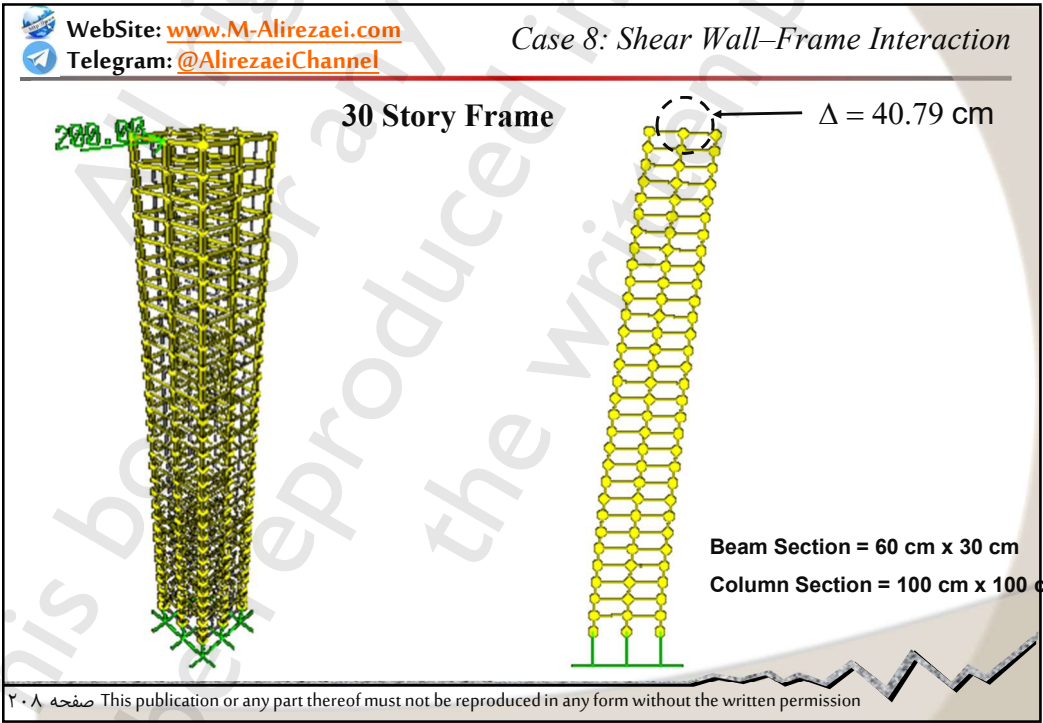
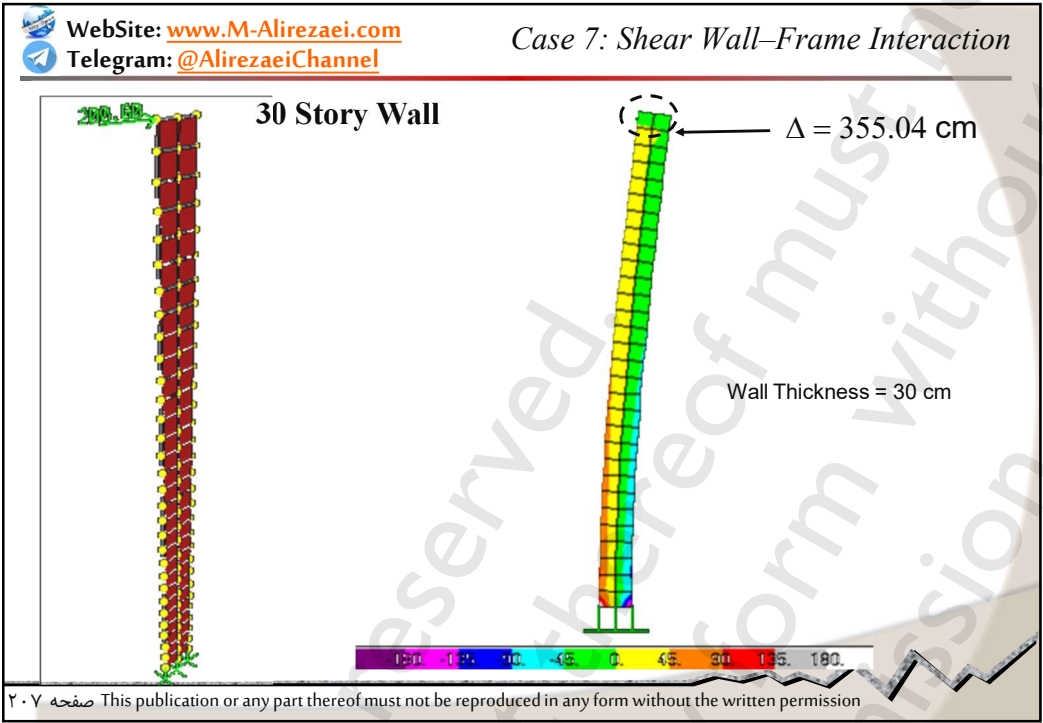


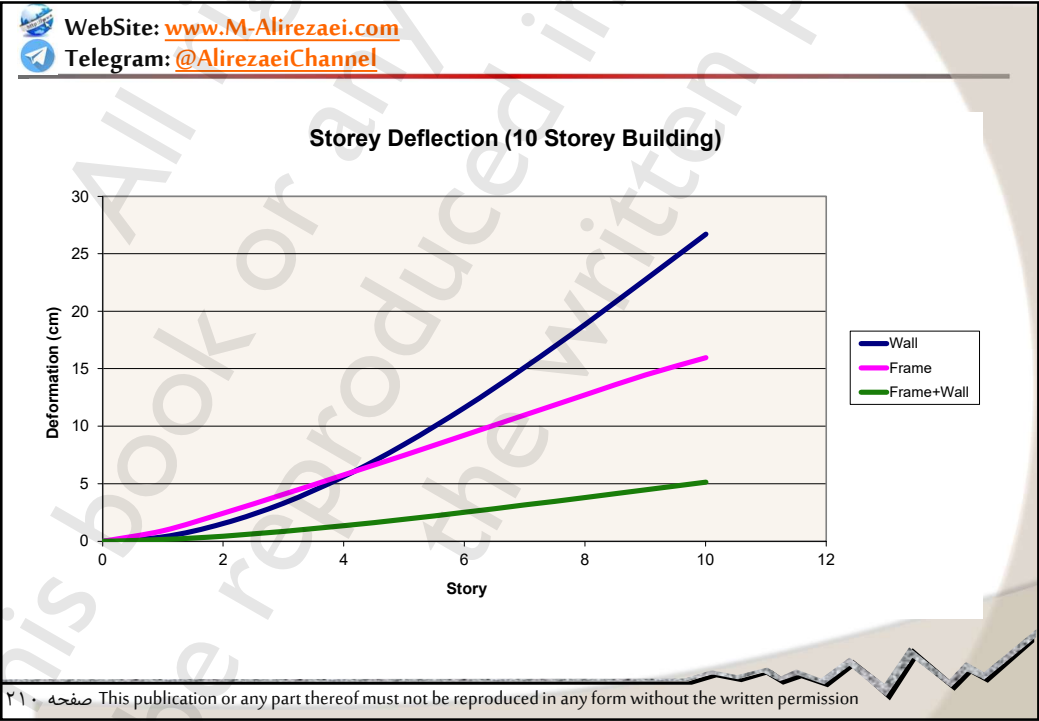
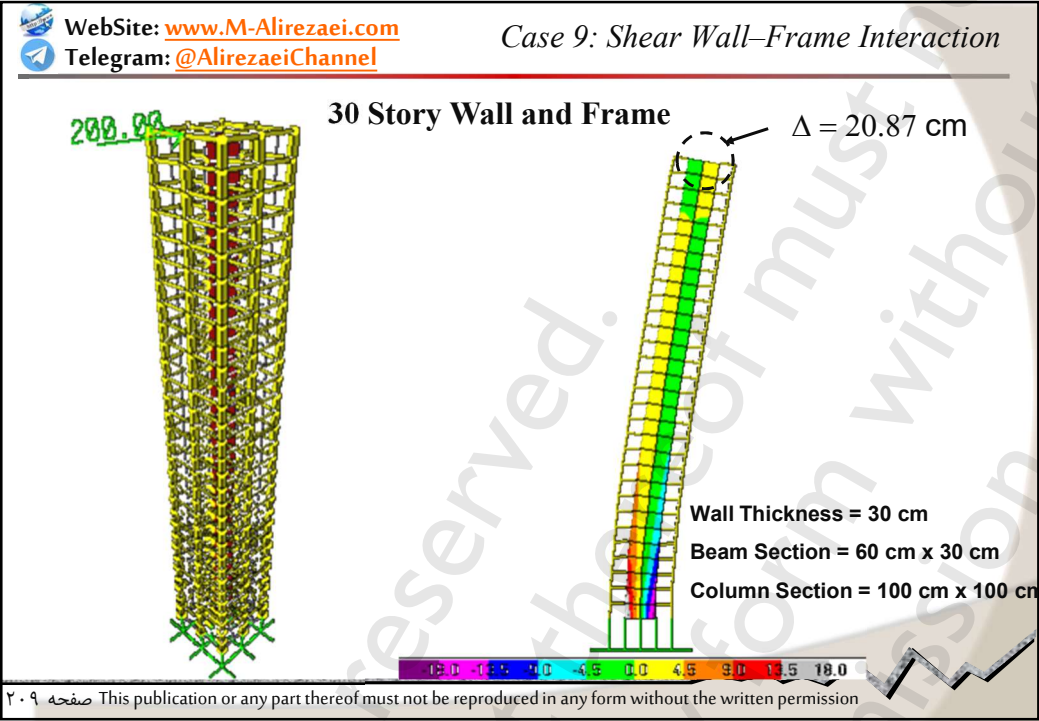


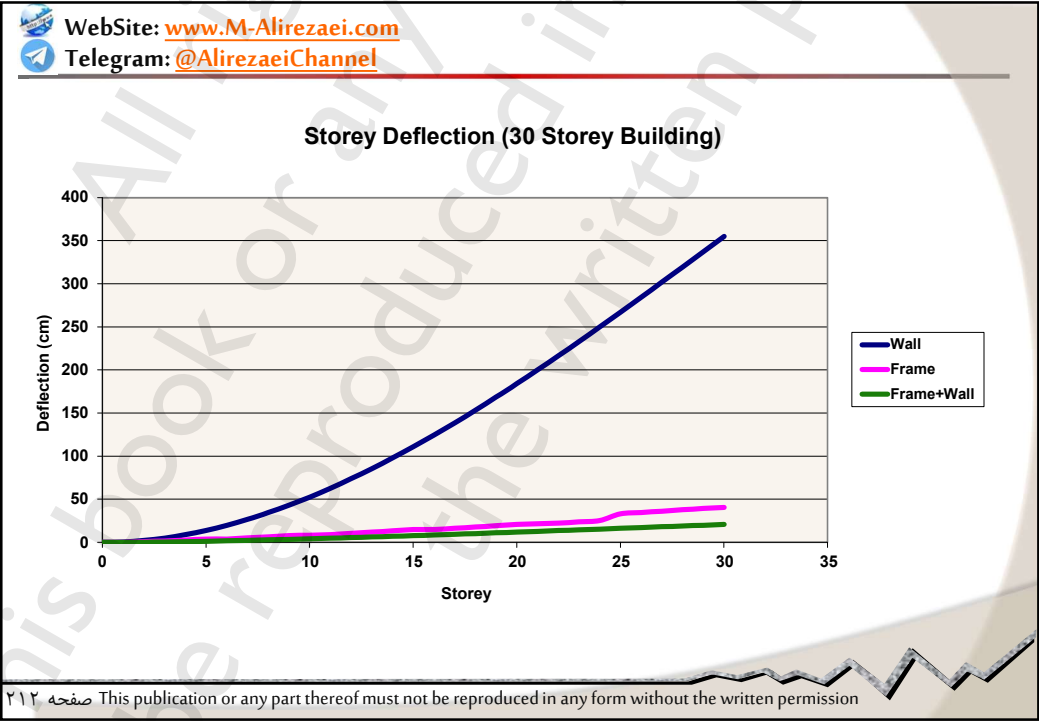
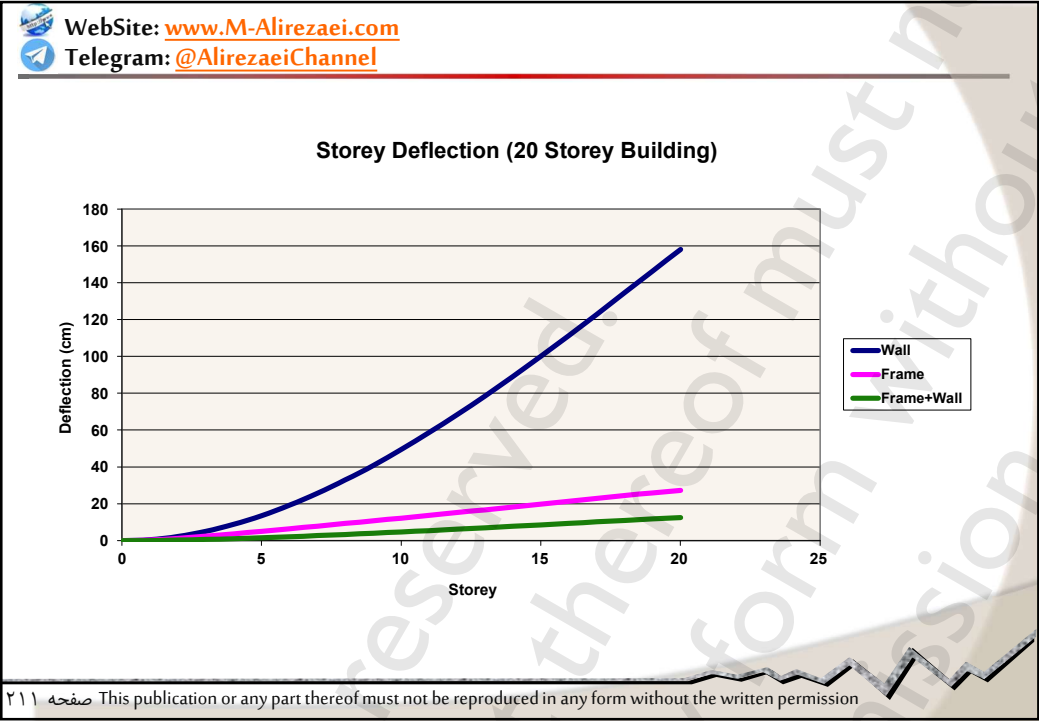












WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

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

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

For the cases considered here (30 story example):

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

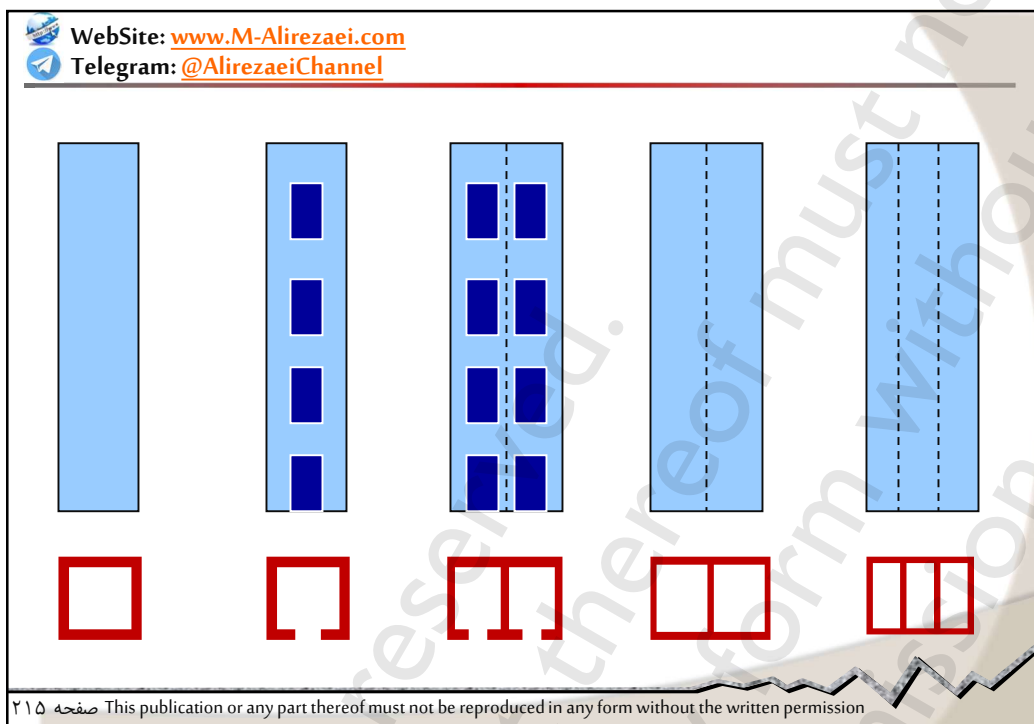
**$\text{Stiffness}_{\text{Frame}} + \text{Stiffness}_{\text{Wall}} \neq \text{Stiffness}_{\text{Frame + Wall}}$**

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

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

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

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



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

Change

### تغییر ضابطه مربوط به عرض مؤثر بال دیوار برشی با مقطع T، U، L و C شکل

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۲۰-۷-۳، در طراحی دیوارهای با مقطع T، U، L و C شکل، عرض مؤثر بال از هر 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.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۲۳-۴-۱-۴ در طراحی دیوارهای با مقطع U و T عرض مؤثر بال، اندازه گیری شده از هر جان در هر سمت، که در محاسبات به کار برده می‌شود نباید بیشتر از مقادیر (الف) و (ب) این بند در نظر گرفته شود، مگر آنکه با تحلیل دقیق تر بتوان مقدار آن را تعیین کرد:

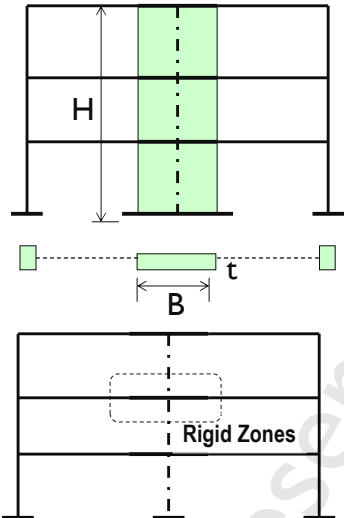
الف- نصف فاصله بین جان دیوار تا جان دیوار مجاور

ب- ده درصد ارتفاع کل دیوار

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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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.

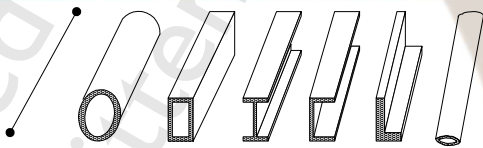
می‌توان از المان‌های سطحی نیز برای مدلسازی استفاده نمود.

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

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

### 1 D Elements (Beam type)

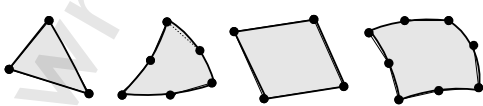
Can be used in 1D, 2D and 3D  
2-3 Nodes. A, I etc.



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

### 2 D Elements (Plate type)

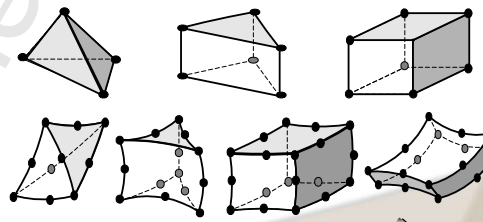
Can be used in 2D and 3D Model  
3-9 nodes. Thickness



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

### 3 D Elements (Brick type)

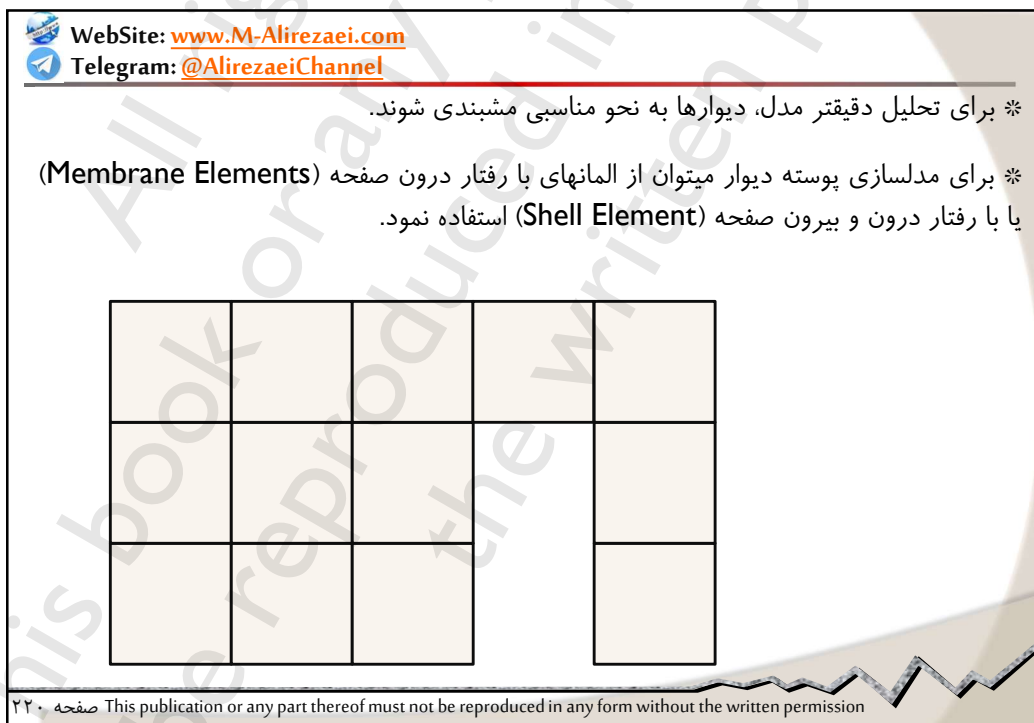
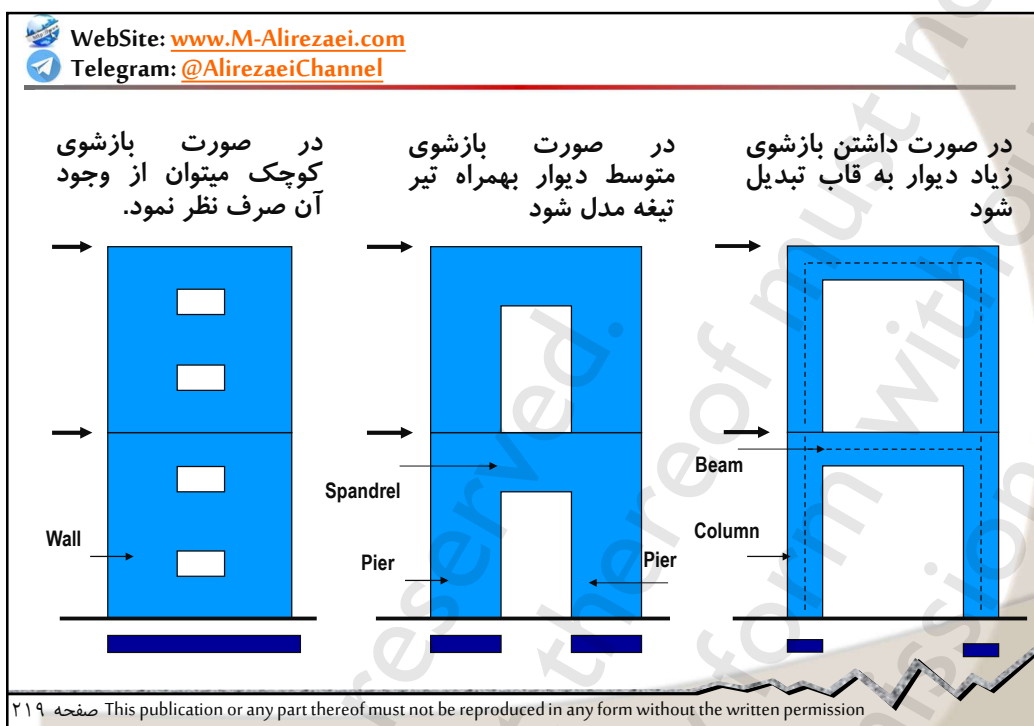
Can be used in 3D Model  
6-20 Nodes.



Brick Elements

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





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

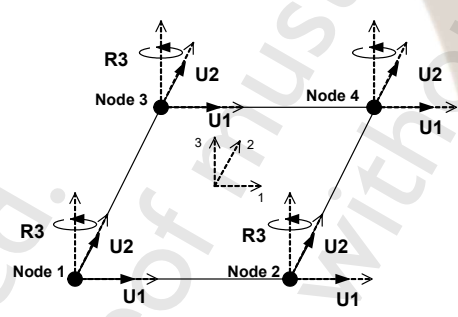
## Application

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



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

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

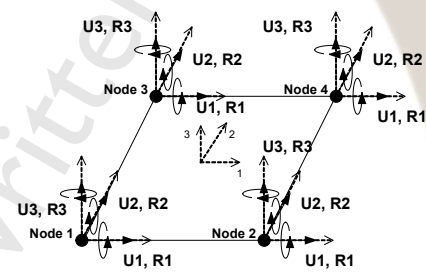
## Application

For Modeling surface elements carrying general loads

## Building Specific Application

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

## Shell



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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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

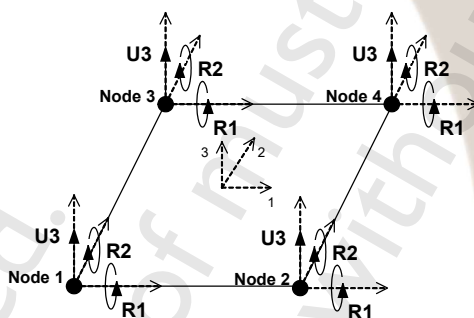
### Application

For Modeling surface elements carrying out of plane loads

### Building Specific Application

For representing floor slabs for Vertical Load Analysis  
Model slabs

### Plate

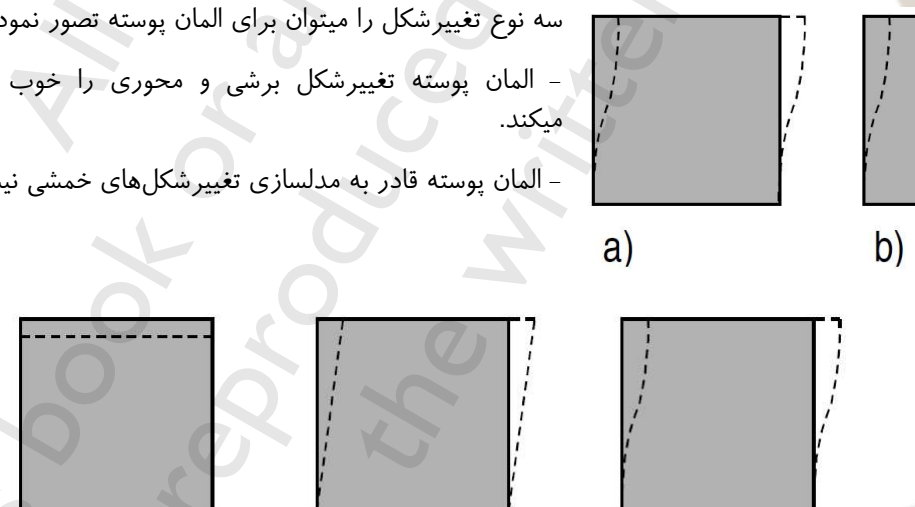


۲۲۳ صفحه This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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

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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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.

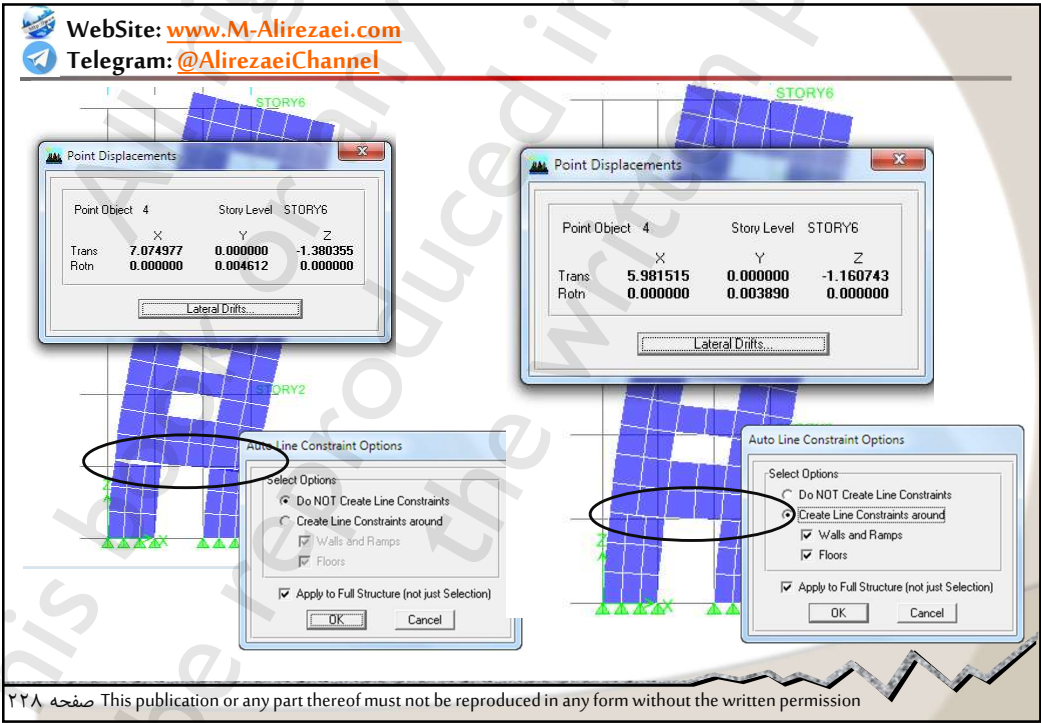
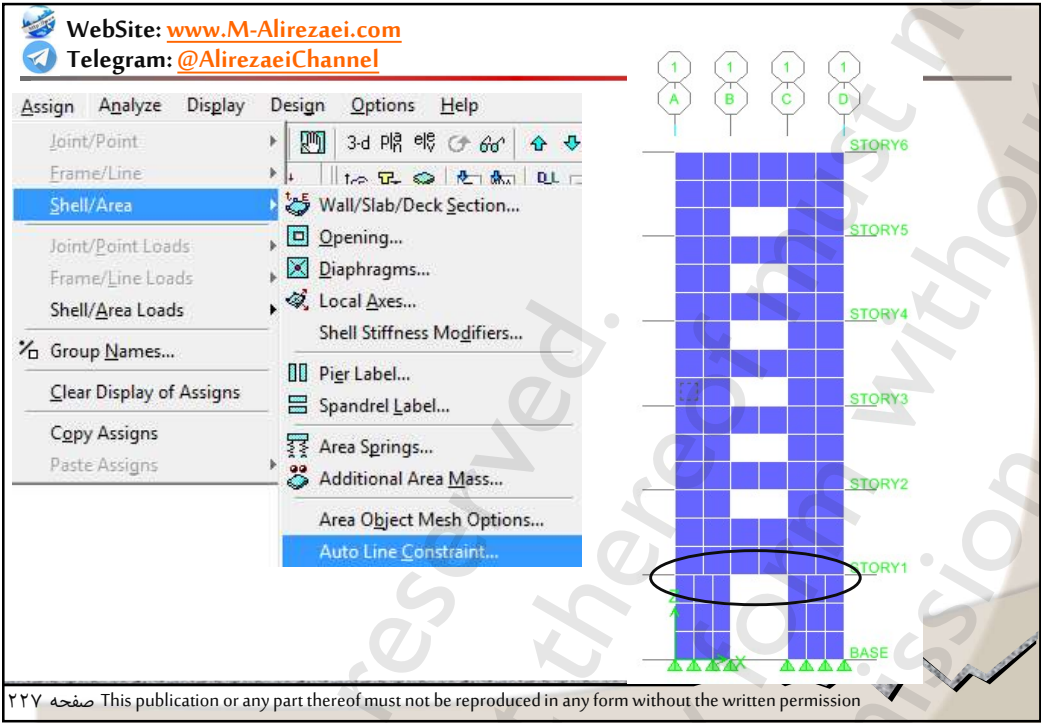
صفحه ۲۲۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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 قابلیت‌هایی دارند که در صورت عدم انطباق گره‌ها، توسط یک المان زیبایی آنها را به هم متصل می‌نمایند.

صفحه ۲۲۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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

صفحه ۲۲۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.25h_w \\ \frac{S_w}{2} \end{array} \right.$$

ویرایش ۹۹ مبحث نهم

$$b_{eff} = \min \left\{ \begin{array}{l} 0.10h_w \\ \frac{S_w}{2} \end{array} \right.$$

ویرایش ۹۲ مبحث نهم

صفحه ۲۳۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



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

محل وصله پوششی آرماتور قائم نواحی المان‌های مرزی دیوار برشی ویژه

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

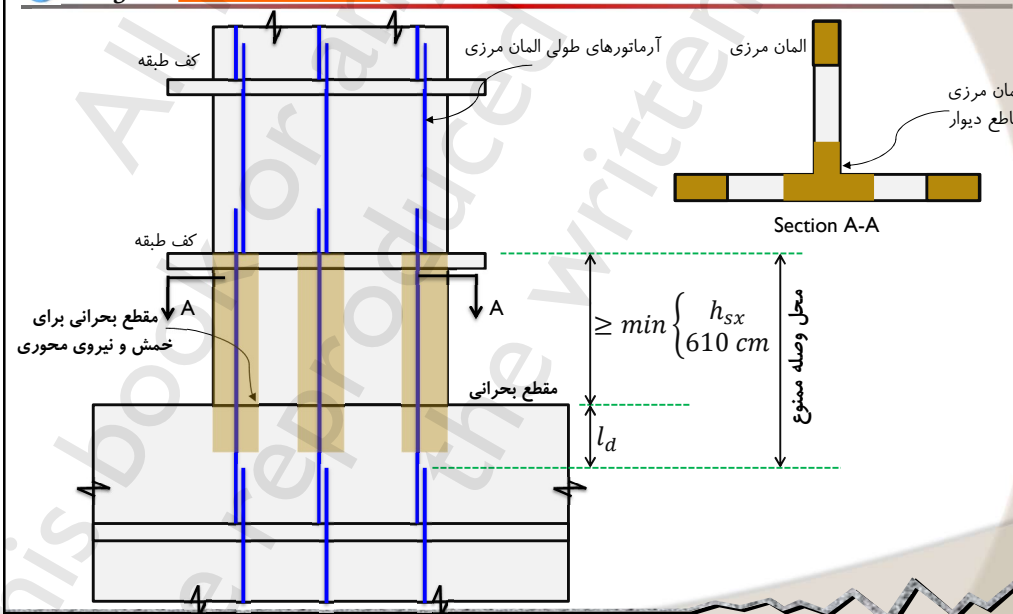
طبق بند ۹-۲۰-۷-۴، وصله پوششی دیوار برشی ویژه، برای آرماتورهای طولی در نواحی المان‌های مرزی در مقاطع بحرانی دیوار (پای دیوار) که در آنها در اثر تغییر شکل‌های جانبی، احتمال جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد، در طولی برابر کمترین دو مقدار ۶۱۰ سانتیمتر و ارتفاع طبقه،  $h_{sx}$ ، در بالای مقطع و  $h_a$  زیر مقطع مجاز نیست.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: توصیه‌ای در این زمینه ندارد.



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

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



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



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



### طراحی ستون‌هایی که عکس العمل اعضای ناپیوسته سخت را تحمل می‌کنند

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

طبق بند ۹-۲۰-۵-۳-۵، در ستون‌هایی که عکس العمل اعضای ناپیوسته سخت را تحمل می‌کنند، مانند ستون‌های واقع در زیر دیوارهای منقطع، باید آرماتورهای عرضی ویژه مطابق ضوابط (الف) و (ب) زیر بکار برده شود.

الف) در مواردی که بار محوری فشاری ضریبدار ستون در اثر زلزله از  $0.1A_g f_c$  تجاوز نماید، باید از آرماتور عرضی مطابق الزامات آرماتورگذاری در ناحیه  $h$  ستون و در تمام طول ستون و در کلیه طبقات در زیر سطحی که در آن ناپیوستگی قرار دارد استفاده شود. در مواردی که از اثرات زلزله تشدید یافته برای لحاظ نمودن اثرات اضافه مقاومت اجزای قائم سیستم مقاوم در برابر زلزله استفاده شده است، محدودیت  $0.1A_g f_c$  باید به  $0.25A_g f_c$  افزایش داده شود.

ب) آرماتور عرضی باید به اندازه‌ای برابر با حداقل طول گیرایی آرماتور طولی ستون،  $h$  با بیشترین قطر در داخل عضو منقطع ادامه یابد. در مواردی که انتهای تحتانی ستون بر روی یک دیوار متکی است، آرماتور عرضی مورد نیاز باید به اندازه طول  $h$  مربوط به آرماتور طولی ستون با بیشترین قطر در داخل دیوار ادامه داده شود. در مواردی که انتهای ستون بر روی شالوده واقع شده است، آرماتورهای عرضی قسمت (الف) باید به اندازه حداقل ۳۰ سانتیمتر در داخل شالوده ادامه داده شود.

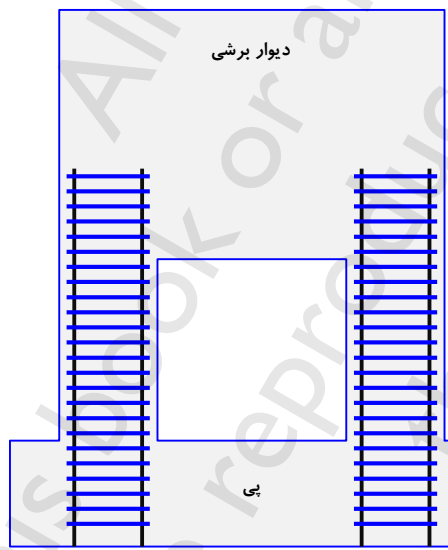
This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۳۳



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



### Columns supporting discontinued stiff members



به اندازه طول مهارى بزرگترین میلگرد طولی ستون ادامه داده شود.

آرماتورگذاری ویژه به مانند ناحیه  $h$  ستون در کل ارتفاع ستون

$\geq 30 \text{ cm}$

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۳۴



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

## ویرایش ۹۲ مبحث نهم:

طبق ۹-۲۳-۴-۳-۸ در عضوهایی که بار اعضای با سختی زیاد را تحمل می‌کنند، مانند عضوهای واقع در زیر دیوار بتن آرمه، در تمام طول عضو باید آرماتورگذاری عرضی ویژه اجرا شود. بعلاوه این آرماتور گذاری باید در قسمتی از آرماتور طولی عضو که به اندازه طول گیرایی است و در داخل دیوار قرار دارد، ادامه داده شود. ضابطه ادامه آرماتورگذاری عرضی ویژه در دیوار، در مورد عضوهایی که روی دیوار قرار دارند نیز باید رعایت شود.

طبق بند ۹-۲۳-۴-۳-۹ در عضوهایی که قسمتی از ارتفاع آنها با یک دیوار بتنی گرفته شده است، در تمام قسمت آزاد عضو باید آرماتورگذاری ویژه اجرا شود.

طبق بند ۹-۲۳-۴-۳-۱۰ در محل اتصال عضو به شالوده، آرماتور طولی عضو که به داخل شالوده برده شده است باید در طولی حداقل برابر با ۳۰۰ میلیمتر با آرماتورگذاری عرضی ویژه تقویت گردد.

ضوابط ویرایش ۹۲ و ۹۹ در این زمینه تا حدود زیادی نزدیک به یکدیگر هستند و در مواردی ناچیز با هم اختلاف دارند.

صفحه ۲۳۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



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



## حداقل درصد آرماتور در لبه‌های انتهایی دیوار

## ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که در آنها نسبت  $\frac{h_w}{l_w} \geq 2.0$  بوده و از پایین سازه تا بالای دیوار به طور موثر ادامه دارند، و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که در آنها یک مقطع بحرانی برای خمش و بارهای محوری موجود باشد، باید دارای آرماتورهای طولی در دو انتهای قطعه‌ی قائم دیوار بوده و شرایط (الف) تا (ت) در آنها رعایت شوند:

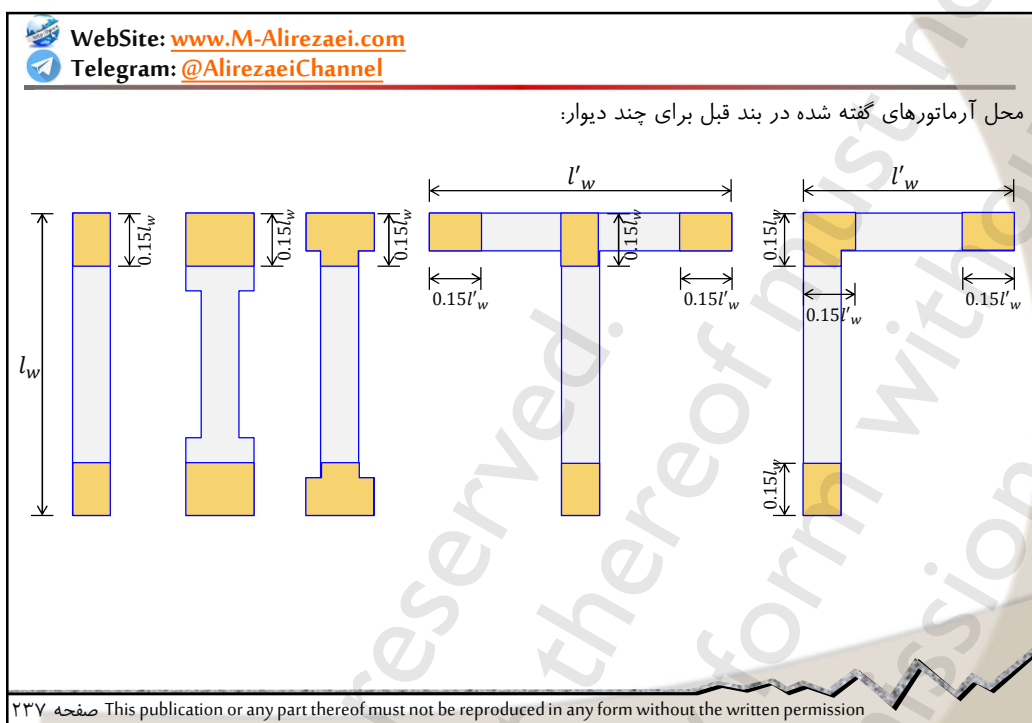
الف- درصد حداقل آرماتورهای طولی در ناحیه‌ای در هر انتهای دیوار به طول  $0.15l_w$  و عرضی برابر ضخامت دیوار، برابر  $0.5\sqrt{f'_c}/f_y$  باشد.

ب- آرماتورهای طولی مورد نیاز بر اساس بند (الف) باید به اندازه‌ی حداقل  $l_w$  و یا  $\frac{M_u}{3V_u}$  در بالا و پایین مقطع بحرانی دیوار ادامه داشته باشند.

پ- نباید بیشتر از ۵۰٪ آرماتورهای مورد نیاز در بند (الف) در یک مقطع قطع شوند.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ وجود ندارد.

صفحه ۲۳۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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 (روش اول): که در این روش براساس جابجایی دیوار المان مرزی تعیین می‌شود.
- ۲- براساس تنش (روش دوم): 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

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



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

### لزوم 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.

$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_{wcs})}$$

که در آن  $c$  بیشترین عمق تار خنثی برای بارها و لنگرهای ضریبدار است. مقدار  $\delta_u/h_{wcs}$  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.

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



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

### ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۲۰-۹-۴-۲ در دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که در آنها  $h_w/l_w \geq 2.0$  بوده و از شالوده‌ی سازه تا بالای آن به صورت پیوسته ادامه داشته و در آنها طراحی تنها برای یک مقطع بحرانی در خمش و بار محوری انجام شده باشد، باید ضوابط (الف) و (ب) این بند رعایت گردند:

الف- در مواردی که رابطه‌ی زیر برقرار باشد، نواحی فشاری دیوار باید با اجزای مرزی ویژه تقویت شوند:

$$\frac{1.5\delta_u}{h_{wcs}} \geq \frac{l_w}{600c}$$

در رابطه‌ی فوق،  $c$  فاصله‌ی محور خنثی از دورترین تار فشاری است که برای بار محوری ضریبدار به همراه مقاومت خمشی اسمی همساز با تغییر مکان جانبی طرح  $\delta_u$  محاسبه می‌شود. نسبت  $\frac{\delta_u}{h_{wcs}}$  نباید کمتر از 0.005 منظور شود.

ب- در مواردی که بر اساس ضابطه‌ی (الف) به اجزای مرزی ویژه نیاز باشد، آرماتورهای عرضی ویژه در اجزای مرزی باید، به جز در مواردی که در بند ۲۰-۹-۴-۲ (خ) اجازه داده شده‌اند، در امتداد قائم در بالا و پایین مقطع بحرانی، حداقل به اندازه‌ی بزرگترین دو مقدار  $l_w$  و  $M_u/4V_u$  ادامه یابند. علاوه بر این یا باید  $b \geq 4\sqrt{cl_w}$  بوده و یا  $\frac{\delta_c}{h_{wcs}}$

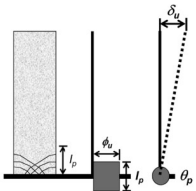
$$\frac{\delta_c}{h_{wcs}} = \frac{1}{100} \left( 4 - \frac{1}{50} \left( \frac{l_w}{b} \right) \left( \frac{c}{b} \right) - \frac{V_e}{0.66\sqrt{f'_c}A_{cv}} \right) \geq 0.015$$

صادق باشد. که در آن:  $\frac{\delta_u}{h_{wcs}} \geq$

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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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  $\delta_u$  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.

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

WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://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:

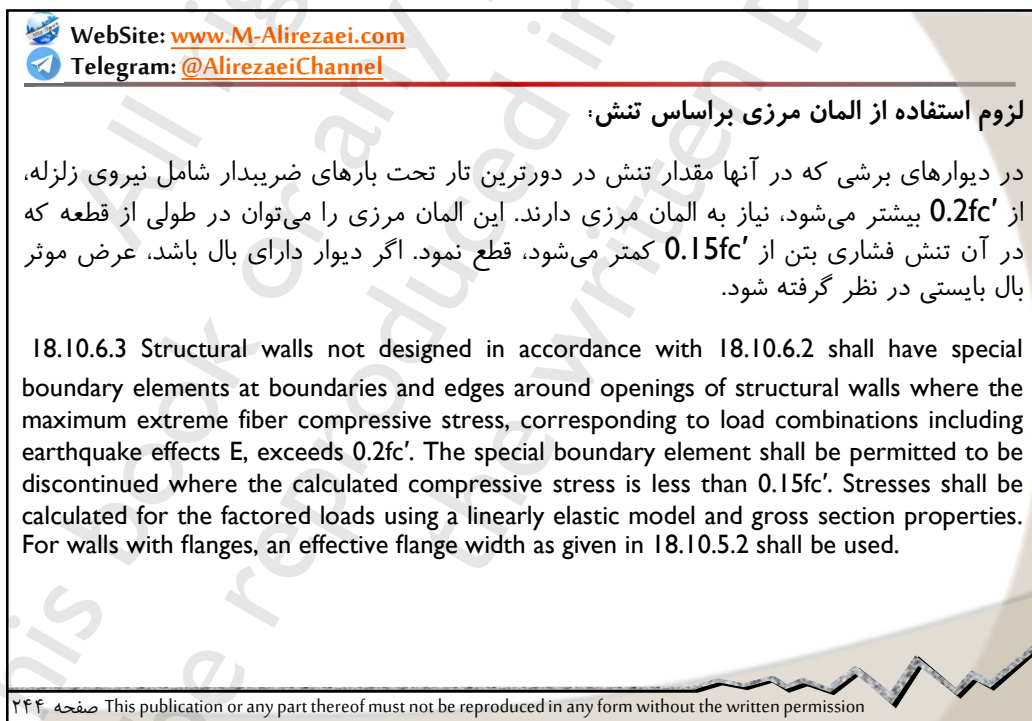
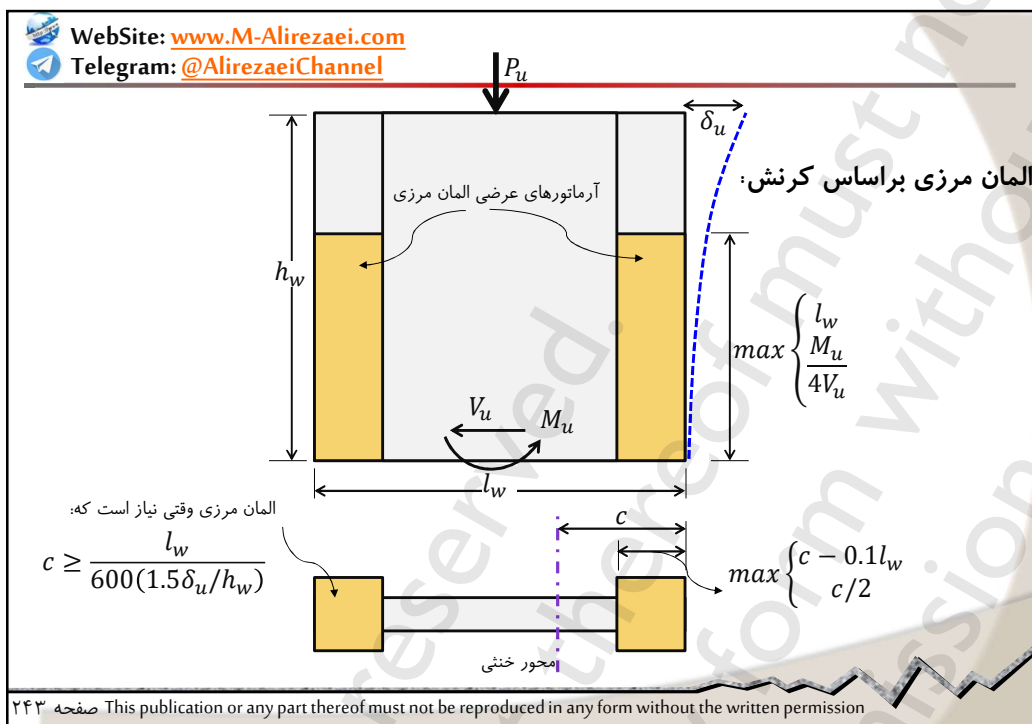
(a) Compression zones shall be reinforced with special boundary elements where

$$c \geq \frac{l_w}{600(1.5\delta_u/h_w)}$$

(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).

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





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

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۳-۴-۷-۲۰-۹ برای طراحی اجزای مرزی ویژه، می‌توان به جای استفاده از ضوابط بند ۲-۴-۷-۲۰-۹ از ضوابط این بند استفاده نمود.

در مواردی که تنش فشاری بتن در دورترین تار فشاری مقطع دیوار تحت اثر ترکیب بارهای ضریبدار، شامل اثر زلزله، از  $0.2f_c'$  بیشتر باشد، باید اجزای مرزی ویژه پیش بینی شوند. این اجزا را می‌توان از مقطعی در امتداد ارتفاع دیوار، که تنش فشاری بتن در آن از  $0.15f_c'$  کمتر باشد، قطع کرد. تنش فشاری بتن با فرض توزیع خطی تنش در مقطع دیوار و بر اساس مشخصات مقطع کل محاسبه می‌شود. در دیوارهای با مقطع U و T باید عرض موثر بال بر اساس ضوابط بند ۳-۲-۷-۲۰-۹ لحاظ شود.

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

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

المان مرزی براساس تنش:

این المان مرزی را می‌توان در طولی از قطعه که در آن تنش فشاری بتن از  $0.15f_c'$  کمتر می‌شود، قطع نمود.

المان مرزی وقتی نیاز است که:

$$\frac{P_u}{A_g} + \frac{M_u}{I_g} \times \frac{l_w}{2} \geq 0.2f_c'$$

محور خنثی

$h_w$   
 $V_u$   
 $M_u$   
 $l_w$   
 $c$   
 $\max \left\{ \begin{array}{l} c - 0.1l_w \\ c/2 \end{array} \right.$

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

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

### ابعاد المان مرزی دیوار برشی و جزئیات مربوط به آرماتورگذاری آنها

۹-۲۰-۴-۴ اگر براساس بندهای ۹-۲۰-۴-۲ و ۹-۲۰-۷-۳-۴ به اجزای مرزی ویژه نیاز باشد، الزامات بندهای (الف) تا (ذ) زیر باید برآورده شوند:

الف- جزء مرزی باید به صورت افقی تا فاصله‌ای برابر با بیشترین دو مقدار  $0.1l_w - c$  و  $c/2$  از دورترین تار فشاری به سمت مرکز مقطع دیوار ادامه یابد.  $c$  فاصله‌ی محور خنثی از دورترین تار فشاری است که تحت اثر بار محوری ضریبدار به همراه مقاومت خمشی اسمی، که متناظر با تغییر مکان جانبی طرح،  $\delta_u$  به دست آورده شده است.

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

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

ب- عرض ناحیه‌ی فشاری ناشی از خمش،  $b$ ، در طول افقی، که مطابق بند (الف) به دست آورده شده است و شامل بال دیوار در صورت وجود نیز می‌شود، نباید از  $\frac{l_u}{16}$  کمتر باشد.

پ- در دیوارها یا دیوار پایه‌هایی که  $h_{wc}/l_w \geq 2.0$  بوده و به صورت پیوسته از روی شالوده تا بالای دیوار ادامه دارند، و به گونه‌ای طراحی شده‌اند که دارای تنها یک مقطع بحرانی برای خمش و بارهای محوری بوده و در آنها  $\frac{c}{l_w} \geq \frac{3}{8}$  است، عرض ناحیه‌ی فشاری ناشی از خمش،  $b$  در طولی که مطابق بند (الف) محاسبه شده است، باید برابر یا بزرگتر از ۳۰۰ میلی‌متر باشد. (عرض حداقل برابر ۳۰۰ میلی‌متر دیوار در ناحیه المان مرزی برای جلوگیری از ناپایداری است)

مقدار  $h_u$  ارتفاع آزاد دیوار بین طبقات و  $h_w$  ارتفاع کل دیوار شامل تمام طبقات است.

$$b \geq \frac{l_u}{16} \rightarrow \begin{cases} \frac{h_w}{l_w} \leq 2.0 \\ \text{یا} \\ \frac{c}{l_w} \leq \frac{3}{8} \end{cases} \quad b \geq \max \left\{ \frac{l_u}{16}, 30 \text{ cm} \right\} \rightarrow \begin{cases} \frac{h_w}{l_w} \geq 2.0 \\ \text{و} \\ \frac{c}{l_w} \geq \frac{3}{8} \end{cases}$$

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

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

ت- در دیوارهای با مقطع U، T و L جزء مرزی باید عرض موثر بال در فشار را شامل شده و تا حداقل ۳۰۰ میلی‌متر درون جان ادامه داشته باشد.

Where flanges are highly stressed in compression, the web-to-flange interface is likely to be highly stressed and may sustain local crushing failure unless special boundary element reinforcement extends into the web.

صفحه ۲۴۹ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

ث- آرماتورهای عرضی جزء مرزی باید ضوابط مندرج در بند ۹-۲۰-۳-۳-۲ (الف) تا (ث) و نیز بند ۹-۲۰-۳-۳-۳ را تامین نمایند. فاصله‌ی آرماتورهای عرضی که بر اساس شرط (الف) بند ۹-۲۰-۳-۳-۳ حساب شده است، باید برابر با یک سوم کمترین بعد عضو مرزی باشد. حداکثر فاصله‌ی عمودی آرماتورهای عرضی در جزء مرزی باید مطابق جدول ۹-۲۰-۳ باشد.

۹-۲۰-۳-۳-۲- آرماتورهای عرضی ویژه باید مطابق ضوابط (الف) الی (ج) زیر در نظر گرفته شوند:

(الف) آرماتور عرضی در ناحیه بحرانی را می‌توان با دورپیچ‌های تکی و یا چند قطعه‌ای که با یکدیگر هم پوشانی دارند، دورگیرهای دایره‌ای و یا دورگیرهای با خطوط مستقیم با یا بدون قلاب دوخت، ساخت.

(ب) دورگیرهای با خطوط مستقیم و یا قلاب‌های دوخت باید در محل‌های خم در بر گیرنده آرماتورهای طولی باشند.

(پ) قطر قلاب‌های دوخت در صورتی که شرایط زیر را اقناع نمایند، می‌تواند برابر یا کوچکتر از قطر دورگیرها باشد. انتهای قلاب‌های دوخت باید بطور یکدرمیان در راستای طولی میلگردهای طولی و در پیرامون مقطع جایجا شوند.

پ-۱) قطر قلاب دوخت حداقل ۱۰ میلیمتر برای میلگردهای طولی تا قطر ۳۲ میلیمتر

پ-۲) قطر ۱۲ میلیمتر برای میلگرد طولی به قطر ۳۴ میلیمتر و بیشتر و یا گروه میلگردهای طولی

صفحه ۲۵۰ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

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

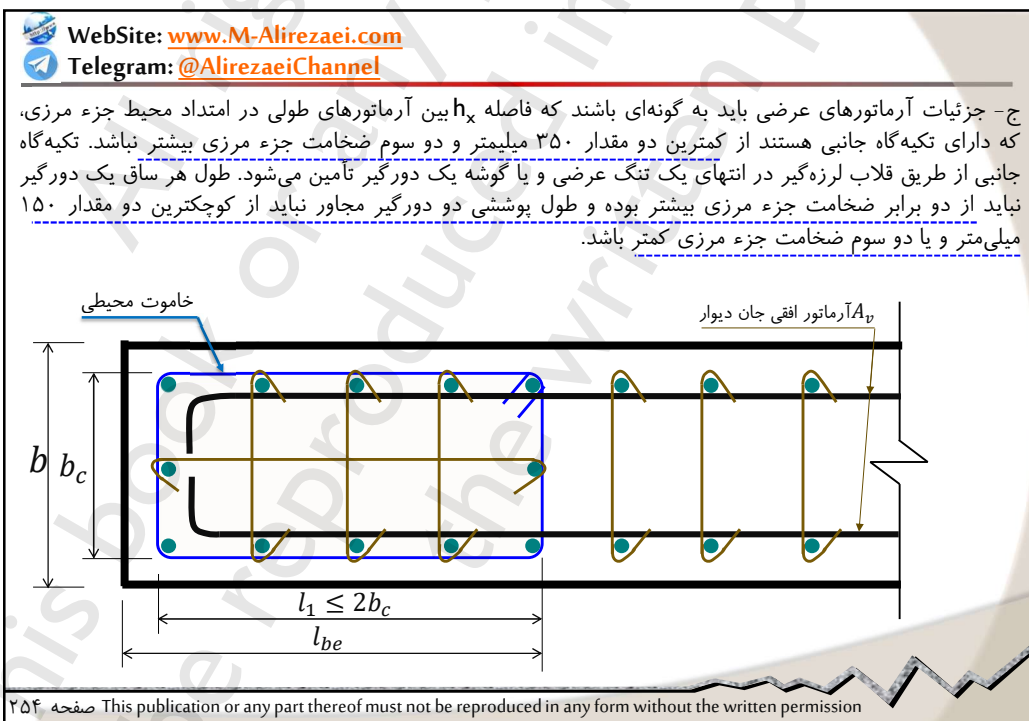
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

جدول ۹-۲۰-۳ فاصله‌ی عمودی آرماتورهای عرضی در جزء مرزی

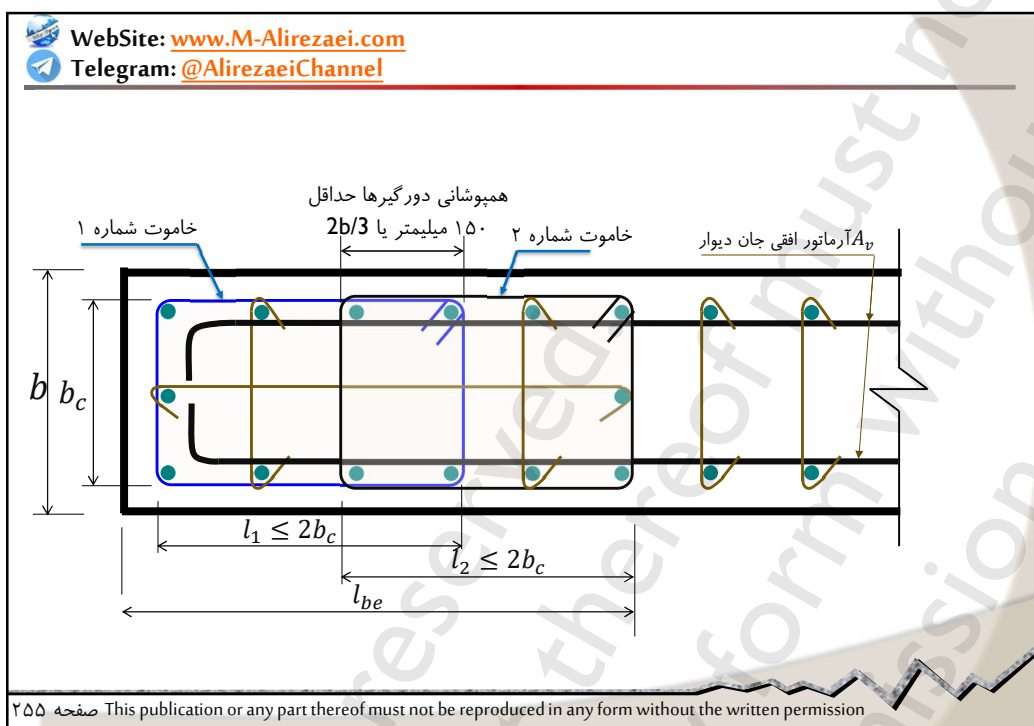
| فاصله‌ی عمودی آرماتورهای عرضی           | آرماتورهای عرضی مورد نیاز                                                                            | مقاومت حد تسلیم<br>آرماتورهای اصلی خمشی |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| کوچکترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر (۱) | در ناحیه‌ای برابر با بزرگترین مقدار $l_w$ و $\frac{M_{tu}}{4V_{tu}}$ در بالا و پایین مقطع بحرانی (۲) | ۴۲۰ مگاپاسکال                           |
| کوچکترین مقدار $8d_b$ و ۲۰۰ میلیمتر     | در سایر نقاط                                                                                         |                                         |
| کوچکترین مقدار $5d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر     | در ناحیه‌ای برابر با بزرگترین مقدار $l_w$ و $\frac{M_{tu}}{4V_{tu}}$ در بالا و پایین مقطع بحرانی (۲) | ۵۲۰ مگاپاسکال                           |
| کوچکترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر     | در سایر نقاط                                                                                         |                                         |

(۱) قطر کوچکترین آرماتور اصلی خمشی است.  
(۲) مقطع بحرانی مقطعی است که در آن اثر تغییر مکان جانبی، امکان جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵۳



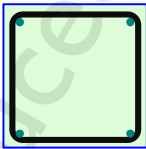




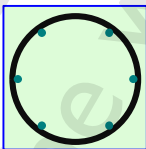
WebSite: [www.M-Alirezaei.com](http://www.M-Alirezaei.com)  
Telegram: @AlirezaeiChannel

ج- مقدار آرماتور عرضی مطابق زیر تعیین می شود:

- در صورت استفاده از دورگیر با خطوط مستقیم

$$\frac{A_{sh}}{sb_c} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$


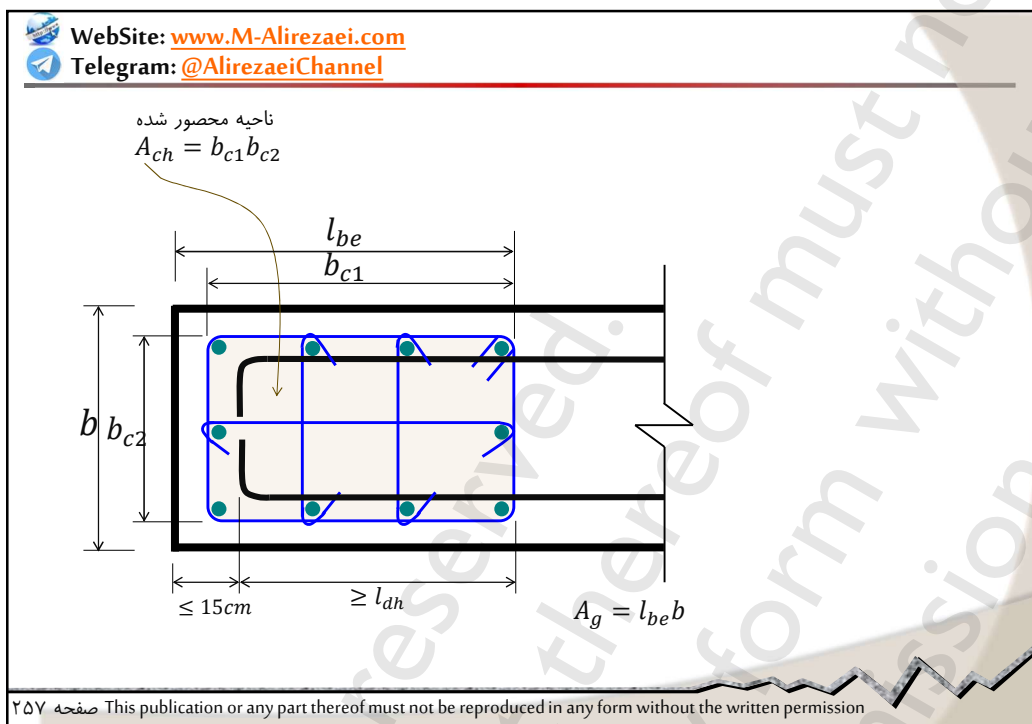
- در صورت استفاده از دورپیچ ها و یا دورگیرهای دایروی

$$\rho_s = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{array} \right.$$


پارامترهای  $A_g$  و  $A_{ch}$  در اسلاید بعد تعریف شده اند.

$A_g = l_{be} b$   
 $A_{ch} = b_{c1} b_{c2}$

صفحه ۲۵۶ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission



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

| آرمانور عرضی                         | مقدار مورد نیاز |                                                                      |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------------------------------------------------------|
| $A_{sh}/sb_c$ for rectilinear hoop   | بیشترین         | (a) $0.3 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$  |
|                                      |                 | (b) $0.09 \frac{f'_c}{f_{yt}}$                                       |
| $\rho_s$ for spiral or circular hoop | بیشترین         | (c) $0.45 \left( \frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}}$ |
|                                      |                 | (d) $0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}}$                                       |

$A_{sh}$ =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 ۲۵۸ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

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

ح- مقاومت مشخصه بتن در جزء مرزی در محدوده ضخامت دال نباید از ۷۰٪ مقاومت مشخصه  $f_c'$  دیوار کمتر باشد.

خ- آرماتورهای طولی دیوار در محدوده‌ی جان باید در فاصله‌ای مطابق بند ۹-۲۰-۷-۴-۲ (ب) در بالا و پایین مقطع بحرانی تکیه‌گاه جانبی شامل گوشه‌ی یک دورگیر و یا یک سنجاقی با قلاب لرزه‌ای در دو انتها باشند. فاصله‌ی قائم آرماتورهای عرضی از یک‌دیگر نباید از ۳۰۰ میلی‌متر بیشتر بوده، و قطر آنها باید مطابق بند ۹-۲۱-۶-۲ تعیین شود.

د- در مواردی که مقطع بحرانی دیوار در تراز تحتانی آن واقع شده باشد، لازم است آرماتورهای عرضی اجزای مرزی آن مقطع بر اساس ضوابط بند ۹-۳-۷-۴ به اندازه‌ی حداقل  $l_d$  که برای بزرگترین میلگرد طولی عضو مرزی محاسبه شده است، در داخل تکیه‌گاه دیوار ادامه یابند. در صورتی که عضو مرزی ویژه باید بر روی پی، شالوده‌ی سراسری، و یا سر شمع ختم شود، آرماتورهای عرضی عضو مرزی ویژه به اندازه‌ی مقدار به دست آمده از بند ۹-۲۰-۳-۲ و حداقل ۳۰۰ میلی‌متر، در داخل پی یا سر شمع ادامه یابند. در پی‌ها به جای  $l_d$  می‌توان از  $l_{dh}$  با فرض  $1.25f_y$  استفاده نمود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۵۹

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

به دورگیر نیازی نیست

دورگیرها مطابق بند ۹-۲۰-۷-۴-۵

المان مرزی ویژه  $\geq 300 \text{ mm}$

مقطع بحرانی

المان مرزی نزدیک لبه شالوده

المان مرزی دور از لبه شالوده

$\rho < \frac{2.8}{f_y}$

$\rho \geq \frac{2.8}{f_y}$

$b \geq \frac{h_u}{16}$

if  $\frac{c}{l_w} \geq \frac{3}{8}$

Then  $b \geq 300 \text{ mm}$

$\max \left\{ l_w, \left( \frac{M_u}{4V_u} \right) \right\}$  مقطع بحرانی

$\geq l_d \text{ for } 1.25 f_y$  یا استفاده از قلاب

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۰



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

۵-۴-۲۰-۹ در مواردی که بر اساس بندهای ۲-۴-۲۰-۹ یا ۳-۴-۲۰-۹ به اجزای مرزی ویژه نیازی نباشد، ضوابط (الف) و (ب) باید رعایت شوند:

الف- در مواردی که نسبت آرماتورهای طولی عضو مرزی دیوار از  $\frac{2.8}{f_y}$  تجاوز نماید، آرماتورهای عرضی عضو مرزی، باید در طولی مطابق بند ۴-۴-۲۰-۹ (الف) ضوابط بندهای ۲-۳-۶-۲۰-۹ (الف) تا (ث) (ضوابط آرماتور عرضی ستون در قاب ویژه) را تامین نمایند. فاصله عمودی این آرماتورهای عرضی باید مطابق با جدول ۳-۲۰-۹ باشد.

ب- در دیوارها، به جز در مواردی که  $V_u$  در صفحه دیوار از  $0.083A_{cv}\lambda\sqrt{f'_c}$  کمتر است، آرماتورهای افقی که به لبه‌های انتهایی دیوارهای بدون اجزای مرزی ختم می‌شوند، باید دارای قلاب انتهایی استاندارد که آرماتورهای طولی لبه را در بر می‌گیرد، باشند. به جای قلاب انتهایی استاندارد فوق می‌توان از آرماتورهای U شکل که با قطر و فاصله یکسان با آرماتورهای عرضی بوده و به آنها وصله شده‌اند، استفاده نمود.

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



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

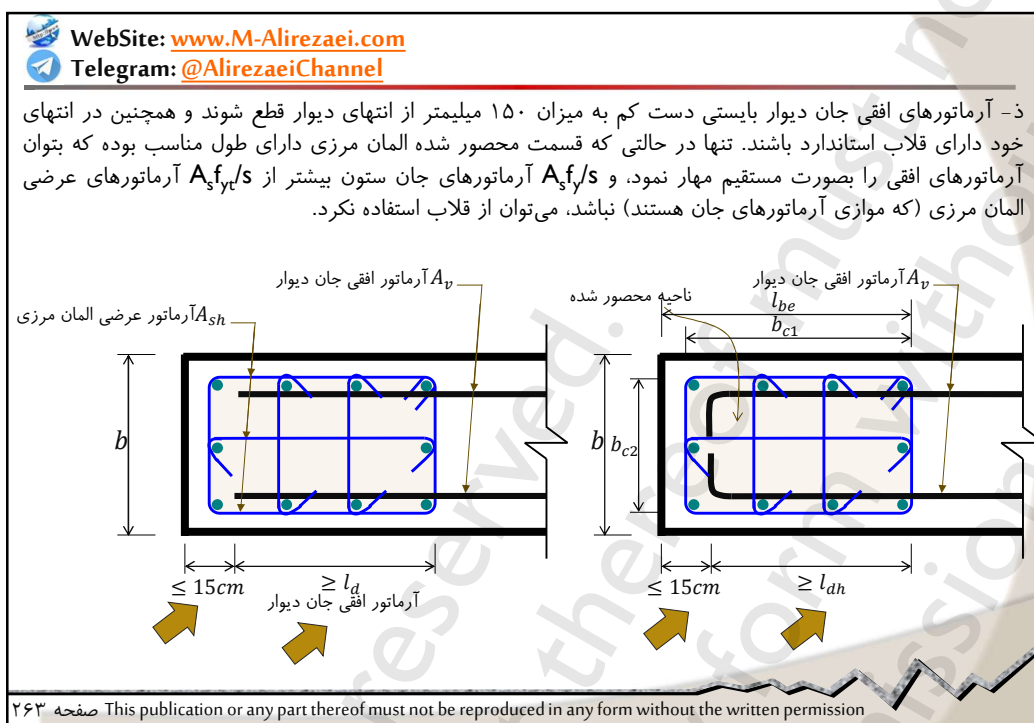
جدول ۳-۲۰-۹ فاصله عمودی آرماتورهای عرضی در جزء مرزی

| فاصله عمودی آرماتورهای عرضی             | آرماتورهای عرضی مورد نیاز                                                                      | مقاومت حد تسلیم<br>آرماتورهای اصلی خمشی |
|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| کوچکترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر (۱) | در ناحیه‌ای برابر با بزرگترین مقدار $l_w$ و $\frac{M_u}{4V_u}$ در بالا و پایین مقطع بحرانی (۲) | ۴۲۰ مگاپاسکال                           |
| کوچکترین مقدار $8d_b$ و ۲۰۰ میلیمتر     | در سایر نقاط                                                                                   |                                         |
| کوچکترین مقدار $5d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر     | در ناحیه‌ای برابر با بزرگترین مقدار $l_w$ و $\frac{M_u}{4V_u}$ در بالا و پایین مقطع بحرانی (۲) | ۵۲۰ مگاپاسکال                           |
| کوچکترین مقدار $6d_b$ و ۱۵۰ میلیمتر     | در سایر نقاط                                                                                   |                                         |

(۱)  $d_b$  قطر کوچکترین آرماتور اصلی خمشی است.

(۲) مقطع بحرانی مقطعی است که در آن در اثر تغییر مکان جانبی، امکان جاری شدن آرماتورهای طولی وجود دارد.

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



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

طراحی دیوار برشی برای نیروی برشی

ویرایش ۹۹ مبحث نهم:

۱-۹-۷-۲۰-۹ در دیوارهای سازه ای  $V_u$  از تحلیل سازه زیر اثر بارهای ضربیدار قائم و جانبی ناشی از زلزله، و با توجه به ترکیب بارهای ضربیدار بدست می آید.

۱-۱-۹-۷-۲۰-۹ نیروی برشی طرح  $V_e$  بصورت زیر محاسبه می شود:

$$V_e = \Omega_v \omega_v V_u \leq 3V_u$$

در این رابطه  $V_u$  نیروی برشی است که از تحلیل سازه بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان به دست می آید. همچنین  $\Omega_v$  ضریب اضافه مقاومت است که بر اساس جدول ۴-۲۰-۹ تعیین می شود.

$$\Omega_v = \begin{cases} \frac{h_{wcs}}{l_w} > 1.5 \rightarrow \max \left\{ \frac{M_{pr}}{M_u}, 1.5 \right\} \\ \frac{h_{wcs}}{l_w} \leq 1.5 \rightarrow 1.0 \end{cases}$$

$$\omega_v = \begin{cases} \frac{h_{wcs}}{l_w} \geq 2.0 \rightarrow \begin{cases} 0.9 + \frac{n_s}{10} & \text{for } n_s \leq 6.0 \\ 1.3 + \frac{n_s}{10} \leq 1.8 & \text{for } n_s > 6.0 \end{cases} \\ \frac{h_{wcs}}{l_w} < 2.0 \rightarrow 1.0 \end{cases}$$

ضریب تشدید مربوط به اثر مودهای بالا

ضریب تشدید مربوط اضافه مقاومت خمشی در مقطع بحرانی

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

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

برای ساختمان‌هایی که در آن‌ها  $n_s$  بزرگتر از ۶ است در صورتیکه محاسبات سازه با روش دینامیکی خطی انجام شده باشد نیازی نیست مقدار  $\omega_v$  بیشتر از مقداری که از رابطه زیر به دست می‌آید منظور شود

$$\omega_v = 1.2 + \frac{n_s}{50} \leq 1.8$$

مقدار  $n_s$  نباید کمتر از  $0.00028h_{wCS}$  منظور شود. ( $h_{wCS}$  بر حسب میلیمتر)

در این روابط  $n_s$  تعداد طبقات بالای مقطع بحرانی است.

ویرایش ۹۲ مبحث نهم: معادل این بند در ویرایش ۹۲ وجود ندارد و برای طراحی برشی از همان ترکیب بارهای ضریبدار ناشی از بارهای جانبی و ثقلی استفاده می‌شد.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۵

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

تعیین برش نیاز دیوار با  $h_w/l_w \geq 1.5$

لنگر ناشی از ترکیب بارهای،  $M_u$

لنگر تشدید یافته  $\Omega_v M_u$

$\Omega_v = \frac{M_{pr,CS}}{M_{u,CS}}$

مقطع بحرانی

بارهای جانبی

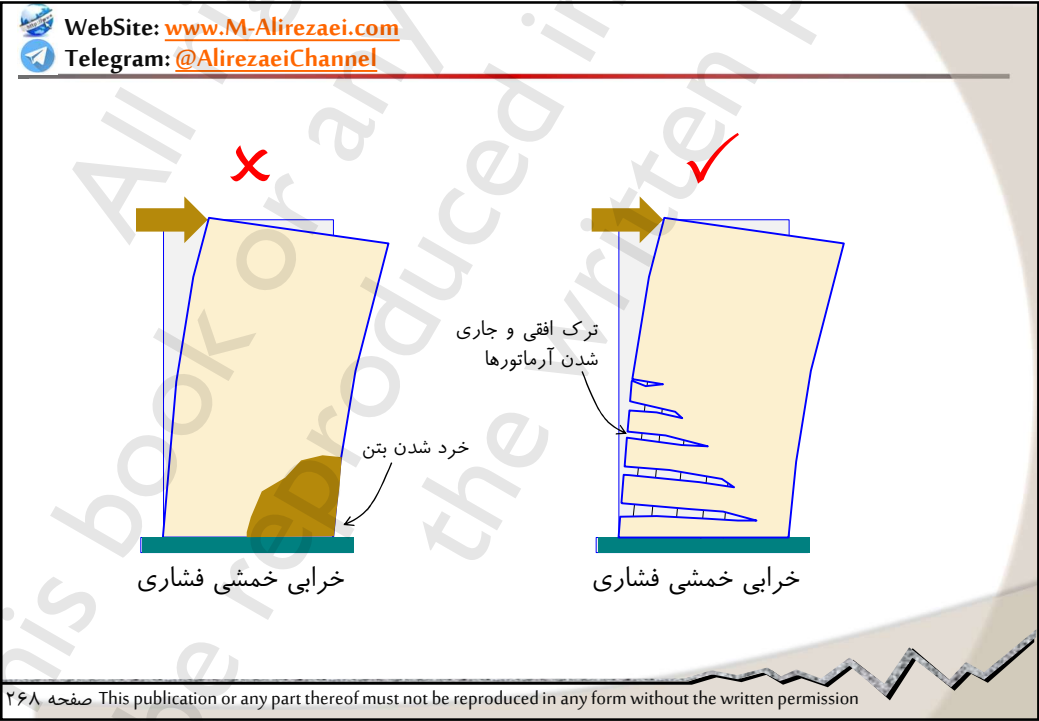
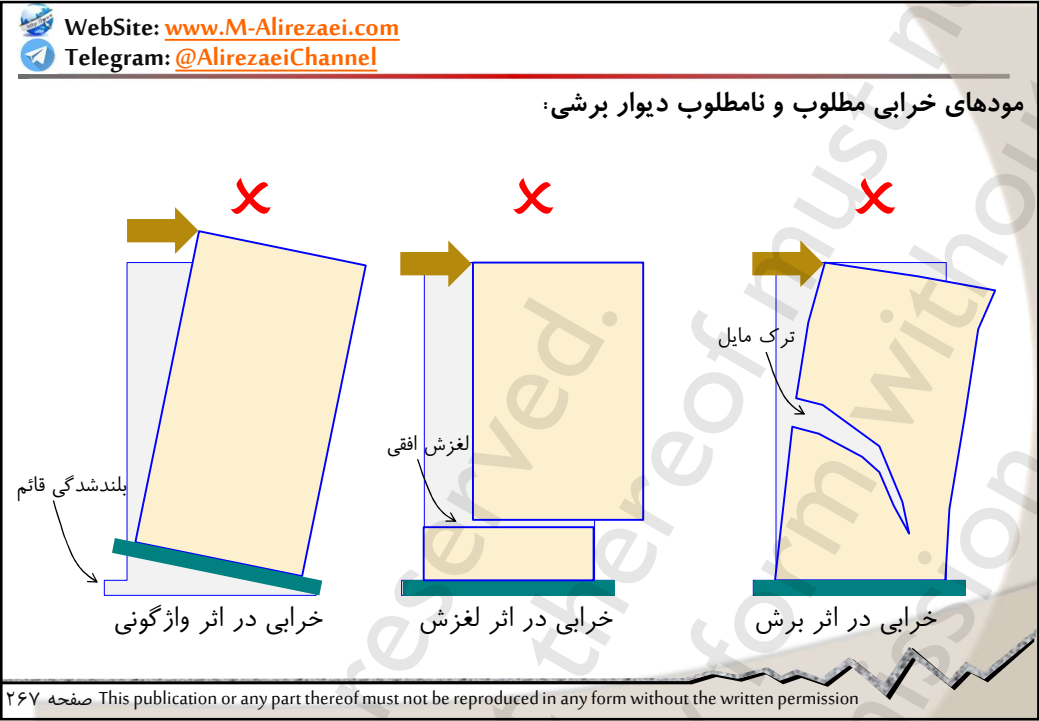
نمای دیوار

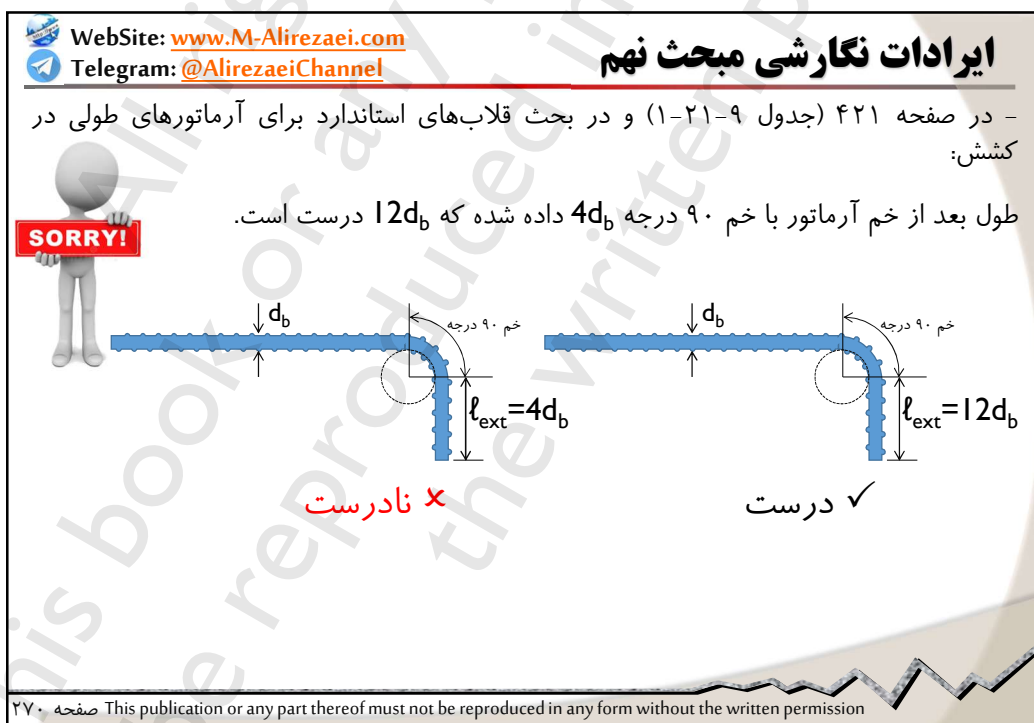
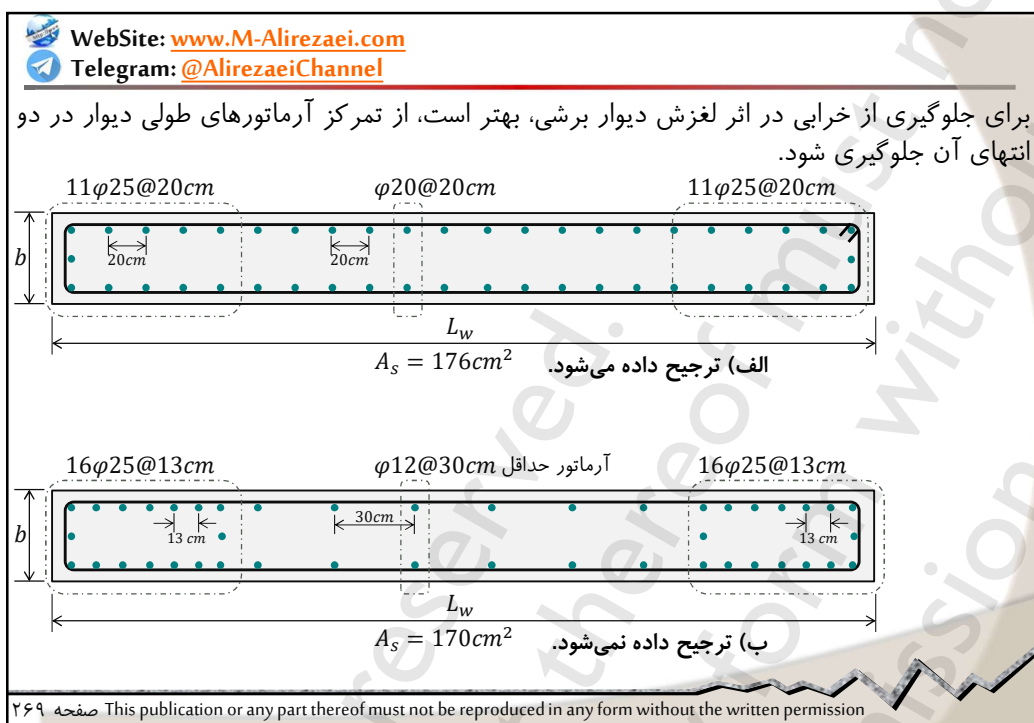
برش

لنگر خمشی

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۶۶







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

- در بند ۹-۲۱-۳-۲ ضرایب اصلاح طول گیرایی میلگردهای آجدار در کشش بر اساس جدول ۹-۲۱-۳ داده شده است و در انتهای این بند گفته شده حاصل ضرب  $\psi_t \psi_s$  نیازی نیست بیشتر از ۱.۷ در نظر گرفته شود. این عبارت باید به صورت  $\psi_t \psi_e$  اصلاح گردد.

**SORRY!** The product  $\psi_t \psi_e$  need not exceed 1.7.

$\psi_t \times \psi_s \leq 1.7$  ✗ نادرست  
 $\psi_t \times \psi_e \leq 1.7$  ✓ درست

$\psi_t$  ضریب موقعیت میلگرد است و برای میلگردهای افقی که حداقل ۳۰ سانتیمتر بتن تاز زیر آن قرار گیرد برابر ۱.۳ و برای سایر میلگردها برابر ۱.۰ است.

$\psi_s$  ضریب قطر میلگرد است و برای میلگردهای با قطر ۲۰ و بیشتر برابر ۱.۰ و برای سایر میلگردها برابر ۰.۸ است.

$\psi_e$  ضریب پوشش میلگرد است که برای میلگرد بدون اندود برابر ۱.۰ در نظر گرفته می‌شود.

معادل این بند نیز در مبحث نهم ویرایش ۹۲ (صفحه ۲۹۵) نیز وجود داشت.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۷۱

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

بند ۹-۲۰-۲-۴ به صورت زیر باید اصلاح شود:

- در ستونها یا اجزاء لبه دیوارهای سازه‌ای ویژه که فاصله لبه آنها از لبه شالوده از نصف ضخامت شالوده کمتر است، باید از آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۳-۶ تا ۹-۲۰-۳-۶-۴-۳ در زیر قسمت فوقانی شالوده استفاده شود... ✓ درست

- در ستونها یا اجزاء لبه دیوارهای سازه‌ای ویژه که فاصله لبه آنها از لبه شالوده از نصف ضخامت شالوده کمتر است، باید از آرماتورهای عرضی مطابق ضوابط بندهای ۹-۲۰-۳-۶ تا ۹-۲۰-۳-۶-۴-۳ در قسمت فوقانی شالوده استفاده شود... ✗ نادرست

کلمه «زیر» باید به قبل از کلمه فوقانی اضافه شود. البته عدم وجود این کلمه خللی در معنی ایجاد نمی‌کند.

18.13.2.4 Columns or boundary elements of special structural walls that have an edge within one-half the footing depth from an edge of the footing shall have transverse reinforcement in accordance with 18.7.5.2 through 18.7.5.4 provided below the top of the footing. This reinforcement shall extend into the footing, mat, or pile cap a length equal to the development length, calculated for  $f_y$  in tension, of the column or boundary element longitudinal reinforcement.

باید از آرماتورهای عرضی مطابق با ناحیه ۱۰ ستون، در قسمت شالوده استفاده شود.

This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission صفحه ۲۷۲

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

بند ۹-۲-۱۶-۷ به صورت زیر باید اصلاح شود:

✓ درست  
- ادامه (توسعه) یک تیر در حالتی شرایط پیوستگی در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی را ایجاد می‌نماید که شرایط زیر برآورده گردند:

✗ نادرست  
- الامه (توسعه) یک تیر در حالتی شرایط پیوستگی در ناحیه‌ی اتصال تیر به ستون در امتداد برش مورد بررسی را ایجاد می‌نماید که شرایط زیر برآورده گردند:

کلمه ادامه به اشتباه نوشته شده است.

ACI 318-19:

15.2.7 A beam extension assumed to provide continuity through a beam-column joint in the direction of joint shear considered shall satisfy (a) and (b):

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

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

بند ۹-۲۰-۷-۴-۴ به صورت زیر باید اصلاح شود:

✓ درست  
ج- جزئیات آرماتورهای عرضی باید به گونه‌ای باشند که فاصله  $h_x$  بین آرماتورهای طولی در امتداد محیط جزء مرزی، که دارای تکیه‌گاه جانبی هستند از کمترین دو مقدار ۳۵۰ میلیمتر و دو سوم ضخامت جزء مرزی بیشتر نباشد.

✗ نادرست  
ج- جزئیات آرماتورهای عرضی باید به گونه‌ای باشند که فاصله  $h_x$  بین آرماتورهای طولی در امتداد محیط جزء مرزی، که دارای تکیه‌گاه جانبی هستند از کمترین دو مقدار ۳۵۰ میلیمتر و دو سوم ضخامت جزء مرزی بیشتر باشد.

کلمه باشد به اشتباه نوشته شده است.

ACI 318-19:

f) Transverse reinforcement shall be arranged such that the spacing  $h_x$  between laterally supported longitudinal bars around the perimeter of the boundary element shall not exceed the lesser of 350 mm and two-thirds of the boundary element thickness.

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

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

در بند ۹-۲۲-۱۳ و در رابطه مربوط به تنش تسلیم میانگین میلگردها، (رابطه ۹-۲۲-۳) یک اشتباه تایپی در بیان تنش تسلیم مشاهده شده رخ داده است.

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs})_i}{10} \quad (3-22-9) \quad \checkmark \text{ درست}$$

$$f_{y,obs,m} = \frac{\sum_{i=1}^{10} (f_{y,obs,m})_i}{10} \quad (3-22-9) \quad \times \text{ نادرست}$$

صفحه ۲۷۵ This publication or any part thereof must not be reproduced in any form without the written permission

