

VERIFICATION

2 : L_{dh} Example

Mohaseb2000 VS ETABS

Mohaseb2000 Ver 23.0.0 VS ETABS Ver 20.3.0

Support Team's Members:






Dr.Ali Hashemi

Eng.Farzad Rezayi

Eng.Sosan Gardaneh

Programmer:

Eng.Mahmoud Mahmoudi

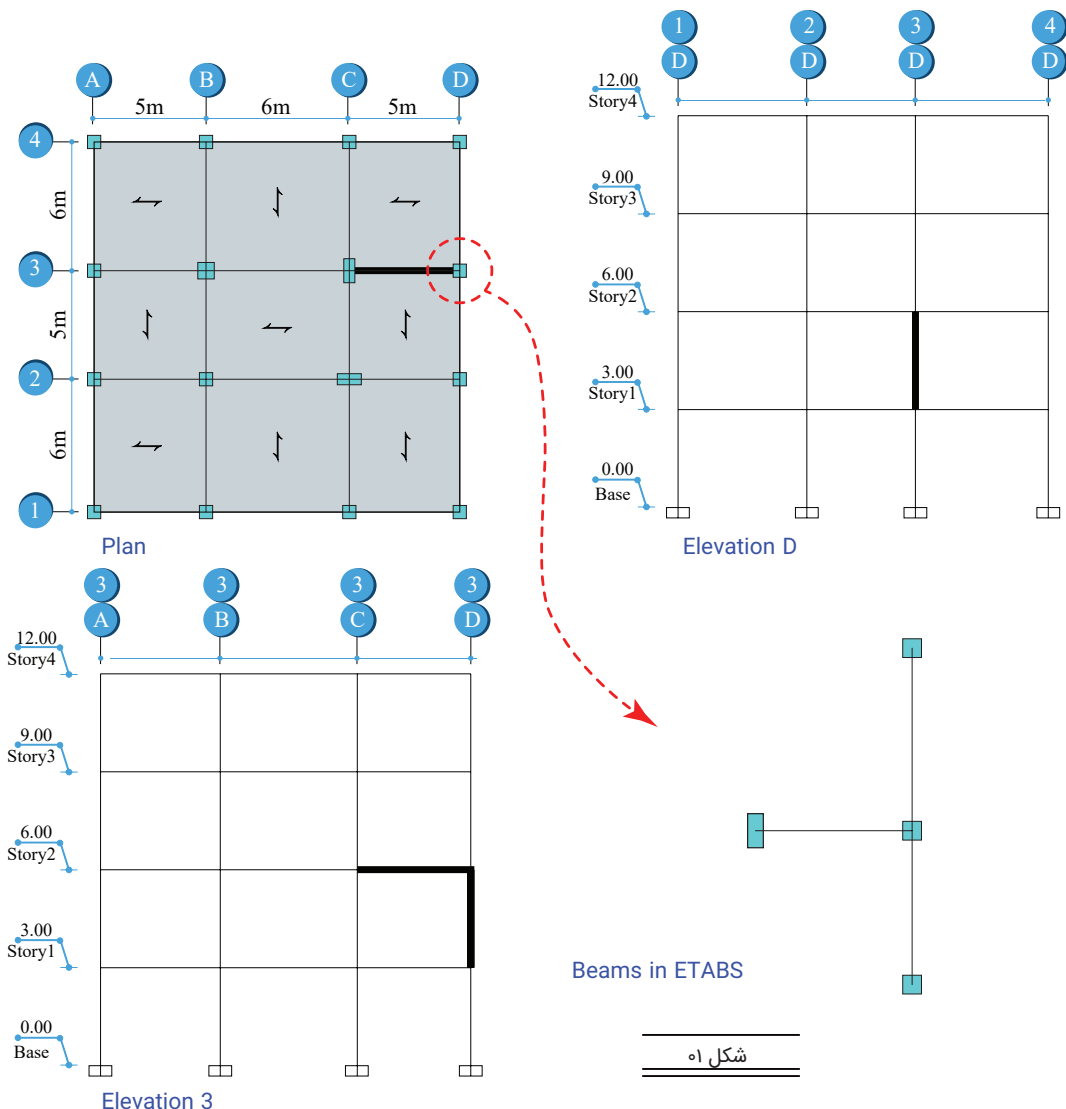
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 +989122772330

مثال ۰۰۲ مربوط به مبحث نهم ویرایش ۵: صحت سنجی طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش

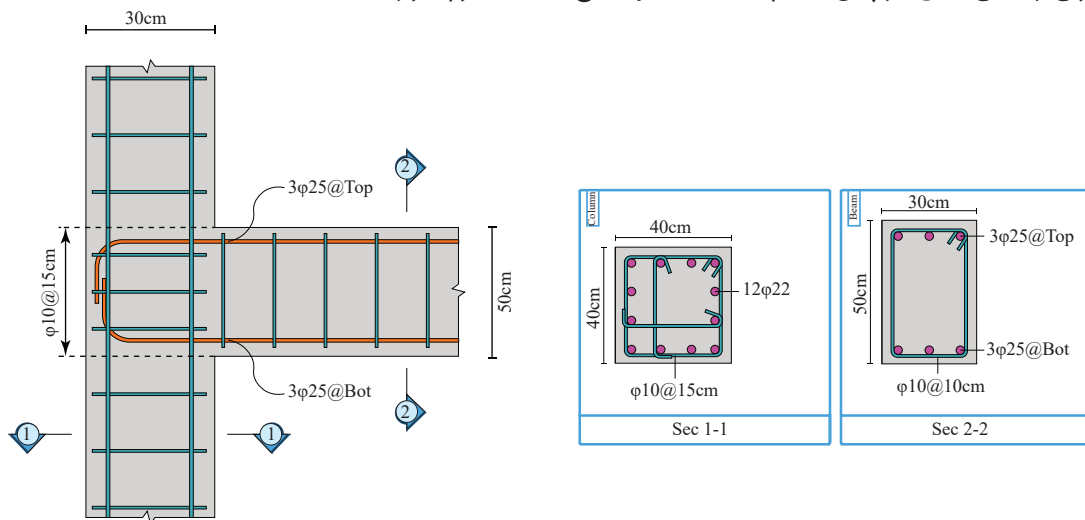
صحت سنجی طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش از طریق مبحث نهم ویرایش ۵

توضیح مساله

هدف این مثال، صحت سنجی محاسبه طول مهاری میلگردهای قلابدار در کشش می باشد. نرم افزار ایتبس قادر به محاسبه و کنترل طول مهاری میلگردهای قلابدار نیست اما به کمک نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ می توان نسبت به کنترل آن به دو صورت گرافیکی و متنی پرداخت. برای این مثال از یک ساختمان چهار طبقه استفاده شده است که اتصال مربوط به این مثال همانند شکل ۱ در طبقه دوم و در آکس D-3 قرار دارد.



خصوصیات تیر و ستون انتخاب شده برای این مثال در شکل ۲ نمایش داده شده است. در این مثال محاسبات برای راستای افقی در پلان انجام شده است و نتایج با اعداد نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ مقایسه شده است.



شکل ۰۲

برای این مثال از میلگردهای بدون اندود اپوکسی و با تنش تسلیم ۴۰۰ مگاپاسکال استفاده شده و بتن مربوط به تیرها و ستون ها بتن معمولی با مقاومت فشاری ۲۵ مگاپاسکال در نظر گرفته شده است. همچنین کاور بتن در نظر گرفته شده برای اعضا برابر ۴ سانتی متر می باشد. مراحل حل این مثال به صورت زیر خلاصه می شود.

توضیح بندهای آیین نامه جهت محاسبه

 STEP
01

 محاسبه ضرایب پوشش، محل مهار، مقاومت بتن (ψ_o و ψ_c و ψ_e)

 STEP
02

 محاسبه ضریب آرماتور محصور کننده (ψ_r) و طول مهارى

 STEP
03

ارائه راهکارهای جواب گرفتن از طول مهارى

 STEP
04

طول مهارى در طره ها

 STEP
05

خروجی های نرم افزار محاسب ۲۰۰۰

 STEP
06

توضیح بندهای آیین نامه جهت محاسبه

 STEP
01

توضیحات آیین نامه

طبق بند ۱-۳-۳-۲۱-۹ مبحث نهم، طول گیرایی با قلاب برای میلگردهای آجدار در کشش که به قلاب استاندارد ختم می شوند، L_{dh} نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر باشد:

الف) رابطه زیر با ضرایب اصلاح $\psi_c, \psi_o, \psi_r, \psi_e$ مطابق بند ۲-۳-۳-۲۱-۹

$$L_{dh} = \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c}{\lambda} \frac{0.043 f_y}{\sqrt{f'_c}} d_b^{1.5}$$

ب) هشت برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر، هر کدام بزرگتر است.

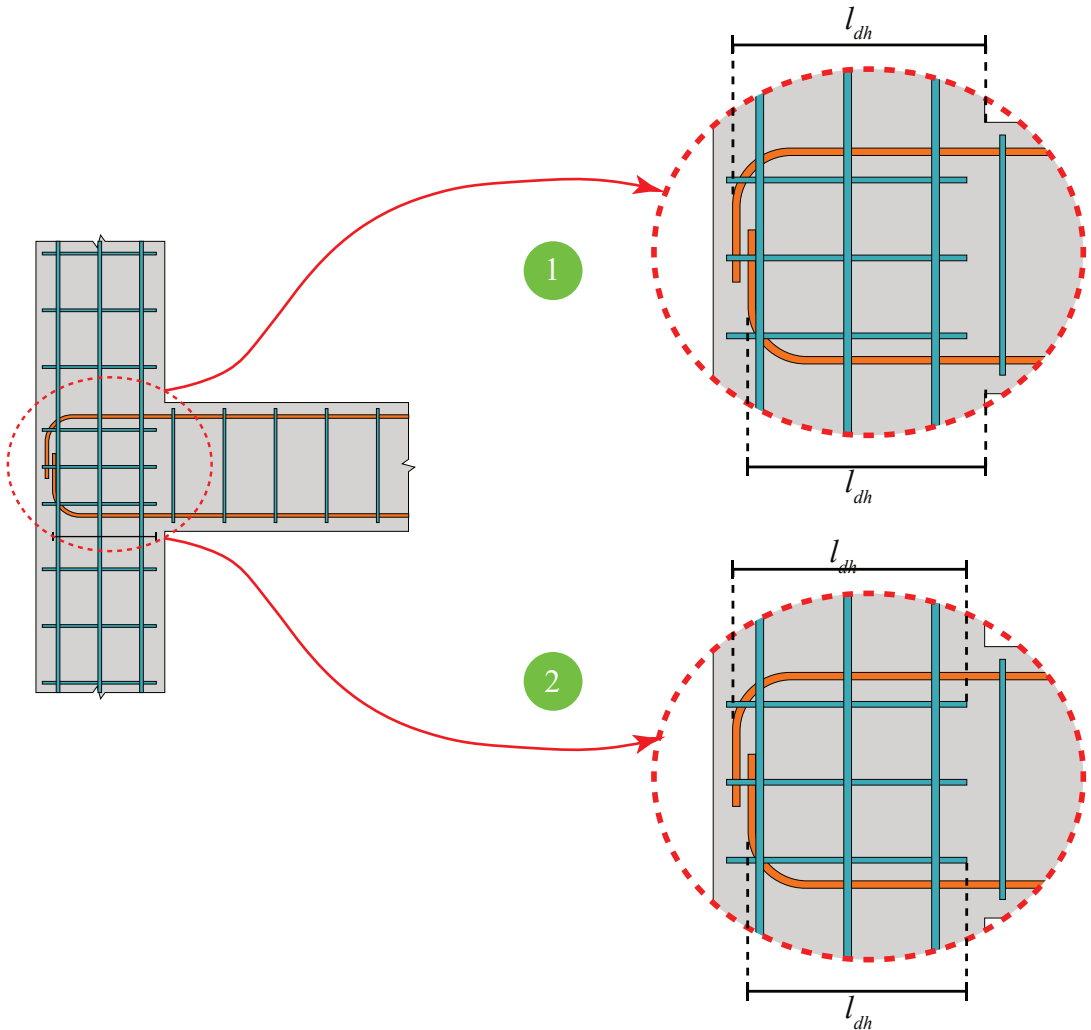
از طرفی، برای سازه های با شکل پذیری زیاد نیز یک رابطه دیگر هم وجود دارد که علاوه بر رابطه فوق باید کنترل شود. طبق بند ۱-۵-۵-۶-۲۰-۹ طول گیرایی میلگردها که به قلاب استاندارد ختم شده اند، باید با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود که نباید کمتر از ۸ برابر قطر میلگرد و ۱۵۰ میلی متر اختیار شود.

$$L_{dh} = f_y d_b / (5.4 \lambda \sqrt{f'_c})$$

ضرایب استفاده شده در روابط فوق در جدول ۵-۲۱-۹ ارائه شده که به صورت زیر است:

مقدار	شرایط	ضریب اصلاح
۱/۲	برای میلگردهای با اندود اپوکسی یا با اندود دوگانه اپوکسی و روی	ضریب پوشش
۱	برای میلگردهای بدون اندود اپوکسی و میلگردهای با اندود روی (گالوانیزه)	ψ_c
۱	برای میلگردهای با قطر کوچکتر یا مساوی ۳۴ میلی متر با $A_{th} \geq 0.40 A_{hs}$ و یا با فاصله میلگردهای مهار شونده بیش از شش برابر قطر میلگرد	ضریب آرماتور محصور کننده
۱/۶	برای سایر موارد	ψ_r
۱	برای میلگردهای با قطر کوچک تر یا مساوی ۳۴ میلی متر و مهار شده در هسته ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه قلاب بیش از ۶۵ میلی متر و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد	ضریب محل مهار
۱/۲۵	برای سایر موارد	ψ_o
$(f'_c / 105) + 0.6$	برای بتن با مقاومت کم تر از ۴۲ مگاپاسکال	ضریب مقاومت بتن
۱	برای بتن با مقاومت بزرگتر یا مساوی ۴۲ مگاپاسکال	ψ_c

اما موضوعی که راجع به طول مهاري ميلگرد قلابدار در كشش مطرح است، اين مورد است كه مفهوم آن چيست و به چه قسمتي از طول ميلگرد خم شده و داراي قلاب انتهائي مربوط مي شود. به عبارتي ديگر در صورتي كه به دو شكل زير دقت شود، اين سوال مطرح مي شود كه کدام يك صحيح بوده و طول مهاري را به درستي نمايش مي دهد؟ در حقيقت در حالت ۱، طول مهاري ميلگردهاي طولي تير از محل شروع بعد ستون تا انتهاي طول ميلگرد خم شده ادامه داده شده است اما در حالت ۲، اين طول از محل شروع خاموت ستون آغاز شده است و در حقيقت منظور هسته محصور ستون است.



در جواب اين سوال بايد گفت كه بر خلاف نظر اكثر مهندسين اين حالت شماره ۲ است كه صحيح مي باشد. به منظور بررسي درستي اين موضوع بايستي به سراغ پي دي اف منتشر شده توسط ACI تحت عنوان "Design Guide on ACI 318 Building Code Requirements for Structural Concrete" رفت كه كاملاً به آن اشاره شده است.

توضیحات آیین نامه

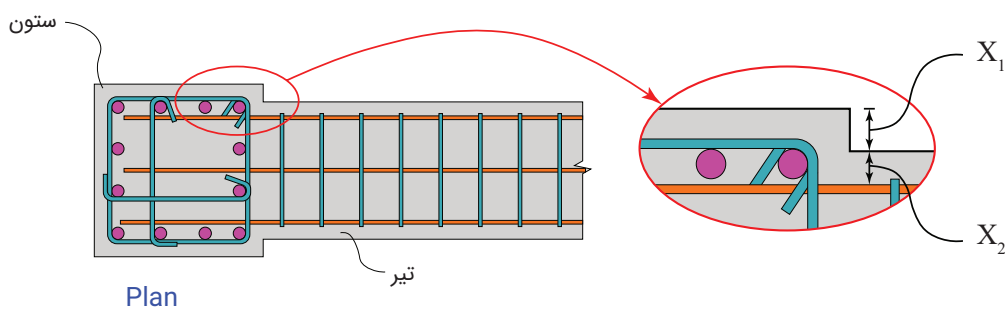
ضرایب این قسمت به کمک جدول ۹-۲۱-۵ که در STEP01 ارائه شده است محاسبه می گردد.

ضریب پوشش میلگرد ψ_o

با توجه به اینکه از میلگردهای بدون اندود اپوکوسی در این مثال استفاده شده است لذا ضریب پوشش میلگرد برابر ۱ به دست می آید.

ضریب محل مهار ψ_c

با توجه به اینکه در مثال از میلگردهای با سایز ۲۵ در تیرها و ۲۲ در ستون ها، استفاده شده است لذا با توجه به جدول ۹-۲۱-۵ برای میلگردهای با قطر کوچک تر یا مساوی ۳۴ میلی متر و مهار شده در هسته ستون و با پوشش جانبی عمود بر صفحه قلاب بیش از ۶۵ میلی متر و یا با پوشش جانبی عمود بر صفحه قلاب بیش از شش برابر قطر میلگرد، مقدار ضریب محل مهار میلگرد برابر ۱ خواهد شد. در درجه اول میلگرد استفاده شده برای تیر کمتر از سایز ۳۴ است که معمولاً در سازه های متعارف همواره این شرط برقرار است اما در درجه دوم باید میزان کاور بتن روی میلگرد تیر در چشمه اتصال محاسبه شود. عرض تیر در این مثال کمتر از عرض ستون است لذا مطابق با شکل زیر میزان کاور تا روی میلگرد طولی تیر به دست می آید.



شکل ۰۴

$$X_1 \quad \Rightarrow \quad \text{اختلاف بعد تیر و ستون در یک سمت} \quad \Rightarrow \quad X_1 = (400 - 300) / 2 = 50\text{mm}$$

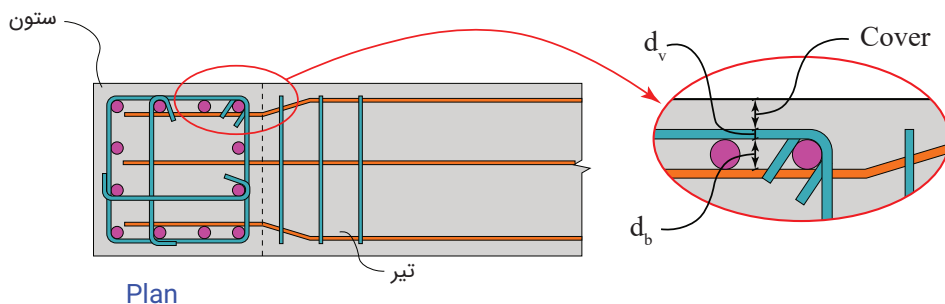
$$X_2 \quad \Rightarrow \quad \text{فاصله تا روی میلگرد طولی تیر} \quad \Rightarrow \quad X_2 = 40 + 10 = 50\text{mm}$$

با توجه به محاسبات فوق، میزان پوشش روی میلگرد طولی تیرها برابر با مجموع دو مقدار فوق است که برابر با ۱۰۰ میلی متر خواهد شد لذا با توجه به محاسبه زیر می توان نتیجه گرفت ضریب محل مهار برابر ۱ خواهد شد.

$$100\text{mm} \geq \min(6d_b = 6 * 25 = 150\text{mm}, 65\text{mm}) \rightarrow \psi_o = 1$$

دقت شود که محاسبات فوق در حالتی صادق است که میلگردهای طولی تیر بدون تداخل با میلگردهای ستون و به راحتی به چشمه اتصال وارد می شود. در صورتی که بعد تیر نسبت به بعد تیرها کمتر باشد معمولاً می توان انتظار این اتفاق را داشت اما در صورتی که این امکان فراهم نباشد بایستی میلگردهای طولی تیر خم شوند و در هسته اتصال مهار شوند. در حقیقت بر این اساس دو حالت اتفاق می افتد.

در حالت اول بعد تیر نسبت به ستون کمتر است و میلگرد تیر بدون هیچ گونه خم شدن در هسته اتصال محصور می شود. در این حالت برای محاسبه میزان پوشش طولی تیر در جهت عمود بر میلگرد به راحتی از اختلاف ابعاد تیر و ستون همانند این مثال به دست می آید. دقت شود تنها اختلاف ابعاد تیر و ستون در این حالت کفایت نمی کند و ممکن است علی رغم این اختلاف، باز هم به دلیل قطر میلگردها و تفاوت پوشش بتن در تیر و ستون، میلگرد طولی تیرها برای قرارگیری در هسته محصور نیاز به خم شدن داشته باشد که در حالت دوم نیز به همین صورت میزان پوشش بتن روی میلگرد تیر بررسی می شود. در حالت دوم، بعد تیر برابر با بعد ستون است و یا از آن بزرگتر است که در این حالت بایستی میلگرد طولی تیر قبل از وارد شدن به چشمه اتصال خم شود که در شکل زیر به خوبی نحوه محاسبه میزان پوشش بتن روی میلگرد طولی تیر نمایش داده شده است.



شکل ۵

 Cover \Rightarrow میزان پوشش بتن مربوط به ستون

میزان پوشش بتن روی میلگرد طولی تیر

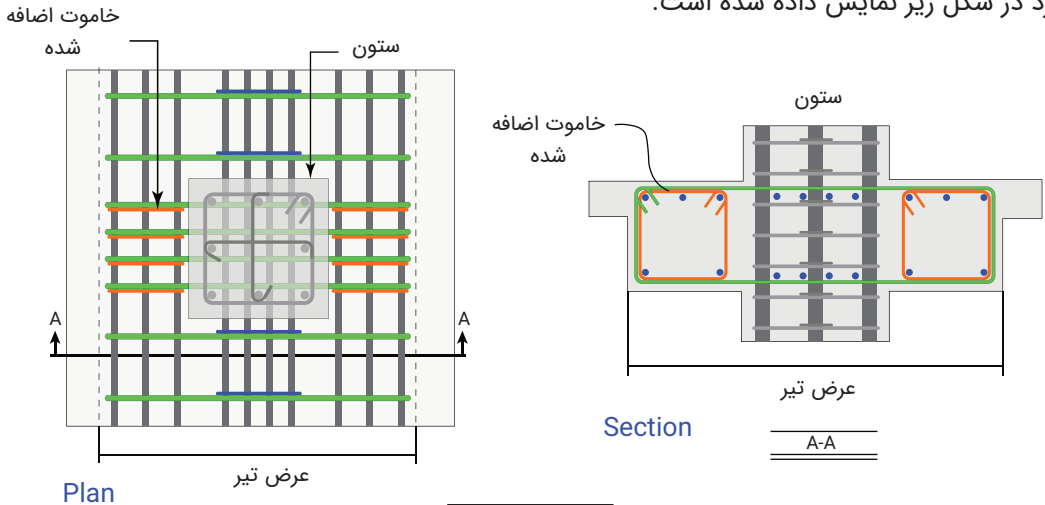
 $d_v \Rightarrow$ قطر خاموت ستون

$$X = \text{Cover} + d_v + d_b$$

 $d_b \Rightarrow$ قطر میلگرد طولی ستون

مطابق با بند ۹-۲۰-۶-۲-۱-۱ مبحث نهم، عرض مقطع تیر می تواند بیشتر از بعد ستون باشد. در این حالت، در صورتی که میزان عرض مقطع تیر اختلاف فاحشی با عرض مقطع ستون نداشته باشد می توان از خم کردن میلگرد طولی تیر استفاده نمود اما در صورتی که این اختلاف بیشتر باشد، مجبور خواهیم بود که برخی از میلگردهای تیر را در خارج از چشمه اتصال و در تیر متعامد بر آن (در صورت وجود) مهار کنیم. در این حالت

میلگردهای خارج از ناحیه اتصال بایستی به وسیله خاموت های اضافه مهار شوند. در صورتی که این اتفاق در اتصال پیش آید، ضریب محل مهار بدون هیچ گونه محاسباتی باید برابر با ۱/۲۵ در نظر گرفته شود. این مورد در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۰۶

ضریب مقاومت بتن ψ_c

در این مثال از بتن با مقاومت ۲۵ مگاپاسکال استفاده شده است لذا ضریب مقاومت بتن با توجه به جدول ۹-۲۱-۵ که در STEP01 ارائه شده است، برای بتن با مقاومت کم تر از ۴۲ مگاپاسکال به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\psi_c = (f'_c / 105) + 0.6 = (25 / 105) + 0.6 = 0.84$$

محاسبه ضریب آرماتور محصور کننده (ψ_r) و طول مهاری

STEP
03

با توجه به اینکه محاسبه این ضریب قسمت چالش برانگیز محاسبه طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش است لذا به صورت مفصل نحوه محاسبه آن تشریح می شود. در برخی از مطالب این قسمت از تجارب همکاران دیگر استفاده شده و در برخی از موارد از ACI استعلام گرفته شده است.

همانطور که در بخش قبل و جدول ارائه شده مشخص است، ضریب آرماتور محصور کننده داری مقادیر عددی ۱ یا ۱/۶ است. یعنی در حالتی که این ضریب برابر ۱/۶ محاسبه می شود. مقدار طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش ۶۰ درصد اضافه می شود و در حقیقت بعد ستون متصل به تیر بایستی در جهت اتصال و موازات میلگرد قلابدار ۶۰ درصد اضافه شود که برای پلان های معماری با محدودیت ابعادی ستون یک فاجعه محسوب می شود. لذا همواره بایستی تلاش شود که این ضریب را با توجه به جزییاتی که در ادامه ارائه شده است، طوری تعیین کنیم که همواره مقدار عددی آن برابر ۱ شود.

برای این منظور بار دیگر به جدول فوق دقت کنید. همانطور که در جدول مشخص شده است، دو حالت

برای مساوی یک قرار دادن ضریب ψ_r وجود دارد که ابتدا به حالت دوم می پردازیم. همانطور که قید شده است، در صورتی که فاصله بین میلگردهای مهار شونده بیش از شش برابر قطر میلگرد باشد، بدون هیچ پیش شرطی، مقدار ضریب ψ_r برابر یک خواهد بود. اما ممکن است که در ابتدای کار این سوال پیش بیاید که منظور از فاصله بین میلگردها چیست؟ فاصله مرکز به مرکز میلگردها مدنظر است یا فاصله خالص بین آرماتورها باید در نظر گرفته شود؟ در جواب باید گفت که در مبحث نهم به صورت مستقیم به این مورد اشاره ای نشده و فقط در فصل تعاریف که در ابتدای مبحث آورده شده، تعریفی برای فاصله ارائه شده که فاصله مرکز به مرکز میلگردها در آن مدنظر بوده است. با این وجود برای اطمینان بیشتر از این موضوع باید به سراغ منبع اصلی مبحث نهم مقررات ملی یعنی آیین نامه ACI318-19 رفت که در این منبع توضیحی که در جدول ارائه شده است نشان از درستی این مطلب دارد و منظور از فاصله همان فاصله مرکز به مرکز میلگردها می باشد که در شکل زیر ارائه شده است.

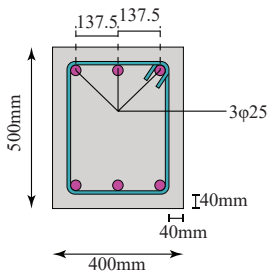
Table 25.4.3.2—Modification factors for development of hooked bars in tension

Modification factor	Condition	Value of factor
Lightweight λ	Lightweight concrete	0.75
	Normalweight concrete	1.0
Epoxy ψ_e	Epoxy-coated or zinc and epoxy dual-coated reinforcement	1.2
	Uncoated or zinc-coated (galvanized) reinforcement	1.0
Confining reinforcement ψ_r	For No. 36 and smaller bars with $A_{th} \geq 0.4A_{hr}$ or $s^{[1]} \geq 6d_b^{[2]}$	1.0
	Other	1.6
Location ψ_o	For No. 36 and smaller diameter hooked bars: (1) Terminating inside column core with side cover normal to plane of hook ≥ 65 mm, or (2) With side cover normal to plane of hook $\geq 6d_b$	1.0
	Other	1.25
Concrete strength ψ_c	For $f'_c < 42$ MPa	$f'_c/105 + 0.6$
	For $f'_c \geq 42$ MPa	1.0

^[1]s is minimum center-to-center spacing of hooked bars.

^[2] d_b is nominal diameter of hooked bar.

برای مثال مطرح شده، فاصله مرکز تا مرکز میلگردهای طولی تیر به صورت زیر محاسبه می شود.



$$S = \frac{B - (2\text{cover}) - (2d_v) - (2d_b / 2)}{2}$$

$$S = \frac{400 - (2 \times 40) - (2 \times 10) - (2 \times 25 / 2)}{2} = 137.5\text{mm}$$

$$S < 6d_b = 6 * 25 = 150\text{mm}$$

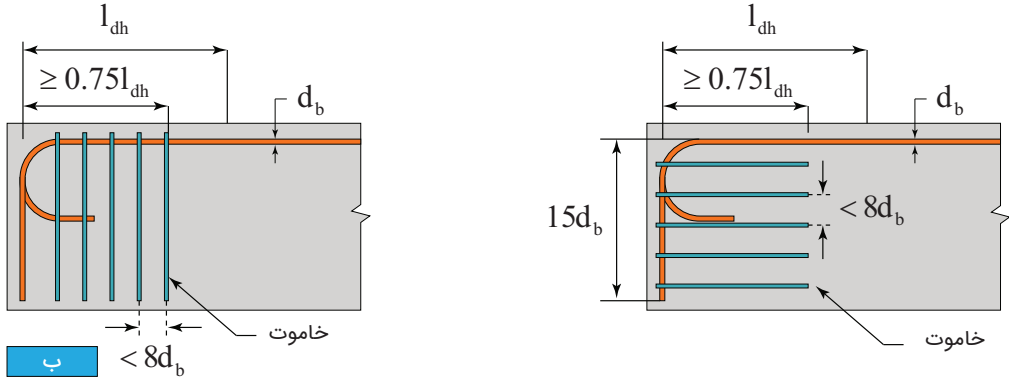
با توجه به اینکه فاصله مرکز به مرکز میلگردها کمتر از شش برابر قطر میلگرد طولی تیر است لذا در این حالت نمی توان ضریب آرمانتور محصور کننده را برابر ۱ قرار داد و باید به سراغ حالت اول که پیچیده تر است رفت. در حالت دوم قید شده است که برای میلگردهای با قطر کمتر از ۳۴ میلی متر یا کوچکتر در صورتی که مقدار $A_{th} \geq 0.40A_{hs}$ باشد، باز هم مقدار ضریب ψ_r را می توان برابر یک قرار داد. حالا موقع آن رسیده است که کمی بحث را باز کنیم. در ابتدا باید با پارامترهای A_{th} و A_{hs} آشنا شویم. طبق بند ۲۱-۹-۳-۲، A_{hs} برابر مساحت کل میلگردهای طولی خم شده در کشش است. به عنوان مثال برای مثال حاضر میزان A_{hs} برابر مساحت سه میلگرد با قطر ۲۵ میلی متر است.

برای تعیین مقدار A_{th} نیز بایستی از طریق بند ۳-۳-۲۱-۹ اقدام نمود. در این بند قید شده که مساحت کل تنگ و خاموت های محصور کننده میلگرد مهار شده با قلاب، A_{th} ، که حداقل طولی معادل $0.75l_{dh}$ از انتهای خم را در امتداد l_{dh} محصور کرده اند، شامل موارد زیر است:

الف- تنگ ها و خاموت های محصور کننده قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) موازی طول l_{dh} با فاصله مساوی در طول انتهای آزاد خم. فاصله این تنگ ها و خاموت ها باید کمتر از هشت برابر قطر میلگرد بوده و در طول پانزده برابر قطر میلگرد، اندازه گیری شده از قسمت مستقیم میلگرد مهار شده واقع باشند.

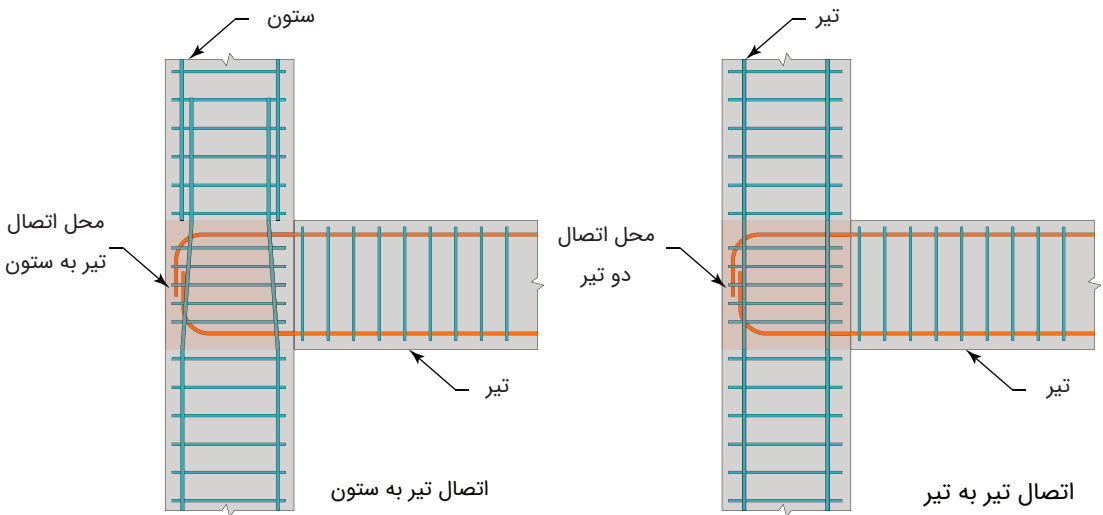
ب- تنگ ها و خاموت های محصور کننده قلاب (حداقل دو تنگ یا خاموت) عمود بر طول l_{dh} با فاصله های مساوی در امتداد طول مستقیم، فاصله این تنگ ها و خاموت ها باید کمتر از هشت برابر قطر میلگرد باشد. اما مفهوم بند فوق چیست و چگونه باید از آن استفاده کرد که باید جداگانه به آنها پرداخته شود که در زیر لیست شده است:

۱ اولین نکته این مورد است که دو حالت برای محاسبه A_{th} قید شده است که در دو بخش (الف) و (ب) در فوق ارائه شده است که به ترتیب برای خاموت های موازی و عمود بر طول l_{dh} اختصاص دارد. برای درک بهتر این موضوع به شکل زیر دقت کنید:



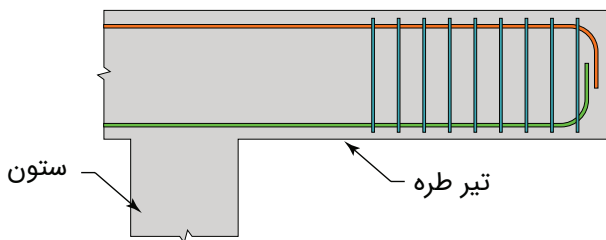
شکل ۰۸

حال سوالی در اینجا مطرح می شود که هر کدام از دو شکل فوق برای چه موردی کاربرد دارد؟ در جواب این سوال می توان گفت: در حالتی که خاموت ها به موازات میلگرد طولی و طول گیرایی باشند (شکل الف)، برای اتصال تیر به ستون و اتصال تیر به تیر کاربرد دارند. برای درک بهتر این موضوع به اشکال زیر دقت نمایید:



شکل ۰۹

اما در حالتی که خاموت ها عمود بر میلگرد طولی و طول مهاری باشند (شکل ب)، برای تیرهای طره کاربرد دارند. اما برای محاسبه این ضریب، حالت دوم مد نظر ما است. برای درک بهتر این موضوع به شکل زیر دقت نمایید:

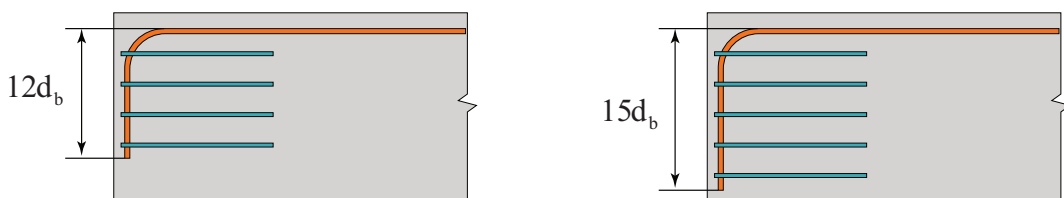


شکل ۱۰

۲ نکته بعدی که باید حتماً به آن توجه شود این است که خاموت ها در هر دو حالت باید با ضوابط تعیین شده در $0.75l_{dh}$ امتداد داشته باشند. در حالتی که میلگردها عمود بر میلگرد طولی باشند (شکل ب در صفحه ۵) مشکلی بابت این قضیه وجود ندارد و عملاً خاموت ها در این طول قابل توزیع هستند. هر چند که در این مورد باید به فاصله مجاز خاموت ها طبق آیین نامه دقت نمود. اما در حالتی که خاموت ها به موازات میلگرد طولی باشند (شکل الف در صفحه قبل)، مشکل وقتی پیش می آید که میزان پوشش بتن زیاد باشد که عملاً تامین طول $0.75l_{dh}$ برای توزیع خاموت ها امکان پذیر نیست. البته ذکر این نکته ضروری است که در حالت های متعارف مشکلی بابت این موضوع پیش نخواهد آمد.

۳ مورد بعدی که با توجه به شکل صفحه قبل و همچنین ضوابط مبحث نهم باید به آن اشاره نمود این است که تعداد خاموت ها و یا تنگ های استفاده شده چه در حالت موازی و چه در حالت عمود بر میلگرد طولی باید حداقل دو عدد باشد و فاصله این دو یا چند خاموت نسبت به یکدیگر کمتر از هشت برابر ضخامت میلگرد طولی باشد. به عنوان مثال در صورت استفاده از میلگرد با قطر ۲۵ میلی متر همانند مثال مطرح شده، حداکثر فاصله بین دو خاموت باید حداکثر برابر $۸ \times ۲/۵ = ۲۰$ سانتی متر باشد.

۴ نکته مهم دیگری نیز که وجود دارد این است که با توجه به شکل الف موجود در صفحه قبل، در حالتی که خاموت ها به موازات میلگرد طولی هستند، می توان طول خم انتهایی قلاب در کشش را بجای $12d_b$ تا $15d_b$ اضافه کرد. کاربرد این موضوع در این است که در حقیقت با انجام این کار می توان خاموت های بیشتری را عمود بر خم انتهایی اجرا نمود و عملاً در جهت افزایش A_{th} عمل خواهد شد. برای درک بهتر این موضوع به شکل زیر دقت نمایید:



شکل ۱۱

۵ بعد از محاسبه A_{th} و A_{hs} ، اگر شرط $A_{th} \geq 0.40A_{hs}$ برقرار باشد می توان مقدار ضریب ψ_r را برابر یک قرار داد و در غیر اینصورت باید از راهکارهای لیست شده در بخش بعد استفاده نمود و در صورتی که هیچ کدام از روش های مذکور در آن بخش قابل اجرا نباشد، مقدار ضریب ψ_r را برابر ۱/۶ قرار می دهیم. عملاً تنها راه موجود افزایش ابعاد ستون در اتصال تیر به ستون است. برای مثال مطرح شده، با توجه به اینکه از سه میلگرد طولی با سایز ۲۵ استفاده شده است لذا مقدار A_{hs} برابر با مقدار زیر است:

$$A_{hs} = 3 \times (3.14 \times 25^2) / 4 = 1472 \text{mm}^2$$

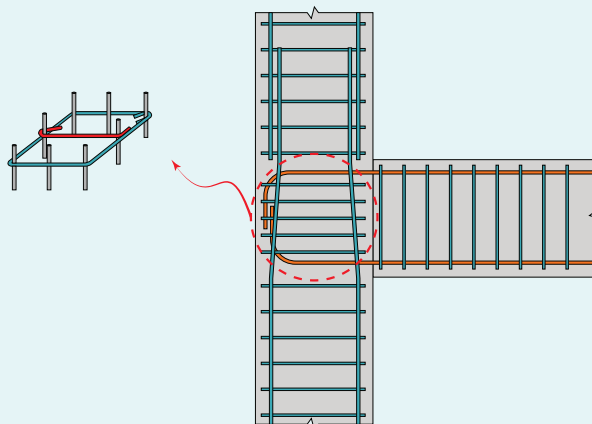
با توجه به اینکه می توان طول مستقیم بعد از خم را برابر ۱۵ برابر قطر میلگرد طولی در نظر گرفت و با توجه به استفاده از میلگرد سایز ۲۵ برای میلگردهای طولی تیر، مقدار این طول برابر ۳۷/۵ سانتی متر خواهد بود. از طرفی فاصله بین خاموت ها در ستون ها برابر ۱۵ سانتی متر است لذا به تعداد دو خاموت بسته در این طول می رسیم که هر خاموت بسته دارای دو یال است. در نهایت مقدار A_{th} به صورت زیر محاسبه می شود.

$$A_{th} = 2 \times (2 \times 3.14 \times 10^2) / 4 = 314.16 \text{mm}^2$$

با توجه به محاسبات فوق می توان دریافت که شرط $A_{th} \geq 0.40A_{hs}$ برقرار نیست لذا مقدار ضریب ψ_r را برابر ۱/۶ به دست می آید.

سنجاقی و خاموت های لوزی ?

یکی از مواردی که درباره استفاده از آن اختلاف نظرهای زیادی وجود دارد راجع به استفاده از سنجاقی و تاثیر آن بر روی ضریب آرماتور محصور کننده ψ_r و طول مهاری است. در حقیقت برخی از مهندسين بر این عقیده هستند که می توان با استفاده از سنجاقی همانند شکل زیر اقدام به افزایش مقدار A_{th} نمود. این موضوع در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱۲

اما همانطور که مشخص است در مثال مطرح شده به هیچ وجه از مساحت سنجاقی ها در Ath استفاده نشده است. برای صحت این مورد از ACI استعلام گرفته شد که همانطور که در شکل زیر می توان دید، این سوال مطرح شده که آیا مساحت سنجاقی ها باید در مساحت خاموت های محصور کننده اضافه شود یا خیر؟ در پاسخ به این سوال، کمیته ACI قید نمود که تنها بایستی از مساحت یال های خاموت های بسته جهت محاسبه A_{th} استفاده و نباید در این محاسبات از مساحت سنجاقی ها استفاده نمود.

(با تشکر از آقای دکتر اشتیری، دکتر سلطان آبادی و دکتر انتقایی که در این زمینه همکاری بسیار خوبی با گروه فنی نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ را داشتند.)

با توجه به توضیحات فوق، برای مثال مطرح شده با توجه به شکل پذیری ویژه برای اتصال، طول مهاری میلگردهای قلاب دار در کشش از طریق رابطه زیر به دست می آید.

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8d_b \\ 150\text{mm} \\ \frac{\psi_e \psi_r \psi_o \psi_c \times 0.043 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b^{1.5} \\ \frac{f_y d_b}{5.4 \lambda \sqrt{f'_c}} \end{array} \right.$$

$$l_{dh} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8 \times 25 = 200\text{mm} \\ 150\text{mm} \\ \frac{1 \times 1 \times 0.84 \times 1.6 \times 0.043 \times 400}{1 \sqrt{25}} 25^{1.5} = 577.92\text{mm} \\ \frac{400 \times 25}{5.4 \times 1 \times \sqrt{25}} = 370.37\text{mm} \end{array} \right. \Rightarrow l_{dh} = 577.92\text{mm}$$

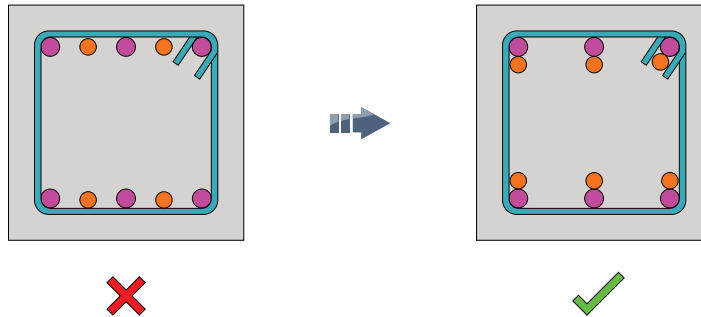
ارائه راهکارهای جواب گرفتن از طول مهاری

STEP
04

در بخش های قبل راجع به نحوه محاسبه ضریب ψ_r صحبت شد، در این بخش به دنبال راهکارهایی برای رسیدن به مقدار یک برای این ضریب هستیم. در ادامه این بخش انواع راهکارهای جواب گرفتن از این مورد ارائه شده است. برخی از روشهای ارائه شده در ادامه، از لحاظ اجرایی بسیار سخت است و مهندس محاسب بسته به قضاوت مهندسی و در هر مورد از آن استفاده نماید.

استفاده از میلگردهای تقویتی به صورت تفنگی

اولین راهکار، استفاده از میلگردهای تقویتی به صورت تفنگی است تا فاصله بین میلگردهای طولی بیشتر از ۶ برابر قطر میلگرد طولی باشد. اما همانطور که در بخش قبل نیز اشاره شد، در اکثر موارد که تراکم و مقدار میلگرد مورد نیاز زیاد است عملاً این مورد قابلیت اجرا نخواهد داشت. منظور از میلگرد تفنگی باندل کردن میلگردهای تقویتی به میلگردهای اصلی است که در شکل زیر به خوبی قابل مشاهده است.



شکل ۱۳

کاهش فاصله و افزایش سایز خاموت ها در ناحیه اتصال

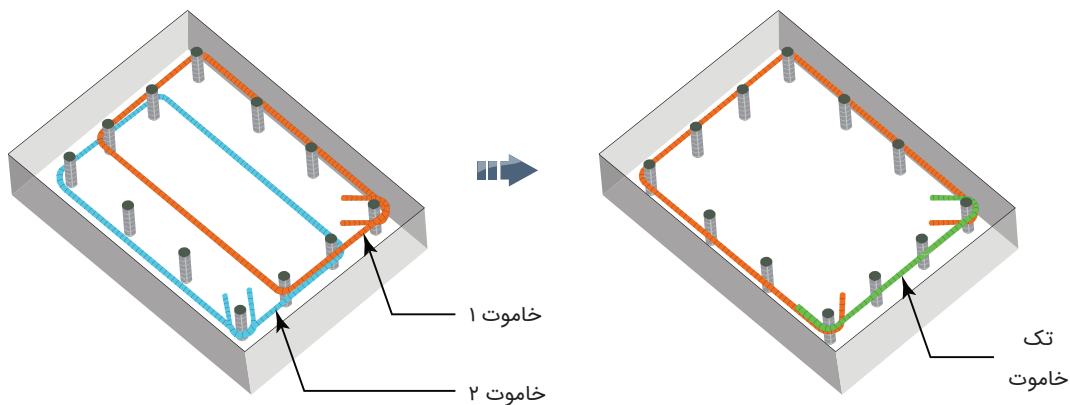
به عنوان اولین راهکار برای افزایش مقدار A_{th} می توان فاصله بین خاموت ها را در ناحیه اتصال کاهش داد تا خاموت هایی که میلگردهای طولی را در بر می گیرند از نظر تعداد بیشتر شوند و مساحت آنها افزایش یابد. همچنین در این مورد می توان قطر خاموت های استفاده شده را افزایش داد تا مقدار A_{th} افزایش یابد. در این مورد تنها باید به یک نکته مهم دقت نمود و آن هم این موضوع است که به حداقل فاصله بین خاموت ها طبق مبحث نهم مقررات ملی برای شکل پذیری های مختلف دقت شود و از فاصله کمتر از مقدار مجاز استفاده نشود. همچنین با توجه به اینکه میلگردهای خاموت نیاز به خم کردن دارند و این میلگردها دارای تنش تسلیم کمتر هستند و در حقیقت از میلگرد All برای این خاموت ها استفاده می شود و برای این نوع میلگردها حداکثر قطر میلگرد برابر ۱۲ میلی متر است لذا در صورت افزایش سایز خاموت ها باید به این نکته اشاره شود که حداکثر سایز خاموت ها برابر میلگرد ۱۲ باشد.

کاهش سایز میلگردهای طولی

با توجه به اینکه طول مهاری میلگردهای قلابدار در کشش رابطه مستقیم با قطر میلگرد دارد لذا به عنوان یک راه حل که در مواردی زیادی جوابگو نیست می توان سایز آرماتور را کاهش داد تا طول مهاری کاهش داده شود. دقت شود این روش به این دلیل مطرح نیست که در اکثر حالات مقدار و تمرکز میلگرد به گونه ای است که عملاً امکان جا دادن میلگردها با سایز کوچکتر امکان پذیر نخواهد بود.

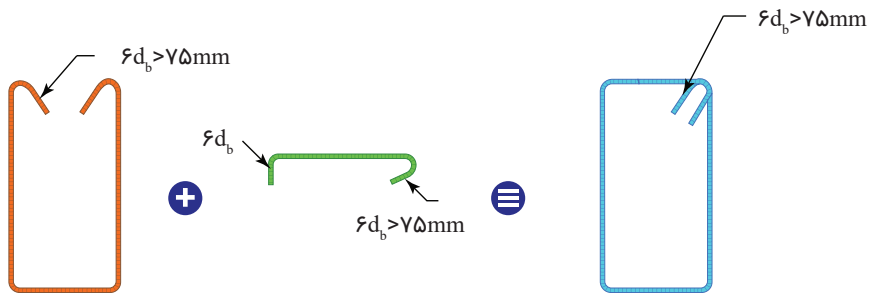
استفاده از دو خاموت بسته

در راهکاری دیگر می توان از دو خاموت بسته با همپوشانی برای افزایش مقدار استفاده نمود. در این روش، برای محصور نمودن بتن ستون، به جای استفاده از یک خاموت بسته می توان از دو خاموت بسته استفاده نمود. این مورد به خوبی در شکل زیر نمایش داده شده است.



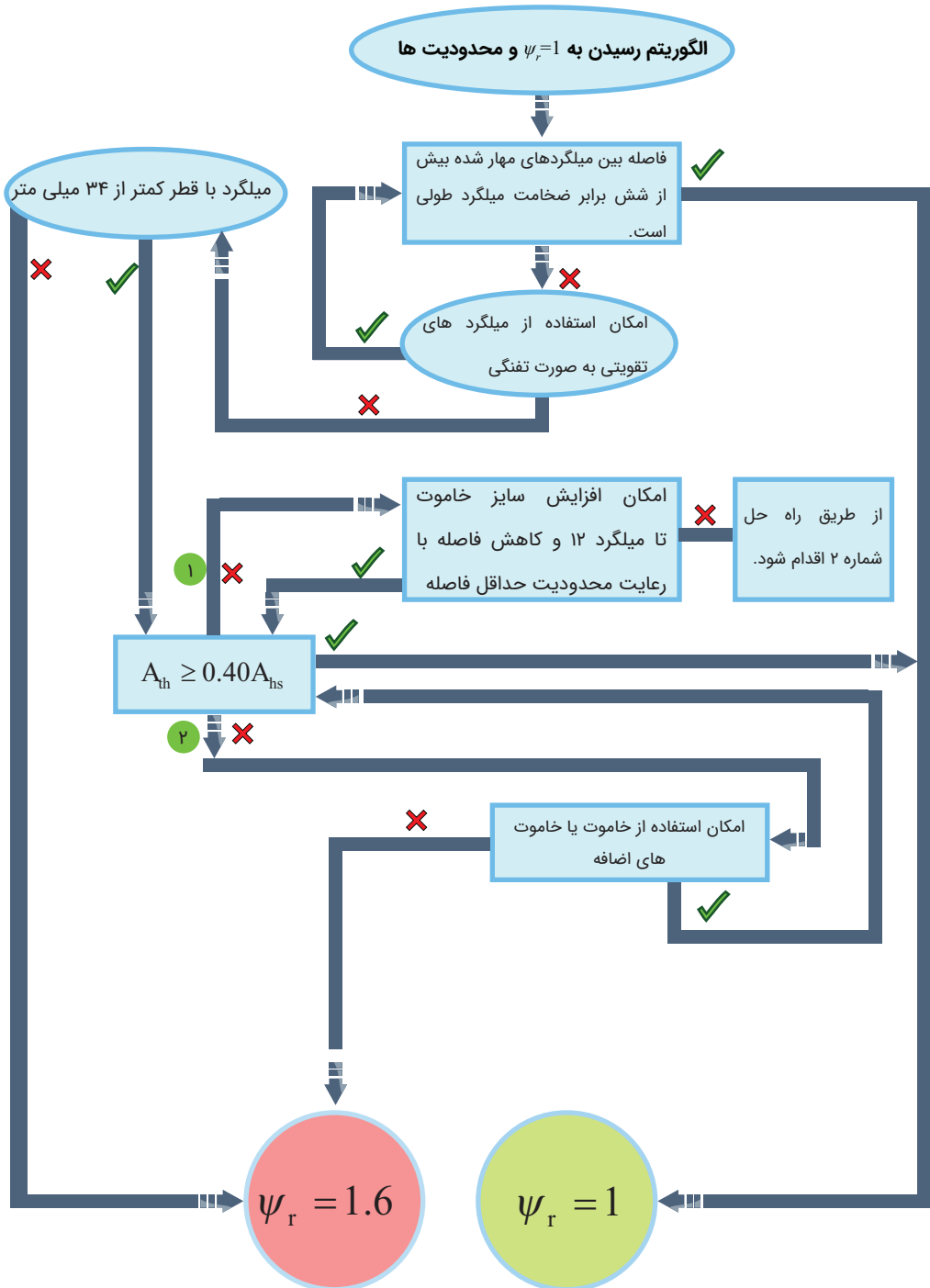
شکل ۱۴

در این حالت می توان خاموت های بسته را به صورت یکپارچه و یا آن را به صورت ترکیب خاموت L شکل به همراه خاموت لرزه ای یک سر ۹۰ درجه و یک سر ۱۳۵ درجه ساخت. این مورد در شکل زیر نمایش داده شده است.



شکل ۱۵

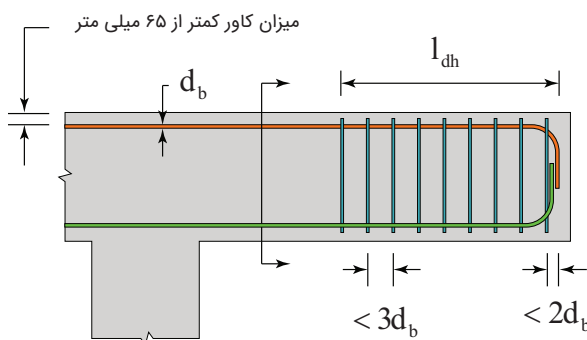
با توجه به راهکارهای مطرح شده در فوق، می توان الگوریتم زیر را برای رسیدن به ضریب برابر با ۱ را طی نمود.



طول مهاری در طره ها

 STEP
05

در بخش های قبل راجع به طول مهاری میلگردهای قلابدار در کشش برای اتصال تیر به ستون و اتصال تیر به تیر مورد صحبت شد اما بحث طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش فقط محدود به این دو نوع اتصال نمی باشد. در تیرهای طره نیز بایستی علاوه بر ضوابط تشریح شده، ضوابطی اضافه تر نیز در نظر گرفته شود. در حقیقت در بخش های قبل دو حالت برای قرار گیری خاموت ها مطرح شد که در یکی از آنها خاموت به موازات میلگرد طولی تیر است و مخصوص اتصال تیر به ستون است و در حالت دوم که خاموت ها در حالت متعامد نسبت به میلگردهای طولی قرار دارد، مخصوص اتصال تیر به تیر و تیرهای طره است. ضوابط این دو نوع اتصال در بخش قبل بایستی رعایت شود اما برای تیرهای طره بایستی علاوه بر رعایت این ضوابط از ضوابط اضافه تری نیز بهره برده شود. طبق بند ۹-۲۱-۳-۳-۴ برای میلگردهای مهار شده با قلاب استاندارد در انتهای غیر ممتد عضو که در آن پوشش جانبی و فوقانی (یا تحتانی) قلاب کمتر از ۶۵ میلی متر است، قلاب باید در طول گیرایی توسط تنگ یا خاموت عمود بر امتداد میلگرد و با فواصل کمتر از سه برابر قطر میلگرد محاط شود، فاصله اولین تنگ یا خاموت از بر بیرونی خم قلاب نباید بیش تر از دو برابر قطر میلگرد باشد. برای درک بهتر این موضوع به شکل زیر دقت نمایید.



شکل ۱۷

دقت شود که محدودیت های فوق وقتی لازم الاجرا است که میزان پوشش بتن کمتر از ۶۵ میلی متر باشد که می توان گفت که در شرایط سازه های متعارف همیشه برقرار خواهد بود.

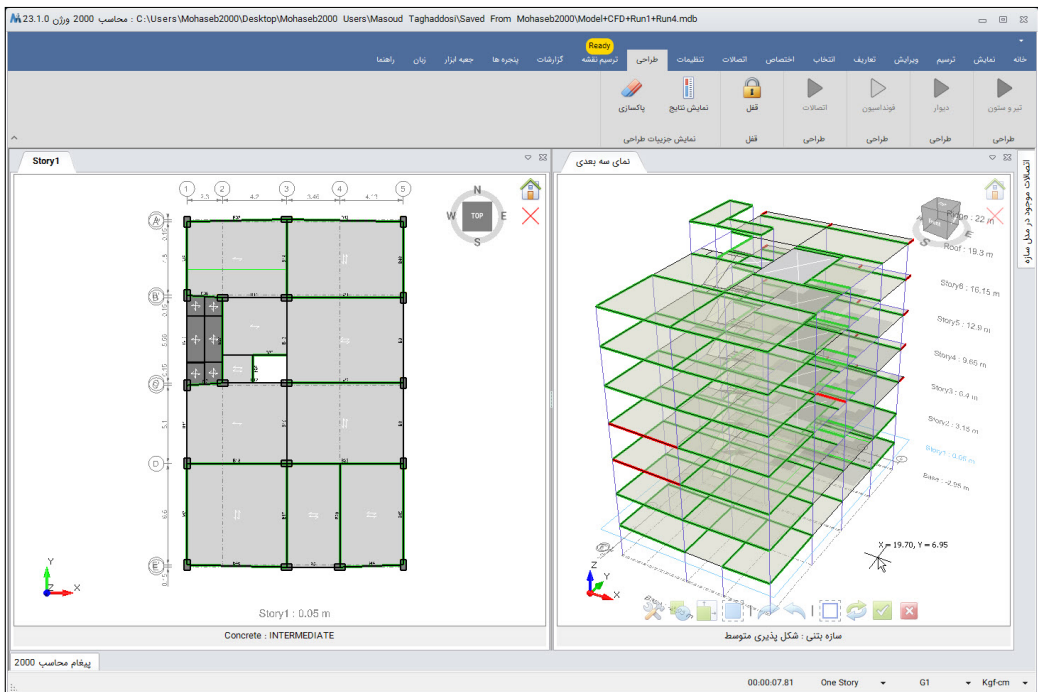
خروجی های نرم افزار محاسب ۲۰۰۰

 STEP
06

همانطور که مشخص است، محاسبه طول مهاری میلگردهای قلاب دار در کشش بسیار سخت و وقت گیر است و استفاده از یک نرم افزار در این باره بسیار مورد نیاز است. نرم افزار ایتبس هیچ گونه توانایی راجع به محاسبه و کنترل این موضوع ندارد. خوشبختانه نرم افزار محاسب 2000، به چند روش نسبت به ارائه خروجی برای طول مهاری میلگردهای قلاب دار در کشش اقدام نموده است. در حقیقت به سه روش می توان این مورد را در نرم افزار محاسب 2000 کنترل نمود که در زیر به تفکیک به آن اشاره شده است.

روش اول: روش گرافیکی

در این روش به راحتی می توان ملاحظه کرد که کدام یک از اتصالات تیر به ستون از لحاظ طول مهاری میلگرد قلابدار در کشش جوابگو بوده است. تیرهایی که این مورد را ارضا می کنند به رنگ سبز و تیرهای نقض کننده این کنترل به رنگ قرمز نمایش داده می شوند. کنترل این موضوع به تفکیک دو جهت متعامد ارائه می شود که برای مثال و مطرح شده در حالت پلان، اتصال انتخاب شده در شکل نمایش داده شده است.



روش دوم: ارائه خلاصه محاسبات

در روش دوم ارائه، نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، این امکان را فراهم آورده است تا با کلیک راست نمودن روی هر تیر نسبت به بررسی نتایج اقدام نمود. نتایج به صورت خلاصه شده ارائه می شود که همانطور که در شکل زیر برای مثال مطرح شده، نمایش داده شده است، مقادیر ارائه شده توسط نرم افزار دقیقاً همانند نتایج به دست آمده از محاسبات دستی می باشد.

نمایش نتایج طراحی و کنترل

1 of 1 Interaction

Mohaseb2000 Development Length of Hooked Rebars Control

Connection : BC1-146/Story5/B46/

- Summary**

Element 1	Element 2	Connection Type	L_{dh} (mm) Top	L_{dh} (mm) Bottom	Control Top	Control Bottom
B46		Beam To Column	345	345	Pass	Pass
- Inputs**

f'_c (Mpa)	f_y (Mpa)	Section1	Section2	Max d_s (mm) Top	Max d_s (mm) Bottom
36	408			25	25
- L_{dh} (Top Rebars)**

λ	ψ_e	ψ_o	ψ_c	Space between rebars (mm)	Control $S > 6d_s$	A_{th} (mm ²)
1	1	1	0.94	63.75	Fail	1256.64
A_{b1} (mm ²)	Control2 $A_{th} > 0.4 A_{b1}$	ψ_r	L_{dh} (mm)	Detail N.o	L_{dh} Control	
2905.97	Pass	1	345	149	Pass	
- L_{dh} (Bottom Rebars)**

λ	ψ_e	ψ_o	ψ_c	Space between rebars (mm)	Control $S > 6d_s$	A_{th} (mm ²)
1	1	1	0.94	127.5	Fail	785.4
A_{b1} (mm ²)	Control2 $A_{th} > 0.4 A_{b1}$	ψ_r	L_{dh} (mm)	Detail N.o	L_{dh} Control	
1924.23	Pass	1	345	150	Pass	

Notes:
 N/A: Not Applicable
 N/C: Not calculated
 N/N: Not Needed

روش سوم: دفترچه محاسبات جامع

در جامع ترین روش ارائه می توان روند حل و نتایج کامل مربوط به محاسبه طول مهاري را در قالب دفترچه محاسبات جامع برای همه یا تعداد دلخواهی از اتصالات مشاهده و خروجی گرفت که برای مثال مطرح شده، در زیر قسمتی از آن ارائه شده است.

دفترچه محاسبات سازه - فصل هفتم: کنترل های مخصوص سازه های بتن

کنترل طول مهاري میلگرد تقابله دار: خلاصه
طبق بند ۲۳۳۲۹۱ میحت بهم - طول گیرایی یا قلاب برای میلگردهای اجبار در کشش که به قلاب استاندارد ختم می شوند، نباید از هیچ یک از مقادیر زیر کمتر باشد:

$$l_{dh} = \frac{\psi_e \psi_s \psi_o \psi_c}{\lambda} \cdot 0.043 f_y \cdot d_b^{1.5} \sqrt{f_c'}$$

و ۱۵۰ میلی متر، هر کدام بزرگتر است.
شکل باندی زیاد نیز یک رابطه دیگر هم وجود دارد که علاوه بر رابطه فوق باید کنترل شود. طبق ۲۳۳۲۹۱-۲-۹ و قلاب استاندارد ختم شده اند، باید با استفاده از رابطه زیر محاسبه شود که نباید کمتر از ۸ برابر قطر میلگرد و

$$l_{dh} = \frac{f_y d_b}{5.4 \lambda}$$

دفترچه محاسبات سازه - فصل هفتم: کنترل های مخصوص سازه های بتن

Story	Rebar	d_b	f_y	f_c	ψ_e	ψ_s	ψ_o	ψ_c	λ	L_{dh}	Detail	Result
Story 1/B21	Top Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	149	Pass
	Bot Rebar	20	408	36	1	1	1	0.94	1	250	154	Pass
Story 1/B36	Top Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	149	Pass
	Bot Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	150	Pass
Story 1/B27	Top Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	149	Pass
	Bot Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	150	Pass
Story 1/B22	Top Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	149	Pass
	Bot Rebar	20	408	36	1	1	1	0.94	1	250	154	Pass
Story 1/B23	Top Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	149	Pass
	Bot Rebar	25	408	36	1	1	1	0.94	1	345	150	Pass

مطابق بند ۲۳۳۲۹۱

Story	Top - Rebar	Bot - Rebar
Story 1	B27	B27
Element = Beam	C9	C9
Element = Column	B60X40	B60X40
Element = Column	C70X40-24T20	C70X40-24T20
Element = Beam	0	0
Element = Column	0	0
Element = Beam	90	90
Element = Column	0	0
Element = Beam	400	400
Element = Column	400	400
Element = Beam	600	600
Element = Column	700	700
Element = Beam	50	50
Element = Column	50	50
Member = Wall	1	1
Connection Number	BC1-14	BC1-14
Ductile	شکل باندی متوسط	شکل باندی متوسط
E_{sh} Case	نرم به ستون - اندازی تور	نرم به ستون - اندازی تور
d_b	25	25
f_y	408	408
f_c	36	36
λ	1	1
ψ_e	1	1
ψ_s	1	1
ψ_o	1	1
ψ_c	0.94	0.94
Yr Leg = ψ_{leg}	N/A	N/A
Yr Number = n_{leg}	2	2
Yr Space = s_{leg}	6	4
Yr Size = d_{leg}	127.5	127.5
A_{sh}	10	10
A_{sh}	785.4	628.32
A_{sh}	1924.23	1433.35
A_s	78.54	78.54
L_{dh}	345	345
$L_{dh} = L_{dh} + n_{leg} \times C_y$	345 + 1 * 50 = 395	345 + 1 * 50 = 395
Control : $e_{sh} \geq 6d_b$	Pass/Fail	Pass/Fail
Control : $A_{sh} \geq 0.4 A_s$	785.4 > 0.4 * 1924.23 = 769.692	628.32 > 0.4 * 1433.35 = 573.34
Control : $d_b \geq L_{dh}$	Pass	Pass
Control : $d_b \geq L_{dh}$	400 > 395	400 > 395
Detail	Pass	Pass
Result	Pass	Pass