

VERIFICATION

1 : Joint Shear Example

نسخه فارسی

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

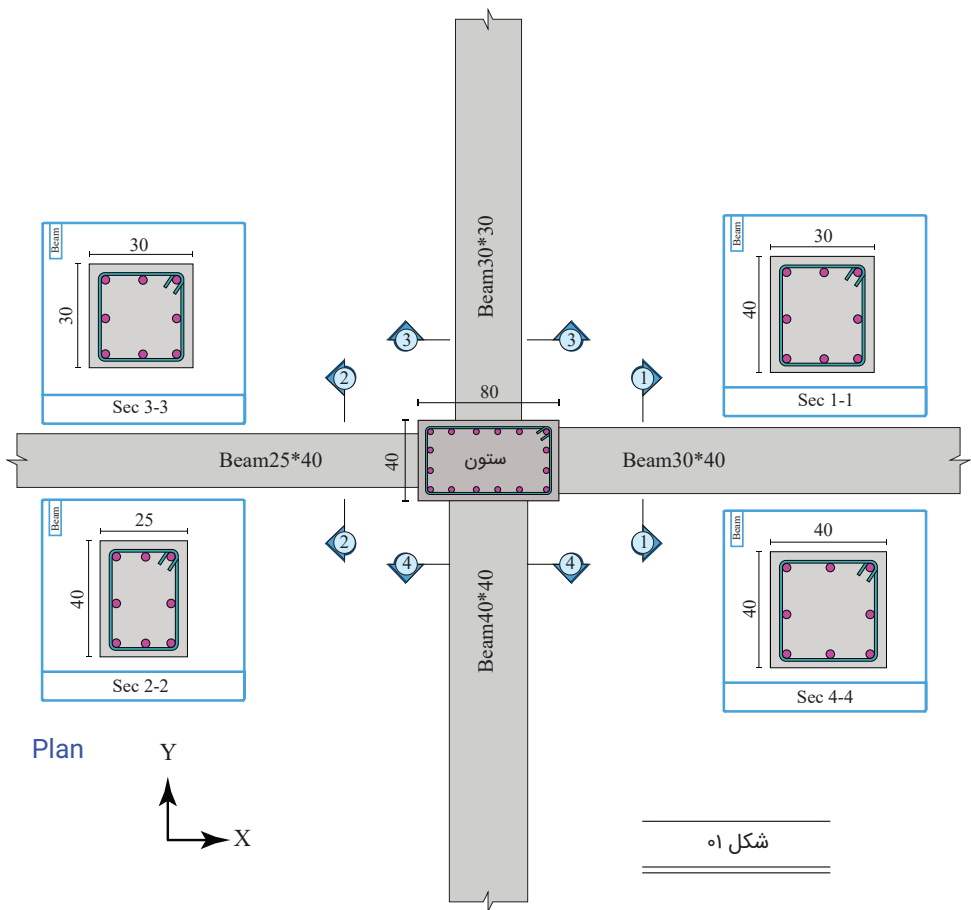
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 mohaseb2000@
 +989122772330

مثال ۰۰۱ مربوط به ACI318-19: صحت سنجی برش چشمه اتصال

صحت سنجی برش چشمه اتصال از طریق ACI318-19

توضیح مساله

هدف این مثال، صحت سنجی محاسبه برش چشمه اتصال با استفاده از نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ و آیین نامه ACI318-19 است. مقاطع تیر و ستون این مثال در شکل ۱ نمایش داده شده است. برش چشمه اتصال را از طریق نرم افزارهای محاسب ۲۰۰۰ و ایتبس به دست آورید و نتایج را با هم مقایسه کنید.



شکل ۰۱

اتصال شکل فوق، مربوط به یک ساختمان چهار طبقه است که این اتصال در طبقه دوم آن و در آکس C-2 قرار دارد. پلان طبقه دوم این ساختمان در شکل ۲ نمایش داده شده است.

محاسبه مساحت سطح مقطع موثر

STEP
01

پیوستگی و محصورشدگی

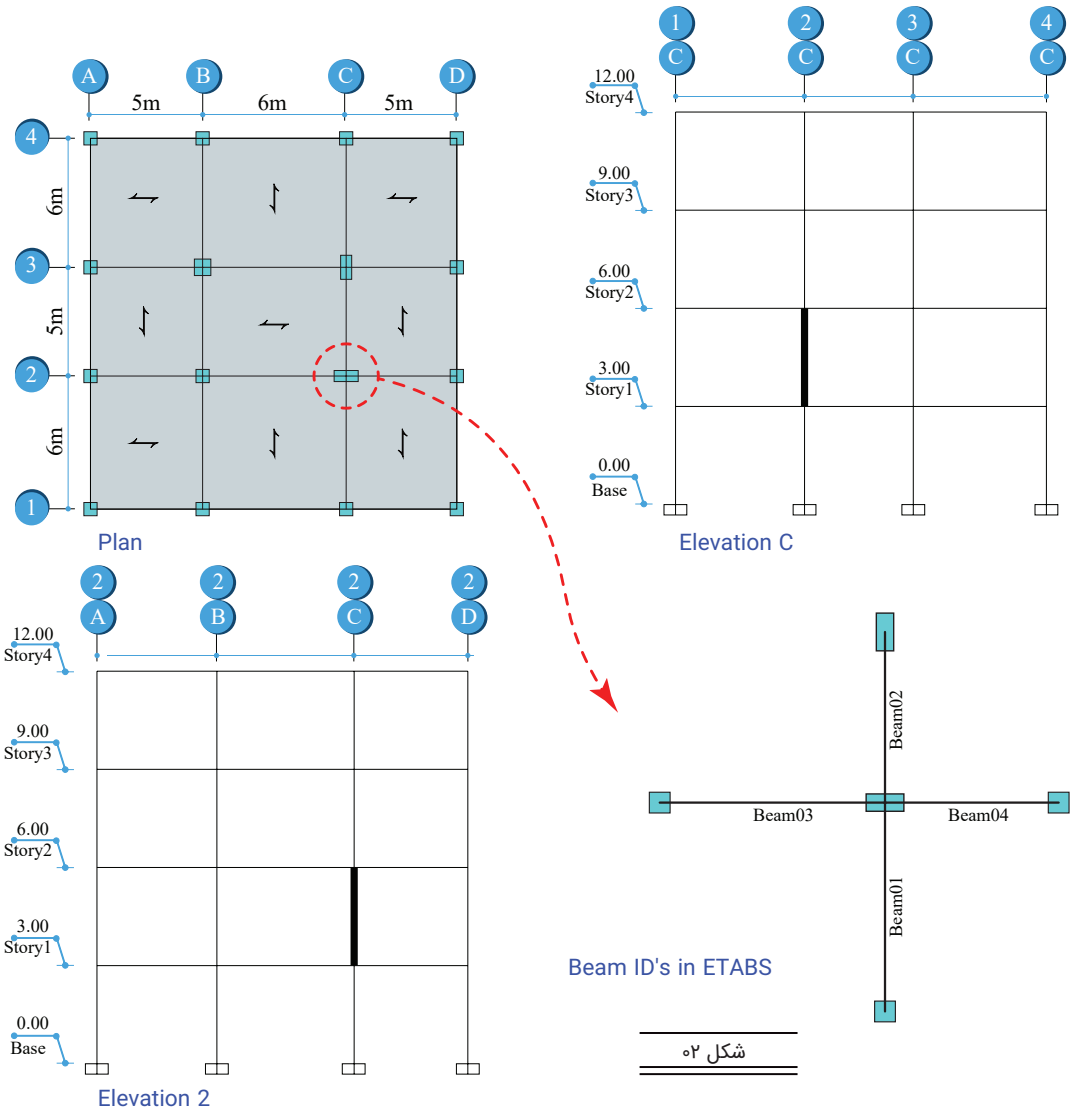
STEP
02

مقاومت برشی اسمی چشمه اتصال

STEP
03

مقاومت برشی

STEP
04

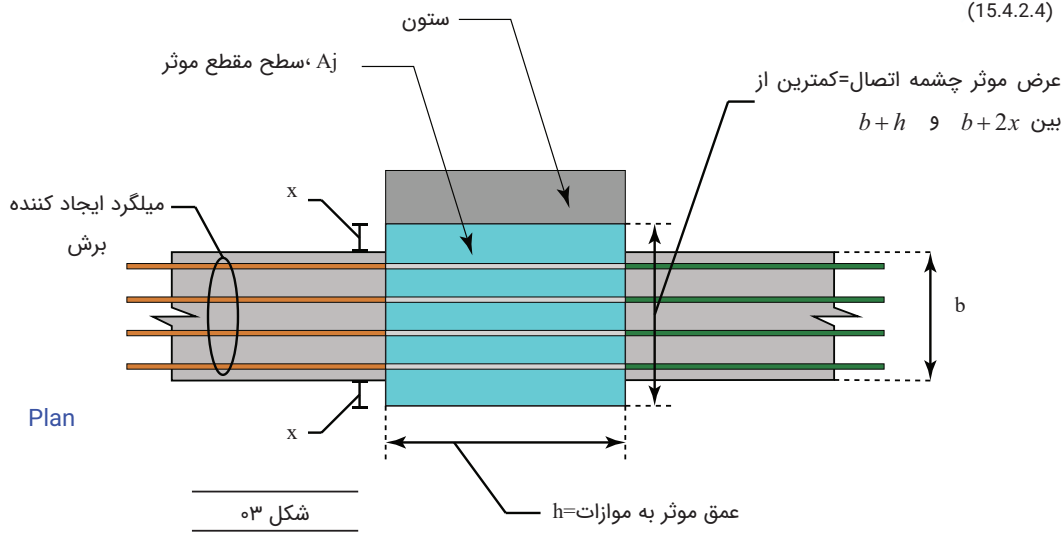


توضیحات آیین نامه

مطابق با آیین نامه ACI318-19، مساحت سطح مقطع موثر A_f را بایستی از حاصل ضرب عمق چشمه در عرض موثر چشمه اتصال به دست آورد. عمق چشمه اتصال برابر عمق کلی ستون (h) در جهتی که قصد محاسبه برش چشمه اتصال را داریم، می باشد. در مواقعی که عرض تیر از عرض ستون بیشتر است، عرض موثر چشمه اتصال بایستی برابر عرض کلی ستون در نظر گرفته شود. اما در مواقعی که عرض ستون بیشتر از عرض تیر باشد، عرض موثر چشمه اتصال (الف) عرض تیر بعلاوه عمق چشمه اتصال

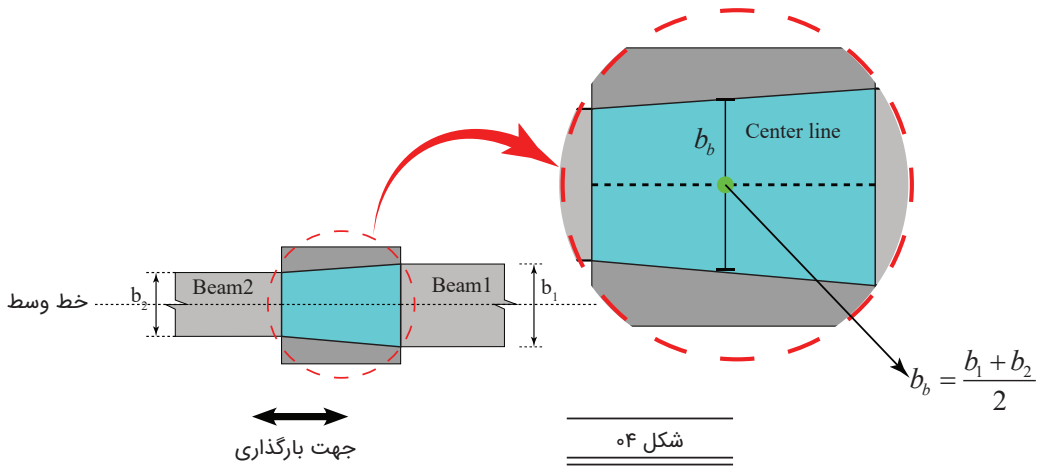
(ب) دو برابر فاصله عمود از محور اصلی تیر تا نزدیک ترین وجه ستون

(15.4.2.4)



شکل ۰۳

مطابق با آیین نامه ACI352R، اگر فقط یک تیر در جهت بارگذاری وجود داشته باشد، b_f را بایستی برابر با عرض تیر در نظر گرفت. در مواقعی که تیرهای با عرض متفاوت به وجه های مخالف یک ستون وصل می شوند، برای به دست آوردن b_f بایستی از میانگین عرض تیرها استفاده نمود.



محاسبات ایتبس:

نرم افزار ایتبس مقدار A_j را به صورت زیر محاسبه می کند:

$$A = 80\text{cm}$$

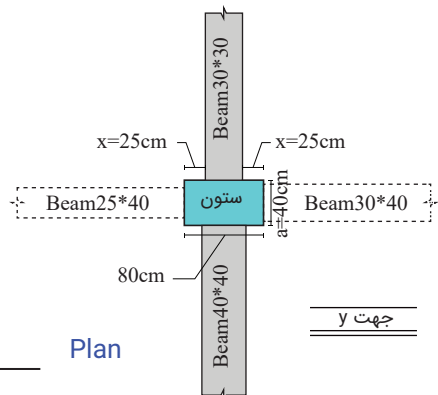
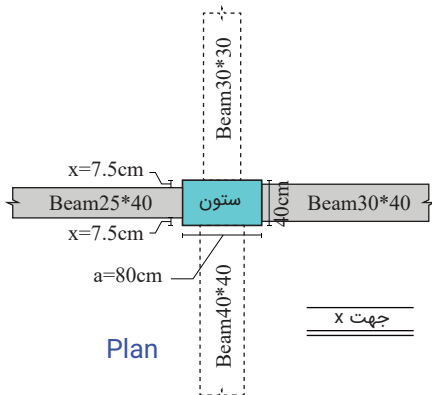
$$B = \min \begin{cases} b + h = 25 + 80 = 120\text{cm} \\ b + 2x = 25 + 2 * 7.5 = 40\text{cm} \end{cases}$$

$$A_j = A * B = 40 * 80 = 3200\text{cm}^2$$

$$A = 40\text{cm}$$

$$B = \min \begin{cases} b + h = 30 + 40 = 70\text{cm} \\ b + 2x = 30 + 2 * 25 = 80\text{cm} \end{cases}$$

$$A_j = A * B = 40 * 70 = 2800\text{cm}^2$$



نتایج ایتبس

سطح مقطع موثر چشمه اتصال به صورت زیر نمایش داده می شود:

Joint Shear Check/Design

	Joint Shear Ratio	Shear $V_{u,Tot}$ kgf	Shear V_c kgf	Joint Area cm^2	Controlling Combo
Major(V_{u2})	0.986	134867.12	136841.97	3200	Conc6
Minor(V_{u3})	0.987	118239.82	119736.73	2800	Conc6

✗ **نقص 1 ایتبس:** برخلاف ACI352R، در هنگامی که تیرهای با عرض متفاوت به وجوه مختلف ستون در جهت بارگذاری متصل می شود، نرم افزار ایتبس مقدار می نیمم دو عرض تیر را به عنوان b_b در نظر می گیرد.

محاسبات محاسب ۲۰۰۰

نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ سطح مقطع موثر چشمه اتصال A_j را به صورت زیر محاسبه می کند:

$$A = 80cm$$

$$b_b = (25 + 30) / 2 = 27.5cm$$

$$B = \min \begin{cases} b_b + h = 27.5 + 80 = 107.5cm \\ b_b + 2x = 27.5 + 2 * 7.5 = 42.5cm \end{cases}$$

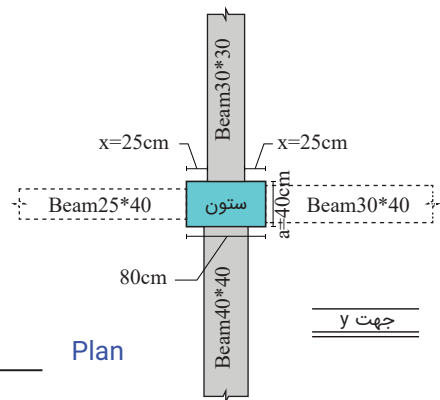
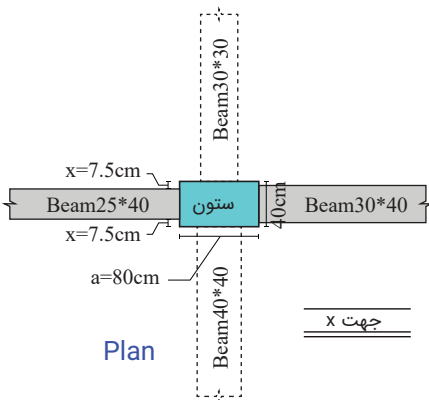
$$A_j = A * B = 42.5 * 80 = 3400cm^2$$

$$A = 40cm$$

$$b_b = (30 + 40) / 2 = 35cm$$

$$B = \min \begin{cases} b_b + h = 35 + 40 = 75cm \\ b_b + 2x = 35 + 2 * 25 = 85cm \end{cases}$$

$$A_j = A * B = 40 * 75 = 3000cm^2$$



شکل ۶

نتایج محاسب ۲۰۰۰

سطح مقطع موثر چشمه اتصال به صورت زیر نمایش داده می شود:

Joint Shear Check/Design

	Joint Shear Ratio	Shear $V_{u,Tot}$ kgf	Shear V_c kgf	Joint Area cm^2	Controlling Combo
Major(V_{u2})	0.986	134867.12	136841.97	3400	Conc6
Minor(V_{u3})	0.987	118239.82	119736.73	3000	Conc6

برتری ۱ محاسب ۲۰۰۰: برخلاف نرم افزار ETABS، مطابق با ACI352R، در هنگامی که تیرهای با عرض متفاوت به وجوه مختلف ستون در جهت بارگذاری متصل می شود، نرم افزار محاسب 2000 مقدار میانگین دو عرض تیر را به عنوان b_e در نظر می گیرد.

پیوستگی و محصورشدگی

 STEP
02

توضیحات آیین نامه

براساس ACI318-19، محاسبات برش چشمه اتصال وابسته به سه شرط پیوستگی ستون، پیوستگی تیر و محصورشدگی چشمه اتصال است.

پیوستگی ستون

براساس بند 15.2.6، یک ستون هنگامی پیوسته در نظر گرفته می شود که در جهتی که می خواهیم برش چشمه اتصال را محاسبه کنیم، شرایط (الف) یا (ب) ارضا شود:
الف) ستون حداقل به اندازه عمق ستون، h در بالا ادامه داشته باشد.

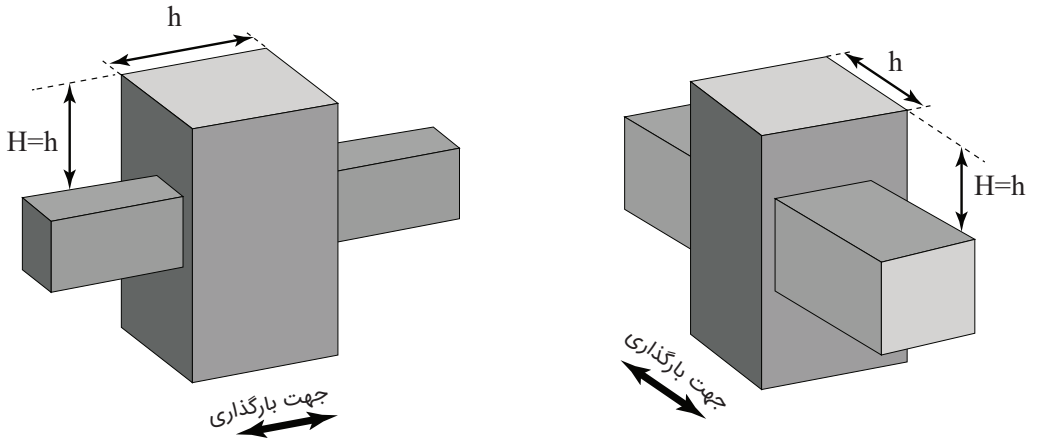
ب) میلگردهای طولی و عرضی ستون در پایین چشمه اتصال تا انتهای ستون در بالا ادامه یابند. (شکل ۰۷)

پیوستگی تیر

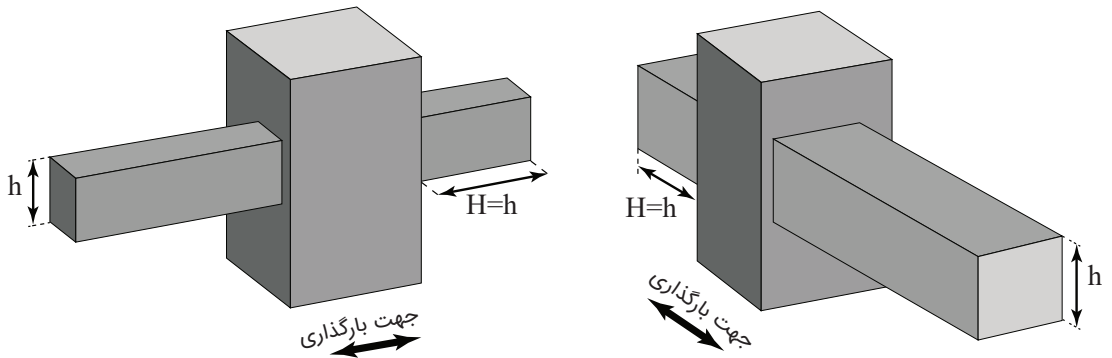
براساس بند 15.2.7، یک تیر هنگامی پیوسته در نظر گرفته می شود که در جهتی که می خواهیم برش چشمه اتصال را محاسبه کنیم، شرایط (الف) یا (ب) ارضا شود:
الف) تیر بعد از ناحیه اتصال حداقل به میزان یک عمق تیر (h) ادامه داشته باشد.

(ب) میلگردهای طولی و عرضی تیر در سمت مقابل ناحیه اتصال تیر به ستون تا انتهای تیر ادامه یابند. (شکل ۷)

(۷)



شکل ۷

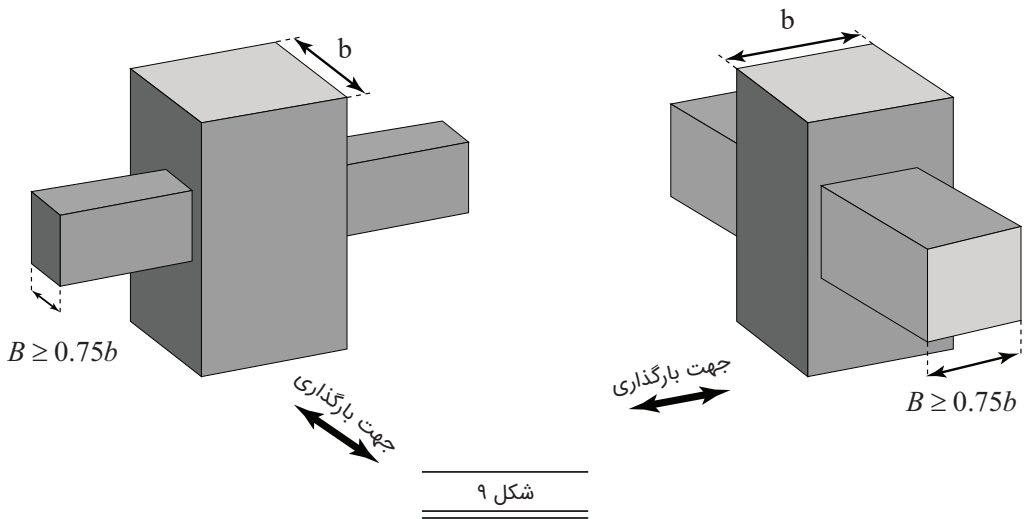


شکل ۸

محصور شدگی چشمه اتصال

مطابق با بند 15.2.8، یک چشمه اتصال تیر به ستون، در امتداد برش مورد نظر، محصور شده فرض می شود، که در آن دو تیر عرضی مطابق با بند (الف)، (ب) و (ج) 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 ناحیه اتصال ادامه داشته باشند.
 پ) تیرهای عرضی حداقل دارای دو میلگرد پیوسته در بالا و پایین مطابق با بند 9.6.1.2 باشند، و حداقل دارای خاموت هایی با قطر 10 میلی متر یا بیش تر مطابق با بندهای 9.6.3.4 و 9.7.6.2.2 باشند. (شکل ۹)



شکل ۹

محاسبات ایتبس

کاربران نمی توانند نتایج پیوستگی تیر و ستون را مشاهده کنند زیرا نرم افزار ایتبس هیچ گونه گزارشی در این رابطه ارائه نمی دهد. برخلاف پیوستگی، نرم افزار ایتبس، محصورشدگی اتصال را محاسبه و برای دو جهت متعامد بر هم به صورت زیر گزارش می دهد. (شکل ۱۰)

$$b = 80cm$$

$$B_1 = 30cm \leq 0.75 * b = 60cm \rightarrow \text{Not Confined}$$

$$B_2 = 40cm \leq 0.75 * b = 60cm \rightarrow \text{Not Confined}$$

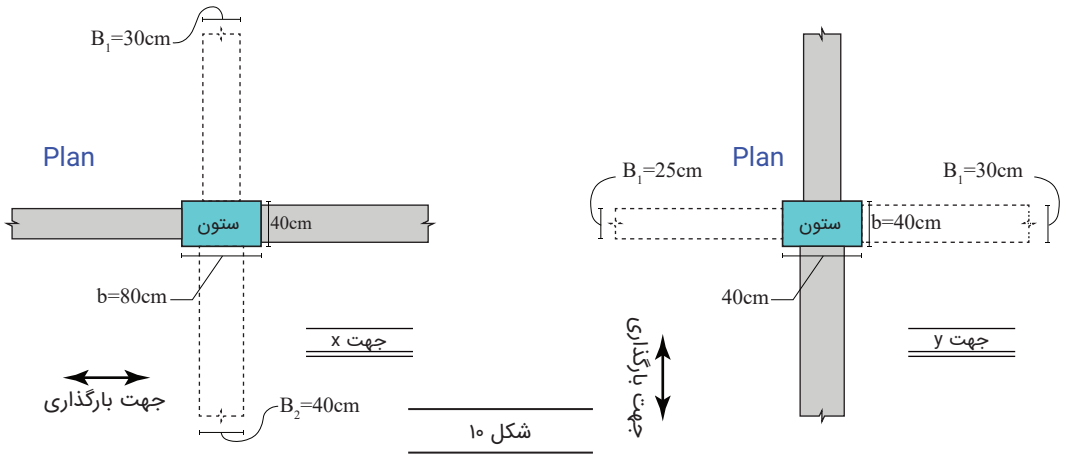
جهت x

$$b = 40cm$$

$$B_1 = 25cm \leq 0.75 * b = 30cm \rightarrow \text{Not Confined}$$

$$B_2 = 30cm \geq 0.75 * b = 30cm \rightarrow \text{Confined}$$

جهت y



شکل ۱۰

نتایج ایتبس

محصورشدگی چشمه اتصال به صورت زیر گزارش داده می شود:

Joint Confinement

Major Front	Major Back	Minor Front	Minor Back
Yes	No	No	No

نقص ۲ ایتبس: کاربران نمی توانند نتایج پیوستگی تیر و ستون را مشاهده نمایند زیرا ایتبس هیچ گونه گزارشی راجع به آن ارائه نمی دهد. ❌

نقص ۳ ایتبس: ایتبس نتایج نهایی مربوط به کنترل محصورشدگی چشمه اتصال را برای هر جهت گزارش نمی دهد. ❌

محاسبات محاسب ۲۰۰۰

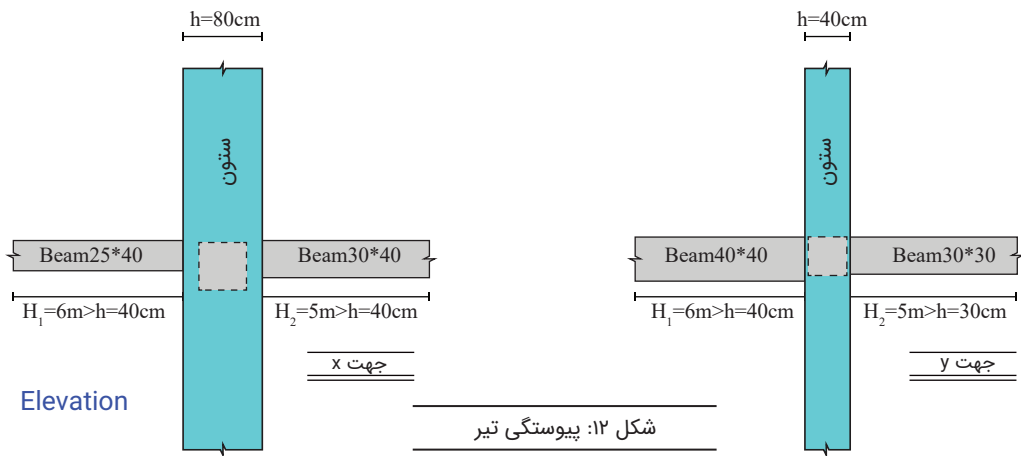
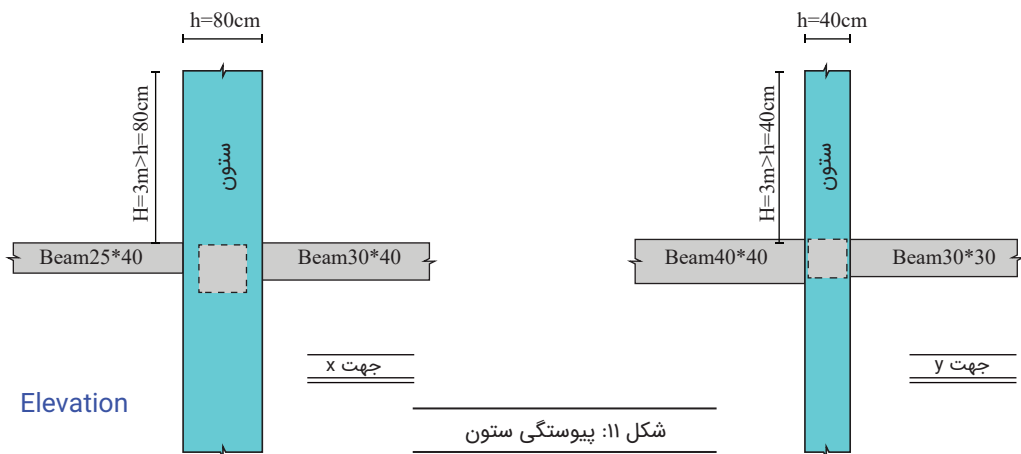
برخلاف نرم افزار ایتبس، نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، پیوستگی تیرها و ستون ها را به صورت زیر کنترل می کند. (شکل های ۱۱ و ۱۲)

پیوستگی ستون

<i>X - Direction :</i>	<i>Y - Direction :</i>
$H = 3m$	$H = 3m$
$h = 80cm$	$h = 40cm$
$H > h \rightarrow ok$	$H > h \rightarrow ok$

پیوستگی تیر

<i>X - Direction :</i>	<i>Y - Direction :</i>
$H_1 = 6m, H_2 = 5m$	$H_1 = 6m, H_2 = 5m$
$h_1 = 40cm, h_2 = 40cm$	$h_1 = 40cm, h_2 = 30cm$
$H_1 > h_1 \ \& \ H_2 > h_2 \rightarrow ok$	$H_1 > h_1 \ \& \ H_2 > h_2 \rightarrow ok$



محاسب ۲۰۰۰ همانند نرم افزار ایتبس، محصورشدگی اتصال را در هر دو جهت متعامد بر هم محاسبه و به صورت زیر گزارش می دهد. (شکل ۱۳)

$$b = 80\text{cm}$$

$$B_1 = 30\text{cm} \leq 0.75 * b = 60\text{cm} \rightarrow \text{Not Confined}$$

$$B_2 = 40\text{cm} \leq 0.75 * b = 60\text{cm} \rightarrow \text{Not Confined}$$

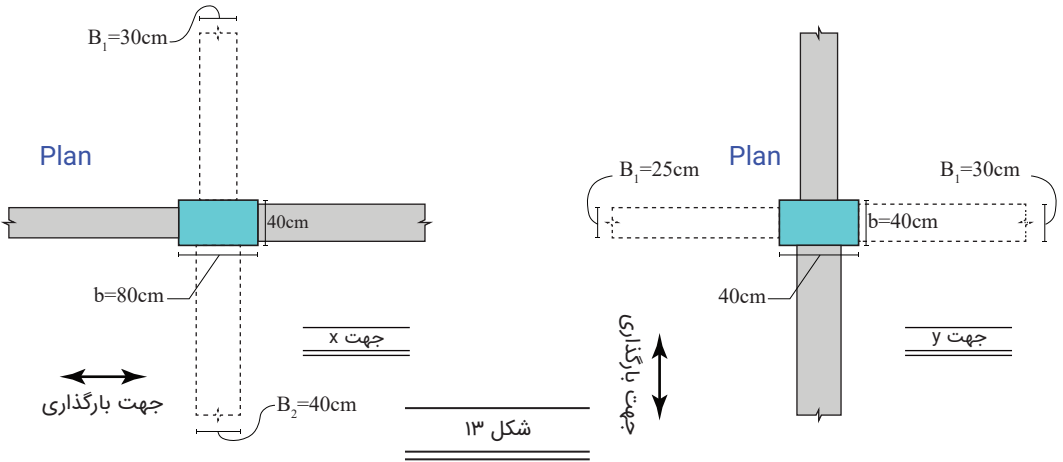
جهت x

$$b = 40\text{cm}$$

$$B_1 = 25\text{cm} \leq 0.75 * b = 30\text{cm} \rightarrow \text{Not Confined}$$

$$B_2 = 30\text{cm} \geq 0.75 * b = 30\text{cm} \rightarrow \text{Confined}$$

جهت y



نتایج محاسب ۲۰۰۰

پیوستگی تیر و ستون ها به صورت زیر نمایش داده می شود.

Beam continuity: X-Direction

Beam Continuity (Left)	Beam Continuity (Right)	Final Continuity
Yes	Yes	Yes

Beam continuity: Y-Direction

Beam Continuity (Left)	Beam Continuity (Right)	Final Continuity
Yes	Yes	Yes

Column continuity: X-Direction

Column Continuity (Top)	Column Continuity (Bot)	Final Continuity
Yes	Yes	Yes

column continuity: Y-Direction

Column Continuity (Top)	Column Continuity (Bot)	Final Continuity
Yes	Yes	Yes

محصور شدگی اتصال به صورت زیر گزارش داده می شود.

Joint Confinement: X-Direction			Joint Confinement: Y-Direction		
Left Beam	Right Beam	Final Confinement	Top Beam	Bot Beam	Final Confinement
Yes	No	No	No	No	No

✓ **برتری ۲ محاسب ۲۰۰۰:** کاربر می توان نتایج مربوط به پیوستگی تیرها و ستون ها را مشاهده کند زیرا نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ این خروجی را ارائه می دهد.

✓ **برتری ۳ محاسب ۲۰۰۰:** محاسب ۲۰۰۰ نتایج مربوط به محصور شدگی اتصال را در هر دو جهت گزارش می دهد.

✓ **برتری ۴ محاسب ۲۰۰۰:** نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، ملاحظات مربوط به کنترل پیوستگی و محصور شدگی را با در نظر گرفتن ضوابط آیین نامه ACI352R انجام می دهد.

مقاومت برشی اسمی چشمه اتصال

**STEP
03**

توضیحات آیین نامه

مقاومت برشی اسمی چشمه اتصال را باید مطابق با جدول 18.8.4.3 از آیین نامه ACI318-19، محاسبه نمود که روابط بر اساس پیوستگی تیر و ستون و محصورشدگی اتصال ارائه شده است.

Columns	Beam in direction of V_u	Confinement	$V_n N^{(1)}$
Continuous	Continuous	Confined	$1.70\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
		Not Confined	$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
	Other	Confined	$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
		Not Confined	$\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
Other	Continuous	Confined	$1.20\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
		Not Confined	$\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
	Other	Confined	$\lambda\sqrt{f'_c}A_j$
		Not Confined	$0.7\lambda\sqrt{f'_c}A_j$

[1] shall be 0.75 for lightweight concrete and 1.0 for normalweight concrete λ

محاسبات ایتبس

کاربران می توانند از آیین نامه ACI318-19 به عنوان آیین نامه طراحی در ایتبس ورژن 23.3.0 استفاده کنند اما بر خلاف این آیین نامه، نرم افزار ایتبس مقاومت برشی چشمه اتصال را مطابق با آیین نامه ACI318-14 محاسبه می کند. برای اثبات این موضوع، می توان فایل پی دی اف با نام CFD-ACI-319-19 را از محل نصب همانند زیر مشاهده کرد.

C:\Program Files\Computers and Structures\ETABS 20\Manuals\Concrete Frame Design Program Files\
Computers and Structures\ETABS 20\Manuals\Concrete Frame Design

مطابق با بند 3.6.3 از فایل فوق، V_n را می توان از طریق روابط زیر به دست آورد:

(ACI 18.8.4.3, Table 18.8.4.3)

$$\phi = 0.85$$

$$\lambda = 1 \text{ for normal concrete}$$

$$v = \begin{cases} 20\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای اتصال محصور شده از چهار طرف} \\ 15\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای اتصال محصور شده از سه طرف یا محصور شده دو وجه مختلف} \\ 12\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای دیگر اتصالات} \end{cases}$$

روابط فوق را می توان در آیین نامه ACI318-14 و نه ACI318-19 دید. روابط در پی دی اف مربوط به نرم افزار ایتبس براساس واحد پوند-اینچ است اما در مثال حاضر از واحدهای SI استفاده شده است بنابراین می توان روابط را به صورت زیر تبدیل نمود.

$$v = \begin{cases} 1.7\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای اتصال محصور شده از چهار طرف} \\ 1.2\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای اتصال محصور شده از سه طرف یا محصور شده دو وجه مختلف} \\ 1.0\phi\lambda\sqrt{f'_c} & \text{برای دیگر اتصالات} \end{cases}$$

مطابق با بخش قبل، چشمه اتصال این مثال، فقط در یک وجه محصور شده خواهد بود:

$$v = 1.0\phi\lambda\sqrt{f'_c} = 1 * 0.85 * 1 * \sqrt{25} = 4.25 \text{ Mpa}$$

$$\phi V_n = vA_j = 4.25 * 320000 = 1360000 \text{ Mpa} \approx 136000 \text{ kg / cm}^2$$

جهت x

$$v = 1.0\phi\lambda\sqrt{f'_c} = 1 * 0.85 * 1 * \sqrt{25} = 4.25 \text{ Mpa}$$

$$\phi V_n = vA_j = 4.25 * 280000 = 1190000 \text{ Mpa} \approx 119000 \text{ kg / cm}^2$$

جهت y

نتایج ایتبس

مقاومت برشی چشمه اتصال برابر ϕV_c است که به صورت زیر گزارش داده می شود.

Joint Shear Design

	Joint Shear Ratio	Shear $V_{u,Top}$ kgf	Shear ϕV_c kgf
Major Shear, V_{u2}	0.986	134867.12	136841.97
Minor Shear, V_{u3}	0.987	118239.82	119736.73

❌ **نقص ۴ ایتبس:** کاربران می توانند آیین نامه ACI318-19 را جهت طراحی در ایتبس ورژن 20.3.0 انتخاب کنند اما برخلاف این انتخاب، مقاومت برشی چشمه اتصال براساس آیین نامه ACI318-14 محاسبه می شود.

❌ **نقص ۵ ایتبس:** ایتبس از پیوستگی تیر و ستون جهت محاسبه V_n صرف نظر می کند.

محاسبات محاسب ۲۰۰۰

بر خلاف نرم افزار ایتبس، نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، مقاومت برشی اسمی چشمه اتصال را براساس آیین نامه ACI318-19 محاسبه می کند. براساس بخش قبل، در این مثال، تیرها و ستون ها پیوسته هستند و اتصال نیز محصور شده محسوب نمی شود. بنابراین مقاومت برشی چشمه اتصال برابر است با:

$$\phi V_n = 1.2\phi\lambda\sqrt{f'_c}A_j = 1.2 * 0.85 * 1 * \sqrt{25} * 340000 = 1734000 \text{ Mpa} \approx 173400 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

جهت x

$$\phi V_n = 1.2\phi\lambda\sqrt{f'_c}A_j = 1.2 * 0.85 * 1 * \sqrt{25} * 300000 = 1530000 \text{ Mpa} \approx 153000 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

جهت y

نتایج محاسب ۲۰۰۰

مقاومت برشی چشمه اتصال به صورت زیر گزارش داده می شود.

Summary of Joint Shear Check/Design

Direction	Vu(KN)	ϕV_n	Ratio	Control
X	81183.4	173400	0.47	Ok
Y	113312	153000	0.74	Ok

✔ **برتری ۵ محاسب ۲۰۰۰:** کاربر می توانند آیین نامه ACI318-19 را برای طراحی انتخاب کنند.

✔ **برتری ۶ محاسب ۲۰۰۰:** محاسب ۲۰۰۰ پیوستگی تیر و ستون را برای محاسبه V_n در نظر می گیرد.

توضیحات آیین نامه

مطابق با بند ۱۸.۳.۴، در اتصال تیر به ستون باید ضوابط فصل ۱۵ در ارتباط با برش چشمه اتصال V_u محاسبه شده در وسط ارتفاع چشمه اتصال که با استفاده از نیروهای کششی و فشاری و برش ستون سازگار با مقاومت خمشی اسمی M_n تیر به دست می آید، باشد.

در سیستم قاب خمشی متوسط، مطابق با بند 18.4.4.7، نیروی برشی چشمه اتصال به این صورت محاسبه می شود که فرض می شود که تیر متصل شده به اتصال دارای مقاومتی برابر مقاومت خمشی اسمی تیر است. بنابراین، نیروی برشی ایجاد شده توسط میلگردهای خمشی برای تنش برابر f_y در میلگردها محاسبه می شود. این موضوع مطابق با بند 18.4.2 و 18.4.3 برای محاسبه مقاومت برشی طراحی می نیمم در تیرها و ستون های قاب خمشی متوسط، می باشد.

در سیستم قاب خمشی ویژه، مطابق با بند 18.8.4، نیروی برشی چشمه اتصال (V_u) بایستی در صفحه واقع در وسط چشمه اتصال و با استفاده از نیروهای کششی و فشاری تیر مطابق با بند 18.8.2.1 محاسبه شود. برش ستون نیز ناشی از مقاومت خمشی محتمل تیر (M_{pr}) می باشد. نیروی درون میلگردهای طولی تیر در وجه اتصال بایستی با فرض اینکه تنش در میلگردهای کششی مطابق با بند 18.8.2.1 برابر $1.25f_y$ است محاسبه شود.

شکل 14، بندهای فوق را برای سیستم های قاب خمشی متوسط و قاب خمشی ویژه نمایش می دهد. همانطور که قابل ملاحظه است، برای محاسبه V_u ، در ابتدا ما به مقدار میلگرد تولید کننده برش نیاز داریم. دو جفت نیرو باعث ایجاد ممان در هر سمت ستون می شوند. این نیروها، نیروهای کششی و فشاری هستند که در میلگردها به وجود می آیند و برابرند با:

$$T_1 = A_{s1} f_y$$

نیروی کششی سمت راست اتصال در سیستم قاب خمشی متوسط

$$T_2 = A_{s2} f_y$$

نیروی کششی سمت چپ اتصال در سیستم قاب خمشی متوسط

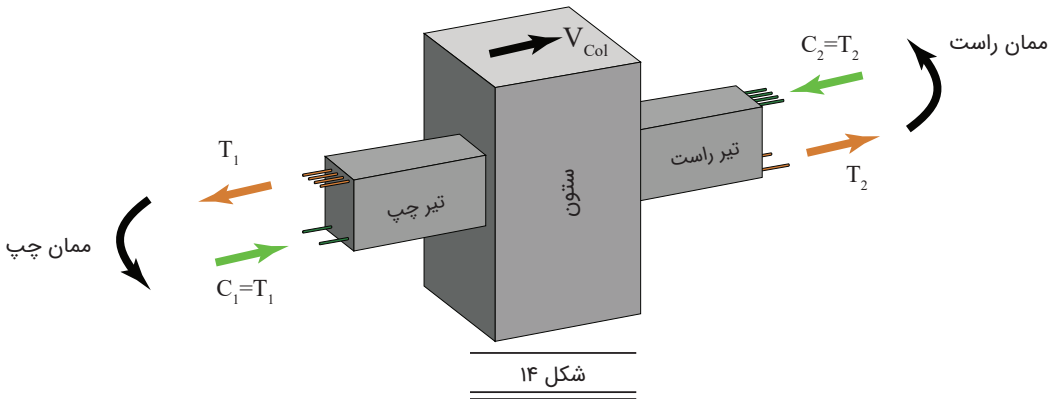
$$T_1 = 1.25 A_{s1} f_y$$

نیروی کششی سمت راست اتصال در سیستم قاب خمشی ویژه

$$T_2 = 1.25 A_{s2} f_y$$

نیروی کششی سمت چپ اتصال در سیستم قاب خمشی ویژه

A_s برابر مجموع سطح مقطع آرماتورهای سمت چپ و راست تیر است.



مقاومت برشی چشمه اتصال را می توان از رابطه زیر به دست آورد:

$$V_u = T_1 + T_2 - V_{Col}$$

V_{col} برابر مقاومت برشی ستون است که با استفاده از لنگر اسمی برای قاب خمشی متوسط و لنگر محتمل برای قاب خمشی ویژه به دست می آید. شکل ۱۵ یک ستون با ارتفاع L_1 و L_2 به ترتیب برای طبقات بالا و پایین را نمایش می دهد. V_{col} را می توان از طریق رابطه زیر به دست آورد:

$$V_{Col} = \frac{M_n^{Top} + M_n^{Bot}}{L}$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd}$$

$$L = L_1 + L_2$$

$$M_n^{Top} = A_s^{Top} F_y d^{Top} \left(1 - 0.59 \rho^{Top} \frac{F_y}{f'_c}\right)$$

لنگر اسمی برای قاب خمشی متوسط: میلگرد بالا.

$$M_n^{Top} = 1.25 A_s^{Top} F_y d^{Top} \left(1 - 0.59 \rho^{Top} * \frac{1.25 F_y}{f'_c}\right)$$

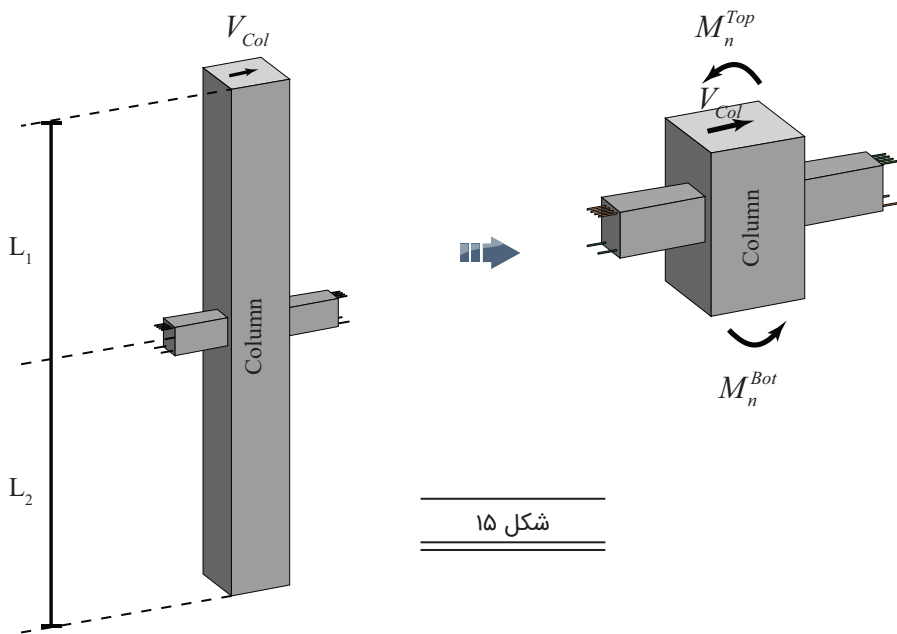
لنگر اسمی برای قاب خمشی ویژه: میلگرد بالا.

$$M_n^{Bot} = A_s^{Bot} F_y d^{Bot} \left(1 - 0.59 \rho^{Bot} \frac{F_y}{f'_c}\right)$$

لنگر اسمی برای قاب خمشی متوسط: میلگرد پایین.

$$M_n^{Bot} = 1.25 A_s^{Bot} F_y d^{Bot} \left(1 - 0.59 \rho^{Bot} * \frac{1.25 F_y}{f'_c}\right)$$

لنگر اسمی برای قاب خمشی ویژه: میلگرد پایین.



شکل ۱۵

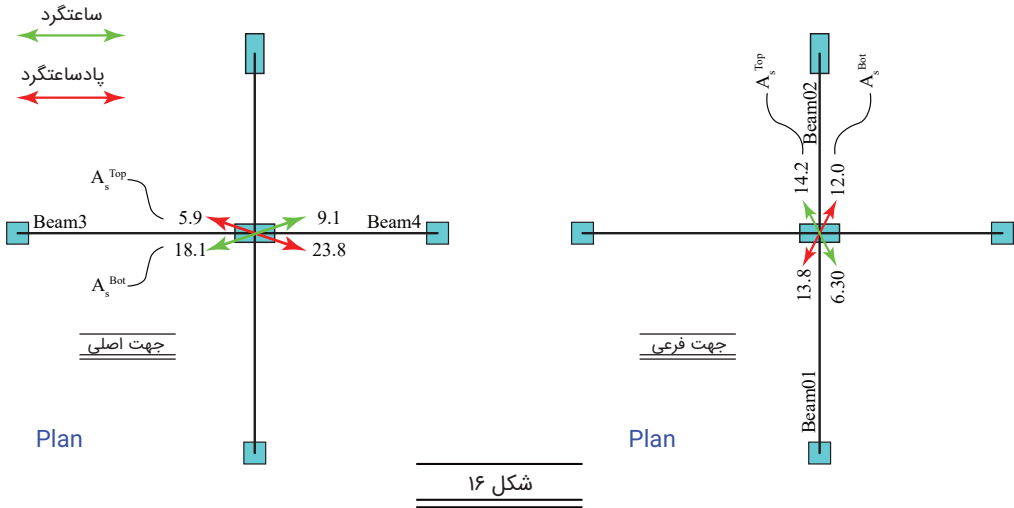
محاسبات ایتبس

نرم افزار ایتبس، یک روش مشابه برای محاسبه V_u ارائه می دهد اما مهم ترین چیز در محاسبه V_u ، مقدار برش ستون است. در ابتدا، نرم افزار ایتبس، میلگردهای مورد نیاز تیر را محاسبه و سپس میلگردهای طولی بالا و پایین تیر را گزارش می دهد. میلگردهای بالا و پایین تیرها به صورت جدول زیر گزارش داده می شود.

	Beam Section	Top Rebar(cm ²)	Bot Rebar(cm ²)
Beam 1	B4040	14.2	12
Beam 2	B3030	13.8	6.3
Beam 3	B2540	5.9	18.1
Beam 4	B3040	9.1	23.8

این مثال مربوط به یک ساختمان با سیستم قاب خمشی ویژه است. در ابتدا نرم افزار ایتبس مشارکت برش تیرها برای ظرفیت خمشی تیرها را مطابق زیر ارائه می دهد ($T = 1.25 A_s F_y$)، به دلیل اینکه سیستم باربر جانبی سیستم قاب خمشی ویژه است.)

برای هر جهت دو نتیجه (اصلی و فرعی) ارائه می شود که تحت عنوان ساعتگرد و پادساعتگرد نامگذاری شده است.



شکل ۱۶

جهت اصلی

$$\begin{cases} \text{Clockwise} : T_1 + C_1 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (5.9 + 23.8) * 4000 = 148500kg \\ \text{Counter - Clockwise} : T_2 + C_2 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (18.1 + 9.1) * 4000 = 136000kg \\ T + C = \max(T_1 + C_1, T_2 + C_2) = 148500kg \end{cases}$$

جهت فرعی

$$\begin{cases} \text{Clockwise} : T_1 + C_1 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (14.2 + 6.3) * 4000 = 102500kg \\ \text{Counter - Clockwise} : T_2 + C_2 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (12.0 + 13.8) * 4000 = 129000kg \\ T + C = \max(T_1 + C_1, T_2 + C_2) = 129000kg \end{cases}$$

متاسفانه محاسبات ایتبس نشان می دهد که این نرم افزار از مقادیر M_n و M_{pr} تیرها به جای مقادیر نظیر ستون ها برای محاسبه V_{col} استفاده می کند. براساس این توضیحات، نرم افزار ایتبس در ابتدا به ترتیب اقدام به محاسبه M_n و M_{pr} برای سیستم قاب خمشی ویژه یا متوسط می کند. سپس دو برابر ماکزیمم لنگر تیرها را بر مجموع طول ستون ها تقسیم می کند.

جهت فرعی

ساعتگرد

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{6.3}{40 * (40 - 5)} = 0.0045$$

$$M_{pr1}^{Bot} = 1.25 * 6.3 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0045 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1043957 kg.cm$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{14.2}{30 * (30 - 5)} = 0.0189$$

$$M_{pr2}^{Top} = 1.25 * 14.2 * 4000 * (30 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0189 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1379140 kg.cm$$

پاد ساعتگرد

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{13.8}{40 * (40 - 5)} = 0.0099$$

$$M_{pr1}^{Top} = 1.25 * 13.8 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0099 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 2132880 kg.cm$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{12}{30 * (30 - 5)} = 0.016$$

$$M_{pr2}^{Bot} = 1.25 * 12 * 4000 * (30 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.016 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1216800 kg.cm$$

$$V_{col} = \frac{\max \left[\left(M_{pr1}^{Bot} + M_{pr2}^{Top} \right)_{Clockwise}, \left(M_{pr1}^{Top} + M_{pr2}^{Bot} \right)_{Counter-Clockwise} \right] * 2}{L_1 + L_2}$$

$$V_{col} = \frac{\max \left[(1043957 + 1379140), (2132880 + 1216800) \right] * 2}{300 + 300} = 11165.6 kg$$

$$V_u = T_1 + T_2 - V_{col} = 129000 - 11165.6 = 117834.4 kg$$



جهت اصلی

ساعتگرد

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{18.1}{25 * (40 - 5)} = 0.0207$$

$$M_{pr1}^{Bot} = 1.25 * 18.1 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0207 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 2393806 kg.cm$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{9.1}{30 * (40 - 5)} = 0.0087$$

$$M_{pr2}^{Top} = 1.25 * 9.1 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0087 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1429014 kg.cm$$

پاد ساعتگرد

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{5.9}{25 * (40 - 5)} = 0.0067$$

$$M_{pr1}^{Top} = 1.25 * 5.9 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0067 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 950871 kg.cm$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{23.8}{30 * (40 - 5)} = 0.0227$$

$$M_{pr2}^{Bot} = 1.25 * 23.8 * 4000 * (40 - 5) \left(1 - 0.59 * 0.0227 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 3049363 kg.cm$$

$$V_{col} = \frac{\max \left[\left(M_{pr1}^{Bot} + M_{pr2}^{Top} \right)_{Clockwise}, \left(M_{pr1}^{Top} + M_{pr2}^{Bot} \right)_{Counter-Clockwise} \right] * 2}{L_1 + L_2}$$

$$V_{col} = \frac{\max \left[(2393806 + 1429014), (95087 + 3049363) \right] * 2}{300 + 300} = 12742.73 kg$$

$$V_u = T_1 + T_2 - V_{col} = 148500 - 12742.37 = 135757.63 kg$$

نتایج ایتبس

نرم افزار ایتبس، مشارکت برشی تیرها که ناشی از ظرفیت خمشی آن ها است را به درستی همانند زیر در نظر می گیرد اما می دانیم که در اجرا مساحت میلگردهای طولی (A_s) به دلیل محدودیت قطر آن ها متفاوت خواهد بود.

Shear Contributions for Beam Moment Capacities

	Sum(T) Major kgf	Sum(C) Major kgf	Sum(C+T) Major kgf	Sum(T) Minor kgf	Sum(C) Minor kgf	Sum(C+T) Minor kgf
Clockwise	29283.08	119116.55	148399.63	71026.08	31396.4	102422.48
CounterClockwise	45715.23	90393.65	136108.88	69126.81	59910.03	129036.84

✘ نقص ۶ ایتبس: نرم افزار ایتبس، نتایج خود را براساس میلگردهای مورد نیاز ارائه می دهد، اما در نقشه های سازه میزان میلگردهای طولی برای تیرها (A_s) بیشتر از این مقدار است.

نرم افزار ایتبس، مقدار V_{col} را در جدولی با نام "Shear of Top Column for Beam Moment Capacities" به صورت زیر ارائه می دهد:

Shear of Top Column for Beam Moment Capacities

	Sum Beam Cap Major kgf-cm	VuTop Major kgf	Sum Beam Cap Minor kgf-cm	VuTop Minor kgf
Clockwise	4059752.36	10379.51	2896762.91	9655.88
CounterClockwise	3830862.02	12369.54	3239105.68	10797.02

ایتبس، مقدار V_{col} را در جدولی جداگانه با نام "Capacity Shear of Top column Along the column" برای ستون ها گزارش می دهد که کاربرد چندانی ندارد و از الگوریتم های خاص خود استفاده می کند.

✘ نقص ۷ ایتبس: نرم افزار ایتبس به دلیل اینکه اطلاعی از قطر میلگرد تیرها ندارد لذا کاور بتن را به صورت پوشش خالص بتن در نظر می گیرد. این در حالی است که کاور بتن باید تا مرکز میلگردهای طولی محاسبه شود که در این رابطه، قطر میلگردهای عرضی و طولی تیرها بسیار حائز اهمیت است و در محاسبه عمق موثر تیرها تاثیر خود را می گذارد که نرم افزار ایتبس از انجام این مورد عاجز است.

در نهایت، ایتبس مقدار Vu را در جدولی با نام "Joint Shear Design" به صورت زیر گزارش می دهد:

Joint Shear Design

	Joint Shear Ratio	Shear $V_{u,Top}$ kgf	Shear ϕV_c kgf
Major Shear, V_{u2}	0.986	134867.12	136841.97
Major Shear, V_{u3}	0.987	118239.82	119736.73

✗ نقص ۸ ایتبس: به دلیل نقص های شماره ۶ و ۷ ایتبس، نتایج V_u به هیچ وجه صحیح نمی باشد.

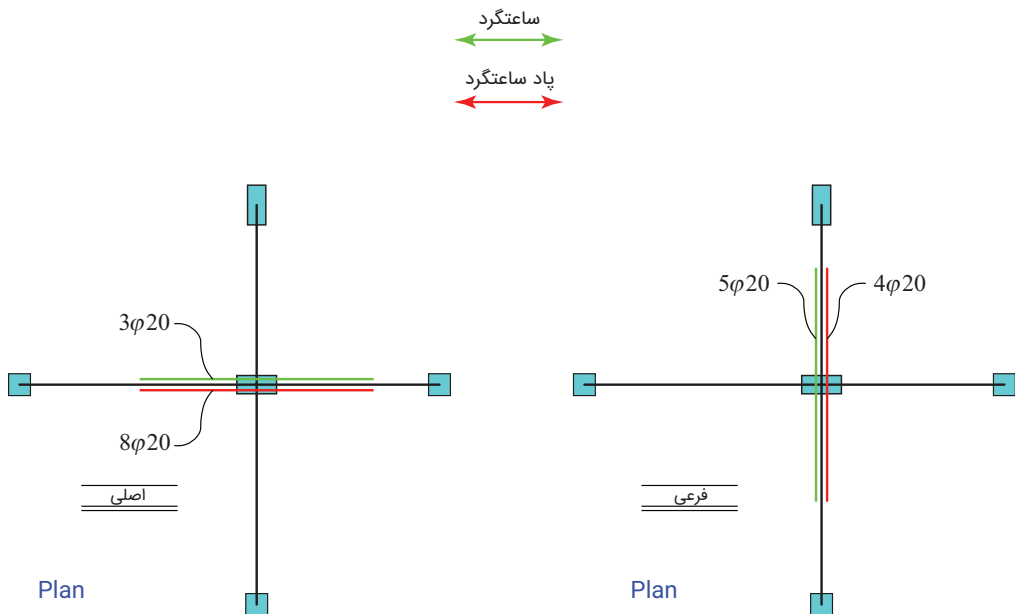
محاسبات محاسب ۲۰۰۰

مهم ترین اختلاف بین نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ و نرم افزار ایتبس در محاسبه نسبت برش چشمه اتصال مقدار A_s میلگردهای شبکه بالا و پایینی تیرها است. بنابراین محاسب ۲۰۰۰، میلگردهای شبکه بالا و پایین را به صورت جدول زیر گزارش می دهد. A_s گزارش داده شده برای میلگردهای تیر بیشتر از مقادیر ایتبس است و براساس میلگردهای موجود در نقشه های سازه می باشد. (استفاده از میلگردهای $\phi 20$ با $A_s = 3.14 \text{ cm}^2$)

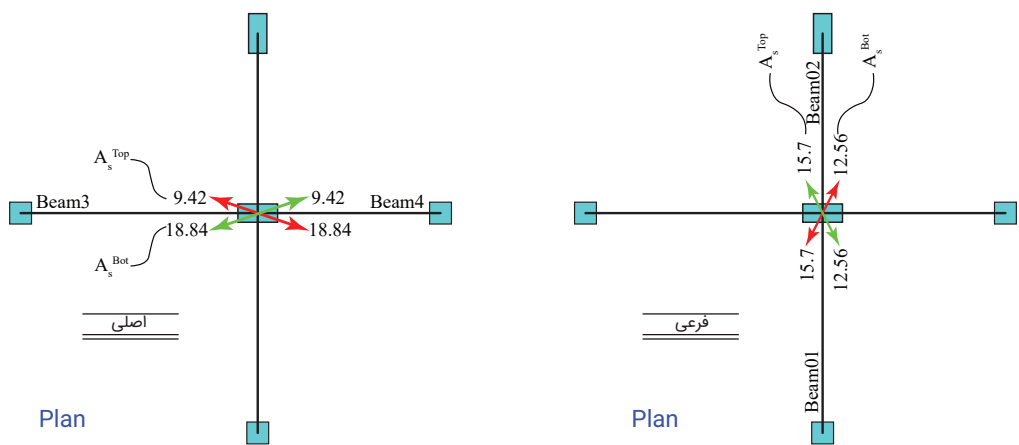
Beam Rebars

	Beam Section	ETABS Top Rebar(cm^2)	ETABS Bot Rebar(cm^2)	Mohaseb2000 Top Rebar(cm^2)	Mohaseb2000 Bot Rebar(cm^2)
Bottom Beam	B4040	14.2	12	15.7	12.56
Top Beam	B3030	13.8	6.3	15.7	12.56
Left Beam	B2540	5.9	18.1	9.42	25.12
Right Beam	B3040	9.1	23.8	9.42	25.12

مثال حاضر، مربوط به یک ساختمان با سیستم قاب خمشی ویژه است. در ابتدا نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، مشارکت برشی تیرها براساس ظرفیت خمشی آنها را به صورت زیر محاسبه می کند (چون سیستم بار جانبی از نوع قاب خمشی ویژه است مقدار $T = 1.25 A_s F_y$ استفاده می شود). در هر جهت دو نتیجه وجود دارد که با نام های ساعتگرد و پادساعتگرد نامگذاری شده اند. این قسمت از محاسبات دقیقاً مشابه ایتبس است و فقط یک تفاوت دارد. تفاوت این است که نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ از مقادیر موجود آرماتور برای AS استفاده می کند.



شکل ۱۷



شکل ۱۸



جهت اصلی

$$\begin{cases} \text{Clockwise : } T_1 + C_1 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (9.42 + 18.84) * 4000 = 141300kg \\ \text{Counter - Clockwise : } T_2 + C_2 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (9.42 + 18.84) * 4000 = 141300kg \\ T + C = \max(T_1 + C_1, T_2 + C_2) = 141300kg \end{cases}$$

جهت فرعی

$$\begin{cases} \text{Clockwise : } T_1 + C_1 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (15.7 + 12.56) * 4000 = 141300kg \\ \text{Counter - Clockwise : } T_2 + C_2 = 1.25 A_s F_y = 1.25 * (15.7 + 12.56) * 4000 = 141300kg \\ T + C = \max(T_1 + C_1, T_2 + C_2) = 141300kg \end{cases}$$

همانند نرم افزار ایتبس، نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، برای محاسبه V_{col} از مقدار M_n یا M_{pr} تیرها استفاده می کند. سپس مجموع لنگرها را بر مجموع طول ستون ها تقسیم می کند. (آرماتور عرضی سایز ۱۰ و آرماتور طولی سایز ۲۰ می باشد)

جهت فرعی

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{12.56}{40 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2})} = 0.00952$$

$$M_{pr1}^{Bot} = 1.25 * 12.56 * 4000 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2}) \left(1 - 0.59 * 0.00952 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1839595kg.cm$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{15.7}{30 * (30 - 5 - 1 - \frac{2}{2})} = 0.0228$$

$$M_{pr2}^{Top} = 1.25 * 15.7 * 4000 * (30 - 5 - 1 - \frac{2}{2}) \left(1 - 0.59 * 0.0228 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1319748kg.cm$$

$$V_{col}^{major} = \frac{M_{pr-minor}^{Top} + M_{pr-minor}^{Bot}}{L_1 + L_2}$$

$$V_{col}^{major} = \frac{1319748 + 1839595}{300 + 300} = 5265.57kg / cm$$

$$V_u^{major} = T_1 + T_2 - V_{col}^{major} = 141300 - 5265.57 = 136034.43kg / cm$$

 جهت اصلی

$$\rho_1 = \frac{A_{s1}}{bd} = \frac{25.12}{25 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2})} = 0.0304$$

$$M_{pr1}^{Bot} = 1.25 * 25.12 * 4000 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2}) \left(1 - 0.59 * 0.0304 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 2657977 \text{ kg.cm}$$

$$\rho_2 = \frac{A_{s2}}{bd} = \frac{9.42}{30 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2})} = 0.0095$$

$$M_{pr2}^{Top} = 1.25 * 9.42 * 4000 * (40 - 5 - 1 - \frac{2}{2}) \left(1 - 0.59 * 0.0095 * \frac{1.25 * 4000}{250} \right) = 1380062.97 \text{ kg.cm}$$

$$V_{col}^{minor} = \frac{M_{pr-major}^{Top} + M_{pr-major}^{Bot}}{L_1 + L_2}$$

$$V_{col}^{minor} = \frac{2657977 + 1380063}{300 + 300} = 6730.07 \text{ kg / cm}$$

$$V_u^{minor} = T_1 + T_2 - V_{col}^{minor} = 141300 - 6730.07 = 134569.93 \text{ kg / cm}$$

برتری ۷ محاسب ۲۰۰۰: نرم افزار محاسب 2000 با توجه به اینکه قادر به طراحی میزان میلگرد طولی و عرضی مورد نیاز است و نقشه های اجرایی سازه را در نظر می گیرد لذا با در نظر گرفتن قطر میلگردهای طولی و عرضی قادر به محاسبه کاور بتن تا مرکز میلگرد طولی است و به همین دلیل عمق موثر تیرها به درستی محاسبه می شود.

محاسبات محاسب ۲۰۰۰

نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، مشارکت برشی ناشی از ظرفیت خمشی را براساس میلگردهای اجرایی به صورت زیر ارائه می دهد.

Shear Contributions for Beam Moment Capacities

	Sum(C+T) Major kgf	Sum(C+T) Minor kgf
Clockwise	141300	141300
CounterClockwise	141300	141300

✓ **برتری ۸ محاسب ۲۰۰۰:** نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، نتایج را براساس میلگردهای اجرایی ارائه می دهد لذا نتایج کاملاً صحیح است.

محاسب ۲۰۰۰، V_{col} در در جدولی با نام "Shear of Column for Column Moment Capacities" به صورت زیر نمایش می دهد:

Shear of Column for Column Moment Capacities

	M_n or M_{pr} Major kgf-cm	V_{col} Major kgf	M_n or M_{pr} Minor kgf-cm	V_{col} Minor kgf
Top	1380063	6730.07	1319748	5265.57
Bottom	2657977	6730.07	1839595	5265.57

در نهایت، نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، V_u را در جدولی با نام "Summary of Joint Shear Check/Design" به صورت زیر گزارش می دهد.

Summary of Joint Shear Check/Design

Direction	V_u	ϕV_n	Ratio	Control
X	134569.93	173400	0.77	Ok
Y	136043.43	153000	0.89	Ok

✓ **برتری ۹ محاسب ۲۰۰۰:** به دلیل برتری ۷ و ۸ نرم افزار محاسب ۲۰۰۰، نسبت برش چشمه اتصال به درستی محاسبه شده است.

✗ **نقص ۹ ایتبس:** مطابق آیین نامه ACI318-19 محاسبه برش چشمه اتصال برای سازه های با شکل پذیری ویژه و متوسط اجباری است اما نرم افزار ایتبس حتی در صورت انتخاب آیین نامه ACI318-19، قادر به محاسبه نسبت برش چشمه اتصال برای سازه های با شکل پذیری متوسط نیست زیرا محاسبات آن همچنان براساس آیین نامه ACI318-14 است که در آن برای شکل پذیری متوسط نیازی به محاسبه برش چشمه اتصال نبود.

✓ **برتری ۱۰ محاسب ۲۰۰۰:** خوشبختانه نرم افزار محاسب ۲۰۰۰ قادر به محاسبه نسبت برش چشمه اتصال برای هر دو سازه با شکل پذیری متوسط و ویژه است.

خلاصه نتایج مقایسه ایتبس و محاسب ۲۰۰۰

عنوان	جهت	ETABS	Mohaseb2000	تفاوت (%)
A_j	اصلی	3200	3400	6.25
	فرعی	2800	3000	7.14
پیوستگی ستون	اصلی	✗	✓	-
	فرعی	✗	✓	-
پیوستگی تیر	اصلی	✗	✓	-
	فرعی	✗	✓	-
محصور شدگی	اصلی	✓	✓	-
	فرعی	✓	✓	-
V_n	اصلی	136841.97	173400	26.72
	فرعی	119736.73	153000	27.78
T+C	اصلی	148500	141300	4.85
	فرعی	129000	141300	9.53
V_{col}	اصلی	12742.73	6730.07	89.34
	فرعی	11165.6	5265.57	112.05
V_u	اصلی	135757.63	134569.93	0.88
	فرعی	117834.4	136043.43	15.45
نسبت برش چشمه اتصال	اصلی	0.986	0.77	28.05
	فرعی	0.987	0.89	10.9