

## نیروی برشی نهایی ( $V_u$ ) وارد بر دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه:

در [مقاله قبلی](#) به مقاومت برشی اسمی دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه پرداخته شد و با بررسی بندهای آیین نامه *ACI 318M-19* و همچنین استعلام از پشتیبانی فنی *ACI* راهکاری برای افزایش حد بالای مقاومت برشی اسمی دیوار ارائه گردید. در این مقاله بندهای آیین نامه‌ای مرتبط با نیروی برشی نهایی وارد بر دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه و همچنین پاسخ استعلام از پشتیبانی فنی *ACI* بررسی گردیده و سپس به روش اعمال ضوابط فوق در نرم افزار *ETABS 20.0.0* پرداخته شده است.

همان گونه که در [مقاله قبلی](#) گفته شد می‌توان برای مجموعه دیوارهای برشی که در یک راستا و یک صفحه قائم قرار دارند و بین آنها مسیری برای باز توزیع نیروی برشی وجود دارد، حد بالای مقاومت برشی اسمی را برابر  $0.66\sqrt{f'_c}A_{cv}$  و برای هر یک از قطعات قائم دیوار به تنهایی یا هر یک از دیوارها، برابر  $0.83\sqrt{f'_c}A_{cw}$  در نظر گرفت، که  $A_{cv}$  سطح مقطع ناخالص کل دیوار و  $A_{cw}$  سطح مقطع ناخالص قطعه قائم دیوار یا هر یک از دیوارها به تنهایی، در جهت نیروی برشی می‌باشد.

یکی از ابهاماتی که در این ارتباط وجود دارد این است که آیا برای این باز توزیع نیروی برشی و افزایش حد بالای مقاومت برشی اسمی، باید همه دیوارها در یک صفحه قائم قرار داشته باشند یا اینکه باز توزیع نیروی برشی می‌تواند بین دیوارهای واقع بر صفحات قائم متفاوت هم رخ دهد؟

برای بر طرف کردن این ابهام از پشتیبانی فنی *ACI* استعلام گرفته شد که مشخص گردید دیوارها باید در یک صفحه قائم قرار داشته باشند و باز توزیع برش بین دیوارها

در صفحات قائم متفاوت مجاز نمی‌باشد. در ادامه بخشی از متن پرسش و پاسخ مطرح شده با پشتیبانی فنی *ACI 318M-19* که مربوط به این بند می‌باشد، آورده شده است.

Hi.

*It is stated in R18.10.4 that the upper limit of strength to be assigned to any one member is imposed to limit the degree of redistribution of shear force. The question is does redistribution of shear force occur between separated walls located on different vertical planes or the walls should be on the same plane?*

Best Regards,

Amir Ashtari

Dear Mr. Ashtari

This message is in response to your technical question/inquiry.

The provision refers to the redistribution of the shear force in the plane of a wall. The key word here is "sharing a common lateral force."

18.10.4.4 For all vertical wall segments sharing a common lateral force,  $V_u$

This is only intended to apply to wall segments within the same plane. I don't think anyone ever anticipated that this might be applied to wall segments in different planes.

Sincerely,  
Technical Staff

البته باید خاطر نشان کرد بعضی از همکاران از پروفیسور *Moehle* در این ارتباط سوال پرسیده‌اند و نظر ایشان خلاف نظر پشتیبانی فنی *ACI* بوده و معتقدند باز توزیع نیروی برشی می‌تواند بین دیوارهای واقع بر صفحات قائم متفاوت نیز رخ دهد. لذا تصمیم‌گیری در این ارتباط نیاز به قضاوت مهندسی طراح دارد. از نظر اینجانب حتی اگر باز توزیع نیروی برشی بین دیوارهای واقع بر صفحات قائم متفاوت نیز رخ دهد،

Dear Amir Ashtari,

This message is in response to your technical question/inquiry.

Mpr and Mu are calculated based on a single load combination, so yes is the direct answer to your question. For example, if you have 10 load combinations numbered 1 through 10, Mpr(1) should be divided by Mu(1), Mpr(2) should be divided by Mu(2),..., and finally Mpr(10) should be divided by Mu(10). Then you would use the maximum value of those different Mpr/Mu situations.

Sincerely,  
Technical Staff

۲- آیا برای تشدید نیروی برشی هر ترکیب بار باید از ضریب تشدید محاسبه

شده برای همان ترکیب بار استفاده کرد یا اینکه باید از بیشترین ضریب تشدید

محاسبه شده، برای تشدید نیروی برشی همه ترکیبات بار استفاده کرد؟

طبق استعلام از پشتیبانی فنی ACI باید از بیشترین ضریب تشدید محاسبه شده، برای تشدید نیروی برشی همه ترکیبات بار استفاده کرد.

Thank you for your response.

I have another question. I'll be thankful if you answer it too.

The question is should  $V_u$  obtained from each load combination be amplified by the amplification factor for that load combination or the maximum calculated amplification factor should be applied to  $V_u$  for all load combinations?

For example, if I have 10 load combinations, should  $V_{u1}$  be amplified by amplification Factor1,  $V_{u2}$  be amplified by amplification Factor2,...,  $V_{u10}$  be amplified by amplification Factor10?

Best Regards,

Amir Ashtari

این پدیده باعث بروز پیچش در سازه می‌گردد در حالی که اثر این پیچش در تحلیل خطی سازه دیده نشده است، به همین دلیل در جهت اطمینان توصیه می‌شود از باز توزیع نیروی برشی بین دیوارهای واقع بر صفحات قائم متفاوت صرف نظر گردد. تصمیم نهایی در این خصوص به خواننده واگذار می‌گردد.

علاوه بر نکات مطرح شده، سه نکته در ارتباط با نیروی برشی نهایی وارد بر دیوارهای برشی بتن آرمه ویژه وجود دارد:

۱- از آنجا که برای محاسبه  $M_{pr}$  باید تاثیر نیروی محوری در دیوار در نظر گرفته شود، مقدار آن برای ترکیبات بار مختلف، متفاوت می‌باشد. با توجه به این موضوع آیا در محاسبه ضریب اضافه مقاومت برای هر ترکیب بار ( $\Omega_v$ ) باید  $M_u$  و  $M_{pr}$  متناظر با همان ترکیب بار را در نظر گرفت؟

طبق استعلام از پشتیبانی فنی ACI بله باید  $M_u$  و  $M_{pr}$  متناظر با همان ترکیب بار را در نظر گرفت.

Hi.

According to Table 18.10.3.1.2 overstrength factor for walls with  $h_w/l_w > 1.5$  shall be taken as the greater of  $M_{pr}/M_u$  and 1.5. Since  $M_{pr}$  for walls should be calculated taking into account the axial load, its value is different for different load combinations. The question is should  $M_{pr}$  and  $M_u$  be obtained from the same load combination?

I appreciate your taking time to read and answer my question.

Best Regards

Amir Ashtari

1)

Hi.

It is stated in section 18.10.3.1.1 that  $V_u$  is the shear force obtained from code lateral load analysis with factored load combinations.

Also, according to section 18.10.3.1  $V_u$  should be amplified by applying overstrength and dynamic shear amplification factors. The question is which part of  $V_u$  should be amplified, only the seismic shear force or the whole shear force obtained from the load analysis with factored load combinations?

I appreciate your taking time to read and answer my question.

Best Regards,

Amir Ashtari

2)

Dear Amir Ashtari,

This message is in response to your technical question/inquiry.

$V_u$  is the shear force determined from the load combinations in Chapter 5. Thus, the amplification is applied to the  $V_u$  from the load combination, not the seismic load by itself. It is, of course, expected that the earthquake/seismic load will be a large percentage of the  $V_u$  in many cases.

Sincerely,

Technical Staff

3)

Thank you for your response.

I have another question. I'll be thankful if you answer it too.

What if shear force due to soil pressure is a large percentage of  $V_u$ ? In that case the amplification should still be applied to the  $V_u$  from the load combination?

Best Regards,

Amir Ashtari

Footnote [1] on table 18.10.3.1.2 states "For the load combination producing the largest value of  $\Omega_v$ ". This means that the  $\Omega_v$  to be used for ALL load combination calculations is based on the greatest  $M_{pr}/M_u$  calculated. In the shared example of 10 load combinations, if  $M_{pr}(5)/M_u(5) = 2.5$  and all of the other cases are  $< 2.5$ , then you would use 2.5 in all cases to determine  $V_e$ .

۳- در بند 18.10.3.1.1 ذکر شده است  $V_u$  نیروی برشی به دست آمده از تحلیل

سازه تحت اثر نیروی جانبی آیین نامه ای با ترکیبات بار ضریب دار می باشد.

**18.10.3.1.1**  $V_u$  is the shear force obtained from code lateral load analysis with factored load combinations.

سوالی که مطرح می شود این است که آیا ضرایب تشدید نیروی برشی باید

در کل  $V_u$  ضرب شود یا تنها در قسمتی از آن که ناشی از بارهای لرزه ای

می باشد؟

بعضی از همکاران با این استدلال که این تشدید نیروی برشی تنها برای قسمتی

از  $V_u$  می باشد که ناشی از بارهای لرزه ای است، راهکارهایی برای اعمال این

موضوع در ETABS ارائه نموده اند. اهمیت این موضوع زمانی زیاد است که

درصد زیادی از نیروی برشی نهایی ناشی از فشار خاک است و تشدید همه

نیروی برشی ممکن است منجر به طراحی بسیار دست بالا گردد.

طبق استعلام از پشتیبانی فنی ACI باید ضرایب تشدید در کل نیروی برشی

ناشی از هر ترکیب بار ضرب شود حتی اگر آن ترکیب بار شامل فشار جانبی

خاک باشد.

$h_w$  = height of entire wall from base to top, or clear height of wall segment or wall pier considered, mm

این در حالست که در راهنمای طراحی دیوار برشی نرم افزار ETABS تعریف زیر برای  $h_w$  آورده شده است:

$h_w$  = Story height,

بنا بر این در طراحی دیوار برشی باید به این نکته توجه داشت که نرم افزار ETABS ضریب  $\alpha_c$  را درست محاسبه کرده باشد، در غیر اینصورت باید اصلاحات لازم را اعمال نمود.

چند روز پیش که این نسخه اولیه مقاله را منتشر کردم دوست خوبم آقای مهندس رضا طهماسب مطلبی را عنوان کردند که متوجه شدم متن مقاله نیاز به اصلاحاتی دارد و نیاز است درباره روند کار ETABS بررسی بیشتری شود. از همین رو تعداد زیادی دیوار برشی ویژه مدل کرده و با استفاده از نرم افزار ETABS 20.0.0 به تحلیل و طراحی آنها با استفاده از آیین نامه ACI 318-14 و ACI 318-19 در دو حالت لرزه ای و غیر لرزه ای پرداختم. در بررسی نتایج تحلیل و طراحی موارد زیر مشاهده گردید:

۱- در صورت استفاده از آیین نامه ACI 318-19 اگر ضریب  $\lambda$  را تغییر دهیم

ETABS از  $\phi_v$  غیر لرزه ای استفاده می کند.

۲- با برداشتن تیک گزینه Lightweight Concrete همچنان ضریب  $\lambda$  تاثیر داده

می شود. اگر می خواهیم این ضریب تاثیر داده نشود، باید مقدار آن برابر ۱

لحاظ گردد.

4)

Yes, the language in the code is clear,  $V_u$  is taken from the load combination, not just the earthquake component. Be certain that you are applying the appropriate load factors for lateral earth pressure as described in Chapter 5, provision 5.3.8 of ACI 318-19.

نکته دیگری که باید به آن توجه داشت این است که  $0.83\sqrt{f'_c}A_{cw}$  و  $0.66\sqrt{f'_c}A_{cv}$  به ترتیب حدود بالای مقاومت برشی اسمی مجموعه دیوار و مقاومت برشی اسمی هر یک از قطعات قائم دیوار به تنهایی یا هر یک از دیوارها می باشند. طبق بند 18.10.4.1 آیین نامه ACI 318M-19 مقاومت برشی دیوار برابر است با:

$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_{yt}) A_{cv}$$

18.10.4.1  $V_n$  shall be calculated by:

$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_{yt}) A_{cv} \quad (18.10.4.1)$$

where:

$\alpha_c = 0.25$  for  $h_w/\ell_w \leq 1.5$

$\alpha_c = 0.17$  for  $h_w/\ell_w \geq 2.0$

It shall be permitted to linearly interpolate the value of  $\alpha_c$  between 0.25 and 0.17 for  $1.5 < h_w/\ell_w < 2.0$ .

نرم افزار ETABS برای محاسبه ضریب  $\alpha_c$  به اشتباه  $h_w$  را برابر ارتفاع طبقه فرض می کند در حالیکه  $h_w$  برابر ارتفاع کل دیوار می باشد. تعریف  $h_w$  طبق فصل ۲ آیین نامه ACI 318M-19 برابر است با:

۵- نتایج متفاوت برای فایل‌های یکسان در کامپیوترهای مختلف مشاهده شد، به نحوی که در بعضی کامپیوترها به اشتباه مقدار نیروی محوری در برش بتن تاثیر گذار بود. به همین دلیل باید دقت کافی در چک کردن نتایج صورت پذیرد.

با توجه به موارد مطرح شده می‌توان گام‌های زیر را برای طراحی برشی دیوار برشی بتن آرمه ویژه در نرم‌افزار ETABS 20.0.0 انجام داد (باقی ورژن‌ها چک نشده‌اند):

- ۱- محاسبه ضرایب  $\omega_v$  و  $\Omega_v$
- ۲- محاسبه ضریب  $\alpha_c$  با استفاده از ارتفاع کل دیوار ( $\alpha_{c1}$ )
- ۳- محاسبه ضریب  $\alpha_c$  با استفاده از ارتفاع طبقه ( $\alpha_{c2}$ )
- ۴- اصلاح ضریب کاهش مقاومت برشی برای هر دو حالت لرزه‌ای و غیر لرزه‌ای
- ۵- تنظیم آیین‌نامه ACI 318-19 به عنوان آیین‌نامه طراحی

۳- مقدار حد بالای مقاومت برشی اسمی یک ضابطه کنترلی بوده و نرم‌افزار اجازه تغییر آن را به کاربر نمی‌دهد. چنانچه مقدار آن با اصلاح ضریب کاهش مقاومت برشی لرزه‌ای ( $\phi_v$ ) اصلاح شود، مقدار مقاومت برشی اسمی نیز تغییر کرده و درست نمی‌باشد.

۴- در بعضی موارد وقتی فایل‌های ورژن‌های پایین‌تر توسط ETABS 20.0.0 باز شد، باگ‌های بسیاری در نرم‌افزار مشاهده گردید، به همین دلیل در صورت باز کردن فایل‌های ورژن پایین‌تر باید احتیاط لازم صورت پذیرد و نتایج طراحی چک شوند.

**R21.2.4.1** This provision addresses shear-controlled members, such as low-rise walls, portions of walls between openings, or diaphragms, for which nominal shear strength is less than the shear corresponding to development of nominal flexural strength for the pertinent loading conditions.

۶- اصلاح ضریب کاهش مقاومت برشی بتن و طراحی دیوارهای برشی

Material Name and Type

Material Name: C35

Material Type: Concrete, Isotropic

Grade: C35

Design Properties for Concrete Materials

Specified Concrete Compressive Strength,  $f'_c$ : 350 kgf/cm<sup>2</sup>

☒ Lightweight Concrete

Shear Strength Reduction Factor: 1  $\Rightarrow \frac{\alpha_{c1}}{\alpha_{c2}}$

۷- اگر طراحی برشی دیواری جوابگوی برش وارده نبود، ذخیره یک فایل جداگانه و اختصاص *Pier Label* یکسان به همه دیوارهای هم راستای واقع بر یک صفحه قائم و طراحی برشی دیوارها

Item	Value
01 Design Code	ACI 318-19
02 Multi-Response Case Design	Step-by-Step - All
03 Rebar Material	A615Gr60
04 Rebar Shear Material	A615Gr60
05 Design System Rho	1
06 Design System Sds	0.5
07 Importance Factor	1
08 System Cd	5.5
09 Wall Ductility Type	Special Structural Wall
10 Phi (Tension Controlled)	0.9
11 Phi (Compression Controlled)	0.65
12 Phi (Shear and/or Torsion)	0.75
13 Phi (Shear Seismic)	0.6
14 Pmax Factor	0.8
15 Number of Curves	24
16 Number of Points	11
17 Edge Design PT-Max	0.06
18 Edge Design PC-Max	0.04

Item Description

The selected design code. Subsequent design is based on this selected code.

0.6  $\Omega_v \omega_v$  برای دیوارهای کوتاه

0.75  $\Omega_v \omega_v$  برای دیوارهای بلند

Explanation of Color Coding for Values

Blue: Default Value

Black: Not a Default Value

Red: Value that has changed during the current session

**21.2.4.1** For any member designed to resist  $E$ ,  $\phi$  for shear shall be 0.60 if the nominal shear strength of the member is less than the shear corresponding to the development of the nominal moment strength of the member. The nominal moment strength shall be the maximum value calculated considering factored axial loads from load combinations that include  $E$ .



۹- لحاظ کردن بیشترین میلگرد برشی محاسبه شده در مراحل ۶، ۷ و ۸ برای هر یک از دیوارهای بررسی شده در این مراحل

شایان ذکر است در این روش میلگردهای برشی دیوارها به درستی طراحی می‌شوند و نیازی به محاسبه دستی و اصلاح مساحت میلگردهای برشی به دلیل محاسبه اشتباه  $\alpha_c$  توسط نرم‌افزار ETABS نیست.

برای صحت سنجی روش طراحی پیشنهادی، محاسبات دستی یک دیوار برشی به طول ۴ متر و عرض ۸۰ سانتی‌متر که به آن نیروی برشی  $4,000,000 \text{ N}$  وارد شده است، با نتایج طراحی با استفاده از نرم‌افزار ETABS 20.0.0 به روش گفته شده مقایسه گردیده است. برای این دیوار  $\alpha_c = 0.17$  می‌باشد.

- چک کردن حد بالای مقاومت برشی اسمی

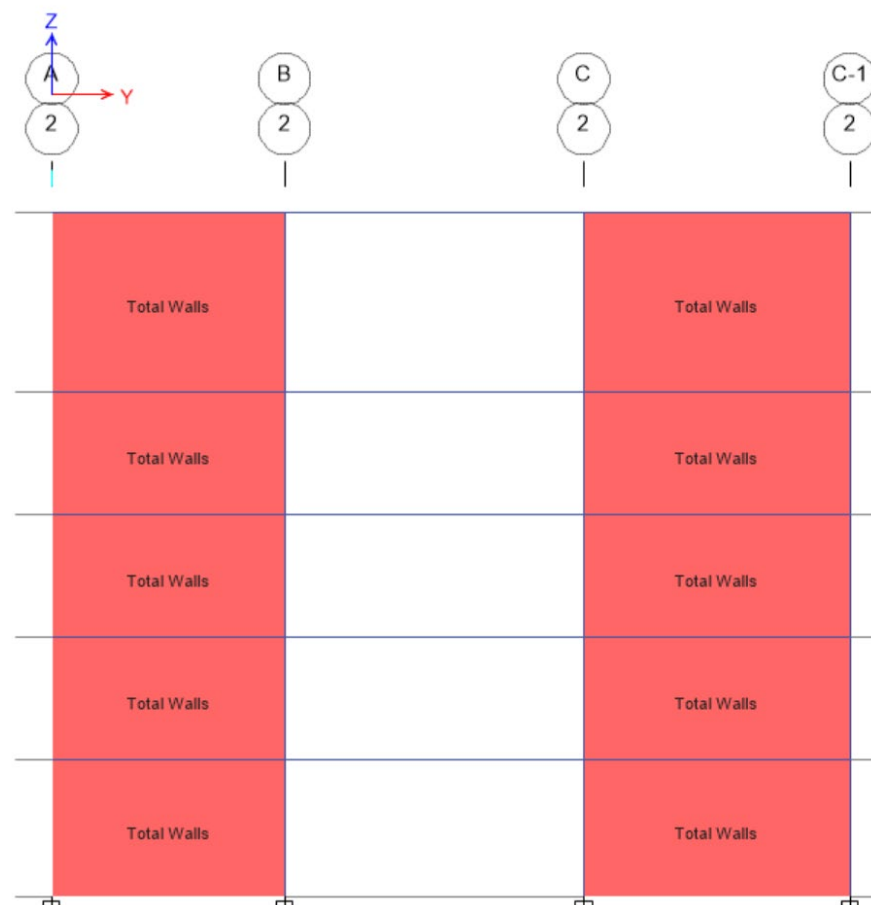
$$0.66\sqrt{f'_c}A_{cv} \geq \frac{V_u}{\phi}$$

$$0.66\sqrt{f'_c}A_{cv} = 0.66 \times \sqrt{25} \times 800 \times 4000 = 10,560,000 \text{ N}$$

$$0.66\sqrt{f'_c}A_{cv} \geq \frac{4000000}{0.6} = 6,666,666 \text{ N OK.}$$

- محاسبه مساحت میلگرد برشی

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = 6,666,666$$



۸- در صورتی که مقاومت برشی مجموعه دیوارها جوابگوی برش وارده بود، خواندن نیروی برشی دیوار از فایل اصلی و طراحی دستی دیوار مورد نظر با لحاظ کردن حد بالای مقاومت برشی اسمی برابر  $0.83\sqrt{f'_c}A_{cw}$ . برای این منظور پلاگینی برای ETABS 20 (قابل استفاده در ورژن ۱۸ به بالا) نوشته‌ام که از طریق [کانال تلگرام اینجانب](#) قابل دانلود و استفاده می‌باشد.

۱- محاسبه نسبت بیشترین مقدار  $(\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_{yt})$  در بین دیوارهای واقع بر یک صفحه قائم به مقدار  $0.66 \sqrt{f'_c}$

۲- تشدید نیروی زمین لرزه توسط ضریب محاسبه شده در مرحله قبل

۳- مدل کردن تیرها توسط مقطع ستونی

۴- اختصاص دیافراگم از نوع *Semi-Rigid* به سقف‌ها و طراحی دیافراگم و اجزای جمع کننده طبق بند ۳-۸ استاندارد ۲۸۰۰

۵- ساخت فایل جداگانه و اعمال نیروی موثر دیافراگم طبق رابطه ۳-۱۵ و طراحی دیافراگم و اجزای جمع کننده طبق بند ۳-۸ استاندارد ۲۸۰۰

۶- برای دیافراگم و هر یک از اجزای جمع کننده بحرانی ترین حالت طراحی طبق بندهای ۴ و ۵ لحاظ شود.

در آخر باید یادآور شد در مکاتباتی که در فاصله بین نگارش مقاله اول و این مقاله، با پشتیبانی فنی *ACI 318M-19* و همچنین بعضی از اعضای کمیته *ACI* داشتم پاسخ‌های متناقضی دریافت شد و به نظر می‌رسد در نسخه بعدی آیین‌نامه *ACI 318* جزئیات بیشتری برای بندهای ذکر شده ارائه خواهد شد. لذا توصیه می‌شود در استفاده از مطالب گفته شده و افزایش حد بالای مقاومت برشی اسمی دیوار برشی بتن آرمه ویژه با احتیاط برخورد شود.

برای دریافت مطالب بیشتر به کانال تلگرامی [@CivilMethod](#) و برای ارائه انتقادات و پیشنهادات و بحث و تبادل نظر به گروه تلگرامی [@Seismic Design Group](#) مراجعه نمایید.

امیر اشتری

۱۵ اسفند ۱۴۰۰

$$V_n = (\alpha_c \lambda \sqrt{f'_c} + \rho_t f_{yt}) A_{cv} \\ = (0.17 \times 1 \times \sqrt{25} + \rho_t \times 400) \times 800 \times 4000 \\ = 6666666$$

$$\rho_t = 0.00308$$

$$A_v = 0.00308 \times 800 = 2.47 \frac{mm^2}{mm}$$

ETABS 20.0.0

License #\*1S4ENM7QV3JLREJ

## ETABS Shear Wall Design

### ACI 318-19 Pier Design

#### Pier Details

Story ID	Pier ID	Centroid X (mm)	Centroid Y (mm)	Length (mm)	Thickness (mm)	LLRF
Story1	P1	2000	4000	4000	800	1

#### Material Properties

$E_c$ (MPa)	$f'_c$ (MPa)	Lt.Wt Factor (Unitless)	$f_y$ (MPa)	$f_{yt}$ (MPa)
24855.58	25	0.68	400	400

#### Design Code Parameters

$\phi_T$	$\phi_c$	$\phi_v$	$\phi_v$ (Seismic)	$IP_{MAX}$	$IP_{MIN}$	$P_{MAX}$
0.9	0.65	0.75	0.6	0.04	0.0025	0.8

#### Pier Leg Location, Length and Thickness

Station Location	ID	Left X <sub>1</sub> mm	Left Y <sub>1</sub> mm	Right X <sub>2</sub> mm	Right Y <sub>2</sub> mm	Length mm	Thickness mm
Top	Leg 1	0	4000	4000	4000	4000	800
Bottom	Leg 1	0	4000	4000	4000	4000	800

#### Flexural Design for $P_u$ , $M_{u2}$ and $M_{u3}$

Station Location	Required Rebar Area (mm <sup>2</sup> )	Required Reinf Ratio	Current Reinf Ratio	Flexural Combo	$P_u$ N	$M_{u2}$ N-mm	$M_{u3}$ N-mm	Pier $A_g$ mm <sup>2</sup>
Top	8000	0.0025	0.003	Comb3	8000000	0	0	3200000
Bottom	8000	0.0025	0.003	Comb3	8960000	0	12000000000	3200000

#### Shear Design

Station Location	ID	Rebar mm <sup>2</sup> /mm	Shear Combo	$P_u$ N	$M_u$ N-mm	$V_u$ N	$\phi V_c$ N	$\phi V_n$ N
Top	Leg 1	2.47	Comb3	8000000	0	4000000	1626151.15	4000000
Bottom	Leg 1	2.47	Comb3	8960000	12000000000	4000000	1626151.15	4000000

برای طراحی اجزای جمع کننده نیز می‌توان گامهای زیر را انجام داد: