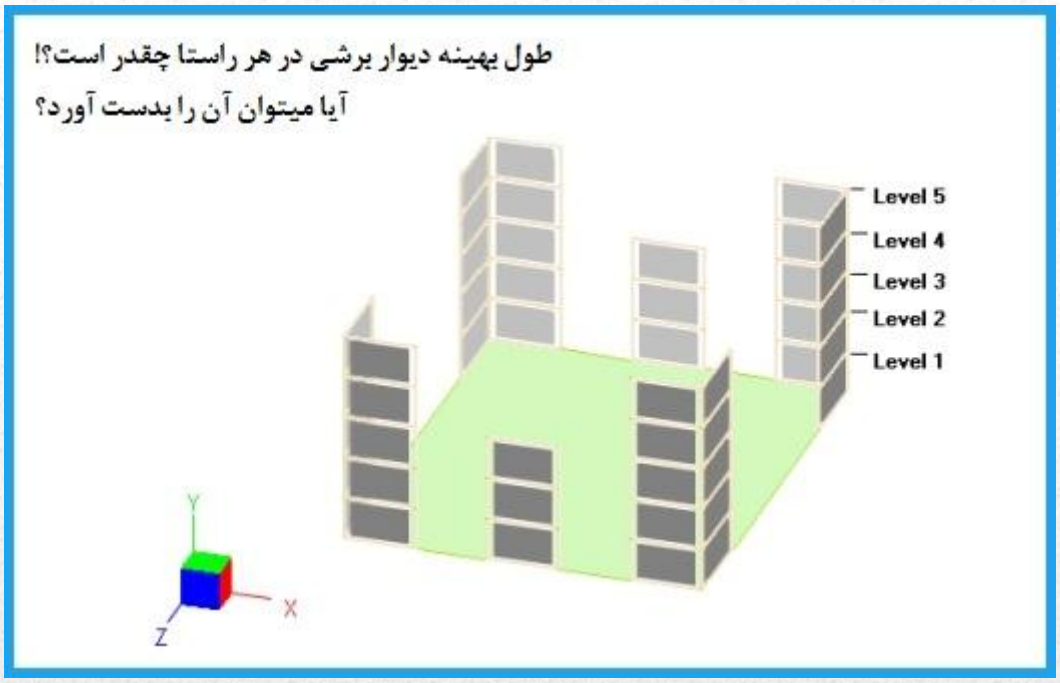


تقریب اولیه طول دیوار برشی

تهیه و تنظیم : مهندس آتیلا امینی

«به نام یگانه مهندس هستی»

۲۵ اسفند ماه ۹۲

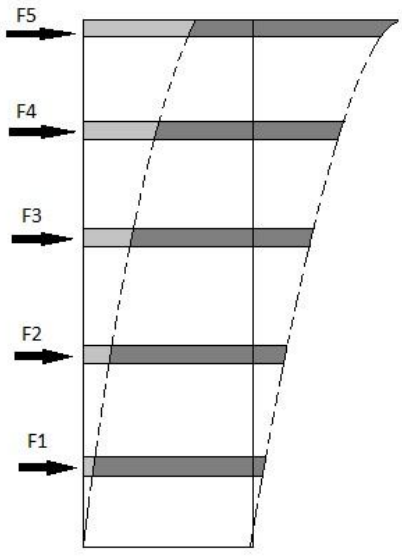
- **مقدمه :**

یکی از مسایل و الزاماتی که برخی از طراحان سازه های بتن آرمه نسبت به آن بی توجه هستند ؛ محاسبه و تقریب اولیه طول مورد نیاز برای دیوار برشی در ساختمان است.به عبارتی طراح سازه باید بتواند قبل از تحلیل سازه مقدار طول مورد نیاز دیوار برشی در هر جهت از محورهای اصلی ساختمان (X یا Y) را محاسبه نماید و در هر جهت این مقدار طول دیوار را در جای مناسب جانمایی کند. معمولا برخی از طراحان ، مخصوصاً طراحان جوان و دوستان مبتدی فقط به ضوابط و محدودیتهای جانمایی دیوار برشی در پلان معماری توجه دارند و کمتر محاسبی است که برای برآورد طول مورد نیاز برای دیوار برشی ، محاسباتی را انجام دهد و اکثراً در جهت مورد نیاز بین یک دهانه از قاب (که معمولا بزرگترین دهانه است) ؛ دیوار را جانمایی میکنند. یکی از الزاماتی که در *"طراحی بهینه"* مورد توجه قرار میگیرد ، تقریب و برآورد اولیه طول مورد نیاز برای دیوار برشی است . تقریب و برآورد اولیه طول لازم برای دیوار در سیستمهای دوگانه باعث میشود که قابهای ساختمان برای ۲۵٪ و دیوارها برای ۷۵٪ باربری جانبی طرح شوند .بطوریکه محاسبه کردن اولیه طول لازم برای دیوار برشی ، طراح را به سوی یک طرح بهینه هدایت خواهد کرد. در ادامه به چگونگی محاسبه طول لازم برای دیوار برشی میپردازیم.

- **تقریب اولیه طول دیوار برشی :**

همانطور که از نام دیوار برشی مشخص است ؛ این دیوار باید در هر جهت ، تحمل برش ناشی از بار جانبی را بر عهده بگیرد. لذا با توجه به این مسئله میتوان طول دیوار برشی لازم ، برای تحمل برش را محاسبه کرد.همانطور که همه میدانیم برش قابل تحمل توسط یک مقطع بتن آرمه ، شامل برش قابل تحمل توسط بتن (V_c) و برش قابل تحمل توسط آرماتورهای برشی (V_s) میباشد.

رفتار دیوار برشی بر خلاف نامش به مانند رفتار یک تیر کنسول عمیق است که بار جانبی طبقات در صفحه آن به آن اثر میکند.در واقع دیوار برشی رفتاری تیرگونه (خمشی) دارد.



عملکرد دیوار برشی بصورت تیر کنسول (رفتار خمشی)

مقدار برش تحمل شده توسط بتن از رابطه (۱) بدست می آید که اگر این رابطه را برای دیوار برشی در نظر بگیریم ، b_w در واقع همان t_w (ضخامت دیوار) است که معمولا طراحان آنرا برابر ۲۵ سانتیمتر در نظر میگیرند.

$$V_c = 0.53 \sqrt{f'c} \, . \, b_w \, . \, d \qquad (1)$$

در این رابطه V_c مقاومت برشی اسمی تامین شده توسط بتن ؛ f'_c مقاومت فشاری مشخصه بتن ؛ b_w عرض جان که در اینجا ضخامت دیوار و d فاصله دورترین تار فشاری از مرکز سطح آرماتور کششی میباشد.

مقدار d طبق آئین نامه $ACI318\text{-}05$ برابر $0.8l_w$ است که l_w مجموع طول دیوارهای برشی در هر جهت پلان ساختمان (X یا Y) میباشد.

همانگونه که همگان می دانیم ، آرماتورهای افقی موجود در پای دیوار در تحمل برش مشارکت دارند (V_s) . حداقل نسبت آرماتور افقی دیوار بر اساس آئین نامه $ACI318\text{-}05$ ؛ 0.0025 است. در ضمن حداکثر برش قابل تحمل برای دیوار بر اساس این آئین نامه توسط رابطه (۲) بدست می آید .

$$V_u \leq 5 \, \varphi \, . V_c \qquad (2)$$

در رابطه فوق V_u نیروی برشی ضریب دار در دیوار برشی و φ ضریب کاهش مقاومت برشی است.

با توجه به اینکه در ابتدای طراحی ساختمان نمی دانیم که طول بهینه و مورد نیاز دیوار برشی در هر جهت X و Y چقدر است ؛ لذا مقدار آرماتور افقی مقطع دیوار در پای ساختمان معلوم نیست و به همین دلیل نمی توان برش قابل تحمل توسط آرماتورهای افقی در پای ساختمان را بصورت دقیق محاسبه نمود. بنابراین می بایست برای تقریب اولیه طول مورد نیاز دیوار برشی ، مقدار آرماتور افقی دیوار را برابر حداقل آرماتور آئین نامه ای در نظر گرفت. لذا طبق روابط (۳) خواهیم داشت:

$$As = \rho \times 100 \times t_w \qquad (3)$$

چنانچه یک دیوار برشی را با آرماتورهای افقی و قائم و همچنین یک مقطع قائم از دیوار به ارتفاع یک متر (۱۰۰ سانتیمتر) را در نظر بگیریم ؛ آنگاه A_s سطح مقطع آرماتورهای افقی است که در این ارتفاع از دیوار قرار دارند و بصورت رابطه فوق محاسبه می شوند. ρ نسبت آرماتور افقی است که طبق گفته های قبلی ، آنرا برابر حداقل مقدار آئین نامه $ACI318\text{-}05$ در نظر میگیریم ، یعنی برابر 0.0025 و همچنین t_w که ضخامت دیوار است را برابر ۲۵ سانتیمتر قرار می دهیم.

پارامتر دیگری که می بایست آنرا فرض کنیم ؛ فاصله آرماتورهای افقی از یکدیگر است (S) که آنرا نیز طبق تجربیات طراحان با سابقه ، برابر ضخامت دیوار در نظر می گیریم . داریم :

$$S = t_w = 25 \, cm$$

اگر مجموع سطح مقطع دو شاخه آرماتور افقی که در فاصله S قرار دارند ؛ A_v بنامیم ، طبق رابطه (٤) می توان مقدار A_v را بر حسب A_s محاسبه کرد.

$$A_v = \frac{S}{100} \times A_s = \frac{S}{100} \times \rho \times 100 \times t_w = 0.0025 \times S \times t_w \qquad (4)$$

آنگاه طبق رابطه (٥) خواهیم داشت :

$$V_s = \frac{Av \,.\, fy \,.\, d}{S} = \frac{0.0025 \times S \times tw \times fy \times d}{S \times 100} = 0.0025 \times t_w \times f_y \times 0.8 l_w \qquad (5)$$

$$V_s = 0.002 \times t_w \times f_y \times l_w$$

در این روابط f_y تنش تسلیم آرماتورهای افقی دیوار است.

همانطور که در قبل هم گفته شد و همه ما نیز میدانیم ، برش ایجاد شده در دیوار برشی می بایست توسط بتن و آرماتورهای مقطع در پای سازه تحمل شود. لذا خواهیم داشت :

$$V_u = 1.4 \times 0.75 \times V \leq 0.53\, \varphi \sqrt{f'_c} \times t_w \times 0.8 l_w + 0.002\, f_y \times t_w \times l_w \qquad (6)$$

در رابطه (٦) ، V برش پایه در هر راستای X و Y ساختمان است. همچنین در روابط فوق l_w مجموع طول دیوارهای برشی در هر یک از راستاهای X و Y و φ ضریب تقلیل ظرفیت برش و برابر 0.75 می باشد.

دو ضریب 1.4 و 0.75 که در اول رابطه آمده است مربوط به موارد زیر است :

- ✓ ضریب 1.4 : ضریب افزایش بار زلزله در روش طرح بر اساس مقاومت (مقاومت نهایی) آئین نامه $ACI318\text{-}05$ است.(ضریب بار زلزله در ترکیبات بارگذاری $1.2D+L \pm 1.4E_x$)
- ✓ ضریب 0.75 : طبق بند ۱-۹-٤-پ آئین نامه ۲۸۰۰ در سازه های دوگانه (قاب خمشی+ مهاربند) قابها باید به تنهایی برای ۲۵٪ بار زلزله طرح شوند. لذا با توجه به این بند میتوان در برآورد اولیه ۷۵٪ برش پایه را به دیوار برشی اختصاص داد.

در نهایت رابطه (٦) را میتوان ساده نمود و بصورت رابطه (۷) باز نویسی کرد :

$$L_w \geq \frac{1.05\, V}{(0.318\sqrt{f'c} + 0.002\, fy)tw} \qquad (7)$$

همانطور که قبلاً نیز گفته شد ؛ برای رسیدن به رابطه فوق از فرض استفاده از آرماتور حداقل آئین نامه با فواصلی برابر ضخامت دیوار ؛ استفاده شد. این فرض در بسیاری از ساختمانها مخصوصاً در طبقات پایین مشکل آفرین است. لذا میتوان اطمینان داشت که طول محاسبه شده برای دیوار برشی از رابطه (۷) در تراز پایه ، در جهت اطمینان خواهد بود.

این نکته قابل ذکر است که چنانچه طراح بر اساس تجربه خویش اگر احساس کند که آرماتور افقی دیوار برشی در تراز پایه ، بیش از آرماتور حداقل است ، میتواند از رابطه (۸) برای محاسبه طول دیوار برشی مورد نیاز استفاده نماید :

$$L_w \geq \frac{1.05\,V}{(0.318\sqrt{f'c}+0.002\,\alpha\,fy)tw} \qquad (8)$$

α در رابطه (۸) نسبت آرماتور افقی پیش بینی شده در تراز پایین دیوار نسبت به آرماتور حداقل آیین نامه است . به عبارتی طراح ساختمان میتواند مقدار آرماتور افقی که حدس میزند را به مقدار آرماتور حداقل آیین نامه که برابر 0.0025 است ، تقسیم کرده و حاصل آنرا به جای α جایگزین کند و در ادامه مقدار طول مورد نیاز برای دیوار برشی را از رابطه (۸) محاسبه نماید.

برای طراحان مبتدی و کم تجربه باید عرض کرد که مقدار آرماتور افقی دیوار برشی در یک ساختمان متعارف در طبقه پایین ، چیزی در حدود ۲ تا ۳ برابر مقدار حداقل آیین نامه ای است .دوستان کم تجربه باید این نکته را به خاطر داشته باشند که افزایش آرماتور افقی بر طول مورد نیاز دیوار برشی تاثیر کاملا قابل توجهی دارد ؛ به گونه ای که با ۵۰٪ افزایش آرماتور افقی نسبت به آرماتور حداقل آیین نامه ($\alpha = 1.5$) ؛ طول دیوار برشی لازم در روی تراز پایه به چیزی حدود ۷۰٪ مقدار لازم با آرماتور حداقل میرسد. همچنین با حدود ۱۰۰٪ افزایش آرماتور افقی دیوار ($\alpha = 2$) نسبت به آرماتور حداقل ($\alpha = 1$ و $\rho = 0.0025$) ؛ طول لازم به حدود ٦۰٪ طول لازم با آرماتور حداقل کاهش می یابد. در نتیجه طراحان جوان این مسئله رو باید به خاطر بسپرند که ؛ افزایش آرماتور افقی در دیوار برشی باعث کاهش طول مورد نیاز آن میگردد.

نکته دیگری که دوستان طراح در تعیین طول لازم برای دیوار برشی باید به آن توجه داشته باشند ، مقدار حداکثر برشی است که هر دیوار میتواند تحمل نماید .همانطور که گفته شد حداکثر برش قابل تحمل توسط دیوار برشی از رابطه (۲) بدست می آید.

همچنین ذکر این نکته لازم است که در تقریب اولیه طول لازم برای دیوار برشی به مسایل جانمایی دیوار در پلان معماری توجهی نداشته و برآورد بر اساس روابط کلاسیک بتن آرمه صورت گرفته است. ولی جانمایی دیوار تاثیر بسیار زیادی بر عملکرد و طراحی دیوار برشی دارد که می بایست به این امر توجه بسیار نمود.

در پایان باید گفت مقدار طولی که از رابطه (۷) و یا (۸) برای دیوار بدست می آید ، می بایست مقدار آن به سمت بالا گرد شود و در هر جهت X و Y بطور جداگانه تامین شود. بطور مثال اگر مقدار l_w برابر ٦/۳ متر بدست آمد ، بایستی مقدار ۷ متر دیوار برشی در هر امتداد X و Y ؛ جانمایی شود. چنانچه به دلیل ضوابط معماری نتوانستید این مقدار از دیوار برشی را در یک یا هر دو جهت تامین نمایید ؛ نگران نباشید که ساختمان شما قادر به تحمل برش حاصل از بار جانبی نیست.بلکه سهم دیوار برشی ساختمان شما از برش پایه

کمتر شده و سهم قابها بیشتر میگردد و در نتیجه مقاطع قابها بزرگتر بدست می آیند. یعنی سهم قابهای ساختمان شما در باربری جانبی بیشتر از ۲۵٪ و سهم دیوارها کمتر از ۷۵٪ خواهد شد.

«پایان»

مهندس آتیلا امینی

محاسب ساختمان های متعارف بتنی و فولادی

مدرس نرم افزار ETABS & SAFE در مجتمع فنی تهران (نمایندگی های سیدخندان تهران و شهریار)

عضو و برنامه نویس گروه ایرانی نرم افزار عرشیا (نرم افزار "سازه سقف")

مدیر وبگاه "عمرانکده سپاهان"