

طرح نبشی تیپ شرکت والمش جهت اتصال دیوار غیرسازه‌ای داخلی به سقف

چکیده: مهار لرزه‌ای تیغه‌های بنایی غیرسازه‌ای با رفتار خمشی برون صفحه یکطرفه در جهت قائم، مطابق ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و نشریات مربوطه مانند ضابطه ۷۱۴ و ۸۱۹، مستلزم برقراری اتصال دیوار در کف و سقف است. بر اساس ضوابط و استانداردهای یادشده، اجرای کفسازی به ضخامت حداقل ۵۰ میلی‌متر، به‌منزله برقراری اتصال مذکور در کف تلقی شده؛ لکن مهار دیوار در سقف (زیر تیر بتنی یا فولادی) مستلزم استفاده از نبشی یا ناودانی منقطع یا پیوسته، به‌گونه‌ای است که ممانعتی از حرکت آزاد دیوار در داخل صفحه ایجاد ننماید. این مهار که به اتصال کشویی معروف است، هیچگونه اتصال جوشی یا مکانیکی با جزء غیرسازه‌ای نداشته و صرفاً آن‌را در بر می‌گیرد؛ بنابراین رفتار دیوار در داخل صفحه، همچنان به‌صورت غیر پیوسته (جداسازی شده از قاب اصلی) است. طرح این اتصال باید به‌گونه‌ای باشد که ضمن حفظ پایداری و بدون تغییر محسوس در مقاومت و سختی، قابلیت تحمل تغییر شکل‌های القایی ناشی از برش خارج از صفحه دیوار در اثر نیروی اینرسی جانبی را داشته و بتواند آن‌را به تیر سازه‌ای فوقانی منتقل نماید. در این یادداشت با انجام طراحی‌ای پارامتریک بر اساس بارهای بیشینه در سازه‌های تا ۲۶ طبقه، نسبت به طراحی نبشی اتصال دیوار داخلی ۱۰ سانتی‌متری به سقف که بر اساس فواصل مرکز به مرکز نبشی‌ها تیپ‌بندی شده باشد، اقدام شده است. طراحی بست سیستم اتصال از پیچ خودکار بتن و مطابق ضوابط فصل چهارم استاندارد ۲۸۰۰، با نیروهای تشدید یافته صورت گرفته است.

۱- تعیین بار حاکم بر طراحی:

نبشی مورد بررسی به جهت اتصال دیوار داخلی به سقف است؛ لذا بار حاکم بر طراحی بار زلزله است. مبنای محاسبه بار زلزله، روش تحلیل استاتیکی معادل، مطابق ضوابط مندرج در فصل چهارم استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش ۴) در خصوص اجزای غیرسازه‌ای است. بر اساس این استاندارد، نیروی وارد بر مرکز جرم جزء غیرسازه‌ای مطابق رابطه (۶) حاصل می‌شود؛

$$V_{pu} = 0.4 \left(\frac{a_p}{R_{pu}} \right) A(1 + S) W_p I_p \left(1 + 2 \frac{Z}{H} \right) \quad (۱)$$

که در آن؛

a_p - ضریب بزرگنمایی است که برای دیوار پیرامونی برابر ۱ و برای بست‌های سیستم اتصال برابر ۱/۲۵ می‌باشد.

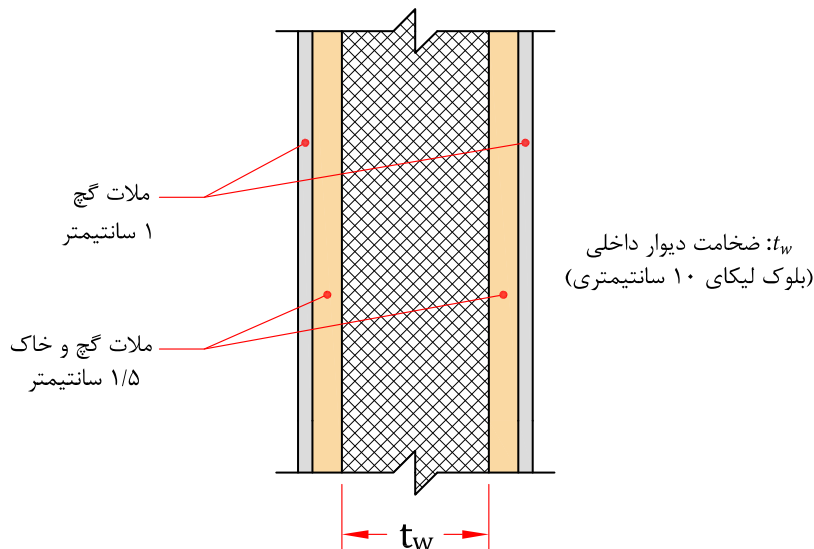
R_{pu} - ضریب رفتار جزء غیرسازه‌ای است که برای دیوار پیرامونی غیر مسلح (در این مقاله دیوارهای مسلح به کامپوزیت‌های شبکه الیاف قائم مد نظر است) و مسلح به ترتیب برابر ۱/۵ و ۲/۵ بوده و برای بست‌های سیستم اتصال برابر ۱ منظور می‌گردد. مطابق ضوابط استاندارد ۲۸۰۰، نیروی ایجاد شده در تکیه‌گاه‌ها و اتصالات آن برابر با نیروهای خود اجزا هستند؛ لذا برای طراحی قطعات اتصال (در این مقاله نبشی منقطع) از نیروهای خود دیوار (نیروهای تشدید نیافته) و برای طراحی بست‌های سیستم اتصال (پیچ)، از نیروهای تشدید یافته به شرح پیش گفته که ۳/۱۲۵ برابر نیروهای تشدید نیافته است، استفاده می‌شود.

A - نسبت شتاب مبنای طرح است. در این طراحی در جهت اطمینان از منطقه با خطر نسبی خیلی زیاد ($A=0.35$) در محاسبات پارامتریک نیروی وارده بر اتصال استفاده می‌گردد.

S - پارامتر مربوط به خطرپذیری لرزه‌ای بر اساس استاندارد ۲۸۰۰ است که مقدار آن در جهت اطمینان و با فرض خاک تیپ III برابر ۱/۷۵ لحاظ شده است.

I_p - ضریب اهمیت جزء غیرسازه‌ای و مطابق بند ۴-۱-۳ استاندارد ۲۸۰۰، برای ساختمان معمولی برابر ۱ منظور شده است.

W_p - وزن جزء سازه‌ای همراه با محتویات آن در زمان بهره‌برداری بر حسب نیوتن بر متر مربع است. برای مصالح دیوار پیرامونی، از بلوک سیمانی سبک (لیکا) به عرض ۱۰۰ میلی‌متر به عنوان یکی از رایج‌ترین مصالح معمول در ساخت تیغه‌های جداساز داخلی، مطابق جزئیات مندرج در شکل (۱) استفاده می‌شود.



شکل ۱: جزئیات مقطع دیوار داخلی مورد بررسی

در محاسبه وزن واحد سطح دیوار فرض شده که ۸۵ درصد وزن واحد سطح دیوار را مصالح بنایی (بلوک سفالی) با وزن مخصوص ۶۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب و ۱۵ درصد آن را ملات به وزن مخصوص ۲۱۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب تشکیل می‌دهد. وزن مخصوص ملات گچ و خاک و ملات گچ، به ترتیب برابر ۱۶۰۰ و ۱۳۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب فرض شده است. وزن واحد سطح دیوار برابر ۱۶۵۰ نیوتن بر متر مربع مطابق رابطه (۲) حاصل شده و در محاسبات به کار رفته است.

$$W_p = \begin{cases} 0.10(0.85 * 700 + 0.15 * 2100) \\ + 0.02 * 1300 \\ + 0.03 * 1600 \end{cases} = 1650 \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad (2)$$

H - ارتفاع متوسط بام از تراز پایه است.

z - ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه است و لازم نیست بیشتر از H در نظر گرفته شود.

شایان ذکر است مولفه افقی نیروی زلزله وارد بر جزء که از رابطه (۱) حاصل شده، در هیچ حالت نباید کمتر از رابطه (۳) بوده و لزومی هم ندارد که بیشتر از رابطه (۴) باشد.

$$V_{pu_{min}} = 0.3A(1 + S)W_p I_p \quad (3)$$

$$V_{pu_{max}} = 1.6A(1 + S)W_p I_p \quad (4)$$

در نهایت با قراردادی ضرایب پیش‌گفته در رابطه (۱) و اعمال ضریب ۱ مربوط به ترکیب بار شماره ۵ روش ضرایب بار و مقاومت ($LRFD$) و همچنین با توجه به تسلیح در نظر گرفته شده برای دیوار داخلی مد نظر با شبکه الیاف کامپوزیتی در جهت قائم ($R_{pu}=2.5$)، نیروی زلزله به‌صورت رابطه (۵) بر حسب نیوتن بر متر مربع قابل ساده‌سازی خواهد بود؛

$$V_{pu} = 254.1 \left(1 + 2 \frac{z}{H} \right) \quad (5)$$

با فرض ارتفاع طبقات برابر ۳ متر، که ارتفاعی معمول برای سازه‌های ساختمانی است، نیروی زلزله وارد بر دیوار داخلی در طبقه فوقانی هر یک از سازه‌های ۲ تا ۲۶ طبقه مطابق جدول (۱) حاصل شده است. همچنین در این جدول مقادیر مورد نیاز درصد پوشش دیوار با کامپوزیت شبکه الیاف شیشه بر حسب نیروی زلزله حاصله برای هر طبقه، مطابق رابطه (۶) ارائه شده است.

$$\gamma \geq \left(\frac{0.125 V_{Pu} h^2}{20 \varphi f_{tf} t_w} \right) \times 100 \quad (6)$$

در رابطه فوق، h ارتفاع دیوار و برابر ۳ متر، φ ضریب کاهش مقاومت که برای دیوار مسلح برابر ۰/۹ است، f_{tf} متوسط مقاومت کششی منهای انحراف معیار پنجاه میلی‌متر عرض مش الیاف برای ۶ نمونه مش الیاف پس از ۲۸ روز قرارگیری در محلول قلیایی بر حسب نیوتن که برابر ۱۵۸۰ نیوتن در نظر گرفته شده است و t_w ضخامت دیوار برابر ۱۰۰ میلی‌متر است.

جدول ۱: محاسبه برش وارد بر اتصال و درصد پوشش مورد نیاز جهت تسلیح در برابر خمش قائم یک‌طرفه دیوار در طبقه فوقانی

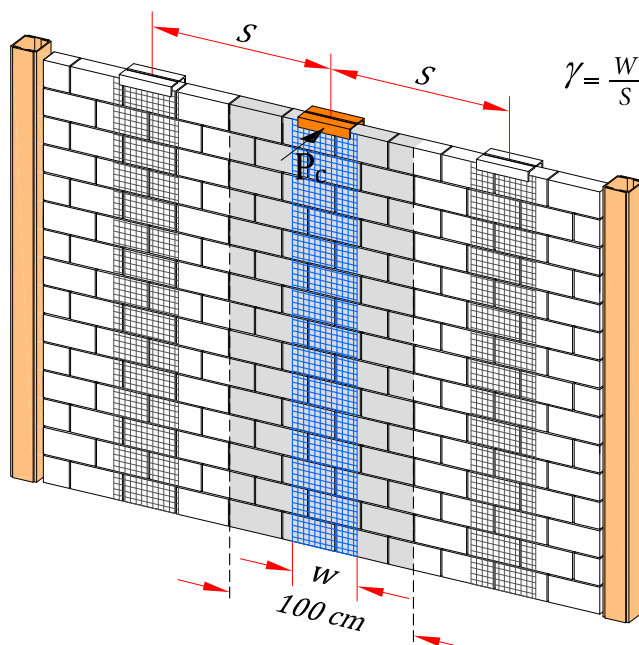
تعداد طبقات	بار جانبی گسترده وارد بر دیوار طبقه آخر				نیروی حاکم در طبقه فوقانی	$\gamma=w/s$ (%)	$P_c = V_{Pu} \times s \times (h/2)$ (N)	
	V_{Pu} (N/m ²) – زلزله			W (N/m ²) – باد			$s = 1.0\ m$	$s = 1.6\ m$
	H (m)	z (m)	$A=0.35, S=1.75,$ $W_p=1650$ (N/m ²)	دیوار داخلی است				
2	6	4.5	635.3	-	635.3	25.1	953	1525
4	12	10.5	698.8	-	698.8	27.6	1048	1677
6	18	16.5	720	-	720	28.5	1080	1728
8	24	22.5	730.5	-	730.5	28.9	1096	1753
10	30	28.5	736.9	-	736.9	29.1	1105	1769
12	36	34.5	741.1	-	741.1	29.3	1112	1779
14	42	40.5	744.2	-	744.2	29.4	1116	1786
16	48	46.5	746.4	-	746.4	29.5	1120	1791
18	54	52.5	748.2	-	748.2	29.6	1122	1796
20	60	58.5	749.6	-	749.6	29.7	1124	1799
22	66	64.5	750.8	-	750.8	29.7	1126	1802
24	72	70.5	751.7	-	751.7	29.7	1128	1804
26	78	76.5	752.5	-	752.5	29.8	1129	1806

مقادیر مندرج در جدول (۱) برای درصد پوشش‌های حاصله (۷)، همان‌طور که در شکل (۲) نیز مشاهده می‌شود، برابر نسبت عرض نوار الیاف مسلح کننده (w) به فاصله مرکز تا مرکز نوارها (s) است. تعیین عرض نوارها و فواصل آن‌ها به عهده طراح بوده و می‌توان بر حسب مشکلات اجرایی یا کاهش پرت نوار آنرا تغییر دارد اما بهر حال باید γ مورد نظر را تأمین نمود. اما در خصوص فواصل محور تا محور نوارها قابل ذکر است که با توجه به آنکه بدلیل مسائل اجرایی قصد داریم نبشی‌های منقطع را بر روی محور هر نوار قرار دهیم، فواصل مرکز تا مرکز نبشی‌ها همان فواصل مرکز تا مرکز نوارها بوده و برای دو حالت قراردادی فواصل نبشی تا ۱ متر و بین ۱ تا ۱/۶ متر، نیروی برشی موثر برای هر نبشی (P_c) مطابق رابطه (۷) حاصل شده و نتایج در جدول (۱) منعکس شده است.

$$P_c = V_{Pu} \times s \times \left(\frac{h=3m}{2} \right) \quad (7)$$

لازم به توضیح است که انتخاب فواصل نبشی ۱ متر بعنوان کران فوقانی بازه اول یاد شده، بر این مبنا بوده است تا امکان طراحی بست نبشی با ۱ پیچ که در ادامه یادداشت بدان پرداخته خواهد شد، عملی گردد. همچنین انتخاب فاصله s برابر ۱/۶ متر بعنوان کران فوقانی

بازه دوم مذکور از این جهت بوده است که برای فواصل بزرگتر از این مقدار، عملاً درصد پوشش بسیار کوچک شده و از الزامات حداقلی لازم (البته با توجه به عرض مش) کمتر خواهد شد. بنابراین نیروی هر نبشی منفرد برای دو فاصله ۱ متر و ۱/۶ متر به عنوان دو حالت حدی در جدول (۱) محاسبه شده است.

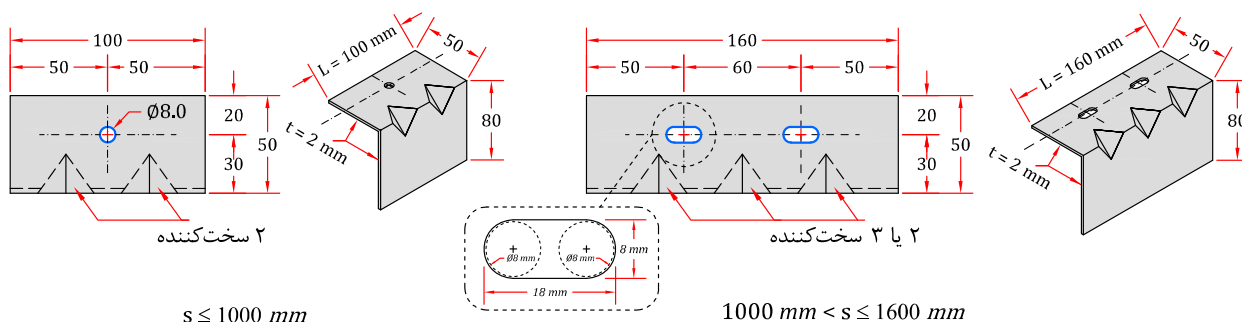


شکل ۲: تعیین نیروی برشی موثر بر هر اتصال منفرد بر حسب فاصله محور تا محور نبشی (S)

همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود بیشترین نیروی وارده بر نبشی برای فواصل قرارگیری ۱ متر و ۱/۶ متر، به ترتیب برابر ۱۱۲۹ نیوتن و ۱۸۰۶ نیوتن حاصل شده است که در ادامه طراحی پروفیل نبشی و پیچ‌های اتصال مورد استفاده خواهند بود.

۲- طراحی پروفیل اتصال از نبشی:

مد نظر است جهت اتصال دیوار به سقف از نبشی گالوانیزه منقطع به ضخامت ۲ میلی‌متر با طول ۱۰۰ میلی‌متر برای فواصل قرارگیری نبشی (S) تا حداکثر ۱ متر و طول ۱۶۰ میلی‌متر برای فواصل نبشی بین ۱ تا ۱/۶ متر که مطابق پیکره مندرج در شکل (۳) دارای تقویت کننده است، استفاده شود. جهت اتصال نبشی‌های ۱۰۰ میلی‌متری به تیر بتنی فوقانی از ۱ عدد پیچ و برای نبشی‌های ۱۶۰ میلی‌متری از ۲ عدد پیچ با قطر سوراخ مندرج در شکل (۳) استفاده می‌گردد.



شکل ۳: پیکره نبشی منقطع اتصال دیوار به سقف

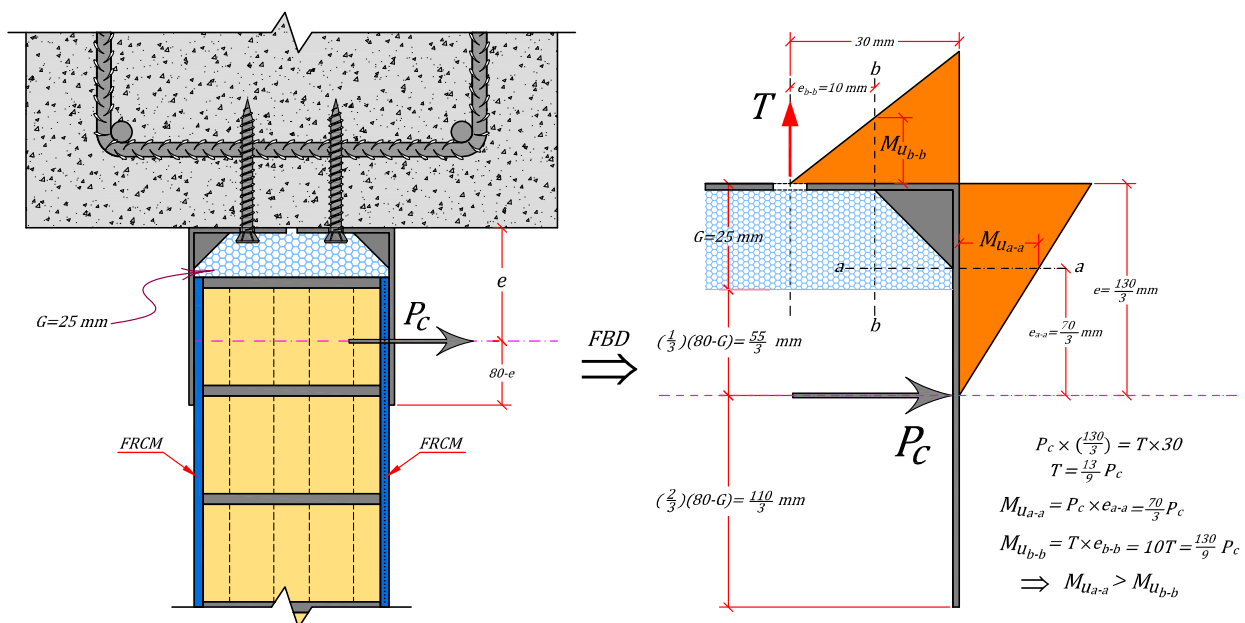
فواصل سوراخ‌ها به نحوی انتخاب شده که الزامات مبحث دهم در خصوص فواصل حداقل و حداکثر سوراخ‌ها از یکدیگر (به ترتیب 3d و ۳۰۰ میلی‌متر) و از لبه (به ترتیب 2d و ۱۵۰ میلی‌متر) رعایت گردد.

۲-۱- کنترل الزامات ابعادی:

مطابق ضوابط پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، حداقل فاصله لازم جهت جداسازی تیر و انتهای فوقانی دیوار برابر بزرگترین دو مقدار ۲۵ میلی‌متر و خیز درازمدت تیر است. همچنین مطابق دستورالعمل‌های مرتبط در این خصوص، عرض بال قطعه اتصال دیوار به سقف باید به گونه‌ای باشد که علاوه بر فاصله جداسازی پیش‌گفته، حداقل به میزان ۳۰ میلی‌متر دیوار را در بر داشته باشد. بنابراین عرض لازم برای بال نبشی باید حداقل ۵۵ میلی‌متر باشد. بنابراین مطابق شکل (۳) عرض بال نبشی شرکت والمش معادل ۸۰ میلی‌متر به لحاظ الزامات حداقلی مناسب است.

۲-۲- طراحی در برابر خمش برای نبشی به ضخامت ۲/۵ میلی‌متر:

با توجه به دیانگرم آزاد لنگر خمشی نبشی در اثر برش منتقله از دیوار مطابق شکل (۴)، مشخص است که مقطع بحرانی جهت کنترل خمش، مقطع $a-a$ خواهد بود. چراکه در مقطع $a-a$ لنگر مؤثر برابر $(70/3)P_c$ و در مقطع $b-b$ برابر $10T$ است.



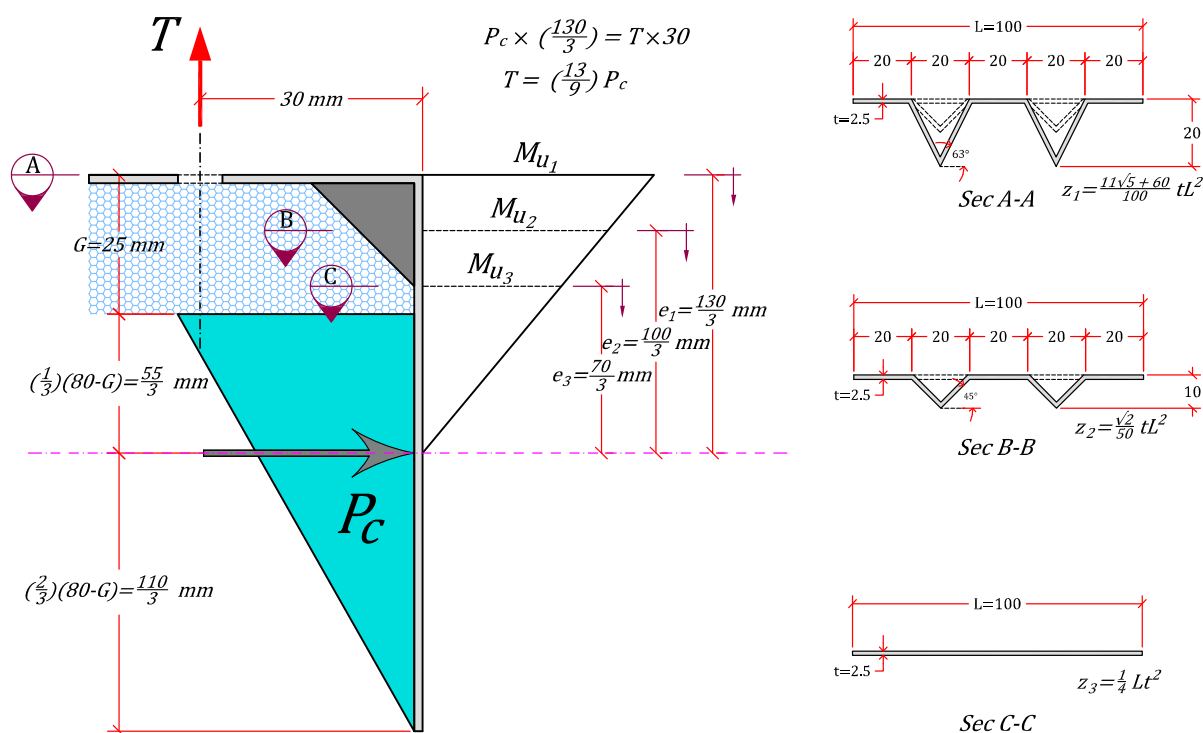
شکل ۴: دیانگرم لنگر خمشی نبشی

T نیروی کششی پیچ است که به راحتی و با یک لنگرگیری ساده مطابق رابطه (۸) قابل حصول است.

$$T \times 30 = P_c \times \left(\frac{130}{3}\right) \rightarrow T = \left(\frac{13}{9}\right)P_c \quad (۸)$$

بنابراین لنگر مؤثر در مقطع $b-b$ برابر $14.44P_c$ حاصل شده که در مقایسه با لنگر مقطع $a-a$ ($23.33P_c$) کوچک‌تر است؛ بنابراین خمش کنترل کننده در بال قائم نبشی خواهد بود که در طراحی باید مورد بررسی قرار گیرد. کنترل ظرفیت خمشی بر اساس لنگر پلاستیک بال قائم نبشی (بال به عرض ۱۰۰ میلی‌متر)، مطابق شکل (۵) در سه مقطع $A-A$ (انتهای سخت‌کننده که دارای بیشترین اثر

سخت‌کنندگی است)، مقطع $B-B$ (وسط ماهیچه یا همان نیمه ارتفاعی سخت‌کننده) و مقطع $C-C$ (ابتدای شروع ماهیچه که مقطع به لحاظ تئوری فاقد تقویت است) صورت می‌گیرد. باید توجه داشت که در کنترل‌های مذکور مطابق ضوابط فصل چهارم استاندارد ۲۸۰۰، می‌بایست از نیروی تشدید نیافته (نیروهای خود جزء غیر سازه‌ای) استفاده نمود. این مقادیر برای دو نبشی مورد بررسی بطولهای ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی‌متر که به ترتیب برای فواصل ۱ متر و بین ۱ تا ۱/۶ متر مورد استفاده خواهند بود، در جدول (۱) با هایلایت زرد رنگ مندرج است. همچنین باید توجه داشت که محاسبه اساس مقطع پلاستیک در مقاطع $A-A$ و $B-B$ ناشی اثر سخت‌کننده، می‌بایست با توجه به ابعاد دقیق سخت‌کننده در هر مقطع مطابق شکل (۵) تعیین شود. ضمناً جهت طراحی اقتصادی نبشی از ضوابط مربوط به طراحی نبشی منعطف با توزیع بار مثلی جهت تعیین محل اثر نیروی دیوار استفاده شده است.



شکل ۵: تعیین بازوی مؤثر لنگر و اساس مقطع پلاستیک با توجه به هندسه نبشی تقویت شده شرکت وال‌مش

کنترل ظرفیت خمشی نبشی در مقاطع $A-A$ ، $B-B$ و $C-C$ مطابق رابطه (۹) صورت می‌گیرد؛

$$\left(\frac{D}{C}\right)_{ratio} = \frac{M_u}{\phi M_n = \phi M_p} = \frac{P_c e}{\phi z F_y} \quad (9)$$

در این رابطه، f_y تنش تسلیم مصالح ناودانی و برابر ۲۴۰ مگاپاسکال، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۹ و z اساس مقطع پلاستیک عضو است که مطابق شکل (۵) برای هر مقطع محاسبه شده است. لذا برای سه مقطع نامبرده برای فواصل نبشی (s) تا ۱ متر، مطابق روابط (۱۰) تا (۱۲) داریم؛

$$\left(\frac{D}{C}\right)_{A-A} = \frac{M_{u1} = P_c e_1}{\phi \times \frac{11\sqrt{5}+60}{1000} t L^2 \times F_y} = \frac{1129 \times (\frac{130}{3})}{0.9 \times \frac{11\sqrt{5}+60}{1000} \times 2 \times (100)^2 \times 240} = 0.13 \leq 1 \rightarrow OK \quad (10)$$

$$\left(\frac{D}{C}\right)_{B-B} = \frac{M_{u2} = P_c e_2}{\phi \times \frac{\sqrt{2}}{50} t L^2 \times F_y} = \frac{1129 \times (\frac{100}{3})}{0.9 \times \frac{\sqrt{2}}{50} \times 2 \times (100)^2 \times 240} = 0.31 \leq 1 \rightarrow OK \quad (11)$$

$$\left(\frac{D}{C}\right)_{C-C} = \frac{M_{u3}=P_c e_3}{\phi \times \frac{L t^2}{4} \times F_y} = \frac{1129 \times \left(\frac{70}{3}\right)}{0.9 \times \frac{100 \times 2^2}{4} \times 240} = 1.22 > 1 \rightarrow \text{Not OK} \quad (12)$$

در روابط فوق، t ضخامت نبشی تقویت شده و برابر ۲ میلی متر و L طول نبشی است که برای فواصل محور به محور نبشی‌ها (S) تا ۱ متر برابر ۱۰۰ میلی متر می باشد. مشاهده می شود که بحرانی ترین وضعیت برای مقطع C-C (بال تقویت نشده) اتفاق افتاده و انتخاب ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر پاسخگوی نیاز طراحی در بحرانی ترین وضعیت بارگذاری نیست. بنابراین می بایست فاصله محور به محور نبشی‌ها را کاهش داد. چنانچه فواصل قرارگیری نبشی‌ها حداکثر ۸۵۰ میلی متر باشد، نسبت تنش در مقطع بحرانی C-C برابر ۱/۰۴ حاصل شده و از آنجا که رواداری نسبت تنش مذکور نسبت به ۱، کمتر از ۵ درصد است، لذا نبشی مطروحه پاسخگو می باشد. جهت کنترل ظرفیت خمشی نبشی به طول ۱۶۰ میلی متر که برای فواصل نبشی (S) بین ۱ متر تا ۱/۶ متر در نظر گرفته شده، با استفاده از نیروی طراحی مربوطه مندرج در جدول (۱) و بر اساس مقطع بحرانی C-C مطابق رابطه (۱۳) داریم؛

$$\left(\frac{D}{C}\right)_{C-C} = \frac{M_{u3}=P_c e_3}{\phi \times \frac{L t^2}{4} \times F_y} = \frac{1806 \times \left(\frac{70}{3}\right)}{0.9 \times \frac{160 \times 2^2}{4} \times 240} = 1.22 > 1 \rightarrow \text{Not OK} \quad (13)$$

بنابراین مشاهده می شود که در اینجا نیز می بایست فاصله محور به محور نبشی‌ها کاهش یابد. چنانچه فواصل قرارگیری نبشی‌ها حداکثر ۱۳۵۰ میلی متر باشد، نسبت تنش در مقطع بحرانی C-C برابر ۱/۰۳ حاصل شده و از آنجا که رواداری نسبت تنش مذکور نسبت به ۱، کمتر از ۵ درصد است، لذا نبشی مطروحه پاسخگو می باشد. بنابراین حداکثر فواصل محور تا محور نبشی گالوانیزه منقطع برای تیپ A به ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر، برابر ۰/۸۵ متر و برای تیپ B به ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۶۰ میلی متر، برابر ۱/۳۵ متر، تعیین می گردد. مقادیر نیروهای برشی وارد بر هر یک از نبشی‌های مطروحه، ناشی از اعمال ماکزیمم فواصل محور به محور فوق الذکر در تمامی سازه‌های تا ۲۶ طبقه، در جدول (۲) مندرج است.

جدول ۲: محاسبه برش نهائی وارد بر هر اتصال منفرد تیپ A و B بر اساس ماکزیمم فاصله محور تا محور مجاز

تخمین پارامتریک بارهای وارد بر اتصالات			
تعداد طبقات	E (N/m ²)	Pc (N)	
	h=3.0 m, A=0.35, S=1.75, Wp=1650 (N/m ²)	s=0.85 m	s=1.35 m
2	635.3	810	1286
4	698.8	891	1415
6	720.0	918	1458
8	730.5	931	1479
10	736.9	940	1492
12	741.1	945	1501
14	744.2	949	1507
16	746.4	952	1511
18	748.2	954	1515
20	749.6	956	1518
22	750.8	957	1520
24	751.7	958	1522
26	752.5	959	1524

مشاهده می شود که بیشترین نیروی برشی مؤثر بر نبشی‌های مطروحه، در سازه ۲۶ طبقه و در خصوص نبشی تیپ B به قرار ۱۵۲۴ نیوتن حاصل شده و مبنای محاسبات بعدی قرار خواهد گرفت.

۲-۲-۱- کنترل مقاومت اتکایی جدار سوراخ:

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۷ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در صورت استفاده از اتصال پیچی، می‌بایست مقاومت اتکایی جدار سوراخ برای نیروهای تشدید یافته مطابق رابطه (۱۴) کنترل شود.

$$V_u \leq \phi R_n \quad (14)$$

که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و R_n مقاومت اتکایی اسمی است که مطابق رابطه (۱۵) به‌دست می‌آید.

$$R_n = 2.4d_b \cdot t \cdot F_u \quad (15)$$

که در آن، d_b قطر اسمی پیچ مطابق کاتالوگ برابر ۶/۸ میلی‌متر و F_u تنش کششی نهایی مصالح نبشی برابر ۳۷۰ مگاپاسکال است. لذا برای نبشی طرح شده با ضخامت ۲ میلی‌متر، تحت برش ماکزیمم تشدید یافته با ضریب Ω (با بیشترین s ممکن) که در طبقه آخر سازه ۲۶ طبقه روی خواهد داد، مطابق رابطه (۱۶) داریم؛

$$V_u = \Omega P_c = 3.125 \times 1524 = 4763 \text{ N} \leq 0.75 \times 2.4 \times 6.8 \times 2.5 \times 370 = 9058 \text{ N} \rightarrow OK \quad (16)$$

۲-۲-۲- کنترل مقاومت پارگی موجود در حدفاصل بین سوراخ‌ها و فاصله سوراخ تا لبه:

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۸ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در صورت استفاده از اتصال پیچی، می‌بایست مقاومت پارگی موجود در حدفاصل بین سوراخ‌ها و فاصله سوراخ تا لبه برای نیروهای تشدید یافته مطابق رابطه (۱۷) کنترل شود.

$$V_u \leq \phi R_n \quad (17)$$

که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و R_n مقاومت پارگی اسمی است که مطابق رابطه (۱۸) به‌دست می‌آید.

$$R_n = 1.2l_c \cdot t \cdot F_u \quad (18)$$

که در آن، l_c با توجه به راستای نیرو نبشی، فاصله خالص در راستای نیرو، بین لبه سوراخ انتهایی تا لبه آزاد برای سوراخ انتهایی است که با توجه به پیکره اتصال در نظر گرفته شده، مقدار آن برابر با ۱۶ میلی‌متر حاصل می‌شود. لذا برای نبشی طرح شده با ضخامت ۲ میلی‌متر، تحت برش ماکزیمم تشدید یافته با ضریب Ω (با بیشترین s ممکن) که در طبقه آخر سازه ۲۶ طبقه روی خواهد داد، مطابق رابطه (۱۹) داریم؛

$$V_u = \Omega P_c = 3.125 \times 1524 = 4763 \text{ N} \leq 0.75 \times 1.2 \times (20 - 4) \times 2 \times 370 = 10656 \text{ N} \rightarrow OK \quad (19)$$

۲-۲-۳- کنترل برش قالبی:

مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۳ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در صورت استفاده از اتصال پیچی، می‌بایست مقاومت برش قالبی در اجزای اتصال دهنده و نواحی تأثیرپذیر (اثر ترکیبی برش و کشش)، برای نیروهای تشدید یافته مطابق رابطه (۲۰) کنترل شود.

$$V_u \leq \phi R_n \quad (20)$$

که در آن، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و R_n مقاومت برش قالبی اسمی است که مطابق رابطه (۲۱) به‌دست می‌آید.

$$R_n = \min(0.6F_y A_{gv}, 0.6F_u A_{nv}) + U_{bs} F_u A_{nt} \quad (21)$$

که در آن، A_{gv} سطح مقطع کلی تحت برش در راستای نیرو، A_{nt} سطح مقطع خالص تحت کشش در راستای عمود بر نیرو، A_{nv} سطح مقطع خالص تحت برش در راستای نیرو U_{bs} ضریب توزیع تنش است که با توجه به نوع اتصال برابر ۱ فرض می‌گردد. بنابراین در نبشی ۱۶۰ میلی‌متر با دو ردیف پیچ به فواصل مرکز تا مرکز ۶۰ میلی‌متر و فاصله محور طولی سوراخ‌ها از لبه برابر ۲۰ میلی‌متر، دو سطح برش

با طول کلی ۲۰ میلی‌متر و یک سطح کشش با طول کلی ۶۰ میلی‌متر خواهیم داشت. بنابراین مقاومت برش قالبی اسمی مطابق رابطه (۲۲) محاسبه خواهد شد؛

$$R_n = \min[0.6F_y \times 2 \times 20t, 0.6F_u \times 2 \times (20 - 4)t] + 1 \times F_u \times (60 - 18)t = 21300t = 53250 N \quad (22)$$

لذا برای نبشی طرح شده با ضخامت ۲ میلی‌متر، تحت برش ماکزیمم تشدید یافته با ضریب Ω (با بیشترین s ممکن) که در طبقه آخر سازه ۲۶ طبقه روی خواهد داد، مطابق رابطه (۲۳) داریم؛

$$V_u = \Omega P_c = 3.125 \times 1524 = 4763 N \leq 0.75 \times 42600 = 31950 N \rightarrow OK \quad (23)$$

۳- طراحی بست‌های نبشی طرح شده از پیچ:

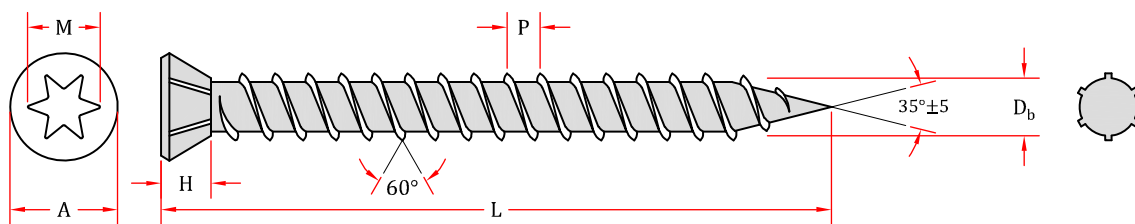
مطابق بند ۱۰-۲-۹-۳-۴ مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، در صورت استفاده از اتصال پیچی، چنانچه تنش کششی یا برشی مورد نیاز کمتر از ۳۰ درصد تنش موجود متناظر باشد، لزومی به در نظر گرفتن اثر مشترک کشش و برش نیست. در غیر این صورت مقاومت کششی و برشی اسمی پیچ‌ها ناشی از اثر توأم کشش و برش باید به ترتیب مطابق روابط (۲۴) و (۲۵) کاهش داده شود؛

$$F'_{nt} = F_{nt} \left(1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}}\right) \quad (24)$$

$$F'_{nv} = F_{nv} \left(1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{nt}}\right) \quad (25)$$

در روابط فوق، F'_{nt} مقاومت کششی اصلاح شده شامل آثار تنش برشی، F'_{nv} مقاومت برشی اصلاح شده شامل آثار تنش کششی، f_{uv} و f_{ut} به ترتیب تنش کششی مورد نیاز و تنش برشی مورد نیاز، ϕ ضریب کاهش مقاومت برابر ۰/۷۵ و F_{nt} و F_{nv} به ترتیب، مقاومت کششی اسمی و مقاومت برشی اسمی پیچ هستند. مطابق ضوابط مبحث دهم تنش کششی اسمی پیچ برابر $0.75F_u$ و تنش برشی اسمی آن برای حالتی که سطح برش داخل یا خارج ناحیه رزوه قرار داشته باشد، به ترتیب برابر $0.45F_u$ یا $0.55F_u$ می‌باشد.

مطابق کاتالوگ پیچ خودکار بتن مورد استفاده در این طراحی (شکل ۶) F_u برابر ۴۵۸ تا ۴۶۰ مگاپاسکل (حدوداً معادل پیچ ۴.۶) گزارش شده که در جهت اطمینان برابر ۴۰۰ مگاپاسکل در محاسبات منظور گردیده است. از سوی دیگر با توجه به هندسه گام رزوه‌ها که محتملاً سطح برش داخل ناحیه رزوه شده خواهد بود، تنش کششی اسمی پیچ (F_{nt}) برابر ۳۰۰ مگاپاسکل و تنش برشی اسمی آن (F_{nv}) در جهت اطمینان برابر ۱۸۰ مگاپاسکل در نظر گرفته شده است.



Size	A (mm)	H (mm)	M (mm)	D _b (mm)	P (mm)	L (mm)	Torque (kg-cm)	F _y (MPa)	F _u (Mpa)
M7.5	10.8 11.8	2.8 3.2	6.3 ref	6.8 7.1	2.6 ref	68 70	min 250	255 277	458 460

شکل ۶: مشخصات فنی پیچ خودکار بتن مورد استفاده در طرح نبشی اتصال دیوار به سقف

۳-۱- طراحی پیچ نبشی به طول ۱۰۰ میلی‌متر (برای فواصل محور تا محور نبشی کوچک‌تر از ۸۵/۰ متر):

مطابق شکل (۳) این نبشی دارای ۱ پیچ است. ابتدا لازم است تا لحاظ اثر مشترک برش و کشش پیچ مطابق روابط (۲۶) و (۲۷) کنترل می‌گردد؛ این کنترل برای بیشترین نیروی برشی تشدید یافته (ΩP_c) مربوط به طبقه آخر سازه ۲۶ طبقه در خصوص فواصل ماکزیمم ۸۵/۰ متر که در جدول (۲) مندرج است، انجام می‌گیرد.

$$f_{ut} = \frac{\Omega T}{A_b} = \frac{3.125 \times (\frac{13}{9}) \times 959}{1 \times 0.25 \times \pi \times 6.8^2} = 119.3 \text{ MPa} > 0.3 \phi F_{nt} = 0.3 \times 0.75 \times 300 = 67.5 \text{ MPa} \quad (26)$$

$$f_{uv} = \frac{\Omega P_c}{A_b} = \frac{3.125 \times 959}{1 \times 0.25 \times \pi \times 6.8^2} = 82.6 \text{ MPa} > 0.3 \phi F_{nv} = 0.3 \times 0.75 \times 180 = 40.5 \text{ MPa} \quad (27)$$

از آنجا که هیچ‌کدام از تنش‌های موجود کمتر از ۳۰ درصد ظرفیت متناظر نیست، لذا کنترل طراحی بر اساس اثر مشترک برش و کشش الزامی است. لذا مقاومت کششی و برشی اصلاح شده به ترتیب از روابط (۲۸) و (۲۹) حاصل می‌شوند.

$$F'_{nt} = F_{nt} \left(1.3 - \frac{f_{uv}}{\phi F_{nv}} \right) = 300 \left(1.3 - \frac{82.6}{0.75 \times 180} \right) = 206.5 \text{ MPa} \quad (28)$$

$$F'_{nv} = F_{nv} \left(1.3 - \frac{f_{ut}}{\phi F_{mt}} \right) = 180 \left(1.3 - \frac{119.3}{0.75 \times 300} \right) = 138.6 \text{ MPa} \quad (29)$$

بنابراین ظرفیت کششی اصلاح شده در اثر برش (R'_{nt}) و ظرفیت برشی اصلاح شده در اثر کشش (R'_{nv}) به ترتیب مطابق روابط (۳۰) و (۳۱) حاصل می‌شوند؛

$$R'_{nt} = \phi F'_{nt} A_b = 0.75 \times 206.5 \times 1 \times 0.25 \times \pi \times 6.8^2 = 5625 \text{ (N)} \quad (30)$$

$$R'_{nv} = \phi F'_{nv} A_b = 0.75 \times 138.6 \times 1 \times 0.25 \times \pi \times 6.8^2 = 3775 \text{ (N)} \quad (31)$$

نهایتاً در اثر مقایسه کشش و برش موجود با ظرفیت کششی و برشی حاصله از روابط (۳۰) و (۳۱)، مطابق روابط (۳۲) و (۳۳) داریم؛

$$\frac{T = (\frac{13}{9}) \Omega P_c}{R'_{nt}} = \frac{(\frac{13}{9}) \times 3.125 \times 959}{5625} = 0.77 < 1 \rightarrow OK \quad (32)$$

$$\frac{V = \Omega P_c}{R'_{nv}} = \frac{3.125 \times 959}{3775} = 0.79 < 1 \rightarrow OK \quad (33)$$

بنابراین ۱ پیچ جوابگو است.

۳-۲- طراحی پیچ نبشی به طول ۱۶۰ میلی‌متر (برای فواصل محور تا محور کوچک‌تر از ۳۵/۱ متر):

با تکرار پروسه بخش (۳-۱) ولی با دو پیچ و بار ۱۵۲۴ نیوتن (نبشی ۱۶۰ میلی‌متری با حداکثر فاصله ۳۵/۱ متر) و با مقایسه کشش و برش موجود با ظرفیت کششی و برشی حاصله برای پیچ ناشی از اثر همزمان برش و کشش مطابق روابط (۳۴) و (۳۵) خواهیم داشت؛

$$\frac{T = (\frac{13}{9}) \Omega P_c}{R'_{nt}} = \frac{(\frac{13}{9}) \times 3.125 \times 1524}{13309} = 0.52 < 1 \rightarrow OK \quad (34)$$

$$\frac{V = \Omega P_c}{R'_{nv}} = \frac{3.125 \times 1524}{8620} = 0.55 < 1 \rightarrow OK \quad (35)$$

لذا ۲ پیچ بخوبی جوابگو است. بنابراین چنانچه نتایج طراحی تسلیحات دیوار منجر به چیدمان قائم نوارهای مش با فاصله محور تا محور (S) کوچک‌تر از ۸۵/۰ متر گردید، از نبشی ۲ میل بطول ۱۰۰ میلی‌متر (تیپ A) استفاده نموده و در این حالت ۱ پیچ تکافوی نیاز مهار برش خارج از صفحه است. اما چنانچه فاصله (S) بزرگتر از ۸۵/۰ متر و کوچک‌تر از ۳۵/۱ متر حاصل شد، از نبشی بطول ۱۶۰ میلی‌متر (تیپ B) استفاده می‌شود. برای اتصال این نبشی به تیر فوقانی باید از ۲ پیچ خودکار بتن استفاده نمود. برای درصد پوشش‌های کوچک باید از عرض مشی استفاده نمود که فاصله محور تا محوری بزرگ‌تر از ۳۵/۱ متر حاصل نگردد. خلاصه نتایج طراحی نبشی تیپ A در

جدول (۳) و مقادیر متناظر برای نبشی تیپ B در جدول (۴) نشان داده شده است. طراحی‌های مربوط به هر سازه (هر یک از ردیف‌های جداول ۳ و ۴) بر اساس نیروی بیشینه در طبقه انتهایی آن سازه صورت گرفته است. همچنین خلاصه نتایج طراحی بست (پیچ) اتصال برای نبشی تیپ A در جدول (۵) و مقادیر متناظر برای نبشی تیپ B در جدول (۶) نشان داده شده است.

جدول ۳: نتایج طراحی نمشی گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر برای ک کوچکتر از ۰/۱۵ متر

[illegible]

جدول ۴: نتایج طراحی نبشی گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی‌متر و طول ۱۶۰ میلی‌متر برای ۵ کوچک‌تران ۱/۳۵ متر

[illegible]

جدول ۵: نتایج طراحی اتصالات نبشی گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۰۰ میلی متر برای ۵ کوچکتر از ۰/۱۸۵ متر

طراحی پیچ‌های اتصالات نبشی متقاطع با نیروی تشدید یافته در کلیه سازه‌ها برای طبقه انتهایی آن سازه																					
تعداد طبقات	Ω _{pe} (N)	d _b (mm)	تعداد ردیف جعبه	f _u (MPa)	F _u (MPa)	0.3φF _u (MPa)	f _{uv} (MPa)	F _{uv} (MPa)	0.3φF _{uv} (MPa)	عدم نیاز به لحاظ اثر همزمان برش و کشش				لرزه اعمال اثر مشترک برش و کشش							
										V (N)	φF _{uv} Δ _b (N)	V/φF _{uv} Δ _b <1 OK	T/φF _{uv} Δ _b <1 OK	F _{uv} (MPa)	V (N)	φF _{uv} Δ _b (N)	V/φF _{uv} Δ _b <1 OK	F _{uv} (MPa)	T (N)	φF _{uv} Δ _b (N)	T/φF _{uv} Δ _b <1 OK
2	2531	680	1	100.7	300.0	67.5	69.7	180.0	40.50	1.49	1.72			153.5	2531	4180	0.61	235.1	3656	6404	0.57
4	2784	680	1	110.7	300.0	67.5	76.7	180.0	40.50	1.64	1.89			145.4	2784	3961	0.70	219.6	4022	5982	0.67
6	2869	680	1	114.1	300.0	67.5	79.0	180.0	40.50	1.69	1.95			142.7	2869	3888	0.74	214.5	4143	5842	0.71
8	2911	680	1	115.8	300.0	67.5	80.1	180.0	40.50	1.72	1.98			141.4	2911	3851	0.76	211.9	4204	5771	0.73
10	2936	680	1	116.8	300.0	67.5	80.8	180.0	40.50	1.73	2.00			140.6	2936	3829	0.77	210.3	4241	5729	0.74
12	2953	680	1	117.4	300.0	67.5	81.3	180.0	40.50	1.74	2.01			140.0	2953	3814	0.77	209.3	4265	5701	0.75
14	2965	680	1	117.9	300.0	67.5	81.6	180.0	40.50	1.75	2.02			139.7	2965	3804	0.78	208.6	4283	5681	0.75
16	2974	680	1	118.3	300.0	67.5	81.9	180.0	40.50	1.75	2.02			139.4	2974	3796	0.78	208.0	4296	5666	0.76
18	2981	680	1	118.6	300.0	67.5	82.1	180.0	40.50	1.76	2.03			139.1	2981	3790	0.79	207.6	4306	5654	0.76
20	2987	680	1	118.8	300.0	67.5	82.2	180.0	40.50	1.76	2.03			139.0	2987	3785	0.79	207.2	4314	5645	0.76
22	2991	680	1	119.0	300.0	67.5	82.4	180.0	40.50	1.76	2.03			138.8	2991	3781	0.79	207.0	4321	5637	0.77
24	2995	680	1	119.1	300.0	67.5	82.5	180.0	40.50	1.76	2.04			138.7	2995	3778	0.79	206.7	4326	5631	0.77
26	2998	680	1	119.3	300.0	67.5	82.6	180.0	40.50	1.77	2.04			138.6	2998	3775	0.79	206.5	4331	5625	0.77

جدول ۶: نتایج طراحی اتصالات نبشی گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی متر و طول ۱۶۰ میلی متر برای ۵ کوچکتر از ۱/۳۵ متر

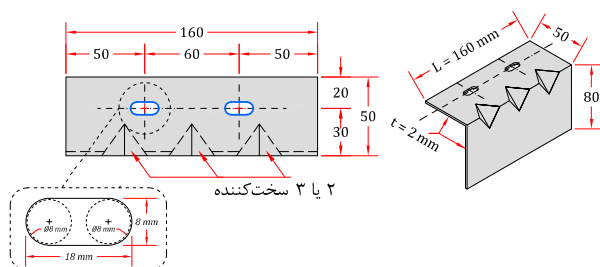
طراحی پیچ‌های اتصالات نبشی متقاطع با نیروی تشدید یافته در کلیه سازه‌ها برای طبقه انتهایی آن سازه																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
تعداد طبقات	Ω _{pe} (N)	d _b (mm)	تعداد ردیف پیچ	f _{nt} (MPa)	F _{nt} (MPa)	0.3φF _{nt} (MPa)	f _{uv} (MPa)	F _{uv} (MPa)	0.3φF _{uv} (MPa)	عدم نیاز به لحاظ اثر همزمان برش و کشش				لرزه اعمال اثر مشترک برش و کشش																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
										V (N)	φF _{nt} Δ _b (N)	V/φF _{nt} Δ _b <1 OK	T (N)	φF _{nt} Δ _b (N)	T/φF _{nt} Δ _b <1 OK	F _{nt} (MPa)	V (N)	φF _{nt} Δ _b (N)	V/φF _{nt} Δ _b <1 OK	F _{nt} (MPa)	T (N)	φF _{nt} Δ _b (N)	T/φF _{nt} Δ _b <1 OK																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
2	4020	680	2	79.9	300.0	67.5	55.3	180.0	40.50	1.18	1.37																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							

۴- جمع بندی و ارائه دستورالعمل کاربرد:

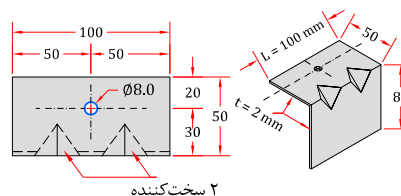
در این دستورالعمل دو تیپ نبشی اتصال دیوار داخلی ۱۰ سانتی به سقف، از جنس فولاد گالوانیزه به ضخامت ۲ میلی متر و در طول های ۱۰۰ میلی متر برای فواصل مش (S) کوچکتر و مساوی ۰/۸۵ متر و طول ۱۶۰ میلی متر برای فواصل بزرگتر از ۰/۸۵ متر و کوچکتر از ۱/۳۵ متر با ابعاد و هندسه مندرج در شکل (۷) طراحی شد. تعداد پیچ های خودکار بتن مورد نیاز برای نبشی به طول ۱۰۰ و ۱۶۰ میلی متر به ترتیب برابر ۱ و ۲ پیچ است.

نبشی از فولاد گالوانیزه ST37 ($F_y=240 \text{ MPa}$, $F_u=370 \text{ MPa}$)

تیپ نبشی	طول نبشی (mm)	ضخامت نبشی (mm)	سخت کننده	تعداد پیچ	حداکثر فاصله محور تا محور نبشی منقطع (mm)
A	۱۰۰	۲	دارد	۱	۱۰۰۰
B	۱۶۰	۲	دارد	۲	۱۶۰۰



تیپ B، طول ۱۶۰ میلیمتر
 $850 \text{ mm} < s \leq 1350 \text{ mm}$



تیپ A، طول ۱۰۰ میلیمتر
 $s \leq 850 \text{ mm}$

اتصال جوشی:

الکتروود مورد استفاده: E60
 بعد جوش گوشه: ضخامت نبشی
 دو خط جوش گوشه جهت اتصال هر نبشی به بال تحتانی تیر فوقانی

همه ابعاد به میلیمتر هستند

اتصال پیچی:

استفاده از ۱ یا ۲ عدد پیچ خودکار بتن بر حسب تیپ نبشی
 به قطر: ۶/۸ میلیمتر
 تنش کشش نهایی: ۴۵۰ مگاپاسکال



شکل ۷: جزئیات نبشی اتصال و دستورالعمل نصب و اجرا

نکته مهم: یادآور می شود که در صورت عدول هر یک از عوامل ذیل الذکر از شرایط مفروضه این طرح، کفایت اتصال مطروحه می بایست مورد بازبینی مجدد قرار گیرد.

- وجود بازشوهای قابل ملاحظه هم محور به گونه ای که فشار یا مکش داخلی ناشی از باد بر بار زلزله حاکم شود.
- افزایش وزن واحد سطح دیوار از ۱۶۵ کیلوگرم بر متر مربع
- خاک پروژه از تیپ IV
- لزوم لحاظ ضریب اهمیت جزء غیرسازه ای برابر با ۱/۴ مطابق با ضوابط استاندارد ۲۸۰۰
- ارتفاع خالص دیوار بیش از ۳ متر
- استفاده از پیچ با مشخصات هندسی و مقاومتی متفاوت با آنچه در طرح این اتصال مورد استفاده بوده است.