

**بررسی کفایت استحکام تیغه های دیواری جدا کننده تردی پانل
قابهای ساختمانهای بلند مرتبه
شرکت پایکار بنیان پانل**



در پیوست ششم ویرایش چهارم مقررات ملی ساختمان دیوارهای تردی پانلی نیاز به والپست ندارند. محاسبات باد و زلزله دیوارهای پیرامونی برای پروژه های بلند مرتبه در شرکت پایکار بنیان پانل انجام میشود.

۱- معرفی پانل تیغه ای پیش ساخته تردی

پانلهای پیش ساخته سبک شامل دو صفحه شبکه جوش شده فولادی میباشد که یک لایه عایق پلی استایرن در میان آن قرار گرفته و توسط تعدادی اعضای خرابایی به یکدیگر متصل شده اند یکی از مصارف پانلها در تیغه های جداکننده داخلی و پیرامونی ساختمان میباشد. از مهمترین مزایای این تیغه ها، عایق حرارتی بودن آنهاست. در ایران نیز ایزولاسیون حرارتی جهت دیوارهای خارجی ساختمان در سازه های بلند الزامی شده است.

این تیغه ها برای دیوارهای سوله ها، با توجه به ارتفاع قابل ملاحظه آنها بسیار مناسب میباشد. پانلهای تیغه با توجه به سرعت قابل ملاحظه ای که در اجرا دارند، به خوبی میتوانند در دیوارکشی دور محوطه به کار روند. همچنین با توجه به انعطاف اجرائی پانلها و سبکی، میتوان از آنها در مواردی چون گنبدها و پوسته ها استفاده کرد.

در این پانلها شبکه جوش شده فولادی با مقاومت تسلیم ۴۰۰۰ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع و به قطر $\phi 2,5 \sim \phi 3,5$ میباشد. همچنین لایه پلی استایرن میانی با وزن مخصوص ناچیز (15 Kg/m^3) و عایق مناسب حرارت و برودت و همچنین عایق صوت میباشد و بر خلاف عایقهایی چون پلی یورتان هیچگونه آلودگی زیست محیطی به همراه ندارد.

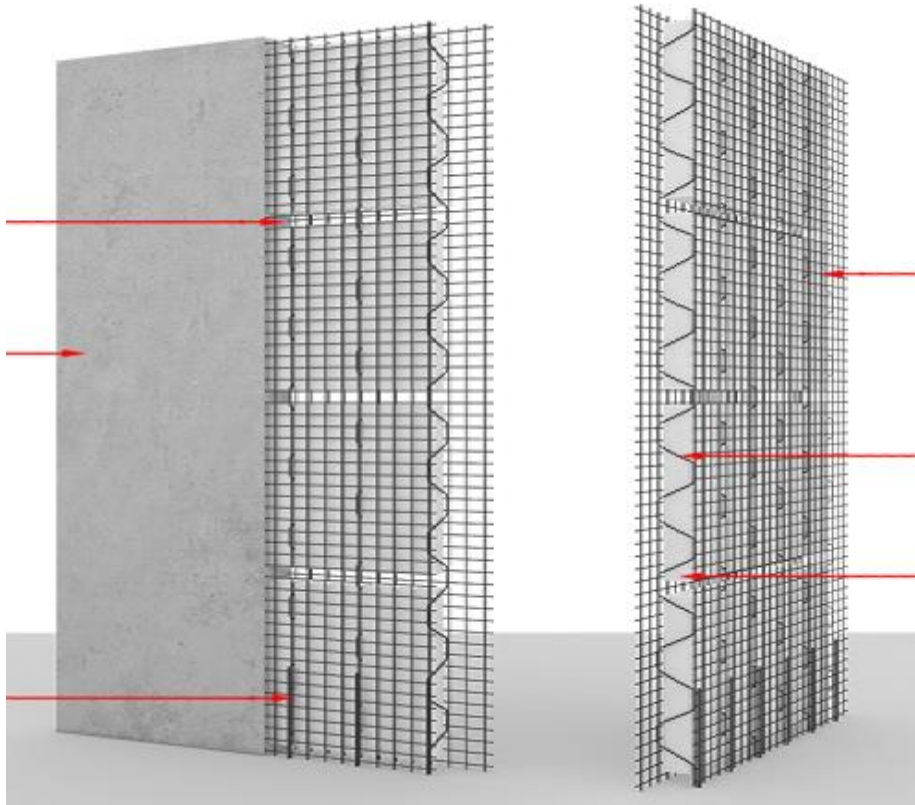
برشگیرهای قطری نیز با متصل کردن دو لایه شبکه به یکدیگر باعث عملکرد یکنواخت و همچنین افزایش ممان اینرسی و صلبیت مقطع میشود.

۲. مزایای تیغه های پیش ساخته

- کاهش مصرف انرژی با توجه به خاصیت عایق پلی استایرن. قابلیت هدایت حرارتی پلی استایرن که حدود ۳٪ آجر میباشد
- عایق صوت که مانع از انتقال سروصدای خارج ساختمان به داخل میگردد.
- سرعت اجرایی بالا بطوریکه زمان اجرائی آن بسته به نوع دستگاه بتن پاشی ۱:۳ تا ۱:۷ دیوارهای سنتی میباشد.
- پانلهای تولیدی در حجم وسیع و با فاصله حمل قابل توجه، به کارگاه ساختمانی منتقل شده و با استفاده از اتصالات مناسب با سرعت در محل نصب و به صورت دستی یا ماشینی بتن پاشی می شود.
- آسانی در نصب پانلهای، با توجه به اینکه وزن هر مترمربع پانل قبل از بتن پاشی در حدود ۳ تا ۵ کیلو گرم میباشد.
- در اکثر زمین لرزه هائی که در کشور رخ میدهد، درصد قابل توجهی از تلفات انسانی بدلیل ریزش تیغه های ساختمان میباشد. تیغه های آجری، گچی و... در ساختمانها بدون هیچگونه اتصالی به کف، سقف و یا دیوار اجرا میشوند بطوریکه با کوچکترین بار جانبی فرو پاشیده و باعث آسیبهای مالی و جانی قابل توجه میگردد.
- باتوجه به اینکه تیغه های پانلی برای مقاومت در برابر بارهای زلزله نیز طراحی میشوند ، لذا به منظور عدم رانش افقی و واژگونی آنها به کف، سقف و یا ستونها متصل میشوند.
- در اسکلت بتنی پانلهای به آرماتورهای انتظار در تیرهای بتنی و در اسکلت فولادی بر میلگردهای جوش شده بر روی تیر و یا ستون فولادی نصب میشوند.
- سبکی وزن این نوع تیغه ها باعث کاهش وزن ساختمان و در نتیجه کاهش نیروی زلزله و اثرات منفی آن میشود. همچنین این سبک سازی سبب کاهش مقاطع اعضای سازه ای نظیر تیر و ستون میگردد.
- سطح بتن حاصل تقریباً صاف بوده و نیازی به گچ و خاک یا آستر ندارد بنابر این آماده نازک کاری بوده و مستقیماً سفیدکاری صورت میپذیرد یا نما کاری میشود.
- دیوارهای دو جداره آجری برای ایجاد عایق حرارتی سطح مقطع زیادی دارند. در صورت استفاده از تیغه های پانلی، سطح زیربنای مفید بخاطر کاهش سطح اشغال تیغه ها، افزایش خواهد داشت.
- غیر قابل نفوذ در برابر حشرات و جانوران مودی.
- مقاومت بالا در برابر آتش سوزی.

۳. مشخصات پانلهای مورد آزمایش

در این آزمایش یک نوع پانل جدید مورد بررسی قرار گرفت. در این پانل از شبکه های جوش شده با مشخصات $WWF \phi 2.5 / \phi 2.5 / 80 / 80$ استفاده شده است. قطر مفتولهای برشگیر ۳ میلیمتر می باشد. ضخامت لایه پلی استایرن ۶۰ میلیمتر و فاصله آن از آکس شبکه جوش شده ۱۰ میلیمتر می باشد. جزئیات این دیوار به شرح زیر میباشد.



$$0.04 \times 2300 = 92 \quad \frac{kg}{m^2} \quad \text{بتن دیوار} \quad \circ$$

$$4 \quad \frac{kg}{m^2} \quad \text{پانل} \quad \circ$$

$$26 \quad \frac{kg}{m^2} \quad \text{گچ} \quad \circ$$

قرارگیری برشگیرها در راستای طولی پانل و بصورت یک ردیف در میان می باشد به نحوی که در هر ردیف برشگیرها به صورت موازی قرار داده شده و تعداد آنها در هر مترمربع ۳۸ عدد میباشد. ضخامت بتن پاششی در هر طرف پانل ۲ سانتی متر است. بدین ترتیب ضخامت کل پانل پس از بتن پاششی ۱۰ سانتی متر خواهد بود.

ابعاد پانل های مورد آزمایش $۱/۴۰ \times ۰/۵۷$ متر می باشد.

۴. مشخصات مصالح مصرفی و طرح اختلاط

مصالح سنگی شامل ماسه طبیعی شسته با حداکثر سنگدانه $D_{max} = 5_{mm}$ می باشد. سیمان از نوع تیپ II تهران و آب مصرفی جهت بتن سازی آب شرب بوده است. طرح اختلاط بتن در جدول ۱ آورده شده است.

آب	ماسه	سیمان
$۱۸۰ \frac{kg}{m^3}$	$۱۷۷۰ \frac{kg}{m^3}$	$۳۵۰ \frac{kg}{m^3}$

جدول ۱- طرح اختلاط بتن پاششی

بتن پاشی از نوع تر (Wet Shotcrete) و توسط دستگاه دستی Hopper Gun با فشار 8bar انجام میگردد. برای بتن مصرفی ۵ نمونه مکعبی استاندارد (۱۵×۱۵×۱۵ cm) و همچنین ۶ نمونه از مفتولهای تار و پود جهت تست مقاومت کششی و مقاومت جوش تار و پود تهیه گردید.

نمونه های پانلی پس از ساخت به صورت مداوم مرطوب و عمل آوری گردیدند.

مقاومت فشاری ($f'c$) نمونه ها $۱۷۲ \frac{kg}{cm^2}$ با وزن مخصوص $۲۲۷۳ \frac{kg}{m^3}$ بدست آمده است.

همچنین مقاومت کششی مفتولها و مقاومت جوش شبکه طبق جداول ۳ و ۲ به وسیله آزمایش بدست آمده است :

نمونه $\phi 2.5$	
۷۰۸	مقاومت کششی MPa
۷۱۴	مقاومت نهایی MPa

٪۱	کرنش نهایی (درصد)
----	-------------------

جدول ۲- اطلاعات مکانیکی مفتول $\phi 2.5$

مقاومت جوش (N)	
۲۴۰۵	نمونه ۱
۲۴۳۲	نمونه ۲
۲۴۱۹	متوسط

جدول ۳- مقاومت جوش اتصال شبکه $\phi 2.5$

حداقل مقاومت شبکه جوش شده با میلگرد $2/5$ میلیمتر طبق استاندارد ASTM A82 برابر است با ۲۴۱ برابر سطح مقطع برش خورده بر حسب نیوتن و بدین ترتیب خواهیم داشت :

$$F_{\min} = 241 \times \frac{\pi}{4} \times (2.5)^2 = 1183 \text{ N}$$

نتایج تست مؤید آن است که مقاومت جوش شبکه در حد قابل قبولی بوده است.

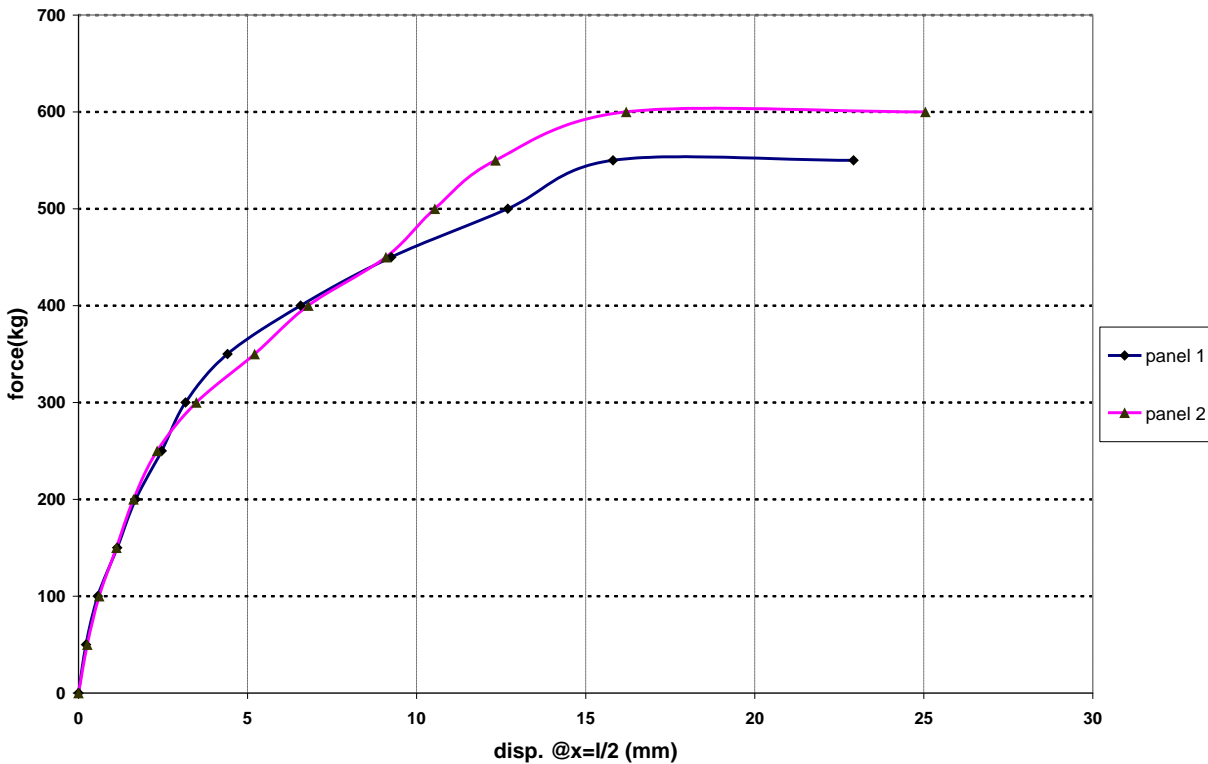
۵. آزمایش بارگذاری خمشی بر روی پانل های تیغه

آزمایش بارگذاری خمشی بر اساس استاندارد ASTM E72 بر روی دو نمونه پانل انجام می گیرد. این آزمایش بصورت بارگذاری عرضی دو نقطه ای روی پانل می باشد. (شکل ۲) بار بصورت استاتیکی با افزایش ۲۵ کیلوگرم در هر مرحله انجام گردید تا بتن ترک خورده، آرماتورها جاری شده و نهایتاً تیر گسیخته شود.

در هر مرحله از بارگذاری خیز پانل در نقاط تکیه گاهی، وسط دهانه، $\frac{1}{4}$ و $\frac{3}{4}$ دهانه و همچنین تغییر مکان افقی در دو لبه بتن فوقانی و تحتانی با دقت $0/01$ میلیمتر اندازه گیری شده است (شکل ۳). در هر مرحله از بارگذاری الگوی ترک خوردگی پانلها مورد بررسی و دقت نظر قرار گرفته است. برای انجام این آزمایش از قاب عکس العمل موجود در آزمایشگاه مرکز تحقیقات و توسعه شرکت سپ استفاده شده است. این قاب با اعمال بار به صورت فشاری توسط یک جک هیدرولیکی میتواند تا بار ۱۰ تن را اعمال نماید. ترکهای عمده و شکست پانل در ناحیه زیر بار جک اتفاق افتاده است. (شکل ۴ و ۵)

۶. تحلیل نتایج آزمایش

منحنی بار- تغییر مکان برای آزمایش خمشی دو پانل در نمودار شماره ۱ آمده است.



نمودار شماره ۱- منحنی بار- تغییر مکان حداکثر پانل

با دقت نظر در آزمایش نتایج زیر حاصل می گردد:

الف) تا بار ۲۰۰ کیلوگرم (۳/۰ بار نهایی) پانل در ناحیه خطی قرار دارد. حداکثر تغییر مکان در ناحیه الاستیک در حدود ۲/۲ میلیمتر بوده است.

ب) پس از افزایش بار پانل ترک خورده و وارد ناحیه غیر خطی می گردد به نحوی که سختی آن در حدود ۳۲٪ کاهش می یابد.

ج) بار نهایی نمونه ها در دو پانل به ترتیب ۶۰۰ و ۵۵۰ کیلوگرم بدست آمده است.

د) لنگر نهایی ناشی از وزن و بار وارده بدین صورت بدست می آید:

$$l = 1.3m \quad \text{طول مؤثر پانل}$$

$$W = 75kg \quad \text{وزن پانل}$$

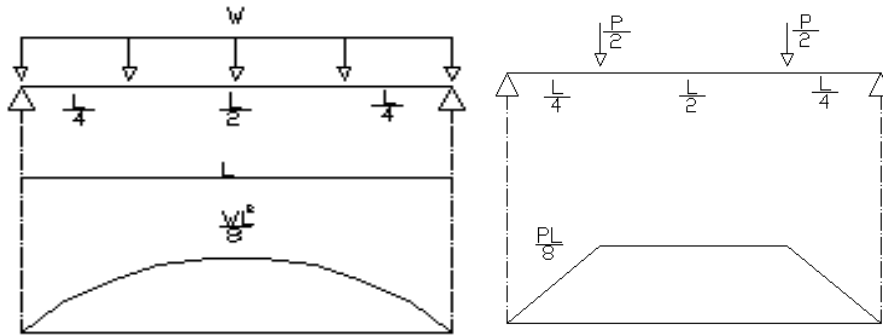
$$P_1 = 575kg \quad \text{متوسط بار نهایی جک}$$

$$P = 575 + 52 = 627kg$$

متوسط بار وارده به علاوه بار قطعات الحاقی تست

لنگر نهایی وارد شده بر پانلها ناشی از بار جک و وزن پانل می باشد.

دیگرام لنگر ناشی از دو بار فوق در شکل زیر آورده شده است



لنگر ناشی از وزن

لنگر ناشی از بار جک

بنابراین حداکثر لنگر وارده عبارت است از

$$M = \frac{wl^2}{8} + \frac{pl}{8} = 114.1 \text{ kg.m}$$

۷. بررسی نیروهای وارده بر تیغه های پانلی

۱-۷- نیروی باد:

فرمول کلی نیروی باد طبق استاندارد ۵۱۹ بصورت زیر می باشد:

$$P = C_e C_g C_p q$$

P : فشار یا مکش معادل استاتیکی در امتداد عمود بر سطح ساختمان

q : فشار مبنا

C_e : ضریب وضع مکان

C_g : ضریب اثر دینامیکی باد

C_p : ضریب فشار

فشار مبنا برای شهرهای ایران متفاوت است و بستگی به سرعت باد در هر منطقه دارد. مقدار حداقل آن kg/m^2

۳۲ و حداکثر kg/m^2 ۸۴/۵ می باشد. فشار مبنا برای شهر تهران kg/m^2 ۵۰ در نظر گرفته شده است.

در اینجا از آوردن جزئیات محاسبه بار باد صرفنظر و تنها نتیجه محاسبه ذکر می گردد

بر این اساس فشار بار وارده برای دیوارهای خارجی ساختمانهای تهران تا ارتفاع ۱۰ متر برابر kg/m^2 ۹۰ بدست می آید.

۲-۷- نیروی زلزله

دیوارهای غیر باربر بایستی نیروی زلزله ناشی از وزن خود را در بحرانی ترین حالت (عمود بر سطح دیوار) تحمل کند

طبق آئین نامه ۲۸۰۰ نیروی جانبی وارده به اجزاء ساختمان از رابطه زیر بدست می آید:

$$F_p = AB_p IW_p$$

A : شتاب مبنای طرح ($\frac{m}{sec^2}$) ۰/۳۵ برای تهران)

B_p ضریبی با مقدار ۰/۷ برای دیوارهای جدا کننده

I : ضریب اهمیت ساختمان

W_p : وزن قطعه الحاقی (دیوار) برابر 122 kg/m^2

$$F_p = 0.35 \times 0.7 \times 1 \times W_p = 0.245W_p$$

$$F_p = 0.245 \times 122 = 30 \text{ kg/m}^2$$

۳-۷ - نتیجه گیری

- طبق نتایج ۱-۷ و ۲-۷ خواهیم داشت

بار ناشی از باد 90 kg/m^2

بار ناشی از زلزله 30 kg/m^2

همانطور که مشخص است در پانلهای دیوار خارجی بار باد حاکم می باشد. لنگر ناشی از آن در یک دیوار تیغه معمولی ۳ متری با فرض اتصال مفصلی در یک متر عرض دیوار عبارت است از:

$$M_{wind} = \frac{90 \times 3^2}{8} = 101.250 \text{ kg.m}$$

همچنین در یک دیوار داخلی که اثرات باد در آن وجود ندارد، لنگر ناشی از زلزله عبارت است از

$$M_{eq} = \frac{30 \times 3^2}{8} = 33.75 \text{ kg.m}$$

همانطور که از نتایج آزمایش مشخص گردید لنگر مقاوم پانل 114 kg.m بدست آمده است که این مسئله نشان دهنده آن است که پانل مزبور با اطمینان کافی مقاومت لازم برای باربری تیغه های داخلی ساختمان را دارا می باشد.

در مورد پانلهای خارجی که تحت اثر باد قرار دارند، بهتر است برای شهرهای مختلف کشور و ارتفاعات متفاوت، بار باد محاسبه شده و با بار تست مقایسه شود. این محاسبات در شرکت پایکار بنیان پانل انجام میشود.

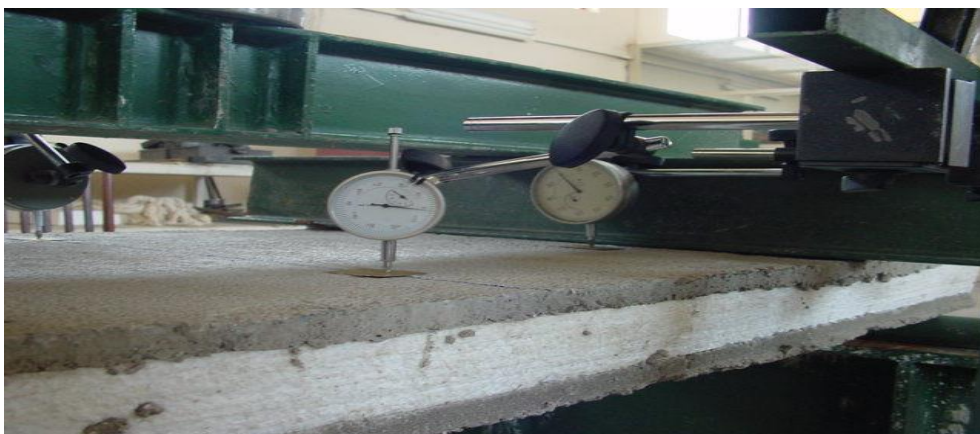
- در حالت کلی اتصال پانل به ساختمان باید حداقل و به گونه ای باشد که هیچگونه تاثیری بر عملکرد سازه نداشته باشد. برای مثال میتوان آرماتورهای به قطر ۶ میلیمتر و طول ۴۰ سانتی متر در فواصل ۵۰ سانتی متری در سقف

تعبیه کرد تا پانلها داخل آنها سوار شوند. ترجیحاً اتصال پانل بایستی تنها از یک لبه سقف یا کف صورت گیرد تا با سازه اندرکنش نداشته باشد. همچنین میتوان از همین طرح، در اتصال پانل به ستونها به خصوص در سازه های فلزی استفاده کرد.

- در مورد طرح اختلاط میتوان از جدول شماره ۱ استفاده کرد.



شکل ۲ : نحوه استقرار پانل و جک



شکل ۳ : نصب ساعت های اندازه گیری



شکل ۴: خمش پانل تحت بار و ایجاد ترکهای اولیه



شکل ۵: شکست نمونه پانلی در ناحیه زیر بار متمرکز

