



بررسی مهندسی و سازه‌های سیستم‌های کرتین وال

بخش دوم / مهندس شهرام علیزاده، مدیر عامل شرکت آلوکد

نمای شیشه‌ای کرتین وال، سیستمی نسبتاً جدید در صنعت نمای کشورمان است که تاکنون با استقبال بسیار مناسب بازار نیز روبه‌رو بوده است. روشن است آگاهی رسانی و طرح اطلاعات فنی در این زمینه می‌تواند باعث ارتقای این قبیل سیستم‌های نوین در کشورمان شود. دوست عزیز و بزرگوارمان مهندس شهرام علیزاده، مدیر عامل شرکت آلوکد که همواره اطلاعات خود را بدون هیچ دریغی در اختیار پنجره ایرانیان و خوانندگان این نشریه قرار می‌دهند، این بار طی چند شماره این مبحث را از زوایای گوناگون مورد بررسی قرار داده و مسائل فنی آن را برایمان تبیین کرده‌اند. آنچه در ادامه می‌خوانید، بخش دوم این مقاله است که به مبحث بارهای وارده بر سازه‌های کرتین والی می‌پردازد. ضمن سپاس از جناب علیزاده با هم این مقاله را می‌خوانیم:

ادامه:

الف) روش تحلیل دینامیکی.

ب) روش‌های تجربی و استفاده از تونل باد مطابق روش‌های معتبر بین‌المللی.

$$W=C_x Q_x S_i \alpha$$

Q_x: فشار باد C_s: ضریب باد α_s: ضریب جهت باد

جدول شماره یک اطلاعاتی در این خصوص ارائه می‌دهد.

ارتفاع از سطح زمین	سرعت باد km/h	فشار باد (q) kN/m ²	بار حاصل از باد در ساختمان‌های معمولی 1.3 × q	بار حاصل از باد در ساختمان‌های بلند 1.4 × q
0 - 8	100.8	0.5	0.6	0.8
9 - 20	129.6	0.8	0.96	1.28
21 - 100	151.2	1.1	1.32	1.76
> 100	165.6	1.3	1.56	2.08

$$q = \frac{1600}{3.6} \left(\frac{\text{سرعت باد}}{3.6} \right)^2$$

$$C_s = \frac{\text{ارتفاع باد}}{\text{عرض باد}} < 5 \Rightarrow 1.3$$

$$C_s = \frac{\text{ارتفاع باد}}{\text{عرض باد}} > 5 \Rightarrow 1.4$$

در روش تحلیل دینامیکی می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

۲. بار وزن شیشه‌ها:

از وزن شیشه‌هایی که روی پروفیل‌های افقی نصب می‌گردد، باری حاصل می‌شود که در

بارهای وارده بر سازه‌های کرتین والی

در ادامه مباحث بررسی مهندسی و سازه‌ای سیستم‌های کرتین وال در این بخش به موضوع ایستایی و بارهای وارد بر سازه‌های کرتین وال می‌پردازیم.

همان‌گونه که مطرح گردید نماهای شیشه‌ای کرتین وال یکی از روش‌های پوشش سطح نماهای بناها می‌باشد. پروفیل‌های عمودی در این نوع سیستم می‌بایست بر اساس بارهای دینامیکی باد و وزن شیشه‌ها مقاومت لازم را دارا باشند، برای محاسبه مقاومت ابتدا لازم است بارهای وارده را تثبیت کنیم.

بارهای وارده مورد محاسبه در نمای شیشه‌ای کرتین وال شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. بار باد ۲. بار وزن شیشه ۳. بار زلزله ۴. بار برف.

۱. بار باد:

مطابق بند ۶-۶ مبحث ۶ مقررات ملی ساختمان، ساختمان‌ها و سازه‌ها و کلیه اجزاء و پوشش‌های آنها باید برای اثر ناشی از باد براساس ضوابط طراحی و ساخته شوند، این اثر باید با توجه به حداکثر سرعت باد در منطقه، ارتفاع و شکل هندسی ساختمان‌ها و میزان حفاظتی که موانع مجاور برای آنها در مقابل باد ایجاد می‌کنند، محاسبه شوند.

برای تعیین اثر ناشی از باد باید فرض شود که باد به صورت افقی و در هر یک از امتدادها، به ساختمان اثر می‌کند. در طراحی کافی است اثر باد در دو امتداد عمود برهم، ترجیحاً در امتداد محورهای اصلی ساختمان، و به طور غیر هم‌زمان بررسی شود؛ لازم به ذکر است در این محاسبات اثر ناشی از بار باد و بار زلزله جمع نمی‌شود.

برای محاسبه بار باد در این ساختمان‌ها و سازه‌ها باید یکی از دو روش زیر را به کار گرفت:

$$V_t = A(T) \times W$$

V_t = نیروی برشی پایه

$A(T)$ = ضریب زلزله

W = وزن بنا

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T)$$

A_0 = ضریب اهمیت منطقه

I = ضریب اهمیت بنا

$S(T)$ = ضریب جانی زلزله موثر بر اجزای غیر سازه ای

جدول شماره دو

منطقه بندی زلزله	ضریب زلزله AT
1	0.35
2	0.30
3	0.25
4	0.20

S(T)

ضریب اهمیت ساختمان

۱- ساختمان با ضریب اهمیت خیلی زیاد. ($I=1.5$)
ساختمانهایی که بعد از زلزله حتماً مورد استفاده هستند مانند بیمارستان ها، آتش نشانی ها، مراکز پست و مخابرات، ترمینال ها، نیروگاه ها، انبار های مواد شیمیایی، فرمانداری، استانداری و شهرداری ها.

۲- ساختمان با ضریب اهمیت زیاد. ($I=1.4$)
مدرسه ها، دانشگاه ها، خوابگاه ها، مراکز نظامی، زندان ها و جوزه ها.

۳- ساختمان با ضریب اهمیت متوسط. ($I=1.2$)
ورزشگاه ها، سینماها، تئاترها و مراکز سمیاری.

۴- ساختمان با ضریب اهمیت کم. ($I=1.1$)
منازل مسکونی، ساختمان های تجاری، هتل ها و ...

مثال: جهت یک بیمارستان در شهر خوی، نمای کرن وال اجرا خواهد شد. فاصله پراکت ها ۶/۶ متر و فاصله لابل ها از هم اعتر در نظر گرفته شده است. بار حاصل از زلزله به ترتیب زیر است:

$$V_t = A(T) \times W$$

بارهای وارد بر پروفیل عمودی

وزن شیشه : 40 kg/m^2
وزن پروفیل عمودی : 10 kg/m^2
 50 kg/m^2

$$W = 50 \times 3.20 \times 1.00$$

$$W = 160 \text{ Kg}$$

$$A_0 = 0.35$$

$$I = 1.5$$

$$A(T) = A_0 \times I \times S(T)$$

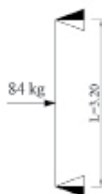
$$A(T) = 0.35 \times 1.5 \times 1.0$$

$$A(T) = 0.525$$

$$V_t = A(T) \times W$$

$$V_t = 0.525 \times 160$$

$$V_t = 84 \text{ Kg}$$



نیروهای محاسبی بر روی پروفیل های افقی و یا عمودی، تاثیر بهمانی بر روی مفاصلها (پراکت ها) خواهد داشت.

مطابق قوانین و مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم بخش نیروی جانبی زلزله موثر بر اجزای غیر سازه ای ماده ۸-۲-۶ و ماده ۷-۷-۶ و جدول شماره ۷-۷-۶ ماده فوق اتصالات عناصر سازه ای پیش ساخته در هر امتداد، عدد یک (۱) در نظر گرفته می شود.

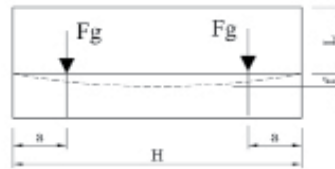
۴. بار ناشی از برف:

در مقررات ملی ساختمان مبحث ششم و در بخش ۴-۶ در خصوص بار برف مینا و نحوه شناسایی و محاسبات آن اطلاعات ضروری ذکر گردیده است. در ادامه نحوه محاسبات این بار را در سازه های کرتین وال را ذکر می کنیم.

محاسبات می بایست در نظر گرفت. این نیرو بر روی پروفیل های افقی از هر نقطه که تا کوز شیشه قرار گرفته وارد می شود.

بار وزن شیشه در محاسبات همانند بارهای مرده بوده و از وزن اجزای دائمی سازه کرتین وال می باشد. البته قابل توجه است در محاسبه این گونه بارها، باید وزن واقعی مصالح مصرفی مورد استفاده قرار گیرد.

بر اساس فرمول های زیر ممان اینرسی لازم جهت پروفیل های افقی (I_y) را می توان محاسبه کرد:



$$F_g = \frac{H \times L}{2} \times Q_g \times d$$

$$1 \text{ kN} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg}$$

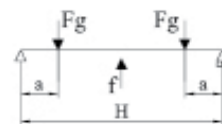
$F_g = (\text{Kg})$ نیروی وارده از تا کوزهای شیشه بر روی پروفیل افقی

$H = (\text{cm})$ طول پروفیل افقی

$L = (\text{cm})$ ارتفاع شیشه

$Q_g = (\text{Kg/cm}^2)$ وزن مخصوص شیشه

$d = (\text{cm})$ ضخامت شیشه



$$I_y = \frac{F_g \times a}{24 \times E \times f} \times (3 \times H^2 - 4 \times a^2)$$

$$E (\text{استیسیته آلومینیوم}) = 700000 \text{ Kg/cm}^2$$

$I_y = (\text{cm}^4)$ ممان لازم جهت پروفیل افقی

$a = (\text{cm})$ فاصله تا کوزها از شیشه

$E = (\text{Kg/cm}^2)$ الاستیسیته آلومینیوم

$f = (\text{cm})$ مقدار مجاز انحراف ($f \leq L/500, \text{ max } 3 \text{ mm}$)

نزدیکی تا کوزهای زیر شیشه به کناره های شیشه اثر مثبت دارد، لیکن فاصله بین تا کوزها نمی بایست زیاد باشد. در این خصوص می توان از اطلاعات شرکت سازنده شیشه استفاده کرد.

۳. بار زلزله:

ساختمان ها و اجزای آنها باید برای اثر ناشی از زلزله بر اساس ضوابط مقررات ملی ساختمان ایران و مبحث بارهای ناشی از زلزله، طراحی و ساخته شوند. زلزله مبنای طراحی، زلزله ای است که احتمال وقوع آن در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان، کمتر از ۱۰ درصد باشد.

همچنین ساختمان های با اهمیت زیاد یا بلندتر از ۵۰ متر، باید ضوابط ویژه ای را برای اثر ناشی از زلزله سطح بهره برداری که احتمال وقوع آن در ۵۰ سال بیشتر از ۵/۹۹ درصد است، اقتناع کند.

لازم به ذکر است، تمامی عناصر باربر باید به نحوی به هم پیوسته باشند تا در زمان وقوع زلزله عناصر مختلف از هم جدا نشده و سازه به طور یکپارچه عمل کند.

البته در مبحث رفتار ساختمان و سازه کرتین وال حین وقوع زلزله به این موضوع خواهیم پرداخت. در این بخش روش محاسبه بار ناشی از زلزله در سازه های کرتین وال ذکر می گردد.



محاسبه بار برف حین بار برف، وزن برافش است که بر اساس آمار موجود در منطقه احتمال تجاوز از آن در سال کمتر از ۴ درصد باشد. محاسبه بار برف بر اساس خوانده مقررات ملی ساختمان ایران، حیث ششم صورت خواهد گرفت.

$$P_s = m \times P_o$$

$$m = 1 - \frac{\alpha - 30}{40} \times P_s \quad 0 \leq m \leq 1$$

$$P_s = \frac{KN}{m^2}$$

زاویه سطوح یا انحراف درجه: α

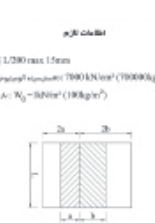
$$I_{min} = (I_a + I_b)$$

$$I = \frac{W \times b \times h^3}{1800 \times 10^8 \times E \times I} \left[3 - 4 \times \left(\frac{b}{L}\right)^2 \right]$$

$$I = \frac{W \times a \times h^3}{1800 \times 10^8 \times E \times I} \left[3 - 4 \times \left(\frac{a}{L}\right)^2 \right]$$

جدول شماره هفتم

طول (m)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
200	0.7	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0



جدول شماره ششم

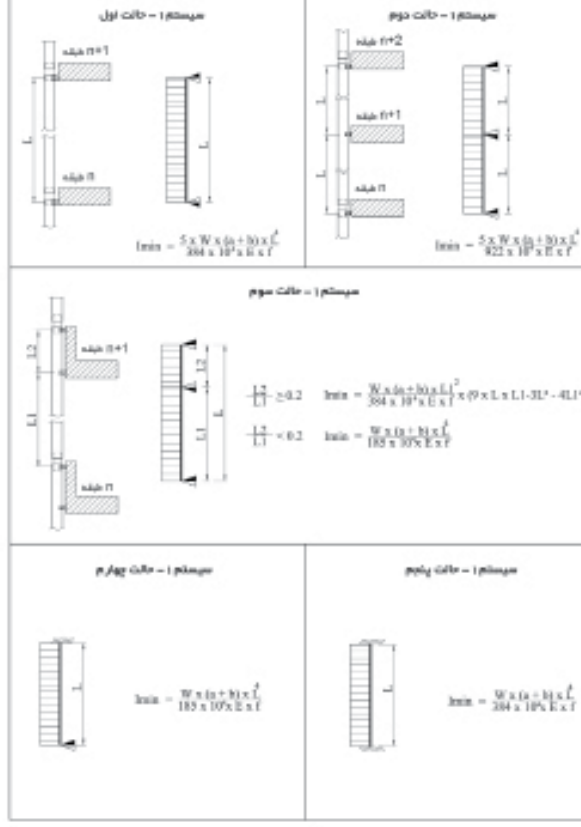
α	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
0° - 30°	1.0									
30°	1.00	0.97	0.95	0.92	0.90	0.87	0.85	0.82	0.80	0.77
40°	0.75	0.72	0.70	0.67	0.65	0.62	0.60	0.57	0.55	0.52
50°	0.50	0.47	0.45	0.42	0.40	0.37	0.35	0.32	0.30	0.27
60°	0.25	0.22	0.20	0.17	0.15	0.12	0.10	0.07	0.05	0.02
70° - 90°	0									

نظرات: $f_c = 20 \text{ N/mm}^2$ (معمولاً) $E = 20000 \text{ N/mm}^2$ (معمولاً) $\rho = 25 \text{ kg/m}^3$ (معمولاً)

جدول شماره چهارم

ضریب منطقه بر اساس ارتفاع از سطح آبهای آزاد و نقشه پهنه بندی

ارتفاع از سطح دریا (m)	منطقه I	منطقه II	منطقه III	منطقه IV
≤ 200	0.75	0.75	0.75	0.75
300	0.75	0.75	0.75	0.80
400	0.75	0.75	0.75	0.80
500	0.75	0.75	0.75	0.85
600	0.75	0.75	0.80	0.90
700	0.75	0.75	0.85	0.95
800	0.80	0.85	1.25	1.40
900	0.80	0.95	1.30	1.50
1000	0.80	1.05	1.35	1.60
> 1000	برای ارتفاع تا 100 متر به این اعداد 10 درصد و بیشتر از 100 متر، 20 درصد اضافه خواهد شد.			



پس از آشنایی با بارهای وارده بر سازه‌های کرتین والی می‌بایست به این نقطه اشاره کرد که نتایج حاصل از این مباحث در محاسبه انحراف مجاز پروفیل‌های آلومینیومی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد و از این طریق با توجه به اینکه رفتار پروفیل‌های عمودی سازه‌های کرتین وال شبیه ستون‌های لاغر در مباحث محاسباتی می‌باشد. بر اساس این انحراف مجاز می‌توان بهترین و بهینه‌ترین پروفیل مورد نیاز را انتخاب کرد. در ادامه به ارائه اطلاعات در این خصوص و فرمول‌های لازم و جداول مربوطه اشاره‌ای می‌کنیم.

بر اساس آیین نامه در محاسبه انحراف کرتین وال - انحراف مجاز پروفیل‌های عمودی $\frac{1}{200}$ و یا $150/100$ - هرگاه کمتر باشد مجوز می‌گردد.

فرمول محاسبه m در زیر ذکر شده است: $m = \frac{1}{100} \times \left(\frac{1}{0.67} \times \left(\frac{1}{1.32} \times \left(\frac{1}{1.56} \right) \right) \right)$

جدول شماره پنجم

کد پروفیل	طول (m)	I_x (cm ⁴)	I_y (cm ⁴)
8002	2/321	186/42	35/52
5003	2/589	298/43	35/60
5004	2/921	517/20	24/71
5005	2/453	162/90	28/98
5006	1/858	72/70	20/97
5007	2/067	78/59	23/33
5008	1/519	28/66	15/85
5009	1/852	31/97	18/42
5010	1/582	19/21	85/57
5011	1/452	18/44	42/43
5012	1/322	13/60	25/15
5014	2/175	107/29	107/29
5013	2/615	9/85	19/20
5070	2/185	310/97	36/64
5000	2/603	254/82	35/99
5001	3/151	32/46	38/45

همان‌گونه که مشاهده می‌کنید سازه‌های کرتین وال یکی از امن‌ترین اجزاء مورد استفاده در بناها می‌باشند که مصرف‌کنندگان این نوع کالاها (ساخت‌وساز کنندگان و کارفرمایان محترم) با ضریب امنیت بسیار بالایی می‌توانند از این سازه‌ها در بناهای خود استفاده کنند. البته جهت سهولت و دقت بیشتر در این خصوص برنامه‌های محاسباتی نیز در اختیار شرکت‌های معتبر وجود دارد که محاسبات را با سرعت و دقت بسیار بالایی می‌توانند انجام دهند.