بررسی عملکرد نمای کرتین وال در پروژه های بیمارستانی

چکیده مقاله:

در بیمارستان ها به دلیل عملکرد خاص و ضرورت بهره برداری بی وقفه در حوادث طبیعی و غیرطبیعی نیاز به نگاهی ویژه در طراحی و ساختار سازه های الحاقی (نما) به سازه اصلی وجود دارد.

نمای کرتین وال یکی از سیستم های مدرن و شاخص ساختمانی بوده که به دلیل شکل پذیری و مقاومت در برابر بارهای جانبی همچون باد و زلزله از نوع خود ایستا می باشد، همچنین به دلیل سبکی از پرکاربردترین نماهای ساختمانی در سازه های بلند مرتبه و ساختمان هایی با سطح نمای وسیع می باشد.

با توجه به زیبایی ، خودایستایی و تنوع دیتیل های اتصال در کرتین وال می توان آن را مناسب ترین نمای خشک برای سازه های بیمارستانی نامید.

کلمات کلیدی: کرتین وال، آلومینیوم، شیشه، بیمارستان، انرژی

مقدمه:

نمای کرتین وال از ترکیب پنل های ترد و شکننده (شیشه) یا پنل های نرم (کامپوزیت) و سازه فلزی شکل پذیر و مقاوم همچون آلومینیوم تشکیل می گردد.

مزایای نمای کرتین وال نسبت به نماهای دیگر به شرح زیر می باشد:

۱- نما به دلیل وجود آلومینیوم، سبک تر و درصد جذب انرژی در زلزله نسبت به نماهای دیگر همچون سنگ کمتر می باشد.

۲- به دلیل وجود شیشه های چند جداره ، عایق خوبی در برابر صوت می باشد.

۳- دارای مقاومت خمشی و فشاری مناسب در برابر بارهای جانبی (باد و زلزله) می باشد.

۴- باعث جلوگیری از صدمات ناشی از بارش باران، برف و یخ زدگی در ارتفاعات می گردد.

۵- عایق مناسبی در برابر انتقال گرما، سرما به داخل می باشد.

سیستم های کرتین وال برحسب مصالح مورد استفاده به دونوع آلومینیومی و Add on (فولادی- چوبی) تقسیم بندی می شوند.

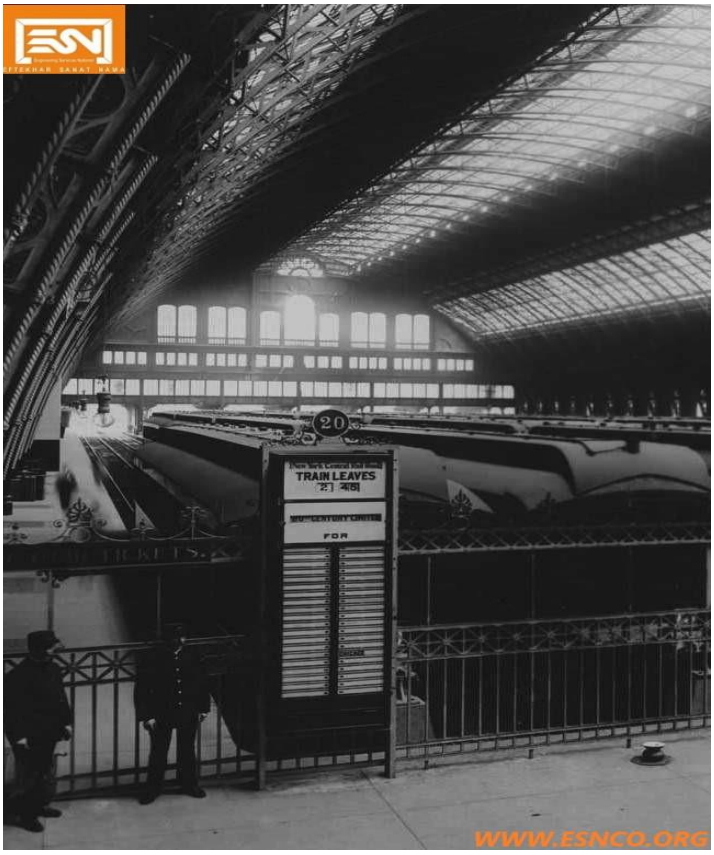
سیستم آلومینیومی برپایه مولیون ها و ترنزوم های آلومینیومی می باشد و ساختار سیستم Add on بر پایه اضافه کردن مقاطع فولادی و چوبی به دماغه های آلومینیومی است.

همچنین کرتین وال برحسب نوع اجرا به دودسته استیک و یونیتایز تقسیم می گردد.

نوع اجرا در استیک براساس اتصال قطعات مختلف به یکدیگر می باشد اما در روش یونیتایز فریم های یکپارچه آلومینیومی به صورت یکجا اجرا می گردند.

تاریخچه:

با رشد روز افزون سازه های بلند در قرن ۱۹ میلادی در اروپا و ایالات متحده آمریکا معماران برای افزایش زیبایی ، بهره وری بیشتر از نور خورشید و تنوع متریال در نمای ساختمان نمای کرتین وال که تلفیقی از متریال چوب، چدن و شیشه را ابداع کردند.



Grand Central Depot-1871

First Leiter Building-1879

سالها بعد به دلیل ایجاد خرابی های ناشی از بارهای دینامیکی مهندسان در جهت بهبود رفتار سازه های الحاقی شروع به بررسی و عملکرد نمای ساختمان پرداختند و اولین نمای کرتین وال که براساس بار باد طراحی گردید ساختمان Monadnock Building در سال ۱۸۹۱ می باشد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

برای اولین در سال ۱۸۹۵ برای اولین مهندسین به محاسبه ضخامت شیشه براساس بارهای وارده به آن پرداختند که منجر به کاهش ضخامت شیشه نسبت به سالهای قبل از طراحی گردید.

Reliance Building

1890-1895

در قرن ۲۰ میلادی معماران با همکاری مهندسان برای استفاده بیشتر از نور خورشید، ساخت پنل های بزرگتر را با استفاده از شیشه های چند جداره در ساختمان های اداری و بیمارستانی ارایه دادند.

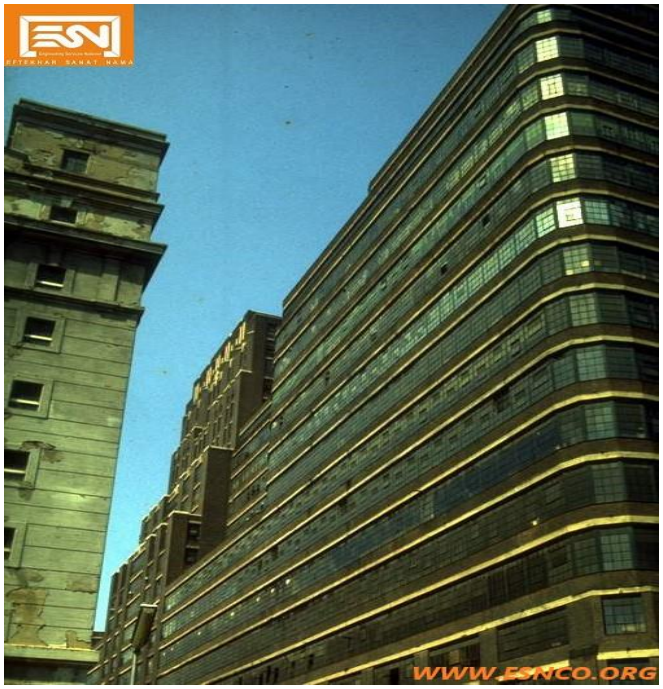
Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

اولین ساختمان با نمای کاملا شیشه ای در سال ۱۹۱۸ در کالیفرنیا در ساختمان Hallidie Building با مولیون های چدنی و ابعاد فریم ۳ در ۳ اینچ در یک ساختمان بتنی ایجاد گردیده است.

Hallidie Building

1918

اولین نمای کرتین وال نواری داخلی در فریم در سال ۱۹۳۱ در نیویورک ایجاد گردید.



Starrett-Lehigh Building

1931

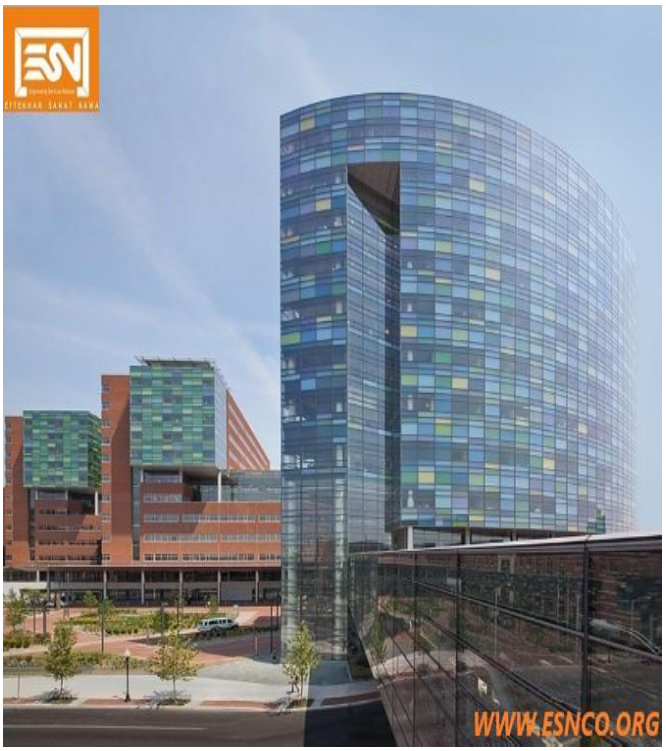
Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

اولین ساختمان تمام شیشه ای دو پوسته ای در سال ۱۹۴۸ در پرتلند ایجاد گرید.

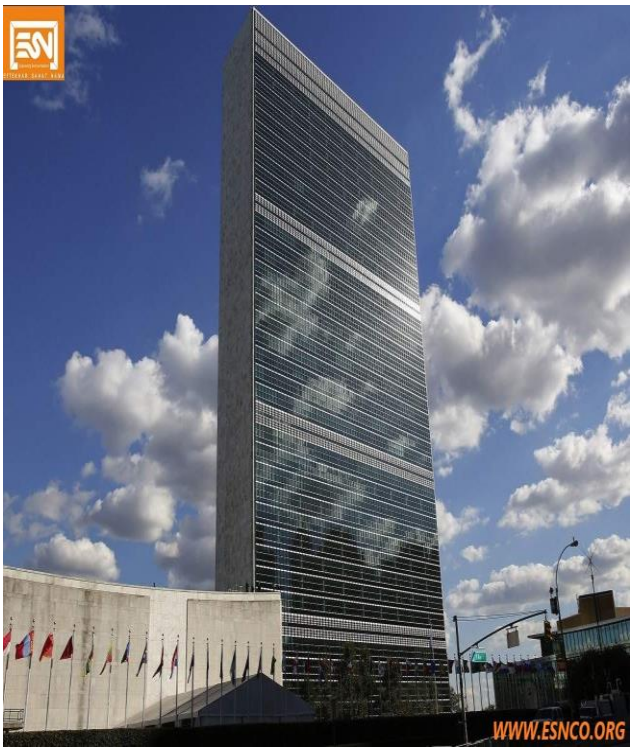
Equitable Building

1948

در نیمه دوم قرن ۲۰ میلادی با افزایش روز افزون آلومینیوم و سبکی و شکل پذیری آن برای اولین بار در نمای کرتین وال لامل های آلومینیومی براساس طراحی مهندسی مورد استفاده قرار گرفت.



Hopkins Hospital-2012



United Sations Secretariat- 1950

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran

(+9821)44447901

(+9821)44447903

esnco2010@gmail.com

www.esnco.org

عملکرد نمای کرتین وال

کرتین وال دارای دو ساختار مجزا از هم می باشد:

۱- پنل های پوشاننده سطح (شیشه)

۲- سازه خودایستا و نگهدارنده پنل (آلومینیوم)

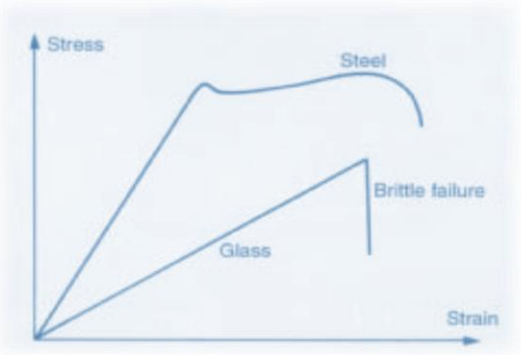
در ادامه عملکرد هر دو ساختار بررسی می گردد.

شیشه:

یکی از اجزای اصلی نمای کرتین وال پنل های پوشاننده سطح می باشد که این پنل ها با هر متریالی چه به صورت مجزا و چه به صورت پیوسته با نما باید در برابر بارهای جانبی مقاوم باشد.

با توجه به قدمت استفاده از شیشه از ۴۰۰۰ سال قبل و پرکاردبودن آن در سطح وسیع در ساختمان ها ، غالب متریال مورد استفاده در پنل ها ، شیشه می باشد.

شیشه در حالت عادی دارای ساختار غیرکریستالی، ترد و شکننده می باشد و دارای رفتاری خاص در منحنی تنش- کرنش می باشد.



شکل ۱: منحنی تنش- کرنش شیشه

براساس منحنی شکل۱ به دلیل ساختار غیرکریستالی شیشه در کشش ضعیف است و هنگامی که تحت تنش قرار می گیرد بلافاصله و بدون هشدار قبلی می شکند در صورتی که فولاد و آلومینیوم به دلیل شکل پذیری چنین اتفاقی برای آنها نمی افتد.

آزمایشات نشان می دهد که شیشه تنها در بارهای استاتیکی مقاومت نشان می دهد و در برابر بارهای دینامیکی ضعیف می باشد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

با وجود ضعف در مقاومت شیشه، به دلیل زیبایی، شفافیت و ساخت شکل های مختلف با انواع رنگ ها استقبال از آن روز به روز در حال افزایش است.

می توان با دو راهکار ضعف در مقاومت شیشه را کاهش داد.

۱- با توجه به اینکه در بیمارستانها ضرورت بهره برداری بی وقفه ملاک می باشد باید شیشه های با مقاومت بالا از نوع سکوریت استفاده کرد.

شیشه های سکوریت یا سخت شده (Tempered) :

در مرحله اول دمای شیشه را به حدود ۷۰۰ درجه سانتیگراد می رسانند و چندین دقیقه شیشه را در این دما نگه داشته تا گرادیان دمایی در طول شیشه از بین رفته و دمای یکسانی در تمام شیشه ایجاد شود، در پایان این مرحله شیشه به حالت خمیری با دمای همسان در کلیه قسمت ها می گردد.

مرحله بعد شیشه که در فاز خمیری قرار دارد از کوره خارج شده و توسط دمنده های هوا به سرعت سرد می گردد، بطوریکه سطح شیشه سریعاً از فاز خمیری به جامد تبدیل می شود، این در حالیست که هنوز مرکز شیشه در فاز خمیری قرار دارد، در ادامه با سرد کردن بیشتر، مرکز شیشه نیز شروع به جامد شدن می کند، کم شدن دمای مرکز با انقباض هایی همراه است که باعث فشرده شدن لایه خارجی شیشه شده و در نهایت منجر به ایجاد تنشهای فشاری بر روی سطح شیشه می گردد که با بهبود خواص استحکامی شیشه سکوریت همراه خواهد بود.

۲- استفاده از شیشه های چند جداره با تلق لمینیت (P.V.B) می باشد تا با جذب انرژی در بارهای دینامیکی خاصیت شکل پذیری به شیشه داده شود.

براساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان، بیمارستان ها درگروه خطرپذیری یک می باشند به همین دلیل انتخاب ضخامت شیشه در نما از حساسیت بالایی برخوردادر می باشد.

ضخامت شیشه به دو روش انجام می پذیرد:

۱- محاسبه ضخامت نما براساس آیین نامه های معتبر دنیا همانند آیین نامه هند، آمریکا، استرالیا، کانادا و ....

۲- مدلسازی بحرانی ترین پنل در نرم افزار های تخصصی محاسبات همانند SAP2000 و MEPLA .

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

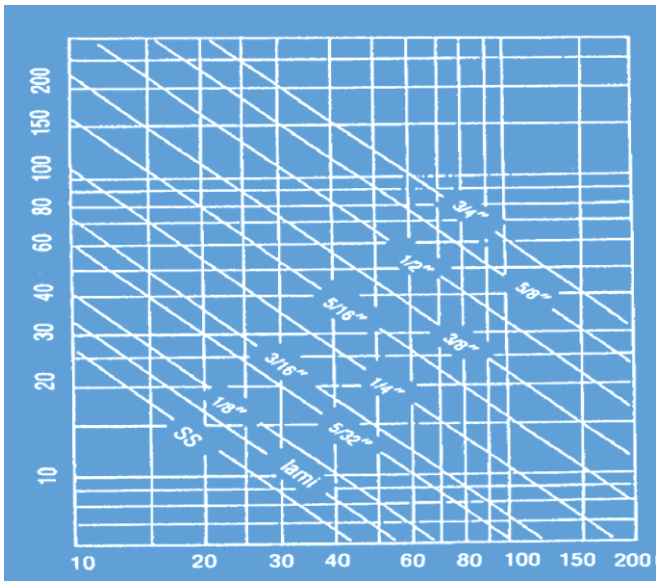
محاسبه ضخامت شیشه در آیین نامه های معتبر دنیا براساس بار بار باد وارده و فواصل تکیه گاهی قابل محاسبه می باشد.

آیین نامه هند برای محاسبه ضخامت شیشه فرمول های زیر را ارایه داده است.

$$b = \frac{4.39 * T}{\sqrt{\frac{P_{net}}{P_f}}} \qquad T \leq 6mm$$

$$b = \frac{4.22 * T}{\sqrt{\frac{P_{net}}{P_f}}} \qquad T > 6mm$$

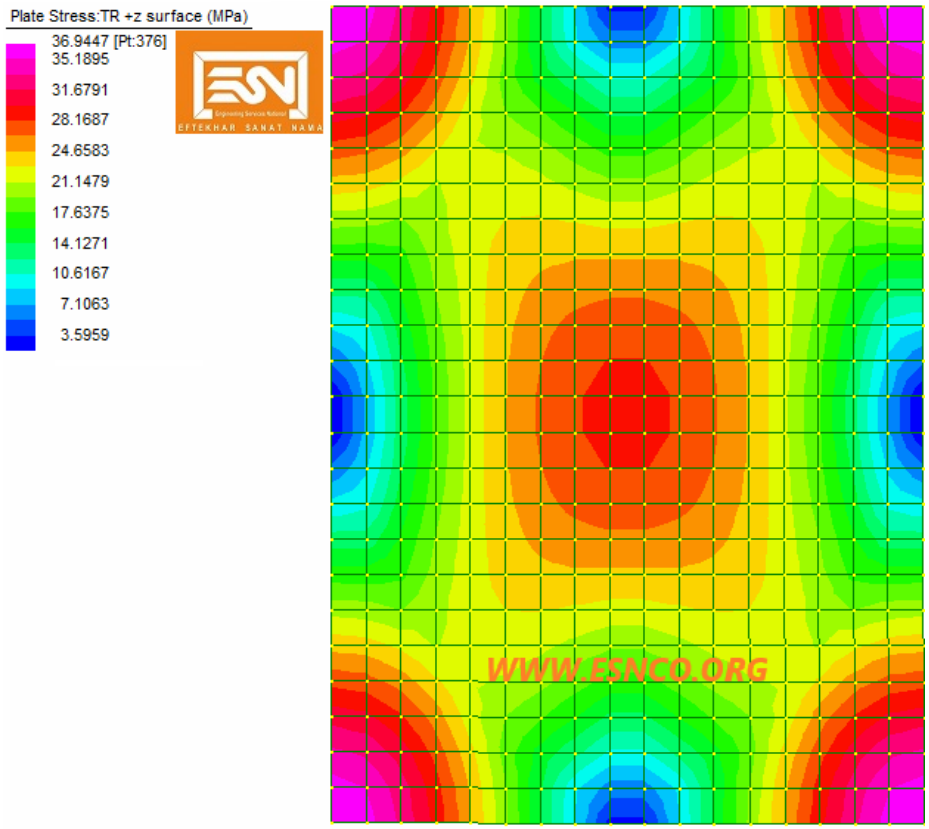
در محاسبه ضخامت شیشه ، آیین نامه آمریکا نمودار زیر را ارایه داده است:



به دلیل حساسیت بالا در نماهای بیمارستانی و رفتار متفاوت شیشه در بارهای دینامیکی ، محاسبه ضخامت شیشه باید از طریق مدلسازی بحرانی ترین پنل با نرم افزارهای مهندسی صورت پذیرید تا به این روش رفتار شیشه در تمام نقاط بررسی گردد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

در شکل زیر مدلسازی یک شیشه سکوریت در نرم افزار SAP2000 آورده شده است



براساس پنل شیشه ای مدلسازی شده با توجه به اینکه شیشه از ۴ طرف دارای تکیه گاه می باشد ضخامت شیشه براساس روش Finite Element جوابگو می باشد.

آلومینیوم:

سازه خود ایستا و نگهدارنده شیشه در اغلب موارد آلومینیوم می باشد.

آلومینیوم به دلیل سبکی، مقاومت در برابر خوردگی، مقاومت مناسب و تنوع در قطعات ساخته شده کاربرد فروانی در صنعت نما پیدا کرده است.

مدلسازی نمای کرتین وال به دلیل خود ایستا بودن آن همانند مدلسازی یک ساختمان می باشد.

بار در ساختمان از سقف به تیرها و سپس به ستون ها و از ستون ها به پی و از پی به زمین انتقال می یابد و همین روند نیز در نمای کرتین وال رخ می دهد که بار باد از شیشه به مولیون ها و بار وزن به ترنزوم و از ترنزوم به مولیون ها صورت می پذیرد که همانند انتقال بار در ساختمان هست.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

فاکتورهای تاثیر گذار بر انتخاب مقطع مولیون به شرح زیر می باشد:

۱. ممان اینرسی مقطع آلومینومی - Moment of Interia

۲. فاصله تکیه گاهی – Distance of Support

۳. فشار بار باد در طبقات - Pressure of Wind

براساس مبحث ششم و دستورالعمل طراحی نمای ساختمان (۷۱۴) فشار باد در منطقه به اهمیت سازه در منطقه نیز وابسته است و سازه های بیمارستانی در گروه خطر پذیری یک می باشند و تحت تاثیر بار دینامیکی قویتری قرار میگیرند.

۴. نیروی زلزله در منطقه – Load of Earthquake

با توجه به اینکه ایران در کانون زلزله قرار دارد و هر لحظه امکان وقوع زلزله های قوی و ضعیف در هر منطقه ای از ایران وجود دارد باید در طراحی نمای ساختمان مقدار نیروی وارده ناشی از زلزله باید براساس منطقه، نوع خاک، رفتار نما هنگام وقوع و میزان جذب انرژی آن برآورد گردد.

فاکتورهای تاثیر گذار بر انتخاب مقطع ترنزوم به شرح زیر می باشد:

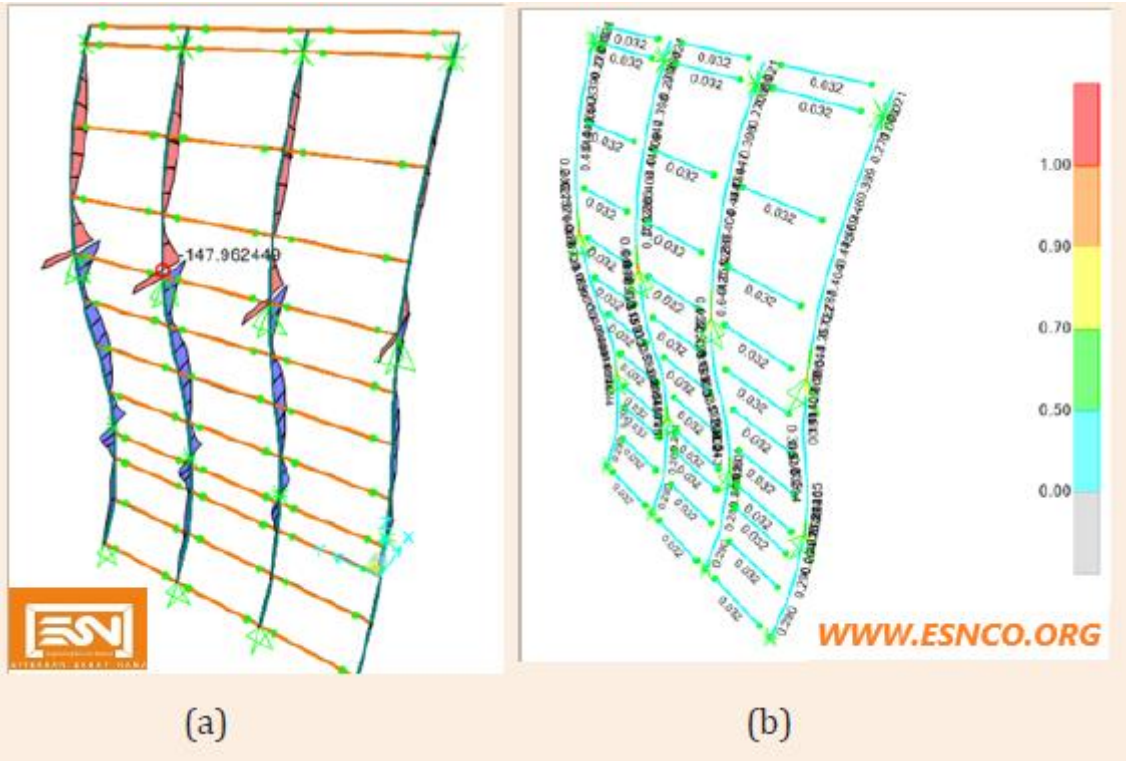
۱. ممان اینرسی مقطع - (Moment of Interia)

۲. فشار بار باد - Pressure of Wind

۳. وزن شیشه بین دو ترنزم – Weight of Glass

به دلیل شرایط حساس حکفرما در سازه های بیمارستانی و امکان بهره برداری در زمان بعد از وقوع حوادث ، طراحی سازه های نما براساس بارهای بحرانی وارده بر نما و با نرم افزار مهندسیSAP2000 مدلسازی و خروجی های آن برای آنکه لامل ها جوابگوی بارهای وارده باشند باید به صورت دستی کنترل گردند.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org



شکل ۲: مدل ساخته شده با SAP

مدل ساخته شده در شکل ۲ برای سازه آکادمی اسپایر در قطر می باشد که بار باد که بحرانی ترین بار می باشد به سازه کرتین وال اعمال گردیده است و با توجه به شرایط تکیه گاهی و خروجی های گرفته شده از نرم افزار لاملی با ممان اینرسی $۹۲۰\ cm^4$ جوابگو بوده است.

در صورتی که لامل های آلومینیومی براساس تحلیل ها و طراحی های انجام شده جوابگو نباشند باید روش های زیر لامل ها را تقویت کرد:

۱. تغییر ارتفاع مقطع لامل

۲. تغییر ضخامت مقطع

۳. و ر اهکارهای دیگر

در تمام موارد گفته شده ممان اینرسی مقطع آلومینیومی افزایش می یابد که در نتیجه مقاومت لامل ها در برابر لنگرهای خمشی ناشی از بارهای وارده افزایش می باد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

انرژی

یکی از موارد مهمی که در نمای کرتین وال نسبت به نماهای دیگر خود نمایی می کند کاهش تلفات انرژی در ساختمان می باشد.

نمای کرتین وال به دلیل یکپارچگی و پنل های چند جداره شیشه ای تلفات انرژی را در ساختمان پایین آروده و بهره ساختمان از نور خورشید در فصول سرد بیشتر می گرداند.

انتقال انرژی در نما از ۴ طریق ممکن است:

۱- نفوذ هوا

هوا از طریق درزها بین محیط داخلی و خارجی در تبادل می باشد که از طریق ایجاد فلاشینگ این تبادل از بین می رود.

۲. انتقال

از طریق مصالح تبادل انرژی رخ می دهد که با توجه به توع مصالح از آلومینیوم، شیشه و لاستیک های E.P.D.M این تبادل کم می گردد.

۳. همرفت

از طریق انتقال انرژی به هوا و فرار به محیط سردتر رخ می دهد.

۴. تابش.

انتقال از هوا و تابش نور خورشید به شیشه وابسته است.

در یکی از تحقیقاتی که در سال ۲۰۱۵ توسط محققین کره ای انجام پذیرفت تعداد ۳۰ ساختمان که بیین سالهای ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۳ ساخته شده اند برای تاثیر نسبت های فریم های در میزان انتقال انرژی مورد بررسی قرار گرفت.

مشخصات مدل های در نظر گرفته شده به شرح زیر می باشد:

۱۸ تا از ساختمان ها در مرکز و ۱۲ تا در جنوب کشور کره جنوبی هستند ، متوسط ارتفاع سقف ها ۲۹۵۰ میلیمتر است.

بین هر دو سقف دو یا سه ترنزم وجود دارد ، متوسط فواصل مولیون ها ۶۰۰ تا ۱۹۵۰ میلیمتر است ، ۲۶ تا از ۳۱ مدل انتخاب شده دارای فواصل مولویون ۹۰۰ تا ۱۶۰۰ میلیمتر است.

میزان انرژی عبوری از نمای کرتین وال براساس فرمول ISO12631 به شرح زیر می باشد:

$$U_{cw} = \frac{\Sigma A_g U_g + \Sigma A_p U_p + \Sigma A_f U_f + \Sigma A_m U_m + \Sigma A_t U_t + \Sigma l_{f,g}\Psi_{f,g} + \Sigma l_{m,g}\Psi_{m,g} + \Sigma l_{t,g}\Psi_{t,g} + \Sigma l_p \Psi_p + \Sigma l_{m,f}\Psi_{m,f} + \Sigma l_{t,f}\Psi_{t,f}}{A_{cw}}$$

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

U_{cw}: میزان انتقال انرژی در نمای کرتین وال

U_g ,U_p ,U_f ,U_m ،U_t: میزان عبور انرژی از شیشه، پنل، قاب، مولیون و ترنزوم

$\psi_{f.g}$: انتقال انرژی در ترکیب قاب و شیشه

$\psi_{m.g}$: انتقال انرژی در ترکیب مولیون و شیشه

$\psi_{t.g}$: انتقال انرژی در ترکیب ترنزوم و شیشه

ψ_{p} : انتقال انرژی در ترکیب پنل و شیشه

$\psi_{m.f}$: انتقال انرژی در ترکیب قاب و مولیون

$\psi_{t.f}$: انتقال انرژی در ترکیب قاب و ترنزوم

$L_{t,g}$, $L_{f,g}$, $L_{m,g}$: طول مولیون، ترنزوم و قاب

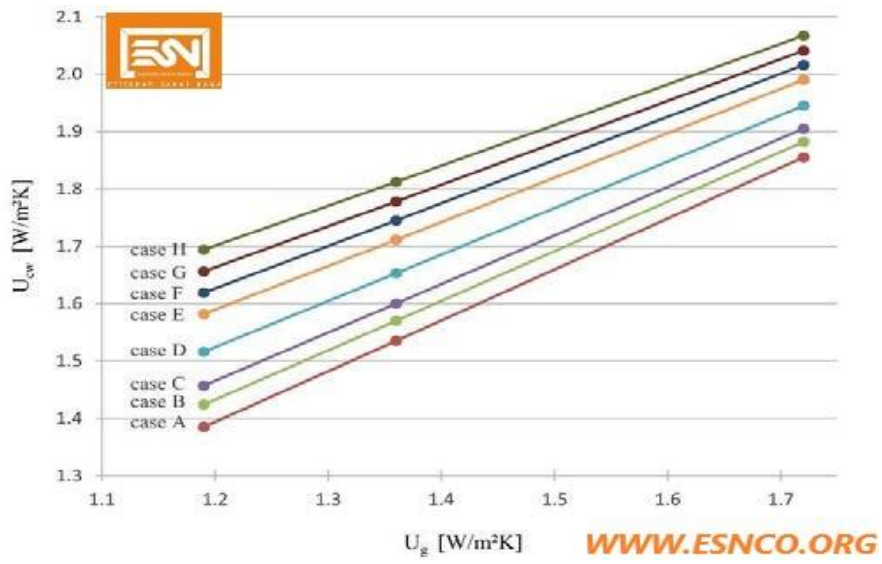
A_g : مساحت کرتین وال

A_p : مساحت پنل

A_f : مساحت قاب

A_t : مساحت ترنزوم

A_m : مساحت مولیون



با توجه به شکل روبرو هر چه ابعاد قاب ها و شیشه افزایش یابد میزان انتقال انرژی به محیط بیرون بیشتر می گردد، همچنین با افزایش دو برابری نسبت قاب ها در حالت A به H درصد انتقال انرژی ۳۰ درصد افزایش میابد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

نتیجه گیری

نمای کرتین وال از قطعات آلومینیوم، شیشه، اتصالات زیرسازی، قطعات کاهنده اتلاف انرژی، فلاشینگ و درزهای آببندی تشکیل گردیده است.

نمای کرتین وال از نظر ظاهری به دو دسته فریم دار و فریم لس تقسیم بندی می شوند.

رفتار شیشه ترد و شکننده است که با ترکیب با آلومینیوم یا آهن به صورت سیستم یکپارچه در می آید و این سیستم یکپارچه که نسبت به انواع نماهای دیگر دارای ضریب رفتار و شکل پذیری بالاتری می باشد.

نمای کرتین وال به دلیل سبکی ، مقاوت مناسب در برابر نیروهای جانی و ساختار به هم پیوسته و جلوگیری از اتلاف انرژی و جلوگیری از انتقال صوت از خارج داخل و ایجا محیطی امن برای کادر درمان و بیماران یکی از بهترین نوع نماهای مورد استفاده برای بیمارستان ها می باشد.

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran
(+9821)44447901
(+9821)44447903
esnco2010@gmail.com
www.esnco.org

منابع:

۱. دستورالعمل طراحی سازه ای و الزامات و ضوابط عملکردی و اجرایی نمای خارجی ساختمان ها- ضابطه شماره ۷۱۴- مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی، معاونت تحقیقات.

۲. مقررات ملی ساختمان، مبحث ششم، بارهای وارد بر ساختمان، ویرایش سوم، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی،

3. Basic structural design considerations and properties of glass and aluminum structures, S.L. Chan

4. Curtain Wall Construction, Columbia University, Chris Gembinski

5. The effects of the frame ratio and glass on the thermal performance of a curtain wall system, 6th International Building Physics Conference, Min Jung Baea, Ji Hyun Ohb, Sun Sook Kimb

6. Curved Curtain Wall for the Extension of Aspire Academy Qatar. Med Crave. Muhammad Tayyab Naqash

7. Analysis and Design of Curtain Wall Systems for High Rise Building. University of Southern Queensland

Faculty of Engineering and Surveying. Wong Wan Sie, Winxie.

8. Code of Practice for Use of Glass in Building for India.

9. AS1288-2006 Australian Standards Glass in Building.

10. Wind Load Guidelines, Technical Data, U.S.A

Unit 4,Floor2,No22,Alley4 Vahdat
Hwy Ayatollah Hakim, Tehran, Iran

(+9821)44447901

(+9821)44447903

esnco2010@gmail.com

www.esnco.org