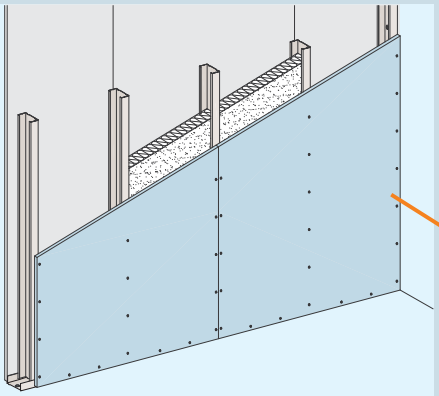
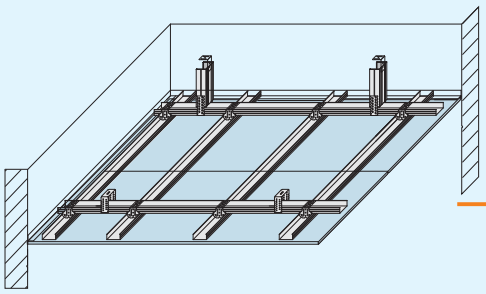
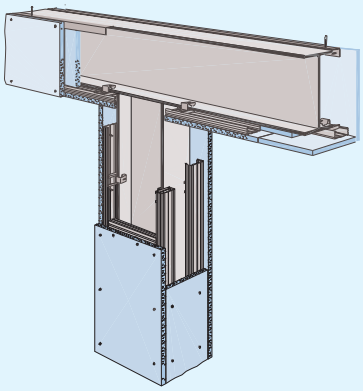
KNAUF
Drywall Systems

طراحی ایمن زلزله با کناف ایران

طراحی ایمن زلزله با کناف







فهـــــرست

مقــدمه	۲
بررسی آثار زیانبار لرزه‌ای ناشی از به کارگیری مصالح و ساختارهای نامناسب در اجزای غیر سازه‌ای	
آثار زیانبار ناشی از جرم زیاد – اثر کلی بر سازه – اثر موضعی بر اجزای غیر سازه‌ای – تشدید اثر P-△	۳
آثار زیانبار ناشی از سختی جانبی کاذب میانقابهای بنایی متداول – تشدید پاسخ دینامیکی سازه – اثر طبقهٔ نرم – اثر ستون کوتاه – اثر پیچش – شکست انفجاری دیوارها	۵
آثار زیانبار ناشی از روشهای نادرست اجرایی (اتصالات نامناسب اجزای غیر سازه‌ای)	۸
طراحی ایمن زلزله با کناف	
بررسی مزایای سبک سازی با استفاده از ساختارهای کناف، در تحلیل لرزه‌ای یک ساختمان	۹
بررسی عملکرد لرزه‌ای دیوارهای غیر باربر کناف	۱۰
بررسی عملکرد لرزه‌ای سقفهای معلق کناف	۱۲
بررسی عملکرد دیوارهای کناف به عنوان دیوار برشی	۱۵
منابع و مأخذ	۱۸
استانداردها	۱۹

تقدیر و تشکر

با قدردانی صمیمانه از همکاری اساتید محترمی که مطالعات خود را جهت تهیهٔ این مجموعه ارائه نمودند:

دکتر محمدقاسم وتر – عضو هیئت علمی پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله
دکتر محمدرضا عدل پرور – عضو هیئت علمی دانشگاه علم و صنعت ایران
دکتر محمدحسن فلاح – عضو هیئت علمی دانشگاه شیراز
دکتر حمیدرضا وثوقی فر – عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب
دکتر علی اصغر گرجی – دکترای سازه از دانشگاه لاوال کانادا

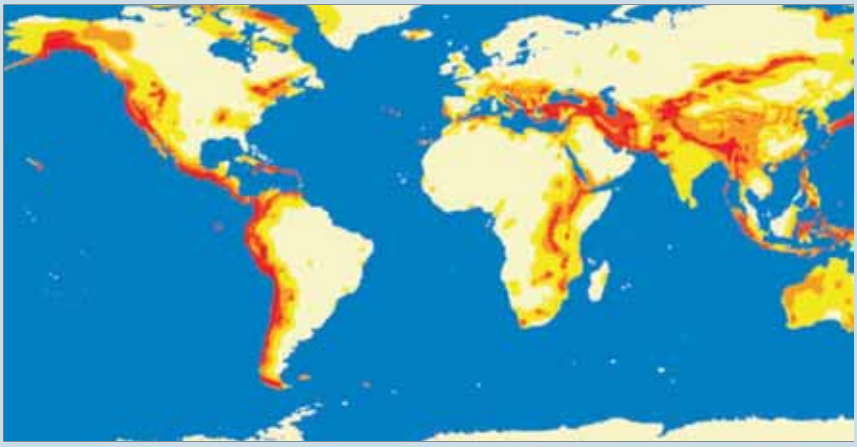
مقدمـــه

زلزله های بزرگ و ویرانگر هر از چند گاهی بخشی از کره زمین را به لرزه در آورده و موجب تلفات و خسارات جانی و مالی فراوان می گردند. تنها طی یک قرن اخیر حدود ۱۰۰۰ بار زلزله به صورت مخرب در جهان روی داده و بیش از یک میلیون نفر را به کام مرگ کشانده است. آنچه که در این میان نگران کننده است این که حدود ۲۰ درصد زمین لرزه هایی که طی این مدت در دنیا رخ داده است به ایران مربوط می شود و حدود ۸۰ درصد تلفات ناشی از زلزله نیز مربوط به ۶ کشور دنیا از جمله ایران است.

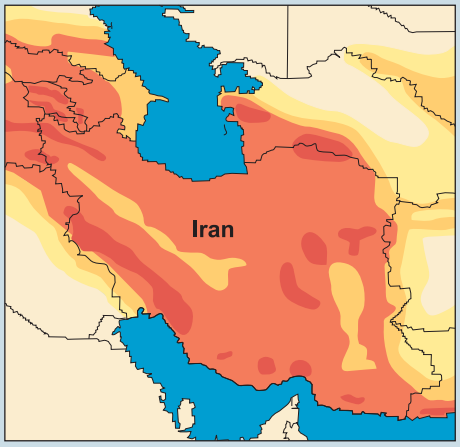
کشور ایران بر روی کمربند جهانی زلزلهٔ آلپ و هیـمالیا واقع شده است (شکل ۱). بررسی ها نشان می دهد که **بیش از ۹۰ درصد از خاک ایران زلزله خیز است** (شکل ۲) و اکثر شهرهای ایران را خطر وقوع زلزله‌های شدید تهدید می کند. آمارها نشان می دهند که به طور متوسط در هر دهه، زلزله‌ای با قدرت بالای ۷ ریشتر در ایران رخ می دهد و در سه دههٔ اخیر، افزون بر ۱۳۰ هزار نفر از هموطنانمان بر اثر زلزله جان خود را از دست داده اند.

وقوع این حوادث موجب شد که بازنگریهایی در صنعت ساختمان کشور صورت پذیرد و استفاده از **مصالح و ساختارهای سبک و انعطاف پذیر** در اجزای غیر سازه‌ای، به عنوان راهکاری موثر در ساخت بناهای ایمن در برابر زلزله، در دستور کار قرار گیرد **(بندهای ۱-۸-خ و ۱-۸-د آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران)**. استفاده از اجزای غیر سازه‌ای سنگین و صلب باعث افزایش نیروهای وارده از زلزله گردیده و تاثیر منفی بر رفتار لرزه‌ای سازه ها دارد، به طوری که این آثار می توانند موجب نابودی کامل ساختمانها شوند.

یکی از ساختارهای مناسب جهت اجرای اجزای غیر سازه‌ای مانند دیوارهای داخلی و خارجی، نماها و سقفهای کاذب، **سیستمهای ساخت و ساز خشک (Drywall Systems)** می باشد. ساختار کلی سیستمهای ساخت و ساز خشک، شامل صفحات روکش‌دار گچی (و یا صفحات مسلح سیمانی) و مقاطع فولادی سبک می باشد، که این صفحات به عنوان پوشش و مقاطع فولادی به عنوان زیرسازی عمل می نمایند. در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد ساختمان سازیها در کشورهای پیشرفتهٔ جهان با استفاده از این ساختارها انجام می شود. خوشبختانه این فناوری توسط **شرکت کناف ایران** وارد کشور شده و تا کنون پروژه های بسیار مهمی در سطح کشور با موفقیت اجرا شده است.



شکل۱ : نقشه پهنه‌بندی زلزله جهان



شکل۲ : نقشه پهنه‌بندی زلزله ایران

۱- آثار زیانبار ناشی از جرم زیاد

۱-۱- اثر کلی بر سازه: اگر معادله پایه در محاسبات مهندسی زلزله سازه ها را $[m]\{\ddot{x}\}+[c]\{\dot{x}\}+[k]\{x\}=-[m]\{a_g\}$ قرار دهیم، در می یابیم که آزاد شدن ناگهانی انرژی پوستهٔ زمین در مرز بین گسلها (زلزله) باعث حرکت یا شتاب زمین (a_g) می شود که خود به صورت یک نیروی موثر خارجی ($p_t=-m.a_g$) به سازه اعمال می گردد. این نیروی خارجی سبب تحریک عکس العملهایی در سازه به صورت نیروهای اینرسی ($m\ddot{x}$)، نیروهای میرایی ($c\dot{x}$) و نیروهای سختی (kx) مـی شود. اما نکتهٔ قابل توجه این است که جرم مهمترین نقش را در ایجاد نیروهای زلزله در سازه ها ایفا می کند. به عبارت دیگر، بدون وجود جرم، حرکات دینامیکی سازه وجود نخواهد داشت. هر قدر که جرم بیشتر باشد نیروی زلزلهٔ بزرگتری به سازه وارد می شود. مسلماً حذف جرم در ابنیه غیر ممکن است، ولی می توان با به کارگیری مصالح نوین، مقدار آنرا به حداقل رساند. بررسیها نشان می دهد که دیـوارهای کناف، ۶۰ - ۹۰٪ از دیوارهای بنایی متداول سبکتر هستند (رجـوع شود به صفحهٔ ۱۰).

شکل۳ : انهدام خارج از صفحه دیوارهای بنایی

به طور کلی، سبک سازی موجب می شود که شتاب زلزله کمتر بر ساختمان اثر کند و نیروهای مخرب ناشی از زلزله کاهش یابند. بررسی موردی یک ساختمان هفت طبقه نشان می دهد که استفاده از دیوارهای سبک کناف به جای دیوارهای سنگین بنایی، موجب کاهش وزن ساختمان به میزان ۳۶ ٪ و کاهش نیروی زلزله به میزان ۵۹ ٪ شده است (رجوع شود به صفحهٔ ۹). به لحاظ اقتصادی، سبک سازی موجب می شود که مخارج تامین ایمنی سازه در برابر زلزله کاهش یابد. سبک کردن اجزای غیر سازه ای علاوه بر اینکه نیروهای جانبی ناشی از زلزله را کاهش می دهد، نیروهای قائم (بار مرده) وارده بر ساختمان را نیز کاهش داده و در نتیجه پی و مقاطع مورد نیاز برای تامین ایستایی سازه بسیار بهینه و اقتصادی می گردند.

۱-۲- اثر موضعی بر اجزای غیر سازه ای: به کارگیری دیوارهای سنگین، نه تنها جرم کلی ساختمان را افزایش می دهد و باعث هدایت نیروهای بیشتری از زلزله به سازه می شود، بلکه سبب می شود که این اجزا به خاطر وجود جرمهای زیاد، تحت اثر شتاب زلزله، در امتداد عمود بر صفحهٔ خود دچار ناپایداری و انهدام خارج از صفحه شوند؛ خصوصاً وقتی که این اجزا با وجود وزن زیاد، به سازه مهار نشده باشند (شکل ۳). اجزای غیر سازه ای باید خود در مقابل زلزله مقاوم باشند. آزمایشات نشان می دهد که دیوارهای کناف به خوبی در برابر شتابهایی به بزرگی بیش از 5g مقاومت دارند (رجوع شود به صفحهٔ ۱۱). این در حالی است که شتاب مبنای طرح در زلـزله خیزترین مناطق ایران حداکثر 0/35g در نظـر گرفته می شود. عوامـل مهمی که باعث پایداری دیوارهای کناف شده است، وزن بسیار کـم و ساختار ترکیبی لایه های پوششی با سازه های فولادی سبک به کار رفته در آنها می باشد.

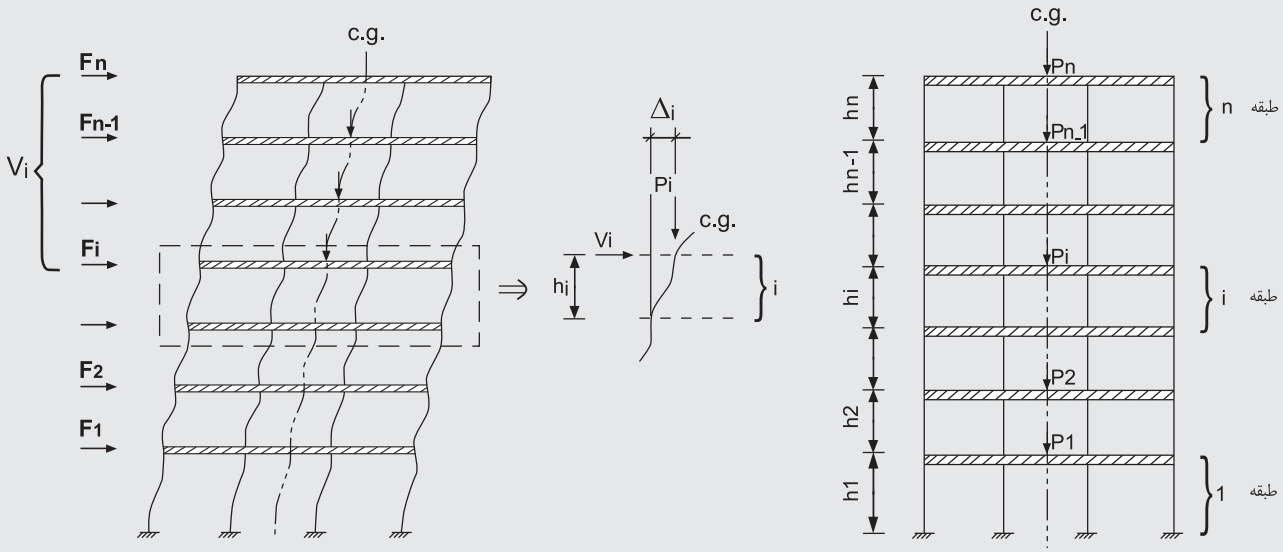
شکل۴ : تخریب کل ساختمان بر اثر فروریزی دیوارهای بنایی باربر

اثر موضعی نیروهای ناشی از زلزله بر روی اجزای غیر سـازه ای به خصـوص دیوارها را باید جدی گرفت. فروریزی دیـوارها همواره خطـری مرگـبار برای انسانها به حسـاب می آید و آوارهای به جای مانده از تخریب زلزله، دسترسی و امداد رسـانی را به آسیب دیدگان دشـوار می سازد و مسلماً هـر چه حجم و گستردگی آوار بیشتر باشـد، شانس نجات و زنده مانـدن مصدومین نیز کاهش می یابد. به علاوه، چنانچه دیوارهای بنایی نقش باربری را در ساختمان داشته باشند، فروریزی آنها موجب نابودی کل بنا خواهد شد (شکل ۴).

از نظر اقتصادی نیز از بین رفتن اجزای غیر سازه‌ای می تواند خسارتهای فراوانی به ساختمان وارد سازد؛ به طوری که پس از وقوع زلزله های شدید، بعضاً در ساختمانها مشاهده شده است که خرابی اسکلت سازه ها گسترده نبوده ولی خرابی اجزای غیر سازه‌ای به حدی است که کل ساختمان باید جمع آوری گردد. در ایران قیمت اسکلت به طور میانگین و تقریبی ۲۵٪ قیمت کل ساختمان است و هزینه های مربوط به اجزای غیر سازه‌ای حدود ۷۵٪ قیمت کل ساختمان را در بر می گیرد. بنابراین، در صورت خرابی یک ساختمان، علاوه بر اسکلت، هزینهٔ سنگینی به اجزای غیر سازه‌ای تعلق می گیرد و به لحاظ مسائل اقتصادی شاید صلاح باشد که در صورت تخریب گستردهٔ این اجزا، اسکلت ساختمان نیز تخریب و از نو ساخته شود. به علاوه، موضوع استفاده از ساختارهای مناسب جهت دیوارهای تاسیساتی و حفاظت از تاسیسات ساختمان نیز اهمیت زیادی دارد؛ زیرا علاوه بر هزینه های سنگین بازسازی تاسیسات ساختمان و ملاحظات اقتصادی، اهمیت این موضوع به ویژه برای ساختمانهایی مانند بیمارستانها، که پس از وقوع زلزله ملزم به سرویس دهی بلادرنگ هستند، مشخص می شود.

۱-۳- تشدید اثر $P-\Delta$: وجود اجزای غیرسازه‌ای سنگین در ابنیه، که معمولا از مصالح بنایی سنتی ساخته می شوند، موجب افزایش نیروهای ثقلی و در نتیجه افزایش اثر $P-\Delta$ می شود. اثر $P-\Delta$، اثر ثانوی بر روی برشها و لنگرهای اجزای قاب است، که به واسطهٔ عملکرد بارهای قائم بر روی سازهٔ تغییر شکل یافته به وجود می آید(شکل ۵). این عامل باید به طور جدی مد نظر قرار گیرد **(بند ۲-۴-۱۴ و پیوست ۵ آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران)**.

شکل ۵ : اثر $P-\Delta$



سازه تغییر شکل یافته در اثر نیروهای جانبی زلزله

سازه چند طبقه تحت اثر بارهای قائم

Δ_i = تغییر مکان نسبی طبقه i
V_i = مجموع نیروی برشی وارده در طبقه i
P_i = مجموع بارهای مرده و زنده مربوط در طبقات i تا n
h_i = ارتفاع طبقه i
c.g. = مرکز جرم

لنگر وارده به طبقه i بر اثر پدیده $P-\Delta$ $M_i = P_i \cdot \Delta_i$

برش اضافی وارده به طبقه i در حالت رفتار خطی طبقه بر اثر پدیده $P-\Delta$ $\Delta V_i = \frac{M_i}{h_i} = \frac{P_i \cdot \Delta_i}{h_i}$

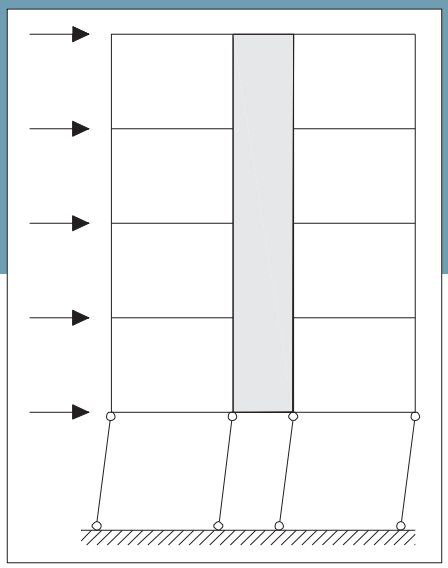
۲- آثار زیانبار ناشی از سختی جانبی کاذب* میانقابهای بنایی متداول

اثرات مثبت سبک سازی، به عنوان یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش ایمنی ساختمانها در برابر زلزله، خوشبختانه در کشور به خوبی شناخته شده است. اما متأسفانه آنچه که معمولا در تحلیل و طراحی سازه ها مد نظر قرار نمی گیرد، اثرات اجزای غیر سازه ای، به ویژه سختی پرکننده های میانقابی، بر رفتار کلی سازه است. در عرف تحلیل و طراحی، اثرات متقابل دیوارهای میانقابی و اسکلت ساختمان در نظر گرفته نمی شود؛ اما در عمل این اجزا وجود دارند و اثرات قابل توجهی بر رفتار لرزه ای سازه ها دارند (در این صورت مدل سازه در هنگام تحلیل، با رفتار واقعی سازه مغایرت خواهد داشت). این اجزا در ناحیه ارتجاعی، سختی جانبی سازه را به مقدار قابل توجهی افزایش می دهند. بنابراین به علت وجود همین سختی غیر ماندگار و کاذب اولیه، بارهای بزرگ پیشبینی نشده ای در هنگام وقوع زلزله به سازه وارد می شود که اجزای سازه برای مقابله با آنها طراحی نشده و مقاومت کافی در برابر آنها را ندارند و به همین علت، ساختمان ممکن است ویران شود. از سوی دیگر، از آنجا که خود میانقابها جهت مقابله با این نیروها طراحی نشده اند، مقاومت کافی در برابر بارها وضربات متوالی را نداشته و تخریب می شوند.

لذا جهت حل این معضلات، یا باید دیوارهای میانقابی در مدل سازه به عنوان اجزای سازه ای در نظر گرفته شوند و محاسبه گردند و اثرات متقابل میان آنها و سازه ملحوظ گردد؛ یا باید با تمهیداتی، دیوارهای میانقابی را از اسکلت سازه مجزا نمود و یا از ساختارهایی استفاده شود که دارای انعطاف کافی در برابر حرکات زلزله باشند، تا از مشارکت این اجزا در باربری جانبی سازه جلوگیری شود. رعایت این توصیه ها، به ویژه در اجرای ساختمانهای مهم و بلند مرتبه، اهمیت فراوانی دارد (**بندهای ۱-۸-ر، ۱-۹ و ۲-۱۱-۱ آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران**). ذیلا" به بررسی برخی آثار ناشی از صلبیت پرکننده های میانقابی، در رفتار لرزه ای ساختمانها می پردازیم:

۲-۱- تشدید پاسخ دینامیکی سازه: استفاده از دیوارهای میانقابی صلب، باعث افزایش سختی جانبی سازه (در ناحیه ارتجاعی) وکوتاه شدن دوره تناوب طبیعی آن می شود که در این صورت، اثر زلزله ورودی به سیستم تغییر نموده و پاسخ دینامیکی سازه شدیدتر می گردد.

۲-۲- اثر طبقهٔ نرم: اگر پرکننده های میانقابی صلب در ارتفاع توزیع غیر یکنواختی داشته باشند، این امر می تواند باعث تمرکز ناخواسته و پیشبینی نشدهٔ نیروها در یک تراز (طبقه) خاص شود و با اعمال نیرو و ضربه های متوالی موجب ناپایداری و انهدام کلی سازه شود (شکل ۶). درساختمانهای چند طبقه که به صورت پیلوتی ساخته می شوند مشاهده شده است که در طبقات فوقانی، دیوارهای میانقابی مانند بادبندهای قوی عمل نموده و بخش فوقانی سازه را سخت می نمایند، در حالی که در طبقه زیرین (پیلوت) دیوارهای کمتری به کار رفته و آن سختی وجود ندارد. در نتیجه در هنگام وقوع زلزله، صلبیت طبقات فوقانی سازه موجب انتقال نیروهای بیشتری به طبقهٔ نرم تحتانی گردیده و ساختمان عملا" از پایه درو می شود (شکل ۷).



شکل ۶: اثر طبقه نرم (Soft Story Effect)

شکل ۷: تخریب ساختمان در اثر طبقه نرم زیرین

* واژه سختی کاذب به این علت در مورد دیوارهای میانقابی بنایی بکار می رود که در شروع زلزله، سختی جانبی موقت و گذرایی در برابر حرکت جانبی سازه از خود نشان می دهند و سپس با خرد شدن این دیوارها، سختی مذکور از بین می رود.

۲-۳- اثر ستون کوتاه: سختی دیوارهای میانقابی، موجب تغییر توزیع نیروهای برشی در طبقه شده، که در این صورت به بعضی ستونها نیرویی بیشتر از نیروی طراحی اولیه وارد می گردد. در عین حال، دیوارهای احاطه کنندهٔ ستون، طول مؤثر آن را کوتاه نموده و رفتار خمشی ستون به رفتار برشی میل می کند. در این حالت ممکن است در ستونها شکست ترد برشی رخ دهد (شکل ۸) یا مفصل پلاستیک ایجاد شود (شکل ۹) که خود می تواند باعث ناپایداری و ویرانی کامل سازه شود. به این پدیده اصطلاحاً اثر ستون کوتاه گفته می شود.

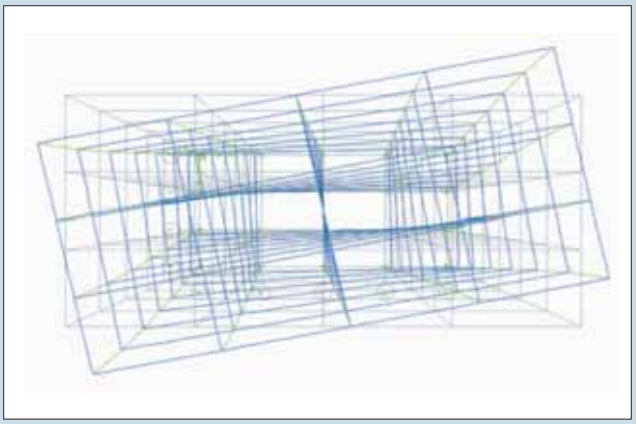
شکل ۹: تشکیل مفصل پلاستیک در ستون فولادی

شکل ۸ : شکست ترد برشی در ستون بتنی

۲- آثار زیانبار ناشی از سختی جانبی کاذب میانقابهای بنایی متداول (ادامه)

۲-۴- اثر پیچش: اگر پرکننده های میانقابی صلب در پلان توزیع نامتقارنی داشته باشند، این امر باعث ایجاد پیچش ناخواسته و پیش بینی نشده در سازه می شود. این عامل خود موجب تغییر توزیع نیروها در اجزای باربر جانبی می‌گردد و عدم بررسی این موضوع می تواند باعث ناپایداری و انهدام کلی سازه شود (شکل ۱۰).

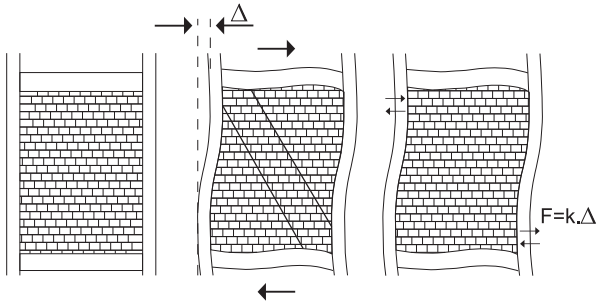
۲-۵- شکست انفجاری دیوارها: اگر دیوارهای پر کننده به طور صلب به قاب سازه‌ای متصل شده باشند، دیوار به تبعیت از تغییر شکل قاب، تغییر شکل می یابد. اگر دیوار تحمل تغییر شکل بیش از حد را نداشته باشد، به صورت انفجاری گسیخته می گردد (شکل ۱۱). دلیل این امر، سختی بالای مصالح بنایی سنتی می باشد که باعث ورود بیش از حد نیرو های زلزله به دیوار می شود. شکل ۱۲ مکانیزم عمومی مقاومت و شکست دیوارهای میانقابی بنایی را نشان می دهد.



شکل ۱۰: حرکت پیچشی ساختمان

اگر در دیوارهای میانقابی از مصالح و ساختارهای انعطاف پذیر استفاده شود، اثرات فوق الذکر در طراحی قابل صرف نظر کردن خواهند بود. در عمل، پر کننده های میانقابی از مصالح سخت مانند بلوکهای بتنی، سفالی و آجر ساخته می شوند که اثرات فوق الاشاره در آنها قابل ملاحظه است؛ در صورتی که دیوارهای کناف کاملا" انعطاف پذیر بوده و با استفاده از جزئیات خاص و با اجرای اتصالات کشویی لغزان، می توان آنها را کلا" از قابهای سازه منفک نمود (رجوع شود به صفحهٔ ۱۱). در این حالت، از اثرات متقابل بین دیوار و سازه به طور کامل جلوگیری می شود.

شکل ۱۱: شکست انفجاری دیوار بنایی



شکل ۱۲: مکانیزم مقاومت و شکست دیوارهای میانقابی بنایی

۳- آثار زیانبار ناشی از روشهای نادرست اجرایی (اتصالات نامناسب اجزای غیر سازه‌ای)

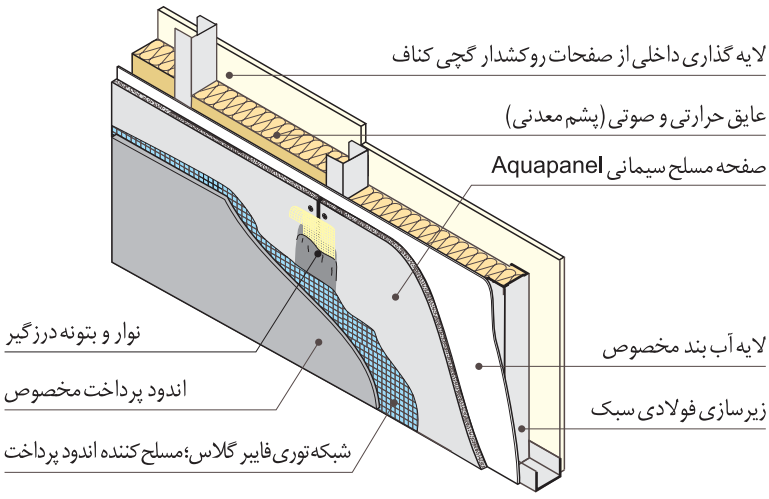
یکی از مسائلی که می تواند در هنگام وقوع زلزله بسیار خطر آفرین باشد، عدم رعایت اصول اجرایی صحیح مربوط به اتصال دیوارها به سازه و همچنین عدم ایجاد اتصال مناسب در قطعات نما، سقفهای کاذب و سقفهای تزئینی معلق می باشد. همان گونه که قبلا" اشاره شد، دیوارهای سنگین تحت اثر شتاب زلزله ممکن است دچار ناپایداری خارج از صفحه شوند. این پدیده به خصوص در محلهایی که اتصال مناسب میان دیوار و سازه صورت نگرفته باشد، تشدید می گردد. در دیوارهای کناف، به دلیل سبکی وزن از یک سو و ایجاد اتصالات مناسب میان دیوار و سازه از سوی دیگر، این پدیده رخ نمی دهد و خطر فرو ریزی دیوارها بر ساکنین و ایجاد آوار بر طرف می گردد.

یکی دیگر از خطرات جدی در هنگام وقوع زلزله، جدا شدن و فرو ریزی قطعات نما است. در ایران معمولا از قطعات سنگ و آجر پلاک در نماها استفاده می شود که به صورت دوغابی بر بدنهٔ دیوارهای خارجی اجرا می شوند. عدم وجود اتصال مناسب میان این قطعات و بدنهٔ دیوارهای خارجی موجب می شود که در هنگام وقوع زلزله، جابجایی و لرزشها تحمل نگشته و نما فرو بریزد (شکل ۱۳). حتی در صورت استفاده از اندودهای کم ضخامت در نما (مانند نماهای سیمانی)، ممکن است کل بدنهٔ دیوار خارجی ساختمان دچار گسیختگی انفجاری یا ناپایداری خارج از صفحه گردد، که در این صورت نیز خطر فروریزی نما وجود خواهد داشت. یکی از راه های حل مشکلات فوق الذکر، استفاده از سیستم ساخت و ساز خشک دیوارهای خارجی ساختمان می باشد. این ساختار متشکل از قابهای فولادی سبک (متصل به سازه اصلی) و صفحات مسلح سیمانی موسوم به Aquapanel می باشد (شکل ۱۴). یکی دیگر از مزایای این ساختار، استفاده از عایق پشم معدنی می باشد که به طور همزمان موجب بهسازی حرارتی و صوتی ساختمان می شود.

شکل۱۳: ریزش قطعات سنگ نما و آجر پلاک

در انتها لازم است به معضل ساخت سقفهای کاذب و سقفهای تزئینی معلق با استفاده از رابیتس و گچکاری سنتی اشاره نماییم. این ساختار از یک سو سنگین بوده و از سوی دیگر معمولا در اجرای اتصالات و مهارهای شبکهٔ نگهدارندهٔ معلق توجه کافی صورت نمی گیرد. در نتیجه در هنگام وقوع زلزله، شبکهٔ نگهدارنده در محل اتصالات از بدنه اصلی ساختمان جدا شده و کل ساختار فرو می ریزد یا تکانهای ناشی از زلزله موجب می شود که سقف کاذب به دیوارهای مجاور خود ضربه وارد نماید و آنها را تخریب کند. با استفاده از سیستمهای سقف کاذب کناف، خطرات فوق الذکر مرتفع می گردد. سقفهای کاذب کناف سبک بوده و دارای اتصالات و مهارهای استاندارد و مستحکم می باشند. آزمایشات نشان می دهد که سقفهای کاذب کناف به خوبی در برابر شتابهایی به بزرگی g ۰/۵ از خود مقاومت و پایداری نشان می دهند (رجوع شود به صفحهٔ ۱۲).

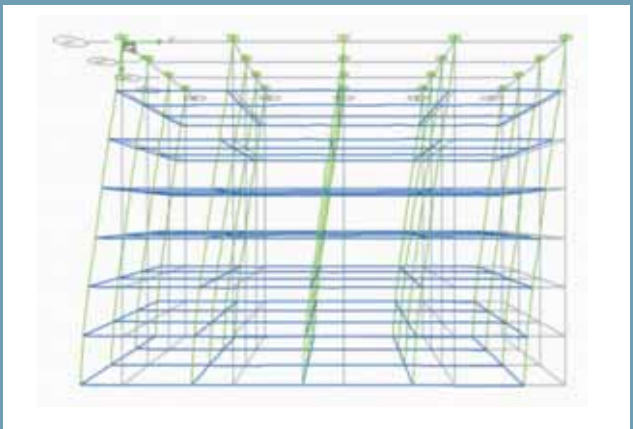
ضوابط مربوط به اجرای دیوارهای غیر باربر، نماها و سقفهای کاذب به ترتیب در **بندهای ۳-۷، ۳-۱۲ و ۳-۱۱-۴ آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران** ذکر شده است.



شکل۱۴: دیوار خارجی Aquapanel کناف

۱- بررسی مزایای سبک سازی با استفاده از ساختارهای کناف، در تحلیل لرزه‌ای یک ساختمان

در این بررسی، مزایای سبک سازی با به کارگیری دیوارهای کناف در قالب تحلیل یک ساختمان هفت طبقه مسکونی (شکـــل ۱۵) با مشخصات زیر و بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ زلزله ایران مورد مطالعه قرار گرفته است:



شکل ۱۵: مدل کامپیوتری ساختمان ۷ طبقه مورد مطالعه

- تعداد طبقات: ۷ طبقه
- کاربری: مسکونی
- محل اجرا: تهران (شتاب مبنای طراحی ۰/۳۵ g)
- خاک بستر: نوع ۲
- سیستم سازه‌ای: اسکلت قاب خمشی بتن آرمه (در دو جهت)
- ارتفاع ساختمان: ۲۲/۴ متر (۳/۲ × ۷)
- مساحت طبقه همکف: ۲۱۶ متر مربع (۱۲×۱۸)
- وزن کل اسکلت سازه: ۱۰۵۵ تن
- وزن کل دیوارهای بنایی داخلی و خارجی با استفاده از آجر فشاری ($1800\ kg/m^3$): ۷۳۶تن
- وزن کل دیوارهای بنایی داخلی و خارجی با استفاده از آجر مجوف ($850\ kg/m^3$): ۳۴۴ تن
- وزن کل دیوارهای بنایی داخلی و خارجی با استفاده از بلوک بتن سبک ($500\ kg/m^3$): ۱۹۹ تن
- وزن کل دیوارهای داخلی و خارجی با استفاده از سیستم دیوار دو لایهٔ کناف ($50\ kg/m^2$): ۹۲ تن

تحلیل سازه با استفاده از نرم افزار ETABS برای پنج حالت زیر انجام شده است:

۱- اسکلت بتنی تنها
۲- اسکلت بتنی + دیوار با آجر فشاری
۳- اسکلت بتنی + دیوار با آجر مجوف
۴- اسکلت بتنی + دیوار با بلوک بتن سبک
۵- اسکلت بتنی + دیوار با سیستم کناف

جدول ۱: نتایج آنالیز سازه هفت طبقه مورد بررسی

سیستم ساختمانی	پریود مود اول (Sec)	پریود مود دوم (Sec)	پریود مود سوم (Sec)	وزن دیوارها (Ton)	وزن کل ساختمان (Ton)	نیروی کل زلزله (Ton)
اسکلت بتنی	۰/۹۱	۰/۸۹	۰/۸۳	------	۱۰۵۵	۱۲۲
اسکلت بتنی + دیوار با آجر فشاری	۰/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۶	۷۳۶	۱۷۹۱	۳۱۳
اسکلت بتنی + دیوار با آجر مجوف	۰/۴۵	۰/۳۶	۰/۳۲	۳۴۴	۱۳۹۹	۲۴۵
اسکلت بتنی + دیوار با بلوک سبک	۰/۴۳	۰/۳۴	۰/۳۰	۱۹۹	۱۲۵۴	۲۱۹
اسکلت بتنی + دیوار کناف	۰/۹۵	۰/۹۳	۰/۸۶	۹۲	۱۱۴۷	۱۲۸

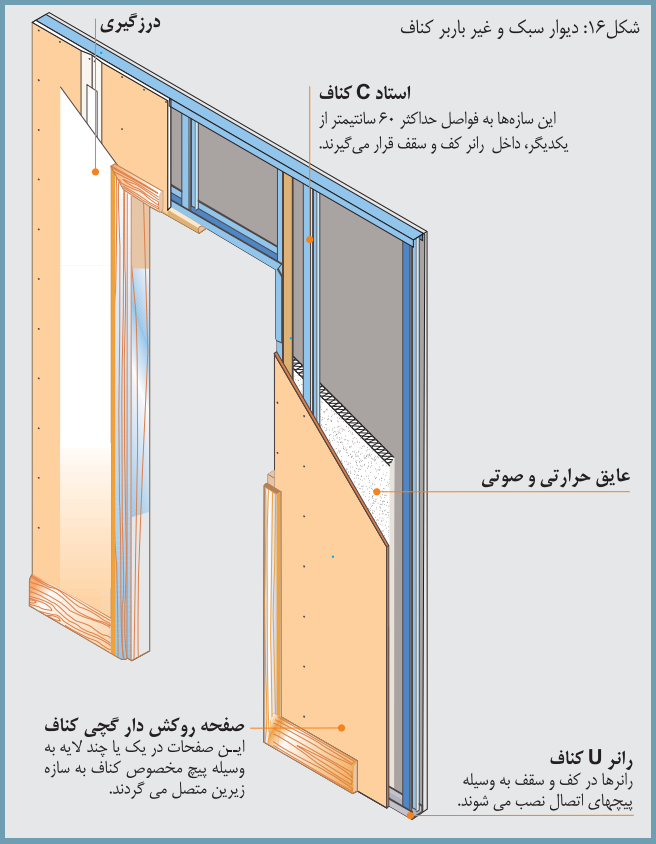
نتـــایج

با توجه به نتایجی که در جدول ۱ درج شده است، مشخص می شود که استفاده از دیوارهای سبک کناف به جای دیوارهای سنگین بنایی، موجب کاهش وزن ساختمان به میزان ۳۶ ٪ و کاهش نیروی زلزله به میزان ۵۹ ٪ شده است. به علاوه، مشاهده می شود که استفاده از دیوارهای سنگین و صلب بنایی موجب کاهش چشمگیر دورهٔ تناوب ساختمان شده است (کاهش دورهٔ تناوب موجب تشدید پاسخ لرزه‌ای سازه می شود)، در حالی که استـفاده از دیـوار سبک و انعطاف پـذیر کناف نه تنها موجب کاهش دورهٔ تناوب ساختمان نشده، بلکه موجب بهبود آن شده است.

۲- بررسی عملکرد لرزه‌ای دیوارهای غیر باربر کناف

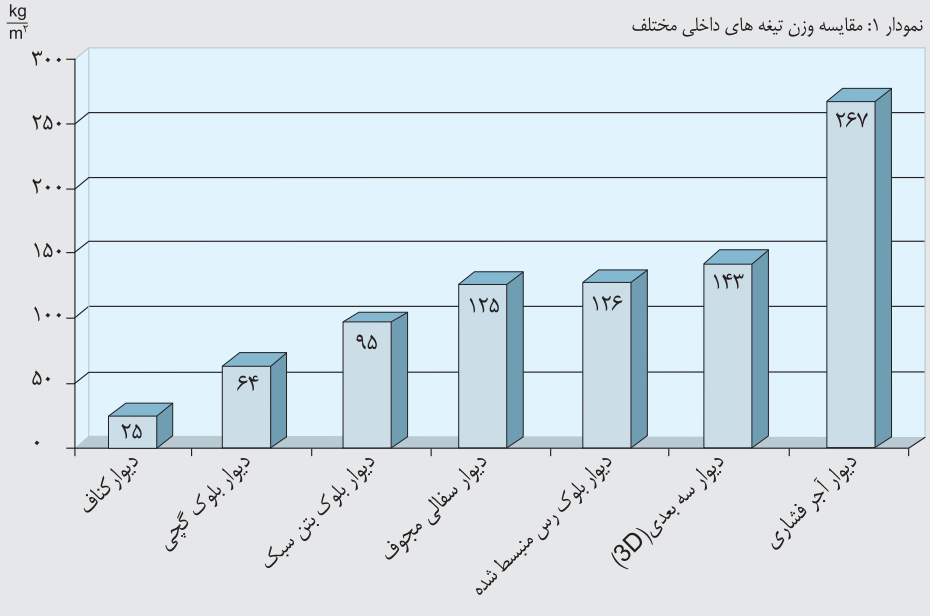
در این بررسی، نتایج آزمایشات لرزه‌ای بر روی دیوارهای کناف (شکل ۱۶) مورد مطالعه قرار گرفته و مشخص می گردد که دیوارهای کناف دارای مزایای زیر می باشند:

- وزن بسیار کم در مقایسه با دیوارهای بنایی
- پایداری موضعی و استحکام در برابر نیروهای زلزله
- رفتار میانقابی ایده آل با توجه به انعطاف پذیری و جزئیات اجرایی مناسب جهت مجزا سازی دیوار از سازه
- عدم شکست انفجاری و عدم ایجاد آوار



شکل۱۶: دیوار سبک و غیر باربر کناف

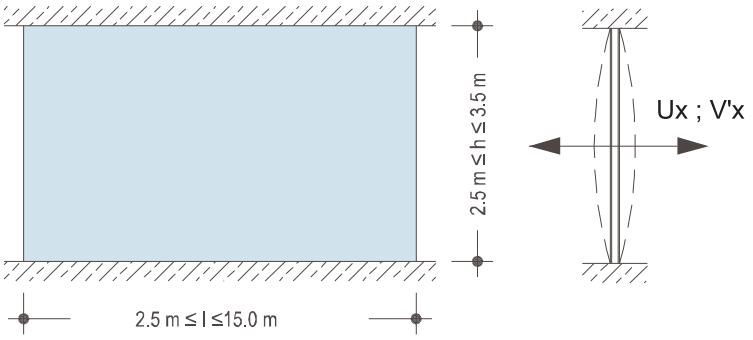
مطابق با نمودار ۱ مشخص می شود که دیوارهای کناف، ۶۰ - ۹۰٪ از دیوارهای معمولی سبکتر هستند. دیوارهای بنایی غیر باربری که در ساختمانها استفاده می شود، حداقل بین ۶۵ - ۲۵۰ کیلوگرم بر متر مربع وزن دارند؛ در صورتی که می توانیم همان بهره را از دیوارهای کناف بگیریم که فقط ۲۵ کیلو گرم بر متر مربع وزن دارند (۴۰ - ۲۲۵ کیلو گرم اختلاف در وزن واحد سطح دیوار، رقم بسیار بزرگ و قابل توجهی است).



نمودار ۱: مقایسه وزن تیغه های داخلی مختلف

۲- بررسی عملکرد لرزه‌ای دیوارهای غیر باربر کناف (ادامه)

دیوارهای کناف به خوبی می توانند در مقابل نیروهای زلزله در امتداد عمود بر صفحهٔ خود مقاومت کنند (شکل ۱۷). آزمایشات نشان می دهد که دیوارهای کناف به خوبی در برابر شتابهایی به بزرگی بیش از ۵ g مقاومت دارند (جدول ۲). این در حالی است که شتاب مبنای طرح در زلزله خیزترین مناطق ایران حداکثر ۰/۳۵ g در نظر گرفته می شود. جدول ۳ لنگرهای خمشی و جابجایی‌های به وجود آمده در دیوارهای W۱۱۱ و W۱۱۲ کناف، بر اثر شتاب جانبی عمود بر صفحه ۰/۵ g را نشان می دهد.



شکل ۱۷: بار جانبی عمود بر صفحه دیوار

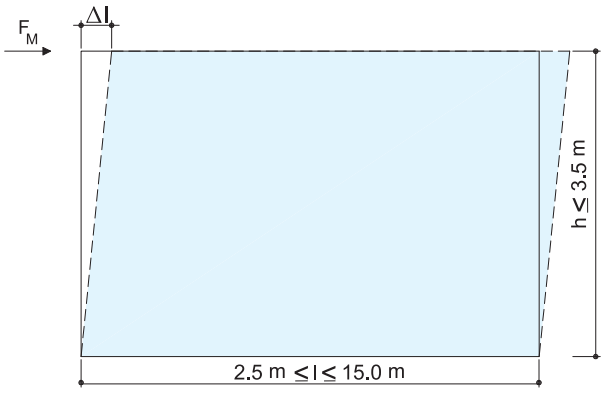
جدول ۲ : حداکثر شتاب جانبی قابل تحمل دیوار

نوع دیوار	اندازه استاد/ ضخامت دیوار [mm]/[mm]	حداکثر ارتفاع دیوار [m]	ظرفیت خمشی [kNm]	حداکثر شتاب جانبی قابل تحمل
W۱۱۱ یک لایه (۱×۱۲/۵ mm) ۲۵ kg/m^۲	۷۵/۵۰	۳/۰	۱/۵	≤ ۵/۴ g
	۱۰۰/۷۵	۴/۵	۲/۰	≤ ۳/۱ g
	۱۲۵/۱۰۰	۵/۰	۲/۵	≤ ۳/۲ g
W۱۱۲ دو لایه (۲×۱۲/۵ mm) ۵۰ kg/m^۲	۱۰۰/۵۰	۴/۰	۲/۰	≤ ۲/۰ g
	۱۲۵/۷۵	۵/۵	۲/۶	≤ ۱/۴ g
	۱۵۰/۱۰۰	۶/۰	۳/۲	≤ ۱/۴ g

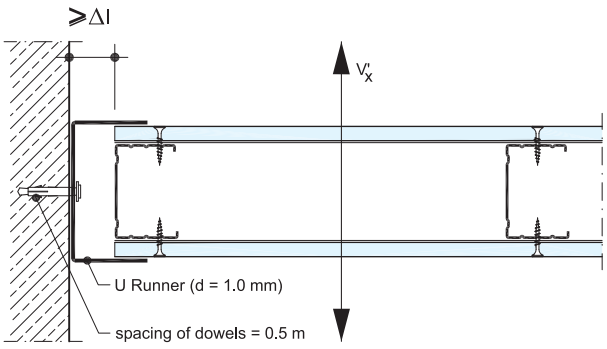
جدول ۳ : لنگر خمشی و جابجایی ناشی از شتاب جانبی عمود بر صفحه ۰/۵ g

نوع دیوار	شتاب افقی	حداکثر جابجایی [mm]	حداکثر لنگر خمشی [kNm]	ظرفیت لنگر خمشی [kNm]
W۱۱۱ d =۱۰۰ mm	۰/۵ g (۴/۹ m/s^۲)	۱۴-۲/۵	۰/۳-۰/۱	۲/۰
W۱۱۲ d =۱۲۵ mm		۲۵ -۱۱/۶	۰/۶-۰/۳	۲/۶

دیوارهای کناف دارای رفتار میانقابی ایده آل بوده و کاملا" انعطاف پذیر می باشند. با قرار دادن فاصلهٔ آزاد میان دیوار و سازه به اندازهٔ تغییر مکان نسبی حداکثر طبقه Δ l **(بند ۲-۴-۱۳ آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران)** و با اجرای اتصالات کشویی لغزان، می توان دیوارهای کناف را کلا" از قابهای سازه منفک نمود (شکلهای ۱۸ و ۱۹). در این حالت، از اثرات متقابل بین دیوار و سازه به طور کامل جلوگیری می شود. همچنین، دیوار دچار شکست انفجاری نشده و آوار بر جای نمی گذارد.



شکل۱۸: جابجایی طبقه بر اثر نیروی جانبی درون صفحه

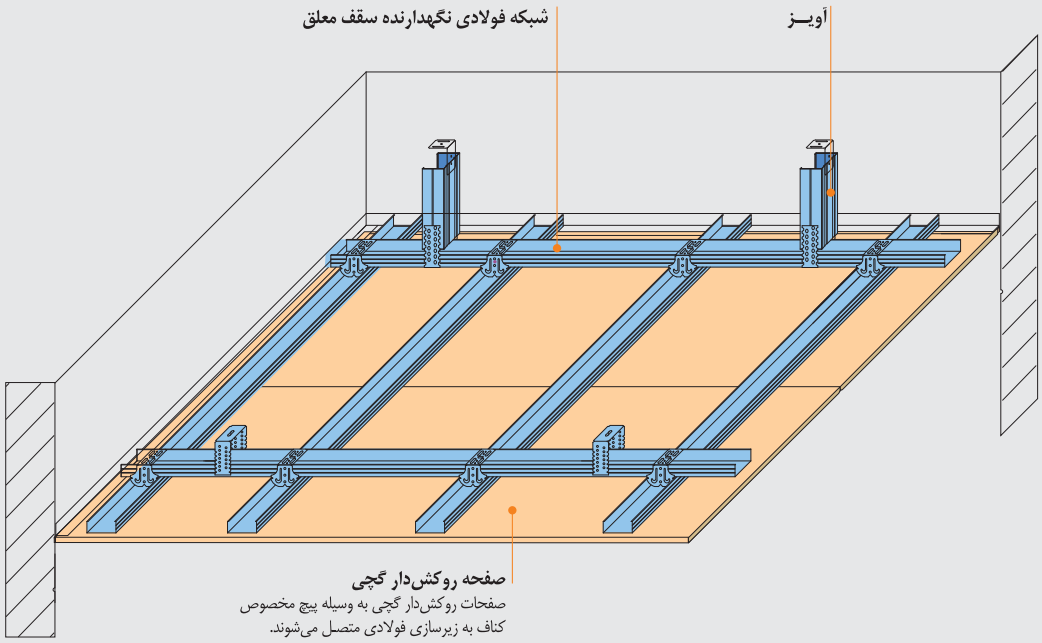


شکل۱۹: جزئیات اتصال کشویی لغزان

۳- بررسی عملکرد لرزه‌ای سقفهای معلق کناف

سقفهای کاذب کناف سبک بوده و دارای اتصالات و مهارهای استاندارد و مستحکم می باشند (شکل ۲۰). آزمایشات نشان می دهد که سقفهای کاذب کناف به خوبی در برابر شتابهایی به بزرگی g ۰/۵ از خود مقاومت و پایداری نشان می دهند (جدول ۴).

شکل ۲۰ : سقف کاذب یکپارچه کناف



تعداد لایه‌های پوششی	ابعاد [m]	حداکثر لنگر خمشی [kNm] سیستم تعلیق		حداکثر جابجایی [mm] سیستم تعلیق		لنگر شکست پروفیلها [kNm] سیستم تعلیق	
		نرم	سخت	نرم	سخت	نرم	سخت
یک لایه (۱x۱۲/۵ mm) ۱۲/۵ kg/m^۲	۵x۳		۰/۰۲	۲۲/۳			
	۱۵x۷	۰/۲۰		۲۷	۳/۰	۰/۱۸۶	۰/۱۸۶
	۱۰x۱۰	۰/۱۵	۰/۰۰۵	۲۵			
دو لایه (۲x۱۲/۵ mm) ۲۵ kg/m^۲	۵x۳		۰/۰۵	۴۴	۷/۴		
	۱۵x۷	۰/۳۵		۵۰	۷/۵	۰/۲۲۲	۰/۲۲۲
	۱۰x۱۰		۰/۰۱۵	۴۸	۸/۰		

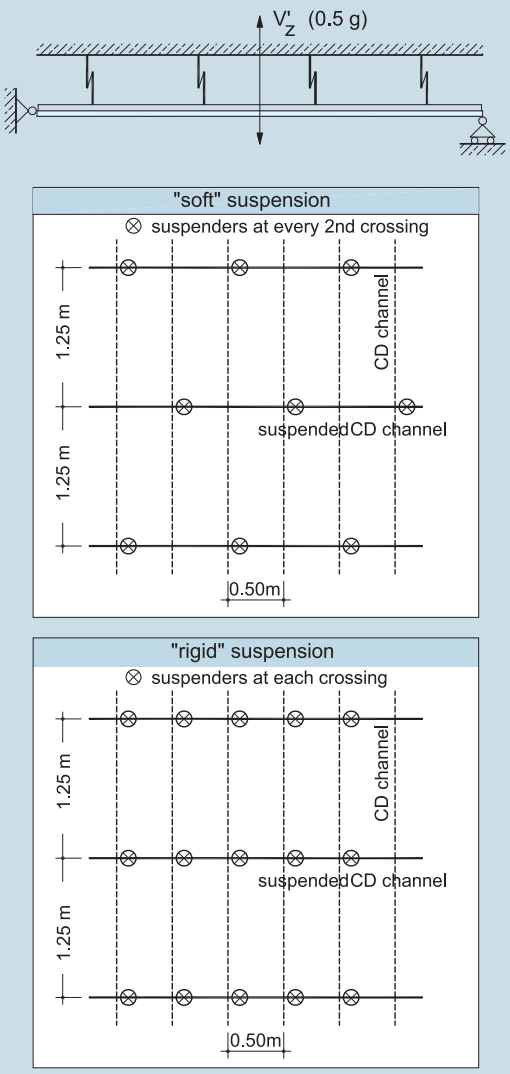
جدول ۴ : لنگر خمشی و جابجایی ناشی از شتاب عمودی g ۰/۵

۳- بررسی عملکرد لرزه‌ای سقفهای معلق کناف (ادامه)

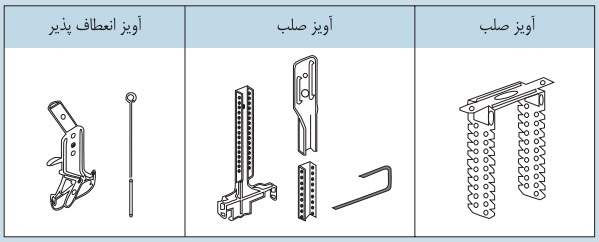
در این آزمایشات، رفتار لرزه‌ای سقفهای معلق کناف در حالتهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته تا ارتباط میان سختی سیستم تعلیق و ابعاد سقف، با پاسخ دینامیکی ساختار مشخص شود (شکل ۲۱).

سختی سیستم تعلیق به تعداد، چیدمان و سختی آویزها بستگی دارد (شکل های ۲۱ و ۲۲). نتایج آزمایشات نشان می دهد که سیستمهای تعلیق صلب (سخت)، عملکرد لرزه ای بهتری نسبت به سیستمهای تعلیق انعطاف پذیر (نرم) دارند. پدیدهٔ تشدید (رزونانس) موجب می شود که لنگرهای خمشی و تغییر شکلها در سیستمهای تعلیق انعطاف پذیر به مراتب بیشتر از سیستمهای تعلیق صلب باشد؛ به طوری که در سیستمهای تعلیق انعطاف پذیر، لنگرهای خمشی حاصل از نیروهای دینامیکی، از ظرفیت خمشی پروفیلهای به کار رفته در ساختار اندکی تجاوز می نماید (جدول ۴). بنابراین، باید در مناطق زلزله خیز از سیستمهای تعلیق صلب استفاده شود.

نتیجهٔ دیگر اینکه ابعاد و شکل سقف، تأثیر چندانی بر روی تغییر شکلها ندارد.



شکل ۲۱ : چیدمان سیستمهای تعلیق انعطاف پذیر و صلب

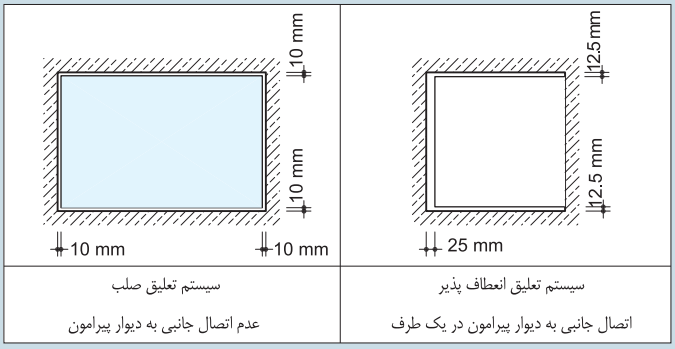


شکل ۲۲ : انواع آویزهای کناف

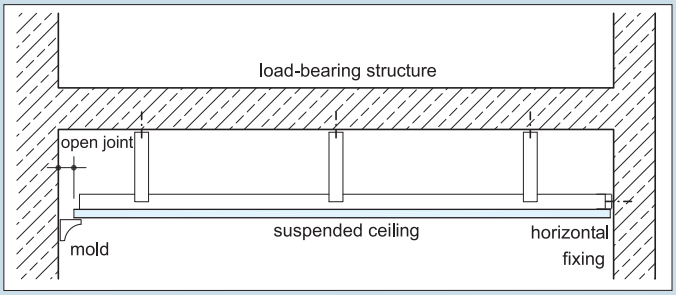
در اجرای سقفهای معلق باید نکات زیر رعایت شود:

- برای پایین نگه داشتن وزن سقف، ترجیحاً از یک لایه صفحه گچی استفاده شود. البته رعایت این امر در همهٔ موارد امکان پذیر نیست؛ چرا که در برخی موارد برای تأمین مقاومت در برابر حریق، استفاده از یک لایه کافی نخواهد بود.
- آویزها باید تا حد امکان نزدیک به نقاط تقاطع پروفیلها نصب شوند.
- ارتفاع آویز باید تا حد امکان کم باشد.
- اتصالات باید به آویزها و پروفیلها پیچ شوند.
- اتصال جانبی سقف باید به نحوی اجرا شود که امکان حرکت در جهت افقی وجود داشته باشد، اما در جهت عمودی ثابت باشد.
- فاصله اولین پروفیل تا جدارهٔ کناری خود باید حدود ۱۰۰ میلیمتر باشد.
- کلیهٔ عوامل موجود در فضای بالای سقف، که جزئی از سقف معلق محسوب نمی گردند (مانند تأسیسات)، باید آویز جداگانه داشته باشند و نباید وزن آنها بر اجزای سازهٔ سقف کاذب تحمیل شود.

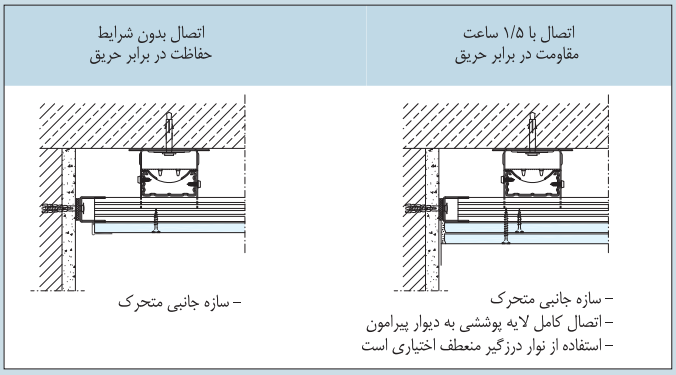
جزئیات اجرایی در شکلهای ۲۳، ۲۴ و ۲۵ نشان داده شده است.



شکل ۲۳ : جزئیات جداسازی سقف از دیوار پیرامون



شکل ۲۴ : مقطع سقف معلق



شکل ۲۵ : جزئیات اتصال جانبی سقف

۴- بررسی عملکرد دیوارهای کناف به عنوان دیوار برشی

با به کارگیری اتصالات و ترکیبات مناسب، دیوارهای کناف عملکرد مناسبی به عنوان دیوار برشی از خود نشان می دهند. به کمک این نوع دیوارها می توان در مقابل بارهای جانبی نظیر باد و زلزله به نحو مؤثری مقابله کرد و از این ساختارها در بازسازی بناها و یا احداث ساختمانهای جدید استفاده نمود.

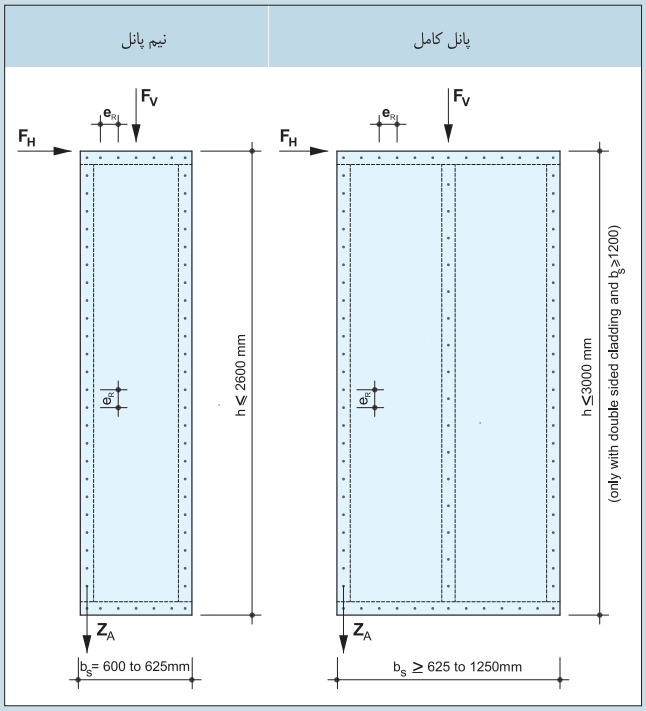
نتایج آزمایشات برای دیوارهای با زیرسازی چوبی در جدول ۵ نشان داده شده است. در این جدول ظرفیت باربری جانبی دیوار بر اساس ترکیبات مختلف اعم از تعداد لایه های پوششی، فاصلهٔ استادها، فاصله اتصالات، نوع پوشش و ارتفاع دیوار نشان داده شده است. همچنین نتایج آزمایشگاهی برای دیوارهای با زیرسازی فولادی در جدول ۶ نشان داده شده است.

جدول۵ : ظرفیت باربری جانبی دیوارهای با زیرسازی چوبی

تعداد لایه‌های پوششی	فاصله استادها b_S [mm]	فاصله میخ‌ها یا منگنه‌ها e_R [mm]	F_H به kN برای دیوار با پوشش صفحه گچی‌فیبردار با ارتفاع h به m ≤ ۳/۰۰	F_H به kN برای دیوار با پوشش صفحه گچی‌فیبردار با ارتفاع h به m ≤ ۲/۶۰	F_H به kN برای دیوار با پوشش صفحه گچی‌معمولی با ارتفاع h به m ≤ ۲/۶۰	F_H به kN برای دیوار با پوشش صفحه گچی‌معمولی با ارتفاع h به m ≤ ۳/۰۰
دو طرفه	۶۲۵-۶۰۰	Min.۵۰			۳/۳	
		Max.۷۵		۳/۳		
		Max.۱۵۰			۱/۳	
	۱۲۵۰-۱۲۰۰	Min.۵۰			۶/۰	۵/۵
		Max.۷۵	۶/۳	۷/۵		
		Max.۱۵۰			۲/۷	۲/۷
یک طرفه	۱۲۵۰-۱۲۰۰	Min.۵۰			۳/۳	
		Max.۷۵	۲/۸	۴/۴		
		Max.۱۵۰			۱/۵	

استفاده از تناسب خطی برای مقادیر میانی F_H برای $50mm \leq e_R \leq 150mm$ و $2.6m \leq h \leq 3.0m$ مجاز می باشد.

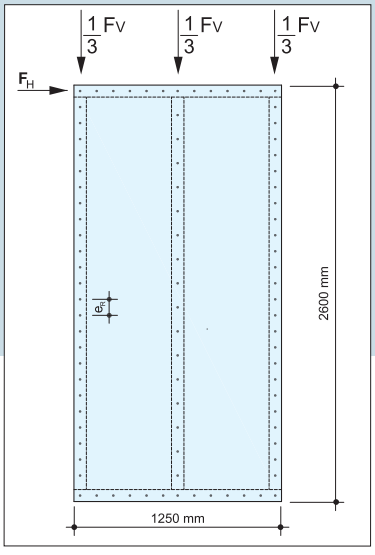
شکل۲۶ : نحوه بارگذاری برای جدول ۵



جدول۶ : ظرفیت باربری جانبی دیوارهای با زیرسازی فولادی

پوشش ۱	پوشش ۲	فاصله پیچها e_R [mm]	بار افقی F_H در زمان تخریب [kN]	بار عمودی F_V در زمان تخریب [kN]	تعداد آزمایشات
صفحه گچی فیبردار	صفحه گچی فیبردار	۱۰۰	۳۹/۸	۰	۳
		۱۵۰	۳۳/۱	۰	۳
صفحه مسلح سیمانی (اکوپنل)		۱۵۰	۴۳/۶	۰	۳
نئوپان		۱۵۰	۳۹/۹	۰	۳
ورق فلزی دوزنقه‌ای		۱۷۲/۱۵۰	۳۹/۰	۰	۳
بدون پوشش		۲۰۰	۱۲/۲	۳۰	۱

شکل۲۷ : نحوه بارگذاری برای جدول ۶



جداول ۷ و ۸ به ترتیب ظرفیت برشی پیچهای اتصال و مشخصات مکانیکی صفحات روکش دار گچی را نشان می دهند. جداول اخیر برای انجام محاسبات قابل استفاده می باشند.

جدول ۷ : ظرفیت برشی پیچهای مورد مصرف جهت اتصال لایه پوششی بر روی زیرسازی فولادی به kN (پیچ مدل TN کناف)

نوع صفحه گچی بر اساس استاندارد EN ۵۲۰	پیچ در لایه اول	پیچ در لایه دوم
E نوع ۱۲/۵ mm	۰/۲۵	۰/۱۴
F نوع ۱۲/۵ mm	۰/۲۵	۰/۱۴
A نوع ۱۲/۵ mm	۰/۲۵	۰/۱۴
I نوع ۱۲/۵ mm	۰/۳۰	۰/۱۷
F نوع ۱۵ mm	۰/۳۰	۰/۱۷

جدول ۸ : مشخصات مکانیکی صفحات روکش دار گچی به N/mm^2 بر اساس استاندارد DIN 1052(08/2004)

جهت بار		ارزش	صفحه گچی GKB/GKBI ضخامت به mm			صفحه گچی GKB/GKBI ضخامت به mm		
			۱۲/۵	۱۵	۱۸	۱۲/۵	۱۵	۱۸
		چگالی ناخالص ρ_k [kg/m³]	۶۸۰	۶۸۰	۶۸۰	۸۰۰	۸۰۰	۸۰۰
بار برشی		مدول برشی G_{mean} (۱)	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰	۷۰۰
		مقاومت برشی $f_{v,k}$	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰	۱/۰
	جهت عرضی (جانبی)	مدول الاستیسیته E_{mean} (۱)	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰	۱۰۰۰
		مقاومت خمشی $f_{m,k}$	۲/۰	۱/۷	۱/۴	۲/۰	۱/۷	۱/۴
		مقاومت فشاری $f_{c,k}$	۴/۲	۴/۲	۴/۲	۴/۸	۴/۸	۴/۸
		مقاومت کششی $f_{t,k}$	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷	۰/۷
	جهت طولی	مدول الاستیسیته E_{mean} (۱)	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰	۱۲۰۰
		مقاومت خمشی $f_{m,k}$	۴/۰	۳/۸	۳/۶	۴/۰	۳/۸	۳/۶
		مقاومت فشاری $f_{c,k}$	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵
		مقاومت کششی $f_{t,k}$	۱/۷	۱/۴	۱/۱	۱/۷	۱/۴	۱/۱
بار جانبی		مقاومت فشاری $f_{c,k}$	۳/۵	۳/۵	۳/۵	۵/۵	۵/۵	۵/۵
	جهت عرضی (جانبی)	مدول الاستیسیته E_{mean} (۱)	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۲۲۰۰	۲۲۰۰
		مقاومت خمشی $f_{m,k}$	۲/۰	۱/۸	۱/۵	۲/۰	۱/۸	۱/۵
	جهت طولی	مدول الاستیسیته E_{mean} (۱)	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰	۲۸۰۰
		مقاومت خمشی $f_{m,k}$	۶/۵	۵/۴	۴/۲	۶/۵	۵/۴	۴/۲

۱) برای محاسبه مقادیر مشخصه $E_{۰.۵}$ و $G_{۰.۵}$، از روابط $E_{۰.۵} = ۰/۵ \times E_{mean}$ و $G_{۰.۵} = ۰/۹ \times G_{mean}$ استفاده شود.

۴- بررسی عملکرد دیوارهای کناف به عنوان دیوار برشی (ادامه)

در جدول ۹ ظرفیت برشی دیوارهای کناف با دیوارهای بنایی مقایسه شده است. در این جدول ملاحظه می گردد که مقاومت برشی دیوارهای کناف با دیوارهای بنایی قابل مقایسه است. این در حالی است که وزن دیوارهای برشی کناف به مراتب از دیوارهای بنایی کمتر است.

کاربرد اصلی دیوارهای برشی کناف در سازه های فولادی سبک موسوم به LSF (Light Steel Framing) و SBS(Steel Building System) می باشد. در این سیستم سازه‌ای، از مقاطع فولادی گالوانیزهٔ سبک نورد سرد با اتصالات پیچی و یا پرچی استفاده می شود. این سیستم سازه ای توسط گروه صنعتی کناف تولید و عرضه می گردد (شکل ۲۸).

جدول ۹ : مقایسه ظرفیت برشی دیوارهای کناف با دیوارهای بنایی

نوع دیوار (l=۵m , h=۳m)	ظرفیت کل [kN]	ظرفیت واحد طول دیوار [kN/m]	وزن واحد سطح دیوار [kg/m^2]
دیوار بنایی [۱] به ضخامت ۱۲۰mm	۹	۱/۸	۱۹۴
دیوار بنایی [۱] به ضخامت ۱۸۰mm	۱۵	۳/۰	۲۹۹
دیوار بنایی [۱] به ضخامت ۲۴۰mm	۲۰	۴/۰	۴۰۵
دیوار W۱۱۱ کناف [۲]	۱۲	۲/۴	۲۵
دیوار W۱۱۲ کناف [۲]	۱۹	۳/۸	۵۰

۱) مقاومت فشاری آجرها ۱۵ N/mm^2

۲) فاصله استادها ۶۰۰mm و فاصله پیچ ها ۲۰۰mm در هر دو لایه

شکل ۲۸ : سیستم سازه فولادی سبک (SBS)

منابع و مأخذ

۱) آیین نامهٔ ۲۸۰۰ ایران (ویرایش دوم آذر ۱۳۷۸): طراحی ساختمانها در برابر زلزله – مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن؛ وزارت مسکن و شهر سازی

۲) آیین نامهٔ طراحی سازه های فولادی با مقاطع نورد سرد (۱۹۸۷) – مؤسسهٔ آهن و فولاد آمریکا (AISC)

۳) ساختمانهای مقاوم در برابر زلزله – مینورو واکاباشی – ترجمه: محمد مهدی سعادت پور – انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان (۱۳۷۴)

۴) طراحی مقاوم در برابر زلزله – دی. جی. دوریک (۱۹۷۷)

۵) ساختمان های مقاوم در برابر زلزله – ریکو رزمان (۱۹۸۳)

۶) نیروهای ناشی از زلزله در ساختمانهای بلند – ر.ا. اسکینر (۱۹۹۰)

۷) ایمن سازی برج ها در برابر زلزله – کاینتسل مولر (چاپ دوم ۱۹۸۵)

۸) بررسی رفتار دیوارهای بنایی، تحت اثر بارهای جانبی – پنجمین کنفرانس بین المللی مهندسی زلزله

۹) ارزیابی آماری اهمیت تخریب غیر سازه ای در ساختمانها – هفتمین کنفرانس بین المللی مهندسی زلزله

۱۰) ضرورت بازنگری در مبحث اجزای غیر سازه ای در آیین نامهٔ ۲۸۰۰ زلزلهٔ ایران – دکتر محمد قاسم وتر – کنفرانس بین المللی زلزله، یادبود فاجعهٔ بم – کرمان (آبان ۱۳۸۳)

۱۱) بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای سبک ساخته شده از پنل گچی خشک – دکتر محمدرضا عدل پرور، دکتر حمید رضا وثوقی فر و دکتر علی اصغر گرجی – اولین همایش بین المللی سبک سازی و مقابله با زلزله – قم (مهر ۱۳۸۴)

۱۲) کاهش جرم، عامل افزایش ایمنی در رفتار لرزه ای سازه ها – دکتر محمد قاسم وتر – اولین همایش بین المللی سبک سازی و مقابله با زلزله – قم (مهر ۱۳۸۴)

۱۳) دیوارهای داخلی و سبک سازی ساختمانها – دکتر محمد حسن فلاح – اولین همایش بین المللی سبک سازی و مقابله با زلزله – قم (مهر ۱۳۸۴)

۱۴) اصول ساختمان سازی مقاوم در برابر زلزله – دکتر راینر فلش – نشریهٔ مهندسان و آرشیتکت های اتریش، شمارهٔ ۹، دوره ۱۳۱ (۱۹۸۶)

۱۵) نظرات کارشناسی درخصوص ساختارهای ایمن در برابر زلزله با استفاده از دیوارهای خشک و سقف های کاذب – دکتر راینر فلش – مرکز کنترل و تحقیقات ایالتی آرسنال در وین (۱۹۹۵)

۱۶) نظرات کارشناسی در خصوص امکان استفاده از ساختارهای دیوار جداکننده با استفاده از صفحات روکش دار گچی و صفحات فیبردار گچی در مناطق زلزله خیز – دکتر چیرگین و دکتر چرکاچین – مؤسسه تحقیقاتی کوچرنکو (۲۰۰۴)

۱۷) عملکرد دیوارهای پنل گچی با پروفیل فولادی نورد سرد، تحت اثر بارهای افقی و قائم – برند نایوکس – نشریات مؤسسه ساختمان های فولادی و مکانیک مواد دانشگاه فنی دارمشتات، شمارهٔ ۶۶ (۲۰۰۲)

۱۸) ایمنی دیوارهای جداکننده سبک در برابر زلزله؛ دیوارهای W۱۱۱ و W۱۱۲ کناف – دکتر مایر درنبرگ – موسسه مکانیک دانشگاه فنی دارمشتات (۱۹۸۴)

۱۹) گواهی بازرسی عمومی نظارت بر کار ساخت دیوارهای چوبی پوشش داده شده با صفحات گچی کناف – مؤسسهٔ فنی ساختمان آلمان (۲۰۰۱)

استانـــداردها

بین المللی	استاندارد ISO ۳۰۱۰ : مبانی طراحی سازه ها – نیروهای زلزله وارده بر سازه ها	۰۱/۱۲
ایران	استاندارد ۲۸۰۰ (ویرایش دوم آذر ۱۳۷۸): آیین نامهٔ طراحی ساختمانها در برابر زلزله	۹۹/۱۲
آلمان	استاندارد مقدماتی ۱-۱-۱۹۹۸ DIN V ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۱: مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و الزامات عمومی برای سازه ها	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی ۲-۱-۱۹۹۸ DIN V ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۲: مقررات عمومی؛ مقررات عمومی برای ساختمانها	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی ۳-۱-۱۹۹۸ DIN V ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۳: مقررات عمومی؛ مقررات ویژه برای مصالح و اجزای گوناگون	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی ۴-۱-۱۹۹۸ DIN V ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۴: مقررات عمومی؛ مقاوم سازی و تعمیرات ساختمانها	۹۹/۰۹
	پیش نویس استاندارد DIN ۴۱۴۹ : ساختمانها در مناطق زلزله خیز آلمان- بارگذاری، تحلیل و طراحی ساختمانها	۰۲/۱۰
فرانسه	استاندارد NF P ۰۶-۰۱۳ : مقررات ساخت و ساز مقاوم در برابر زلزله- مقررات مربوط به ساختمانها، موسوم به PS ۹۲	۹۵/۱۲
	استاندارد XP P ۰۶-۰۳۱-۱ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله و سند اجرایی ملی- قسمت ۱-۱: مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و الزامات عمومی برای سازه ها	۰۱/۰۲
	استاندارد XP P ۰۶-۰۳۱-۲ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله و سند اجرایی ملی- قسمت ۱-۲: مقررات عمومی؛ مقررات عمومی برای ساختمانها	۰۱/۱۲
	استاندارد XP P ۰۶-۰۳۱-۳ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله و سند اجرایی ملی- قسمت ۱-۳: مقررات عمومی؛ مقررات ویژه برای مصالح و اجزای گوناگون	۰۰/۱۲
	پیش نویس استاندارد P ۰۶-۰۳۳PR یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله - قسمت ۱-۴: مقررات عمومی؛ مقاوم سازی و تعمیرات ساختمانها	۰۳/۰۳
انگلیس	استاندارد مقدماتی ۱-۱-۱۹۹۸ BS DD ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و الزامات عمومی برای سازه ها	۹۶/۰۵
	استاندارد مقدماتی ۲-۱-۱۹۹۸ BS DD ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- مقررات عمومی؛ مقررات عمومی برای ساختمانها	۹۶/۰۵
	استاندارد مقدماتی ۳-۱-۱۹۹۸ BS DD ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- مقررات عمومی؛ مقررات ویژه برای مصالح و اجزای گوناگون	۹۶/۰۵
	استاندارد مقدماتی ۴-۱-۱۹۹۸ BS DD ENV یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- مقررات عمومی؛ مقاوم سازی و تعمیرات ساختمانها	۹۶/۰۵
ایتالیا	D.M.L.P : استانداردهای فنی برای ساختمانهای ایمن در برابر زلزله	۸۶/۰۱
اتریش	پیش نویس استاندارد OENORM EN ۱۹۹۸-۱ یوروکد ۸ : طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱: مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و مقررات برای ساختمانها	۰۴/۰۵
	استاندارد مقدماتی OENORM ENV ۱۹۹۸-۱-۱ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۱: مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و الزامات عمومی برای سازه ها	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی OENORM ENV ۱۹۹۸-۱-۲ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۲: مقررات عمومی؛ مقررات عمومی برای ساختمانها	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی OENORM ENV ۱۹۹۸-۱-۳ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۳: مقررات عمومی؛ مقررات ویژه برای مصالح و اجزای گوناگون	۹۷/۰۶
	استاندارد مقدماتی OENORM ENV ۱۹۹۸-۱-۴ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۴: مقررات عمومی؛ مقاوم سازی و تعمیرات ساختمانها	۹۹/۱۲
	استاندارد OENORM B ۴۰۱۵ : بارهای طراحی در ساختمانها – بارهای تصادفی – بارهای زلزله – قواعد کلی و روشهای محاسبه	۰۲/۰۶
سوئیس	استاندارد SIA ۲۶۰ : مبانی طراحی سازه ها	۰۱/۰۳
	استاندارد SIA ۲۶۱ : نیروهای وارده بر سازه ها	۰۱/۰۳
	استاندارد مقدماتی SN ENV ۱۹۹۸-۱-۱ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۱: مقررات عمومی؛ نیروهای زلزله و الزامات عمومی برای سازه ها	۱۹۹۸
	استاندارد مقدماتی SN ENV ۱۹۹۸-۱-۲ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۲: مقررات عمومی؛ مقررات عمومی برای ساختمانها	۱۹۹۴
	استاندارد مقدماتی SN ENV ۱۹۹۸-۱-۳ یوروکد ۸ : مقررات طراحی سازه ها در برابر زلزله- قسمت ۱-۳: مقررات عمومی؛ مقررات ویژه برای مصالح و اجزای گوناگون	۱۹۹۵
CIS	استاندارد SniP II ۷-۸۱ : ساخت و ساز در مناطق زلزله خیز	۲۰۰۰
ترکیه	استاندارد ABYYHY : مشخصات فنی برای احداث بناها در مناطق بحرانی- قسمت III : پیشگیری از آثار مخرب زلزله	۱۹۹۸

کناف ایران

دفتر مرکزی: تهران، خیابان مفتح شمالی
خیابان نقدی، شماره ۲۹
تلفن: ۴ - ۸۸۷۵۱۶۸۰
فکس دفتر فروش: ۸۸۷۵۸۱۱۱
کارخانه: تهران، کیلومتر ۲۳ جاده خراسان
تلفن: ۵-۳۳۵۸۴۷۱۱
فکس: ۳۳۵۸۳۵۹۵
www.knaufir.com