



رفتار لرزه‌ای دیوار در ساختمان‌های اسکلتی سیستم مهار لرزه‌ای لغزان و ادارقائم-مهارافقی BS2

محمدرضا بنان و محمودرضا بنان

اعضای هیأت علمی بخش مهندسی راه، ساختمان و محیط‌زیست، دانشکده‌ی مهندسی دانشگاه شیراز



متن زیر بخش اول سخنان بیان شده در وبینارهای ۱۹ اردیبهشت‌ماه و ۷ خردادماه ۹۹ است. به دلیل نامناسب بودن کیفیت ضبط در ۳۸ دقیقه اول جلسه، تصمیم گرفته شد تا بیانات سخنران به متن برگردانده شود. در تبدیل بیان به متن نوشتاری، سرکار خانم فرحی مدیره محترمه اجرایی نشریه گزارش، زحمات فراوانی را متقبل شدند که سپاسگزارم. از آنجا که به کارگیری عبارات و ترتیب جملات در بیان و در متن نمی‌تواند یکسان باشد و چون پیاده کردن کلمه‌به‌کلمه سخنان بیان شده با وجود تمام مشکلات و زمان‌گیر بودن، به دلیل عدم برداشتن حس و بیان گوینده در رسانیدن مفهوم، ناتوان نشان داد، بنابراین با حفظ کلیات و ساختار سخنرانی، جملات به ترتیبی تغییر یافته‌اند که معنی‌دار بوده و بتوانند مفهوم مورد نظر گوینده را بازگو نمایند.

لینک وبینار در زیر آورده شده است

<http://derak.live/stream/banan-BS2>

وبینار دوم، پس از گذشت ۱:۴۶ از ابتدای زمان ضبط برنامه، آغاز می‌شود. در ابتدای این بخش، خلاصه‌ای از وبینار اول، ارائه شده است. در صورت داشتن محدودیت زمانی، پیشنهاد می‌شود این بخش دیده شود.

در اوایل اسفند ۹۸ برآن بودیم تا مطالب ارائه شده در این وبینار در قالب یک کارگاه آموزشی چهارساعته توسط دبیرخانه‌ی مبحث بیست‌ودو مقررات ملی ساختمان (مستقر در اداره‌ی کل راه و شهرسازی استان فارس)، در تالار حافظ برگزار شود. به دلیل شیوع بیماری و قبل از هرگونه ابلاغ از طرف دولت، تصمیم به لغو کنفرانس گرفته شد. مطالبی که ارائه خواهند شد حاصل چندین سال تحقیق بوده که پس از اجرای اولین مورد در یک مجتمع مسکونی خانوادگی خودمان در سال ۸۸ سبب شد به موضوع از دیدگاه پژوهشی علاقه‌مند شویم. بعد از آن، روش

در اوایل اسفند ۹۸ برآن بودیم تا مطالب ارائه شده در این وبینار در قالب یک کارگاه آموزشی چهارساعته توسط دبیرخانه‌ی مبحث بیست‌ودو مقررات ملی ساختمان (مستقر در اداره‌ی کل راه و شهرسازی استان فارس)، در تالار حافظ برگزار شود. به دلیل شیوع بیماری و قبل از هرگونه ابلاغ از طرف دولت، تصمیم به لغو کنفرانس گرفته شد. مطالبی که ارائه خواهند شد حاصل چندین سال تحقیق بوده که پس از اجرای اولین مورد در یک مجتمع مسکونی خانوادگی خودمان در سال ۸۸ سبب شد به موضوع از دیدگاه پژوهشی علاقه‌مند شویم. بعد از آن، روش

منظور از دیوار، دیوار غیرسازه‌ای خواهد بود. صرفاً تمرکز بر رفتار لرزه‌ای دیوارهای گسسته، دیوارهایی که از واحدهای بنایی مجزا (مانند بلوک‌های سفالی، بتنی سبک، ... و آجر) ساخته شده‌اند، خواهد بود. البته لازم به یادآوری است که در ساختمان‌های اسکلتی، استفاده از آجر در طبقات بالاتر از طبقه همکف، مجاز نیست.

موضوع در رابطه با روش اجرای پانل‌ها و اثر آن بر رفتار سازه هم باید بررسی شود. نه تنها به این دلیل که پانل‌ها پیوستگی در سطوح بزرگ‌تری دارند خالی از اشکال هستند، که موضوع بحث ما در این جلسه نیست. بحث را با اسلاید اول شروع می‌کنم.

سیستم لغزان بتنی



این نمونه کاری است که در سال ۱۳۸۸ اجرا شد و همان‌طور که مشاهده می‌شود، برای اولین مرتبه از وادار بتنی با جزئیات بسیار ساده ولی کاملاً اصولی استفاده شده است. ضوابط و معیارهای طراحی را مشخص کردیم و سیستم مهار لرزه‌ای بتنی را طراحی و در ساختمان شخصی خودمان اجرا کردیم. بعد از آن، از سال ۸۸ این سیستم با تغییرات و اصلاحات در پروژه‌های گوناگونی استفاده شده است. از سال ۹۲ به بعد و به‌منظور فراهم آوردن سندهای فنی پشتیبان، بر روی موضوعی که برای خود ما رفتار مناسب آن به دلیل اشرافی که به آن پیدا کرده بودیم، کاملاً روشن بود، به‌صورت تحقیقاتی کار را آغاز کرده و تلاش شد سؤالات و پارامترهای متعددی که در نگاه اول بر عمل کرد دیوارهای غیرسازه‌ای تأثیرگذار می‌گذارد، به‌صورت سیستماتیک بررسی شوند. موضوع آن‌چنان برای ما مهم بود و هست که تبدیل به یکی از پژوهش‌های پیوسته‌ای شد که در حال حاضر یکی از تیم‌های پژوهشی ما در حال پیگیری است.

اسلاید بعدی، نمونه‌ای است که با وادارهای لغزان فولادی همراه با مهارهای افقی بتنی اجرا شده است.

سیستم لغزان فولادی



من طبق عادتی که دارم همیشه در سخنرانی‌های حضوری، نتایج نهایی را اول جلسه ارائه می‌دهم. شنونده از همان اول بداند در آخر به کجا می‌خواهیم برسیم و اگر مطالب به هر دلیل برای فرد جالب نباشد، وقتش تلف نشود.

در این وبینار نیز بر اساس عادت، ابتدا نتایج و نتیجه‌گیری نهایی را خدمتان ارائه می‌دهم و سپس وارد جزئیات خواهم شد. خلاصه‌ی نتایج نهایی که از تحقیقات تا امروز به‌دست آورده‌ایم، بدین شرح است.

تایید نهایی



* دیواری که از مصالح گسسته ساخته می‌شود باید یکپارچگی آن صرف‌نظر از جنس مصالح سازنده‌ی آن، که از جنس بلوک بتنی، سفالی، بتنی سبک یا ... باشد، فراهم شود.

* نکته‌ی بعدی استفاده از سیستم‌های مهار لرزه‌ای لغزان است. هر سیستمی که بتواند امکان سه نوع حرکت (در راستای دیوار، عمود بر دیوار و پیچش) را مستقل از سازه برای دیوار فراهم کند، هم‌چنین ارتباط بین طبقات را توسط دیوار قطع کند، مناسب بوده و می‌توان از آن استفاده کرد. با استناد به پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ که در آن اجازه‌ی استفاده از راه‌کارهای دیگر داده شده است می‌توان از هر سیستم دیگری بهره گرفت. به همین دلیل تصمیم گرفتیم این راه‌کار ابداعی را اطلاع‌رسانی کنیم. هر راه‌کاری دارای مزایا و نقص‌هایی است؛ ولی همه با هدف کاهش مخاطرات جانی و مالی و رسیدن خیر آن به مردم است.

* نکته‌ی اساسی این است که مشخص کنیم دیوار نیاز به چه نوع تکیه‌گاهی دارد. این تکیه‌گاه دیوار باید عضوی مستقل باشد و یا خود اعضای سازه باشد؛ در هر صورت بدون هیچ شکی، تکیه‌گاه نهایی سیستم دیوارها، سازه‌ی ساختمان خواهد بود. ما اتصال دیوار به تکیه‌گاه خودش را وادار قائم‌لغزان نام‌گذاری کرده‌ایم، چیزی که در اصطلاح رایج به آن گفته می‌شود «وال‌پست». از نظر من ترجمه‌ی این کلمه «وادار ثابت» است. کلمه‌ی وادار را به طریق صحیح وارد فرهنگ ساخت‌وساز دیوارها کرده‌ایم، نه بدان معنی که کلمه‌ی «وادار» وجود نداشته است، وادار کلمه‌ای است که شما در اسناد قبل هم که نگاه کنید از آن استفاده شده است. الآن هم که رایج شده به غلط بعضی‌ها می‌گویند وادار قائم و وادار افقی! وادار که افقی نمی‌تواند باشد. آن می‌شود به اصطلاح تیر یا عضو پیوند یا مهار افقی. این مطالب را در اینترنت می‌توانید جست‌وجو کنید و اشتباهات را متوجه شوید.

* پس هر سیستم مهار لرزه‌ای که شما طراحی کنید با هر دیدگاهی و صلاح‌دیدگی که داشته باشید به شرط آن که ضوابط استاندارد ۲۸۰۰ را رعایت کنید (که روی آن ضوابط هم ما مشکل و ایرادات اساسی داریم) بنا به متن آغازین پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ مجاز هستید. عرض کردم تمام مطالبی که اینجا گفته می‌شود نظرات شخصی ولی با پشتوانه‌ی فنی و دلایل و مدارک پژوهشی است. درخواست می‌کنم هرگونه نقد، انتقاد، پیشنهاد و نظرات خود را در اختیار ما قرار دهید. حتماً این نظرات در جهت هم‌افزایی معلومات و یافته‌های شما بزرگواران بوده و در ارتقای روش استفاده خواهد شد.



* اتصال این تکیه‌گاه‌ها (یعنی وادارهای قائم لغزان) به سازه‌ها به چه صورت باشد؟ اینجاست که ما خیلی مسئله داریم. باید ذکر کنم اجزای غیرسازه‌ای هدف در این وینار، اجزای غیرسازه‌ای معماری است و فعلاً در برگیرنده‌ی تأسیسات مکانیکی و برقی و سایر تجهیزات و ملحقات ساختمان نیست.

* سؤال مهم این است که سیستم‌های غیرسازه‌ای به‌صورت کامل از سازه مجزا شوند یا به صورت جزئی؟ من خدمتان عرض می‌کنم تمام جزئیاتی که وجود دارد و تاکنون چه در قالب پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ و چه جزئیاتی که در اینترنت، شبکه‌های اجتماعی مهندسی و مراجع مختلف می‌توانید جستجو و مشاهده نمایید همگی جداسازی جزئی سیستم دیوارها از سازه را فراهم می‌کنند. جداسازی جزئی به این ترتیب است که نیروی اعمال شده به دیوار، خواسته یا ناخواسته به سازه منتقل می‌شود. حرکت سازه روی دیوار اثر می‌گذارد و اثر دیوار روی جزء سازه‌ای مشهود خواهد شد.

* نکته‌ی بعد این است که دیوارهای متقاطع، حتماً باید وادارهای مستقل داشته باشند. دیوار پشتیبان نما چه به صورت تر یا خشک، باید الزاماً مسلح اجرا شوند. مسلح اجرا شدن آن می‌تواند به شیوه دیوارهای مصالح بنایی مسلح یا دیوارهای غیرسازه‌ای مسلح باشد. دیوار اطراف پلکان باید حتماً مسلح اجرا شوند. هم‌چنین نمای خشک اگر می‌خواهد اجرا شود، باید نسبت به دیوار پشتیبان و یا اگر می‌خواهد به‌صورت مستقیم به سازه متصل شود باید امکان جابه‌جایی داشته باشد که نیرویی به سازه منتقل نشود. یا اگر امکان جابه‌جایی آزاد و در عین حال پایداری مستقل ندارند، این نیروهای انتقالی به سازه در تحلیل سازه و طراحی اجزای سازه‌ای دیده شده باشند. ما مشکلی با جداسازی جزئی نداریم؛ ولی اگر تصور می‌کنید با این جزئیات مرسوم در جامعه‌ی مهندسی در سطح کشور، جداسازی دیوارهای به‌صورت کامل صورت می‌پذیرد، سخت در اشتباه هستید.

* در دهانه‌های مهاربندی شده هم به هیچ‌عنوان نباید دیوارچینی با اجزای مهاربندی در تماس باشند.

این نتایج، کلیات بنیادینی هستند که نهایت تلاش می‌شود در این وینار با توضیحات تکمیلی تا حدودی به آن‌ها پرداخته شود.

مهار لرزه‌ای دیوار غیرسازه‌ای باید سه ویژگی داشته باشد تا بتوان گفت این جداسازی به‌صورت نسبی و نه صددرصد انجام شده است، تا جایی که آسیب‌های جانی و مالی را به مقدار قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. سیستم لرزه‌ای لغزان ارائه شده در این وینار، پیشنهادی شخصی است و مانند پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ الزام‌آور نیست؛ اما انتظار ما بر اساس شبیه‌سازی‌های متعدد انجام شده و نه آزمایش‌های درست و معنی‌دار (و نه صرفاً قرار دادن یک سیستم چهار دیواری بر روی میز لرزان که در مواردی توسط سایر پژوهش‌گران انجام شده است)، که متأسفانه مخارج آن از عهده ما خارج بوده و هست! آسیب‌ها را بسیار فراتر از جزئیات ارائه شده در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰، کاهش دهد. سیستم پیشنهادی نسبت به سیستم‌هایی که دارای مهار جزئی هستند، به مراتب باید آسیب‌های کم‌تری را سبب شوند؛ به شرطی که حرکت دیوار در صفحه‌ی خودش (یعنی حرکت درون‌صفحه‌ای) آزاد باشد. دیوار باید در جهت حرکت عمود بر صفحه‌ی خودش (حرکت برون‌صفحه‌ای)، به‌صورت جسم صلب بتواند دوران کند. از همه مهم‌تر موضوعی است که تاکنون در هیچ مرجعی به آن اشاره نشده است و آن امکان پیچش دیوار به صورت جسم صلب، ناشی از پیچش طبقات به‌نحوی که در دیوار نیروی برشی حداقل ایجاد شود، است. یعنی اگر

دیوار به شکلی دال کف طبقه را به زیر دال سقف وصل کند، آن زمان دیوار تحت اثر پیچش قرار می‌گیرد و در نتیجه از طرف دیوار به سازه نیرو اعمال می‌شود، برخلاف مدل و نتایج تحلیل که در آن این نیروها دیده نشده‌اند. حتی اگر سیستم دیوارهای مهار شده بتواند حرکت درون‌صفحه‌ای و برون‌صفحه‌ای را هم تأمین کند، باز مسئله‌ی پیچش وجود دارد. تمام سیستم‌های موجود باید جواب‌گو باشند که مسئله‌ی پیچش را چگونه حل می‌کنند، که حداقل برای ما واضح است، اصلاً نمی‌توانند. طبق بررسی‌هایی که ظرف این مدت بر روی سیستم‌های گوناگون مهار دیوارها، انجام داده‌ایم، جزئیات بسیار پیچیده‌ای با اهداف چندگانه‌ای را مطرح کرده‌ایم. ولی در این‌جا ساده‌ترین و آشنا‌ترین جزئیات را که در جامعه‌ی مهندسی رایج بوده را بررسی و نقص‌های آن را برطرف کرده‌ایم، معرفی می‌نمایم. یعنی آخر جلسه انشاء... متوجه خواهید شد که جزئیات سیستم لرزه‌ای لغزان پیشنهاد شده، نه تنها آشنا است؛ بل که از آن چه فکر می‌کردید، ساده‌تر هم شده است. یک سری جزئیات اجرایی را که مهندس صرفاً از روی قضاوت مهندسی خود و با دید مقاومت‌محور انجام می‌دهد، را منع می‌کنیم. پیشنهاد می‌کنیم این کارها صورت نگیرد تا جلوی سه حرکت بیان شده دیوار، گرفته نشود.

در دیوارچینی خوب و مناسب به روش مرسوم که البته دلیل استفاده از دوغاب را هیچ‌وقت نتوانستیم درک کنیم (و توصیه من این است که لطفاً به جای این که سیمان را صرف دوغاب کنید، آن را صرف افزایش سیمان ملات کنید.) ببینیم این دیوار آیا امکان حرکات سه‌گانه موردنظر ما را فراهم می‌کند یا خیر؟ برای این که موضوع روشن‌تر شود، سه پویانمایی (انیمیشن) خیلی ساده نشان می‌دهم. در صورت تمایل به مشاهده‌ی پویانمایی‌ها لطفاً به لینک وینار مراجعه نمایید.

در این پویانمایی‌ها، حرکت‌ها خیلی اغراق‌آمیز نشان داده می‌شوند. پویانمایی اول، حرکت لغزان درون‌صفحه‌ای دیوار را نشان می‌دهد. دیوار روی کف قرار گرفته ولی دال سقف طبقه نسبت به دال کف همان طبقه در زلزله می‌تواند جابه‌جایی نسبی داشته باشد. این را حرکت لغزان درون‌صفحه‌ای می‌نامیم. در انیمیشن اول سقف را حرکت داده‌ایم. شما می‌توانید دیوار و کف را به صورت لغزان نسبت به سقف ثابت، نیز تصور کنید. آن چه مهم است حرکت نسبی دو دال نسبت به یکدیگر است که در دیوار با اتصال مناسب، نه نیرویی در خود دیوار و نه سازه تکیه‌گاهی تولید کند و نه دیوار را ناپایدار نماید.

دقت کنید که وقتی زلزله به یک سازه اصطلاحاً حمله می‌کند، زاویه‌ی حمله‌ی زلزله یک زاویه‌ی نامشخص هست و ما نمی‌توانیم بگوییم زلزله فقط در جهات اصلی سازه و امتداد قائم اعمال می‌شود.

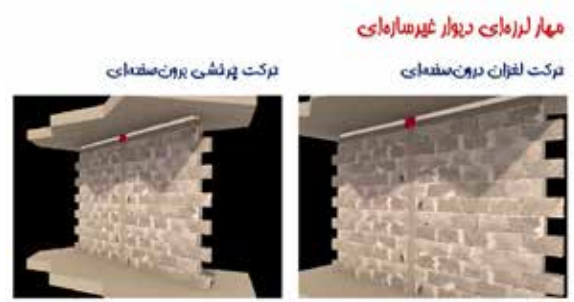
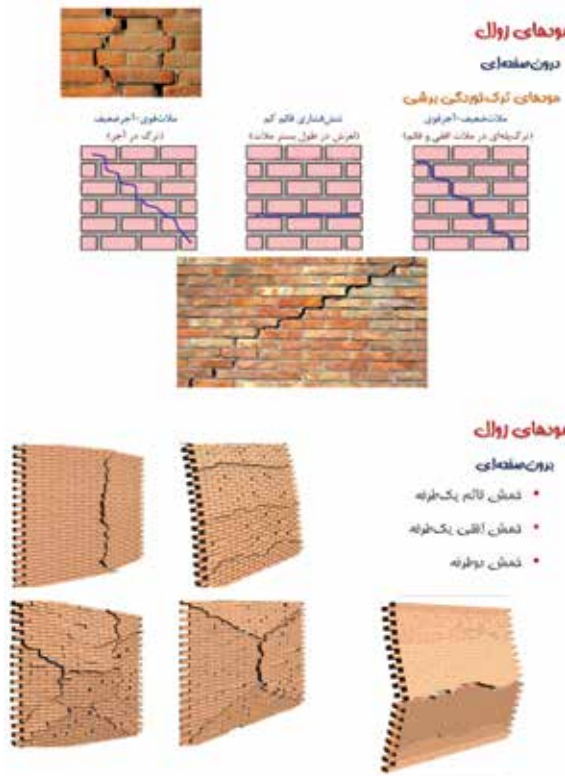
نکته‌ی بعدی (پویانمایی دوم) در رابطه با حرکت چرخشی برون‌صفحه‌ای دیوار است. بیش‌تر مطالب محاسباتی ارائه شده در منابع داخلی و خارجی برگرفته از ASCE7 و ASCE41 است، این مرجع به‌عنوان یک سند قوی که نه آیین‌نامه است، نه استاندارد و نه لازم‌الاجرا، به مطالب مهمی می‌پردازد. هم‌چنین که روابط همه از آن گرفته شده است، طراحی دیوار و اجزای مهار را تحت اثر نیروی جانبی ارائه می‌دهد؛ اما آن برای طراحی دیواری است که دیوار سرجای خودش بایستد. مسأله این است که وقتی سقف‌ها و کف‌ها نسبت به یکدیگر حرکت کردند، حتی اگر دیوار هم پایدار باشد و برای نیرو طراحی موردنظر ASCE41 تحلیل و طراحی شده باشد، آن وقت به علت تکیه‌گاه‌های دیوار که آن‌جا وجود دارند، این جابه‌جایی می‌تواند دیوار را خراب کند.

۲) دیوارها به صورت فنی و اصولی چیده و اجرا شده باشند؛ یعنی تمام ضوابطی که در مبحث هشتم گفته شده در مورد زنجاب کردن واحدهای بنایی، کیفیت و ضخامت ملات افقی و قائم و ... همه رعایت شده باشند. اگر این موارد رعایت شوند، در این صورت سیستم مهار لرزه‌ای لغزان، بسیار کیفیت و عمل کرد دیوار را بالا خواهد برد.



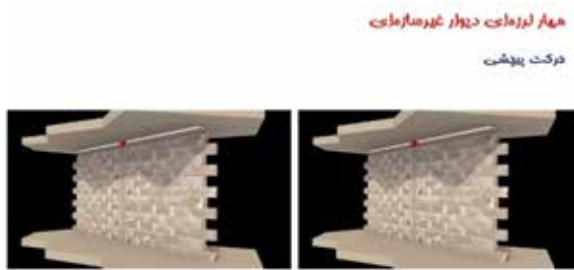
پس چنین نیست که برای دیوارچینی‌هایی که در تصویر بالا می‌بینید، سیستم مهار لرزه‌ای لغزان می‌تواند معجزه کند. دیوارچینی مناسب و فنی باید همراه با اجرای سیستم مهار لرزه‌ای جلو برود. دیوارهای غیرسازه‌ای که پس از اجرای سازه چیده می‌شوند، مشکلاتی دارند که به برخی از آن‌ها در زیر اشاره می‌شود.

مودهای زوال



حرکتی که ما مد نظرمان است، چه به صورت حرکت لغزان درون صفحه‌ای یا برون صفحه‌ای یا به صورت چرخش، به نحوی باید صورت پذیرد که در مواردی ترک‌های کنترل شده، ایجاد شوند. چرخش دیوار به صورت یک جسم یکپارچه و نسبتاً صلب (در صورت بهره‌گیری مناسب از مفهوم محصورشدگی پیشنهادی ما) می‌تواند سبب شود که یک سری ترک‌هایی در لایه‌های طولی دیوار (بیش‌تر در ملات) ایجاد شود. آیا محل ترک خوردگی درون دیوار که به علت حرکت عمود بر دیوار که ناشی از حرکت دال‌های کف و سقف هستند، ترک در تراز پاشنه‌ی دیوار و یا جایی دیگر در ارتفاع دیوار به وجود خواهد آمد؟ موقعیت این ترک طولی باعث افزایش یا کاهش آسیب‌ها می‌شود.

نکته‌ی بعدی که بدون بحث مفصل به صورت ساده از آن می‌گذریم، مسأله‌ی پیچش است.



این پویانمایی، حرکت پیچشی را از دو دیدگاه نمایش می‌دهد. ابتدا شخصی که روی کف ایستاده و دیوار و سقف به صورت هم‌زمان نسبت به کف پیچیده می‌شوند. حالت دیگر از دیدگاه فردی است که پیچش کف را ناظر است. در صورت استفاده از سیستم‌های مهار ساخته شده از وادارهای ثابت، به علت درگیری وادار با دال‌های دو تراز متوالی و تعدد وادارها، جلوی حرکت پیچشی دیوار گرفته می‌شود و دیوار تحت اثر پیچش می‌تواند دچار دردسر و آسیب شود.

هر سیستم مهار لرزه‌ای دیوار را که در نظر بگیرید، مشروط به دو زیر شرط می‌تواند کارایی داشته باشد:

۱) رفتار لرزه‌ای مناسب سازه برقرار باشد؛ یعنی اگر مانند این تصاویر باشند که سازه ریزش کرده باشد، سیستم مهار لرزه‌ای دیوارها به هر خوبی هم که باشد، دچار تخریب خواهد شد.



با نگاه به تصویر آخر مشاهده می‌شود که قسمتهایی از دیوار به صورت پانلی با هم عمل کرده است. در دیوار سمت چپ، حرکت دیوار برون صفحه‌ای به وضوح مشاهده می‌شود. یعنی اگر حتی دیوار برای نیروی حداقل استاتیکی عمود بر صفحه دیوار که ASCE7 پیشنهاد می‌دهد، طراحی شده باشد؛ ولی به علت درگیری که با کف و سقف دارد، باعث شده است که دیوار به صورت عضوی که هدف ما است عمل نکرده و نتوانسته به صورت جسم صلب دوران داشته باشد، و لذا تخریب شده است. در اسلایدهای ادامه، مودهای زوال مختلفی مشاهده می‌شوند که در دیوارهای غیرسازه‌ای متقاطع رخ داده است. این تصاویر مربوط به زلزله کرمانشاه هستند.



تمامی این جزئیات اتصالی نقص‌هایی آشکار دارند؛ چون همه به صورت تجویزی اجرا می‌شوند و اصول طراحی ندارند. سیستم‌هایی که برای اتصال بلوک سبک هم استفاده می‌شود، (اتصالات به صورت آکاردئونی یا استفاده از نبشی و پلی‌استایرن) خالی از اشکال نیستند.



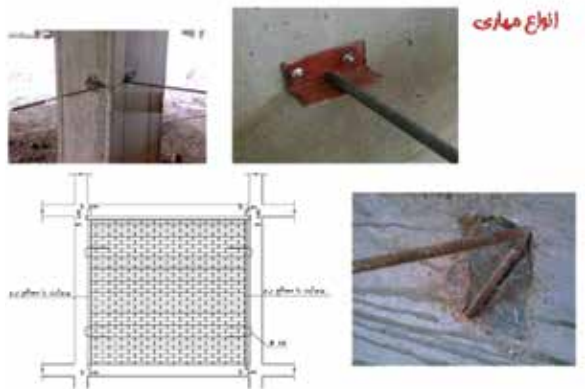
قصد بیان نقاط قوت و ضعف هریک از این جزئیات کم‌وبیش آشنا در جامعه‌ی مهندسی را ندارم. فقط می‌خواهیم بگوییم که بیش‌تر سیستم‌های موجود و رایج مهارسازی دیوارها، را در نظر گرفته و بررسی کرده‌ایم. سیستم‌هایی وجود دارد که با استفاده از «وادارتابت» و میلگرد بستر ایجاد می‌شوند، در شکل زیر مشاهده می‌شود.



می‌توان بحث کرد که میلگرد بستر، برای طراحی و اجرایش چه ضوابط و میزان دقیقی لازم دارد؟ ما معتقد هستیم جزئیات مهندسی وقتی با دقت خوبی تهیه و اجرا شوند، مناسب هم عمل خواهند کرد. بعداً در ادامه، تصاویری را نشان می‌دهم که با اجرای نامناسب در محل و چگونگی نصب



حال مروری سریع بر روی سیستم‌های مهارهای تجویزی دیوار، انجام می‌دهم.



لطفاً این نکته در ذهنتان باشد که (۱) دیوار باید سر جای خود بایستد، (۲) آزادی حرکت داشته باشد و (۳) نیرویی هم به سازه منتقل نکند. این سیستم‌هایی را که مشاهده می‌کنید، ساده‌ترین سیستم‌های تجویزی هستند که برای مهار دیوار به وجود آمدند و در بسیاری از ساختمان‌ها استفاده شده‌اند. ولی از هیچ یک از دیدگاه‌های ما در رابطه با رفتار دیوارهای غیرسازه‌ای پیروی نمی‌کنند. این سیستم‌ها همگی تجویزی بوده و در اجزای سازه‌ای، تولید نیرو کرده و پایداری سازه را می‌توانند زیر سؤال ببرند.

هدف اصلی ما این است که سیستم مهار اجزای غیرسازه‌ای باید مانند سیستم سازه‌ای طراحی شوند. اهمیت اجزای غیرسازه‌ای اگر بیش‌تر از اجزای سازه‌ای نباشد، کم‌تر هم نیست. اگر به تصویر بعدی توجه کنید، آمده‌اند با نبشی، دیوار را پایدار کرده‌اند؛ ولی این کار باعث شده است که این دیوار سازه‌ای شود و حتی ستون را

میلگردهای بستر باعث در دسر برای حتی دیوار می تواند شود.

این سیستمی که در پایین به صورت تصویر سه بعدی و شماتیک مشاهده می کنید، برگرفته شده از جزئیات سازمان نوسازی مدارس است. ناگفته نماند سازمان نوسازی مدارس در رابطه با جزئیات اجرایی، جزو پیشگامان مملکت بوده و از این بابت بسیار جای تقدیر دارد. اما سیستمها از دیدگاه جداسازی کامل، دارای نقصهایی است که اگر بتوانند آنها را برطرف نمایند، شاید این جزئیات هم بتواند به خوبی استفاده شود. البته شخصاً این جزئیات را نمی پسندم و نمی توانم آنها را تأیید کنم.

محصورشدگی خارج از صفحهی دیوار را تا حدودی ممکن است، تأمین نماید. سیستمی که در این اسلاید (تصویر زیر) مشاهده می کنید سیستم خوبی می تواند باشد؛ ولی حرکت برون صفحه ای را نمی تواند اجازه دهد. می توان گفت که با ایجاد یک تکیه گاه یا یک سوراخ لوبیایی در ضلع افقی نبشی شاید امکان حرکت درون صفحه ای فراهم شود. به شرطی که بتوانید آن را طراحی کنید و رفتار آن را ببینید، هیچ مانعی ندارد.



در تصویر بالا در شکل سمت چپ پایین، آزادی عمل حرکت درون صفحه را فراهم می کند. این جا باز هست (اشاره به ناحیه ی A) و می تواند تغییر شکل سقف اتفاق بیفتد؛ ولی همان طور که می بینید این جا را جوش داده اند (اشاره به ناحیه ی B). ضخامت این ورق هایی که استفاده شده اند چقدر باید باشد و برای چه نیروهایی، بر اساس چه معیارهایی و چگونه محاسبه شده اند؟ اگر مثلاً روی حس مهندسی بگویم حداقل یک ورق ۳ میلی متر لازم است و من بیایم یک ورق ۱۵ میلی متر استفاده کنم، آیا کار بهتری کرده ام؟ این نوع برخوردهای صرفاً تجویزی آیا در این محاسبه، دیده شده یا دیده نشده؟ آیا این ورق در زلزله ی شدید باید دچار تغییر شکل بشود یا نه؟ نهایتاً این نیرویی که دارد منتقل می شود، این نیرو به سازه انتقال پیدا می کند. اگر مقداری از این نیرو توسط تغییر شکل (Deformation) جذب بشود و باقی مانده ی آن به سازه منتقل بشود، خوب است یا بد است؟ اینها را طراح این گونه جزئیات باید بتواند جواب بدهد. درست است که فرمولها ارائه می شود؛ ولی جزئیات گفته نمی شود و ما مشکلی که در رابطه با اکثر کارها داریم، عدم وجود و یا ارائه ی جزئیات است.

در تصویر زیر اینها سیستمهایی هستند که گفته می شود بلوکها نیازی به ملات ندارند؛ ولی باز از ادارهای افقی استفاده می شود که به سازه نیرو را منتقل می کنند.

در حال حاضر از برخی سیستمهای مهاری به اصطلاح نوین دارد استفاده می شود که از مقاطع سردنورد تشکیل می شوند. ولی در هر صورت به سازه متصل شده اند. آیا دیوار نسبت به اینها حرکت دارد یا حرکت ندارد؟ (تصویر سمت راست، پایین).



البته این سیستمها و جزئیات را گروهی به طور شماتیک ترسیم و در قالب کتابی در سال ۱۳۹۵ چاپ کردند که از نظر من تماماً برگرفته از جزئیات ارائه شده توسط سازمان نوسازی مدارس بوده و نوآوری و یا تغییر و اصلاحی، تا آنجا که من متوجه شده ام، در آنها مشاهده نمی شود. تصویر بالا نمونه ای است که در استاندارد ۲۸۰۰ هم به آن استناد شده است و به عنوان جزئیات برای دیوارچینی در سازه های اسکلتی، کاملاً اشتباه است. به دلیل آن که با این نوع محصور کردن دیوار به زیر یک تیر، دیگر نه آن تیر، تیری است که محاسب طراحی کرده و نه دیوار آزادی حرکت های سه گانه مطرح شده، را دارد. سطح زیرین تیر طراحی شده، بدون تکیه گاه پیوسته و به صورت آزاد مدل شده است ولی این تیر، متکی به یک تکیه گاه پیوسته است. حالا شاید گفته شود که این یک تکیه گاه پیوسته صددرصدی نیست و تکیه گاه تیر، یک جسم ترد است که در اولین تغییر شکل تیر، خرد می شود. چرا عاقل کند کاری که باز آرد پشیمانی؟ چرا چیزی را که به آن مطمئن نیستید و نمی دانید چگونه رفتار خواهد کرد، انجام می دهید و عمل کرد مطلوب و مناسب را به عهده ی شانس و اقبال می گذارید؟ چه کسی گفته که ما چنین کاری را باید انجام دهیم؟ نمی توان و نباید ضوابطی که مربوط به ساختمان های مصالح بنایی کلاف دار است را برای دیوارهای غیرسازه ای در ساختمان های اسکلتی استفاده کرد. وارد بحث نمی شوم که چه ضوابطی برای این دیوارها مطرح می شود، چه در استاندارد ۲۸۰۰ چه در نشریه های ۷۴۸، ۷۴۳، ۷۲۹ یا ۸۱۹. در این جا فعلاً نه قصد انتقاد و نقد ضوابط را دارم و نه رد کردن چیزی را، چون زمان محدود است و گرنه نکات برای گفتن بسیار. اگر توسط مهندس محاسب، موضوعات و جزئیات اجرایی در مدل دیده شده باشد و به خوبی و درستی تحلیل و شکافته شده باشد، اثر عوامل ناشی از عناصر غیرسازه ای را روی رفتار سازه باید دیده باشند، با این فرض، هر جزئیاتی می تواند خوب باشد. ولی اگر قصد این است که این جزئیات به معنی جداسازی کامل باشد، خیر چنین چیزی نیست.

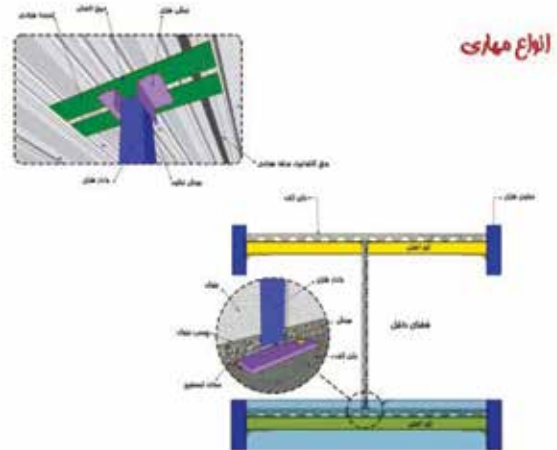
در اسلاید قبل، حتی تسمه هایی را که بر روی بلوکها مشاهده می کنید بیان گر محصورشدگی (confinement) درون صفحه ای نبوده و تا حدودی



باید همواره آن سه حرکت توضیح داده شده را به‌عنوان اصول اساسی در نظر داشته باشیم. من پیشنهاد می‌دهم فراهم آوردن امکان آزادی حرکات سه‌گانه بشود معیار اصلی. اگر این سه معیار برقرار شد، آن وقت باید به‌دنبال ضوابطی بود که باید برقرار شود و جواب به این سؤال که چگونه آن‌ها را طراحی کنم.

در ادامه جزئیاتی را مشاهده می‌کنید که من با جست‌وجو در اینترنت پیدا کرده‌ام. به علت این که تمامی آن‌ها در اینترنت موجود بوده‌اند و در دسترس همگان، بنابراین از شرکت مربوطه اجازه نگرفته‌ام، به دلیل این که عمومی است و به‌عنوان یک کاربر استفاده می‌کنم. ولی تا جایی هم که امکان داشته است، اسم‌ها را حذف کرده‌ام.

این اسلاید هم باز در رابطه با بلوک‌های سبک است.



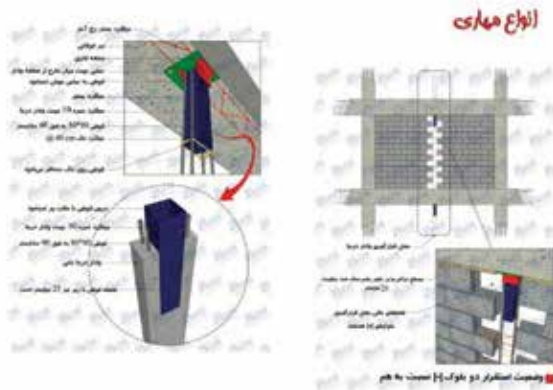
آیا این بلوک‌های سبک و طراحی این تسمه‌ها، نبشی‌ها و وادارها به چه صورت و برای چه میزان و نوع نیرو باید انجام شود؟ آیا فقط باید بار استاتیکی (که استاندارد ۲۸۰۰ که خود برگرفته از ASCE7 و ASCE41 پیشنهاد می‌کند) استفاده شود؟

ما این را در پژوهش‌مان کاملاً و با جزئیات نشان داده‌ایم که اگر دیوار برای نیروی استاتیکی طراحی شود و سپس دیوار را تحت اثر شتاب‌گاشت زلزله‌ی واقعی قرار دهیم، مخصوصاً متأثر از پارامترهایی مانند تراز قرارگیری دیوار، راستای دیوارها و چگونگی چیدمان دیوارها، این نیروی طراحی می‌تواند کافی نباشد. مقدار این نیرو برای کنترل پایداری دیوار شاید تا حدودی مؤثر باشد؛ ولی سبب می‌شود که اجزا و تکیه‌گاه‌های سیستم مهار دیوار، دچار آسیب شوند. پس می‌تواند یک زنگ خطر باشد. همان‌طور که عرض کردم این جزئیات متعلق به یک شرکت خاص است که دارد اعلام می‌کند، من به این شکل دیوار را اجرا می‌کنم و اگر پای این نوع اجرا ایستاده باشد و مسئولیتش را تا آخر بپذیرد، هیچ اشکالی ندارد. ما نمی‌خواهیم که محاسباتی را به ما نشان دهد. اما اگر شخص می‌خواهد از آن الگو بگیرد و سر خود از آن جزئیات استفاده کند، می‌شود یک مسأله‌ی دیگر.

اگر به این جزئیات توجه کنید، به سادگی ملاحظه می‌شود که خیلی شبیه به جزئیاتی هستند که در پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است. این شرکت یکی از حمایت‌کنندگان مالی این تحقیق بوده که توسط مرکز تحقیقات راه و مسکن و شهرسازی و سازمان نظام مهندسی استان البرز به‌صورت یک کتاب چاپ شده و اساسی بوده که بر پایه‌ی آن پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰ تدوین شده است. مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی کارهای بالارزشی انجام داده و

می‌دهد. شاید اولین اسنادی که در رابطه با دیوارهای غیرسازه‌ای مطرح شده باشد، برمی‌گردد به سال ۸۹ که یک سند از طرف این مرکز با عنوان «بررسی انواع دیوارهای جداکننده و نحوه‌ی طراحی آن‌ها» چاپ شد که برای زمان خود، کار نسبتاً خوبی بود.

در ضابطه‌ی شماره‌ی ۸۱۹، هیچ صحبتی از وادار بتنی نمی‌شود. اما در پیوست ششم آیین‌نامه‌ی ۲۸۰۰ بیان می‌شود که وادار از نوع بتنی هم می‌تواند باشد؛ ولی روش طراحی وادار بتنی چگونه است؟ بحث نمی‌شود.



طراحی این وادار بتنی (در تصویر زیر) به چه صورت هست؟ این دیگر وادار بتنی نیست بل که یک ستون بتنی خواهد بود. یک عضو بسیار قوی هست که توصیه شده است از میلگردهای نمره‌ی ۱۰ استفاده شود. تعداد و آرایش میلگردهای قائم به چه صورت است؟ آیا اصلاً نیازی به میلگرد برشی داریم یا نداریم؟ برش به چه مقدار وجود دارد؟ پس این‌جا سؤالاتی مطرح می‌شود که اگر طراحی ضابطه داشته باشد و اصول اساسی را رعایت بکند، چرا در آخر برسیم به چنین واداری؟ و اگر واقعاً نیاز به چنین واداری وجود دارد، بتوانم دلایل و معیارهای محاسباتی و طراحی آن را به روشنی بیان کنیم، نه به‌صورت تجویزی جزئیاتی کلی ارائه شود. صرف‌نظر کردن از پارامترهای مؤثر مانند نوع دیوار، فاصله‌ی مرکز دیوار از تراز پایه و ... نباید انجام شود. من اسناد و مدارک محاسباتی این شرکت محترم را در اختیار نداشته‌ام. اما مشکلی که وجود دارد و توجهتان را به آن جلب می‌کنم، به اتصال این وادار، چه بتنی و چه فولادی، به کف است.



این اتصال (تصویر بالا) به هیچ‌عنوان امکان فراهم‌سازی چرخش و دوران ندارد و این مشکلی اساسی است. پیشنهاد دوم این است که میلگردها در دال کاشته شده‌اند. من به شما جزئیات برگرفته از مراجع و مدارک خارجی را هم نشان دادم که آن‌ها به‌صورت کاشت میلگرد بوده است. پس تنها

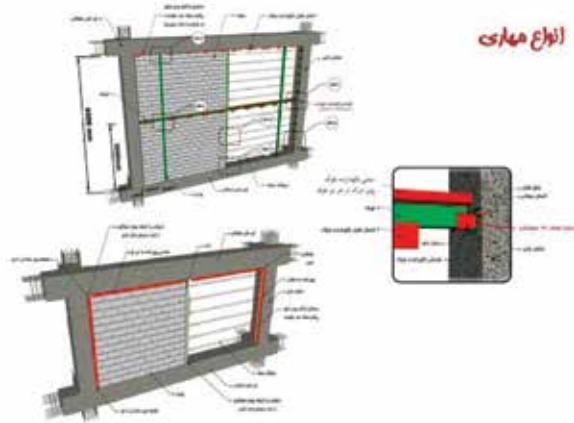
جایی که من برخورد کردم به وادار بتنی، متعلق به این شرکت محترم است که جزئیات اجرایی آن‌ها در واقع رفتار وادار ثابت را تأمین می‌کند. وادار بتنی پیشنهادی ما در سیستم لغزان، کاملاً با این وادار ثابت بتنی که بیش‌تر مانند یک ستون بتنی عمل می‌کند، از اساس و پایه متفاوت است. حالا جزئیاتی را این‌جا مطرح کرده‌اند که این وادارها چگونه به زیر سقف وصل شود.

همان‌گونه که قبلاً هم اشاره کردم، فعلاً قصد نقد کردن این جزئیات را ندارم. فقط تأکید می‌کنم که با اشراف و اطلاعات کامل از آن‌ها استفاده کنید. برآورد هزینه هم باید شده باشد. باید دلایل استفاده و روش محاسبه‌ی اجزای هر یک از جزئیات الزامی نیز به روشنی برای جامعه‌ی مهندسی شرح داده شده باشد. این جزئیات از نظر اجرای یک وادار بتنی ثابت کار جالبی است، (تصویر قبل).

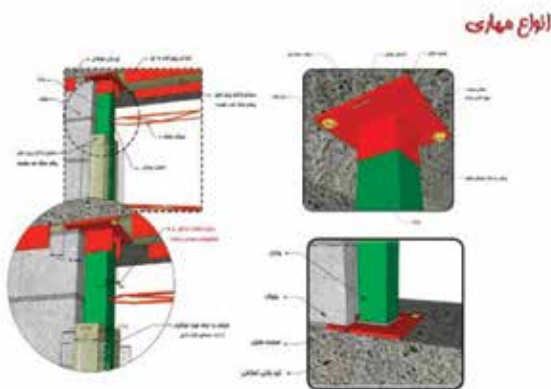
اسناد این شرکت حتی در رابطه با دهانه‌های مهاربندی شده در سازه‌های فولادی هم صحبت می‌کند. اما از نظر من، هیچ چیز نباید دیوار با مهاربندها در تماس باشد، حتی جوشی که برای اجرا و نصب میلگردها بستر داده می‌شود مسئله ساز است. بهترین راه کار آن است که از دیوارهای دولایه استفاده شود.

اما سیستم مهار لرزه‌ای لغزان پیشنهادی در شرایط واقعی تحت تأثیر زلزله در مناطقی از کشور قرار گرفته است و گزارش عمل کرد آن را به ما داده‌اند و تصویرهایی نیز فرستاده‌اند. یا در مواردی خواسته‌ایم دیوار ساخته شده با این سیستم را تخریب کنیم که با پیکور و به سختی، حذف دیوار و به خصوص وادارهای قائم انجام شد.

شکل پایین این محصور شدگی را مطرح می‌کند اما این جزئیات را فقط برای بیمارستان‌ها و برای این‌که فضاها از همدیگر جدا شوند، ارائه داده‌اند.

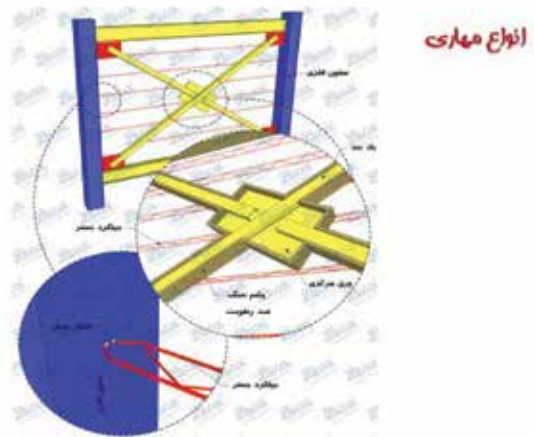


نقد کردن پیوست ششم ۲۸۰۰ حق مسلم جامعه‌ی مهندسی است من اطمینان دارم تدوین‌کنندگان محترم هم از آن استقبال کنند. گروه ما این کار را هم انجام داده است. این جزئیات از نظر قانونی لازم‌الاجرا هستند، اما باید توضیح داده شوند چه رفتاری را برای دیوار و سازه، فراهم می‌کنند.



این‌ها اتصالات هستند (تصویر بالا). اتصال وادارها به کف به‌صورتی است که امکان چرخش را ندارد. بنابراین این درگیری را به وجود خواهد آورد. در شکل بالا اگر دقت کنید، اتصال وادارها که اسم آن را تلکسویی گذاشته‌اند به این صورت عمل می‌کند که بیان می‌کنم. این وادار که برای دیوار برون‌قاب پیشنهاد شده است از حرکت در دو جهت جلوگیری می‌کند و فقط حرکت قائم را اجازه می‌دهد. من کاملاً با آن مخالف هستم.

به این وادار، میلگردهای بستر متصل شده است. این مطلب گفته شده است که برای وادارهای سیستم‌های برون‌قاب باید این کار انجام شود که آن هم اشکال دارد. این جزئیات را در کرمانشاه در مجتمع شیروودی استفاده کرده‌اند، اشتباه است. حتی در دیوارهای درون‌قاب از همین جزئیات استفاده کرده‌اند. این‌جا گفته شده است که باید دیوار از قاب با پلی‌استایرن مجزا شود. یعنی این را به‌عنوان سطوح سازه‌ای در پیوست ۶ استاندارد ۲۸۰۰ بررسی می‌کند. این‌ها پارامترهایی هست که اگر وارد عمل بشوند به شرطی که نیروها به سازه منتقل بشود، هیچ اشکالی ندارد؛ اما به عنوان یک سیستم



یک سری جزئیات در پیوست ششم وجود دارند که من خیلی سریع از آن‌ها عبور می‌کنم. همان‌طور که ملاحظه می‌کنید یک سری تیرک‌های افقی وجود دارد. این اتصالات و جزئیاتش است که باید ببینیم به راحتی می‌شود انجام شود و در ضمن هزینه آن به چه صورت هست؟ وقتی الزامی وجود دارد، باید جزئیات الزامی، کاملاً اجرایی باشند. ببینید که آیا این جزئیات مربوط به یک جداسازی کامل است یا کماکان مهندس محاسب باید برای سازه، نیروهای ناشی از تکیه‌گاه دیوار را اعمال کند. حرف اساسی ما این است، صرف نظر از هزینه‌ای که خواهد داشت. که مثلاً برای اجرای میلگردهای بستر باید ورق از قبل کار گذاشته شود یا بعداً می‌توان ورق را با تفنگ عضو سازه‌ای کوبید. نکته‌ی دیگر، مسأله‌ی چرخش دیوار است و همان سه ضابطه‌ای که قبلاً عرض کردم، وجود دارد.

مشکل اساسی که ما داریم، چگونگی محصورشدگی دیوار است. محصورشدگی دیوار با عضو سازه‌ای را ما نمی‌پذیریم. سیستم مهار لرزه‌ای دیوار باید یکپارچگی داشته باشد. چون رفتار سازه‌ای یک چیز می‌تواند باشد و رفتار وادار قائم چیزی دیگر. بنابراین در پانل‌های کناری که وادار قائم را حذف کرده‌اند و صرفاً تکیه کردن دیوار به اسکلت وجود دارد، رفتار مجزایی خواهند داشت. تمام این موارد را در سیستم پیشنهادی دیده‌ایم اما از نظر مالی امکانش را نداریم که به‌صورت تجربی، آزمایش انجام دهیم.



کاملاً جداسازی شده اگر بخواهند در نظر بگیرند، من با آن مشکل دارم و حاضر هستم با هر فرد در هر جا درباره‌ی این موضوع بحث کنم، در این مورد که وادار دیوار برون قاب که (دیگر ستون وجود ندارد)، باید از دیوار مجزا شود، یعنی باید پلی‌استایرن بین دیوار و وادار نصب شود، که کاملاً اشتباه است.



در تصویر بالا که از الیاف کربن استفاده شده است، جزئیات نسبتاً مناسبی وجود دارد. اما وقتی در پایین دیوار دوباره می‌آیند و اتصالات فولادی تحتانی برای آن به وجود می‌آورند باز مشکل ایجاد می‌شود که نشان‌گر عدم شناخت رفتار لرزه‌ای دیوار در یک سیستم مهارت کاملاً جداسازی شده می‌باشد.

اشکالی ندارد برای یکپارچگی دیوار از الیاف کربن و یا توری‌های سیمی استفاده شود. اما اگر با دقت نگاه کنید همان ایراداتی را که به جزئیات پیشنهادی سازمان نوسازی مدارس وارد دانسته و تا حدودی برشمردیم، به این مورد هم داریم. در جزئیات سازمان نوسازی مدارس، وسط ردیف بلوک‌ها، میلگردهایی هم وجود دارد که باعث درگیری خوبی در جهت دیوار خواهد شد؛ ولی در جزئیات پیشنهادی در بالا چنین میلگردهایی وجود ندارد و یا باید از میلگرد بستر استفاده شود. پس محصورشدگی در جهت عمود بر دیوار تا حدودی تأمین می‌شود؛ اما محصورشدگی در راستای دیوار وجود ندارد. در تصویر بالا، دیوار به صورت بریده-بریده شده و تقسیم‌بندی شده به صورت قطعات مجزا اجرا نشده است و بنابراین از نظر یکپارچگی خوب است. حالا اگر تخریبی صورت بگیرد آجر از ارتفاع ۳ متری به فرد برخورد نمی‌کند تا سبب آسیب جانی جدی شود. ولی انتظار آسیب را باید داشته باشیم و باید ارائه‌دهندگان این جزئیات تجویزی به صراحت بگویند که آیا دیوار با این جزئیات اجرایی، با سازه درگیری دارد یا ندارد؟ موضوع را با هدف مطالبه‌گری از الزام‌کنندگان به استفاده از این جزئیات، مطرح می‌کنم. اما خیلی اوقات هم به قول مرحوم سپهری «چشم‌ها را باید شست جور دیگر باید دید». می‌شود مسائل ناشی از دیدگاه سنتی و رایج را کنار گذاشت. با خوش‌فکری و ارائه‌ی جزئیات مناسب معیار مطرح‌شده توسط ما و آن سه حرکت بنیادین شرح داده شده را اجازه دهیم تا حد امکان، انجام شود، در این صورت بسیاری از مشکلات اندرکنشی دیوار-سازه حل می‌شود.

هر جزئیاتی که در طراحی دیده شده باشد، چه این جزئیات اجرایی مبتنی بر امکان جداسازی کامل دیوار از سازه باشد و چه به صورت جداسازی جزئی، کاملاً محترم است و قابل استفاده، به شرطی که طراح نوع اندرکنش را دیده باشد.

سیستم‌هایی هم‌اکنون رایج است که از وادار ثابت استفاده می‌کنند. وادار ثابت در ساختمان‌ها به شکل‌های گوناگون استفاده می‌شوند. در تصویر بعد

در سمت چپ پایین، وادار را به اسکلت جوش داده‌اند. طراحی این سیستم مهارتی به چه صورت و بر اساس چه معیارهایی انجام شده است؟ یک نشریه و ضابطه‌ی رسمی در کشور داریم که آمده طراحی وادار ثابت (وال پست) فولادی را مانند یک ستون بست‌دار انجام داده است. مگر این قطعه تحت اثر نیروی محوری قرار می‌گیرد که باید بدین صورت طراحی شود؟ آیا تحت اثر خمش، اگر طراحی وادار ثابت بخواهد انجام شود نیازی به رعایت جزئیات طراحی ستون بست‌دار دارد؟



در تصویر بالا که نبشی‌ها را با استفاده از یک سری میلگرد مورب به یکدیگر وصل کرده‌اند، ضابطه‌ی طراحی چیست؟ اول مقطع مورد نیاز این نبشی‌ها چگونه محاسبه شده است و سپس میلگردهای اتصال‌دهنده و فاصله‌ی آن‌ها از کجا پیدا شده است؟ به معیار و ضابطه‌ی طراحی نیاز داریم یا نیاز نداریم؟

یا در تصویر سمت راست بالا، مشاهده می‌شود دیوار کاملاً نبشی‌کشی شده است. سؤال این است که با این نوع نبشی‌کشی آیا اجازه‌ی حرکت دیوار نسبت به سازه، فراهم می‌شود؟ یا دیوارها مجدداً در این حالت نیز به صورت ناخواسته و به دلیل عدم شناخت کافی از رفتار اندرکنشی دیوار-سازه، تبدیل شده‌اند به دیوارهای سازه‌ای!



این وادارهای ثابت و اتصال آن‌ها به زیر سقف و به تیرچه‌ها، کاملاً جلوی حرکت دیوار نسبت به سازه را می‌گیرند (تصویر بالا). اتصال سمت چپ پایین را نگاه کنید. اتصال بسیار هوشمندانه‌ای است. این نوع اتصال، اجازه‌ی حرکت و چرخش وادار را برای ما فراهم می‌کند. یعنی در تمام جزئیاتی که مشاهده می‌فرمایید، ورق اتصال وجود دارد. طراحی این ورق به چه صورت است؟ آیا به صورت ورق کف‌ستون است؟ یا یک ورق با ابعاد تجویزی حداقلی را باید نصب کرد؟ ملاک طراحی چیست؟ می‌بینید که وادارها را به ورق کف، جوش داده‌اند و ورق کف هم کاملاً به دال کف وصل شده است. به تصویر بعد نگاه کنید که در بازسازی ساختمان‌های آسیب‌دیده‌ی کرمانشاه انجام شده است. دیواری است که برای آن وادار کار گذاشته‌اند. آن وقت در

وادرلایات



وادرلایات



در تصویر بعد، یک سیستم دیوار متقاطع T-شکل را می بینید. کدام یک از این دو دیوار متقاطع می تواند مستقل عمل کند؟ دیواری که باید به وادار متصل شده باشد در کمال تعجب با پلی استایرن از وادار جدا شده است. گرچه در این دیوارها می تواند میلگرد بستر باشد. مگر این وادارها اعضای سازه ای هستند که باید دیوار از آن ها جداسازی شود؟ این وادارها باید تکیه گاه واقعی دیوار باشند. این دیوار اگر بخواهد نیروی خود را منتقل کند به میلگردهای بستر درون دیوار و سپس وادارها، پس اصلاً طراح معیار محصورشدگی را ندیده و نشناخته است. چرا مسأله ی تماس و محصورشدگی مطرح شود؟ عرض کردم، محصورشدگی را ما برای اولین مرتبه است که داریم به عنوان یک معیار اصلی طراحی سیستم مهار لرزه ای دیوارها، مطرح می کنیم.

وادرلایات



وادرلایات



عین نابوری، وادار با پلی استایرن از دیوار جدا شده است! که چه اتفاقی بیفتد؟ مگر این وادار به قصد یک ستون سازه ای است که دارد استفاده می شود؟

وادرلایات



من همه ی وادارهای اجرا شده در کرمانشاه را در لیست وادارهای ثابت قرار داده ام. البته به من گفته شد نقشه ها بر اساس جزئیات دیگری بوده است و مجری به این صورت اجرا کرده است! البته هرچه تلاش کردیم، هیچ نقشه ای به گروه ما نشان داده نشد. سؤال مهم آن که، مگر دستگاه نظارت وجود نداشته است که اجرا را کنترل کند؟

من از همه عذرخواهی می کنم. گفته های حقیر از سر دلسوزی است و خدای ناکرده سبب دلخوری نشود. مصالح که دارد مصرف می شود، وقت هم گذاشته می شود، نیروی انسانی هم دارد کار می کند، دلسوزی و حُسن نظر هم انشاء... هست، اما عدم اطلاع، آگاهی و شناخت از موضوع، در بیش تر کارها اشکال اساسی بوده است و خواهد بود. هدف در آن جا از نظر ما فقط این بوده است که صرفاً کار با سرعت انجام شود.

وقتی که وادار در تصویر سمت چپ پایین در این عمق ضخامت کف سازی گم بشود، حتی اگر به صورت ساده فقط در حفره ی ایجاد شده در کف سازی گذاشته و اطرافش پر شود، این یک اتصال گیردار خواهد شد. سایر وادارها را با هم می بینیم.

وادرلایات



در تصاویر پایین، اتصال بالای وادارها (توسط احتمالاً مجری های مختلف) بسیار قابل توجه است. بالاخره باید بالای وادار به تکیه گاه جوش داده شود یا خیر؟ مگر چند نوع جزئیات در اختیار مجریان مختلف قرار داده شده بود که اجرا چنین است؟

وادرلایات



تصویر زیر یک وادار دیوار برون‌قابی است. با اتصال فوقانی وادار که با دایره نشان داده شده است، متوجه می‌شوید که امکان حرکت وادار در جهات مختلف گرفته شده است. میلگردهای بستر که اجازه‌ی حرکت درون‌صفحه‌ای دیوار را می‌دهند به این وادار در دو راستای مختلف جوش شده‌اند. سؤال این است که آیا با این نوع اجرا دیگر امکان حرکت درون‌صفحه‌ای دیوار ممکن است؟ که جواب، صد البته منفی است. چون کدام راستا؟ دو راستای عمود بر هم با یکدیگر ممزوج و ترکیب شده‌اند.



نکته‌ی دیگر فاصله‌ی بین میل‌گردهای بستر است. ممکن است فواصل بین جوش‌ها با دقت کافی محاسبه و اجرا نشده باشد. در این صورت میلگرد بستر در رج ملات قرار نمی‌گیرد. تصویر این مشکلات که متعلق به همان پروژه است را در زیر می‌بینید. در این دیوارها، پلی‌استایرن به چه دلیل استفاده شده است؟ جداسازی دیوار برای اجزای سازه‌ای مطرح است که امکان اندرکنش بایکدیگر دارند، نه به وادار که عضو غیرسازه‌ای است. عضو غیرسازه‌ای اگر تکیه‌گاهش به نحوی باشد که نیرویی به سازه وارد نکند و یا این نیرو را به روشی بتوان کاهش داد (مثلاً با تغییرشکل‌هایی که اتفاق می‌افتد)، دیگر نیازی به این کارها نداریم. محصورشدگی این دیوارها چگونه تأمین می‌شود؟ اصلاً محصور شدگی‌یی برای طراح مطرح نبوده که چنین جزئیات اشتباهی را ارائه داده است.



صورت که جوش کار بدون دقت کافی و قبل از آغاز دیوارچینی کار خود را انجام داده باشد، دیوار که بخواهد چیده شود، میلگرد بستر روی رج ملات بین بلوک‌ها به چه صورت می‌خواهد نصب شود؟ حالت خیلی حاد این معضل در تصویر سمت راست و وضعیت خیلی تخفیف یافته‌اش در تصویر سمت چپ تصویر قبل قابل مشاهده است.

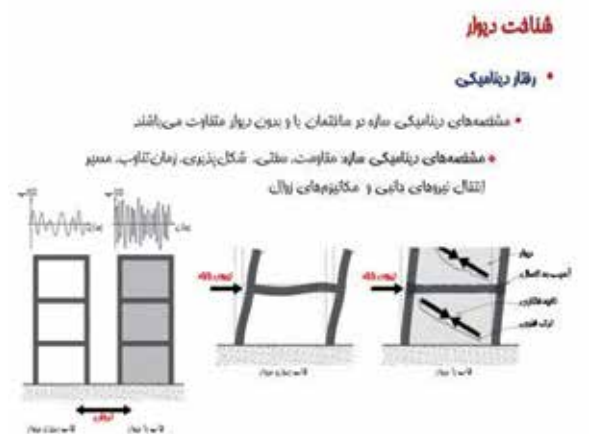
وادار ساخته شده با نبشی‌های به‌صورت چپ و راست، جلوی حرکت دیوار را خواهند گرفت. این نبشی‌ها اول خودشان لطمه دیده‌اند و در حین لطمه دیدن، به سازه آسیب زده‌اند و بعد هم وادار خراب شده است. به عبارت دیگر، سیستم اشتباه مهار لرزه‌ای دیوار، سبب تخریب دیوار و ایجاد آسیب سازه‌ای شده است.



زلزله و سیستم سازه‌ای کاری ندارد که این دیوارها، سبک هستند یا سنگین. حتی دیواری که از گچ‌برگ هم ساخته شده باشند، خودش می‌تواند آسیب ببیند. چرا دیوار این نوع آسیب دیده؟ جواب بسیار ساده است: چون به علت جزئیات اجرایی نامناسب، توانسته است نیرو جذب کند. وقتی توانسته نیرو جذب کند یعنی در سختی سازه مشارکت کرده است. یعنی ساختمان اجرا شده دیگر فقط سازه مدل شده بدون دیوار نیست که بخواهد طبق پیش‌بینی طراح با مدل‌سازی اشتباه از دیدگاه اجرا و یا اجرای نامناسب از دیدگاه طراح، انجام وظیفه و رفتار کند. امکان دارد که تغییر شکل دادن اجزای سازه‌ای به‌علت اتصالات نامناسب سیستم‌های مهارتی دیوارها باعث آسیب شده باشد.

در هر صورت وقتی سیستم سازه‌ای به‌علت اتصال نامناسب به دیوار، آن را دچار تخریب کند، یعنی دارد به دیوار نیرو وارد می‌کند. وقتی مکانیسم انتقال نیرو به علت تغییر سختی سازه تغییر پیدا کند، حتی نیروهای جزئی سبب تخریب زود هنگام حتی دیوارهای ساخته شده از گچ‌برگ خواهد شد.

دیدگاه‌های طراحی



وقتی که جزئیات کامل توسط طراح مسلط به موضوع داده شود و نظارت خوب و آگاهانه هم انجام شود، کار مهندسی، نشد ندارد. اگر موقعیت میلگردهای بستر با نظم رج‌های بلوک و محل و ضخامت ملات محاسبه و مشخص شود، نصب بی‌نقص میلگرد بستر (صرف‌نظر از نیاز یا عدم نیاز به آن که فعلاً قصد باز کردن موضوع را ندارم) کاملاً اجرایی خواهد بود. یا باید محل قرارگیری پایه‌های میلگردهای بستر بر روی وادار با دقت زیاد انجام شود یا باید تیم جوش‌کار در کنار تیم دیوارچین قرار بگیرد. به این

اصولاً برای طراحی هر سیستمی شناخت رفتار اصلی الزامی و بنیادین است. این موضوعی است که در تمام کتاب‌ها گفته شده است. واضح است که رفتارهای دینامیکی یک سازه با دیوار (به علت اندرکنش سازه-دیوار) و سازه‌ای که با دیوار اندرکنش ندارد، کاملاً متفاوت است.

سازه با دیوار، یک سازه‌ی سخت‌تری خواهد بود. وقتی که سختی سازه افزایش پیدا کند، زمان تناوب کاهش پیدا می‌کند. چرا؟ به دلیل این که فرکانس افزایش پیدا می‌یابد. در نتیجه این دو سازه شتاب‌های متفاوتی را که تجربه خواهند کرد.

من نمی‌گویم که شما صرفاً بروید دنبال طراحی بر اساس تحلیل استاتیکی معادل یا تحلیل استاتیکی غیرخطی. این‌ها تمام روش‌های تقریبی هستند که استفاده می‌شوند. البته این بدان معنی نباید برداشت شود که نتایج تحلیل دینامیکی غیرخطی کاملاً دقیق و صد درصد قابل اعتماد و یا قابل توجیه است، ولی تحلیل دینامیکی غیرخطی بهترین ابزاری است که فعلاً در اختیار داریم.

انجام تحلیل دینامیکی تاریخچه‌ی زمانی غیرخطی نیاز به تخصص دارد. بیش‌تر این روزها فقط گفته می‌شود این نوع تحلیل بسیار زمان‌بر است. معیار زمانی چیست؟ چه کسی گفته است زمان‌بر هستند؟ نیاز به زمان طولانی‌تر نسبت به سایر روش‌های تحلیل دارد؛ ولی نه زمان‌بری که یک عمر بطلد. مسئله‌ی اصلی جزئیات روش تحلیل و تخصص در تفسیر نتایج است و نه صرفاً زمان‌بر بودن روش. نمی‌توان فقط چشم‌پسته و بدون اطلاع از جزئیات محاسباتی در یک نرم‌افزار با زدن یک تیک در کنار عبارت تحلیل دینامیکی غیرخطی ادعا کرد نتایج دقیق هستند. این اصلاً درست نیست. بله روش زمان‌بر است، ما هر تحلیل دینامیکی غیرخطی که برای یک دیوار یک دهانه‌ی یک طبقه تحت اثر یازده زوج شتارنگاشت‌های زلزله‌های واقعی انجام دادیم، حدود ۳۳ ساعت با رایانه‌های مرکز محاسبات سریع بخش راه و ساختمان وقت گرفت. ولی این کار توسط یک متخصص تحلیل دینامیکی غیرخطی پس از انجام کنترل‌ها و تحلیل‌های پارامتری و حساسیت مختلف و راستی‌آزمایی‌های متعدد انجام شد. مرحله‌ی اول هر پژوهش مهندسی و یا حتی بسیار ساده بگویم، تحلیل و طراحی یک سازه، کار در محیط شبیه‌سازی شده است. نمی‌توان در عمل کار را اجرا کرد و بعد بگویم خراب شد. در رابطه با یک موضوع باید بتوان همه‌چیز و پارامترهای مؤثر را تشخیص داد و با روش‌های صحیح علمی آزمود. محیط شبیه‌سازی شده را فرد نمی‌تواند منکرش شود. چون چیزهایی که گفته می‌شود یک سری نقاشی نیست که ارائه داده می‌شوند، چیزهایی است که ریشه در واقعیت‌ها می‌تواند داشته باشد. اما مدل‌سازی تمام واقعیت را نمی‌تواند مدل کند. پس مشخصات دینامیکی سازه‌ها که مهم‌ترین مسیر انتقال نیرو و در کنار آن سختی یا مکانیزم تعیین زمان تناوب است که این‌ها همگی می‌توانند نتایج متفاوتی با بهره‌گیری از روش‌های متفاوت به دست دهند و با هم فرق کنند.

دو راه‌کار این‌جا مطرح می‌شود. راه کار اول این است که از این دیوارهای معماری که برای جدا کردن فضاها داریم هزینه می‌کنیم به عنوان عضو سازه‌ای هم استفاده کنیم و سختی درون صفحه‌ای و برون صفحه‌ای آن‌ها را در مدل‌سازی تحلیلی در نظر بگیریم. این‌جا مسائلی مطرح می‌شود که مثلاً چگونه دیوار را مدل کنیم؟ رفتار مصالح بنایی را چگونه مدل کنیم؟ آیا می‌توانیم تحلیل خطی را انجام بدهیم، یعنی دیوار را به صورت یک دیوار

شناخت دیوار

• دیدگاه‌های طراحی

• راهکار (۱): استفاده از دیوار به عنوان عضو سازه‌ای یا سنگی درون و برون صفحه‌ای

• راهکار (۲): در نظر گرفتن دیوار (درون‌قالب و برون‌قالب) به عنوان عضو غیرسازه‌ای.

بدون در نظر گرفتن سنگی درون صفحه‌ای و برون صفحه‌ای



برشی فقط با جایگزینی پارامترهای مورد نیاز بتن با پارامترهای مصالح بنایی مدل کنیم؟ ویژگی‌های رفتاری مصالح بنایی را چگونه تعیین کنیم؟ می‌توان از نتایج تحقیقات دیگر پژوهش‌گران، برخی پارامترهای مورد نیاز را (که هر یک محدوده‌ای دارد) استفاده کنیم؟ یا این که اصلاً چنین راه‌کاری را دنبال نکنیم. چرا؟ چون که این کارها را انجام داده‌ایم، اما باز هم می‌بینیم که دیوارها در اثر زلزله دچار آسیب می‌شوند.

راه‌کار دوم این است که دیوارها را بدون در نظر گرفتن سختی درون و برون صفحه‌ای (چه دیوار درون‌قالب باشد یا برون‌قالب)، در نظر گرفته و صرفاً جرم دیوارها را در تحلیل وارد کنیم. من کلمه‌ی درون‌قالب را به دیوارهایی می‌گویم که غیرسازه‌ای بوده و با سازه هم اندرکنش ندارند. کلمه‌ی میان‌قالب را برای دیوارهای سازه‌ای استفاده می‌کنیم. تمام درون‌قالب‌هایی که ما استفاده می‌کنیم باید محصور شده باشند. اندرکنش دیوار با اجزای سازه‌ای حتی‌الامکان از طریق اصطکاک باشد و نه از اتصالاتی مانند طریق میلگرد.

دیدگاه طراحی اول را اگر بخواهیم دنبال کنیم باید به دلایل مختلف، تحلیل غیرخطی انجام دهیم، چون در آیین‌نامه گفته شده که پارامترها و اثرات گوناگون باید دیده شده باشد. در محیط شبیه‌سازی شده نیاز است که مدلی برای رفتار مصالح بنایی داشته باشیم. هیچ مدل منحصربه‌فردی برای مصالح بنایی در هیچ نرم‌افزاری که ما اطلاع داریم، وجود ندارد. ولی مدل‌های مختلفی برای مصالح ترد و شکننده مانند بتن وجود دارد و از آن‌ها استفاده می‌کنند. سه ساختار را با هم مقایسه کردیم. در نرم‌افزارهای ABAQUS، ANSYS و SAP2000 گفته شده که چه مدلی در آرشو آن‌ها برای مدل‌های مصالح ترد و شکننده وجود دارد.

راهکار اول

• اشکالات مدل‌سازی

• آرشو مصالح در نرم‌افزارهای جامع قابلیت شبیه‌سازی چندین نوع رفتار غیرخطی مواد مختلفی مانند فولاد، ناک، بتن و... را ندارد

• مدلی که منحصراً به شبیه‌سازی رفتار مصالح بنایی بپردازد در این نرم‌افزارها وجود ندارد

• تحت شرایط خاص، مدل‌های موجود برای شبیه‌سازی رفتار مواد ترد برای شبیه‌سازی رفتار مصالح بنایی استفاده می‌شوند



راهکار اول مدلسازی رفتار مصالح

ABAQUS	ANSYS	SAP2000
<ul style="list-style-type: none"> Concrete Smeared Cracking Concrete Damaged Plasticity Brittle Cracking 	<ul style="list-style-type: none"> Concrete Model Drucker-Prager Concrete Model 	<ul style="list-style-type: none"> The Equivalent Frame Method

این مدل‌های رفتاری، پارامترهای مختلفی دارند که در اسلاید بعد تعداد آن‌ها را خلاصه کرده‌ایم. مثلاً این سه مدلی که در **ABAQUS** وجود دارد، باید برای مدل اول ۱۵ پارامتر تعریف کنیم. حال این ۱۵ پارامتر را یا باید بگردیم در منابع و مراجع گوناگون تا پیدا کنیم. هر پارامتر هم خودش یک دامنه دارد و نه فقط یک مقدار منحصربه‌فرد برایش می‌توان یافت. برای مقادیر متفاوت پیدا شده که برای یک پارامتر استفاده می‌شود، جواب‌هایی که به دست می‌آید، می‌تواند کاملاً متفاوت باشند. توجه داشته باشید که ما مهندسان در محیط شبیه‌سازی شده تحلیل و طراحی انجام می‌دهیم.

راهکار اول مدلسازی رفتار مصالح

ABAQUS	Concrete Smeared Cracking	15 Parameters
	Concrete Damaged Plasticity	13 Parameters
	Brittle Cracking	12 Parameters
ANSYS	Concrete Model	38 Parameters
	Drucker-Prager Concrete Model	23 Parameters
SAP2000	Equivalent Frame Method	20 Parameters

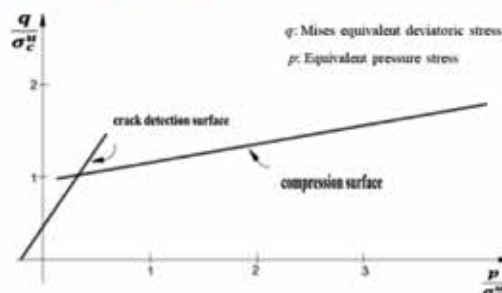
بنابراین در راه کار اول که تصور می‌شود فقط دیوارها باید مدل‌سازی شوند، به هیچ‌عنوان کار ساده‌ای نیست. در اسلاید بعد محدوده‌های برخی از مشخصه‌های مصالح بنایی را تا حدودی جمع‌آوری کرده‌ایم و در ستون اول این پارامترها نام برده شده‌اند. با استفاده از منابع رسمی نیوزلند، آمریکا و یا در کتاب‌های معتبر توانسته‌ایم با زحمت بسیار زیاد برای برخی از آن‌ها محدوده‌ای تعیین نماییم. برای برخی از پارامترها هم مقادیر قابل اطمینان یافت نشد. مقادیر هر پارامتر در محدوده‌ای است که محققانی که فرمول‌های تئوریک و ریاضی را برای رفتار مصالح بنایی ارائه داده‌اند، به آن‌ها دست یافته‌اند و این‌جا هم ضریب‌های مختلف را در مدل‌های مختلف ارائه می‌دهد.

در ادامه نمودارهای سه عدد از معروف‌ترین و رایج‌ترین مدل‌های ریاضی رفتار مصالح ترد را مشاهده می‌کنید.

راهکار اول

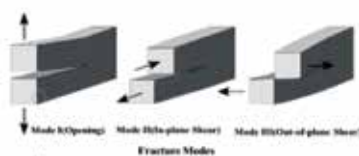
مدلسازی رفتار مصالح

Smeared Crack Model

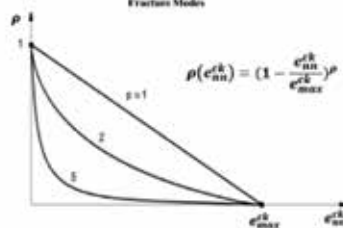


راهکار اول

مدلسازی رفتار مصالح



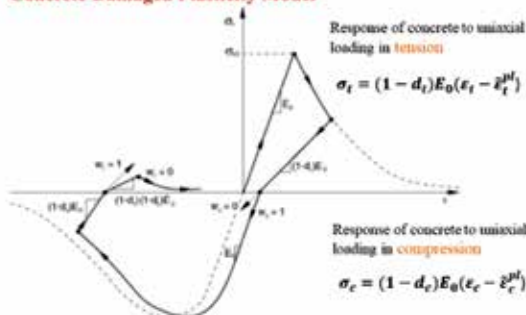
Brittle Crack Model



راهکار اول

مدلسازی رفتار مصالح

Concrete Damaged Plasticity Model



معدوده مشخصه‌های مکانیکی مصالح بنایی

Parameter	Definition	Units	Normal	Ballasted (N-Govard)	Ballasted Govard	Journal 729	CSA S304.4	Design of Masonry Structures (Handy, Saha)	New Zealand Concrete Masonry Manual	EN5402 ACIEM ASCE7
E_m	Modulus of Elasticity for Masonry	MPa	3100	2.65E-04	3700				18000	9000
I_m	Modulus of Rigidity	MPa								8.0E ₆
ν	Poisson's Ratio		0.15	0.2	0.2					
ρ	Mass Density	T/m ³	1.80E-15	1.67E-06	1.67E-06					
σ_t	Tensile Strength of Masonry	MPa	0.24	0.64	1.5			0.4		
σ_c	Compressive Strength of Masonry	MPa	7	17.8	21.8	2 to 20 / 7 to 27		7 to 23	13	
σ_{10}	Initial Compressive Strength of Masonry	MPa	2.5	13.5	17.4					
τ_1	Crack Shear Stress of Masonry	MPa	0.247	0.2	0.6	0.2 to 0.6				
σ_{10}	Ultimate Tensile Strength of Masonry	MPa	0.25	0.64	1.5					
σ_{10}	Ultimate Compressive Strength of Masonry	MPa	7	17.8	21.8					
ψ	Distortion Angle		47	32	34					
σ_{10}	Structural Compressive Strength of Masonry	MPa								
σ_{10}	Uniaxial Compressive Strength of Masonry	MPa								
σ_{10}/σ_c	Ratio of Allow Stress		1.16	1.16	1.16					
e	Excentricity		0.1	0.1	0.1					
K	Ratio of the second moment of inertia on the Tensile Modulus to that on Compressive Modulus		6.67E-01	0.67	0.67					
V	Viscosity Parameter		10 ⁻⁶	0.001	0.001					
μ	Friction Coefficient Factor		0.2	0.70	0.70					

Parameter	Definition	Units	Normal	Ballasted (N-Govard)	Ballasted Govard	Journal 729	CSA S304.4	Design of Masonry Structures (Handy, Saha)	New Zealand Concrete Masonry Manual	EN5402 ACIEM ASCE7
	Slip Modulus	MPa								
	Shear Modulus	MPa				8.2 to 2				
α_1	Coefficient of Thermal Expansion	mm/mm/C				1.0E-06				1.0E-06
α_2	Coefficient of Moisture Expansion	mm/mm				0.0E-04				Not a design consideration
α_{30}	Coefficient of Shrinkage	mm/mm				1.0E-04				0.24 or 0.00Pa
α_4	Coefficient of Creep	per Mpa				No Data				1.0E-05
ϕ	Stress Reduction Factor for Shear, Flexure and Axial Strength of URM Panel								More Conservative Than 0.9 for Shear/0.8 in flexure	
σ_c	Ultimate Compressive Strain								0.003	

دیگر انجام شده است.

در راه کار دوم در جاهای دیگر دنیا اسنادی که ارائه شده الزام آور نیست؛ بل که مهندس مسئول خواهد بود. در این بند گفته شده است که مهندس طراح می‌تواند از سایر راه کارها در صورتی که محاسبات مربوط به طراحی و مهار لرزه‌ای بر اساس ضوابط فصل چهارم استاندارد ۲۸۰۰ انجام شود و اهداف این پیوست را برآورده نماید، استفاده کند. راه کارهایی که ارائه می‌دهند تمام اهداف جداسازی کامل را صد درصد برآورده نمی‌کند.

این پیوست باید ابتدا تکلیفش را با خودش روشن کند که این یک جداسازی صد درصدی است یا یک جداسازی جزئی؟ باید این موضوع اساسی را کاملاً مشخص کند. ما این مطالبه را داریم و نقد هم خواهیم کرد.

با محدودیت‌هایی که در تغییر مکان جانبی دیوارها باید ایجاد شود، اگر ما طراحی را انجام دهیم که سازه دچار تغییر مکان جانبی شود و دیوار بتواند آن تغییر مکان جانبی را جذب کند، بسیار خوب است. مگر می‌شود تحت تأثیر تغییر مکان جانبی قرار نگیرد؟

در رابطه با زلزله، نادانسته‌های ما در مقابل دانسته‌های ما بسیار زیاد است. دانسته‌هایمان را ارائه و آن‌ها را رعایت کنیم.

به علت قابل استفاده بودن ادامه‌ی سخن رانی، در صورت تمایل لینک و وینار دنبال شود.

در راه کار اول که گفته می‌شود دیوارها مدل شوند، حتی اگر مدل ریاضی رفتار مصالح را کنار بگذاریم، مرجع اصلی ASCE7 و به تبع آن ASCE41 است. در ایران چندین سند فنی وجود دارد از جمله ضابطه‌ی ۳۹۸. پژوهش‌گاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله، مشخصه‌های فنی و علمی را برای نوسازی و بازسازی مدارس تعیین کرده است.

در دیدگاه دوم که بیایم و دیوارها را جدا کنیم، دو شرط اساسی گذاشتیم که، سازه کار خود را به خوبی انجام دهد و دیوارچینی هم طبق ضوابط اصولی و فنی انجام بشود، آن وقت ببینیم که جداسازی به چه نحو باید انجام شود.

در استاندارد ۲۸۰۰ ایران گفته می‌شود که دیوار و اجزای آن باید برای نیروی ناشی از زلزله طراحی شود و باید خود عضو و تکیه‌گاه‌ها طراحی شوند. باید راه کار ارائه شود. آیا فقط بر اساس نیروی که از یک فرمول محاسبه می‌شود و بر اساس موقعیت دیوار در ارتفاع ساختمان، مقدار نیرو تغییر می‌کند کافیست که طراحی انجام شود؟ این فقط باعث می‌شود عضو غیرسازه‌ای سر جای خودش باقی بماند. آزادی حرکت نسبت به سازه چگونه است؟ طراحی اتصالات به چه صورت است؟

دستورالعمل‌هایی وجود دارد که اساس این‌ها برمی‌گردد به سیستم پیشنهادی سازمان نوسازی مدارس در سال ۹۲ است و یک سری ضابطه‌های ۷۴۳، ۷۱۴، ۷۲۹، و آخرینش ۸۱۹ که سازمان نظام مهندسی استان البرز چاپ کرده که منجر شده به پیوست ششم استاندارد ۲۸۰۰.

در رابطه با دیوارها شاید کارهایی که ما در ایران دیدیم، همه برمی‌گردد به مرکز تحقیقات مسکن از سال ۱۳۸۹ و کارهایی که توسط ارگان‌های

