مقایسه روش‌های سنتی، نرم افزاری و ترکیبی در آموزش سیستم‌های باربر جانبی ساختمان‌ها

موسی مظلوم[1]

چکیده: سیستم‌های باربر جانبی ساختمان به چهار دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از قاب خمشی، دیوار برشی، بادبند، و مختلط (که ترکیبی از سه حالت فوق است). امروزه استفاده از سیستم های مختلط با قاب خمشی و دیوار برشی در سازه‌های بتن مسلح بلند رشد فزاینده‌ای یافته است و نحوه آموزش آن به مهندسان و دانشجویان دوره کارشناسی ارشد اهمیت ویژه‌ای دارد. نکته مهم آن است که طبق استاندارد 2800 و آیین نامه آبا، موضوع تحلیل و طراحی این نوع سازه‌های مختلط قدری پیچیده شده و لازم است در محاسبه آنها از ممان اینرسی مقطع‌های ترک خورده استفاده شود. در این مقاله نحوه آموزش این سیستم ها به سه روش سنتی، نرم افزاری، و ترکیبی با یکدیگر مقایسه شده‌اند. نتیجه مطالعات آماری انجام شده بر روی نتایج تدریس با این سه روش آن است که استفاده از سیستم ترکیبی تئوریک و نرم افزاری در آموزش افراد برای تحلیل و طراحی سازه‌های مختلط موفق‌تر از دو روش دیگر است. تنها نکته منفی آموزش با این روش آن است که مدت زمان لازم برای آموزش نسبت به دو حالت قبل تا حدود دو برابر افزایش می‌یابد. البته با در اختیار قرار دادن بخشی از اطلاعات و مثال‌های حل شده به صورت جزوه آماده، این زمان کاهش می‌یابد و به حدود 1/5 برابر روش‌های قبلی می‌رسد.

کلمات کلیدی: سازه، بتن مسلح، قاب خمشی، دیوار برشی، ترک خوردگی، آموزش

1 - مقدمه

در سیستم قاب خمشی کلیه اتصال‌های تیر به ستون گیردار است و زاویه اتصال‌ها بعد از تغییر شکل ثابت باقی می‌ماند. بررسی نحوه عملکرد این سیستم در شرایط مختلف مورد توجه پژوهشگران بسیاری بوده است [1-5]، از نتیجه‌های به دست آمده می‌توان در امر آموزش استفاده کرد. منظور از دیوار برشی دیواری از جنس بتن مسلح است که برای تحمل بارهای جانبی به کار می‌رود. این دیوار مانند تیر یک سر گیردار عمل می‌کند و چون ممان اینرسی و سختی زیادی دارد، مانع از انتقال نیرو به سایر قسمت‌ها می‌شود. مقطع‌های متداول دیوارهای برشی در شکل 1 به تصویر کشیده شده‌اند. بادبندها مانند دیوارهای برشی عمل می‌کنند، ولی اغلب در ساختمان‌های فلزی به کار می‌روند [6]. امروزه استفاده از سیستم‌های میراگر و هوشمند برای کاهش نیروهای داخلی این عضوها مورد توجه محققان قرار گرفته ومی‌تواند در آموزش سیستم‌های مختلط مطرح شود [7و8].

همچنین سیستم‌های مختلط که از ترکیب سه مورد فوق به دست می‌آید، مورد توجه پژوهشگران است [9]. تمرکز اصلی این تحقیق بر نحوه آموزش سیستم‌های مختلط سازه‌ای دارای قاب خمشی و دیوار برشی است.

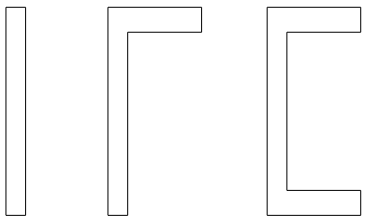
مهم‌ترین نکته در آموزش محاسبه دیوارهای برشی، تشخیص ترک خوردگی یا عدم ترک خوردگی دیوار است. مرز در نظر گرفته شده برای این منظور رسیدن یا نرسیدن تنش کششی دیوار در ترکیب‌های مختلف بارگذاری به مرز مقاومت کششی بتن است [10]. تنش کششی طبق آیین نامه آبا برابر $0/6\sqrt{f_c}$ (MPa) می‌باشد [11]. بدیهی است که تعیین ضریب ترک خوردگی دیوار به این روش قدری

تاریخ دریافت مقاله 87/12/23 و تاریخ تصویب نهایی 88/2/19

[1] استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجائی، پست الکترونیکی: moospoon@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

طولانی است؛ اما این حسن را دارد که کنترل احتمال ایجاد طبقه نرم به علت ترک خوردن هر یک از دیوارهای برشی در یک طبقه و ترک نخوردن آن در طبقه بالایی در این روش میسر است. مبحث نهم مقررات ملی ساختمان پیشنهاد می‌کند که در قاب‌های مهار نشده (خمشی) سختی تیرها و ستون‌ها را به ترتیب معادل 0/35 و0/7 سختی مقطع ترک نخورده آنها منظور نماییم [12]. در قاب‌های مهار شده (دارای دیوار برشی) سختی تیرها و ستون‌ها به ترتیب معادل 0/5 و 1 برابر سختی مقطع ترک نخورده آنها پیشنهاد شده است. سختی دیوارها در این حالت مشابه تیرها نسبت به مقطع ترک خورده در حالت مهار نشده (0/35 Ig) در نظر گرفته می‌شود. برای آموزش کاهش سختی عضوهای سازه‌ای به دلیل ترک خوردگی آنها می‌توان در کنار بحث‌های آیین نامه‌ای فوق، به برخی از پژوهش‌های اخیر هم توجه کرد [13و14].



شکل 1 مقطع‌های متداول دیوارهای برشی

2 - روش‌های مختلف آموزشی سیستم‌های باربر جانبی

در این بخش از تحقیق، نتیجه‌های به دست آمده از تدریس سازه‌های بتنی مختلط به سه روش سنتی، نرم افزاری، و ترکیبی مقایسه می‌شود. سه جامعه آماری با مقدار میانگین 25 نفر و انحراف معیار 5 در این تحقیق در نظر گرفته شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، به دلیل تخصصی بودن‌موضوع آموزش سیستم‌های مختلط سازه‌ای،جامعه‌های در نظر گرفته شده چندان بزرگ نیستند و تحلیل‌های آماری در این جامعه‌ها اعتبار چندانی ندارد. بنابراین از روش توصیفی برای تجزیه و تحلیل یافته‌های این تحقیق استفاده شده است. شاخص‌های در نظر گرفته شده برای مقایسه سه روش تدریس سنتی، رایانه‌ای و ترکیبی عبارت از نمره‌های آخر دوره، برگه‌های نظر خواهی آخر دوره، و نظرخواهی مجدد پس از گذشتن حدود سه ماه از پایان دوره بوده‌اند.

2 - 1 آموزش به روش سنتی

در این تحقیق تمرکز اصلی بر آموزش محاسبه دیوارهای برشی بوده است. مهم‌ترین موارد مورد بحث عبارتند از میلگرد حداقل قائم و افقی، حداکثر فاصله میلگردهای قائم و افقی، نحوه میلگردگذاری، محاسبه برش، محاسبه خمش، و محاسبه دیوارهای کوپله. این مباحث که مطابق آیین نامه آبا و مبحث نهم مقررات ملی ساختمان می‌باشد، به اختصار در زیر آمده است [11و12].

میلگرد حداقل قائم

درصد میلگردهای حداقل در حالت‌های مختلف چنین است: برای میلگرد با قطر کمتر یا مساوی 16 میلی‌متر و تنش تسلیم بزرگتر یا مساوی 400 مگاپاسکال، برابر 0/0012 است؛ برای سایر میلگردهای آجدار، برابر 0/0015 است و برای شبکه‌های جوش شده، برابر 0/0012 می‌باشد.

میلگرد حداقل افقی

درصد میلگردهای حداقل در حالت‌های مختلف چنین است: برای میلگرد با قطر کمتر یا مساوی 16 میلی‌متر و تنش تسلیم بزرگتر یا مساوی 400 مگاپاسکال، برابر 0/002 است؛ برای سایر میلگردهای آجدار، برابر 0/0025 می‌باشد و برای شبکه های جوش شده، برابر 0/002 است.

ضابطه‌های میلگردگذاری

ضابطه‌های اصلی میلگردگذاری چنین است: حداکثر فاصله میلگردهای قائم و افقی دیوار 3 برابر ضخامت دیوار و یا 35 سانتی‌متر است. اگر ضخامت دیوار از 25 سانتی‌متر بیشتر شود باید آرماتورها حتماً در دو لایه قرار گیرند؛ در صورت وجود بازشو کوچک در دیوار، میلگردهای قطع شده در طرفین آن اضافه شوند. میلگردهای قطری یک آرماتور به قطر 16 میلی‌متر در هر سمت است. در دیوارها اگر برش وارده از Vc 0/5 کمتر باشد، طراحی برای برش لازم نیست و از میلگردهای حداقل استفاده می‌شود؛ در دیوارها اگر

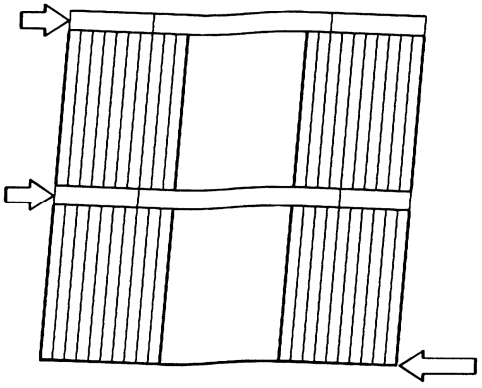
Archive of SID

www.SID.ir

برش وارده از Vc 0/5 بیشتر باشد، طراحی برای برش لازم است.

دیوارهای کوپله

دیوارهای کوپله به دیوارهایی جدا از هم گفته می‌شود که در محل سقف‌ها توسط تیرهای بسیار قوی به یکدیگر متصل شده‌اند. عملکرد آنها بین دو حالت دیوارهای مجزا و دیوارهای کاملاً یکپارچه می‌باشد. چون برش در تیر رابط زیاد است، باید به این نکته توجه شود که برش در تیر رابط از V_c 5 بیشتر نشود. نحوه عملکرد این دیوارها در شکل 2 مشاهده می‌شود. در مورد آموزش دیوارهای کوپله و تیرهای عمیق رابط آنها میتوان از برخی تحقیقات اخیر هم کمک گرفت [15و16].



شکل 2 نحوه عملکرد دیوارهای کوپله

تداخل قاب و دیوار

در بسیاری از ساختمان‌ها بارهای قائم توسط قاب‌ها و بارهای جانبی توسط دیوارها تحمل می‌شوند. ولی به دلیل گیردار بودن اتصالات قاب ها، آنها هم سهمی از بار جانبی را تحمل می‌کنند. بنابراین بار جانبی بین قاب‌ها و دیوارها تقسیم می‌شود. معمولاً در ساختمان‌های بلند تغییر شکل دیوار در ارتفاع بیشتر از تغییر شکل قاب در ارتفاع است. یعنی دیوار تمایل دارد که در ارتفاع نسبت به قاب بیشتر تغییر مکان دهد. این موضوع در طبقات پایین برعکس است. در نتیجه این دو سیستم در عملکرد یکدیگر در کل ساختمان تداخل ایجاد می‌کنند.

ضابطه‌های ویژه دیوار برشی در سازه‌های شکل‌پذیر

مهم‌ترین ضابطه‌های مورد بحث در سازه‌های شکل پذیر متوسط و ویژه چنین است: ضخامت قسمت‌های میانی دیوار از 15 سانتیمتر کمتر نشود؛ ضخامت المان‌های مرزی دیوار از30سانتیمتر کمتر نشود؛ در آموزش حداقل ضخامت مورد نیاز دیوارهای بتن مسلح شکل پذیر توجه به یکی از پژوهش‌های اخیر توصیه می‌شود [17]؛ درصد آرماتورهای قائم و افقی از 0/0025 کمتر نشود؛ درصد میلگردهای قائم از 0/04 بیشتر نشود؛ فاصله میلگردهای قائم و افقی از 35 سانتی‌متر بیشتر نشود؛درالمان‌های مرزی فاصله میلگردهای قائم از 20 سانتی‌متر بیشتر نشود؛ المان‌های مرزی را می‌توان در قسمت‌هایی که تنش فشاری از 15 درصد مقاومت بتن کمتر باشد، قطع کرد؛ در دیوارهای برشی سازه‌های شکل پذیر ویژه، میزان برش نهایی وارد بر دیوار از 70 درصد مقاومت برشی آن بیشتر نشود.

تجزیه و تحلیل آموزشی

در این روش استفاده از نرم افزار در دستور کار قرار نداشت و تأکید اصلی بر بندهای آیین نامه‌ای و موارد تئوریک بود. در ابتدا به نظر می‌رسید که این روش از روش آموزش نرم افزاری کاراتر باشد؛ زیرا حداقل بحث‌های مرتبط با رشته مهندسی سازه در آن ارائه می‌شد و با افراد به عنوان کاربرهای ساده رایانه برخورد نمی‌گردید. در واقع در این دوره‌ها انتظار می‌رفت که افراد با آیین نامه‌های جدید آشنا شوند و از آنها در کارهای حرفه‌ای خود استفاده کنند. ولی آزمون‌های پایان دوره و همچنین نتیجه نظرخواهی‌ها نشان داد که نتیجه کار چندان رضایت بخش نبوده و افراد در دوره‌ای شرکت کرده‌اند که کارایی چندانی ندارد. این موضوع بدان علت است که امروزه طراحی به روش‌های دستی عملاً منسوخ شده است و کلیه طراحی‌های حرفه‌ای به روش نرم افزاری انجام می‌شود. به عبارت دیگر امروزه استفاده از نرم افزار در طراحی سازه‌ها اجتناب ناپذیر است و استفاده از روش‌های سنتی بسیار وقت گیر و غیر اقتصادی می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

2 - 2 آموزش به روش نرم افزاری

در این بخش از تحقیق تمرکز اصلی بر آموزش تحلیل و طراحی دیوارهای برشی به کمک نرم افزار ETABS بوده است. مهم‌ترین موضوع‌های مورد بحث نحوه معرفی المان‌های سازه‌ای، بارگذاری، و تحلیل و طراحی نرم افزاری می‌باشد. همچنین به مدل‌سازی دیوارها و المان‌های مرزی آنها، نحوه مش‌بندی، دیافراگم‌ها، روش‌های طراحی، و ضابطه‌های لرزه‌ای توجه شده است. نکته‌های مهم این مبحث به اختصار آمده است: المان‌های مرزی جزئی از دیوار بوده و ستون نمی‌باشد؛ در تراز طبقه دیوارها تیر وجود ندارد؛ در دیوارهای با ضخامت کمتر از عرض تیرها، توصیه می‌شود که دو سر آنها به صورت دمبلی در نظر گرفته شود؛ المان Membrane فقط در صفحه خود سختی است و المان Plate فقط در عمود بر صفحه خود سختی دارد؛ المان Shell هم در صفحه خود و هم عمود بر آن دارای سختی دارد. المان‌های دیوار برشی از این نوع هستند؛ نرم افزار فقط دیوارهایی را طراحی می‌کند که دارای Label باشند؛ در دیوارهای دمبلی روی دیوار و ستون‌های دو طرف آن Label ثابت می‌دهیم؛ در دیوارهای L, T, U و مانند آن ابتدا کلیه دیوارها به صورت مجزا تعریف می‌شوند سپس به همه آنها Label ثابت اختصاص داده می‌شود؛ شماره Label برای هر دهانه از روی پی تا بام ثابت است؛ برای افزایش دقت برنامه Safe دیوار را مش‌بندی قائم می‌کنند؛ پس از مش‌بندی دیوار حتماً دستور Diaphragm مجدداً اجرا می‌شود؛ زیرا گره‌های جدیدی در سقف به وجود آمده‌اند؛ گره‌های جدید پای ستون دوباره گیردار می‌شوند؛ چنان‌چه باری از سقف بر روی دیوار می‌آید، آن سقف هم مشابه دیوار مش‌بندی می‌شود؛ پس از مش‌بندی سقف حتماً دستور Diaphragm مجدداً اجرا می‌شود؛ دیوارهای کوپله به روش Simplified طراحی می‌شوند؛ در صورت دمبلی بودن دیوار کوپله، المان‌های ستونی معرف عضو لبه به صورت قطعه‌های متناسب با مش‌بندی دیوار تعریف شوند؛ عملیات طراحی از دیوار شروع می‌گردد و سعی و خطاهای مربوطه انجام می‌شود و سپس این عملیات در بخش قابی صورت می‌گیرد؛ در مرحله بعد دیوار دوباره کنترل می‌شود. اگر تغییرات احتمالی با عوض کردن شماره میلگردها حل شود، دیگر نیازی به بازگشت به بخش قابی نیست. در غیر این صورت عملیات تا رسیدن به شرط فوق ادامه می‌یابد؛ به نسبت تنش ستون‌های دو طرف دیوارهای دمبلی توجه نمی‌شود؛ زیرا بخشی از دیوار محسوب می‌شوند و ستون نمی‌باشند؛ در نهایت قسمت قابی سازه برای 25% نیروی زلزله کنترل می‌شود. اگر ابعاد المان‌های قاب عوض شوند، لازم است سازه اصلی باز هم با توجه به ابعاد جدید قاب‌ها کنترل گردد.

تجزیه و تحلیل آموزشی

در این روش فراگیران بلافاصله پس از یک مقدمه کوتاه شروع به کار با نرم افزار می‌کردند. در ابتدا به نظر می‌رسید که با این روش افراد موضوع‌های مورد نیاز خود را خیلی سریع فرا می‌گیرند. ولی آزمون‌های پایان دوره و همچنین نتیجه نظرخواهی‌ها نشان داد که نتیجه کار چندان رضایت بخش نیست و افراد در این دوره به اندازه کافی با بندهای آیین‌نامه‌ای و بحث‌های تئوریک موضوع آشنا نشده‌اند. همچنین نتایج نظرخواهی مجدد از این افراد پس از گذشت حدود سه ماه از پایان دوره، فرّار بودن این روش را نشان داد. در ضمن با توجه به این که نرم افزار بر اساس یک سری مبناهای تئوریک نوشته می‌شود، دانستن آن مبناها به کاربر این امکان را می‌دهد که از برنامه، دقیق‌تر استفاده کنند. همچنین عدم آگاهی از آن باعث می‌شود که کاربر گاهی حتی از وجود اشتباه‌های فاحش هم اطلاع پیدا نکند. در پایان این دوره‌ها گروهی عنوان می‌کردند که تدریس به این شیوه، شخص آموزش دیده را از سطح یک مهندس به سطح یک کاربر ساده نرم افزار تقلیل می‌دهد. در ضمن عدم تسلط بر عملیاتی که در نرم افزار انجام می‌شود، باعث عدم ایجاد دید کافی آموزش دیده‌ها به این روش می‌گردد. رفع اشکال‌های به وجود آمده در نرم افزار به هنگام تحلیل و طراحی هم برای افراد آموزش دیده به این روش مشکل بود. در واقع دانستن نکته‌های ریز تئوریک در بسیاری از

Archive of SID

www.SID.ir

حالت‌ها به راحتی امکان بر طرف کردن اشکال‌های نرم افزاری را فراهم می‌کند. نکته قابل توجه بعدی آن است که افراد آموزش دیده به این روش نمی‌توانستند جواب‌های نرم افزار را تجزیه و تحلیل کنند و درست یا غلط بودن آن را تشخیص دهند. در مواردی مانند وارد کردن ضریب‌های ترک خوردگی هم که نیاز به دید آیین نامه‌ای بود، این افراد از خود ضعف نشان می‌دادند.

2 - 3آموزش به روش ترکیبی

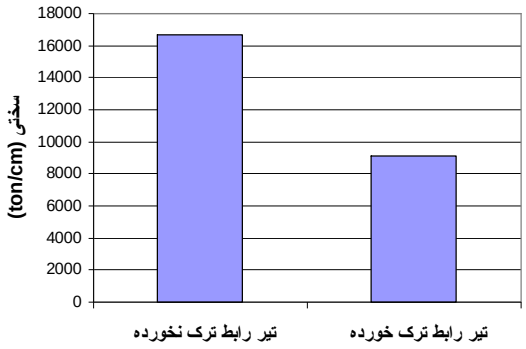
در این بخش از تحقیق تمرکز اصلی بر آموزش تحلیل و طراحی جامع دیوارهای برشی بوده است. مهم‌ترین موضوع‌های مورد بحث اخذ شده از روش سنتی، عبارتند از میلگرد حداقل قائم و افقی، حداکثر فاصله میلگردهای قائم و افقی، نحوه میلگردگذاری، محاسبه برش، محاسبه خمش، و محاسبه دیوارهای کوپله. در بخش نرم‌افزاری تمرکز اصلی بر آموزش تحلیل و طراحی دیوارهای برشی به کمک نرم افزار ETABS بوده است. مهم‌ترین موارد مورد بحث عبارت از نحوه معرفی المان‌های سازه‌ای، بارگذاری، تحلیل و طراحی نرم افزاری می‌باشد. در ضمن به مدل‌سازی دیوارها و المان‌های مرزی آنها، نحوه مش‌بندی، دیافراگم‌ها، روش‌های طراحی، و ضابطه‌های لرزه‌ای توجه شده است.

تجزیه و تحلیل آموزشی

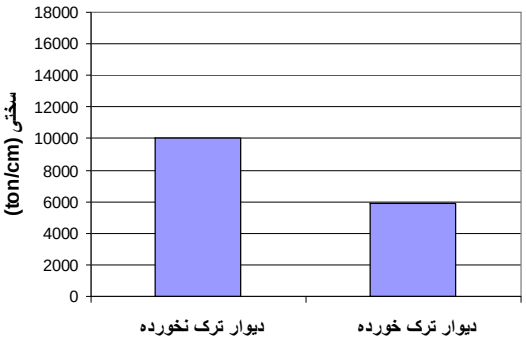
در این شیوه تأکید اصلی بر بندهای آیین نامه‌ای و موارد تئوریک بود ولی کار با نرم افزار به صورت یک پروژه کلاسی هم در دوره گنجانده شده بود. به عبارت دیگر کلاس از حالت تئوری صرف خارج شده و به صورت تئوری عملی اداره می‌گردید. از آنجا که امروزه مهندسان محاسب باید به نحوه کار با نرم افزار و نقطه‌های ضعف و قوّت آن اشراف کامل داشته باشند و بتوانند ضمن داشتن دید کافی بر روی موارد فنی و آیین نامه‌ای، به کمک نرم افزار در وقت و هزینه صرفه جویی لازم را بنمایند استفاده از این روش در دستور کار قرار گرفت. در این روش بندهای آیین نامه‌ای که به صورت پراکنده مطرح شده‌اند، جمع آوری و از آنها در نرم افزار استفاده شد. با توجه به این که بحث‌های آیین نامه‌ای عیناً مورد استفاده قرار گرفت، راحت‌تر در ذهن افراد جای گرفت. در ضمن این روش به افراد این امکان را می‌داد که برخی از متغیّرها مانند میزان فولاد را به صورت دستی محاسبه کنند و با جواب‌های نرم افزار مقایسه نمایند.

برای آشنا شدن با میزان کارایی تدریس به این روش می‌توان به شکل‌های 3 تا 5 مراجعه کرد. در این شکل‌ها افراد در حال آموزش، چند ساختمان 15 طبقه دارای سیستم سازه‌ای مختلط را مدل کرده‌اند و به تجزیه و تحلیل آنها پرداخته‌اند. شکل 3 میزان کاهش سختی سازه در طبقه اول را در صورت ترک خوردن تیرهای رابط دیوارهای کوپله نشان می‌دهد. در خصوص آموزش نحوه محاسبه سختی جانبی دیوارهای برشی بتن مسلح، مطالعه یکی از تحقیقات اخیر توصیه می‌شود [18]. شکل 4 مربوط به همین سازه پس از حذف تیرهای بسیار قوی بین دیوارهای کوپله است. با مقایسه این دو شکل در کلاس، افراد تحت آموزش به راحتی تأثیر بسیار زیاد این تیرهای رابط را درک می‌کنند. در شکل 5 مقاومت بتن سازه قبلی از 30 به 70 مگاپاسکال افزایش یافته است. با به دست آوردن شکل 5 در کلاس، افراد به میزان تأثیر استفاده از بتن پر مقاومت در سختی سازه پی می‌برند. همان طور که ملاحظه می‌شود، در کارا بودن تدریس به این روش هیچ‌گونه شُبهه‌ای وجود ندارد. به منظور آموزش اثر زلزله چند محوره بر روی مقاومت نهایی دیوارهای برشی نیز می‌توان به یکی از پژوهش‌های جامع اخیر توجه کرد [19]. تنها نکته منفی آموزش به این روش آن است که زمان آموزش به حدود دو برابر روش‌های قبلی افزایش می‌یابد. البته با در اختیار قرار دادن بخشی از اطلاعات و مثال‌های حل شده به صورت جزوه آماده، این زمان تا حدود 1/5 برابر کاسته می‌شود. آزمون‌های پایان دوره و همچنین نتیجه نظرخواهی‌ها نشان می‌دهد که نتیجه کار کاملاً رضایت بخش است. طبق نظر افراد آموزش دیده به این شیوه، علت اصلی رضایت بخش‌تر بودن تدریس به روش ترکیبی، نسبت به روش سنتی، آن است که امروزه کلیه طراحی‌های حرفه‌ای به روش نرم افزاری انجام می‌شوند.

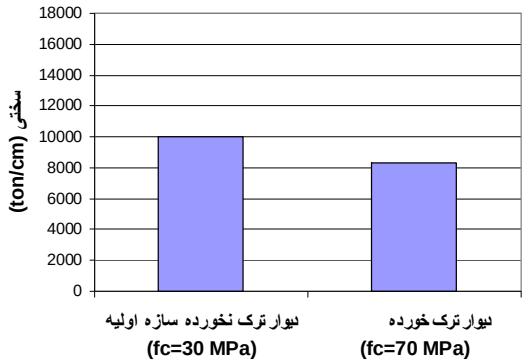
Archive of SID
www.SID.ir



شکل 3 اثر ترک خوردگی در سختی سازه دارای دیوار کوپله و بتن با مقاومت 30 مگاپاسکال



شکل 4 اثر ترک خوردگی در سختی سازه دارای دیوار ساده و بتن با مقاومت 30 مگاپاسکال



شکل 5 اثر ترک خوردگی در سختی سازه دارای دیوار ساده و بتن با مقاومت 70 مگاپاسکال

3 - نتیجه گیری

بر اساس بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نتایج زیر حاصل آمد:

1- تدریس سیستم‌های مختلط سازه‌ای به روش صرفاً تئوریک و آیین نامه‌ای چندان موفق نبود؛ زیرا دانستن مفهوم سیستم‌های مختلط نمی‌توانست به افراد کمک کند تا بتوانند آن سیستم‌ها را تحلیل و طراحی کنند. در واقع محاسبه این گونه سیستم‌ها بدون استفاده مؤثر از رایانه عملاً غیر ممکن بود.

2- تدریس سیستم‌های مختلط سازه‌ای به صورت صرفاً نرم افزاری هم مانند روش اول کارایی لازم را نداشت؛ زیرا پس از گذشت مدت زمانی اندک، اکثر آموخته‌های افراد فراموش می‌گردید. در ضمن آشنا نبودن با مبناهای تئوریک باعث می‌شد که فهم توانایی‌های مختلف نرم افزار برای افراد تحت آموزش مشکل گردد.

3- استفاده از سیستم ترکیبی تئوریک و نرم افزاری در آموزش افراد برای تحلیل و طراحی سازه‌های مختلط کاملاً موفق بود. تنها نکته منفی آموزش به این روش آن بود که مدت زمان لازم برای آموزش نسبت به دو حالت قبل تا حدود دو برابر افزایش می‌یافت. البته با در اختیار قرار دادن بخشی از اطلاعات و مثال‌های حل شده به صورت جزوه آماده، این زمان کاهش می‌یافت و به حدود 1/5 برابر روش‌های قبلی می‌رسید.

مراجع

[1] Kirke A. and Hao H., *Estimation of failure probabilities of RC frame structures in Singapore to the simulated largest credible ground motion*, Engineering Structures,Vol. 26, **2004**, pp. 139-150.

[2] Jarmai K., Farkas J. and Kurobane Y., *Optimum seismic design of a multi-storey steel frame*, Engineering Structures, Vol. 28, **2006**, pp. 1038-1048.

[3] Vasilopoulos A.A. and Beskos D.E., *Seismic design of plane frames using advanced methods of analysis*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering,Vol. 26, **2006**, pp. 1077-1100.

[4] Kim S.E., Lee D.H. and Ngo-Huu C., *Shaking table tests of a two-story unbraced steel frame*, Journal of Constructional Steel Research, Vol. 63, **2007**, pp. 412-421.

www.SID.ir
Archive of SID

[5] Sadjadi R., Kianoush M.R. and Talebi S. *Seismic performance of reinforced concrete moment resisting frames*, Engineering Structures, Vol. 29, **2007**, pp. 2365-2380.

[6] Kim J. and Youngil S., *Seismic design of low-rise steel frames with buckling-restrained braces*, Engineering Structures,Vol. 26, **2004**, pp. 543-551.

[7] Ou J.P., Long X. and Li Q.S., *Seismic response analysis of structures with velocity-dependent dampers*, Journal of Constructional Steel Research,Vol. 63, **2007**, pp. 628-638.

[8] Golafshani A.A., Kabiri Rahani E. and Tabeshpour M.R., *A new high performance semi-active bracing system*, Engineering Structures,Vol. 28, **2006**, pp. 1972-1982.

[9] Hancock J. and Bommer J.J., *Using spectral matched records to explore the influence of strong-motion duration on inelastic structural response*, Soil Dynamics and Earthquake Engineering,Vol. 27, **2007**, pp. 291-299.

[10] باجی حسن، *محاسبات پروژه‌های ساختمانی با استفاده از ETABS و SAFE*، انتشارات نشر علم عمران، **1385**.

[11] سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، نشریه شماره 120، *آیین نامه بتن ایران «آبا» (تجدید نظر اول به انضمام اصلاحات)*، معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها و کاهش خطر پذیری ناشی از زلزله، انتشارات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور، **1385**.

[12] مقررات ملی ساختمان، مبحث نهم، *طرح و اجرای ساختمان های بتن آرمه*، دفتر تدوین و ترویج مقررات ملی ساختمان، وزارت مسکن و شهرسازی، **1385**.

[13] Brun M., Reynouard J.M. and Jezequel L., *A simple shear wall model taking into account stiffness degradation*, Engineering Structures, Vol. 25, **2003**, pp. 1-9.

[14] Kim J.H. and Mander J.B., *Influence of transverse reinforcement on elastic shear stiffness of cracked concrete elements*, Engineering Structures,Vol. 29, **2007**, pp. 1798-1807.

[15] Park W.S., and Yun H.D., *Seismic behaviour of coupling beams in a hybrid coupled shear walls*, Journal of Constructional Steel Research,Vol. 61, **2005**, pp. 1492-1524.

[16] Zhao Z.Z., Kwan A.K.H. and He X.G. *Nonlinear finite element analysis of deep reinforced concrete coupling beams*, Engineering Structures,Vol. 26, **2004**, pp. 13-25.

[17] Chai Y.H., and Kunnath S.K., *Minimum thickness for ductile RC structural walls*, Engineering Structures,Vol. 27, **2005**, pp. 1052-1063.

[18] Meftah S.A., Yeghnem R., Tounsi A. and Bedia E.A.A., *Lateral stiffness and vibration characteristics of composite plated RC shear walls with variable fibres spacing*, Materials and Design,Vol. 29, **2008**, pp. 1955-1964.

[19] Kitada Y., Nishikawa T., Takiguchi K. and Maekawa K., *Ultimate strength of reinforce concrete shear walls under multi-axes seismic loads*", Nuclear Engineering and Design,Vol. 237, **2007**, pp. 1307-1314.

Archive of SID

www.SID.ir