مقاله علمی

بررسی عملکرد لرزه ای دیوارهای برشی بتنی توخالی و مقایسه آن با دیوارهای برشی بتنی توپر

کامبیز نرماشیری، منصورقلعه نوی و مهدی اژدری مقدم
گروه مهندسی عمران،
دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران
گروه مهندسی عمران،
دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران
Fax: 2441099-0541
Mobile: 09153411050
Email: kambiz@narmashiri.com

خلاصه :

دیوارهای برشی یکی از سازه های بسیار مهم هستند ، که برای ایجاد سختی سازه ها در برابر بارهای جانبی مورد استفاده قرار می گیرند .

دیوارهای برشی بتنی ، اغلب از دیوارهای تمام حجم بتن ساخته می شوند . می توان ، از همان حجم بتن برای ساختن دیوار برشی بتنی تو خالی استفاده نمود ، که دارای ممان اینرسی بیشتری می باشد ، و لنگر خمشی در هر دو جهت را تحمل می نماید و قابلیت تحمل درصد بیشتری از بارهای جانبی در جهت عمود بر دیوار را نیز خواهد داشت . همچنین ، ساختن دیوار برشی بتنی به صورت تو خالی ، باعث ایجاد مقطع قوطی می گردد که مقطعی مقاوم در برابر پیچش است . همچنین ساختن دیوار برشی تو خالی باعث ایجاد عایق صوتی و حرارتی نیز می گردد . دیوار برشی تو خالی می تواند سبب شکل پذیری نیز باشد . در این تحقیق ، خواص دینامیکی دیوارهای برشی بتنی تو خالی مطالعه می شود . مصالح از نوع بتن می باشد ، وزن واحد حجم m۳/۲۴KN ، مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه mm۲/۳۰N و ضریب پواسون ۰،۱۰ می باشد . یک پانل از دیوار برشی در نظر گرفته می شود . طول و ارتفاع دیوار ۴۰۰۰mm می باشد ضخامت کل ۲۰۰mm می باشد . در اطراف پانل تیرها و ستونهای بتنی وجود دارد . مابین دو جداره دیوار تو خالی ممکن است که تغییر شکلهای بزرگی بوجود آید ، برای ایجاد سختی بیشتر ، از سخت کننده های عمودی یا افقی یا هر دو آنها ، در میانه طول یا ارتفاع ، استفاده می شود . برای ساختن مدل کامپیوتری از المانهای صلب سه بعدی برای دیوار ، استفاده می گردد و از برنامه SAP۲۰۰۰ نیز برای تحلیل سازه بروش اجزاء محدود استفاده می شود . از ارتعاش آزاد و تحلیل طیفی تعدادی از دیوارهای برشی بتنی تو خالی و تو پر مطالعه می گردد و چندین نمودار و شکل برای مطالعه پارامترهایی نظیر فرکانس ، پریود ، مود شکلها و تغییر شکلها ، نشان داده می شود .

نتایج حاصله بیانگر عملکرد بهتر دیوارهای برشی بتنی توخالی می باشد ، که رعایت ملاحظات اقتصادی را نیز ، داشته باشد .

کلمات کلیدی :

ارتعاش آزاد ، تحلیل طیفی ، توخالی ، دینامیک سازه ، دیوار برشی ، سازه های بتن مسلح

مقدمه:

امروزه استفاده از دیوارهای برشی بتنی در سازه های فولادی و بتنی رواج فراوان یافته است و جهت تامین سختی جانبی سازه ها مورد استفاده قرار می گیرند . از جمله مشکلاتی که دیوارهای برشی بتنی دارند ، می توان از : سختی زیاد شکل پذیری کم و مقاومت پیچشی کم ، نام برد . که با استفاده از دیوارهای برشی بتنی تو خالی ، عملاً این نقایص تا حدودی جبران می گردد .

انتخاب مدل:

همانطور که در بخش چکیده بیان گردید ، برای بررسی موردی دیوارهای برشی بتنی تو پر و تو خالی ، مشخصات زیر را جهت مدلهای مورد نظر انتخاب می نماییم .

وزن واحد حجم m۳/۲۴KN ، مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه mm۲/۳۰N و ضریب پواسون ۰،۱۰ می باشد یک پانل از دیوار برشی در نظر گرفته می شود . طول و ارتفاع دیوار ۴۰۰۰mm می باشد. در اطراف پانل تیرها و ستونهای بتنی وجود دارد . مابین دو جداره دیوار تو خالی ممکن است که تغییر شکلهای بزرگی بوجود آید ، برای ایجاد سختی بیشتر ، از سخت کننده های عمودی یا افقی یا هر دو آنها ، در میانه طول یا ارتفاع ، استفاده می شود . ضخامت کل ۲۰۰mm می باشد. برای دیوارهای برشی تو خالی این ضخامت به دو ضخامت مساوی ۱۰۰mm تقسیم می گردد ، که فاصله تو خالی مابین دو جداره نیز ، ۱۰۰mmاست . برای ساختن مدل کامپیوتری از المانهای صلب سه بعدی برای دیوار ، استفاده می گردد و از برنامه SAP۲۰۰۰ نیز برای تحلیل سازه بروش اجزاء محدود استفاده می گردد. مشخصات مدلهای انتخابی را در شکلهای ۱ و ۲ مشاهده می نمایید.

مقاومت پیچشی :

سختی پیچشی یک جسم با زاویه پیچش آن سنجیده می گردد ، هر چه زاویه پیچش کمتر باشد ، سختی پیچشی بیشتر است . از رابطه (۱) می توان زاویه پیچش مقاطع تو پر را تعیین کرد :

$$F = \frac{TL}{\beta bC^3G} = \frac{TL}{0.333b(2h)^3G} = \frac{TL}{2.664bh^3G}$$

که در رابطه فوق T لنگر پیچشی ، L ارتفاع دیوار ، G ضریب ارتجاعی برشی ، b عرض دیوار و 2h ضخامت دیوار است .

برای مقطع دیوار تو خالی بتنی ، زاویه پیچش از رابطه زیر تعیین می گردد :

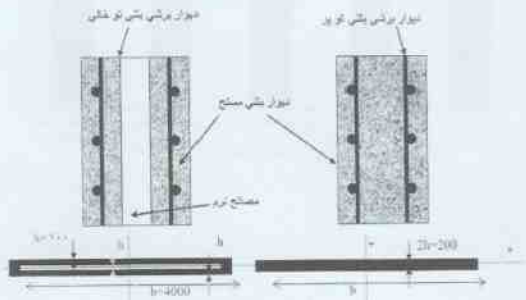
$$\frac{\phi_f - \phi_h}{\phi_h} \times 100 = 200\%$$

که در رابطه فوق A سطح بسته شده با محیط میانی ، ds طول میانی هر جداره و t ضخامت هر جداره است . با مقایسه زاویه پیچش مقاطع تو پر و تو خالی مشاهده می گردد که زاویه پیچش مقاطع توپر ٪۲۰۰ از مقاطع تو خالی بیشتر است

$$\phi = \frac{TL}{4A^2G}\sum(\frac{d_s}{t}) \cong \frac{TL}{8bh^3G}$$

مقاومت خمشی:

دیوارهای برشی مقاومت خمشی بالایی حول محور ۳ نشانداده شده ، دارد اما معمولاً به علت مقاومت خمشی کم حول محور ۲ از مقاومت در این جهت صرفنظر می گردد ، براساس روابط زیر مشخص می گردد که دیوارهای تو خالی ، با مشخصات نشان داده شده ، تقریباً دارای ٪۱۱۷ مقاومت خمشی بالاتر از دیوارهای تو پر ، در جهت ۲ می باشند .



شکل ۱ - (الف) دیوار برشی تو پر (ب) دیوار برشی بتنی تو خالی

شمایلد نمونه های انتخابی : دیوار تو پر ، تو خالی ، تو خالی با سخت کننده عمودی ، تو خالی با سخت کننده افقی ، تو خالی با سخت کننده افقی و عمودی

$$S_{2f} = \frac{2}{3}bh^2$$

که در رابطه فوق S2f ، اساس مقطع دیوار تو پر ، در جهت محور ۲ ، می باشد ، همچنین اساس مقطع دیوار تو خالی (S2h) ، از روابط زیر تعیین می گردد :

$$S_{2h} \cong \frac{13}{9}bh^2$$

$$\frac{S_{2h} - S_{2f}}{S_{2f}} \times 100 = 117\%$$

مقاومت برشی:

مقاومت برشی دیوارهای برشی در جهت ۲ یا به عبارت دیگر در جهت موازی دیوار در نظر گرفته می شود و از مقاومت برشی دیوار در جهت ۳ صرفنظر می شود ، اما در دیوارهای برشی تو خالی ، براساس روابط زیر مقاومت برشی (مساحدت برشی) ، این نوع دیوارها بیشتر از دیوارهای تو پر می باشد . مساحت برشی دیوار تو پر در جهت ۳ محلی از رابطه زیر تعیین می گردد :

$$AS_{3F} = \frac{5}{6}b(2h) = \frac{5}{3}bh$$

همچنین مساحت برشی دیوار تو خالی در جهت ۳ محلی به صورت زیر تعیین می گردد :

$$AS_{3h} = \frac{5}{3}bh + 2he$$

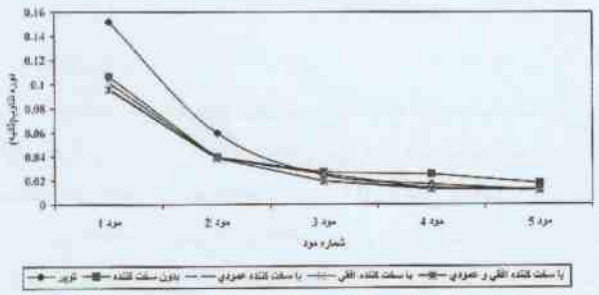
که در رابطه فوق e عرض ستون در دو انتهای دیوار است .

$$\frac{AS_{3h} - AS_{3f}}{AS_{3f}} = 1.2\frac{e}{b}$$

تحلیل ارتعاش آزاد:

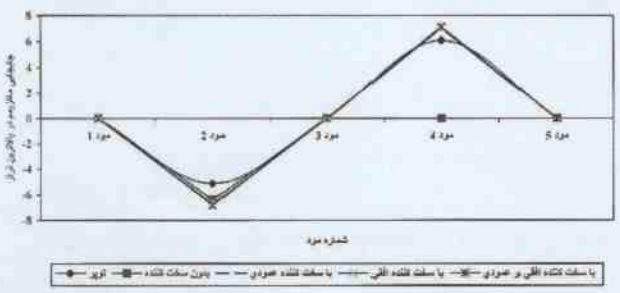
برای بررسی ارتعاش آزاد مدلهای انتخاب شده ، از روش عناصر محدود و برنامه کامپیوتری SAP۲۰۰۰ استفاده می گردد . در تحلیل سازه از ۱۲ مود اول کمانشی استفاده شده و برای بررسی در این مجموعه نتایج ۵ مود اول کمانشی ذکر شده است .

پریودهای ۵ مود اول کمانشی در شکل شماره ۳ مقایسه شده است ، همانطور که از این شکل مشخص است . تا مود سوم ، دیوار برشی توپر ، بیشترین پریود را دارد ولی از مود سوم به بعد دیوار برشی بدون سخت کننده پریود بالاتری را خواهد داشت . همچنین با ایجاد سخت کننده در دیوار برشی ، پریود کاهش پیدا می کند ، و سخت کننده افقی و عمودی باشد . همچنین سه مود شکل اول کمانشی در شکل شماره ۴ نشانداده شده است . نیز در شکل شماره ۵ تغییر شکل ماکزیمم در بالاترین نقطه دیوارهای مختلف را مشاهده می کنید ، در این شکل مشخص است که دیوار برشی توپر ، دارای کمترین تغییر شکل است ، که این ، موضوع نشاندهنده شکل پذیری بالای دیوارهای برشی تو خالی است .



شکل ۳- دوره تناوب در پنج مود اول کمانشی

شکل ۴- سه مود اول کمانشی دیوارهای مختلف، توپر، تو خالی، تو خالی با سخت کننده عمودی، تو خالی با سخت کننده افقی و عمودی



شکل ۵- جابجایی ماکزیمم در بالاترین تراز دیوار در مودهای مختلف

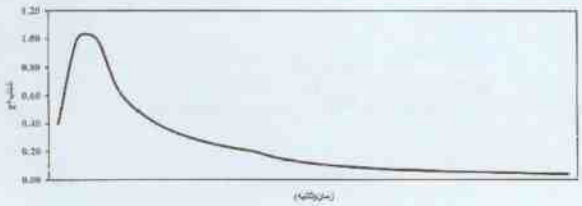
تحلیل طیفی:

برای تحلیل طیفی مدلهای انتخاب شده ، نیز ، از روش عناصر محدود و برنامه کامپیوتری SAP۲۰۰۰ استفاده می گردد . طیف انتخاب شده ، جهت اعمال به دیوار ، از UBC۹۷استخراج شده ، که در شکل شماره ۶ نشانداده شده است .

تغییر شکل دیوارهای تو پر و تو خالی تحت طیف انتخابی در جهت موازی دیوار در شکل شماره ۷ نشانداده شده است . از آنجا که تغییر شکلهای دیوارها بسیار مشابه همدیگر است ، فقط تغییر شکل یک نوع دیوار تو خالی و یک نوع تو پر ، نمایش داده شده است . همچنین میزان تغییر شکل استاتیکی در شماره ۸ نشانداده شده است همانطور که از این شکل مشخص است ، تغییر شکلهای دیوارهای مختلف بسیار به همدیگر نزدیک است و این نشاندهنده این موضوع است که ، تقریبا دیوارهای توخالی و توپر با یا بدون سخت کننده ، دارای سختی جانبی یکسانی هستند .

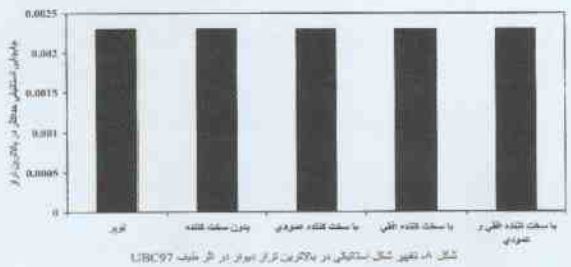
اما شکل پذیری آنها متفاوت است .

اما شکل پذیری انها متفاوت است .



شکل ۶- طیف UBC97 جهت تحلیل طیفی

شکل ۷- تغییر شکل جانبی در اثر طیف UBC97
(الف) دیوار برشی بتنی تو پر (ب) دیوار برشی بتنی تو خالی



شکل ۸- تغییر شکل استاتیکی در بالاترین تراز دیوار در اثر طیف UBC97

نتیجه گیری:

با بررسی نتایج تحلیل عددی دیوارهای برشی تو پر و تو خالی بتنی به صورت کلی نتایج زیر را می توان بیان کرد:

الف - به صورت کلی استفاده از دیوار برشی تو خالی به جای تو پر، با رعایت ملاحظات اقتصادی می تواند باعث بهبود عملکرد دیوار شود.

ب - دیوار برشی تو خالی عایق صوتی و حرارتی مناسبی می باشد.

ج - دیوار برشی تو خالی مقاومت پیچشی بالاتری از دیوار برشی تو پر دارد.

د - دیوار برشی تو خالی در جهت عمود بر دیوار نیز، دارای مقاومت خمشی و برشی بالاتری از دیوار تو پر می باشد.

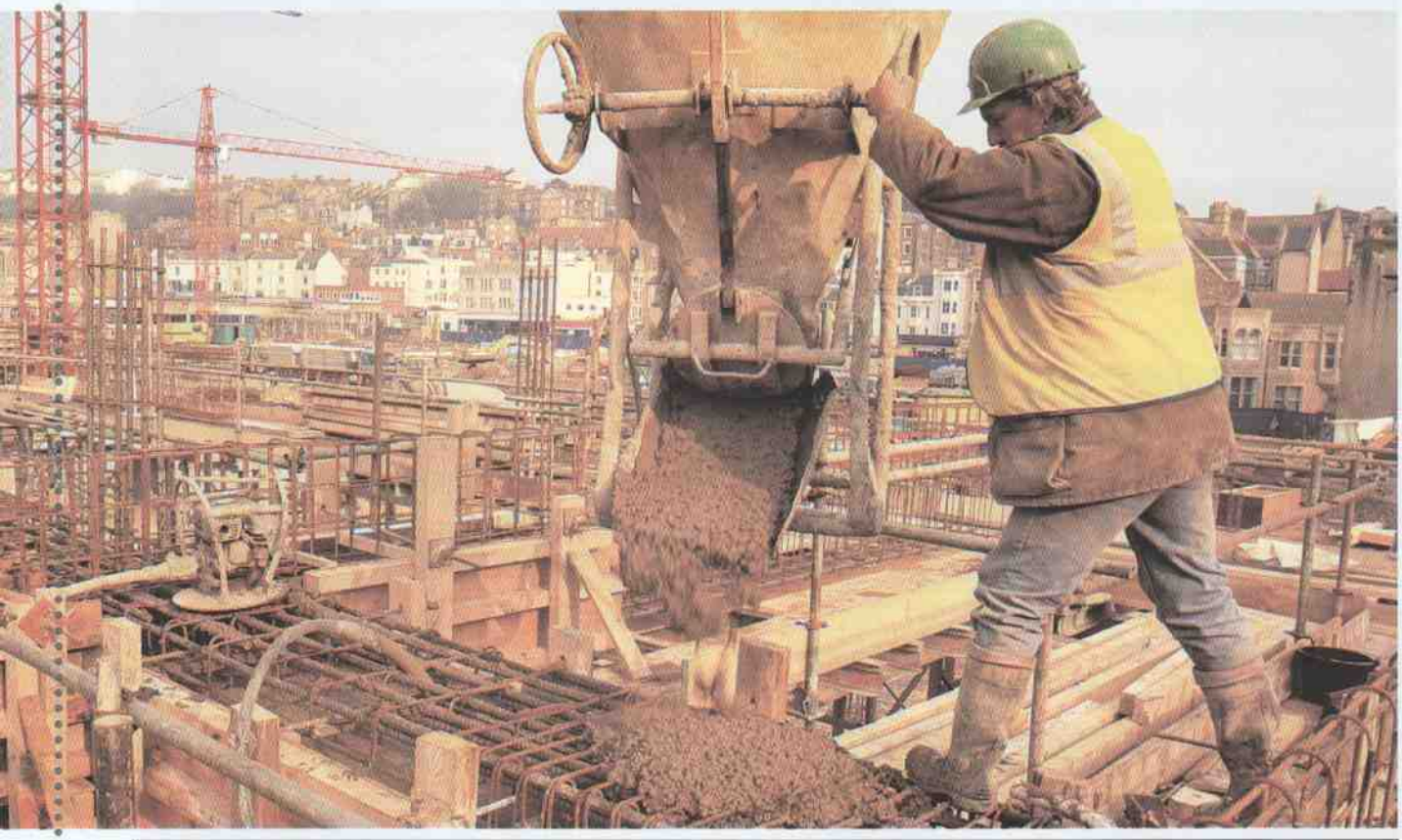
ه - برای کاهش تغییر شکلهای موضعی دیوارهای تو خالی می توان از سخت کننده افقی یا عمودی استفاده نمود.

و - تا مود سوم، دیوار برشی تو پر دارای پریود بالایی است، اما از مود سوم به بعد دیوار تو خالی بدون سخت کننده دارای پریود بیشتری است.

ز - وجود سخت کننده در دیوار باعث کاهش پریود می گردد و وجود سخت کننده عمودی سبب کاهش پریود بیشتری می گردد.

ح - دیوارهای تو خالی دارای شکل پذیری بالایی می باشند.

ط - تغییر شکل استاتیکی دیوارهای توپر و تو خالی یکسان است یا به عبارت دیگر سختی جانبی این گونه دیوارها برابر است.



۹- منابع

1- Wilson , Edward , L . & Habibullah , A . , SAP2000 integrated finite element analysis and design of structures and , Computers and Structures Inc.,Berkeley,California,1998 .

2- CSI,1998a,SAP2000 Getting Started,Computers and Structures Inc.,Berkeley,California,1998.

3- CSI,1998b. SAP2000 Quick Tutorial,Computers and Structures Inc.,Berkeley,California,1998.

4- CSI,1997. SAP2000 Analysis Reference , Vol . I & II,Computers and Structures Inc., Berkeley,California,1997.