



بررسی عملکرد دیوارهای برشی بتنی تو خالی

کامبیز نرماشیری، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران
narmashiri@iauzah.ac.ir
منصور قلعه نوی، استاد یار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان
ghalehnovi@yahoo.com
مهدی اژدری مقدم، استادیار گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان
mazhdary@hamoon.usb.ac.ir

چکیده

یکی از سازه های بسیار مهم، دیوارهای برشی هستند، که برای ایجاد سختی سازه ها در برابر بارهای جانبی مورد استفاده قرار می گیرند. یکی از مشکلات ساختمان های دارای دیوار برشی، عدم شکل پذیری مناسب آن است. می توان، از همان حجم بتن که برای ساختن دیوار برشی توپر استفاده می گردد، برای ساختن یک دیوار برشی بتنی تو خالی استفاده کرد، 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. دیوار برشی تو خالی عایق صوتی و حرارتی نیز می باشد. از همه موارد فوق مهمتر اینکه، دیوار برشی تو خالی، ممکن است سبب افزایش شکل پذیری نیز گردد. در این تحقیق، ما خواص دینامیکی دیوارهای برشی بتنی تو خالی را مطالعه خواهیم کرد. مصالح از نوع بتن می باشد، وزن واحد حجم $24KN/m^3$ مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه $30N/mm^2$ و ضریب پواسون ۰،۱۰ می باشد. یک پانل از دیوار برشی را در نظر می گیریم. طول و ارتفاع دیوار برشی $4000mm$ می باشد. ضخامت کل $200mm$ می باشد. در اطراف پانل تیرها و ستونهای بتنی وجود دارد. بین دو جداره دیوار تو خالی، ممکن است 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 خواهیم کرد. جهت مدل کامپیوتری از المانهای صلب سه بعدی، استفاده می کنیم و از برنامه رایانه ای تحلیل سازه ها [I] نیز برای تحلیل سازه بروش اجزاء محدود استفاده می نماییم. ارتعاش آزاد و تحلیل طیفی تعدادی از دیوارهای برشی بتنی تو خالی و توپر را مطالعه می نماییم و چندین نمودار و شکل برای مطالعه پارامترهایی نظیر پررود، مود شکل و تغییر شکلهای، نشان خواهیم داد. از نتایج این تحقیق برای بهبود عملکرد سازه های دارای دیوار برشی استفاده خواهیم نمود، تا بتوانیم علاوه بر تامین سختی جانبی لازم، از شکل پذیری نسبتا مطلوبی نیز بهره ببریم، همچنین رعایت ملاحظات اقتصادی، را نیز نموده باشیم.

کلید واژه ها: ارتعاش آزاد، تحلیل طیفی، دینامیک سازه، دیوار برشی تو خالی.

بررسی عملکرد دیوارهای برشی بتنی تو خالی

کامبیز نرماشیری⁽¹⁾

گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، زاهدان، ایران

منصور قلعه نوی و مهدی اژدری مقدم⁽²⁾

گروه مهندسی عمران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

(1) تلفن و نامبر: 0541-2429724 narmashiri@iauzah.ac.ir

چکیده

یکی از سازه های بسیار مهم، دیوارهای برشی¹ هستند، که برای ایجاد سختی سازه ها در برابر بارهای جانبی مورد استفاده قرار می گیرند.

یکی از مشکلات ساختمانهای دارای دیوار برشی، عدم شکل پذیری مناسب آن است. می توان، از همان حجم بتن که برای ساختن دیوار برشی توپر استفاده می گردد، برای ساختن یک دیوار برشی بتنی تو خالی² استفاده کرد، 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. دیوار برشی تو خالی عایق صوتی و حرارتی نیز می باشد. از همه موارد فوق مهمتر اینکه، دیوار برشی تو خالی، ممکن است سبب افزایش شکل پذیری نیز گردد. در این تحقیق، ما، خواص دینامیکی دیوارهای برشی بتنی تو خالی را مطالعه خواهیم کرد. مصالح از نوع بتن می باشد، وزن واحد حجم 24KN/m^3 مقاومت فشاری نمونه های استوانه ای ۲۸ روزه 30N/mm^2 و ضریب پواسون 0.10 می باشد. یک پانل از دیوار برشی را در نظر می گیریم. طول و ارتفاع دیوار برشی 4000mm می باشد. ضخامت کل 200mm می باشد. در اطراف پانل تیرها و ستونهای بتنی وجود دارد. بین دو جداره دیوار تو خالی، ممکن است تغییر شکلهای بزرگی بوجود آید، برای ایجاد سختی بیشتر، از سخت کننده های عمودی یا افقی³ یا هر دو آنها، در میانه طول یا ارتفاع، استفاده خواهیم کرد. جهت مدل کامپیوتری از المانهای صلب سه بعدی⁴، استفاده می کنیم و از برنامه رایانه ای تحلیل سازه ها⁵ [I] نیز برای تحلیل سازه بروش اجزاء محدود⁶ استفاده می نماییم. ارتعاش آزاد⁷ و تحلیل طیفی⁸ تعدادی از دیوارهای برشی بتنی تو خالی و توپر را مطالعه می نماییم و چندین نمودار و شکل برای مطالعه پارامترهایی نظیر پرید، مود شکل⁹ و تغییر شکلهای، نشان خواهیم داد. از نتایج این تحقیق برای بهبود عملکرد سازه های دارای دیوار برشی استفاده خواهیم نمود، تا بتوانیم علاوه بر تامین سختی جانبی لازم، از شکل پذیری نسبتاً مطلوبی نیز بهره ببریم، همچنین رعایت ملاحظات اقتصادی، را نیز نموده باشیم.

کلید واژه ها: ارتعاش آزاد، تحلیل طیفی، دینامیک سازه، دیوار برشی تو خالی

¹ Shear walls

² Hollow concrete shear wall

³ Vertical or horizontal stiffeners

⁴ Solid

⁵ Sap2000

⁶ Finite elements method

⁷ Free vibration

⁸ Spectral analysis

⁹ Mode shape

۱- مقدمه

امروزه، استفاده از دیوارهای برشی بتنی در سازه‌های فولادی و بتنی رواج فراوان یافته است و جهت تامین سختی جانبی سازه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند. از جمله مشکلاتی که دیوارهای برشی بتنی دارند، می‌توان 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 می‌گردد.

۲- انتخاب مدل

برای بررسی موردی دیوارهای برشی بتنی تو پر و تو خالی، مشخصات زیر را جهت مدل‌های مورد نظر انتخاب می‌نماییم.

وزن واحد حجم 24KN/m^3 ، مقاومت فشاری نمونه‌های استوانه‌ای 28 روزه 30N/mm^2 و ضریب پواسون $0,10$ می‌باشد. یک پانل از دیوار برشی را در نظر گرفته می‌شود. طول و ارتفاع دیوار برشی 4000mm می‌باشد. 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 کننده‌های عمودی یا افقی یا هر دو آنها، در میانه طول یا ارتفاع، استفاده می‌شود. ضخامت کل 200mm است. برای دیوارهای برشی تو خالی این ضخامت به دو ضخامت مساوی 100mm تقسیم می‌گردد، که فاصله تو خالی مابین دو جداره نیز، 100mm است. برای ساختن مدل کامپیوتری از المانهای صلب سه بعدی برای دیوارها، استفاده می‌شود و از برنامه SAP2000 [1] نیز برای تحلیل سازه بروش اجزاء محدود استفاده می‌گردد. مشخصات مدل‌های انتخابی را در شکلهای شماره 1 و 2 مشاهده می‌نمایید.

۳- مقاومت پیچشی

سختی پیچشی یک جسم با زاویه پیچش آن سنجیده می‌گردد، هر چه زاویه پیچش کمتر باشد، سختی پیچشی، بیشتر است. از رابطه (1) می‌توان زاویه پیچش مقاطع تو پر را تعیین کرد:

$$f_f = \frac{TL}{bbc^3G} = \frac{TL}{0.333b(2h)^3G} = \frac{TL}{2.664bh^3G} \quad (1)$$

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 می‌گردد:

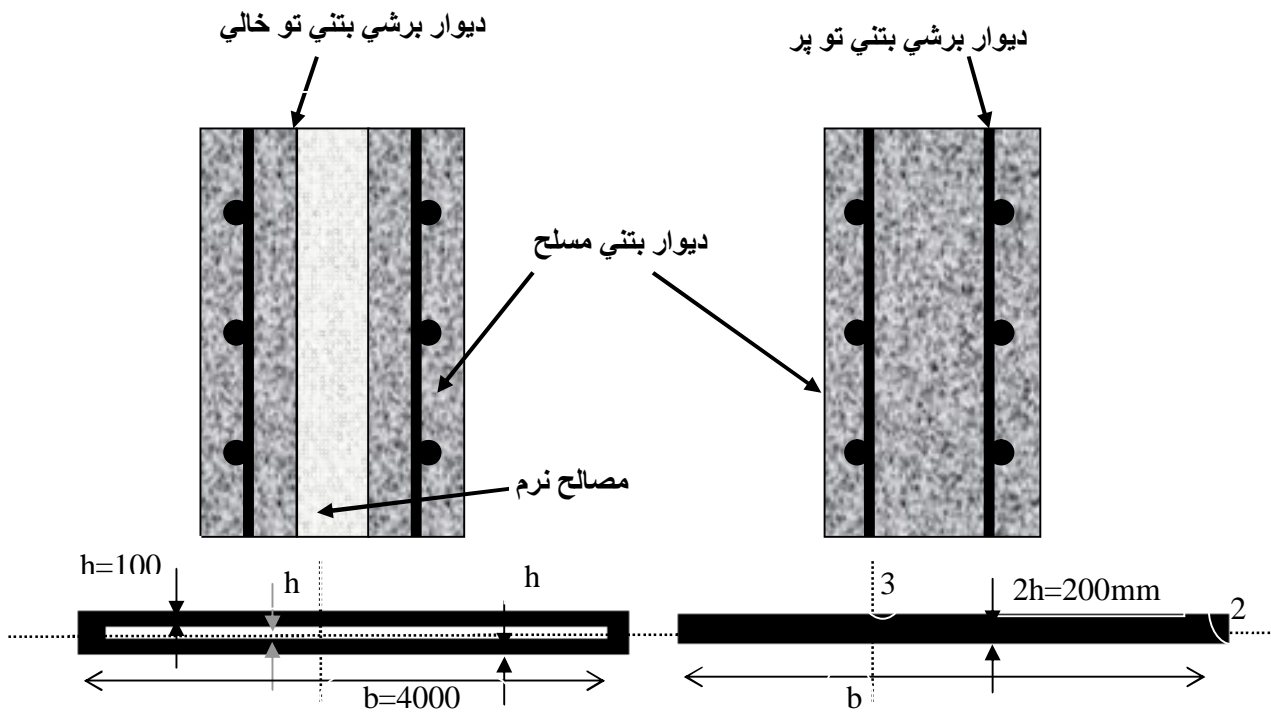
$$f_h = \frac{TL}{4A^2G} \sum \left(\frac{d_s}{t} \right) \cong \frac{TL}{8bh^3G} \quad (2)$$

که در رابطه فوق A سطح بسته شده با محیط میانی، d_s 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 تو پر 200% از مقاطع تو خالی بیشتر است.

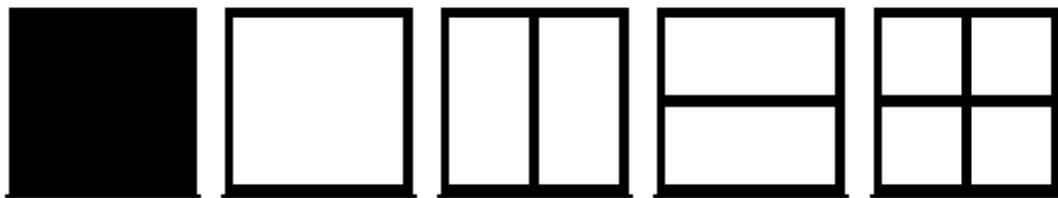
$$\frac{f_f - f_h}{f_h} \times 100 = 200\% \quad (3)$$

۴- مقاومت خمشی

دیوارهای برشی مقاومت خمشی بالایی حول محور 3 نشان داده شده، دارد اما معمولاً به علت مقاومت خمشی کم حول محور 2 از مقاومت در این جهت صرف نظر می گردد، بر اساس روابط زیر مشخص می گردد که دیوارهای تو خالی، با مشخصات نشان داده شده، تقریباً دارای 117% مقاومت خمشی بالاتر از دیوارهای تو پر، حول محور 2 می باشند.



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



شکل ۲- شماتیک 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

$$S_{2f} = \frac{2}{3}bh^2 \quad (4)$$

که در رابطه فوق S_{2f} ، اساس مقطع دیوار تو پر، حول محور 2، می باشد، همچنین اساس مقطع دیوار تو خالی (S_{2h})، از روابط زیر تعیین می گردد:

$$S_{2h} \cong \frac{13}{9}bh^2 \quad (5)$$

$$\frac{S_{2h} - S_{2f}}{S_{2f}} \times 100 = 117\% \quad (6)$$

5- مقاومت برشی

مقاومت برشی دیوارهای برشی در جهت 2 یا به عبارت دیگر در جهت موازی دیوار در نظر گرفته می شود و از مقاومت برشی دیوار در جهت 3 صرف نظر می شود، اما در دیوارهای برشی تو خالی، بر اساس روابط زیر مقاومت برشی (مساحت برشی)، این نوع دیوارها بیشتر از دیوارهای تو پر می باشد. مساحت برشی دیوار تو پر در جهت 3 محلی از رابطه زیر تعیین می گردد:

$$AS_{3f} = \frac{5}{6}b(2h) = \frac{5}{3}bh \quad (7)$$

همچنین مساحت برشی دیوار تو خالی در جهت 3 محلی به صورت زیر تعیین می گردد:

$$AS_{3h} = \frac{5}{3}bh + 2he \quad (8)$$

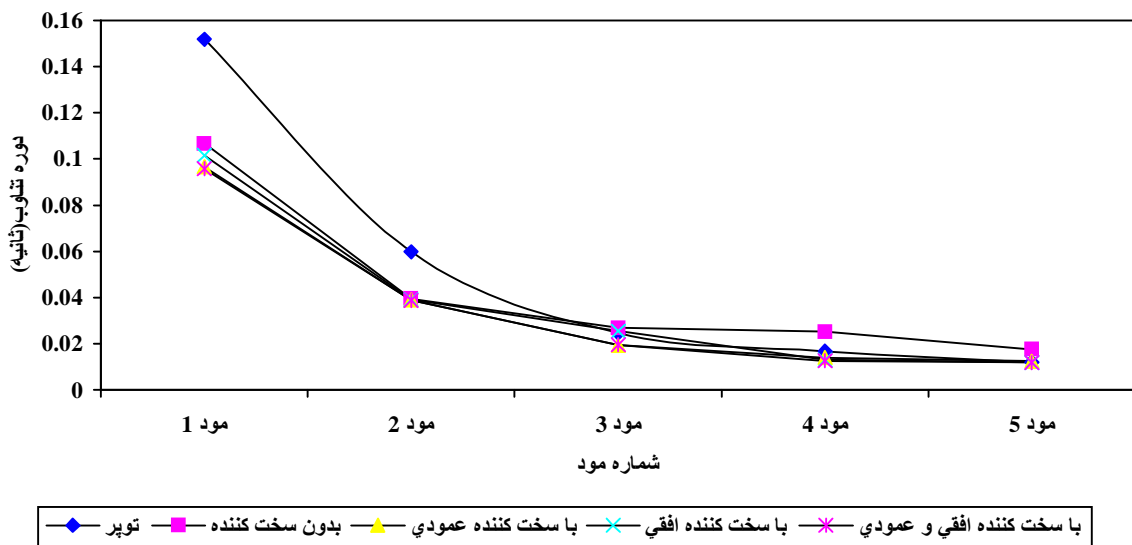
که در رابطه فوق e عرض ستون در دو انتهای دیوار است.

$$\frac{AS_{3h} - AS_{3f}}{AS_{3f}} = 1.2 \frac{e}{b} \quad (9)$$

6- تحلیل ارتعاش آزاد

برای بررسی ارتعاش آزاد مدل های انتخاب شده، از روش عناصر محدود و برنامه کامپیوتری SAP2000 استفاده می گردد. در تحلیل سازه از 12 مود اول کمانشی استفاده شده و برای بررسی در این مجموعه نتایج 5 مود اول کمانشی ذکر شده است.

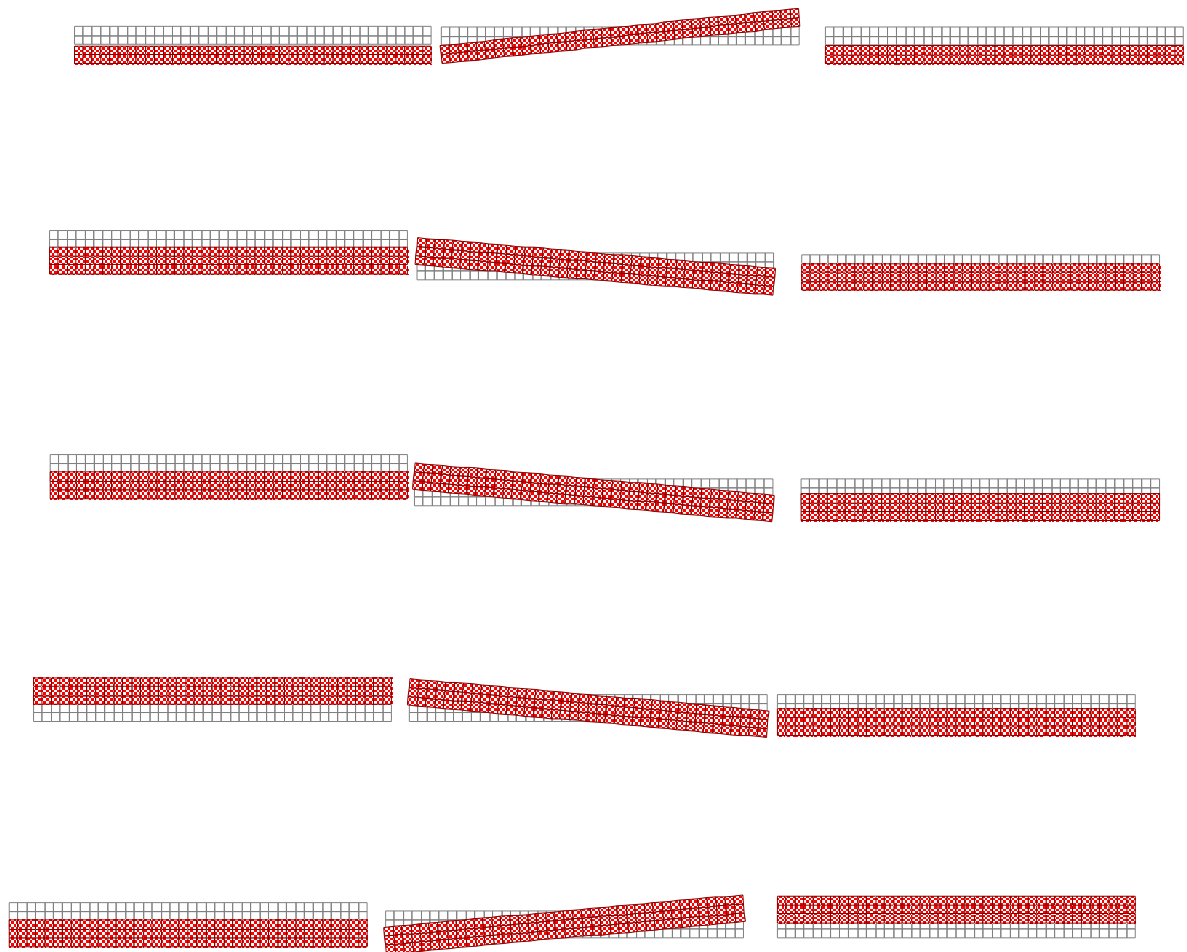
پریودهای 5 مود اول کماتشی در شکل شماره 3 مقایسه شده است، همانطور که از این شکل مشخص است، تا مود سوم، دیوار برشی تو پر، بیشترین پریود را دارد ولی از مود سوم به بعد دیوار برشی بدون سخت کننده پریود بالاتری را خواهد داشت. همچنین با ایجاد سخت کننده در دیوار برشی، پریود کاهش پیدا می کند، و سخت کننده عمودی بیشتر سبب کاهش پریود می گردد و نیز کمترین پریود مربوط به دیواری است که دارای هر دو سخت کننده افقی و عمودی باشد. همچنین سه مود شکل اول کماتشی در شکل شماره 4 نشان داده شده است. نیز در شکل شماره 5 تغییر شکل ماکزیمم در بالاترین نقطه دیوارهای مختلف را مشاهده می کنید، در این شکل مشخص است که دیوار برشی تو پر، دارای کمترین تغییر شکل است، که این موضوع نشان دهنده شکل پذیری بالای دیوارهای برشی تو خالی است.



شکل ۳- دوره تناوب در پنج مود اول کماتشی

۷- تحلیل طیفی

برای تحلیل طیفی مدل‌های انتخاب شده، نیز، از روش عناصر محدود و برنامه کامپیوتری SAP2000 استفاده می گردد. طیف انتخاب شده، جهت اعمال به دیوار، از UBC97 استخراج شده، که در شکل شماره 6 نشان داده شده است. تغییر شکل دیوارهای تو پر و تو خالی تحت طیف انتخابی در جهت موازی دیوار در شکل شماره 7 نشان داده 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 شکل شماره 8 نشان داده شده است همانطور که از این شکل مشخص است، تغییر شکل‌های دیوارهای مختلف بسیار به همدیگر نزدیک است و این نشان دهنده این موضوع است که، تقریباً دیوارهای تو خالی و تو پر با یا بدون سخت کننده، دارای سختی جانبی یکسانی هستند. اما شکل پذیری آنها متفاوت است.

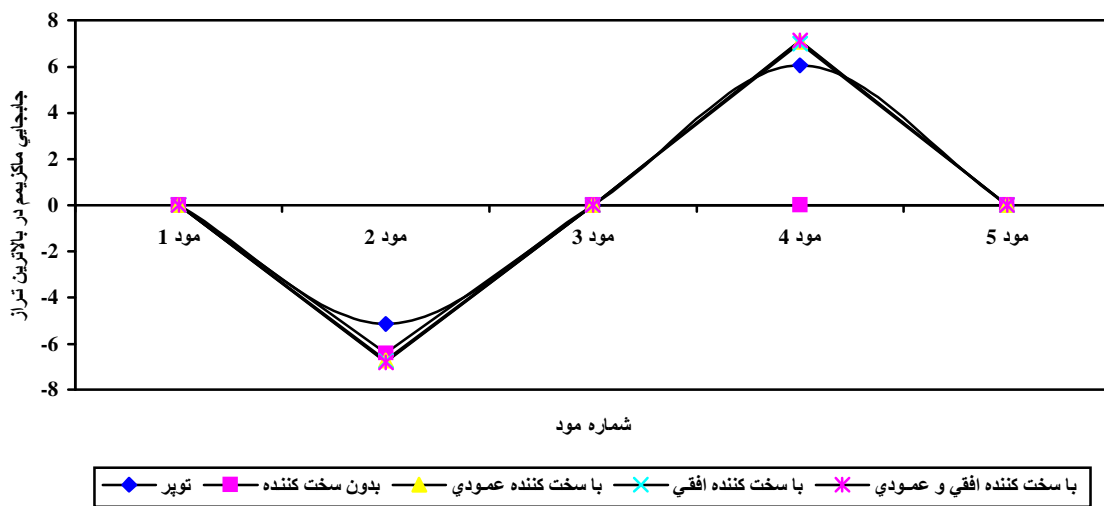


مود اول

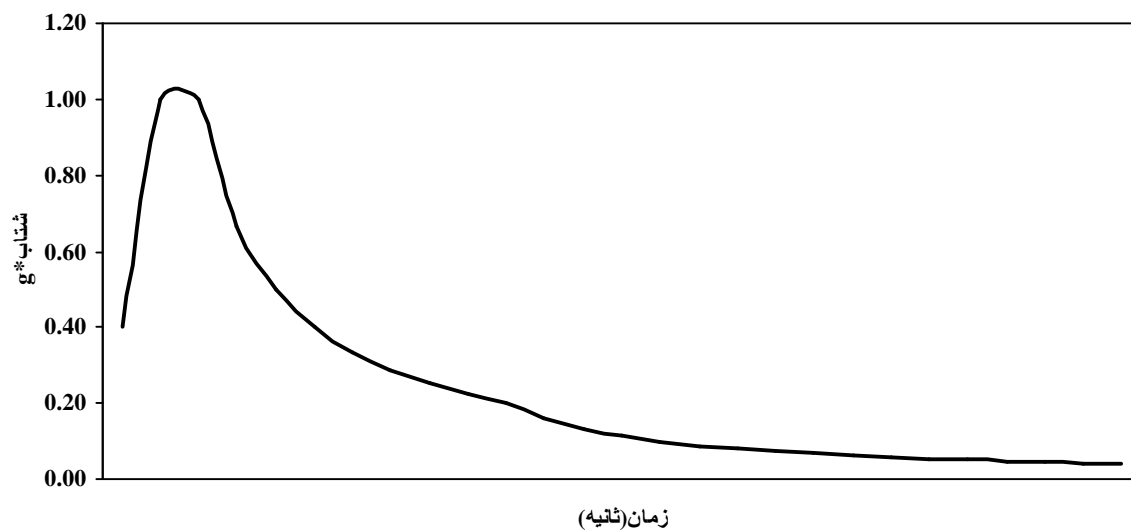
مود دوم

مود سوم

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



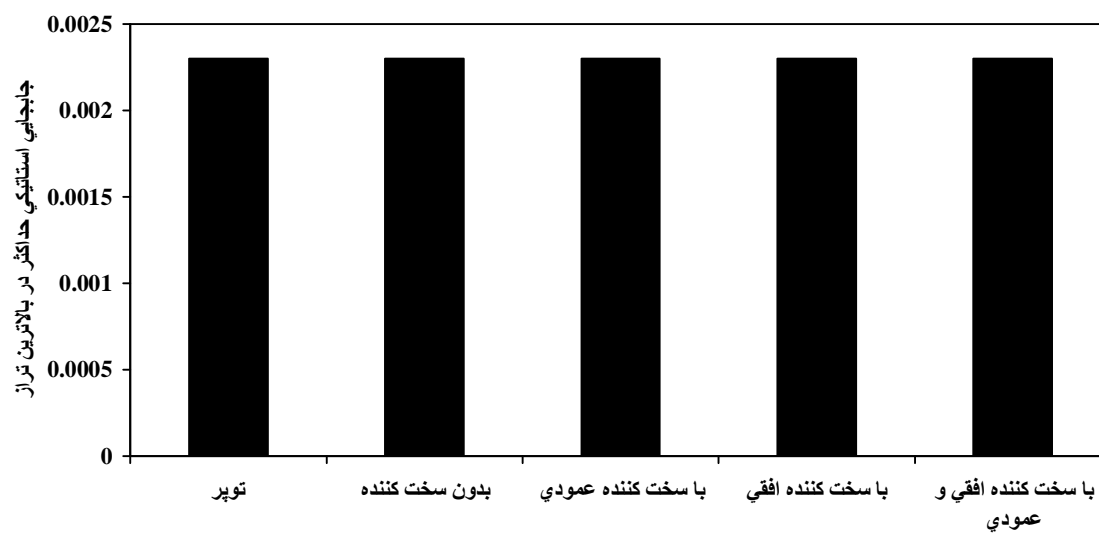
شکل ۵- جابجایی ماکزیمم در بالاترین تراز دیوار در مودهای مختلف



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

۸- 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 شکل های موضعی دیوارهای تو خالی می توان از سخت کننده افقی یا عمودی استفاده نمود.
- و- تا مود سوم، دیوار برشی تو پر دارای پیوند بالایی است، اما از مود سوم به بعد دیوار تو خالی بدون سخت کننده دارای پیوند بیشتری است.
- ز- وجود سخت کننده در دیوار باعث کاهش پیوند می گردد و وجود سخت کننده عمودی سبب کاهش پیوند بیشتری می گردد.
- ح- دیوارهای تو خالی دارای شکل پذیری بالایی می باشند.
- ط- تغییر شکل استاتیکی دیوارهای تو پر 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, 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.