**بررسی رفتار پانل­های پیش­ساخته سبک سه­بعدی بتنی تحت اثر بارهای جانبی رفت و برگشتی**

**محمد وطن­چیان یزدی1، حسن حاجی­کاظمی2**

1. **دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد**
2. **استاد گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه فردوسي مشهد**

movatanchiyan@yahoo.com

hkazemi@ferdowsi.um.ac.ir

**خلاصه**

يكي از سيستم­هاي نوين ساختماني كه امروزه در دنيا متداول است، پانل­هاي پیش­ساخته سبک سه­بعدی بتنی موسوم به پانل­های 3D است. یکی از سؤالات اساسی در مورد این پانل­ها، عملکرد و رفتار آنها تحت بارهای جانبی رفت و برگشتی است. در این تحقیق، ظرفیت و رفتار دیوارهای ساخته شده با پانل 3D، به صورت مقایسه رفتار این دیوارها با دیوارهای برشی مشابه آنها، تحت بارهای جانبی رفت­ و برگشتی بررسی شده است. در دیوارهای برشی مشابه، دو لایه بتنی به صورت یکپارچه درآمده و برشگیرها حذف می­شوند. بررسی­های ذکرشده به صورت آنالیز استاتیکی غیرخطی نمونه­های انتخابی در نرم­افزار ABAQUS صورت گرفته است. نتایج بدست آمده نشان دهنده آن است که به تدریج با افزایش ارتفاع نمونه­ها نسبت ظرفیت پانل­های 3D به دیوارهای برشی مشابه به مقدار ثابتی میل می­کند. نتایج این تحقیق این امکان را فراهم می­آورد که بتوان از این پس به جای تحلیل و طراحی سازه­ای تقریباً پیچیده­تر به نام پانل 3D، دیوار برشی مشابه آن را تحلیل و طراحی کرد.

كلمات كليدي: پانل 3D، دیوار برشی، بار جانبی رفت و برگشتی، آنالیز استاتیکی غیرخطی.

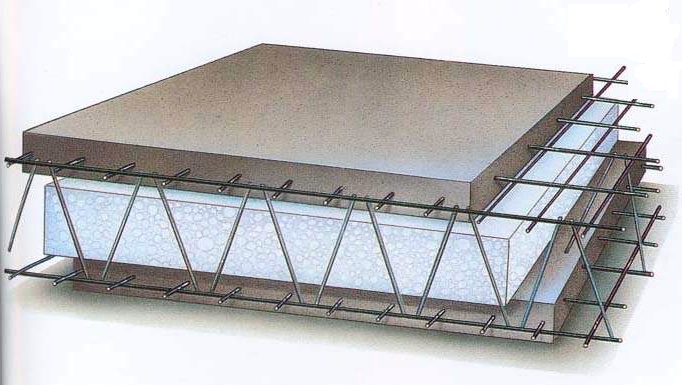
**1. مقدمه**

یکی از سؤالات اساسی در مورد پانل­های 3D، ظرفیت برشی این دیوارها و عملکرد و رفتار آنها تحت بارهای جانبی رفت و برگشتی است. یک پانل 3D از دولایه مش که توسط تعدادی برشگیر مورب به یکدیگر متصل شده، تشکیل شده است که سازه­ای شبیه به یک Space Frame ایجاد می­کند. فضای میان دو لایه مش توسط پلی­استایرن پر می­شود. همچنین لایه­های مش پس از نصب پانل در محل، شاتکریت می­شوند. همان­گونه که مشاهده می­شود تفاوت اصلی یک پانل 3D با یک دیوار برشی، دولایه بودن آن و وجود المان­هایی به نام برشگیر است که این دو لایه را به هم متصل کرده است. همین مطلب است که می­تواند رفتار دیوار را تحت بارهای جانبی تحت تأثیر قرار دهد.

در ضوابط و دستورالعمل­های منتشرشده تاکنون عملکرد و ظرفیت یک دیوار 3D تحت بارهای جانبی همانند دیواربرشی مشابه آن پیشنهاد شده است. اما در اینجا این سؤال ایجاد می­شود که تا کجا می­توان رفتار این دو را یکسان در نظر گرفت و اساساً این روش جایگزینی تا چه حد قابل اعتماد است. هدف اصلی این تحقیق بررسی ظرفیت و رفتار پانل­های 3D تحت بارهای جانبی رفت و برگشتی است. این بررسی به صورت مقایسه رفتار این دیوارها با دیوارهای برشی مشابه آنها انجام می­شود. در دیوارهای برشی مشابه، دو لایه بتنی به صورت یکپارچه درآمده و برشگیرها حذف می­شوند.

نتایج این تحقیق این امکان را فراهم می­آورد که بتوان از این پس به جای تحلیل و طراحی سازه­ای تقریباً پیچیده­تر به نام پانل 3D، دیوار برشی مشابه آن را تحلیل و طراحی کرد.

از جمله تحقیقات مهم انجام گرفته در زمینه پانل­های 3D می­توان به این موارد اشاره کرد : Einea [1] در سال 1992 در دانشگاه نبراسكاي آمريكا تحقيقاتي بر روي رفتار حرارتي و سازه­اي پانل‎هاي ساندويچي بتني پيش ساخته، در قالب رساله دكتراي خود انجام داد. در سال 1994 Bush وStine [2] دو دسته از پانل‎های ساندویچی بتنی پیش­ساخته که دارای اتصال دهنده‎های برشی و جزئیات سازه­ای متفاوت بودند را در دانشگاه اکلاهاما مورد آزمایش خمشی قرار دادند. در سال 2003 «کبیر و همکاران» ]3[ تحقیقی را به منظور بررسی رفتار لرزه­ای پانل­های 3D به صورت آزمایشگاهی همراه با مقایسه با تحلیل عددی انجام دادند. در سال 2006 در تحقیقی كه توسط «کبیر، رضایی­فر، تاریبخش و تهرانیان» [4] انجام شد، خصوصیات دینامیکی و رفتار لرزه‎ای ساختمان یک طبقه ساخته شده با روش پانل‎های ساندویچی سبک، با استفاده از آزمایش لرزه‎ای بر روی میز لرزان بدست آمد. «کبیر، رضایی­فر و تهرانیان» [5] در سال 2006 در تحقیقی، مدل يك نمونه ساختمان چهار طبقه پانلي را با مقياس 35/1:2 روي ميز لرزان مورد آزمايش قرار دادند. در سال 2006 در تحقیقی كه توسط «کبیر و شاهمرادی» [6] انجام شد، به بررسی آزمایشگاهی و نظری دیوارهای 3D پانل که با قاب بتن آرمه احاطه شده‎اند پرداخته شد.



**شكل 1- پانل پيش ساخته سبک سه بعدی بتنی (پانل** **3D)**

2. مدلسازی عددی

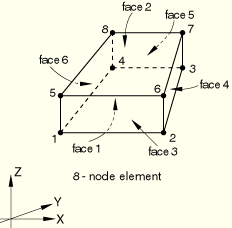
**الف- بتن شاتکریت :** برای تعریف مشخصات بتن شاتکریت در نرم­افزار از مدل «پلاستیسیته آسیب­دیده بتن**[[1]](#footnote-1)**» که توسط Lubliner et al. (1989) [7] و Lee & Fenves (1998) [7] مطرح شد، استفاده شده است. این مدل یک مدل پیوسته بر پایه پلاستیسیته بوده که اساساً توانایی آنالیز سازه­های بتنی و مدل­­ کردن آسیب در بتن را دارد. مدل همچنین قابلیت مدلسازی دیگر مصالح شبه­ترد از قبیل سنگ، ملات و سرامیک را دارد. در این مدل دو مکانیزم خرابی عمده به صورت ترک­خوردگی ناشی از کشش و خردشدگی ناشی از فشار در مصالح بتنی در نظر گرفته می­شود. ارزیابی سطح خرابی به وسیله دو متغیر  و ، که به ترتیب مربوط به مکانیزم­های شکست تحت بارگذاری کششی و فشاری هستند، صورت می­گیرد.  و  به ترتیب کرنش­های پلاستیک کششی و فشاری هستند.در این تحقیق مشخصات مکانیکی در نظر گرفته شده در مدل «پلاستیسیته آسیب­دیده بتن» برای بتن شاتکریت مطابق جدول (1) می­باشد.

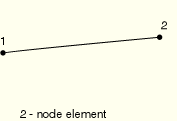
جدول 1- مشخصات مکانیکی در نظرگرفته شده در مدل «پلاستیسیته آسیب­ دیده بتن» برای بتن شاتکریت

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| جرم مخصوص | مدول الاستیسیته | ضریب پواسون | مقاومت فشاری بتن شاتکریت | مقاومت کششی بتن شاتکریت |
| 2200 | 9 | 15/0 | 20 | 8/2 |

در مورد مدول الاستیسیته بتن شاتکریت این توضیح لازم است که مقدار آن از رابطه داده شده در آیین نامه بتن ایران (آبا) یعنی  ]8[ بدست نمی­آید. با توجه به تحقیقات به عمل آمده در این خصوص مقدار مدول الاستیسیته شاتکریت 4/0 تا 7/0 مقدار بدست آمده از رابطه مذکور پیشنهاد شده است. در این تحقیق نیز با توجه به مقاومت فشاری مشخصه شاتکریت، 4/0 مقدار بدست آمده از رابطه فوق ملاک مدلسازی قرار گرفته است. همچنین مقاومت کششی از رابطه  ]8[ محاسبه شده است.

المان انتخابی برای مدلسازی بتن شاتکریت در نرم­افزار ABAQUS المان C3D8R است. این المان یک المان سه بعدی با هشت گره است که از روش انتگرال کاهش یافته برای حل انتگرال­ها استفاده می­کند (شکل 2). این المان در هر گره دارای سه درجه آزادی جابه­جایی در جهت محورهای X، Y و Z است [7].





شکل 3- المان B31 [7]

شکل 2- المان C3D8R [7]

**ب- مفتول (فولاد) :** برای معرفی مشخصات این ماده در نرم­افزار از مدل «الاستوپلاستیک» دوخطی استفاده شده است. مشخصات مکانیکی مفتول (فولاد) مطابق جدول (2) در نظرگرفته شده است.

جدول 2- مشخصات مکانیکی در نظرگرفته شده در مدل «الاستوپلاستیک» برای مفتول (فولاد)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| جرم مخصوص | مدول الاستیسیته | ضریب پواسون | تنش تسلیم | کرنش نهایی |
| 7850 | 210 | 3/0 | 450 | 025/0 |

جهت مدلسازی مفتول­ها در نرم­افزار ABAQUS از المان B31 استفاده شده است. این المان یک المان سه بعدی با دو گره است که از تابع درونیاب خطی بهره می­جوید (شکل 3). این المان در هر گره دارای 6 درجه آزادی است که سه درجه آزادی مربوط به جابه­جایی در جهت محورهای X، Y و Z و سه درجه آزادی مربوط به دوران حول محورهای X، Y و Z است [7].

3. سازه­های انتخابی

برای انجام این تحقیق 6 نمونه پانل 3D با مشخصات مندرج در جدول (3) مورد آنالیز واقع شده است. همچنین 6 نمونه دیوار برشی مشابه پانل­های 3D فوق مدلسازی شده است با این توضیح که مشخصات آنها دقیقاً مشابه نمونه­های پانلی فوق بوده با این تفاوت که در این دیوارها برشگیرها حذف شده و دو لایه بتنی مجزا به صورت یکپارچه درآمده­اند. مشخصات این دیوارها در جدول (4) ارائه شده است. به گروه پانل­های 3D و دیوارهای برشی به ترتیب نام­های کلی P و W اختصاص داده شده است.

علت انتخاب نمونه­هایی با این ابعاد در نظرگرفتن سیر تدریجی تغییر رفتار از حالت برشی به حالت خمشی است. دیوارهای برشی به صورت کلی به دو دسته کوتاه و بلند تقسیم می­شوند. در دیوارهای برشی کوتاه نسبت ارتفاع به طول کمتر از 2 بوده و ظرفیت این نوع دیوارها به صورت برشی بیان می­گردد. این دیوارها از نظر خمش مشکل خاصی نداشته و در مقابل خمش وارده مقاوم است. اما در دیوارهای برشی بلند نسبت ارتفاع به طول بیشتر از 2 بوده و به جای برش، خمش عامل تعیین­کننده است. خاطرنشان می­شود به غیر از عامل فوق عواملی از قبیل نحوه توزیع میلگرد در دیوار، ضخامت دیوار و شرایط مرزی دیوار بر نحوه رفتار دیوارهای برشی مؤثر هستند]9[.

جدول 3- مشخصات پانل­های مدلسازی شده ]10[

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نام نمونه | طول (mm) | ارتفاع (mm) | قطر مفتول مش (mm) | قطر مفتول برشگیر (mm) | بعد چشمه مش (mm) | ضخامت شاتکریت (mm) | فاصله دو مش (mm) | ضخامت نهایی (mm) |
| P1 | 1200 | 700 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |
| P2 | 1200 | 1260 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |
| P3 | 1200 | 2060 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |
| P4 | 1200 | 3020 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |
| P5 | 1200 | 4060 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |
| P6 | 1200 | 5020 | 5/3 | 5/3 | 80 | 40 | 90 | 140 |

جدول 4- مشخصات دیوارهای برشی مدلسازی شده ]10[

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نام نمونه | طول (mm) | ارتفاع (mm) | قطر مفتول مش (mm) | بعد چشمه مش (mm) | ضخامت (mm) |
| W1 | 1200 | 700 | 5/3 | 80 | 80 |
| W2 | 1200 | 1260 | 5/3 | 80 | 80 |
| W3 | 1200 | 2060 | 5/3 | 80 | 80 |
| W4 | 1200 | 3020 | 5/3 | 80 | 80 |
| W5 | 1200 | 4060 | 5/3 | 80 | 80 |
| W6 | 1200 | 5020 | 5/3 | 80 | 80 |

4. آنالیز استاتیکی غیرخطی تحت بار جانبی رفت و برگشتی

همان گونه که بیان شد هدف اصلی این تحقیق بررسی ظرفیت و رفتار پانل­های 3Dتحت بارهای جانبیرفت و برگشتی است. این بررسی به صورت آنالیز استاتیکی غیرخطی نمونه­های P و W و مقایسه نتایج بدست آمده، انجام شده است.

نحوه اعمال بار به صورت اعمال تغییرمکان­های رفت و برگشتی مشخصی است که الگوی آن در شکل (4) نمایش داده شده است. در این الگو تغییرمکان­های تحمیل شده به نمونه­ها از مقدار 1/0 میلی­متر شروع شده و پس از طی 10 سیکل به 1 میلی­متر رسیده است (در هر سیکل 1/0 میلی­متر اضافه شده است). پس از آن تغییرمکان­ها با فواصل 1 میلی­متر تا مقدار 100 میلی­متر اضافه شده است. البته هیچ یک از نمونه­ها ظرفیت تحمل تغییرمکان­های رفت و برگشتی تا مقدار 100 میلی­متر را نداشته و هر یک از ­آنها در تغییرمکانی کمتر از 100 میلی­متر دچار شکست شده­اند.

شکل 4- الگوی تغییرمکان­های رفت و برگشتی اعمال شده به نمونه­ها ]10[

5. بررسی نتایج

5-1- تغییرمکان­های جانبی و برش پایه

در جدول (5) مقدار تغییرمکان و برش پایه ماکزیمم نمونه­های گروه P و W جهت بررسی ظرفیت نمونه­های پانلی در مقابل دیوارهای برشی مشابه آورده شده است. همچنین در شکل­های (4) تا (6) مقادیر این جدول در مقابل ارتفاع سازه نمایش داده شده­اند. همان­طور که ملاحظه می­شود با افزایش ارتفاع، مقادیر تغییرمکان ماکزیمم در نمونه­ها افزایش و مقادیر برش پایه ماکزیمم کاهش یافته است که البته این مطلب قابل پیش­بینی است (شکل­های 4 و 5). در دیوارهای برشی نیز با افزایش ارتفاع مقدار تغییرمکان ماکزیمم افزایش و مقدار برش پایه کاهش می­یابد. همچنین ملاحظه می­شود با افزایش ارتفاع، تعداد سیکل­های طی شده افزایش یافته است (شکل 6). این مطلب نشان د­هنده آن است که نمونه بلندتر قابلیت استهلاک انرژی بیشتری دارد.

در جدول (6) مقدار نسبت تغییرمکان و برش پایه ماکزیمم نمونه­های W به نمونه­های P آورده شده است. همچنین شکل مقادیر این نسبت­ها در مقابل ارتفاع سازه در شکل (7) نمایش داده شده است.

جدول 5- تغییرمکان ماکزیمم و بار نهایی نمونه­های گروه P و W

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| P | | | | | | |
| نمونه | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
| تغییرمکان ماکزیمم (mm) | 976/2 | 061/3 | 283/10 | 933/37 | 845/42 | 928/49 |
| برش پایه ماکزیمم (kN) | 160/257 | 811/179 | 295/168 | 765/159 | 466/103 | 996/76 |
| تعداد سیکل­های طی­ شده تا خرابی | 12 | 12 | 19 | 47 | 51 | 59 |
| W | | | | | | |
| نمونه | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 |
| تغییرمکان ماکزیمم (mm) | 695/1 | 902/3 | 617/16 | 753/66 | 245/72 | 941/81 |
| برش پایه ماکزیمم (kN) | 692/224 | 965/194 | 695/212 | 498/196 | 754/128 | 271/91 |
| تعداد سیکل­های طی­ شده تا خرابی  در سال 1386 «گرامی و کابلی» ]6[ در تحقیقی، رفتار لرزه‌اي قاب‌هاي فولادي پر شده توسط پانل و امکان استفاده سازه‌اي اين سيستم در کنار قاب فولادي را بررسی کردند. | 10 | 13 | 25 | 75 | 82 | 91 |

شکل 4- نمودار تغییرات تغییرمکان ماکزیمم در مقابل ارتفاع سازه در نمونه­های P و W

شکل 5- نمودار تغییرات برش پایه ماکزیمم در مقابل ارتفاع سازه در نمونه­های P و W

شکل 6- نمودار تغییرات تعداد سیکل­های طی شده

تا خرابی در مقابل ارتفاع سازه در نمونه­های P و W

شکل 7- نمودار تغییرات نسبت تغییرمکان و برش پایه ماکزیمم در مقابل ارتفاع سازه در نمونه­های P به W

جدول 6- نسبت تغییرمکان ماکزیمم و بار نهایی نمونه­های گروه P به نمونه­های گروه W

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نسبت |  |  |  |  |  |  |
| تغییرمکان ماکزیمم | 50/1 | 78/0 | 62/0 | 57/0 | 59/0 | 61/0 |
| بار نهایی | 12/1 | 92/0 | 79/0 | 81/0 | 80/0 | 84/0 |

همان­طور که از شکل (7) برمی­آید در نمونه­های P1 و W1 مقدار نسبت مذکور برای برش پایه و تغییرمکان ماکزیمم از 1 بیشتر است و این بدین معنی است که در این ارتفاع، ظرفیت نمونه P1 از نمونه W1 بیشتر است. اما با افزایش ارتفاع ملاحظه می­شود که این نسبت به کمتر از مقدار 1 می­رسد که نشان دهنده ظرفیت کمتر نمونه­های P نسبت به نمونه­های W است. اما نکته جالب توجه در شکل (7) این است که از ارتفاع 2 متر به بعد این نسبت برای تغییرمکان ماکزیمم مقدار ثابت 6/0 و برای برش پایه ماکزیمم مقدار ثابت 8/0 است. یعنی افزایش ارتفاع سازه تغییری در نسبت ظرفیت نمونه­های P به نمونه­های W ایجاد نکرده است. نتیجه اینکه در بارهای رفت و برگشتی در نمونه­های با ارتفاع مساوی و بیشتر از 2 متر نسبت ظرفیت پانل­های 3D به ظرفیت دیوارهای برشی مشابه آنها ثابت است.

6-6- شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W و P

در این بخش به مقایسه و بررسی شکل­پذیری در نمونه­های W و P پرداخته می­شود. شکل­پذیری تغییرمکانی در سازه­ها به صورت رابطه (1) تعریف می­شود :

(1)[11] 

در رابطه فوق  شکل­پذیری تغییرمکانی، تغییرمکان ماکزیمم سازه شامل مجموع تغییرمکان­های الاستیک و پلاستیک و تغییرمکان سازه در هنگام تسلیم اولین نقطه در سازه است.

در شکل (8) مقادیر شکل­پذیری تغییرمکانی برای نمونه­های W و P در مقابل ارتفاع سازه نمایش داده شده است. روند تغییرات برای هر دو نمونه یکسان است ولی مقادیر شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W بیشتر از نمونه­های P است. ملاحظه می­شود با افزایش ارتفاع، شکل­پذیری تغییرمکانی تا ارتفاع 2/1 متر کاهش، سپس تا ارتفاع 3 متر افزایش و پس از آن کاهش می­یابد. در واقع بیشترین شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W4 و P4 و کمترین آن در نمونه­های P2 و W2 دیده می­شود. بدین ترتیب بایستی نتیجه­گیری کرد که از لحاظ قابلیت استهلاک انرژی بهترین نمونه­ها، نمونه­های W4 و P4 و بدترین آنها نمونه­های W2 و P2 است.

در ادامه در شکل (9) نسبت شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W به P در مقابل ارتفاع سازه نمایش داده شده است. ملاحظه می­شود با افزایش ارتفاع تا مقدار 3 متر، نسبت فوق افزایش یافته و پس از آن تقریباً در مقدار 2 ثابت می­ماند. این مطلب بدین معنی است که با افزایش ارتفاع نسبت شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W به P ثابت می­شود. در واقع بایستی گفت در نمونه­های بلندتر، شکل­پذیری تغییرمکانی نمونه­های W تقریباً 2 برابر نمونه­های P است. بنابراین یکی از نقاط ضعف پانل­های 3D نسبت به دیوارهای برشی مشابه آنها را بایستی در شکل­پذیری آنها دانست. مشاهده شد که همواره شکل­پذیری پانل­های 3D کمتر از دیوارهای برشی مشابه است و در نمونه­های با ارتفاع بیش از 3 متر، شکل­پذیری پانل­های 3D تقریباً نصف شکل­پذیری دیوارهای برشی مشابه است.

شکل 9- نمودار نسبت شکل­پذیری تغییرمکانی

در نمونه­های W به P در مقابل ارتفاع سازه

شکل 8- نمودار مقادیر شکل­پذیری تغییرمکانی

در نمونه­های W و P در مقابل ارتفاع سازه

7. نتیجه­گیری

1- با افزایش ارتفاع، مقادیر تغییرمکان ماکزیمم در نمونه­ها افزایش و مقادیر برش پایه ماکزیمم کاهش یافته است. همچنین ملاحظه می­شود با افزایش ارتفاع تعداد سیکل­های طی شده افزایش یافته است. این مطلب نشان د­هنده آن است که نمونه بلندتر قابلیت استهلاک انرژی بیشتری دارد.

2- با بررسی تغییرمکان­های جانبی و برش پایه ملاحظه گردید که در بارهای رفت و برگشتی همواره ظرفیت پانل­های 3D نسبت به دیوارهای برشی مشابه کمتر است. با افزایش ارتفاع در نمونه­ها نسبت مقادیر فوق در پانل­های 3D به دیوارهای برشی مشابه آنها به تدریج به مقادیر ثابتی میل می­کنند.

3- بیشترین شکل­پذیری تغییرمکانی در نمونه­های W4 و P4 و کمترین آن در نمونه­های P2 و W2 دیده می­شود. بدین ترتیب بایستی نتیجه­گیری کرد که از لحاظ قابلیت استهلاک انرژی بهترین نمونه­ها، نمونه­های W4 و P4 و بدترین آنها نمونه­های W2 و P2 است. همچنین مشاهده شد که همواره شکل­پذیری پانل­های 3D کمتر از دیوارهای برشی مشابه است و در نمونه­های با ارتفاع بیش از 3 متر، شکل­پذیری پانل­های 3D تقریباً نصف شکل­پذیری دیوارهای برشی مشابه است.

8. مراجع

[1] Einea, A., “Structural and Thermal Efficiency of Precast Concrete Sandwich Panel Systems”, Phd Dissertation, Department of Civil Engineering, University of Nebraska Lincoln,Omaha, (1992).

[2] Bush, T. D. & Stine, G.L., “Flexural Behavior of Composite Precast Concrete Sandwich Panels With Continuous Truss Connectors”, PCI Journal, 39(2), 112–21, (1994).

]3[ کبیر، محمدزمان و جهانپور، علیرضا، «رفتار پانل­های ساندویچی 3D تحت بارهای برشی رفت و برگشت»، ششمین کنفرانس بین­المللی مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران، اردیبهشت، (1382).

[4] Rezaifar, O., Kabir, M. Z., Taribakhsh, M. & Tehranian, A., “Dynamic Behaviour of 3D Panel Single Storey System Using Shaking Table Testing”, Journal of Engineering Structures, (2007).

[5] Rezaifar, O., Kabir, M. Z. & Tehranian, A., “System Identification of Dynamic Behaviour of 4 Story Scaled 3D Panel Building Using Shaking Table”, ASCE Journal of Structural Engineering, (2007).

[6] Kabir, M. Z., Shahmoradi, R. & Rezaifar, O., “Experimental and Numerical Study of Combined Structural System, 3D Wall Panels and RC Frame Subjected to the Lateral Cyclic Loading”, EASEC-10, The Tenth East Asia Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Bangkok, Thailand, 3-4 August, (2006).

[7] ABAQUS User’s Manual, Version 6.8

]8[ سازمان مدیریت و برنامه­ریزی کشور، دفتر امور فنی، تدوین معیارها و کاهش خطرپذیری ناشی از زلزله، آئین­نامه بتن ایران (آبا)، تجدید نظر اول (ویرایش 3)، سازمان مدیریت و برنامه­ریزی کشور، معاونت امور اداری، مالی و منابع انسانی، مرکز مدارک علمی، موزه و انتشارات، تهران، (1385).

]9[ تسنیمی، عباسعلی، «رفتار دیوارهای برشی در ساختمان­های متداول»، مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن، نشریه شماره 246، چاپ اول، بهار، (1376).

]10[ وطن­چیان یزدی، محمد، «بررسی رفتار پانل­های پیش­ساخته سبک سه­بعدی بتنی تحت بارهای جانبی»، پایان­نامه كارشناسي ارشد، به راهنمايي دكتر حسن حاجی کاظمی، دانشگاه فردوسی مشهد، شهریور، (1389).

[11] R. Park & T. Paulay, “Reinforced Concrete Structures”, John Wiley & Sons, Inc., New York, (1975).

1. 1 -Concrete Damaged Plasticity [↑](#footnote-ref-1)