**بررسی رفتار پانل­های پیش­ساخته 3D تحت اثر بارهای جانبی افزایشی**

**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 افزایشی خطی 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 افزایشی خطی 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 کاهش می­یابد. 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 افزایشی، 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 افزایشی خطی 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 افزایشی خطی 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 افزایشی خطی

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

لازم به توضیح است که منظور از بار جانبی افزایشی خطی باری است که فرم تغییرات آن با زمان به صورت خطی است (شکل 4). تفاوت آنالیز استاتیکی غیرخطی با آنالیز دینامیکی در نحوه اعمال بار است. در آنالیز استاتیکی غیرخطی نرخ اعمال بار به قدری آهسته است که سازه فرصت کافی برای پاسخ را دارد در صورتی که در آنالیز دینامکی چنین شرایطی وجود ندارد.

بار اعمالی بر روی نمونه­ها به صورت یک بار برشی است که به صورت یکنواخت روی سطح فوقانی آنها توزیع شده است. لازم به ذکر است مقدار بار در نمودارها دارای دیمانسیون نیرو است و از ضرب کردن مقدار بار گسترده روی سطح فوقانی دیوار در سطح مذبور بدست آمده است. پس از اعمال بارگذاری فوق، مقدار تغییرمکان­ها، عکس­العمل­های تکیه­گاهی و برش پایه در هر نمونه بدست آمده است. با استفاده از این مقادیر، منحنی­های بار در مقابل تغییرمکان استخراج شده است. در ادامه روی این منحنی­ها بحث شده است.

شکل 4- نحوه تغییرات بار جانبی افزایشی خطی با زمان ]10[

5. بررسی نتایج

5-1- تغییرمکان­های جانبی و برش پایه

در جدول (5) مقدار نسبت تغییرمکان ماکزیمم و بار نهایی نمونه­های گروه P به نمونه­های گروه W جهت بررسی ظرفیت نمونه­های پانلی در مقابل دیوارهای برشی مشابه آورده شده است. همان­طور که ملاحظه می­شود این نسبت­ها با افزایش ارتفاع پانل کاهش یافته است. این مطلب نشان­دهنده آن است که با افزایش ارتفاع، ظرفیت باربری پانل نسبت به دیوار برشی مشابه آن کاهش یافته است. در نمونه­های پنجم و ششم نسبت مذکور افت محسوسی دارد. همان­گونه که در جدول (5) نشان داده شده است این نسبت برای نمونه­های P5 و W5 برابر 31/0 و برای نمونه­های P6 و W6 برابر 22/0 است.

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

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نسبت |  |  |  |  |  |  |
| تغییرمکان ماکزیمم | 04/1 | 92/0 | 86/0 | 85/0 | 31/0 | 22/0 |
| بار نهایی | 00/1 | 95/0 | 98/0 | 93/0 | 53/0 | 42/0 |

5-2- ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک

در این بخش به ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک در سازه پرداخته می­شود. منظور از ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک ارتفاعی است که در پائین­تر از این ارتفاع تمامی مفتول­های مش تسلیم شده و وارد مرحله پلاستیک در منحنی تنش-کرنش شده­اند.

لازم به ذکر است هرچه ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک در سازه­ای کمتر باشد خرابی در آن سازه زودتر اتفاق می­افتد. این ارتفاع در نمونه­های مختلف در جدول (6) به صورت نسبتی از ارتفاع کل سازه ارائه شده است. در شکل (5) نیز منحنی نسبت ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک به ارتفاع سازه در مقابل ارتفاع سازه در دو گروه نمونه P و W ترسیم شده است.

همان­گونه که مشخص است تا ارتفاع در حدود 3 متر یعنی نمونه­های P4 و W4 مقدار نسبت فوق در هر دو گروه نمونه تقریباً یکسان است. اما در دو نمونه آخر بین نتایج نمونه­های گروه P و W اختلاف وجود دارد. در دو نمونه P5 و P6 با افزایش ارتفاع سازه ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک کاهش یافته که این مطلب نشان­دهنده ظرفیت کمتر نمونه P6 نسبت به نمونه P5 است در حالی که در دو نمونه W5 و W6 مقدار مذبور در مقایسه با نمونه­های قبلی افزایش یافته است و این بدین معنی است که ظرفیت این نمونه­ها نسبت به نمونه­های قبلی افزایش یافته است. بدین ترتیب ملاحظه می­شود در نمونه­های W با افزایش ارتفاع سازه، ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک افزایش می­یابد اما در مقابل در نمونه­های P با افزایش ارتفاع تا 3 متر ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک افزایش و پس از این ارتفاع مقدار فوق کاهش می­یابد. بنابراین طبیعی است در ارتفاع بیش از 3 متر یکی از عوامل کاهش زیاد ظرفیت پانل­های 3D در مقابل دیوارهای برشی مشابه، ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک کمتر در پانل­های 3D نسبت به دیوارهای برشی مشابه باشد.

جدول 6- نسبت ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک به ارتفاع کل در نمونه­های گروه P و W

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| نمونه | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 |
| نسبت | 43/0 | 78/0 | 86/0 | 93/0 | 85/0 | 84/0 |
| نمونه | W1 | W2 | W3 | W4 | W5 | W6 |
| نسبت | 43/0 | 81/0 | 86/0 | 92/0 | 96/0 | 96/0 |

شکل 5- نمودار نسبت ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک به ارتفاع سازه در مقابل ارتفاع سازه

5-3- تغییر رفتار دیوار از حالت برشی به حالت خمشی

یکی از پارامترهایی که می­تواند برای بررسی افت ظرفیت پانل­های 3D نسبت به دیوارهای برشی مشابه مورد توجه قرار گیرد، تغییر رفتار دیوار 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 هستند. اما در دیوارهای برشی بلند نسبت ارتفاع به طول بیشتر از 2 بوده و به جای برش، خمش عامل تعیین­کننده است]9[. با توجه به طبقه­بندی فوق، همان طور که در شکل­های (6) و(7) نشان داده شده است، ملاحظه می­شود در نسبت­های ارتفاع به طول کمتر از 2 یعنی آنجایی که دیوار عملکرد برشی دارد، عملکرد نمونه­های P و W تقریباً یکسان است. اما در نسبت­های ارتفاع به طول بیشتر از 2 یعنی جایی که دیوار عملکردی خمشی دارد اختلاف میان رفتار نمونه­های P و W از لحاظ تغییرمکان و بار نهایی زیاد شده است. در واقع به نظر می­رسد تغییررفتار پانل از حالت برشی به حالت خمشی موجب تأثیر مخرب بیشتری بر روی پانل­های 3D شده است. بنابراین بایستی گفت ایجاد فاصله میان لایه­های بتنی و اتصال آنها توسط برشگیرها نتوانسته است عملکرد خمشی مطلوبی را ایجاد کند در صورتی که همین سازه دارای عملکرد مناسبی از لحاظ برشی است.

**شکل 7- نمودار نسبت ارتفاع به طول سازه در مقابل بار نهایی در نمونه­های P و** **W**

**شکل 6- نمودار نسبت ارتفاع به طول سازه در مقابل تغییرمکان نهایی در نمونه­های P و** **W**

7. نتیجه­گیری

1- عملکرد پانل­های 3D و دیوارهای برشی مشابه آنها تا ارتفاع در حدود 3 متر تقریباً یکسان بوده و بیش از این ارتفاع ظرفیت باربری پانل­های 3D کاهش ولی مقدار این ظرفیت در دیوارهای برشی مشابه افزایش می­یابد.

2- در نمونه­های W با افزایش ارتفاع سازه، ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک افزایش می­یابد اما در مقابل در نمونه­های P با افزایش ارتفاع تا 3 متر ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک افزایش و پس از این ارتفاع مقدار فوق کاهش می­یابد. بنابراین طبیعی است در ارتفاع بیش از 3 متر یکی از عوامل کاهش زیاد ظرفیت پانل­های 3D در مقابل دیوارهای برشی مشابه، ارتفاع تشکیل مفصل پلاستیک کمتر در پانل­های 3D نسبت به دیوارهای برشی مشابه باشد.

3- در نسبت­های ارتفاع به طول کمتر از 2 یعنی آنجایی که دیوار عملکرد برشی دارد، عملکرد نمونه­های P و W تقریباً یکسان است. اما در نسبت­های ارتفاع به طول بیشتر از 2 یعنی جایی که دیوار عملکردی خمشی دارد اختلاف میان رفتار نمونه­های P و W از لحاظ تغییرمکان و بار نهایی زیاد شده 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)