

## بررسی رفتار دیوارهای برشی بتنی با آرماتورگذاری قطری تحت بار جانبی دوره‌ای به روش المان محدود

میرحسن موسوی اصل\*، عضو هیأت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سلماس  
محمد علی لطف اللهی یقین، عضو هیأت علمی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

\*Mirhasanmoosavi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۱۸ تاریخ پذیرش نهایی: ۹۳/۰۷/۱۲

### چکیده:

ساختمان‌های دارای سیستم دیوار یا ترکیب دیوار- قاب دارای مقاومت مؤثری در برابر نیروی زلزله هستند و خرابی کمتری نسبت به ساختمان‌هایی که مقاومت جانبی آنها تنها بر قابها استوار است، از خود نشان داده‌اند.

چهار نمونه دیوار سازه‌ای بتن مسلح (RC) با هدف مطالعه تأثیر آرماتورگذاری قطری و ترکیبی جان به روش المان محدود و توسط نرم‌افزار ABAQUS تحت بارگذاری دوره‌ای قرار گرفته‌اند. متغیرهای موردنظر در تحقیق شامل مقدار و وضعیت قرارگیری آرماتورها در جان بودند. دیواری که بصورت معمولی آرماتورگذاری شده و بدلیل شکست جان با یک افت ناگهانی در ظرفیت باربری، گسیخته شد. در حالی که دیوارهای مسلح شده با آرماتورهای قطری جان با یک مد نرمتر گسیخته شدند. نتایج تحقیق بوضوح نشان می‌دهد که آرماتورگذاری قطری جان ظرفیت بار جانبی دیوار را افزایش می‌دهد. ظرفیت اتلاف انرژی نمونه‌های دارای آرماتورگذاری قطری بیشتر از مورد دارای آرماتورگذاری معمولی است.

**کلید واژگان:** دیوار برشی، رفتار دوره‌ای، روش المان محدود، آرماتورگذاری قطری، بتن مسلح.

### ۱- مقدمه

دیوارهای بتنی که در یک ساختمان مورد استفاده قرار می‌گیرند انواع مختلفی دارند، یکی از آنها دیوارهای برشی<sup>۱</sup> است. دیوارهای برشی از آن جهت به این نام خوانده می‌شوند که قسمت عمده برش ناشی از نیروهای جانبی را تحمل کرده و به زمین انتقال می‌دهند. [۱].

در دیوارهای برشی با نسبت ارتفاع به طول<sup>۲</sup> کمتر از یک برش بیش از خمش حائز اهمیت است لذا مد شکست، برشی و ترد است، در مقابل در دیوارهای برشی بلندتر با نسبت طول به عرض بیش از دو لنگر خمشی از

اهمیت به مراتب بیشتری برخوردار است که باعث می‌شود تا این دیوارها در مدهای نرمتر خمشی گسیخته شوند. لازم به ذکر است که مقدار آرماتور افقی جان اثر مهمی روی رفتار برشی دیوارها ندارد و ظرفیت شکل پذیری با مقدار آرماتور عرضی در المانهای مرزی افزایش می‌یابد. برای دیوارهایی با نسبت طول به عرض در حدود ۱/۵ ممکن است یک مد ترکیبی شکست، تحت بارگذاری لرزه‌ای بوجود آید [۲].

<sup>۱</sup>. Shear Walls

<sup>۲</sup>. Aspect Ratio

با یادآوری اهمیت جلوگیری از گسیختگی لغزشی در دیوارهای کوتاه Eurocode8 [۶] پیشنهاد می‌گردد که آرماتورگذاری متقاطع - مایل جان باید برای بالا بردن عملکرد دیوار در برابر گسیختگی برشی لغزشی در دیوارهای برشی با نسبت طول به عرض کمتر از ۲/۰، استفاده شود. در حالی که توزیع آرماتور قطری در جان از نظر چینش آرماتورها مشکل‌تر از وضعیت میلگردهای متمرکز شده در مجاور دو قطر که توسط Eurocode8 پیشنهاد شده، میباشد. با این حال، این وضعیت نیز توسط طراحان، بصورت عادی در نظر گرفته شده است. آرماتورگذاری توزیع شده قطری جان در چندین ساختمان در Vinadel Mar در پی زلزله ۱۹۸۵ شیلی مشاهده شد [۷].

در ده سال گذشته Sittipunt<sup>(۸)</sup> و Mansour و Hsu<sup>(۹)</sup> و Liao<sup>(۱۰)</sup> و Chiou<sup>(۱۱)</sup> تحقیقات آزمایشگاهی روی دیوارها و پانلهای دارای آرماتورگذاری قطری توزیع شده را هدایت کردند. در این آزمایشها دیوارهای برشی با آرماتورگذاری قطری ۴۵ درجه [۸، ۱۰، ۱۱] تحت بارگذاری جانبی دوره‌ای، عملکرد بهتری در مقایسه با دیوارهای با فولاد معمولی نشان داد. علاوه بر این نتیجه‌گیری شد که با استفاده از آرماتورگذاری قطری جان، و ایجاد المانهای مرزی که بطور کافی با فولاد محصور شده باشند، از مد ترد شکست ناشی از گسیختگی جان جلوگیری می‌شود [۸].

مقدار محدودی از اطلاعات آزمایشگاهی روی رفتار دیوارهای بتن مسلح با آرماتورگذاری قطری توزیع شده وجود دارد. علاوه بر این، اکثر آزمایشات مربوطه، شامل اثرات بارگذاری محوری روی دیوارها نبوده و سطح تنشهای برشی کمتر از  $0.66\sqrt{f_c}$  MPa بوده است، که محدودیت مشخص شده توسط ACI318-05 [۱۲] برای گسیختگی احتمالی ترک خوردگی جان محسوب می‌شود.

### ۳- مدلسازی [۱۳]

با پیشرفت روزافزون امکانات نرم افزاری و سخت افزاری در چند دهه اخیر، استفاده از روش المان محدود<sup>۵</sup> در حل مسائل مهندسی پیشرفت قابل توجهی پیدا کرده است. قابلیت‌های نرم افزار ABAQUS، نسبت به سایر نرم افزارهای المان محدود مشابه، در سهولت مدلسازی و داشتن رویه‌های حل Implicit و Explicit (خصوصاً Explicit) است.

در ادامه تحقیقات انجام شده در زمینه نحوه آرماتورگذاری جان دیوارهای برشی، که رفتار آنها برشی و یا تقریباً برشی است، یک مقایسه نرم افزاری مابین آرماتورگذاری افقی و قائم (معمولی)<sup>۳</sup> جان با آرماتورگذاری قطری<sup>۴</sup> با زاویه ۴۵ درجه انجام می‌شود.

در این مطالعه چهار دیوار بتن مسلح با نسبت طول به عرض ۱/۵ در نرم افزار ABAQUS مدل شده و با ثابت نگه داشتن فاصله چشمه آرماتورگذاری و یا مقدار آرماتور مصرفی در جان مدلهای، در حالات آرماتورگذاری قائم و قطری، مد گسیختگی جان، ظرفیت بار جانبی و ظرفیت اتلاف انرژی آنها با وجود بار محوری ثابت سطح پائین و بار جانبی تناوبی که تنش برشی سطح بالایی ایجاد می‌کند، مورد ارزیابی قرار گرفته تا بهترین حالت آرماتورگذاری جان با توجه به این پارامترها انتخاب و معرفی شود. مدلسازی دیوارها با معرفی قطعه بتنی بصورت Solid و آرماتورها بصورت Wire انجام گرفته است. رفتار بتن با مقاومتی مختلف مورد نظر بصورت Damage Concrete Plasticity به برنامه معرفی شده و برای معرفی بتن و فولاد به نرم افزار مشخصات مکانیکی آنها بویژه منحنی تنش کرنش استخراج و معرفی شده است. تماس و اندرکنش بین اجزا با استفاده از گزینه Region embedded که در Help برنامه جهت مدلسازی اندرکنش بین بتن و فولاد در سازه‌های بتن آرمه معرفی شده است انجام یافته است.

### ۲- مروری بر کارهای گذشته

رفتار غیرالاستیک دیوارهای سازه‌ای بتن مسلح، تحت بارهای دوره‌ای، توجه عمده‌ای را برای افزایش عملکرد لرزه‌ای این دیوارها بخود جلب کرده است. آزمایش‌های انجام شده توسط انجمن سیمن پرتلند (PCA) در دهه ۷۰ میلادی نشان می‌دهد که دیوارهای دارای تنش‌های برشی بالا ( $>0.58\sqrt{f_c}$  MPa) بدلیل گسیختگی جان شکسته می‌شوند، و مقدار آرماتور افقی جان نیز اثر مهمی روی رفتار برشی نداشته و ظرفیت شکل‌پذیری با مقدار آرماتور عرضی در المانهای مرزی افزایش می‌یابد [۳].

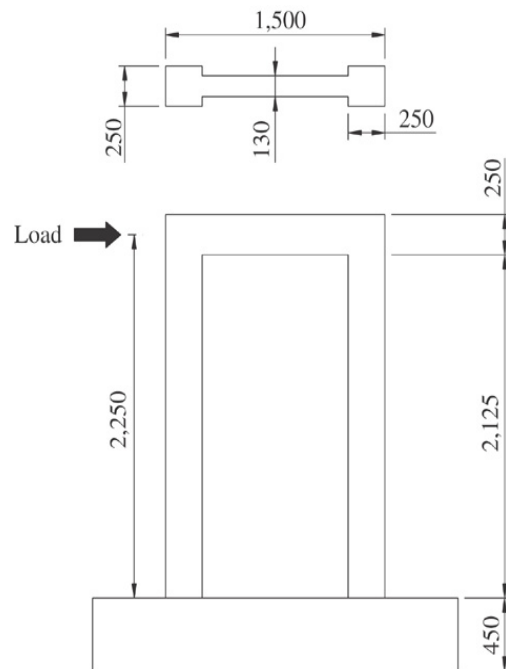
در گذشته Bertero, Iliya, Paulay [۴] و Salonikios [۲] در مورد تأثیر وضعیت قرارگیری آرماتور جان روی مد گسیختگی و اثرات لغزش برشی، تحقیقات آزمایشگاهی متعددی را انجام داده و نشان دادند که وضعیت آرماتور گذاری قطری یک مکانیزم مقاوم برشی مؤثری را تشکیل میدهد در نتیجه ظرفیت اتلاف انرژی بالاتر و تنزل سختی کمتر حین تغییر مکانهای معکوس است.

<sup>۳</sup>. Conventional Web Reinforcement

<sup>۴</sup>. Diagonal Web Reinforcement

<sup>۵</sup>. Finite Element Method

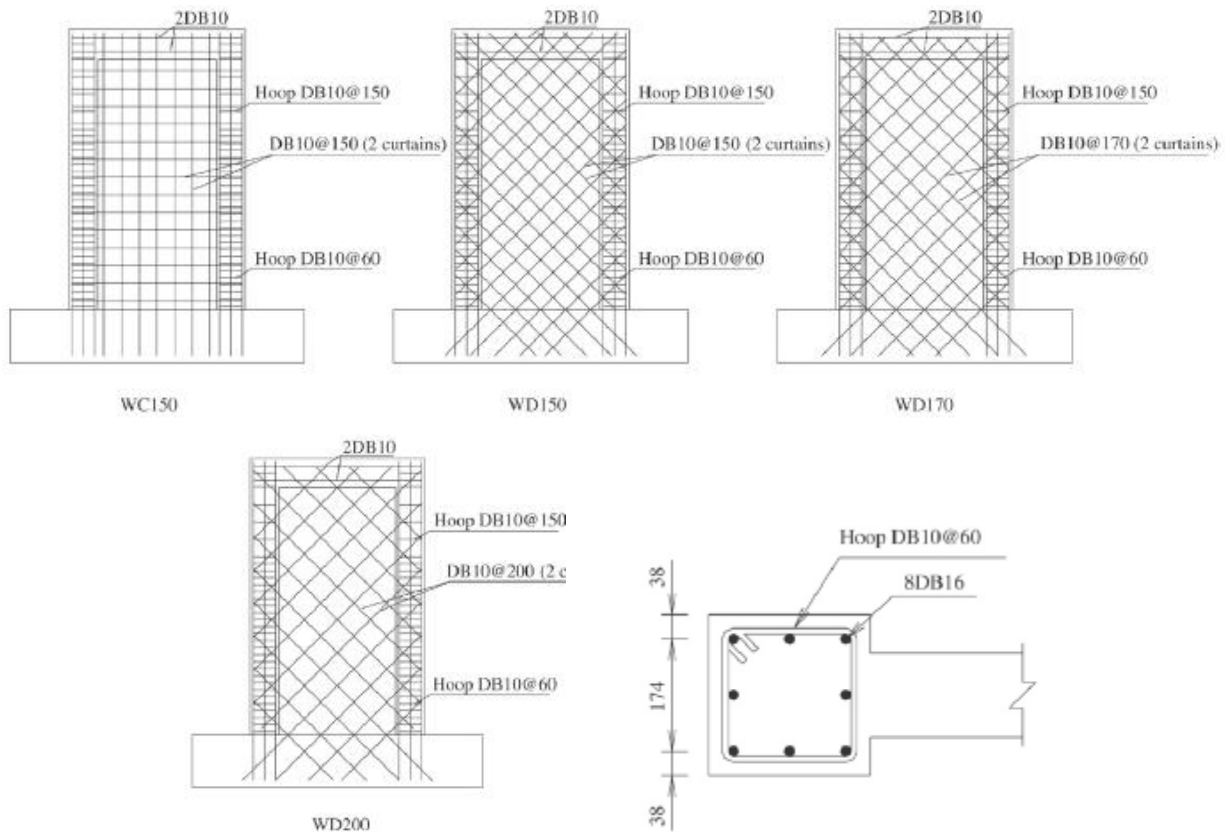
در شکل ۱ ابعاد دیوارها و در شکل ۲ جزئیات آرماتورگذاری نشان داده شده‌اند.



شکل ۱- ابعاد نمونه‌ها (بر حسب میلیمتر)

چهار نمونه دیوار برشی در این نرم افزار مدلسازی شده‌اند. حرف اول در نام نمونه‌ها مخفف کلمه دیوار و حرف دوم بیانگر نحوه آرماتورگذاری در جان دیوار است حرف C بیانگر آرماتورگذاری معمولی و حرف D نشانگر چپ‌نویس قطری در جان نمونه می‌باشد. عدد سه رقمی بعدی بیانگر ابعاد چشمه‌های آرماتورگذاری بر حسب mm می‌باشد. هر کدام از دیوارها شامل دو قسمت عمده بدنه بتنی و آرماتورها است. ابعاد جسم بتنی دیوار برای تمام نمونه‌ها یکسان است ولی طول آرماتورها و شکل آنها متفاوت است.

آرماتورگذاری جان در نمونه WC150 در جهت‌های افقی و عمودی چیده شده، مقدار آرماتور طوری است که مقاومت برشی اسمی محاسبه شده بر اساس بندهای ACI318-05 در برابر گسیختگی کشش قطری اندکی از برش مربوط به گسترش مقاومت لنگر اسمی دیوار بیشتر می‌شود. آرماتورگذاری جان شامل دو سفره از میلگردهای آجدار ۱۰ میلیمتری توزیع شده به فاصله ۱۵۰ میلیمتر در دو جهت افقی و عمودی (نسبت سطح آرماتورگذاری جان به سطح خالص بتن  $(\rho_n = \rho_n = 0.8\%)$ ) است. برای مطالعه تاثیر جهت و مقدار آرماتورگذاری جان روی پاسخ برش، نمونه‌های WD200، WD170، WD150 و WD200 بترتیب با آرماتورگذاری جان ۰/۸٪، ۰/۷٪، و ۰/۶٪ به صورت قوای چیده شده و با زاویه ۴۵ درجه، ساخته شده‌اند.



شکل ۲- جزئیات آرماتورگذاری

تغییر مکان ماکزیممی که باعث ایجاد اولین جاری شدگی در آرماتور المان مرزی می‌شود، بعنوان اولین تغییر مکان جاری شدگی در نظر گرفته می‌شود. این تغییر مکان بعنوان یک پایه برای تمام سیکل‌های بارگذاری بعدی برای هر دو جهت مثبت و منفی بکار گرفته می‌شود. در مدت هر مرحله بارگذاری، دیوار تحت سه سیکل به همان تراز تغییر مکان قرار می‌گیرد.

حال برای تحقیق بیشتر در مورد اثر آرماتورگذاری قطری، دو نمونه دیوار برشی دیگر مدلسازی می‌شود یکی با نام D180 که در آن وزن آرماتور بکار رفته در جان دیوار و مشخصات مصالح با نمونه WC150 یکسان است و دیگری نمونه D150 که از نظر هندسی کاملاً مشابه مدل WD150 و از نظر مشخصات مصالح کاملاً با WC150 یکسان است لذا میتوان تاثیر قطری شدن آرماتورهای جان در این مدل را بوضوح مشاهده کرد. در شکل ۵ و جدول ۲ بترتیب نحوه آرماتورگذاری و مشخصات مصالح دیوارهای جدید ارائه شده است.

مشخصات مصالح مصرفی برای چهار نمونه دیوار بصورت جدول ۱ است. شکل ۳ مدل‌های تکمیل شده دیوارها را نشان می‌دهد. ابتدا بار یکنواخت قائم توسط یک سیستم بار سه نقطه‌ای، با بارهای توزیع شده در سطح مقطع، در میان تیر انتقالی فوقانی شبیه سازی گردیده است و تمام نمونه‌ها با یک بار محوری معادل ۷ درصد ظرفیت بار محوریشان، بارگذاری شده و در طول هر آزمایش بار محوری بیش از ۵ درصد تغییر پیدا نکرد. بار جانبی توسط یک محرک تنظیم شده متصل شده به دیوار به نمونه‌ها اعمال شد و نمونه در پایه خود به یک سطح آزمایش صلب محکم شده‌اند و در تراز تیر فوقانی از انتقال دیوار در امتداد عمود بر صفحه آن جلوگیری می‌شود.

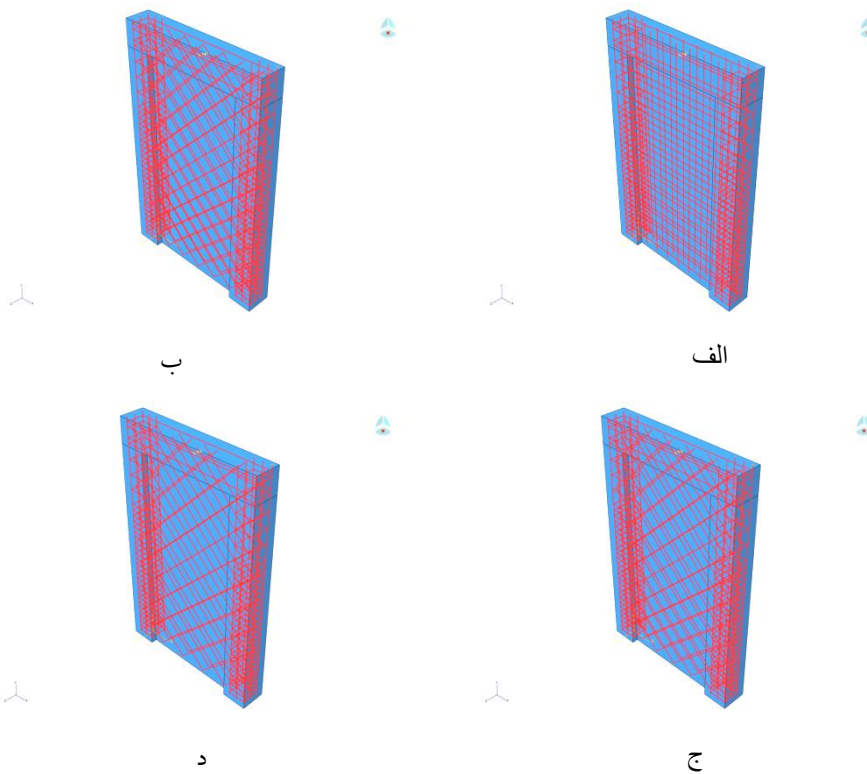
بارگذاری نمونه‌ها بصورت دوره‌ای<sup>۶</sup> بر اساس تاریخچه تغییر مکان شکل ۴ می‌باشد. این تاریخچه شامل چندین مرحله بوده و هر مرحله شامل سه سیکل بارگذاری است. در مرحله اول نمونه تحت کنترل بار فشار داده می‌شود (کشیده می‌شود) تا اولین ترک بتن مشاهده شود.

در مراحل بعدی، نمونه تحت کنترل تغییر مکان با مضرب صحیحی از اولین تغییر مکان جاری شدگی اندازه‌گیری شده و تحت بارگذاری قرار می‌گیرد تا گسیخته شود. در طول مدت اولین سیکل بارگذاری از مرحله دوم،

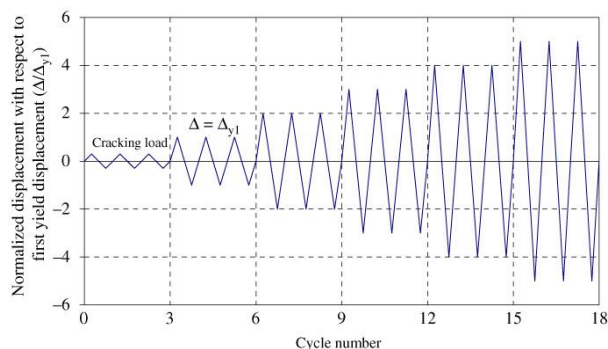
<sup>۶</sup>. Cyclic Loading

جدول ۱- مشخصات مصالح

	$f'_c$ (MPa)	آرماتور طولی			آرماتورهای جان		
		درصد	$f_y, f_u$ (MPa)		درصد	$f_y, f_u$ (MPa)	
WC150	۳۷/۳	۲/۵۷	۵۷۴/۹	۶۴۶/۸	۰/۰۰۸	۴۵۱/۳	۷۱۵/۵
WD150	۴۰/۳	۲/۵۷	۵۷۴/۹	۶۴۶/۸	۰/۰۰۸	۴۵۱/۳	۷۱۵/۵
WD170	۳۳/۹	۲/۵۷	۵۹۵/۷	۶۶۴	۰/۰۰۷	۵۰۵/۹	۶۸۲/۷
WD200	۳۳/۷	۲/۵۷	۵۷۴/۹	۶۴۶/۸	۰/۰۰۶	۴۵۱/۳	۷۱۵/۵



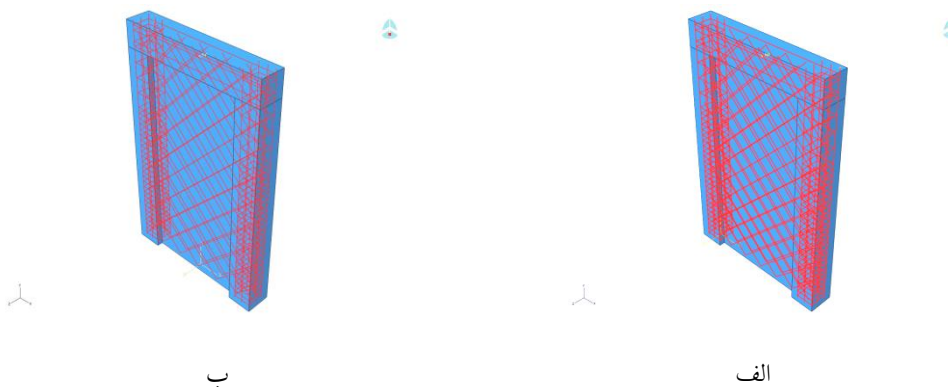
شکل ۳- مدل هندسی کامل شده دیوارها (الف: WC150، ب: WD150، ج: WD170، د: WD200)



شکل ۴- تاریخچه تغییر مکان اعمالی [۵]

جدول ۲- مشخصات مصالح

	$f'_c$ (MPa)	آرماتور طولی		آرماتورهای جان			
		درصد	$f_y, f_u$ (MPa)	درصد	$f_y, f_u$ (MPa)		
D150	۲۷/۳	۲/۵۷	۵۷۴/۹	۶۴۶/۸	۰/۰۰۸	۴۵۱/۳	۷۱۵/۵
D180	۲۷/۳	۲/۵۷	۵۷۴/۹	۶۴۶/۸	۰/۰۰۶۳	۴۵۱/۳	۷۱۵/۵



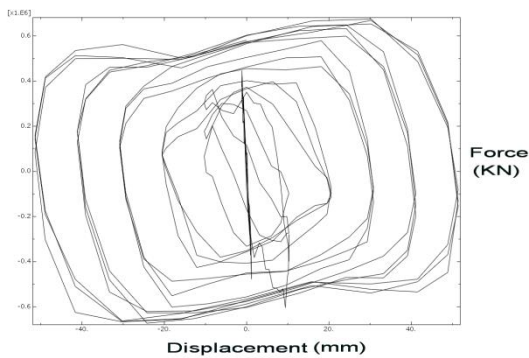
شکل ۵- مدل تمام شده دیوارها (الف: D150 ب: D180)

آرماتورهای المان مرزی روی می‌دهد لذا ممکن است شکست ترد باشد. ولی در مدل D150 احتمال خرابی ترد بسیار کم است زیرا گسیختگی آرماتورهای جان که باعث فروپاشی ناگهانی دیوار می‌شود، عامل خرابی نیست.

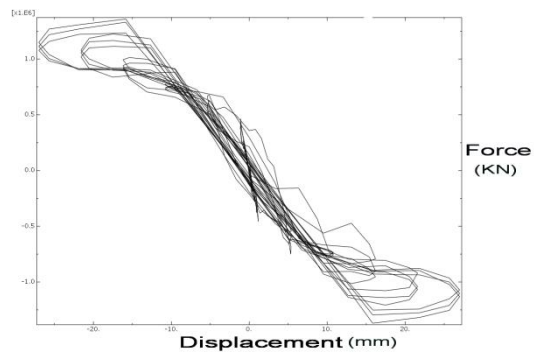
#### ۴- بررسی نتایج تحلیل عددی

##### ۴-۱ الگوهای ترک و مد شکست

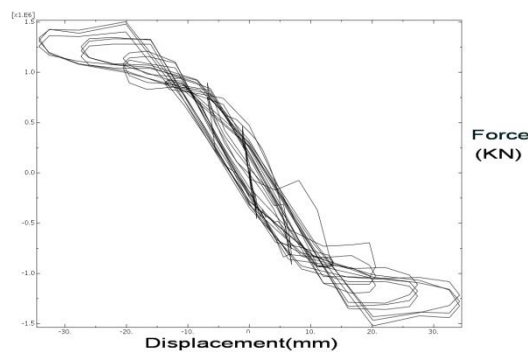
نحوه ترک خوردگی بتن در مراحل اولیه بارگذاری برای دو مدل جدید با مدل WC150 یکسان است. در مدل D180 خرابی آرماتورهای جان تقریباً همزمان با شکست



ب



الف



ج

شکل ۶- منحنی هیسترسیتیس نمونه ها (الف : WC150 ب : D150 ج: D180)

های مرزی و <sup>۱۰</sup> FW نشان دهنده گسیختگی در آرماتورهای جان هستند.

#### ۵- نتایج کلی

پس از مدل سازی دیوارهای ساخته شده در یک تحقیق آزمایشگاهی و مقایسه نتایج تحلیل عددی با نتایج تحلیل تجربی، دو مدل جدید ایجاد شده و تحت شرایط یکسان مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج حاصل از مقایسه دو مدل ساخته شده با مدل دارای آرماتورگذاری افقی و قائم بصورت زیر است:

مدل دارای آرماتور معمولی از همان ابتدا رفتار غیر خطی داشته و در نهایت بدلیل گسیختگی جان که یک شکست ترد است، خراب میشود، ولی دیوارهای با آرماتور قطری رفتار الاستیک داشته و پس از تحمل دو برابر بار گسیختگی مدل قبلی، بدلیل خرابی المانهای مرزی دچار گسیختگی می شوند که یک شکست نرم محسوب می شود.

#### ۴-۲ اتلاف انرژی

از منحنی های هیسترسیتیس<sup>۷</sup> رسم شده توسط نرم افزار که در شکل ۶ مشاهده می شوند، چنین بر می آید که دیوارهای دارای چینش قطری رفتار مشخص الاستیک و پس از آن ناحیه پلاستیک دارند در حالی که دیوار معمولی آرماتورگذاری شده از همان ابتدای بارگذاری بصورت غیر الاستیک عمل می کند. شکل مقایسه ای ۷ نشان می دهد که میزان اتلاف انرژی در نمونه های دارای آرماتورگذاری قطری تفاوت چندانی با نمونه دارای چینش معمولی ندارد.

#### ۴-۳ ظرفیت بار جانبی

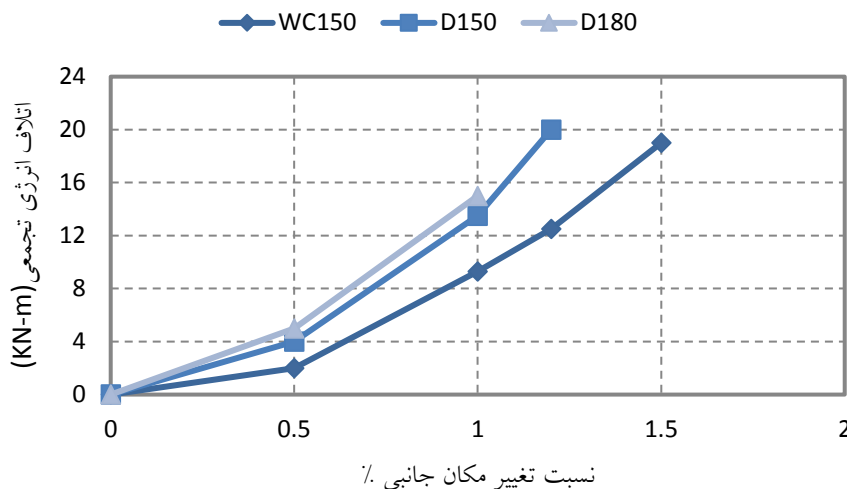
در جدول ۳ مشاهده می شود که بیشترین ظرفیت بار جانبی را نمونه D150 دارد. پس از آن، نمونه D180 بالاترین ظرفیت را داراست. کمترین ظرفیت بار جانبی مربوط به آرماتورگذاری معمولی است. مقدار افزایش این ظرفیت بسیار قابل ملاحظه است. در این جدول عبارات WC<sup>۸</sup> بیانگر شکست جان، FL<sup>۹</sup> معرف شکست در المان

<sup>۷</sup>. Hysteresis loops

<sup>۸</sup>. Web Crashing

<sup>۹</sup>. Failure of Longitudinal Bars

<sup>۱۰</sup>. Failure of Web Bars



شکل ۷- اتلاف انرژی بدست آمده برای نمونه‌های مدل سازی شده

با توجه به موارد اشاره شده چنین بر می‌آید که در دیوارهای سازه‌ای کوتاه با المانهای مرزی یکپارچه، که در آنها نیروی برشی کنترل کننده است، فقط با استفاده از آرماتورگذاری قطری با زاویه ۴۵ درجه در جان بدون افزایش مقدار آرماتور مصرفی، ظرفیت بار جانبی دیوار افزایش می‌یابد.

با مقایسه دو مدل، که مقدار آرماتور مصرفی در جان آنها با هم برابر بوده و تنها جهت قرارگیری آرماتورها متفاوت است، مشاهده می‌شود که در دیوار دارای آرماتور هر چه فاصله آرماتورها در چینش قطری بیشتر شود نحوه گسیختگی تردتر می‌گردد، با این حال هرگز به تدری آرماتورگذاری قائم نیست.

جدول ۳- خلاصه نتایج تحلیل مدلها

	متوسط بار ترک خوردگی بتن (KN)	بار اولین جاری شدگی (KN)	تغییر مکان اولین جاری شدگی (mm)	بار نهائی (KN)	مد شکست
WC150	۱۴۵	۶۶۵/۸	۱۰/۲۸	۶۹۰	WC
D150	۱۴۷/۶	۶۱۱	۶/۸۵	۱۴۵۰	FL
D180	۱۴۵	۵۴۰	۵/۴	۱۳۴۰	FL/FW

#### ۶-مراجع:

- [1] Fintel M, Shear walls An answer for seismic resistance. Concr Int 1991; 13(7):48-53
- [2] Salonikios TN, Kappos AJ, Tegos IA, Penelis GG. Cyclic load behavior of low-slenderness reinforced concrete walls: Failure modes, strength and deformation analysis, and design implications. ACI Struct J 2000;97(1):132-41.
- [3] Oesterle RG, Aristizabal-Ochoa JD, Fiorato AE, Russell HG, Corley WG. Earthquake resistant structural walls-tests of isolated walls phase II. Skokie (IL): Construction Technology Laboratories, Portland Cement Association; 1976.
- [4] Iliya R, Bertero VV. Effect of amount and arrangement of wall-panel reinforcement on hysteretic behavior of reinforced concrete walls. Report No. UCB/EERC-80/04. California: University of California Berkeley. Earthquake Engineering Research Center (EERC), 1980
- [5] Paulay T, Priestley MJN, Syngé AJ. Ductility in earthquake resisting aquat ahearwalls. ACI Struct J 1982;79(26):257-69
- [6] CEN. Eurocode8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules,



- seismic actions and rules for buildings. Brussels: CEN; 2004.
- [7] Wood SL, Wight JK, Moehle JP. The 1985 Chile Earthquake: Observations on earthquake-resistant construction in Vina del Mar. Urbana (IL): University of Illinois. Civil Engineering Studies, Structural Research Series No. 532; 1987.
- [8] Sittipunt C, Wood SL, Lukkunaprasit P, Pattarattanakul P. Cyclic behavior of reinforced concrete structural walls with diagonal web reinforcement. *ACI Struct J* 2001;98(4):554-62.
- [9] Mansour M, Hsu TTC. Behavior of reinforced concrete elements under cyclic shear. II: Theoretical model. *J Struct Eng ASCE* 2005;131(1):54-65
- [10] Liao W-I, Zhong J, Lin CC, Mo YL, Loh C-H. Experimental studies of high seismic performance shear walls. 13WCEE 2004: Paper no. 501.
- [11] Chiou YJ, Mo YL, Hsiao FP, Liou YW, Sheu MS. Behavior of high seismic performance walls. 13WCEE 2004: Paper no. 3180.
- [12] ACI Committee 318. Building code requirements for structural concrete (ACI318-05) and commentary (318R-05) Michigan: American Concrete Institute: 2005.
- [13] Abaqus 6.9, Documentation: Abaqus/CAE User's Manual, Abaqus Analysis User's Manual, Abaqus Example Problems Manual, Abaqus Theory Manual, Abaqus Verification Manual

# Investigation On Diagonal Reinforced Concrete Shear Walls Behavior Under Cyclic Lateral Load Using Finite Element Method

Mirhassan Moosavi Asl

Assistant Professor, Islamic Azad University, Salmas Branch, Salmas, Iran

Mohammad Ali Lotfollahi Yaghin

Assistant Professor, Tabriz University, Tabriz, Iran

## ABSTRACT

Buildings with wall or frame-wall systems are more effective against earthquake forces and sustain less damage than buildings which their lateral resistance is solely depends on frames.

Four reinforced concrete (RC) structural wall specimens were subjected to cyclic loading using finite elements method with ABAQUS software in order to study influence of diagonal web reinforcement. The research parameters included the amount and configuration of reinforcing bars in the web. The conventionally reinforced wall failed due to web crushing with an abrupt drop in load capacity, whereas the walls reinforced with diagonal web reinforcement failed in a more ductile mode. The results clearly indicates that the diagonal web reinforcement increase the lateral load capacity of wall. The energy dissipation capacity of the diagonal web reinforced is superior to the conventionally reinforced wall.

**Keywords:** Shear wall, Cyclic behavior, Finite element method, Diagonal reinforcement, Reinforcement concrete