



کد مقاله: ۱-۱۵۹

## بررسی تاثیر نسبت سطح مقطع میلگردهای برشی قائم به سطح مقطع افقی بتن در بال دیوار برشی بتن آرمه بالدار

زهرا رجبی پور<sup>۱</sup>، دکتر عباس اکبرپور<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جنوب تهران، zahra\_zhzh@yahoo.com

۲- عضو هیأت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد جنوب تهران

### چکیده

این تحقیق به مطالعه و بررسی پارامتری و عددی یک نوع از دیوارهای برشی بتن آرمه بالدار تحت اثر بار جانبی و ثقلی پرداخته است. برای این منظور ابتدا نمونه‌ای از دیوار برشی بالدار □ شکل بر اساس نتایج آزمایشگاهی موجود انتخاب گردیده است و عینا در نرم‌افزار *Abaqus* مدل‌سازی اجزای محدود و تحلیل غیر خطی شده است. صحت نتایج تحلیلی در انطباق با نتایج تجربی موجود به اثبات رسیده است. سپس تعداد سه نمونه‌ی تحلیلی با در نظر گرفتن متغیر درصد فولاد قائم در بال دیوار مورد ارزیابی قرار گرفته است. در این مطالعه اثر پارامترهایی نظیر شکل‌پذیری و ظرفیت برشی و میزان جذب انرژی و مد خرابی دیوار با افزایش سطح مقطع میلگردهای قائم در بال دیوار برشی بررسی شده است. نتایج نشان داده است که افزایش سطح مقطع میلگردها در بال دیوار به تنهایی در افزایش میزان جذب انرژی تاثیر بسزایی دارد.

**کلمات کلیدی:** دیوار برشی بالدار، مدل‌سازی اجزای محدود، تحلیل غیر خطی، شکل‌پذیری و جذب انرژی

### مقدمه

یکی از سازه‌های بسیار مهم که در برابر بارهای جانبی مقاومت می‌کنند دیوارهای برشی هستند. در طول سالیان متوالی تحقیقات زیادی بر روی دیوارهای برشی صورت گرفته است. دانشمندان موضوعاتی از قبیل اثرات ضخامت بال در رفتار دیوار برشی و عرض موثر بال دیوار برشی و تاثیر اندازه المان بر رفتار غیر خطی این دیوارها و... را برای بررسی انتخاب کرده‌اند و به موضوعاتی از قبیل اثر توام دیوار برشی بالدار و کوپله و یا تاثیر بال دیوار برشی بالدار در تحمل برش و یا سهم جان دیوار برشی در باربری خمشی کم‌تر پرداخته شده است. لذا در این تحقیق سعی بر آن است که به اثر افزایش سطح مقطع فولادهای قائم در بال دیوار برشی بالدار پرداخته شود.

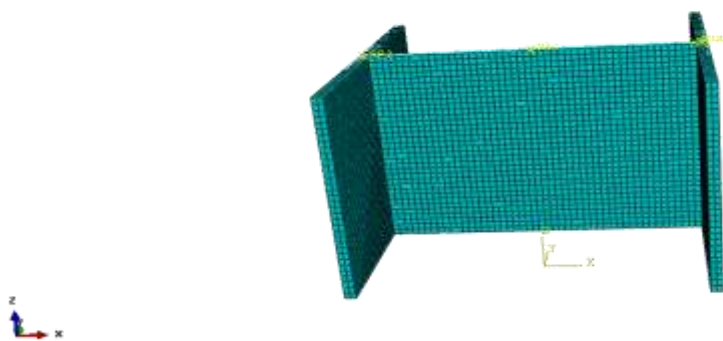
به منظور اطمینان از صحت مدل سازی اجزای محدود و نتایج حاصل از آن ابتدا لازم است مقایسه‌ای میان نتایج تحلیلی و نتایج آزمایشگاهی موجود به عمل آید. از میان کارهای آزمایشگاهی نسبتاً زیادی که بر روی دیوارهای برشی انجام شده است، دیواربرشی شکل و کیوو و پالرمو که در سال ۲۰۰۲ در آزمایشگاه دانشگاه تورنتو ساخته شده است، برای صحت سنجی انتخاب گردید.

### بارگذاری و شرایط تکیه گاهی نمونه شاهد

با توجه به نمودار تنش- کرنش در نمونه آزمایشگاهی، تغییر مکان نمونه را ۲۰ میلی متر وارد کرده و جابجایی خوانده شده است. همچنین دو بار محوری به دو بال به مقدار ۴۷۰ کیلو نیوتن به هر یک از بال‌ها وارد شده است. یک بال ۲۴۰ کیلو نیوتن که وزن اصلب بالایی است نیز به صورت گسترده به سطح بالایی دیوار وارد گردیده است. در این تحقیق کلیه نمونه‌ها با حل گر *dinamic Explicit* تحلیل شده‌اند.

### مش بندی نمونه شاهد

در این مدل سازی المان‌های طولی که آرماتورها هستند، به اندازه‌ی ۰,۰۲۵ متر *Seed* بندی شده و با استفاده از مدل *Line* و تیپ *B31* مش بندی شده- اند. *B31* یک المان مرتبه اول سه بعدی است. قطعه بتنی به اندازه‌ی ۰,۰۶۵ متر *Seed* بندی شده است. با توجه به اینکه قطعه بتنی یک عضو سه بعدی است، برای مش بندی آن، از مش *Hex* و تیپ *C3D8R* استفاده شده است. این المان سه بعدی، دارای ۸ گره است. و در شکل (۱) نمایش داده شده است.



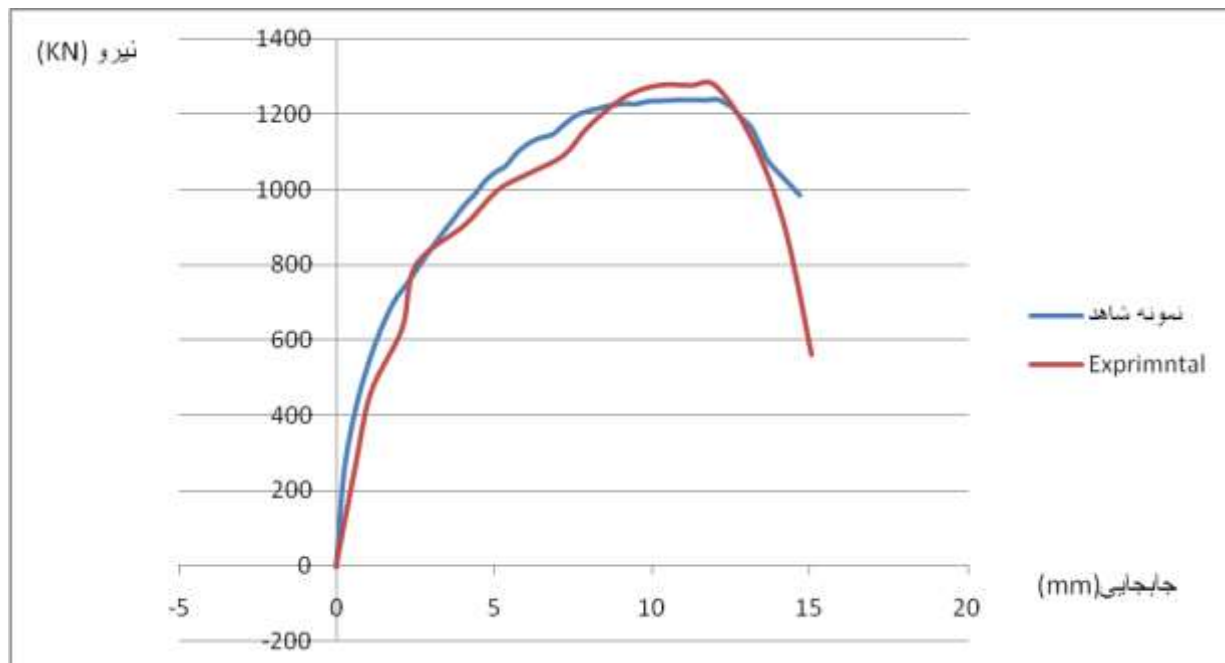
شکل (۱) مش بندی نمونه شاهد (CS)

لازم به ذکر است که مش بندی کلیه نمونه همانند نمونه شاهد شکل (۱) انجام شده است.

### مود خرابی در نمونه شاهد

در این نمونه‌ی تحلیلی با ازدیاد تدریجی جابجایی ابتدا بتن شروع به ترک خوردن می کند سپس به نقطه‌ای می رسد که اولین میلگردها در جان دیوار برشی تسلیم می شوند. سپس با ازدیاد جابجایی همچنان افزایش مقاومت را نشان می دهد تا وقتی که مقدار زیادی از بتن در جان دیوار خرد شود، که آن نقطه نقطه‌ی اوج منحنی است و پس از آن با کاهش مقاومت روبرو است.

پس از اینکه نمودار حالت نزولی به خود گرفت جایی که مقاومت به حدود ۸۰ درصد مقاومت نقطه اوج برسد، نقطه نهایی نمودار است و پایین آمدن بیش از این مقدار در نظر گرفته نمی شود. و قسمت اعظم بتن دیوار خرد شده است و عملاً ارزش باربری ندارد. در نقطه نهایی بتن جان دیوار برشی بسیار خرد شده است و ترک‌های مایل در آن بسیار گسترده شده است ولی میلگردها به کرنش نهایی خود نرسیده‌اند. در شکل (۲) نمودارهای نیرو بر حسب تغییر مکان نمونه شاهد و نمونه آزمایشگاهی با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

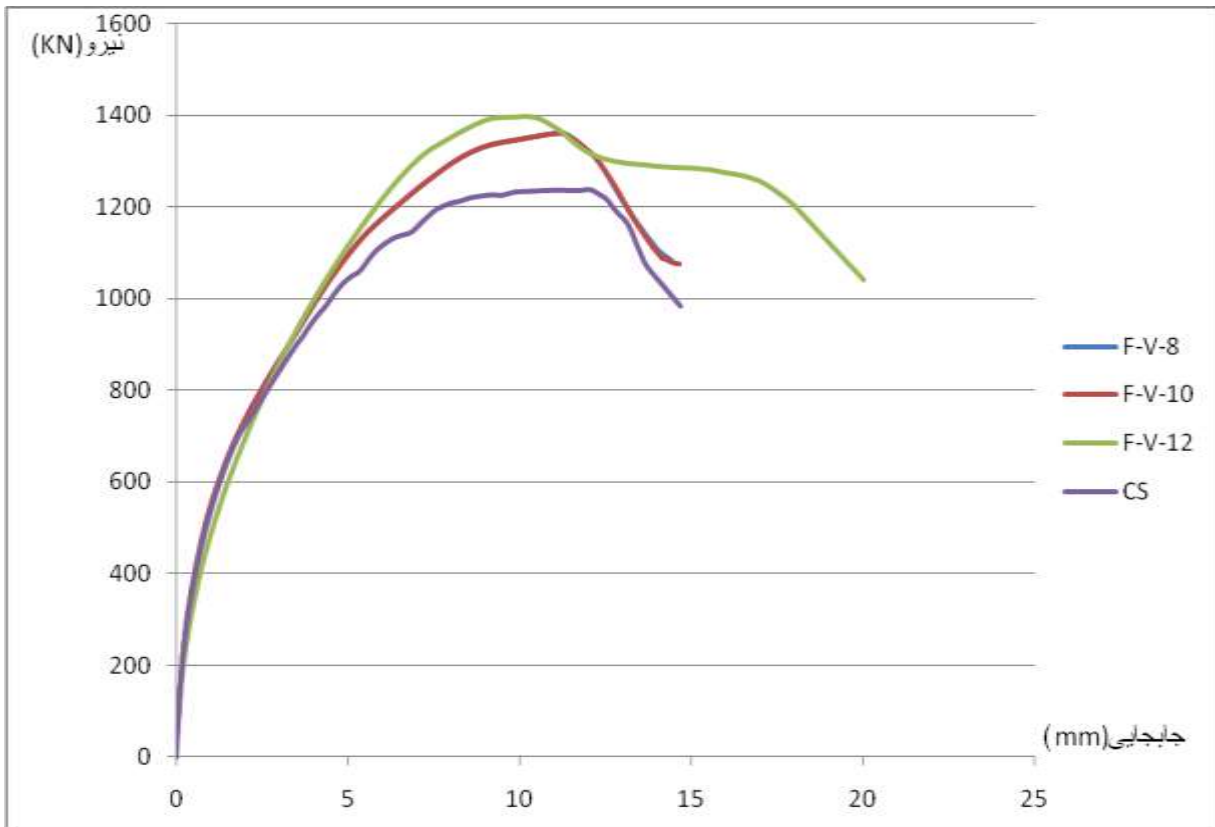


شکل (۲) مقایسه نمودار آزمایشگاهی و نمونه شاهد

همانطور که از شکل (۲) مشخص است نمونه آزمایشگاهی و نمونه شاهد با تقریب نسبتاً مناسبی با یکدیگر مطابقت دارند.

## معرفی نمونه‌های تحلیلی

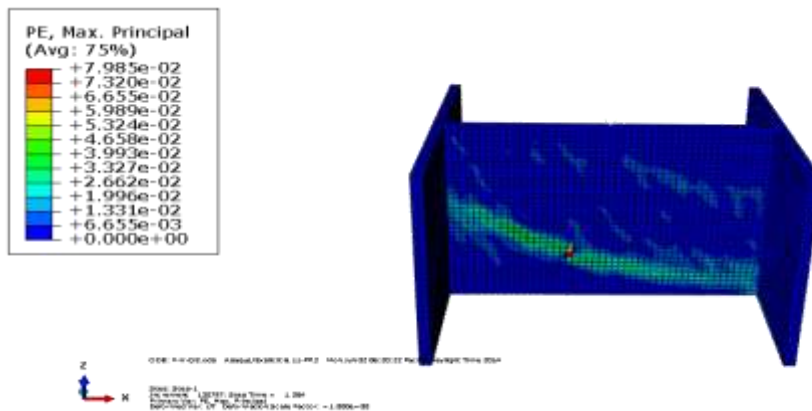
در نمونه‌های زیر تمامی مشخصات با نمونه شاهد یکسان است فقط آرماتورهای قائم در بال‌های دیوار برشی که همه دارای قطر ۷ میلی‌متر بودند به ترتیب به قطرهای ۸ و ۱۰ و ۱۲ میلی‌متر در نمونه‌های  $F-V-8$  و  $F-V-10$  و  $F-V-12$  تبدیل شده‌اند و نتایج زیر حاصل شده‌اند. در این نمونه‌ها تمامی آرماتورهای جان دیوار با نمونه شاهد یکسان می‌باشند و درصد آرماتور قائم جان دیوار در جدول (۱) آمده است.



شکل (۳) نمودارهای نیرو-جابجایی نمونه‌های  $F$

نمودارهای  $F-V-8$  و  $F-V-10$  تقریباً بر یکدیگر منطبق شده‌اند. لیکن با تغییر شماره میلگردها از شماره ۸ به شماره ۱۰ تغییر محسوسی در نمودار نیرو-جابجایی مشاهده شده است.

نتایج مربوط به نمونه  $F-V-8$

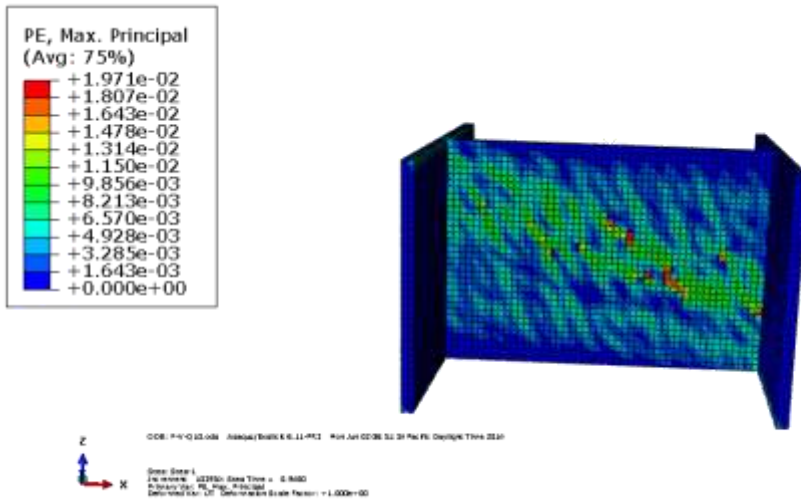


شکل (۴) کانتور کرنش

نقطه انتهایی نمودار نیرو-تغییر مکان در نمونه  $F-V-8$

در این نقطه نمونه به ۰٫۸ ظرفیت برشی حداکثر خود رسیده است. و بخش زیادی از بتن جان دیوار خرد شده است.



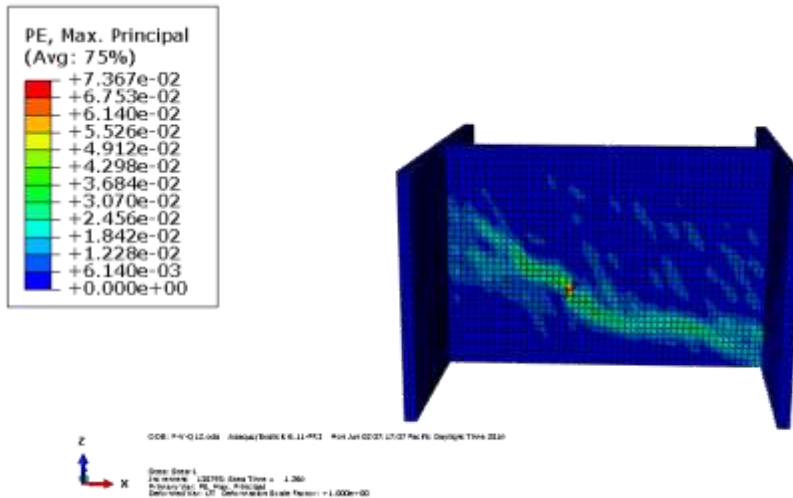


شکل (۷)

### نقطه ظرفیت برشی حداکثر در نمونه F-V-10

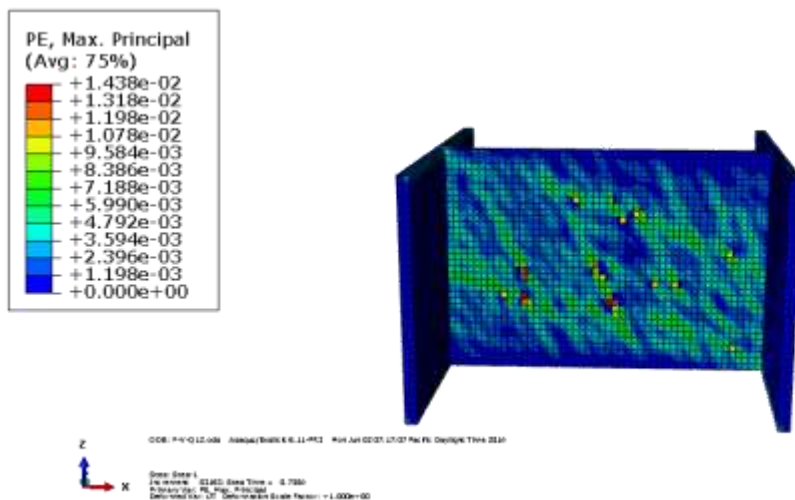
همانطوری که از خروجی‌ها مشخص است، در نقطه اوج قسمت زیادی از بتن جان دیوار برشی خرد شده است و همین مساله موجب افت مقاومت پس از این نقطه می‌گردد. در این نمونه پس از رسیدن به ظرفیت برشی حداکثر رفتار نسبتاً تردی از دیوار مشاهده شده است.

### نتایج مربوط به نمونه F-V-12



شکل (۸) کرنش نقطه انتهایی نمودار نیرو-تغییر مکان در نمونه F-V-12

در این نقطه نمونه به ۰٫۸ ظرفیت برشی حداکثر خود رسیده است. و بخش زیادی از بتن جان دیوار خرد شده است.



شکل (۹) نقطه ظرفیت برشی حداکثر در نمونه F-V-12

در نقطه اوج ترک‌ها به صورت مورب و با زاویه‌ی تقریبی ۴۵ درجه تشکیل گردیده‌اند. ترک خوردگی از گوشه‌ی پایین پای دیوار آغاز شده است و تا قسمت بالای جان ادامه یافته است. این نمونه پس از رسیدن به ظرفیت خود رفتار شکل‌پذیری نشان داده است.

جدول (۱) مقایسه نمونه‌های F با نمونه شاهد

تغییر مکان نقطه اوج (mm)	تغییر مکان نقطه نهایی (mm)	$\rho_l$ جان	$\rho_l$ بال	تغییر مکان نقطه تسلیم (mm)	مقاومت (KN)	مقاومت $\sigma_c$ (KN)	ضریب شکل پذیری	سطح زیر نمودار (KN.mm)	درصد شکل-پذیری	نمونه‌ها
۱۲,۰۴	۱۴,۶۸۶	۰,۰۰۸۲	۰,۰۰۴	۱,۷۵	۱۲۳۷,۹	۹۹۰,۳۴	۸,۳۲۲	۱۴۰۶۲,۶		CS
۱۱,۲۵	۱۴,۳۴	۰,۰۰۸۲	۰,۰۰۵	۲,۱۵	۱۳۶۰,۲	۱۰۸۸,۱	۶,۷	۱۵۲۳۱,۲	۰,۸۱۵	F-v-8
۱۱,۲۵	۱۴,۶۶	۰,۰۰۸۲	۰,۰۰۶۵	۲,۱۶	۱۳۶۰,۲	۱۰۸۸,۱	۶,۸	۱۵۴۲۲,۳	۰,۸۱۷	F-v-10
۱۰,۲۲	۲۰,۰۲	۰,۰۰۸۲	۰,۰۰۹۴	۲,۱۶	۱۳۹۷,۳	۱۱۱۷,۸	۹,۲۶	۲۲۸۷۸,۶	۱,۱۱۳	F-v-12

در نمونه‌های F-V-10 و F-V-8 پس از نقطه اوج رفتار تردی از سازه مشاهده شده است و شکل‌پذیری نسبت به نمونه شاهد (CS) کاهش یافته است. در نمونه F-V-12 رفتار سازه به لحاظ شکل‌پذیری و مقاومت نسبت به نمونه شاهد بهبود یافته است.

### نتیجه گیری

با افزایش سطح مقطع آرماتورهای قائم در بال‌های دیوار برشی به طور کلی مقاومت و شکل‌پذیری و میزان جذب انرژی افزایش یافته است. با قرارگیری میلگرد شماره ۸ بعنوان آرماتور قائم بال‌های دیوار برشی ظرفیت برشی ۱۰ درصد و میزان جذب انرژی ۸ درصد افزایش یافته است و شکل-پذیری حدود ۱۹ درصد کاهش یافته است. با قرار دادن میلگرد شماره ۱۰ بعنوان آرماتور قائم بال‌های دیوار برشی نتایج تقریباً مشابهی با حالت قبل

مشاهده شده است. با قرارگیری میلگرد شماره ۱۲ بعنوان آرماتور قائم بال‌های دیوار برشی ظرفیت برشی ۱۳ درصد و میزان جذب انرژی ۶۳ درصد و شکل‌پذیری ۱۱ درصد افزایش یافته است. بنابراین افزایش سطح مقطع آرماتورهای قائم در بال‌های دیوار برشی در افزایش میزان جذب انرژی بسیار موثر است ولی در افزایش ظرفیت برشی و شکل‌پذیری چندان موثر نیست.

## مراجع

[۱]- Palermo, D. Vecchio, F. Behavior of 3D reinforced Concrete Shear Walls. ACI structural journal. 2004.

[۲]- رجبی‌پور، زهرا؛ پایان‌نامه کارشناسی ارشد "شکل‌پذیری دیوار برشی بتن‌آرمه کوپله بالدار". دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب. استاد راهنما: دکتر فرهنگ فرحبد؛ استاد مشاور: دکتر عباس اکبرپور.