



پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

بررسی رفتار لرزه‌ای دیوارهای برشی بتن مسلح تحت اثر متغیرهای مقاومت و توزیع میلگردها

دانشجو: مهدی نظریور

استاد راهنما: دکتر عبدالرضا سروقد مقدم

سال ۱۳۹۶

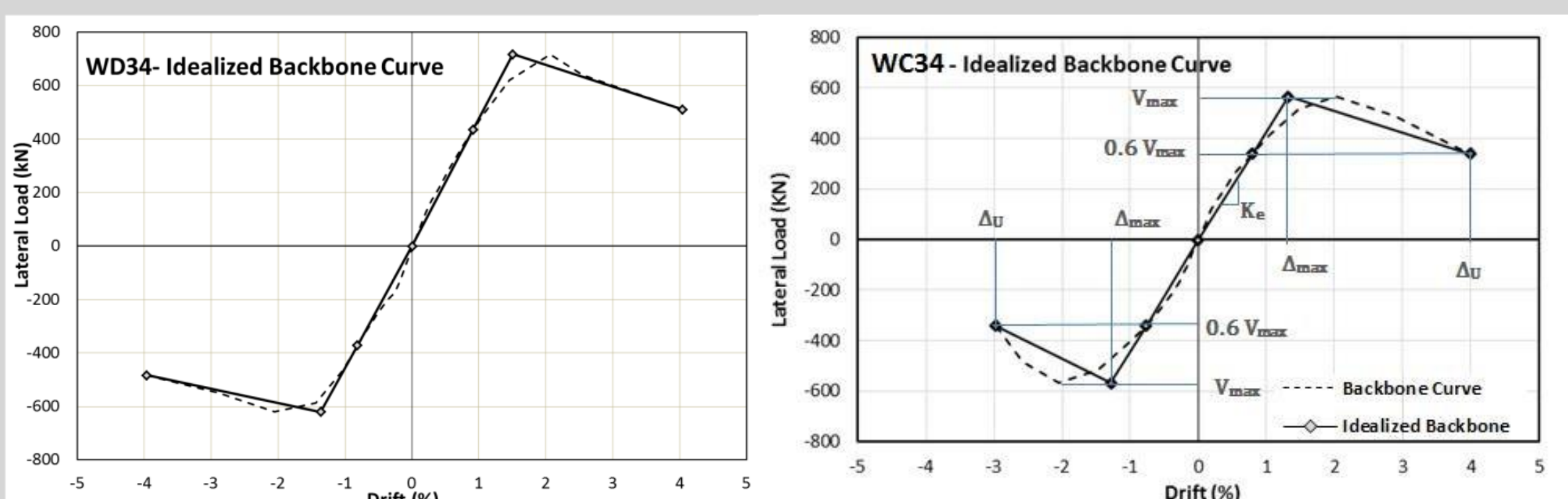
۱- مقدمه

دیوارهای برشی بتن آرمه کوتاه در ساختمان‌های با ارتفاع کوتاه و متوسط، در سازه‌های تاسیسات هسته‌ای و در پایه‌های پل شهری مورد استفاده قرار می‌گیرند. پیش‌بینی رفتار لرزه‌ای آن‌ها، ظرفیت باربری، شناخت مودهای خرابی و میزان تعمیرپذیری آن‌ها پس از زمین‌لرزه بسیار حائز اهمیت است. این دیوارها دارای نسبت بعد (نسبت ارتفاع به طول دیوار) کمتر از ۲ می‌باشند. تحقیقات گذشته نشان دادند که هرچه نسبت بعد دیوار کمتر باشد رفتار برشی غالب‌تر و هرچه نسبت بعد بیشتر شود، مود برشی غالب خواهد بود. لیکن رفتار دیوار برشی کوتاه در نسبت‌های بعد حدوداً ۵/۱ تحت اثر افزایش مقاومت فشاری بتن و میلگردهای مورب مشخص نیست. لذا هدف اولیه تحقیق پر نمودن خلا مطالعات در ادبیات فنی و آزمایشات محققین گذشته بوده است تا تحقیق در محدوده‌ای از نسبت بعد دیوارها صورت گیرد که اطلاعات آزمایشگاهی وجود نداشته است. هدف بعدی ساخت بتنی با مصالح قابل دسترس در شهر تهران که علاوه بر مقاومت بالا (تا ۷۰ مگاپاسکال)، کارایی و نرمی مناسب برای ساخت دیوار داشته باشد.

مبنای این تحقیق، مطالعات آزمایشگاهی است. سه دیوار بتن مسلح نیمه‌مقیاس، با نسبت بعد ۱/۴، مقطع مستطیلی، با امان مرزی، مطابق با ضوابط فصل یازده استاندارد ACI 318-14 طراحی و ساخته شدند. تفاوت اصلی نمونه‌های تحقیق، مقادیر مختلف مقاومت فشاری بتن و چیدمان میلگردگذاری در جان دیوار می‌باشد. پس از اینکه ساخت نمونه‌ها انجام شد، آزمایش بارگذاری چرخه‌ای رفت و برگشتی و بدون اعمال بار محوری توسط جک هیدرولیکی ۱۰۰ تن صورت گرفت. لوازم اندازه‌گیری شامل کرنش سنج بروی میلگردها، جابجایی سنج و پردازش تصویری می‌باشد.

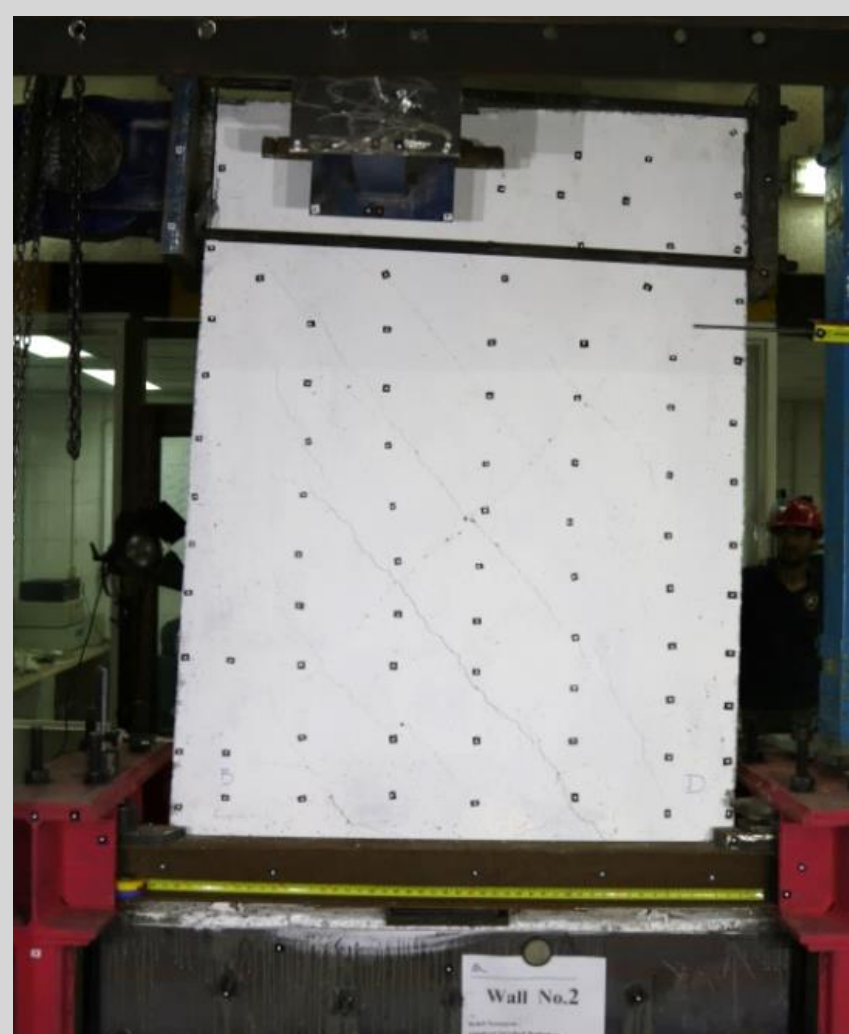
۲-۲- منحنی‌های ایده‌آل شده

از منحنی‌های پوش، منحنی‌های ایده‌آل شده دو خطی بر اساس ASCE41-17 تعیین شد. منحنی ایده‌آل برای نمونه‌ها در حقیقت همان منحنی پوش هیستریزس می‌باشد که در کارهای تحلیلی مدلسازی رفتار کاربرد دارد و برای تحلیل عددی رفتار یک سازه در برابر بارهای لرزه‌ای، مدل ایده‌آل سازه مورد نیاز است.



شکل (۸): منحنی‌های ایده‌آل شده نیرو-دریفت

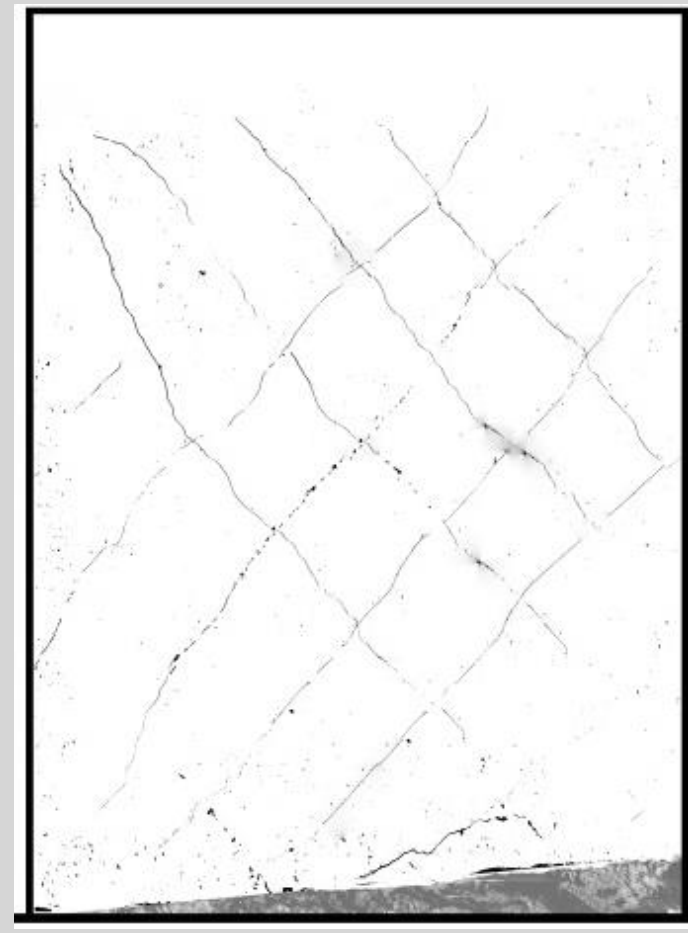
۲-۳- بررسی رفتار



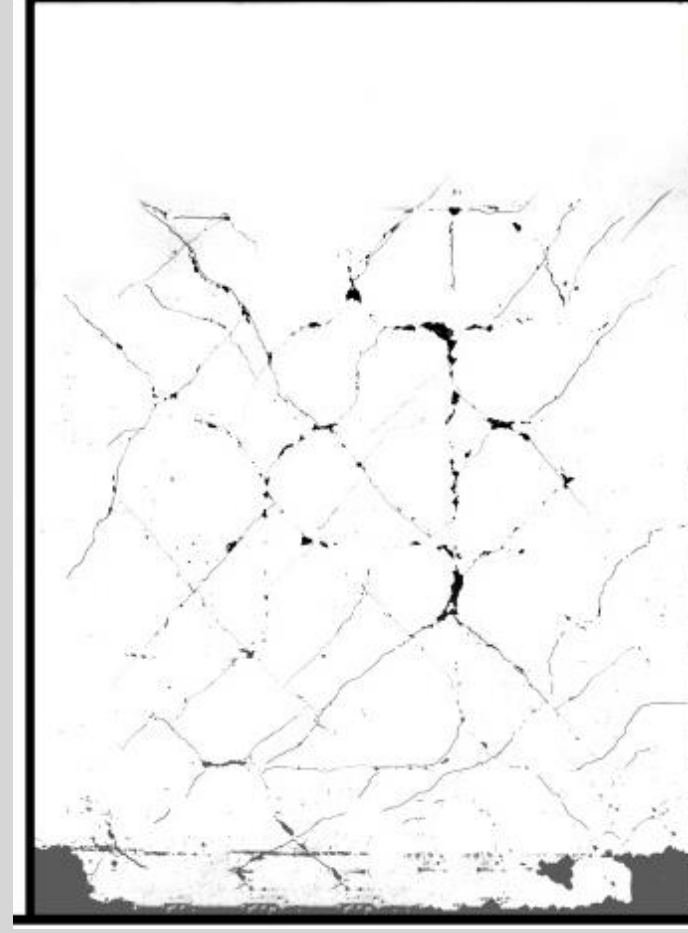
شکل (۸): وضعیت نمونه‌ها در پایان آزمایش از راست به چپ: WD70، WD34، WC34



مود رفتاری برشی دیوار WD70

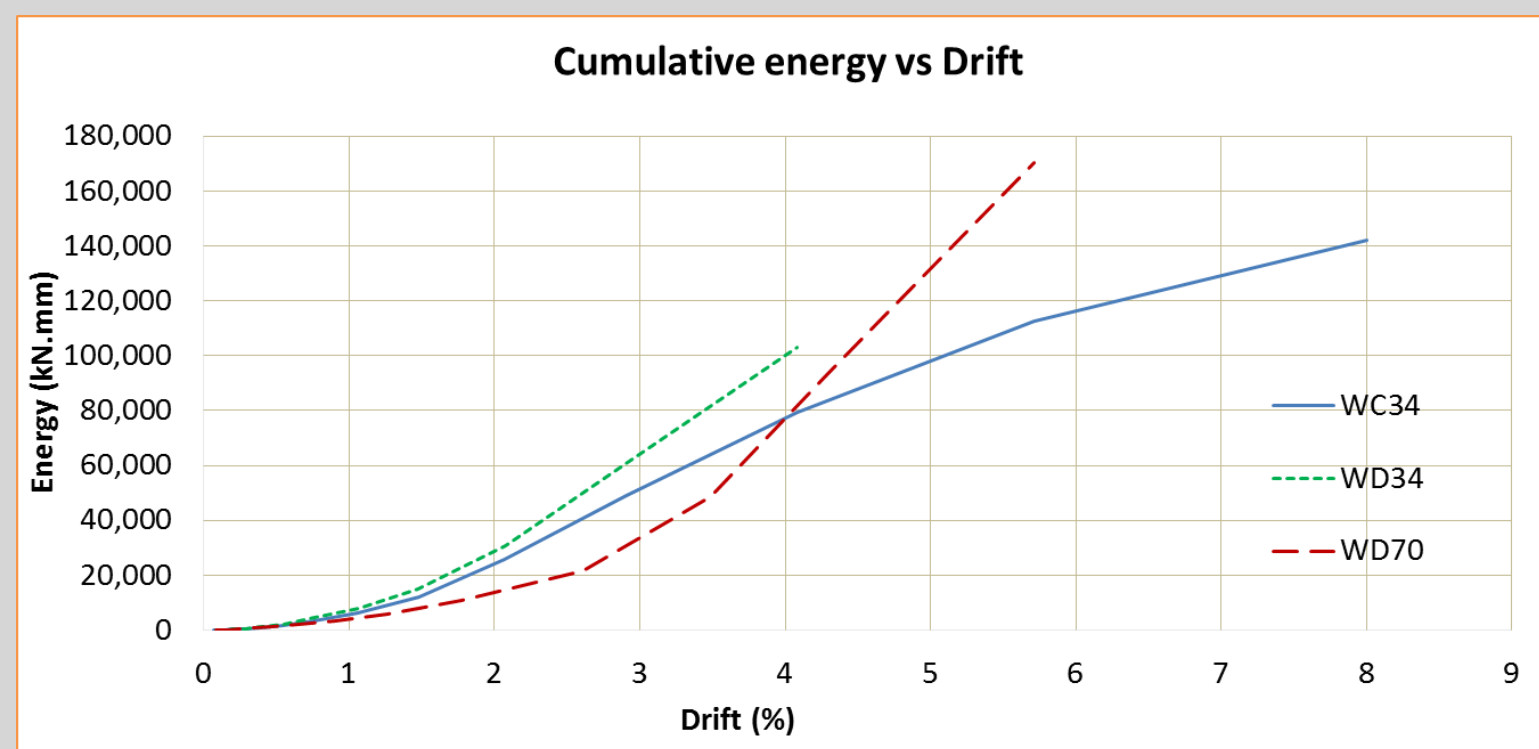


مود رفتاری خمشی-برشی دیوار WD34

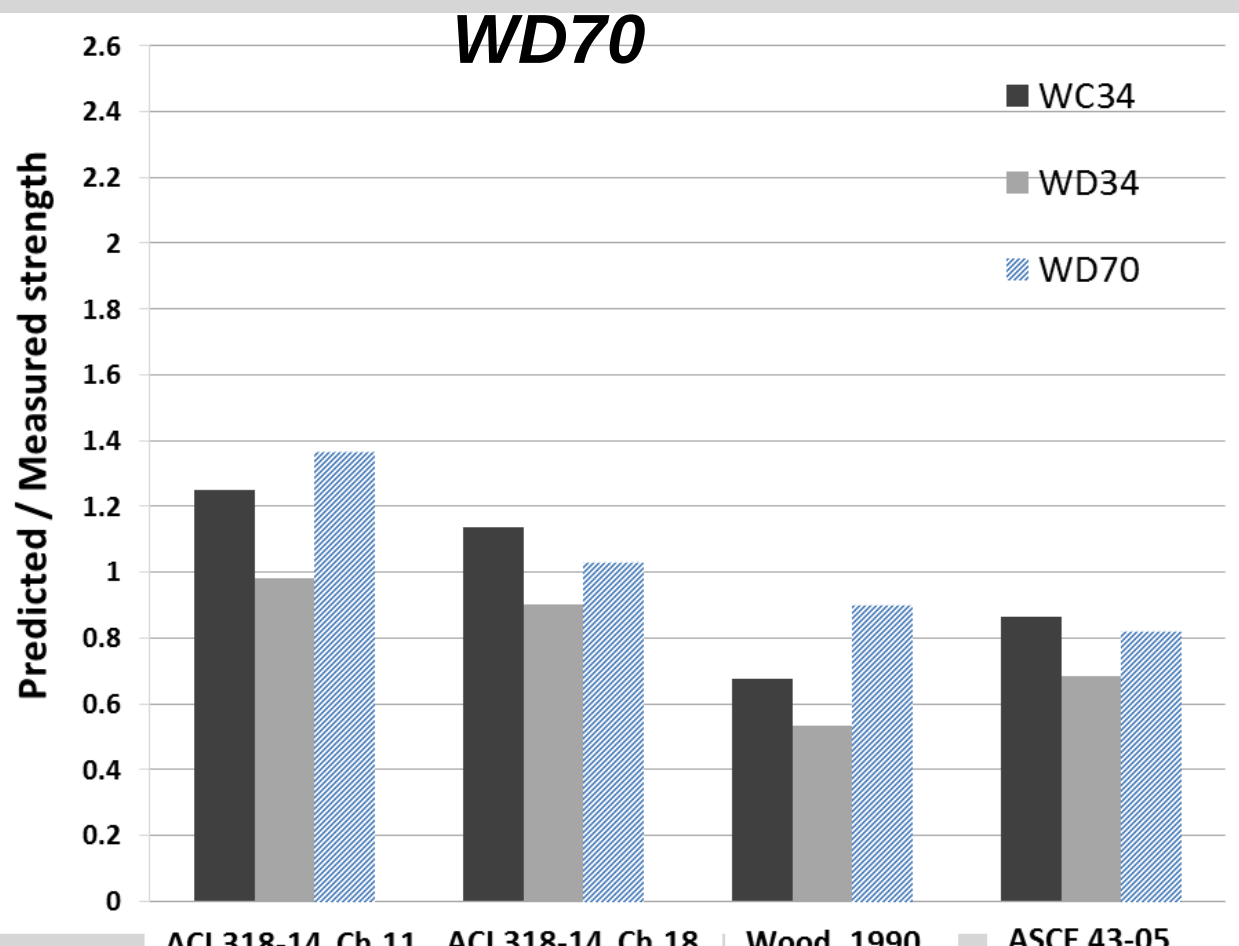


مود رفتاری خمشی-برشی دیوار WC34

شکل (۹): مودهای خرابی دیوارها و الگوی ترک خوردگی



شکل (۱۰): مقایسه ظرفیت اتلاف انرژی تجمعی بر حسب دریفت



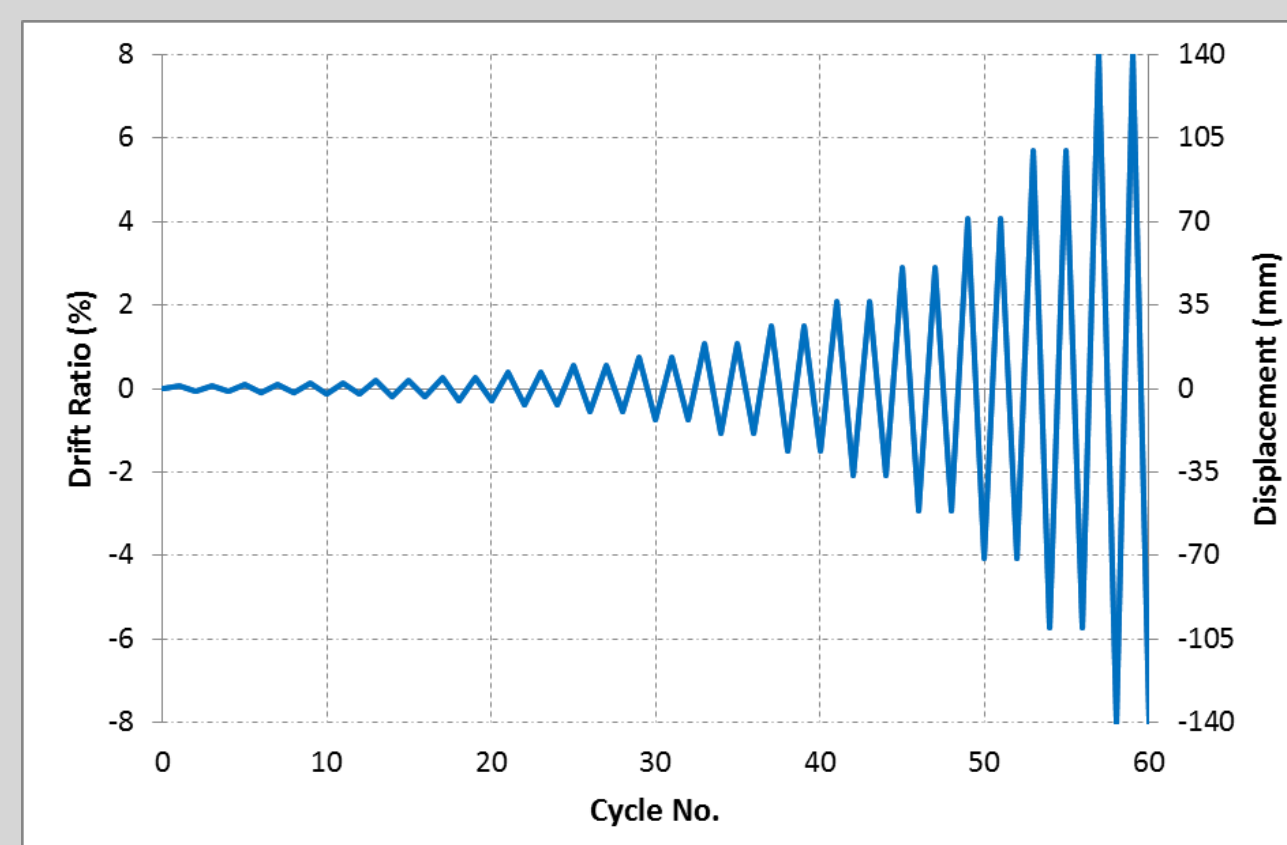
شکل (۱۱): نسبت مقاومت پیش‌بینی شده توسط مراجع مختلف بر مقاومت اندازه‌گیری شده در آزمایش

۳- نتایج

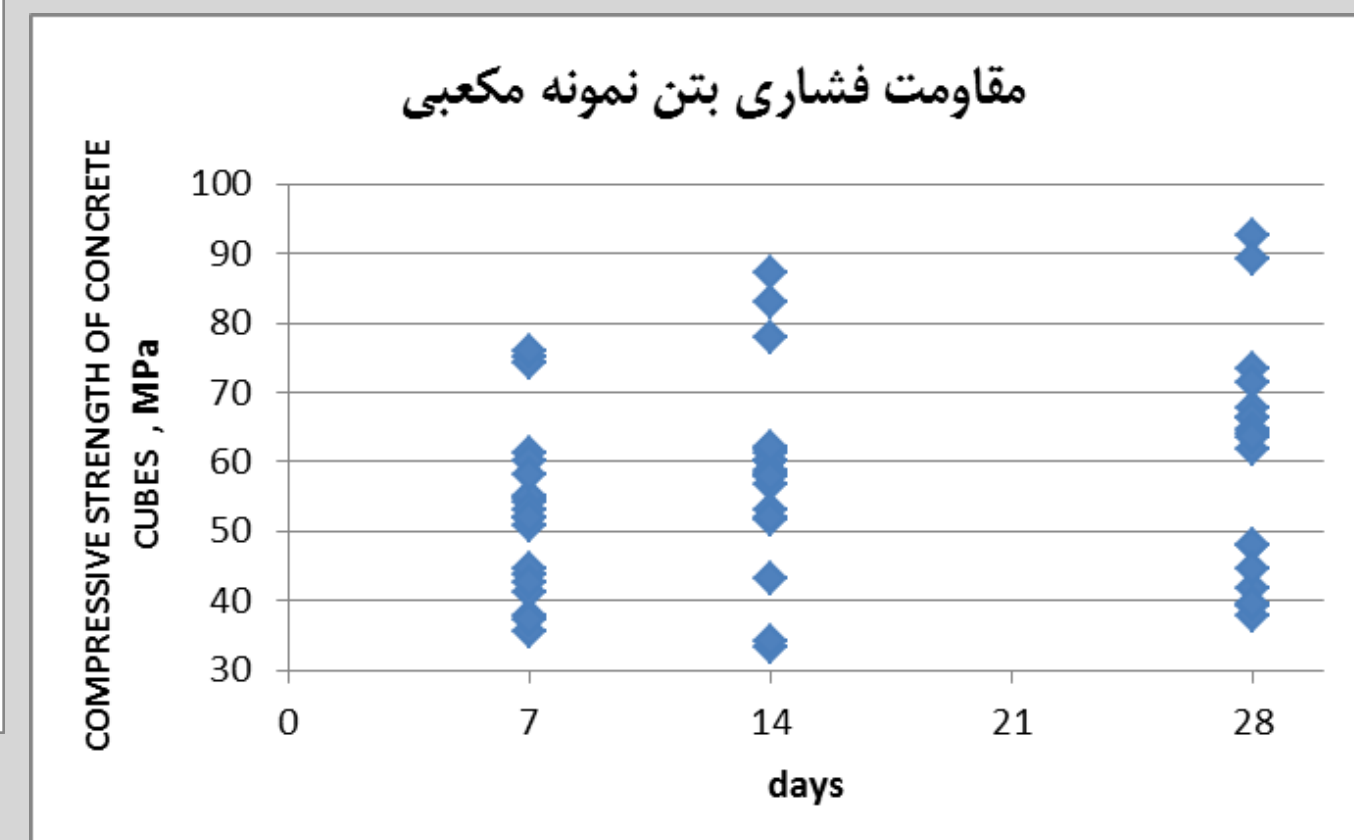
- استفاده از میلگرد مورب در جان دیوارهای برشی کوتاه از مود خرابی لغزش پای دیوار جلوگیری می‌کند. همچنین از افت زیاد مقاومت و سختی پیشگیری می‌نماید.
- خرابی ترد خردشدگی جان می‌تواند با استفاده از میلگردگذاری مورب جان پیشگیری شود و منجر به عملکرد بهتر دیوارهای این گونه نسبت به دیوارهای مرسوم گردد. همچنین مقاومت خردشدگی جان به طور مستقیم با مقاومت فشاری بتن وابسته است.
- در مجموع، چیدمان میلگردگذاری متعامد به مورب در عملکرد لرزه‌ای دیوار به مراتب تاثیرگذارتر از تغییر افزایش مقاومت فشاری بتن از ۳۴ به ۷۰ مگاپاسکال است.
- رفتار دیوارهای برشی کوتاه به شدت تحت تاثیر مقاومت فشاری بتن و میلگردهای مورب (به طور همزمان) می‌باشد. به طوریکه با قرارگیری نسبت یکسان میلگردمورب با میلگردگذاری رایج و با افزایش مقاومت فشاری بتن، ظرفیت تغییر شکل، میزان باربری و ظرفیت اتلاف انرژی دیوار افزایش قابل توجهی پیدا می‌کند.

۲- ساخت و آزمایش نمونه‌ها

نمونه	میلگردگذاری جان دیوار	مقاومت فشاری بتن دیوار (MPa)	ترتیب ساخت و انجام تست
WC34	متعامد	۳۴	ساخت همزمان با نمونه WD34
WD34	مورب ۴۵ درجه	۳۴	ساخت همزمان با نمونه WC34
WD70	مورب ۴۵ درجه	۷۰	پس از ساخت نمونه WC34 و WD34



شکل (۲): پروتکل بارگذاری



شکل (۱): منحنی پراکندگی نتایج آزمایش مقاومت فشاری

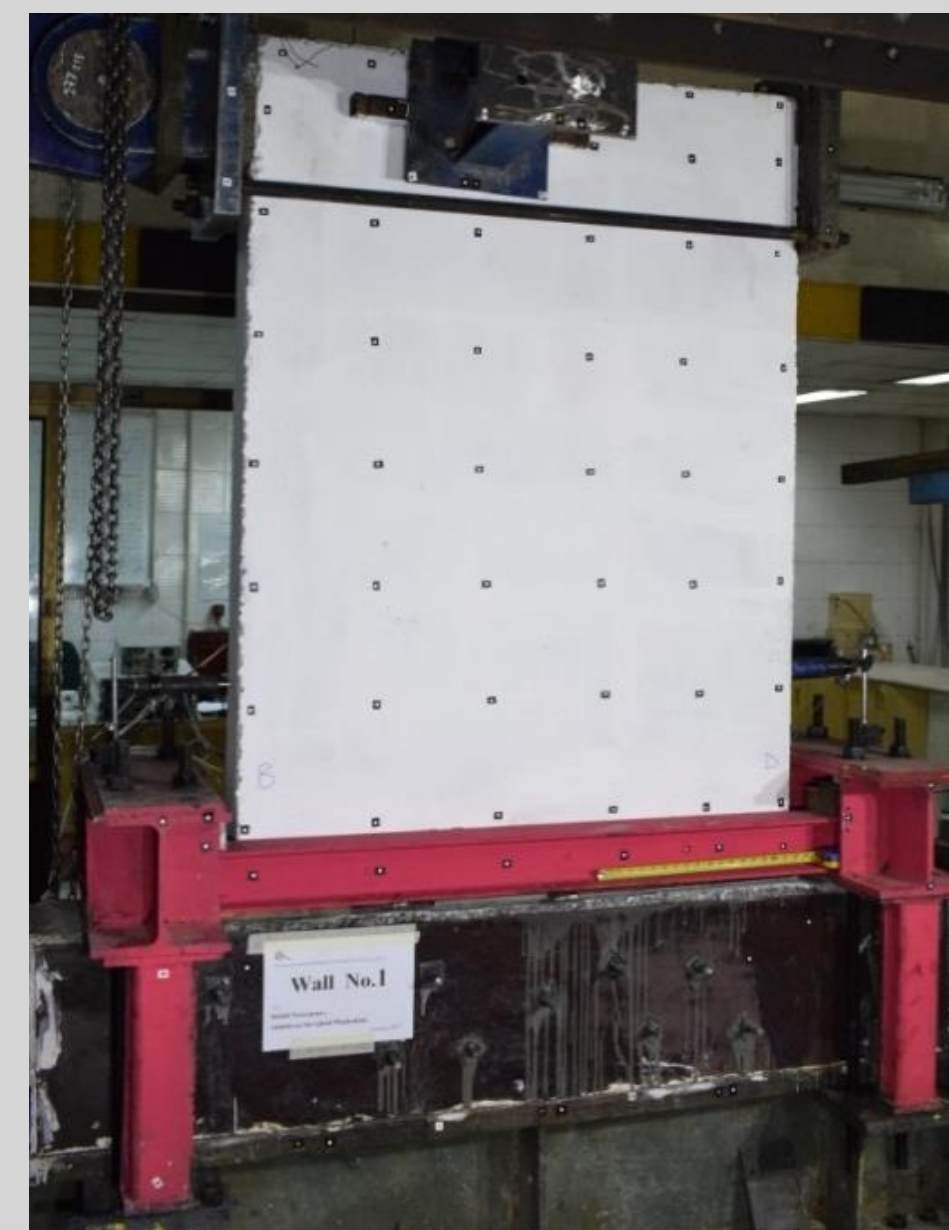
نمونه‌های مکعبی برحسب سن



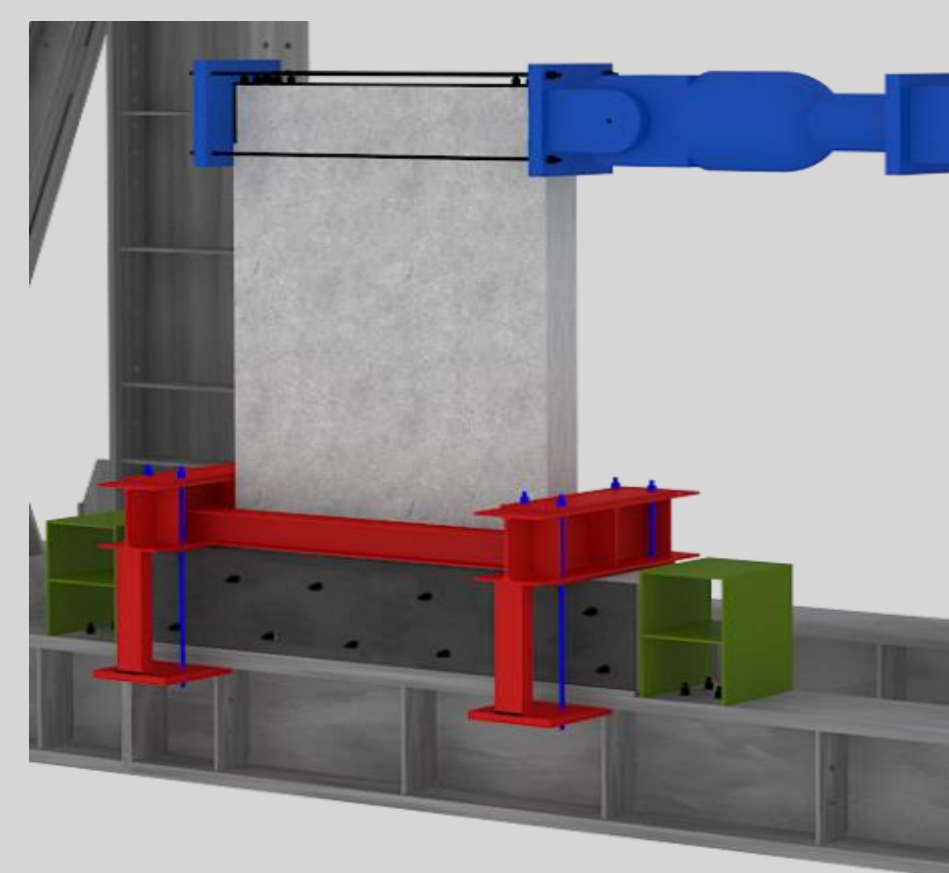
شکل (۳): تصویری از ساخت نمونه با میلگرد مورب



شکل (۵): تصویری از ساخت نمونه با میلگرد متعامد



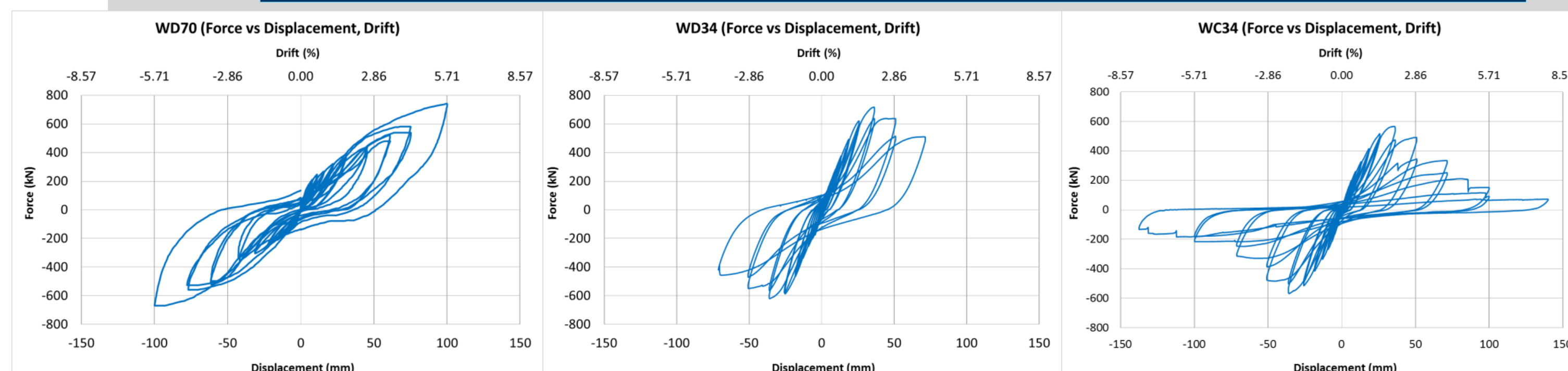
شکل (۴): تصویری از برپایش آزمایش



شکل (۶): برپایش آزمایش-شماتیک

۲- نتایج آزمایش بارگذاری چرخه‌ای رفت و برگشتی

۱-۲- منحنی‌های هیستریزس



شکل (۷): منحنی تاریخچه نیرو-تغییر مکان (هیستریزس).