

ارزیابی دوروش خرابی پلاستیسیته و میله و کش در طراحی دیوارهای برشی بازشودار

فریبرز سهرابی، کارشناس مؤسسه آموزش عالی علمی-کاربردی هلال ایران، منصور ضیایی فر، استادیار پژوهشکده مهندسی سازه پژوهشگاه

۱- چکیده

متوسط به کار رفته اند و رفتار آنها در زمین لرزه های مختلف مناسب گزارش گردیده است. به عنوان مثال، زمین لرزه ۱۹۹۵ کوبه ژاپن رفتار خوب این دیوارها را در ساختمانهای با ارتفاع متوسط و کم نشان داده است [۱]. وجود دیوارهای برشی در نمایا بخشهای داخلی ساختمان به عنوان یک عامل محدود کننده در معماری محسوب و اغلب برای رفع این مشکل بازشوهایی به صورت در یا پنجره در آن پیش بینی می شود. در چنین مواردی، طراح باید مطمئن باشد که پیوستگی خمشی سازه دیوار، حفظ و مقاومت برشی آن به نحو مناسبی تأمین می شود. نحوه قرارگیری این بازشوها در عملکرد دیوار بسیار مؤثر است و از این رو، تحلیل رفتار این گونه دیوارها دشوار می باشد [۲]. در آیین نامه های فعلی (مانند UBC و یا آیین نامه بتن ایران)، در مورد طراحی این دیوارها دستورالعمل خاصی وجود ندارد. اگر ابعاد بازشوها به نسبت ابعاد کلی دیوار کوچک باشد ممکن است بتوان از اثر بازشوها بر رفتار برشی و خمشی دیوار چشم پوشی و فقط به تعبیه میلگردهایی برای کنترل ترک در گوشه ها اکتفا کرد؛ اما اگر بازشوها بزرگ باشند احتمال دارد که به سبب وجود آنها رفتار غیرخطی تمرکز یافته در دیوار به وجود آید [۱]. در مواردی که نحوه قرارگیری بازشوها (در آسانسور) منظم است می توان

وجود بازشو در عناصر بتن مسلح فرضهای اولیه روشهای طراحی را تغییر می دهد؛ به طوری که طراحی این اعضاء به شیوه های معمول مناسب به نظر نمی رسد. از آنجایی که در دیوارهای برشی بتن مسلح به دلایل معماری اغلب لازم است بازشوهایی ایجاد شود، هدف از این تحقیق بررسی روشهای طراحی مختلف اعمال شده در دیوارهای بتنی بازشودار و ارزیابی کارایی دوروش طراحی خرابی پلاستیسیته و میله و کش در دیوارهای مورد بحث است. به منظور انجام این بررسی، دیوارهای بازشوداری که محققین دیگر بر روی آنها آزمایشهای عملی انجام داده اند، به دوروش مذکور طراحی شده اند. نتایج به دست آمده بیانگر کارایی مناسب این دوروش به عنوان روشهای عملی طراحی است. علاوه بر آن، مزایا و معایب روشهای مذکور مطرح و مورد بحث قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: طراحی دیوار برشی بتنی بازشودار، خرابی پلاستیسیته، میله و کش

۲- مقدمه

دیوارهای برشی مدتهای مدیدی برای تأمین مقاومت در برابر بارهای باد و زمین لرزه در ساختمانهای با ارتفاع کم و

از روشهای طراحی مرسوم در دیوارهای برشی جفت (Coupled Shear Wall) استفاده کرد. در این دیوارها می توان فرض کرد که لنگر وارد به دیوار به وسیله ترکیبی از دولنگر موضعی در دو قسمت دیوار و لنگر خمشی ناشی از نیروهای محوری دیوار تحمل می گردد. در سایر موارد و در مواردی که نتوان رفتار دیوار را با دیوارهای برشی جفت مشابه سازی نمود، مسأله طراحی دیوارها با مشکل روبرو می شود. در این تحقیق، روشهای طراحی متناسب برای این گونه دیوارها مطرح و مورد بحث قرار گرفته است.

۳- روشهای طراحی دیوار بازشودار

استفاده از دیوارهای برشی جفت با تیر همبند همواره به عنوان روشی برای ایجاد بازشو در دیوارها مطرح بوده است. به دلیل تفاوت اساسی در رفتار دیوارهای کناری و تیرهای همبند، استفاده از روشهای معمول در طراحی دیوارهای برشی جفت دقت لازم را ندارد. علاوه بر تغییرشکلهای خمشی قسمتهای مختلف دیوارهای برشی جفت، نیروها و تغییرشکلهای محوری دیوار و تغییرشکل برشی تیرهای همبند باید در مدلسازی در نظر گرفته شوند [۲]. رفتار سازه ای این دیوارها، تا حد زیادی تحت تأثیر رفتار تیرهای همبند قرار دارد [۴]. روشهای تحلیل مناسب برای تیرهای همبند در مراجع متعددی ذکر شده است. به عنوان مثال، در یکی از روشهای دقیق برای طراحی تیرهای همبند، آنها به صورت لایه هایی از ورقهای نازک در نظر گرفته می شوند که با این فرض، می توان تنشهای برشی و خمشی در مقاطع تیر همبند را به صورت توابعی از ارتفاع تیر بیان کرد [۳].

در رابطه با اثر بازشوهای منظم بر روی رفتار لرزه ای دیوارهای برشی دانیل و همکاران دو نمونه دیوار برشی با

مقیاس یک سوم را مورد آزمایش داده اند [۵]. یکی از این دو دیوار دارای بازشو و دیگری فاقد بازشو بوده است. با استفاده از نتایج این آزمایش ادعا شده است که طراحی دیوارهای برشی بازشودار می تواند بارعایت شریطی همانند دیوارهای برشی معمول باشد و در غیر این صورت، جایگذاری ستونهای کناری در اطراف بازشو و استفاده از میلگرد برشی قطری در تیرهای همبند نیز لازم می باشد.

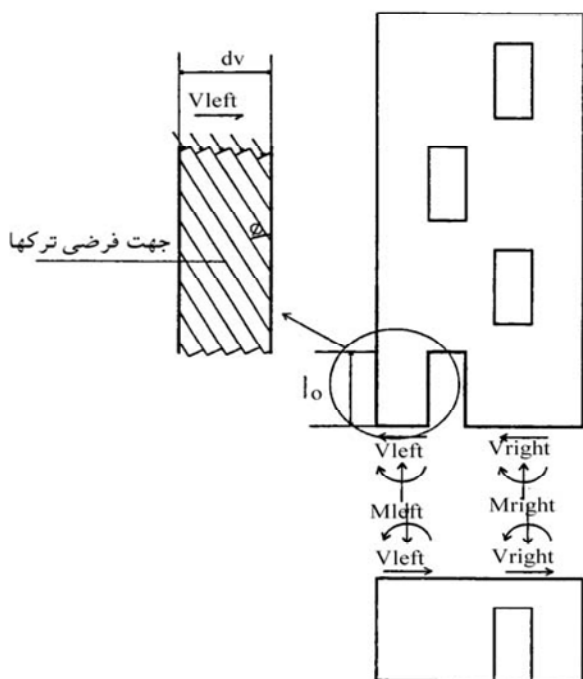
علی و ویت چهار نمونه دیوار برشی را مورد آزمایش قرار داده اند [۶]. یک نمونه از این دیوارها فاقد بازشو و سه نمونه دیگر بازشوهایی به صورت نامنظم در تراز طبقات داشته اند. روش استفاده از بازشوهای متناوب در طبقات، جایگزین مناسبی برای بازشوهای هم راستاست و سبب می گردد که رفتار دیوار برشی با دیوارهای برشی جفت متفاوت گردد. نتایج آزمایشها نشان داده است که در بین چیدمانهای مختلف بازشوها در طبقات، در صورتی که آنها به ستونهای کناری دیوار نزدیک باشند، امکان شکست برشی - فشاری دیوارها کمتر می باشد و روشهای طراحی معمول کاربرد خواهند داشت. کوان روش قاب با ستونهای عریض (Wide-Column-Frame) را در تحلیل هسته های برشی بازشودار مورد بررسی قرار داده - است. این روش به روش قاب معادل معروف است و در آن دیوار به صورت یک قاب با نواحی اتصالی صلب فرض - می شود. کوان در بررسی خود بیشتر به اثر پیچش در طراحی هسته های بتنی توجه داشته است [۷].

تایلور و همکاران [۲] نیز بررسیهای آزمایشگاهی و تحلیلی بر روی یک دیوار لاغری بتنی با یک بازشو در پایه انجام داده اند. آنها در این مطالعه از روش کنترل تغییرشکل برای انتخاب میلگرد عرضی در اعضای کناری و روش میله و کش برای انتخاب میلگرد افقی دیوار استفاده کرده اند. نتایج آزمایشها

نیروها در مقطع ترک خورده است. ویژگی مثبت این روش آن است که اثرهای ناشی از نیروها و تنشهای کششی و برشی را به طور مستقیم هم در تعیین فولادهای طولی (فولادهای خمشی) و هم در فولادهای عرضی مقاطع مدنظر قرار می دهد. این ویژگی در طراحی دیوارهای برشی که تحت اثر خمش و برش عمده در محل اتصال به زمین و ترکیبات پیچیده خمش و برش در محل بازشوها قرار دارند با اهمیت بوده و فولادگذاری مناسبتری را برای مقاطع مختلف دیوار نتیجه می دهد.

نیروهای برشی اعمال شده به اجزای بتن مسلح توسط ترکیبی از عملکرد قوسی (Arch Action) و خریایی (Truss Action) تحمل می شوند. در روش خریایی پلاستیسته در نواحی کنار بازشو می توان برش تحمل شده توسط هر قسمت با عملکرد خریایی (شکل ۱) را در مقطع ترک خورده با استفاده از رابطه (۱) به دست آورد [۱۰]:

$$V_t = bd_v \rho_v f_{yv} \cot \phi \leq \frac{1}{2} bd_v \rho_v f_c' \quad (1)$$



شکل (۱): روش خریایی پلاستیسته در کنار بازشوها

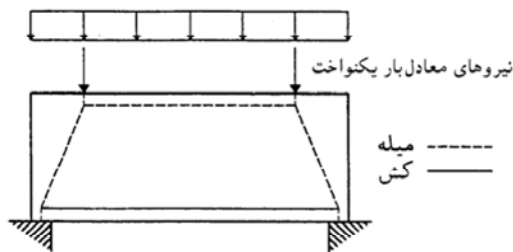
میین آن است که کاربرد این روش در طراحی دیوار به ایجاد رفتار هیسترتیک پایدار و شکل پذیری مناسب در سازه منجر شده است. روش میله و کش در اینجا به عنوان ابزار مناسبی برای طراحی نواحی ناپیوسته در عناصر بتن مسلح معرفی شده است [۲]. رهایی نیز مدلهای متعددی از دیوارهای بازشودار را بررسی و ضرایب کاهش سختی آنها را بر اساس عملکرد غیرخطی ارائه کرده است [۸].

محققان مختلفی تاکنون دیوارهای برشی بازشودار را از جنبه های مختلف بررسی کرده اند، اما اغلب روشهای طراحی این دیوارها به تکامل لازم نرسیده اند. در این میان استفاده از روشهای حد پایین پلاستیسته مانند روش میله و کش به دلیل سادگی آن ممکن است در طراحی این دیوارها راهگشا باشد. با وجود این، می توان نشان داد که طراحیهای انجام شده از این طریق ممکن است دست بالا به نظر بیایند [۲]. روشهای دقیقتری بر مبنای تئوریهایی مانند تئوری میدان فشار (Compression Field Theory) و خریایی پلاستیسته (Plasticity Truss Method) به دلیل توانایی اضافه کردن رابطه سازگاری در تغییرشکلهای نسبی (در برخی از این روشها) به روابط تعادل تنش می تواند طراحی مناسبتری در مقایسه با روش میله و کش برای این قبیل دیوارها ارائه دهند [۹]. در این رابطه، در مورد روشهای مذکور توضیح مختصری داده شده است.

۳-۱- روش خریایی پلاستیسته

خریایی پلاستیسته برخاسته از یک مدل ساده شده فیزیکی برای تحلیل نیروها در بتن ترک خورده است. این مدل در سال ۱۸۹۹ توسط ریتر، مهندس سوئسی و در سال ۱۹۰۲ توسط مورش (Mörsh)، مهندس آلمانی به طور جداگانه پیشنهاد شده است [۱۰]. در شرح این روش به اجمال می توان گفت که در مدلهای ساده شده آن مبنای اصلی تنها تعادل

فراهم نیست؛ اما می توان با استفاده از قضیه کران پایین پلاستیسیته، شکل تعادلی ساده ای را برای سازه فرض کرد و مسأله را با این روش حل نمود [۱۱]. در این خریهای فرضی، تمامی نواحی سازه با اعضای فشاری (Struts) و کششی (Compression Struts) به صورت خریامدل می شوند. این اعضا تشکیل خریایی فرضی رامی دهند. میله ها نشان دهنده میدان تنش فشاری و کشها نماینده میلگردهای کششی می باشند. البته در موارد خاص که از مقاومت کششی بتن استفاده می شود می توان کشها را در نواحی کششی بتن نیز فرض کرد. نیروهای میله های فشاری و کشها رامی توان با برقراری تعادل نیروهای وارده و نیروهای داخلی تعیین کرد. در مرحله طراحی باید وضعیت میله ها و کشها برای تحمل نیروهای داخلی مناسب و کافی باشد. بنا به پیشنهاد اشلاش و شافر می توان میله ها و کشها را در راستایی انتخاب کرد که جریان تنش های اصلی ناشی از تحلیل خمیری در آن راستا قرار دارد [۱۱]. به عنوان نمونه، مدل میله و کش در طراحی یک تیر عمیق در شکل (۲) نشان داده شده است. در این شکل خطوط نقطه چین میبین میله های فشاری و خطوط توپر نشان دهنده کشها می باشند. این روش تاکنون به طور وسیع در طراحی



شکل (۲): مدل میله و کش در تیر عمیق

سازه های بتنی مورد استفاده قرار گرفته است [۹]. ویژگی اصلی این روش آن است که مسیر خاصی به عنوان مسیر نیروهای داخلی در سیستم سازه ای انتخاب می گردد و طراحی

در رابطه (۱)، b عرض مقطع، d_v فاصله بین دو سفره میلگرد خمشی، ρ_v نسبت میلگرد برشی، f_{yv} تنش تسلیم میلگرد برشی، ϕ زاویه تمایل میله های فشاری (Compression Struts) بتنی نسبت به محور دیوار، $v f'_c$ مقاومت فشاری مؤثر بتن و v ضریب تأثیر است که از رابطه (۲) به دست می آید [۱۰]:

$$v = 0.7 - \frac{f'_c}{20} \quad (2)$$

در رابطه (۲)، f'_c مقاومت فشاری نمونه استوانه ای بتن بر حسب MPa می باشد. اعمال ضریب v به دلیل کاهش مقاومت بتن در میله های فشاری نسبت به نمونه های استوانه ای است. در کاربرد رابطه (۱)، مقدار $\cot \phi$ باید کمتر از مقادیر داده شده در رابطه های (۳ و ۴) باشد [۱۰]:

$$\cot \phi \leq 2 \quad (3)$$

$$\cot \phi \leq \sqrt{\frac{v f'_c}{\rho_v f_{yv}} - 1} \quad (4)$$

با استفاده از برش به دست آمده از رابطه (۱) می توان خمش اضافی ایجاد شده در دو قسمت سمت چپ و راست بازشورا از رابطه (۵) محاسبه کرد:

$$M_{\text{right}} = V_{\text{right}} \times l_o \quad (5)$$

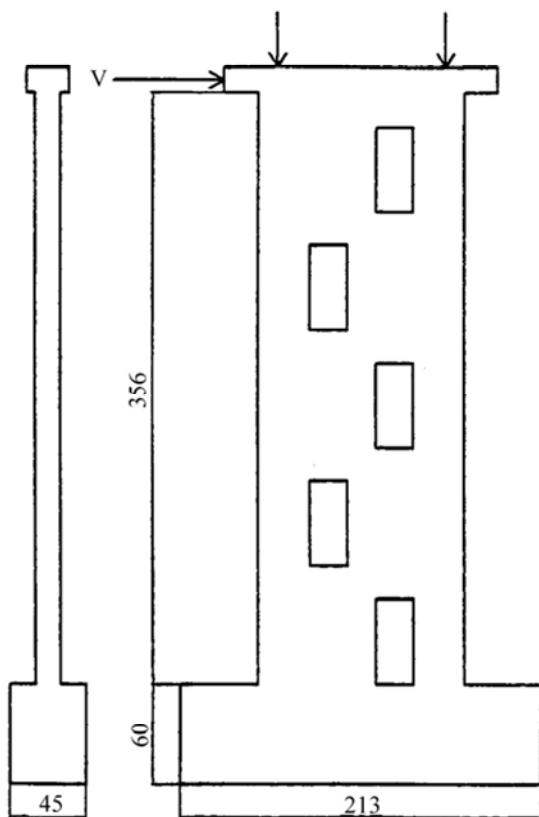
$$M_{\text{left}} = V_{\text{left}} \times l_o$$

بر اساس خمش اضافی به دست آمده و با در نظر گرفتن خمش کلی موجود در مقطع می توان میزان میلگردهای عمودی لازم در دیوار را محاسبه کرد. در نواحی بین بازشوها نیز از روش مشابهی استفاده می شود. روابط مذکور نشان می دهد که برش مقطع در تعیین فولادهای طولی به صورت مستقیم اثرگذار است و از این جنبه تعادل نیرو و تنش در نواحی متأثر از نیروهای برشی و خمشی با قرار گرفتن فولادهای اضافه به شکل مؤثرتری برقرار می گردد.

۳-۲- روش میله و کش

در برخی از سازه ها به علت پیچیده بودن میدان نیرو و تنش، امکان طراحی مناسب و ایمن سازه با روشهای معمول

دیوار اول، دیوار RW-3 [۲] است که شمای کلی و جزئیات میلگردگذاری آن در شکل (۳) نشان داده شده است. میلگردگذاری این دیوار بر اساس روش میله و کش و با فرض کنترل تغییر مکان جانبی دیوار انجام گرفته است. دیوار دوم دیوار W-3 [۶] است که در شکل (۴) نشان داده شده است. میلگردگذاری این دیوار با فرض نبودن بازشوها انجام و سپس تعدادی میلگرد تقویتی در اطراف بازشوها به آن افزوده شده که جزئیات آن در شکل (۵) نشان داده شده است. (هیچ کدام از این دو دیوار در ابعاد واقعی نیستند و برای انجام آزمایشهای تجربی مقیاس شده اند).



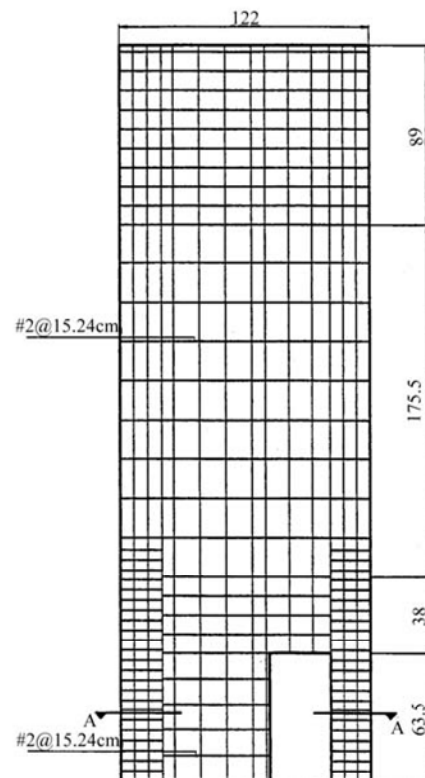
شکل (۴): ابعاد کلی نمونه دیوار W3 بر حسب سانتیمتر [۶]

در تحقیق حاضر مجدداً طراحی دو دیوار مزبور با روشهای خریای پلاستیسته و میله و کش به طور جداگانه انجام گرفته است. در این طراحی از بارگذاریهای موجود در

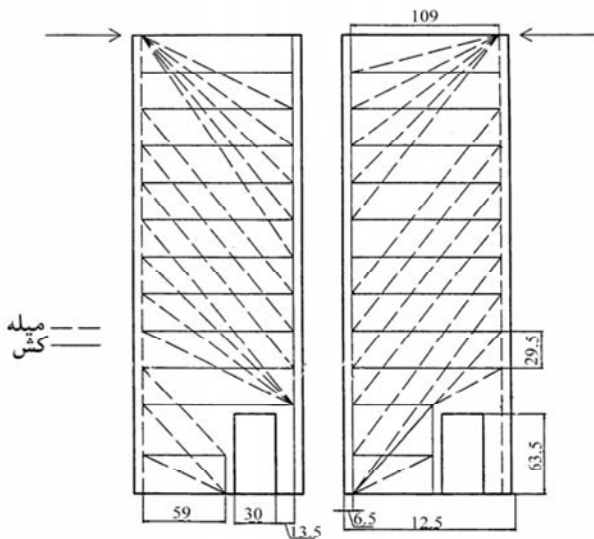
سازه بر مبنای این مسیر عبور نیروها به انجام می رسد. از آنجایی که در واقع این تنها مسیر واقعی عبور نیروهای موجود نیست، در عمل از تمام ظرفیت باربری سیستم استفاده نمی شود و اغلب مقاطع در این روش دست بالا ولی ایمن طرح می شوند [۹].

۴- طراحی دیوارهای نمونه با دوروش خریای پلاستیسته و میله و کش

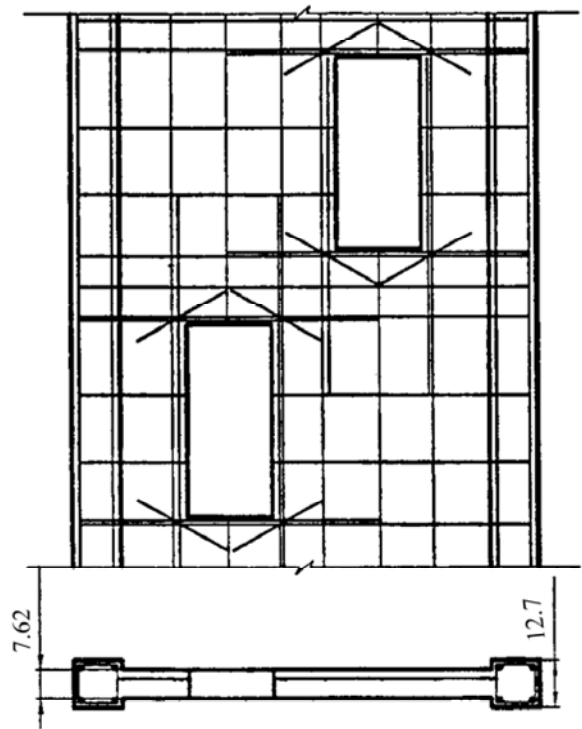
به منظور ارزیابی کارایی دوروش مورد بحث در طراحی دیوارهای برشی بازشودار، دو نمونه دیوار آزمایش شده توسط علی و ویت [۶] و تایلور و همکاران [۲]، توسط این روش طراحی شده و نتایج به دست آمده بررسی گردیده است.



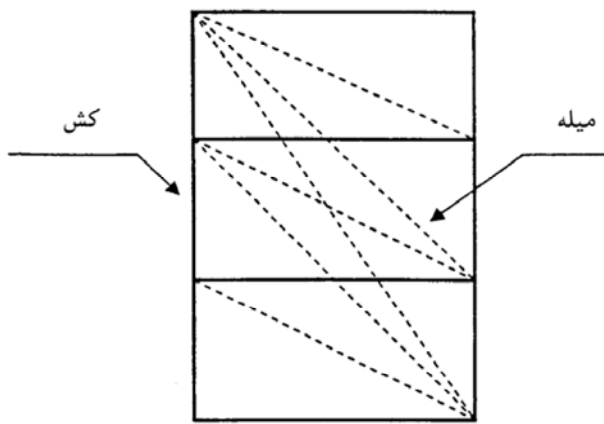
شکل (۳): دیوار RW3 [۲]



شکل (۷): مدل میله و کش انتخاب شده برای دیوار W3 بر حسب سانتیمتر [۲]

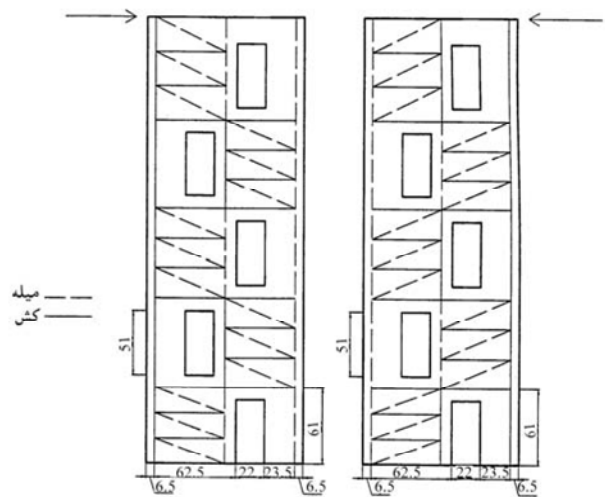


شکل (۵): میلگردگذاری اولیه دیوار W3 [۶]



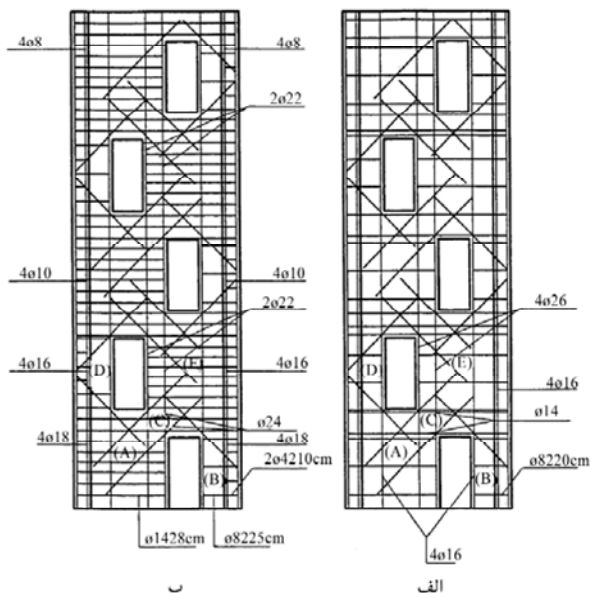
شکل (۸): مدل میله و کش اصلاح شده در کنار بازشوها [۱۲]

مدل میله و کش اصلاح شده مطابق شکل (۸) استفاده شده است و از این رو فولادگذاری انجام یافته به این طریق، با فولادگذاری اولیه متفاوت است. مدلسازی نقاط گرهی نیز به شیوه مرسوم در روش میله و کش و با الگوی نشان داده شده در شکل (۹) انجام گرفته است [۱۱ و ۱۲]. پس از طراحی و به دست آوردن سطح مقطع فولادها، دیوارهای مربوطه میلگردگذاری شده است. جزئیات این میلگردگذاری برای هر دو دیوار در شکل‌های (۱۰) و (۱۱) نشان داده شده است [۱۲].



شکل (۶): مدل میله و کش پیشنهادی برای دیوار W3 بر حسب سانتیمتر [۱۲]

مراجع اصلی استفاده شده است تا فولادگذاری به دست آمده از طراحی جدید با نمونه‌های آزمایش شده اصلی قابل مقایسه باشند. در شکل‌های (۶) و (۷) مدل میله و کش انتخاب شده در طراحی هر دو دیوار نشان داده شده است [۱۲]. لازم به ذکر است که به منظور توزیع مناسبتر برش در کناره بازشوها از



شکل (۱۱): جزئیات میلگردگذاری برای دیوار W3 (واحد طول سانتیمتر، قطر میلگردها بر حسب میلیمتر) [۱۲]

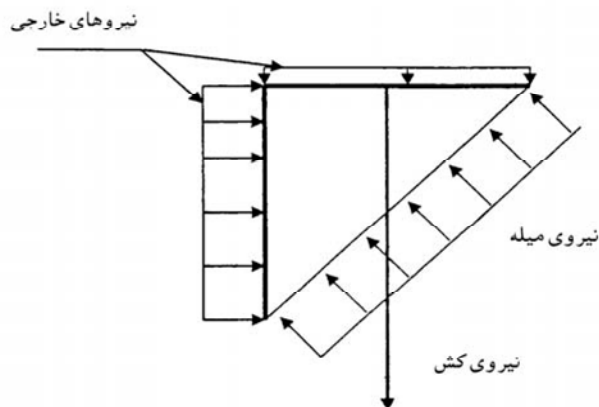
منصور [۱۰] باید بتواند ترکهای ایجاد شده در این مقاطع را کنترل کند.

در جدولهای (۱) و (۲) وضعیت میلگردگذاری این دیوارها در مقاطع مختلف به روشهای خرپای پلاستیسیته و میله کش و مقادیر میلگردگذاریهای انجام شده در طراحیهای اولیه برای انجام آزمایشهای تجربی آورده شده است [۱۲].

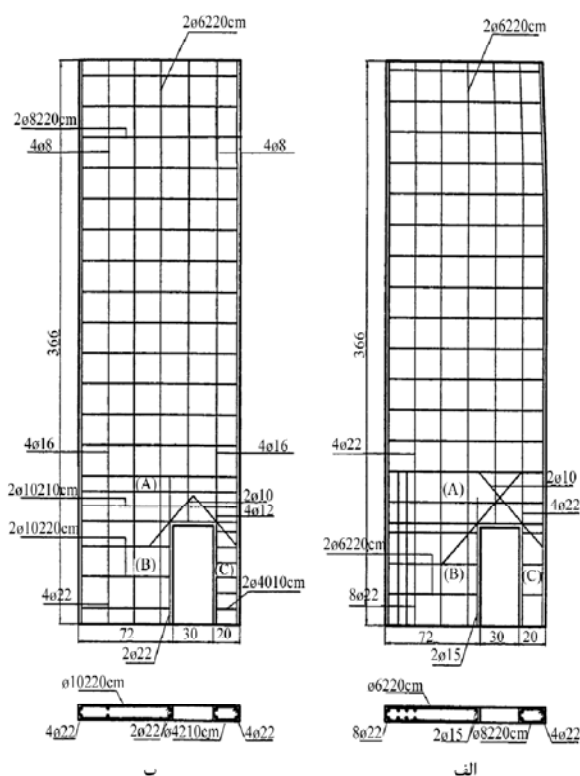
۵- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از جدولهای مربوط به طراحی دیوارها باروش خرپای پلاستیسیته و میله کش عبارتند از:

۱- در دیوار RW-3 مقادیر میلگردگذاری افقی در هر سه حالت طراحی در دو عضو کنار باز شو (B+C) تقریباً با هم برابر است. تفاوتها در هر کدام از دو عضو مربوط به سهم برش هر عضو کناری (B و C) در روشهای مختلف است. این امر نشانه این است که آرایش فولادگذاری در دیوار در هر سه حالت کاملاً متفاوت است؛ اگرچه



شکل (۹): الگوی منلسازی نقاط گرهی در روش میله و کش [۱۲]



شکل (۱۰): جزئیات میلگردگذاری برای دیوار RW3 (طول بر حسب سانتیمتر و قطر میلگردها بر حسب میلیمتر) [۱۲]

لازم به ذکر است که در طراحی این دو دیوار پس از طراحی اصلی، تعدادی میلگرد کنترل ترک در محل بازشوها به صورت قطری و عرضی اضافه شده است. این میلگردها برای تحمل برشی برابر برش موجود در همان مقطع (اضافه بر میلگردهای برشی اصلی) طراحی شده اند و بنابر پیشنهاد

جدول (۱): میلگردگذاری دیوار RW3 (cm²) [۱۲]

| قسمت | از مقاله اصلی [۷] | | روش میله و کش | | روش خریای پلاستیسیته | |
|------|-------------------|-------------|---------------|-------------|----------------------|-------------|
| | میلگرد عمودی | میلگرد افقی | میلگرد عمودی | میلگرد افقی | میلگرد عمودی | میلگرد افقی |
| A | ۳۳/۸ | ۱۰/۶۲ | ۶/۲۸ | ۴۰/۲۶ | ۶/۲۸ | ۶۲ |
| B | ۱۶/۸ | ۳/۳۱ | ۶/۲۸ | ۲۵/۰۶ | ۲/۲۶ | ۴۶/۸ |
| C | ۱۱/۳۴ | ۴/۵۲ | ۷/۶۱ | ۱۵/۲ | ۴/۰۲ | ۱۵/۲ |
| B+C | - | ۷/۸۲ | ۷/۸۹ | - | ۶/۲۸ | - |

* نامگذاری ناحیه های دیوار بر اساس شکل ۱۰ انجام گرفته است.

جدول (۲): میلگردگذاری دیوار W3 (cm²) [۱۲]

| قسمت | از مقاله اصلی [۲] | | روش میله و کش | | روش خریای پلاستیسیته | |
|------|-------------------|-------------|---------------|-------------|----------------------|-------------|
| | میلگرد عمودی | میلگرد افقی | میلگرد عمودی | میلگرد افقی | میلگرد عمودی | میلگرد افقی |
| A | ۶/۵۶ | ۰/۹۹ | ۳/۷ | ۱۷/۸ | ۲/۰۱ | ۲۶/۱۲ |
| B | ۵/۹ | ۰/۹۹ | ۷/۵ | ۱۰/۱ | ۲/۰۱ | ۱۰ |
| A+B | - | ۱/۹۸ | ۵/۲ | - | ۴/۰۲ | - |
| C | ۱۲/۴۶ | ۳/۳۱ | ۳/۴۵ | ۲۷/۹ | ۴/۰۸ | ۳۶/۱۲ |
| D | ۵/۹ | ۰/۹۹ | ۷/۵ | ۸/۱ | ۲/۰۱ | ۱۰ |
| E | ۶/۵۶ | ۰/۹۹ | ۳/۷ | ۱۵/۶ | ۲/۰۱ | ۲۶/۱۲ |
| D+E | - | ۱/۹۸ | ۵/۲ | - | ۴/۰۲ | - |

* نامگذاری ناحیه های دیوار بر اساس شکل (۱۱) انجام گرفته است.

بالا بردن دقت طراحی در فولادگذاری دیوار در هر دو روش مذکور می تواند در جهت جلوگیری از مکانیزم شکست دیده شده موثر واقع شود.

۴- روش خریای پلاستیسیته در هر دو مورد میلگردهای عمودی بیشتری را نتیجه داده است. این ویژگی از آنجا ناشی می شود که در این روش، خمشهای موضعی در اعضای مجاور باز شو در تعیین فولادهای طولی موثر واقع می شوند؛ در حالی که در روش میله و کش فقط خمش کلی دیوار در تعیین فولادهای اصلی خمشی مدنظر است. به این دلیل، مقدار میلگرد طولی با افزایش ارتفاع در روش میله و کش کمتر می شود. در روش خریای پلاستیسیته از آنجایی که خمش موضعی ناشی

سطح مقطع نهایی فولادها یکسان به دست آمده است.

۲- مقدار میلگردگذاری افقی در دیوار RW-3 در روش خریای پلاستیسیته کمتر است؛ چرا که در روش میله و کش معمولاً از تمام ظرفیت میله های فشاری استفاده نمی شود. از این رو، این روش گاهی سطح مقطع میلگردهای طولی را بیشتر از روش میله و کش نتیجه می دهد.

۳- نتیجه جالب آن است که هر دو روش خریای پلاستیسیته و میله و کش مقدار میلگرد طولی بیشتری را نسبت به طراحی اولیه در هر دو دیوار نتیجه می دهند. از آنجا که دیوار RW-3 در جریان آزمایش بر اثر شکست فشاری قسمت C تخریب شده است، می توان گفت

4. Subedi, N. K., "RC - Coupled Shear Wall Structures, I: Analysis of Coupling Beams", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 117, No. 3, 1991, pp. 667 - 693.
5. Daniel, J. I.; Shiu, K. N.; and Corley, W. G., "Openings in Earthquake - Resistant Structural Walls", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 112, No. 2, 1986, pp. 1660 - 1676.
6. Ali, A., and Wight, J. K., "RC Structural Walls with Staggered Door Openings", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, 1991, V. 117, No. 5, pp. 1514 - 1531.
7. Kwan, A. K. H., "Improved Wide Column - Frame Analogy for Shear/Core Wall Analysis", *Journal of Structural Engineering*, ASCE, V. 119, No. 2, 1993, pp. 420 - 435.

۸- رهایی، علیرضا. "بررسی عملکرد غیرخطی دیوارهای برشی با گشایش به منظور ارائه دامنه ضریب یکپارچگی"، دیسک فشرده مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی بتن، تهران، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۹.

9. Collins, P. M., and Mitchell, D., "Studies of Prestressed Concrete Beams", *PCI*, Canada, 1987, pp. 287 - 350.
10. Mansur, M. A., and Tan, K. H., "Concrete Beams with Openings, Analysis and Design", *CRC Press*, 1999, pp. 1 - 127.
11. Schlaich, J., and Schafer, K., "Design and Detailing of Structural Concrete Using Strut and Tie Models", *Journal of Structural Engineers*, V. 69, No. 6/19, 1991, 113 - 125.

۱۲- سهرابی، فریرز. "طراحی دیوارهای برشی بازشودار با عملکرد دوگانه شکل پذیری" پایان نامه کارشناسی ارشد، پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله،

۱۳۸۰.

تاریخ دریافت مقاله: ۸۲/۹/۱۵

از برش وجود دارد و روند کاهش نیروی برشی در ارتفاع کمتر از روند کاسته شدن از لنگر است، از میزان میلگردهای طولی با روند ملامتری در جهت ارتفاع کاسته می شود. علاوه بر آن، باید توجه داشت که در روش خریای پلاستیسیته به سبب در نظر گرفتن تعادل نیروی فشاری و کششی در مقطع ترک خورده اغلب در نقاطی که به طور معمول تصور می شود که به سبب کم بودن لنگر خمشی میلگردهای طولی لازم نیست مقادیری فولاد طولی به دست می آید. این ویژگی سبب می گردد که از خطاهای طراحی که بر مبنای مقطع ترک نخورده است کاسته شود.

در مجموع می توان نتیجه گرفت که هر دو روش طراحی معرفی شده روشهای موثری در رابطه با دیوارهای بازشودار می باشند و با کمک آنها، از عملکرد صحیح این گونه دیوارها اطمینان بیشتری حاصل می شود.

۸- مراجع

1. Makertich, S., and Aswad, A., "Lateral Deformation of Perforated Shear Walls for Low and Mid - Rise Buildings", *PCI Journal*, January - February, 1997, pp. 30 - 41.
2. Taylor, C. P.; Cote, P. A.; and Wallace, J. W., "Design of Slender Reinforced Concrete Walls With Openings", *ACI Structural Journal*, V. 95, No. 1, 1998, pp. 420 - 433.
3. Mac - Gregor, G., "Reinforced Concrete, Mechanics and Design", *Prentice - Hall*, New Jersey, 1997, pp. 195 - 204.