

## Seismic Behavior of Reentering Steel Shear Wall

Abdolreza Sarvghad Moghadam

Associate Professor, Structural Engineering Research Center  
moghadam@iiees.ac.ir

Behrokh Hosseini Hashemi, Soror Arjomand

Self-Centering Steel Plate Shear Walls (SC-SPSW) are a new generation of seismic resisting frames which recently introduced into structural engineering world. The primary concept of SC-SPSW is based on implementing steel plate shear walls as an energy dissipating system paired with post tensioned strands as a self-centering system in the structures. Steel plate shear walls absorb the seismic lateral load, concentrating the likely damage within themselves in order to make the main structural elements such as beam and column, remain almost undamaged and post tension strands bring the structure back to its pre earthquake position to eliminate or reduce residual drift after an earthquake. This project presents a numerical simulation of self-centering steel plate shear wall based on strip model proposed by AISC Steel Design Guide 20 and attempts to modify the method to more accurately match with experimental results. According to this study, it is found that compression resistance of shear wall strips, realistic pinching behavior and energy dissipation of bolts in post tensioned connections are key aspects to develop a reliable simulation of a self-centering frames with steel plate shear walls and neglecting either of these issues, could disturb evaluation of self-centering capability and dissipated energy in the frame. In addition, deterioration in shear wall material due to web plate tearing needs to be considered in the modeling to achieve more realistic assessment of ultimate stiffness and strength of the system upon significant seismic loads.

In addition, collapse potential, seismic performance and the impact of aspect ratio on the seismic parameters of SC-SPSWs were studied in this project. Nine archetypes selected for this study which are 5, 7 and 10 story structures with three aspect ratio of 0.8, 1.5 and 2.5 for SC-SPSW frames in order to examine the impact of aspect ratio on the SC-SPSW behavior. The results of archetypes design suggest that the SC-SPSW frames with panel aspect ratio of 1.5 have less weight in comparison with the other archetypes.

Besides, nonlinear static and incremental dynamic analysis results of the archetypes demonstrate that the seismic performance criterion of FEMA P695 could be passed in the archetypes with aspect ratio of 1.5 and the other archetypes need to be redesigned with less R-factor. It could be concluded that best aspect ratio for SC-SPSW panel is around 1.5 which results in lower structural weight and better seismic performance.

## بررسی رفتار لرزه‌ای دیوار برشی فولادی بازگشت‌پذیر

عبدالرضا سروقدمقدم

دانشیار پژوهشکده مهندسی سازه moghadam@iiees.ac.ir

بهرخ حسینی هاشمی، سرور ارجمند

با توجه به زلزله‌خیز بودن ایران، نیاز به استفاده از روش‌های نوین جهت ساخت سازه‌های لرزه‌ای مقاوم قابل ترمیم، جهت پیشگیری و یا کاهش هزینه‌های جانی و اقتصادی رو به افزایش است. در این راستا، بررسی و توسعه سیستم‌های لرزه‌ای جدید با قابلیت استهلاک انرژی و بازگشت‌پذیری، مورد توجه ویژه پژوهشگران سازه قرار گرفته است. در سازه‌های مجهز به سیستم لرزه‌ای بازگشت‌پذیر، ترکیب مستهلک‌کننده لرزه‌ای با سازوکارهای بازگرداننده، در کاهش خسارات و بالا بردن امکان تعمیرپذیری سازه پس از زلزله، نقش مؤثری ایفا میکند. در پژوهش حاضر، رفتار لرزه‌ای قابهای فولادی مجهز به دیوار برشی فولادی و اتصالات بازگرداننده مورد بررسی قرار گرفته است. در این قابها اتصالات صلب خمشی با اتصالات پس‌تنیده کابلی جایگزین شده‌اند. سختی بازگرداننده این اتصالات پس از اتمام زلزله، باعث بازگشت سازه به موقعیت اولیه می‌شود. نقش اصلی مقابله در برابر نیروهای جانبی در این قابها بر عهده دیوارهای برشی فولادی است که با تشکیل میدان‌های کششی، نیروی لرزه‌ای وارد به سازه را مستهلک می‌کنند. در این تحقیق، ابتدا مکانیک رفتار این سیستم دیوار برشی فولادی بازگشت‌پذیر مورد مطالعه قرار گرفته و روابط نیرویی و روش طراحی آن استخراج شده است. گفتنی است در روش طراحی میزان نیروی پس‌تنیدگی اولیه به گونه‌ای تنظیم می‌شود که تحت نیروهای گرانشی و باد، اتصالات پس‌تنیده رفتاری مشابه با اتصالات صلب داشته باشند و در حین اعمال نیروی لرزه‌ای با ایجاد بازشدگی میان تیر و ستون در عین تأمین لنگر اضافه برای مقابله با نیروی لرزه‌ای، سختی بازگرداننده اتصال را فراهم کرده و از تشکیل مفاصل پلاستیک در تیر جلوگیری کنند. مدل‌سازی قابهای بازگشت‌پذیر با دیوار برشی در نرم‌افزار اپن‌سیز شده انجام شده و صحت مدل بر اساس نتایج آزمایشگاهی، راستی‌آزمایی شده است. در این راستا، مقاومت فشاری و همچنین رفتار پینچینگ اصلاح شده برای دیوارهای برشی فولادی منظور شده است. برای ارزیابی پارامترهای لرزه‌ای سیستم دیوار برشی فولادی بازگشت‌پذیر، سه سازه ۵، ۷ و ۱۰ طبقه که هر یک دارای سه ضریب منطری ۰/۸، ۱/۵ و ۲ هستند به عنوان سازه‌های نمونه طراحی شده و تحت تحلیل دینامیکی افزاینده قرار گرفته‌اند. بررسی این تحلیل، منجر به شناسایی و پیشنهاد ضریب رفتار ۷، برای طراحی سیستم دیوار برشی بازگشت‌پذیر با قابهایی با ضریب منطری در حدود ۱/۵، شده است که می‌تواند به عنوان معیاری برای ارزیابی رفتار لرزه‌ای این سازه‌ها مد نظر قرار گیرد.

ضمناً، تحلیل تاریخچه زمانی انجام شده بر روی سازه‌های نمونه دو سطح لرزه‌ای طراحی و ماکزیمم زلزله محتمل، ارتقای عملکرد لرزه‌ای سیستم دیوار برشی بازگشت‌پذیر را نسبت به سطح عملکرد ارائه شده در آیین‌نامه‌های لرزه‌ای، تأیید می‌کند. در سطح لرزه‌ای طراحی، اعضای اصلی تیر و ستون و کابلهای پس‌تنیده به صورت الاستیک عمل کرده و

**Keywords:** Ductility, Nonlinear Model, Self-centering steel shear wall, Repairable system

بازگشت پذیری سازه پس از اتمام زلزله تا حدود زیادی محقق می شود. در سطح ماکزیمم زلزله محتمل، کابل ها در محدوده الاستیک باقی می ماند؛ اما مفاصل پلاستیک در بعضی از اعضای اصلی ایجاد شده و مقداری تغییر شکل ماندگار پس از حذف نیروی جانبی در سازه وجود می آید. به صورت کلی، رفتار لرزه ای قاب های فولادی مجهز به دیوار برشی فولادی و اتصالات بازگشت پذیر در کاهش خسارات لرزه ای، مناسب ارزیابی شده است و به کار بردن آن در سازه هایی که برای عملکرد لرزه ای ارتقاء یافته است، هدف گذاری شده، و از نگاه هزینه فایده موجه هستند.

**واژه های کلیدی:** شکل پذیری، مدل غیر خطی، دیوار برشی فولادی برگشت پذیر، سیستم تعمیر پذیر

