



ارائه شده توسط:

سایت ترجمه فا

مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده

از نشریات معتبر

## طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد دیوار برشی فولادی

### چکیده

آیین نامه های موجود و روش های طراحی برای دیوار برشی فولادی (SPSW) موفق به استفاده از ظرفیت حد مطلوب و شکل پذیری عالی دیوار برشی فولادی نشدند، زیرا این روش ها تغییر مکان غیر الاستیک و شکل پذیری مورد نیاز در طراحی هدف را در نظر نمی گیرند. روش طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد برای سیستم SPSW با اتصال تیر به ستون صلب با شکل پذیری ویژه و مکانیسم تسلیم ترجیحی مورد نیاز به عنوان عملکرد هدف در این روش مطرح شد. اثر بخشی روش پیشنهادی در دستیابی به این اهداف از طریق مطالعات موردی نمونه از سیستم های SPSW چهار و هشت طبقه برای طراحی های متنوع نشان داده شده است. مقایسه همین طراحی با روش AISC سابق نشان می دهد که روش ارائه شده عملکرد بهتری در رسیدن به هدف های عملکردی دارد. روش ارائه شده هر جا که لازم بود با اثرات  $P-\Delta$  اصلاح شده است. این روش اصلاح شده زمانی که اثرات  $P-\Delta$  قابل توجه است موثرتر از روش اصلی است.

### مقررات طرح های موجود برای دیوارهای برشی فولادی

طی سال های 1980 و 1990 تحقیقات قابل توجهی به صورت تحلیلی و آزمایشگاهی روی رفتار پس از کمانش سیستم دیوار برشی فولادی بدون سخت کننده (SPSW) انجام شد. این تحقیقات در ابتدا در دانشگاه های کانادا و آمریکا انجام شد (برای مثال [2-6]) که منجر به ادغام مشخصات طراحی سیستم SPSW در آیین نامه ها و استانداردها شد. در سال 1994 در استاندارد طراحی فولادی آمریکا [7] مقررات طراحی برای SPSW تنها به عنوان ضمیمه آیین نامه طراحی اصلی بود. در استاندارد 2001 کانادا [8] بند اجباری برای طراحی دیوار برشی فولادی قرار داده شده است. این استاندارد برای دو حالت شکل پذیری کم و شکل پذیری زیاد دیوار برشی فولادی مقررات دارد. برای SPSW با شکل پذیری کم نیاز به اتصال ویژه تیر به ستون نیست و ضریب رفتار برای این حالت برابر 2 در نظر گرفته می شود. برای SPSW با شکل پذیری زیاد برای اتصال تیر به ستون از سیستم قاب خمشی استفاده می شود و ضریب رفتار

برابر 5 در نظر گرفته می شود. بدین ترتیب این آیین نامه برای اطمینان از شکست شکل پذیر، روش طراحی ظرفیت غیر مستقیم را پیشنهاد می کند. در این روش ضریب B (نسبت مقاومت برشی دیوار برشی فولادی با ضخامت مورد نظر به نیروی جانبی ضریبدار در پایه دیوار برشی فولادی) برای بزرگنمایی نیروی محوری و لنگر خمشی ستون بدست آمده از تحلیل الاستیک استفاده می شود. این ضریب بزرگنمایی برای ستونی که نیرو و لنگر آن از تحلیل غیر خطی پوش آور بدست آمده استف لازم نیست.

تحقیقات بیشتر در مورد سیستم های SPSW در دهه گذشته، به ویژه تحلیل و طراحی روش های پلاستیکی برای SPSW [9] منجر به تدوین مقررات جدید در مقررات زلزله آیین نامه AISC و آیین نامه کانادا CAN/CSA S16 شد [8.12].

مشخصات SPSW در AISC در حالت حد فروپاشی براساس روش ضریب بار و مقاومت (LRFD) می باشد. مفهوم طراحی ظرفیت در این استاندارد گنجانیده شده است. برای مثال تمام گوشه ها و مرزالمان ها (مرزهای افقی المان ها / HBE و مرزهای قائم المان ها / VBE) برای ماکزیمم نیرویی که باعث تسلیم کامل ورق پر کننده می شود، طراحی می شود. این مقررات یک مکانیسم شکست ترجیحی مانند معیار تیر ضعیف - ستون قوی و این که مفاصل پلاستیک تنها در انتهای HBE تشکیل شوند، را نشان می دهد. اخیرا راهنمای AISC 20 برای SPSW [13] با مقررات زلزله AISC برای کامل کردن روش های طراحی توسعه یافت. که شامل مراحل گام به گام طراحی برای دو نوع دیوار برشی فولادی :

SPSW با شکل پذیری بالا ( $R=7$ ) برای مناطق با لرزه خیزی بالا

SPSW با شکل پذیری کم ( $R=3$ ) برای مناطق با لرزه خیزی کم

این راهنما مطابق با استاندارد ASCE-05 موجود برای تعیین مینیمم بار ساختمان ها [14]،

ANSI/AISC 360-05 برای سازه های فولادی [15] و مقررات زلزله AISC 2005 [10] توسعه یافت. اگرچه ظرفیت طراحی المان در استاندارد طراحی فولادی اخیر کانادا و آمریکا گنجانده شد وقتی از دیدگاه طراحی بر اساس عملکرد لرزه ای (PBSD) قرار می گیرند دارای محدودیت هایی است.

1. با این آیین نامه ظرفیت قابل توجه تغییر شکل غیر الاستیک سیستم SPSW به طور کامل استفاده نمی شود، به عنوان طراحی در درجه اول طراحی بر اساس نیرو- مقاومت الاستیک که برای رسیدن به رفتار غیر الاستیک از یک ضریب اصلاح پاسخ، R، استفاده می شود.

2. این راهنما ها مختص یک مکانیسم مطلوب است ولی معادلات طراحی خاص برای رسیدن به این عملکرد مطلوب [16] را به خصوص در VBE و HBE در سیستم SPSW نمی دهد.

3. این استانداردها طراحی گزینه هایی برای انتخاب مکانیسم شکست سازه های SPSW را فراهم نمی کند.

در سالیان اخیر Berman و Bruneau [17] روش منطقی دقیق و نسبتاً مؤثر در طراحی ظرفیت ستون های SPSW (VBE) را پیشنهاد دادند. روش ها ترکیبی از مدل الاستیک SPSW و مفاهیم تحلیل پلاستیک بود. تحقیقات مقررات طراحی ظرفیت در تیرهای مرزی (HBE) در سیستم SPSW را فراهم کرد. این معادلات طراحی به ویژه برای تیرهای anchor ( تیرهای سقف و کف که فقط در یک سمت دارای پانل پرکننده هستند) که دارای مکانیسم خرابی در تیر هستند مفاصل پلاستیک در دو انتها و وسط دهانه ی HBE می باشد. Vian و همکاران [19] استفاده از مقطع کاهش یافته / RBS را برای تحقق مکانیسم شکست ترجیحی طبق ضوابط لرزه ای AISC توصیه کردند.

در طول دهه گذشته، فلسفه طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد به عنوان یک طرح لرزه ای امیدوارکننده و کارآمد ظهور پیدا کرده است. PBSD صراحتاً روی رفتار غیرالاستیک سیستم سازه ای در روند طراحی تاکید دارد. PBSD بر پایه مفاهیم تحلیل و طراحی پلاستیک، طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد ( PBPD ) نامیده می شود. که اخیراً در سیستم های سازه ای مختلف از جمله قاب خمشی فولادی، قاب خمشی فولادی مهاربندی شده و . . . در دانشگاه میشیگان توسعه یافته است [22,23]. در این روش طراحی مکانیسم شکست از پیش تعیین شده و تغییر مکان هدف (بر پایه رفتار غیر الاستیک) به عنوان اهداف عملکرد در نظر گرفته شد. تحلیل اعتبار سنجی این روش نشان داد که استفاده از این روش طراحی برای سازه ها در دستیابی به عملکرد از قبل انتخاب شده بسیار مؤثر بوده است. جزییات این روش و گام به گام روش های بعد از آن توسط Goel و Chao [24] تدوین شده بود. با توجه به تغییرات تدریجی

در PBSD نسبت به روش طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد معمولی Ghosh و همکاران [25] یک روش طراحی بر پایه تغییر مکان / شکل پذیری برای سیستم دیوار برشی فولادی با تیرهای دارای مفصل در مرزها (مفصل در دو سر تیر) را پیشنهاد کردند. مشابه همین روش در دانشگاه میشیگان توسعه یافت که تغییر مکان شکل پذیر هدف و مکانیسم تسلیم از پیش تعیین شده معیار طراحی بود. از مفهوم تعادل انرژی غیرالاستیک در این روش طراحی استفاده شد. Ghosh و همکاران. این روش با طراحی SPSW 4 طبقه اتصال مفصلی تیرها تحت حرکات مختلف زمین برای نسبت های شکل پذیری مختلف اعتبار سنجی شد Gupta و همکاران [26]. Ghosh و همکاران با موفقیت روش بر پایه شکل پذیری تغییر مکان غیرالاستیک با استفاده از مقاطع گرم نورد شده موجود (برای المان های مرزی) در آمریکا [15] و هند [27] پیشنهاد دادند. اخیرا توزیع مناسب برش پایه در این روش گسترش یافت [28]. اعمال این روش برای SPSW با اتصال مفصلی تیرها در ارتفاعات مختلف موثر است.

## 2. Objective

طبق راهنمای استانداردهای آمریکا و کانادای موجود برای SPSW شکل پذیر فقط از اتصالات صلب تیر به ستون استفاده شده است. در روش طراحی لرزه ای بر اساس تغییر مکان غیرالاستیک مشابه پیشنهاد Ghosh و همکاران [25] نیاز به فرمول بندی برای سیستم SPSW با اتصالات صلب تیر به ستون می باشد. هدف اصلی کار ارائه شده در اینجا توسعه روش PBPD برای سیستم SPSW با اتصالات صلب تیر به ستون است که دارای اهداف عملکردی زیر است:

1. دستیابی به نسبت شکل پذیری تغییر مکان هدف با توجه به رفتار غیرالاستیک سیستم SPSW

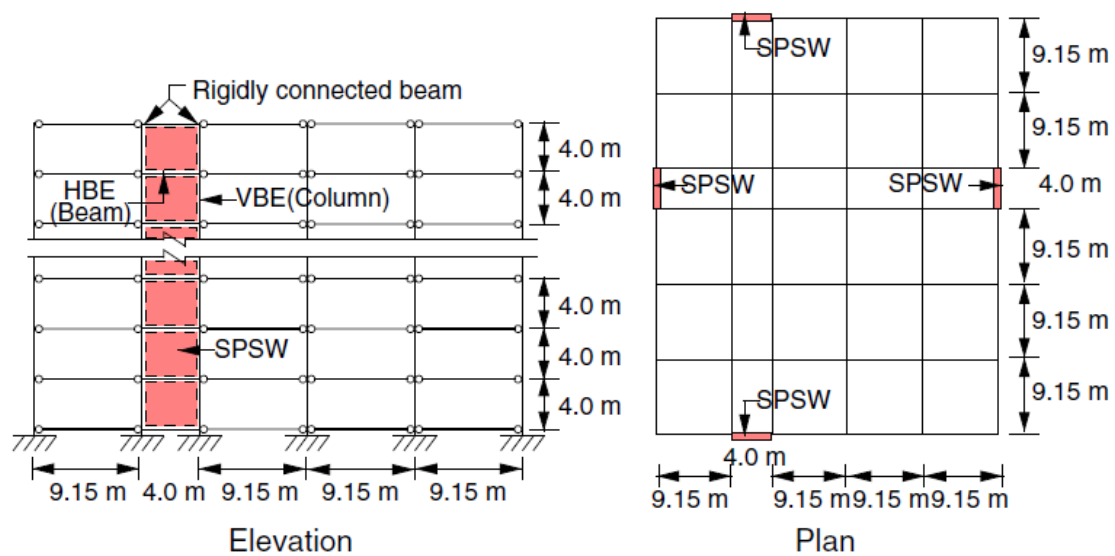
2. دستیابی به مکانیسم شکست هدف برای این رفتار غیر الاستیک

به منظور توسعه تمام عیار چارچوب PBSD در سیستم ساختاری در اینجا ذکر خواهد شد، اولین وظیفه مهم تعریف سطح عملکرد قابل قبول در یک روش کمی خاص در قسمت سازه ای و غیرسازه ای و رفتار های مولفه هاست. تمرکز این تحقیق روی محاسبات طراحی سازه ای یک بار سطح عملکرد انتخاب شده است و حدود روی مقادیر مبتنی بر جابجایی تعریف شده است. قبل از پیشنهاد روش PBPD برای سیستم SPSW بر طبق روش طراحی موجود ( بر اساس راهنمای 20 طراحی AISC) با یک نمونه طراحی مورد بررسی قرار گرفت (بخش 3). شکل 4 اصول روش

پیشنهادی PBPD برای سیستم SPSW با اتصال تیر به ستون صلب را نشان می دهد. این روش در بخش 5 با نمونه های طراحی سیستم های ساختمانی SPSW کم ارتفاع (4 طبقه) و ارتفاع متوسط (8 طبقه) برای شکل پذیری هدف مختلف با زلزله های مختلف اعتبار سنجی شد. نتایج این اعتبار سنجی در مقایسه با نمونه های طراحی شده با راهنمای AISC موجود مورد بحث قرار گرفت. اصلاح پیشنهاد PBPD برای تاثیر  $P-\Delta$  (در صورتی که برای سیستم های SPSW متوسط و بلند با تقاضای شکل پذیری، تغییر مکان زیاد غالب باشد) در بخش 6 ارائه شده است. بخش 7 بحث های قابل توجه در مورد تحقیق و مدودیت های آن را ارائه می دهد. با این حال کار ارائه شده نمی تواند روش طراحی را در یک چارچوب احتمالاتی فرمول بندی کند. که از ویژگی های مهم روش PBSW در نظر نگرفتن رفتار غیر الاستیک و آسیب در سازه هاست. در حال حاضر در حال توسعه یک چارچوب قابلیت اطمینان در روش طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد هستیم که در آینده گزارش خواهد شد.

#### طراحی سیستم SPSW طبق راهنمای AISC 20 و ارزیابی عملکرد آن

برای ارزیابی عملکرد لرزه ای دیوار برشی فولادی طبق ضوابط راهنمای AISC20 [13]، طراحی ساختمان 4 طبقه با دیوار برشی فولادی در نظر گرفته شده است. پیکربندی این ساختمان 4 طبقه در شکل 1 نشان داده شده است. ساختمان دارای 5 دهانه و 6 دهانه در پلان است که سیستم SPSW تنها در یک دهانه قرار دارد. به جز تیرهای دهانه دارای SPSW کلیه اتصالات تیر به ستون مفصلی است به همین دلیل تنها سیستم مقاوم در برابر بار جانبی سیستم SPSW است. وزن طبقات به جز بام 4690 KN و بام 5090 فرض شد. برای محاسبه نیروی زلزله، محل ساختمان مورد مطالعه مرکز شهر سنفرانسیسکو، آمریکا فرض شد. محل ساختمان جزء کلاس D "خاک سفت" و گروه تصرف آن "I" ساختمان اداری دسته بندی شد. ویژگی های مکان و خاک در نظر گرفته شده همان مثال II (طراحی با زلزله زیاد) است که طبق راهنمای AISC 20 ارائه شده است [13].



شکل 1. پیکربندی فرضی ساختمان های مورد مطالعه

همان طور که پیش از این گفته شد، نیروی زلزله در طراحی راهنمای AISC 20 بر اساس ASCE7 [14] وقتی رفتار غیرالاستیک سازه مد نظر است، با ضریب اصلاح پاسخ  $R$  محاسبه می شود. برای طراحی SPSW در معرض لرزه خیزی زیاد ASCE7 از ضریب اصلاح پاسخ  $R = 7$  و ضریب افزایش مقاومت سیستم  $\Omega_0 = 2$  را تعیین می کند. این مقادیر بعداً با مطالعات عددی روی 44 سیستم SPSW تایید شد [29]. با فرض این که سازه تحت هیچ میراگر مکملی قرار ندارد و همچنین یک ضریب حداقل قابلیت اطمینان را اتخاذ می کند. سیستم spsw می تواند برای نسبت شکل پذیری تغییرمکان هدف  $\mu = 3.5$  طراحی شود. در اینجا باید توجه داشت که ASCE7 و راهنمای AISC 20 به طور مستقیم نسبت شکل پذیری تغییرمکان را در محاسبه برش پایه طراحی در نظر نمی گیرد. شتاب طیفی MCE برای این مکان  $S_s = 1.7 g$  و  $S_1 = 0.85 g$  می باشد. طبق ASCE7 پارامترهای شتاب طیفی با روابط  $S_{D1} = 0.85 g$  و  $S_{DS} = 1.14 g$  محاسبه می شود. برش پایه طراحی طبق ASCE7 برابر 3120 KN محاسبه شد. سایر مولفه های SPSW طبق راهنمای AISC 20 و ضوابط لرزه ای AISC محاسبه شد.

ابعاد نهایی و پارامترهای مختلف این طراحی عبارتند از:

- ضخامت ورق های پرکننده (از طبقه اول به بالا): 5.5 و 5 و 4 و 2.3 (mm)

- HBE (مقطع برای تمامی طبقات): W27X94
- VBE (مقطع برای تمامی طبقات): W14X398
- زمان پریود اصلی ( $T_1$ ) و تخمین زده شده از ASCE7 : 0.585 s
- شتاب طیفی برای  $T_1$  ( $S_a$ ) : 1.14g

مطابق مشخصات طراحی شکل پذیری تغییر مکان مورد نیاز (نسبت) برای سطح زلزله طراحی به صورت ایده آل برابر 3.5 در نظر گرفته شد. ارزیابی عملکرد لرزه ای این سازه مبنای این دیدگاه قرار گرفت. شکل پذیری مورد نیاز  $\mu_d$  از پاسخ تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی (NLRHA) زلزله های ثبت شده واقعی بدست می آید. سه حرکت ثبت شده قوی (جدول 1) برای  $S_a$  طراحی NLRHA استفاده شده است. نسبت شکل پذیری مورد نیاز از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$\mu_d = \frac{D_m}{D_y} \quad (1)$$

$D_m$  : ماکزیمم تغییر مکان بام محاسبه شده با NLRHA

$D_y$  : تغییر مکان بام در هنگام تسلیم

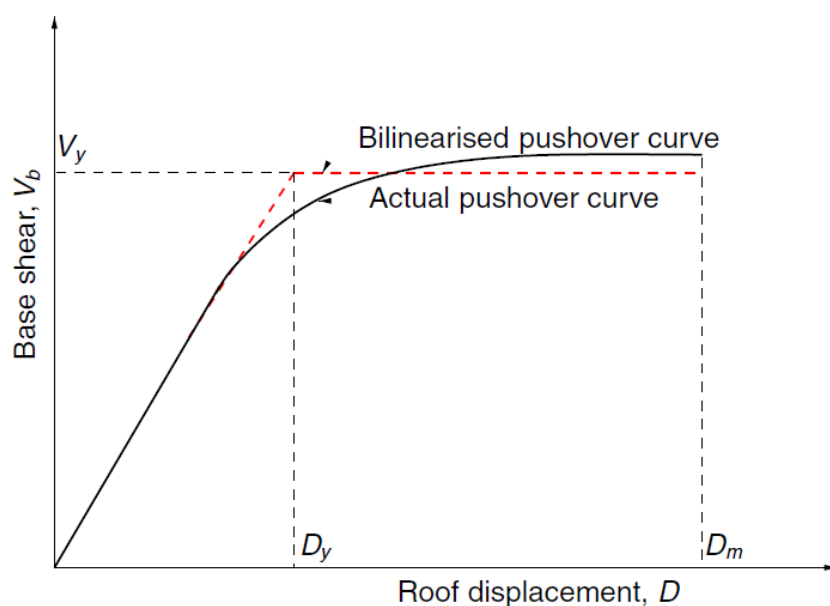
$D_y$  در SPSW با تحلیل استاتیکی غیر خطی معمولی (NSPA) با استفاده از توزیع بار توصیه شده در IBC بدست می آید [30].

جدول 1 : جزئیات سوابق زلزله های برای طراحی سیستم SPSW 4 طبقه و 8 طبقه



Earthquake	Date	Station	Component	PGA (g)	Name
Northridge	Jan 17, 1994	Sylmar converter	Horizontal-052	0.612	SYL
Northridge	Jan 17, 1994	Newhall fire station	Horizontal-360	0.589	NH
Kobe	Jan 16, 1995	KJMA	Horizontal-000	0.821	KJM
Landers	Jun 28, 1992	SCE station 24	Horizontal-000	0.785	LAN
Imperial Valley	Oct 15, 1979	USGS station 5054	Horizontal-140	0.775	IMV
Cape Mendocino	Apr 25, 1992	CDMG station 89005	Horizontal-000	1.497	CM

نمودار برش پایه ( $V_b$ ) در مقابل تغییر مکان ( $D$ ) با استفاده از رفتار نیرو-تغییر شکل الاستیک پرفکت پلاستیک خطی شد به گونه ای که سطح زیر نمودار پوش آور با حالت خطی تقریباً برابر است (شکل 2).



شکل 2: بدست آوردن برش پایه تسلیم ( $V_y$ ) و تغییر مکان تسلیم ( $D_y$ ) با خطی سازی منحنی پوش آور از NSPA مقدار تغییر مکان تسلیم 0.123 m و برش پایه تسلیم 3892 kN بدست آمد. برای سه نیروی زلزله مقادیر  $\mu_d$  برابر 2.36، 2.18 و 1.76 بدست آمد که متوسط آن برابر 2.1 است. این نتایج نشان داد که روش طراحی موجود همیشه برای ظرفیت تغییر مکان سیستم SPSW مفید نیست. سه زلزله مختلف الگوهای شکست متفاوتی را

نتیجه داد که این به دلیل فقدان اتلاف انرژی به ناشی از فعالیت غیرالاستیک است که علت آن نبود مفصل پلاستیک در دو انتهای تیرهاست. علاوه بر این شکل پذیری در طبقات دوم و سوم بیشتر متمرکز است به دلیل این که تغییر مکان مورد نظر (نسبت) در این طبقات نسبت به بقیه طبقات بیشتر است. شکل 3 منحنی تغییر مکان طراحی در لحظه حداکثر تغییر مکان بام برای هر سه سابقه زلزله با ضریب پاسخ شکل پذیری ایده آل را نشان می دهد.

#### 4. پیشنهاد روش های طراحی مبتنی بر عملکرد

روش طراحی بر اساس عملکرد ارائه شده به طور گسترده به دنبال روش های طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد برای دیگر سیستم های مختلف فولادی مقاوم در برابر بار جانبی توصیه می شود [24]. همانطور که قبلا اشاره شد، روش طراحی پیشنهاد شامل نسبت درینف یکنواخت و یک مکانیزم عملکرد از پیش انتخاب شده به عنوان اهداف عملکرد است. شکل 4 یک SPSW یک دهانه با اتصال تیر به ستون صلب با مکانیسم یک سو و یکنواخت شکست را نشان می دهد. این مکانیسم ترجیبهی شامل تسلیم پانل فولادی پرکننده، تشکیل مفصل پلاستیک در پایه ستون ها و تشکیل مفصل پلاستیک در دو انتهای هر تیر (HBE) است. مفهوم طراحی پیشنهادی از تعادل انرژی گرفته شده است. تقاضای انرژی غیرالاستیک در هر سیستم سازه ای برابر کار غیرالاستیک انجام شده داخلی تحت تغییر شکل پلاستیک است. انرژی کرنشی کل مورد تقاضا برای سیستم یک درجه ازادی (SDOF) غیرالاستیک با رابطه زیر تخمین زده می شود:

$$E_e + E_p = \gamma \left( \frac{1}{2} M S_V^2 \right) = \frac{1}{2} \gamma M \left( \frac{T_1}{2\pi} C_e g \right)^2 \quad (2)$$

$E_e$ : انرژی کرنشی الاستیک مورد تقاضا

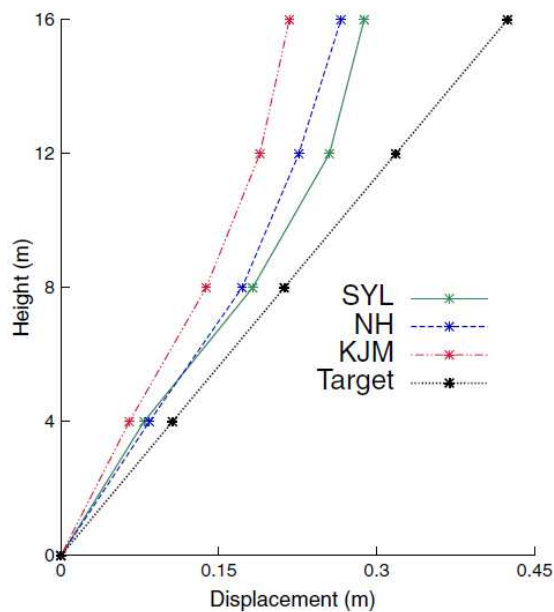
$E_p$ : انرژی کرنشی پلاستیک مورد تقاضا

$\gamma$ : ضریب اصلاح انرژی

$M$ : وزن کل سازه موثر در محاسبه نیروی زلزله

$S_V$ : سرعت طیفی مربوط به  $T_1$

$C_e$ : ضریب نیروی الاستیک



شکل 3: نمودار تغییر مکان طراحی سیستم SPSW بر اساس روش AISC در لحظه ماکزیمم تغییر مکان بام طبق مطالعات Akiyama [31]، انرژی ارتعاشی الاستیک با فرض این که کل سازه یک سیستم یک درجه آزادی (SDOF) است، از رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$E_e = \frac{1}{2} M \left( \frac{T_1}{2\pi} \frac{V_b}{W} g \right)^2 \quad (3)$$

W : کل وزن سازه موثر در محاسبه نیروی زلزله

$V_b$  : برش پایه

ضریب اصلاح انرژی ( $\gamma$ ) از قائده برابری تغییر مکان ها بدست می آید و بر اساس نسبت شکل پذیری تغییر مکان هدف سیستم ( $\mu_t$ ) و ضریب کاهش بر پایه شکل پذیری ( $R_\mu$ ) محاسبه می شود:

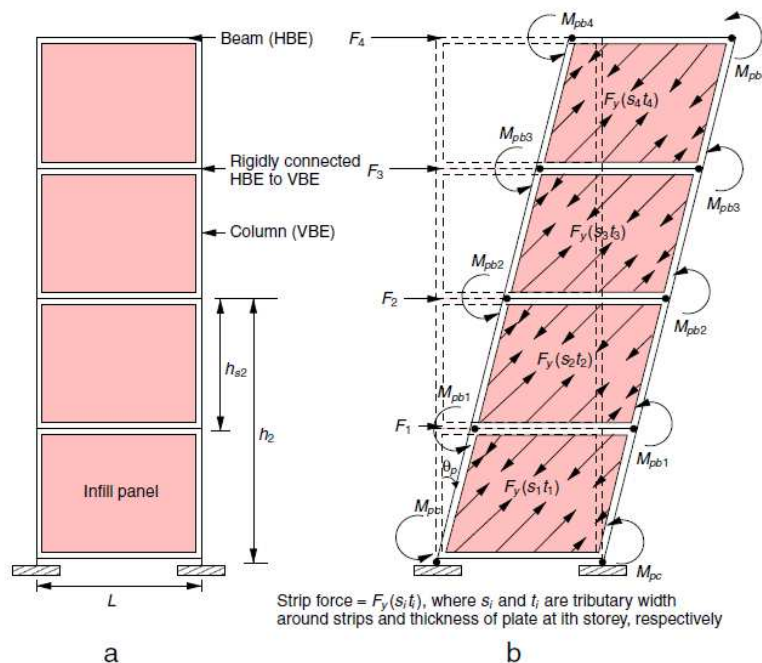
$$\gamma = \frac{2\mu_t - 1}{R_\mu^2} \quad (4)$$

برای تخمین  $R_\mu$  از نسبت های مناسب  $R, \mu, T$  می توان استفاده کرد. در اینجا از رابطی پیشنهادی اصلی Newmark و Hall [32] استفاده شده است. بر اساس یافته های اخیر [33]، تاثیر سخت شدگی کرنش مواد، در این تحقیق نادیده گرفته شده است، اگرچه این روش برای گنجاندن این مسئله به راحتی قابل اصلاح است. ضریب بار الاستیک با استفاده از ترم طراحی شبه شتاب ( $S_a$ ) و و برش پایه تسلیم ( $V_{by}$ ) قابل بیان است:

$$C_e = \frac{S_a}{g} = \frac{S_v T_1}{2\pi g} = \frac{V_{by}}{W} \quad (5)$$

سازه به صورت ایده آل الاستیک پرفکت پلاستیک به صورت سیستم یک درجه آزادی با انتخاب مکانیسم تسلیم انتخابی تا نقطه ماکزیمم دریافت یکنواخت مورد تقاضا در نظر گرفته شد (شکل 4). بخش الاستیک انرژی کرنشی کل مورد تقاضا با تعویض  $V_b$  در رابطه 3 با برش پایه تسلیم ( $V_{by}$ ) قابل محاسبه است. با جاگذاری در رابطه 2:

$$E_p = \frac{WT_1^2 g}{8\pi^2} \left[ \gamma C_e^2 - \left( \frac{V_{by}}{W} \right)^2 \right] \quad (6)$$



شکل 4 : a : شکل شماتیک سیستم SPSW با اتصال صلب تیر به ستون و b : مکانیسم تسلیم یکنواخت و غیر یکنواخت انتخابی

این تقاضای انرژی پلاستیکی همان کار انجام شده توسط  $F_i$  نیروهای جانبی معادل از طریق دریافت غیرالاستیک  $\theta_P$  است (شکل 4).

$$\frac{WT_1^2 g}{8\pi^2} \left[ \gamma C_e^2 - \left( \frac{V_{by}}{W} \right)^2 \right] = \left( \sum_{i=1}^n F_i h_i \right) \theta_P = V_{by} \left( \sum_{i=1}^n C_{vi} h_i \right) \theta_P \quad (7)$$

$h_i$ : ارتفاع هر طبقه از تراز زمین

$C_{vi}$ : ضریب توزیع بار جانبی طبقه

تحقیقات اخیر توسط Kharmale و Ghosh [28] توصیه می کند که معمولا توزیع نیروی برشی ( $C_{vi}$ ) از روش طراحی بر پایه تغییرمکان غیرالاستیک سیستم SPSW قابل استفاده است. در این تحقیق استفاده از توزیع نیروی برشی توصیه شده در ASCE7 استفاده شده است. با دوباره مرتب سازی رابطه 7 از معادله درجه دوم و حل آن یک عبارت برش پایه تسلیم تقاضا برای این طراحی بر اساس عملکرد بدست می آید:

$$V_{by} = W \left( \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4\gamma C_e^2}}{2} \right), \quad \alpha = \left( \sum_{i=1}^n C_{vi} h_i \right) \frac{8\theta_P \pi^2}{T_1^2 g} \quad (8)$$

زمانی که  $V_{by}$  بدست آمد، ابتدا طراحی مقدماتی ورق های پرکننده در نظر گرفته می شود، با فرض این که کل برش پایه طبقه  $V_i$  توسط ورق پرکننده تحمل می شود، ضخامت اولیه ورق  $t'$  مشابه روش Ghosh و همکاران از رابطه زیر بدست می آید:

$$t'_i = \frac{2V_i}{0.95F_y L} \quad (9)$$

$F_y$ : تنش تسلیم مصالح

$L$ : عرض پانل پرکننده

مقطع اولیه ستون بر اساس کمترین (مقاومت) سختی لازم طبق استاندارد کانادا [8] و ضوابط لرزه ای AISE [10] بدست می آید که اطمینان حاصل شود که کمانش زودرس در ستون تحت کشش ورق پرکننده به وجود نمی آید.

$$I_{ci} = \frac{0.00307 t'_i h_{si}^4}{L} \quad (10)$$

$I_{ci}$ : ممان اینرسی ستون های طبقه نسبت به محور خمش مقطع

$h_{si}$ : ارتفاع طبقات

تیرهای طبقه با لنگر پانل کششی طراحی می شود. سیستم SPSW به دلیل داشتن سقف مرکب فولادی دارای دیافراگ صلب در تمام طبقات فرض می شود. فرض دیافراگم صلب در تمام طبقات منجر به نیروی محوری منفی در تمام تیرهای طبقات شد. انتخاب مقطع تیر طی یک فرآیند تکرار شونده انجام می گیرد که شامل انتخاب زاویه میدان کشش ( $\alpha_t$ ) ورق فولادی و محاسبه پی در پی مقطع تیر است. عبارت زیر توسط Timler و Kulak [3] برای  $\alpha_t$  در طبقه i ام پیشنهاد شده است، که برای محاسبه سطح مقطع تیر لازم است:

$$\tan^4 \alpha_t = \frac{1 + \frac{t'_L}{2A_{ci}}}{1 + t'_i h_{si} \left( \frac{1}{A_{bi}} + \frac{h_{si}^3}{360 I_{ci} L} \right)} \quad (11)$$

$A_{bi}$ : مقطع تیر

$A_{ci}$ : مقطع ستون

اگرچه این رابطه مخصوص سیستم SPSW با اتصالات مفصلی تیر به ستون است، می توان از این رابطه برای اتصال صلب تیر به ستون نیز استفاده کنیم زیرا مقدار  $\alpha_t$  نسبت به سختی خمشی حساس نیست [13].

برای محاسبه ضخامت جدید پانل پرکننده از اصل کار مجازی با برابر قرار دادن کار غیرالاستیک انجام شده توسط نیروی معادل ( $F_i$ ) با کار غیرالاستیک ورق ها و مفاصل پلاستیک در مرز المان ها استفاده می شود. تغییر شکل پلاستیک در این مورد با بارگذاری یکنواخت یک جهته با رسیدن به دریافت هدف بدست می آید. فرض می شود که تشکیل مفاصل پلاستیک و تسلیم ورق پرکننده در دریافت تسلیم  $\theta_y$  همزمان رخ می دهد. ظرفیت برشی مورد نیاز ورق ( $P_i$ ) در طبقه i ام از رابطه زیر بدست می آید.

$$\left( \sum_{i=1}^n F_i h_i \right) \theta_P = 2M_{pc} \theta_P + 2 \sum_{i=1}^n M_{pbi} \theta_P + \sum_{i=1}^n P_i h_{si} \theta_P \quad (12)$$

$n$  : تعداد طبقات در سازه

$M_{pc}$  : لنگر پلاستیک در هر پایه ستون

$M_{pbi}$  : لنگر پلاستیک تیرهای طبقه  $i$  ام

ضخامت ورق اصلاح شده از رابطه زیر محاسبه می شود:

$$t_i = \frac{2P_i}{0.95F_y L} \quad (13)$$

نیروی محوری طراحی ( $P_c$ ) در ستون ها بر اساس تعادل لنگر در پایه محاسبه می شود. مقطع نهایی ستون از جدول فولاد ( برای مثال از جدول فولاد AISC [15]) انتخاب می شود. برای این خواسته اثر متقابل P-M و مقطع فشرده در آیین نامه وجود دارد. این طراحی برای این که ( $\mu_d$ ) تقاضا به ( $\mu_t$ ) هدف نزدیک باشد، چک می شود. در غیر این صورت، ابعاد HBE تغییر کرده و ضخامت ورق ها دوباره محاسبه می شود. برای هر دو مقطع VBE و HBE مینیمم ممان اینرسی لازم، رضایت بخش بود [11]. طراحی بر اساس فلورچارت در شکل 5، جزئیات طراحی مقطع را نشان می دهد.

### 5. اعتبار سنجی از روش طراحی پیشنهادی

روش طراحی بر اساس عملکرد برای سیستم SPSW پیشنهادی با طراحی و ارزیابی عملکرد ساختمان 4 طبقه و 8 طبقه اعتبار سنجی شد. این ساختمان ها منظم در پلان، یک کوتاه و یک متوسط از نظر ارتفاع و ساختمان اداری در نظر گرفته شدند. هر دو ساختمان دارای پلان مشابه است و محل دهانه هایی که SPSW در آن قرار دارد، در هر دو مشابه است (شکل 1). همچنین در ارتفاع نیز مشابهند با این تفاوت که ساختمان 8 طبقه، 4 طبقه مشابه بیشتر دارد. برای ساختمان 4 طبقه وزن طبقات برای محاسبه نیروی زلزله همان مقداری است که روش AISC برای طراحی

ساختمان ها در بخش 3 در نظر گرفته است. برای ساختمان SPSW 8 طبقه وزن موثر برای محاسبه نیروی زلزله به طور یکنواخت برابر 5160 KN برای هر طبقه در نظر گرفته شد.

سیستم SPSW در یک دهانه ساختمان های مورد مطالعه با روش PBPD طراحی شدند، تحت:

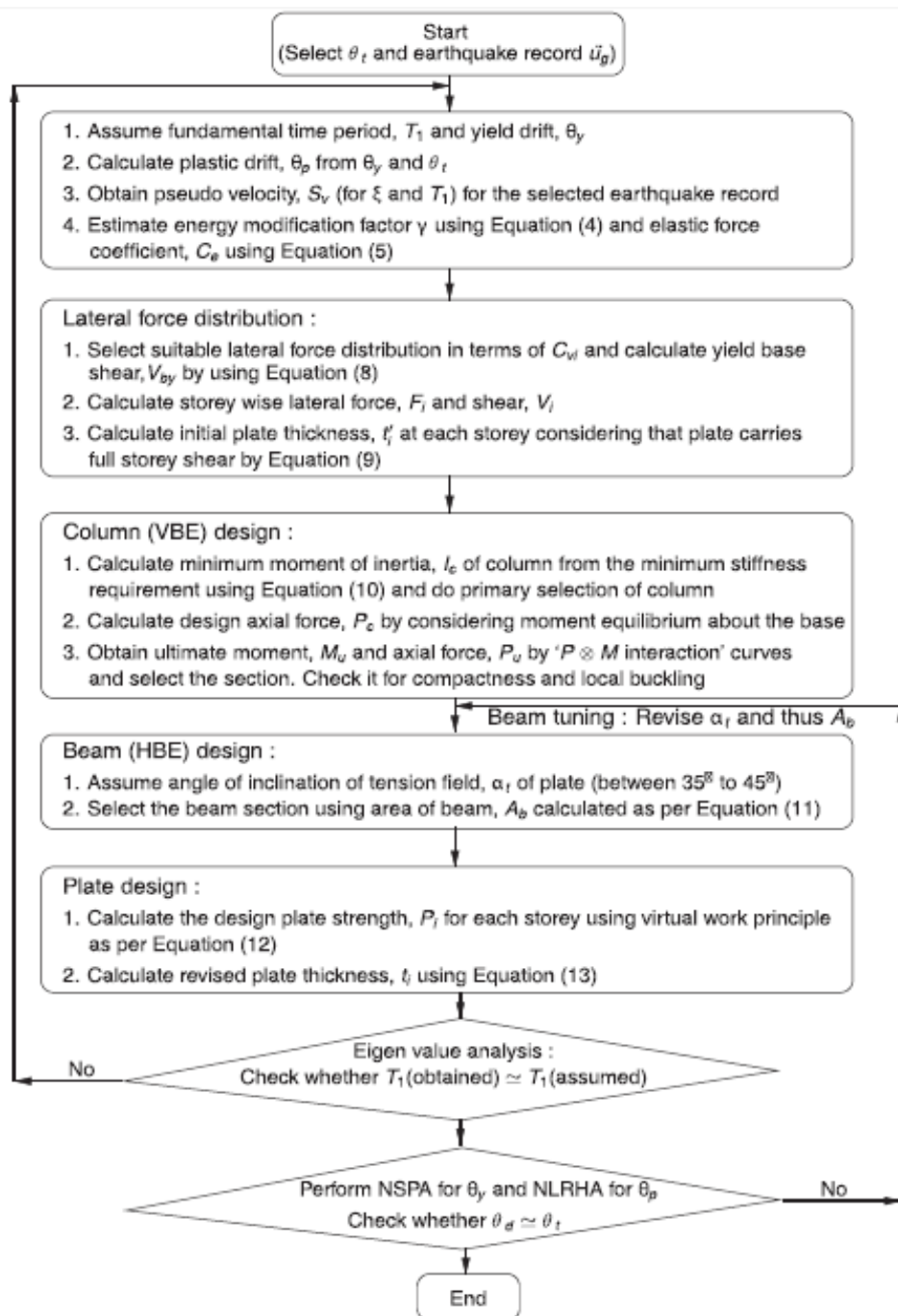
- رکوردهای زلزله مختلف با استفاده از پاسخ طیفی شبه سرعت
- با نسبت شکل پذیری تغییر مکان هدف مختلف ( $\mu_t$ )
- نسبت ابعاد متفاوت پانل پرکننده ( با تغییر طول SPSW در پلان)

از سه رکورد حرکت قوی، زلزله های 1994 Northridge ، USA ، 1995 Kobe و ژاپن ( جدول 1) برای طراحی و ارزیابی عملکرد پس از آن قاب استفاده شد .

سیستم SPSW برای ساختمان 4 طبقه برای  $\mu_t = 2,3,4$  و سیستم SPSW برای ساختمان 8 طبقه برای  $\mu_t = 4,5$  طراحی شدند. اگرچه ظرفیت شکل پذیری 5 خیلی غیرواقعی است، ولی برای مقدار  $\mu_t$  کم، ضخامت ورق پرکننده ، خیلی کم است. نسبت ابعاد پانلهای فولادی مختلف در این قاب ( $h_s : L$ ) عبارتند از: 1:1, 1:1.5, 1:2 برای ساختمان 4 طبقه و 1:1, 1:1.5 برای ساختمان 8 طبقه. شکل 1 نسبت ابعاد 1:1 را نشان می دهد. دو نسبت ابعادی دیگر برای هر دو ساختمان با تغییر طول ( $L$ ) برای دهانه SPSW و ثابت نگه داشتن بقیه ابعاد بدست می آید. به طور کلی سطوح خطر مختلف و اهداف عملکردی مختلف و نسبت ابعادی مختلف در 27 مورد طراحی برای 4 طبقه و 12 مورد طراحی برای 8 طبقه بدست آمد. مانند بسیاری از روشهای طراحی لرزه ای، در روش پیشنهادی نیاز به حدس اولیه زمان پیروید اصلی ( $T_1$ ) داریم که فرآیند ممکن است تکرار شود. برای  $T_1$  حدسی اولیه عبارت  $T_{eq}$  ارائه شده توسط Chopra و Goel می تواند استفاده شود [34]، زیرا رابطه ارائه شده در AISC برای  $T_1$  به طور متوسط 17٪ کمتر از مقدار واقعی آن است [35]. علاوه بر این باید مقدار اولیه دریافت تسلیم ( $\theta_y$ ) را حدس بزنیم. حدس دریافت تسلیم مناسب بر اساس مشاهده رفتار سیستم SPSW می باشد. برای  $\theta_y$  مقدار 0.75 تا 1 پیشنهاد می شود. در نهایت  $\theta_y$  با NSPA سیستم SPSW و توزیع نیروی برشی توصیه شده در AISC7 محاسبه می شود. به این منظور نمودار تغییرمکان بام در مقابل برش پایه با برابر قرار دادن سطح زیر منحنی پوش آور و مقدار تقریبی آن خطی سازی شد.



سیستم SPSW طبق فلوجارت (شکل 5) طراحی می شود.



شکل 5 فلوجارت طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد سیستم SPSW با اتصالات صلب تیر به ستون

ضخامت واقعی ورق پانل SPSW برای طراحی بدون در دسترس بودن ضخامت دقیق ورق فولادی بدست می آید. مقاطع تیر و ستون از جدول فولاد AISC انتخاب می شود [15]. مقاطع تیر و ستون برای سیستم SPSW، 4 طبقه برای تمامی طبقات مشابه و برای SPSW، 8 طبقه برای 4 طبقه پایین یک نوع و برای 4 طبقه بعدی یک نوع دیگر استفاده شد. این مقاطع برای ظرفیت چرخش پلاستیک کنترل شدند که ظرفیت مقاطع بیشتر از NLRHA برای طراحی لرزه ای بود. برای انتخاب مقطع تیر ( $\alpha_t$ ) بین  $35^\circ$  تا  $45^\circ$  به منظور دستیابی به تقاضای شکل پذیری نزدیک تر به هدف است. تاثیر این پیکربندی تیر در بخش 5.3 بحث خواهد شد.

اثربخشی روش پیشنهادی، با استفاده از ارزیابی برپایه NLRHA، 27 نمونه طراحی 4 طبقه و 12 نمونه طراحی 8 طبقه کنترل شد. این اثربخشی مقدار نزدیک بودن شکل پذیری تقاضا بر اساس NLRHA، ( $\mu_d$ ) به ضریب شکل پذیری تغییرمکان هدف، ( $\mu_t$ ) را با کمیت  $\% Diff$  اندازه گیری می کند.

$$\% Diff = \frac{\mu_d - \mu_t}{\mu_t} \times 100 \quad (14)$$

همچنین  $\% Diff$  برای اندازه گیری تفاوت بین دررفت درون طبقه ( $\theta_m$ ) نسبت به تغییرمکان هدف ( $\mu_t \theta_y$ ) استفاده می شود.

$$\% Diff = \frac{\theta_m - \mu_t \theta_y}{\mu_t \theta_y} \times 100 \quad (15)$$

$\mu_d$  با استفاده از معادله 1 محاسبه می شود.  $D_m$  و  $\theta_m$  از NLRHA در معرض شتاب انتخابی تاریخچه زمانی زمین بدست می آید.  $D_y$  و  $\theta_y$  از خطی سازی منحنی پوش آور که قبلا ذکر شد بدست می آید. هر دو NLRHA و NSPA با استفاده از برنامه تحلیل سازه ای DRAIN-2DX انجام شد [36].

علاوه بر 27 مورد طراحی، سه طراحی دیگر، برای کنترل حساسیت روش پیشنهادی نسبت به رکورد حرکت قوی انجام شد. این سه مورد طراحی اضافی برای SPSW، 4 طبقه ( $h_s: L = 1: 1, \mu_t = 4$ ) شامل سه رکورد حرکت قوی زلزله های Landers (1992)، Imperial Valley (1989) و Mendocino (1992) می باشد (جدول 1). نتایج برای این سه مورد طراحی به طور جداگانه ارائه شده است.

سیستم SPSW با استفاده از تکنیک multi-strip با ابعاد مرکزی مدل شد [2]. نوار پانل پرکننده و المان های مرزی با استفاده از خرپای غیرخطی و المان تیر-ستون در DRAIN-2DX مدل شدند. مصالح فولاد با رفتار الاستیک پرفکت پلاستیک با تنش تسلیم ( $F_y$ ) برابر 345 MPa بدون ضریب افزایش مقاومت فرض شد. برای تحلیل تاریخچه زمانی، مقطع فشرده با میرایی Rayleigh برابر 5% ( فقط در دو مود) در نظر گرفته شد. از اثرات غیرخطی هندسی و سختی جانبی اسمی ایجاد شده توسط جاذبه صرف نظر شد. رفتار هیسترتیک سازه بدون مقاومت/ سختی پایدار فرض شد [37].

### 5.1 خلاصه ای از نتایج برای طرح SPSW چهار طبقه

جدول 2-4 خلاصه ای از 27 مورد طراحی برای سیستم SPSW را نشان می دهد. در این قسمت هر طراحی با رکورد زلزله خاص و نسبت شکل پذیری تغییرمکان هدف که برای آن طراحی شده است مشخص شده است. برای هر طراحی  $D_y$ ،  $D_m$  و  $\theta_m$  در جدول نشان داده شده است. مهم ترین داده در این جدول  $Diff\%$  است. ستون ها مقدار اثربخشی روش پیشنهادی را اندازه گیری می کنند. متوسط و ماکزیمم  $Diff\%$  برای تمام حالات طراحی مربوط به پانل فولادی در جدول موجود است.

جدول 2: نتایج طراحی برای طرح SPSW چهار طبقه با ( $h_s:L = 1:1$ )

Design	Record	$\mu_t$	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_t$	% Diff.	$\mu_t\theta_y$	$\theta_m$	% Diff.
I	SYL	2	0.103	0.212	2.06	3.00	0.0129	0.0160	24.3
II	SYL	3	0.0987	0.300	3.04	1.33	0.0185	0.0190	2.67
II	SYL	4	0.107	0.418	3.89	-2.75	0.0268	0.0281	4.67
IV	NH	2	0.103	0.220	2.13	6.50	0.0129	0.0150	16.5
V	NH	3	0.0912	0.270	2.96	-1.33	0.0171	0.0159	-6.43
VI	NH	4	0.0910	0.334	3.89	-2.75	0.0228	0.0250	9.89
VII	KJM	2	0.100	0.220	2.19	9.50	0.0125	0.0160	28.0
VIII	KJM	3	0.0957	0.290	3.03	1.00	0.0179	0.0140	-22.0
IX	KJM	4	0.0963	0.343	3.56	-11.0	0.0241	0.0242	0.312
Average						-1.85			6.37
AbsMax						11.0			28.0

جدول 3: نتایج طراحی برای طرح SPSW چهار طبقه با  $(h_s:L = 1:1.5)$

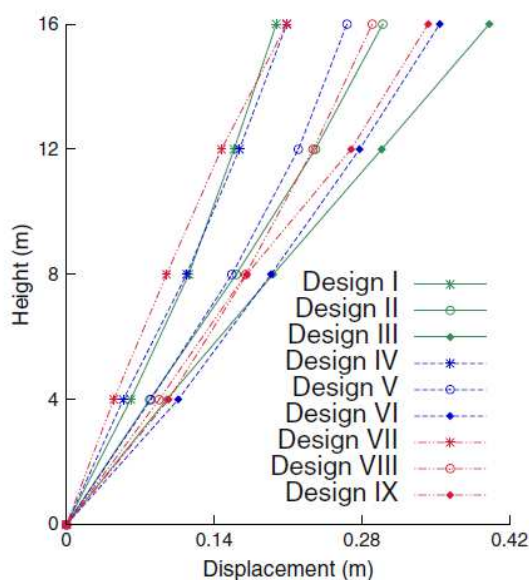
Design	Record	$\mu_t$	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_d$ %	Diff.	$\mu_t\theta_y$	$\theta_m$ %	Diff.
X	SYL	2	0.0863	0.182	2.11	5.50	0.0108	0.00901	-16.6
XII	SYL	3	0.0829	0.248	2.99	-0.333	0.0155	0.0169	9.37
XII	SYL	4	0.0745	0.301	4.04	1.00	0.0186	0.0180	-3.36
XIII	NH	2	0.0894	0.169	1.89	-5.50	0.0112	0.0120	7.38
XIV	NH	3	0.0855	0.260	3.04	1.33	0.0160	0.0150	-6.43
XV	NH	4	0.0744	0.276	3.71	-7.25	0.0186	0.0190	2.15
XVI	KJM	2	0.0902	0.193	2.14	7.00	0.0113	0.0100	-11.3
XVII	KJM	3	0.0957	0.287	3.00	0.000	0.0179	0.0160	-10.8
XVIII	KJM	4	0.0833	0.330	3.96	-1.00	0.0208	0.0220	5.64
Average						0.0833			-2.66
AbsMax						7.25			16.6

جدول 4: نتایج طراحی برای طرح SPSW چهار طبقه با  $(h_s:L = 1:2)$

Design	Record	$\mu_t$	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_d$	% Diff.	$\mu_t\theta_y$	$\theta_m$	% Diff.
XIX	SYL	2	0.078	0.152	1.94	-3.00	0.00980	0.00900	-8.16
XX	SYL	3	0.081	0.235	2.92	-2.67	0.0151	0.0160	6.00
XXI	SYL	4	0.080	0.302	3.76	-6.00	0.0201	0.0200	-5.35
XXII	NH	2	0.075	0.155	2.06	3.00	0.00940	0.0100	6.38
XXIII	NH	3	0.082	0.242	2.94	-2.00	0.0154	0.0130	-15.8
XXIV	NH	4	0.076	0.300	3.96	-1.00	0.0189	0.0170	-10.3
XXV	KJM	2	0.084	0.168	1.99	-0.500	0.0105	0.00900	-14.7
XXVI	KJM	3	0.074	0.218	2.95	-1.67	0.0139	0.0120	-13.4
XVIII	KJM	4	0.074	0.290	3.93	-1.75	0.0184	0.0170	-7.86
Average						-1.73			-7.01
AbsMax						6.00			15.8

برای  $\mu_d$  متوسط  $Diff$  % برابر 0.389، 0.0833 و -1.73 و مقدار  $\theta_m$  برابر 6.37، -2.66 و -7.01 برای نسبت ابعادی  $(h_s:L = 1:1, 1:1.5, 1:2)$  بدست آمد. مقادیر قدر مطلق ماکزیمم متناظر برای  $\mu_d$  برابر 11 و 7.25 و 6 و برای  $\theta_m$  برابر 28 و 16.6 و 15.8 است. این مقادیر خیلی کوچک برای مقدار متوسط و قدر مطلق ماکزیمم نشان می دهد که روش طراحی پیشنهادی، به طور موثر قابلیت دستیابی به اهداف عملکردی ( مخصوصا برای نسبت شکل

پذیری تغییر مکان بام) را دارد. دقت اندازه گیری نسبت دریافت درون طبقه اندکی کمتر است. از این نتایج مشهود است که این اثر بخشی برای رکورد های مختلف حرکت زمین، مقادیر نسبت شکل پذیری هدف مختلف  $\mu_t$  و برای پانل های فولادی مختلف ذکر شده است. علاوه بر تقاضای شکل پذیری تغییر مکان ماکزیمم بام، نمودار تغییر مکان برای کنترل شکل پذیری موضعی متمرکز در طبقه بررسی شد. شکل 6 نمودار تغییر مکان در لحظه اوج برای هر 9 مورد طراحی با  $(h_s: L = 1: 1)$  را نشان می دهد. این نمودار تغییر مکان توزیع یکنواخت دریافت درون طبقه در هر ارتفاع را نشان می دهد. نمودارهای تغییر مکان مشابه برای 18 مورد طراحی با  $(h_s: L = 1: 1.5, 1: 2)$  رسم شد. این نشان می دهد که سازه از مکانیسم تسلیم فرضی با دریافت درون طبقه یکنواخت در ارتفاع پیروی می کند و تمرکز شکل پذیری در طبقه ای خاص وجود ندارد. خلاصه نتایج برای سه مورد طراحی (طراحی , XXVIII, XXIX , XXX، برای سه زلزله دیگر) در جدول 5 نشان داده شده است. مقادیر متوسط و قدر مطلق ماکزیمم Diff٪ برای  $\mu_d$  برابر -1.73 و 6 و برای  $\theta_m$  برابر -4.41 و 9.28 بود. این مقادیر نشان می دهد که روش پیشنهادی برای این زلزله ها موثر باقی می ماند.



شکل 6: نمودار تغییر مکان برای طراحی 4 طبقه با  $(h_s: L = 1: 1)$  در حالت ماکزیمم تغییر مکان بام

جدول 5: خلاصه نتایج طراحی برای سه زلزله اضافی

Design	Record	$\mu_t$	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_d$	% Diff.	$\mu\theta_y$	$\theta_m$	% Diff.
XXVIII	LAN	4	0.0970	0.354	3.65	-8.75	0.0243	0.0220	-9.28
XXIX	IMV	4	0.101	0.362	3.58	-10.5	0.0252	0.0242	-3.96
XXX	CM	4	0.096	0.357	3.74	-6.50	0.0240	0.0240	0.000
Average						-1.73			-4.41
AbsMax						6.00			9.28

## 5.2. خلاصه ای از نتایج برای طرح SPSW هشت طبقه

نتیج برای 12 مورد طراحی 8 طبقه (مشابه 4 طبقه) در جدول های 6 و 7 آورده شده است. همچنین این جدول ها ضریب مقیاس رکورد شتاب برای هر طراحی منحصر به فرد را فراهم می کند. این همان رکورد حرکت زمین مقیاس شده است که برای ارزیابی عملکرد استفاده شده است. با توجه به شکل پذیری تغییر مکان بام به عنوان اهداف عملکرد مقدار Diff % پانل فولادی با نسبت های ابعادی 1:1 و 1:1.5 برابر 7.32- و 2.03-، و مقادیر قدر مطلق ماکزیمم برابر 15.0 و 5.8 بدست آمد. مقدار متوسط Diff % پانل فولادی با نسبت های ابعادی 1:1 و 1:1.5 برای  $\theta_m$  برابر 0.353- و 5.54- مقادیر قدر مطلق ماکزیمم برابر 17.2 و 18.5 بدست آمد. این نتایج نشان می دهد که روش پیشنهادی برای سیستم SPSW با ارتفاع متوسط عملکرد خوبی دارد. تصویر 7 نمودار تغییر مکان در دریافت ماکزیمم بام در 6 مورد طراحی با نسبت ابعادی ( $h_s: L = 1:1$ ) را نشان می دهد. این نمودار نشان می دهد که نمودار فرضی تغییر شکل سیستم مشابه نمودار فرض شده از فرمول های طراحی است و تمرکز آسیب در هیچ طبقه ای وجود ندارد.

## 5.3. پیکر بندی تیر و تسلیم پله ای

روش پیشنهادی PBPD، معادله طراحی خاصی برای مقاطع تیر ارائه نمی دهد. انتخاب مقطع به صورت سعی و خطا است، به گونه ای که ابتدا زاویه تنش ورق پانل فولادی ( $\alpha_t$ ) را حدس می زنیم و با استفاده از رابطه 11 مقطع مورد نیاز تیر را محاسبه می کنیم. برای کنترل تاثیر انتخاب مقطع تیر خاص و متناظر با  $\alpha_t$ ، طراحی آزمایشی برای مقاطع مختلف تیر و  $\alpha_t$  برای یک حالت طراحی به منظور دستیابی به  $\mu_d$  نزدیک به  $\mu_t$  استفاده شد. مقدار  $\alpha_t$  بر اساس آزمایش های قبلی بین  $34^\circ$  و  $46^\circ$  قرار دارد. نتایج طراحی II برای ساختمان 4 طبقه (با  $\mu_t = 3$ ) و طراحی I برای ساختمان 8 طبقه (با  $\mu_t = 4$ ) در اینجا بررسی شدند.

6 طراحی آزمایشی برای برای سیستم SPSW، 4 طبقه با مقادیر  $\alpha_t$  مختلف از  $34^\circ$  تا  $44^\circ$  با فاصله  $2^\circ$  بدست آمد. شکل 8 خلاصه نتایج پیکربندی تیرها با تغییر  $\mu_d$  نسبت به  $\alpha_t$  را نشان می دهد. تمامی مقاطع تیر استفاده شده، در این نمودار علامت گذاری شده است. این شکل نشان می دهد که در آزمایش با مقدار  $\alpha_t$  کم ( $34^\circ, 36^\circ, 38^\circ$ ) مقاطع تیر سبکتر و مقدار  $\mu_d$  تقاضا بیشتر می شود و بالعکس. طراحی آزمایشی با  $\alpha_t = 40^\circ$  و مقطع سنگین (W12X120)، باعث شد  $\mu_d$  به نسبت شکل پذیری هدف ( $\mu_t = 3$ ) نزدیک شود.  $\alpha_t$  همچنین روی توالی تسلیم المان های مختلف در سیستم SPSW با فشار یکنواخت هدف نیز تاثیر گذار است. شکل های 9-11 نمودار برش پایه در برابر تغییر مکان بام (پوش آور) با ترتیب تسلیم برای سه آزمایش با  $\alpha_t = 34^\circ$  (کمترین) و  $40^\circ$  ( $\mu_d$  نزدیک  $\mu_t$ ) و  $44^\circ$  (بالاترین) را نشان می دهد. در این نمودارها شروع تشکیل مفصل پلاستیک در المان های مرزی با نقطه های دایره توپر در طرف چپ پایه ستون ها و انتهای چپ تیرها و نقطه های توپر مربع برای طرف راست پایه ستون ها و انتهای راست تیرها مشخص شده است. کمترین  $\alpha_t$  شکل 9 مربوط به مقطع تیر سبک تر و صفحات ضخیم تر است. تیرها قبل از اعمال با جانبی تسلیم می شوند و قبل از این که ستون و پانل فولادی تسلیم شوند، در دو انتهای آن مفصل پلاستیک تشکیل می شود. در مقابل سیستم SPSW با  $\alpha_t$  بالا (تصویر 11) با تیرهای سنگین و ورق پانل پرکننده نازک مانند قاب خمشی رفتار می کند. تسلیم عناصر مختلف تقریبا به طور همزمان است، در حالی که تسلیم تدریجی که برای هشدار کافی برای ساکنان یک ساختمان ترجیح داده شده است. طراحی با  $\alpha_t = 40^\circ$  تعادلی بین این شرایط، با اثر متقابل خوب (به اشتراک گذاری تاثیر نیروهای جانبی) بین پانل پرکننده و المان های مرزی و تسلیم تدریجی را فراهم می کند (شکل 10). Shishkin و همکاران [38] استفاده از  $\alpha_t = 40^\circ$ ، اگرچه با رویکرد متفاوت، توصیه می کنند. نتایج مشابه برای طراحی I سیستم SPSW 8 طبقه بدست آمد. 5 پیکربندی آزمایشی برای این حالت طراحی با تغییر  $\alpha_t$  بین  $39.75^\circ$  و  $43.75^\circ$  به فواصل  $1^\circ$  بدست آمد. شکل 12 خلاصه نتایج پیکربندی تیر برای این موارد طراحی است. طراحی آزمایشی با  $\alpha_t = 41.75^\circ$  برای تیر با مقطع متوسط (W14X213 تا طبقه چهارم و W14X193 برای طبقات بالاتر) باعث شد که مقدار  $\mu_d = 3.99$  به مقدار هدف  $\mu_t = 4$  نزدیک شود.

## 5.4 مقایسه با روش طراحی AISC

به منظور ارزیابی مزایا و محدودیت های روش پیشنهادی در مقابل روش طراحی استاندارد تا امروز، مقایسه نتایج برای هر حالت ضروری است. بخش 3 شامل طراحی معمولی سیستم SPSW طبق راهنمای طراحی AISC 20 است. طراحی جایگزین برای همان ساختمان ( شکل 1) برای همان حالت طراحی با استفاده از روش پیشنهادی PBPD بدست آمد. حالت طراحی با همان طراحی طیفی (ASCE7) و  $\mu_t = 3.5$  تعریف شد. سیستم SPSW با همان فلوچارت شکل 5 طراحی شد. پیکربندی تیرها در NLRHA با استفاده از رکورد SYL (جدول 1) پس از مقیاس کردن همان  $S_a$  برای طراحی طیفی انجام شد. این طراحی "روش پیشنهادی" طراحی نامیده می شود، جزییات به شرح زیر است:

- ضخامت پانل پرکننده ( از طبقه اول به بالا) : 3.23 ، 3 ، 2.4 و 1.45 میلیمتر
- HBE ( مقطع برای تمامی طبقات ) :  $W14 \times 99$
- VBE (مقطع برای تمامی طبقات ) :  $W 36 \times 194$
- $T_1$  ( بر اساس تحلیل مقادیر ویژه): 1.02 ثانیه
- $S_a$  در  $(T_1)$ : 0.833g

جدول 6: خلاصه نتایج طراحی SPSW 8 طبقه با  $(h_s: L = 1: 1)$

Design	Record	$\mu_t$	Scale factor	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_t$	% Diff.	$\mu_{\theta_y}$	$\theta_m$	% Diff.
I	SYL	1.20	4	0.247	0.985	3.99	-0.250	0.0308	0.0340	10.1
II	SYL	1.30	5	0.234	1.08	4.61	-7.80	0.0365	0.0400	9.41
III	NH	1.30	4	0.232	0.837	3.61	-9.75	0.0290	0.0240	-17.2
IV	NH	1.50	5	0.219	1.03	4.72	-5.60	0.0342	0.0318	-6.85
V	KJM	1.40	4	0.208	0.786	3.78	-5.50	0.0260	0.0250	-3.85
VI	KJM	1.90	5	0.238	1.01	4.25	-15.0	0.0372	0.0390	4.87
Average							-7.32			-0.353
AbsMax							15.0			17.2

عملکرد روش طراحی پیشنهادی با همان روش طراحی AISC با استفاده از سه رکورد حرکت زمین ( جدول 1 ) بیان شد. رکوردها برای داشتن  $S_a = 0.833g$  برای NLRHA و تخمین  $D_m$  مقیاس شدند. برای NSPA مقدار



تغییرمکان تسلیم ( $D_y$ ) برابر 0.0717 m و برش پایه 3100 KN بدست آمد. در نتیجه سه زلزله مقادیر  $\mu_d$  برابر 3.02، 3.1 و 2.79 (متوسط 2.97) بدست آمد. این مقادیر کاملاً نزدیک به هدف  $\mu_t = 3.5$  بود، بر خلاف این در طراحی به روش AISC این مقادیر به ترتیب برابر 2.36 و 2.18 و 1.76 بدست آمد. شکل 13 نمودار تغییرمکان در مقابل تغییرمکان ماکزیمم بام بر اساس NLRHA با استفاده از سه رکورد مقیاس شده را نشان می دهد. این نمودار به صورت ایده ال به نمودار تعیین شده به عنوان هدف منطبق ( نزدیک ) است. این نمودار همچنین نشان می دهد که تمرکز شکل پذیری در هیچ طبقه ای وجود ندارد. از NSPA انجام شده قابل مشاهده است که روش AISC موجود دارای ترتیبی برای تسلیم نیست، علاوه بر این هیچ مفصل پلاستیکی در انتهای طرف چپ تیرها وجود ندارد. در روش پیشنهادی مکانیسم تسلیم همان است که با روش طراحی فرمول بندی حدس زده شد. همچنین، تسلیم تدریجی و در ترتیب مناسب است. این نشان می دهد که اهداف طراحی بر اساس عملکرد در " روش پیشنهادی " تحقق یافته است. در حالی که روش طراحی بر اساس AISC در استفاده از ظرفیت شکل پذیری SPSW با شکست مواجه شده است.

#### 6 اصلاح روش PBPD برای SPSW در معرض اثر P- $\Delta$

اثر P- $\Delta$  ( اثرات لنگر ثانویه ناشی از غیر خطی هندسی) برای سازه ها به خصوص سازه های بلند قابل توجه است. به طور کلی این گونه عمل می کنیم که یک ضریب پایداری به منظور افزایش تقاضای لرزه ای بر اساس تحلیل الاستیک استاتیکی به سازه اعمال می کنیم. با این حال این تقاضا ممکن است به طور واقعی از NLRHA با اثر P- $\Delta$  بدست نیاید [41]. تاکنون کارهای تحقیقی کمی در مورد اثر P- $\Delta$  روی سیستم SPSW منتشر شده است [33]. روش PBPD پیشنهادی در این تحقیق به طراح اجازه می دهد که یک شکل پذیری هدف بر اساس ظرفیت سیستم SPSW حدس بزند و طراحی را بر اساس آن انجام دهد. اثر P- $\Delta$  برای سازه های بلند که تحت تغییر شکل های غیرالاستیک بزرگ ( ناشی از انتخاب  $\mu_t$  ) ناشی از زلزله های بزرگ ، قابل توجه است. با توجه به این روش PBPD پیشنهادی اثر P- $\Delta$  را برای هر جا که لازم است اعمال می کند.

Design	Record	$\mu$	Scale factor	$D_y$ (m)	$D_m$ (m)	$\mu_t$	% Diff.	$\mu\theta_y$	$\theta_m$	% Diff.
VII	SYL	1.20	4	0.226	0.867	3.84	-4.00	0.0282	0.0230	-18.6
VIII	SYL	1.30	5	0.192	0.962	5.00	0.000	0.0300	0.0290	-3.33
IX	NH	1.30	4	0.218	0.881	4.04	1.00	0.0272	0.0280	2.75
X	NH	1.50	5	0.194	0.954	4.92	-1.60	0.0303	0.0270	-11.0
XI	KJM	1.40	4	0.177	0.697	3.93	-1.75	0.0221	0.0200	-9.61
XII	KJM	1.90	5	0.171	0.805	4.71	-5.80	0.0267	0.0240	-10.2
Average		-5.54					-2.03			-5.54
AbsMax							5.80			18.6

جدول

7: خلاصه نتایج طراحی SPSW 8 طبقه با  $(h_s: L = 1: 1.5)$

### 6.1. ترکیب اثرات P-Δ در فرمولاسیون طراحی

اثر P-Δ در روش PBPD پیشنهادی با اصلاح برش پایه طراحی گنجانده شده است. اصلاح برش پایه طراحی بر اساس معادله های 2-8 بدست می آید. برای فرمولاسیون اصلاح شده سیستم SPSW چند طبقه با یک سیستم SDOF دارای جرم موثر زلزله  $M$  ( $W = Mg$ ) و ارتفاع اصلی کل  $H_1$  جایگزین شد. برای ساده سازی فرمول بندی وزن/جرم موثر زلزله برای هر طبقه از اول حدس زده می شود. بار P-Δ برای هر طبقه ناشی از جرم موثر زلزله آن طبقه است، بنابراین نیروی P-Δ کل برای این سازه برابر  $P_D = W$  است. شکل 14 نمونه نمودار پوش آور خطی سازی شده برای سیستم SPSW چند طبقه را نشان می دهد که رفتار غیرالاستیک بار- تغییر شکل سازه SPSW با سیستم SDOF را نشان می دهد. شکل 14.a سیستم SPSW که اثر P-Δ برای آن در نظر گرفته نمی شود را شامل می شود که فقط شکل تغییر شکل یافته سیستم SDOF جایگزین شده در  $D = D_y$  و  $D = D_m$  را نشان می دهد. منحنی پوش آور بدون اثر P-Δ رفتار الاستیک پرفکت پلاستیک با برش پایه تسلیم  $V_{by}$  در تغییر مکان تسلیم بام  $D_y$  می باشد. شکل 14.b سیستم SPSW که اثر P-Δ برای آن در نظر گرفته می شود این قسمت از شکل دو حالت تغییر شکل در  $(D = D_m$  و  $D = D_y)$  و منحنی پوش آور خطی سازی شده را شامل می شود. وقتی اثر P-Δ برای رفتار در نظر گرفته می شود، سیستم SDOF رفتار نرمی بعد از تسلیم نشان می دهد ( $D > D_{y1}$ ) با تخمین تقاضای انرژی غیرالاستیک باقی مانده در سیستم صرف نظر از وجود یا عدم وجود اثر P-Δ برش پایه تسلیم اصلاح شده طراحی  $V_{by1}$  در فرآیند دو مرحله ای بدست می آید. در مرحله اول برش پایه طراحی اصلی،  $V_{by}$ ، با عدم در نظر گرفتن اثر P-Δ در فرمول طراحی 8 محاسبه می شود. در مرحله دوم،  $V_{by1}$  از برابر قرار دادن سطح زیر منحنی پوش آور سیستم بدون اثر P-Δ (شکل 14.a) و سیستم با در نظر گرفتن اثر P-Δ (شکل 14.b):

$$\frac{1}{2}(2D_m - D_y)V_{by} = \frac{1}{2}V_{by1}D_{y1} + \frac{1}{2}(V_{by1} + V_{b1})(D_m - D_{y1}) \quad (16)$$

رفتار نیرو - تغییر شکل در شکل 14.b مقدار  $V_{b1}$  کاهش یافته را می دهد:

$$V_{b1} = V_{by1} - \frac{P_D}{H_1}(D_m - D_{y1}) \quad (17)$$

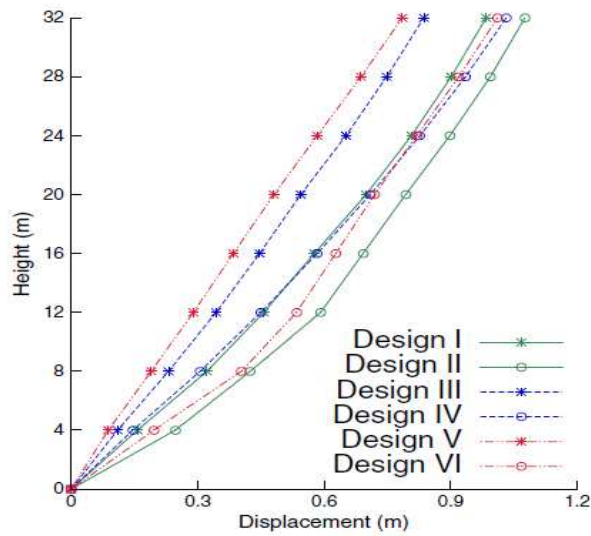
با توجه به این که سختی الاستیک/اولیه برای دو سیستم SDOF مشابه است، پس

$V_{by}/D_y = V_{by1}/D_{y1}$  و معادله 16 می تواند بدون  $V_{b1}$  و  $D_{y1}$  نوشته شود:

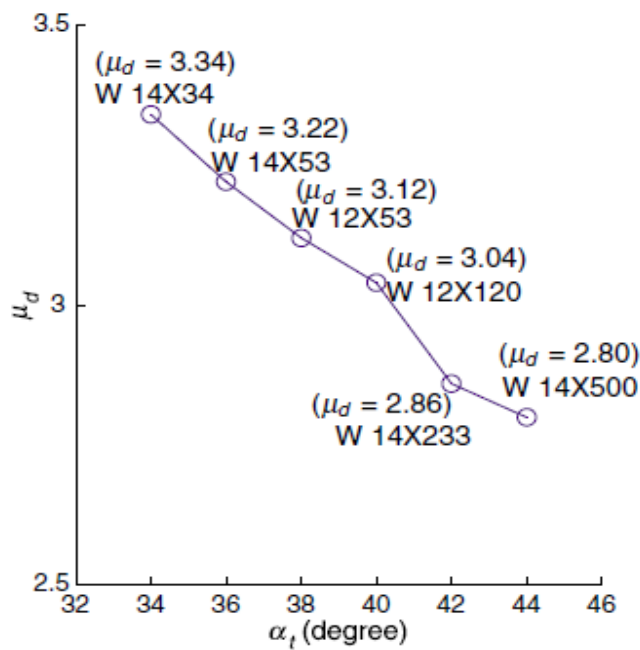
$$\begin{aligned} & \left(2V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)D_yV_{by1}^2 - 2\left(V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)V_{by}D_mV_{by1} \\ & + \left((2D_m - D_y)V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_m^2\right)V_{by}^2 = 0 \end{aligned} \quad (18)$$

حل این معادله درجه دوم برش پایه تسلیم با اثر  $P-\Delta$  ( $V_{by1}$ ) را با ترم  $V_{by}$  و بقیه پارامترهای معلوم را می دهد:

$$\begin{aligned} V_{by1} &= \frac{\left(V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)V_{by}D_m}{\left(2V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)D_y} \\ &+ \frac{\sqrt{\left(V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)^2V_{by}^2D_m^2 - \left(2V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)\left((2D_m - D_y)V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_m^2\right)V_{by}^2D_y}}{\left(2V_{by} + \frac{P_D}{H_1}D_y\right)D_y} \end{aligned} \quad (19)$$



شکل 7: نمودار تغییرمکان طراحی 8 طبقه برای  $(h_s:L = 1:1)$  تحت تغییرمکان ماکزیمم بام



شکل 8: تغییر در  $\mu_d$  ناشی از پیکربندی تیر برای طراحی II برای سیستم SPSW 4 طبقه

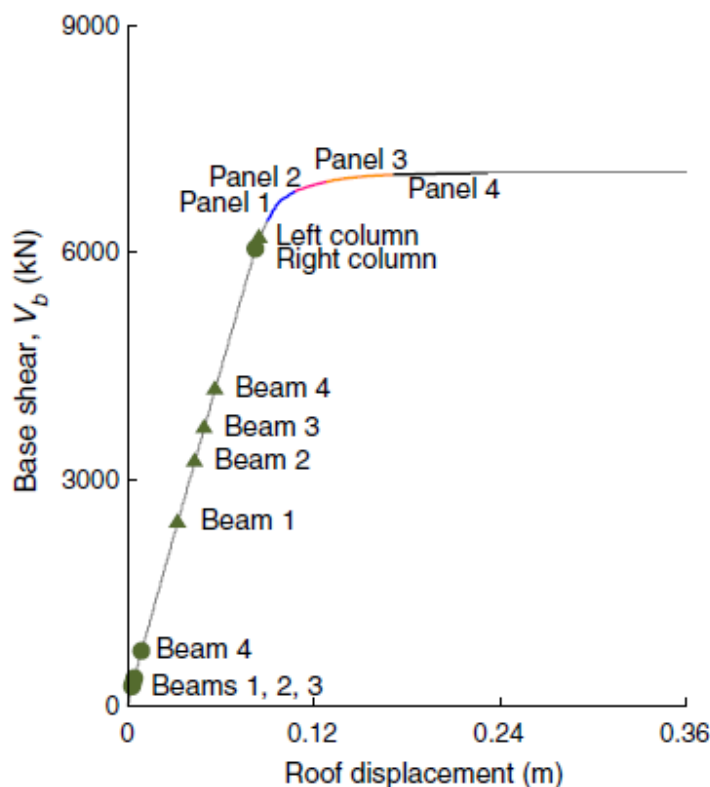
ارتفاع مودال اصلی  $H_1$  از رابطه زیر بدست می آید:

$$H_1 = \frac{\sum_{i=1}^n h_{si} m_i \phi_{i1}}{\sum_{i=1}^n m_i \phi_{i1}} \quad (20)$$

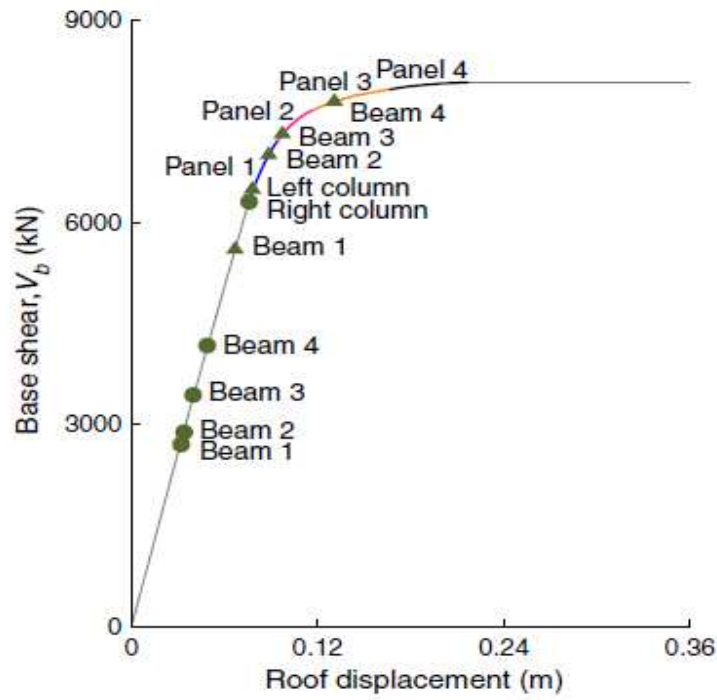
$\phi_{i1}$  بردار شکلی مود صلی طبقه  $i$  ام و  $m_i$  جرم تجمعی در طبقه  $i$  ام است. پس از بدست آوردن  $V_{by1}$ ، بقیه فرایند طراحی (شامل طراحی مولفه های مختلف سیستم SPSW) مانند فلوچارت نشان داده شده در شکل 5 است.

## 6.2. اعتبار سنجی روش طراحی اصلاح شده

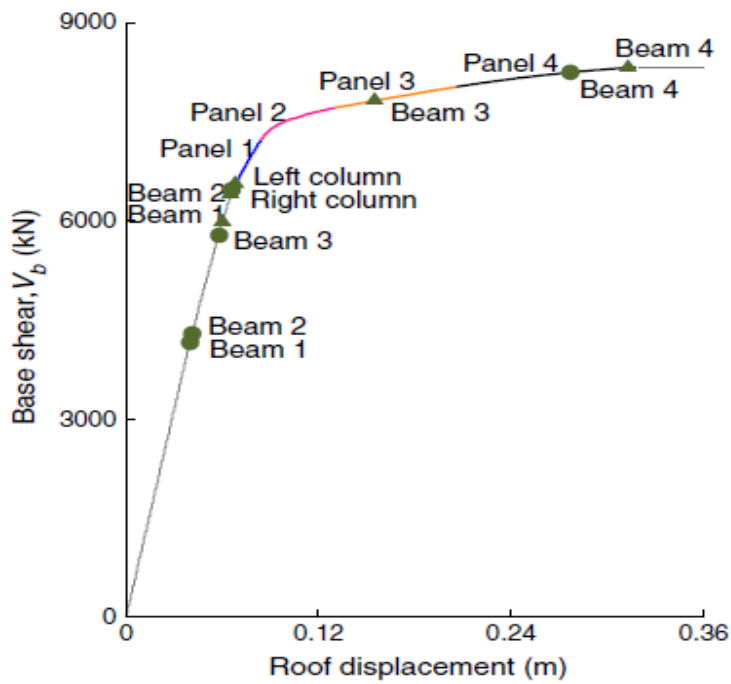
نمونه های طراحی برای سیستم SPSW 8 طبقه ( طراحی های II, IV و VI با نسبت ابعادی  $(h_s:L = 1:1)$  و طراحی VIII, X و XII با نسبت ابعادی  $(h_s:L = 1:1.5)$  در اینجا برای کنترل تاثیر در نظر گرفتن اثر P- $\Delta$  بررسی شد. نسبت شکل پذیری تغییر مکان هدف برای طراحی مجدد همان قبلی ( $\mu_t = 5$ ) در نظر گرفته شد. با P- $\Delta$  در هر طبقه برابر وزن موثر زلزله در آن طبقه در نظر گرفته شد. این طراحی مجدد مانند طراحی اصلی (بخش 5) با استفاده از NSPA و NLRHA و در حالتی که اثر P- $\Delta$  در نظر گرفته شده ارزیابی شد. جدول 8 و 9 خلاصه نتایج این طراحی مجدد را نشان می دهد. این جدول تنها مقایسه در طراحی اصلی در ترم های  $\mu_d$ ، Diff %، Average و Abs Max را نشان می دهد.



شکل 9: نمودار پوش اور برای با تسلیم پله ای طراحی II برای سیستم SPSW با  $\alpha_t = 34^\circ$

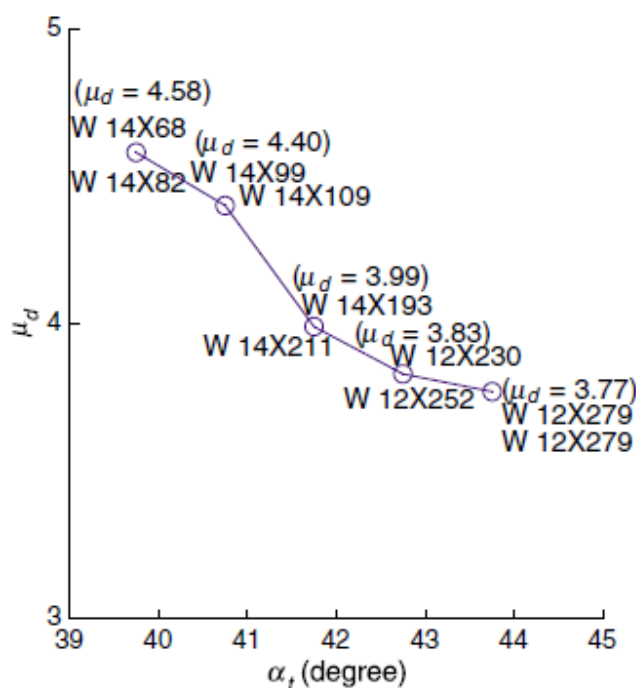


شکل 10 : نمودار پوش اور برای با تسلیم پله ای طراحی II برای سیستم SPSW با  $\alpha_t = 40^\circ$



شکل 11 : نمودار پوش اور برای با تسلیم پله ای طراحی II برای سیستم SPSW با  $\alpha_t = 44^\circ$

برای طراحی مجدد با  $h_s: L = 1:1$  (جدول 8) متوسط Diff برابر 12.5- بر خلاف طراحی اصلی که 22.1- بود. مقادیر متناظر با Abs Max و Diff برای طراحی مجدد و طراحی اصلی به ترتیب برابر 15.4 و 24.4 بود. جدول 8 نشان می دهد که برای هر حالت طراحی، روش طراحی اصلاح شده برای نزدیک شدن  $\mu_d$  به  $\mu_t$  بسیار اثر بخش است. نتایج برای  $h_s: L = 1:1$  (جدول 9) روش طراحی اصلاح شده را در موقعیت بهتری قرار می دهد. در اینجا مقدار Diff (-21.0) در طراحی اصلی به 9.87- در طراحی مجدد کاهش یافت. به طور مشابه AbsMax (=23.6) در طراحی اصلی به 13 در طراحی مجدد کاهش یافت.



شکل 12: تغییر در  $\mu_d$  ناشی از پیکربندی تیر برای طراحی I برای سیستم SPSW 8 طبقه

Design	Record	Scale factor	$\mu_t$	Modified method		Original method	
				$\mu_t$	% Diff.	$\mu_t$	% Diff.
II	SYL	1.30	5	4.23	-15.4	3.87	-23.4
IV	NH	1.50	5	4.58	-8.40	4.07	-18.6
VI	KJM	1.90	5	4.31	-13.8	3.78	-24.4
Average					-12.5		-22.1
AbsMax					15.4		24.4

جدول 8: خلاصه نتایج طراحی دوباره و طراحی اصلی SPSW 8 طبقه با  $(h_s: L = 1:1)$

Design	Record	Scale factor	$\mu_t$	Modified method		Original method	
				$\mu_t$	% Diff.	$\mu_t$	% Diff.
VIII	SYL	1.30	5	4.80	-4.00	4.10	-18.0
X	NH	1.50	5	4.35	-13.0	3.93	-21.4
XII	KJM	1.90	5	4.37	-12.6	3.82	-23.6
Average					-9.87		-21.0
AbsMax					13.0		23.6

جدول 9: خلاصه نتایج طراحی دوباره و طراحی اصلی SPSW 8 طبقه با  $(h_s: L = 1:1.5)$

### 7. خلاصه و نتیجه گیری

روش طراحی پلاستیک بر اساس عملکرد با توجه به انتخاب نسبت شکل پذیری تغییر مکان و مکانیسم تسلیم به عنوان اهداف عملکردی در این مقاله برای سیستم دیواربرشی فولادی با اتصالات صلب تیر به ستون ارائه شده است. 30 مورد طراحی برای 4 طبقه (ارتفاع کم) و 12 مورد طراحی برای 8 طبقه (ارتفاع متوسط) سیستم SPSW انجام شد. نسبت های تغییر مکان شکل پذیری مختلف با استفاده از روش PBPD ارائه شده، حرکت زمین طراحی، نسبت ابعاد پانل فولادی بدست آمد. ارزیابی عملکردی این طراحی نشان می دهد که برای حالتی که طراحی تنوع زیادی دارد، روش طراحی ارائه شده برای رسیدن به اهداف عملکردی بسیار موثر است.

روش طراحی ارائه شده تنها برای مقایسه راهنمای طراحی AISC موجود ورق دیوار برشی فولادی از میان نمونه های طراحی با 4 طبقه بود. هر دو روش طراحی برای دستیابی به یک حالت طراحی بود. روش طراحی ارائه شده برای



رسیدن به اهداف عملکردی تعیین شده در ابتدا بسیار تواناست در حالی که روش طراحی AISC به طور کامل نمی تواند از ظرفیت شکل پذیری ارائه شده توسط سیستم SPSW استفاده کند.

روش PBPD با تاثیر  $P-\Delta$  در هر جا که لازم است اصلاح شد. رابطه طراحی برای اصلاح برش پایه تسلیم طراحی در مواردی که انتظار می رود  $P-\Delta$  وجود داشته باشد، ارائه شد. 6 مورد مطالعه برای سیستم SPSW 8 طبقه با نسبت شکل پذیری هدف برابر، 5 نشان می دهد که روش PBPD ارائه شده، در رسیدن به اهداف عملکردی در مقایسه با روش PBPD اصلی ارائه شده در این تحقیق، بسیار موثرتر است. روش PBPD اصلاح شده هنوز باید برای سیستم های SPSW بلند، که در آن اثر  $P-\Delta$  قابل ملاحظه است، آزمایش شود. با این حال در مقیاس نسبی انتظار می رود که روش اصلاح شده برای هر مورد طراحی در مقایسه با روش PBPD اصلی ارائه شده در اینجا می تواند بسیار موثرتر باشد.

این مقاله، از سری مقالات ترجمه شده رایگان سایت ترجمه فا میباشد که با فرمت PDF در اختیار شما عزیزان قرار گرفته است. در صورت تمایل میتوانید با کلیک بر روی دکمه های زیر از سایر مقالات نیز استفاده نمایید:

لیست مقالات ترجمه شده ✓

لیست مقالات ترجمه شده رایگان ✓

لیست جدیدترین مقالات انگلیسی ISI ✓

سایت ترجمه فا ؛ مرجع جدیدترین مقالات ترجمه شده از نشریات معتبر خارجی