

بنام خدا

آموزش نرم افزار طراحی دیوار برشی فولادی



نویسنده: عقیل عسکری

www.ASKARISAZEHBLOGFA.com

مقدمه

این نرم افزار برای اولین بار پایه گذاری شده است. پس طبیعتاً قابل پیشرفت می باشد. این پیشرفت با انتقادات و پیشنهادات شما سریعتر انجام خواهد شد. با ما از طریق سایت و ایمیل زیر در ارتباط باشید.

www.ASKARISAZEHBLOGFA.com

ASKARISAZEHBLOGFA@yahoo.com

بخش اول: معرفی سیستم

دیوار برشی فولادی

دیوار برشی فولادی (SPSW= Steel Plate Shear Wall)

در یک سازه نیاز به اجزایی برای کنترل و تحمل نیروهای جانبی است. رایج ترین این اجزا بادبندها و دیوار برشی ها هستند.

دیوار برشی های رایج در ایران اکثرا به صورت بتن آرمه انجام می شوند. این دیوارها دارای سختی خوبی هستند اما ایراداتی دارند که باعث نارضایتی است از جمله:

- ✓ وزن زیاد
- ✓ نیروی رانش بالا
- ✓ نیاز به قرینه بودن دیوارها
- ✓ وقت گیر بودن
- ✓ نیاز به نیروی متخصص
- ✓ ...

این ایرادات در سیستم دیوار برشی فولادی برطرف شده اند.

اجزای دیوار برشی فولادی

دیوار برشی فولادی از یک ورق نازک بین دو ستون (VBE) و دو تیر (HBE) تشکیل شده است.

تاریخچه دیوار برشی فولادی

موارد متعددی از کاربرد این سیستم در دهه ۱۹۷۰ در کشورهای چون ژاپن و ایالات متحده قابل گزارش است اما با ارائه ضوابط طراحی دیوارهای برشی فولادی توسط آیین نامه طراحی لرزه ای سازه های فولادی ایالات متحده (AISC 341) در سال ۲۰۰۵ گسترش سیستم سرعت قابل ملاحظه ای یافت.

سازه های دارای سیستم دیوار برشی فولادی

کاربردهای سیستم در ایالات متحده

✓ هتل ۳۰ طبقه در تگزاس

✓ بیمارستان ۶ طبقه سیلمار در لس آنجلس :

سیستم سازه ای: در دو طبقه اول قاب فولادی با دیوار برشی بتن آرمه و در چهار طبقه بعدی دیوار برشی فولادی.

- علت به کارگیری دیوارهای برشی فولادی بر اساس گزارش: کاهش وزن فولاد مصرفی تا حدود ۵۰ درصد در مقایسه با قاب خمشی فولادی، کاهش وزن سازه به کمک حذف دیوارهای برشی بتن آرمه، استفاده بهینه از فضای مفید معماری، افزایش سرعت اجرا، امکان تعبیه بازو (درب و پنجره) های مورد نظر.

بیمارستان سیلمار در زلزله های ویتیر و نورتریج (سال های ۱۹۸۷ و ۱۹۹۴) تنها متحمل خسارات اندک غیرسازه ای شد.

✓ ساختمان ۲۲ طبقه دادگستری در سیاتل واشنگتن

✓ ساختمان ۵۲ طبقه در سانفرانسیسکو کالیفرنیا

کاربردهای سیستم در ژاپن و سایر نقاط جهان

✓ ساختمان ۵۲ طبقه اداری در توکیو (۱۹۷۵)

✓ ساختمان ۲۰ طبقه اداری در توکیو (۱۹۷۰)

✓ برج ۳۵ طبقه کوپه ژاپن

- سیستم سازه ای این ساختمان سیستم دوگانه قاب خمشی به همراه دیوار برشی فولادی است. این سازه در سال ۱۹۸۸ ساخته شده و در سال ۱۹۹۵ در معرض زلزله کوبه قرار گرفت. بررسی های انجام شده بعد از زلزله بر روی این سازه نشان داد که آسیب کلی به آن وارد نشده و کلیه آسیب ها جزئی بوده اند.

✓ ساختمان ۷۵ طبقه در تیانجین چین

مزایای سیستم دیوار برشی فولادی

مزایای کلی

- ۱- کاهش وزن فولاد مصرفی
وزن اندک ورق فولادی، ساده شدن الزامات طراحی به دلیل رفتار مناسب سیستم (و دارا بودن ضریب رفتار بالا) به همراه عملکرد مؤثر در کنترل تغییرشکل های سازه ای به واسطه داشتن سختی جانبی زیاد، منجر به کاهش وزن اسکلت طراحی شده می شود
- ۲- ایمنی و مقاومت بالای لرزه ای بواسطه پیوستگی، شکل پذیری و استحکام بالای ورق فولادی و اتصالات آن
- ۳- اجرای آسان به دلیل:
 - استفاده از اتصال مفصلی با جوش گوشه در همه اتصالات قاب به جز اتصال اعضای احاطه کننده ورق فولادی
 - حمل و نصب آسان ورق فولادی به دلیل وزن کم، انعطاف بالا و برش کاری و آماده سازی آن در محل کارخانه
 - کوچک بودن بعد جوش اتصال ورق فولادی و اجرای آن تنها با یک عبور (پاس) جوش. همچنین امکان حذف جوش و اجرای اتصال به کمک پیچ و مهره.

مزایای معماری

- ۱- اشغال کمتر فضای معماری نسبت به سایر سیستم های باربر جانبی
- ۲- امکان تعبیه بازشو (درب یا پنجره): در دیوارهای برشی فولادی مشروط به در نظر گرفتن سخت کننده های لازم امکان تعبیه بازشو در هر ابعادی وجود دارد در حالی که این امکان در سیستم مهاربندی ۷ محدود است و در مهاربندی X وجود ندارد و در دیوار برشی بتنی با محدودیت اندازه و جزئیات اجرایی دشوار مواجه است.

مزایای رفتاری

- ۱- شکل پذیری و قابلیت جذب انرژی بالاتر نسبت به سیستم های مهاربندی و دیوار برشی بتن آرمه.

۲- عدم حساسیت ویژه به نحوه اجرای اتصالات جوشی بر خلاف سیستم قاب خمشی که در آن در صورت شکست جوش اتصال تحت بار جانبی، ریزش طبقه و خرابی پیش رونده رخ خواهد داد

۳- ایمنی تامین شده توسط دیوار برشی فولادی به دلیل دارا بودن درجه نامعینی زیاد و پیوستگی جوش به کار رفته در اتصال آن از سیستم های مهاربندی و قاب خمشی بالاتر و با سیستم دیوار برشی بتن آرمه قابل مقایسه است .

۴- در سیستم دیوار برشی فولادی در شرایط وقوع زلزله تسلیم و خرابی در ورق فولادی قابل تعویض و تا حد کمتری در نقاط انتهایی تیرهای بالا و پایین آن متمرکز شده و سایر تیرها و ستون های سازه از وقوع تسلیم در امان خواهند ماند در نتیجه هزینه بازسازی ساختمان پس از زمین لرزه به حداقل رسانده می شود.

مزایا نسبت به سیستم قاب خمشی

۱- تا ۵۰ درصد وزن کمتر اسکلت: سختی جانبی بسیار بالاتر سیستم دیوار برشی فولادی در مقایسه با سیستم قاب خمشی سبب کنترل مؤثرتر تغییر شکل های سازه می شود. این عامل در کنار ضریب رفتار بالاتر سیستم (تا ۲,۵ برابر) که منجر به کاهش بارهای لرزه ای آن می شود کاهش چشمگیر وزن اسکلت را به همراه دارد.

۲- اجرای آسان تر و سریعتر: جوش های نفوذی کامل اتصالات قاب های خمشی منجر به دشواری و کندی اجرای آن می شوند در حالی که در سیستم دیوار برشی فولادی جز در دهانه های دیوار سایر اتصالات از نوع مفصلی هستند.

مزایا نسبت به سیستم مهاربندی

۱- کاهش وزن فولاد مصرفی: در شرایطی که به دلیل ضعف سیستم مهاربندی در کنترل تغییر شکل ها استفاده از سیستم دوگانه ضرورت می یابد، استفاده تنها از سیستم دیوار برشی فولادی به دلیل داشتن سختی بالاتر کافی خواهد بود. داشتن ضریب رفتار بالاتر (تا ۱,۷ برابر) نیز به کاهش وزن اسکلت کمک خواهد کرد.

۲- رفتار بهتر لرزه ای: در سیستم مهاربندی نیروهای لرزه ای در محل اتصالات تمرکز می یابند در حالی که در سیستم دیوار برشی فولادی این نیروها توسط ورق دیوار در تمامی نقاط تیر و ستون های احاطه کننده توزیع می شوند.

مزایا نسبت به دیوار برشی بتن آرمه

- ۱- وزن بسیار کمتر: وزن قابل توجه دیوار بتنی علاوه بر اعمال سربار بر تیرهای تحتانی منجر به افزایش قابل توجه وزن سازه و نیروهای لرزه ای جذب شده می شود.
- ۲- ضریب رفتار بالاتر: بدون در نظر گرفتن سیستم دوگانه «قاب خمشی ویژه + دیوار برشی بتن آرمه ویژه» که به دلیل مشکلات خاص اجرایی کمتر مورد توجه قرار می گیرد، ضریب رفتار سیستم دیوار برشی فولادی ۱٫۲۵ تا ۲ برابر از معادل بتنی خود بیشتر است که به تناسب این افزایش بارهای لرزه ای نیز کاهش می یابند.
- ۳- فرایند اجرای بسیار ساده تر: به دلیل وجود مراحل آرماتوربندی، قالب بندی، گیرش بتن و قالب برداری در فرایند اجرای دیوار برشی بتنی، اجرای سیستم دیوار برشی فولادی به مراتب سریعتر و آسان تر است .

جدول مقایسه سیستم های باربری جانبی مختلف

پارامتر مورد مقایسه	سیستم سازه ای			
	دیوار برشی فولادی	قاب خمشی متوسط (ویژه)	قاب مهاربندی شده هم محور (برون محور)	دیوار برشی بتنی متوسط (ویژه)
ضریب رفتار	10	7 (10)	6 (7)	7 (8)
سختی جانبی	زیاد	کم	متوسط	خیلی زیاد
بار مرده ناشی از وزن اعضای غیر از تیر و ستون	خیلی کم	-----	متوسط	زیاد
سرعت و سهولت اجرا	آسان	متوسط	متوسط	دشوار
میزان اشغال فضای معماری توسط اسکلت سازه ای	ناچیز	زیاد	زیاد	خیلی زیاد
امکان تعبیه بازشو	مقدور	بدون مشکل	غیر ممکن (محدود)	پرهزینه و خیلی دشوار
ایمنی سازه ای	خیلی زیاد	متوسط (زیاد)	کم (متوسط)	زیاد
هزینه بازسازی و استفاده مجدد پس از وقوع زلزله	خیلی کم	خیلی زیاد	زیاد (خیلی زیاد)	خیلی زیاد
نیاز به نیروی متخصص جهت اجرا	خیر	بلی	خیر	بلی

برگرفته از سایت باستان پل

بخش دوم: نرم افزار SPSW Designer

در این نرم افزار شما می توانید سه نوع دیوار برشی و المانهای آنها را طراحی کنید:

۱- دیوار برشی ساده

این نوع دیوار برشی به صورت یک ورق ساده در بین المان های افقی (تیر) و المان های قائم (ستون) جوش داده می شود.

۲- دیوار برشی سوراخدار

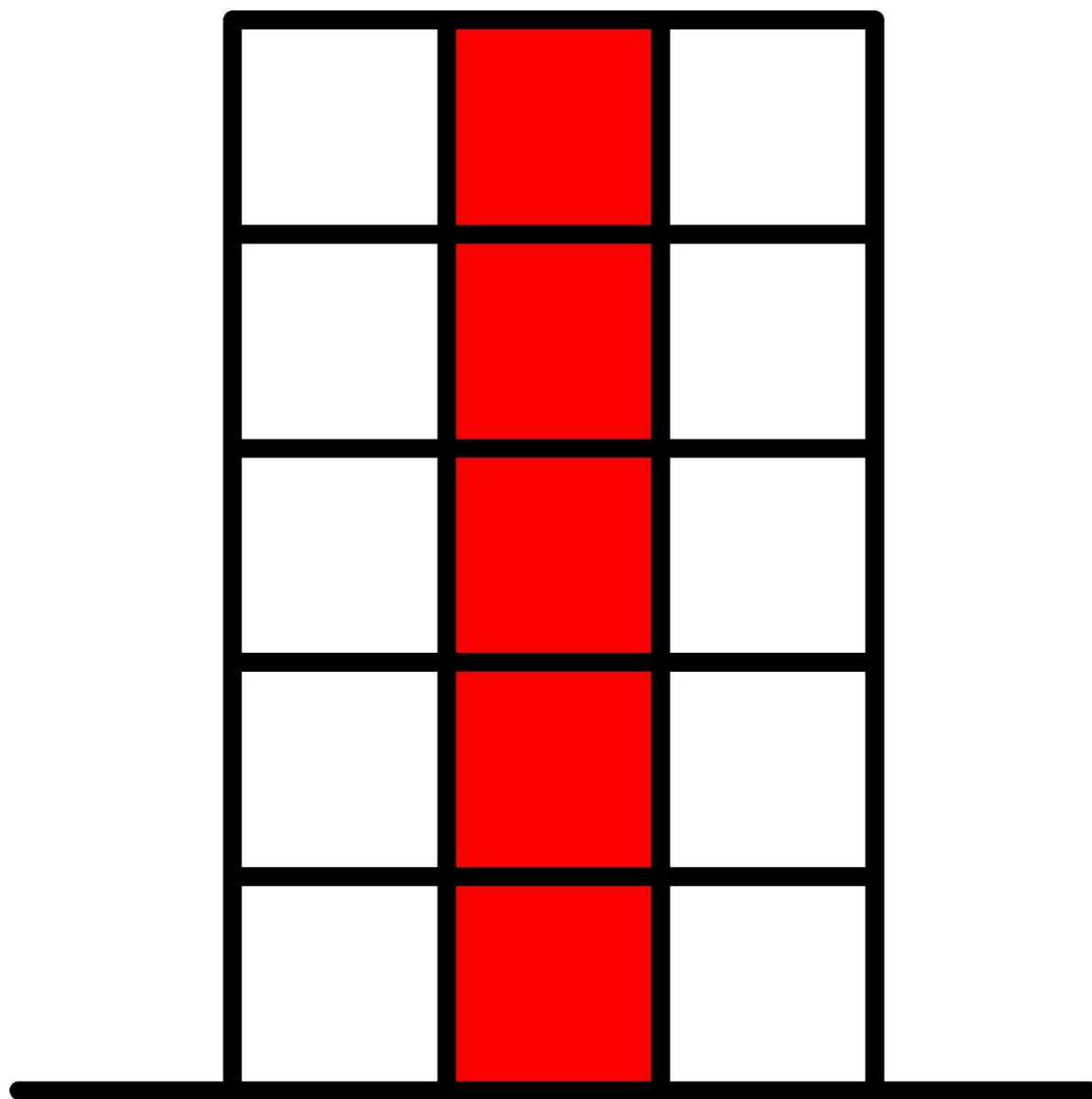
این نوع دیوار مقاومت کمتری نسبت به دیوار برشی ساده دارد اما مزیت این نوع دیوار برشی نسبت به نوع ساده پخش بار و مقاومت بیشتر در مقابل کمانش است. طبق تحقیقات و آزمایشات انجام شده در سراسر دنیا اگر دیوار برشی سوراخدار نباشد کل کمانش در وسط صفحه اتفاق می افتد. اما در صورت ایجاد سوراخ این کمانش در کل صفحه پخش می شود.

۳- دیوار برشی سخت شده (بازشو دار)

در صورت نیاز به بازشو (در یا پنجره) از این نوع دیوار استفاده می شود که در این صورت باید از استیفنر (سخت کننده) در اطراف بازشو استفاده کرد.

بخش سوم: طراحی دیوار برشی ساده با نرم افزار

SPSW Designer



بعد از نصب نرم افزار آن را باز کرده و دیوار برشی ساده را انتخاب نمایید.

➤ پارامتر ها را وارد نمایید:

T_w ضخامت حدسی ورق

T_{wup} ضخامت ورق طبقه بالا

F_y تنش تسلیم فولاد ورق

L طول دهانه (فاصله آکس تا آکس ستون ها)

L_{cf} طول ورق (طول دهانه منهای عرض ستون)

H ارتفاع ورق

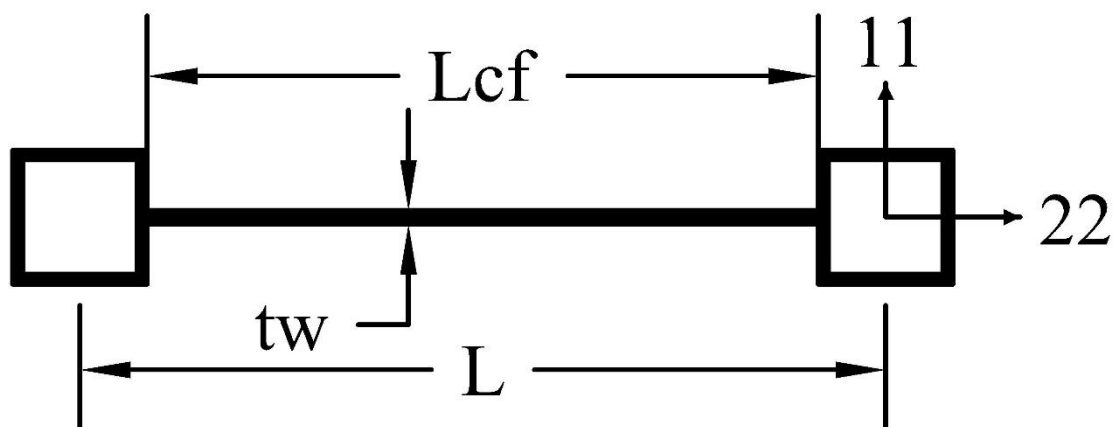
A_b سطح مقطع اعضای افقی (تیرها)

A_c سطح مقطع اعضای قائم (ستون های کناری)

I_c ممان اینرسی تیرها حول محور افقی

V_u نیروی برشی وارده

E مدول الاستیسیته فولاد ورق



$$I_c = I_{11}$$

شکل ۱- برش افقی از اتصال ورق به ستون ها

برای هر طبقه یک بار ورودی ها را وارد کرده و ضخامت را محاسبه نمایید.
پیشنهاد ما برای ستون ها مقاطع قوطی پر شده با بتن خودتراکم (cft) است.

➤ روی **RUN!** کلیک نمایید.

➤ خروجی ها:

Capacity ظرفیت دیوار برشی

SR نسبت تنش (Stress Ratio)

Twmin حداقل ضخامت ورق برای ارضای فشردگی

I HBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) برای تیر بالای دیوار

I VBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) ستون های اطراف دیوار

Wu بار خطی وارده به تیر

نکته: در اثر زلزله و حرکت دیوار، دیوار به تیر بالای سر خود ضرباتی را وارد می کند. این ضربات با بار خطی محاسبه شده معادل شده و بایستی به تیر و در جهت پایین وارد شود. دقت شود که این بار در نرم افزار به صورت Kg/Cm داده می شود.

اگر ضخامت حداقل رعایت نشده باشد کادر به رنگ قرمز در می آید.

بدست آوردن V_u از ETABS

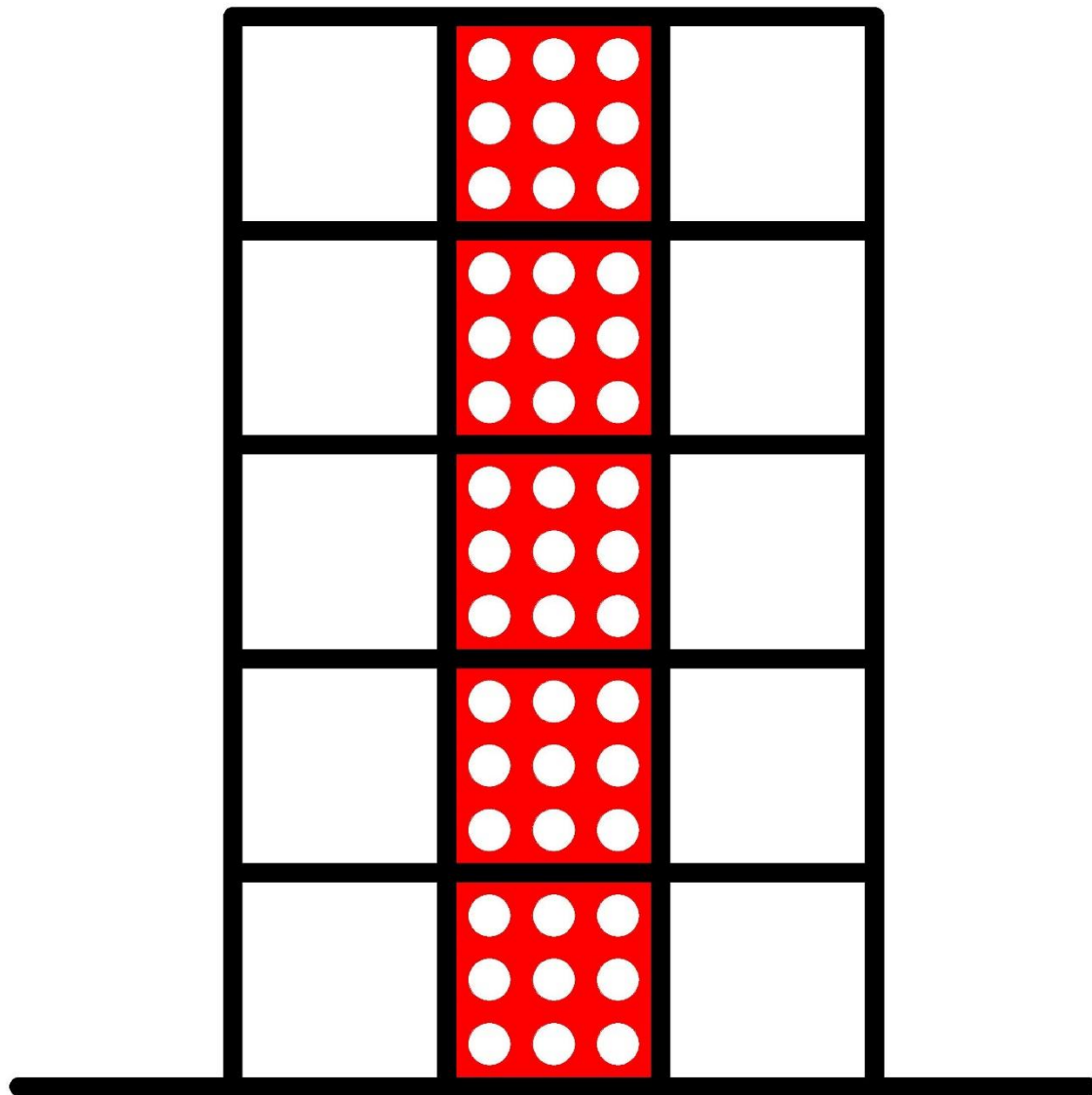
بعد از آنالیز:

Display → Show table → Building output → Story Shears

در هر طبقه برش را به شما می دهد.

بخش چهارم: طراحی دیوار برشی سوراخدار با نرم افزار

SPSW Designer



بعد از نصب نرم افزار آن را باز کرده و دیوار برشی سوراخدار را انتخاب نمایید.

➤ پارامتر ها را وارد نمایید:

T_w ضخامت حدسی ورق

T_{wup} ضخامت ورق در طبقه بالا

F_y تنش تسلیم فولاد ورق

L طول دهانه (فاصله آکس تا آکس ستون ها)

L_{cf} طول ورق (طول دهانه – عرض ستون)

H ارتفاع ورق

A_b سطح مقطع اعضای افقی (تیرها)

A_c سطح مقطع اعضای قائم (ستون های کناری)

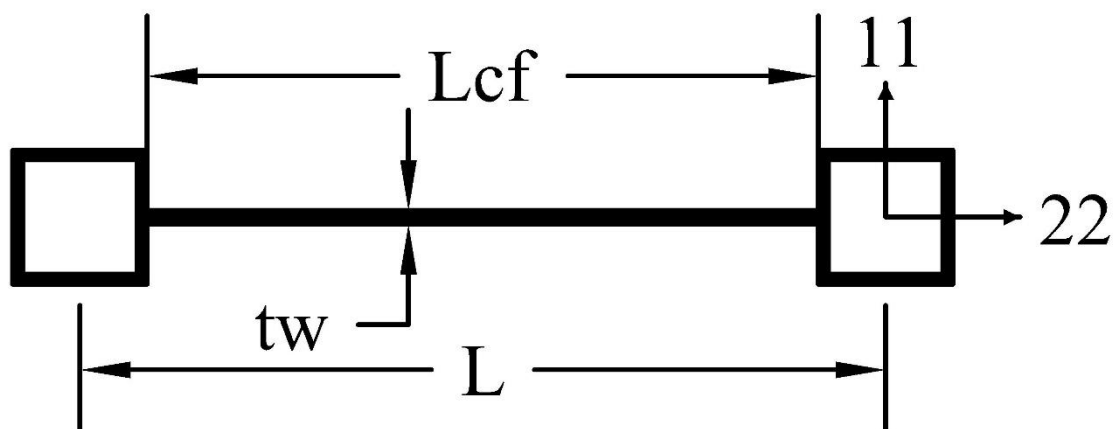
I_c ممان اینرسی تیرها حول محور افقی

V_u نیروی برشی وارده

D قطر سوراخها (۱ تا ۳۰ سانتیمتر)

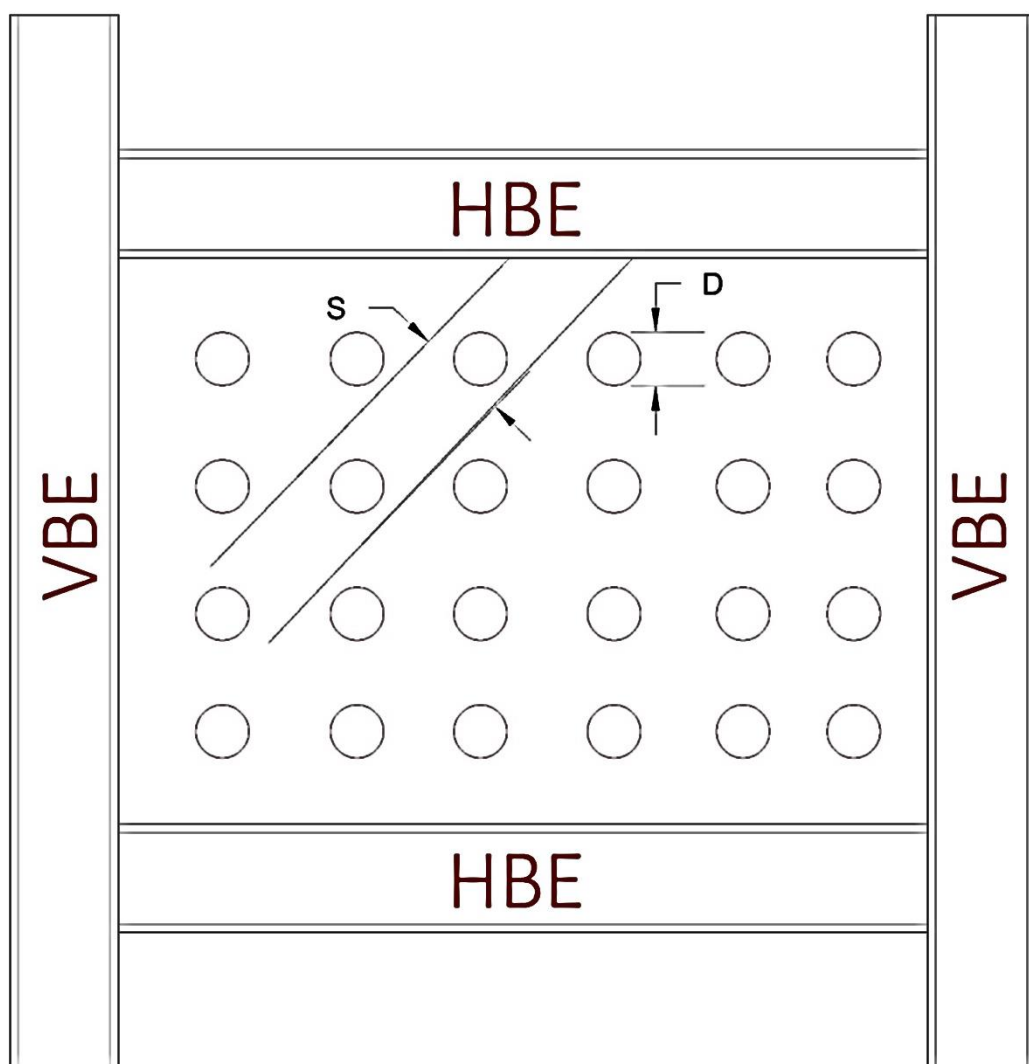
S فاصله قطری سوراخ ها (۳۰ تا ۵۰ سانتیمتر)

E مدول الاستیسیته فولاد ورق



$$I_c = I_{11}$$

شکل ۲- برش افقی از اتصال ورق به ستون ها



شکل ۳- نمای روبروی دیوار برشی فولادی سوراخدار

برای هر طبقه یک بار ورودی ها را وارد کرده و ضخامت را محاسبه نمایید.
پیشنهاد ما برای ستون ها، مقاطع قوطی پر شده با بتن خودتراکم (cft) است.

➤ روی **RUN!** کلیک نمایید.

➤ خروجی ها:

Capacity ظرفیت دیوار برشی

SR نسبت تنش (Stress Ratio)

Twmin حداقل ضخامت ورق برای ارضای فشردگی

I HBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) برای تیر بالای دیوار

I VBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) ستون های اطراف دیوار

Wu بار خطی وارده به تیر

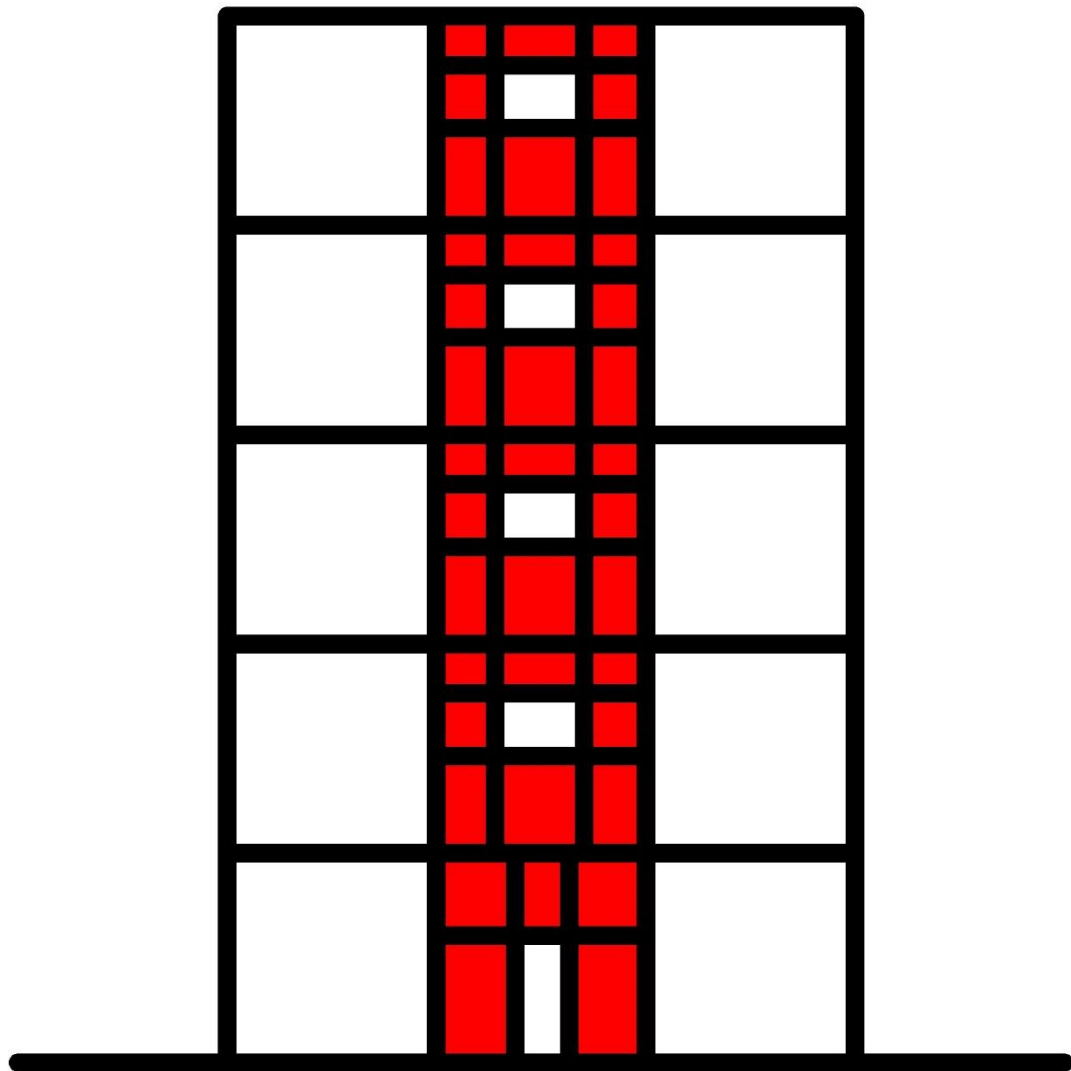
نکته: در اثر زلزله و حرکت دیوار، دیوار به تیر بالای سر خود ضرباتی را وارد می کند. این ضربات با بار خطی محاسبه شده معادل شده و بایستی به تیر و در جهت پایین وارد شود.
دقت شود که این بار در نرم افزار به صورت Kg/Cm داده می شود.

اگر ضخامت حداقل رعایت نشده باشد کادر به رنگ قرمز در می آید.



بخش پنجم: طراحی دیوار برشی سخت شده با نرم افزار

SPSW Designer



بعد از نصب نرم افزار آن را باز کرده و دیوار برشی سخت شده را انتخاب نمایید.

➤ پارامترها را وارد نمایید:

F_y تنش تسلیم فولاد ورق

E مدول الاستیسیته فولاد ورق

A_b سطح مقطع اعضای افقی (تیرها)

A_c سطح مقطع اعضای قائم (ستون های کناری)

I_c ممان اینرسی تیرها حول محور افقی

L طول دهانه (فاصله آکس تا آکس ستون ها)

H ارتفاع ورق

V_u نیروی برشی وارده

T_{wup} ضخامت ورق طبقه بالا

$L1$ فاصله لبه ی سمت چپ دیوار تا آکسِ المان A (شکل ۴)

$L2$ فاصله آکسِ المان B تا آکسِ المان A (شکل ۴)

$L3$ فاصله لبه ی سمت راست دیوار تا آکسِ المان B (شکل ۴)

$H1$ فاصله لبه ی بالای دیوار تا آکسِ المان D, F, H (شکل ۴)

H2 فاصله آکسی المان C,E,G تا آکسی المان D,F,H (شکل ۴)

H3 فاصله لبه‌ی پایین دیوار تا آکسی المان C,E,G (شکل ۴)

T1,2,3 ضخامت پلیت های شماره ۱و۲و۳ (شکل ۴)

T4,5 ضخامت پلیت های شماره ۴و۵ (شکل ۴)

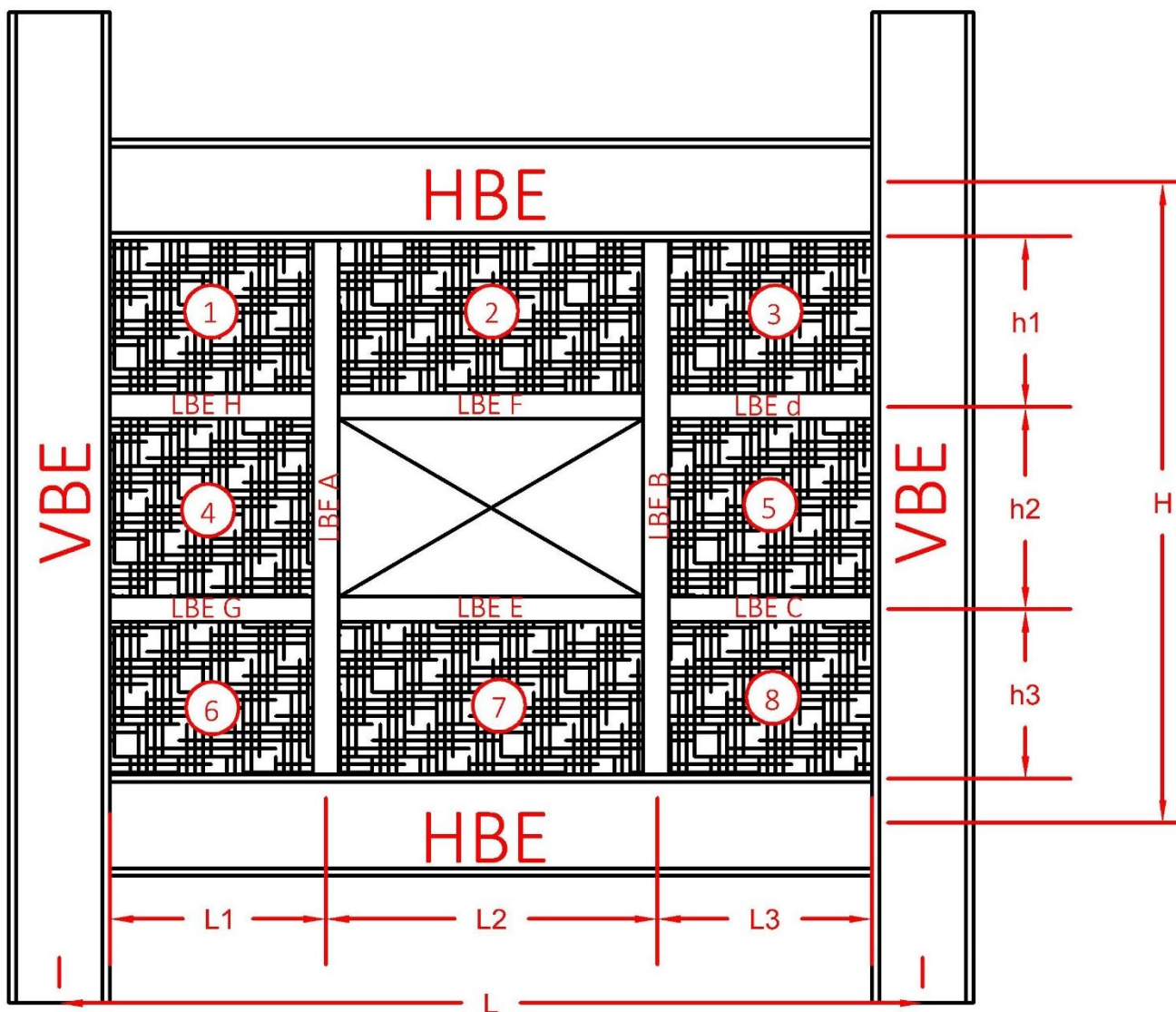
T6,7,8 ضخامت پلیت های شماره ۶و۷و۸ (شکل ۴)

بعد از وارد کردن پارامترها، نوع اتصال المانهای فرعی (سخت کننده ها) را با کلیک روی نوع مورد نظر انتخاب نمایید. این اتصال می تواند به صورت مفصلی یا گیردار باشد. بدیهی است که در صورت اجرای اتصالات المانهای فرعی به صورت گیردار، مقطع موردنیاز به ممان اینرسی کمتری نیاز دارد.

نکته: اتصال انتخابی فقط برای المانهای فرعی (A تا H) می باشد. اتصالات المانهای اصلی (HBE و VBE) به صورت گیردار بایستی اجرا شود.

نکته: در این نرم افزار المانهای فرعی همگی به صورت جداگانه طراحی می شود. اما پیشنهاد ما این است که برای اجرای آسان المان های D,F,H را با مقطع یکسان و المان های C,E,G را نیز با مقطع یکسان اجرا کنید. این مقطع یکسان باید بزرگترین ممان اینرسی را در بین خروجی المانها داشته باشد.

نکته: در صورت نیاز به بازشو برای درب، مقدار H3 بایستی 0 وارد شود.



شکل ۴- نمای روبروی دیوار برشی سخت شده (بازشودار)

خروجی ها:

Capacity ظرفیت دیوار برشی

SR نسبت تنش (Stress Ratio)

Twmin حداقل ضخامت ورق برای ارضای فشردگی

I HBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) برای تیر بالای دیوار

I VBE حداقل ممان اینرسی موردنیاز (در جهت قوی) ستون های اطراف دیوار

Wu بار خطی وارده به تیر

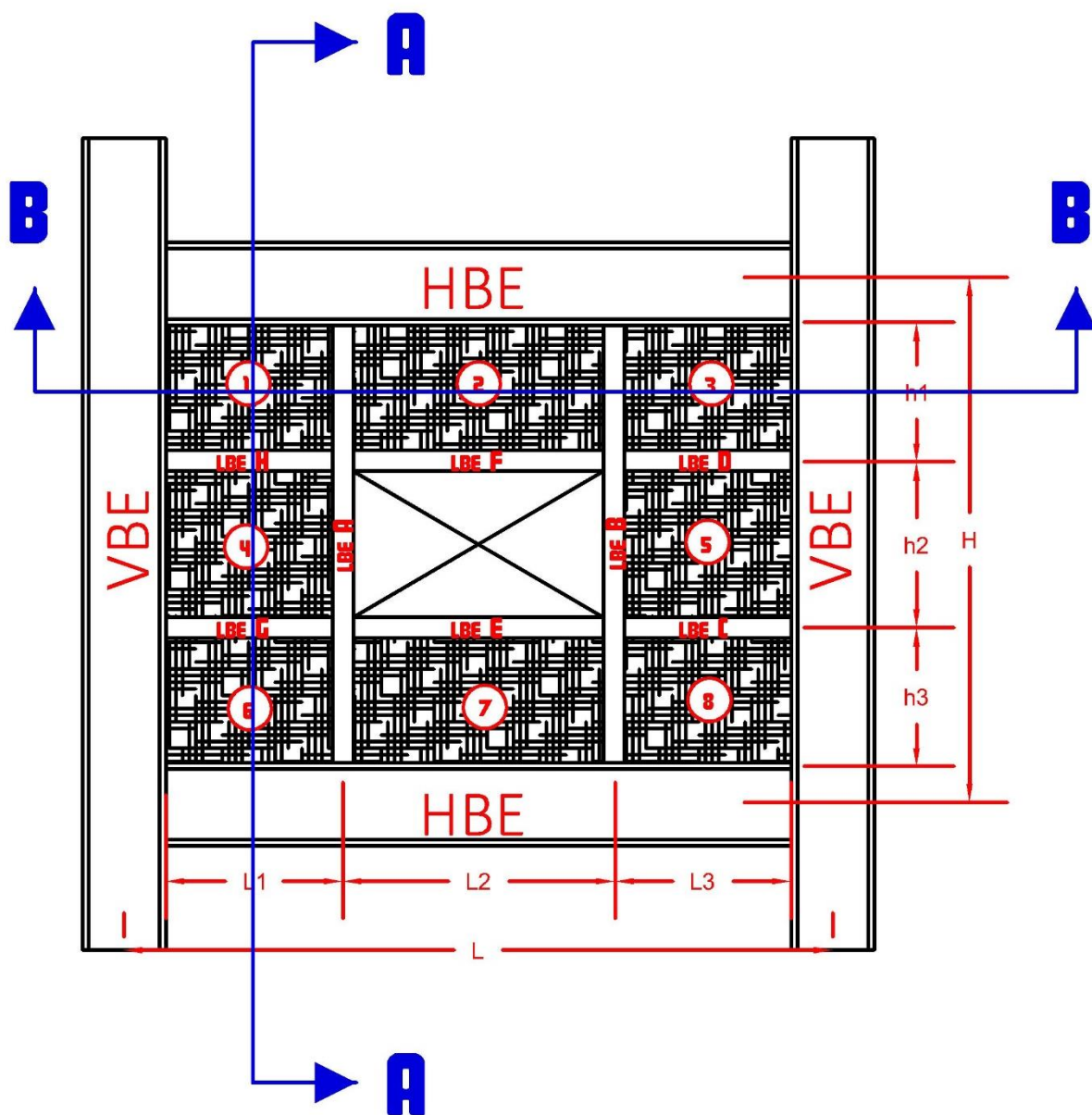
نکته: در اثر زلزله و حرکت دیوار، دیوار به تیر بالای سر خود ضرباتی را وارد می کند. این ضربات با بار خطی محاسبه شده معادل شده و بایستی به تیر و در جهت پایین وارد شود. دقت شود که این بار در نرم افزار به صورت Kg/Cm داده می شود.

در قسمت ورق ها، ظرفیت ورق (Capacity)، نسبت تنش (SR)، حداقل ضخامت ورق برای ارضای فشردگی (Twmin) برای هر ورق با توجه به شکل ۴ داده شده است. اگر ضخامت حداقل رعایت نشده باشد کادر به رنگ قرمز در می آید.

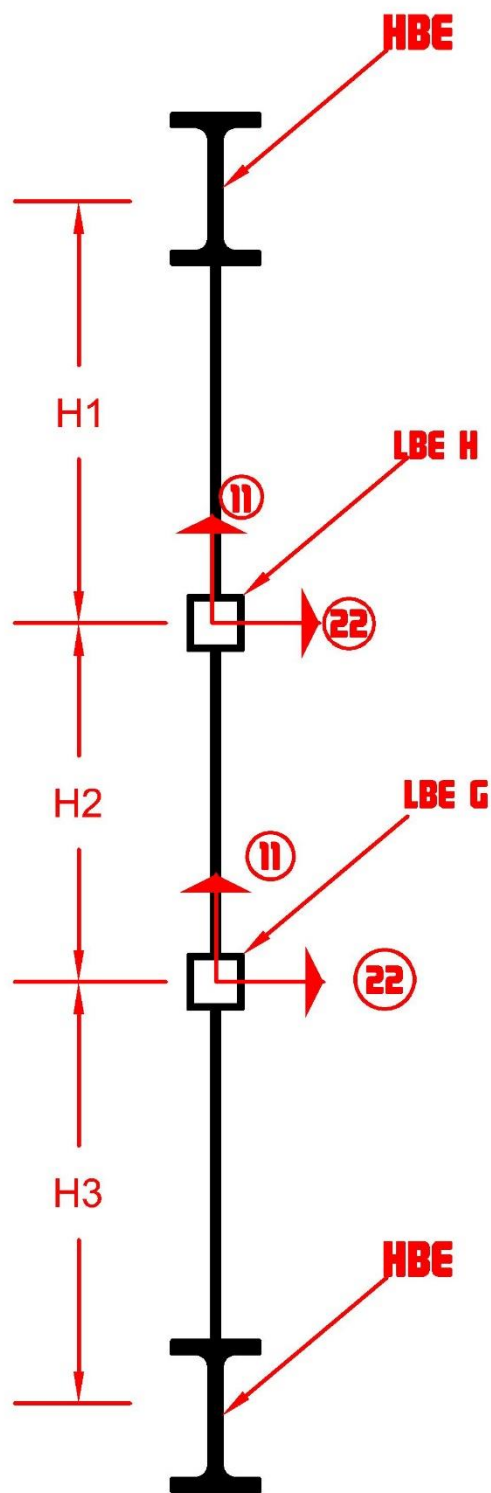
در قسمت سخت کننده ها، حداقل ممان اینرسی موردنیاز در جهت صفحه (I11) و در جهت عمود به صفحه (I22) داده شده است.

جهت درک بیشتر جهت ممان اینرسی ها به شکل زیر توجه شود:

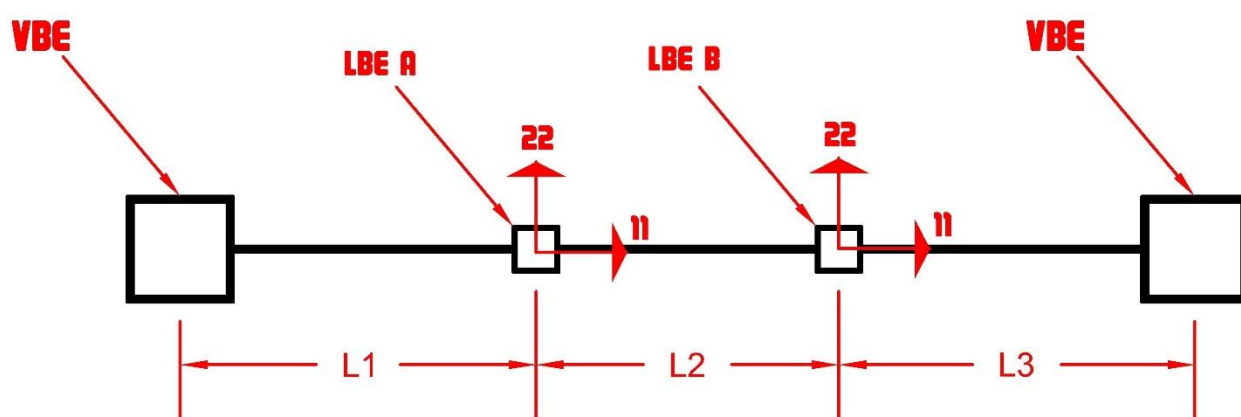
در شکل های زیر برای المانهای فرعی (سخت کننده ها) از مقطع قوطی استفاده شده است.



شکل ۵- نمای روبروی دیوار برشی برای درک المانها



شکل ۶- برش A-A (دید از بالا)



شکل ۷- برش B-B (دید جانبی)

بخش ششم: روند طراحی کلی ساختمان

۱- ساختمان در نرم افزار مربوطه (ETABS, SAP2000,...) مدل شود. در این مدلسازی دیوار

برشی نیز باید تعریف و مدل شود.

۲- بارگذاری کامل ساختمان انجام شده و سازه آنالیز شود.

۳- برش طبقات استخراج شود. این عملیات به صورت زیر انجام می شود:

بدست آوردن V_u از ETABS

Display → Show table → Building output → Story Shears

۴- نرم افزار SPSW Designer را باز کنید. برای هر طبقه یک بار طراحی باید انجام شود. این

کار را از بالاترین طبقه شروع کنید. ورودی ها را بر اساس واحد Kg-f-Cm وارد کنید.

۵- یک ضامت ایده آل برای دیوارهای هر طبقه بدست بیاورید.

۶- بار خطی (W_u)، ممان اینرسی تیر بالای دیوار (I_{HBE}) و ستون های هر طبقه (I_{VBE}) را

یادداشت کنید. برای این کار می توانید از منوی file.... Save as استفاده کنید.

۷- حال به نرم افزار اصلی خود (ETABS, SAP2000) بازگردید.

۸- بار خطی به دست آمده در هر طبقه را بر اساس واحد خود (Kg-f-Cm) به تیرهای مربوطه

وارد کنید.

۹- دیوارها را بر اساس خروجی ضخامت نرم افزار SPSW Designer بسازید و در هر طبقه قرار

دهید.

۱۰- برای تیرهای بالای دیوار و ستونهای اطراف دیوار نیز مقطعی را انتخاب کنید که حداقل

ممان اینرسی اعلام شده را داشته باشد.

۱۱- می توان برای اطمینان نتایج جدید را بازم در نرم افزار SPSW Designer کنترل کرد.

موفق باشید.

به امید روزی که به سبک سازی اهمیت داده شود...

عقیل عسکری - پاییز ۹۵