بررسی روش ترکیب سیستم ها در ارتفاع برای ساختمان های اضافه بنا با روش LSF

نویسنده: میلاد جدیدالاسلامی[1]

[1]میلاد جدیدالاسلامی، طراح سازه و مدیر انستیتو ال اس اف ایران، miladeslami99@gmail.com

مخاطب مقاله: مهندسین طراح و کنترلرهای محترم سازه در کل کشور

فروردین ۱۴۰۵

/https://lsfinstitute.com
https://www.aparat.com/lsfinstitute

۱- مقدمه

موضوع اضافه بنا یا اضافه اشکوب در صنعت ساختمان به معنی اضافه کردن یک یا چند طبقه ساختمان به یک ساختمان موجود است. در سال های اخیر به دلایل مختلف از جمله افزایش قیمت زمین، اضافه بنا به یکی از گزینه های روی میز مردم برای احداث ساختمان جدید تبدیل شده است. یکی از انواع سازه هایی که میتوان برای اضافه بنا در نظر گرفت، سازه فولادی سرد نورد شده یا همان LSF است که در سال های اخیر در کشور ما نیز رونق زیادی یافته است و گروهی از مردم تمایل دارند که از این نوع سازه برای احداث اضافه بنا استفاده نمایند. مساله که در این راستا به وجود آمده است موضوع تاثیر سازه ای طبقه ال اس اف اضافه شده به سازه موجود است که توسط برخی از متخصصین حوزه سازه مطرح شده است. در این میان عده ای معتقدند که سازه ال اس اف به دلیل سبکی ذاتی، تاثیر قابل توجهی روی سازه موجود ندارد و نیازی به توجه خاص به این موضوع نیست و میتوان بدون مشکل سازه ال اس اف را به ساختمان های موجود اضافه کرد. گروه دیگری معتقدند که سازه ال اس اف میتواند در رفتار لرزه ای سازه موجود تغییراتی ایجاد نماید و از این رو نیاز به بررسی دقیق اثر آن روی سازه موجود دیده میشود. در این مقاله هدف بررسی و تحلیل نیروهای زلزله وارد شده به سازه موجود است که یک طبقه سازه ال اس اف روی آن اضافه شده است و مقایسه آن با نیروهای وارده به سازه موجود قبل از اضافه شدن طبقه ال اس اف است.

۲- روش تحقیق

ابتدا مروری بر سازه های ال اس اف و همچنین موضوع اضافه بنا انجام میشود. سپس به منظور بررسی اثر سازه ال اس اف اضافه شده به سازه موجود، از نرم افزار ETABS استفاده شده است. ابتدا یک مدل سازه در نرم افزار مدلسازی شده است که نماینده یک سازه واقعی نرمال است. سپس در مدل دیگری یک طبقه سازه ال اس اف با مشخصات نرمال به روی بام آن اضافه شده است. در نهایت پس از تحلیل هر دو مدل، نیروهای لرزه ای به وجود آمده در هر دو مدل (بر اساس بارگذاری بر اساس استاندارد ۲۸۰۰) با یکدیگر مقایسه شده است. با توجه به این که سیستم باربر جانبی سازه موجود با سازه ال اس اف اضافه شده یکی نیست، از روش ترکیب سیستم ها در ارتفاع مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ استفاده شده است.

۳- معرفی سازه های ال اس اف

سازه‌های فولادی سردنورد شده (Cold-Formed Steel یا CFS) و روشی است که در آن ورق فلزی خم میشود و شکل مقطع ثابتی را ایجاد میکند که این شکل ایجاد شده در اثر خم شدن، باعث ایجاد مقاومت مقطع و المان میشود (چیزی شبیه به پروفیل های استفاده شده در و پنجره). در صورتی که تعدادی از این المان های به صورت افقی و عمودی و یا مورد تشکیل یک سری پانل آماده استفاده برای ساخت سازه ساختمان استفاده شود، اصطلاحا سازه LSF به وجود آمده است که به دلیل ویژگی‌هایی همچون وزن کم، دقت تولید صنعتی، سرعت اجرا و قابلیت تکرارپذیری، در طیف مشخصی از پروژه‌های ساختمانی جایگاه تثبیت‌شده‌ای پیدا کرده‌اند.

یکی از متداول‌ترین حوزه‌های کاربرد، ساختمان‌های مسکونی کم‌ارتفاع و میان‌ارتفاع است. ویلاها، خانه‌های تک‌واحدی، مجتمع‌های مسکونی دو تا پنج طبقه و پروژه‌های انبوه‌سازی از جمله پروژه‌هایی هستند که سازه‌های سردنورد شده در آن‌ها عملکرد مناسبی دارند. در این نوع ساختمان‌ها، دهانه‌ها معمولاً محدود، بارگذاری قابل کنترل و سرعت اجرا عامل تعیین‌کننده است. کاهش وزن سازه در این پروژه‌ها علاوه بر بهبود عملکرد لرزه‌ای، هزینه فونداسیون را نیز کاهش می‌دهد.

شکل ۱- سازه ال اس اف

۱-۳- اضافه بنا ال اس اف

در ادبیات مهندسی ساختمان، «اضافه‌بنا» به هرگونه توسعه عمودی یا افقی اطلاق می‌شود که پس از بهره‌برداری اولیه از یک ساختمان، با هدف افزایش سطح زیربنا، بهبود کاربری، یا ارتقای ارزش اقتصادی ملک اجرا می‌گردد. این مداخله می‌تواند شامل افزودن یک یا چند طبقه، توسعه در تراز بام، یا گسترش در سطوح جانبی باشد؛ اما در رایج‌ترین حالت، اضافه‌بنا به افزایش طبقات بر روی سازه موجود اشاره دارد.

اضافه‌بنا صرفاً یک عملیات اجرایی ساده نیست، بلکه یک مسئله چندوجهی در حوزه مهندسی عمران و معماری محسوب می‌شود که نیازمند بررسی هم‌زمان جنبه‌های مختلفی است. از یک‌سو، ظرفیت باربری سازه موجود، شامل اعضای باربر ثقلی و سیستم مقاوم در برابر بارهای جانبی، باید به‌دقت ارزیابی شود. از سوی دیگر، وضعیت خاک و پی، کیفیت مصالح به‌کاررفته، عمر سازه، و انطباق آن با آیین‌نامه‌های به‌روز، نقش تعیین‌کننده‌ای در امکان‌پذیری یا محدودیت‌های اضافه‌بنا دارند.

علاوه بر ملاحظات فنی، عوامل اقتصادی، حقوقی و اجرایی نیز در تصمیم‌گیری برای اضافه‌بنا تأثیرگذار هستند. محدودیت‌های ضوابط شهری، تراکم مجاز، الزامات مربوط به تأمین پارکینگ، و همچنین شرایط بهره‌برداری از ساختمان در حین اجرا، همگی بر فرآیند طراحی و اجرای اضافه‌بنا اثر می‌گذارند که البته موضوع بحث این تحقیق نیست.

در مجموع، اضافه‌بنا را می‌توان به‌عنوان فرآیندی دانست که در آن یک سازه موجود، تحت ارزیابی، تقویت (در صورت نیاز)، و سپس توسعه قرار می‌گیرد. موفقیت این فرآیند در گرو درک صحیح از رفتار سازه‌ای ساختمان موجود و انتخاب راهکارهای مناسب برای هم‌ساز کردن بخش جدید با ساختار قبلی است. این موضوع به‌ویژه در انتخاب سیستم سازه‌ای بخش افزوده‌شده اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند؛ جایی که استفاده از سیستم‌های سبک و کارآمد، به یکی از رویکردهای کلیدی تبدیل شده است.

مهم‌ترین چالش در طراحی اضافه‌بنا، محدودیت ظرفیت باربری سازه موجود است. بسیاری از ساختمان‌ها، به‌ویژه آن‌هایی که بر اساس آیین‌نامه‌های قدیمی طراحی شده‌اند، ذخیره مقاومتی کافی برای تحمل بارهای اضافی ناشی از سیستم‌های سنتی مانند بتن مسلح یا فولاد سنگین ندارند. در چنین شرایطی، کاهش بار مرده به یک راهبرد کلیدی تبدیل می‌شود. سیستم LSF با استفاده از مقاطع سردنورد شده و وزن بسیار کمتر نسبت به سیستم‌های متداول، این امکان را فراهم می‌کند که بار اضافی وارد بر سازه موجود به حداقل برسد.

شکل ۲- یک نمونه سازه اضافه بنا به روش ال اس اف در ایران

برای اجرای اضافه بنای ال اس اف، ابتدا کفسازی و شیب بندی بام تا رسیدن به سطح روی دال بتنی جمع آوری میشود. معمولا روی بام های تحت ساختمان ها در ایران شیب بندی با استفاده از انباشت مصالح ترجیحا سبک وزن انجام میشود. در ساختمان های جدیدتر، با توجه به ضخامت قابل توجه مصالح لازم برای شیب بندی، از پوکه معدنی برای کاهش وزن آن استفاده میشود در حالی که در ساختمان های قدیمی از خاک یا ماسه استفاده می شد که بار مرده بسیار زیادی به بام ساختمان ها اعمال می کرد. همچنین بسته به معماری طرح، دیوارهای جانپناه نیز ممکن است تخریب و جمع آوری شوند که در این صورت، وزن آنها در سازه جدید لحاظ نخواهد شد.

۴- مشخصات مدل

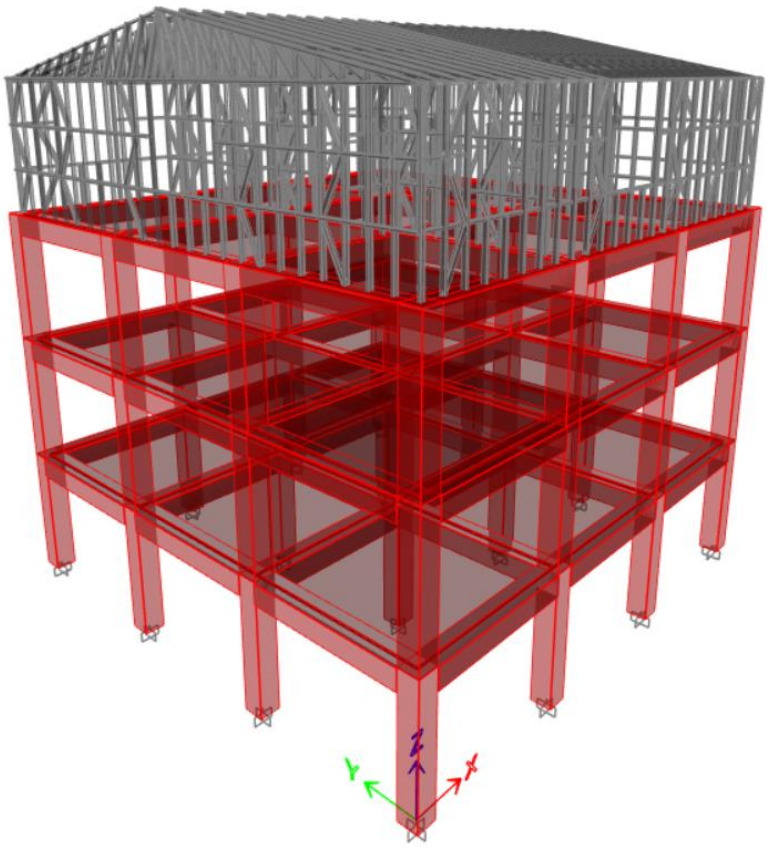
مشخصاتی که برای سازه موجود و سازه ال اس اف در این تحقیق در نظر گرفته شده است در ادامه تشریح شده است.

۴-۱- مشخصات ساختمان موجود:

- تعداد طبقات: ۳ طبقه
- ابعاد پلان: ۱۲ در ۱۲ متر
- نوع سازه: اسکلت بتن مسلح قاب خمشی متوسط
- سیستم سقف: تیرچه یونولیت
- ارتفاع طبقات: ۳.۲ متر
- کاربری: مسکونی
- ابعاد ستون: ۴۵ در ۴۵ سانتیمتر
- ابعاد تیر: عرض ۴۵، ارتفاع ۵۰ سانتیمتر
- ابعاد ستون موجود ۴۵ در ۴۵ سانتیمتر
- پهنه خطر: خیلی زیاد
- نوع خاک: III

۲-۴- مشخصات سازه ال اس اف:

- ارتفاع خالص طبقه: ۳ متر
- ارتفاع خرپا در تاج: ۱.۲ متر
- نوع سازه ال اس اف: نیوزیلندی
- مشخصات مقطع مورد استفاده: C89x40x1.0mm
- فاصله استادها: ۵۰ سانتیمتر
- سیستم باربر جانبی: مهاربندی K



شکل ۳- مدل سه بعدی ساخته شده در نرم افزار **ETABS**

۳-۴- بارگذاری

بارگذاری سازه در دو حالت سازه موجود و همچنین سازه موجود بعلاوه سازه ال اس اف، در جدول زیر تشریح شده است.

نوع بار	سازه موجود	سازه موجود + اضافه بنا
مرده اضافی طبقات	۲۲۰	۲۲۰
مرده اضافی بام	۳۰۰	۱۵۰
زنده طبقات	۲۰۰	۲۰۰
زنده بام تخت	۱۵۰	۲۰۰*
پارتیشن	۱۰۰	۱۰۰**
بار مرده بام شیبدار	-	۵۰
بار مرده اضافی بام شیبدار	-	۴۰
بار دیوارهای جانپناه	۲۵۰kg/m	۰

*با توجه به تغییر کاربری بام، بار زنده مسکونی استفاده شده است.

**در طبقه اضافه شده با توجه به اعمال وزن دیوارها، بار پارتیشن گسترده صفر در نظر گرفته شده.

وزن دیوارهای ال اس اف شامل سازه ال اس اف، گچ برگ، نمای ساختمان نیز به دیوارهای ال اس اف اعمال شده است.

۵- ترکیب سیستم ها در ارتفاع

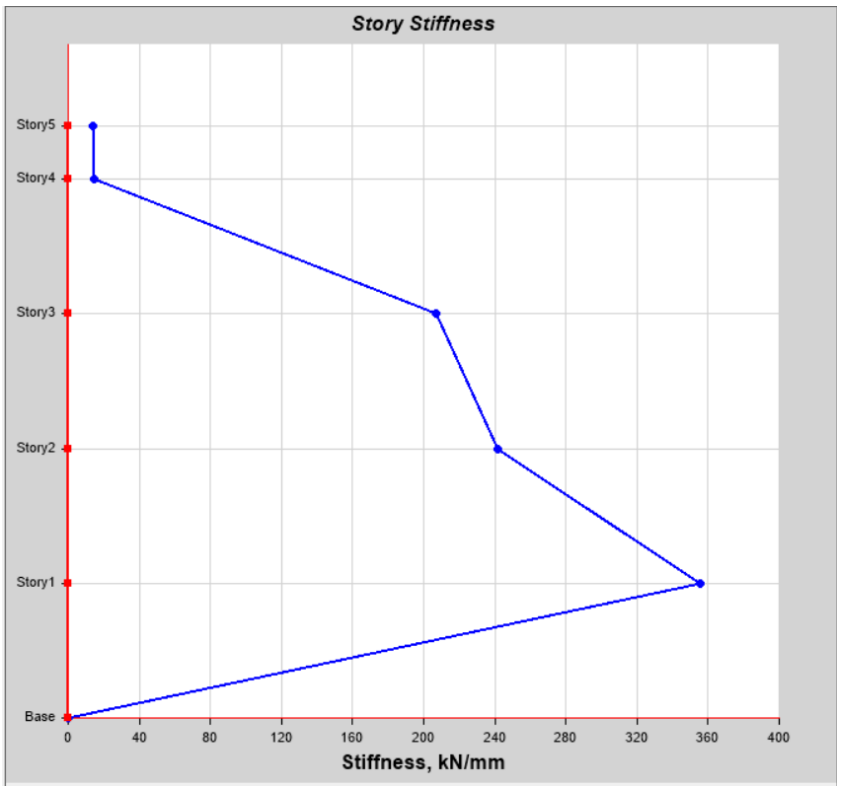
طبق بند ۳-۳-۵-۹ استاندارد ۲۸۰۰، در ساختمان هایی که از دو سیستم سازه ای مختلف برای تحمل بار جانبی در یک امتداد در ارتفاع استفاده شده باشد، برای تعیین نیروی جانبی زلزله باید از ترکیب سیستم ها در ارتفاع استفاده نمود. استاندارد ۲۸۰۰ دو حالت را برای روش ترکیب سیستم ها در ارتفاع ارائه میکند. حالت کلی آن برای زمانی است که دو سیستم سازه ای روی هم از نظر سختی شبیه به یکدیگر میباشند. به عنوان مثال قرار گرفتن قاب خمشی بتنی روی دیوار برشی بتنی است. چنین حالتی معمولا در ساختمان های بتنی که دارای زیرزمین با دیوار حائل هستند به وجود می آیند و عموما از این روش قابل تحلیل لرزه ای هستند. با یک قضاوت مهندسی میتوان بیان نمود که ایده استفاده از حالت کلی (رجوع به بند ۳-۳-۵-۹ استاندارد ۲۸۰۰) روش ترکیب سیستم ها در ارتفاع اصلا منطقی نیست به این دلیل که در این ضابطه آیین نامه از ما میخواهد که ضریب شکل پذیری کمتر را استفاده کنیم که احتمالا شکل پذیری سازه ال اس اف از سازه موجود کمتر است. هدف آیین نامه از این بند این بوده که جلوگیری کند از این که طراح نتواند شکل پذیری بیشتر یک طبقه را به طبقات دیگر که شکل پذیری کمتری دارند فرض کند و از این ترفند برای کاهش نیروها استفاده نماید. در حالی که در سازه ال اس اف نیروی زلزله ای که در طبقه ال اس اف ایجاد میشود قطعا و یقینا از سازه موجود کمتر است (با توجه به وزن کم سازه ال اس اف).

اما استاندارد ۲۸۰۰ در ادامه بحث ترکیب سیستم ها در ارتفاع، یک حالت خاص از سیستم های ترکیبی معرفی میکند که از نظر قضاوت مهندسی به صورت اولیه شبیه به حضور یک سازه ال اس اف روی یک سیستم سازه ای مرسوم است. البته منظور آیین نامه

مشخصات این مورد نیست ولی شرایط اضافه بنای ال اس اف شبیه به این حالت به نظر میرسد. استاندارد ۲۸۰۰ برای تشخیص حالت خاص سیستم های ترکیبی در ارتفاع دو شرط تعیین میکند و در صورتی که این دو شرط حاکم باشند، میتوان از روش دو مرحله ای، سازه ترکیبی را بارگذاری لرزه ای کرد. در ادامه به بررسی این دو شرط در سازه مورد بررسی در این تحقیق پرداخته شده است.

۱-۵- شرط اول

مطابق با استاندارد، شرط اول این است که سختی متوسط طبقات پایین بیشتر از ۱۰ برابر سختی طبقه اضافه شده باشد. بدون در نظر گرفتن میزان نیروی وارده میتوان در نرم افزار ETABS سختی طبقات را بدست آورد. در شکل زیر سختی طبقات نشان داده شده است.



شکل ۴- دیاگرام سختی طبقات

از روی نمودار تقریبا میتوان متوجه کاهش سختی در طبقه ال اس اف نسبت به طبقات پایینتر شد. در ادامه سختی متوسط طبقات بدست آمده و نسبت آن با سختی طبقه ال اس اف مشخص شده است.

$$K_1 = 355 \ \frac{kN}{mm}$$

$$K_2 = 240 \ \frac{kN}{mm}$$

$$K_3 = 207 \ \frac{kN}{mm}$$

$$K_{LSF} = 14.6 \ \frac{kN}{mm}$$

$$K_{ave} = \frac{355 + 240 + 207}{3} = 195$$

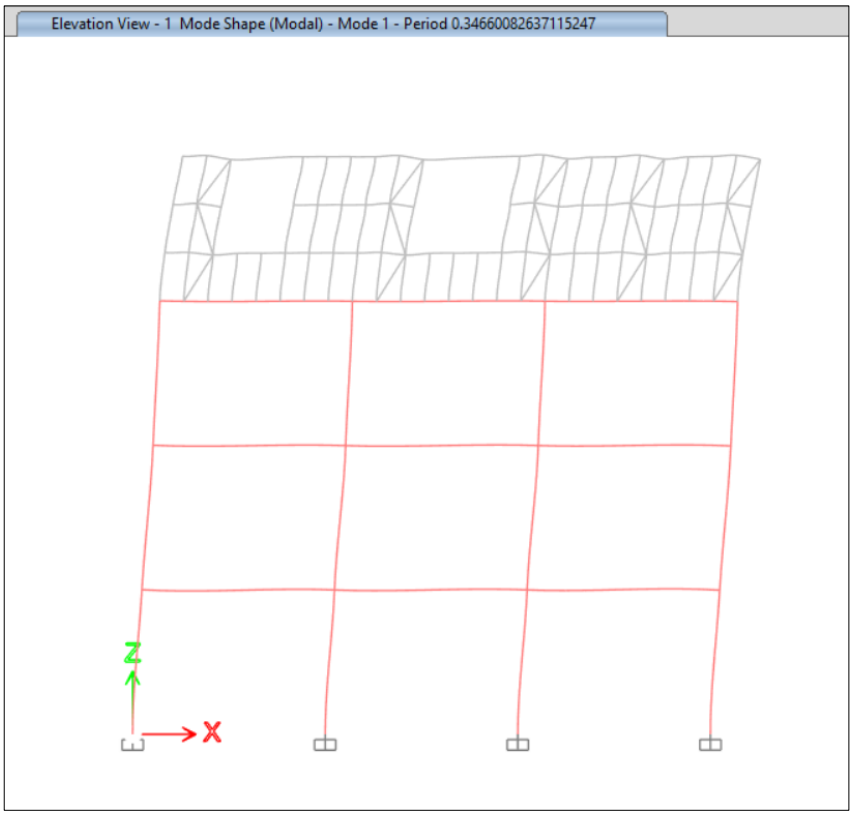
$$\frac{195}{14} = 13.3 > 10$$

طبق محاسبات قبلی، سختی متوسط طبقات سازه موجود از ۱۰ برابر سختی طبقه ال اس اف بزرگتر است. در نتیجه شرط اول برقرار

است.

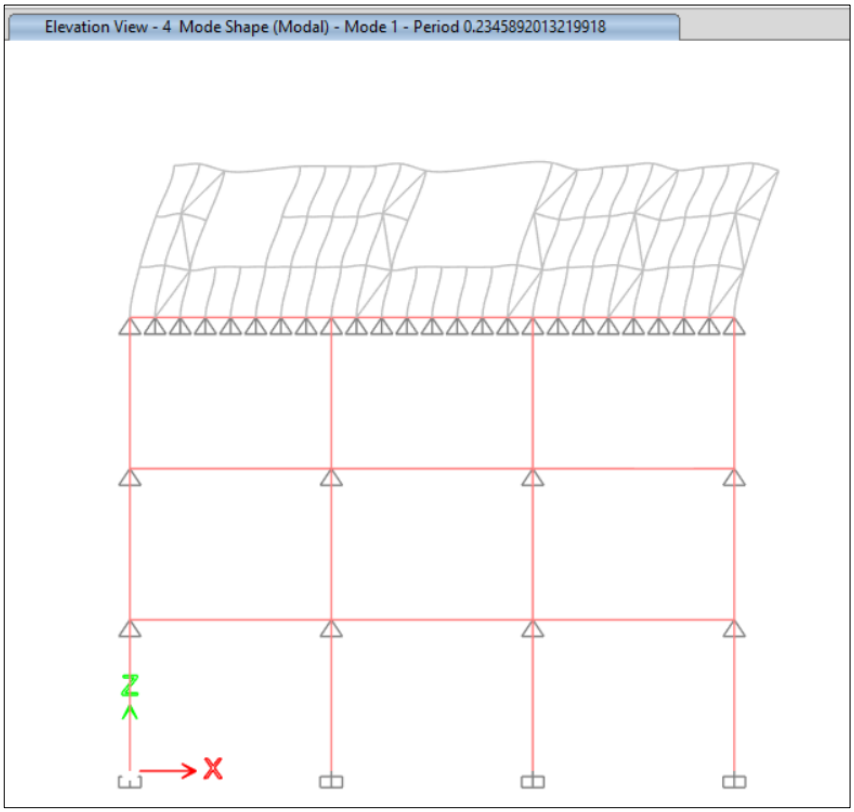
۲-۵- شرط دوم

شرط دوم این است که زمان تناوب کل سازه، بیشتر از ۱.۱ برابر زمان تناوب طبقه اضافه شده باشد. زمان تناوب سازه از روش تحلیل نرم افزاری بدست آمده است. ابتدا زمان تناوب کل سازه، یعنی سازه موجود و سازه اضافه شده روی آن بدست آمده است که در شکل زیر شکل مودی و زمان تناوب آن گزارش شده است.



شکل ۵- مود اول کل سازه T=0.346

برای بدست آوردن زمان تناوب سازه ال اس اف به تنهایی، در همان مدل اصلی برای تمامی گره های طبقات سازه موجود قید تکیه گاهی در نظر گرفته شده است تا از مشارکت آن در مودهای اصلی ارتعاش جلوگیری به عمل آید. شکل زیر شکل مودی و زمان تناوب بدست آمده برای سازه ال اس اف را نشان میدهد.



شکل ۶- مود اول سازه ال اس اف اضافه شده T=0.234

زمان تناوب هر دو سازه مورد نظر بدست آمده است و در زیر نسبت آنها محاسبه شده است:

$$T_{total} = 0.346$$

$$T_{LSF} = 0.234$$

$$\frac{T_{total}}{T_{LSF}} = 1.47 > 1.1$$

همانطور که مشاهده میشود نسبت زمان تناوب کل سازه به سازه ال اس اف بیشتر از ۱.۱ است و این به معنی برقرار بودن شرط دوم است.

با توجه به این که دو شرط مورد نظر استاندارد ۲۸۰۰ برقرار است، میتوان بارگذاری لرزه ای ساختمان را از روش دو مرحله ای انجام داد.

مرحله اول: سازه انعطاف پذیر قسمت فوقانی بطور مجزا و با پایه های گیردار در نظر گرفته شده و مطابق روال عادی تحلیل می گردد. در تعیین نیروها کلیه پارامترهای مربوط به سیستم این قسمت مورد استفاده قرار داده می شود.

مرحله دوم: سازه سخت قسمت تحتانی عینا مانند آنچه در زیر بند یک گفته شد و با در نظر گرفتن پارامترهای مربوط به این قسمت تحلیل می گردد با این تفاوت که نیروهای عکس العمل سازه فوقانی نیز به سازه تحتانی اثر داده می شوند این نیروها باید با در نظر گرفتن نسبت زیر افزایش پیدا کنند:

$$\frac{(\frac{R_{u-exist}}{\rho_{exist}})}{(\frac{R_{u-LSF}}{\rho_{LSF}})} \rightarrow \text{for this case} \rightarrow \frac{(\frac{5}{1})}{(\frac{4}{1})} = 1.25$$

ابتدا ضریب زلزله سازه ال اس اف را محاسبه میشود. سیستم سازه ای مورد نظر برای محاسبه زمان تناوب تجربی از نوع سایر سیستم ها در نظر گرفته شده است.

- سیستم باربر جانبی	سایر سیستم ها	
- نوع خاک	III	
- پهنه لرزه خیزی	خیلی زیاد	
- ارتفاع از تراز پایه	3.6	m
- زمان تناوب تحلیلی	0.242	sec.
-ضریب رفتار ساختمان	4	
- ضریب اهمیت ساختمان	1	

T0 = 0.2
Ts = 0.7
S = 1.8
S0 = 1.1
A = 0.35

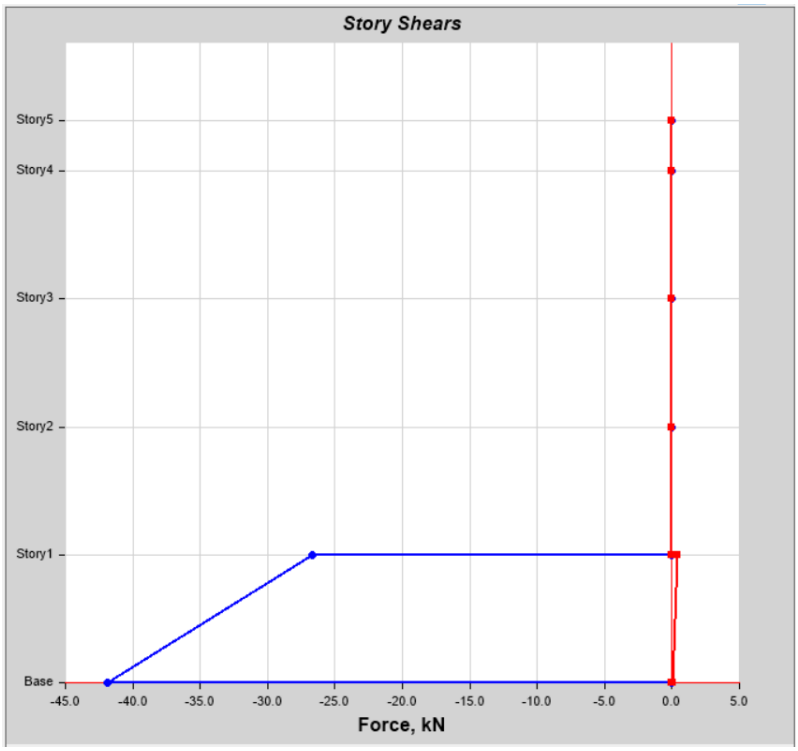
$T_{تجربی}$ = 0.131 sec.

$1.25T_{تجربی}$ = 0.163 sec. < Tanalysis = 0.242 ⟶ Tcal. = 0.163

B1 = 2.750
N high = 1.000 ⟶ B = 2.75
N low = 1.000

C = ABI/Ru = 0.2406 > Cmin = 0.12AI = 0

ضریب زلزله سازه ال اس اف برابر با 0.2406 بدست آمده است. آن را در بخش load pattern نرم افزار معرفی میکنیم و پس از تحلیل سازه، برش طبقه را بدست آورده میشود:



شکل ۷- برش طبقه سازه ال اس اف به تنهایی

برش پایه از مدل مجزای سازه ال اس اف برابر با ۴۲ کیلونیوتن بدست می آید. همانطور که گفته شد، این برش با اعمال ضریب بدست آمده به بام سازه موجود اعمال میشود:

FLSF=1.25*42=52.5 kN

در ادامه ضریب زلزله سازه موجود به صورت زیر بدست آمده است. باید توجه داشت که این سازه دقیقا همان سازه اولیه نیست و تفاوت آن در عدم حضور وزن شیب بندی بام و دیوارهای جانپناه است.

سیستم باربر جانبی	قاب خمشی بتنی	
نوع خاک	III	
پهنه لرزه خیزی	خیلی زیاد	
ارتفاع از تراز پایه	9.6	m
زمان تناوب تحلیلی	0.324	sec.
ضریب رفتار ساختمان	5	
ضریب اهمیت ساختمان	1	

T0 = 0.2
Ts = 0.7
S = 1.8
S0 = 1.1
A = 0.35

$T_{تجربی}$ = 0.383 sec.

$1.25T_{تجربی}$ = 0.479 sec. > Tanalysis = 0.324 → Tcal. = 0.324

B1 = 2.750
N high = 1.000 → B = 2.75
N low = 1.000

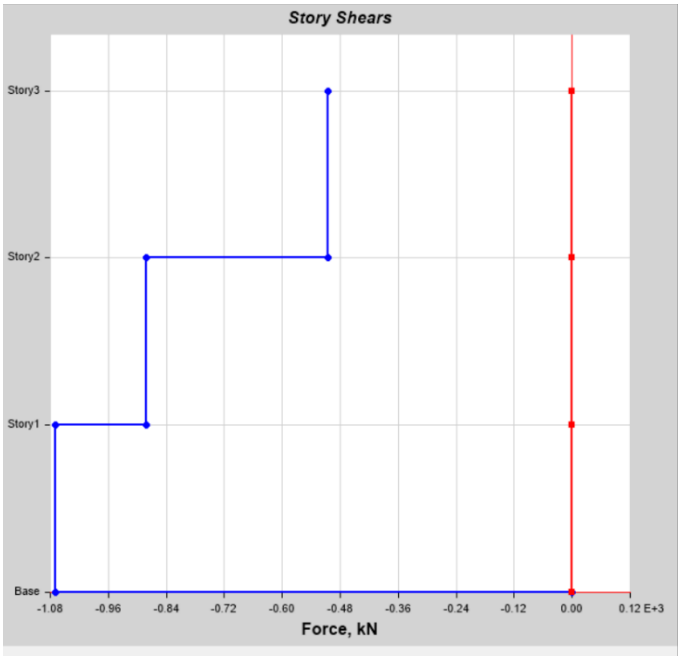
C = ABI/Ru = 0.1925 > Cmin = 0.12AI = 0

ضریب زلزله سازه موجود برابر با 0.1925 بدست آمده است. پس از تحلیل سازه موجود با این ضریب زلزله، برش طبقات بدست آمده است و برش طبقه آخر با برش بدست آمده با سازه ال اس اف جمع شده است. برش در طبقه آخر برابر با ۳۶۴ کیلونیوتن بدست آمده است و همانطور که در جدول زیر مشاهده میشود، مقدار برش طبقه ال اس اف نیز به آن اضافه گردیده است. شایان ذکر است که این جدول برش پایه بدست آمده از روش دو مرحله ترکیب سیستم ها در ارتفاع را نشان میدهد.

Load Set 1 of 1

Story	Diaphragm	Fx kN	Fy kN	Mz kN-mm
Story3	D1	364+52.5	0	0
Story2	D1	400	0	0
Story1	D1	201	0	0

برای این که بتوان مقایسه کرد که این برش ها که بر اساس اضافه شدن یک طبقه به سازه موجود است، چه میزان تفاوت در برش سازه موجود ایجاد کرده است، نیاز است که برش های مربوط به سازه موجود پیش از اضافه کردن سازه ال اس اف نیز بدست آورده شود. این سازه دقیقا همان سازه اولیه قبل از جمع آوری شیب بندی بام است.

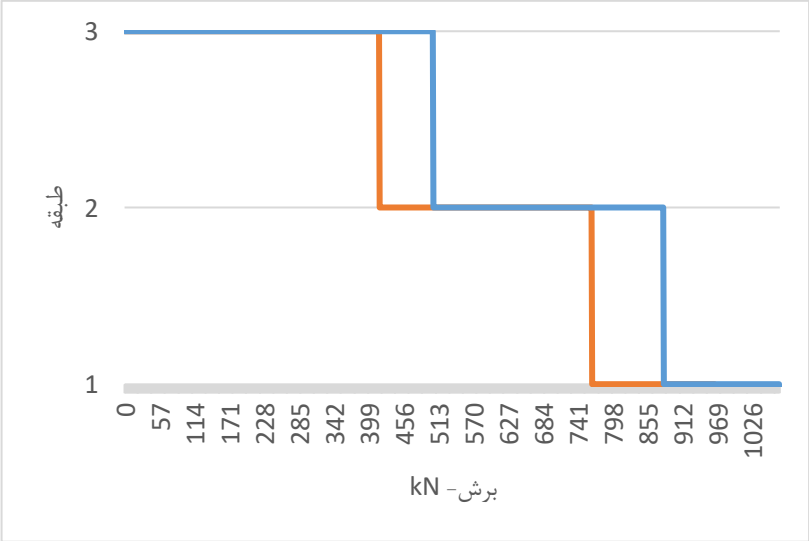


شکل ۸- برش پایه بدست آمده از سازه موجود قبل از اضافه کردن طبقه ال اس اف

در جدول زیر برش طبقات در دو حالت مقایسه شده است. حالت اول سازه اولیه قبل از جمع آوری شیب بندی بام است. و حالت دوم سازه موجود و طبقه ال اس اف روی آن است که برش آن از روش دو مرحله ای ترکیب سیستم ها در ارتفاع بدست آمده است.

طبقه	سازه موجود	سازه موجود + اضافه بنا ال اس اف
همکف	1070	965
اول	881	764
بام	504	416.5

اختلاف بین برش پایه دو حالت سازه به صورت نمودار در شکل زیر نشان داده شده است.



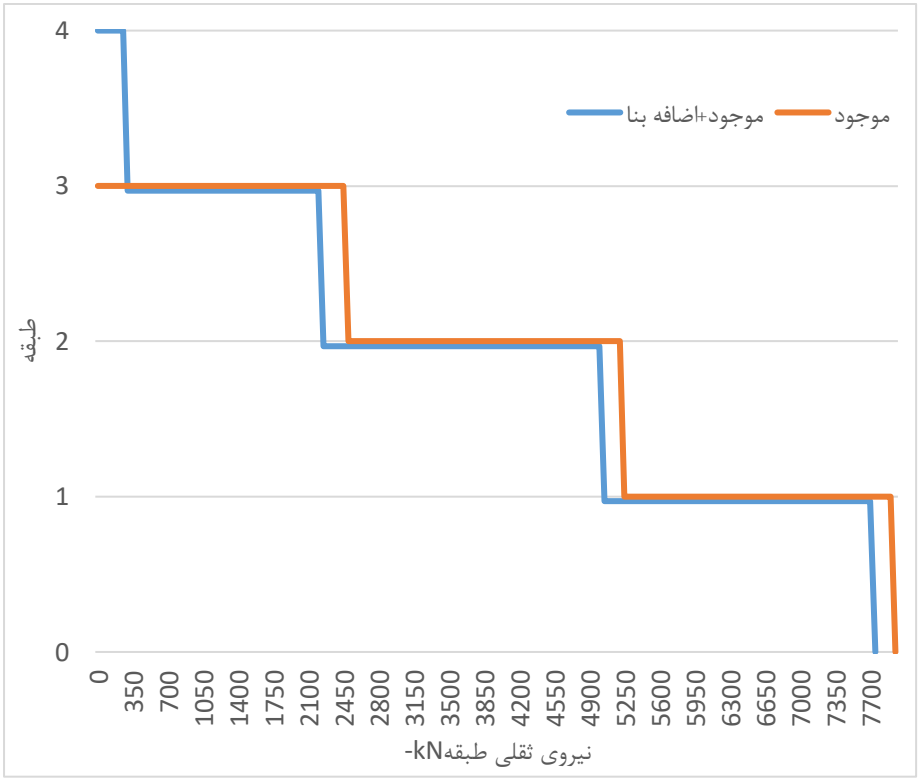
شکل ۹- مقایسه برش پایه طبقات در دو حالت

۶- بررسی ثقلی سازه

در بخش قبلی برش طبقات ناشی از نیروهای زلزله محاسبه و مقایسه شد. به منظور تکمیل تحقیق از جهات دیگر غیر از موضوع لرزه ای، در اینجا مقایسه ای بین نیروهای ثقلی بدست آمده از دو حالت سازه مورد بررسی قرار گرفته است. نیروهای به وجود آمده در پای ستون های سازه موجود در دو حالت با و بدون سازه اضافه شده بدست آمده است. برای این تعیین این نیروها از ترکیب بار ثقلی طراحی به صورت زیر استفاده شده است.

Gravity Combination: 1.2(D+SD) + 1.6L

نمودار زیر مقایسه بین نیروهای ثقلی طبقات در دو حالت با و بدون اضافه بنا است. شایان ذکر است که در حالت سازه موجود بعلاوه اضافه بنا، وزن شیب بندی بام و دیوارهای جانپناه در نظر گرفته نشده است.



شکل ۱۰- مقایسه نیروی ثقلی طبقات در دو حالت

۷- نتیجه گیری

سازه بتنی قاب خمشی متوسط موجود در سه طبقه در نظر گرفته شد و سپس فرض شد روی آن یک طبقه سازه ال اس اف نیوزیلندی با مشخصات نرمال اضافه شده است. فرض گردیده که پس برای اضافه شدن سازه جدید، پوشش بام موجود شامل شیب بندی و عایق آن و همچنین دیوارهای جانپناه آن جمع آوری شده است. با استفاده از روش ترکیب سازه ها در ارتفاع مطابق با استاندارد ۲۸۰۰، با رویکرد روش دو مرحله ای بارگذاری لرزه ای سازه انجام شد. نتایج تحلیل در دو حالت اولیه سازه و نیز در حالت اضافه بنا نشان میدهد که برش طبقات بعد از اضافه شدن سازه ال اس اف نسبت به حالت اولیه اضافه نشده است. علت این موضوع را میتوان وزن بسیار کم ساختمان های ساخته شده با روش ال اس اف بیان نمود. همچنین تخریب و جمع آوری پوشش بام موجود اهمیت زیادی در این راستا دارد. همچنین نیروی ثقلی به وجود آمده در هر دو حالت سازه مانند آنچه که برای نیروهای لرزه ای بدست آمده، محاسبه شد و نتیجه آن هم نشان از بیشتر نبودن نیروهای ثقلی جدید نسبت به حالت اولیه و موجود سازه میباشد. بیشتر نبودن برش و نیروی ثقلی طبقات پس از اضافه کردن سازه جدید به این معنی است که سازه موجود با مشخصات ذکر شده، در صورتی که ساختمانی با مشخصات گفته شده روی آن اضافه گردد، نیازی به بررسی مجدد سازه ای و یا بهسازی نخواهد داشت.