

بسمه تعالی

پروژه:

طرح توسعه بیمارستان دکتر شریعتی تهران

طراحی و کنترل سیستم سازه ای آسانسورها به روش عملکردی

آسانسورهای:

26373 (L4) – 26374 (L5) – 26375 (L6)

26376 (L7) – 26377 (L8) – 26378 (L9)

26382 (L13) – 26383 (L13a)

تهیه کننده:

دکتر سید محمد سعید ضیالحق

پاییز ۱۳۹۸

(ویرایش چهارم)

فهرست

۱	مقدمه	۵
۱-۱	سطوح عملکرد اجزای سازه‌های	۵
۲-۱	سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌های	۷
۳-۱	سطوح عملکرد کل ساختمان	۸
۲	معرفی پروژه	۹
۳	محاسبه بارهای وارده	۱۰
۳	محاسبه بارهای ثقلی	۱۰
۲-۳	محاسبه بارهای لرزه ای	۱۱
۱-۲-۳	مطابق با استاندارد ۲۸۰۰	۱۱
۲-۲-۳	مطابق با نشریه ۳۶۰ در سطح خطر ۱ و سطح خطر ۲	۱۱
۴	مدلسازی و بارگذاری در نرم افزار V19 SAP2000	۱۷
۱-۴	مدلسازی بارهای ثقلی	۱۹
۲-۴	مدلسازی بارهای لرزه ای	۲۰
۱-۲-۴	اعمال بارگذاری لرزه ای مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ (بارگذاری نوع ۱)	۲۱
۲-۲-۴	اعمال بارگذاری مطابق با نشریه ۳۶۰	۳۲
۳-۴	جمع بندی بارگذاری ثقلی و لرزه ای در تمام مدل ها	۵۷
۵	تحلیل سازه	۶۰
۶	طراحی المان های سازه	۶۰
۱-۶	طراحی سازه با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم	۶۱
۲-۶	کنترل اعضا سیستم سازه ای با توجه به نشریه ۳۶۰	۶۲
۳-۶	طراحی تیرهای دال در بالاترین تراز	۶۸
۴-۶	طراحی و کنترل اتصالات	۶۹
۱-۴-۶	اتصال تیر فرعی به تیر اصلی دال تراز بالا	۷۱

- ۶-۴-۲ اتصال تیرهای اصلی دال تراز بالا به ستون ۷۳
- ۶-۴-۳ اتصالات کلاف های عرضی ۷۷
- ۶-۴-۴ اتصال ستون ها به صفحات کاشته شده در تراز طبقات ۷۹
- ۶-۴-۵ طراحی ورق انتظار کاشته شده در تراز طبقات جهت اتصال ستون ها ۸۰
- ۶-۴-۶ اتصال ستون ها به صفحه ستون روی کف چاله آسانسور ۸۱
- ۷ منابع ۸۲

فهرست شکل ها

- شکل ۳-۱ : ملزومات اجرای مکانیکی و برقی..... ۱۲
- شکل ۴-۱ : مدلسازی اسکلت نگه دارنده آسانسور در برنامه sap۲۰۰۰..... ۱۸
- شکل ۴-۲ : مقادیر دریافت طبقات..... ۳۰
- شکل ۴-۳ : جدول شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۱..... ۳۳
- شکل ۴-۴ : شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۱..... ۳۳
- شکل ۴-۵ : جدول شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۲..... ۳۴
- شکل ۴-۶ : شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۲..... ۳۴
- شکل ۴-۷ : مقادیر دریافت طبقات..... ۴۴
- شکل ۴-۸ : مقادیر دریافت طبقات..... ۵۵
- شکل ۵-۱ : تنظیمات تحلیل سازه در برنامه نرم افزاری..... ۶۰
- شکل ۶-۱ : جدول تعیین ضریب آگهی طبق نشریه ۳۶۰..... ۶۳
- شکل ۶-۲ : جدول معیار های پذیرش اعضای فولادی در نشریه ۳۶۰..... ۶۶
- شکل ۶-۳ : نتایج طراحی تیر های دال..... ۶۹
- شکل ۶-۴ : معیار های پذیرش اتصالات فولادی در نشریه ۳۶۰..... ۷۰
- شکل ۶-۵ : جزییات کلی اتصال مفصلی تیر به تیر..... ۷۱
- شکل ۶-۶ : مشخصات فولاد ST۳۷ برای اتصالات..... ۷۱
- شکل ۶-۷ : مشخصات جوش گوشه برای اتصالات..... ۷۲
- شکل ۶-۸ : مشخصات و ابعاد نبشی اتصال تیر فرعی به اصلی..... ۷۲
- شکل ۶-۹ : نتایج طراحی اتصال تیر فرعی به اصلی..... ۷۲
- شکل ۶-۱۰ : خروجی برنامه نرم افزاری برای اتصال تیر اصلی به ستون..... ۷۳
- شکل ۶-۱۱ : نمایش شماتیک اتصال تیر اصلی به ستون..... ۷۳
- شکل ۶-۱۲ : مشخصات ابعادی اتصال تیر اصلی به ستون..... ۷۶
- شکل ۶-۱۳ : خروجی طراحی اتصال تیر اصلی به ستون..... ۷۷
- شکل ۶-۱۵ : شکل شماتیک اتصال کلاف عرضی با ورق جان..... ۷۸
- شکل ۶-۱۶ : شکل شماتیک اتصال ستون به صفحه فولادی کاشته شده..... ۷۹

۱ مقدمه

اجزای غیر سازه‌ای شامل کلیه اجزاء و محتویات داخل ساختمان به جز قسمت‌های سازه ای یعنی تیرها، ستون‌ها، کف‌ها و غیره هستند. اجزای غیر سازه‌ای معمول در ساختمان‌ها مواردی چون: سقف‌های کاذب، پنجره‌ها، لوازم اداری، رایانه‌ها، قفسه‌ها، کتوها و اشیای داخل آن‌ها، تجهیزات حرارتی، برودتی و تهویه، تجهیزات الکتریکی، آسانسورها، مبلمان، چراغ‌ها و لوسترها هستند. معمولاً اجزای غیر سازه‌ای توسط مهندسان سازه تحلیل نمی‌شوند، بلکه مهندسان معمار، مکانیک، برق و یا طراحان داخلی نوع و مشخصات آن‌ها را تعیین می‌کنند؛ یا بدون دخالت طراح حرفه‌ای، توسط مالکان یا مستأجران پس از ساخت ساختمان، خریداری و نصب می‌شوند.

با توجه به عملکرد سازه‌ها در حین زلزله در چند دهه اخیر مشاهده شده است که عملکرد اجزای غیر سازه‌ای نقش مهمی در بهره برداری سازه در بعد از زلزله دارند، به طور مثال در بیمارستانی که باید سطح خدمات‌رسانی بی‌وقفه را در زلزله فراهم کند نمی‌تواند دچار خرابی در سقف کاذب و یا فروریختن دیوارها غیر باربر و یا خرابی در سیستم آسانسورهای آن باشد.

در نشریه ۳۶۰ سازمان برنامه و بودجه کشور جمهوری اسلامی ایران، الزامات و ضوابط طراحی و کنترل اعضای غیر سازه ای براساس روش عملکردی ارائه شده است. در این دستورالعمل، سطوح عملکردی به صورت زیر بیان شده است.

سطح عملکرد ساختمان بر مبنای عملکرد اجزای سازه ای و غیر سازه‌ای مطابق بندهای (۱-۵-۱) نشریه ۳۶۰ تا (۱-۵-۳) تعریف شده و به اختصار با یک رقم برای عملکرد اجزای سازه ای و یک حرف برای عملکرد اجزای غیرسازه‌ای نشان داده می‌شود. سطوح عملکرد ساختمان در تعیین هدف بهسازی مورد استفاده قرار می‌گیرد. سطح عملکرد ساختمان میزان آسیب پذیری اجزای سازه ای و غیر سازه ای را نشان می‌دهد.

۱-۱ سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای

سطوح عملکرد اجزای سازه‌ای شامل چهار سطح عملکرد اصلی و دو سطح عملکرد میانی است. سطوح عملکرد اصلی عبارتند از:

الف- سطح عملکرد ۱: قابلیت استفاده ی بی وقفه؛

ب- سطح عملکرد ۳: ایمنی جانی؛

پ- سطوح عملکرد ۵: آستانه ی فروریزش؛

ت - سطح عملکرد ۶: لحاظ نشده؛

سطوح عملکرد میانی عبارتند از:

ث- سطح عملکرد ۲: خرابی محدود؛

ج- سطح عملکرد ۴: ایمنی جانی محدود.

روش بهسازی اجزا و معیار پذیرش آنها بر حسب هر یک از سطوح فوق باید مطابق روش بهسازی ساده یا تفصیلی باشد.

سطح عملکرد ۱- قابلیت استفاده ی بی وقفه:

سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، مقاومت و سختی اجزای سازه تغییر قابل توجهی پیدا نکرده و استفاده ی بی وقفه از آن ممکن باشد.

سطح عملکرد ۲- خرابی محدود:

سطح عملکرد خرابی محدود به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه به میزان محدود ایجاد شود، به گونه ای که پس از زلزله با انجام تعمیر بخش های آسیب دیده ادامه ی بهره برداری از ساختمان به سادگی میسر باشد.

سطح عملکرد ۳- ایمنی جانی:

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابیها به اندازه ای نباشد که منجر به خسارت جانی شود.

سطح عملکرد ۴- ایمنی جانی محدود:

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی در سازه ایجاد شود، اما میزان خرابیها به اندازه ای باشد که منجر به خسارت جانی حداقل شود.

سطح عملکرد ۵- آستانه ی فروریزش:

سطح عملکرد آستانه ی فروریزش به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود در اثر وقوع زلزله محتمل، خرابی گسترده در سازه ایجاد شود، اما ساختمان فرونریزد و تلفات جانی به حداقل برسد.

سطح عملکرد ۶- لحاظ نشده:

چنانچه برای عملکرد اجزای سازه‌های سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد، سطح عملکرد اجزای سازه‌های لحاظ نشده نامیده می شود.

۲-۱ سطوح عملکرد اجزای غیرسازه‌های

سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌های ساختمان شامل پنج سطح عملکرد به شرح زیر می باشد:

الف- سطح عملکرد A: خدمت رسانی بی وقفه؛

ب- سطح عملکرد B: قابلیت استفاده ی بی وقفه؛

پ- سطح عملکرد C: ایمنی جانی؛

ت- سطح عملکرد D: ایمنی جانی محدود؛

ث- سطح عملکرد E: لحاظ نشده.

روش بهسازی اجزای غیر سازه ای و معیار پذیرش آنها بر حسب هر یک از سطوح فوق باید مطابق ضوابط فصل ۹ باشد.

سطح عملکرد A- خدمت رسانی بی وقفه:

سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله محتمل، دچار خرابی بسیار جزئی شوند، به گونه ای که خدمت رسانی ساختمان به طور پیوسته انجام شود.

سطح عملکرد B- قابلیت استفاده ی بی وقفه:

سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود اجزای غیرسازه ای در اثر زلزله محتمل، دچار خرابی جزئی شوند، به گونه ای که پس از زلزله راه های دسترسی و فرار مانند درها، راهروها، پله ها، آسانسورها و روشنایی آنها مختل نشده و استفاده از ساختمان بی وقفه میسر باشد.

سطح عملکرد C- ایمنی جانی:

سطح عملکرد ایمنی جانی به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله محتمل، خطر جدی برای جان ساکنین به وجود نیاورد.

سطح عملکرد D- ایمنی جانی محدود:

سطح عملکرد ایمنی جانی محدود به سطح عملکردی اطلاق می شود که پیش بینی شود خرابی اجزای غیر سازه ای در اثر زلزله محتمل، به اندازه ای باشد که خسارت جانی حداقل شود.

سطح عملکرد E- لحاظ نشده:

چنانچه برای عملکرد اجزای غیر سازه‌ای سطح عملکرد خاصی انتخاب نشده باشد سطح عملکرد اجزای غیر سازه‌ای لحاظ نشده نامیده می شود.

۳-۱ سطوح عملکرد کل ساختمان

سطح عملکرد کل ساختمان بر حسب سطح عملکرد اجزای سازه ای (۱ تا ۶ مطابق بند (۱-۵-۱) نشریه ۳۶۰)) و غیر سازه‌ای آن (A تا E) مطابق بند (۱-۵-۲) نشریه ۳۶۰) تعریف می شود. سطوح مختلف عملکرد ساختمان که در بهسازی مبنا، مطلوب و ویژه به کار می روند مطابق یکی از موارد زیر تعریف می شوند.

سطوح عملکرد ساختمان در جدول (۱-۱) ارائه شده اند.

• سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه (A-1) (OP)

ساختمانی دارای سطح عملکرد خدمت رسانی بی وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد A (خدمت رسانی بی وقفه) باشند.

• سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه (B-1) (IO)

ساختمانی دارای سطح عملکرد قابلیت استفاده ی بی وقفه است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۱ (قابلیت استفاده بی وقفه) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد B (قابلیت استفاده ی بی وقفه) باشند.

• سطح عملکرد ایمنی جانی (C-3) (LS)

ساختمانی دارای سطح عملکرد ایمنی جانی است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۳ (ایمنی جانی) و اجزای غیر سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد C (ایمنی جانی) باشند.

• سطح عملکرد آستانه ی فروریزش (E-5) (CP)

ساختمانی دارای سطح عملکرد آستانه ی فروریزش است که اجزای سازه‌ای آن دارای سطح عملکرد ۵ (آستانه‌ی فروریزش) باشند. در این حالت محدودیتی برای سطح عملکرد اجزای غیر سازه ای وجود ندارد (سطح عملکرد لحاظ نشده E).

در این پروژه سطح عملکرد به صورت زیر ارائه شده است

As Summary, expected performance levels in Shariati Hospital are as follows:

- B-1 (N-B for Non-Structural & S-1 for Structural Components) for acceleration Design response spectra of BSE-1 (10%/50 years) multiplied by 1.15.
- C-3 (N-C for Non-Structural & S-3 for Structural Components) for acceleration Design response spectra of BSE-2 (2%/50 years) multiplied by 1.15.
- A-1 (N-A for Non-Structural & S-1 for Structural Components) for acceleration Design response spectra of BSE-0 (50%/50 years) multiplied by 1.15.

More explanation about the performance level and required analysis is presented in following section.

۲ معرفی پروژه

آسانسور شامل اتاقک، شفت و تجهیزات برای بهره برداری آن از قبیل بالابر، وزنه های تعادل، کابل ها، کنترل کننده ها و اتاق تجهیزات می باشد.

اجزای آسانسور، حساس به شتاب، طبق بند (۹-۶-۱ نشریه ۳۶۰) محسوب می شوند. شفت و ریل های بالابر که در طبقات متعدد ادامه می یابند، حساس به شتاب و تغییر شکل طبق بند (۹-۶-۳ نشریه ۳۶۰) محسوب می شوند.

بند (۹-۶-۱ نشریه ۳۶۰) اجزای حساس به شتاب:

این رده شامل اجزایی است که به تغییر شکل حساس نبوده اما به نیروهای اینرسی حساس هستند و خسارات وارد بر آنها نیز ناشی از این نیروها می باشد. این اجزا باید برای نیروهای طراحی لرزه‌ای طبق بند (۱-۲-۷-۹) یا (۲-۲-۷-۹) کنترل شوند.

بند (۹-۶-۳ نشریه ۳۶۰) اجزای حساس به شتاب و تغییر شکل:

این رده شامل اجزایی است که به نیروهای اینرسی و به تغییر شکل ناشی از تغییر مکان نسبی سازه حساس هستند و خسارت وارد بر آنها ناشی از نیروها و تغییر شکل می باشد. این اجزاء باید برای نیروهای طراحی لرزه ای طبق بند (۹-۷-۲-۱) یا (۹-۷-۲-۲)، و برای تغییر شکل طبق بند (۹-۷-۲-۳) کنترل شوند. طبق نقشه های پیوست این گزارش، ۹ تیپ سیستم سازه ای آسانسور برای کل پروژه وجود دارد که در این گزارش به تیپ شماره ۱ شامل آسانسورهای ۲۶۳۷۳-۲۶۳۷۴-۲۶۳۷۵ پرداخته می شود.

۳ محاسبه بارهای وارده

بارهای وارده به سازه نگه دارنده آسانسور در حالت کلی به دو بخش بارهای لرزه ای و بارهای ثقلی تقسیم می شود. که در ادامه توضیح داده خواهد شد.

۳-۱ محاسبه بارهای ثقلی

بارهای ثقلی شامل بارهای مرده (وزن کابین، اسکلت سازه ای، ریل ها و ...) و بارهای زنده می باشد. مقادیر این بارها به طور دقیق طبق اکسل های طراحی آسانسورها که در پیوست این گزارش وجود دارد، ارائه شده است. به طور خلاصه مقادیر این بارها به صورت زیر می باشد. قابل ذکر است که بارهای مربوط به کابین آسانسور و هر جرمی که در حرکت می باشد بایست در ضریب ضربه دینامیکی برابر با ۲ ضرب شود.

برای هر یک از آسانسورهای ۲۶۳۷۳-۲۶۳۷۴-۲۶۳۷۵ :

بار زنده (ظرفیت بار نامی) (نوع بار در نرم افزار : LL):

$$LL = 1000 \times 2 = 2000 \text{ kg}$$

جرم کابین خالی و اجزای متصل به آن (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 1100 \times 2 = 2200 \text{ kg}$$

جرم سیستم محرکه (موتور) و متعلقات (پایه) (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 900 \text{ kg}$$

تعداد طول کابل متحرک = ۱

جرم واحد طول کابل متحرک (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 0.45 \times 2 = 0.9 \text{ kg/m}$$

تعداد طول طناب / زنجیر جبران = ۲

جرم واحد طول طناب / زنجیر جبران (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 1.8 \times 2 = 3.6 \text{ kg/m}$$

وزن واحد طول ریل کابین (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 13.55 \text{ kg/m}$$

جرم وزنه تعادل - کششی و متعلقات (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 1556.6 \times 2 = 3113.2 \text{ kg}$$

بارگذاری مربوط به اثر پاراشوت به صورت قائم به ریل ها و سپس به المان های افقی اعمال می شود.

۳-۲ محاسبه بارهای لرزه ای

محاسبات بارگذاری لرزه ای سازه برای حالات زیر انجام می شود:

۳-۲-۱ مطابق با استاندارد ۲۸۰۰

مطابق با فصل چهارم استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، طراحی لرزه ای اجزای غیرسازه ای ساختمان برای پروژه مورد نظر الزامی می باشد. سازه نگه دارنده آسانسور ابتدا برای نیروی محاسبه شده در این فصل طراحی می شود و سپس برای نیروهای محاسبه شده مطابق با نشریه ۳۶۰ کنترل خواهد شد. محاسبه این نیروها در بخش مدلسازی ارائه خواهد شد.

۳-۲-۲ مطابق با نشریه ۳۶۰ در سطح خطر ۱ و سطح خطر ۲

محاسبات بارگذاری لرزه ای برای سیستم آسانسور مطابق با نشریه ۳۶۰ انجام شده است. در این دستورالعمل، مقادیر بارهای لرزه ای با توجه به روش تحلیلی به صورت زیر محاسبه می شود.

روش تحلیلی باید براساس رده بندی رفتاری اجزا طبق جداول (۹-۱ نشریه ۳۶۰) و (۹-۲ نشریه ۳۶۰) انتخاب شود. انتخاب و همچنین نیروها و تغییر شکل های اجزای غیر سازه ای باید به ترتیب زیر محاسبه شوند.

۱- اگر رده بندی رفتاری جزء مطابق جداول (۹-۱ نشریه ۳۶۰) و (۹-۲ نشریه ۳۶۰) حساس به شتاب تعیین شده است و سطح عملکرد ایمنی جانی محدود یا ایمنی جانی برای اجزای غیر سازه ای انتخاب شده، معادلات ساده شده داده شده در بند (۹-۷-۲-۱ نشریه ۳۶۰) برای محاسبه نیروی وارد بر آنها می تواند به کار رود.

۲- اگر رده بندی رفتاری جزء مطابق جداول (۹-۱ نشریه ۳۶۰) و (۹-۲ نشریه ۳۶۰) حساس به شتاب تعیین شده و سطح عملکرد اجزای غیر سازهای بالاتر از ایمنی جانی انتخاب شود، نیروهای طراحی لرزه ای باید طبق بند (۹-۷-۲-۲ نشریه ۳۶۰) محاسبه شوند.

۳- اگر رده بندی رفتاری جزء مطابق جداول (۹-۱ نشریه ۳۶۰) و (۹-۲ نشریه ۳۶۰) حساس به تغییر شکل تعیین شده است، نیروهای طراحی لرزه ای باید طبق بند (۹-۷-۲-۲ نشریه ۳۶۰) و نسبت های تغییر مکان نسبی باید طبق بند (۹-۷-۲-۳ نشریه ۳۶۰) محاسبه شوند.

ادامه جدول (۹-۲): ملزومات بهسازی اجزای مکانیکی- برقی و تجهیزات داخلی براساس سطوح خطر و سطوح عملکرد

نوع مولفه	مشخصات مولفه‌ها	لرزه‌خیزی کم			لرزه‌خیزی متوسط			لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد			رده‌بندی رفتاری	روش ارزیابی	ضریب بزرگنمایی پاسخ a_p^A	ضریب اصلاح پاسخ R_p^A	
		ایمنی جانی محدود	ایمنی جانی	استفاده بی‌وقفه	ایمنی جانی محدود	ایمنی جانی	استفاده بی‌وقفه	ایمنی جانی محدود	ایمنی جانی	استفاده بی‌وقفه					
پ- تجهیزات داخلی															
۱- قفسه‌ها (بند ۹-۱۰-۷)	موارد خطرناک	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	ش	نیروی تجویزی	۲٫۵	۱
	تجهیزات مخابراتی و رایانه ای	-	-	+	-	-	-	+	+	-	+	ش	نیروی تجویزی	۲٫۵	۶
	قفسه کتاب‌ها	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	ش	نیروی تجویزی	۱	۳
	سایر مواد	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	ش	نیروی تجویزی	۲٫۵	۴
۲- کف‌های کاذب (بند ۹-۱۰-۸)	از هر نوع	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	ش/ت	نیروی تغییر مکانی- تجویزی	۱	۳
۳- آسانسورها (بند ۹-۱۰-۹)	از هر نوع	-	-	-	-	-	-	+	+	-	+	ش/ت	نیروی تغییر مکانی- تجویزی	۱	۳
۴- پله های برقی و نقاله‌ها (بند ۹-۱۰-۱۰)	از هر نوع	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	ش/ت	نیروی تغییر مکانی- تجویزی	۲٫۵	۳

شکل ۱-۳ : ملزومات اجرای مکانیکی و برقی

راهنمای جدول:

- + : کنترل برای بهسازی ضرورت دارد.
- : کنترل برای بهسازی ضرورت ندارد.
- ت : جزء غیرسازه‌ای به تغییر شکل حساس می‌باشد.
- ش : جزء غیرسازه‌ای به شتاب حساس می‌باشد.
- ۱- در شرایط زیر تجهیزات نامبرده شده در مناطق با خطر لرزه‌خیزی زیاد و خیلی زیاد باید برای ایمنی جانی بهسازی شوند.
 - تجهیزات دارای ارتفاع ۱/۸۰ متر یا بیشتر باشند.
 - تجهیزات تشکیل دهنده بخشی از سیستم برق اضطراری باشند.
 - تجهیزات از انواع گازسوز باشند.
- ۲- کنترل برای بهسازی در صورتی ضروری است که مواد در نزدیکی افراد قرار داشته باشد و نشد بتواند بلافاصله سلامت افراد را تهدید نماید.
- ۳- کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در موارد زیر ضروری است:
 - ارتفاع تجهیزات ۱۸۰ سانتی متر یا بیش تر باشد.
 - وزن تجهیزات بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد.
 - تجهیزات بخشی از سیستم برق یا مخابرات اضطراری باشند.
- ۴- کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در صورتی که تجهیزات بخشی از سیستم برق یا مخابرات اضطراری باشد ضروری است.
- ۵- کنترل برای بهسازی در سطح عملکرد ایمنی جانی در صورتی که وزن متصل به هر اتصال بیش از ۱۰ کیلوگرم باشد ضروری است.
- ۶- کنترل برای بهسازی در قفسه‌بندی‌های موجود در فضاهایی که به ندرت افراد در آن‌ها حضور دارند ضروری نیست.
- ۷- کنترل برای بهسازی در صورتی ضروری است که قفسه‌بندی در محل تجمع عمومی واقع باشد.
- ۸- مقدار کم‌تری برای a_p می‌تواند براساس تحلیل دینامیکی انتخاب شود. به هر حال مقدار آن نباید کم‌تر از ۱ باشد. وقتی که تکیه‌گاه جانبی برای دیوارها و تیغه‌های جداکننده به وسیله دیافراگم نرم تأمین شده باشد مقدار a_p برای نیمه میانی دهانه برابر ۲/۰ در نظر گرفته می‌شود. مقدار $a_p = 1$ عموماً برای اجزایی است که فرض می‌شود صلب هستند و به صورت صلب نیز به سازه اصلی متصل شده‌اند. مقدار $a_p = 2.5$ برای اجزای انعطاف‌پذیر که به صورت انعطاف‌پذیر نیز متصل شده‌اند، می‌باشد.
- ۹- اگر مهار جزء توسط میل مهارهای بازشونده، یا مهارهای چسبی کوتاه، یا مهارهای درجا کار گذاشته شده کوتاه (غیرشکل‌پذیر) تأمین شده باشد و یا اگر جزء از مصالح غیرشکل‌پذیر ساخته شده باشد باید مقادیر R_p بزرگتر از ۱/۵ برابر با ۱/۵ در نظر گرفته شود.

طبق جدول ۹-۲ نشریه ۳۶۰، سیستم سازه ای آسانسور حساس به شتاب و حساس به تغییر شکل در نظر گرفته می شود. و همچنین سیستم سازه ای آسانسور در پهنه خطرپذیری خیلی زیاد (شهر تهران) قرار دارد و در حالت سطح عملکرد استفاده بی وقفه اجزای غیر سازه ای در نظر گرفته می شود. بنابراین نیروهای طراحی لرزه ای باید طبق بند (۹-۲-۷-۲) نشریه ۳۶۰ و نسبت های تغییر مکان نسبی باید طبق بند (۹-۲-۷-۳) نشریه ۳۶۰ محاسبه شوند.

بند (۹-۲-۷-۱) نشریه ۳۶۰ محاسبه نیرو با معادلات ساده شده

نیروهای طراحی لرزه ای وارد بر اجزای غیرسازه ای را می توان از روابط (۹-۱) و (۹-۲) محاسبه نمود. نیروی طراحی لرزه‌های افقی را می توان از رابطه (۹-۱) محاسبه نمود. در مواردی که بر اساس ضوابط بندهای (۹-۹) نشریه ۳۶۰ و (۹-۱۰) نشریه ۳۶۰ محاسبه نیروی لرزه ای قائم لازم است، برای طره های افقی باید از رابطه (۹-۲) استفاده شود و برای سایر اعضا می توان از رابطه (۹-۳) استفاده نمود.

$$F_P = 1.6S_{xs}W_P \quad (۱-۹)$$

$$F_{PV} = \pm \frac{2}{3}F_P \quad (۲-۹)$$

$$F_{PV(\min)} = \pm 0.2S_{xs}W_P \quad (۳-۹)$$

که در آنها:

F_P : نیروی طراحی لرزه‌ای که در راستای افقی در مرکز جرم جزء موردنظر اعمال یا براساس توزیع جرم جزء توزیع می‌شود.

F_{PV} : نیروی طراحی لرزه‌ای که در راستای قائم در مرکز جرم جزء موردنظر اعمال یا براساس توزیع جرم جزء توزیع می‌شود.

S_{xs} : مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه برای سطح خطر موردنظر مطابق ضوابط بند (۷-۱).

W_P : وزن جزء موردنظر در حالت بهره‌برداری.

بند (۹-۷-۲-۲) محاسبه نیرو با معادلات تفصیلی

• نیروی افقی لرزه‌ای

الف) سطح عملکرد ایمنی جانی:

اگر طبق ضوابط بند (۹-۷-۲) برای محاسبه نیرو از معیارهای این بند استفاده شود، در این صورت نیرو از رابطه (۹-۴) محاسبه

می‌شود.

$$F_P = \frac{0.4a_p S_{xs} I_P W_P \left[1 + \frac{2X}{h} \right]}{R_P} \quad (۹-۴)$$

در صورتی که F_P محاسبه شده از رابطه (۹-۴) بیش از مقدار حاصل از رابطه (۹-۱) باشد می‌توان مقدار حاصل از رابطه (۹-۱) را

به کاربرد، مشروط بر آنکه کم‌تر از مقدار حاصل از معادله (۹-۵) نباشد.

$$F_{P(\min)} = 0.3S_{xs} I_P W_P \quad (۹-۵)$$

در روابط (۴-۹) و (۵-۹) :

F_p : نیروی طراحی لرزه‌ای که در راستای افقی در مرکز جرم جزء موردنظر اعمال و براساس توزیع جرم جزء توزیع می‌شود.

S_{xs} : مقدار شتاب طیفی در زمان تناوب کوتاه برای سطح خطر موردنظر مطابق ضوابط بند (۷-۱).

a_p : ضریب بزرگ‌نمایی پاسخ جزء غیرسازه‌ای، با استفاده از جدول‌های (۱-۹) یا (۲-۹)

X : ارتفاع مرکز جرم جزء نسبت به تراز پایه ساختمان.

h : ارتفاع متوسط بام سازه نسبت به تراز پایه ساختمان.

R_p : ضریب اصلاح پاسخ جزء، با استفاده از جدول‌های (۱-۹) یا (۲-۹).

I_p : ضریب عملکرد جزء مربوطه که برای سطح عملکرد ایمنی جانی برابر با ۱/۰ می‌باشد.

W_p : وزن جزء موردنظر در حالت بهره‌برداری.

الف) سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه:

نیروی لرزه‌ای طرح برای اجزای غیرسازه‌ای در سطح عملکرد قابلیت استفاده بی‌وقفه باید با در نظر گرفتن رفتار دینامیکی سازه و جزء غیر سازه‌ای تعیین شود. زمان تناوب اصلی ارتعاش جزء غیرسازه‌ای (T_p) در هر امتداد از رابطه (۶-۹) محاسبه می‌شود.

$$T_p = 2\pi \sqrt{\frac{W_p}{K_p g}} \quad (۶-۹)$$

در این رابطه:

T_p : زمان تناوب اصلی جزء

W_p : وزن جزء مورد نظر در حالت بهره‌برداری

g : شتاب ثقل

K_p : سختی تقریبی تکیه گاه جزء (سختی مهاربند و اتصالات براساس اعمال بار واحد در مرکز جرم جزء مورد نظر)

نیروی طراحی لرزه‌ای جزء غیرسازه‌ای از رابطه زیر محاسبه شده است:

$$F_p = \frac{I_p a_p A_x W_p}{R_p} \quad (۷-۹)$$

در این رابطه:

I_p : ضریب عملکرد جزء مربوطه که برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه برابر با ۱/۴ می باشد.

a_p : ضریب بزرگنمایی پاسخ جزء غیرسازه‌ای، با استفاده از جدول‌های (۹-۱) یا (۹-۲)

R_p : ضریب اصلاح پاسخ جزء، با استفاده از جدول‌های (۹-۱) یا (۹-۲).

A_x : شتاب طبقه در تراز X براساس تحلیل دینامیکی خطی ساختمان طبق بخش (۷-۱) محاسبه می شود. به جای استفاده از

تحلیل دینامیکی خطی می توان مقدار A_x را با استفاده از معادله (۸-۹) تعیین نمود.

$$A_x = 0.4S_{xs} \left(1 + \frac{2x}{h} \right) \quad (۸-۹)$$

در این رابطه:

h : میانگین ارتفاع تراز بام سازه نسبت به تراز پایه

x : ارتفاع تراز مرکز جرم جزء مورد بررسی نسبت به تراز پایه

• نیروی قائم لرزه ای

اگر طبق ضوابط بند (۹-۷-۲) برای محاسبه ی نیرو از معیارهای این بند استفاده شود، در این صورت نیرو از رابطه (۹-۹) محاسبه

می شود.

$$F_{PV} = \frac{0.27a_p S_{xs} I_p W_p}{R_p} \quad (۹-۹)$$

در صورتی که F_{PV} محاسبه شده از رابطه (۹-۹) بیش از مقدار حاصل از رابطه (۹-۲) باشد می توان مقدار حاصل از رابطه (۹-۲)

را به کار برد، مشروط برآنکه کم تر از مقدار حاصل از رابطه (۹-۱۰) نباشد.

$$F_{PV(\min)} = \pm 0.2S_{xs} I_p W_p \quad (۱۰-۹)$$

I_p : ضریب عملکرد جزء مربوطه که برای سطح عملکرد ایمنی جانی برابر ۱ و برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه برابر

با ۱/۵ در نظر گرفته می شود.

بند (۹-۷-۲-۳) نشریه ۳۶۰ محاسبه تغییرشکل

مقادیر تغییرمکان نسبی (D_p) و نسبت های تغییرمکان نسبی (D_r) باید براساس روابط این بند محاسبه شوند. اگر جزء

غیرسازه ای، دو نقطه واقع در ترازهای X و Y در یک ساختمان یا سیستم سازه ای را به هم متصل نماید باید از رابطه (۹-۱۱) و اگر

جزء غیرسازه ای، دو نقطه هم تراز در دو ساختمان یا سیستم سازه ای مستقل را به هم وصل نماید باید از رابطه (۹-۱۲) استفاده شود.

$$D_r = \frac{\delta_{XA} - \delta_{YA}}{X - Y} \quad (۹-۱۱)$$

$$D_p = |\delta_{XA}| + |\delta_{XB}| \quad (۹-۱۲)$$

در این روابط :

D_p : تغییر مکان نسبی لرزه‌ای.

D_r : نسبت تغییر مکان نسبی.

X : ارتفاع اتصال تکیه‌گاه فوقانی (تراز X) نسبت به تراز پایه.

Y : ارتفاع اتصال تکیه‌گاه تحتانی (تراز Y) نسبت به تراز پایه.

δ_{XA} : تغییر مکان جانبی ساختمان A در تراز X ، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی در فصل ۳.

δ_{YA} : تغییر مکان جانبی ساختمان A در تراز Y ، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی در فصل ۳.

δ_{XB} : تغییر مکان جانبی ساختمان B در تراز X ، تعیین شده براساس روش‌های تحلیلی در فصل ۳.

تأثیرات تغییر مکان‌های نسبی لرزه‌ای باید در ترکیب با تغییر مکان‌های ناشی از دیگر بارها به صورت مناسب در نظر گرفته شوند.

۴ مدل سازی و بارگذاری در نرم افزار SAP2000 V19

نرم افزار SAP2000 V.19 مناسب برای تحلیل سازه هر گونه سازه ای می باشد. با توجه به اینکه این نرم افزار قابلیت تعریف طیف لرزه ای ساختگاه را در خود دارد بنابراین تحلیل های دینامیکی طیفی را به خوبی انجام می دهد. در این پروژه با توجه به نقشه های پیوست که ابعاد سازه آسانسور در آنها مشخص شده است، مدلسازی کامل سازه آسانسور در این برنامه انجام شد.

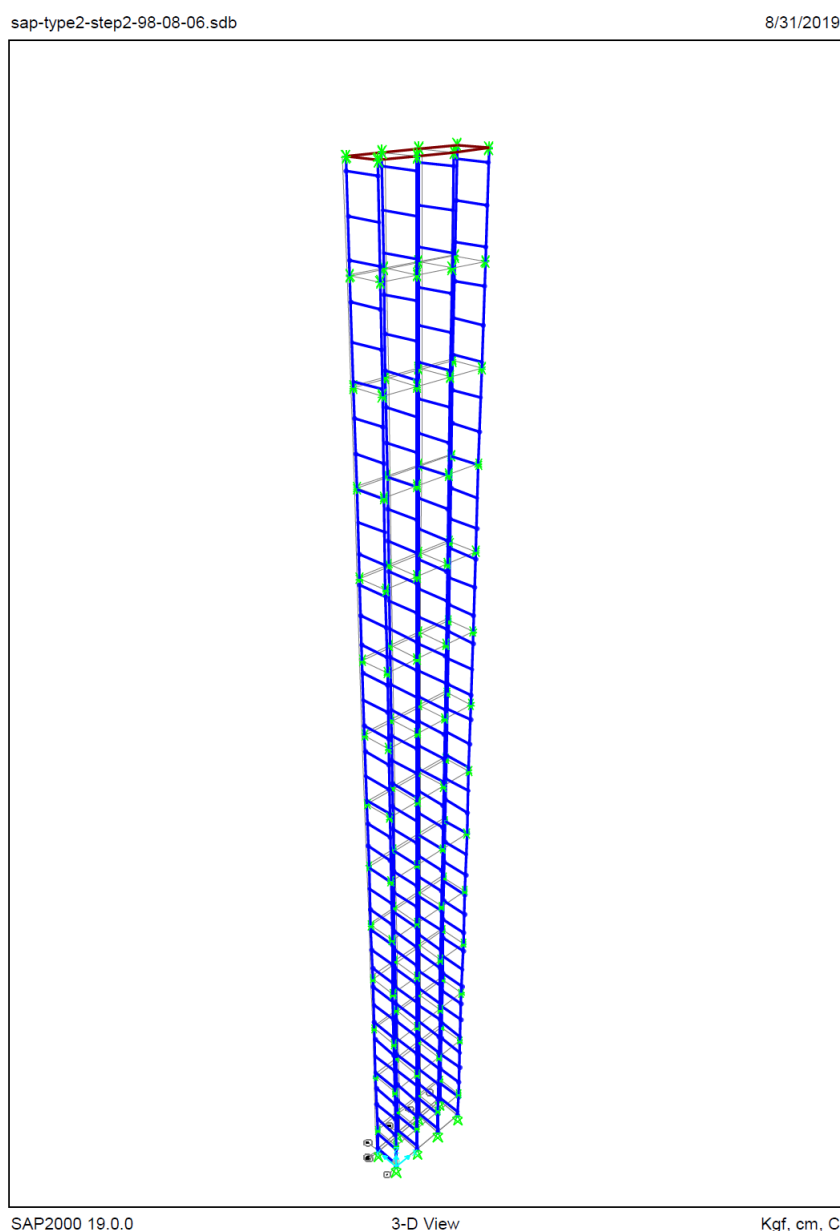
با توجه به این که سازه آسانسور به صورت مجزا مدلسازی می شود بنابراین بایست تغییر مکان طبقات به این سازه اعمال شود و در نتیجه بایست سازه آسانسور با در نظر گرفتن بارهای مرده و زنده خود و همچنین بارهای لرزه ای خود همزمان تغییر مکان طبقات نیز به آن اعمال شود و تحت تحلیل استاتیکی معادل قرار گیرد.

سازه های آسانسور های ۲۶۳۷۳-۲۶۳۷۴-۲۶۳۷۵ با شماره ای ۴ ، ۵ و ۶ در نقشه های معماری مشخص شده اند. این آسانسورها در بخش part B سازه ساختمان اصلی قرار دارند. مدلسازی این آسانسورها به صورت کلی از تراز ابتدا تا بالاترین تراز (دال شاسی بالا) در برنامه SAP2000 انجام شد.

در این تیپ آسانسورها، هم در سمت جلو و هم در سمت انتها، ستون در تمام ارتفاع ساختمان وجود دارد (هشت عدد ستون) و این ستون ها توسط ورق های فولادی کاشته شده در تیرهای بتنی تراز طبقات، به این تیر ها متصل می شوند. اتصالات ستون ها به این ورق ها به گونه ای مدلسازی شده است که آزادی اتصال در جهت های افقی بسته شده است ولی در جهت قائم آزاد می باشد. در حقیقت این اتصالات برای عکس العمل

های افقی بعد از تحلیل سازه طراحی خواهند شد. اعضای افقی (کلاف های عرضی در تمام ارتفاع) که در فاصله های ۱۷۰ سانتیمتر به ستون ها متصل هستند.

طبق توضیحات فوق، آزادی انتقالی تکیه گاه های ستون ها در جهات افقی (X و Y) بسته شده است ولی درحالی که این نقاط در تحلیل سازه اصلی (کل ساختمان) دارای تغییرمکان های جانبی می باشند. برای انجام تحلیل سازه صحیح برای سازه نگه دارنده آسانسور، بایست این تغییر مکان ها به این نقاط اعمال شود. و سازه نگه دارنده آسانسور تحت تحلیل سازه استاتیکی معادل قرار گیرد. طبق اطلاعات پیوست، تغییرمکان های جانبی طبقات برای کل سازه و برای سه حالت، طراحی اولیه مطابق استاندارد ۲۸۰۰ و کنترل های عملکردی برای سطوح IO و LS ارائه شده است.



شکل ۴-۱ مدل سازی اسکلت نگه دارنده آسانسور در برنامه sap2000

۴-۱ مدلسازی بارهای ثقلی

بارهای مرده در بخش ۳-۱ محاسبه شد. این بارها به صورت زیر در مدل اصلی در نرم افزار SAP2000 V19 اعمال شد.

کل طول این بخش مدلسازی شده 65.53 متر می باشد که وزن ریل ها و کابل ها با توجه به این طول محاسبه می شود و وزن مرده و زنده کابین نیز به کل ستون های اصلی وارد می شود.

کل بار مرده وارد بر چهار ستون اصلی هر آسانسور با در نظر گرفتن اثر ضربه دینامیکی:

$$DL = 2200 + 900 + 65.53 \times 2 \times 0.9 + 65.53 \times 2 \times 3.6 = 3690 \text{ kg}$$

بر روی هر چهار ستون اصلی هر آسانسور به صورت متمرکز در بالاترین تراز 923 kg از نوع بار DL وارد شد. برای ستون های کناری فقط همین مقدار ولی برای ستون های میانی به علت اشتراک با دو آسانسور، مقدار دو برابر فوق اعمال شد.

بار ثقلی وزنه تعادل که مقدار آن 3113.2 kg محاسبه شده است، نیز بر روی یک طرف سازه آسانسور قرار دارد بنابراین نصف این بار (1557 kg) به هر دو ستون یک سمت سازه هر آسانسور به صورت متمرکز در بالاترین تراز از نوع بار DL اعمال می شود.

کل بار مرده هر ریل در فاصله بین دو کلاف افقی به فاصله ۱۷۰ سانتیمتر (برای کابین و وزنه تعادل):

$$DL = 13.55 \times 1.7 = 24 \text{ kg}$$

این بار نیز برای هر کلاف عرضی به صورت متمرکز در وسط آن اعمال می شود. قابل ذکر است که کلاف های قاب های وسط که دو طرف آن ها ریل وجود دارد مقدار ۴۸ کیلوگرم اعمال شده است.

کل بار زنده وارد بر چهار ستون اصلی هر آسانسور با در نظر گرفتن اثر ضربه دینامیکی:

$$LL = 2000 \text{ kg}$$

بر روی هر چهار ستون اصلی هر آسانسور به صورت متمرکز در بالاترین تراز 500 kg از نوع بار LL وارد شد.

اثر پاراشوت با توجه به محاسبات انجام گرفته در دفترچه محاسبات مربوط به طراحی مکانیکی آسانسورها، برای هر کلاف عرضی در جهت ثقلی مقدار 1800 kg می باشد که از نوع بار P باید به کلاف های عرضی اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان اثر پاراشوت بر روی سه کلاف عرضی مجاور هم اعمال شود بنابراین هر کلاف عرضی تقریباً 600 kg اثر پاراشوت دارد. این مقدار به صورت اتفاقی برای سه کلاف عرضی مجاور هم برای هر آسانسور به صورت زیر در نظر گرفته شد.

آسانسور سمت چپ: پاراشوت کابین آسانسور در تراز طبقات پایین ساختمان اعمال شود

آسانسور وسط: پراشوت کابین آسانسور در تراز طبقات وسط ساختمان اعمال شود

آسانسور سمت راست: پراشوت کابین آسانسور در تراز طبقات وسط ساختمان اعمال شود

در جهت اطمینان فرض شده است که کابین آسانسور وسط و سمت راست هر دو در یک موقعیت اثر پراشوت عمل کند.

وزن دال بتنی در بالاترین تراز نیز در مدلسازی در نظر گرفته شده است.

۴-۲ مدلسازی بارهای لرزه ای

بارگذاری لرزه ای در سه نوع در نظر گرفته میشود.

- نوع ۱ : بارگذاری جانبی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم (type1)
- نوع ۲ : بارگذاری جانبی برای سطح خطر ۱ و حالت سطح عملکرد IO (type2)
- نوع ۳ : بارگذاری جانبی برای سطح خطر ۲ و حالت سطح عملکرد LS (type3)
- هر کدام از انواع فوق برای چهار حالت بارگذاری لرزه ای در موقعیت های مختلف کابین آسانسور، محاسبه و اعمال می شود.

- حالت ۱ : یک چهارم ابتدایی سازه و کابین آسانسور در پایین ترین تراز قرار دارد (step1)
- حالت ۲ : یک چهارم میانی سازه و کابین آسانسور در تراز طبقه اول قرار دارد (step2)
- حالت ۳ : یک چهارم میانی سازه و کابین آسانسور در تراز طبقه ششم قرار دارد (step3)
- حالت ۴ : یک چهارم انتهایی سازه و کابین آسانسور در بالاترین تراز قرار دارد (step4)

۴-۲-۱ اعمال بارگذاری لرزه ای مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ (بارگذاری نوع ۱)

۴-۲-۱-۱ بارگذاری جانبی حالت ۱

طبق بند ۴-۲-۱-۱ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم نیروی جانبی زلزله ناشی از وزن لرزه ای کابین و وزنه تعادل، با توجه به رابطه زیر قابل محاسبه می باشد.

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times \alpha_p A (1 + S) W_p I_p}{R_{pu}} \left(1 + 2 \frac{Z}{H} \right)$$

در این رابطه:

V_{pu} = نیروی جانبی زلزله در حد مقاومت. برای تعیین این نیرو در حد تنش های مجاز باید این مقدار به ۱/۴ تقسیم شود.

A = شتاب پایه، طبق بند ۲-۲

$1+S$ = ضریب شتاب طیفی طبق بند (۲-۳-۱)

α_p = ضریب بزرگنمایی جزء طبق جدول (۴-۱) یا (۴-۲)

I_p = ضریب اهمیت جزء طبق بند (۴-۱-۳)

W_p = وزن جزء سازه ای همراه با محتویات آن در زمان بهره برداری

R_{pu} = ضریب رفتار جزء طبق جدول (۴-۱) یا (۴-۲).

Z = ارتفاع مرکز جرم جزء از تراز پایه. مقدار Z لازم نیست بیشتر از H در نظر گرفته شود.

H = ارتفاع متوسط بام ساختمان از تراز پایه

مقدار V_{pu} در هیچ حالت نباید کمتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pumin} = 0.3A(1 + S)W_p I_p$$

مقدار V_{pu} در هیچ حالت نباید بیشتر از مقدار زیر در نظر گرفته شود.

$$V_{pumax} = 1.6A(1 + S)W_p I_p$$

در این پروژه:

A شتاب پایه شهر تهران

$1+S$ طبق گزارش تحلیل خطر پروژه حاصل $A(1+S)$ به صورت زیر می باشد

$$A(1 + S) = 1.163$$

$\alpha_p = 1$ طبق جدول ۴-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم

$$I_p = 1.4 \text{ طبق بند ۴-۱-۳ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم}$$

$$R_{pu} = 2.5 \text{ طبق جدول ۴-۲ استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم}$$

مقدار وزن لرزه ای W_p مجموع بارهای مرده و زنده کابین، وزنه تعادل و یک چهارم وزن آهن آلات سازه برای هر آسانسور به صورت جداگانه به صورت زیر محاسبه می شود. با توجه به برآورد اولیه، وزن کل آهن آلات سازه برای سه آسانسور کنار هم برابر با 12500 kg می باشد بنابراین برای هر آسانسور وزن آهن آلات 4166 kg محاسبه می شود.

جهت مدل سازی صحیح، مناسب است که بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای یک چهارم سازه جداگانه حساب شود و به صورت خطی گسترده به ستون ها اعمال شود و بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای کابین آسانسور به کلاف های افقی اعمال شود و همچنین بار جانبی وزنه تعادل نیز به صورت جداگانه محاسبه و به کلاف های افقی اعمال شود.

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=5.475 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{5.475}{65.53} \right) = 639 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 1026 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 0.35 \times 2.5 \times 2100 \times 1.4 = 5470 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1026 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ۲- با نام های EX و EY اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان کابین هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف

مجاور کناری $256kg = \frac{1}{4} \times 1026$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $513kg = \frac{1}{2} \times 1026$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در بالاترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4} (4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط یک چهارم ابتدای به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=8.19m$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{8.19}{65.53} \right) = 339 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 509 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 2714 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 509 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با $127kg$ و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با $254kg$ تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=0$ تا $Z=16.38m$ با نام های EX و EY به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر $16.38m$ است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری $7.75kg/m$ و نیروی جانبی گسترده

خطی برای ستون های میانی 15.5 kg/m در نظر گرفته میشود. این نیروی جانبی در هر چهار فایل SAP مربوط به بارگذاری نوع ۱ (type1) اعمال شده است.

۴-۲-۱-۲ بارگذاری جانبی حالت ۲

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=20.52 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{20.52}{65.53} \right) = 889 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 1026 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 5470 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1026 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه اول با نام های EX و EY اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان کابین هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1026 = 256 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1026 = 513 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز بالاتر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا

برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط دومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۲ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=24.57\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{24.57}{65.53} \right) = 474 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 509 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 2714 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 509 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 127kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 254kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=16.38\text{m}$ تا $Z=32.76\text{m}$ با نام های EX و EY به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 7.75kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 15.5kg/m در نظر گرفته میشود. این نیروی جانبی در هر چهار فایل SAP مربوط به بارگذاری نوع ۱ (type1) اعمال شده است.

۳-۱-۲-۴ بارگذاری جانبی حالت ۳

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=44.32 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{44.32}{65.53} \right) = 1286 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 1026 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 5470 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1286 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ششم با نام های EX و EY اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان کابین هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1286 = 321 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1286 = 643 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز پایین تر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط سومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۳ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=40.95\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{40.95}{65.53} \right) = 611 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 509 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 2714 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 611 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 152kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 305kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=32.76$ تا $Z=49.14\text{m}$ با نام های EX و EY به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 9.28kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 18.56kg/m در نظر گرفته میشود. این نیروی جانبی در هر چهار فایل SAP مربوط به بارگذاری نوع ۱ (type1) اعمال شده است.

۴-۲-۴ بارگذاری جانبی حالت ۴

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=63.3 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{63.3}{65.53} \right) = 1604 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 1026 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 2100 \times 1.4 = 5470 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1604 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط بالاترین طبقه با نام های EX و EY اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان کابین هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1604 = 401 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1604 = 802 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در پایین ترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4} (4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط چهارمین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۴ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=57.34\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$V_{pu} = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4}{2.5} \left(1 + 2 \times \frac{57.34}{65.53} \right) = 747 \text{ kg}$$

$$V_{pumin} = 0.3 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 509 \text{ kg}$$

$$V_{pumax} = 1.6 \times 1.163 \times 1042 \times 1.4 = 2714 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 747 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 187 kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 373 kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=49.14$ تا $Z=65.53 \text{ m}$ با نام های EX و EY به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38 m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 11.4 kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 22.8 kg/m در نظر گرفته میشود. این نیروی جانبی در هر چهار فایل SAP مربوط به بارگذاری نوع ۱ (type1) اعمال شده است.

۴-۲-۵ اعمال تغییر مکان های جانبی طبقات در بارگذاری نوع ۱ (در تمام حالات ۱ تا ۴)

آزادی انتقالی تکیه گاه های ستون ها در جهات افقی (x و y) بسته شده است ولی در حالی که این نقاط در تحلیل سازه اصلی (کل ساختمان) دارای تغییر مکان های جانبی می باشند. برای انجام تحلیل سازه صحیح برای سازه نگه دارنده آسانسور، بایست این تغییر مکان ها به این نقاط اعمال شود. و سازه نگه دارنده آسانسور تحت تحلیل سازه استاتیکی معادل قرار گیرید. طبق اطلاعات پیوست، تغییر مکان های جانبی نسبی طبقات برای هر سه بخش $part A$ ، $part B$ و $part C$ برای حالت طراحی اولیه مطابق استاندارد ۲۸۰۰ ارائه شده است. آسانسورهای مورد نظر در این گزارش در $part B$ ساختمان اصلی قرار دارند.

Part-B											
Initial Design				IO- Level control				LS- Level control			
Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass			
Story	Load Case/Combo	Drift X <0.00363	Drift Y <0.00363	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.01	Drift Y <0.01	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.02	Drift Y <0.02
Story-11	Sx Max	0.00142	0.00003	Story-11	Sx Max	0.00417	0.00006	Story-11	Sx Max	0.00809	0.00015
Story-11	Sy Max	0.00000	0.00195	Story-11	Sy Max	0.00003	0.00727	Story-11	Sy Max	0.00013	0.01418
Story-10	Sx Max	0.00144	0.00003	Story-10	Sx Max	0.00427	0.00006	Story-10	Sx Max	0.00820	0.00014
Story-10	Sy Max	0.00000	0.00194	Story-10	Sy Max	0.00003	0.00724	Story-10	Sy Max	0.00013	0.01401
Story-9	Sx Max	0.00145	0.00003	Story-9	Sx Max	0.00428	0.00006	Story-9	Sx Max	0.00817	0.00014
Story-9	Sy Max	0.00000	0.00190	Story-9	Sy Max	0.00003	0.00706	Story-9	Sy Max	0.00013	0.01353
Story-8	Sx Max	0.00141	0.00003	Story-8	Sx Max	0.00412	0.00006	Story-8	Sx Max	0.00784	0.00014
Story-8	Sy Max	0.00000	0.00182	Story-8	Sy Max	0.00002	0.00671	Story-8	Sy Max	0.00012	0.01272
Story-7	Sx Max	0.00137	0.00003	Story-7	Sx Max	0.00398	0.00006	Story-7	Sx Max	0.00755	0.00014
Story-7	Sy Max	0.00000	0.00172	Story-7	Sy Max	0.00002	0.00628	Story-7	Sy Max	0.00012	0.01179
Story-6	Sx Max	0.00132	0.00003	Story-6	Sx Max	0.00377	0.00006	Story-6	Sx Max	0.00711	0.00013
Story-6	Sy Max	0.00000	0.00160	Story-6	Sy Max	0.00002	0.00572	Story-6	Sy Max	0.00011	0.01064
Story-5	Sx Max	0.00125	0.00003	Story-5	Sx Max	0.00349	0.00006	Story-5	Sx Max	0.00655	0.00013
Story-5	Sy Max	0.00000	0.00146	Story-5	Sy Max	0.00001	0.00506	Story-5	Sy Max	0.00011	0.00934
Story-4	Sx Max	0.00115	0.00003	Story-4	Sx Max	0.00308	0.00006	Story-4	Sx Max	0.00582	0.00012
Story-4	Sy Max	0.00000	0.00130	Story-4	Sy Max	0.00001	0.00431	Story-4	Sy Max	0.00010	0.00799
Story-3	Sx Max	0.00107	0.00003	Story-3	Sx Max	0.00274	0.00006	Story-3	Sx Max	0.00517	0.00012
Story-3	Sy Max	0.00000	0.00113	Story-3	Sy Max	0.00001	0.00347	Story-3	Sy Max	0.00009	0.00656
Story-2	Sx Max	0.00098	0.00003	Story-2	Sx Max	0.00239	0.00005	Story-2	Sx Max	0.00448	0.00010
Story-2	Sy Max	0.00000	0.00103	Story-2	Sy Max	0.00001	0.00297	Story-2	Sy Max	0.00008	0.00568
Story-1	Sx Max	0.00085	0.00002	Story-1	Sx Max	0.00202	0.00004	Story-1	Sx Max	0.00371	0.00007
Story-1	Sy Max	0.00000	0.00086	Story-1	Sy Max	0.00001	0.00238	Story-1	Sy Max	0.00006	0.00459
Story-0	Sx Max	0.00059	0.00002	Story-0	Sx Max	0.00143	0.00003	Story-0	Sx Max	0.00263	0.00006
Story-0	Sy Max	0.00000	0.00062	Story-0	Sy Max	0.00000	0.00173	Story-0	Sy Max	0.00005	0.00337
Base-1	Sx Max	0.00030	0.00001	Base-1	Sx Max	0.00083	0.00002	Base-1	Sx Max	0.00144	0.00004
Base-1	Sy Max	0.00000	0.00029	Base-1	Sy Max	0.00000	0.00087	Base-1	Sy Max	0.00003	0.00165

شکل ۲-۴: مقادیر دریفت طبقات

با توجه به ارتفاع طبقات، تغییر مکان هر طبقه به صورت جدول زیر محاسبه می شود.

تغییر مکان تکیه گاه های سازه نگه دارنده آسانسور - طراحی اولیه طبق استاندارد ۲۸۰۰							
		Drift(x)	Drift(y)	ارتفاع طبقه (cm)	تغییر مکان نسبی (x)	تغییر مکان نسبی (y)	تغییر مکان کلی (y)
Story-11	Ex	0.0014	0	476	0.67592	0	6.99533
	Ey	0	0.00195	476	0	0.9282	8.43217
Story-10	Ex	0.0014	0	476	0.68544	0	6.31941
	Ey	0	0.00194	476	0	0.92344	7.50397
Story-9	Ex	0.0015	0	476	0.6902	0	5.63397
	Ey	0	0.0019	476	0	0.9044	6.58053
Story-8	Ex	0.0014	0	476	0.67116	0	4.94377
	Ey	0	0.00182	476	0	0.86632	5.67613
Story-7	Ex	0.0014	0	476	0.65212	0	4.27261
	Ey	0	0.00172	476	0	0.81872	4.80981
Story-6	Ex	0.0013	0	476	0.62832	0	3.62049
	Ey	0	0.0016	476	0	0.7616	3.99109

Story-5	Ex	0.0013	0	476	0.595	0	2.99217	0
	Ey	0	0.00146	476	0	0.69496	0	3.22949
Story-4	Ex	0.0012	0	476	0.5474	0	2.39717	0
	Ey	0	0.0013	476	0	0.6188	0	2.53453
Story-3	Ex	0.0011	0	476	0.50932	0	1.84977	0
	Ey	0	0.00113	476	0	0.53788	0	1.91573
Story-2	Ex	0.001	0	476	0.46648	0	1.34045	0
	Ey	0	0.00103	476	0	0.49028	0	1.37785
Story-1	Ex	0.0009	0	476	0.4046	0	0.87397	0
	Ey	0	0.00086	476	0	0.40936	0	0.88757
Story-0	Ex	0.0006	0	493	0.29087	0	0.46937	0
	Ey	0	0.00062	493	0	0.30566	0	0.47821
Base-0	Ex	0.0003	0	595	0.1785	0	0.1785	0
	Ey	0	0.00029	595	0	0.17255	0	0.17255

این تغییرمکان ها به نقاط تکیه گاهی در مدل های type1 در برنامه SAP2000 با نام های EX و EY اعمال شد.

۴-۱-۲-۶ اعمال بارگذاری قائم زلزله در بارگذاری نوع ۱ (در تمام حالات ۱ تا ۴)

مولفه قائم زلزله طبق رابطه زیر در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، باید همزمان با نیروهای جانبی به جزء اثر داده شود.

$$F_{pu} = 0.2A(1 + S)I_p W_p$$

پارامترهای فوق در بخش های قبل توضیح داده شد. بنابراین

$$F_{pu} = 0.2 \times 1.163 \times 1.4 \times W_p = 0.325W_p$$

مقدار W_p که در بخش های قبل توضیح داده شده بود، مقدار بارهای ثقلی مرده و زنده می باشد. در صورتی که در ترکیب بارگذاری ها در ترکیب بارهای که نیروی زلزله قائم و جانبی در نظر گرفته می شود، ضریب بارهای مرده و زنده را با 0.325 یک بار جمع و بار دیگر تفریق کنیم در حقیقت بار قائم زلزله در نظر گرفته خواهد شد.

۴-۲-۲ اعمال بارگذاری مطابق با نشریه ۳۶۰

همانطور که قبلاً گفته شد، طبق جدول ۹-۲ نشریه ۳۶۰، سیستم سازه ای آسانسور حساس به شتاب و حساس به تغییرشکل در نظر گرفته می شود. و همچنین سیستم سازه ای آسانسور در پهنه خطرپذیری خیلی زیاد (شهر تهران) قرار دارد و در حالت سطح عملکرد استفاده بی وقفه اجزای غیر سازه ای در نظر گرفته می شود. بنابراین نیروهای طراحی لرزه ای باید طبق بند (۹-۷-۲-۲-۲ نشریه ۳۶۰) و نسبت های تغییر مکان نسبی باید طبق بند (۹-۷-۲-۳ نشریه ۳۶۰) محاسبه شوند.

تحلیل خطر با هدف برآورد پارامترهای حرکت قوی زمین انجام می گیرد. خطر ناشی از زلزله به دو صورت «طیف طرح شتاب» و «تاریخچه زمان شتاب» تعریف و به دو صورت «احتمالی» و یا «تعیینی» برآورد می شود. در بخش (۱-۷-۲ نشریه ۳۶۰) به ارائه روشهای برآورد طیف طرح شتاب و در بخش (۱-۷-۳ نشریه ۳۶۰) به انتخاب شتاب نگاشت های سازگار با سطوح مختلف خطر پرداخته شده است. همچنین در بخش (۱-۷-۴ نشریه ۳۶۰) گام های کلیدی لازم برای انجام تحلیل خطر احتمالی ویژه ساختگاه، هنگامی که انجام این تحلیل لازم است، ارائه شده است.

دستور العمل عمومی این بخش می تواند برای تعیین طیف طرح شتاب در مورد هر یک از سطوح خطر زلزله زیر استفاده شود:

سطح خطر ۱: معادل سطحی از حرکت های قوی زمین است که احتمال فراگذشت از آن ۱۰٪ در ۵۰ سال باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۴۷۵ سال است. سطح خطراً در استاندارد ۲۸۰۰ «زلزله طرح» نامیده شده است.

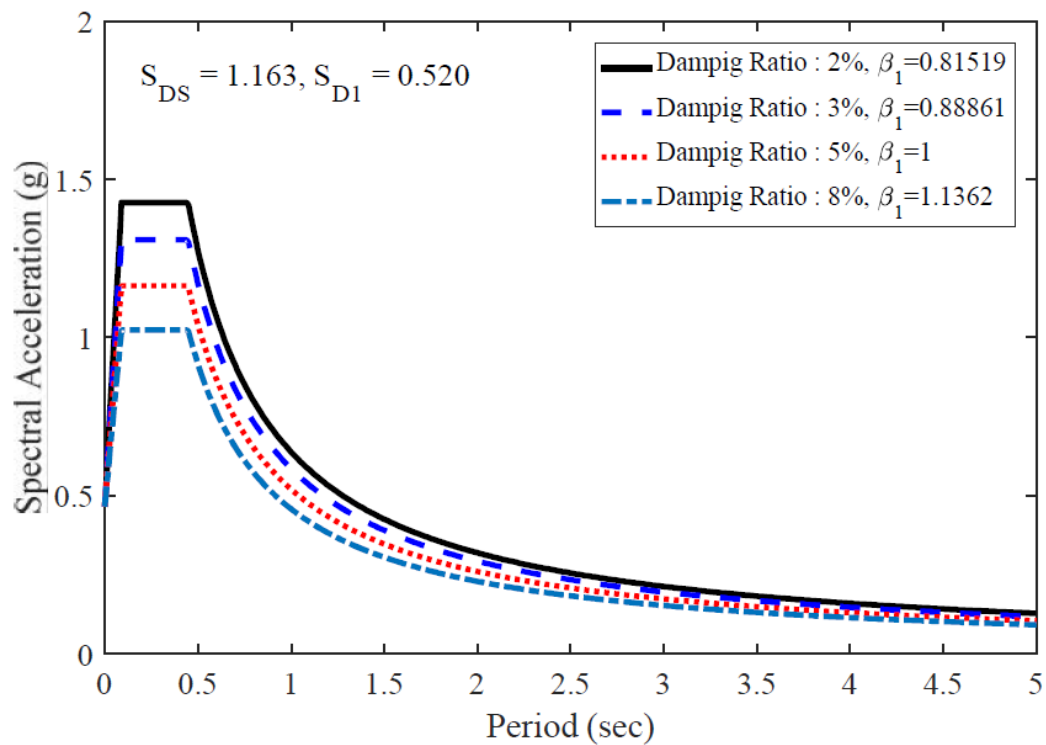
سطح خطر ۲: معادل سطحی از حرکت های قوی زمین است که احتمال فراگذشت از آن ۲٪ در ۵۰ سال باشد. این سطح خطر معادل دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال است.

طیف طرح شتاب با یکی از دو فرایند استفاده از "شکل طیف ثابت" و یا "شکل طیف حاصل از تحلیل ویژه ساختگاه" تعیین می شود. در این پروژه شکل طیف حاصل از تحلیل ویژه ساختگاه تهیه شده است. شکل طیف حاصل از تحلیل ویژه ساختگاه برای این پروژه برای سطح خطر ۱ و ۲ به صورت زیر است.

جدول ۶-۴: مقادیر شتاب طیفی طیف های هموار شده ویژه ساختگاه برای میرایی های مختلف در سطح خطر ۱

Period (s)	Damping Ratio			
	2%	3%	5%	8%
0	0.4652	0.4652	0.4652	0.4652
0.08 (T_0)	1.3252	1.2197	1.0893	0.9646
0.1	1.4266	1.3087	1.1629	1.0235
0.2	1.4266	1.3087	1.1629	1.0235
0.3	1.4266	1.3087	1.1629	1.0235
0.4	1.4266	1.3087	1.1629	1.0235
0.42 (T_s)	1.4266	1.3087	1.1629	1.0235
0.5	1.2758	1.1704	1.0400	0.9153
0.6	1.0632	0.9753	0.8667	0.7628
0.7	0.9113	0.8360	0.7429	0.6538
0.8	0.7974	0.7315	0.6500	0.5721
0.9	0.7088	0.6502	0.5778	0.5085
1	0.6379	0.5852	0.5200	0.4577
1.5	0.4253	0.3901	0.3467	0.3051
2	0.3189	0.2926	0.2600	0.2288
2.5	0.2552	0.2341	0.2080	0.1831
3	0.2126	0.1951	0.1733	0.1526
4	0.1595	0.1463	0.1300	0.1144
5	0.1276	0.1170	0.1040	0.0915

شکل ۴-۳: جدول شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۱

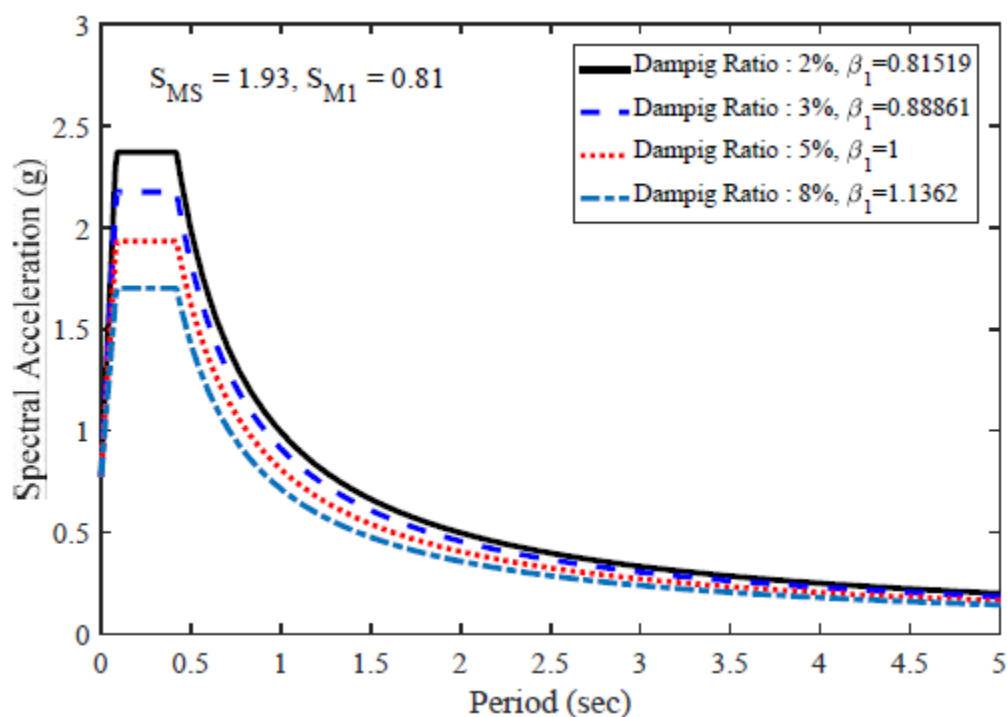


شکل ۴-۴: شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۱

جدول ۵-۶: مقادیر شتاب طیفی طیف های هموار شده ویژه ساختگاه برای میرایی های مختلف در سطح خطر ۲

Period (s)	Damping Ratio			
	2%	3%	5%	8%
0	0.7730	0.7730	0.7730	0.7730
0.09 (T_0)	2.3706	2.1747	1.9325	1.7008
0.1	2.3706	2.1747	1.9325	1.7008
0.2	2.3706	2.1747	1.9325	1.7008
0.3	2.3706	2.1747	1.9325	1.7008
0.4	2.3706	2.1747	1.9325	1.7008
0.45 (T_s)	2.2078	2.0253	1.7997	1.5840
0.5	1.9870	1.8228	1.6198	1.4256
0.6	1.6558	1.5190	1.3498	1.1880
0.7	1.4193	1.3020	1.1570	1.0183
0.8	1.2419	1.1392	1.0123	0.8910
0.9	1.1039	1.0127	0.8999	0.7920
1	0.9935	0.9114	0.8099	0.7128
1.5	0.6623	0.6076	0.5399	0.4752
2	0.4967	0.4557	0.4049	0.3564
2.5	0.3974	0.3646	0.3240	0.2851
3	0.3312	0.3038	0.2700	0.2376
4	0.2484	0.2278	0.2025	0.1782
5	0.1987	0.1823	0.1620	0.1426

شکل ۴-۵: جدول شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۲



شکل ۴-۶: شتاب طیفی ویژه ساختگاه در سطح خطر ۲

۱-۲-۲-۴ اعمال بارگذاری جانبی برای سطح خطر ۱ و حالت سطح عملکرد IO (type2)

• بارگذاری جانبی حالت ۱

طبق توضیحات ارائه شده در بخش ۲-۳، نیروی جانبی برای این سطح عملکرد IO به صورت زیر قابل محاسبه می باشد.

$$F_p = \frac{I_p a_p A_x W_p}{R_p}$$

در صورتی که نخواهیم از تحلیل دینامیکی استفاده کنیم، مقدار A_x طبق روابطی که در بخش ۲-۳ این گزارش آورده شده است، محاسبه می شود.

$$A_x = 0.4 S_{xs} \left(1 + \frac{2x}{h} \right)$$

بنابراین:

$$F_p = \frac{0.4 \alpha_p S_{xs} I_p W_p \left[1 + \frac{2X}{h} \right]}{R_p}$$

$$\alpha_p = 1 \text{ طبق جدول ۲-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$I_p = 1.4 \text{ طبق بند ۱-۲-۲-۷-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$R_p = 3 \text{ طبق جدول ۲-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$S_{xs} = 1.163 \text{ برای سطح خطر ۱}$$

$$S_{xs} = 1.93 \text{ برای سطح خطر ۲}$$

مقدار وزن لرزه ای W_p مجموع بارهای مرده و زنده کابین، وزنه تعادل و یک چهارم وزن آهن آلات سازه برای هر آسانسور به صورت جداگانه به صورت زیر محاسبه می شود. با توجه به برآورد اولیه، وزن کل آهن آلات سازه برای سه آسانسور کنار هم برابر با 12500 kg می باشد بنابراین برای هر آسانسور وزن آهن آلات 4166 kg محاسبه می شود.

جهت مدل سازی صحیح، مناسب است که بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای یک چهارم سازه جداگانه حساب شود و به ستون ها اعمال شود و بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای کابین آسانسور به کلاف های افقی اعمال شود و همچنین بار جانبی وزنه تعادل نیز به صورت جداگانه محاسبه و به کلاف های افقی اعمال شود.

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=5.475 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p (\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 5.475}{65.53}\right]}{3} = 532 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 532 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 532 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $F_p = 532 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ۲- با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 532 = 133 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 532 = 266 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در بالاترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط یک چهارم ابتدای به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=8.19\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد. بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 8.19}{65.53}\right]}{3} = 282 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 282 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 282 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 282 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 71kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 142kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی X و Y به سازه از تراز $Z=0$ تا $Z=16.38\text{m}$ با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 4.31kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 8.63kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۲

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=20.52 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 20.52}{65.53}\right]}{3} = 741 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 741 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 741 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 741 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه اول با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 741 = 185 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 741 = 370 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز بالاتر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا

برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط دومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۲ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=24.57\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 24.57}{65.53}\right]}{3} = 396 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 396 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 396 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 396 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 99kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 198kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی X و Y به سازه از تراز $Z=16.38$ تا $Z=32.76\text{m}$ با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 6.04kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 12.09kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۳

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=44.32 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 44.32}{65.53}\right]}{3} = 1072 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 1072 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 1072 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1072 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ششم با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1072 = 268 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1072 = 536 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز پایین تر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای

پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط سومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۳ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=40.95\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 40.95}{65.53}\right]}{3} = 506 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 506 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 506 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 506 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 126.5kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 253kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی X و Y به سازه از تراز $Z=32.76$ تا $Z=49.14\text{m}$ با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 7.72kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 15.44kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۴

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=63.3 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 63.3}{65.53}\right]}{3} = 1336 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 1336 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 1336 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1366 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط بالاترین طبقه با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1336 = 334 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1366 = 668 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در پایین ترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای

پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط چهارمین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۴ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=57.34\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 1}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.163 \times 1.4 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 57.34}{65.53}\right]}{3} = 622 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد IO برای سطح خطر ۱ به ترتیب با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$IO1X = 622 \text{ kg}$$

$$IO1Y = 622 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 622 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 155.5kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 311kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی X و Y به سازه از تراز $Z=49.14$ تا $Z=65.53\text{m}$ با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 9.49kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 18.98kg/m در نظر گرفته میشود.

• اعمال تغییرمکان های تکیه گاه ها در حالت سطح عملکرد IO

آزادی انتقالی تکیه گاه های ستون ها در جهات افقی (X و Y) بسته شده است ولی درحالی که این نقاط در تحلیل سازه اصلی (کل ساختمان) دارای تغییرمکان های جانبی می باشند. برای انجام تحلیل سازه صحیح برای سازه نگه دارنده آسانسور، بایست این تغییر مکان ها به این نقاط اعمال شود. و سازه نگه دارنده آسانسور تحت تحلیل سازه استاتیکی معادل قرار گیرید. طبق اطلاعات پیوست، تغییرمکان های جانبی نسبی طبقات برای هر سه بخش part A، part B و part C برای حالت سطح عملکرد IO ارائه شده است. آسانسورهای مورد نظر در این گزارش در part B ساختمان اصلی قرار دارند.

Part-B											
Initial Design				IO- Level control				LS- Level control			
Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass			
Story	Load Case/Combo	Drift X <0.00363	Drift Y <0.00363	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.01	Drift Y <0.01	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.02	Drift Y <0.02
Story-11	Sx Max	0.00142	0.00003	Story-11	Sx Max	0.00417	0.00006	Story-11	Sx Max	0.00809	0.00015
Story-11	Sy Max	0.00000	0.00195	Story-11	Sy Max	0.00003	0.00727	Story-11	Sy Max	0.00013	0.01418
Story-10	Sx Max	0.00144	0.00003	Story-10	Sx Max	0.00427	0.00006	Story-10	Sx Max	0.00820	0.00014
Story-10	Sy Max	0.00000	0.00194	Story-10	Sy Max	0.00003	0.00724	Story-10	Sy Max	0.00013	0.01401
Story-9	Sx Max	0.00145	0.00003	Story-9	Sx Max	0.00428	0.00006	Story-9	Sx Max	0.00817	0.00014
Story-9	Sy Max	0.00000	0.00190	Story-9	Sy Max	0.00003	0.00706	Story-9	Sy Max	0.00013	0.01353
Story-8	Sx Max	0.00141	0.00003	Story-8	Sx Max	0.00412	0.00006	Story-8	Sx Max	0.00784	0.00014
Story-8	Sy Max	0.00000	0.00182	Story-8	Sy Max	0.00002	0.00671	Story-8	Sy Max	0.00012	0.01272
Story-7	Sx Max	0.00137	0.00003	Story-7	Sx Max	0.00398	0.00006	Story-7	Sx Max	0.00755	0.00014
Story-7	Sy Max	0.00000	0.00172	Story-7	Sy Max	0.00002	0.00628	Story-7	Sy Max	0.00012	0.01179
Story-6	Sx Max	0.00132	0.00003	Story-6	Sx Max	0.00377	0.00006	Story-6	Sx Max	0.00711	0.00013
Story-6	Sy Max	0.00000	0.00160	Story-6	Sy Max	0.00002	0.00572	Story-6	Sy Max	0.00011	0.01064
Story-5	Sx Max	0.00125	0.00003	Story-5	Sx Max	0.00349	0.00006	Story-5	Sx Max	0.00655	0.00013
Story-5	Sy Max	0.00000	0.00146	Story-5	Sy Max	0.00001	0.00506	Story-5	Sy Max	0.00011	0.00934
Story-4	Sx Max	0.00115	0.00003	Story-4	Sx Max	0.00308	0.00006	Story-4	Sx Max	0.00582	0.00012
Story-4	Sy Max	0.00000	0.00130	Story-4	Sy Max	0.00001	0.00431	Story-4	Sy Max	0.00010	0.00799
Story-3	Sx Max	0.00107	0.00003	Story-3	Sx Max	0.00274	0.00006	Story-3	Sx Max	0.00517	0.00012
Story-3	Sy Max	0.00000	0.00113	Story-3	Sy Max	0.00001	0.00347	Story-3	Sy Max	0.00009	0.00656
Story-2	Sx Max	0.00098	0.00003	Story-2	Sx Max	0.00239	0.00005	Story-2	Sx Max	0.00448	0.00010
Story-2	Sy Max	0.00000	0.00103	Story-2	Sy Max	0.00001	0.00297	Story-2	Sy Max	0.00008	0.00568
Story-1	Sx Max	0.00085	0.00002	Story-1	Sx Max	0.00202	0.00004	Story-1	Sx Max	0.00371	0.00007
Story-1	Sy Max	0.00000	0.00086	Story-1	Sy Max	0.00001	0.00238	Story-1	Sy Max	0.00006	0.00459
Story-0	Sx Max	0.00059	0.00002	Story-0	Sx Max	0.00143	0.00003	Story-0	Sx Max	0.00263	0.00006
Story-0	Sy Max	0.00000	0.00062	Story-0	Sy Max	0.00000	0.00173	Story-0	Sy Max	0.00005	0.00337
Base-1	Sx Max	0.00030	0.00001	Base-1	Sx Max	0.00083	0.00002	Base-1	Sx Max	0.00144	0.00004
Base-1	Sy Max	0.00000	0.00029	Base-1	Sy Max	0.00000	0.00087	Base-1	Sy Max	0.00003	0.00165

شکل ۴-۷: مقادیر دریفت طبقات

با توجه به ارتفاع طبقات، تغییر مکان هر طبقه به صورت جدول زیر محاسبه می شود.

تغییر مکان تکیه گاه های سازه نگه دارنده آسانسور- سطح عملکرد IO								
		Drift(x)	Drift(y)	ارتفاع طبقه (cm)	تغییر مکان نسبی (x)	تغییر مکان نسبی (y)	تغییر مکان کلی (x)	تغییر مکان کلی (y)
Story-11	IO1X	0.00417	0	476	1.98492	0	19.4344	0
	IO1Y	0	0.00727	476	0	3.46052	0	29.20226
Story-10	IO1X	0.00427	0	476	2.03252	0	17.44948	0
	IO1Y	0	0.00724	476	0	3.44624	0	25.74174
Story-9	IO1X	0.00428	0	476	2.03728	0	15.41696	0
	IO1Y	0	0.00706	476	0	3.36056	0	22.2955
Story-8	IO1X	0.00412	0	476	1.96112	0	13.37968	0
	IO1Y	0	0.00671	476	0	3.19396	0	18.93494
Story-7	IO1X	0.00398	0	476	1.89448	0	11.41856	0
	IO1Y	0	0.00628	476	0	2.98928	0	15.74098
Story-6	IO1X	0.00377	0	476	1.79452	0	9.52408	0
	IO1Y	0	0.00572	476	0	2.72272	0	12.7517
Story-5	IO1X	0.00349	0	476	1.66124	0	7.72956	0
	IO1Y	0	0.00506	476	0	2.40856	0	10.02898
Story-4	IO1X	0.00308	0	476	1.46608	0	6.06832	0
	IO1Y	0	0.00431	476	0	2.05156	0	7.62042
Story-3	IO1X	0.00274	0	476	1.30424	0	4.60224	0
	IO1Y	0	0.00347	476	0	1.65172	0	5.56886
Story-2	IO1X	0.00239	0	476	1.13764	0	3.298	0
	IO1Y	0	0.00297	476	0	1.41372	0	3.91714
Story-1	IO1X	0.00202	0	476	0.96152	0	2.16036	0
	IO1Y	0	0.00238	476	0	1.13288	0	2.50342
Story-0	IO1X	0.00143	0	493	0.70499	0	1.19884	0
	IO1Y	0	0.00173	493	0	0.85289	0	1.37054
Base-0	IO1X	0.00083	0	595	0.49385	0	0.49385	0
	IO1Y	0	0.00087	595	0	0.51765	0	0.51765

این تغییر مکان ها به نقاط تکیه گاهی در مدل type2 در برنامه SAP2000 با نام های IO1X و IO1Y اعمال شد.

• اعمال بارگذاری قائم زلزله (در تمام حالات ۱ تا ۴) – سطح خطر ۱ – سطح عملکرد IO

مولفه قائم زلزله طبق رابطه زیر در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، باید همزمان با نیروهای جانبی به جزء اثر داده شود.

$$F_{pv} = \frac{0.27a_p S_{xs} I_p W_p}{R_p}$$

پارامترهای فوق در بخش های قبل توضیح داده شد با این تفاوت که مقدار ضریب عملکرد برای سطح عملکرد قابلیت استفاده بی وقفه $I_p = 1.5$ می باشد. بنابراین

$$F_{pv} = \frac{0.27a_p S_{xs} I_p W_p}{R_p} = \frac{0.27 \times 1 \times 1.163 \times 1.5 \times W_p}{3} = 0.157W_p$$

مقدار W_p که در بخش های قبل توضیح داده شده بود، مقدار بارهای ثقیلی مرده و زنده می باشد. در صورتی که در ترکیب بارگذاری ها در ترکیب بارهای که نیروی زلزله قائم و جانبی در نظر گرفته می شود، ضریب بارهای مرده و زنده را با ۰.۱۵۷ یک بار جمع و بار دیگر تفریق کنیم در حقیقت بار قائم زلزله در نظر گرفته خواهد شد.

۲-۲-۲-۴ اعمال بارگذاری جانبی برای سطح خطر ۲ و حالت سطح عملکرد (type3) LS

• بارگذاری جانبی حالت ۱

طبق توضیحات ارائه شده در بخش ۲-۳، نیروی جانبی برای این سطح عملکرد به صورت زیر قابل محاسبه می باشد.

$$F_p = \frac{0.4\alpha_p S_{xs} I_p W_p \left[1 + \frac{2X}{h}\right]}{R_p}$$

$$F_{p \min} = 0.3S_{xs} I_p W_p$$

طبق توضیحات بخش ۲-۳ و مقدار W_p محاسبه شده در بخش ۱-۲-۴ داریم:

$$\alpha_p = 1 \text{ طبق جدول ۲-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$I_p = 1 \text{ طبق بند ۱-۲-۲-۷-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$R_p = 3 \text{ طبق جدول ۲-۹ نشریه ۳۶۰}$$

$$S_{XS} = 1.163 \text{ برای سطح خطر ۱}$$

$$S_{XS} = 1.93 \text{ برای سطح خطر ۲}$$

مقدار وزن لرزه ای W_p مجموع بارهای مرده و زنده کابین، وزنه تعادل و یک چهارم وزن آهن آلات سازه برای هر آسانسور به صورت جداگانه به صورت زیر محاسبه می شود. با توجه به برآورد اولیه، وزن کل آهن آلات سازه برای سه آسانسور کنار هم برابر با 12500 kg می باشد بنابراین برای هر آسانسور وزن آهن آلات 4166 kg محاسبه می شود.

جهت مدل سازی صحیح، مناسب است که بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای یک چهارم سازه جداگانه حساب شود و به ستون ها اعمال شود و بار جانبی ناشی از وزن لرزه ای کابین آسانسور به کلاف های افقی اعمال شود و همچنین بار جانبی وزنه تعادل نیز به صورت جداگانه محاسبه و به کلاف های افقی اعمال شود.

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=5.475 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(2 \text{ سطح خطر}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 5.475}{65.553}\right]}{3} = 630 \text{ kg}$$

$$F_p(2 \text{ سطح خطر}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 2100 = 1215 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد LS برای سطح خطر ۲ به ترتیب با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$LS2X = 1215 \text{ kg}$$

$$LS2Y = 1215 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $F_p = 1215 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ۲- با نام های IO1X و IO1Y اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $304 \text{ kg} = \frac{1}{4} \times 1215$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $607 \text{ kg} = \frac{1}{2} \times 1215$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در پایین ترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در بالاترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4} (4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط یک چهارم ابتدای به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=8.19 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p (\text{سطح خطر 2}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 8.19}{65.553}\right]}{3} = 335 \text{ kg}$$

$$F_p (\text{سطح خطر 2}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 1042 = 603 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 603 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 151 kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 301 kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=0$ تا $Z=16.38 \text{ m}$ با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38 m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 9.2 kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 18.40 kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۲

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=20.52 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر } 2) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 20.52}{65.53}\right]}{3} = 878 \text{ kg}$$

$$F_p(\text{سطح خطر } 2) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 2100 = 1215 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت x و y برای سطح عملکرد LS برای سطح خطر ۲ به ترتیب با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$LS2X = 1215 \text{ kg}$$

$$LS2Y = 1215 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $F_p = 1215 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی x و y به سازه در وسط طبقه اول با نام های $IO1X$ و $IO1Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف

مجاور کناری $304kg = \frac{1}{4} \times 1215$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $607kg = \frac{1}{2} \times 1215$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه اول قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز بالاتر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای بالا برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط دومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۲ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=24.57m$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 24.57}{65.553}\right]}{3} = 469 \text{ kg}$$

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 1042 = 603 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 603 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با $151kg$ و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با $301kg$ تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی X و Y به سازه از تراز $Z=16.38$ تا $Z=32.76m$ با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر $16.38m$ است (همان یک

چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 9.2 kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 18.40 kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۳

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=44.32 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p (2 \text{ سطح خطر}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 44.32}{65.53}\right]}{3} = 1270 \text{ kg}$$

$$F_p (2 \text{ سطح خطر}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 2100 = 1215 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد LS برای سطح خطر ۲ به ترتیب با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$LS2X = 1270 \text{ kg}$$

$$LS2Y = 1270 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1270 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط طبقه ششم با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $317 \text{ kg} = \frac{1}{4} \times 1270$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $635 \text{ kg} = \frac{1}{2} \times 1270$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در تراز طبقه ششم قرار داشته باشد، وزنه تعادل در تراز پایین تر قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط سومین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۳ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=40.95\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 40.95}{65.53}\right]}{3} = 603 \text{ kg}$$

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 1042 = 603 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 603 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 151kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 301kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=32.76$ تا $Z=49.14\text{m}$ با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 9.2kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 18.40kg/m در نظر گرفته میشود.

• بارگذاری جانبی حالت ۴

نیروی جانبی وارد به کابین آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از بار مرده و زنده آسانسور:

$$W_p = 1100 + 1000 = 2100 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز کابین به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد مرکز آن در تراز $Z=63.3 \text{ m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 2100 \times \left[1 + \frac{2 \times 63.3}{65.553}\right]}{3} = 1583 \text{ kg}$$

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 2100 = 1215 \text{ kg}$$

بارهای جانبی در جهت X و Y برای سطح عملکرد LS برای سطح خطر ۲ به ترتیب با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ نام گذاری شده است و مقادیر آن در برنامه $SAP2000$ طبق محاسبات بالا به صورت زیر اعمال شده است.

$$LS2X = 1583 \text{ kg}$$

$$LS2Y = 1583 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 1583 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود. این نیرو بایست در دو جهت افقی X و Y به سازه در وسط بالاترین طبقه با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ اعمال شود. در صورتی که در جهت اطمینان هر سه آسانسور همزمان در یک تراز قرار داشته باشند آنگاه به کلاف های افقی کناری یک دوم و به کلاف های میانی کل این مقدار اعمال می شود. به علت این که کلاف ها در فواصل 1.7 m قرار دارند در نتیجه این نیرو در هر سمت باید بین دو کلاف مجاور هم تقسیم شود. بنابراین مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور کناری $\frac{1}{4} \times 1583 = 396 \text{ kg}$ و مقدار بار جانبی به دو کلاف مجاور میانی $\frac{1}{2} \times 1583 = 792 \text{ kg}$ می باشد.

نیروی جانبی وارد وزنه تعادل آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزنه تعادل آسانسور:

$$W_p = 1556.6 \text{ kg}$$

در صورتی مرکز وزنه تعادل به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه هنگامی که کابین در بالاترین تراز قرار داشته باشد، وزنه تعادل در پایین ترین تراز قرار دارد. از طرفی به علت اینکه اعضای سازه در ترازهای پایین تر برای مقدار بار جانبی بیشتری ناشی از وزن کابین طراحی خواهند شد بنابراین نیروی جانبی ناشی از وزنه تعادل را به راحتی تحمل خواهند کرد. بنابراین در در حالت نیازی به محاسبه این بار جانبی در تراز بالا نمی باشد.

نیروی جانبی وارد یک چهارم سازه آسانسور:

وزن لرزه ای ناشی از وزن یک چهارم آهن آلات سازه آسانسور:

$$W_p = \frac{1}{4}(4166) = 1042 \text{ kg}$$

در صورتی وسط چهارمین یک چهارم از پایین سازه در حالت ۴ به عنوان مرکز جزء سازه در نظر گرفته شود آنگاه مرکز آن در تراز $Z=57.34\text{m}$ از کف چاله آسانسور قرار دارد. ارتفاع کل سازه نگه دارنده آسانسور نیز $H=65.53 \text{ m}$ می باشد.

بنابراین:

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = \frac{0.4 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times 1042 \times \left[1 + \frac{2 \times 57.34}{65.53}\right]}{3} = 737 \text{ kg}$$

$$F_p(\text{سطح خطر 2}) = 0.3 \times 1.93 \times 1 \times 1042 = 603 \text{ kg}$$

بنابراین مقدار کل نیروی جانبی برای هر آسانسور $V_{pu} = 737 \text{ kg}$ در نظر گرفته می شود که به هر ستون کناری مقدار یک چهارم برابر با 184kg و به هر ستون میانی مقدار یک دوم برابر با 368kg تعلق میگیرد. این نیرو بایست به صورت گسترده خطی در دو جهت افقی x و y به سازه از تراز $Z=49.14$ تا $Z=65.53\text{m}$ با نام های $LS2X$ و $LS2Y$ به ستون ها اعمال شود. اختلاف تراز های مورد نظر 16.38m است (همان یک چهارم کل طول سازه) بنابراین نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های کناری 11.25kg/m و نیروی جانبی گسترده خطی برای ستون های میانی 22.5kg/m در نظر گرفته میشود.

• اعمال تغییرمکان های تکیه گاه ها در حالت سطح عملکرد LS

آزادی انتقالی تکیه گاه های ستون ها در جهات افقی (X و Y) بسته شده است ولی درحالی که این نقاط در تحلیل سازه اصلی (کل ساختمان) دارای تغییرمکان های جانبی می باشند. برای انجام تحلیل سازه صحیح برای سازه نگه دارنده آسانسور، بایست این تغییر مکان ها به این نقاط اعمال شود. و سازه نگه دارنده آسانسور تحت تحلیل سازه استاتیکی معادل قرار گیرید. طبق اطلاعات پیوست، تغییرمکان های جانبی نسبی طبقات برای هر سه بخش part A ، part B و part C برای حالت سطح عملکرد LS ارائه شده است. آسانسورهای مورد نظر در این گزارش در part B ساختمان اصلی قرار دارند.

Part-B											
Initial Design				IO- Level control				LS- Level control			
Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass				Drift control-Center of Mass			
Story	Load Case/Combo	Drift X <0.00363	Drift Y <0.00363	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.01	Drift Y <0.01	Story	Load Case/Combo	Drift X <0.02	Drift Y <0.02
Story-11	Sx Max	0.00142	0.00003	Story-11	Sx Max	0.00417	0.00006	Story-11	Sx Max	0.00809	0.00015
Story-11	Sy Max	0.00000	0.00195	Story-11	Sy Max	0.00003	0.00727	Story-11	Sy Max	0.00013	0.01418
Story-10	Sx Max	0.00144	0.00003	Story-10	Sx Max	0.00427	0.00006	Story-10	Sx Max	0.00820	0.00014
Story-10	Sy Max	0.00000	0.00194	Story-10	Sy Max	0.00003	0.00724	Story-10	Sy Max	0.00013	0.01401
Story-9	Sx Max	0.00145	0.00003	Story-9	Sx Max	0.00428	0.00006	Story-9	Sx Max	0.00817	0.00014
Story-9	Sy Max	0.00000	0.00190	Story-9	Sy Max	0.00003	0.00706	Story-9	Sy Max	0.00013	0.01353
Story-8	Sx Max	0.00141	0.00003	Story-8	Sx Max	0.00412	0.00006	Story-8	Sx Max	0.00784	0.00014
Story-8	Sy Max	0.00000	0.00182	Story-8	Sy Max	0.00002	0.00671	Story-8	Sy Max	0.00012	0.01272
Story-7	Sx Max	0.00137	0.00003	Story-7	Sx Max	0.00398	0.00006	Story-7	Sx Max	0.00755	0.00014
Story-7	Sy Max	0.00000	0.00172	Story-7	Sy Max	0.00002	0.00628	Story-7	Sy Max	0.00012	0.01179
Story-6	Sx Max	0.00132	0.00003	Story-6	Sx Max	0.00377	0.00006	Story-6	Sx Max	0.00711	0.00013
Story-6	Sy Max	0.00000	0.00160	Story-6	Sy Max	0.00002	0.00572	Story-6	Sy Max	0.00011	0.01064
Story-5	Sx Max	0.00125	0.00003	Story-5	Sx Max	0.00349	0.00006	Story-5	Sx Max	0.00655	0.00013
Story-5	Sy Max	0.00000	0.00146	Story-5	Sy Max	0.00001	0.00506	Story-5	Sy Max	0.00011	0.00934
Story-4	Sx Max	0.00115	0.00003	Story-4	Sx Max	0.00308	0.00006	Story-4	Sx Max	0.00582	0.00012
Story-4	Sy Max	0.00000	0.00130	Story-4	Sy Max	0.00001	0.00431	Story-4	Sy Max	0.00010	0.00799
Story-3	Sx Max	0.00107	0.00003	Story-3	Sx Max	0.00274	0.00006	Story-3	Sx Max	0.00517	0.00012
Story-3	Sy Max	0.00000	0.00113	Story-3	Sy Max	0.00001	0.00347	Story-3	Sy Max	0.00009	0.00656
Story-2	Sx Max	0.00098	0.00003	Story-2	Sx Max	0.00239	0.00005	Story-2	Sx Max	0.00448	0.00010
Story-2	Sy Max	0.00000	0.00103	Story-2	Sy Max	0.00001	0.00297	Story-2	Sy Max	0.00008	0.00568
Story-1	Sx Max	0.00085	0.00002	Story-1	Sx Max	0.00202	0.00004	Story-1	Sx Max	0.00371	0.00007
Story-1	Sy Max	0.00000	0.00086	Story-1	Sy Max	0.00001	0.00238	Story-1	Sy Max	0.00006	0.00459
Story-0	Sx Max	0.00059	0.00002	Story-0	Sx Max	0.00143	0.00003	Story-0	Sx Max	0.00263	0.00006
Story-0	Sy Max	0.00000	0.00062	Story-0	Sy Max	0.00000	0.00173	Story-0	Sy Max	0.00005	0.00337
Base-1	Sx Max	0.00030	0.00001	Base-1	Sx Max	0.00083	0.00002	Base-1	Sx Max	0.00144	0.00004
Base-1	Sy Max	0.00000	0.00029	Base-1	Sy Max	0.00000	0.00087	Base-1	Sy Max	0.00003	0.00165

شکل ۴-۸: مقادیر دریفت طبقات

با توجه به ارتفاع طبقات، تغییر مکان هر طبقه به صورت جدول زیر محاسبه می شود.

تغییر مکان تکیه گاه های سازه نگه دارنده آسانسور- سطح عملکرد LS								
		Drift(x)	Drift(y)	ارتفاع طبقه (cm)	تغییر مکان نسبی (x)	تغییر مکان نسبی (y)	تغییر مکان کلی (x)	تغییر مکان کلی (y)
Story-11	LS2X	0.00809	0.00015	476	3.85084	0.0714	36.75383	0.71026
	LS2Y	0.00013	0.01418	476	0.06188	6.74968	0.59942	55.49344
Story-10	LS2X	0.0082	0.00014	476	3.9032	0.06664	32.90299	0.63886
	LS2Y	0.00013	0.01401	476	0.06188	6.66876	0.53754	48.74376
Story-9	LS2X	0.00817	0.00014	476	3.88892	0.06664	28.99979	0.57222
	LS2Y	0.00013	0.01353	476	0.06188	6.44028	0.47566	42.075
Story-8	LS2X	0.00784	0.00014	476	3.73184	0.06664	25.11087	0.50558
	LS2Y	0.00012	0.01272	476	0.05712	6.05472	0.41378	35.63472
Story-7	LS2X	0.00755	0.00014	476	3.5938	0.06664	21.37903	0.43894
	LS2Y	0.00012	0.01179	476	0.05712	5.61204	0.35666	29.58
Story-6	LS2X	0.00711	0.00013	476	3.38436	0.06188	17.78523	0.3723
	LS2Y	0.00011	0.01064	476	0.05236	5.06464	0.29954	23.96796
Story-5	LS2X	0.00655	0.00013	476	3.1178	0.06188	14.40087	0.31042
	LS2Y	0.0001	0.00934	476	0.0476	4.44584	0.24718	18.90332
Story-4	LS2X	0.00582	0.00012	476	2.77032	0.05712	11.28307	0.24854
	LS2Y	0.0001	0.00799	476	0.0476	3.80324	0.19958	14.45748
Story-3	LS2X	0.00517	0.00012	476	2.46092	0.05712	8.51275	0.19142
	LS2Y	0.00009	0.00656	476	0.04284	3.12256	0.15198	10.65424
Story-2	LS2X	0.00448	0.0001	476	2.13248	0.0476	6.05183	0.1343
	LS2Y	0.00008	0.00568	476	0.03808	2.70368	0.10914	7.53168
Story-1	LS2X	0.00371	0.00007	476	1.76596	0.03332	3.91935	0.0867
	LS2Y	0.00006	0.00459	476	0.02856	2.18484	0.07106	4.828
Story-0	LS2X	0.00263	0.00006	493	1.29659	0.02958	2.15339	0.05338
	LS2Y	0.00005	0.00337	493	0.02465	1.66141	0.0425	2.64316
Base-0	LS2X	0.00144	0.00004	595	0.8568	0.0238	0.8568	0.0238
	LS2Y	0.00003	0.00165	595	0.01785	0.98175	0.01785	0.98175

این تغییر مکان ها به نقاط تکیه گاهی در مدل type3 در برنامه SAP2000 با نام های LS2X و LS2Y اعمال شد.

• اعمال بارگذاری قائم زلزله (در تمام حالات ۱ تا ۴) - سطح خطر ۲ - سطح عملکرد LS

مولفه قائم زلزله طبق رابطه زیر در ویرایش چهارم استاندارد ۲۸۰۰، باید همزمان با نیروهای جانبی به جزء اثر داده شود.

$$F_{pv} = \frac{0.27a_p S_{xs} I_p W_p}{R_p}$$

پارامترهای فوق در بخش های قبل توضیح داده شد. مقدار ضریب عملکرد برای سطح عملکرد ایمنی جانی $I_p = 1$ می باشد. بنابراین

$$F_{pv} = \frac{0.27a_p S_{xs} I_p W_p}{R_p} = \frac{0.27 \times 1 \times 1.93 \times 1 \times W_p}{3} = 0.174W_p$$

مقدار W_p که در بخش های قبل توضیح داده شده بود، مقدار بارهای ثقیلی مرده و زنده می باشد. در صورتی که در ترکیب بارگذاری ها در ترکیب بارهای که نیروی زلزله قائم و جانبی در نظر گرفته می شود، ضریب بارهای مرده و زنده را با ۰.۱۷۴ یک بار جمع و بار دیگر تفریق کنیم در حقیقت بار قائم زلزله در نظر گرفته خواهد شد.

۴-۳ جمع بندی بارگذاری ثقیلی و لرزه ای در تمام مدل ها

با توجه به توضیحات و محاسبات ارائه شده در بخش های ۴-۱ تا ۴-۲ خلاصه بارگذاری ها در مدل های برنامه SAP به صورت زیر می باشد.

نوع بارگذار ی	محاسبه بار جانبی	حالت بارگذاری	توضیحات موقعیت بارگذاری کابین	نام فایل SAP	توضیح نوع بارگذاری ثقیلی	توضیح نوع بارگذاری جانبی
نوع ۱	مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم در سطح خطر ۱	حالت ۱	موقعیت کابین ها در پایین ترین تراز	sap-type1-step1	در هر چهار حالت بارگذاری ثقیلی بخش ۴-۱	بارجانبی برای هر یک چهارم وزن اسکلت در موقعیت یک چهارم خود اعمال شده است این بارگذاری برای هر چهار قسمت از کل سازه اعمال شده است و در فایل های مربوط به هر چهار حالت وجود دارد. بار جانبی مربوط به کابین نیز فقط در موقعیت های خود و فقط
		حالت ۲	موقعیت کابین ها در تراز طبقه اول	sap-type1-step2		
		حالت ۳	موقعیت کابین ها در تراز طبقه ششم	sap-type1-step3		
		حالت ۴	موقعیت کابین ها در بالا ترین تراز	sap-type1-step4		
نوع ۲	مطابق با نشریه ۳۶۰ در سطح عملکرد IO و در سطح خطر ۱	حالت ۱	موقعیت کابین ها در پایین ترین تراز	sap-type2-step1		
		حالت ۲	موقعیت کابین ها در تراز طبقه اول	sap-type2-step2		
		حالت ۳	موقعیت کابین ها در تراز طبقه ششم	sap-type2-step3		
		حالت ۴	موقعیت کابین ها در بالا ترین تراز	sap-type2-step4		

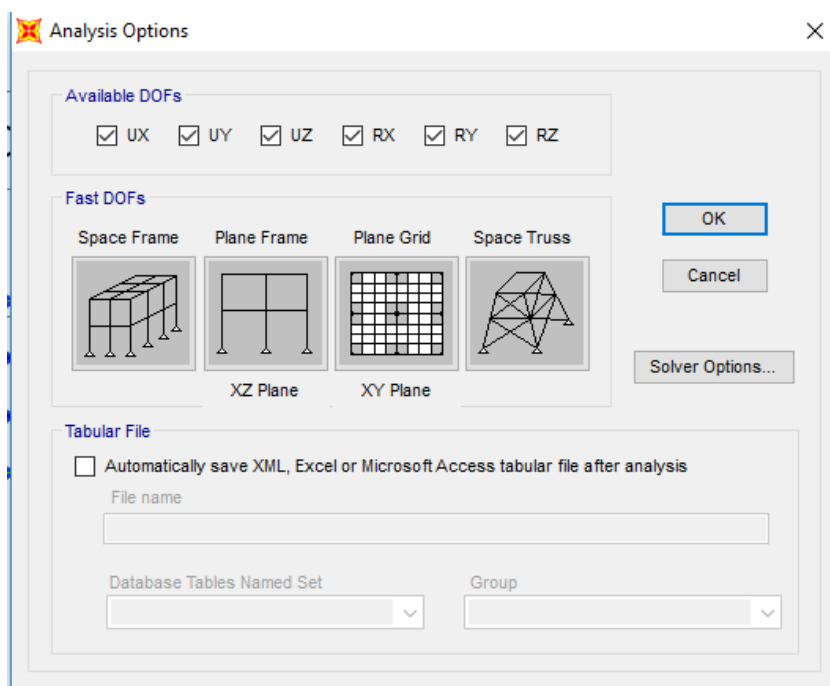
در فایل خود اعمال شده است.		sap-type3- step1	موقعیت کابین ها در پایین ترین تراز	حالت ۱	مطابق با نشریه ۳۶۰ در سطح عملکرد LS و در سطح خطر ۲	نوع ۳
		sap-type3- step2	موقعیت کابین ها در تراز طبقه اول	حالت ۲		
		sap-type3- step3	موقعیت کابین ها در تراز طبقه ششم	حالت ۳		
		sap-type3- step4	موقعیت کابین ها در بالا ترین تراز	حالت ۴		

نوع بار در SAP	بار جانبی خطی گسترده به ستون ها			نوع بارگذاری
Ey و EX	ستون های کناری	7.75 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	نوع ۱ (type1)
Ey و EX	ستون های میانی	15.50 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	
Ey و EX	ستون های کناری	7.75 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
Ey و EX	ستون های میانی	15.50 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
Ey و EX	ستون های کناری	9.28 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
Ey و EX	ستون های میانی	18.56 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
Ey و EX	ستون های کناری	11.40 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	
Ey و EX	ستون های میانی	22.80 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های کناری	4.31 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	نوع ۲ (type2)
IO1Y و IO1X	ستون های میانی	8.63 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های کناری	6.04 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های میانی	12.09 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های کناری	7.72 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های میانی	15.44 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های کناری	9.49 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	
IO1Y و IO1X	ستون های میانی	18.98 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های کناری	9.2 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	نوع ۳ (type3)
LS2Y و LS2X	ستون های میانی	18.4 kg/m	از تراز ۰ تا ۱۶,۳۸ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های کناری	9.2 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های میانی	18.4 kg/m	از تراز ۱۶,۳۸ تا ۳۲,۷۶ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های کناری	9.2 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های میانی	18.4 kg/m	از تراز ۳۲,۷۶ تا ۴۹,۱۴ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های کناری	11.25 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	
LS2Y و LS2X	ستون های میانی	22.50 kg/m	از تراز ۴۹,۱۴ تا ۶۵,۵۳ m =	

نوع بارگذاری	حالات و فایل های SAP	بار متمرکز به کلاف عرضی ناشی از اینرسی کابین (واحد kg)			نوع بار در SAP
نوع ۱ (type1)	sap-type1-step1	در تراز ۵,۴۷۵ متر	256	کلاف های قاب کناری	EX و Ey
		در تراز ۵,۴۷۵ متر	513	کلاف های قاب میانی	EX و Ey
	sap-type1-step2	در تراز ۲۰,۵۲ متر	256	کلاف های قاب کناری	EX و Ey
		در تراز ۲۰,۵۲ متر	513	کلاف های قاب میانی	EX و Ey
	sap-type1-step3	در تراز ۴۴,۳۲ متر	321	کلاف های قاب کناری	EX و Ey
		در تراز ۴۴,۳۲ متر	643	کلاف های قاب میانی	EX و Ey
	sap-type1-step4	در تراز ۶۳,۳۰ متر	401	کلاف های قاب کناری	EX و Ey
		در تراز ۶۳,۳۰ متر	802	کلاف های قاب میانی	EX و Ey
نوع ۲ (type2)	sap-type2-step1	در تراز ۵,۴۷۵ متر	133	کلاف های قاب کناری	IO1X و IO1Y
		در تراز ۵,۴۷۵ متر	266	کلاف های قاب میانی	IO1X و IO1Y
	sap-type2-step2	در تراز ۲۰,۵۲ متر	185	کلاف های قاب کناری	IO1X و IO1Y
		در تراز ۲۰,۵۲ متر	370	کلاف های قاب میانی	IO1X و IO1Y
	sap-type2-step3	در تراز ۴۴,۳۲ متر	268	کلاف های قاب کناری	IO1X و IO1Y
		در تراز ۴۴,۳۲ متر	536	کلاف های قاب میانی	IO1X و IO1Y
	sap-type2-step4	در تراز ۶۳,۳۰ متر	334	کلاف های قاب کناری	IO1X و IO1Y
		در تراز ۶۳,۳۰ متر	668	کلاف های قاب میانی	IO1X و IO1Y
نوع ۳ (type3)	sap-type3-step1	در تراز ۵,۴۷۵ متر	304	کلاف های قاب کناری	LS2X و LS2Y
		در تراز ۵,۴۷۵ متر	607	کلاف های قاب میانی	LS2X و LS2Y
	sap-type3-step2	در تراز ۲۰,۵۲ متر	304	کلاف های قاب کناری	LS2X و LS2Y
		در تراز ۲۰,۵۲ متر	607	کلاف های قاب میانی	LS2X و LS2Y
	sap-type3-step3	در تراز ۴۴,۳۲ متر	317	کلاف های قاب کناری	LS2X و LS2Y
		در تراز ۴۴,۳۲ متر	635	کلاف های قاب میانی	LS2X و LS2Y
	sap-type3-step4	در تراز ۶۳,۳۰ متر	396	کلاف های قاب کناری	LS2X و LS2Y
		در تراز ۶۳,۳۰ متر	792	کلاف های قاب میانی	LS2X و LS2Y

۵ تحلیل سازه

تحلیل سازه دینامیکی بر روی سازه مدلسازی شده با بارهای ثقلی و لرزه ای که در بخش های قبل توضیح داده شد توسط برنامه SAP2000V19 انجام گرفت. تنظیمات تحلیل به صورت زیر انجام گرفت.



شکل ۵-۱: تنظیمات تحلیل سازه در برنامه نرم افزاری

نتایج تحلیل تغییرشکل ها و نیروهای داخلی می باشد که در برنامه SAP2000V19 قابل برداشت است. از این نتایج برای طراحی المان ها استفاده می شود.

۶ طراحی المان های سازه

طراحی المان های سازه نگه دارنده آسانسور با توجه به تحلیل سازه با نیروهای استاندارد ۲۸۰۰ انجام شد و سپس با ضوابط و نیروهای نشریه ۳۶۰ کنترل شد.

نیروهای طراحی با توجه به بیشترین نیروهای داخلی ایجاد شده در مدل ها شده است.

۶-۱ طراحی سازه با توجه به استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم

طراحی المان ها با توجه به نیروهای داخلی ناشی از تحلیل سازه به گونه ای می باشد که نیروهای داخلی در حالت حد نهایی (تحت ترکیب بارهای حد نهایی مقاومت) کمتر از ظرفیت مقاومتی المان ها باشد. ترکیب بارهای مورد نظر برای طراحی تحت بارهای مرده، زنده، پاراشوت و لرزه ای استاندارد ۲۸۰۰ (شامل جانبی و قائم) در حالت حد نهایی مقاومت به شرح زیر است. در ترکیب بارهای زیر مقدار 0.325 از ضرایب بار مرده و زنده در حالت حد نهایی به علت بار قائم زلزله ، جمع و تفریق شده است.

$$G1 = 1.4DL$$

$$G2 = 1.2DL + 1.6LL + 1.6P$$

$$E1 = 1.525DL + 1.325LL + EX$$

$$E2 = 1.525DL + 1.325LL - EX$$

$$E3 = 1.525DL + 1.355LL + EY$$

$$E4 = 1.525DL + 1.325LL - EY$$

$$E5 = 1.225DL + EX$$

$$E6 = 1.225DL - EX$$

$$E7 = 1.225DL + EY$$

$$E8 = 1.225DL - EY$$

$$E9 = 0.875DL + 0.675LL + EX$$

$$E10 = 0.875DL + 0.675LL - EX$$

$$E11 = 0.875DL + 0.675LL + EY$$

$$E12 = 0.875DL + 0.675LL - EY$$

$$E13 = 0.575DL + EX$$

$$E14 = 0.575DL - EX$$

$$E15 = 0.575DL + EY$$

$$E16 = 0.575DL - EY$$

برای طراحی سازه نگه دارنده آسانسورها که در چهار حالت مدلسازی شده است، طبق استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش چهارم، فایل های محاسباتی SAP2000 به صورت زیر نام گذاری شده اند.

نام فایل SAP2000	توضیحات
Sap -type1-step1	طراحی سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ در حالت ۱ بارگذاری
Sap -type1-step2	طراحی سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ در حالت ۲ بارگذاری
Sap -type1-step3	طراحی سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ در حالت ۳ بارگذاری
Sap -type1-step4	طراحی سازه طبق استاندارد ۲۸۰۰ در حالت ۴ بارگذاری

نتایج طراحی سازه به صورت زیر می باشد:

ستون های دو قاب میانی IPE160

ستون های دو قاب کناری IPE160

کلاف های عرضی دو قاب میانی IPE140 به فاصله های ۱۷۰ سانتیمتر

کلاف های عرضی دو قاب کناری IPE140 به فاصله های ۱۷۰ سانتیمتر

موارد فوق در نقشه های پیوست ارائه شده است.

۲-۶ کنترل اعضا سیستم سازه ای با توجه به نشریه ۳۶۰

طراحی المان های سازه برای بارهای ثقلی و لرزه ای، طبق بند ۳-۶-۱-۲-۱ نشریه ۳۶۰ در حالت تغییر

شکل کنترل به صورت زیر می باشد

$$m\kappa Q_{CE} \geq Q_{UD}$$

در این رابطه ، m ضریب اصلاح بر مبنای رفتار غیرخطی عضو می باشد که به تفصیل در فصل های ۴ و ۷

نشریه ۳۶ تشریح شده است و κ ضریب آگاهی از جزییات و مشخصات مصالح براساس بند ۲-۳-۲ نشریه ۳۶۰

(جدول زیر) تعیین می شود.

جدول ۲-۱- ضریب آگاهی

هدف بهسازی		مطلوب یا پایین تر		ویژه	
سطح اطلاعات		حداقل		متعارف	
نوع تحلیل		تحلیل خطی		هر نوع تحلیل	
ضریب آگاهی K	فولادی	۱	-/۷۵	۱	-/۷۵
	بتنی	۱	-/۷۵	۱	-/۷۵
	بنایی	۱	-/۷۵	۱	-/۷۵

شکل ۱-۶: جدول تعیین ضریب آگاهی طبق نشریه ۳۶۰

با توجه به کنترل عملکردی در مرحله طراحی، مقدار ضریب آگاهی $K = 1$ در نظر گرفته می شود.

Q_{CE} ظرفیت مورد انتظار عضو با در نظر گرفتن کلیه تلاش هایی که همزمان بر عضو وارد می شود می باشد. تلاش های طراحی یا همان نیروهای ایجاد شده (Q_{UD}) در اعضا ناشی از تحلیل نیز با ترکیب تلاش های ثقلی و لرزه ای طبق ترکیب بار زیر تعیین می شود

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E$$

طبق بند ۳-۲-۸ نشریه ۳۶۰، بار ثقلی به صورت زیر ترکیبی از بارهای مرده و زنده می باشد

$$Q_G = 1.1DL + 1.1LL$$

$$Q_G = 0.9DL$$

بار Q_E بارهای لرزه ای با نام های زیر می باشند که در بخش های قبل مطابق با جدول زیر، مقادیر آنها محاسبه شد.

نیروی جانبی در جهت X سطح خطر ۲ و سطح عملکرد LS	LS2X
نیروی جانبی در جهت Y سطح خطر ۲ و سطح عملکرد LS	LS2Y
نیروی جانبی در جهت X سطح خطر ۱ و سطح عملکرد IO	IO1X
نیروی جانبی در جهت Y سطح خطر ۱ و سطح عملکرد IO	IO1Y

بنابراین:

ترکیب بارگذاری سطح خطر ۱ سطح عملکرد IO:

در ترکیب بارهای زیر مقدار 0.157 از ضرایب بار مرده و زنده در حالت حد نهایی به علت بار قائم زلزله، جمع و تفریق شده است.

$$IO(1)1 = 1.257DL + 1.257LL + IO1X$$

$$IO(1)2 = 1.257DL + 1.257LL - IO1X$$

$$IO(1)3 = 1.257DL + 1.257LL + IO1Y$$

$$IO(1)4 = 1.257DL + 1.257LL - IO1Y$$

$$IO(1)5 = 1.057DL + IO1X$$

$$IO(1)6 = 1.057DL - IO1X$$

$$IO(1)7 = 1.057DL + IO1Y$$

$$IO(1)8 = 1.057DL - IO1Y$$

$$IO(1)9 = 0.943DL + 0.943LL + IO1X$$

$$IO(1)10 = 0.943DL + 0.943LL - IO1X$$

$$IO(1)11 = 0.943DL + 0.943LL + IO1Y$$

$$IO(1)12 = 0.943DL + 0.943LL - IO1Y$$

$$IO(1)13 = 0.743DL + IO1X$$

$$IO(1)14 = 0.743DL - IO1X$$

$$IO(1)15 = 0.743DL + IO1Y$$

$$IO(1)16 = 0.743DL - IO1Y$$

ترکیب بارگذاری سطح خطر ۲ سطح عملکرد LS:

در ترکیب بارهای زیر مقدار 0.174 از ضرایب بار مرده و زنده در حالت حد نهایی به علت بار قائم زلزله، جمع و تفریق شده است.

$$LS(2)1 = 1.274DL + 1.274LL + LS2X$$

$$LS(2)2 = 1.274DL + 1.274LL - LS2X$$

$$LS(2)3 = 1.274DL + 1.274LL + LS2Y$$

$$LS(2)4 = 1.274DL + 1.274LL - LS2Y$$

$$LS(2)5 = 1.074DL + LS2X$$

$$LS(2)6 = 1.074DL - LS2X$$

$$LS(2)7 = 1.074DL + LS2Y$$

$$LS(2)8 = 1.074DL - LS2Y$$

$$LS(2)9 = 0.926DL + 0.926LL + LS2X$$

$$LS(2)10 = 0.926DL + 0.926LL - LS2X$$

$$LS(2)11 = 0.926DL + 0.926LL + LS2Y$$

$$LS(2)12 = 0.926DL + 0.926LL - LS2Y$$

$$LS(2)13 = 0.726DL + LS2X$$

$$LS(2)14 = 0.726DL - LS2X$$

$$LS(2)15 = 0.726DL + LS2Y$$

$$LS(2)16 = 0.726DL - LS2Y$$

این ترکیب بار ها در برنامه SAP2000V19 در منوی Define برنامه، تعریف شد.

ضریب m ضریب اصلاح برمبنای رفتار غیرخطی عضو می باشد که به تفصیل در فصل های ۴ و ۷ نشریه ۳۶ تشریح شده است. ضرایب m برای اعضای سازه طبق این سطح عملکرد از جداول زیر برداشت می شود.

جدول (۵-۲): معیار پذیرش در روش‌های خطی-اجزای سازه‌ی فولادی

ضریب m در روش‌های خطی ^۱					جزء / تلاش
اعضای غیراصلی		اعضای اصلی		کلیدی اعضا	
CP	LS	CP	LS	IO	
تیرها ^{۱۵} - در خمش					
۱۲	۱۰	۸	۶	۲	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
۴	۳	۳	۲	۱/۲۵	ب: $3.75 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل					پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب
رفتار نیروکنترل					ت: $\frac{h}{t_w} \geq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
ستون‌ها - در خمش (حول محور با مصالح) ^{۲ و ۱}					
برای $P_{UF}/P_{CL} \leq 0.2$					
۱۲	۱۰	۸	۶	۲	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
۳	۲	۲	۱/۲۵	۱/۲۵	ب: $2.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل					پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب
رفتار نیروکنترل					ت: $\frac{h}{t_w} \geq 4.4 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
برای $0.2 < P_{UF}/P_{CL} \leq 0.5$					
$18(1-1.7P_{UF}/P_{CL})$	$15(1-1.7P_{UF}/P_{CL})$	$12(1-1.7P_{UF}/P_{CL})$	$9(1-1.7P_{UF}/P_{CL})$	۱/۲۵	الف: $\frac{h}{t_w} \leq 1.52 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
۲	۲	۱/۵	۱/۲۵	۱/۲۵	ب: $2.34 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
با استفاده از درون‌یابی خطی و کوچک‌ترین مقدار حاصل					پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده‌شده در ردیف الف و ب
رفتار نیروکنترل					ت: $\frac{h}{t_w} \geq 3.8 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$, $\frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$
رفتار نیروکنترل					برای $P_{UF}/P_{CL} > 0.5$

شکل ۶-۲: جدول معیارهای پذیرش اعضای فولادی در نشریه ۳۶۰

برای تیرها یا همان کلاف‌های عرضی، به دلیل این که نسبت عرض بال به نصف ضخامت در پروفیل‌های استفاده شده در پروژه جزء مورد الف جدول فوق می باشد بنابراین برای سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ مقدار $m=2$ و برای سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ مقدار $m=6$ در نظر گرفته می شود.

برای ستون ها نیز به دلیل اینکه نسبت تنش محوری آنها کمتر از 0.2 است، برای سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ مقدار $m=2$ و برای سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ مقدار $m=6$ در نظر گرفته می شود.

برای محاسبه Q_{CE} ظرفیت مورد انتظار عضو، طبق نشریه ۳۶۰ باید ظرفیت ها در حالت حد نهایی مقاومت محاسبه شود و در محاسبه آنها ضرایب کاهش مقاومت ۱ منظور گردد. در برنامه SAP2000V19 طراحی و کنترل المان ها تحت ترکیب بار های فوق انجام می شود با این تفاوت که در تعیین Q_{CE} المان ها طبق روش LRFD عمل می کند که در آن ضریب m و K وجود ندارد. بنابراین ضریب K و m بایست به صورت دستی در قسمت overwrite طراحی هر المان به جای ضریب کاهش مقاومت $\emptyset = m \times K$ اعمال شود.

سطح عملکرد IO در سطح خطر ۱:

$$\emptyset = m \times K = 2 \times 1 = 2$$

سطح عملکرد LS در سطح خطر ۲:

$$\emptyset = m \times K = 6 \times 1 = 6$$

برای کنترل سازه نگه دارنده آسانسورها طبق نشریه ۳۶۰ تحت سطوح عملکردی LS در سطح خطر ۲ و IO در سطح خطر ۱، فایل های محاسباتی SAP2000 به صورت زیر نام گذاری شده اند.

نام فایل SAP2000	توضیحات
Sap -type2-step1	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ در حالت ۱ بارگذاری
Sap -type2-step2	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ در حالت ۲ بارگذاری
Sap -type2-step3	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ در حالت ۳ بارگذاری
Sap -type2-step4	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد IO با سطح خطر ۱ در حالت ۴ بارگذاری
Sap -type3-step1	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ در حالت ۱ بارگذاری
Sap -type3-step2	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ در حالت ۲ بارگذاری

Sap -type3-step3	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ در حالت ۳ بارگذاری
Sap -type3-step4	کنترل سازه طبق بارگذاری لرزه ای در سطح عملکرد LS با سطح خطر ۲ در حالت ۴ بارگذاری

تمامی المان های سازه که در بخش ۶-۱ طراحی شد در روش عملکردی در بخش ۶-۲ کنترل شد و جوابگو می باشد. مقاطع نهایی المان های سازه به صورت زیر می باشد که در نقشه های پیوست آمده است.

تمامی ستون ها IPE160 و تمامی کلاف های عرضی IPE140 انتخاب شده اند.

۶-۳ طراحی تیرهای دال در بالاترین تراز

طراحی آهن آلات دال بتنی در فایل sap با نام sap-top slab انجام گرفته است. بارگذاری روی تیرهای فرعی دال به صورت زیر انجام گرفته است.

برای هر یک از آسانسور های ۲۶۳۷۳-۲۶۳۷۴-۲۶۳۷۵ :

بار زنده (ظرفیت بار نامی) (نوع بار در نرم افزار : LL):

$$LL = 1000 \times 2 = 2000 \text{ kg}$$

جرم کابین خالی و اجزای متصل به آن (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 1100 \times 2 = 2200 \text{ kg}$$

جرم سیستم محرکه (موتور) و متعلقات (پایه) (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 900 \text{ kg}$$

تعداد طول کابل متحرک = ۱

جرم واحد طول کابل متحرک (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 0.45 \times 2 = 0.9 \text{ kg/m}$$

تعداد طول طناب / زنجیر جبران = ۲

جرم واحد طول طناب / زنجیر جبران (نوع بار در نرم افزار : DL):

$$DL = 1.8 \times 2 = 3.6 \text{ kg/m}$$

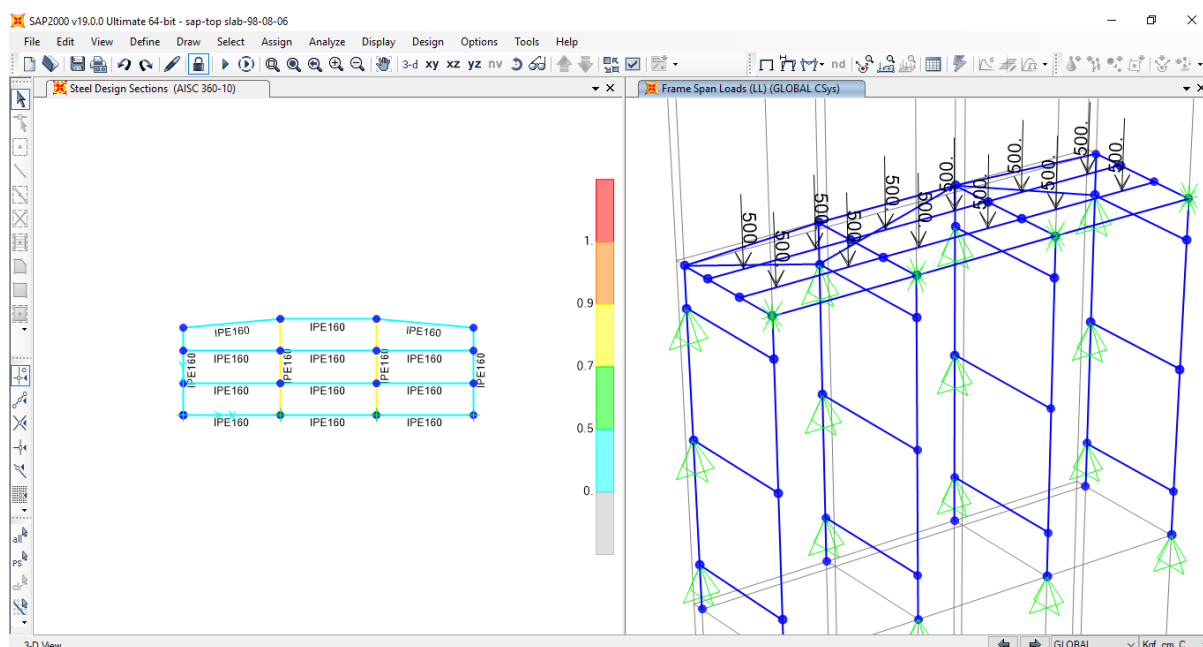
بنابراین وزن کل بار مرده وارد به دال برای هر آسانسور:

$$DL = 2200 + 900 + 0.9 \times 65 + 3.6 \times 65 = 3392 \text{ kg}$$

در صورتی که این بار از طریق چهار نقطه به تیرهای فرعی دال وارد شود در نتیجه هر بار نقطه ای برابر با ۸۴۸ کیلوگرم می باشد. که در مدل SAP اعمال شد.

و کل بار زنده وارده ۲۰۰۰ کیلوگرم می باشد که به هر نقطه ۵۰۰ کیلوگرم اعمال می شود.

نتایج طراحی تیرهای دال:



شکل ۳-۶ نتایج طراحی تیرهای دال

۴-۶ طراحی و کنترل اتصالات

طراحی اتصالات با توجه به خروجی مدل های SAP طبق نیروهای جانبی در نوع ۱ (مطابق با استاندارد ۲۸۰۰) انجام می شود و سپس طبق الزامان نشریه ۳۶۰ برای سطوح عملکردی IO و LS کنترل می شود. کنترل اتصالات سازه برای بارهای ثقیلی و لرزه ای، طبق بند ۳-۶-۱-۲-۱ نشریه ۳۶۰ به صورت زیر می باشد

$$m\kappa Q_{CE} \geq Q_{UD}$$

در این رابطه، m ضریب اصلاح بر مبنای رفتار غیرخطی عضو می باشد که به تفصیل در فصل های ۴ و ۷ نشریه ۳۶ تشریح شده است و κ ضریب آگاهی از جزئیات و مشخصات مصالح براساس بند ۲-۳-۲ نشریه ۳۶۰ (جدول زیر) تعیین می شود. از پیش مقدار $\kappa = 1$ در نظر گرفته شده بود.

Q_{CE} ظرفیت مورد انتظار عضو با در نظر گرفتن کلیه تلاش هایی که همزمان بر عضو وارد می شود می باشد. تلاش های طراحی یا همان نیرو های ایجاد شده (Q_{UD}) در اعضا ناشی از تحلیل نیز با ترکیب تلاش های ثقلی و لرزه ای طبق ترکیب بار زیر تعیین می شود

$$Q_{UD} = Q_G \pm Q_E$$

برای طراحی و کنترل اتصالات نیز طبق ترکیب بارهای تعریف شده در بخش قبل استفاده می شود. و نیروی ایجاد شده در اتصالات از برنامه SAP2000V19 در مدل های type2 و type3 استخراج می شود.

ضریب m ضریب اصلاح بر مبنای رفتار غیرخطی عضو می باشد که به تفصیل در فصل های ۴ و ۷ نشریه ۳۶ تشریح شده است. ضرایب m برای اتصالات نیمه صلب برای سطوح عملکرد IO و LS از جداول زیر برداشت می شود.

ادامه ی جدول (۵-۲): معیار پذیرش در روش های خطی - اجزای سازه ی فولادی

ضریب m در روش های خطی ^۱					جزء/ تلاش
اعضای غیر اصلی		اعضای اصلی		کلیه ی اعضا	
CP	LS	CP	LS	IO	
					اتصال ردیف ۱۶ از جدول (۵-۱) ^۵
۵	۴	۵	۴	۱/۵	الف: شکست در سطح مقطع موثر و یا برش در پیچ یا برج ^۶
۲	۱/۵	۲	۱/۵	۱/۲۵	ب: شکست در جوش اتصال ورق به بال تیر و یا بال ستون و همچنین شکست کششی در سطح مقطع کل ورق
					اتصال ردیف ۱۷ از جدول (۵-۱)
۷	۷	۷	۵/۵	۲	الف: تسلیم ورق انتهایی
۴	۴	۳	۲	۱/۵	ب: تسلیم پیچ ها
۳	۳	۲	۱/۵	۱/۲۵	ب: تسلیم جوش
۱۷/۰-۰/۱۵۲ d_{bg}	۱۳/۰-۰/۱۱۴ d_{bg}	-----	-----	۲/۴-۰/۰۰۴ d_{bg}	اتصال ردیف ۱۸ از جدول (۵-۱) ^{۱۱} و ^۴
۱۷/۰-۰/۱۵۲ d_{bg}	۱۳/۰-۰/۱۱۴ d_{bg}	-----	-----	۸/۹-۰/۰۷۶ d_{bg}	اتصال ردیف ۱۹ از جدول (۵-۱) ^۴

شکل ۴-۶: معیار های پذیرش اتصالات فولادی در نشریه ۳۶۰

برای اتصالات نیمه صلب، مطابق با اتصال نشان داده شده در ردیف ۱۹ جدول ۵-۱ نشریه ۳۶۰ (اتصال از طریق نبشی جان) مقدار ضریب m برای سطح عملکرد LS پیشنهاد نشده است و برای سطح عملکرد IO به صورت زیر اراعه شده است:

$$m = 8.9 - 0.076d_{bg} = 8.9 - 0.076 \times 10 = 8.14$$

بنابراین حاصل $m \times \kappa = 8.14$ می باشد.

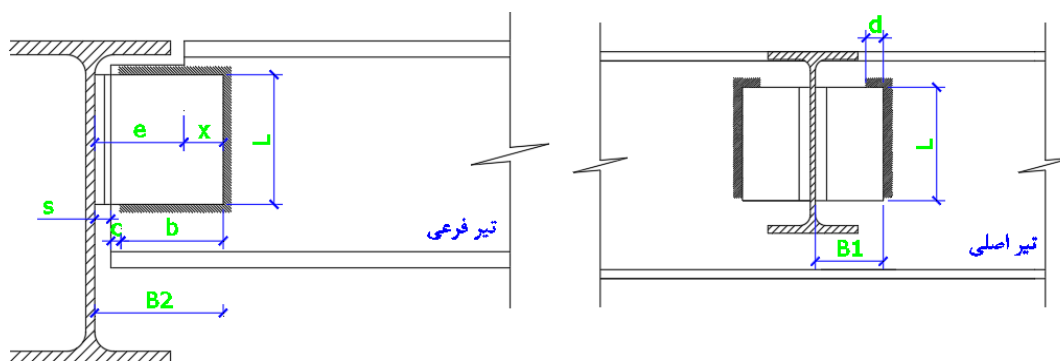
اتصالات در این پروژه شامل موارد زیر می باشد:

- اتصال تیر فرعی به تیر اصلی دال تراز بالا
- اتصال تیرهای اصلی دال تراز بالا به ستون ها
- اتصالات کلاف های عرضی
- اتصال ستون ها به صفحات کاشته شده در تراز طبقات
- اتصال ستون ها به صفحه ستون روی کف چاله آسانسور

۶-۴-۱ اتصال تیر فرعی به تیر اصلی دال تراز بالا

با توجه به خروجی نیروهای المان ها در تراز دال بالا در فایل SAP- top slab، بیشترین نیروی برشی انتقالی از تیر های فرعی به اصلی برابر با ۱۸۴۰ کیلوگرم می باشد.

ظرفیت این اتصال در حالت حد نهایی مقاومت به کمک برنامه excel به صورت زیر محاسبه می شود.



جزئیات اتصال مفصلی به جان تیر

Sc:1/5

شکل ۶-۵: جزئیات کلی اتصال مفصلی تیر به تیر

مشخصات فولاد	
Fy	2400

شکل ۶-۶: مشخصات فولاد ST37 برای اتصالات

مشخصات جوش	
Fue	4200
a	0.6
ضریب کاهش مقاومت جوش	0.75
ضریب بازرسی جوش	0.75

شکل ۶-۷: مشخصات جوش گوشه برای اتصالات

ابعاد نبشی	L	12
	B1	8
	B2	8
	t	0.8
برش نهایی	Ru	1840
تعداد نبشی	n	2
فاصله باد خور	s	1.5
برگشت جوش	d	1.6
فاصله جوش تا لبه	c	1.6

شکل ۶-۸: مشخصات و ابعاد نبشی اتصال تیر فرعی به اصلی

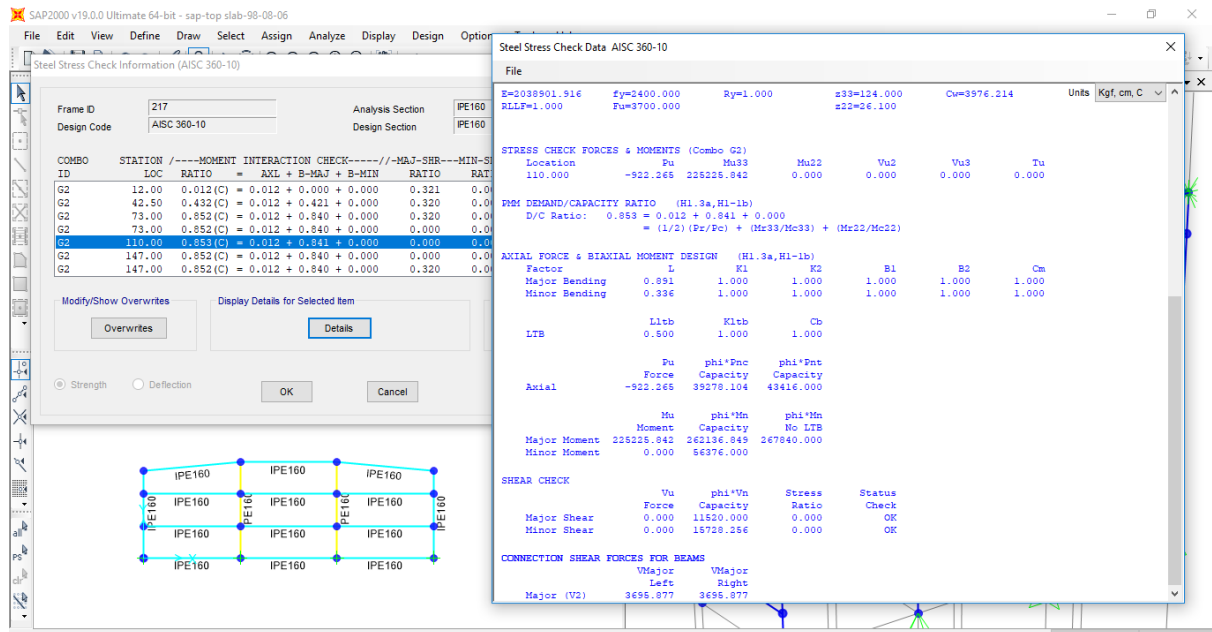
کنترل جوش			
اتصال به تیر فرعی		اتصال به تیر اصلی	
fv	99.485702	fv	180.732359
fty	103.56209	fb	460.7755992
ftx	163.57833		
fu	260.74178	fu	494.9528648
fR	1417.5	fR	1417.5
OK		OK	

شکل ۶-۹: نتایج طراحی اتصال تیر فرعی به اصلی

بنابراین با اعمال بار ۱۸۴۰ کیلوگرم، بیشترین تنش در بحرانی ترین نقطه جوش اتصال، ۴۹۴ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع می باشد. حداکثر ظرفیت تنش مقاوم اتصال جوش ۱۴۱۷ کیلوگرم بر سانتیمتر مربع محاسبه شده است بنابراین اتصال فوق با مشخصات داده شده جوابگو می باشد.

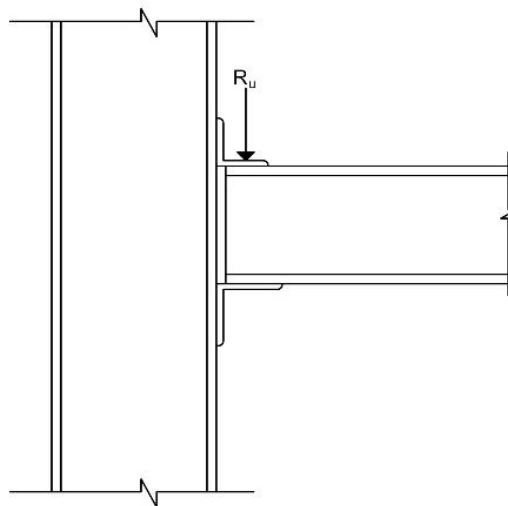
۶-۴-۲ اتصال تیرهای اصلی دال تراز بالا به ستون

همانطور که از خروجی تحلیل برنامه در فایل sap-top slab در تصویر شکل زیر مشخص است. بیشترین نیروی اعمالی از تیرهای اصلی شاسی دال به ستون ها (اتصال مفصلی تیر به ستون) ۳۶۹۶ کیلوگرم می باشد (در انتهای گزارش تصویر زیر آمده است).



شکل ۶-۱۰: خروجی برنامه نرم افزاری برای اتصال تیر اصلی به ستون

ظرفیت این اتصال در حالت حد نهایی مقاومت به به صورت زیر محاسبه می شود.

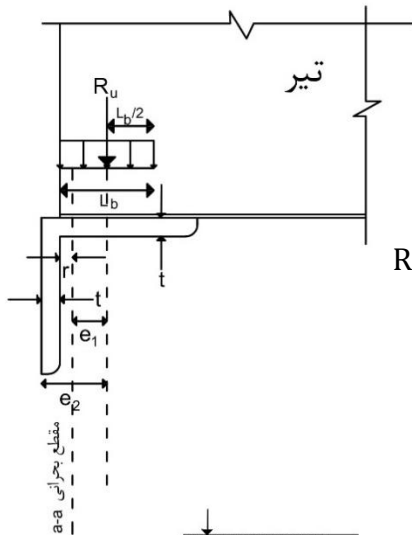


شکل ۶-۱۱: نمایش شماتیک اتصال تیر اصلی به ستون

فاصله تیر تا ستون بین ۱۲ تا ۱۵ میلیمتر

نبشی فوقانی برای عکس العمل های کمتر از ۵ تن ← ۶۰*۶۰*۶۰ L

گام اول: محاسبه عکس العمل ضریبدار R_u (با توجه به خروجی برنامه SAP2000V19 مقدار بار طراحی این اتصال $R_u = 2914 \text{ kg}$ کیلوگرم می باشد)

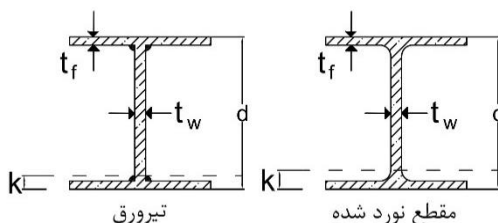


گام دوم: تعیین طول نشیمن واکنش تکیه گاهی (L_b)

الف: براساس تسلیم موضعی جان (صفحه ۱۷۸ مبحث دهم)

$$R_u = \Phi R_n = 1 * F_{yw} * t_w (2.5k + L_b) \longrightarrow L_b \text{ بدست می آید}$$

F_{yw} : تنش تسلیم فولاد جان تیر



K: با توجه به شکل مقابل

L_b : طول ناحیه نشیمن که نباید

کمتر از k در نظر گرفته شود

ب: بر اساس لهدگی جان

$$\left\{ \begin{array}{ll} \frac{L_b}{d} \leq 0.2 \longrightarrow & R_u = \Phi R_n = 0.75 * 0.4 t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{L_b}{d} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \\ \frac{L_b}{d} > 0.2 \longrightarrow & R_u = \Phi R_n = 0.75 * 0.4 t_w^2 \left[1 + \left(\frac{4 L_b}{d} - 0.2 \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{E F_{yw} t_f}{t_w}} \end{array} \right.$$

در روابط بالا $E = 2 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$ مدول الاستیسیته فولاد است.

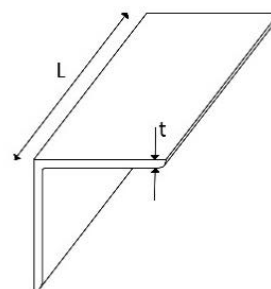
بنابراین L_b با توجه به حالت الف و ب به صورت زیر تعیین می شود:

$$L_b = \max(L_{b-\text{ب}}, L_{b-\text{الف}}, K)$$

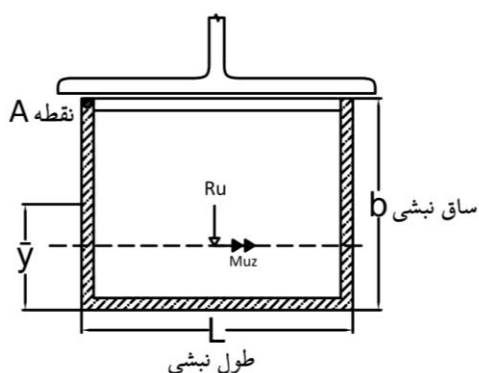
گام سوم: کنترل مقاومت خمشی نبشی نشیمن در مقطع بحرانی a-a:

$$M_{u1} = R_u \left[\frac{L_b}{2} + (1.5_{cm} + 1.2_{cm}) - t - r \right]$$

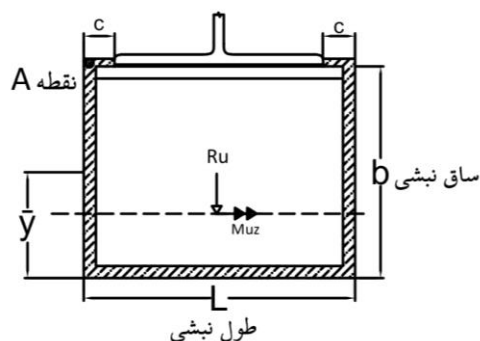
$$, \Phi = 0.9, M_n = \frac{Lt^2}{4} F_{y(\text{نبشی})} \quad M_{u1} \leq \Phi M_n$$



گام چهارم: طراحی جوش اتصال نبشی به ستون (تعیین بعد جوش a):



اتصال نوع II



اتصال نوع I

$$\text{نوع I} \quad I_x = Lt_e \bar{y}^2 + 2Ct_e(b - \bar{y})^2 + \frac{2}{3}[\bar{y}^3 + (b - \bar{y})^3] \times t_e$$

$$\text{نوع II} \quad I_x = Lt_e \bar{y}^2 + \frac{2}{3}[\bar{y}^3 + (b - \bar{y})^3] \times t_e$$

$$\bar{y} = \frac{2Cb + 2b(b/2)}{2C + 2b + L} \quad \text{مرکز سطح جوش}$$

$$A_w = 2Ct_e + 2bt_e + Lt_e \quad \text{سطح جوش}$$

$$t_e = 0.707a \quad \text{ضخامت موثر جوش}$$

در ادامه باید تنش حداکثر به وجود آمده از خمش و برش در جوش را با تنش مقاوم جوش برابر قرار دهیم:

$$\text{مقدار لنگر خمشی وارد به جوش} \quad M_{uz} = R_u e_2 = R_u \left[\frac{L_b}{2} + (1.5 \text{ cm یا } 1.2 \text{ cm}) \right]$$

$$\text{تنش برشی یکنواخت جوش} \quad F_{uv} = \frac{R_u}{A_w}$$

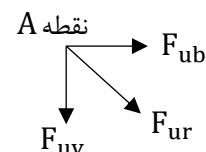
$$\text{تنش خمشی وارد بر جوش} \quad F_{ub} = \frac{M_{uz} \times \max(\bar{y}, (b - \bar{y}))}{I_x}$$

$$\text{برآیند تنش ها} \quad F_{ur} = \sqrt{F_{uv}^2 + F_{ub}^2}$$

$$\text{تنش مقاوم جوش گوشه} \quad F_w = \phi \beta F_{nw} = \phi \beta \times 0.6 F_{ue}$$

$$\phi = 0.75 \quad \text{ضریب کاهش مقاومت}$$

$$\beta = \begin{cases} 0.75 & \text{کارگاهی} \\ 0.85 & \text{کارخانه ای} \\ 1.0 & \text{آزمایش غیرمخرب} \end{cases}$$



$$F_{ue} \xrightarrow{\text{مقاومت نهایی فلز الکتروود}} \text{الکتروود } E_{60}, \text{ جدول ص ۱۵۶ مبحث دهم} \xrightarrow{} F_{ue} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_{ur} \leq F_w \quad \text{OK}$$

بنابراین:

دقت شود که a (بعد جوش) باید بین $a_{\min}$ و $a_{\max}$ طبق الزامات مبحث دهم قرار داشته باشد. الزامات حداکثر و حداقل بعد جوش گوشه در صفحه ۱۴۷ بند ۱۰-۲-۹-۲-۲ مورد ب آورده شده است.

محاسبات فوق در برنامه اکسل که در پیوست این گزارش آمده است انجام شده است و خلاصه طراحی به صورت زیر می باشد.

b	طول ساق نبشی	10
t	ضخامت ساق نبشی	0.8
r	شعاع خم نبشی	1
L	طول نبشی	6
	فاصله تیر تا ستون	1.2
Ru	مقدار Ru	3696
Fy	تنش تسلیم فولاد تیر	2400
E	مدول الاستیسیته فولاد	2100000
Fy	تنش تسلیم فولاد اتصال	2400
d	ارتفاع تیر آهن	16
tw	ضخامت جان تیر آهن	0.5
K	مقدار K	1.2
tf	ضخامت بال تیر آهن	0.74
c	ادامه خط جوش در بالای نبشی	0
a	بعد جوش اتصال نبشی به ستون	0.5
B	ضریب بازرسی جوش	0.75
Fue	تنش تسلیم الکتروود	4200
	ضخامت بال یا جان ستون متصل به نبشی	0.74

شکل ۶-۱۲: مشخصات ابعادی اتصال تیر اصلی به ستون

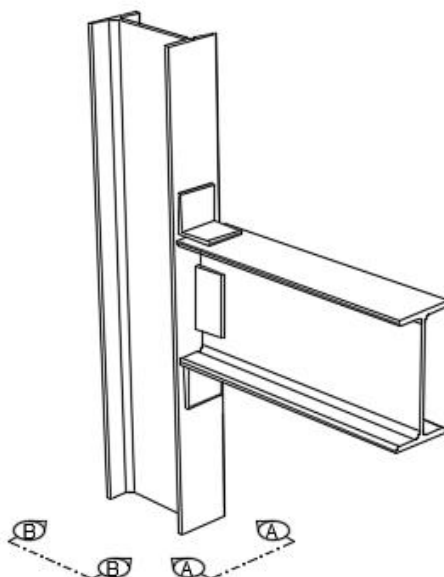
f_y	Lb	1.2		
کنترل مقاومت خمشی نبشی در مقطع بحرانی	Mu1	-8.2E-13		OK
	0.9Mn	2073.6		
کنترل جوش نبشی به ستون	ضخامت موثر جوش te	0.3535		OK
	مرکز سطح γ	3.846154		
	ممان اینرسی I_x	99.70513		
	سطح مقطع جوش Aw	9.191		
	لنگر وارده به جوش Mu2	6652.8		
	تنش برشی یکنواخت جوش	402.1325		
	تنش خمشی حداکثر جوش	410.6139		
	برایند تنش ها fur	574.7298		
	تنش مقاوم جوش Fw	1417.5		
	ضخامت قطعه نازکتر tmin	0.74		
	حداکثر بعد جوش گوشه amax	0.54		OK
	حداقل بعد جوش گوشه amin	0.5		OK

شکل ۶-۱۳: خروجی طراحی اتصال تیر اصلی به ستون

بنابراین اتصال فوق که جزییات آن در نقشه های پیوست آمده است، با مشخصات داده شده جوابگو می باشد.

۶-۴-۳ اتصالات کلاف های عرضی

اتصالات کلاف های عرضی که در فاصله های ۱۷۰ سانتیمتری در تمام ارتفاع سازه آسانسور وجود دارند، از که از دو انتها به ستون های تک IPE160 متصل می شوند. این اتصالات در هر دو سمت با استفاده از نبشی بالا و پایین صورت می پذیرد (همانند شکل زیر).



شکل ۶-۱۴: شکل شماتیک اتصال کلاف عرضی با ورق جان

حداکثر نیروی برشی که بایست برای طراحی این اتصال در نظر گرفت باید از فایل های طراحی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ برداشت کرد (فایل های type1) از بین چهار فایل مربوط به type1، حالت ۴ که کابین در بالاترین تراز قرار دارد، بیشترین نیروی جانبی به کلاف های عرضی وارد می شود. با توجه به خروجی حداکثر برش کلاف عرضی در فایل sap-type1-step4، این مقدار ۵۰۰ کیلوگرم در نظر گرفته می شود.

تعیین طول و ضخامت ورق اتصال جان:

$$tL \times 0.9F_y = tL \times 0.9 \times 2400 \geq 500 \rightarrow tL = 0.23 \text{ cm}^2$$

در نتیجه می توان از ورق با ضخامت $t=6\text{mm}$ و طول $L=100\text{mm}$ استفاده کرد.

تعیین بعد جوش لازم:

در صورتی که فقط یک خط جوش گوشه به طول ۱۰۰ میلیمتر (طول ورق) مورد دسترس باشد انگاه بعد جوش لازم با الکتروود E60 به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\phi\beta \times 0.707aL_w \times 0.6F_{ue} = 0.75 \times 0.75 \times 0.707a \times 10 \times 0.6 \times 4200 = 500 \rightarrow a = 0.05 \text{ cm}$$

بنابراین بعد جوش را حداقل آیین نامه $a=5\text{mm}$ در نظر میگیریم.

اتصال فوق با مشخصات طراحی شده این بار برای حداکثر نیروی ممکن در سطح عملکرد IO در سطح خطر ۱ کنترل می شود. حداکثر برش اعمالی در این سطح عملکرد طبق فایل sap-type2-step4 برابر است با ۳۴۰ کیلوگرم، بنابراین:

کنترل طول و ضخامت ورق اتصال جان:

$$mktL \times 0.9F_y = 8.14 \times tL \times 0.9 \times 2400 > 340 \rightarrow OK$$

در نتیجه می توان از ورق با ضخامت $t=6\text{mm}$ و طول $L=100\text{mm}$ استفاده کرد.

کنترل بعد جوش لازم:

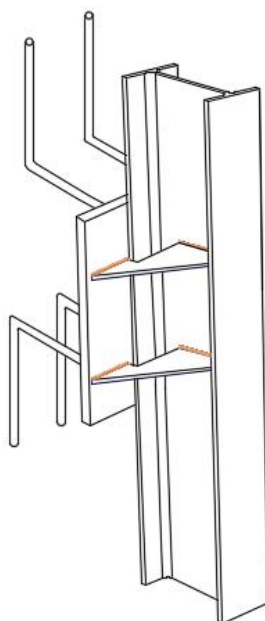
در صورتی که فقط یک خط جوش گوشه به طول ۱۰۰ میلیمتر (طول ورق) مورد دسترس باشد انگاه بعد جوش لازم با الکتروود E60 به صورت زیر محاسبه می شود:

$$m\kappa\phi\beta \times 0.707aL_w \times 0.6F_{ue} = 8.14 \times 0.75 \times 0.75 \times 0.707 \times 0.5 \times 10 \times 0.6 \times 4200 > 340 \rightarrow OK$$

بنابراین بعد جوش را حداقل آیین نامه $a=5\text{mm}$ در نظر میگیریم.

۴-۴-۶ اتصال ستون ها به صفحات کاشته شده در تراز طبقات

اتصال ستون های تک IPE160 به صفحات کاشته شده فولادی در تیرهای تراز طبقات باید به گونه ای باشد که در راستای قائم آزادی مناسبی را ایجاد کند ولی در جهت افقی آزادی ها کامل بسته باشد. بنابراین جزییات اتصال زیر در نظر گرفته شده است.



شکل ۶-۱۵: شکل شماتیک اتصال ستون به صفحه فولادی کاشته شده

این اتصال بایست قادر باشد نیروی جانبی ناشی از اینرسی لرزه ای کابین اسانسور را تحمل کند. حداکثر نیروی برشی که بایست برای طراحی این اتصال در نظر گرفت باید از فایل های طراحی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ برداشت کرد (فایل های type1) از بین چهار فایل مربوط به type1، حالت ۴ که کابین در بالاترین تراز قرار دارد، بیشترین نیروی جانبی به کلاف های عرضی وارد می شود. با توجه به خروجی حداکثر برش کلاف عرضی در فایل sap-type1-step4، این مقدار طبق فایل اکسل خروجی از برنامه sap با نام "نیروهای اتصال ستونها به ساختمان در فایل sap-type1-step4" مقدار ۶۹۲ کیلوگرم در نظر گرفته می شود.

در صورتی که بعد جوش گوشه برای اتصالات ورق لچکی داخل جان ستون و همچنین بعد جوش اتصال لچکی به صفحه فولادی کاشته شده، ۵ میلیمتر و الکتروود مصرفی از نوع E60 در نظر گرفته شود آنگاه طول جوش لازم برای انتقال نیروی جانبی ناشی از اینرسی لرزه ای کابین آسانسور به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\phi \beta \times 0.707 a L_w \times 0.6 F_{ue} = 0.75 \times 0.75 \times 0.707 \times 0.5 \times L_w \times 0.6 \times 4200 = 692 \rightarrow L_w = 1.4 \text{ cm}$$

بنابراین می توان از چهار ورق لچکی (هر سمت ستون دو عدد) به ضخامت ۸ میلیمتر و ابعاد ۱۰۰×۱۰۰mm استفاده کرد. در نیجه طبق جزییات ترسیم شده در نقشه های پیوست طول جوش تامین شده حدود ۲۰ سانتیمتر می باشد.

اتصال فوق با مشخصات طراحی شده این بار برای حداکثر نیروی ممکن در سطح عملکرد IO در سطح خطر ۱ کنترل می شود. حداکثر برش اعمالی در این سطح عملکرد طبق فایل اکسل خروجی از برنامه sap با نام "نیروهای اتصال ستونها به ساختمان در فایل sap-type1-step4" از فایل sap-type2-step4، مقدار ۶۰۸ کیلوگرم در نظر گرفته می شود.

کنترل طول و ضخامت ورق اتصال جان:

$$m k \phi \beta \times 0.707 a L_w \times 0.6 F_{ue} = 8.14 \times 0.75 \times 0.75 \times 0.707 \times 0.6 \times 20 \times 0.6 \times 4200 > 608 \rightarrow \text{OK}$$

۴-۵ طراحی ورق انتظار کاشته شده در تراز طبقات جهت اتصال ستون ها

این ورق و بولت های آن باید قادر به تحمل حداکثر بار جانبی وارده طبق استاندارد ۲۸۰۰ باشند. حداکثر نیروی برشی که بایست برای طراحی در نظر گرفت باید از فایل های طراحی مطابق با استاندارد ۲۸۰۰ برداشت کرد (فایل های type1) از بین چهار فایل مربوط به type1، حالت ۴ که کابین در بالاترین تراز قرار دارد، بیشترین نیروی جانبی به کلاف های عرضی وارد می شود. با توجه به خروجی حداکثر برش کلاف عرضی در فایل sap-type1-step4، این مقدار طبق فایل اکسل خروجی از برنامه sap با نام "نیروهای اتصال ستونها

به ساختمان در فایل "sap-type1-step4" مقدار ۶۹۲ کیلوگرم در نظر گرفته می شود. بولت های کاشته شده در تیرهای بتنی طبق ضوابط برش اصطکاک در مبحث نهم مقررات ملی به صورت زیر می باشد:

$$V_r = \lambda \mu \phi_s f_y A_{vf} \leq V_{rmax}$$

$$V_{rmax} = \min[6.5 \phi_c A_{cv} , \quad 0.25 \phi_c f_c A_{cv}]$$

A_{cv} : سطحی از بتن که در مقابل برش اصطکاک مقاومت می کند.

A_{vf} : سطح مقطع بولت ها

$$6920 = 1 \times 0.6 \times 0.85 \times 400 \times A_{vf} \rightarrow A_{vf} = 34 \text{ mm}^2$$

$$V_{rmax} = \min \left[6.5 \times 0.65 \times 300 \times 300 , 0.25 \times 0.65 \times 25 \times 300 \times 300 \right]$$

$$= 365625 \text{ N} > 6920 \text{ N} \quad OK$$

بنابراین استفاده ۴ عدد بولت ۱۴ برای کار گذاشتن ورق ها به ابعاد 300x300 mm مناسب می باشد.

۶-۴-۶ اتصال ستون ها به صفحه ستون روی کف چاله آسانسور

ستون ها عمدتاً تحت بار ثقیلی می باشند و نیروهای جانبی توسط اتصالات ستون ها به سازه اصلی ساختمان منتقل شده است. بنابراین اتصالات ستون ها به صفحه ستون روی کف چاله آسانسور معمولاً حداقل های آیین نامه ای و اجرایی در نظر گرفته می شود. با این حال طراحی صفحه ستون برای بیشترین بار محوری ستون در تراز صفر که طبق فایل اکسل "عکس العمل های نقاط تکیه کاهی در تراز صفر" از فایل محاسباتی sap-type1-step1 استخراج شده است، انجام می شود. بیشترین نیروی محوری ۱۱۵۵۹ کیلوگرم می باشد و برش ها بسیار ناچیز می باشد. برای این نیروی محوری فشاری بهتر است تنش زیر صفحه ستون کنترل شود. در صورتی که ابعاد صفحه ستون 300x300mm به ضخامت ۱۰ میلیمتر انتخاب شود آنگاه تنش زیر صفحه ستون به صورت زیر محاسبه می شود.

$$\sigma_c = \frac{11559}{30 \times 30} = 12.8 \text{ cm}^2$$

در صورتی که حداقل بتن سازه ای (C20) برای بتن کف چاله آسانسور نیز استفاده شود باز هم تنش به وجود آمده خیلی کمتر از تنش لهیدگی بتن می باشد.

جزئیات اجرای اتصالات کف ستون ها مطابق با نقشه های پیوست می باشد.

۷ منابع

- نشریه ۳۶۰. دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود
- استاندارد ۲۸۰۰
- مبحث ششم مقررات ملی ساختمان
- مبحث نهم مقررات ملی ساختمان
- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان
- نرم افزار تحلیلی SAP2000 V19
- اطلاعات اولیه طراحی مکانیکی آسانسورها
- گزارش تحلیل خطر پروژه مورد نظر