



سمینار تحلیل غیر خطی

ارائه: مرتضی عسکری زیارتی

دانشجوی دکترای مهندسی زلزله

مهندسی زلزله و استاندارد ۲۸۰۰ : @Earthquake2800
تحلیل خطی و غیر خطی: @analysisnonlinear
آسیب پذیری لرزه ای سازه های بتنی: @seismicconcrete

تیر ۱۳۹۵



بخش اول

نگاهی اجمالی به تحلیل های خطی و غیر خطی

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

(۱) تحلیل:

تغییر شکل، رفتار مصالح (رابطه بین تنش و کرنش)

(۱-۲) تحلیل غیر خطی:

الف (رابطه بین تنش و کرنش خطی نیست.

ب) اصل جمع آثار قوا صادق نیست.

پ) از تغییر شکل ها صرف نظر نمی شود.

(۱-۱) ویژگی های تحلیل خطی

الف) رابطه بین تنش و کرنش خطی است.

ب) اصل جمع آثار قوا صادق است.

پ) از تغییر شکل های کوچک صرف نظر می شود.

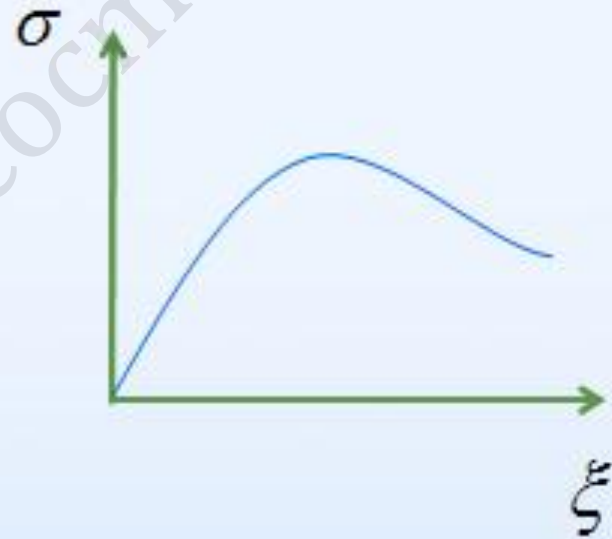
بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

رفتار مصالح



شکل شماره ۱- رفتار خطی مصالح

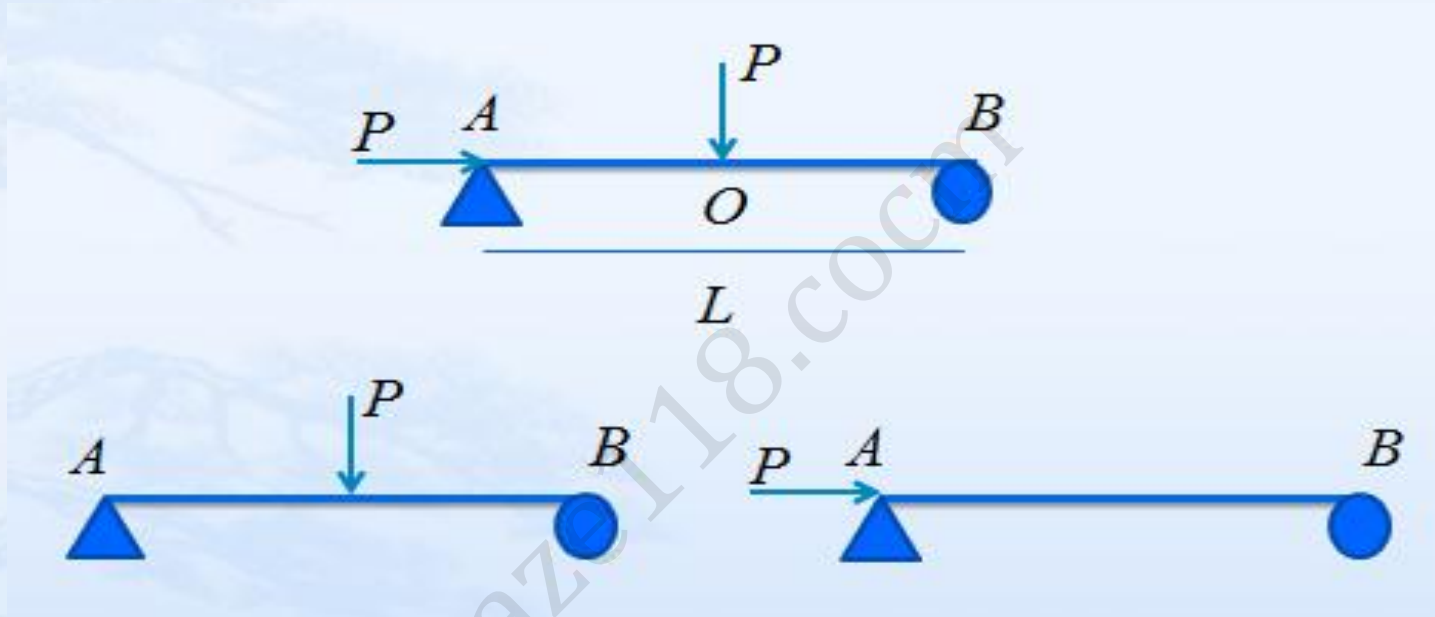


شکل شماره ۲- رفتار غیر خطی مصالح

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

نحوه محاسبه پاسخ سازه در تحلیل خطی



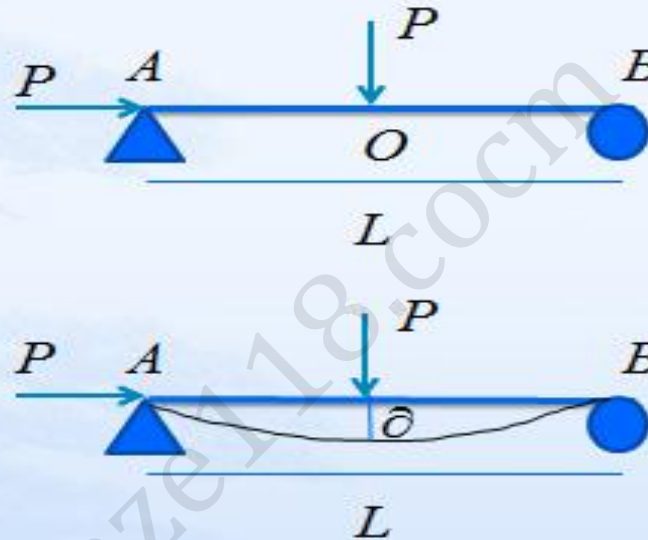
$$M_O = \frac{PL}{4}$$

شکل شماره ۳- نحوه بدست آوردن پاسخ سازه در تحلیل خطی

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

نحوه محاسبه پاسخ سازه در تحلیل غیرخطی



$$M_O = \frac{PL}{4} + P\delta$$

شکل شماره ۴- نحوه بدست آوردن پاسخ سازه در تحلیل غیرخطی

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

تحلیل غیرخطی:

غیرخطی تغییر شکل (غیرخطی هندسی).

غیرخطی رفتار مصالح.

هرکدام از موارد فوق اتفاق بیفتد تحلیل غیرخطی می باشد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

عملکرد نرم افزارها در تحلیل غیرخطی

با توجه به رفتار مصالح، نرم افزارها به سه روش زیر تحلیل غیرخطی انجام می دهند.

۱- روش اجزاء محدود

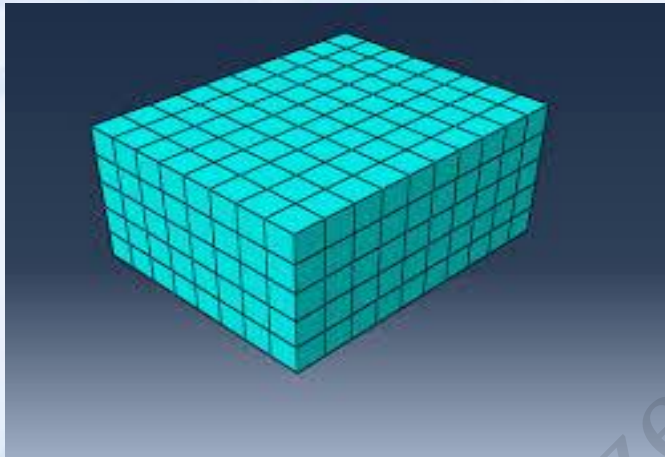
۲- روش فایبر

۳- روش مفصل پلاستیک

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

ویژگی های روش اجزاء محدود:



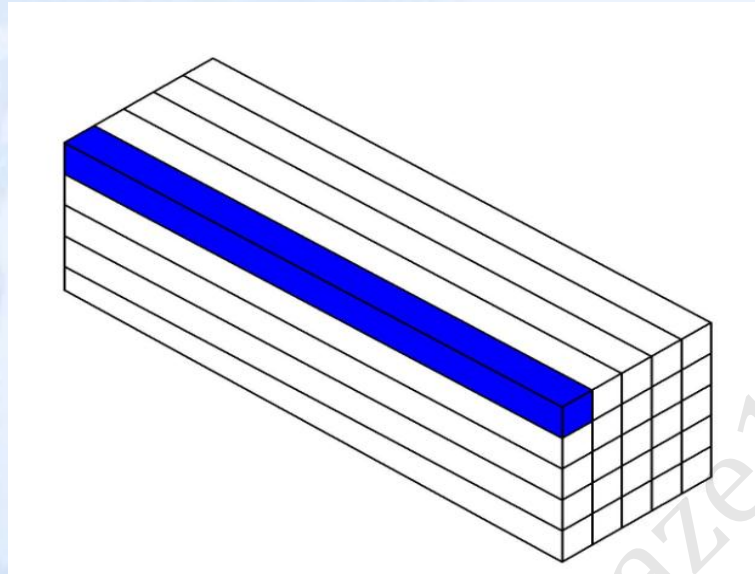
شکل شماره ۵- مش بندی به روش اجزاء محدود

- ۱- منحنی تنش-کرنش مصالح به برنامه داده می شود.
- ۲- کل المان (هر سه بعد) مش بندی می شود.
- ۳- پاسخ های کلی و جزئی را می توان با این روش بدست آورد.
- ۴- نتایج تحلیل خیلی دقیق می باشد.
- ۵- حجم تحلیل زیاد بوده و زمان بر می باشد.
- ۶- تعیین سطح عملکرد سازه مشکل است.
- ۷- نرم افزارهای مثل آباکوس، اپنسیس و ... در این گروه قرار دارند.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

ویژگی های روش فایبر:



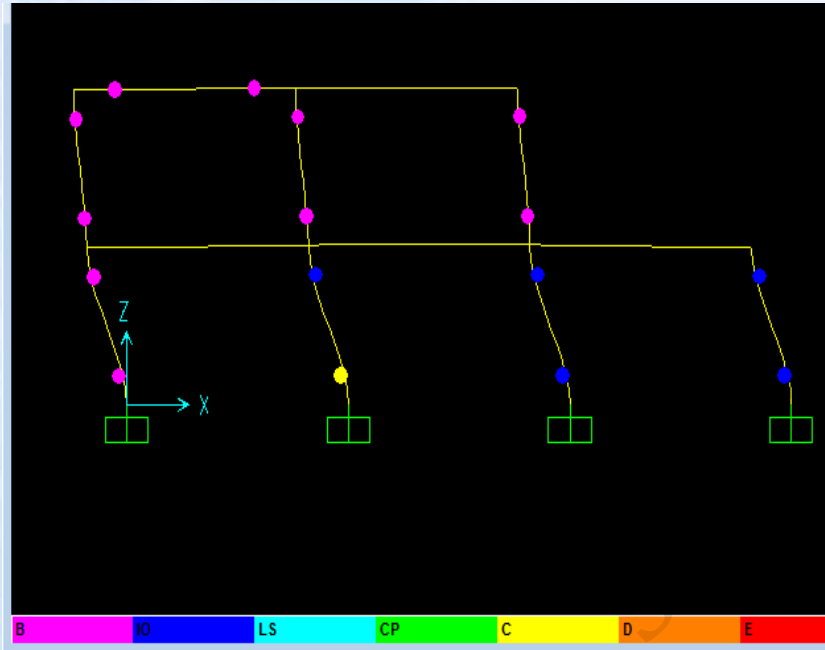
شکل شماره ۶- مش بندی به روش فایبر

- ۱- منحنی تنش-کرنش مصالح به برنامه داده می شود.
- ۲- مش بندی آن به صورت نوارهای طولی (در امتداد طول عضو) که دارای سطح مقطع کوچک می باشند.
- ۳- پاسخ های کلی و جزئی را می توان با این روش بدست آورد.
- ۴- نتایج تحلیل دقیق می باشد.
- ۵- حجم تحلیل زیاد بوده و زمان بر می باشد.
- ۶- تعیین سطح عملکرد سازه مشکل است.
- ۷- نرم افزارهای مثل سائزمواستراکت، سپ و ... در این گروه قرار دارند.

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

ویژگی های روش مفصل پلاستیک:



شکل شماره ۷- روش مفصل پلاستیک

- ۱- منحنی تلاش - تغییر شکل المانها به برنامه داده می شود.
- ۳- پاسخ های کلی را می توان با این روش بدست آورد.
- ۴- نتایج تحلیل نسبت به دور روش دیگر دقت کمتری دارد.
- ۵- حجم تحلیل کم بوده و زمان بر نمی باشد.
- ۶- تعیین سطح عملکرد سازه به راحتی قابل انجام است.
- ۷- نرم افزارهای مثل ایتبز، سپ و ... در این گروه قرار دارند.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

نتایج حاصل از بررسی روشهای غیرخطی

۱- اگر به دنبال پاسخهای ریز و جزئی (بررسی ترک، جوش و ...) هستید از روش های اجزاء محدود و فایبر استفاده کنید.

۲- اگر به دنبال پاسخهای کلی (برش پایه و طبقات، جابجایی، و...) هستید روش مفصل پلاستیک مناسب ترین روش است.

۳- در اکثر کارهای اجرائی روش مفصل پلاستیک مناسب ترین گزینه می باشد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بخش دوم

بررسی آئین نامه های زلزله از ابتدا تا کنون

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

(۱) نسل اول آیین نامه ها

(۱-۱) این آیین نامه ها مربوط به ۸۰ سال پیش می باشد که در این راستا می توان به آیین نامه UBC (۱۹۲۷) و آیین نامه ژاپن (۱۹۲۴) اشاره کرد.

(۲-۱) هدف این آیین نامه ها ، مقاومت ساختمان در برابر زلزله های شدید و رسیدن تلفات جانی به حداقل بود.

(۳-۱) ویژگی های مهم این آیین نامه ها به شرح زیر می باشد:

(۱-۳-۱) سازه وارد محدوده غیر خطی می شود.

(۲-۳-۱) زلزله فقط یک نیرو در نظر گرفته می شود و ساختمان برای مقاومت در برابر زلزله می بایست فقط در برابر آن نیرو مقاومت کند(در رابطه فوق V برش پایه W وزن ساختمان می باشد).

$$V = 0.1 * W \quad (۱)$$

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

(۲) نسل دوم آیین نامه ها

(۱-۲) استاندارد ۲۸۰۰ در این گروه قرار دارد.

(۱-۲) هدف این نسل از آیین نامه ها این است که ساختمان با توجه به اهمیت خود در برابر زلزله های شدید مقاومت کرده و خسارت و تلفات جانی به حداقل برسد.

(۳-۲) ویژگی های مهم این آیین نامه ها به شرح زیر می باشد:

(۱-۳-۲) سازه وارد محدوده غیر خطی می شود.

(۲-۳-۲) سازه فقط نیرو تحمل می کند و سطح عملکرد ساختمان با افزایش نیرو تامین می شود (با اعمال ضریب اهمیت I سطح عملکرد را تامین می کنند).

$$V = \frac{A * B * I}{R} * W \quad (۲)$$

در رابطه فوق V برش پایه ، B ضریب بازتاب ، I ضریب اهمیت ، R ضریب رفتار و W وزن ساختمان می باشد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

(۳) نسل سوم آیین نامه ها

۱-۳) دستورالعمل بهسازی لرزه ای ساختمان های موجود (نشریه ۳۶۰) و آیین نامه FEMA و ASCE در این گروه قرار دارند.

۲-۳) هدف این نسل از آیین نامه ها این است که ساختمان هایی طراحی شوند که از ابتدا عملکردشان مشخص است و نظر کارفرما به طور کامل لحاظ می شود.

۳-۳) ویژگی های مهم این آیین نامه ها به شرح زیر می باشد:

۱-۳-۳) سازه وارد محدوده غیر خطی می شود.

۲-۳-۳) یک ساختمان زمانی در برابر زلزله مقاوم است که اعضای سازه ای آن هم مقداری نیرو تحمل کنند و هم مقدار معینی تغییر شکل داشته باشند (به عبارت دیگر زلزله تنها یک نیرو نیست بلکه تغییر شکل نیز اهمیت دارد).

برای پیروی از نسل سوم آیین نامه ها، داشتن دانش تحلیل غیر خطی ضروری است.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بخش سوم

مفاهیم اولیه طراحی بر اساس عملکرد

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

تعریف سطح عملکرد:

به مقدار تغییر شکل مجاز المانها، سطح عملکرد گفته می شود.

انواع سطوح عملکرد:

ساختمان از دو قسمت اجزای سازه ای و غیر سازه ای تشکیل شده است .

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سطوح عملکرد اجزای سازه ای:

شامل شش سطح عملکرد زیر بوده که سه تا اصلی و سه تا میانی می باشند.

استفاده بی وقفه (Immediate Occupancy : IO): یعنی سازه پس از زلزله آسیب ندیده و قابل استفاده باشد.

خرابی محدود: یعنی سازه پس از زلزله مقداری آسیب ببیند به طوریکه قابل تعمیر باشد.

ایمنی جانی (Life Safety : LS): یعنی سازه پس از زلزله دچار آسیب شده ولی خسارت جانی (آسیب به افراد) نداریم.

ایمنی جانی محدود: یعنی سازه دچار آسیب شده ولی حداقل خسارت جانی داریم.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

استانه فرو ریزش (Collapse Prevention: CP): یعنی سازه آسیب میبیند و حداقل تلفات (مرگ) را داریم.

لحاظ نشده: یعنی سطح عملکردی منظور نشده است.

سطوح عملکرد IO,LS,CP سطوح عملکرد اصلی هستند.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای:

سطوح عملکرد اجزای غیر سازه ای به پنج دسته تقسیم می شوند.

خدمات رسانی بی وقفه (Operational : O): یعنی اجزای غیر سازه ای پس از زلزله هیچگونه آسیب نمی بینند.

استفاده بی وقفه (IO): یعنی اجزای غیر سازه ای پس از زلزله آسیب کمی دیده به طوریکه قابل استفاده می باشد.

ایمنی جانی (LS): یعنی اجزای غیر سازه ای بعد از زلزله دچار آسیب شده ولی خسارت جانی (آسیب با افراد) نداریم

ایمنی جانی محدود: یعنی اجزای غیر سازه ای آسیب می بیند به طوریکه حداقل خسارت جانی را داریم.

لحاظ نشده: یعنی سطح عملکردی لحاظ نشده است.

بهسازگومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سطوح عملکرد کل ساختمان:

سطوح عملکرد کل ساختمان به چهار دسته تقسیم می شوند.

خدمات رسانی بی وقفه (O): سطح عملکرد اجزای سازه ای (IO) و اجزای غیر سازه ای (O).

استفاده بی وقفه (IO): سطح عملکرد اجزای سازه ای (IO) و اجزای غیر سازه ای (IO).

ایمنی جانی (LS): سطح عملکرد اجزای سازه ای (LS) و اجزای غیر سازه ای (LS).

آستانه فروریزش (CP): سطح عملکرد اجزای سازه ای (CP) و اجزای غیر سازه ای (لحاظ نشده).

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سطوح خطر:

سطح خطر بیانگر قدرت یک زلزله می باشد.

چهار نوع سطح خطر داریم.

سطح خطر یک: احتمال وقوع زلزله در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ۱۰ درصد می باشد (دوره بازگشت ۴۷۵ سال).

سطح خطر دو: احتمال وقوع زلزله در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ۲ درصد می باشد (دوره بازگشت ۲۴۷۵ سال).

سطح خطر بهره برداری: احتمال وقوع زلزله در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ۹۹.۵ درصد است (دوره بازگشت ۱۰ سال).

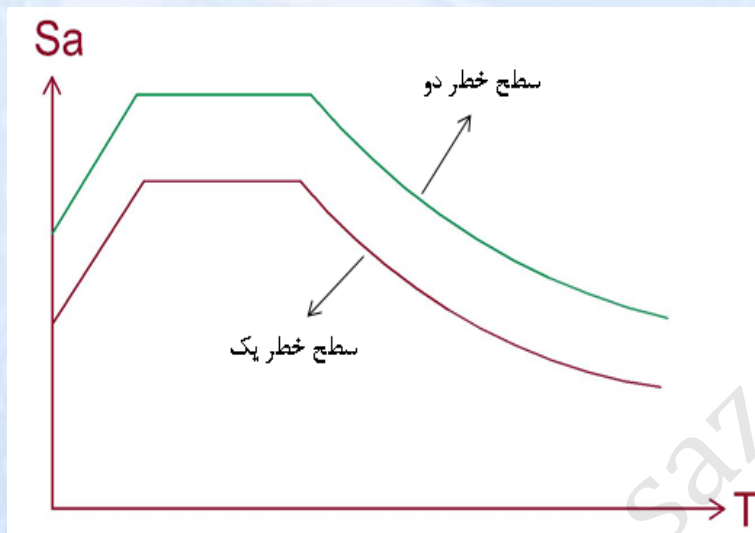
بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سطح خطر دلخواه: احتمال وقوع زلزله در ۵۰ سال عمر مفید ساختمان ... درصد می باشد.

در استاندارد ۲۸۰۰، سطح خطر یک (زلزله طرح) و سطح خطر بهره برداری (زلزله بهره برداری) داریم.

در نشریه ۳۶۰، سطح خطر یک، دو و دلخواه را داریم.



نکات مربوط به سطح خطر:

- ۱- هرچه سطح خطر بزرگتر باشد زلزله قویتر است.
- ۲- هرچه دوره بازگشت بیشتر باشد زلزله قویتر است.
- ۳- هرچه احتمال وقوع زلزله کمتر باشد زلزله قویتر است.

شکل شماره ۸- مقایسه سطوح خطر زلزله

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

اهداف بهسازی:

هدف بهسازی ارتباط بین سطح عملکرد و سطح خطر را بیان می کند

بهسازی مبنا: سطح خطر یک و سطح عملکرد ایمنی جانی.

بهسازی مطلوب: سطح خطر یک و سطح عملکرد ایمنی جانی. - سطح خطر دو و سطح عملکرد آستانه فروریزش

بهسازی ویژه: بالاتر از مطلوب (یک حالت از شش حالت : سطح خطر دو و سطح عملکرد ایمنی جانی)

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بهسازی محدود: پایین تر از مطلوب (یک حالت از شش حالت : سطح خطر یک و سطح عملکرد آستانه فرو ریزش)

بهسازی موضعی: اجرای طرح بهسازی به صورت مرحله ای؛ به طوریکه وضعیت سازه نسبت به حالت قبل خود

بدتر نشود

بهسازگومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بخش چهارم آنالیز مودال

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

آنالیز مودال:

حل معادله سیستم با ارتعاش آزاد و به دست آوردن فرکانس و مودهای سازه.

$$(K - M\omega^2) = 0 \quad (3)$$

نتایج حاصل از آنالیز مودال

۱- تعیین نوع تحلیل (استاتیکی خطی یا دینامیکی طیفی).

$$[K - M\omega^2][\phi] = 0 \quad (4)$$

۲- تعیین مود غالب در هر راستا.

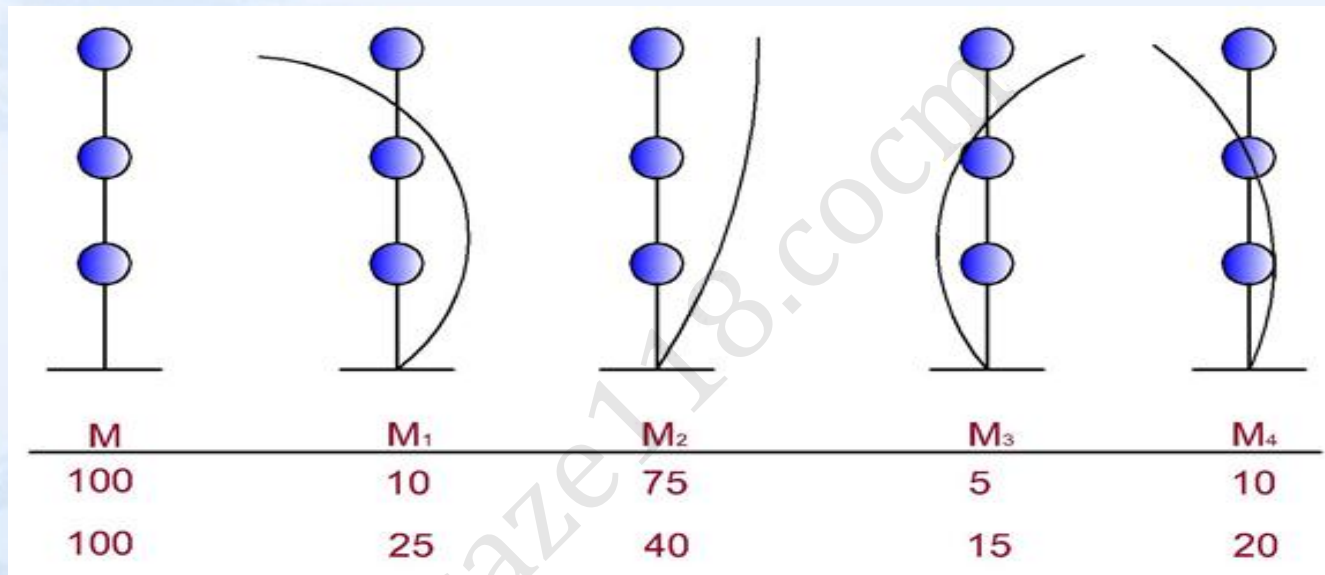
۳- تعیین زمان تناوب تحلیل در هر راستا.

۴- تعیین راستاهای متعامد اصلی سازه

قبل از انجام هر نوع تحلیل، برنامه آنالیز مودال انجام می دهد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



شکل شماره ۹ - تفاوت تحلیل استاتیکی و دینامیکی

* شکل مودها فقط جنبه نمایش دارد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

	OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless
►	MODAL	Mode	1	1.56599	0	0.660559	0	0	0.660559
	MODAL	Mode	2	0.532672	0	0.188103	0	0	0.848662
	MODAL	Mode	3	0.508054	0.787591	0	0	0.787591	0.848662
	MODAL	Mode	4	0.301227	0	0.07235	0	0.787591	0.921012
	MODAL	Mode	5	0.170015	0.154819	0	1.517E-18	0.94241	0.921012
	MODAL	Mode	6	0.13304	0	0.078988	1.118E-19	0.94241	1
	MODAL	Mode	7	0.0998	0.03042	0	0	0.97283	1
	MODAL	Mode	8	0.092759	0.000219	0	0	0.973048	1
	MODAL	Mode	9	0.075948	0.026853	0	8.086E-20	0.999902	1
	MODAL	Mode	10	0.033992	0.000064	0	5.286E-17	0.999965	1
	MODAL	Mode	11	0.019698	1.578E-18	1.781E-19	0.271239	0.999965	1
	MODAL	Mode	12	0.019698	0.00000002374	5.471E-19	4.757E-13	0.999965	1
	MODAL5	Mode	1	1.56599	0	0.660559	0	0	0.660559
	MODAL5	Mode	2	0.532672	0	0.188103	0	0	0.848662
	MODAL5	Mode	3	0.508054	0.787591	0	0	0.787591	0.848662
	MODAL5	Mode	4	0.301227	0	0.07235	0	0.787591	0.921012
	MODAL5	Mode	5	0.170015	0.154819	0	1.517E-18	0.94241	0.921012

شکل شماره ۱۰ - صفحه نتایج آنالیز مودال

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بخش پنجم تحلیل پوش آور



به طور کلی تحلیل های خطی و غیر خطی به شرح ذیل می باشند:

- ۱- تحلیل استاتیکی خطی
- ۲- تحلیل دینامیکی طیفی خطی
- ۳- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی خطی
- ۴- تحلیل استاتیکی غیر خطی
- ۵- تحلیل دینامیکی طیفی غیرخطی (کمتر مورد استفاده قرار می گیرد)
- ۶- تحلیل دینامیکی تاریخچه زمانی غیر خطی

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

تفاوت عمده تحلیل پوش آور با سایر تحلیل ها

در همه تحلیل های فوق (به جز استاتیکی غیر خطی) نیرو ملاک عمل می باشد به عبارت دیگر نیروی زلزله به صورت یک نیروی جانبی به سازه اعمال می گردد و پس از تحلیل، پاسخ ها خوانده می شود. اما در تحلیل استاتیکی غیر خطی، ملاک عمل جابجایی سازه می باشد به طوریکه سازه را به اندازه مشخص هل داده و آنگاه پاسخ های مورد نیاز سازه را استخراج می کنند.

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷ ز

محدوده کاربرد روش تحلیل استاتیکی خطی:

۱- استاندارد ۲۸۰۰:

۲-۳ از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی در سازه‌هایی می‌توان استفاده نمود که در آنها اثر مودهای بالا عمده نباشد. برای تعیین این موضوع ضروری است سازه ساختمان دو بار با استفاده از روش تحلیل دینامیکی طیفی تحلیل شود. در بار اول تنها مود اول سازه در نظر گرفته شده و در بار دوم تمام مودهای نوسانی که مجموع جرم مؤثر آنها حداقل ۹۰٪ جرم کل سازه است باید در نظر گرفته شود. در صورتی که نتایج تحلیل دوم نشان دهد نیروی برشی در طبقه‌ای بیش از ۳۰٪ از نیروی برشی حاصل از تحلیل اول بزرگ‌تر است، این امر به معنی عمده بودن اثر مودهای بالای سازه است.

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه‌ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷ ز

۲- نشریه ۳۶۰:

استفاده از روش تحلیل استاتیکی غیرخطی هنگامی مجاز است که دو شرط زیر برقرار باشد:

- ۱-نسبت مقاومت R_u محاسبه شده از رابطه (۳-۲۱) از مقدار R_{max} محاسبه شده از رابطه (۳-۲۲) کمتر باشد.
- ۲-تاثیر مودهای بالاتر قابل ملاحظه نباشد: برای تعیین این موضوع ضروری است سازه دو بار با استفاده از روش دینامیکی طیفی تحلیل شود. در بار اول تنها مود اول سازه در نظر گرفته شده و در بار دوم تمام مودهای نوسانی که مجموع جرم موثر آنها حداقل ۹۰٪ جرم کل سازه است باید در نظر گرفته شود. در صورتیکه نتایج تحلیل دوم نشان دهد نیروی برشی در طبقه ای بیش از ۳۰٪ از نیروی برشی حاصل از تحلیل اول بیشتر است، این امر به معنی قابل ملاحظه بودن اثرات مودهای بالای سازه است.
- اگر شرط ۲ برقرار نباشد، باید از روش تحلیل دینامیکی خطی نیز برای تکمیل روش استاتیکی غیرخطی استفاده گردد. در این حالت معیار پذیرش باید برای هر دو روش بررسی شود با این تفاوت که برای پذیرش اعضای با رفتار تغییرشکل کنترل، در روش تحلیل دینامیکی خطی می توان ۳۳٪ تخفیف قایل شد.

اگر شرط ۱ برقرار نباشد، باید از تحلیل دینامیکی غیرخطی استفاده گردد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

روش انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی

- ۱- تعیین نقطه کنترل
- ۲- محاسبه میزان تغییر مکان هدف (σ_t)
- ۳- تعریف الگوی بار ثقلی و جانبی
- ۴- اختصاص مفاصل پلاستیک در نرم افزارهای ماکرو و منحنی های تنش کرنش در نرم افزار میکرو
- ۵- تحلیل سازه و بررسی نتایج.

نقطه کنترل:

مرکز جرم بام، نقطه کنترل می باشد

محاسبه تغییر مکان هدف:

مقدار تغییر مکانی که سازه می دهد تا نیاز و ظرفیت آن با هم برابر شود تغییر مکان هدف گویند.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

در استاندارد ۲۸۰۰، تغییر مکان هدف از طریق روش ضرایب به صورت زیر محاسبه می شود:

$$\delta_i = C_0 C_1 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (5)$$

در نشریه ۳۶۰، تغییر مکان هدف از طریق روش ضرایب و طیف ظرفیت محاسبه می شود (فرمول زیر مربوط به روش ضرایب می باشد)

$$\delta_t = C_0 C_1 C_2 S_a \frac{T_e^2}{4\pi^2} g \quad (6)$$

C_0 : ضریب تبدیل سیستم یک درجه آزادی به چند درجه آزادی

C_1 : ضریب تبدیل سیستم خطی به غیر خطی

C_2 : ضریب تاثیر زوال سختی و مقاومت

S_a : شتاب طیفی

T_e : زمان تناوب موثر سازه



الگوی بار ثقلی:

۱- استاندارد ۲۸۰۰:

۱-۲ قبل از انجام تحلیل غیرخطی می باید بار ثقلی مطابق با ضرایب ترکیب بار مربوطه به مدل سازه اعمال گردد.

تبصره: ترکیب بارهای ثقلی عبارت از $L + 1/2D$ و $0/9D$ می باشند که در آنها D بار مرده و L بار زنده است. بار زنده بر طبق ضوابط مبحث ششم مقررات ملی ساختمان محاسبه می شود. ضمناً در مواردی که بار زنده گسترده کمتر از ۴۰۰ کیلوگرم بر متر مربع است، کاهش این بار تا ۵۰٪ مجاز است.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

۲- نشریه ۳۶۰:

۳-۲-۸- ترکیب بارگذاری ثقی و جانبی

در ترکیب بارگذاری ثقی و جانبی، حد بالا و پایین اثرات بار ثقی، Q_G ، باید از روابط زیر محاسبه شود:

$$Q_G = 1.1[Q_D + Q_L] \quad (۱-۳)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (۲-۳)$$

که در آن Q_D بارمرده و Q_L معادل ۲۵٪ بار زنده طراحی کاهش نیافته است که نباید از بار زنده واقعی موجود در هنگام ارزیابی

کمتر باشد.

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

الگوی بار جانبی:

برای هل دان سازه به میزان σ_t ، می بایست از یکسری الگوی بار استفاده کرد. این الگوی بارها شامل موارد ذیل می باشند:

۱- استاندارد ۲۸۰۰:

۳-۶-۱ حداقل دو توزیع بار جانبی به شرح زیر در تحلیل باید اعمال گردد،

- الف- توزیع متناسب با نیروهای جانبی حاصل از تحلیل دینامیکی خطی طیفی با لحاظ آن تعداد مودهای ارتعاشی که حداقل ۹۰٪ جرم سازه در تحلیل مشارکت کند،
- ب- توزیع بار یکنواخت که عبارت است از توزیعی متناسب با جرم بدون توجه به ارتفاع هر طبقه.
- ۳-۶-۲ بارهای جانبی باید در محل جرمها در مدل اعمال گردند. در ساختمانهای دارای دیافراگمهای صلب این بارها می تواند در مرکز جرم کفها اعمال شود. تأثیر خروج از مرکزیت اتفاقی نیز باید اعمال گردد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

۲- نشریه ۳۶۰:

توزیع بار جانبی در مدل سازه باید تا حد امکان شبیه به آنچه که هنگام زلزله رخ خواهد داد، باشد و حالت‌های بحرانی تغییر شکل و نیروهای داخلی را در اعضا ایجاد نماید. توزیع بار جانبی باید متناسب با دو نوع توزیع زیر، به سازه اعمال شود.

۱- توزیع نوع اول: توزیع متناسب با شکل مود اول ارتعاش در جهت مورد نظر

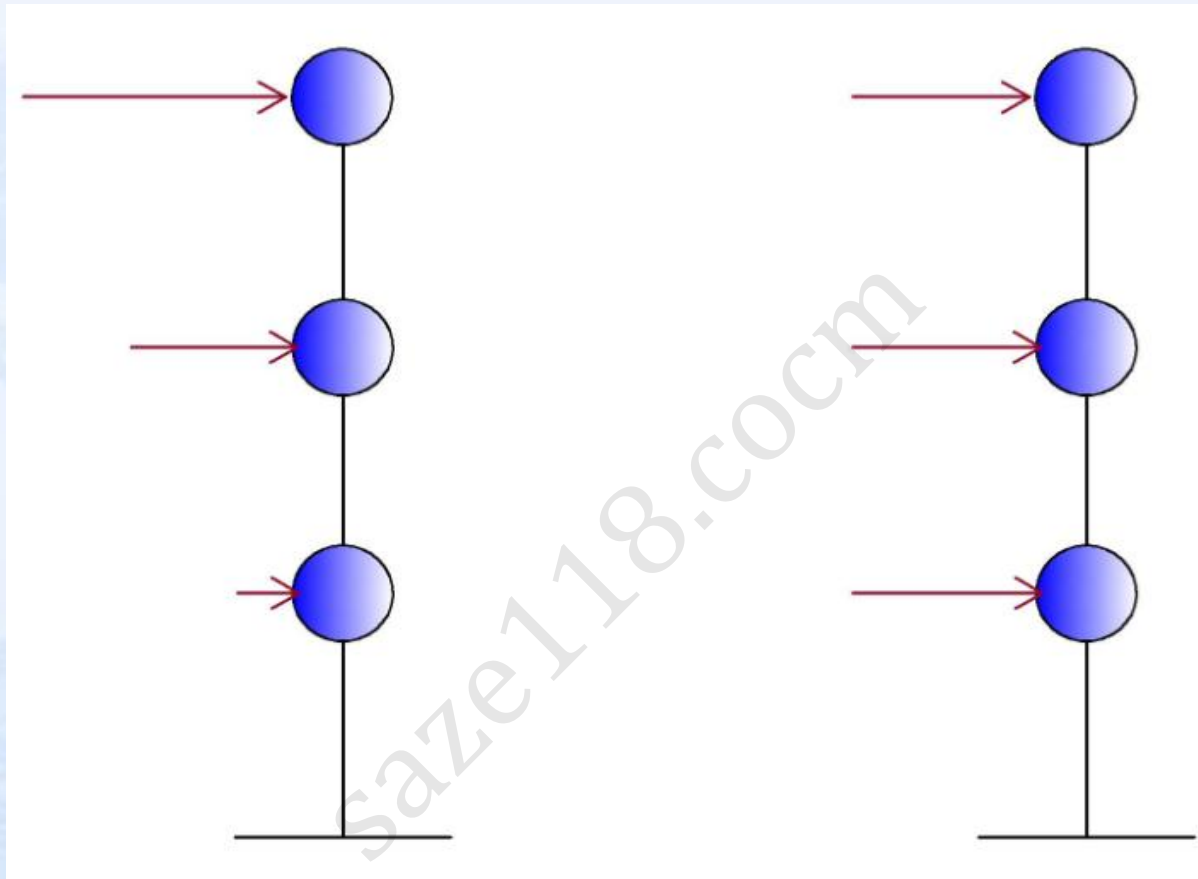
۲- توزیع نوع دوم: توزیع یکنواخت که در آن بار جانبی متناسب با وزن هر طبقه محاسبه می‌شود.

در صورتیکه ساختمان بر اساس یکی از ویرایش‌های استاندارد ۲۸۰۰ طراحی شده باشد، اعمال توزیع بار جانبی نوع دوم (توزیع یکنواخت) ضرورتی ندارد.

در هر دو آیین نامه، توزیع نوع اول الگوی بار مثلی بوده و توزیع نوع دوم الگوی بار یکنواخت می باشد و بر طبق تحقیقات FEMA440، الگوی بار مثلی بحرانی تر از الگوی بار یکنواخت می باشد.

به‌سازگومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

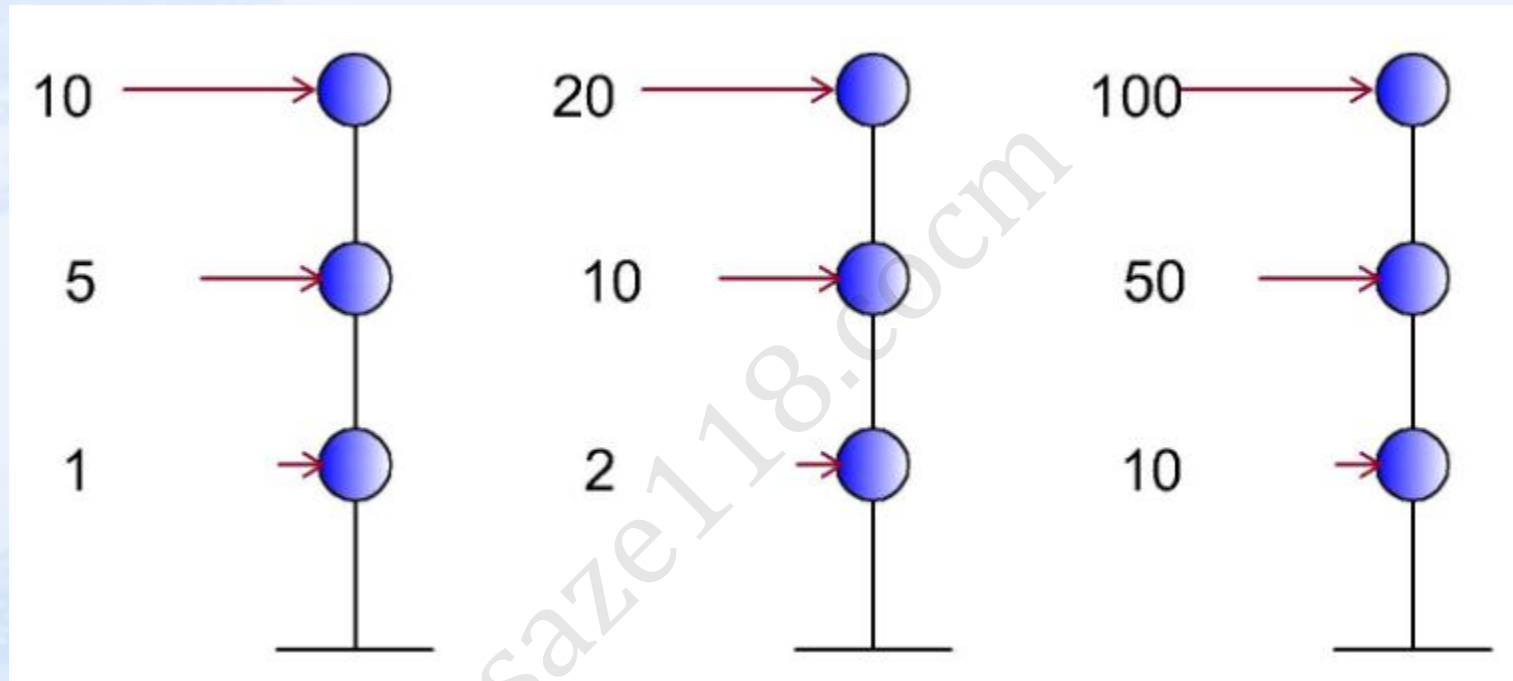
مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



شکل شماره ۱۱ - توزیع نوع اول (مثلی) و نوع دوم (یکنواخت)

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



شکل شماره ۱۲ - مفهوم الگوی بار

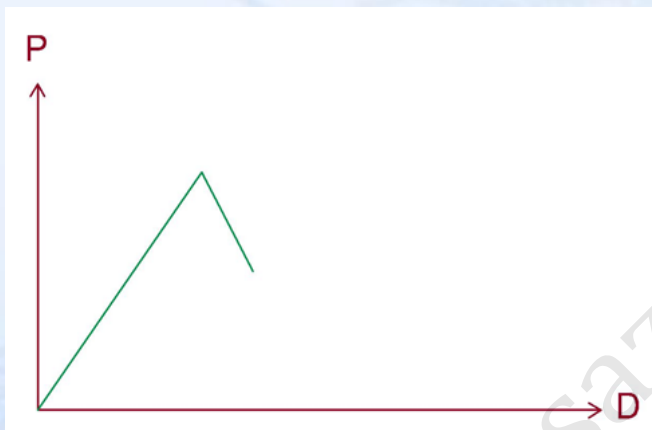
بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

انواع تلاش ها از لحاظ رفتاری

۱- تلاش های کنترل شونده توسط نیرو (FC)

تلاش هایی هستند که اگر در مقطعی از عضو به حد جاری شدن برسند ظرفیت باربری خود را از دست داده و دچار گسیختگی می شوند.



شکل شماره ۱۳- تلاش های کنترل شونده توسط نیرو

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

۲- تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل (DC)



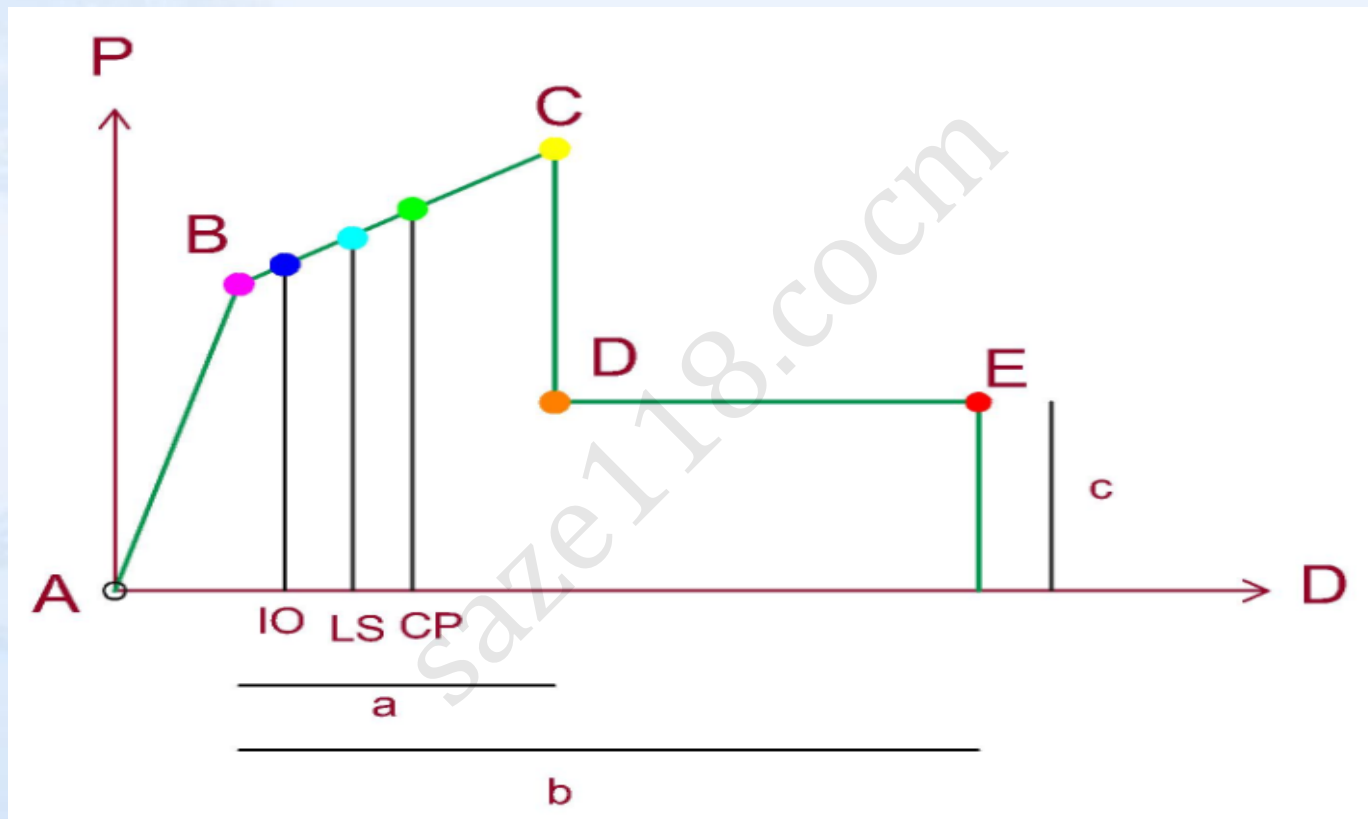
تلاش هایی هستند که اگر در مقطعی از عضو به حد جاری شدن برسند با حفظ مقاومت خود تغییر شکل پلاستیک زیادی می دهند.

شکل شماره ۱۴- تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

پارامترهای منحنی رفتاری تلاش های DC



شکل شماره ۱۵ - پارامترهای تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

جدول (۵-۳): پارامترهای مدل سازی و معیارهای پذیرش در روش های غیرخطی - اجزای سازه ی فولادی

جزء / تلاش								پارامترهای مدل سازی		معیارهای پذیرش			
								زاویه ی چرخش	نسبت تنش	زاویه ی چرخش خمیری، رادیان			
										کلیه ی اعضا			
										اعضای اصلی ^{۱۴}	اعضای غیر اصلی		
								a	b	c	IO	LS	CP
تیرها - در خمش ^{۱۵}													
الف: $\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.3 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$								$9\theta_y$	$11\theta_y$	۰/۶	θ_y	$6\theta_y$	$8\theta_y$
ب: $3.75 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{h}{t_w} \leq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$ یا $0.38 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}} \leq \frac{b_f}{2t_f} \leq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$								$4\theta_y$	$6\theta_y$	۰/۲	$0.25\theta_y$	$2\theta_y$	$3\theta_y$
پ: مقادیر $\frac{h}{t_w}$ یا $\frac{b_f}{2t_f}$ بین مقادیر داده شده در ردیف الف و ب								با استفاده از درون یابی خطی و کوچک ترین مقدار حاصل					
ت: $\frac{h}{t_w} \geq 5.7 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}, \frac{b_f}{2t_f} \geq 0.76 \sqrt{\frac{E}{F_{ye}}}$								رفتار نیرو کنترل					

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

معرفی مفاصل DC در نرم افزار

الف - روش AUTO :

در این روش، برنامه منحنی های رفتاری را به صورت خودکار تعریف می کند. اما انجام این کار نیازمند رعایت برخی شرایط به شرح زیر می باشد.

- ۱- آیین نامه موجود در نرم افزار با آیین نامه مورد نظر مطابقت داشته باشد
- ۲- استفاده از مقاطع مجاز (مثلا در تیرهای فولادی می بایست مقطع پروفیل I باشد. در ستونهای فولادی مقطع می بایست BOX یا I باشد)
- ۳- ضریب آگاهی برابر یک باشد
- ۴- منحنی رفتاری در برنامه موجود باشد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

ب- روش دستی:

کاربر منحنی های رفتاری را تعریف می کند

معرفی مفاصل FC در نرم افزار

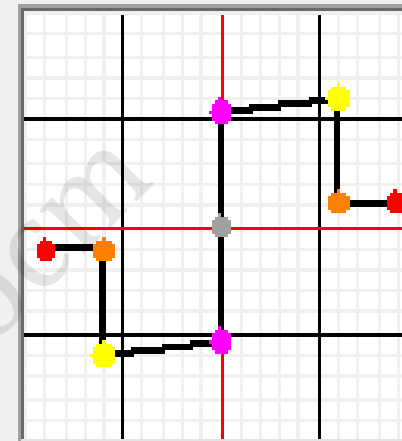
کاربر این مفاصل را تعریف می کند

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

پارامترهای منحنی رفتاری تلاش های DC در نرم افزار

Point	Moment/SF	Rotation/SF
E-	-0.2	-6
D-	-0.2	-4
C-	-1.12	-4
B-	-1	0
A	0	0
B	1	0
C	1.12	4
D	0.2	4
E	0.2	6



☒ Symmetric

Acceptance Criteria (Plastic Rotation/SF)

☐ Immediate Occupancy

Positive

0.25

Negative

☐ Life Safety

2

☐ Collapse Prevention

3

☐ Show Acceptance Criteria on Plot

شکل شماره ۱۶ - مدل سازی تلاش های کنترل شونده توسط تغییر شکل در نرم افزار

اختصاص مفاصل پلاستیک به المانهای سازه:

در این رابطه ابتدا باید اقدامات زیر را انجام دهیم:

- ۱- در هر المان چه نوع تلاش هایی داریم
 - ۲- این تلاش ها به صورت مفاصل FC عمل می کنند یا DC.
 - ۳- اگر تلاش ها به صورت DC عمل می کنند منحنی رفتای آن چیست.
- حال با رعایت موارد فوق مفاصل را به المانها اختصاص می دهیم.

تحلیل و بررسی نتایج:

پس از پوش کردن سازه به میزان σ_t ، رنگ مفاصل و ترتیب تشکیل مفاصل را چک می کنیم. در صورتیکه مفاصل در سطح عملکرد مورد نظر باشند تحلیل صحیح می باشد در غیر اینصورت المان مورد نظر را باید تقویت کرد.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

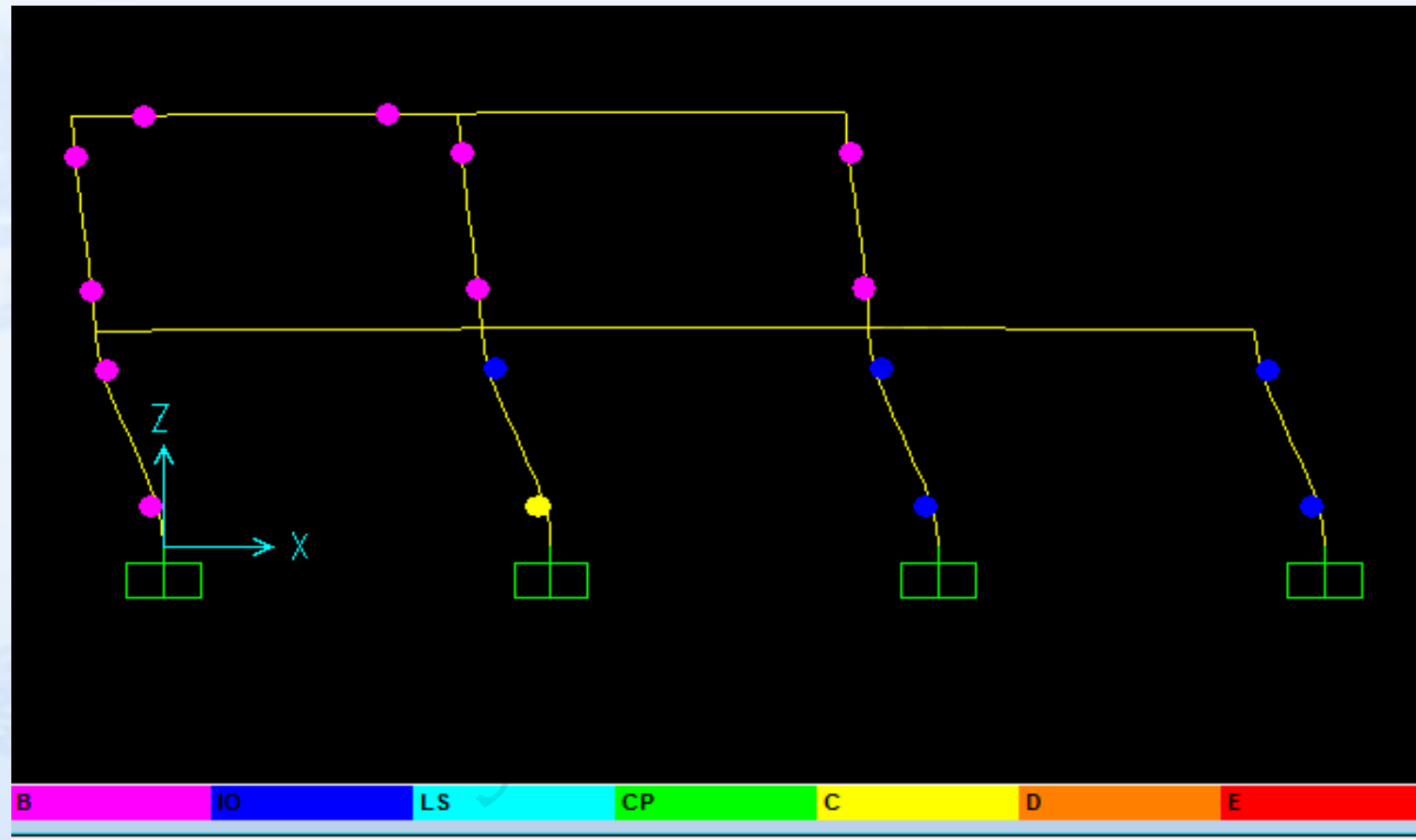
بررسی پوش یا عدم پوش سازه:

Saved Steps	Null Steps	Total Steps	Iteration this Step	Relative Unbalance	Curr Step Size	Curr Sum of Steps	Max Sum of Steps
(100	50	200	10/40	1.000000	0.100000	1.000000	1.000000)
10	1	28	Conv 1	2.20E-07	0.000340	1.000000	1.000000

Saved Steps	Null Steps	Total Steps	Iteration this Step	Relative Unbalance	Curr Step Size	Curr Sum of Steps	Max Sum of Steps
(100	50	200	10/40	1.000000	0.100000	1.000000	1.000000)
6	2	14	Conv 2	0.851876	0.000790	0.292430	0.292430

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



شکل شماره ۱۷- رنگ مفاصل بعد از تحلیل

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

نقاط ضعف تحلیل پوش آور

مهمترین نقاط ضعف تحلیل پوش آور به شرح ذیل می باشد:

۱- تحلیل استاتیکی بوده و تک مد می باشد.

۲- روند تحلیل پوش آور بصورت گام به گام بوده و به زمان بستگی ندارد به همین خاطر فاقد پاسخ های مربوط به زمان (سرعت و شتاب) می باشد.

۳- تحلیل پوش آور بصورت مونوتونیک می باشد (بارگذاری یک طرفه) به همین دلیل اثرات زوال سختی و مقاومت در آن دیده نمی شود.

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

بخش ششم تحلیل تاریخچه زمانی



رکورد شتاب زلزله

دستگاه شتاب نگار ، شتاب زلزله را ثبت می کند که این اطلاعات ثبت شده، شتاب نگاشت (رکورد شتاب) می گویند. رکوردها به دو دسته نزدیک گسل و دور از گسل تقسیم می شوند

اگر دستگاه فاصله دستگاه شتاب نگاشت از گسل کمتر از ۱۵ کیلومتر باشد نزدیک گسل گویند و اگر بیشتر از ۳۰ کیلومتر باشد دور از گسل می گویند.

مشخصه های رکورد زلزله

هر رکورد زلزله دارای دو مولفه افقی و یک مولفه قائم می باشد که ویژگی آنها به شرح زیر می باشد

- ۱- حداکثر شتاب
- ۲- مدت زمان موثر جنبش
- ۳- محتوای فرکانسی

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

ویژگی های رکورد نزدیک گسل:

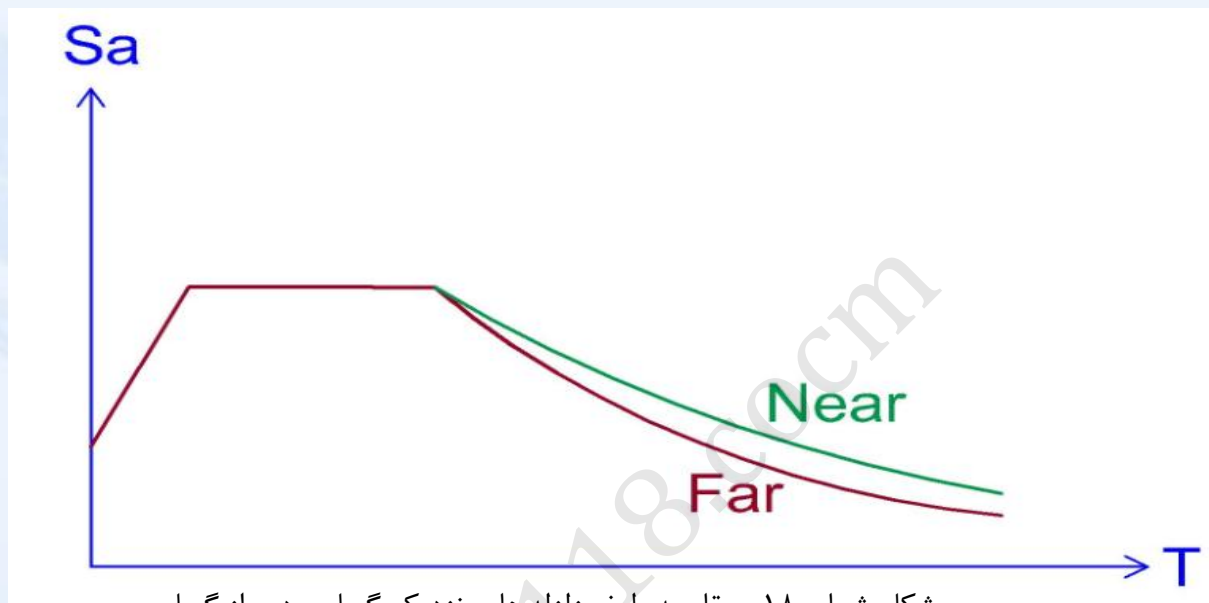
مولفه قائم بزرگی دارد حتی ممکن است از مولفه های افقی هم بزرگتر باشد.
مدت زمان موثر جنبش کمی دارد.
محتوای فرکانسی نزدیک به هم دارد.
در زمانهای تناوب بالا پالس دارند.

رکوردهای دور از گسل

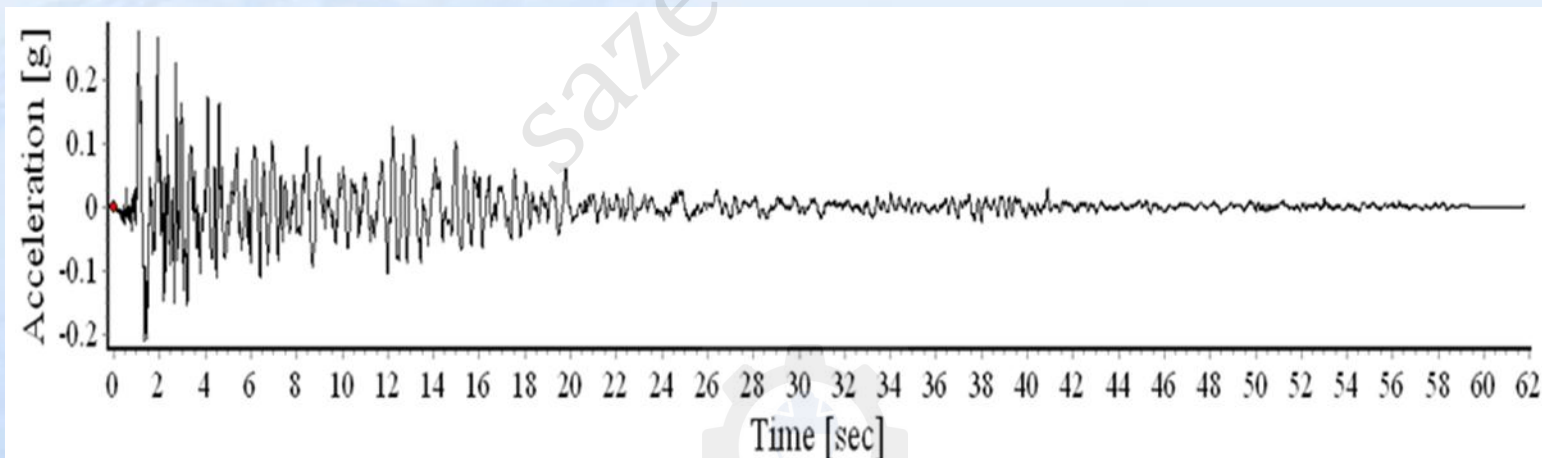
ویژگی رکوردهای دور از گسل برعکس نزدیک گسل هستند.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



شکل شماره ۱۸- مقایسه طیف زلزله های نزدیک گسل و دور از گسل



شکل شماره ۱۹- شتاب نگاشت زلزله

نحوه انتخاب رکورد شتاب زلزله

۲-۵-۳-۱ حرکت زمین در تعیین اثر زلزله بر ساختمان‌ها را می‌توان مستقیماً با منظور نمودن تغییرات شتاب با زمان در تحلیل دینامیکی سازه به‌دست آورد. استفاده از این روش در کلیه ساختمان‌ها مجاز است. شتاب‌نگاشت‌های مورد استفاده باید دارای خصوصیات مندرج در بندهای زیر باشند.

۲-۵-۳-۲ شتاب‌نگاشت‌هایی که در تعیین اثر حرکت زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند باید تا حد امکان نمایانگر حرکت واقعی زمین در محل احداث بنا، در هنگام زلزله، باشند. برای نیل به این هدف لازم است حداقل سه زوج شتاب‌نگاشت متعلق به مؤلفه‌های افقی سه زلزله مختلف ثبت‌شده که دارای ویژگی‌های زیر باشند انتخاب گردند:

به‌سازگومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه‌ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

الف- شتابنگاشت‌ها متعلق به زلزله‌هایی باشند که شرایط زلزله طرح را ارضا کنند و در آنها اثر: بزرگا، فاصله از گسل، سازوکار چشمه لرزه‌زا در نظر گرفته شده باشد.

ب- ساختگاه‌های شتابنگاشت‌ها باید به لحاظ ویژگی‌های زمین‌شناسی، تکتونیکی، لرزه‌شناسی و بخصوص مشخصات لایه‌های خاک با زمین محل ساختمان، تا حد امکان، مشابهت داشته باشند.

پ- مدت زمان حرکت شدید زمین در شتابنگاشت‌ها حداقل برابر با ۱۰ ثانیه یا سه برابر زمان تناوب اصلی سازه، هر کدام بیشتر است، باشد. مدت زمان حرکت شدید شتابنگاشت‌ها را می‌توان از روش‌های معتبر مانند روش توزیع تجمعی انرژی، تعیین کرد.

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

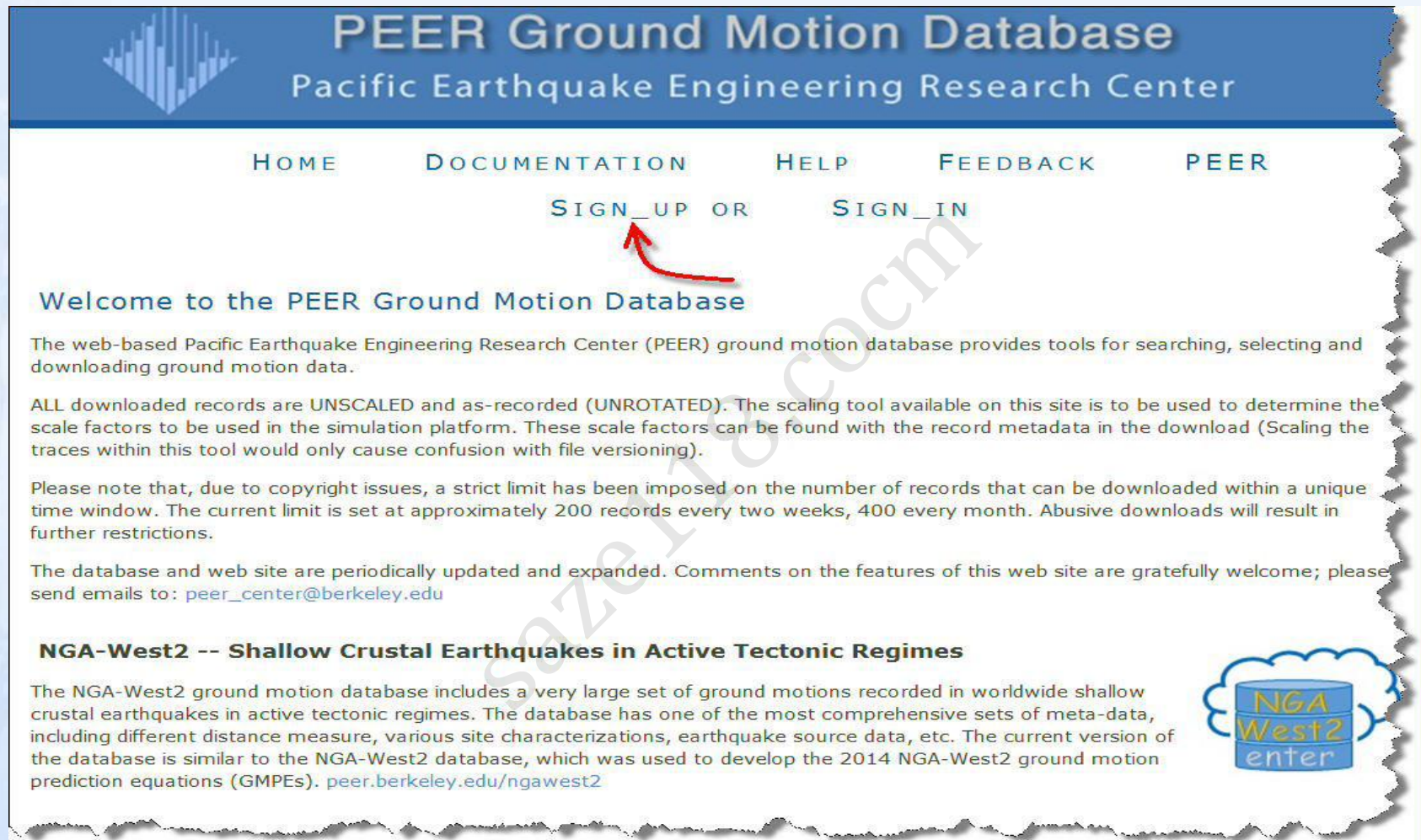
مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

در مواردی که تعداد مورد نیاز از زوج شتابنگاشت‌های مناسب ثبت‌شده در دسترس نباشد، می‌توان از زوج شتابنگاشت‌های شبیه‌سازی‌شده مناسب برای تکمیل تعداد آنها استفاده کرد.

هر زوج شتابنگاشت عنوان شده در آن بند هم‌زمان در دو جهت عمود بر یکدیگر، در امتدادهای اصلی سازه، به آن اثر داده می‌شوند و بازتاب‌های سازه به صورت تابعی از زمان تعیین می‌گردند. بازتاب نهایی سازه برابر با حداکثر بازتاب‌های به‌دست آمده از تحلیل با سه زوج شتابنگاشت مورد نظر می‌باشد.

در این روش تحلیل، می‌توان به‌جای سه زوج شتابنگاشت عنوان شده در بند (۲-۵-۳) هفت زوج شتابنگاشت با مشخصات عنوان شده در آن بند را به‌کار گرفت و مقدار متوسط بیشینه بازتاب‌های به‌دست آمده از آنها را بازتاب نهایی تلقی کرد.

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه‌ها



PEER Ground Motion Database
Pacific Earthquake Engineering Research Center

HOME DOCUMENTATION HELP FEEDBACK PEER

SIGN_UP OR SIGN_IN

Welcome to the PEER Ground Motion Database

The web-based Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) ground motion database provides tools for searching, selecting and downloading ground motion data.

ALL downloaded records are UNSCALED and as-recorded (UNROTATED). The scaling tool available on this site is to be used to determine the scale factors to be used in the simulation platform. These scale factors can be found with the record metadata in the download (Scaling the traces within this tool would only cause confusion with file versioning).

Please note that, due to copyright issues, a strict limit has been imposed on the number of records that can be downloaded within a unique time window. The current limit is set at approximately 200 records every two weeks, 400 every month. Abusive downloads will result in further restrictions.

The database and web site are periodically updated and expanded. Comments on the features of this web site are gratefully welcome; please send emails to: peer_center@berkeley.edu

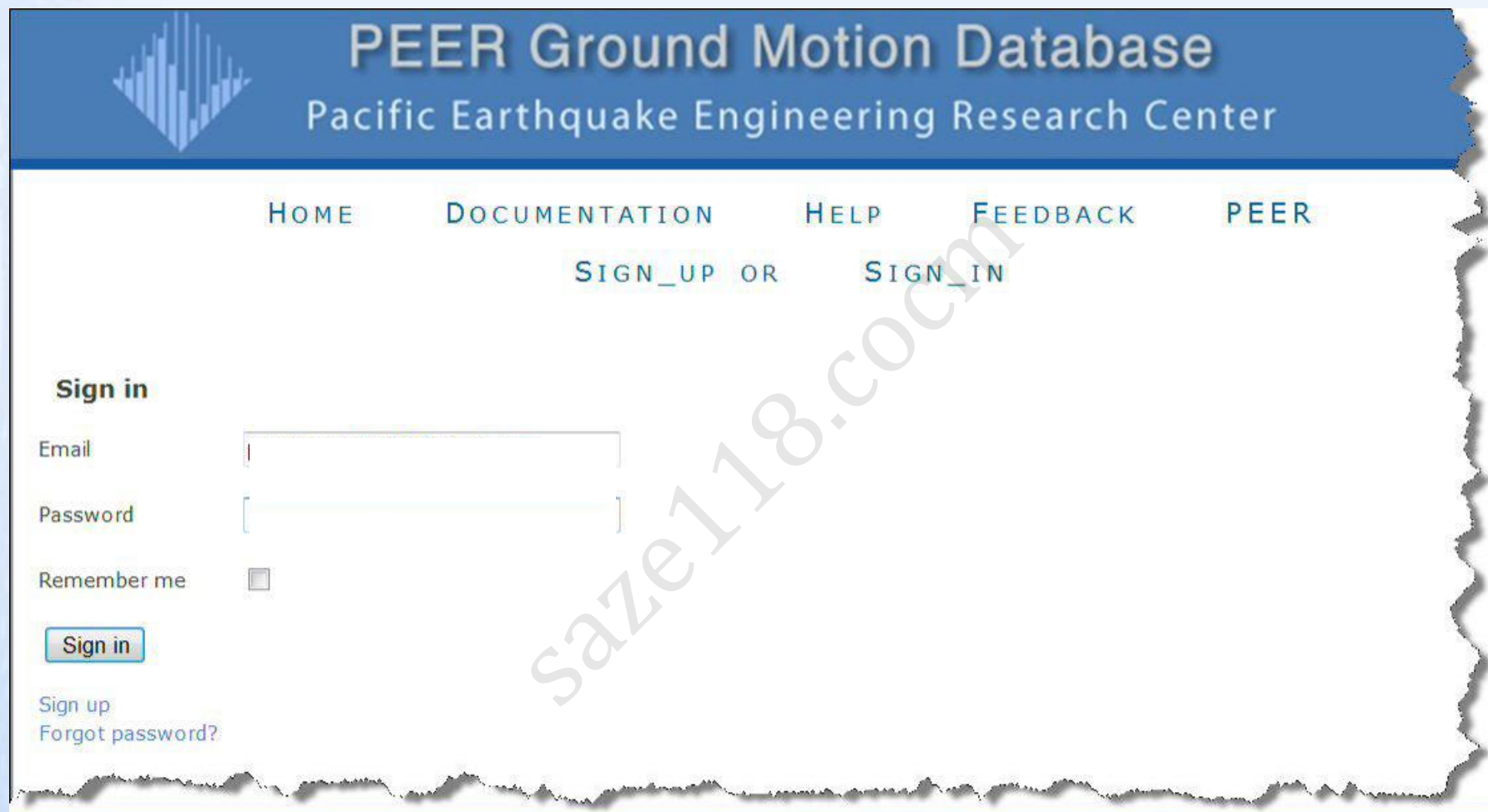
NGA-West2 -- Shallow Crustal Earthquakes in Active Tectonic Regimes

The NGA-West2 ground motion database includes a very large set of ground motions recorded in worldwide shallow crustal earthquakes in active tectonic regimes. The database has one of the most comprehensive sets of meta-data, including different distance measure, various site characterizations, earthquake source data, etc. The current version of the database is similar to the NGA-West2 database, which was used to develop the 2014 NGA-West2 ground motion prediction equations (GMPEs). peer.berkeley.edu/ngawest2



بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

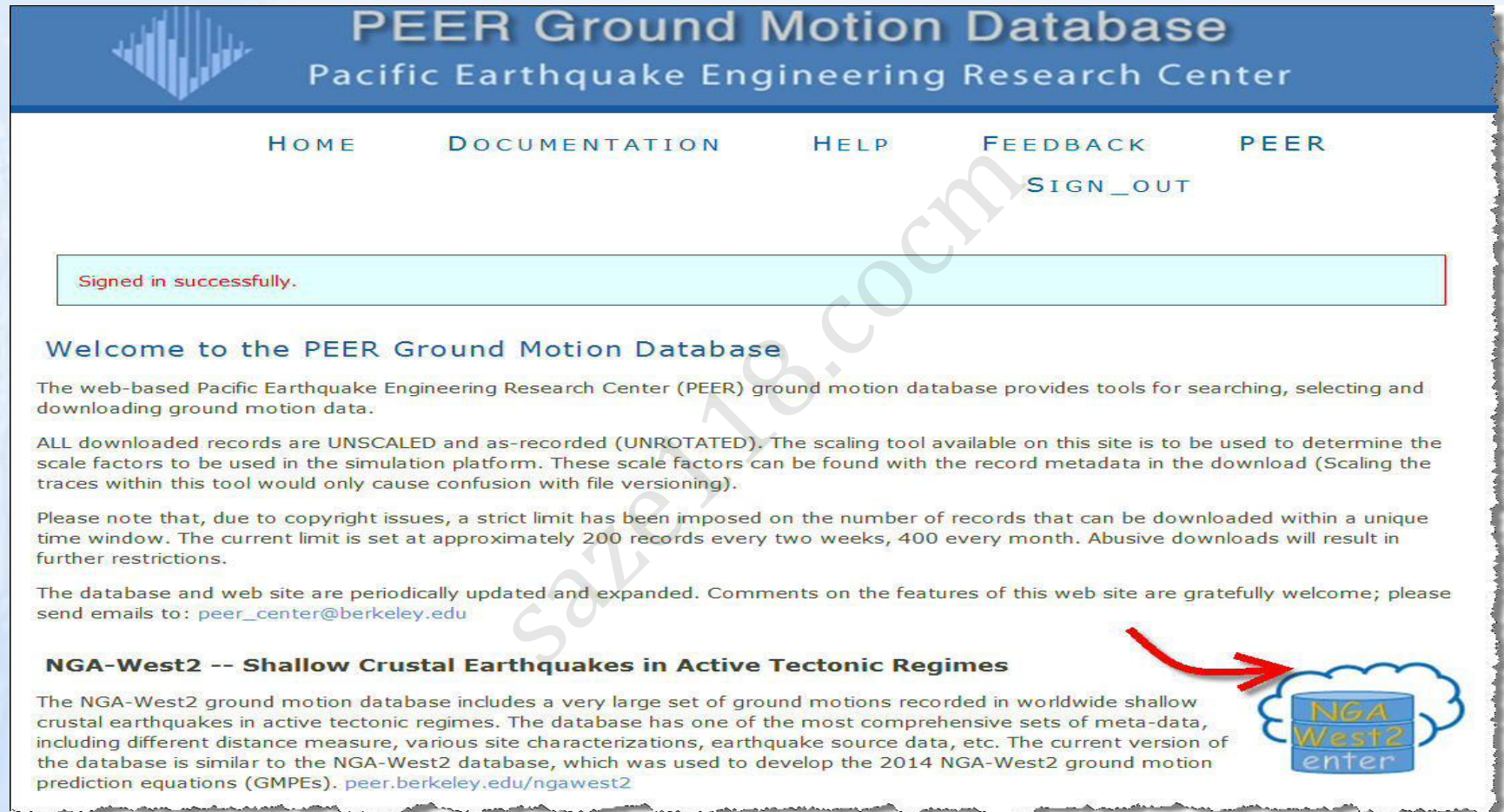
مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



The screenshot shows the PEER Ground Motion Database website. The header features a blue banner with the text "PEER Ground Motion Database" and "Pacific Earthquake Engineering Research Center". Below the banner is a navigation menu with links: HOME, DOCUMENTATION, HELP, FEEDBACK, and PEER. A secondary navigation bar contains "SIGN_UP" OR "SIGN_IN". The main content area is titled "Sign in" and includes a form with fields for "Email" and "Password", a "Remember me" checkbox, and a "Sign in" button. Below the form are links for "Sign up" and "Forgot password?". A large, diagonal watermark "saze118.com" is overlaid on the page.

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷



PEER Ground Motion Database
Pacific Earthquake Engineering Research Center

HOME DOCUMENTATION HELP FEEDBACK PEER SIGN_OUT

Signed in successfully.

Welcome to the PEER Ground Motion Database

The web-based Pacific Earthquake Engineering Research Center (PEER) ground motion database provides tools for searching, selecting and downloading ground motion data.

ALL downloaded records are UNSCALED and as-recorded (UNROTATED). The scaling tool available on this site is to be used to determine the scale factors to be used in the simulation platform. These scale factors can be found with the record metadata in the download (Scaling the traces within this tool would only cause confusion with file versioning).

Please note that, due to copyright issues, a strict limit has been imposed on the number of records that can be downloaded within a unique time window. The current limit is set at approximately 200 records every two weeks, 400 every month. Abusive downloads will result in further restrictions.

The database and web site are periodically updated and expanded. Comments on the features of this web site are gratefully welcome; please send emails to: peer_center@berkeley.edu

NGA-West2 -- Shallow Crustal Earthquakes in Active Tectonic Regimes

The NGA-West2 ground motion database includes a very large set of ground motions recorded in worldwide shallow crustal earthquakes in active tectonic regimes. The database has one of the most comprehensive sets of meta-data, including different distance measure, various site characterizations, earthquake source data, etc. The current version of the database is similar to the NGA-West2 database, which was used to develop the 2014 NGA-West2 ground motion prediction equations (GMPes). peer.berkeley.edu/ngawest2



بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

PEER Ground Motion Database **NGA-West2**
Pacific Earthquake Engineering Research Center

HOME DOCUMENTATION HELP FEEDBACK PEER

DAYMAN CIVIL 2012@GMAIL.COM SIGN_OUT

Target Spectrum

Select Spectrum Model

Select models to generate target spectrum

No Scaling

[Show/Hide GMPE Notation](#)
[Show/Hide GMPE Regions](#)
[Show/Hide GMPE Figures](#)

Submit

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

Search

These characteristics are defined in the NGA-West2 Flatfile.
You need to re-run Search when any of these parameters are updated.

Record Characteristics:

RSN(s) : *RSN1,..RSNn*
 Event Name :
 Station Name :

Search Parameters:

Fault Type : ▼
 Magnitude : *min,max*
 R_JB(km) : *min,max*
 R_rup(km) : *min,max*
 Vs30(m/s) : *min,max*
 D5-95(sec) : *min,max*

Controls**Search Records**

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

Results -- Metadata

Click heading of the column to be sorted in ascending order

☐ Rescale Using Checked Records

	Result ID	Spectral Ordinate	Record Seq. #	MSE	Scale Factor	Tp(s)	D5-75 (s)	D5-95 (s)	Arias Intensity (m/s)	Event	Year	S
☐ view	1	SRSS	137	-	1.0	-	21.3	25.9	0.1	Tabas, Iran	1978	Bajestan
☐ view	2	SRSS	138	-	1.0	-	14.6	19.5	0.3	Tabas, Iran	1978	Boshroo
☐ view	3	SRSS	139	-	1.0	-	6.7	11.3	1.4	Tabas, Iran	1978	Dayhook
☐ view	4	SRSS	140	-	1.0	-	20.5	24.2	0.2	Tabas, Iran	1978	Ferdows
☐ view	5	SRSS	141	-	1.0	-	16.8	26.4	0.1	Tabas, Iran	1978	Kashmar
☐ view	6	SRSS	142	-	1.0	-	22.7	30.1	0.0	Tabas, Iran	1978	Sedeh
☐ view	7	SRSS	143	-	1.0	6.188	8.3	16.5	11.8	Tabas, Iran	1978	Tabas

Download Options

[Download Search Results \(metadata+spectra\)](#) [Download Time Series Records \(metadata+spectra+traces\)](#)

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

```

PEER STRONG MOTION DATABASE RECORD. PROCESSING BY CDMG.
CAPE MENDOCINO 04/25/92 1806, PETROLIA, 000 (CDMG STATION 89156)
ACCELERATION TIME HISTORY IN UNITS OF G. FILTER POINTS: HP=0.07 Hz LP=23.0 Hz
NPTS= 1800, DT= .02000 SEC
-.3796879E-03 .4255504E-02 .4052873E-02 .8586178E-03 .3707899E-02
.8218798E-02 .4969572E-02 -.5254377E-02 .1444530E-02 .1197273E-02
.3349923E-03 .2318547E-02 -.2217702E-02 .1109265E-02 .7489674E-03
-.2087855E-02 -.9857360E-02 -.6751592E-02 .9615523E-03 -.4992248E-02
-.2765613E-02 .3343176E-02 -.4722938E-02 -.1023698E-01 -.9769704E-02
-.5582454E-02 .5250130E-02 .1932289E-02 -.1694868E-01 .1791521E-01
.2591233E-01 -.3946791E-02 -.1763601E-02 -.2027356E-02 .1215683E-02
-.8399364E-02 -.7767457E-02 -.4120397E-02 -.9379942E-02 -.1476899E-01
    
```

```

PEER STRONG MOTION DATABASE RECORD. PROCESSING BY CDMG.
CAPE MENDOCINO 04/25/92 1806, PETROLIA, 090 (CDMG STATION 89156)
ACCELERATION TIME HISTORY IN UNITS OF G. FILTER POINTS: HP=0.07 Hz LP=23.0 Hz
NPTS= 1800, DT= .02000 SEC
-.4566181E-02 -.5297181E-02 .6865128E-03 .1615122E-02 -.3420173E-02
-.1212414E-02 .5975804E-03 .2464729E-02 .1125033E-02 .3836811E-02
-.8749357E-03 .1699212E-02 .8668573E-02 .1287589E-02 -.4524601E-02
-.7530737E-02 -.7134118E-02 -.4859646E-02 -.1175596E-01 -.1311058E-01
    
```

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

مقیاس کردن رکورد زلزله

۲-۵-۳ زوج شتابنگاشت‌های انتخاب‌شده برای تحلیل سه بعدی سازه‌ها باید به روش زیر به مقیاس درآورده شوند:

الف- هر زوج شتابنگاشت به مقدار حداکثر خود مقیاس شوند. بدین معنی که حداکثر شتاب در مؤلفه‌ای که دارای بیشینه بزرگ‌تری است، برابر با شتاب ثقل g گردد.

ب- طیف پاسخ شتاب هر یک از زوج شتابنگاشت‌های مقیاس‌شده با منظور کردن نسبت میرائی ۵ درصد تعیین گردد.

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه‌ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

پ- طیف‌های پاسخ هر زوج شتاب‌نگاشت با استفاده از روش جذر مجموع مربعات با یکدیگر ترکیب شده و یک طیف ترکیبی واحد برای هر زوج ساخته شود.

روش $srss$ ←

$$S_a = \sqrt{S_{a1}^2 + S_{a2}^2}$$

ت- هر زوج شتاب‌نگاشت چنان مقیاس شود که برای هر پریود در محدوده $0.2T$ الی $1.5T$ ، مقدار متوسط طیف جذر مجموع مربعات مربوط به تمام زوج مؤلفه‌ها، بیش از ده درصد از $1/3$ برابر مقدار متناظر طیف طرح استاندارد کمتر نشود. T زمان تناوب اصلی ساختمان بر طبق بند (۳-۳-۳) است.

$$SF > (0.9 * 1.3 * \text{استاندارد} / \text{طیف جذر مجموع مربعات})$$

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره‌های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل‌های خطی و غیرخطی، به‌سازی و مقاوم‌سازی لرزه‌ای سازه‌ها

$$S_a = \sqrt{S_{a1}^2 + (0.85S_{a1})^2} = 1.3S_{a1}$$

ث- ضریب مقیاس تعیین شده باید در شتابنگاشت‌های مقیاس شده در بند (الف) ضرب شود و در تحلیل دینامیکی مورد استفاده قرار گیرد.

در مواردی که تحلیل سازه به صورت دوبعدی انجام می‌شود، طیف مؤلفه بزرگ‌تر شتابنگاشت باید با طیف استاندارد مقایسه گردد.

به‌سازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

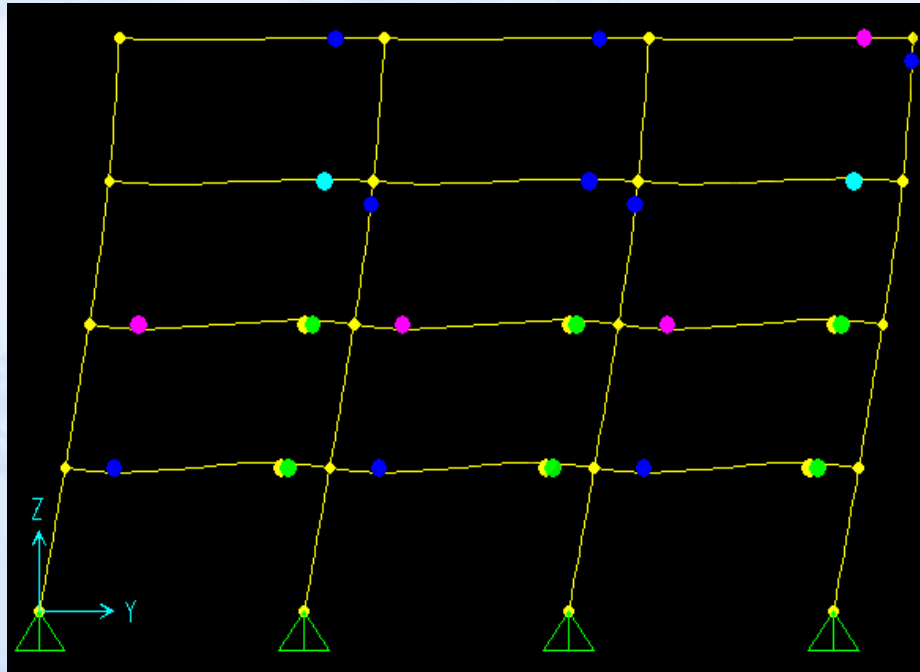
مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

تعریف رکوردهای زلزله در سازه و تحلیل آن

قبل از تحلیل می بایست مفاصل پلاستیک به سازه اختصاص داده شود.

در هر حالت بار می بایست مولفه های افقی (برای زلزله دور از گسل) و مولفه های افقی و قائم (برای زلزله نزدیک گسل) تعریف شوند.

در نهایت سازه تحلیل می شود.



شکل شماره ۲۰- رنگ مفاصل بعد از تحلیل

بهسازی کومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مقایسه روش پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی:

جدول شماره ۱- مقایسه تحلیل پوش آور و تحلیل تاریخچه زمانی

ردیف	موضوع	تحلیل پوش آور	تحلیل تاریخچه زمانی
۱	خروجی های تحلیل	تمام خروجی های مورد نیاز به غیر از خروجی های وابسته به زمان مثل سرعت و شتاب	تمام خروجی های مورد نیاز
۲	زمان تحلیل	کم	زیاد
۳	دقت تحلیل	خوب	خیلی خوب
۴	حجم تحلیل	کم	زیاد
۵	بررسی نتایج تحلیل	آسان	مشکل (بدلیل پراکندگی پاسخ)

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷

سپاس از توجه شما

بهسازکومه، برگزارکننده دوره های تخصصی مهندسی زلزله، تحلیل های خطی و غیرخطی، بهسازی و مقاوم سازی لرزه ای سازه ها

مرتضی عسکری زیارتی ۰۹۱۱۲۷۱۹۳۵۷