

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بسمه تعالی



دانشکده مهندسی عمران

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته

مهندسی عمران - گرایش سازه

عنوان :

تحلیل قابها با رفتار غیر خطی مادی و هندسی و کاربرد

شبکه های عصبی جهت پیش بینی بار های انهدام

اساتید راهنما :

دکتر علی کاوه

دکتر محمد علی برخوردار

دانشجو :

یوسف اسکندری

زمستان ۱۳۸۴

چکیده

حداکثر باری که یک قاب می تواند تحمل کند بدون اینکه تنش در هیچ نقطه از قاب قبل از کمانش از حد خمیری تجاوز کند برابر با باربری خطی قاب است. اگر قبل از اینکه کمانش اتفاق بیافتد تنش در اعضا از حد خمیری بگذرد قاب زیر باری کوچکتر از بار بحرانی ارتجاعی فروخواهد ریخت. بار نهایی یک قاب هرگز نمی تواند از بار کمانش ارتجاعی خطی و یا از بار مکانیزم پلاستیک ساده آن تجاوز کند. اگر تنها عامل گسیختگی عدم پایداری باشد، خرابی در بار بحرانی کمانش ارتجاعی اتفاق می افتد. از طرف دیگر اگر انهدام قاب تنها به علت خمیری شدن اعضا باشد، به محض تشکیل مکانیزم پلاستیک سیستم ناپایدار خواهد شد.

در حقیقت هم عامل پایداری و هم رفتار خمیری بر عملکرد سازه تاثیرگذار هستند و فروریزش قاب به علت عمل فیما بین این دو عامل اتفاق می افتد. به این صورت که افزایش بار ثقلی باعث کاهش سختی جانبی قاب شده و تنش های اضافی ناشی از جابجایی بار ثقلی باعث فروریزش قاب تحت باری کمتر از بار مکانیزم پلاستیک ساده می شود. هورن و مرچنت برای تخمین این بار یک رابطه تجربی پیشنهاد کرده اند. این رابطه به فرمول رانکین معروف است و می تواند برای پیش بینی بار خرابی مورد استفاده قرار گیرد. نتایج حاصل از این فرمول از دقت بالایی برخوردار نیستند و برطبق تحلیل دقیق مدل های مورد بررسی در این پایان نامه در موارد بسیاری پاسخ های غیر ایمنی از این رابطه بدست می آید. هدف این پایان نامه بدست آوردن روشی ساده و دقیقتر برای بدست آوردن ضریب بار نهایی به کمک شبکه های عصبی مصنوعی است. در این راستا قاب هایی با شرایط مختلف مورد تحلیل دقیق کامپیوتری قرار گرفته و از نتایج حاصل در جهت آموزش و آزمایش شبکه های عصبی انتشار برگشتی و پایه شعاعی با ساختار های مختلف استفاده شده است. در ادامه ساختارهای مختلف مورد مقایسه قرار گرفته و بهترین ساختار برای پیش بینی بار انهدام و همچنین به عنوان یک فعالیت فرعی برای پیش بینی وزن اسکلت های طراحی شده معرفی شده است و نهایتاً نشان داده شده است که این شبکه ها نسبت به روش های قبلی پاسخ های قابل قبول تری را ارائه می دهند.

تشکر و قدردانی

با سپاس از الطاف بیکران خداوند متعال، بدینوسیله کمال قدردانی و سپاسگزاری خود را نسبت به اساتید ارجمند آقایان دکتر علی کاوه و دکتر محمد علی برخوردار که صبورانه خطاها را گوشزد کرده و به روند فعالیتها سرعت بخشیدند ابراز می نمایم. و همچنین از اعضای هیات داوری، آقایان دکتر محسنعلی شایانفر و دکتر همایون استکانچی بخاطر حضورشان در جلسه دفاعیه متشکرم. در خاتمه بر خود لازم میدانم از همه عزیزانی که به هر نحوی در به ثمر رسیدن این پروژه نقشی داشته اند ، تشکر و قدردانی نمایم.

امیدوارم این پایان نامه مورد توجه کلیه علاقمندان قرار گیرد.

زمستان ۱۳۸۴

فهرست عناوین :

فصل اول : تحلیل پلاستیک ساده قابها	۱
۱-۱ مقدمه	۲
۲-۱ حل پلاستیک ساده قاب	۳
۳-۱ حل کامپیوتری الاستیک - پلاستیک	۶
۴-۱ برنامه نویسی روش تحلیل الاستیک - پلاستیک	۱۰
فصل دوم : کمانش ارتجاعی قابها	۱۲
۱-۲ مقدمه	۱۳
۲-۲ روش تعادل خنثی	۱۳
۳-۲ روش شیب افت	۱۴
۴-۲ تحلیل پایداری یک قاب به روش ماتریسی	۱۴
۵-۲ بار کمانش غیر ارتجاعی	۲۰
فصل سوم : تغییر شکل و پایداری قاب	۲۲
۱-۳ رفتار یک ستون دو سر مفصل	۲۳
۲-۳ رفتار پلاستیک صلب قاب ها با توجه به تغییر هندسه قاب	۲۹
۳-۳ رفتار الاستیک - پلاستیک قاب ها با توجه به تغییرات هندسی	۳۴
۴-۳ تخمین تجربی بارهای انهدام - روش منحنی مکانیزم	۳۹
۵-۳ تخمین تقریبی بار انهدام روش رانکین - مرچنت	۴۵

فصل چهارم : غیر خطی هندسی در نرم افزار SAP 2000 ۵۰

۱-۴ چکیده ۵۱

۲-۴ انواع تحلیل غیر خطی هندسی ۵۴

۳-۴ اثر P- Δ ۵۵

۱-۳-۴ نیرو های P- Δ در المان قاب ۵۹

۲-۳-۴ نیرو های P- Δ در المان Link ۶۳

۴-۴ تحلیل P- Δ ابتدایی ۶۴

۱-۴-۴ سازه های ساختمانی ۶۶

۵-۴ جابجایی های بزرگ ۶۷

۱-۵-۴ کاربرد ها ۶۸

۲-۵-۴ تحلیل جابجایی های بزرگ مقدماتی ۶۹

فصل پنجم : تحلیل غیر خطی استاتیکی در نرم افزار SAP 2000 ۷۰

۱-۵ چکیده ۷۲

۲-۵ انواع حالات غیر خطی ۷۳

۳-۵ ملا حظات مهم ۷۴

۴-۵ بار گذاری ۷۵

۵-۵ کنترل اعمال بار ۷۶

۱-۵-۵ کنترل بار ۷۶

۷۶.....	کنترل جابجایی	۲-۵-۵
۷۸.....	شرایط اولیه	۶-۵
۸۰.....	گام های خروجی	۷-۵
۸۱.....	ذخیره سازی گام های متعدد	۱-۷-۵
۸۴.....	کنترل حل غیر خطی	۸-۵
۸۴.....	حد اکثر تعداد کل گام ها	۱-۸-۵
۸۵.....	حداکثر گام های تهی (صفر)	۲-۸-۵
۸۵.....	حداکثر تکرار در هر گام	۳-۸-۵
۸۶.....	خطای همگرایی تکرار	۴-۸-۵
۸۶.....	حد خطای تشخیص رویداد	۵-۸-۵
۸۷.....	روش بار برداری مفاصل	۹-۵
۸۷.....	بار برداری کل سازه	۱-۹-۵
۸۹.....	بکار گیری باز پخش موضعی	۲-۹-۵
۹۰.....	شروع مجدد با استفاده از سختی سکانت	۳-۹-۵
۹۰.....	تحلیل تحت بار افزایش یافته استاتیکی	۱۰-۵
۹۴.....	فصل ششم : شبکه های عصبی مصنوعی	
۹۵.....	مقدمه	۱-۶
۹۹.....	شبکه های عصبی بیولوژیکی	۲-۶

۱۰۲.....	ساختار شبکه های عصبی مصنوعی	۳-۶
۱۰۳.....	شبکه های تک لایه	۱-۳-۶
۱۰۴.....	شبکه های چند لایه	۲-۳-۶
۱۰۴.....	لایه رقابتی	۳-۳-۶
۱۰۵.....	مقادیر وزن ها قبل از آموزش	۴-۳-۶
۱۰۷.....	آموزش با معلم	۵-۳-۶
۱۰۸.....	آموزش بدون معلم	۶-۳-۶
۱۰۹.....	توابع تحریک مورد استفاده در شبکه های عصبی	۷-۳-۶
۱۱۳.....	بایاس و آستانه تحریک	۸-۳-۶
۱۱۴.....	تاریخچه شبکه های عصبی و روند توسعه آنها	۴-۶
۱۱۶.....	فصل هفتم : شبکه های عصبی انتشار برگشتی	
۱۱۷.....	مقدمه	۱-۷
۱۱۸.....	نرون مصنوعی	۲-۷
۱۲۰.....	ساختار شبکه	۳-۷
۱۲۱.....	الگوریتم شبکه	۴-۷
۱۲۴.....	تابع تحریک	۵-۷
۱۲۴.....	الگوریتم آموزش شبکه	۶-۷
۱۲۸.....	مبنای ریاضی شبکه انتشار برگشتی	۷-۷

- ۸-۷ تهیه اطلاعات ورودی برای آموزش شبکه ۱۳۱
- ۱-۸-۷ آموزش شبکه ۱۳۲
- فصل هشتم : مدل سازی ، آموزش شبکه های عصبی و نتایج ۱۳۴
- ۱-۸ اطلاعات ورودی و خروجی برای آموزش شبکه های عصبی ۱۳۵
- ۱-۱-۸ مدل سازی ۱۳۵
- ۲-۱-۸ تحلیل مدل های ساخته شده ۱۳۶
- ۳-۱-۸ یک نمونه از قابهای مدل شده ۱۳۷
- ۱-۳-۱-۸ تحلیل کمانش ارتجاعی خطی ۱۳۸
- ۲-۳-۱-۸ تحلیل پلاستیک بدون اثرات جابجایی بار ثقلی ۱۳۹
- ۳-۳-۱-۸ تحلیل پلاستیک با اثرات جابجایی بار ثقلی ۱۴۱
- ۲-۸ نرم افزار مورد استفاده برای آموزش شبکه ها ۱۴۳
- ۳-۸ آماده سازی اطلاعات ورودی و خروجی ۱۴۴
- ۴-۸ شبکه های عصبی برای پیش بینی وزن قاب ۱۴۴
- ۱-۴-۸ مشخصات کلی در نظر گرفته شده برای این نوع شبکه ها ۱۴۵
- ۲-۴-۸ نتیجه گیری ۱۴۷
- ۳-۴-۸ شبکه طراحی شده Ngd1 ۱۵۰
- ۴-۴-۸ شبکه طراحی شده Rad2 ۱۵۳
- ۵-۸ شبکه های عصبی برای پیش بینی ضریب بار نهایی قاب ۱۵۶

۱-۵-۸ مشخصات کلی در نظر گرفته شده برای این نوع شبکه ها ۱۵۷

۲-۵-۸ نتیجه گیری ۱۶۷

۳-۵-۸ مشخصات شبکه هاجهت پیش بینی ضریب بار نهایی ۱۶۹

۴-۵-۸ شبکه طراحی شده AL-NET1 ۱۷۰

۵-۵-۸ شبکه طراحی شده AS-NET1 ۱۷۲

۶-۵-۸ شبکه طراحی شده LR-NET1 ۱۷۴

۷-۵-۸ شبکه طراحی شده AL-NETR1 ۱۷۶

۸-۵-۸ شبکه طراحی شده NR1 ۱۷۹

۹-۵-۸ شبکه طراحی شده N1 ۱۸۱

۶-۸ جداول مربوط به مشخصات مدلها ، نتایج تحلیل دقیق و شبکه ها .. ۱۸۳

پیشنهادات ۲۰۵

مراجع ۲۰۶

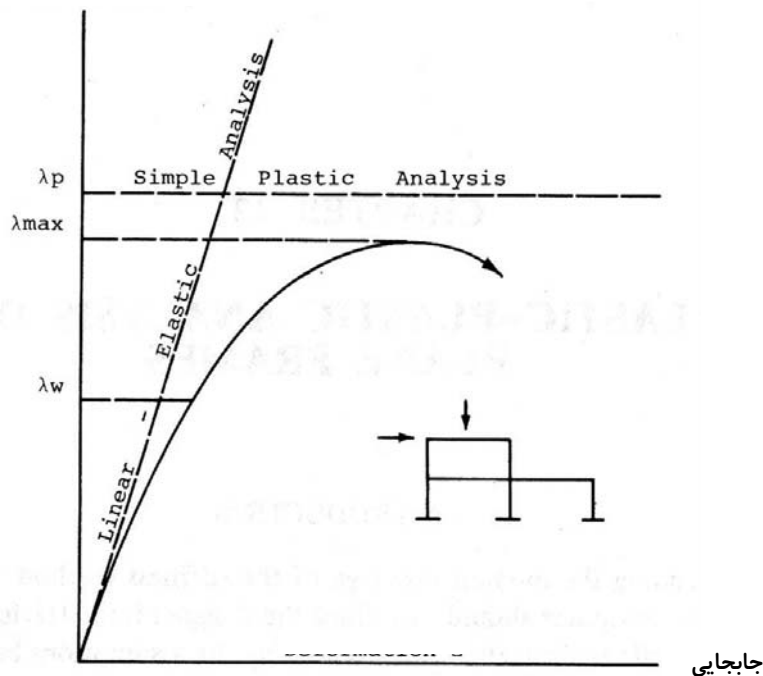
فصل اول

تحليل پلاستیک ساده قابها

۱-۱ مقدمه

تحلیل پلاستیک ساده عبارت است از بدست آوردن بار انهدام از طریق ترکیب معادلات تعادل با مکانیزم انهدام فرضی که در طول پروسه معرفی می شود. در حالت کلی یک روند سعی و خطا برقرار است. بار انهدام یک قاب تنها بادر نظر گرفتن مکانیزم صحیح بدست می آید. در این نوع تحلیل ظرفیت باربری سازه با فرض کردن رفتار پلاستیک صلب مفاصل و بدون در نظر گرفتن اثرات جابجایی بارهای ثقیلی و ناپایداری ناشی از آن بدست می آید. بنابر این ضریب بار بدست آمده از این نوع تحلیل همواره اندکی بیشتر از واقعیت است.

ضریب بار



شکل ۱-۱ مقایسه نتایج ناشی از انواع تحلیل

حذف نیاز به تحلیل الاستیک در تحلیل قاب معمولاً به عنوان یکی از مزایای تحلیل پلاستیک مطرح می شود. اما در زمان طراحی برای فولاد مقاومت بالا به دلیل مهم بودن تغییر شکل سازه

تحت بار عادی ممکن است طراح هر دو نوع تحلیل الاستیک و پلاستیک را انجام دهد . اولی برای بررسی شرایط سازه تحت بار بهره برداری و دومی برای برآورد باربری نهایی قاب . کامپیوتر می تواند یک مود خرابی خاص را مورد تحلیل قرار دهد و می توان برای سازه های خاص ، نرم افزار های خاصی نوشت .

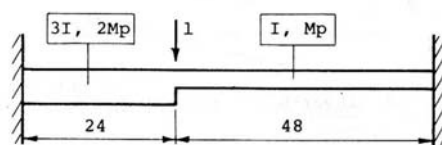
اگر چه تئوری پلاستیک ساده محدودیت های خاص خود را دارد ، ضریب بار انهدام پلاستیک بدست آمده از این تئوری همچنان یک پارامتر مهم در ظرفیت باربری قاب است . برای اکثر سازه ها روش های دستی برای محاسبه ضریب بار مکانیزم پلاستیک خسته کننده و وقت گیر و برای حل سریع نیازمند حدس سریعتر مکانیزم اصلی خرابی هستند . روش های مختلفی برای حل دستی قاب ها و بدست آوردن مقدار ضریب بار انهدام پلاستیک در مراجع مختلف ارائه شده است.

۱-۲ حل پلاستیک ساده قاب

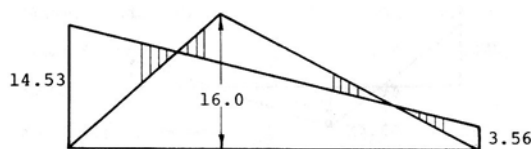
اصولاً حل پلاستیک یک قاب منوط به بدست آوردن مکانیزم انهدام حقیقی آن قاب است و در صورتی که این مکانیزم به درستی بدست آید حل قاب به سادگی امکانپذیر خواهد شد. برای اکثر قاب ها بجز قاب های ساده و کوچک بدست آوردن این مکانیزم ، امری وقت گیر و دشوار است . به همین دلیل استفاده از برنامه های کامپوتری برای بدست آوردن بار انهدام پلاستیک λ_p رواج یافته است . در این نرم افزارها عموماً از یک روند تکراری همراه با تحلیل الاستیک و با استفاده از ماتریس سختی سازه استفاده می شود .

برای بررسی بهترین روش برای حل پلاستیک کامپیوتری سازه ها تیرنشان داده شده

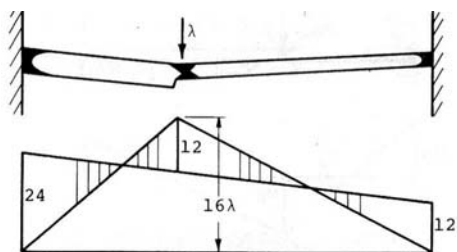
در شکل (الف) ۱-۲ می تواند مفید واقع شود. تحلیل الاستیک این مثال چه بصورت دستی و چه بصورت کامپیوتری نتایج نشان داده شده در شکل (ب) را بدست می دهد. نتیجه قابل توجه این است که در صورتی که کل تیر در وضعیت الاستیک باشد حداکثر لنگر خمشی در تکیه گاه سمت چپ تیر رخ خواهد داد.



الف - یک تیر دو سر گیر دار با مقطع غیر یکنواخت



ب - تحلیل الاستیک خطی



ج - تحلیل پلاستیک ساده برای $M_p = 12$

$$16 \lambda = 2 \frac{2}{3} M_p = 32$$

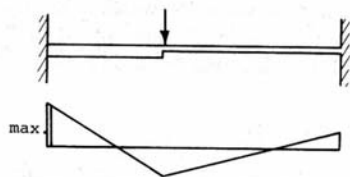
$$\lambda = 2.0$$

شکل ۱-۲ تحلیل الاستیک مرتبه اول و تحلیل پلاستیک ساده

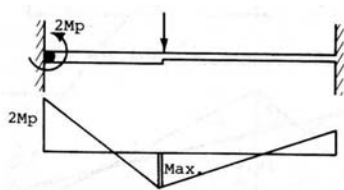
تحلیل الاستیک چنین سازه ای ذاتاً ساده است و به راحتی می توان حدس زد که در هنگام انهدام، مفاصل پلاستیک در دو انتهای تیر و در زیر بار اعمال شده تشکیل می شوند. این اطلاعات

در مورد مود فرو ریختگی با قوانین استاتیکی در شکل (ج) ۱-۲ ترکیب شده و ضریب بار انهدام به راحتی و به سرعت بدست می آید .

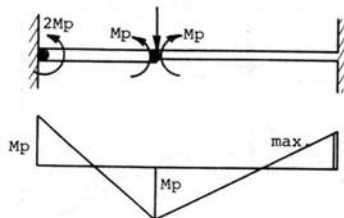
چنین روندی را که بتواند قضاوت مناسبی در رابطه با مود خرابی انجام دهد در یک برنامه کامپیوتری به راحتی نمی توان بکار برد . اگر چنین تیری را بار دیگر بصورت شکل ۱-۳ مورد مطالعه قرار دهیم خواهیم دید که بار فرو ریختگی و مود مربوطه را می توان از طریق سه تحلیل الاستیک پی در پی بدست آورد . نتایج ابتدایی چنین تحلیلی در شکل (الف) نشان داده شده است .



(الف) تحلیل الاستیک خطی (۱)



(ب) تحلیل الاستیک خطی (۲)



(ج) تحلیل الاستیک خطی (۳)



(د) مود فروریزش

شکل ۱-۳ تحلیل الاستیک - پلاستیک

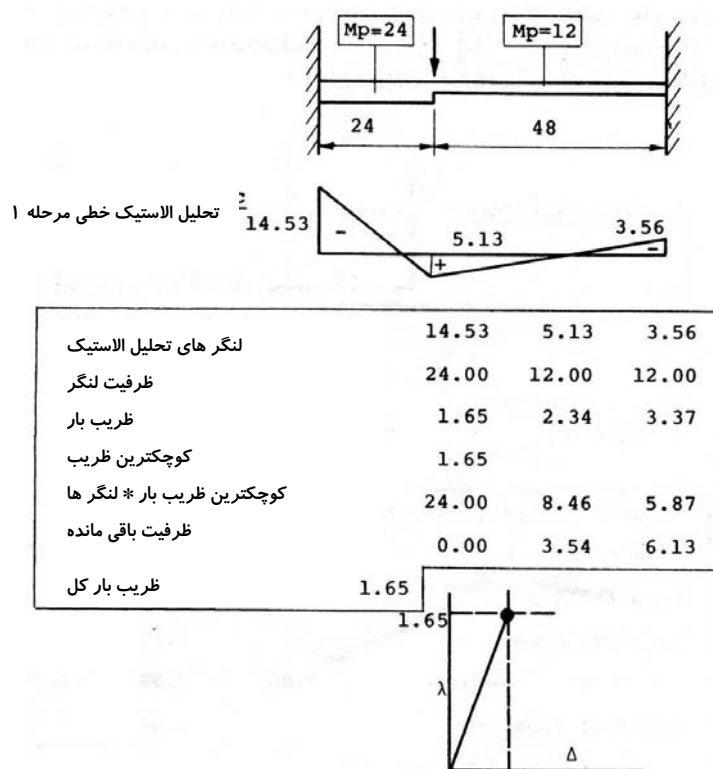
این تحلیل نشان می دهد که اولین مفصل در تکیه گاه سمت چپ تیر بوجود می آید . تحلیل دوم در (ب) مربوط می شود به تیری که در یک سمت گیر دارد و در سمت دیگر مفصلی است و لنگر M_p در سمت مفصلی بر آن اعمال شده است . نتایج حاصل از تحلیل الاستیک دوم نشان دهنده تشکیل مفصل پلاستیک بعدی در وسط تیر است و به همین ترتیب با جایگزین کردن مفصل و لنگر پلاستیک مربوطه و تحلیل الاستیک می توان مرحله به مرحله ، تا انهدام کامل سازه پیش رفت شکل ۱-۳ (ج) و (د) .

۱-۳ تحلیل الاستیک - پلاستیک کامپیوتری

در اغلب اوقات روشی که در تحلیل بصورت دستی استفاده می شود برای محاسبات کامپیوتری مناسب نمی باشد. پروسه شرح داده شده در بالا می تواند به عنوان یک روش مطرح باشد اما این روش به دلیل احتیاج به افزایش درجات آزادی و بارگذاری جدید مربوطه در طی تشکیل مفصل پلاستیک روش کاملاً مناسبی برای حل ماشینی نیست و باعث کند شدن روند محاسبات می شود . سیستم جایگزینی که برای اولین بار توسط ونگ استفاده شد دارای چنین مشکلاتی نیست . این روش بوسیله تیری که دوباره در شکل ۱-۴ نشان داده شده است روشن خواهد شد .

تیر تحت بارهای وارده مورد تحلیل الاستیک قرار گرفته و نتایج بصورت گرافیکی و عددی در شکل ۱-۴ نشان داده شده است . مقادیر لنگر محاسبه شده در هر گره در تیر بر لنگر پلاستیک کامل هر گروه تقسیم شده تا ضرایب بار ۱,۶۵ و ۲,۳۴ و ۳,۳۷ بدست آیند . جایی که کمترین این

ضرایب به آن مربوط می شود ، نشان دهنده مکان تشکیل نخستین مفصل پلاستیک است. در صورتی که بار های اعمال شده در کمترین ضریب بار (۱,۶۵) ضرب شوند ، نمودار بار- تغییر شکل مربوطه را تا این مرحله می توان از همین طریق بدست آورد.



شکل ۴-۱ تحلیل الاستیک - پلاستیک مرحله ۱

در این مرحله دو عمل جداگانه مورد نیاز است. ابتدا لنگر در تمام گره ها در ضریب ۱,۶۵ ضرب شده و از مقادیر لنگر پلاستیک کامل مقاطع کم می شود تا مقادیر ۰ و ۳,۵۴ و ۶,۱۳ بدست آیند سپس تکیه گاه سمت چپ بصورت مفصل آزاد در نظر گرفته می شود. در صورتی که تحلیل الاستیک خطی با استفاده از روش سختی صورت گیرد چنین تغییری ساده خواهد بود.

تغییرات در ماتریس سختی عضو می تواند بصورت شکل ۱-۵ صورت گیرد که طی آن اثر اتصال مفصلی میانی به حساب آورده شده است. درجه آزادی قاب که بوسیله جابجایی های جلوگیری نشده گره ها معرفی می شود، با این تغییر در سختی عضو، تغییری نمی کند بنابراین ماتریس استاتیکی $[A]$ بدون تغییر در ابعادهای باقی می ماند. ماتریس سختی $[K]$ دارای همان ابعاد است اما به دلیل اینکه از رابطه $[A].[S].[A]^T$ بدست می آید دارای تغییراتی در ابعادهایش خواهد بود.

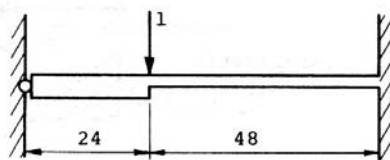
$$\begin{bmatrix} T \\ M_{AB} \\ M_{BA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{4EI}{L} & \frac{2EI}{L} \\ 0 & \frac{2EI}{L} & \frac{4EI}{L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e \\ \phi_{AB} \\ \phi_{BA} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} T \\ M_{AB} \\ M_{BA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{3EI}{L} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e \\ \phi_{AB} \\ \phi_{BA} \end{bmatrix}$$

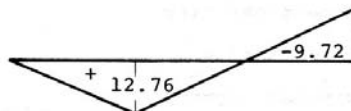
$$\begin{bmatrix} T \\ M_{AB} \\ M_{BA} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{EA}{L} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e \\ \phi_{AB} \\ \phi_{BA} \end{bmatrix}$$

شکل ۱-۵ اصلاحات سختی به دلیل مفصل شدن انتهای اعضا

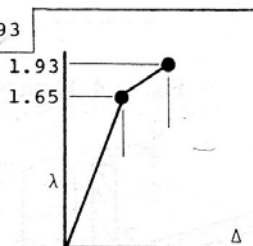
در این مرحله مدل مطابق شکل ۱-۶ برای تحلیل الاستیک خطی دوم آماده است. لنگرهای محاسبه شده در انتهای اعضا بر ظرفیت باقیمانده اعضا تقسیم می شود و سپس با جلوگیری از تقسیم صفر بر صفر، کمترین ضریب مشخص می گردد.



تحلیل الاستیک خطی مرحله ۲



لنگر های تحلیل الاستیک	0.00	12.76	9.72
ظرفیت لنگر	0.00	3.54	6.13
ظریب بار	-	0.28	0.63
کوچکترین ظریب	-	0.28	-
کوچکترین ظریب بار * لنگر ها	0.00	3.54	2.72
ظرفیت باقی مانده	0.00	0.00	3.41
ظریب بار کل	1.93		



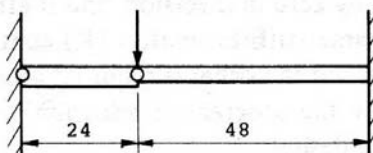
شکل ۱-۶ تحلیل الاستیک - پلاستیک مرحله ۲

دیده می شود که مفصل پلاستیک دوم تحت ضریب بار اضافی ۰,۲۸ و یا ضریب بار کلی

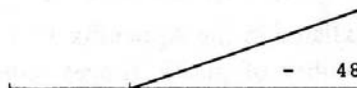
۱,۹۳ شکل می گیرد. اگر چنین روندی یک بار دیگر اعمال شود ضریب بار فرو ریزش پلاستیک

λ_p با کاهش قابل توجهی در حجم محاسبات نسبت به آنچه در شکل ۱-۲ نشان داده شده بدست

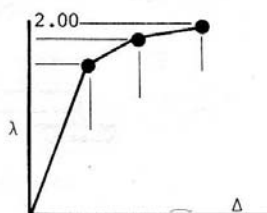
می آید.



تحلیل الاستیک خطی مرحله ۳



لنگر های تحلیل الاستیک	0.00	0.00	48.00
ظرفیت لنگر	0.00	0.00	3.41
ظریب بار	-	-	0.07
کوچکترین ظرفیت	-	-	0.07
کوچکترین ظرفیت بار * لنگر ها	0.00	0.00	3.41
ظرفیت باقی مانده	0.00	0.00	0.00
ظریب بار کل	2.00		



شکل ۱-۷ تحلیل الاستیک - پلاستیک مرحله ۳

۴-۱ برنامه نویسی روش تحلیل الاستیک - پلاستیک

در نرم افزار اصلی که توسط ونگ ارائه شده است ماتریس های استاتیکی و سختی اعضا [A] و [S] برای کل اعضا باید دستی وارد شود. اما در نرم افزار ارائه شده تنها نیاز به وارد کردن مشخصات مدل می باشد این ماتریس ها بصورت اتوماتیک محاسبه می شوند. این نرم افزار با بوجود آوردن تغییراتی در نسخه اصلی موجود در مرجع بدست آمده است و توانایی محاسبه ضریب بار پلاستیک و مکانیزم انهدام قاب های مستوی با رفتار مفاصل پلاستیک بصورت پلاستیک