پژوهشگاه بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران- مهندسی زلزله

موضوع

توسعه روش تحلیل استاتیکی غیر خطی متوالی مودی برای ساختمانهای نامتقارن قاب خمشی بتنی

دانشجو:

بابک حاجی محمد حسن ممقانی

استاد راهنما:

دکتر عبدالرضا سروقد مقدم

۱۳۸۹

به نام خداوند جان و خرد

Sunuram Ata-Anama ki bütün varlığım onlardandı.

تقدیم به پدر و مادرم که همه زندگیم را مدیون زحماتشان می دانم.

بدینوسیله از زحمات جناب آقای **دکتر سروقد مقدم** که با راهنمایی های مدبرانه خود ، مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

در این پایان نامه سعی بر آن است تا ابتدا برخی از روشهای تحلیل استاتیکی غیرخطی (Pushover)، معرفی و بررسی گردند. روش های متعددی همچون N۲, MPA, UBPA, ASCM, AMC برای انجام تحلیل استاتیکی غیر خطی معرفی و ارائه گردیده است. از این میان، دو روش N۲ و MPA انتخاب و به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته و گام بندی های دو روش در فصول جداگانه ذکر شده اند. جهت ارزیابی کامل عیوب ، نقاط ضعف و قوت روشهای مذکور در هر فصل بر پایه آخرین تحقیقات محققین ارائه شده است. از دلایل انتخاب این دو روش می توان به امکان استفاده این روشها برای تحلیل مدل های سه بعدی و همچنین توانایی تخمین صحیح پاسخ ها در مقایسه با پاسخ های به دست آمده از تحلیل غیر خطی تاریخچه زمانی (NL-RHA) اشاره کرد. در ادامه روش CMP معرفی و گام بندی روش مذکور به تفصیل شرح داده شده است. برای ارزیابی روش ارائه شده، دو مدل اصلی ساختمان ۱۰ و ۲۰ طبقه هر یک با خروج از مرکزیت ۰٪، ۵٪، ۱۰٪ و ۲۰٪ در جهت محور y در نظر گرفته شده و پاسخ های مورد نظر ساختمان به روش CMP به دست آورده شده است. در این تحقیق، مقادیر پاسخ جابجایی نسبی طبقات به عنوان معیار بررسی مد نظر بوده و پاسخ مذکور توسط روش تحلیل دینامیکی غیر خطی و تحلیل استاتیکی غیر خطی به روش CMP و همچنین بار مثلثی و یکنواخت محاسبه و با یکدیگر مقایسه شده اند. مدلسازی ها به کمک نرم افزار OpenSEES انجام پذیرفته و برای اطمینان از صحت مدلسازی، به طور همزمان از مدل های ایجاد شده در محیط ETABS استفاده شده است. پاسخ های به دست آمده از روش CMP با مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل دینامیکی غیر خطی که با استفاده از هفت رکورد زلزله به دست آمده است، مقایسه گردیده است. در ادامه خواهیم دید که روش تحلیل استاتیکی غیر خطی متوالی مودی (CMP) قادر است تا حد قابل قبولی برآورد خوبی از مقادیر پاسخ جابجایی نسبی طبقات ، در مقایسه با روش تحلیل دینامیکی غیر خطی در مدل های به کار رفته داشته باشد. در انتها نیز برخی پیشنهادات برای بهبود هر چه بیشتر و کاهش مقادیر خطاها آورده است.

واژه های کلیدی:

تحلیل استاتیکی غیر خطی متوالی مودی، اثر مودهای بالاتر، ساختمانهای بلند مرتبه

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ج

فصل (۱) ۱

۱-۱- مقدمه ای کلی بر طراحی بر اساس عملکرد ۲

۱-۲- اهمیت موضوع ۲

۱-۳- روشهای تحلیل استاتیکی استاتیکی غیر خطی ۳

فصل (۲) ۴

۲-۱- مقدمه ۵

۲-۲- تاریخچه ۵

۲-۳- گام بندی روش N۲,[۴] ۶

۲-۴- محدودیت روش N۲ ۱۴

۲-۵- مثال کاربردی ۱۴

۲-۵-۱- نتایج تحلیل مدل ۱۷

۲-۶- توسعه روش N۲ برای ساختمانهای نامتقارن در پلان ۱۸

۲-۷- گام بندی روش توسعه یافته N۲ ۱۸

۲-۸- مثال کاربردی ۱۹

۲-۸-۱- ارزیابی روش توسعه یافته N۲ برای ساختمانهای نامتقارن در پلان ۲۳

۲-۸-۲- بررسی نتایج تحلیل مدل به کار رفته ۲۶

فصل (۳) ۲۷

۳-۱- مقدمه ۲۸

۳-۲- تحلیل استاتیکی مودال: ساختمانهای الاستیک ۲۸

۳-۳- تحلیل استاتیکی مودال: ساختمانهای غیرالاستیک ۳۰

۳-۴- منابع ایجاد خطا در روش MPA ۳۳

۳-۵- مثال کاربردی ۳۳

۳-۵-۱- گام بندی ۳۴
۳-۵-۲- بررسی نتایج تحلیل به کمک روش MPA ۳۶
۳-۵-۳- نتایج تحلیل ۳۹
۳-۶- تحلیل استاتیکی مودال (برای ساختمانهای نامتقارن سه بعدی) ۴۰
۳-۶-۱- سیستم های خطی ۴۰
۳-۶-۲- سیستم های غیر خطی ۴۰
۳-۷- خلاصه مراحل MPA برای ساختمانهای نامتقارن در پلان ۴۲
۳-۸- برتری های روش MPA برای ساختمان های نامتقارن نسبت به ساختمان های متقارن ۴۳
۳-۹- ارزیابی روش MPA در ارزیابی لرزه ایی ساختمانهای نامتقارن در پلان ۴۴
فصل (۴) ۴۷
۴-۱- مقدمه ۴۸
۴-۲- مفاهیم پایه ۴۹
۴-۳- گام بندی روش تحلیل به روش CMP [۱۷] ۵۱
۴-۴- مطالعات پورشا ، خشنودیان و سروقد مقدم [۱۷] ۵۳
۴-۴-۱- معرفی مدل ها ۵۳
۴-۴-۲- نتایج مطالعات ۵۴
فصل (۵) ۵۵
۵-۱- گام بندی روش CMP توسعه یافته : ۵۶
۵-۲- مدلسازی ۵۸
۵-۲-۱- معرفی مدل ها ۵۸
۵-۲-۲- مشخصات و فرضیات مصالح مصرفی ۶۱
۵-۲-۳- مفاصل پلاستیک ۶۳
۵-۳- مشخصات دینامیکی مدل ها ۶۳
۵-۴- تحلیل دینامیکی غیر خطی ۶۸
۵-۴-۱- شتاب نگاشت های استفاده شده ۶۸
۵-۴-۲- مقادیر جابجایی بام و جابجایی نسبی طبقات ۶۹

۵-۵- تحلیل استاتیکی غیر خطی ۷۵
۵-۶- مدل ۱۰ طبقه ۷۵
۵-۶-۱- تحلیل استاتیکی غیر خطی با بار مثلثی ۷۵
۵-۶-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی متوالی مودی (CMP) ۷۶
۵-۷- مدل ۲۰ طبقه ۷۷
۵-۷-۱- تحلیل استاتیکی غیر خطی با بار یکنواخت ۷۷
۵-۷-۲- تحلیل استاتیکی غیر خطی متوالی مودی (CMP) ۷۸
۵-۸- ارائه و بررسی نتایج ۷۹
۵-۸-۱- مدل ۱۰ طبقه ۸۰
۵-۸-۱-۱- مدل ۱۰ طبقه بتنی با پلان متقارن ۸۰
۵-۸-۱-۲- مدل ۱۰ طبقه بتنی با ۵٪ خروج از مرکزیت ۸۲
۵-۸-۱-۳- مدل ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۸۷
۵-۸-۱-۴- مدل ۱۰ طبقه بتنی با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۹۲
۵-۸-۲- مدل ۲۰ طبقه ۹۸
۵-۸-۲-۱- مدل ۲۰ طبقه متقارن ۹۸
۵-۸-۲-۲- مدل ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۰۰
۵-۸-۲-۳- مدل ۲۰ طبقه بتنی با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۰۹
۵-۸-۲-۴- مدل ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۱۸
۵-۹- پیشنهاد برای اصلاح روش CMP ۱۲۸
فصل (۶) ۱۵۲
۶-۱- نتیجه گیری ۱۵۳
۶-۲- پیشنهادات ۱۵۳

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱: طیف شتاب و جابجایی الاستیک برای میرایی ۵٪ و نرمال شده به شتاب حداکثر g,۱.۰[۴] ۶
شکل ۲-۲: طیف تقاضا برای شکل پذیری ثابت در فرمت AD و نرمال شده به شتاب g,۱.۰[۴] ۷
شکل ۲-۳: طیف تقاضای الاستیک و غیر الاستیک در مقابل نمودار ظرفیت,[۴] ۱۲
شکل ۲-۴: مدل به کار رفته برای تحلیل,[۴] ۱۵
شکل ۲-۵: منحنی پوش اور و دیاگرام ظرفیت مربوطه برای ساختمان بتنی ۴ طبقه. دقت شود که مقیاس ها متفاوت می باشند. جابجایی بام Dt و برش پایه V برای سیستم چند درجه آزاد، در حالیکه نیروی *F و جابجایی *D برای سیستم یک درجه آزاد به کار برده شده است. شتاب Sa مربوط به دیاگرام ظرفیت می باشد,[۴] ۱۵
شکل ۲-۶: طیف تقاضا برای سه زلزله و دیاگرام ظرفیت برای مثال ذکر شده,[۴] ۱۶
شکل ۲-۷: جابجایی ، جابجایی نسبی طبقات و چرخش ها در المانهاب قاب هاب بیرونی. چرخش ها برابر با طول خطوط نشانگر می باشند. حداکثر چرخش در حدود ۲.۲٪ می باشد و اعضای تسلیم شده نشان داده شده اند,[۴] ۱۷
شکل ۲-۸: پلان مدلM با خروج از مرکزیت جرمی. CR, CS, CM به ترتیب نشان دهنده ی مرکز جرم، مرکز سختی و مرکز مقاومت هستند [۱]. ۱۹
شکل ۲-۹: میانگین طیف الاستیک برای میرایی ۵٪ ،زمان تناوبهای الاستیک برای سازه های M و Mt مشخص شده اند [۱]. ۲۰
شکل ۲-۱۰: پلانهای شماتیک ساختمانهای قابل فولادی با خروج از مرکزیت ۱۵٪. [۱] ۲۱
شکل ۲-۱۱: پلان شماتیک ساختمان SPEAR [۱]. ۲۲
شکل ۲-۱۲: میانگین طیف الاستیک برای میرایی۵٪ و طیف الاستیک مطابق با EC۸ نوع ۱ خاکC و ag=۰.۳g.[۱] ۲۳
شکل ۲-۱۳: اثرات پیچش برای ساختمان SPEAR بدست آمده توسط تحلیل های متفاوت(میرایی ۵٪ [۱] ۲۴
شکل ۲-۱۴: : اثرات پیچش برای ساختمانهایS، F۱ و F۲ بدست آمده توسط تحلیل های متفاوت [۱]. ۲۵
شکل ۳-۱: توضیح مفهومی RSA مودال برای سیستم های خطی[۶] . ۲۹
شکل ۳-۲: خصوصیات منحنی پوش آور سیستم SDF غیر خطی در مود n ام. [۶] ۳۱
شکل ۳-۳: سه مود اول ارتعاش و زمان تناوب مربوطه برای ساختمان ۹ طبقه[۹] ۳۴
شکل ۳-۴: توزیع نیروی sn* = mϕn برایn=۱,۲,۳ در ساختمان ۹ طبقه[۹] ۳۴
شکل ۳-۵: منحنی های تحلیل MPA برای ساختمان ۹ طبقه[۹] ۳۵
شکل ۳-۶: خصوصیات مربوط به مود nام سیستم چند درجه آزاد غیرالاستیک از منحنی پوش اور[۹] ۳۵
شکل ۳-۷: خصوصیات مربوط به مود nام سیستم یک درجه آزاد غیرالاستیک از منحنی پوش اور[۹] ۳۶
شکل ۳-۸: میانگین نسبت های جابجایی نسبی به روش MPA برای دو حالت از ساختمانها و همچنین مقادیر مربوط به RSA ساختمانهای SAC، [۹] ۳۷

شکل ۳-۹: میانگین جابجایی نسبی طبقات با کمک روش MPA (برای دو حالت با در نظر گرفتن اثرات P-Δ و بدون در نظر گرفتن آن) و روش تاریخچه زمانی، [۹] ۳۸
شکل ۳-۱۰: میانگین جابجایی نسبی تعیین شده توسط RHA, MPA و چهار توزیع بار FEMA۳۵۶ ۳۹
شکل ۳-۱۱: منحنی های پوش اور مودال برای سیستم نا متقارن در پلان U۲ همراه با تغییر مکان هدف در مرکز جرم که توسط تحلیل MPA و UMRHA بدست آمده اند،همچنین تغییر مکان حداکثر بام در قاب های چپ و راست نمایش داده شده است.[۷] ۴۲
شکل ۳-۱۲: تغییر مکان و تغییر مکان نسبی طبقات تعیین شده توسط تعداد جفت مودهای متغیر و RHA غیرخطی (a) ساختمان منظم (b) سیستم نامتقارن درپلان U۱ و (c) سیستم نامتقارن در پلان U۲ و (d) سیستم نامتقارن در پلان U۳ .[۹]. ۴۵
شکل ۳-۱۳: غییر مکان و تغییر مکان نسبی طبقات در قابل سمت راست سیستم نامتقارن در پلان U۲ تعیین شده توسط MPA با استفاده از قوانین ترکیب RHA, ABSSUM , CQC غیرخطی.[۷] ۴۶
شکل ۵-۱: پلان تیپ طبقات برای دو مدل ۱۰ و ۲۰ طبقه ۶۱
شکل ۵-۲: مدل رفتاری بتن مفروض در OpenSEES [۲۵] ۶۲
شکل ۵-۳: مدل رفتاری فولاد مصرفی در OpenSEES [۲۵]. ۶۳
شکل ۵-۴: طیف پاسخ شتاب زلزله ها ۶۹
شکل ۵-۵: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم مدل ۱۰ طبقه تحت نگاشت های ۰.۳۵g ۷۱
شکل ۵-۶: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم مدل ۲۰ طبقه تحت نگاشت های ۰.۳۵g ۷۱
شکل ۵-۷: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۷۲
شکل ۵-۸: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۷۲
شکل ۵-۹: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۷۳
شکل ۵-۱۰: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۷۳
شکل ۵-۱۱: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۷۴
شکل ۵-۱۲: جابجایی نسبی طبقات در مرکز جرم، نقطه دور و نزدیک برای مدل ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۷۴
شکل ۵-۱۳: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با پلان متقارن از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۰
شکل ۵-۱۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه متقارن ۸۱
شکل ۵-۱۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی برای ساختمان ۱۰ طبقه متقارن ۸۲
شکل ۵-۱۶: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۲
شکل ۵-۱۷: : جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۳
شکل ۵-۱۸: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۳

شکل ۵-۱۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۸۴
شکل ۵-۲۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۸۴
شکل ۵-۲۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۸۵
شکل ۵-۲۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۸۶
شکل ۵-۲۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۸۶
شکل ۵-۲۴: : خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۸۶
شکل ۵-۲۵: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۷
شکل ۵-۲۶: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۸
شکل ۵-۲۷: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۸۸
شکل ۵-۲۸: : خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۸۹
شکل ۵-۲۹: : خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۸۹
شکل ۵-۳۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۹۰
شکل ۵-۳۱: : خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۹۱
شکل ۵-۳۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۹۱
شکل ۵-۳۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۹۲
شکل ۵-۳۴: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۹۳

شکل ۵-۳۵: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۹۳
شکل ۵-۳۶: جابجایی نسبی طبقه مدل ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور مثلثی، CMP ۹۴
شکل ۵-۳۷: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۹۵
شکل ۵-۳۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۹۵
شکل ۵-۳۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۹۶
شکل ۵-۴۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۹۶
شکل ۵-۴۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۹۷
شکل ۵-۴۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۹۷
شکل ۵-۴۳: جابجایی نسبی طبقه مدل ۲۰ طبقه متقارن در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور و یکنواخت، CMP ۹۸
شکل ۵-۴۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه متقارن در مرکز جرم ۹۹
شکل ۵-۴۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۲۰ طبقه متقارن ۱۰۰
شکل ۵-۴۶: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور و یکنواخت، CMP ۱۰۱
شکل ۵-۴۷: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور و یکنواخت، CMP ۱۰۲
شکل ۵-۴۸: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور و یکنواخت، CMP ۱۰۳
شکل ۵-۴۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۰۴
شکل ۵-۵۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۰۵

شکل ۵-۵۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۰۶
شکل ۵-۵۲: : خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۰۷
شکل ۵-۵۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۰۸
شکل ۵-۵۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۰۹
شکل ۵-۵۵: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۱۰
شکل ۵-۵۶: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۱۱
شکل ۵-۵۷: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۱۲
شکل ۵-۵۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۱۳
شکل ۵-۵۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۱۴
شکل ۵-۶۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۱۵
شکل ۵-۶۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۱۶
شکل ۵-۶۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۱۷
شکل ۵-۶۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۱۸
شکل ۵-۶۴: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۱۹
شکل ۵-۶۵: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۲۰
شکل ۵-۶۶: جابجایی نسبی طبقات مدل ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت از روشهای تاریخچه زمانی، پوش اور یکنواخت، CMP ۱۲۱

شکل ۵-۶۷: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۲۲
شکل ۵-۶۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۲۳
شکل ۵-۶۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۲۴
شکل ۵-۷۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۲۵
شکل ۵-۷۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۲۶
شکل ۵-۷۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۲۷
شکل ۵-۷۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه متقارن در مرکز جرم ۱۲۸
شکل ۵-۷۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه متقارن ۱۲۸
شکل ۵-۷۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۲۹
شکل ۵-۷۶: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۲۹
شکل ۵-۷۷: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۳۰
شکل ۵-۷۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۳۰
شکل ۵-۷۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۳۱
شکل ۵-۸۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۳۱
شکل ۵-۸۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۳۲
شکل ۵-۸۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۲

شکل ۵-۸۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۳۳
شکل ۵-۸۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۳
شکل ۵-۸۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۳۴
شکل ۵-۸۶: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۴
شکل ۵-۸۷: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۳۵
شکل ۵-۸۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۵
شکل ۵-۸۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۳۶
شکل ۵-۹۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه نرم برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۶
شکل ۵-۹۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش مثلثی برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۳۷
شکل ۵-۹۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در نقطه سخت برای ساختمان ۱۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۳۷
شکل ۵-۹۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه متقارن در مرکز جرم ۱۳۸
شکل ۵-۹۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم برای ساختمان ۲۰ طبقه متقارن ۱۳۹
شکل ۵-۹۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۴۰
شکل ۵-۹۶: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۴۱
شکل ۵-۹۷: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۴۲
شکل ۵-۹۸: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم(CM)، نقطه نرم (۱) و نقطه سخت (۲۱) برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۵٪ خروج از مرکزیت ۱۴۳

شکل ۵-۹۹: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۴۴
شکل ۵-۱۰۰: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۴۵
شکل ۵-۱۰۱: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۴۶
شکل ۵-۱۰۲: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم(CM)، نقطه نرم (۱) و نقطه سخت (۲۱) برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۱۰٪ خروج از مرکزیت ۱۴۷
شکل ۵-۱۰۳: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در مرکز جرم ۱۴۸
شکل ۵-۱۰۴: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه نرم ۱۴۹
شکل ۵-۱۰۵: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش CMP و پوش یکنواخت برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت در نقطه سخت ۱۵۰
شکل ۵-۱۰۶: خطای مقادیر پاسخ به دست آمده از روش تحلیل استاتیکی غیر خطی در مرکز جرم(CM)، نقطه نرم (۱) و نقطه سخت (۲۱) برای ساختمان ۲۰ طبقه با ۲۰٪ خروج از مرکزیت ۱۵۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

جدول ۵-۱: مشخصات مقاطع تیرها ۶۰
جدول ۵-۲: مشخصات مقاطع ستونها ۶۰
جدول ۵-۳: مشخصات بتن قبل و بعد از اعمال اثر خاموتها با استفاده از قانون مندر ۶۲
جدول ۵-۴: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۱۰ طبقه متقارن ۶۴
جدول ۵-۵: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۱۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۵٪ ۶۴
جدول ۵-۶: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۱۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۱۰٪ ۶۵
جدول ۵-۷: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۱۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۲۰٪ ۶۵
جدول ۵-۸: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۲۰ طبقه متقارن ۶۶
جدول ۵-۹: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۲۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۵٪ ۶۶
جدول ۵-۱۰: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۲۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۱۰٪ ۶۷
جدول ۵-۱۱: شش مود اول و نسبت جرم مودی موثر سازه ۲۰ طبقه نامتقارن با خروج از مرکزیت ۲۰٪ ۶۷
جدول ۵-۱۲: مشخصات شتاب نگاشت ها ۶۸
جدول ۵-۱۳: مقادیر جابجایی حداکثر و میانگین بام برای مدل ۱۰ طبقه، ۰.۳۵g ۶۹
جدول ۵-۱۴: مقادیر جابجایی حداکثر و میانگین بام برای مدل ۲۰ طبقه، ۰.۳۵g ۶۹
جدول ۵-۱۵: مقادیر جابجایی حداکثر و میانگین بام برای مدل ۱۰ طبقه، ۰.۱g ۷۰
جدول ۵-۱۶: مقادیر جابجایی حداکثر و میانگین بام برای مدل ۲۰ طبقه، ۰.۱g ۷۰
جدول ۵-۱۷: مقادیر جابجایی هدف ۷۵
جدول ۵-۱۸: جرم طبقات و نیروی پوش طبقات مدل ۱۰ طبقه ۷۶
دول ۵-۱۹: مودهای انتخابی برای تحلیل CMP مدل ۱۰ طبقه ۷۷
جدول ۵-۲۰: مقادیر جرم طبقات و نیروی پوش طبقات ۷۸
جدول ۵-۲۱: مودهای انتخابی برای تحلیل CMP دو گامه مدل ۲۰ طبقه ۷۹
جدول ۵-۲۲: مودهای انتخابی برای تحلیل CMP سه گامه مدل ۲۰ طبقه ۷۹

فصل (۱)

معرفی و تاریخچه تحلیل

۱-۱- مقدمه ای کلی بر طراحی بر اساس عملکرد

در سال های اخیر چالش های زیادی در طراحی سازه ها به ویژه طراحی در برابر بارهای ناشی از زلزله ایجاد شده است. روشهای طراحی در اکثر آیین نامه های فعلی بر اساس معیار مقاومت می باشد و این در حالی است که تحقیقات اخیر نشانگر آن می باشد که طراحی سازه ها بر اساس مقاومت نمی تواند ایمنی سازه را ارضا کرده و رفتار سازه نامطلوب غیر قابل پیش بینی می گردد. به عبارت دیگر ، محققین دریافتند که افزایش مقاومت با افزایش ایمنی همراه نیست و این مطلب فلسفه طراحی بر اساس مقاومت را به کلی نقض می نماید. به همین دلیل محققین بر آن شدند تا روشی ارایه نمایند تا متضمن ایمنی سازه به خصوص در طول بارگذاری لرزه ای باشد. بنابراین روش طراحی با توجه به معیار رفتار سازه جایگزین طراحی بر اساس معیار مقاومت گردید. طراحی بر اساس رفتار سازه بدان مفهوم می باشد که در یک ساختمان علاوه بر مقدار مقاومت، نحوه توزیع مقاومت در اجزای سازه ای نیز مهم می باشد. طراحی بر اساس عملکرد نامی است که محققین برای این روش اختصاص داده اند و روش تحلیل استاتیکی غیرخطی یکی از ابزار های قوی در طراحی سازه بر اساس عملکرد می باشد.

۱-۲- اهمیت موضوع

تحلیل تاریخچه زمانی غیرخطی یک ابزار قدرتمند برای مطالعه پاسخ لرزه ایی سازه ها به شمار می رود. در واقع رفتار واقعی سازه طی این تحلیل مورد بررسی قرار گرفته می شود. اما داری پیچیدگی و مشکلاتی می باشد که از آن میان می توان به حساسیت شدید تحلیل به شتابنگاشت های انتخابی، نیاز به انجام فیلتراسیون داده ها، زمان بری تحلیل، پردازش خروجی ها توسط کارشناس و غیره اشاره کرد. به این علت که آنالیز دینامیکی غیرخطی سازه های ساختمانی برای اغلب کاربردهای عملی امکان پذیر نیست محققین متعددی سعی دارند تا روشهای آنالیز مناسب تری را در جهت نیل به یک تعادل منطقی میان دقت نتایج و کاربردی بودن روشها برای استفاده های طراحی توسعه دهند.

بسیاری از این تلاشها منجر به این توصیه گردیده است که ویژگیهای اصلی رفتار لرزه ای با انجام یک تحلیل استاتیکی غیرخطی تحت بارهای یکنواختی که در حال افزایش هستند (آنالیز پوش آور) بدست می آیند. روش آنالیز استاتیکی غیرخطی یک انتخاب ساده برای تخمین ظرفیت مقاومت در محدوده پس از الاستیک می باشد. این روش شامل اعمال یک الگوی بار از پیش تعیین شده است که در ارتفاع ساختمان توزیع می شود و مرتباً افزایش می یابد تا اینکه تغییر مکان دریک نقطه کنترل مشخص که عمدتا مرکز جرم بام درنظر گرفته می شود، به یک مقدار هدف بسته به عملکرد مورد انتظار از سازه دست یابد.

امروزه استفاده از روش های تحلیل استاتیکی غیرخطی در تخمین عملکرد سازه ها در هنگام زلزله بسیار مورد توجه قرار گرفته است. دلیل این امر نیز سادگی روش، صرفه جویی در وقت و هزینه و تخمین قابل قبول آنها در تعیین پاسخ لرزه ای در مقایسه با روشهای تحلیل دینامیکی غیر خطی می باشد.

۱-۳- روشهای تحلیل استاتیکی استاتیکی غیر خطی

به طور کلی روشهای تحلیل استاتیکی غیر خطی بر اساس نوع الگوی بارگذاری جانبی و تعیین تغییر مکان هدف طبقه بندی می شوند. الگوهای بارگذاری به دو دسته تقسیم می شوند: ۱) الگوی بارگذاری غیر متغیر و ۲) الگوی بار جانبی متغیر. در الگوی غیر متغیر دو فرضیه اساسی در نظر گرفته می شود: ۱) مود اول حاکم بر رفتار سازه می باشد و ۲) مشخصات دینامیکی مانند اشکال مودی، زمان تناوب سازه و ... بعد از تسلیم سازه بدون تغییر باقی می مانند. با در نظر گرفتن فرایض مذکور، تقریب های زیادی وارد تحلیل می شود و بدین جهت محققین الگوی بار متغیر را ارائه کرده اند. در این الگوی بار، مشخصات دینامیکی سازه در طی تحلیل تغییر کرده و به روز می شود.

مدارکی ازقبیل ATC-۴۰, FEMA۳۵۶, ASCE۴۱ از تحلیل استاتیکی غیر خطی بهره برده اند. روش آنالیز استاتیکی دراین مدارک برپایه روش طیف ظرفیت قرار دارد و روشهای خاصی را برای ساختمانهای نامنظم در پلان ارائه نمی دهند. نتایج تحقیقات دانشمندان مختلف نشان داده است که روشهای مرسوم آنالیز استاتیکی غیرخطی در مواردی دارای تقریب های فراوانی هستند که نتایج بدست آمده از این روشها را از واقعیت دور می کند. بنابراین عدم دقت مناسب منجر گردیده است که تلاشهای فراوانی درجهت ارتقاء صحت نتایج این روشها صورت پذیرد.

اولین مطالعات بر روی سازه های نامنظم و آنالیز استاتیکی غیرخطی سه بعدی بر روی این سازه ها به اواسط دهه ی ۱۹۹۰ باز می گردد، با آغاز از سال ۱۹۹۷ محققین متعددی آنالیز استاتیکی غیرخطی رابه ساختمانهای نامنظم توسعه دادند. با اعمال یک توزیع بار نیروهای جانبی، مشابه آنچه برمرکز جرم در روشهای استاندارد استاتیکی غیرخطی انجام می گیرد، یک تحلیل استاتیکی غیرخطی تقریبی توسط Kilar وFajfar ارائه گردید. همچنین روش دیگری نیز توسط Moghadam وTso ارائه شد که شامل دو مرحله می باشد. (۱) آنالیز دینامیکی خطی طیفی سه بعدی برای تعیین تغییر مکان بام و توزیع نیروهای جانبی درارتفاع برای هریک از المانهای مقاوم (قاب ها، دیوارها و ...) و (۲) آنالیز استاتیکی غیرخطی قابی (۲بعدی) برای هریک از المانهای مقاوم (Moghadam and Tso, ۱۹۹۸).

پس از آن روشهای توسعه یافته N۲ [۱] وMPA [۲] جزومعدود روشهایی هستند که برای تحلیل سازه های نامتقارن در پلان توسعه یافته اند. اخیرا تلاشهایی نیز برای توسعه روش طیف ظرفیت در سازه های نا منظم انجام گرفته است، این تلاشها منجر گردید که روش طیف ظرفیت به هنگام شونده معرفی گردد[۳]. روش های پراکنده دیگری نیز برای سازه های نا منظم پیشنهاد گردیده که عمدتا نتوانستند تخمین های مناسبی ارائه نمایند. مقایسه های کم میان نتایج آنالیزاستاتیکی غیرخطی و روشهای دقیق موفقیت محدود روشهای تقریبی برای ارزیابی لرزه ایی ساختمانهای نا منظم را نشان می دهد. هم اکنون مهندسین حرفه ایی برپایه قضاوت مهندسی خود، روشهایی را که برای قابهای صفحه ایی ایجاد شده اند به کار می برند که به نظر می رسد صحیح نیستند.