اولین همایش ملی

آذر ۸۹ – بابلسر

کتاب خلاصه مقالات

سازه و زلزله

ژئوتکنیک

کانون مهندسین بابلسر

موسسه آموزش عالی
پردیسان
مازندران

1st National Conference on Structure - Earthquake - Geotechnics
3 December 2010 - Babolsar

همایش ملی پژوهش در سازه، زلزله، ژئوتکنیک

به نام یگانه معمار هستی

مشعل نبوغ فروغ نیابد مگر آن زمان که نور حقیقت بر آن بتابد

شماره: ۳۳۶
تاریخ: ۱۲/۹/۸۹

گواهی پذیرش قطعی مقاله

بدینوسیله گواهی می گردد مقاله مهندسین منصور قلعه نوی- سمانه خاکسفیدی- حسین علی رهدار

با عنوان سطح عملکرد قاب های فولادی متوسط با مهار بندی برون محور هشتی شکل تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی

در اولین همایش ملی سازه، زلزله، ژئوتکنیک که در ۱۲ آذر ماه ۸۹ در متل بانک ملی بابلسر برگزار شده است، توسط کمیته داوران مورد پذیرش قطعی قرار گرفته و ارائه گردید.

موسسه آموزش عالی پردیسان

کانون مهندسین شهرستان بابلسر

نظام مهندسی ساختمان استان مازندران

مرکز ملی مقاوم سازی ایران

مهندس محمد توسلی	دکتر سیروس غلامپور	مهندس حسین پهلوان
رئیس هیأت مدیره کانون مهندسین بابلسر	رئیس همایش	دبیر علمی همایش

سطح عملکرد قاب‌های فولادی متوسط با مهاربندی برون محور هشتی شکل تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی

منصور قلعه نوی[1]، سمانه خاکسفیدی [2]، حسین علی رهدار[3]

۱- استادیار، دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علوم و فنون مازندران

۳- عضو هئیت علمی، دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی عمران، دانشگاه زابل

Samaneh112@yahoo.com

code: E1729

۲۲۲

آذر ۸۹- بابلسر

چکیده

با توجه به اهمیت طراحی مقاوم سازه‌ها در برابر بارهای دینامیکی هم چون نیروی زلزله و عدم توانایی روش‌های طراحی بر اساس نیرو در پیش‌بینی رفتار غیر خطی اعضا ناشی از خواص غیر خطی مصالح، در سالهای اخیر تمایل مهندسان و طراحان در به کارگیری روشهای طراحی بر مبنای تغییر مکان و رفتار (طراحی بر اساس عملکرد) افزایش یافته است. با توجه به اهمیت طراحی مقاوم سازه‌ها در برابر بارهای دینامیکی هم چون نیروی زلزله و عدم توانایی روش‌های طراحی بر اساس نیرو در پیش‌بینی رفتار غیر خطی اعضا ناشی از خواص غیرخطی مصالح، در سالهای اخیر تمایل مهندسان و طراحان در به کارگیری روشهای طراحی بر مبنای تغییر مکان و رفتار (طراحی بر اساس عملکرد) افزایش یافته است. با توجه به سرعت اجرا و فراوانی مصالح و نیروی اجرایی، ساخت سازه‌های فولادی در کشورمان گسترش زیادی یافته است، همچنین حضور ایران بر روی کمربند لرزه خیزی آلپاید ضرورت مطالعه در زمینه رفتار این نوع سازه‌ها و طراحی مقاوم آنها را آشکارتر می‌کند. از سوی دیگر اجرای قابهای خمشی ویژه که یکی از توصیه‌های اکثر آیین‌نامه‌ها برای استفاده در مناطق با لرزه خیزی زیاد می‌باشد توسط نیروی کاری غیر متحصص ممکن نیست؛ به همین جهت قابهای خمشی عمدتاً از نوع خمشی متوسط ساخته می شوند که استفاده از آن به تنهایی در مناطق با لرزه خیزی زیاد مناسب نیست. از این رو به جهت سهولت اجرا غالباً اولین پیشنهاد برای تقویت این نوع قابها افزودن مهاربند به قاب است. در این تحقیق با توجه به ملاحظات معماری قابهای خمشی متوسط توسط مهاربند برون محور هشتی شکل تقویت شده و تحت بارگذاری استاتیکی غیرخطی، عملکرد آنها بررسی گردیده و نتایج با مقادیر موجود در دستورالعمل ATC-40 مورد مقایسه قرار گرفته است. از نرم‌افزار SAP2000 برای مدل‌سازی و تحلیل استفاده شده است.

کلمات کلیدی:

سطح عملکرد، قاب خمشی، برون محور، استاتیکی غیرخطی، رفتار غیرخطی

اولین همایش ملی سازه – زلزله – ژئوتکنیک
آذر ۱۳۸۹، مازندران_ بابلسر
Code: E1729

سطح عملکرد قاب های فولادی متوسط با مهار بندی برون محور هشتی شکل تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی

منصور قلعه نوی[۱]، سمانه خاکسفیدی [۲]، حسین علی رهدار[۳]

۱- استادیار ، دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی عمران، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه، گروه مهندسی عمران، دانشگاه علوم و فنون مازندران

۳- عضو هئیت علمی، دانشکده فنی و مهندسی گروه مهندسی عمران، دانشگاه زابل

پست الکترونیکی Samaneh112@yahoo.com

چکیده

با توجه به اهمیت طراحی مقاوم سازه ها در برابر بارهای دینامیکی هم چون نیروی زلزله و عدم توانایی روش های طراحی بر اساس نیرو در پیش بینی رفتار غیر خطی اعضا ناشی از خواص غیر خطی مصالح، در سالهای اخیر تمایل مهندسان و طراحان در به کارگیری روشهای طراحی بر مبنای تغییر مکان و رفتار (طراحی بر اساس عملکرد) افزایش یافته است. با توجه به اهمیت طراحی مقاوم سازه ها در برابر بارهای دینامیکی هم چون نیروی زلزله و عدم توانایی روش های طراحی بر اساس نیرو در پیش بینی رفتار غیر خطی اعضا ناشی از خواص غیر خطی مصالح، در سالهای اخیر تمایل مهندسان و طراحان در به کارگیری روشهای طراحی بر مبنای تغییر مکان و رفتار (طراحی بر اساس عملکرد) افزایش یافته است. با توجه به سرعت اجرا و فراوانی مصالح و نیروی اجرایی، ساخت سازه های فولادی در کشورمان گسترش زیادی یافته است، همچنین حضور ایران بر روی کمربند لرزه خیزی آلپاید ضرورت مطالعه در زمینه رفتار این نوع سازه ها و طراحی مقاوم آنها را آشکار تر می کند. از سوی دیگر اجرای قابهای خمشی ویژه که یکی از توصیه های اکثر آیین نامه ها برای استفاده در مناطق با لرزه خیزی زیاد می باشد توسط نیروی کاری غیر متخصص ممکن نیست؛ به همین جهت قابهای خمشی عمدتاً از نوع خمشی متوسط ساخته می شوند که استفاده از آن به تنهایی در مناطق با لرزه خیزی زیاد مناسب نیست. از این رو به جهت سهولت اجرا غالباً اولین پیشنهاد برای تقویت این نوع قابها افزودن مهار بند به قاب است. در این تحقیق با توجه به ملاحظات معماری قابهای خمشی متوسط توسط مهار بند برون محور هشتی شکل تقویت شده و تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی، عملکرد آنها بررسی گردیده و نتایج با مقادیر موجود در دستور العمل ATC-40 مورد مقایسه قرار گرفته است. .از نرم افزار SAP2000 برای مدل سازی وتحلیل استفاده شده است.

کلمات کلیدی: سطح عملکرد، قاب خمشی، برون محور، استاتیکی غیر خطی،رفتار غیر خطی

۱. مقدمه

با توجه به اینکه احداث ساختمان ها مستلزم هزینه وزمان زیادی می باشد ومقاوم سازی آن ها به طور مستقیم بر روی ایمنی و آرامش نیروهای انسانی به عنوان بزرگترین پشتوانه یک کشور تاثیر دارد، ساختمان ها را جزیی از سرمایه های ملی هر کشوری محسوب میکنند.حضور ایران بر روی کمربند زلزله آلپایدضرورت مقاوم سازی ساختمان ها درکشورمان را بیشتر میکند. وسعت آب وهوای گرم وخشک ومعتدل و وجود منابع کافی فلزات در کشور از یک سو وسرعت خوب اجرا، سهولت ساخت وقیمت مناسب قاب های فولادی از سوی دیگر، موجب رونق استفاده از سیستم قاب های فولادی در صنعت ساختمان ایران شده است.

قاب های ساختمانی تحت اثر بارهای جانبی مانند زلزله دچار تغییر مکان میشوند.متداولترین روش کنترل تغییر مکان های جانبی در قاب های فلزی مهاربندها میباشند که عموما پیکر بندی آن ها از نوع هم محور یا برون محور می باشد.مهاربندی های هم محور سختی سازه را نسبت به قاب خمشی معادل به شدت افزایش داده وتغییر مکان جانبی سازه را محدود می کند اما به علت کمانش اعضای مهاری و رفتار نامناسب در زلزله های گذشته استفاده از این سیستم در مناطق با لرزه خیزی بالا توصیه نمی شود.در مقابل امکان تطابق با ملاحظات معماری و رفتار مناسب تر و قابل پیش بینی در هنگام وقوع زلزله اقبال عمومی برای استفاده از سیستم مهاربندی برون محور افزایش داده است. در عین حال استفاده از این سیستم در سازه ها با ظرافت ویژه ای همراه است ، به طوریکه عدم توجه به طراحی مناسب وتعیین آرایش بهینه،ارتباط متقابل بادبندها وقاب خمشی، نقش پارامترهای مختلف

در بهبودعملکرد این سیستم هاواجرای نکاتی خاص اعتبار این سیستم هارا به راحتی مخدوش می سازد، به همین جهت به نظر میرسد لازم باشدکه در این زمینه بحث بیشتری صورت پذیرد.

در این تحقیق به منظور بررسی سطح عملکرد قاب های فولادی متوسط با مهاربندهای برون محور ابتدا با استفاده از نرم افزارSAP2000 قاب های فولادی متوسط با تعداد دهانه وارتفاع مختلف مدل شده، تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی تحلیل میشوندوتاثیرافزودن مهاربند برون محور هشتی شکل بر سطح عملکرد قاب ها مورد بررسی قرار میگیرد.

.

۲. معرفی قاب خمشی صلب

مهمترین خاصیت این سیستم نحوه اتصال اعضای آن می باشد که به نحو مؤثری در رفتار سازه ای و پایداری سیستم دخیل است.

مزایا:
- عدم تداخل در ملاحظات معماری
- رفتار نسبتاً شکل پذیر
- قابلیت استهلاک انرژی بالا

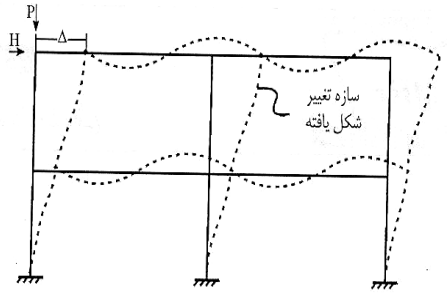
معایب:
- سختی جانبی کم ← تغییر مکان زیاد
- مقاطع بزرگ در ساختمانهای بلند
- و در نهایت غیر اقتصادی شدن

۲-۱. رفتار قابهای خمشی در برابر بارهای جانبی

رفتار یک قاب خمشی در برابر بارهای زلزله در حقیقت چرخش گره ها و ایجاد تغییر شکل های در تیرها و ستون های آن می باشد. این تغییر شکل ها در اثر دو عامل عمده زیر بوجود می آیند.

۱- تغییر شکل ناشی از خمش طره ای

۲- تغییر شکل ناشی از خمش تیرها و ستون ها



۱-تغییر شکل قاب صلب خمشی [۱]

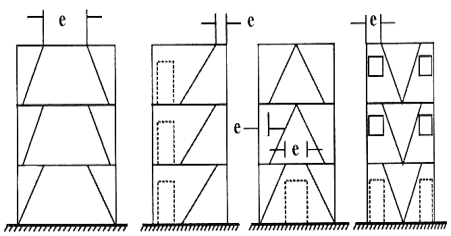
تغییر شکل های غیرخطی قاب های خمشی در نواحی مشخصی از سازه رخ می دهند. در کرنشهای الاستیک بالا این نواحی می توانند به مفصل تبدیل شوند که این مفاصل قابلیت تحمل دوران های با نیروی تقریباً ثابتی را دارند. نواحی فوق معمولاً در انتهای تیرها و ناحیه چشمه اتصال باشند. از تشکیل مفاصل در ستون ها باید جلوگیری شود چرا که ممکن است منجر به ایجاد مکانیزم و انهدام سازه شود که در این حالت اتلاف انرژی کمتری حاصل می شود. .[۱]

۳. معرفی سیستم مهار بند واگرا

ایده استفاده از قاب مهاربندی واگرا اولین بار توسط پروفسور پوپوف و همکارانش مطرح شد و مزیت های منحصر به فرد سیستم شناخته شد و در سال ۱۹۸۰ اولین ساختمان با این سیستم احداث شد. این سازه ساختمان ۱۹ طبقه بانک آمریکا در سان دیگو کالیفرنیا بود. بعد از ساختمان فوق یک ساختمان ۴۴ طبقه در سانفرانسیسکو با این سیستم احداث شد و رفتار بسیار خوبی در زلزله ۱۷ اکتبر سال ۱۹۸۹ لوما پرتیا ازخود نشان داد.

پس از آن کاربرد سیستم EBF به سرعت گسترش یافت و ضوابط طراحی و جزئیات آن در آیین نامه ها درج شد. ابتدا مقررات مربوط به این سیستم در ویرایش ۱۹۸۸ آیین نامه SEAOC مطرح شد که با تغییرات اندکی در ویرایش های جدید آیین نامه NEHRP (۱۹۹۶)، ضوابط مربوط به سیستم EBF از قسمت ضمیمه به متن اصلی آیین نامه منتقل شد و آیین نامه AISC نیز در سال ۱۹۹۲ این سیستم را به عنوان یک سیستم مقبول در نواحی زلزله خیز معرفی نمود.

در این سیستم قسمتی از طول تیر که بین مهاربندی و ستون یا بین دو مهاربندی قرار می گیرد تیر پیوند نامیده می شود. تیر پیوند مانند فیوز شکل پذیر عمل می کند و مقدار زیادی از انرژی ناشی از زلزله را جذب می کند. .[۱]



۲- نمونه هایی از قاب های خارج از مرکز

۴. مزایای روشهای آنالیز غیر خطی

روشهای غیر خطی برای محاسبه واقع بینانه تر نیازهای لرزه ای ساختمان مطرح می شوند زیرا بدین وسیله می توان چگونگی رفتار و عملکرد سازه را پس از ورود به ناحیه غیر خطی در طول یک زلزله مورد بررسی قرار داد.به طور کلی مزایای روشهای تحلیل غیر خطی نسبت به روشهای تحلیل خطی در مرجع FEMA-273/274 بصورت زیر خلاصه شده است:

۱- تخمین واقع گرایانه تر تقاضای نیرو در اجزایی که بالقوه شکننده اند،مانند نیروی محوری در ستونها و لنگر خمشی در اتصالات تیر و ستون.

۲- تخمین واقع گرایانه تقاضای تغییر شکل در اجزایی که باید جهت مقاومت در برابر حرکت زمین ناشی از زلزله متحمل تغییر شکل غیر ارتجاعی شوند.

۳- تخمین واقع گرایانه تر از اثرات کاهش سختی و مقاومت اجزاء بررفتار سیستم سازه ای.

۴- شناختن نواحی بحرانی که در آنها امکان رخ دادن تغییر شکلهای بزرگ وجود دارد.

۵- شناسایی ناپیوستگی های مقاومت

در روش تحلیل استاتیکی غیرخطی، بار جانبی بتدریج افزایش داده می شود تا آنجا که تغییر مکان در نقطه معینی از حد مورد نظر فراتر رود. تغییر شکلها و نیروهای داخلی در هنگام افزایش بار جانبی بطور مداوم تحت نظر قرار می گیرد.

این روش مشابه روش تحلیل استاتیکی خطی است با این تفاوت که:

۱ - رفتار غیر خطی تک تک اعضا و اجزای سازه در تحلیل وارد می گردد.

۲- اثر زلزله بجای اعمال بار مشخص بر حسب تغییر شکل برآورد می گردد.

یکی از مهمترین نتایج این تحلیل تعیین نمودار بار – تغییر مکان یا منحنی ظرفیت است.برای ترسیم این نمودار معمولاً از مقادیر برش پایه در مقابل تغییر مکان جانبی نقطه مرجع تراز بام استفاده می شود. از این نمودار می توان به کمک روش طیف ظرفیت برای تغییر مکان هدف استفاده نمود.علاوه بر آن این تحلیل یکی از روشهای قدیمی در تعیین ضریب رفتار سازه (R) است. [۲]

۴. روش بدست آوردن نقطة عملکرد

در طراحی و بهسازی سازه ها براساس عملکرد سازه تحت یک سری نیروهای جانبی کشیده می شود. با افزایش جا به جایی جانبی، نیروهای موجود در اعضای سازه نیز افزایش می یابند تا حدی که در بعضی از نقاط سازه نیروهای موجود از مقدار نیروهای حد تسلیم فراتر می روند و مفاصل پلاستیک در سازه ایجاد می شوند. با توجه به سطح عملکردی که برای ساختمان انتخاب شده است سازه باید بتواند حد معینی از جا به جایی جانبی را بدون اینکه تغییر شکل ها در منحنی Force-Deformation اعضا از یک حد مجاز فراتر رود تحمل کند. [۳]

اگر در بعضی از اعضا نیرو یا تنش ها از این مقدار بیش تر شوند، این اعضا باید تقویت گردند. مقدار این تغییر مکان برای یک سطح عملکرد معین، مشخص است. این تغییر مکان در FEMS-356 ودر دستورالعمل بهسازی تغییر مکان هدف (Target Displacment) و در ATC-40 جا به جایی تقاضا (Demand Displacement) نامیده می شود. [۴]

روش به دست آوردن نقطهٔ عملکرد در ATC- 40 براساس روش طیف ظرفیت CSM (Capacity Spectrum Method) است. در ATC- 40محل تقاطع منحنی طیف ظرفیت و طیف تقاضا در مختصات جابجایی طیفی - شتاب طیفی نقطهٔ عملکرد (Performance Point) نامیده می شود. .[۵]

با استفاده از رابطهٔ زیر هر نقطه ای از منحنی طیف پاسخ الاستیک با مختصات (T_i, Sa_i) به نقطه ای از منحنی طیف تقاضا با مختصات (Sd_i, Sa_i) در فرمت ADRS تبدیل می شود.

$$Sd_i = \frac{T_i^{\,2}}{4\pi} Sa_i g \qquad (۱)$$

با استفاده از رابطه های زیر هر نقطه از منحنی ظرفیت (پوش آور) با مختصات (δ_i, v_i) به نقطه ای منحنی طیف ظرفیت با مختصات (sd_i, sa_i) در فرمت ADRS تبدیل می شود.

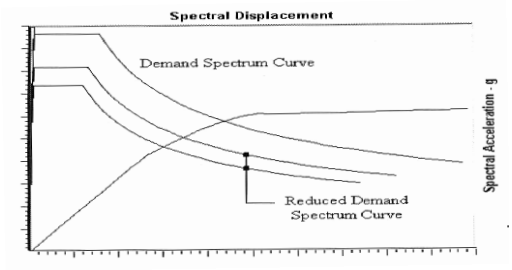
$$Sa_i = \frac{V_i / W}{a_1}$$

$$Sd_i = \frac{\Delta_{roof}}{(PF_1 \times \varphi_{1,roof})} \qquad (۲)$$

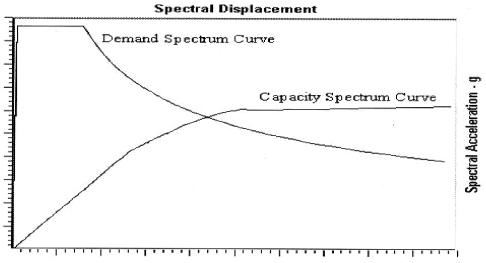
$$a_1 = \frac{\left[\sum_{i=1}^{N} (w_i \varphi_{i1})/g\right]}{\left[\sum_{i=1}^{N} w_i / g\right]\left[\sum_{i=1}^{N} (w_i \varphi_{i1}^2)/g\right]} \qquad (۳)$$

$$PF_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (w_i \varphi_{i1})/g}{\sum_{i=1}^{N} (w_i \varphi_{i1}^2)/g}$$

منحنی طیف تقاضای الاستیک با میرایی β_{eff} کاهش یافته با منحنی ظرفیت تداخل داده می شود.



شکل۳- منحنی های طیف تقاضای کاهش یافته پس از اعمال ضرایب کاهش طیفی در هر مرحله.[۳]



شکل۴- منحنی طیف ظرفیت و طیف پاسخ همراه با یکدیگر در فرمت ADRS [۳]

۵. مدل سازی و بررسي و آنالیزنمونه ها

در این تحقیق برای مقایسه اثر مهاربندهای برون محور هشتی شکل بر سطح عملکرد قابهای خمشی متوسط، قابهای دو بعدی با تعداد دهانه و تعداد طبقات مختلف در دو حالت در نظر گرفته شده است، به این صورت که ابتدا قابها به صورت قابهای خمشی متوسط بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ ویرایش سوم،مبحث ششم و مبحث دهم مقررات ملی ساختمان تحلیل و طراحی شده است و پس از معرفی پارامترهای مربوط به آنالیز پوش آور و اختصاص مفاصل پلاستیک تحت آنالیز استاتیکی غیر خطی قرار گرفته و سطح عملکرد آنها بدست آمده است، سپس با افزودن مهاربندهای هشتی شکل برون محور سطح عملکرد قابهای جدید محاسبه گردیده است.

۵-۱ مشخصات هندسی نمونه ها و نامگذاری آنها

نمونه های مورد بررسی قابهای ۴، ۷و ۱۵ طبقه با ۳و ۵ دهانه می باشند، طبقات با ارتفاع یکسان ۳ متر و دهانها به طول یکسان ۴ متر در نظر گرفته شده است، همچنین موقعیت مهار بندها در قاب نیز بصورت متقارن در نظر گرفته شده است. مقاطع تیرها و ستونها و بادبندها بر اساس تحلیل خطی و نسبت تنش نزدیک به یک بدست آمده است

. برای اختصار در نامگذاری قابها علائم زیر استفاده شده است:

R : قاب های خمشی RE : قاب های خمشی+مهاربند EBF

۵-۲ مشخصات مصالح

فولاد مصرفی در قابهای مورد بررسی از نوع St37 با $F_U = 3700^{kg}/_{cm^2}$ است در مدل سازی رفتارخطی سازه ازمشخصات کران پایین مقاومت مصالح (Lower-Bound Strength) و در مدل سازی رفتار غیر خطی در اعضای کنترل شونده توسط تغییر شکل از مشخصات مقاومت مورد انتظار (Expected Strength) استفاده شده است. بر اساس دستور العمل بهسازی مشخصات مصالح مورد انتظار برای فولاد برابر است با:

$$St_{37} \rightarrow \begin{cases} F_{ue} = 1.1F_u = 1.1\times 3700 = 4070^{kg}/_{cm^2} \\ F_{ye} = 1.1F_y = 1.1\times 2400 = 2640^{kg}/_{cm^2} \end{cases}$$

جدول ۱- مشخصات مصالح فولادی

مشخصه	واحد
وزن واحد حجم	$7.849\times10^{-3}\ {kgf}/_{cm^3}$
مدول الاستیسیته	$2.1\times10^{6}\ {kg}/_{cm^2}$
ضریب پواسون	0.3
تنش تسلیم	$2400^{kg}/_{cm^2}$

۵- ۳ مشخصات خاک محل احداث

نمونه های مورد بررسی بر روی زمین نوع چهار بر اساس آیین نامه ۲۸۰۰ با خطر نسبی خیلی زیاد می باشد، با توجه به نوع خاک و محل احداث ساختمان پارامترهای مربوط به ضریب بازتاب ساختمان برابر است با: T_0=0.15، T_S=1، S=1.75 . [۶]

٤-۵ مشخصات بارهای اعمالی

قابهای مورد بررسی ازساختمانهایی با کاربری مسکونی و سقف تیرچه بلوک با بار مرده ۶۰۰ و بار زنده ۲۰۰ فرض شده است. عرض بارگیر قابها ۳ مترمی باشد. در آنالیز استاتیکی خطی نیروی زلزله با استفاده از رابطه محاسبه می شود. بر اساس جدول ۱ آیین نامه ۲۸۰۰ وزن مؤثر ساختمان در هنگام زلزله در بام های مسطح برابر با کل بار مرده بعلاوه ۲۰٪ بار زنده است.

برای قاب خمشی متوسط R=7 و برای ساختمانهای مسکونی I=1 می باشد.

ترکیبات بارگذاری در آنالیز استاتیکی خطی مطابق با ترکیبات مبحث دهم مقررات ملی ساختمان فرض شده و برای ترکیبات بارگذاری آنالیز استاتیکی غیر خطی بر اساس دستور العمل بهسازی لرزه ای دو ترکیب بار برای در نظر گرفتن اثرات بار ثقلی مرده و زنده معرفی شده است.این ترکیبات بار عبارتند از:

$$Q_G = 1.1(Q_D + Q_L) \quad (۴)$$

$$Q_G = 0.9Q_D \quad (۵)$$

بر اساس دستور العمل بهسازی Q_Dبارمرده وQ_L بار زنده بر اساس مبحث ششم مقررات ملی ساختمان می باشد. در این مدل ها ابتدا ترکیبات بار ثقلی معرفی شده و سپس آنالیز استاتیکی غیر خطی تحت اثر الگو های بار جانبی در ادامه این حالات بارگذاری انجام شده است. [۷]

۵-۵ مشخصات الگوی توزیع بار جانبی

بر اساس دستور العمل بهسازی از الگوهای بارگذاری الگوی متناسب با بار جانبی در روش استاتیکی،الگوی متناسب با شکل مود اول ارتعاش والگوی توزیع یکنواخت حداقل دو الگوی بار جانبی برای ارزیابی سازه باید در نظر گرفته شود. الگو های بار جانبی باید در دو جهت مثبت و منفی به صورت جدا گانه به سازه اعمال گردد.

۵-۶ پارامترهای تحلیل استاتیکی غیر خطی

همانطور که قبلاً بیان شد روش کار در تحلیل استاتیکی غیر خطی بدین ترتیب است که ابتدابابد بارهای ثقلی به سازه اعمال گردد، ترکیبات بار ثقلی دستور العمل بهسازی فقط برای بررسی اثر همزمان بارهای ثقلی و بارهای جانبی ناشی از زلزله است و برای ارزیابی باربری ثقلی سازه استفاده نمی شود. به طور کلی در تحلیل های غیر خطی دو نوع اثرات غیر خطی می توان در نظر گرفت، این اثرات عبارتند از:تحلیل هندسی که مربوط به اثرات $p-\Delta$ و تغییر شکل های بزرگ است و دیگری اثرات غیر خطی مصالح می باشد که با تعریف مشخصات مفاصل در مدل ها تأثیر داده می شود.

رفتار اعضاء سازه ای تحت اثر بارهای زلزله در آزمایشگاه به وسیلهٔ نیروهای رفت و برگشتی مدل سازی می شودو با استفاده از نمودار هیسترزیس که نشان دهندهٔ نمودار بار – جابجایی است ارزیابی می گردد، اکثر آیین نامه ها و نرم افزارهای کامپیوتری به منظور ساده سازی رفتار اعضا تحت اثر بارهای ناشی از زلزله از مدل چند خطی برای مدل سازی استفاده می کنند.

همچنین با توجه به اینکه در قابهای مورد بررسی اثر میان قاب ها و اجزای غیر سازه ای دیگر در مدل سازی در نظر گرفته نشده و تنها تیر و ستونها مدل شده اند، مشخصات مفاصل پلاستیک و معیارهای پذیرش با توجه به محدودیتهای لاغری بال و جان مقاطع بر اساس ستون اعضای اصلی جدول ۵-۳ دستور العمل بهسازی لرزه ای برداشت شده است. برای تیرها مفاصل بصورت خمشی و برای ستونها به صورت اندرکنش محوری و خمشی در نظر گرفته شده است. همچنین پس از افزودن مهار بندهای برون محور هشتی شکل با توجه به طول تیر پیوند مفصل برشی بر روی تیر پیوند تعریف شده است، اثرات سخت شدگی کرنشی مطابق دستور العمل بهسازی لرزه ای با در نظر گرفتن شیبی برابر با ۳٪ شیب قسمت الاستیک در نظر گرفته شده است. همچنین کلیه اعضا به صورت کنترل شونده توسط تغییر شکل تعریف شده اند.

۵-۷ بررسی نتایج

نتایج آنالیز قابهای مورد مطالعه در جداول ۲و۳ نشان داده شده است، نتایج مربوط به سیستم بادبندی مناسب و توزیع بار جانبی بحرانی، ملاک قرار گرفته اند. هم چنین تغییر مکان نسبی مربوط به اولین تغییر مکان بزرگتر از تغییر مکان هدف می باشد. [۸]

جدول ۲- پارامتر های کنترل معیارهای پذیرش کلی ساختمان برای قابهای ۳ دهانه

ردیف	نام قاب	ارتفاع قاب	جابجا یی جانبی بام	$\frac{V_P}{V_y}$	$\frac{\Delta}{h}$	سطح عملکرد قاب
۱	R5D-4T	1200	32.97	1.0576	0.0275	CP
۲	RE5D-4T	1200	3.046	1.07683	0.0025	IO
۳	R5D-7T	2100	42.817	1.0873	0.0204	CP
۴	RE5D-7T	2100	2.572	0.607	0.0012	IO
۵	R5D-15T	4500	75.742	1.0797	0.0168	LS
۶	RE5D-15T	4500	7.071	0.9824	0.0016	IO

در بررسی قابها با سه دهانه نتایج نشان می دهد که در تمامی قاب ها سیستم برون محور سیتم مناسبی جهت تقویت به نظر می رسد میزان کاهش جابجایی بام برای قابهای ۱۵ طبقه نسبت به قابهای ۴و ۷ طبقه کمتر می باشد ولی این تفاوت زیاد نیست.

جدول ۳- پارامتر های کنترل معیارهای پذیرش کلی ساختمان برای قابهای ۵ دهانه

ردیف	نام قاب	ارتفاع قاب (cm)	جابجا یی جانبی بام (cm)	$\frac{V_P}{V_y}$	$\frac{\Delta}{h}$	سطح عملکرد قاب
۱	R3D-4T	1200	31.308	1.0722	0.0261	CP
۲	RE3D-4T	1200	4.856	1.1889	0.0040	IO
۳	R3D-7T	2100	43.025	1.1186	0.0205	CP
۴	RE3D-7T	2100	12.364	1.3744	0.0059	IO
۵	R3D-15T	4500	76.451	1.082209	0.0170	LS
۶	RE3D-15T	4500	8.37	1.0573	0.0019	IO

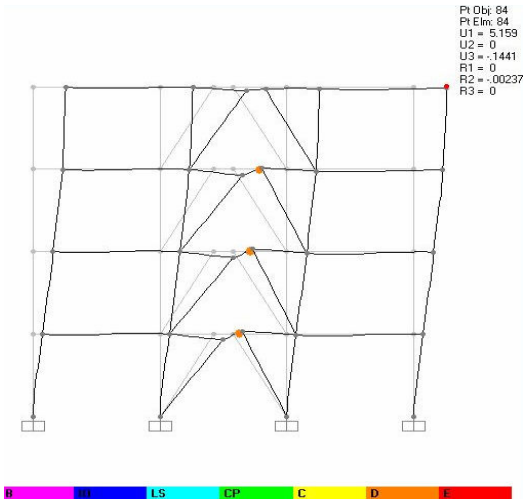
در این دهانه نیز سیستم تقویت با مهار بند EBF برای قابها با ارتفاع کمتر عملکرد بهتری را نشان می دهد.تنها برای قاب هفت طبقه تقویت شده با EBF مقاومت جانبی تأمین نشده است.

پس از بررسی جابجایی نسبی طبقات موارد ذیل بدست آمده است:

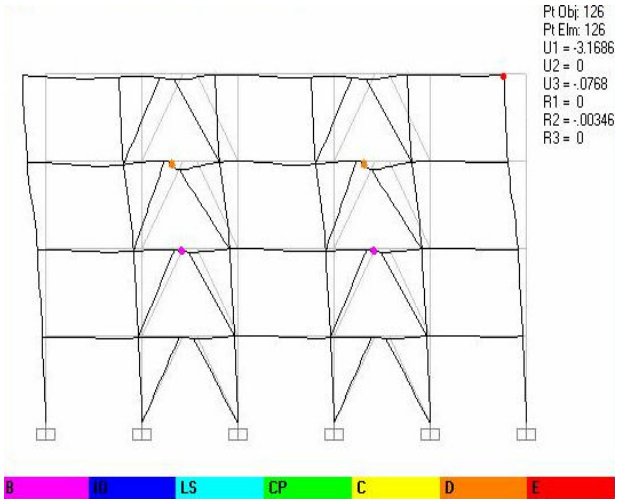
- در قابهای تقویت شده سه دهانه جابجایی نسبی بام برای هیچ یک از طبقات از ۱ درصد ارتفاع طبقه تجاوز نکرده است
- در قابهای تقویت شده پنج دهانه جابجایی نسبی بام برای هیچ یک از طبقات از ۲ درصد ارتفاع طبقه تجاوز نکرده است ، جابجایی نسبی بام در طبقات سوم و چهارم از ۱ درصد ارتفاع طبقه تجاوز نموده است.

۵-۸ کنترل وضعیت اعضاء در نقطه عملکرد

برای این که سازه جوابگوی سطح عملکردی مورد نظر باشد، باید در تغییر مکان هدف هیچ کدام از مفاصل سازه در محدودهٔ تغییر شکل های فراتر از معیارهای پذیرش سطح عملکردی انتخاب شده قرار نگیرد. در غیر این صورت اعضایی که در آنها مفاصلی با در محدودهٔ تغییر شکل های فراتر از معیارهای پذیرش سطح عملکردی انتخاب شده تشکیل می شود باید تقویت شوند. برای نمونه چند قاب در شکل زیر آورده شده است.



شکل ۵- مفاصل تشکیل شده در قاب ۴طبقه ۳دهانه



شکل ۶- مفاصل تشکیل شده در قاب ۴طبقه ۵دهانه

مکان وتعداد مفاصل تشکیل شده در محدوده بزرگتر از سطح عملکرد قاب در اعضا در اولین تغییر مکان بزرگتر از تغییر مکان هدف در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول۴- تعداد مفاصل تشکیل شده در محدوده بزرگتر از سطح عملکرد قاب

ردیف	نام قاب	سطح عملکرد قاب	تعداد مفاصل تشکیل شده در محدوده بزرگتر از سطح عملکرد قاب	مکان تشکیل مفصل
۱	RE3D-4T	IO	۳	تیر
۲	RE3D-7T	IO	۴	تیر
۳	RE3D-15T	IO	۱	تیر
۴	RE5D-4T	IO	۲	تیر
۵	RE5D-7T	IO	۰	تیر
۶	RE5D-15T	IO	۰	تیر

٦. نتیجه گیری

با توجه به فصول قبل می توان به نکات زیر به عنوان جمع بندی اشاره نمود.

۱-استفاده از سیستم مهاربندهشتی شکل برون محور برای تقویت قاب خمشی در ساختمان های کوتاه ومتوسط مناسب به نظر می رسد.اما باید وضعیت مفاصل تشکیل شد ه در اعضا کنترل گردد ودر صورت نیاز اعضایی که وضعیت مفاصل در آن ها در محدوده بزرگتر از سطح عملکرد کل ساختمان قرار دارداصلاح گردد.

۲-در کلیه قاب ها پس از افزودن مهاربند به قاب سختی جانبی سیستم افزایش می یابد وموجب کاهش تغییر مکان جانبی قاب ها می گردد.

۳-با توجه به نمودارهای پوش رسم شده برای توزیع بارهای جانبی مختلف به خوبی فرض توزیع بار جانبی به صورت مثلثی در اکثرآیین نامه ها به جای توزیع بار جانبی مد اول سازه تایید می گردد.

۷. مراجع

۱ . احمد نیکنام، ابرهیم ثنایی، جواد هاشمی، حسن باجی،" رفتار و ضوابط طراحی لرزه ای ساختمانهای فولادی بر مبنای آیین نامه UBC"، انتشارات دانشگاه هرمزگان و انتشارات سالکان؛ چاپ اول ۱۳۸۱

۲. نوشادروان،آرش.،"روش طیف ظرفیت در طراحی بر اساس عملکرد سازه های بلند"پایان نامه پایان نامه کارشناسی ارشد- دانشگاه تهران ۱۳۸۱

۳. رامین تقی نژاد، " طراحی و بهسازی سازه ها بر اساس سطح عملکرد با استفاده از تحلیل پوش آور SAP2000-ETABS"، انتشارات کتاب دانشگاهی چاپ صادق، چاپ اول، ۱۳۸۸

4. FEMA-356, Prestandard And Commentary For The Seisemic Rehabilitation Of Buildings, Prepared by American Society Of Civil Engineers, Reston, Virginia, Prepared for Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., November 2000, Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C.

5. ATC-40 Report,Applied Technology Council, Seisemic Evaluation and Retrofit of concrete Buildings Volume 1,Redwood City, California, November 1996.

۶ . کمیته دائمی بازنگری آیین نامه طراحی ساختمانها در برابر زلزله "آیین نامه طرح ساختمانها در برابر زلزله- استاندارد ۲۸۰۰ ویرایش سوم، انتشارات مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن ، وزارت مسکن و شهر سازی،تهران" ،۱۳۸۴

۷. دفتر امور فنی و تدوین معیارها،سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور،" دستور العمل بهسازی لرزه ای ساختمانهای موجود "،پژوهشکده بین المللی زلزله شناسی و مهندسی زلزله،۱۳۸۱

۸ . سمانه خاکسفیدی، "سطح عملکرد قاب های فولادی متوسط با مهار بندی برون محور هشتی شکل تحت بارگذاری استاتیکی غیر خطی"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم و فنون مازندران،بابل، اردیبهشت ۱۳۸۹