اصول طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد و اهداف برج شانگهای

خلاصه

از آنجا که هم از نظر ارتفاع و هم بی نظمی، برج شانگهای متفاوت با الزامات آیین نامه ای موجود در چین بود، به همین دلیل برای طراحی آن نیاز به روشی جدید بر مبنای عملکرد لرزه ای برای طراحی سازه های بلند مرتبه مورد نیاز بود. اصول PBSD و این ساختمان در اینجا نشان داده شده است. عملکرد لرزه ای برج شانگهای بر طبق: عملکرد کامل تحت فرکانس های لرزه ای، عملکرد بر اساس زلزله های مبنا و عمر سالم ماندن آن تحت زلزله می باشد. معیار های طراحی اجزاء و سیستم های سازه ای برای رسیدن به عملکردی مطابق آنچه نشان داده شد، است. الزامات فردی از ظرفیت حمل بار و تغییر شکل وارده در انواع مختلف از اجزای سازه ای تحت سطوح مختلف زلزله به منظور دستیابی به عملکرد از پیش تعریف شده می باشد. الزامات طراحی لرزه ای و ارزیابی آن در ادامه بیان می شود.

۱. مقدمه

نتیجه رشد سریع اقتصادی و شهرنشینی، ساخت ساختمان بلند متعددی در سرزمین چین، در بیست سال اخیر می باشد. با توجه به طیف گسترده ای از نیاز اجتماعی برای مقاصد تجاری و یا زیبایی شناسی، در دسترس بودن محدود زمین و اولویت برای متمرکز کردن خدمات، ارتفاع ساختمان های بلند را بلندتر کرده است. همچنین پیکربندی و همچنین سیستم های سازه ای در سال های اخیر پیچیده تر شده و در نتیجه تعداد زیادی دستورالعمل برای ساختمان های بلند به وجود آمده است. رفتار منحصر به فرد این سازه ها و طراحی با آیین نامه های موجود چالش جدید مهندسان است، از آنجا که رفتار سازه های بلند پیچیده است پیش بینی آن دشوار است. آیین نامه های فعلی حداقل الزامات را برای طراحی ایمن برای جان و مال فراهم می کند. نگرانی در آیین نامه، استفاده از روش های جایگزین توصیه نشده برای طراحی است هر چند این روش های غیرمجاز به خوبی تعریف نشده اند. معمولاً در هر مورد نیاز به جزئیاتی برای کار کردن می باشد.

در سرزمین اصلی چین در سال های اخیر، استفاده از روش PBSD در طراحی ساختمان های بلند با بی نظمی و یا ارتفاع فراتر از آیین نامه مشخصات بسیار توصیه شده است، در روش های مهندسی به منظور کنترل آسیب های لرزه ای و زیان های اقتصادی، ترویج استفاده از فن آوری های پیشرفته در ساخت و ساز و پاسخگویی به نیازهای متنوع و اهداف صاحبان، کاربران و جامعه است. با این حال، این موضوع با استفاده از روش کلی PBSD برای ساختمان های بلند فراتر از محدوده آیین نامه های طراحی در مهندسی قابل دسترسی نیست. برای هر پروژه، یک پنل بررسی دقیق زمین لرزه باید تشکیل شود و به ارائه مستقل و بررسی فنی آن جنبه هایی از طراحی ساختاری از ساختمان که به عملکرد لرزه ای مربوط است، بپردازد.

در روش PBSD عمومی توسعه یافته تا به حال می تواند به دو نوع طبقه بندی PBSD غیر مستقیم و PBSD مستقیم، تقسیم بندی کرد. برای PBSD غیر مستقیم، پس از مرحله طراحی مفهومی تحلیل بر اساس نیرو برای تعیین نیروها و یا تنش های وارده و طراحی اولیه قطعات و سیستم های سازه برای اولین بار انجام شده و سپس تغییر شکل و یا آسیب زمین لرزه برآورد شده و در برابر محدودیت از پیش تعیین شده بررسی می شود و طراحی باید به نحوی باشد تا عملکرد از پیش تعریف شده بدست آید. که می

توان به راحتی این روش را اعمال کرد به خصوص اینکه برای سازه های با نامنظمی موجود مناسب است. روش PBSD مستقیم به طور مستقیم با جابجایی از پیش تعیین شده و یا شاخص خسارت، با سطح عملکرد طراحی، نسبت ساختار شروع می شود و پس از آن انجام تحلیل پاسخ و تحلیل انجام می شود. جابجایی مستقیم مبتنی بر طراحی لرزه ای یکی از روش های مناسب است که به راحتی می توان به فلسفه PBSD گنجانیده شود. اگر چه این روش طراحی لرزه ای مبتنی بر جابجایی مستقیم به نظر امیدوار کننده می رسد، از آن به اندازه کافی به طور مستقیم برای ساختمان های مختلف به کار برده نمی شود، زیرا عمدتاً برای ساختارهای منظم مناسب است.

در این مقاله روش PBSD کلی ترکیبی از تجربه کسب شده از کارهای گذشته و آیین نامه های طراحی در حال حاضر مورد استفاده در سرزمین چین می باشد که برای ساختمان های بلند خلاصه شده است. بر طبق این روش اصول PBSD و برج شانگهای را می توان معرفی کرد. برج ۱۲۴ طبقه ای شانگهای در منطقه مالی و تجاری Lujiazui که برای استفاده اداری و هتل به کار میرود در شانگهای چین واقع شده است. ارتفاع کل آن ۶۲۳ متر است که ارتفاع سازه آن ۵۸۰ متر است. که در دسته سازه هایی که از نظر ارتفاع و نامنظمی بیش از حدود تعیین شده در آیین نامه های لرزه ای چین می باشند، قرار می گیرد. با توجه به توصیه های ارائه شده توسط پانل بررسی دقیق زمین لرزه، طراحی لرزه ای مبتنی بر عملکرد و تحلیل انجام شده است. اصول PBSD و ساختمان در اینجا ارائه شده اند.

۲. روش کلی برای PBSD ساختمان های بلند فراتر از آیین نامه (ساختمان هایی که اصول طراحی آنها خارج از استاندارد هاست).

تفاوت طراحی لرزه ای ساختمان های بلند آیین نامه سازگار عادی، مهم ترین امر برای طراحی لرزه ای ساختمان های بلند می باشد تا نشان دهد که ایمنی لرزه ای مورد نظر و اهداف عملکرد را می توان به رغم وجود اطمینان نامطلوب آیین نامه بیش، با در نظر گرفتن اقدامات موثر برای مقابله با اثرات منفی اعمال شده توسط آیین نامه بیشتر می باشد. مولفه های کلیدی و موقعیت ضعف بالقوه مربوط به آیین نامه بیش از شرایط باید مشخص شده و در نتیجه با تقویت کردن به طوری که آنها دیگر برای اولین بار دچار شکست و یا آسیب شدید نشوند. فلسفه طراحی مشترک، مانند تیر ضعیف و ستون قوی، استحکام خمشی ضعیف و مقاومت برشی قوی، و عضو ضعیف و اتصال قوی با تقویت اعضا حاصل می شود. درک خوب از رفتار سازه تحت زلزله پیش نیاز لازم برای به انجام رساندن این وظیفه است. عملکرد مهندسی خوب و قضاوت در برخی موارد حیاتی است. شواهد کافی برای حل های ساختاری و تحقق عملکرد لرزه ای از پیش تعریف شده اهداف باید توسط مطالعات تحلیلی جامع و یا آزمایش ارائه شود.

معیار طراحی باید بر اساس عملکرد خواسته شده باشد. این حداقل معیارهای پذیرشبه طوری است که اطمینان حاصل شود که عملکرد هدف می تواند صورت گیرد. به طور خاص، شناسایی مولفه های کلیدی و موقعیت بالقوه ضعف، و با توجه به مقادیر محدوده پاسخ باید به تقویت عملکرد لرزه ای آنها پرداخت. معیارها معمولاً از نظر مقادیر تنش، ظرفیت حمل بار، تغییر شکل مانند کرنش، دوران پلاستیک، تغییرمکان نسبی طبقه ای و غیره می باشند.

روش PBSD شامل دو مرحله طراحی است. در مرحله اول، طراحی اولیه، با تنظیمات اولیه و طرح سازه انتخاب شده تکمیل می شود، آیین نامه گسترش دهنده، شناسایی شده و اهداف عملکرد لرزه ای بر این اساس تعیین می شود. علاوه بر این، اجزای ساختاری کلیدی که به ایمنی لرزه ای به طور کلی بسیار مهم می باشد، مشخص و مورد تأکید خاص است. معیارهای طراحی برای رسیدن به

اهداف عملکرد مورد نظر هستند. الزامات عملکردی مختلف برای اجزای مختلف سازه ای مطرح می شود. اثرات لرزه ای تحت زلزله های مکرر و اثرات دیگر عوامل بر اساس رفتار الاستیک خطی تعیین می شوند. ابعاد و تقویت سازه ها با استفاده از طراحی مبتنی بر مقاومت (نیرو) انجام می شود. روش عمومی برای تعیین اثرات لرزه ای با استفاده از طیف طرح الاستیک مورد تحلیل قرار می گیرد.

در مرحله دوم، عملکرد لرزه ای ساختمان مورد نظر، با تحلیل عددی جامع، مورد ارزیابی قرار می گیرد. برای ساختمان های بلند که تا حد زیادی بیش از حد مجاز ارتفاع و یا بسیار پیچیده و یا منحصر به فرد و همچنین سیستم سازه نوآورانه، بدون تجربه طراحی و پایگاه های ارجاعی می باشند، آزمایش ساختاری در مفاصل، عضو یا مدل کامل سازه بسیار توصیه می شود برای این منظور به مطالعه رفتار سازه و به طور مستقیم بررسی عملکرد لرزه ای آن می پردازند. اگر اهداف عملکرد لرزه ای از پیش تعریف شده راضی کننده نباشد، طراحی باید تا زمانی که نتیجه ارضاء کننده تکرار گردد. فلوچارت روش PBSD عمومی در شکل ۱ نشان داده شده است.

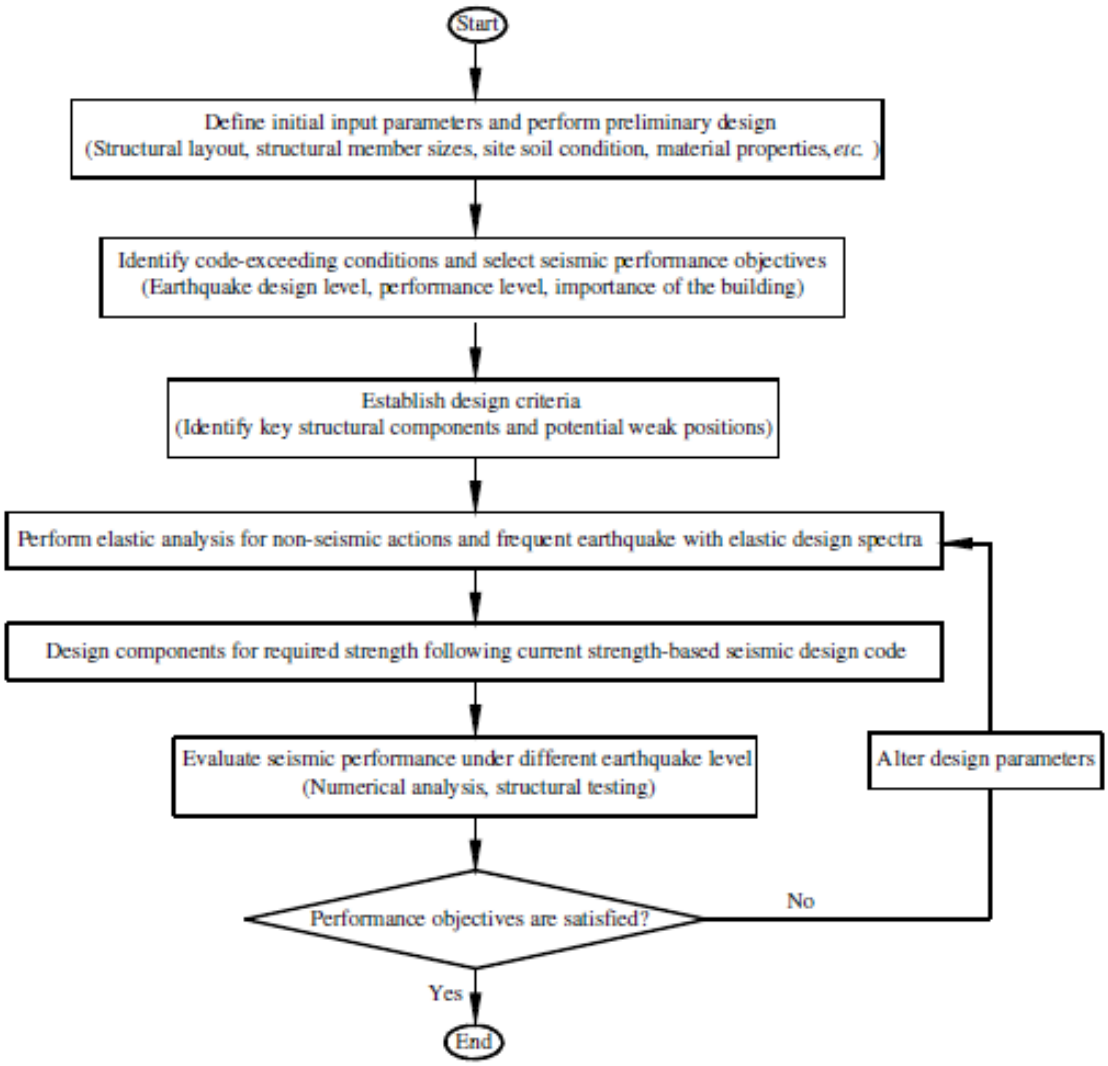

Fig. 1: Flowchart of performance-based seismic design procedure

شکل ۱. فلوچارت فرآیند طراحی لرزه ای بر اساس عملکرد

۳. توصیف ساختار سازه ای برج شانگهای

کامپوزیت فولاد بتن ابرسازه برج شانگهای، به هشت منطقه (ناحیه) در جهت عمودی تقسیم می شود، مقاوم در برابر بارهای جانبی با تقویت هسته دیوار برشی بتنی تقویت شده مرکزی متصل با کامپوزیت ابر قاب از طریق شش دو مهاربند طبقه بالا، همانطور که درشکل ۲ نشان داده شده است. بارهای ثقلی زمین با سیستم کف کامپوزیت فولاد بتن تحمل می شود. هسته مربع شکل با عمق ۳۰ متر است و با بالهای مختلف با ضخامت ۱,۲ متر در پایین به ۰,۵ متر در بالا، و با جان با ضخامت ۰,۹ متر در پایین به ۰,۵ متر در بالای صفحه. با توجه به نیازی که از عملکرد سازه داریم در منطقه ۵، چهار گوشه از هسته حذف شده و در سمت چپ هسته به صورت صلیب است. قاب ابر مرکب از ۸ ستون ابر، ۴ ستون گوش، هشت کمربند خرپایی دایره ای که به صورت مساوی در هشت منطقه توزیع شده است. طبقات حاوی کمربند خرپایی به عنوان طبقات سخت در نظر گرفته می شود. پلان ساختمان طبقات ۱۹F و ۲۲F در شکل ۳و۴ نشان داده شده است. هشت ابرستون تا بالای منطقه ۸ بالا آمده، در حالی که چهار ستون گوشه ای در بالای منطقه ۵ به پایان می رسد. ابرستون ها با مقطع متغیر از ۵,۳ متر، ۳,۷ متر در پایین تا ۲,۴ متر ۱,۹ متر در بالا تشکیل شده اند. کمربند خرپایی به عنوان اعضایی جهت انتقال بارهای عمودی وارده به کف ها بین طبقات قوی به ستون های ابر شناخته می شوند. در هر منطقه دو بالکن دایره ای موازی جهت افزایش مقاومت در برابر پیچش قرار داده می شود. همه بالکن ها از مقاطع فلزی H شکل تشکیل شده است. ۶ بالکن بیرونی به ترتیب در مناطق ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸ توزیع شده اند. بالکن های بیرونی به خوبی سختی در برابر زلزله را افزایش داده و باعث کاهش دریفت بین طبقات می شود. تمام اجزای اصلی طبقات سخت در شکل ۵ نشان داده شده است. بیست یکمین طبقه دارای خرپاهای شعاعی در طبقه سخت برای انتقال بارهای عمودی از جدار بیرونی دیوارها و کف به کمربند خرپایی، می باشد. پلان خرپاهای شعاعی در شکل ۶ نشان داده شده است.

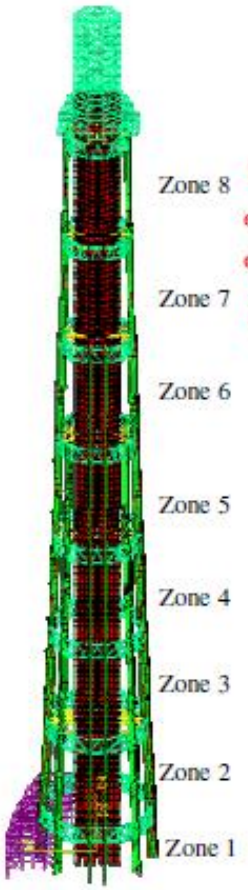

Fig. 2: Perspective view of main structure

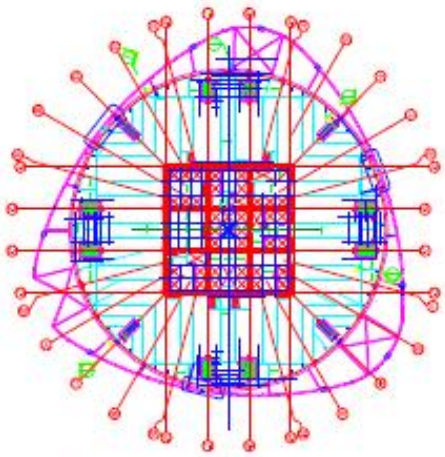

Fig. 3: Plan layout of 19F

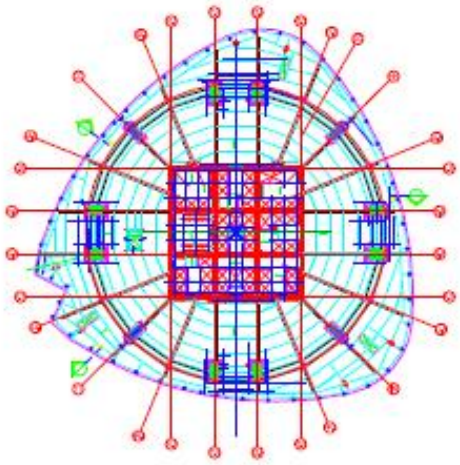

Fig. 4: Plan layout of 22F

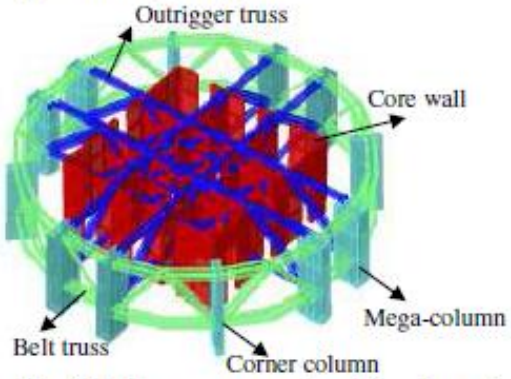

Fig. 5: Main components in stiffened stories

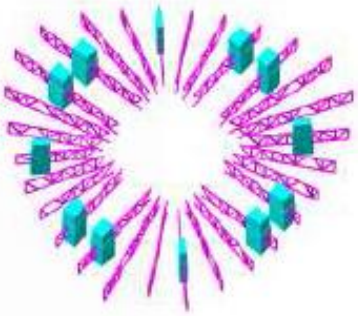

Fig. 6: Plan layout of radial trusses

شکل ۲. چشم انداز و نمای سازه اصلی شکل ۳. طرح نقشه ۱۹F شکل ۴. طرح نقشه ۲۲F شکل ۵. اعضای اصلی در طبقات دارای سختی زیاد شکل ۶. طرح نقشه خرپاهای شعاعی

موارد زیر به عنوان آیین نامه-بیش مشخص شده است:

۱) کل ارتفاع سازه ۵۸۰ متر که بیش از حد ۱۹۰متری آن قاب RC کامپوزیت با هسته لوله ای اشاره شده است.

۲) ارتفاع بی نظمی شامل چندین طبقه دارای سختی و انتقالی بیش از حد مجاز.

۳) طول معلق ۱۴ متر خرپای شعاعی در طبقات سخت بیش از حد ۴ متر مجاز و ۱۰ درصد از دهانه کل .

۴. حرکات شدید زمین یا زلزله

سه سطح خطر لرزه ای شامل زلزله جزئی و یا مکرر با احتمال بیش از ۶۳٫۲٪ در ۵۰ سال، زلزله متوسط یا پایه با احتمال بیش از ۱۰٪ در ۵۰ سال (دوره بازگشت ۴۷۵ سال)، و زلزله قوی و یا نادر با احتمال بیش از ۲٪ در ۵۰ سال (۲۴۷۵ سال دوره بازگشت)، می باشد که با توجه به آیین نامه طراحی لرزه ای حال حاضر چین در نظر گرفته شده است. شدت حساسیت لرزه ای شانگهای هفت

است. اوج شتاب زمین (PGA) مربوط به زلزله های مکرر، زلزله های پایه ای، و زلزله نادر با شدت ۷ برابر با ۳۵، ۱۰۰ و ۲۰۰ گال بوده است.

برای ارزیابی عملکرد لرزه ای سازه توسط تحلیل تاریخچه زمانی،زمین لرزه مناسب باید به عنوان تحریک لرزه ای انتخاب شوند. قوائد انتخاب به صورت زیر است: ۱) وضعیت خاک محل از لحاظ حرکت های ثبت شده شبیه به خاک محل ساخت و ساز باشد، که به عنوان نوع IV (خاک نرم) طبقه بندی می شود. ۲) مدت زمان موثر است بین پنج تا ده برابر پریود ارتعاش بنیادی می باشد که در حدود ۹ ثانیه است. ۳) برش پایه کل به دست آمده از تحلیل تاریخچه زمانی با استفاده از هر مجموعه ای از حرکات باید کمتر از ۶۵٪ پاسخ بدست آمده از تحلیل طیف پاسخ با استفاده از طیف طراحی باشد و به طور متوسط برش پایه به دست آمده با استفاده از تمام حرکات زمین باید کمتر از ۸۰٪ پاسخ بدست آمده از تحلیل طیف پاسخ معین باشد. نسبت میرایی برای زلزله های مکرر و پایه ای ۴٪ و برای زلزله نادر ۵ درصد گرفته شده است. هفت مجموعه سه بعدی زلزله از جمله پنج مجموعه از حرکات طبیعی و دو مجموعه از حرکات مصنوعی بر این اساس انتخاب شده است. پنج مجموعه زلزله طبیعی از زلزله های، ۱۹۷۱ زلزله سان فرناندو، ۱۹۶۸ زمین لرزه ناشی از آتشفشان Borrego و زلزله سال ۱۹۸۵ مکزیک ثبت شده است. مقایسه بین طیف طراحی و طیف یک مولفه افقی حرکات فردی در شکل ۷ نشان داده شده است.

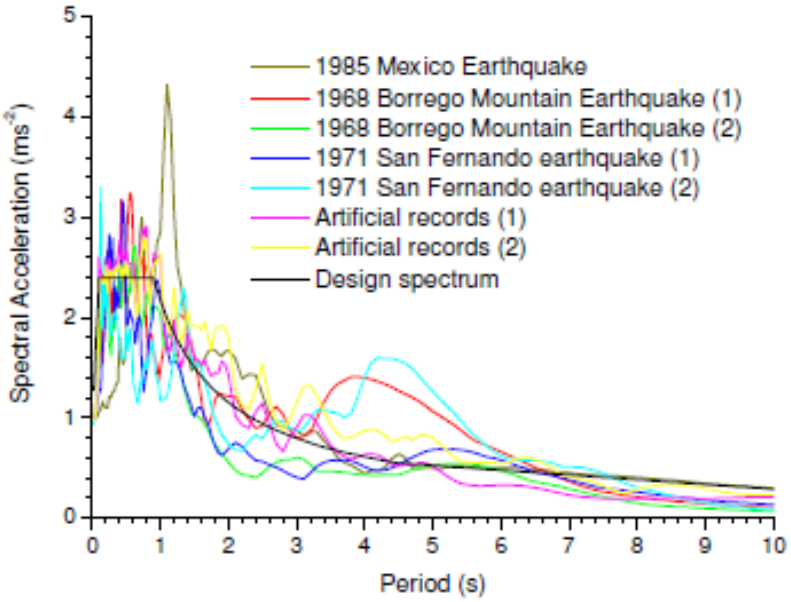

Fig. 7: Design Spectrum and spectra of selected earthquakes

شکل ۷. طیف طرح و طیف زلزله های انتخابی

۵. اهداف عملکرد و معیارهای طراحی

اهداف عملکردی لرزه ای با توجه به سطوح مورد انتظار حرکات لرزه ای به عنوان سطح عملکرد مورد انتظار تعریف می شود. با توجه به اینکه هم ارتفاع وهم بی نظمی برج شانگهای بسیار فراتر از خصوصیات آیین نامه می باشد، عملکرد لرزه ای آن در مقایسه با ساختمان های معمولی که با توجه به مشاوره پنل بررسی دقیق زمین لرزه به تصویب رسیده است، افزایش می یابد که به صورت زیر

شرح داده می شود: عملکرد کامل تحت زلزله های مکرر، عملکرد آن تحت زلزله های پایه ای و عمر ایمنی تحت زلزله های نادر. دیوار های هسته ای، ابرستون، کمربند خرپایی و تاج در بالا به عنوان اعضای اصلی ساختاری لرزه ای مهم برای ایمنی از ساختار کلی سازه شناخته می شوند. طبقه های زیر پتانسیل طبقه ضعیف بودن را دارند: طبقات پایین واقع در ناحیه ۱ و ۲، طبقه سخت، و یک طبقه بالاتر و پایین تر از طبقه سخت. معیارهای طراحی اجزاء و سیستم های سازه ای با سطوح عملکردی مطابق بالا به صورت زیر بیان می شود: تنظیمات جداگانه مربوط به الزامات جابجایی نسبی بین طبقات و ظرفیت باربری و سطح عملکردی در انواع مختلف از اجزای سازه تحت هر سطح زلزله.

تحت زلزله مکرر، تمام اجزای سازه دارای رفتار الاستیکی می باشند. تغییرمکان نسبی بین طبقات و دیگر طبقات نباید بزرگتر از ۱/۲۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰ باشد.

تحت زلزله های پایه ای رفتار عملکردی سازه به صورت الاستیک است. خواص دینامیکی پس از زلزله تقریباً با حالت اولیه مشابه است. اجزای زیر باید در حالت الاستیک نگه داشته شوند: ابرستون ها، بخش هایی از دیوار های هسته ای از جمله بخش پایین واقع در مناطق ۱ و ۲ (بخش واقع در طبقات سخت) بخش های مجاور یک طبقه بالاتر یا پایین تر طبقه سخت، کمربند خرپایی، تاج و تمام اتصال اعضای کلیدی. اجزای زیر باید از رسیدن به حد تسلیم دور نگه داشته شوند: بخش های دیگر از موارد ذکر شده در بالا مربوط به دیوارهای هسته دار و کمربند خرپایی. جابجایی نسبی بین طبقات نباید بیش از ۱/۲۰۰ باشد.

تحت زلزله های نادر سازه دچار آسیب در حد متوسط می شود. باید از خرابی جزیی و کلی سازه جلوگیری شود. از خرابی اتصالات کلیدی باید جلوگیری کرد. باید از ایجاد شکست برشی برای ابرستون ها و دیوارهای هسته دار جلوگیری کرد. سطح عملکردی قسمت های ذکر شده در بالا مربوط به ابرستون ها و دیوارهای برشی هسته دار باید در سطح IO و بخش های جانبی در حد LS باقی بمانند. تسلیم شدن میلگردها یا صفحات فلزی در خرپاهای کمربندی، تاج ها، قسمت های پایین مربوط به ابرستون ها و دیوارهای برشی هسته دار، مجاز می باشند، اما از رسیدن تنش آن به تنش نهایی باید جلوگیری شود. می بایستی سطح عملکرد کمربند خرپایی در سطح IO باقی بماند. باید از رسیدن کمربند خرپایی و اتصالات اعضای کلیدی به حد تسلیم جلوگیری شود. سطح عملکردی دیگر اعضا نباید از حد خرابی فراتر روند. از سقوط اجزاء باید جلوگیری شود. جابجایی نسبی بین طبقات نباید بیش از ۱/۱۰۰ باشد.

۶. ارزیابی عملکرد لرزه ای

پس از تنظیمات اولیه و انتخاب طرح ساختاری، اثرات لرزه ای تحت زلزله های مکرر و اثرات اقدامات دیگر بوسیله تحلیل با طیف طرح الاستیک محاسبه می شود. ابعاد و تقویت سازه با استفاده از آیین نامه طراحی مبتنی بر مقاومت فعلی انجام می شود. تحلیل تاریخچه زمانی الاستیک به عنوان محاسبه مکمل برای ارائه اطلاعات بیشتر انجام می گیرد. جابجایی نسبی طبقات باید در حد مجاز باشد. طراحی تا رسیدن به هدف عملکردی مورد نظر تحت زلزله تکرار می شود.

مقاومت لرزه ای اجزای سازه ای در برابر زلزله وارده بررسی می شود. اثرات لرزه ای از طریق طیف طرح پاسخ با تعریف طیف طرح الاستیک به منظور نگه داشتن رفتار اجزاء در محدوده الاستیک انجام می شود. طراحی لرزه ای تا زمانی که عملکرد مورد نظر را ارضاء کند، تکرار می شود. از طریق رابطه زیر می توان الزامات لازم برای نگه داشتن رفتار سازه در حد الاستیک را بررسی کرد:

$$1.2S_{GE} + 1.3\beta_{E1}S_{Ek} < R/\gamma_{RE}$$

که در آن S_{GE} اثر بار گرانش است. S_{EK} اثر ارزش زلزله های مکرر استاندارد است. β_{E1} نسبت PGA سطح زمین لرزه در نظر گرفته است که از زلزله های مکرر است؛ R ظرفیت حمل بار طرح است. γ_{RE} ضریب اصلاح ظرفیت حمل بار لرزه ای است. معادله زیر به بررسی الزامات به حد تسلیم نرسیدن می پردازد:

$$S_{GE} + \beta_{E1}S_{Ek} < R_k$$

که در رابطه فوق R_K از مقدار استاندارد ظرفیت حمل بار است.

تحلیل تاریخچه زمانی غیر خطی است که تحت زلزله نادر با وارد کردن زمین زلزله انجام می شود. متوسط تقاضا وارده مورد ارزیابی قرار می گیرد. باید تحلیل انجام گرفته با استفاده از دو برنامه کامپیوتری مختلف با دو گروه تحقیقاتی مختلف به اعتبار سنجی نتایج بپردازند. تحلیل غیر خطی باید به درستی با توجه به لرزه ورودی، مدل سازه ای مورد استفاده، روش تفسیر نتایج تحلیل و الزامات آن مورد استفاده قرار گیرد. پاسخ لرزه ای، مکانیسم پلاستیک، توزیع خسارت، و غیره، پیش بینی می شوند. طراحی تا زمانی که هدف عملکردی تحت زلزله نادر راضی کننده باشد، تکرار می گردد. اگر در تحلیل های عددی، این ضعف ها مشاهده شد نقاط ضعف (قطعات و یا طبقات) می بایستی تقویت شوند.

آزمایش مدل ساختاری که اغلب برای کمک به مهندسان سازه مورد استفاده قرار می گیرد، به طور مستقیم از اطلاعات به دست آمده از نمونه اولیه حاصل می شود، به خصوص در مورد ساختمان های بلند پیچیده که شبیه سازی های عددی، قابل اعتماد نیستند، در نظر گرفته می شوند. میز لرزه ای به صورت ۱/۵۰ نسبت به کل سیستم سازه ای مقیاس می شود و آزمایش های استاتیکی روی اتصالات با مقیاس ۱/۸، اتصال ابرستون، کمربند خرپایی و کمربند بیرونی و اتصال آن به دیوار هسته ای قابل ارزیابی تحت هر سه سطح لرزه ای قابل انجام می باشد. با استفاده از میز لرزه ای، پاسخ لرزه ای و پارامترهای دینامیکی حاصل می شود، روند خرابی های کلی و مکانیسم و نقاط خرابی سازه مشخص می شوند و پس از آن به طور کلی عملکرد لرزه ای سازه نمونه را می توان بر این اساس مورد ارزیابی قرار داد. توسط آزمایش های استاتیکی، روند شکست محلی و مکانیزم، ظرفیت حمل بار، ظرفیت تغییر شکل و پارامترهای چرخه ای به دست می آیند. طراحی سازه با استفاده از نتایج آزمون بهبود یافته است.

۷. نتایج

در سال های اخیر در سرزمین چین ، تعداد زیادی از ساختمان های بلند ساخته شده است، که چه از نظر ارتفاع و چه از نظر میزان بی نظمی بیش از آیین نامه های موجود بوده و آنها نقض شده اند. رویکرد PBSD به شدت توصیه می شود و برای رسیدن سطح عملکردی سازه های بلند به حد ایمنی لازم است. روش کلی تحلیل لرزه مبتنی بر عملکرد و طراحی ساختمان های بلند در سرزمین اصلی چین در این مطالعه معرفی شده است، که بر مبنای طراحی بر اساس مقاومت با بالا بردن سطح عملکرد، ایجاد معیارهای طراحی و ارزیابی عملکردی جامع و اعتبارسنجی آن، می باشد. سطوح عملکردی برای برج شانگهای با استفاده از اصول PBSD

که برای دیتیل بندی ساختمان های بلند تعریف می شود، افزایش می یابد. اهداف عملکردی از پیش تعیین شده برای اجزای مختلف سازه ای به تحقق می پیوندد.

مراجع

[۱] ARZOUMANIDIS S., SHAMA A., and OSTADAN F., "Performance-based Seismic Analysis and Design of Suspension Bridges," Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Vol. ۳۴, No. ۴, ۲۰۰۵, pp. ۳۴۹-۳۶۷.

[۲] PRIESTLEY M.J.N. and KOWALSKY M.J., "Direct Displacement-based Seismic Design of Concrete Buildings," Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, Vol. ۳۳, No. ۴, ۲۰۰۰, pp. ۴۲۱-۴۴۴.

[۳] XUE Q., WU C.W., CHEN C.C., and CHEN K.C., "The Draft Code for Performance-based Seismic Design of Buildings in Taiwan," Engineering Structures, Vol. ۳۰, No. ۶, ۲۰۰۸, pp. ۱۵۳۵-۱۵۴۷.

[۴] MINISTRY OF CONSTRUCTION OF CHINA, Technical Specification for Concrete Structures of Tall Buildings, Architecture & Building Press, Beijing, China, ۲۰۰۲. (in Chinese)

[۵] MINISTRY OF CONSTRUCTION OF CHINA, Code for Seismic Design of Buildings,Architecture & Building Press, Beijing, China, ۲۰۱۰. (in Chinese)

Huanjun JIANG
Professor
Tongji University
Shanghai, P.R. China
jhj73@tongji.edu.cn

Huanjun Jiang, born 1973, received his Ph.D. in structural engineering from Tongji University in 1999. His research interests include reinforced concrete structures and performance-based seismic design.

Xilin LU
Professor and Director
Tongji University
Shanghai, P.R. China
lxlst@tongji.edu.cn

Xilin Lu, born 1955, received his Ph.D. in structural engineering from Tongji University in 1984. His research interests include earthquake resistance of engineering structures, structural control, RC structures and steel-concrete composite structures.

Xin ZHAO
Senior Engineer
Architectural Design and Research Institute of Tongji University (Group) Co., Ltd., Shanghai, P.R. China
22zx@tjadri.com

Xin Zhao, born 1975, received his Ph.D. in structural engineering from Tongji University in 2003. His research interests include structural design of civil structures for wind loading and seismic loading, structural analysis and design of tall buildings, and health monitoring of civil structures.