

توسعه یک ساختمان با جداساز لرزه‌ای

همیشه با طراحی یک ساختمان جدید توسط مهندس سازه سروکار نداریم، بلکه گاهی با توسعه‌دهندگان سروکار داریم و هم‌افزایی بین این دو به ندرت اتفاق می‌افتد. چگونه می‌توانیم اولویت‌ها و اهداف به ظاهر متضاد را در جهت مثبت با هم ترکیب کنیم؟ چگونه چالش‌های توسعه دهنده می‌تواند به فرصت‌های مهندسی لرزه‌ای ابتکاری تبدیل شود؟ ساختمان چندمنظوره مهندسان سازه تیپینگ (TSE) در پلاک ۱۹۰۸ شاتوک در برکلی، نتیجه وابستگی متقابل بین مهندسی خلاقانه و راهبردهای توسعه املاک است.



پلاک ۱۹۰۸ و ۱۹۰۶ خیابان شاتوک

TSE که دفاتر موجودش در پلاک ۱۹۰۶ شاتوک در ساختمان مجاور قرار دارد، این پروژه را برای توسعه دفاتر خود برای افزایش تعداد کارکنان طراحی کرده است. این ساختمان شامل یک رستوران در طبقه همکف و یک فضای اداری طراحی شده برای ۲۵ نفر در طبقات دوم و سوم است. ساختمان بالایی شامل دو طبقه با سازه قاب چوبی، درکل حدود ۴۸۰۰ فوت مربع، با سیستم باربر جانبی از دیوارهای برشی چوبی در غلاف تخته چندلایی نیم اینچی است. تکیه‌گاه سازه بالایی شش ستون منشوری و یک دال بتنی پیش تنیده با ضخامت ۱۴ اینچ است. در نهایت یک سری تیر با عرض ۶ و عمق ۳ فوت هم سیستم پی ساختمان را می‌سازند.

محل سایت در مرکز برکلی، با ابعاد ۳۹ در ۹۰ فوت، در کمتر از یک مایلی شرق گسل هایوارد قرار دارد که فعال‌ترین گسل کشور، با احتمال ۳۱ درصد وقوع زلزله ۶٫۷ ریشتری در ۳۰ سال آینده، است. هدف اصلی پروژه این بود که سیستم سازه‌ای با اصل مهندسی تیپینگ - مؤثر، اقتصادی و با تفکری منحصر به پروژه - توسعه پیدا کند. با توجه به محل پروژه جداسازی لرزه‌ای

از همان ابتدا به عنوان بهترین راه برای این هدف شناسایی شد که نتیجه آن احتمالاً کوچک‌ترین ساختمان‌های تجاری جداسازی شده در ایالات متحده خواهد بود.



ستون و تکیه‌گاه‌هایی که در معرض دید قرار دارند برای همخوانی با نمای ساختمان به رنگ زرد در خواهند آمد و نشان دهنده صفحه حرکت و جداسازی هستند.

چالش‌های برنامه‌ریزی و توسعه

شهر برکلی به استانداردهای منطقه بندی و مقررات ساختمانی دقیق معروف است. برای ساختمان شماره ۱۹۰۸ خیابان شاتوک ترکیبی از این دو اندازه ساختمان را به مساحت حداکثر ۷۵۰۰ فوت مربع خالص، ارتفاع ۴۰ فوت، تعداد طبقات ۳ طبقه و استفاده از طبقه همکف فقط برای فضای تجاری محدود کرده بود که فضای اداری را به دو طبقه‌ی بالا محدود کرده بود. همچنین استانداردهای منطقه بندی یک عقب نشینی ۲۵ فوتی را هم در سمت غربی ملک الزامی کرده بود که به همین دلیل TSE تقریباً ۲۵۰۰ فوت مربع از فضای قابل استفاده را از دست می‌داد. برای حل این مشکل و ماکسیمم کردن اندازه ساختمان جدید، مهندسان سازنده تصمیم گرفتند که ساختمان ۱۹۰۶ و ۱۹۰۸ را با هم ادغام کنند که به شدت مقررات عقب نشینی را کاهش می‌داد. همچنین این ادغام باعث شد که برای هر دو ساختمان از یک ورودی (از خیابان به طبقه دوم) و همچنین یک آسانسور و یک گاراژ پارکینگ استفاده شود.

جداسازی ویژه

وقتی هندسه اصلی ساختمان تعیین شد و مشکلات برنامه‌ریزی و توسعه حل شد، مهندسان به سمت طراحی سیستم جداسازی لرزه‌ای رفتند که متقاعد کننده‌ترین ویژگی ساختمان شماره ۱۹۰۸ خیابان شاتوک است.

تکیه‌گاه‌های جداسازی معمولاً زیر سطح نصب می‌شوند و از دید پنهان شده و نیازمند کار شدید و گران قیمت پی‌سازی هستند. در ساختمان‌های قبلی دیوارهای حائل در سه طرف فضا برای ایجاد اختلاف ارتفاع حدود ۸ فوت زیر سطح ایجاد شدند. این

شرایط مهندسان ترغیب کرد که به فکر یک پیکربندی جداسازی جایگزین باشند. آن‌ها تصمیم گرفتند که تکیه‌گاه‌ها را نمایان کنند. تکیه‌گاه‌ها به ستون‌های طبقه همکف وصل شد و در ارتفاع ده فوتی بالای کف قرار گرفتند و از داخل رستوران دیده می‌شوند. نما طوری طراحی شده است که ستون‌ها بیرون از آن می‌افتند و از داخل خیابان قابل مشاهده هستند. روش سنتی جداسازی از پی نیازمند درزی در طبقه همکف است که به ساختمان اجازه بدهد که با آزادی در طول زلزله حرکت کند. وصله کردن تکیه‌گاه‌های جداسازی به ستون‌ها در بالاتر از سطح زمین به یک صفحه جداسازی منجر شده است که روش متفاوتی را می‌طلبد: دیوارهای طبقه به صورت طره‌ای روی پی قرار گرفته و یک درز جداسازی در طبقه دوم طراحی شد. در نهایت این طراحی جداسازی خاص به راه حلی اقتصادی‌تر نسبت به جداسازی سنتی زیر سطح زمین منجر شد که برای هر سازنده‌ای مطلوب است.

به دلیل نزدیکی این ساختمان به گسل هایوارد، باید از تکیه‌گاه‌های جداسازی با جابه‌جایی افقی مجاز ۳۶ اینچ استفاده می‌شد. نصب چنین تکیه‌گاه‌هایی به عرض ماکسیمم ۳۳ فوت در ساختمان منجر می‌شود. با توجه به این کاهش فضا TSE نسبت به این طرح بی‌میل بود - ساختمان در ابتدا برای عرض ۳۵ فوت طراحی شده بود. مهندسان فهمیدند که تنها راه برای غلبه بر این مشکل استفاده از جداسازهایی با حرکت مجاز کمتر، به طور خاص ۲۴ اینچ، است. به همین دلیل آن‌ها با سیستم‌های حفاظتی زلزله (EPS) در Vallejo برای شخصی سازی شش تکیه‌گاه با سه پاندول کار کردند.

پتانسیل قفل شدن و محدود شدن

گام بعدی این بود که تکیه‌گاه‌های شخصی سازی شده را آزمایش کنند. EPS چند حرکت زمین در زلزله با جابه‌جایی بیشینه (MCE) و زلزله پایه طراحی (DBE) ایجاد کرد. آن‌ها تأیید کردند که جابه‌جایی میانه تحت DBE، ۱۱ اینچ به همراه نیروی برش ۴۰ kips خواهد بود و تحت شبیه‌سازی MCE جابه‌جایی ۲۲ اینچ و نیروی برش ۵۰ kips خواهد بود. در دو تحلیل از چهارده تحلیل انجام شده جداساز قفل کرد یا به ظرفیت جابه‌جایی ماکسیمم ۲۴ اینچ رسید که باعث نیروی برشی ۱۵۰ kips شد. برای احتمال کم قفل شدن، مهندسان یک ستون طره با قطر ۲۴ اینچ به جای ۲۰ اینچ طراحی کردند که به آن‌ها اجازه می‌دهد که در حالت قفل شدن هم الاستیک باقی بمانند. به علاوه برای تحلیل اثر قفل شدگی که در سازه بالایی ممکن بود اتفاق بیفتد آن‌ها تمام دیوارهای چوبی را مدل سازی کردند. بر اساس آن نتایج آن‌ها نتیجه گرفتند که تمام دیوارها باید با تخته چندلایی و در بعضی از موارد در هر دو طرف، غلاف دار شوند تا به رفتار الاستیک مورد نظر برسند. در نهایت برای جاری شدن، جابه‌جایی و در نهایت خود مرکزی پی در حالت نیروی زلزله بزرگ‌تر از قفل شدگی تیرهای تراز پی با آرماتورهای مقاومت بالای پیش تنیده مسلح شدند. تمام این راهبردهای طراحی به پروژه هزینه اضافه کردند، با این وجود آورده ناشی از افزایش مساحت به خوبی هزینه‌ها را پوشش می‌داد.



درگیری ستون در محل تقاطع با تیر. لوله‌های PVC آرماتورهای مقاومت بالای پیش تنیده را نگه می‌دارند.

کنترل لرزه‌ای ایالتی

TSE ساختمان شماره ۱۹۰۸ شاتوک را به برنامه تجهیز حرکت قوی کالیفرنیا تحویل داد تا در طرح سیستم کنترل ایالتی عضو شود. این ساختمان به دلیل دو جنبه‌ی منحصر به فردش پذیرفته شد: ۱۹۰۸ اولین ساختمان جداسازی شده با استفاده از سیستم باربر جانبی دیوار برشی چوبی است و اینکه ساختمان مجاور آن که حدود ۲۰ سال پیش ساخته شده است هم مشابه ساختمان شماره ۱۹۰۸ است با این تفاوت که این ساختمان تکیه‌گاه جداساز ندارد. هر دو ساختمان برای انتقال داده با ماهواره به مرکز داده در ساکرامنتو سیم‌کشی شده‌اند. ساختمان جدید به شانزده سنسور سه محوره و ساختمان قدیمی به شش سنسور سه محوره مجهز شده‌اند. سنسورها برای اندازه‌گیری مؤلفه‌های جابه‌جایی و چرخش پاسخ لرزه‌ای هر ساختمان جایگذاری شده‌اند.

درس‌هایی برای همه

دانش و مزایای به دست آمده در پلان، طراحی و ساخت ساختمان شماره ۱۹۰۸ شاتوک تنها به مهندسان و سازنده در TSE سود نمی‌رساند. در واقع استیو تیپینگ امیدوار است که هر راهبرد ابتکاری و طراحی به دیگران الهام بدهد و در نهایت منجر به پیشرفت حرفه شود. با ورود مهندسان به محیط کار، آن‌ها یاد می‌گیرند که چگونه مانند یک سازنده فکر کنند و اهداف سازنده پروژه در دسترس تر می‌شوند - که هم به مشتریان کمک کرده و هم به خلق راه حل‌های مهندسی نوین. تیپینگ توصیه می‌کند که: «هنگامی که مهندسان سازه شروع به پرسیدن سؤال‌های بزرگ می‌کنند، حرفه می‌تواند پیشرفت کند. چه چیزی برای پروژه بهتر است؟ چه چیزی برای تمام نقش آفرینان پروژه (مالک، معمار، دیگر رشته‌ها و از نظر اقتصادی) بهتر است؟ چگونه کار ما می‌تواند محیط ساخت را بزرگ‌تر کند؟»

مترجم: علی اکبر خلیلی

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۰۱۳۸>