

## ساختمان اداری مرکز Cottonwood Cornerstone

## مشارکت هنر و عمل

مجموعه ساختمان اداری مرکز Cottonwood Cornerstone از عمق یک دریاچه باستانی و از سواحل شنی آن برخاسته است و بر روی بقایای یک معدن شن، قرار گرفته است. حتی اگر ساخت و ساز در این منطقه دشوار هم باشد اما هنوز چشم اندازی وسیع آن ارزشمند است. متقاضی، یک تیم طراحی گرد هم آورد تا گزینه‌های مختلف را برای ساخت یک سازه مناسب که محیط طبیعی و زیبایی را به همراه داشته باشد، کشف و ارزیابی کند. نتیجه این تلاش یک محیط کاری زیبا و دل انگیز برای ساکنین و یک راه حل سازه‌ای کارآمد و مقرون به صرفه در یک منطقه بسیار چالش برانگیز با وجود پارامترهای طراحی سخت‌گیرانه بود.



شکل ۱. مجموعه ساختمان اداری

مجموعه ساختمان اداری مرکز Cottonwood Cornerstone در سایه کوه‌های Wasatch و در ۱ مایلی گسل Wasatch واقع شده است. ساختمان اداری متشکل از یک سازه فولادی شش طبقه، سازه فولادی سه طبقه متصل کننده لابی (شکل ۱) و یک پارکینگ دو طبقه با دال بتنی تقویت شده و تیرهای بتنی پس تنیده است. طراحی مهندسی این ساختمان اداری کلاس A تعدادی چالش منحصر به فرد با توجه به شرایط خاک محلی، نیروهای لرزه‌ای بالا، تمایل مالک برای عمق سازه‌ای کم، قاب نما با گل میخ فولادی و پشتیبانی از ماسه سنگ برش خورده و مفاصل لغزشی - لرزه‌ای افقی در هر طبقه ایجاد کرد.

## تغییر شرایط خاک

تقریباً ۲۵۰۰۰ سال پیش، دریاچه بون ویل، دره سالت لیک را با سواحل خود در برابر کوه‌های واساچ پوشانده بود. با گذشت زمان، لایه رسوب و سنگ ریزه در امتداد خط ساحلی انباشته شده بودند. گزارش ژئوتکنیک این تاریخچه را برای این منطقه ارائه داد: برای دهه‌های زیادی، محل مرکز شرکت کاتنود به عنوان یک معدن شن استفاده می‌شد. در اوایل دهه ۱۹۹۰، تصمیم بر آن شده که به عمر این معدن پایان داده شود و در نهایت تبدیل به بخشی از یک پارک اداری شود.

گمانه‌های متعدد در سایت نشان دادند که از مواد پرکننده غیر مهندسی شده برای احیای سایت استفاده شده است. عمق مواد پرکننده از عمق ۳٫۵ فوت تا ۲۵ فوت متغیر است. همه مواد پرکننده غیر مهندسی دارای مشخصات مهندسی متغیر و در اکثر موارد، ضعیف یا خیلی ضعیف بودند. مهندس ژئوتکنیک سه گزینه آماده سازی خاک که از پی گسترده متعارف و فونداسیون دیواری پیوسته استفاده می‌کند، ارائه داد.

- قرارگیری پی بر روی خاک طبیعی مناسب

- جایگزینی مواد پرکننده دانه‌ای با خاک طبیعی مناسب
- بهبود مواد پرکننده دانه‌ای از طریق نصب Geopiers / ستون سنگی

فضای زیرزمین در زیر ساختمان شش طبقه برای پارکینگ و تجهیزات مکانیکی استفاده می‌شد. فضا به دو منطقه تقسیم می‌شد؛ عمق ۱۹ فوت و ۶ اینچی زیرزمین، مکانیکی و عمق ۱۱ فوت و ۴ اینچی، پارکینگ. در زیرزمین عمیق‌تر، حفاری در خاک دست نخورده منطقه ادامه یافت که امکان استفاده از پی گسترده و مجزا را فراهم ساخت. با این حال، در پارکینگ، خاک دست نخورده منطقه حداقل ۱۰ فوت پایین‌تر از کف پی قرار داشت. به جای حفاری بیش از حد در خاک دست نخورده، تیم طراحی تصمیم به استفاده از ژئوپیر / ستون سنگ برای بهبود ظرفیت باربری مواد پرکننده غیر مهندسی گرفت.

بهبود قسمت‌هایی از خاک به اندازه کافی با ژئوپیر / ستون‌های سنگی برای تحمل بارهای kip - ۹۱۰ ستون با توجه به وجود قلوه سنگ با اندازه متوسط و تخته سنگ کوچک ممکن نبود. تصمیم گرفته شد که در موقعیت چهار ستون از شمع فولادی "H" شکل استفاده شود. این شمع‌ها از خاک نامناسب عبور داده شدند تا به خاک مقاوم و دست نخورده در زیر آن برسند. تیم طراحی نگران این بودند که نشست ناهموار ممکن است به دلیل استفاده از شالوده‌های سطحی، ژئوپیر و پی‌های عمیق مشکل ساز شود. مهندس ژئوتکنیک نشان داد که نشست فونداسیون در خاک دست نخورده و در خاک بهبود یافته در اصل یکسان خواهد بود. پس از به دست آوردن عمق شمع "H" شکل و بارها، مهندس ژئوتکنیک توانست به این نتیجه برسد که نشست ناهموار کمتر از ۱/۲ اینچ در بین سیستم شمع "H" و پی گسترده است. پی و فونداسیون به گونه‌ای طراحی شدند که جزئیات تقویت کننده‌ها در تطابق با این نشست ناهموار کوچک، بدون آسیب رساندن به پی و یا اجزای معماری بود.

### منطقه‌ای با لرزش زیاد

این ساختمان در منطقه‌ای با لرزه خیزی زیاد قرار دارد و با استفاده از مقدار  $S_s$  برابر با ۱,۵۷۲g و مقدار  $S_1$  برابر ۰,۶۳۴g و دسته D در طبقه بندی انواع خاک، طراحی شد. تیم طراحی با چالش برآورده کردن خواسته مالک برای فضای بدون مهاربند» برای داشتن منظره بدون مانع و اجتناب از هزینه‌های مرتبط با سیستم قاب خمشی فولادی معمولی مواجه بودند. امری که مسائل را چالش برانگیزتر کرد، تحمیل محدودیت عمق تیر ۲۴ اینچ توسط مشتری بود. برای حل این مشکلات و انجام این کار در یک روش مقرون به صرفه، تیم طراحی سیستم‌های سازه‌ای متعددی را ارزیابی کردند و تعیین کردند که مقرون به صرفه‌ترین راه حل، قاب خمشی ویژه فولادی با استفاده از تکنیک افزایش سختی در اتصال صفحه جانبی بود (شکل ۲).



شکل ۲. اتصال صفحه کناری.

هنگام مقایسه سیستم‌های جانبی مختلف، تیم طراحی مشخص کرد که برای رسیدن به جابجایی جانبی بین طبقه‌ای مجاز  $h_{0.02}$  در آیین نامه، یک سیستم قاب خمشی معمولی مانند مقطع تیر کاهش یافته (RBS) نیاز به استفاده از تیرهای  $W24 \times 131$  و ستون  $W24 \times 370$  دارد. با استفاده از سیستم sideplate، اندازه نهایی تیرها برابر با  $W24 \times 94S$  و اندازه نهایی ستون‌ها برابر با  $W24 \times 192S$  بود. همان‌طور که مقررات لرزه‌ای ملزم می‌کند، هر مفصل برای مقاومت در برابر حداکثر لنگر وارد شده بر تیر با در نظر گرفتن نسبت سختی خاص طراحی شد. برای این مفاصل خاص، لنگر طراحی برابر  $1455 \text{ k-ft}$  بود.

صرفه جویی برآورد شده در هزینه با تصمیم به استفاده از سیستم sideplate، قابل توجه بود. بر اساس کاهش تناژ فولاد  $154$  تن ( $1,47 \text{ PSF}$ ) صرفه جویی خالص هزینه‌های پروژه، در حدود  $375,000$  دلار بود. علاوه بر صرفه جویی در بسته بندی فولاد، مالک از صرفه جویی در تست اولتراسونیک با توجه به حذف کامل جوش نفوذی اتصال بهره برد. در مجموع، صرفه جویی به ارمغان آمده در پروژه با تصمیم تیم طراحی به استفاده از سیستم sideplate بیش از  $400,000$  دلار یا  $2$  دلار در هر فوت مربع بود.

با همکاری نزدیک با طراحان در صفحه جانبی، تیم طراحی قادر به ارائه طرح باز مورد توجه مالک بدون هزینه‌های مرتبط با سیستم قاب خمشی معمولی مورد نظر، شد.

### حداقل عمق تیر

مالک خواستار تأمین سقف بلند و در عین حال محدود کردن ارتفاع کف به کف به  $13$  فوت و  $6$  اینچ برای ساکنین بود. محدود کردن ارتفاع کف به کف مزیت دیگری نیز دارد و آن به حداقل رساندن ارتفاع کلی ساختمان و کاهش میزان اجزای معماری پر هزینه بود. به طور معمول حلقه لوله کشی و داکت‌های مکانیکی در زیر قاب سازه قرار دارند، اما تیم طراحی تصمیم گرفت که این عناصر را از داخل تیر آهن اصلی عبور دهد. در این روش، شاه‌تیر کامپوزیت فولادی  $W30 \times 108$  با استفاده از راهنمای طراحی موسسه آمریکایی ساختمان‌های فولادی (AISC) با ابعاد  $12$  اینچ در  $12$  اینچ برای بازشدگی در جان برای حلقه لوله کشی و  $12$  اینچ در  $34$  اینچ باز شدگی در جان برای حلقه مجرای اصلی طراحی شد (شکل ۳). این کار باعث شد که سقف ارتفاعی  $11$  فوتی بدون تأثیر بر عملکرد سازه‌ای سیستم کف و یا تأثیر در ارتعاشات مشکل ساز داشته باشد.



شکل ۳. بازشدگی جان شاه تیر فولادی

اندازه روزنه جان به خوبی با اندازه لوله‌ها و مجراها هماهنگ شده بود، اما در طول ساخت و ساز، مشخص شد که لوله‌ها نیازمند عایق کاری هستند به طوری که باید در بازشدگی جان تیر به صورت فشرده انجام شود. اگر چه اندازه لوله و مجرا، مورد بحث



قرار گرفت و در طول طراحی هماهنگ شده بود، اما تنها اندازه تقریبی مجرا و لوله، ارائه شد و هیچ اشاره‌ای به ضخامت عایق و یا نیاز به بازشدگی بزرگ‌تر نشد. هنگامی عبور داکت‌ها و لوله‌ها از داخل تیر، تیم طراحی متوجه شد که دانستن اندازه کل بازشدگی مورد نیاز است، نه فقط اندازه مجرا و لوله.



شکل ۴. راهرو منحنی.

#### راهرو منحنی معلق

راهرو دو طبقه ترکیبی زیبا از هنر داخلی و منظره کوه‌های با شکوه است که از طبقه دوم راهرو منحنی شیشه‌ای (شکل ۴ و ۵) دیده می‌شود. راهرو منحنی با استفاده از ورق خمیده با ضخامت ۵/۱۶-اینچ و لبه‌های زاویه پشتیبانی شده با مهاربند  $L \frac{1}{4} \times 3 \times 3$  و تراز شده با تیرهای کف W۱۲x۱۹ ساخته شد. در مکان‌های دیگر، قاب کف راهرو از طبقه سوم آویزان بود تا یک راهرو باز در زیر ایجاد کند. با توجه به اینکه اتصال، سطح بالایی از ترافیک انسانی را تجربه می‌کند، تمرکز اصلی طراحی بر کنترل لرزش و سفتی کف این طبقه معلق بود.



شکل ۵. راهرو دو طبقه.

#### قاب نما

نمای ساختمان به صورت پنجره‌هایی از کف تا سقف است و بازشوها توسط ماسه سنگ برش خورده احاطه شده‌اند (شکل ۶). چالش‌های بسیاری در طراحی قاب نما شامل امکان انحراف عمودی طبقات به علت بارهای گرانش، امکان حرکت افقی بین طبقات به علت بارهای لرزه‌ای و باد و پشتیبانی از قاب سقف، وجود داشت.



شکل ۶: نما ماسه سنگ برش خورده و پنجره با ارتفاع کامل.

### نتیجه گیری

ساختمان اداری مرکز کانون کورنستون به دلایل بسیاری چالش برانگیز بود، اما موفقیت این پروژه اهمیت ارتباط روشن بین مالک، تیم طراحی، مهندسان ژئوتکنیک، پیمانکار، پیمانکاران فرعی و تأمین کنندگان را نشان داد. کلید موفقیت این پروژه این بود که ارتباطات باز در طول طراحی و ساخت و ساز پروژه تشویق می‌شد، در نتیجه یک دریچه برای تبادل و کشف ایده‌های جدید که در نهایت منجر به یک پروژه با کیفیت و مقرون به صرفه می‌شود را می‌گشاید.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۰۶۲۵>