ساختمانی با ارتفاع ۳۰۰۰ متر...! آیا ممکن است؟

ساخت سازه‌ای به ارتفاع ۳۰۰۰ متر قطعاً امکان پذیر است. برای اینکه فقط تمرکزمان بر مسائل مهندسی باشد و درگیر موضوعات دیگر نشویم، فرض کنید محدودیت مالی نداریم. در این صورت با چه چالش‌هایی روبرو خواهیم شد؟

۱- باد

قطعاً سازه‌ای با چنین ارتفاعی در معرض نیروهای بزرگ باد قرار می‌گیرد و نمی‌شود گفت که امکان مقاومت در برابر این نیروهای بزرگ وجود ندارد. مقاومت در برابر این نیروها امکان پذیر است اما به شرط اینکه فرآیند مهندسی هوشمندانه باشد.

در چنین مواردی، آزمایش تونل باد انجام می‌شود و علاوه بر این می‌توان شکل این سازه‌ها را به گونه‌ای طراحی کرد که نیروهای باد کاهش یابد. به طور مثال بلندترین ساختمان حال حاضر جهان یعنی برج خلیفه؛ از اصل مشابهی پیروی می‌کند.

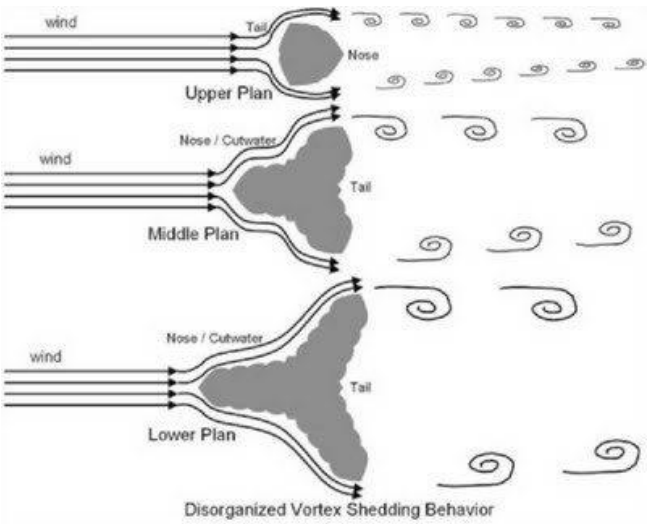


Figure 13. Wind behavior

همان‌طور که ویل بیکر می‌گوید، طراحی برج به گونه‌ای است که موجب اغتشاش در نیروهای باد می‌شود. نیروی باد با ارتفاع برج رابطه مستقیم دارد، یعنی با افزایش ارتفاع نیروهای باد نیز افزایش می‌یابند. اگر ارتفاع ساختمانی مشابه برج خلیفه باشد، تغییر مکان مجاز آن به ۳ متر هم می‌رسد که این اندازه می‌تواند موجب برهم زدن آسایش ساکنین شود. پس طراحان این برج چه کردند؟ آن‌ها به طور منظم شکل ساختمان را از پایین به بالا تغییر دادند. در نتیجه این کار لایه مرزی بادی که در اطراف ساختمان شکل می‌گیرد را دچار آشفتگی می‌کند. از طرفی بادی که می‌وزد در ارتفاع دچار به هم ریختگی الگو می‌شود. دلیل تغییر شکل سازه است. همین موضوع سبب می‌شود که نیروهای باد به طور قابل توجهی کاهش یابند و همچنین برج در راستای عمودی باقی بماند و به عبارتی از این راستا دچار انحراف نشود. نیروهای جانبی توسط اسکلت بندی یا قاب ساختمان و همین‌طور سیستم دیوارهای ستون فقراتی تحمل می‌شوند. خلاقانه‌ترین طرحی که من در تمام عمرم دیده‌ام همین مورد است. در سال اخیر من پروژه‌ای در مورد نیروهای باد و مشخصات آن در اطراف سازه انجام دادم که نهایتاً دریافتم این روش واقعاً بهترین راه برای کاهش نیروهای باد است.

به غیر از این راه می‌توان از گزینه‌های دیگری مثل میراگرهای جرمی تنظیم شده استفاده کرد که در کاهش تغییر شکل‌های ناشی از باد در ارتفاع مؤثر خواهند بود. این میراگر، جسمی با جرم بسیار زیاد است که در بالای ساختمان به صورت معلق نصب می‌شود. عملکرد این میراگرها به گونه‌ای است که در جهت مخالف حرکت ناشی از باد ساختمان، به حرکت در می‌آیند. برج تایپه ۱۰۱ یکی از برج‌های مجهز به این سیستم است. در این برج میراگر جرمی تنظیم شده سبب کاهش تغییر مکان و یا حرکت طبقات فوقانی می‌شود.

۲- زلزله

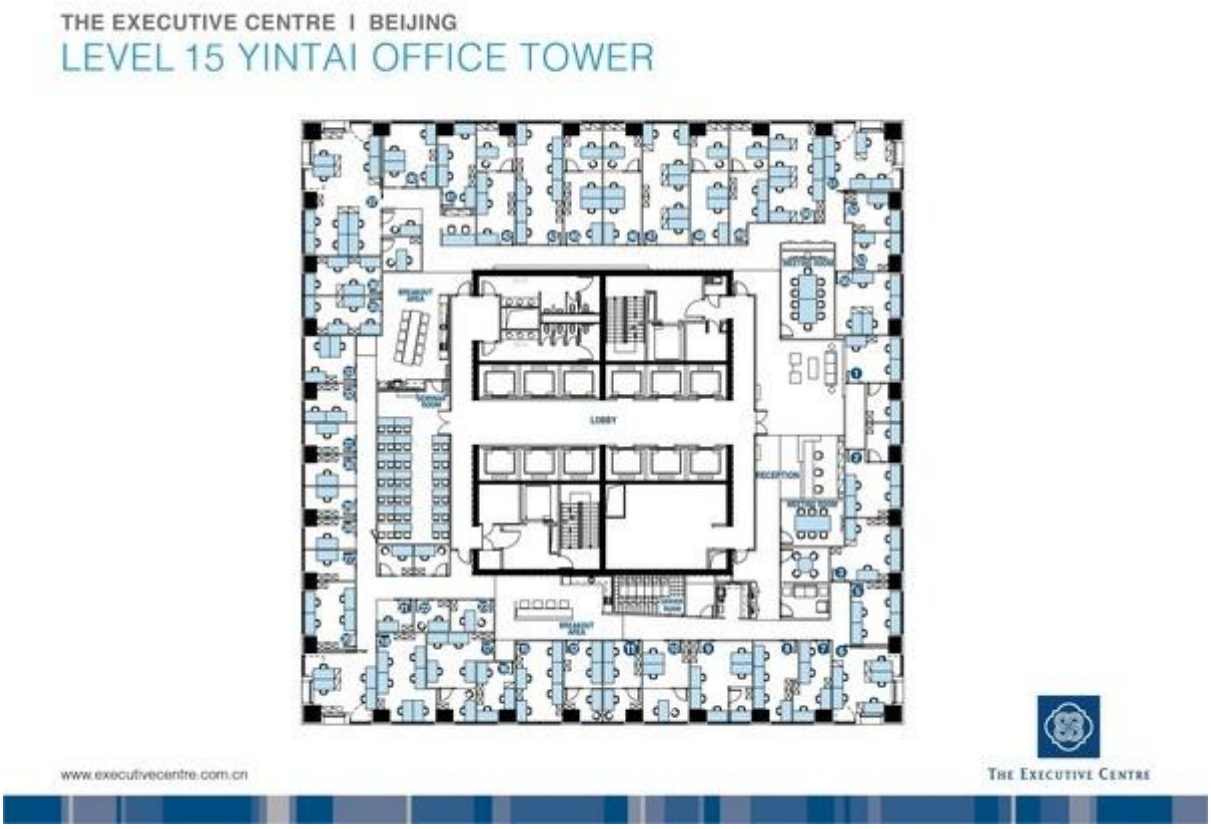
همه ما می‌دانیم که تا چه حد ممکن است زلزله‌ها ویرانگر باشند؛ اما نگران نباشید، ساختمان‌های بلندتر عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند و همچنین تغییر شکل‌های پیش بینی شده به مراتب بیشتری نسبت به ساختمان‌های کوتاه‌تر در هنگام وقوع زمین لرزه دارند؛ بنابراین چنین ساختمان‌هایی را می‌توانیم با بازدهی بالا طراحی و سپس به صورت دقیق اجرا کنیم. حتی قبل

از این که چنین ساختمان‌هایی ساخته شوند، می‌توانیم سازه را به لحاظ عملکرد در یک زلزله مورد آزمایش قرار دهیم تا از مقاومت آن در برابر نیروهای لرزه‌ای مطمئن شویم.

برای تأمین مقاومت سازه‌ها در برابر نیروهای باد و زمین لرزه، از سیستم‌های مقاوم جانبی استفاده می‌کنیم که متشکل از دیوارهای بزرگ در وسط و ستون‌های عظیم در اطراف باشد. مطمئناً دیوارها فضای زیادی را اشغال می‌کنند اما به هر حال ما به این فضا برای جابجایی‌های عمودی نیاز داریم.

۳- جابجایی عمودی

آیا می‌دانید که ۱۰ دقیقه طول می‌کشد تا به طبقه فوقانی برج خلیفه برسیم و بالاترین طبقه آن در ارتفاع ۵۸۵ متری از سطح زمین قرار دارد؟ حال چنین چیزی را برای برجی با ارتفاع ۳۰۰۰ متر تصور کنید. در این صورت ما نیاز به آسانسورها و سطوح انتقال بسیار بیشتری داریم. برج خلیفه ۵۷ آسانسور دارد؛ بنابراین در چنین ساختمان‌هایی، ما به حدود ۱۵۰ تا ۱۷۵ آسانسور نیاز داریم که سرعت آن به مراتب بیشتر از چیزی است که تا کنون تجربه کرده‌ایم. راه حل دیگر استفاده از مفهوم آسانسورهای شناور مشابه آنچه اسحاق گیتز بیان کرده، می‌باشد؛ بنابراین برای فراهم کردن این تعداد آسانسور و همچنین راه پله‌ها ما نیاز به فضایی عظیم در مرکز داریم که می‌توانیم این سیستم را در فرم دیوارهای هسته‌ای و یا سیستم‌های مقاوم جانبی پیاده کنیم. اگر نمی‌دانید سیستم مقاوم جانبی چیست، شکل زیر را ببینید:

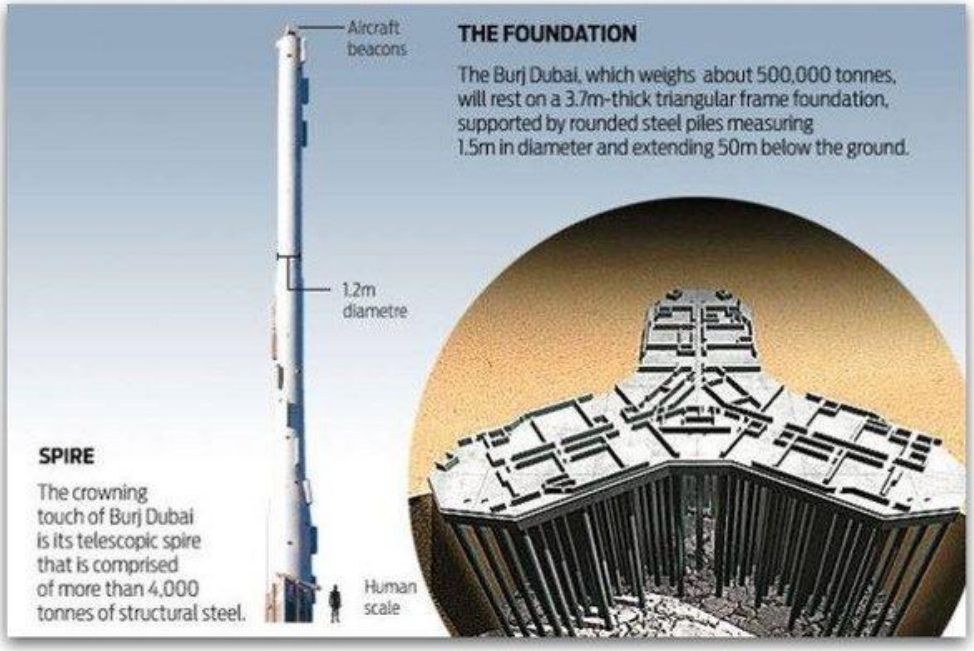


شبکه مرکزی دیوارها، سیستم دیوار برشی یا دیوار هسته‌ای نام دارد. این دیوارهای عظیم می‌توانند در مقابل نیروهای جانبی مقاومت کنند.

۴- خاک مقاوم

برای این که ساختمانی پا برجا باشد، باید فونداسیون مقاومی داشته باشد. این فونداسیون ترکیبی از پی گسترده و شمع است. ضخامت این فونداسیون باید چند فوت باشد و همچنین شمع‌هایی به عمق ۱۵۰ تا ۱۷۵ متری از خاک رانده شوند. با این احتساب عمق فونداسیون ۱۷۵ تا ۲۰۰ متر است که زیر پایین‌ترین طبقه قرار خواهد گرفت. پایین‌ترین طبقه، بزرگ‌ترین طبقه ساختمان است، چرا که به چند طبقه پارکینگ نیاز است.

برج خلیفه با ارتفاع ۸۲۸ متر، دارای فونداسیونی متشکل از شمع‌هایی است که در عمق ۵۰ متری زمین حفر شده‌اند و پی گسترده‌ای که ضخامتی برابر با ۳,۷ متر دارد. حال می‌توانید درک کنید که چرا به چنین فونداسیون عظیمی نیاز است. فونداسیون برج خلیفه مشابه عکس زیر است:



۵- پارکینگ

برجی با چنین ارتفاعی، قطعاً دارای کاربری‌های متعددی است. این بدان معناست که شما نیاز به چندین طبقه به عنوان پارکینگ دارید. برای اینکه همه چیز با سرعت انجام شود و افراد مجبور به رانندگی در ۱۵، ۲۰ یا ۳۰ طبقه در زیر زمین نشوند، باید از سیستم هوشمند برای پارکینگ‌ها استفاده کنیم. به این صورت شما ماشینتان را در جایگاه خاصی متوقف و پارک می‌کنید و سپس این سیستم هوشمند ماشین شما را در یک جای خالی قرار می‌دهد. این تنها راه برای داشتن سیستمی کارآمد است. در حال حاضر این سیستم در بسیاری از ساختمان‌ها وجود دارد.

۶- آتش

برای مقابله با آتش سوزی فاجعه بار، ما باید به راه حل‌های جدیدی فکر کنید، چرا که افراد در صورت آتش سوزی نمی‌توانند خود را به سرعت به سطح زمین و فضای خارجی برسانند. برای این منظور از پناهگاه‌هایی در ساختمان‌های بلند استفاده می‌شود.

این پناهگاه‌ها، اتاق‌هایی ضد آتش هستند که از طریق آن‌ها افراد می‌توانند جان خود را تا رسیدن نیروهای آتش نشانی و نجات دادن آن‌ها حفظ کنند. علاوه بر این، ما به پمپ‌های قوی برای پمپاژ آب تا سطح فوقانی برج نیاز داریم.

۷- فرآیند ساخت

اگر شما قصد دارید ساختمانی به ارتفاع ۳ کیلومتر بسازید، باید بتوانید بتن را تا بالاترین سطح پمپاژ کنید. ما این کار را برای برج خلیفه انجام داده‌ایم؛ بنابراین ما با چالش بسیار بزرگی برای برجی به ارتفاع ۳ کیلومتر روبرو خواهیم شد. دلیل این است که باید نحوه انتقال به گونه‌ای باشد که بتن خشک نشود. روش‌هایی برای این کار وجود دارد اما باید این روش‌ها اصلاح شوند. بگذارید ببینیم این کار در مورد برج جده چگونه انجام می‌شود. اگر ما به این دستاورد برسیم، بقیه مشکلات بزرگ نخواهند بود.

مترجم: بهاره بهرامی

منبع:

http://www.thestructuralmadness.com/۰۱/۲۰۱۶/building-۳۰۰۰m-tall-building-is-it.html