

سوء تفاهم‌های معمول در عملیات ژئوتکنیکی



چگونگی کاهش ریسک و هزینه پروژه

رئیس موسسه مهندسی سازه ASCE، دیوید اوده، در سرمقاله دسامبر ۲۰۱۵ پیشنهاد کرد که افزایش پیچیدگی طراحی مستلزم این است که مهندسان سازه بیشتر با متخصصان رشته‌های دیگر تعامل داشته باشند. نوآوری‌های بزرگ از تعاملات بهتر بین مهندسين سازه و ژئوتکنیک حاصل می‌شود که صرفه جویی چشم گیری را برای مشتریان به همراه خواهد داشت. کاهش در هزینه‌ها می‌تواند از پیشرفت‌های ساده اما مهم در ارتباطات ناشی شود. در این مقاله ما به چند نمونه از سوء تفاهمات در این ارتباطات اشاره خواهیم کرد. این سوء تفاهم‌ها می‌توانند موجب افزایش هزینه‌های پروژه و افزایش ریسک شوند.

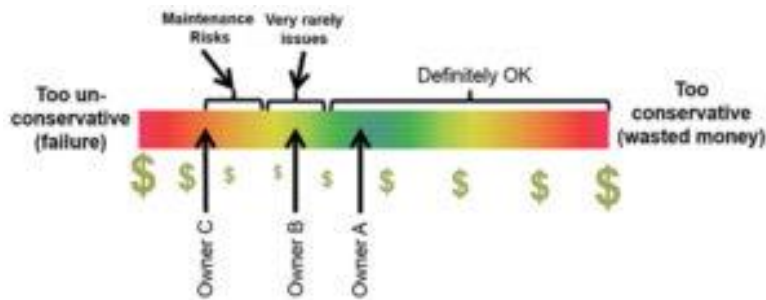
سوء تفاهم‌های رایج

• عدم قطعیت و ریسک

در حالی که مالکان معمولاً اطلاعات کمتری دارند اما بیشتر مهندسان سازه می‌دانند که عدم قطعیت قابل ملاحظه‌ای در فعالیت‌های ژئوتکنیک وجود دارد. این عدم قطعیت به دلیل تنوع خاک محل پروژه و این واقعیت که مهندس ژئوتکنیک درک خود را از خاک، با نمونه برداری تنها ۰,۰۰۰۰۱۵ درصد از خاک محل پروژه حاصل می‌کند، ناشی می‌شود. عدم قطعیت ناشی از این عوامل بدان معنی است که پاسخ صحیح نه تنها مبتنی بر آیین نامه نیست، بلکه طیف وسیعی از پاسخ‌های ممکن با سطح ریسک‌های متفاوت وجود دارد.

این مجموعه از پاسخ‌های ممکن، از یک پاسخ اشتباه که در آن با شکست مواجه می‌شویم تا پاسخ اشتباه دیگری که در آن پول قابل توجهی در بهبود غیرضروری پروژه و یا سیستم‌های فونداسیون صرف می‌شود، تغییر می‌کند. شکل ۱ طیف وسیعی از مالکان و ممانعت آن‌ها از خطر را به تصویر می‌کشد. برخی از مالکان با افزایش هزینه‌های سازه‌ای و

ژئوتکنیکی برای به حداقل رساندن خطر موافق هستند (مالک الف)، در حالی که دسته دیگر تمایل دارند که تا جای ممکن هزینه‌ها را کاهش دهند و ریسک‌های مربوطه مثل هزینه‌های تعمیر و نگهداری سازه‌ای را بپذیرند (مالک ب).

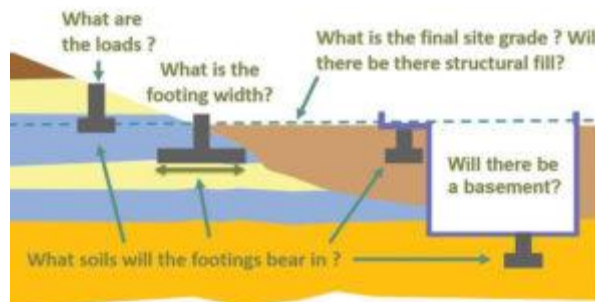


شکل ۱. طیف خطر ژئوتکنیک.

در شرایطی که مهندس ژئوتکنیک برای یک مالک سختگیرتر فعالیت می‌کند، گفتگویی در مورد تعادل بین هزینه و خطر می‌تواند وجود داشته باشد. با این حال، در بیشتر پروژه‌ها، مهندس ژئوتکنیک باید در مورد ترجیح مالک درباره تعادل خطر و هزینه‌ها حدس لازم را بزند. بسیاری از مالکان و مهندسان سازه ممکن است گمان کنند که تنوع در پاسخ گرفته شده از مهندسان ژئوتکنیک در مورد همان سایت پروژه به دلیل سطح محافظه کاری بعضی از مهندسان است. با این حال، بسیاری از تنوعات ناشی از فقدان تعیین جهت از مالک برای ایجاد یک اولویت بین ریسک و هزینه است. علاوه بر این، هنگامی که مهندس ژئوتکنیک باید در مورد طرز فکر مالک در خصوص ریسک حدس‌های لازم را بزند، هزینه‌های ساختمان معمولاً بالا می‌رود.

• فشار باربری مجاز

فرایند متداول طراحی پروژه شامل انجام فعالیت ژئوتکنیک، نهایی سازی موقعیت سازه در سایت پروژه، شناخت دانه بندی خاک در محل و پس از آن شروع طراحی سازه است. همان‌طور که شما در شکل ۲ مشاهده می‌کنید، اگر مهندس ژئوتکنیک نداند که دانه بندی خاک سایت چه می‌باشد و یا اینکه ساختمان زیرزمین خواهد داشت یا خیر، مهندس ژئوتکنیک نمی‌تواند بفهمد فونداسیون بر روی چه خاکی حمل خواهد شد؛ و اگر طراحی سازه‌ای آغاز نشده باشد، مهندس ژئوتکنیک مقدار بار بر روی سیستم فونداسیون را نخواهد دانست.



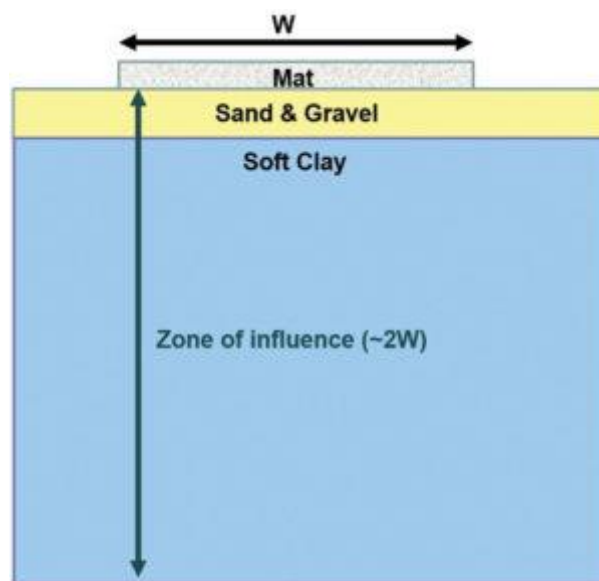
شکل ۲. اطلاعات ناشناخته در زمان طراحی ژئوتکنیکی.

اغلب، زمانی که تجزیه و تحلیل انجام شده است، مهندس ژئوتکنیک معمولاً نمی‌داند که چه خاکی زیر فونداسیون است و همچنین بارهای وارده را نمی‌شناسند (و در نتیجه اندازه فونداسیون). این اطلاعات برای محاسبه ظرفیت باربری و نشست و برای انتخاب فشار باربری مجاز ضروری است. مهندس ژئوتکنیک باید در این شرایط حدس بزند و امیدوار باشد که اگر حدس‌ها نادرست باشند، کسی با آن‌ها برای فشار باربری اصلاح شده تماس بگیرد. از آنجا که با مهندس ژئوتکنیک اغلب به ندرت تماس گرفته می‌شود و از آن‌ها برای بازبینی فرضیه‌های اولیه و در صورت نیاز، اصلاح گزارششان درخواست می‌شود، آن‌ها معمولاً حدس‌هایی محافظه کارانه می‌زنند که موجب فشار باربری مجاز محافظه کارانه شود.

اگر به مهندس ژئوتکنیک اجازه داده شود تا دوباره پیش فرض‌های خود را بازبینی کند و بعد از در دسترس بودن دانه بندی سایت، بارهای فونداسیون و تراز فونداسیون تجزیه و تحلیل کند، فشار باربری مجاز اغلب می‌تواند افزایش یابد.

• مدول بستر خاک

مقدار مدول بستر گاهی اوقات اشتباه یا نادرست هستند. رایج‌ترین سوء تفاهم زمانی رخ می‌دهد که گزارش ژئوتکنیک آشکار نکند که مقدار گزارش شده آیا برای یک صفحه 1×1 فوت (1×1 K) است و یا این مقدار قبلاً برای اندازه پی / پی ترکیبی مقیاس بندی شده است. اگر گزارش بیان نکند که مقدار مدول برای یک صفحه 1×1 است، با مهندس ژئوتکنیک برای ارائه توضیح باید تماس گرفته شود.



شکل ۳. تأثیر منطقه مدول بستر

مقدار نادرست مدول بستر گاهی اوقات به دلیل اطلاعات و یا دامنه ژئوتکنیک ناکافی به وجود می‌آید. هنگامی که اطلاعات در دسترس کمی در مورد سازه پیشنهادی وجود دارد و هیچ دامنه‌ای برای تعامل با مهندس سازه وجود ندارد، بسیاری از مهندسان ژئوتکنیک یک مقدار مدول از یک جدول بر اساس خواص لایه خاکی که پیش بینی شده مستقیماً زیر سیستم فونداسیون باشد را انتخاب می‌کنند (به عنوان مثال واحد «شن و ماسه و شن» در شکل ۳). این اقدام زمانی عملی است که نوع خاک در «منطقه تأثیر» در زیر عضو فونداسیون تغییر نکند. با این حال، برای طراحی پی نشان داده شده در شکل ۳، خاکی که تعیین کننده مقدار مدول واقعی تجربه شده توسط پی است، خاکی است که تا عمقی برابر با دو برابر عرض پی قرار دارد. در این مورد، ساده‌ترین راه برای ارزیابی مدول بستر، محاسبه نشست در زیر (نشست‌های تحکیم و الاستیک) پی و سپس ایجاد یک مدول اولیه با تقسیم بار بر نشست است. این مقدار در ادامه می‌تواند با مقایسه تغییر شکل محاسبه شده توسط مهندس سازه با نشست برآورد شده و سپس تکرار بین تجزیه و تحلیل سازه‌ای و ژئوتکنیکی اگر تفاوت قابل توجهی در تغییر شکل وجود داشته باشد، اصلاح شود. در این مورد، نادیده گرفتن تعامل بین مهندس سازه و ژئوتکنیک، منجر به برآورد اشتباه نشست / انحراف پی و آرما تور نادرست می‌شود.

• نشست مجاز و چه نوع نشست/اهمیت دارد؟

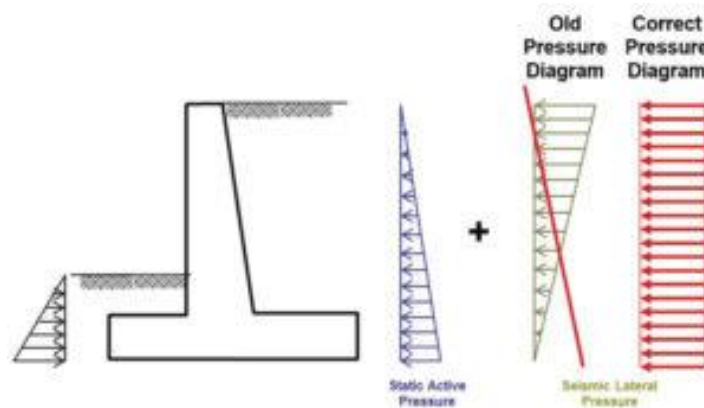
«نشست مجاز» برای یک سازه یکی از قابل توجه‌ترین سوء تفاهمات بین مهندسان ژئوتکنیک و سازه است و عدم گفتگو در مورد این موضوع می‌تواند منجر به هزینه‌های غیرضروری و بزرگ در پروژه‌ها شود. به طور خاص، در محل‌های که در آن ضخامت قابل توجهی از خاک رس نرم و یا مناطق مستعد زلزله با نشست روانگرایی خاک وجود دارد، نشست مجاز و حداکثر حیاتی است. در حالت ایده آل «نشست مجاز» تا زمانی که مهندس سازه و ژئوتکنیک فرصتی برای صحبت داشته باشند، نباید به مالک گفته شود. در حالی که ممکن است گفتن «نشست مجاز ۱ اینچ است» و سوسه انگیز باشد اما زمانی که پرسیده شود نشست یک سازه می‌تواند تحمل کند چه میزان است، این رقم به احتمال زیاد یک مقدار بسیار محافظه کارانه است که می‌تواند موجب ساخت و ساز بسیار بزرگ و هزینه‌های بهبود دهنده خاک شود.

اثرات احتمالی مقادیر مختلف نشست بر عملکرد سازه‌ای و هزینه‌ها یک موضوع مهم است که مهندس سازه و ژئوتکنیک باید با مالک مطرح کنند.

• فشار دینامیکی جانبی زمین

در مناطقی که شتاب لرزه‌ای می‌تواند بزرگ باشد، مهندسان سازه می‌گویند که آن‌ها توصیه‌های متنوعی با توجه به فشار دینامیکی جانبی زمین برای طراحی فونداسیون و یا دیوار حائل دریافت می‌کنند و گاهی آن‌ها متوجه می‌شوند که تقریباً ایجاد یک طراحی مناسب غیرممکن است. با توجه به تغییرات در روش‌های طراحی و فهم نادرست در مورد فشار دینامیکی جانبی زمین، تعجب آور نیست که تفاوت در توصیه‌های انجام شده توسط مهندس ژئوتکنیک وجود دارد. در گذشته، فشار دینامیکی زمین به عنوان یک توزیع مثلی وارونه بیان می‌شد. تحقیقات اخیر نشان می‌دهد که توزیع واقعی به احتمال زیاد یک توزیع منحنی، کم در بالا و کم در کف است (شکل ۴). اقدامات فعلی کنونی در بسیاری از مناطق، ساده کردن این توزیع منحنی به یک توزیع یکنواخت، با یک بار حاصله وارده تا نصفه بالای دیوار

است. داشتن بار حاصله در نصفه پایین دیوار، به جای $1/3$ قسمت پایین، می‌تواند به طرح‌های عملی‌تر دیوار منجر شود.



شکل ۴. فشار دینامیکی جانبی زمین

اگر از گزارشات ژئوتکنیک مشخص نمی‌شود که کدام روش مورد استفاده قرار گرفته است، مهندس سازه باید با مهندس ژئوتکنیک برای روشن شدن موضوع تماس بگیرد.

چگونه طراحی سازه می‌تواند بهبود یابد

با توجه به مثال‌های ارائه شده در بالا مهندسين، ژئوتکنیک و سازه می‌توانند مقرون به صرفه بودن طراحی و کاهش خطر را توسط موارد زیر بهبود ببخشند:

(۱) تعامل بیشتر بین مهندس ژئوتکنیک و سازه پس از اینکه مهندس سازه گزارش ژئوتکنیک را بررسی کرد و کار طراحی را آغاز کرد. در طی این گفتگو، مهندس سازه باید:

- صحبت در مورد درک خود از توصیه‌های ژئوتکنیکی.
- توضیح در مورد اینکه چه اقداماتی در مورد دانه بندی سایت، زیرزمین، محل سازه و تراز باربری پی انجام شده است و یا انجام خواهد شد.
- ارائه بزرگی بر روی فونداسیون.
- تقسیم بار زنده بین بارهای مداوم و گذرا به دلیل اینکه بارهای زنده گذرا طراحی را هدایت نکنند.
- توضیح محدوده اندازه پی که با فشار باربری مجاز ارائه شده در گزارش ژئوتکنیک استفاده می‌شود.
- برای پی‌های مرکب و یا پی‌های گسترده که از مدول بستر استفاده می‌کند، به مهندس ژئوتکنیک ارتفاع و اندازه پی گسترده / فونداسیون را می‌دهد و پرسیده شود که آیا مدول بستر قابل اجرا است و یا نیاز به اصلاح دارد.
- درخواست کنید که مهندس ژئوتکنیک فشار باربری توصیه شده خود را بررسی کند تا ببیند که آیا می‌توان فشار باربری را در حال حاضر که بارهای وارده مشخص هستند و می‌دانیم که چه خاکی زیر فونداسیون قرار دارد، افزایش دهند؟

اگر مهندس ژئوتکنیک طرحی برای بازدید از پروژه نداشته باشد، با مالک صحبت کنید و برای فراهم کردن مقدمات حضور مهندس ژئوتکنیک درخواست لازم را داشته باشید. برای مالک توضیح دهید که با اطلاعات اضافی، این احتمال وجود دارد که یا هزینه‌های پروژه کاهش خواهد یافت و یا که خطر مرتبط با مشکلات جدی در ساختمان شناسایی و حل خواهد شد. تجربه نویسنده در یوتا نشان می‌دهد که دانستن بارهای واقعی و شناخت خاک زیر فونداسیون و اصلاح فشار باربری به احتمال زیاد هزینه کمتر از ۵۰۰ \$ خواهد داشت و به طور معمول هزینه‌های فونداسیون را از ۱۵ هزار دلار تا ۳۵ هزار دلار (از سازه‌های ۴۰۰۰۰ فوت مربع به ۱۰۰،۰۰۰ فوت مربع) و شاید بیشتر کاهش خواهد داد.

(۲) پیشنهاد کنید که مالک مراحل زیر در حوزه کار ژئوتکنیک متضمن کند:

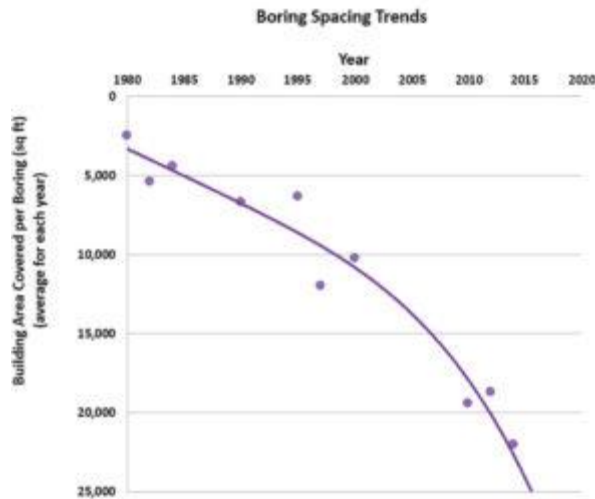
- طراحی اولیه ژئوتکنیکی.
- بحث و ملاقات با مهندس سازه پس از قرار گرفتن سازه در محل و معین بودن ترازها و بارها تا این اطلاعات بتوانند به مهندس ژئوتکنیک انتقال یابند و سیستم‌های فونداسیون جایگزین بتوانند در نظر گرفته شوند.
- اصلاحات ژئوتکنیک: یا نامه ضمیمه و یا گزارش ژئوتکنیک اصلاح شده

(۳) در پروژه‌های که در آن شرایط دشواری وجود دارد و یا مالک سختگیر است، برای مالک و مهندس ژئوتکنیک یک گفتگو ترتیب دهید تا در مورد عدم قطعیت / خطر / هزینه بحث کنند تا طراحی مطابق با هر دو حداقل الزامات ایمن نامه و سطح مورد نظر مالک در مورد خطر برسد.

(۴) در هنگام بیان اینکه مالک چه چیزی را از مسائل ژئوتکنیک و طراحی طبق پروژه‌های قبل انتظار دارد، مراقب باشید. شرایط خاک می‌تواند تغییر کند. علاوه بر این، تعمیم شرایط پیش بینی شده خاک می‌تواند قبول تفاوت شرایط خاک را تحت تأثیر قرار دهد و درک آن را برای مالک دشوار سازد.

(۵) شرکت طراحی ژئوتکنیکی را در طی ساخت و ساز مشارکت دهید، به طوری که وقایع غافلگیر کننده حداقل و به سرعت و با کمترین هزینه بر طرف شوند.

(۶) به مبارزه با کالایی بودن کار ژئوتکنیک بپردازید. به عنوان یک مهندس سازه، این امر ممکن است وظیفه شما نباشد. با این حال، به عنوان مهندس، همه ما وظیفه داریم تا در جهت طراحی کارآمد گام برداریم. هنگامی که یک سازه ضعیف عمل می‌کند، همه ما را دچار اختلاف متعاقب می‌کند. مهندس سازه مسئول توضیح به مالک است برای اینکه چگونه توصیه‌ها در گزارش ژئوتکنیک هزینه‌های سازه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و چرا آن‌ها باید در فعالیت ژئوتکنیکی بیشتر و بهتر سرمایه گذاری کنند. امکان دهی به این تغییرات برای تعامل با مهندس ژئوتکنیک و چگونگی انجام فعالیت ژئوتکنیک موجب کاهش هزینه‌های پروژه و کاهش خطر شکست و یا عملکرد ضعیف می‌شود.



چرا حوزه ژئوتکنیک در پروژه من ناکافی بود؟

حوزه کار ژئوتکنیک بر روی پروژه‌ها در طی سه دهه گذشته در حال محدود شدن بوده است، به طوری که مالکان هزینه کمتر برای کار ژئوتکنیک اما به مراتب بسیار بیشتر برای سازه‌های خود به دلیل توصیه‌ها، پرداخت می‌کنند.

این مشکل توسط مشتریان ایجاد شده است که تصور می‌کنند که آن‌ها نیاز به «گزارش ژئوتکنیک» دارند در مقابل توصیه‌هایی که پایین‌ترین هزینه پروژه را در سطح خطر مورد نظر ایجاد می‌کند. این درک ناکافی مشتریان، شرکت‌های ژئوتکنیکی را مجبور به کاهش دامنه پیشنهادی خود در پروژه می‌کنند.

به عنوان مثال از میزان تغییرات، فاصله حفر گمانه‌ها در آزمایش‌ها به طور مستمر در طول ۳۵ سال گذشته افزایش یافته است. در ایالت یوتا، شرکت‌های ژئوتکنیکی ۱۰٪ تا ۱۵٪ از تعداد گمانه‌هایی که در اوایل دهه ۱۹۸۰ انجام می‌شد را انجام می‌دهند و گمانه‌ها در اعماق کمتری نیز حفر می‌شوند. این کاهش در اطلاعات موجب افزایش خطرات و همچنین هزینه سازه می‌شود.

مترجم: پوریا نخعی

منبع:

<http://www.structuremag.org/?p=۱۰۷۸۴>