

# پایدارسازی دیواره گود

## در پروژه برج بین المللی امام رضا (ع) - مشهد

در میان پروژه‌های خاص و ویژه‌ای که مهندسان فارغ التحصیل دانشکده‌های فنی تبریز دست اندرکار طرح یا اجرای آن بوده اند پروژه برج بین المللی امام رضا (ع) می‌باشد که شرکت آرمه نو به عنوان پیمانکار طرح به اجرای آن پرداخته است. با توجه به ویژگی‌های پایدار سازی دیواره گود این برج در این فرصت به شرح مختصری از آن خواهیم پرداخت. با سپاس ویژه از مهندس ریاضی عضو فعال و حامی همیشگی کانون که این مطلب را در اختیار ما قرار داده اند.

کمیته تدوین ویژه نامه

کارفرمای این طرح ایران اطلس می‌باشد که با مشاورت دریا خاک پی و اجرای شرکت پیمانکاری آرمه نو در حال ساخت آن می‌باشند.

### چگونگی اجراء سیستم‌های نگهدارنده و گودبرداری:

#### • خاکبرداری تا تراز ۳- متر

در مرحله اول با توجه به تراز پی ساختمان های مجاور، خاکبرداری مطمئنه تا تراز ۳- متر به صورت ماشینی انجام پذیرفت. سپس حفاری شمع‌های سازه های نگهدارنده از تراز ۳- متر تا تراز ۱۷/۳۰- متر با عمق بیشتر از ۱۴ متر اجراء گردید. با عنایت به اینکه سازه‌های نگهدارنده سیستم اول از دو شمع فلزی با سطح مقطع  $40 \times 40 \text{ cm}^2$  به فاصله مرکز تا مرکز ۱/۲۰ متر تشکیل شده بود لاجرم اولین تغییر، در نحوه حفاری شمع‌های این سیستم رخ داد و با تأیید مشاور طرح، نسبت به حفاری بارت های زیرزمینی به ابعاد  $2/20 \times 0/80$  مترمربع تا تراز ۱۷/۳۰- مبادرت گردید. به این ترتیب همزمان با حفاری شمع ها و بارت ها، نسبت به نصب مرحله ای سازه های نگهدارنده و بتن ریزی شمع ها اقدام شد.

با توجه به شکل هندسی ساختمان و اولویت حفاری شمع‌ها و بارت‌ها برای سازه‌های نگهدارنده سیستم نوع دوم ضلع جنوبی و سازه‌های نگهدارنده سیستم نوع اول ضلع شمالی، رامپ دسترسی در امتداد غرب به شرق و در مرکز زمین احداث گردید.

#### • خاکبرداری تار تراز ۷- متر

در مرحله بعدی خاکبرداری تا تراز ۷- متر و با در نظر گرفتن شیب مطمئنه در طرفین رمپ دسترسی در ضلع شمالی و جنوبی اجراء گردید. نکته قابل توجه اینکه کلیه مجوزهای مربوط به خاکبرداری در هسته مرکزی شهر به صورت شبانه بوده و از این حیث حضور مستمر نیروهای فنی و اجرایی در کارگاه، در تمام ساعات شبانه روز، کنترل‌های لازم جهت چگونگی نحوه خاکبرداری و تغییرات احتمالی در وضعیت خاک دیواره گود و ساختمان‌های مجاور را دربرداشت. با پیشرفت کار خاکبرداری در ضلع جنوبی ساختمان، ملاحظه گردید که لایه‌های خاک در تراز ۷- متر و پایین تر به شدت اشباع بوده و وجود یک لایه ماسه ای تراوا با شیب جنوبی- شمالی، آبهای سطحی و تراوشات چاه‌های نفوذی را به سمت زمین پروژه هدایت می‌نمایند.

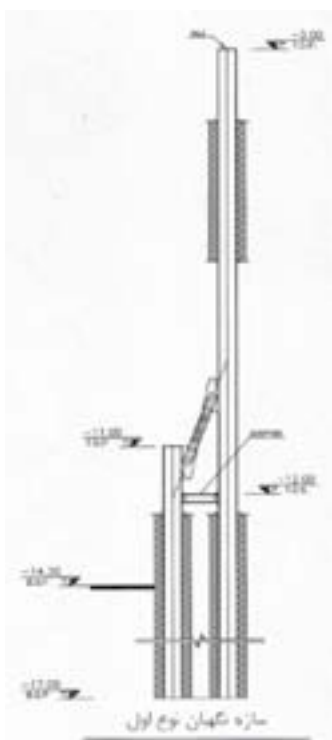
مشاهده این مورد و گزارشات به هنگام در این زمینه از سوی مجریان پروژه به مشاور طرح، منجر به بررسی های مجدد در مورد پارامترهای ژئوتکنیک خاک گردید که پیامد آن، طرح تقویت سازه های نگهدارنده جهت اجراء ابلاغ گردید.

#### • طرح تقویت سازه‌های نگهدارنده

ابلاغ طرح تقویت سازه‌های نگهدارنده، سیستم سازه‌های نوع اول را از دو شمع و یک دستک، به دو شمع و دستک با تعبیه یک دستک مایل از تراز ۸- متر تا تراز ۱۴/۳۰- متر و سیستم سازه‌های نوع دوم را از یک شمع با یک دستک مایل به یک شمع با سه دستک مایل ارتقاء داد.

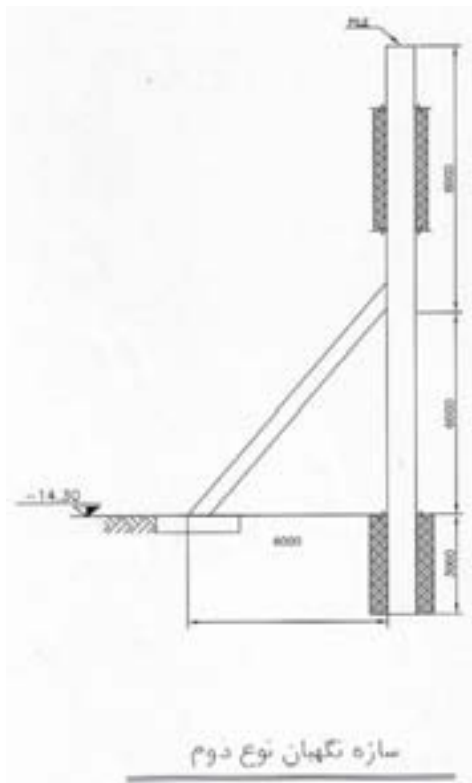
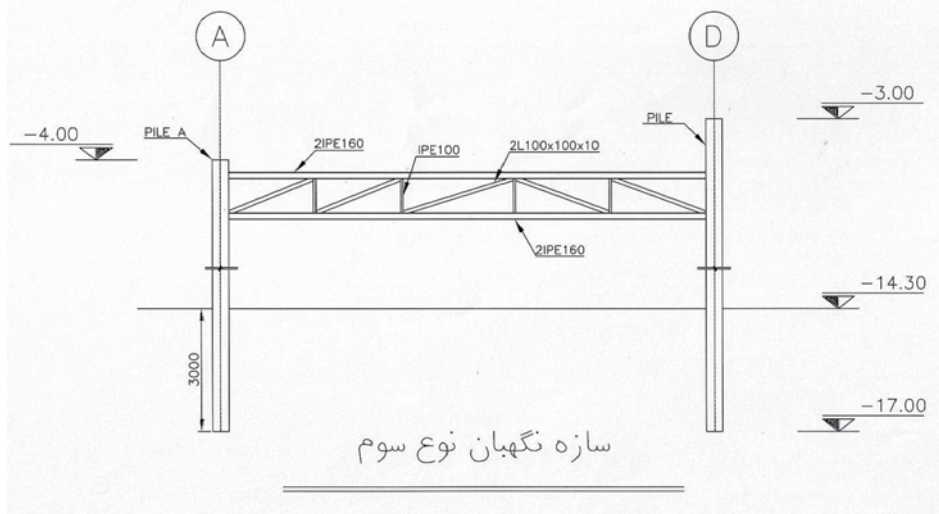


پلان موقعیت ساختمان مورد نظر و ساختمانهای مجاور



وزیرفناوری، خورشید، پنجمین سال  
تاسیس دانشکده فنی دانشگاه تبریز

۵۹  
عمران  
بهرق  
مکانیک  
مواد



#### • حفاری پی عمیق و نصب ریکرهای طرح تقویت

در راستای اجرای ریکرهای مایل اضافه شده به طرح اولیه، حفاری شمعهایی به قطر ۰/۹ متر از تراز ۷- متر تا تراز ۱۹/۳۰- متر و به فاصله مرکز به مرکز ۷ متر از سازه‌های نگهدار نصب شده در دستور کار قرار گرفت. با حفاری شمعه‌های مذکور و نصب اسپیرال آرماتور آنها و سپس بتن ریزی از تراز ۱۴/۳۰- تا تراز ۱۹/۳۰- متر منبری‌های خاکی، حدفواصل سازه‌های نگهدار و شمعه‌های بتن ریزی شده به صورت مرحله ای شیار برداری و ریکرهای طرح تقویت نصب گردید.

شایان ذکر اینکه بیشتر حجم شیار برداری‌های انجام شده به صورت دستی و با کار مستمر شبانه روزی صورت پذیرفت و در کلیه مراحل اجراء به فراخور تهیمیدات لازم جهت نگهداری موقت دیواره گود، به صورت بداهه و با بکارگیری مصالح سهل الوصول و سبک از جمله شمعه‌های چوبی و پانل‌های فلزی صورت پذیرفت.

#### • تراش دستی دیواره و نصب تراز به تراز میان بندها (lagging)

با نصب ریکرهای طرح تقویت، خاک باقیمانده در حدفواصل دیواره گود و شمعه‌های طرح تقویت که با شیب مطمئن حفظ شود بود، تراز به تراز و به صورت دستی تراشیده شد و مرحله به مرحله، میانبندهایی از جنس IPE ۱۶۰ به فواصل حدود یک متر نصب و حریم ساختمانی با اجراء تیغه آجری پوشانده شد. این مرحله از کار، مخصوصاً در ضلع جنوبی پروژه که دارای لایه‌های اشیاع بود، بسیار زمان بر و دلهره آفرین بود و در هر مقطعی از عملیات اجرایی که احتمال ریزش دیواره می‌رفت، نگهداری موقت خاک در دستور کار اجراء قرار داشت.

#### • توسعه طرح

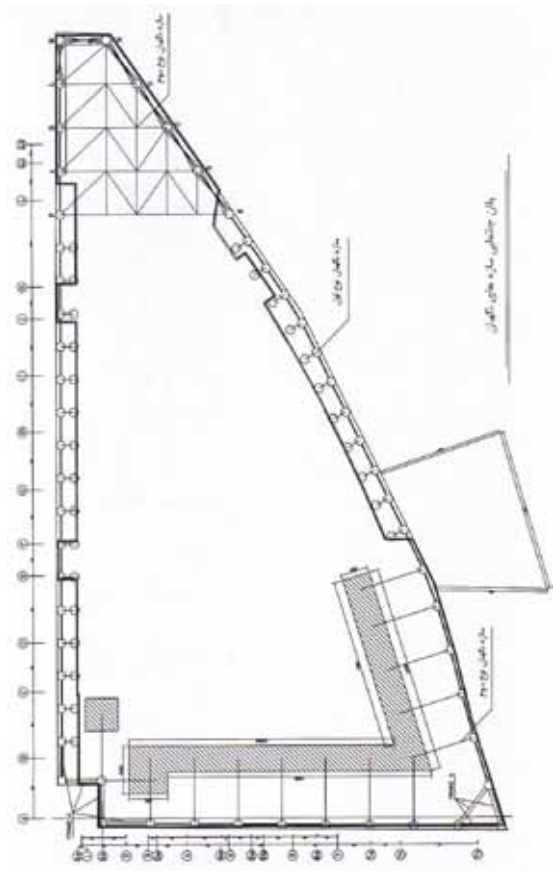
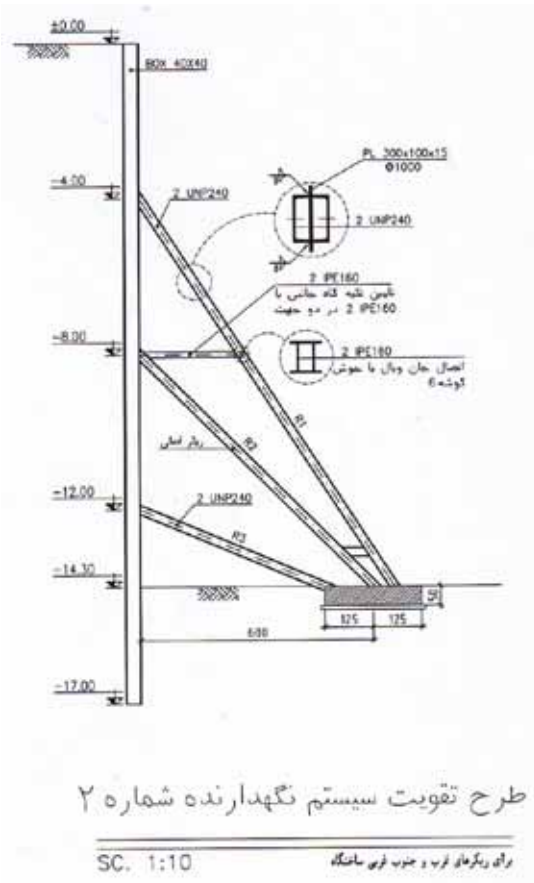
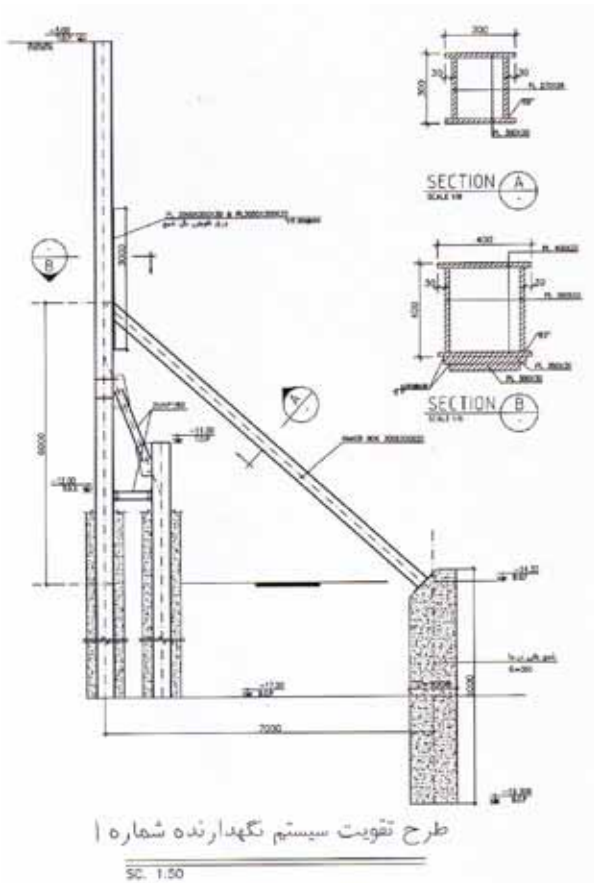
با تملک یکی از ساختمان‌های مجاور در ضلع جنوب شرقی پروژه توسط کارفرما، در حالی که درصد بالایی از عملیات گودبرداری و پایدار سازی دیواره گود انجام شده بود، اجراء سیستم نوع چهارم سازه‌های نگهدار در این بخش به مجریان پروژه ابلاغ گردید.

سیستم نوع چهارم سازه‌های نگهدار مشابه سیستم نوع دوم با این تفاوت که باکس‌های فلزی سازه نگهدار این سیستم با سطح مقطع  $2(60 \times 40)$  cm ورق‌های به ضخامت ۳۰ میلیمتر و بسیار سنگین و با وزنی معادل ۸/۵ تا ۱۰/۵ تن برای هر باکس بود.

نصب این سازه‌های سنگین وزن و طول با توجه به اینکه فاصله شمعه‌های حفاری شده تا محل استقرار جرثقیل در کوچه کم عرض واقع در ضلع شرقی پروژه بیش از ۳۰ متر بوده و کابل‌های انشعاب منازل نیز در امتداد کوچه مزبور، معارض غیر قابل جمع آوری و مشکل آفرینی بود، از حالت معمول خارج و شرایط خاص خود را داشت.

#### خلاصه احجام انجام شده جهت پایدار سازی دیواره گود

۱- حجم کل خاکبرداری انجام شده	۳۲۰۰۰ مترمکعب
۲- حجم خاک حاصل از حفاری شمعه‌ها	۱۸۳۰ مترمکعب
۳- وزن کل سازه‌های نگهدار و میانبندها	۶۶۰ تن
۴- حجم کل بتن فونداسیون (رادیه به ارتفاع ۲/۵ متر)	۵۰۳۵ مترمکعب
۵- حجم بتن دیوارهای حائل زیرزمین چهارم	۳۰۰ مترمکعب



طرح تقویت سیستم نگهدارنده شماره ۲

SC. 1:10

• جابجایی رمپ و نصب سازه‌های نگهدارنده سیستم چهارم برای جلوگیری از بروز هرگونه تأخیر در روند گودبرداری، با هماهنگی مشاور طرح، رمپ دسترسی به ضلع شمالی ساختمان منتقل گردید و نصب سازه‌های نگهدارنده سیستم نوع چهارم، پس از هموار کردن فضای پایین رمپ با استقرار یک دستگاه جرثقیل ۸۰ تن صورت پذیرفت. از این پس، نصب ریکرهای این سازه‌ها و جمع آوری مرحله ای خاک تا پایین رمپ انجام شد و همزمان میانبندهای پیرامونی اجراء گردید.

• جمع آوری مرحله ای رمپ پایدار سازی دیواره گود و گودبرداری پروژه برج امام رضا (ع) را می توان به جرأت تجربه ای جدید در این زمینه دانست. آمیزه درستی از تجربه‌های اجرایی و حضور مستمر نیروهای کارآمد، با طرح کلاسیکی که کتابت آن بر روی کاغذ با چگونگی به اجراء درآوردن آن بسیار متفاوت بود و هر مرحله ای از کار که اجراء می‌شد، معماری گشوده شده ای بود که پیش از آن لاینحل می‌نمود.

جمع آوری رمپ دسترسی با شیب تقریبی ۲۰ درصد و ارتفاع ۱۴ متر، خود از معماهایی بود که حل آن در هیچ نقشه ای نگاشته نشده بود. در این راستا ابتدا با استقرار یک دستگاه بیل چرخ زنجیری با بوم بلند، بیش از پنج متر از ارتفاع رمپ کاسته شد. سپس با انتقال یک دستگاه بیل بکهور بر روی رمپ، خاک باقیمانده به صورت مرحله ای جمع آوری و توسط باکس‌هایی به حجم ۱/۵ مترمکعب توسط تاورکرین، به صورت شبانه به داخل کامیون‌های مستقر در خارج کارگاه تخلیه و حمل گردید. نصب مرحله به مرحله ریکرهای طرح تقویت همزمان با این عملیات صورت پذیرفت. حجم خاک جمع آوری شده با این طریق بالغ بر ۳۵۰۰ متر مکعب در زمانی زودتر از آنچه پیش بینی شده بود، حدود ۳۵ روز به طول انجامید.