



عملیات طراحی و اجرای حفاظت از گودبرداری مجتمع اداری – تجاری باران

سید علیرضا آشفته، احسان قدمی

۱- دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران، ایران

۲- کارشناسی ارشد مهندسی معدن - اکتشاف

Email: st_a_ashofteh@azad.ac.ir

چکیده

محل پروژه در تهران خیابان شریعتی حد فاصل حسینییه ارشاد و تقاطع بزرگراه همت (خیابان شریعتی) نش خیابان دشتستان سوم واقع است. عمق این گودبرداری حدود ۲۳ تا ۲۶ متر در اضلاع مختلف می‌باشد. در این زمین مرکز اداری – تجاری باران در قطعه مستطیلی به ابعاد تقریبی ۸۰*۱۵۰ متر احداث شد. گودبرداری مورد نیاز برای احداث طبقات زیرزمین و پی به ابعاد تقریبی ۶۰*۱۲۰ متر می‌باشد. بر اساس تعداد طبقات زیرزمین پیش‌بینی شده، تراز کف شالوده سازه‌ها در تراز ۷۸/۲ قرار دارد. بر این اساس حداکثر ارتفاع گود در گوشه شمال غربی و برابر با ۲۵/۸ متر خواهد بود. به این ترتیب حدود ۱۰ متر فضا در دو ضلع شمالی – جنوبی و در دو ضلع غربی – شرقی نیز حدود ۱۵ متر فضا وجود دارد. برای تامین پایداری گود، ایجاد سکوی تزییق به منظور انجام عملیات آب‌بندی و کاهش طول ردیف‌های میخکوبی، استفاده از برم‌های اجرایی مدنظر قرار گرفته است. در طرح‌های اولیه، برای دیواره گودبرداری ۲۴ متری یک برم و برای دیواره ۲۷ متری دو برم به عرض سه متر در نظر گرفته شده بود. به دلیل وجود ردیف درختکاری با فاصله حدود ۴ تا ۵ متر از دیواره شمالی، عملاً امکان اجرای برم با عرض سه متر امکان‌پذیر نبوده و ناچار عرض برم‌ها به دو متر کاهش داده شد. این موضوع علاوه بر افزایش وزن گوه‌های محتمل لغزش، سبب کاهش طول میخ‌ها می‌گردد. به نحوی که در ردیف‌های پله اول حدود ۲ متر و در ردیف‌های پله دوم به اندازه یک متر افزایش طول میخکوبی برای جبران کاهش عرض برم لازم می‌باشد. تعداد ۸ گمانه ماشینی به روش دورانی حفر و آزمایش‌های درجا و آزمایشگاهی روی نمونه‌های ماخوذه انجام شده است. حین انجام عملیات حفاری، آزمایش نفوذ مخروط استاندارد و پرسیومتری در گمانه‌ها صورت گرفته است. به منظور شناسایی دقیق‌تر لایه‌های خاک در محوطه پروژه تعداد ۵ حلقه چاهک دستی (TP-1، TP-2، TP-3، TP-4، TP-5) حفر شده است. در جریان حفر برخی چاهک‌ها (TP-2، TP-3، TP-4) به علت برخورد به موانع طبیعی (سنگ، قنات، فاضلاب) و قطع عملیات حفاری، موقعیت چاهک‌ها جابجا شده و چاهک‌های دیگری در اطراف آنها حفاری گردیده است. آزمایش‌های آزمایشگاهی دانه‌بندی، حدود اتربرگ، دانسیته، درصد رطوبت طبیعی و برش مستقیم روی نمونه‌های ماخوذه دست‌خورده از گمانه‌ها صورت گرفته است. لازم به ذکر است آزمایش‌های برش مستقیم روی نمونه‌های دست‌خورده ۱۰*۱۰ و ۶*۶ با سرعت بارگذاری تند صورت گرفته است.

کلمات کلیدی: گودبرداری، سازه نگهبان، حفاظت دیواره، مجتمع باران

۱. مقدمه

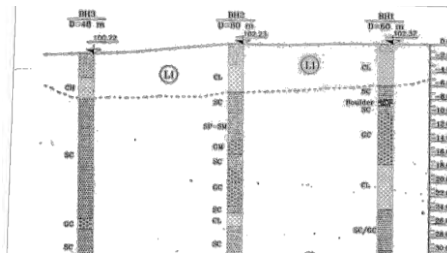
محل پروژه از جنوب محدود به خیابان دشتستان سوم، از غرب محدود به خیابان شریعتی، از شرق و شمال محدود به ساختمان‌های همسایه و باغچه‌های همسایه می‌باشد. در ضلع شمالی سایت ساختمان ۵ طبقه قدیمی در گوشه شمال غربی و ساختمان‌های ۳ تا ۴ طبقه در طول راستای وجه شمالی با فاصله از حریم گود وجود دارند. در ضلع شرقی ساختمان دو طبقه



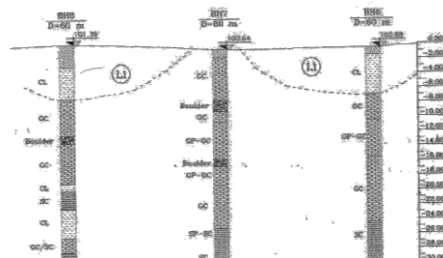
اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources

همسایه و باغچه همسایه مجاور مرز زمین قرار گرفته است. ضلع جنوبی محوطه پروژه مجاور خیابان دشتستان سوم می باشد که وجه جنوبی خیابان ساختمان های ۳ تا ۴ طبقه همسایه قرار گرفته اند. نهایتاً ضلع غربی محوطه پروژه در مجاورت خیابان عریض شریعتی قرار دارد. محوطه پروژه از شرق به سمت غرب و از جنوب به سمت شمال شیب رو به بالا دارد که تمامی اختلاف ترازها مطابق با نقشه توپوگرافی در مدل های تحلیل شده در نظر گرفته شده اند. زمین محل پروژه شامل یک لایه سطحی رسی به ضخامت ۷ متر و لایه زیرین ماسه رس دار و شن رس دار تا انتهای عمق حفاری است. شکل های (۱) و (۲) به ترتیب وضعیت لایه بندی خاک را در ضلع شمالی و ضلع جنوبی محوطه پروژه نشان می دهند. همچنین جدول (۱) خلاصه ای از نتایج آزمایش های درجا و آزمایشگاهی صورت گرفته را که در محاسبات طراحی سیستم حفاظت از دیواره های گود به کار می آیند، نشان می دهد. اساس لایه بندی در نظر گرفته شده یک لایه رسی در اعماق سطحی و یک لایه ماسه ای - شنی در اعماق بیشتر می باشد.



شکل (۱) وضعیت لایه بندی خاک در ضلع شمالی محوطه پروژه



شکل (۲) وضعیت لایه بندی خاک در ضلع جنوبی محوطه پروژه

جدول (۱) حدود پارامترهای فیزیکی و مکانیکی لایه های خاک

لایه دوم (از عمق ۷ متری تا انتهای عمق حفاری شده)		لایه اول (تا عمق ۷ متری)	
درصد ریزدانه	۲۶ تا ۳۳٪	درصد ریزدانه	۴۳ تا ۶۹٪
درصد رطوبت طبیعی	۱۳ تا ۱۵٪	درصد رطوبت طبیعی	۱۳ تا ۱۶٪
دانسیته طبیعی (KN/m ³)	۲۱	دانسیته طبیعی (KN/m ³)	۲۰
عدد نفوذ استاندارد	< ۵۰	عدد نفوذ استاندارد	۱۴ تا ۳۲
ضریب پواسون	۰/۳۵	ضریب پواسون	۰/۴
زاویه اصطکاک داخلی (Deg)	۳۸ تا ۴۰	زاویه اصطکاک داخلی (Deg)	۱۰ تا ۱۵
چسبندگی (Kpa)	۵ تا ۱۵	چسبندگی (Kpa)	۲۰ تا ۳۰
مدول الاستیسیته (MPa)	< ۶۰۰	مدول الاستیسیته (MPa)	۳۰ تا ۵۰

۲. وضعیت تحت الارضی در محل چاهک ها

در محل چاهک TP-1 ابتدا حدود ۱/۵ متر خاک دستی وجود دارد. پس از عبور از خاک دستی لایه ماسه ای به همراه ذرات درشت دانه شنی مشاهده شده است. ضخامت این لایه حدود ۲/۵ متر می باشد. پس از آن لایه ریزدانه رسی به ضخامت یک



اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources

متر مشاهده شده است. از عمق ۵ متر تا انتهای چاهک نیز خاک درشتدانه ماسه‌ای وجود دارد که با افزایش عمق ذرات درشتدانه آن بیشتر شده است به شکلی که از عمق ۱۰ متر به پایین بافت غالب خاک شن می‌باشد. در عمق ۱۱/۵ متر به دلیل برخورد به آب زیرزمینی حفاری امکان‌پذیر نشده است. در محل چاهک TP-2 خاک دستی به ضخامت ۱/۰ متر وجود دارد. پس از آن لایه ماسه‌ای به همراه ذرات درشتدانه شنی و قلوه‌سنگ مشاهده شده است. ضخامت این لایه حدود ۳/۰ متر می‌باشد. پس از آن لایه ریزدانه رسی به ضخامت یک متر و پس از آن لایه ماسه شنی به ضخامت یک متر و در اعماق پایین‌تر لایه رسی - سیلتی به ضخامت ۲ متر وجود دارد. از عمق ۸ متر تا انتهای چاهک نیز خاک ماسه‌ای - سیلتی با ذرات شنی وجود دارد. در عمق ۱۲/۵ متر به دلیل برخورد به آب زیرزمینی حفاری امکان‌پذیر نشده است. چاهک TP-3 تا عمق ۱۸/۰ متر حفاری شده است. در محل چاهک TP-3 ابتدا حدود ۱/۰ متر خاک دستی وجود دارد. پس از خاک دستی لایه ریزدانه رسی - سیلتی به ضخامت ۲ متر مشاهده شده است. پس از لایه ریزدانه تا عمق ۸ متر لایه ماسه‌ای با تناوبی از ریزدانه سیلتی - رسی و یا خاک درشتدانه وجود دارد. پس از آن تا اعماق مورد کاوش لایه ماسه‌ای همراه با دانه‌های شنی و قطعات درشت قلوه‌سنگ مشاهده شده است. در عمق ۱۶/۴ تا ۱۶/۹ متر نیز لنز رسی - سیلتی مشاهده شده است. حفاری گمانه پس از رسیدن به آب زیرزمینی در عمق ۱۸/۰ متری امکان‌پذیر نشده است. در اعماق ۱۴/۰ متر به پایین نیز به دلیل حضور آب رطوبت لایه‌های زیر سطحی بیشتر از اعماق بالایی بوده است. چاهک TP-4 در گوشه جنوب غربی پروژه حفاری شده است. این چاهک به دلیل برخورد به تخته سنگ بزرگ جابجا شد و سپس به علت برخورد به مسیر قنات حفاری آن متوقف گردید. در این چاهک حدود ۱/۰ متر خاک دستی مشاهده شده است. پس از آن لایه ماسه‌ای با ریزدانه سیلتی و در بعضی اعماق ذرات درشتدانه شنی وجود دارد. در محل چاهک TP-5 پس از خاک دستی به ضخامت ۱/۰ متر لایه ماسه‌ای - شنی به ضخامت ۲ متر مشاهده شده است. پس از آن لایه ریزدانه رسی با ذرات سیلت و شن به ضخامت دو متر و پس از آن تا عمق ۱۱/۵ متری خاک ماسه‌ای - سیلتی با ذرات شنی وجود دارد. پس از آن لایه ریزدانه رسی - سیلتی به ضخامت ۲ متر و پس از آن مجدداً ذرات ماسه و سیلت با شن و قلوه‌سنگ مشاهده شده است. در عمق ۱۵/۵ متری به دلیل وجود آب زیرزمینی حفاری امکان‌پذیر نشده است.

۳. آزمایش دانسیته درجا

وزن مخصوص یا دانسیته خاک یکی از پارامترهای مهم فیزیکی لایه‌های زیرسطحی می‌باشد. این آزمایش بر اساس استاندارد ASTM D-1556 انجام می‌گیرد. در چاهک‌های شناسایی حفاری شده آزمایش دانسیته درجا به روش مخروط ماسه انجام شده و نتایج آن در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲) نتایج آزمایشات دانسیته درجا

چاهک	عمق (m)	رطوبت (%)	دانسیته طبیعی (gr/cm ³)	دانسیته خشک (gr/cm ³)
TP - 1	۵/۰	۱۹/۹	۱/۸۹	۱/۵۷
TP - 2	۸/۰	۲۱/۴	۱/۸۵	۱/۵۳
TP - 3	۵/۰	۱۵/۹	۱/۹۵	۱/۶۸
TP - 4	۵/۰	۱۱/۴	۱/۷۶	۱/۵۸
TP - 5	۳/۰	۱۱/۹	۱/۷۷	۱/۵۸
	۵/۰	۲۰/۹	۱/۸۲	۱/۵۷
	۱۱/۰	۲۳/۵	۱/۸۶	۱/۵۱



۴. آزمایش‌های بارگذاری صفحه در لبه ترانشه

آزمایش بارگذاری صفحه در لبه ترانشه و ایجاد گسیختگی، آزمایش نسبتاً ساده‌ای است که بر روی صفحه‌ای در لبه ترانشه بارگذاری انجام می‌گردد و طی آن توده‌ای از خاک به صورت گوه گسیخته می‌شود. سپس گوه گسیخته شده بر اساس تحلیل پایداری تعادل حدی به صورت سه بعدی و با استفاده از روابط هاوولند (۱۹۷۷) تحلیل معکوس شده و چسبندگی درجا تعیین می‌شود. با توجه به این که مقاومت برشی خاک، ناشی از چسبندگی و اصطکاک است لذا در تحلیل نتایج این آزمایش و برآورد چسبندگی، زاویه اصطکاک خاک ϕ بایستی معلوم باشد. با فرض بی‌تاثیر بودن سیمانی شدن بر ϕ خاک می‌توان ϕ را با انجام آزمایش برش مستقیم بر روی نمونه‌های بازسازی شده به دست آورد. مراحل انجام این آزمایش و محاسبات آن به شرح زیر است. ابتدا ترانشه‌ای حفر شده و لبه و سطوح آن با دقت و به آرامی صاف می‌شود. سپس صفحه‌ای بر روی لبه ترانشه قرار داده شده و بارگذاری با جک صورت می‌گیرد. شکل صفحه بارگذاری می‌تواند مربعی یا مثلثی باشد. صفحه مثلثی از این نظر که گسیختگی گوه‌ای شکل منظم‌تری ایجاد می‌کند قابل ترجیح است. سطحی که بارگذاری روی آن صورت می‌گیرد به وسیله ماسه ریز هموار می‌گردد تا اتصال صفحه کامل شده و بار به صورت یکنواخت اعمال گردد. صفحه بارگذاری به وسیله تراز بنایی به صورت افقی یا قائم تراز شده و سیستم بارگذاری به وسیله جک تنظیم می‌شود. بین جک و صفحه بارگذاری مفصل کرووی (گوی و کاسه) گذاشته می‌شود تا بار به صورت نقطه‌ای به مرکز صفحه بارگذاری اعمال شود. برای اندازه‌گیری میزان نشست یا جابجایی تا حد گسیختگی نیز سنجش‌گرهایی با دقت یک‌صدم میلی‌متر نصب می‌شود. با توجه به این که بعد از بارگذاری و ایجاد گسیختگی، اندازه‌گیری شکل و حجم گوه گسیخته شده مورد نیاز است، بنابراین سطح زمین قبل از گسیخته شدن نشانه‌گذاری می‌شود (با پاشیدن پودر گچ در سطح افقی و خط‌کشی با اسپری رنگ در سطوح عمودی)، تا مرز گسیختگی بعد از آزمایش و ریختن گوه مشخص شود. بارگذاری به صورت مرحله به مرحله (پله به پله) انجام می‌شود. بعد از هر مرحله بارگذاری، نشست یا جابجایی صفحه به شکل مرتب اندازه‌گیری می‌شود تا وقتی که میزان جابجایی برای آن مرحله بارگذاری ناچیز شود. در مرحله نزدیک به گسیختگی نشست‌ها سریع‌تر شده و در نهایت لبه ترانشه به صورت گوه گسیخته می‌شود. شکل گوه نقشه‌برداری می‌شود. از محل آزمایش، نمونه‌هایی برای اندازه‌گیری رطوبت، دانه‌بندی و آزمایش برش مستقیم اخذ می‌شود. با استفاده از روابط ارائه شده به وسیله هاوولند (۱۹۷۷) گوه گسیخته شده در اثر بارگذاری، تحلیل پایداری شده و چسبندگی خاک محاسبه می‌شود. روابط هاوولند برای گسیختگی گوه ایده‌آل مشابه گوه نشان داده شده در شکل (۳) ارائه شده است. با توجه به اینکه گوه‌های ایجاد شده در آزمایش‌ها، قدری نامنظم می‌باشند، بنابراین گوه‌های به وجود آمده باید با گوه‌های ایده‌آل معادل‌سازی شوند. برای این منظور گوه ایده‌آل معادل گوه حاصل از آزمایش به صورت زیر تعیین شده و سپس چسبندگی خاک برآورد می‌شود.

ارتفاع گوه معادل یا h همان ارتفاع گوه گسیخته شده در آزمایش است.

عمق گوه معادل یا b همان عمق گوه گسیخته شده در آزمایش می‌باشد که از لبه ترانشه تا عمیق‌ترین قسمت گوه در نظر گرفته می‌شود.

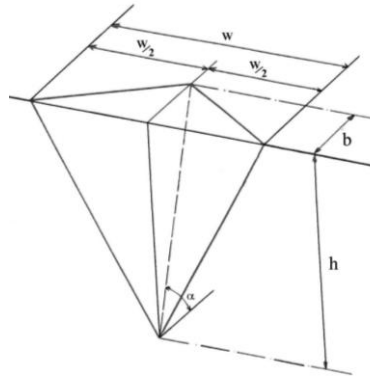
زاویه α برابر $\text{ArcTan } h/b$ می‌باشد.

با استفاده از نقشه‌برداری انجام شده و ترسیم شکل سه بعدی گوه گسیخته شده حجم و سطح گسیختگی گوه واقعی به دست می‌آید؛ با ثابت نگه داشتن مقادیر b و h عرض گوه ایده‌آل معادل یا Wc با آزمون و خطا محاسبه می‌شود به طوری که مساحت سطح تحتانی گوه ایده‌آل با سطح تحتانی گوه واقعی برابر شود. بدیهی است که مقدار Wc با عرض گوه واقعی (W) متفاوت خواهد بود.



اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources



شکل (۳) و ابعاد گوه ایده آل هاوئند (۱۹۷۷)

با به دست آمدن ابعاد گوه معادل چسبندگی (C) بر اساس رابطه زیر محاسبه می شود:

$$c = \left[F_3 - \frac{\tan \phi}{B \tan \alpha} \right] \frac{\gamma_e \cdot b \cdot \sin \alpha}{3B}$$

F_3	ضریب اطمینان سه بعدی که در لحظه گسیختگی برابر با ۱ فرض می شود.
ϕ	زاویه اصطکاک داخلی خاک
γ_e	وزن مخصوص معادل
B	ضریب شکل که به صورت زیر محاسبه می شود:

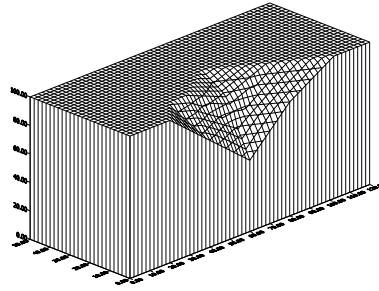
$$B = \sqrt{4 \left(\frac{b}{w} \right)^2 \sin^2 \alpha + 1}$$

در این محاسبات فرض بر این است که گوه در اثر وزن خود گسیخته می شود. بنابراین بار به کار رفته برای گسیختگی به صورت وزن مخصوص معادل γ_e در رابطه قرار داده می شود. γ_e نیز با رابطه زیر قابل محاسبه است:

$$\gamma_e = \frac{\gamma V + P}{V}$$

γ = وزن مخصوص واقعی خاک V = حجم واقعی گوه P = بار گسیختگی

تعداد ۹ مورد آزمایش بارگذاری صفحه در لبه ترانشه های ایجاد شده در گالری ها انجام شده است. بارگذاری ها مثل آزمایش بارگذاری صفحه معمولی پله به پله صورت گرفته و نشست ها با دو گیج اندازه گیری شده اند. تمامی آزمایش ها در شرایط موجود (رطوبت طبیعی) و با استفاده از صفحه مثلی ۴۳*۴۳*۵۶ سانتیمتر اجرا شده است. از محل این آزمایش ها نمونه هایی برای انجام آزمایش برش مستقیم برداشت شده است.

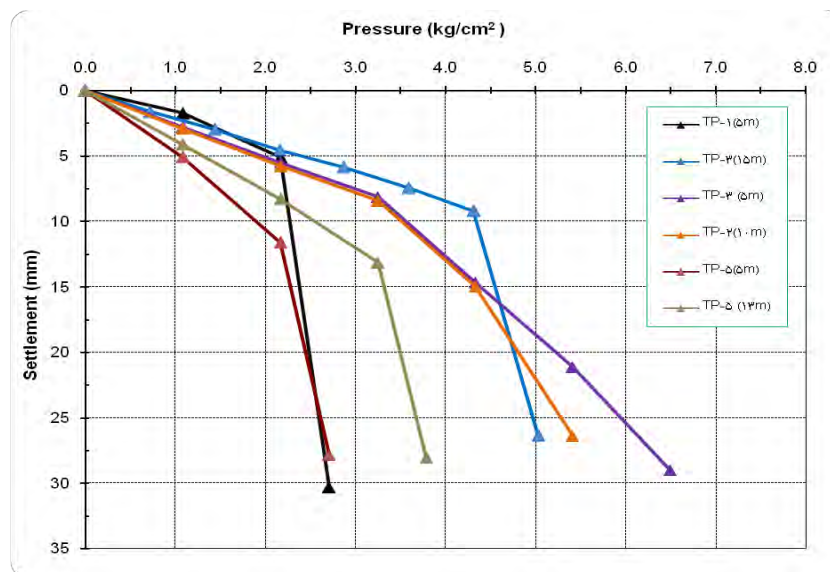


شکل (۴) تصویر سه بعدی گوه گسیختگی طی آزمایش های بارگذاری صفحه در لبه ترانشه



شکل (۵) تصویری از مراحل انجام آزمایش بارگذاری صفحه در لبه ترانشه

نمودار فشار - نشست آزمایش ها در شکل (۶) به صورت یکجا نشان داده شده است. در همه آزمایش ها گسیختگی در نشست های کمتر از ۱۲ میلیمتر رخ داده است. مقادیر چسبندگی درجا که بر اساس آزمایش های مزبور و با استفاده از مقادیر ϕ خاک برآورد شده و در جدول (۳) نشان داده شده است.



شکل (۶) نمودار فشار نشست آزمایشات بارگذاری صفحه لبه ترانشه



جدول (۳) چسبندگی برآورد شده بر اساس نتایج آزمایشات بارگذاری لبه تراشه

چاهک	عمق (m)	φ=28	φ=30	φ=32	φ=32
TP-1	۵	۰/۳۴	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۳
TP-2	۱۰	۰/۲۲	۰/۲۰	۰/۱۸	۰/۱۵
TP-3	۵	۰/۲۴	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۶
TP-3	۱۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۱۷
TP-5	۵	۰/۳۰	۰/۲۷	۰/۲۴	۰/۲۱
TP-5	۱۳	۰/۲۳	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۱۶

۵. آزمایش‌های بارگذاری صفحه عمودی و افقی

با انجام آزمایش بارگذاری صفحه ویژگی‌های تغییر شکل‌پذیری لایه‌های زمین در حالت برجا اندازه‌گیری می‌شود که به وسیله آن می‌توان مقاومت و تغییر شکل‌پذیری برجای این لایه‌ها را برآورد کرد. نتایج آزمایش بارگذاری صفحه جهت تعیین مدول عکس‌العمل (K_s)، مدول تغییر شکل (E_s) و تعیین ظرفیت باربری استفاده می‌شود. در این آزمایش بر روی صفحه‌ای به ابعاد مشخص بارگذاری انجام می‌شود. در هر مرحله تغییر شکل یا نشست خاک بر حسب شدت بارگذاری یا فشار قرائت شده و نمودار تغییرات فشار بر حسب نشست خاک ترسیم می‌گردد. مدول عکس‌العمل خاک (K_s) از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$K_s = \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

در رابطه فوق ΔP تغییرات فشار و ΔS نشست متناظر با ΔP است. پارامتر دیگری که بر اساس نتایج آزمایش بارگذاری صفحه و بر پایه تئوری الاستیسیته می‌توان به دست آورد مدول تغییر شکل خاک (E) است. این مدول به صورت زیر قابل محاسبه است:

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta S} \cdot D \cdot (1 - \nu^2) \cdot I$$

در رابطه فوق ΔP تغییرات فشار، D ابعاد صفحه بارگذاری، ν نسبت پواسون، I ضریب تاثیر که تابعی از صلبیت و شکل صفحه بارگذاری بوده و ΔS میزان نشست الاستیک می‌باشد. برای صفحه دایروی و صلب در بارگذاری صفحه روی یک فضای نیمه بی‌نهایت الاستیک و همگن مقدار I برابر $0/8$ است (Bowles, 1982). در این مطالعات به منظور انجام آزمایش بارگذاری صفحه چاهک‌هایی حفر شده و آزمایش در آن صورت گرفته است. آزمایشات با استفاده از صفحه دایره‌ای شکل به قطر ۳۰ سانتیمتر و مطابق استاندارد ASTM D1194 انجام شده است. نتایج آزمایش بارگذاری صفحه در جدول (۶) و نمودار فشار - نشست به دست آمده از آزمایش بارگذاری صفحه قائم و بارگذاری صفحه افقی به ترتیب در شکل‌های (۱۶) و (۱۷) نشان داده شده‌اند. برون‌یابی نتایج آزمایش بارگذاری صفحه برای محاسبات ظرفیت باربری خاک‌های چسبنده مستقل از ابعاد شالوده است و ظرفیت باربری صفحه بارگذاری نمایانگر ظرفیت باربری پی واقع بر روی خاک ریزدانه می‌باشد.

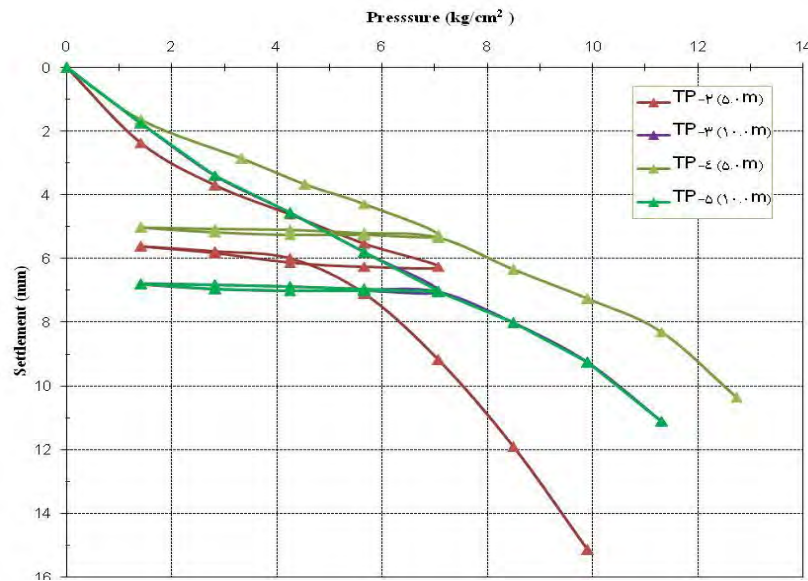


اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

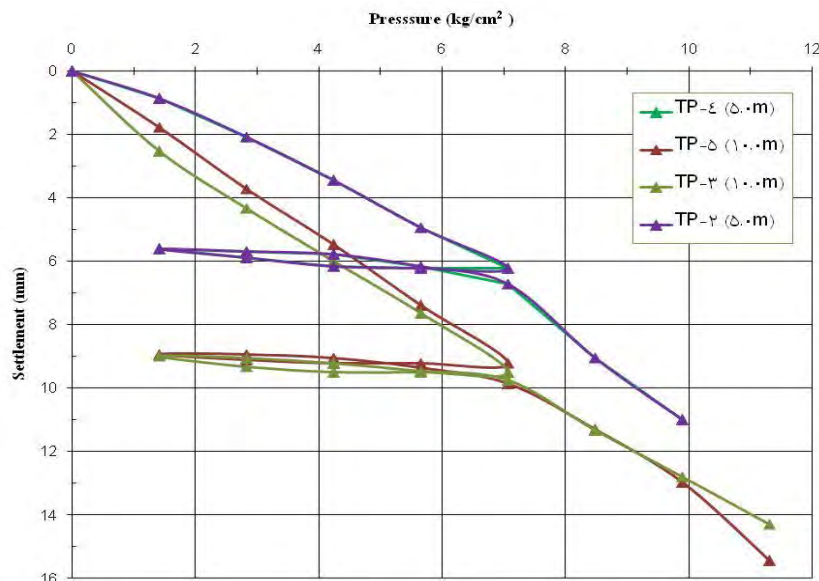
The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources

جدول (۴) نتیجه آزمایش بارگذاری صفحه

چاهک	عمق بارگذاری (m)	عرض صفحه (m)	ks-Vertical kg/cm ³	ks-Horizontal kg/cm ³	Evertical kg/cm ²	Ehorizontal kg/cm ²	جنس خاک
TP-2	5.0	0.30	16.3	10.1	328.6	203.6	SM
TP-3	10.0	0.30	12.1	8.8	243.9	177.4	GP-GM
TP-4	5.0	0.30	15.3	8	308.4	161.3	GM
TP-5	10.0	0.30	10.3	7.8	207.6	157.2	SM



شکل (۷) نمودارهای فشار - نشست آزمایش‌های بارگذاری صفحه قائم

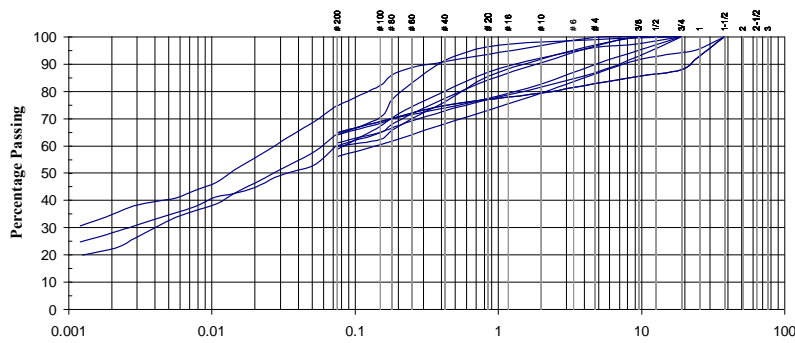


شکل (۸) نمودارهای فشار - نشست آزمایش‌های بارگذاری صفحه افقی

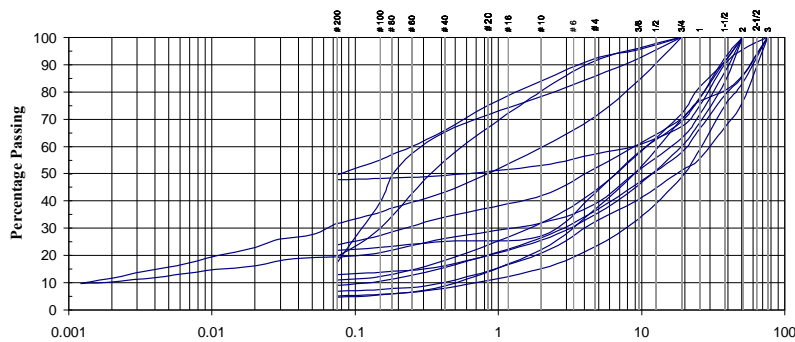


۶. آزمایش‌های دانه‌بندی و طبقه‌بندی خاک

دامنه اندازه ذرات موجود در خاک و توزیع وزنی آنها بر حسب درصدی از وزن کل خشک خاک توسط آزمایش دانه‌بندی تعیین می‌گردد. آزمایش‌های دانه‌بندی بر روی نمونه‌های مآخوذه از حفاری گمانه و چاهک‌ها انجام گردیده است.



شکل (۹) نمونه‌ای از نمودارهای دانه‌بندی لایه‌های ریزدانه



شکل (۱۰) نمونه‌ای از نمودارهای دانه‌بندی لایه‌های درشت‌دانه

۷. آزمایش‌های درصد رطوبت طبیعی

آزمایش تعیین درصد رطوبت طبیعی خاک طبق استاندارد ASTM D-2216 روی نمونه‌های دست‌نخورده انجام می‌گیرد. درصد رطوبت نسبت وزن آب موجود در خاک به وزن خاک خشک می‌باشد. برای انجام آزمایش وزن نمونه مرطوب و وزن نمونه خشک شده در گرمکن در دمای حدود ۱۰۵ تا ۱۱۰ درجه سانتیگراد اندازه‌گیری می‌شود. جدول (۵) نتایج آزمایش‌های صورت گرفته را نشان می‌دهد. بر این اساس درصد رطوبت نمونه‌ها از ۱۰ تا ۲۲ درصد به دست آمده است.

جدول (۵) درصد رطوبت طبیعی

چاهک	عمق نمونه‌گیری	درصد رطوبت
TP-1	7.0	20.6
TP-2	6.0	20.4
	8.0	21.8
TP-3	4.3	12.8
	6.3	14.6
	17.0	22.0
TP-4	3.0	10.2
	4.3	16.5
TP-5	7.3	17.9



اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources

۸. نتایج آزمایش‌های وزن مخصوص

وزن مخصوص خاک، وزن واحد حجم خاک می‌باشد. در این آزمایش حجم نمونه‌های موم‌اندود شده و یا مغزه‌های با اشکال هندسی مشخص اندازه‌گیری شده و سپس وزن خاک خشک و یا وزن خاک در رطوبت طبیعی اندازه‌گیری می‌شود. نسبت وزن خاک خشک و یا طبیعی به حجم آن به ترتیب وزن مخصوص خشک و وزن مخصوص طبیعی نامیده می‌شود. آزمایش تعیین وزن مخصوص خاک بر روی نمونه‌های دست‌نخورده مایخوده انجام شده و نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است. وزن مخصوص خشک نمونه‌ها بین ۱/۵ تا ۱/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب به دست آمده است. همچنین وزن مخصوص طبیعی نمونه‌ها به طور متوسط ۱/۹ گرم بر سانتیمتر مکعب می‌باشد.

جدول (۶) نتایج آزمایش‌های تعیین وزن مخصوص

چاهک	عمق نمونه‌گیری	وزن مخصوص طبیعی	وزن مخصوص خشک
TP-2	6.0	1.84	1.53
TP-3	4.3	1.82	1.62
	6.3	1.93	1.69

۹. آزمایش‌های برش مستقیم

آزمایش برش مستقیم در شرایط اشباع مطابق با استاندارد ASTM D-3080 با سرعت برش تند بر روی نمونه‌های به دست آمده از چاهک‌ها انجام گردیده است. نتایج آزمایش‌های مذکور در جدول (۷) به طور کامل ارائه شده است.

جدول (۷) نتایج آزمایش‌های برش مستقیم

شماره چاهک‌ها	ابعاد یا قطر نمونه (cm)	سرعت برش (mm/min)	C (kg/cm ²)	φ (deg)	عمق (m)
TP-1	30×30	1.25	0.08	36.1	8
TP-2	30×30	1.25	0.08	33.4	6
TP-3	30×30	1.25	0.08	36.7	6
TP-4	30×30	1.25	0.09	37.0	6
TP-5	30×30	1.25	0.09	37.2	14
TP-6	30×30	1.25	0.08	36.3	12

۱۰. خروجی آنالیزهای پایداری

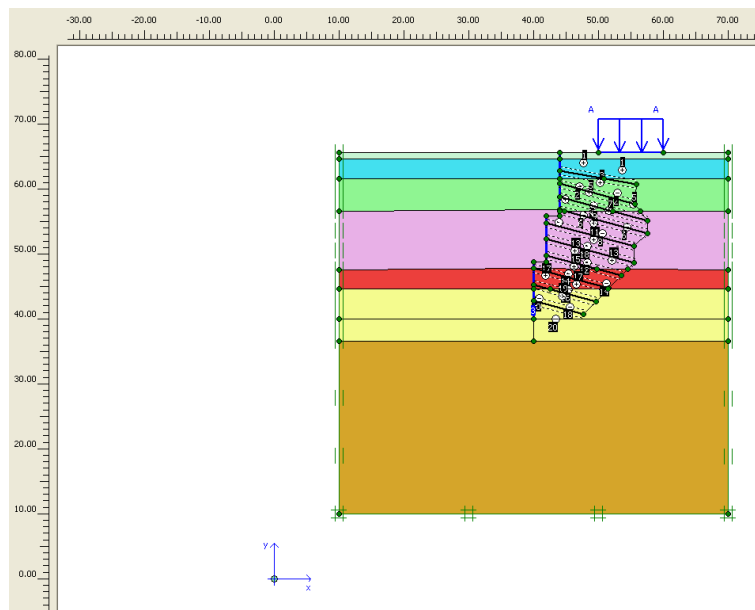
به منظور احداث ساختمان تجاری - اداری باران گودبرداری به مقدار حداکثر ۲۵/۸ متر لازم بوده و با توجه به خطر ریزش و ناپایداری به واسطه خاکبرداری با دیواره قائم استفاده از سازه نگهبان مناسب مورد نیاز می‌باشد. برای طراحی سازه نگهبان شرایط موجود در اطراف سایت نیز باید مد نظر قرار گیرد. محدودیت‌ها و ویژگی‌های اطراف محل طرح در ادامه مورد بررسی قرار گرفته است. ضلع شمالی ساختمان قدیمی ۶ طبقه در فاصله حدود ۶ متری از لبه خط گود در گوشه شمال غربی محوطه پروژه قرار گرفته است. همچنین در راستای ضلع شمالی از غرب به شرق، ساختمان‌های ۳ تا ۴ طبقه، باغچه و حیاط‌های همسایه با فاصله از خط گود قرار گرفته‌اند. بر این اساس به منظور در نظر گرفتن بحرانی‌ترین وضعیت موجود، وضعیت سربار گوشه شمال غربی برای تمامی راستای ضلع شمالی در مدل‌ها در نظر گرفته شده است. مقدار سربار با توجه به ملاحظات



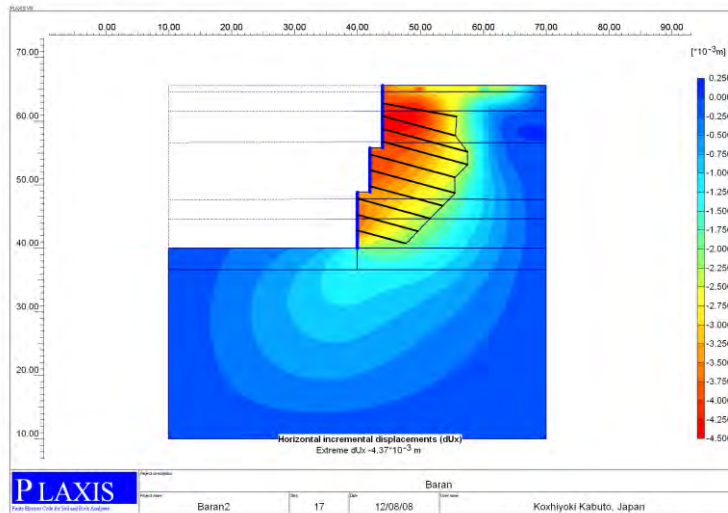
اولین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار

The 1st National Conference on Stable Agriculture and Natural Resources

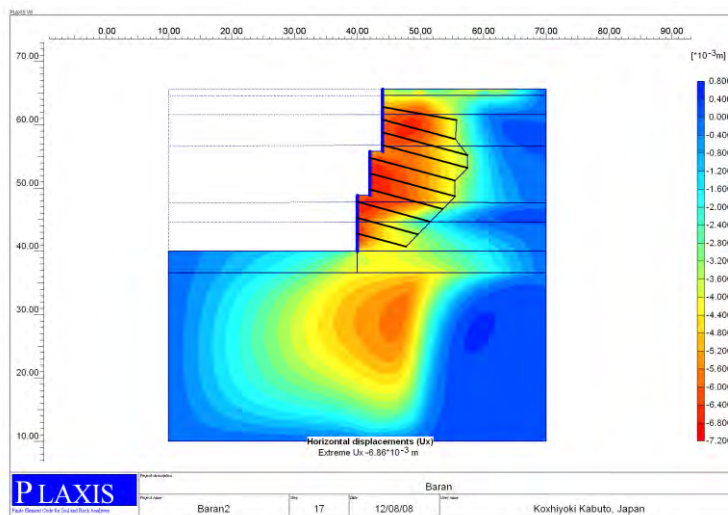
مبحث ششم آیین نامه ساختمانی ملی ایران محاسبه شده است. همچنین ارتفاع گود در ضلع شمالی از غرب به شرق، از ۲۵/۸ متر تا ۲۴/۵ متر در نظر گرفته شده است. ضلع غربی محوطه پروژه در مجاورت خیابان شریعی قرار گرفته است. با توجه به قرارگیری سیلوی ذخیره سیمان و سربار عملیاتی در حد فاصل خط گود تا خیابان، شرایط سربار حاکم بر گوشه شمال غربی برای این ضلع نیز لحاظ شده است. فاصله خط گود تا دیوار غربی محوطه پروژه حدود ۱۰ متر می باشد. همچنین ارتفاع گود در ضلع غربی از شمال به جنوب، از ۲۵/۸ متر تا ۲۴/۴ متر در نظر گرفته شده است. ضلع جنوبی در خط گود از دیوار جنوبی محوطه پروژه فاصله ای در حدود ۵ متر دارد. همچنین دیواره جنوبی محوطه پروژه از ساختمان های همسایه در وجه جنوبی خیابان دشتستان سوم حدود ۸ متر فاصله دارد. سربار ساختمان های ۳ تا ۴ طبقه در ضلع شمالی محوطه پروژه و بار ترافیک برای خیابان ۳ خطه دشتستان سوم برای ضلع جنوبی حاکم می باشد. ضلع شرقی در خط گود از دیواره ضلع شرقی محوطه پروژه حدود ۱۰ متر فاصله دارد. ساختمان ۲ طبقه مسکونی و حیاط همسایه در مرز زمین و همچنین کانکس های استقرار پرسنل کارگاه در داخل زمین در ضلع شرقی واقع شده اند. بر این اساس سربار مناسب در مدل های ساخته شده لحاظ شده است. جهت بررسی مقدار تغییر شکل های سیستم دیواره میخ کوبی شده و نیز کنترل پایداری سیستم از نرم افزار PLAXIS استفاده شده است. همچنین پایداری موقت دیواره های گود حفاظت شده به روش میخ کوبی که به وسیله نرم افزار Slope/W صورت گرفته با در نظر گرفتن اثر بتن پاشی و با بهره گیری از نرم افزار PLAXIS کنترل شده و مکانیزم های گسیختگی محتمل در تحلیل پایداری با به دست آوردن ضرایب اطمینان شناسایی می شوند. بر این اساس بحرانی ترین مدل برای دیواره شمالی و غربی در شرایط TP-3/BH-1 در محیط PLAXIS تهیه شده است. پارامترهای ژئوتکنیکی به کار گرفته شده در مدل تهیه شده سیستم دیواره میخ کوبی و مکانیزم محتمل گسیختگی در تحلیل پایداری موقت گود برای دیواره در حالت استاتیک آورده شده است. مشاهده می شود این مکانیزم به صورت کلی (نه موضعی) با ضریب اطمینان ۱/۱۴ می باشد. مقادیر تغییر مکان کل مربوط به این مدل به دست آمده از تحلیل تنش - تغییر شکل در زیر نشان داده شده است. بر اساس مدل های تهیه شده حداکثر تغییر مکان افقی حدود ۷ میلیمتر برآورد شده است.



شکل (۱۱) مدل تهیه شده برای سیستم حفاظت از دیواره های گود به روش میخ کوبی



شکل (۱۲) مکانیزم محتمل گسیختگی در تحلیل پایداری دیواره، ضریب اطمینان استاتیکی ۱/۱۴



شکل (۱۳) کانتورهای تغییر مکان افقی خاک پشت بتن‌بشی در دیواره، تحلیل استاتیک

۱۱. نتیجه‌گیری

- ۱- مطابق اطلاعات موجود تراز سطح آب زیرزمینی در محل چاهک‌های TP-1 و TP-2 حدود ۹۱/۲ بوده است که از تراز ۸۵/۸ در چاهک TP-3 و تراز ۸۵/۶ در چاهک TP-5 تجاوز می‌کند. بر این اساس اجرای پرده آب‌بند در تراز ۹۴/۰ مطلوب می‌باشد و در محل چاهک‌های TP-1 و TP-2 تمهیدات خاص زهکشی به کار گرفته می‌شود.
- ۲- طبق آزمایش‌های انجام شده مقدار سولفات و کلر خاک ناچیز بوده لذا استفاده از سیمان پرتلند تیپ ۱ در کارهای بتنی توصیه می‌شود.
- ۳- ملات مورد استفاده در اطراف میلگردها مخلوط ۱ به ۲ آب به سیمان (آب برابر با ۵۰٪ وزنی سیمان) با استفاده از سیمان پرتلند نوع ۱ یا نوع ۲ می‌باشد که باید از طریق مخلوط‌کن‌های سریع به صورت کلوئیدی آماده و با فشار حداقل ۱ بار به داخل چال‌ها رانده شود.
- ۴- آرماتورهای مورد استفاده در طراحی از نوع آرماتورهای آجدار با قطر ۲۵ و ۳۲ میلیمتر می‌باشد.



۱۱. مراجع

- ۱- مطالعات ژئوتکنیک و مهندسی پی سازه‌های جنبی مجتمع فولاد قائنات، سید علیرضا آشفته، احمد ادیب، مجید ملکی و نیکنام شاکرمنتظری، همایش و نشست تخصصی مدیریت شهری و توسعه پایدار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اسلامشهر با همکاری شهرداری اسلامشهر، اردیبهشت ۱۳۹۲
- ۲- مطالعات مهندسی پی و مقاومت مصالح طرح بهسازی لرزه‌ای پل بهشتی، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی با همکاری انجمن ژئوتکنیک، مهر ۱۳۹۲
- ۳- مطالعات بستر طول محور قطار شهری تبریز، سید علیرضا آشفته، اولین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران، دانشگاه محقق اردبیلی با همکاری انجمن ژئوتکنیک، مهر ۱۳۹۲