Archive of SID

دومین کنفرانس ملی مهندسی ژئوتکنیک ایران
کرمانشاه، ۹ و ۱۰ مهر ماه ۱۳۹۳

بررسی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی و پارامترهای طراحی پی با توجه به خطر روانگرایی و واگرایی خاک (مطالعه موردی: فاز توسعه‌ی شهرک صنعتی محمودآباد، قم)

الهه السادات رضوی دهکردی[۱]، حامد اسدیان [۲]، علی ارومیه‌ای [۳]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه آزاد تهران شمال

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی مهندسی، دانشگاه دامغان

۳- استاد دانشگاه تربیت مدرس

Elaherazavi@ymail.com

خلاصه

شناسایی و خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی خاک‌ها در محل احداث شهرک‌های صنعتی، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. شهرک‌های صنعتی با توجه به اهمیت اقتصادی و کارآفرینی و همچنین نوع استقرار سازه در آن‌ها لازم است مطابق با استانداردهای فنی طراحی و اجرا شوند. شهرک صنعتی محمودآباد در کیلومتر ۱۸ اتوبان قم- تهران قرار دارد و دارای مساحتی حدود ۲۰۰ هکتار می‌باشد. از نظر زمین‌شناسی نهشته‌های سطحی منطقه شامل نهشته‌های آبرفتی عمدتا با منشأ ماسه ای و رسی حاصل از فرسایش سنگ های سازند قم و نهشته های نئوژن می‌باشد. باتوجه به فراوانی میان لایه‌های گچ و نمک و همچنین رخنمون گنبد نمکی در جنوب غرب منطقه، بررسی پدیده واگرایی خاک‌ها مورد نیاز می‌باشد. جهت ارزیابی خصوصیات ژئوتکنیکی محدوده شهرک صنعتی چندین گمانه به روش روتاری تا اعماق مختلف حفر گردیدند و ضمن نمونه برداری دست-نخورده، آزمایش‌های برجا از جمله آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) در فواصل دو متر انجام پذیرفت. نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه با درنظر گرفتن طبقه بندی یونیفاید عمدتا شامل تناوبی از SM و CL می‌باشند. باتوجه به لرزه خیزی منطقه و نوسانات تراز آب زیرزمینی، احتمال بروز پدیده روانگرایی نیز برای منطقه وجود دارد. در این مقاله علاوه بر بیان وضعیت لایه‌های خاک و معرفی خصوصیات ژئوتکنیکی آن‌ها، پارامترهای مورد نیاز برای طراحی پی سازه‌ها از نظر محاسبه ظرفیت باربری و میزان نشست، خطر روانگرایی و واگرایی خاک نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند.

کلمات کلیدی: زمین شناسی مهندسی، پارامترهای ژئوتکنیکی، روانگرایی، واگرایی، میزان نشست

۱. مقدمه

شهرک‌های صنعتی به دلیل نقش بسیار ارزنده و مهمی که در راستای ایجاد اشتغال، تعادل اقتصادی، استفاده از توانمندی‌ها و پتانسیل استان‌ها و بهبود وضع صادرات در یک کشور دارند، از اهمیت بسیاری برخوردارند لذا شناسایی خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی خاک‌ها در محل احداث آنها، امری ضروری می‌باشد. همچنین نوع استقرار سازه در آن ها مستلزم آن است که مطابق با استانداردهای فنی، طراحی و اجرا گردند[1].

---

[۱] دانشجوی ارشد زمین شناسی مهندسی
[۲] دانشجوی ارشد زمین شناسی مهندسی
[۳] دکترای زمین شناسی مهندسی

www.SID.ir

Archive of SID

شهرک صنعتی محمودآباد در کیلومتر ۱۸ اتوبان قم- تهران قرار دارد و فاز توسعه آن دارای مساحتی حدود ۲۰۰ هکتار می‌باشد. در شکل ۱ موقعیت شهرک‌های صنعتی قم نشان داده شده است. جهت ارزیابی خصوصیات ژئوتکنیکی محدوده شهرک صنعتی ۱۴ گمانه به روش روتاری تا اعماق مختلف حفر گردید و ضمن نمونه برداری دست نخورده، آزمایش‌های برجا از جمله آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) در فواصل دو متر انجام پذیرفت. با توجه به بررسی‌ها و آزمایش‌های انجام شده، از سطح زمین تا عمق ۲۰ الی ۳۰ سانتیمتر، خاک از نوع دستی با بقایای گیاهی می‌باشد. از عمق ۰.۳ متری به بعد بافت اصلی خاک عمدتا از نوع ریز دانه شامل رس لای دار و یا لای رس دار با خاصیت خمیری کم می‌باشد و نمونه‌های خاک در آن عمدتا در گروه‌های CL-ML,CH,ML,CL قرار دارند و مقدار متوسط چسبندگی زهکشی نشده اشباع خاک برابر ۴۵ کیلوپاسکال در نظر گرفته می‌شود. در این مقاله علاوه بر بیان وضعیت لایه‌های خاک و معرفی خصوصیات ژئوتکنیکی آن‌ها به بررسی شالوده های مناسب، میزان نشست شالوده، خطر روانگرایی و واگرایی خاک نیز خواهیم پرداخت.

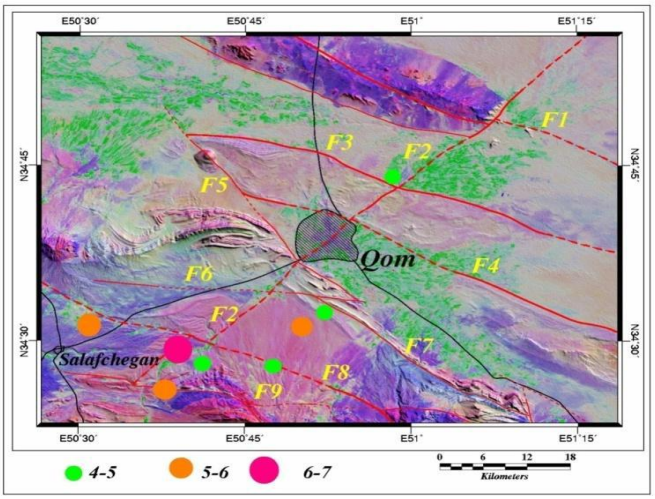
شکل ۱- موقعیت شهرک‌های صنعتی قم و مسیر دسترسی به آن‌ها

۲. زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

شهرک صنعتی محمود آباد درکیلومتر ۱۸ اتوبان تهران- قم و در فاصله ۱۲۴ کیلومتری شهر تهران و در استان قم واقع است. مساحت آن ۳۴۱ هکتار و فاز توسعه آن ۲۰۰ هکتار می‌باشد که توسعه آتی شهرک به ۵۰۰ هکتار نیز خواهد رسید. این منطقه بخشی از پهنه ساختاری ایرن مرکزی می‌باشد و در آن سنگ‌های رسوبی، آذرین وآذراواری سنوزوئیک برونزد دارند و کهن‌ترین سنگ‌های پدید آمده در این ورقه، مربوط به فعالیت های آتشفشانی دوره ائوسن پسین است. نهشته‌های سطحی، شامل نهشته‌های آبرفتی عمدتا با منشأ ماسه‌ای و رسی حاصل از فرسایش سنگ‌های سازند قم و نهشته‌های نئوژن می‌باشد. از نظر ساختارهای زمین‌شناسی، گسل‌های اصلی منطقه شامل گسل خضر(F5) که گسلی معکوس با حرکت برشی راستگرد با امتداد N 120 و با شیب به سمت جنوب است وگسل قیز قلعه(F6) که این گسل، امتدادلغز راستگرد با راستای تقریبی شرقی- غربی بوده و با شیب به سمت جنوب است (شکل۲)[2]. گسل‌های منطقه در بیشتر قسمت‌ها از نوع امتدادلغز راستگرد یا چپگرد و بطور معمول عمود تا نزدیک به عمود نسبت محور چین خوردگی اصلی دیده می‌شود [3]. به نظر نوگل (۱۳۶۴) نقل از درویش زاده (۱۳۷۰) گسل‌های فرعی در نزدیکی‌های گسل های اصلی نتیجهٔ تکامل و جابجایی ثانوی درزه‌های عرضی است که دارای حرکت چرخشی عمود بر سطح گسل‌ها است، بطوریکه گسترش و عمقی ندارد . در تاقدیس غربی البرز یک سری گسل‌های امتدادلغز چپگرد و به ندرت راستگرد وجود دارد که ممکن است باعث چرخیدن گنبد نمکی کوه نمک، در هنگام بالا آمدن آن شده باشد [4].

www.SID.ir

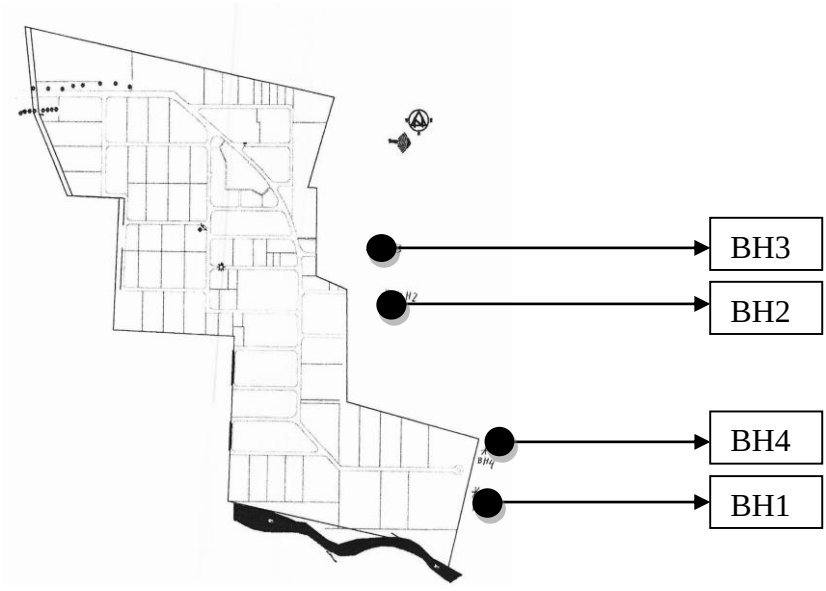
Archive of SID



شکل ۲-گسل‌های فعال منطقه قم و زمین لرزه‌های دستگاهی با بزرگای بیشتر از ٤ ریشتر که بین سال‌های ۱۹٦۰ الی ۲۰۰۷ میلادی ثبت گردیده‌اند [2] .

۳. بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی محدوده مورد مطالعه:

جهت بررسی خصوصیات زمین‌شناسی و ژئوتکنیکی گستره طرح تعدادی گمانه اکتشافی حفر شد که در این مقاله خصوصیات زمین‌شناسی مهندسی ۴ گمانه اصلی ذکر شده و مورد بررسی قرار می‌گیرد. محل حفاری گمانه‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است.

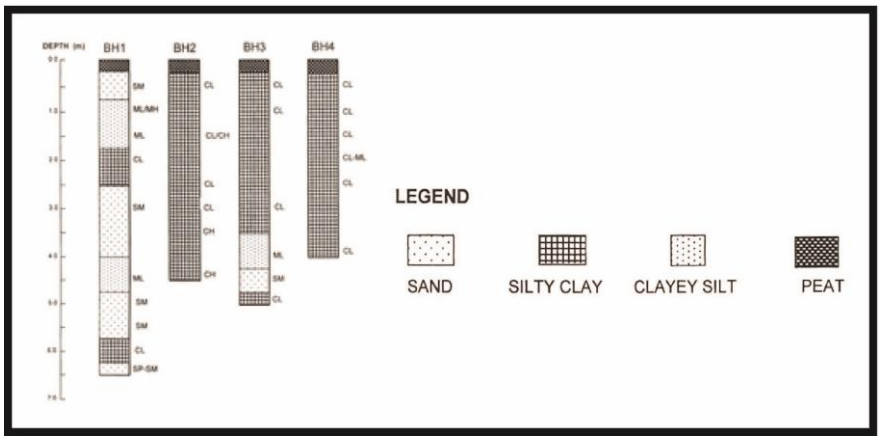


شکل شماره ۳- محل حفر گمانه‌ها

لوگ مربوط به گمانه‌ها نیز در شکل شماره ۴ آورده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل شماره ٤- لوگ گمانه‌ها

بر اساس نتایج به دست آمده از حفاری‌ها، در لایه‌های با بافت ریزدانه، مقدار چسبندگی زهکشی نشده خاک، بین ۱۱ تا ۲۵ تن بر متر مربع و به طور متوسط **٦.٥** تن بر متر مربع به دست می‌آید.

لازم به ذکر است که این مقدار چسبندگی مربوط به شرایط غیراشباع بوده و با افزایش درصد رطوبت خاک کاهش می‌یابد. با بررسی نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی انجام شده بر روی نمونه‌های اشباع، مانند آزمایش سه محوری، در مجموع مقدار Cu در حالت اشباع ۴.۵ تن بر متر مربع انتخاب می‌گردد.

در حین انجام عملیات صحرایی، به منظور انجام آزمایش‌های آزمایشگاهی مناسب، نسبت به اخذ نمونه‌های دست‌نخورده اقدام شده است. بر روی نمونه‌های ماسه‌ای نیز آزمایش برش مستقیم انجام شده است. لازم به ذکر است که عمده آزمایش‌های آزمایشگاهی بر مبنای استاندارد ASTM به انجام رسیده است.

نتایج آزمایش برش مستقیم انجام شده در جدول شماره ۱ آمده است.

جدول شماره ۱- نتایج آزمایش‌های برش مستقیم

گمانه	عمق بر حسب متر	چسبندگی $C(t/m^2)$	زاویه اصطکاک داخلی (Φ)	وزن مخصوص خشک $\gamma_d(t/m^3)$
BH1	5	0	46˚	1.70
BH2	5	0	42˚	1.74
BH3	5	0	38˚	1.78
BH4	5	0	40˚	1.65

بر مبنای نتایج آزمایش‌های تحکیم انجام شده در محل گمانه‌های شهرک صنعتی محمودآباد، مقدار ضریب تغییر حجم$(m\upsilon)$ بین ۰.۰۰۵۱ تا ۰.۰۴۰۸ سانتی‌متر مربع بر کیلوگرم متغییر بوده و مقدار متوسط آن ۰.۰۱۸۵ می‌باشد. همچنین مقدار نشانه‌ی خلاء اولیه$(\mathbf{e_0})$ از ۰.۷۹۷ تا ۰.۹۳۸ و با متوسط ۰.۸۶۸ است. همچنین از سطح زمین تا عمق ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر، خاک از نوع دستی با بقایای گیاهی می‌باشد. برای این لایه هیچ پارامتر مقاومتی نمی‌توان در نظر گرفت.

سایر پارامترهای لایه‌ها در جدول شماره ۲ آورده شده است.

جدول شماره ۲- پارامترهای طراحی لایه‌های ریزدانه

C_c	γ_m	e_0	γ_d	m_ϑ	Φ_U	C_U	PI (%)	LL (%)	F (%)
0.21	1.8	0.87	1.48	0.019	0	4.5	16	37	86

www.SID.ir

Archive of SID

که در آن F درصد ریزدانه، LL حد روانی، PI شاخص خمیری، C_c چسبندگی زهکشی شده (بر حسب تن بر متر مربع)، Φ_U زاویه اصطکاک داخلی زهکشی نشده، m_θ ضریب تغییر حجم، γ_d وزن مخصوص خشک خاک، نشانه خلاء اولیه، m_θ وزن مخصوص مرطوب خاک (بر حسب تن بر متر مکعب) و Cc شاخص تراکم یا ضریب فشردگی می‌باشد.

به جز در محدوده گمانه‌های BH2 و BH4، در محدوده سایر گمانه‌ها، در اعماق میانی لایه‌هایی از جنس ماسه‌ی لای دار نیز وجود دارد.

ضخامت این لایه‌ها بین یک تا دو متر بوده و به طور متوسط در عمق ۵-۱ متری سطح زمین قرار دارند. بخش ریزدانه خاک فاقد خاصیت خمیری بوده و نمونه‌های خاک آنها در گروه‌های SM و SP-SM قرار دارند.

پارامترهای این لایه بر مبنای نتایج آزمایش‌های انجام شده، در جدول شماره ۳ آمده است.

جدول شماره ۳- پارامترهای طراحی لایه‌های ماسه‌ای

بافت لایه	S (%)	LL (%)	PI (%)	γ_d	C	Φ	E	υ
ماسه لای دار	75	-	NPI	1.7	0	38°	3500	0.3

که در آن S درصد ماسه، LL حد روانی، PI شاخص خمیری، γ_d وزن مخصوص خشک خاک، C چسبندگی (بر حسب تن بر متر مربع)، Φ زاویه اصطکاک داخلی، E مدول یانگ (بر حسب تن بر متر مربع) و υ ضریب پواسون می‌باشد.

۴. بررسی پتانسیل واگرایی:

واگرایی پدیده‌ای است فیزیکوشیمیایی که بر اثر آن ذرات خاک رس در مجاورت آب چسبندگی خود را از دست داده و یکدیگر را دفع می‌نمایند به طوری که ذرات مذکور به صورت معلق در آب در آمده و به سهولت و با انرژی بسیار کمی از محیط شسته می‌شود.

پتانسیل واگرایی و فرسایش در یک خاک معین بستگی به عوامل متعددی از جمله کانی شناسی، شیمی خاک و نمکهای محلول در آب منفذی خاک و آب جاری مجاور دارد. این گونه خاک‌ها حتی در مقایسه با خاک‌های نرم غیرچسبنده مانند ماسه نرم بر اثر جریان آب با سرعت کم نیز به سرعت فرسایش می‌یابند. ذرات خاک‌های رسی واگرا در آب های جاری نیز از خود واکنش نشان داده و ذرات خاک بصورت معلق در آب در می‌آیند.

در این بررسی قابلیت واگرایی با استفاده از آزمایشات هیدرومتری مضاعف، پین‌هول و شیمیایی با تعیین مقدار یون‌های سدیم، منیزیم و کلسیم در عصاره اشباع بر روی نمونه‌های موجود انجام گردیده است.

نتایج آزمایش‌های مختلف که برای شناسایی واگرایی خاک انجام شد نشان می‌دهد که گمانه‌های BH1 تا BH3 غیر واگرا و گمانه BH4 در رده متوسط قرار دارد که در نهایت توصیه می‌شود که با توجه به نتایج واگرایی حاصل از آزمایشات هیدرومتری مضاعف وآزمایشات شیمیایی، در هنگام اجرا به پدیده واگرایی خاک توجه لازم صورت گیرد.

۵. بررسی پتانسیل روانگرایی

یکی از عوامل خرابی ساختمان‌ها و به طور کلی سازه‌ها در حین زلزله در نقاطی که بر روی آبرفت‌های سست و اشباع قرار گرفته اند، وقوع پدیده روانگرایی (Liquefaction) می‌باشد . معمولا تنش‌های زلزله در مناطق با ساختار خاک دانه ای (ماسه و لای) اشباع، موجب بالارفتن فشار آب منفذی و در نتیجه کاهش و از دست رفتن مقاومت خاک گردیده و در نتیجه خاک حالت روان به خود می‌گیرد. این پدیده به صورت نشست قابل توجه، ایجاد ترک و باز شدگی، فوران گل و آب، جوشش ماسه و تراوش آب از خلل و فرج موجود در سطح زمین خود را نشان می‌دهد[5].

بروز این پدیده ممکن است سبب نشست ساختمان‌های وزین گشته و یا بالعکس سازه‌های سبک درون زمین مثل مخازن را در سطح زمین شناور سازد[6].

www.SID.ir

Archive of SID

جهت بررسی این پدیده از نتایج عملیات صحرایی نفوذ استاندارد(SPT) استفاده می‌گردد[7]. که از جمله عوامل موثر در روان گرایی می-توان از نوع خاک (ده درصد وزنی بین ۰.۰۱ mm الی ۰.۲۵، 2 <Cu<10) ، دانسیته نسبی یا تخلخل، فشارهای اولیه موجود، شدت و طول مدت ارتعاش زمین را نام برد[8].

در محل این پروژه بافت غالب خاک، رس لای دار یا لای رس‌دار به همراه میان لایه‌های ماسه‌ای با تراکم متوسط می‌باشد. همچنین تا اعماق مطالعه شده به سطح آب زیرزمینی برخورد نشده است؛ لذا با توجه به توضیحات فوق از نظر روانگرایی خطر خاصی متوجه این پروژه نمی‌باشد.

۶. بررسی شالوده‌های مناسب

وظیفه شالوده انتقال بار ناشی از سازه به خاک می‌باشد؛ لذا یک پی با عملکرد صحیح می‌بایست قادر باشد بار را بدون آنکه تنشی اضافه‌تر از حد تحمل و مقاومت خاک به آن وارد شود به خاک منتقل کند. این مطلب می‌تواند ناشی از گسیختگی برشی خاک و یا نشست اضافی باشد که در هر صورت منجر به خرابی سازه خواهد شد.

در بررسی بار مجاز شالوده ابتدا با توجه به مقاومت برشی خاک زیر شالوده ظرفیت باربری آن تعیین می‌گردد؛ سپس با توجه به ظرفیت باربری به دست آمده، مقدار نشست محاسبه می‌شود. چنانچه نشست محاسبه شده بیش از مقدار مجاز شالوده باشد، بار مجاز شالوده، بر اساس نشست مجاز محاسبه خواهد شد و در صورتیکه نشست کمتر از نشست مجاز باشد، بار مجاز همان ظرفیت باربری شالوده بر اساس مقاومت برشی خواهد بود. لذا لازم است میزان نشست در شالوده‌های مختلف محاسبه شده و از میان گزینه‌های موجود، شالوده مناسب انتخاب شود.

۷. نشست شالوده:

به با توجه به جنس لایه‌های خاک و درصد ریزدانه آن در تراز قرارگیری شالوده، نشست آن از نوع نشست تحکیمی می‌باشد، لازم به ذکر است که در این خصوص در زیر پی‌ها شرایط اشباع در نظر گرفته می‌شود. دلیل این امر آن است که احتمال اشباع شدن زیر یک پی به طور موضعی وجود دارد. از سوی دیگر در کل محل یک ساختگاه، به طور طبیعی، امکان افزایش درصد رطوبت و ایجاد حالت نیمه اشباع وجود دارد. در چنین مواردی به طور محافظه‌کارانه، نشست تحکیمی برای شرایط کاملاً اشباع محاسبه می‌شود. این نوع نشست تابع زمان بوده و زمان آن به مقدار نفوذپذیری و چگونگی قرارگیری لایه‌های خاک بستگی دارد. نشست شالوده بایستی از نشست مجاز آن کمتر باشد و مقدار نشست مجاز بستگی به اهمیت و حساسیت سازه در مقابل نشست و نشست غیر متجانس دارد[9].

با توجه به نوع خاک که عمدتاً از جنس ریزدانه می‌باشد، نشست مجاز برای شالوده منفرد و نواری ۴ سانتیمتر و برای شالوده شبکه‌ای ۸ سانتیمتر در نظر گرفته می‌شود (Skempton & Mac Donald). لازم به توضیح است که در شالوده شبکه‌ای می‌بایست پیوستگی کامل از طریق بتن ریزی و میلگردگذاری یکپارچه فراهم آید و علاوه بر میلگردهای مثبت در پایین، می‌بایست میلگردهای منفی در بالا هم قرار داده شوند[10]. با فرض تحکیم یک بعدی، نشست تحکیمی از رابطه ۱ محاسبه می‌شود.

$$Sc = \frac{Cc}{1+e_0}\sum\left(\Delta H_i \,\mathrm{Log}(1+\frac{\Delta\sigma_i}{\acute{\sigma}_{oi}})\right) = \frac{\Delta e}{1+e_0}H \qquad (1)$$

که در آن Cc ضریب فشردگی و e_0 نشانه خلاء اولیه خاک می‌باشد. این دو پارامتر با توجه به نتایج آزمایش‌های انجام شده به طور متوسط برابر ۰.۲۱ و ۰.۸۷ به ترتیب برای Cc و e_0 می‌باشند. برای محاسبه نشست، معمولا لایه ریزدانه با ضخامت H به چندین لایه با ضخامت ΔH_i تقسیم نموده و در وسط هر لایه تنش موثر اولیه (قبل از ساخت سازه) $\acute{\sigma}_{oi}$ و افزایش تنش ناشی از بار شالوده $\Delta\sigma_i$ محاسبه می‌گردد. افزایش تنش را می‌توان با استفاده از روابط بوسینسک و یا بطور ساده با فرض توزیع تنش ۲ به ۱ (۲ قائم و ۱ افقی) محاسبه نمود. شایان ذکر است که با توجه به اینکه در عمل نشست تحکیمی به صورت سه بعدی رخ می‌دهد و نه به صورت یک بعدی، مقادیر نشست‌های محاسبه شده در ضریب ۰.۸۵ ضرب شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۸. نوع پی

مناسب‌ترین نوع پی از نظرفنی واقتصادی تابعی از تناژ بارهای وارده و یا فاصله پی‌ها درپلان می‌باشد. بطورکلی می‌توان پی‌های نواری را برای دیوارها و پی‌های منفرد را برای ستون‌ها توصیه نمود.کلیه پی‌ها باید توسط شناژ به هم متصل شوند تا از حرکت افقی آنها در هنگام وقوع زلزله جلوگیری به عمل آید.

اگر شدت بارهای ستون‌ها زیاد باشد بطوری‌که ابعاد پی‌های منفرد زیاد شده و به هم نزدیک شود استفاده از پی‌های نواری در امتداد ستون‌ها ویا پی‌های مشترک از نظر فنی واقتصادی بهتر از پی‌های منفرد یا اتصالات شناژ می‌باشد. در مواردی که شدت بارکاملا زیاد باشد می‌توان طرح پی‌های نواری را به جای نوار در یک جهت، نوار در دوجهت در نظر گرفت که سطح پی زیادتری را در بردارد.

در صورتی‌که پی‌های نواری در دو جهت بیش از ۷۰ درصد از سطح زیر ساختمان را بصورت پی در برگیرد، استفاده از پی صفحه ای به‌جای پی‌های نواری در دوجهت مناسب‌تراست.

پی‌های نواری در دوجهت وپی‌های صفحه‌ای از نظر نشست و اختلاف نشست مناسب‌تر از سایر انواع پی‌ها می‌باشد. حتی المقدور باید سعی شود تراز کلیه پی‌ها یکسان باشد تا خسارات ناشی از زلزله به حداقل برسد.

تنش مجاز داده شده، برای حالتی است که شدت بار(عکس العمل خاک در زیرپی ها)یکنواخت باشد. در صورتی‌که به پی غیر از بار محوری، لنگر نیز اثر نماید در این‌صورت مانند این است که بار پی خارج از محور اثر نمایدو دیاگرام عکس العمل خاک در زیر پی به صورت ذوزنقه ویا مثلث ظاهر می‌شود. در این گونه موارد مقدار تنش در مرکز ثقل ذوزنقه ویا مرکز ثقل مثلث نباید از مقدار تنش مجاز داده شده تجاوز نماید. کنترل این مطلب برای پی‌هایی که علاوه بر بار محوری، لنگری را نیز تحمل می‌نمایند، ضرورت دارد[۱۱].

۹. نتیجه گیری

- نتایج مطالعات نشان می‌دهد که خاک‌های منطقه با درنظر گرفتن طبقه بندی یونیفاید عمدتا شامل تناوبی از SM و CL می باشند. باتوجه به لرزه‌خیزی منطقه و نوسانات تراز آب زیرزمینی، احتمال بروز پدیده روانگرایی و واگرایی در منطقه ضعیف است.

- نتایج مطالعات روانگرایی و واگرایی حاکی از آن است که مصالح پی در این سایت تا لایه‌های مقاوم خاک دارای خطر روانگرایی و واگرایی نبوده و به نظر می رسد اجرای شمع در رفع خطر احتمالی موثر باشد.

این موضوع به این خاطر است که لایه‌های خاک در این سایت مقاوم بوده و شمع از نوع اصطکاکی یا اتکایی حین زلزله کارایی خوبی خواهد داشت .

- با توجه به آزمایش‌های شیمیایی خاک در نمونه‌های شهرک صنعتی محمودآباد، بر اساس آیین‌نامه بتن ایران (آبا)، محیط دارای شرایط شدید است. بدین ترتیب برای شالوده در تماس با سفره آب، نوع سیمان، باید تیپ ۵ و در شرایط شالوده بدون تماس با آب، تیپ ۱ با عیار حداقل ۳۵۰ کیلوگرم در هر مترمکعب استفاده شود.

۱۰. مراجع

۱- ممتازان،ع. (۱۳۸۸)، "بررسی عملکرد شهرک‌های صنعتی در استان خوزستان،" گزارش نهایی طرح تحقیقاتی وزارت امور اقتصادی و دارایی.

۲- صفایی،ه. فرضی‌پور صائین، ع. ندیمی، ع. دربانی، الف(۱۳۹۰)، "نقش گسل قمرود در لرزه خیزی شهر قم،" سی‌امین گردهمائی علوم زمین.

۳- آقانباتی، س. (۱۳۸۳)، "زمین‌شناسی ایران،" سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۴- خسرو تهرانی، خ. (۱۳۷۶)، "زمین‌شناسی ایران،" چاپ پنجم . انتشارات دانشگاه پیام نور

۵- حسینی ، م . (۱۳۸۵) ،" مقاوم‌سازی زمین‌های سست در برابرروانگرایی،" انتشارات دانشگاه صنعتی امیر کبیر

۶- لنگردوی،ع. (۱۳۷۹) ،"مقایسه روش‌های مقاوم سازی خاک در برابر روانگرایی،" سمینار کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی امیرکبیر

www.SID.ir

Archive of SID

۷- راهنمای ارزیابی پتانسیل روانگرایی خاک و پیامدهای ناشی از آن،(۱۳۸۹)، معاونت برنامه ریزی و نظارت راهبردی رییس جمهور.

8. Andrews, D. C. A. and Martin, G. R. (2000), "Criteria for Liquefaction of Silty Soils," 12th World Conference on Earthquake Engineering, Proceedings, Auckland, New
9. B. M. Das, V. K. Puri and SH. Prakash (1999), " Liquefaction of Silty Soils ," 21-25 th June 1999, Lisbon, Portugal, second International Conference on Earthquake

۱۰ - داس، براجا م. (۱۳۸۰)، "اصول مهندسی ژئوتکنیک،" ترجمه شاپور طاحونی، انتشارات پارس آیین.

۱۱- زارعی نمین، ح. (۱۳۹۲)، " ارزیابی پتانسیل روانگرایی در خاک‌های ماسه ای ،مطالعه موردی:ایستگاه مخابراتی نکا ،" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات، البرز.

www.SID.ir