



اعتبار سنجی نتایج آزمایش نفوذ استاندارد در تعیین شایخص های طراحی (مطالعه موردی، مجتمع پزشکی-تجاری استقلال کرمان)

علی ارومیه ای^{۱*}، شکیبا مریخی^۲

۱- گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس

۲- بخش زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

(* عهده دارمکاتبات)

دریافت: ۹۴/۳/۱۰؛ دریافت اصلاح شده: ۹۴/۶/۹؛ پذیرش: ۹۴/۶/۲۹؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۹/۱۵

چکیده

آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) از جمله آزمایش های متداول و ساده در اندازه گیری خصوصیات ژئوتکنیکی خاک به شمار می آید و کاربرد گسترده در فعالیت های عمرانی دارد. از نتایج این آزمایش می توان خصوصیات مهندسی خاک و شاخص های طراحی را برای یک سازه تعیین کرد. با توجه به اهمیت تفسیر داده های این آزمایش و اعتبار سنجی نتایج آن لازم است دیگر آزمایش های متداول مکانیک خاک صورت گرفته و نتایج نسبت به یکدیگر مقایسه و مورد ارزیابی قرار گیرند. در این مقاله نتایج آزمایش نفوذ استاندارد و دیگر آزمایش های انجام شده بر روی نمونه خاک ها در ساختمان مجتمع پزشکی-تجاری استقلال کرمان مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته اند. بررسی ها نشان می دهند با توجه به تأثیر عوامل مختلف در محاسبه عدد نفوذ استاندارد (N)، نتایج آزمایش SPT به تنهایی مشخص کننده خصوصیات مهندسی خاک نمی باشد و استفاده از روابط تجربی نمی تواند شاخص های مورد نیاز برای طراحی را تعیین کند. سرعت موج اندازه گیری شده در مطالعات لرزه نگاری که در شرایط طبیعی زمین انجام پذیرفته نتایج دقیق تری را با تغییرات عمق نسبت به سرعت موج محاسبه شده از عدد نفوذ استاندارد نشان می دهند. همچنین نتایج آزمایش برش مستقیم شاخص های مقاومت برشی خاک (ρ_c) و واقعی تر نسبت به آنچه که از روابط محاسبه شده را منعکس می کنند.

واژه های کلیدی: عدد نفوذ استاندارد، آزمایش نفوذ استاندارد، مجتمع استقلال کرمان، زمین شناسی مهندسی کرمان

۱- مقدمه

می باشد. در این مقاله مطالعات شناسایی انجام پذیرفته شده در ساختمان مجتمع پزشکی-تجاری استقلال شهر کرمان به هدف اعتبار سنجی نتایج آزمایش نفوذ استاندارد مورد بررسی قرار گرفته است. این مجتمع در زمینی به مساحت ۱۳۸۹ متر مربع در ۱۲ طبقه با زیر بنای کل ۱۱۸۰۱ متر مربع در خیابان استقلال تقاطع پروین اعتصامی غربی

انجام مطالعات زمین شناسی مهندسی و اجرای فعالیت های شناسایی منطقه ای نخستین گام در طراحی و اجرای موفق سازه های مهندسی به شمار می آید. از جمله ابزارهای شناسایی، حفر گمانه های اکتشافی، نمونه برداری و انجام آزمایش های صحرایی در عمق های مختلف

گیر منتقل شده و سبب نفوذ آن در خاک می شود. تعداد ضربه های شمارش شده برای نفوذ نمونه گیر به اندازه ۱۵ سانتیمتر در خاک در سه مرحله ثبت می گردد. مجموع شمارش تعداد ضربه ها در دو مرحله آخر (۳۰ سانتیمتر نفوذ) به عنوان عدد نفوذ استاندارد (N) شناخته می شود. این عدد معرف میزان استقامت زمین در محل حفاری است. بدین ترتیب هرچه عدد N ثبت شده بیشتر ثبت شود نشانه بالا بودن استقامت زمین می باشد در مقابل خاک های سست عدد کوچکتری را به ثبت می رسانند.

با در نظر گرفتن عدد نفوذ استاندارد می توان خصوصیات مهندسی خاک از جمله نیروی چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی، چگالی، نشست پذیری، ظرفیت باربری و همچنین کیفیت خاک را معرفی کرد. نمونه ای از این نوع کاربری در جدول ۱ ارائه شده است.

شهر کرمان قرار دارد. موقعیت جغرافیایی و راه های دسترسی به ساختمان طرح و همچنین تصاویری از طرح مجتمع در شکل ۱ نشان داده شده است.

روش های متعددی برای ارزیابی خصوصیات مهندسی خاک و تعیین شاخص های طراحی در محل اجرای یک طرح عمرانی وجود دارند که شامل انجام آزمایش های برجا، نمونه برداری و انجام آزمایش های تکمیلی در آزمایشگاه می باشد. یکی از آزمایش های برجا که کاربرد گسترده ای در مطالعات شناسایی دارد آزمایش نفوذ استاندارد (SPT) می باشد. این آزمایش در بیشتر استانداردهای جهانی از جمله ASTM D1586 و BS 22476-3 تعریف شده است. در این آزمایش وزنه ای به جرم ۶۳/۵ کیلوگرم از ارتفاع ۷۶ سانتیمتر رها می گردد و در اثر برخورد به میله حفاری، انرژی ضربه به انتهای نمونه



تصویر ۱- محل احداث مجتمع پزشکی تجاری استقلال کرمان

الف. نمای عمومی طرح مورد اجرا (پایگاه اطلاع رسانی Iranatlaskish)، ب. محل حفر گمانه های اکتشافی، ج. موقعیت جغرافیایی و جانمای طرح (Google Earth)

در صورتیکه اندازه گیری عدد نفوذ استاندارد زیر سطح ایستابی و در شرایط حضور آب انجام شود لازم است این عدد مطابق رابطه ۲ که توسط Craig 1984 پیشنهاد شده اصلاح گردد.

$$N'_7 = 15 + \frac{1}{2}(N-15) \dots\dots\dots ۲$$

کلیه اعداد نفوذ استاندارد اندازه گیری شده در مسیر گمانه های BH1 و BH2 مطابق پیشنهاد های ارائه تصحیح و مورد استفاده قرار گرفتند.

جدول ۱- استفاده از عدد نفوذ استاندارد N در تعیین خصوصیات مهندسی خاک ها (به نقل از Bowles 1988)

خاک های دانه ای (شن، ماسه)					
عدد نفوذ استاندارد اصلاح شده	۰-۴	۴-۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۵۰	بیش از ۵۰
زاویه اصطکاک داخلی ()، درجه	کمتر از ۲۸	۲۸-۳۰	۳۰-۳۶	۳۶-۴۱	بیش از ۴۱
چگالی نسبی %	۰-۱۵	۱۵-۳۵	۳۵-۶۵	۶۵-۸۵	۸۵-۱۰۰
کیفیت خاک (از نظر چگالی)	خیلی سست	سست	نیمه متراکم	متراکم	خیلی متراکم
خاک های ریزدانه (رس و سیلت)					
عدد نفوذ استاندارد اصلاح شده	۰-۴	۴-۸	۸-۱۶	۱۶-۳۲	بیش از ۱۶
نیروی چسبندگی (kPa)	کمتر از ۴	۴-۶	۶-۸	۸-۱۰	بیش از ۱۰
ظرفیت باربری نهایی (kPa)(q_u)	کمتر از ۲۵	۲۵-۷۵	۷۵-۱۵۰	۱۵۰-۴۰۰	بیش از ۴۰۰
کیفیت خاک (از نظر چگالی)	کاملاً نرم	نرم	کمی سفت	سفت	کاملاً سفت

جدول ۲- استفاده از عدد نفوذ استاندارد N در تعیین مقاومت برشی خاک ها

مقاومت برشی زهکشی نشده (kPa)	منابع مورد استفاده	شرایط خاک	
$\tau_{u=6.25N}$	Terzaghi & Peck 1967	خاک دانه ای	۱
$\tau_{u=6.25N}$	Sanglerat 1972	ریز	۲
$\tau_{u=6.25N}$	Sivrikaya & Togol 2002	دانه (سیلت)	۳
$\tau_{u=6.25N}$	Hettiarachchi & Brown 2009		۴
$\tau_{u=6.25N}$	Sowers 1979		۵
$\tau_{u=6.25N}$	Nixon 1982	خاک ریزدانه	۶
$\tau_{u=6.25N}$	Sowers 1979	رسی	۷
$\tau_{u=6.25N}$	Decourt 1990		۸
$\tau_{u=6.25N}$	Sivrikaya & Togol 2002		۹

محققین مختلف روابط تجربی گوناگونی را پیشنهاد داده اند که بر اساس آن ها می توان با در دست داشتن عدد نفوذ استاندارد قابلیت روانگرایی، استقامت زمین، مقاومت برشی و غیره را پیش بینی کرد. به عنوان مثال (Muge et al. 2003) با استفاده از عدد N و محاسبه سرعت موج برشی، توان لرزه خیزی منطقه اربعا در ترکیه را مورد ارزیابی قرار داد. رابطه عدد N با مقاومت برشی خاک ها توسط (Sivrikaya & Togrol 2006) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش SPT و آزمایش CPT برای ماسه های کشور امارات به وسیله Acka 2003 بررسی شد. نهایتاً (Nassaji & Kalantary 2011) مقاومت برشی نهشته های ریزدانه تهران را با توجه به نتایج آزمایش نفوذ استاندارد مورد ارزیابی قرار دادند. جدول ۲ نیز نمونه ای از کار محققین در پیش بینی مقاومت برشی زهکشی نشده خاک های ریزدانه را نشان می دهد.

ضرایب مورد استفاده در روابط تجربی پیشنهادی برای پیش بینی مقاومت برشی خاک (ارائه شده در جدول ۲) تفاوت زیادی را نسبت به همدیگر نشان می دهند. این امر نشان می دهد که هر کدام از آن ها برای شرایط زمین شناسی و محیطی خاصی ارائه شده و نمی توان از آن ها به عنوان یک الگو برای مناطق دیگر استفاده کرد. در صورت استفاده ممکن است نتایج گمراه کننده ای را به همراه داشته باشد. بنابراین جهت تعیین شاخص های طراحی برای یک پروژه خاص، انجام آزمایش های تکمیلی و انحصاری بر روی نمونه های محل اجرای طرح ضروری است.

جهت بهره گیری از این روابط لازم است عدد نفوذ استاندارد اندازه گیری شده با دقت زیادی ثبت و محاسبه شده باشد. عوامل متعددی در ثبت عدد نفوذ استاندارد تأثیر می گذارند که ضرورت تصحیح عدد به دست آمده را ایجاب می کند. جهت تصحیح عدد نفوذ استاندارد می توان از رابطه ۱ پیشنهاد شده توسط (Bowles 1988) به شرح زیر استفاده شود.

$$N'_7 = N \times C_n \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \dots\dots\dots ۱$$

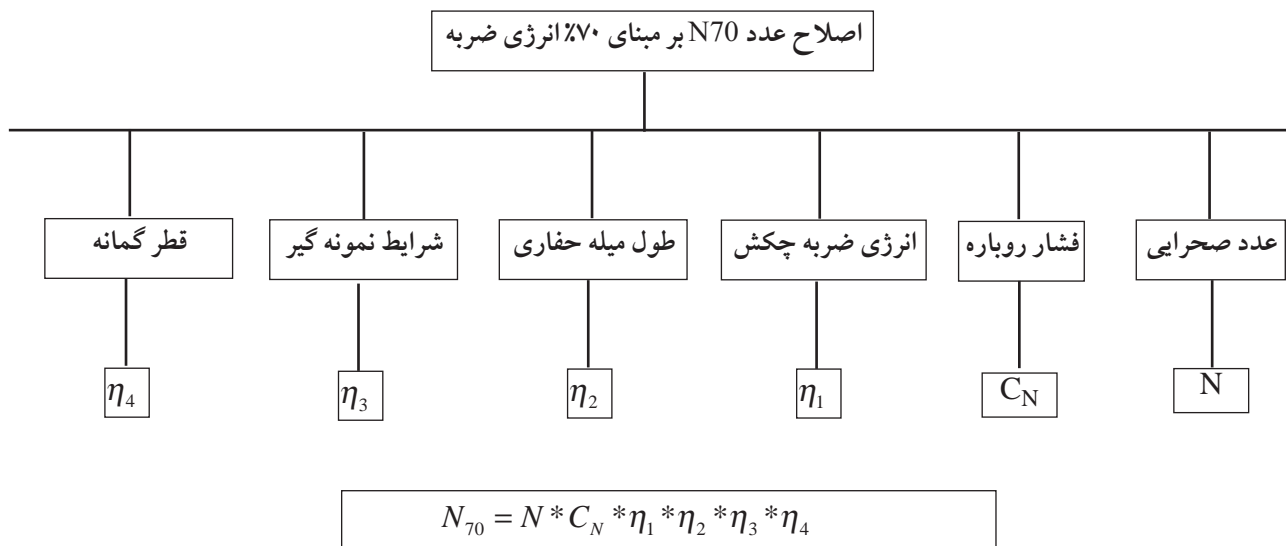
که N'_7 عدد نفوذ استاندارد صحیح شده بر مبنای ۷۰٪ انرژی ضربه چکش، N عدد نفوذ استاندارد اندازه گیری شده، C_N نسبت فشار سربار، η_1 ضریب میانگین انرژی ضربه، η_2 ضریب طول میله حفاری، η_3 ضریب شرایط نمونه گیر و η_4 ضریب قطر گمانه می باشند. تصویر ۲ نمایش ترسیمی نحوه تصحیح عدد نفوذ استاندارد را نشان می دهد.

۲- (زمین شناسی)

پیرامون را نشان می دهد.

ساختگاه مجتمع پزشکی- تجاری استقلال در دشت آبرفتی شهر کرمان قرار گرفته است. این دشت بخشی از نهشته های آبرفتی و کوهپایه ای ارتفاعات شرق و شمال شرق کرمان را تشکیل می دهد. دانه بندی خاک در این نهشته ها با فاصله گرفتن از جبهه کوهستان به تدریج ریزتر شده و در محل اجرای طرح عمدتاً شامل خاک های ریز دانه سیلت و رس می باشد که در اعماق بیشتر میان لایه هایی از ماسه را نیز در بر می گیرد. تصویر ۳ مورفولوژی دشت کرمان و ارتفاعات

خصوصیات زمین شناسی مهندسی از طریق حفر دو گمانه مورد بررسی قرار گرفت. گمانه ها به روش حفاری دورانی تا عمق ۳۰ متر برای گمانه اول (BH1) و تا عمق ۴۰ متر برای گمانه دوم (BH2) حفاری شدند (تصویر ۱). مغزه گیری به طور پیوسته با به کارگیری مغزه گیره دو جداره برداشت شد و در عمق های معین نسبت به برداشت نمونه های دست نخورده با استفاده از نمونه گیر شلبی اقدام گردید. آزمایش های نفوذ استاندارد (SPT) در طول مسیر حفر



تصویر ۲- عوامل تأثیر گذار در تصحیح عدد نفوذ استاندارد N (اقتباس از Bowles 1988)



تصویر ۳- عکس ماهواره ای شهر کرمان و موقعیت دشت آبرفتی نسبت به ارتفاعات (نقل از Google earth)

گمانه ها در فاصله ۲ متر انجام پذیرفت. آزمایش های تکمیلی نیز در محیط آزمایشگاه بر روی نمونه های دست نخورده شامل آزمایش های برش مستقیم، آزمایش های تراکم تک محوری و سه محوری و آزمایش تحکیم جهت تعیین خصوصیات مهندسی انجام شدند.

شهر کرمان در ناحیه فعال تکتونیکی قرار دارد و گسل های فعال مانند گسل کوه بنان، گسل گلبافت-سیرج، گسل شهداد، گسل بم و گسل گوک از مهمترین آن ها به شمار می آیند. باتوجه به حضور گسل ها و قرار گرفتن منطقه در زون با خطر نسبی لرزه خیزی بالا (آیین نامه ۲۸۰۰، ۱۳۹۱)، شتاب لرزه ای مبنای طرح برابر با ۰/۳۵g در نظر گرفته شد.

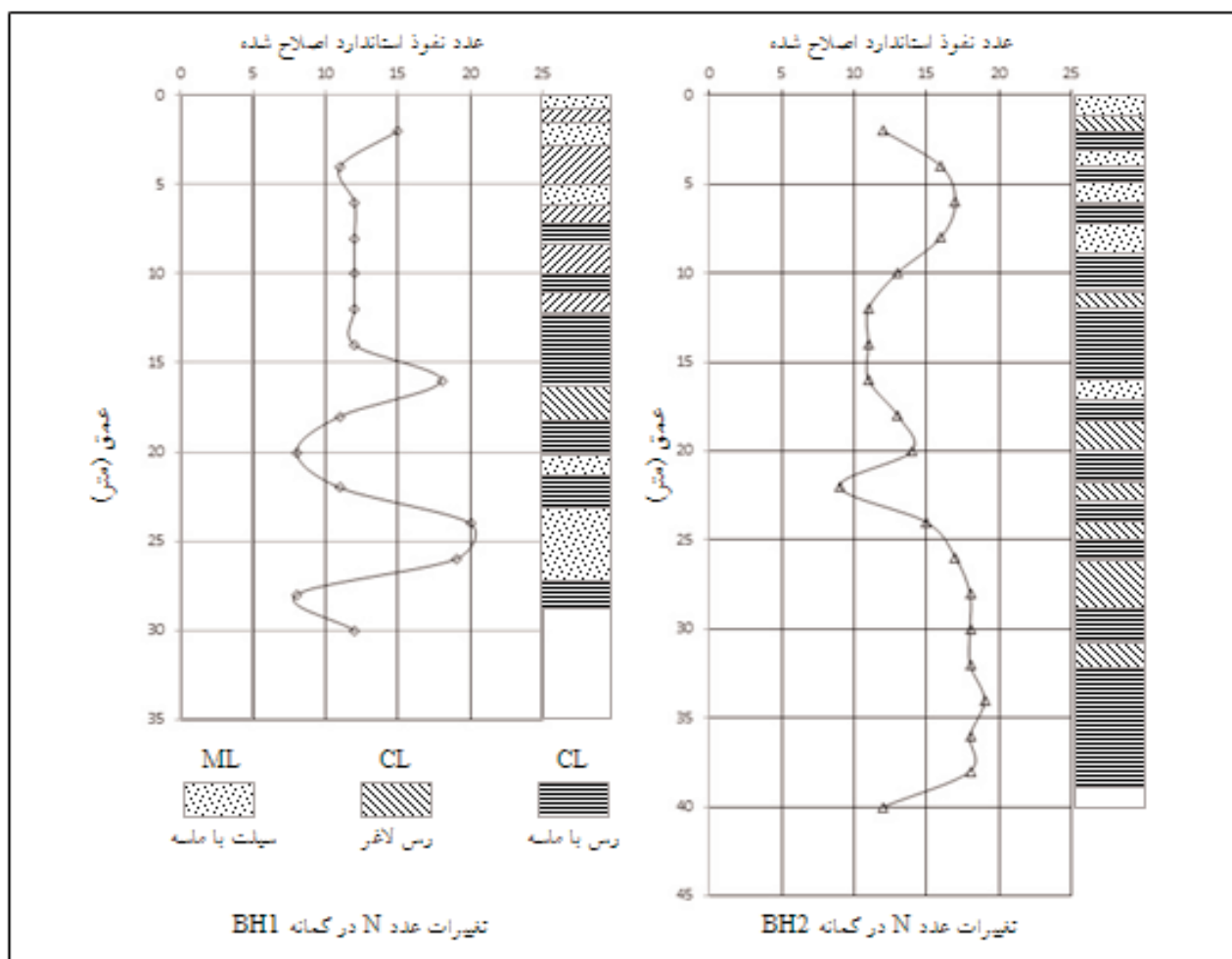
عمدتا توالی خاک های سیلتی و رسیا میان لایه های ماسه ای را منعکس می دهد ولی تغییرات عدد N در نمودارها نوسانات زیادی را نشان می دهد. این تغییرات برای گمانه BH1 نسبت به گمانه BH2 بیشتر است. در طول گمانه BH1 حداقل و حداکثر عدد N به ترتیب در عمق های ۲۰ و ۲۵ متر (به ترتیب ۷ و ۲۱) اندازه گیری شده است. در گمانه BH2 ناهنجاری های عدد N فقط در قسمت های سطحی و در عمق ۲۲ متر دیده می شود. بنابراین شرایط یکنواختی از نظر جنس خاک در مسیر حفر گمانه BH2 حاکم می باشد.

۴- بررسی نتایج آزمایش برش مستقیم

شاخص های مقاومت برشی خاک (c و ϕ) با انجام آزمایش برش مستقیم بر روی ۶ نمونه خاک از گمانه BH1 و ۷ نمونه خاک از گمانه BH2 مطابق استاندارد (ASTM D 303090) تعیین شدند. نمونه ها با سازی شده، به ابعاد ۱۰ در ۱۰ سانتیمتر و در شرایط زهکشی نشده مورد آزمایش قرار گرفتند. نتایج آزمایش در نمودارهای

۳- بررسی نتایج آزمایش SPT

نتایج آزمایش نفوذ استاندارد با ترسیم تغییرات عدد نفوذ استاندارد اصلاح شده در مقابل عمق برای دو گمانه به همراه اطلاعات مربوط به ستون خاک در تصویر ۴ نشان داده شده اند. هر چند ترکیب خاک



تصویر ۴- تغییرات عدد نفوذ استاندارد اصلاح شده با عمق

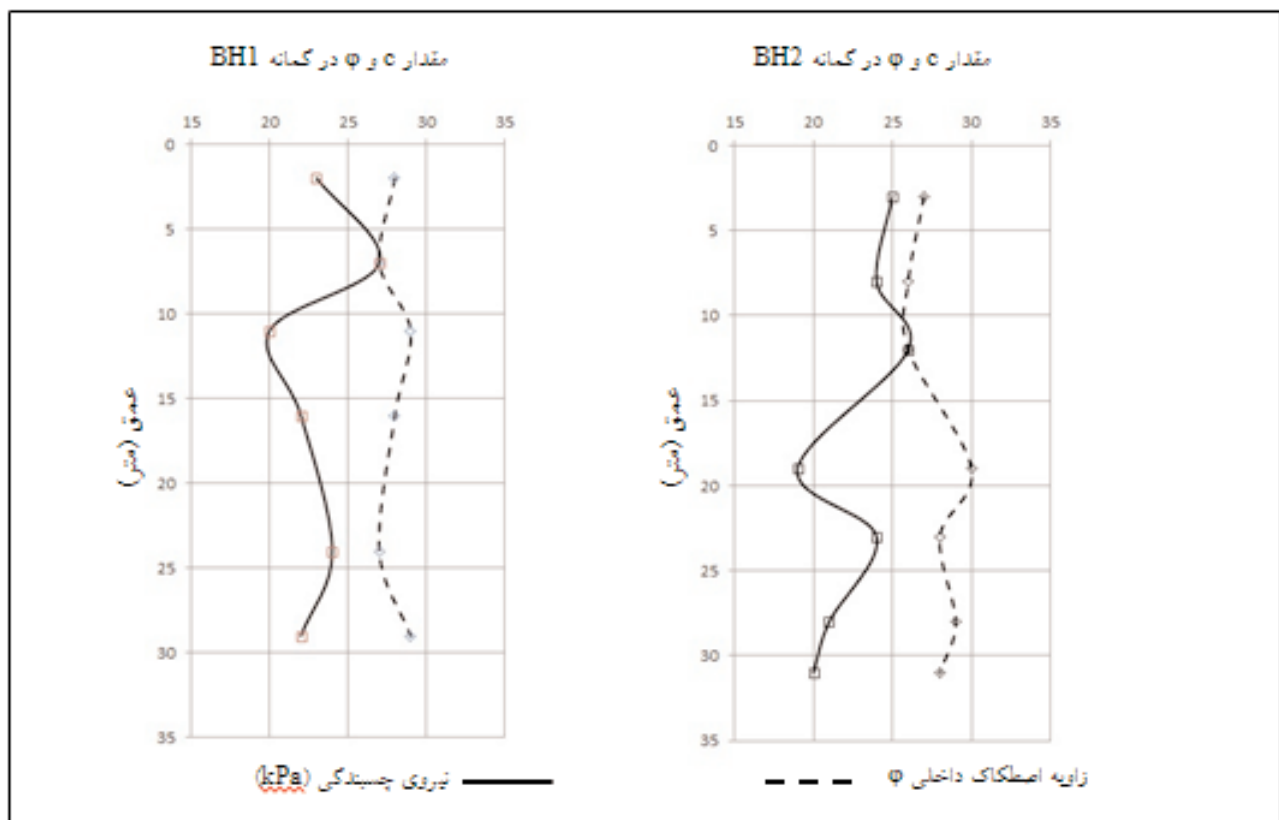
لرزه نگاری در طول گمانه BH1 در ایستگاه های مختلف و حداکثر تا عمق ۳۰ متر به ثبت رسیدند. تغییرات سرعت حرکت موج های P و S اندازه گیری شده در طول گمانه در نمودار تصویر ۶ ب ارائه شده است. سرعت حرکت موج P با نسبت تقریباً دو برابر سرعت حرکت موج S ثبت شده است و روند حرکت موج با افزایش عمق حالت فزاینده و یکنواخت دارد. بدین ترتیب ملاحظه می شود که ناهنجاری های ثبت شده از طریق انجام آزمایش SPT به ویژه برای گمانه BH-1 در مطالعات لرزه نگاری دیده نمی شود و این داده ها با نتایج آزمایش برشی مستقیم هماهنگی بیشتر دارد.

سرعت حرکت موج برشی با در نظر گرفتن عدد نفوذ استاندارد اندازه گیری شده و با استفاده از روابط تجربی نیز محاسبه شد. نمونه ای از این روابط در جدول ۳ ارائه شده است. میانگین محاسبات سرعت موج برشی در دو گمانه BH1 و BH2 در نمودارهای تصویر ۶ الف ارائه شده اند. از آنجا که ضریب ثابتی برای تبدیل عدد N به سرعت موج برشی Vs استفاده شده است، روند تغییرات سرعت موج با عمق همانند روند تغییرات عدد N با عمق است. در صورتی که سرعت موج برشی اندازه گیری شده به طور مستقل (نمودار ب تصویر

تصویر ۵ ارائه شده اند. نتایج نشان می دهند هماهنگی مطلوبی بین شاخص های C و ϕ برقرار است. به عبارت دیگر جایی که زاویه اصطکاک داخلی بالا است نمونه چسبندگی پایینی دارد در مقابل، با افزایش میزان چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی کاهش می یابد. به طور کلی نمونه های مورد آزمایش از مقدار زاویه ϕ بیشتری نسبت به C برخوردار می باشند. هر چند نتایج این آزمایش با اطلاعات آزمایش نفوذ استاندارد برای گمانه BH2 همخوانی مناسب دارد ولی با نتایج آزمایش نفوذ استاندارد گمانه BH1 به ویژه برای عمق های بیش از ۲۰ متر هماهنگی مناسب ندارند. از آنجا که نتایج آزمون های آزمایشگاهی از اعتبار بیشتری برخوردارند بنابراین نتایج آزمایش SPT برای گمانه BH1 می تواند با ابهاماتی همراه باشد.

۵- نتایج مطالعات لرزه نگاری

جهت تکمیل مطالعات شناسایی، از روش لرزه نگاری درون چاهی جهت اندازه گیری سرعت موج استفاده شد. در این روش با به کارگیری لرزه سنج (ژئوفون) سه مؤلفه، سرعت حرکت موج های تراکمی (P) و (S) به طور همزمان اندازه گیری شدند. برداشت های



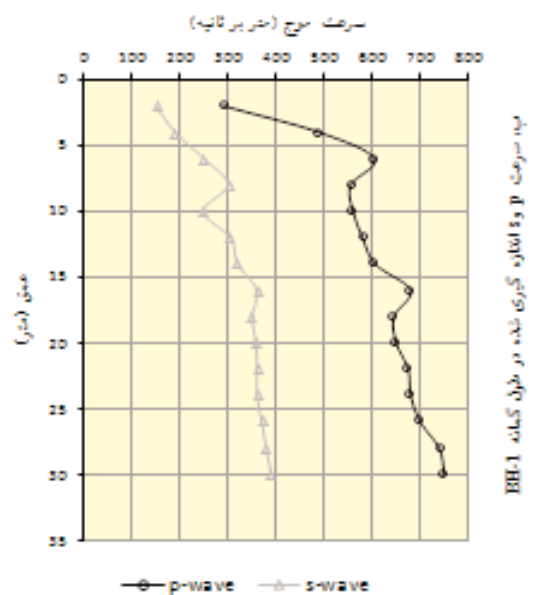
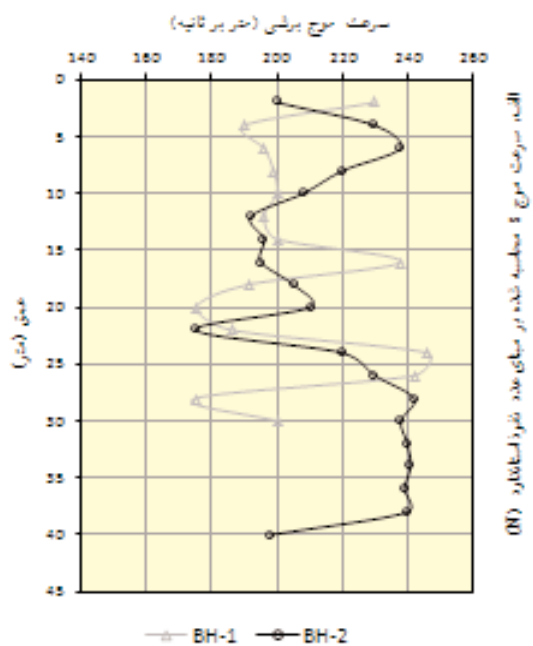
تصویر ۵- تغییرات زاویه و نیروی چسبندگی با عمق

جدول ۳- نمونه ای از روابط تجربی مورد استفاده در محاسبه سرعت موج برشی

Sisman 1995	Kiku et al 2001	Jafari et al 1997	Dikmen 2009	Hasancebi and Ulusa 2006	Seed and Idriss 1981
$V_s=32.8 N^{0.51}$	$V_s=68.3 N^{0.292}$	$V_s=22 N^{0.85}$	$V_s=58 N^{0.39}$	$V_s=104.79 N^{0.26}$	$V_s=61.4 N^{0.5}$

جدول ۴- برخی خصوصیات مهندسی خاک های رسی منطقه مورد مطالعه

ضرایب الاستیسیته		وزن واحد حجم (gr/cm ³)		میزان چسبندگی (kPa)		زوایه اصطکاک داخلی		میانگین	میانگین
مدول یانگ kg/cm ²	نسبت پواسون	طبیعی	خشک	زهکشی شده	زهکشی نشده	زهکشی شده	زهکشی نشده	رطوبت طبیعی	عدد نفوذ استاندارد
۱۷۰	-۰/۳۵ ۰/۳۱	۱/۸۱	۱/۶۵	۲۵	۶۵	۲۷	ناچیز	۲۸٪	۱۸



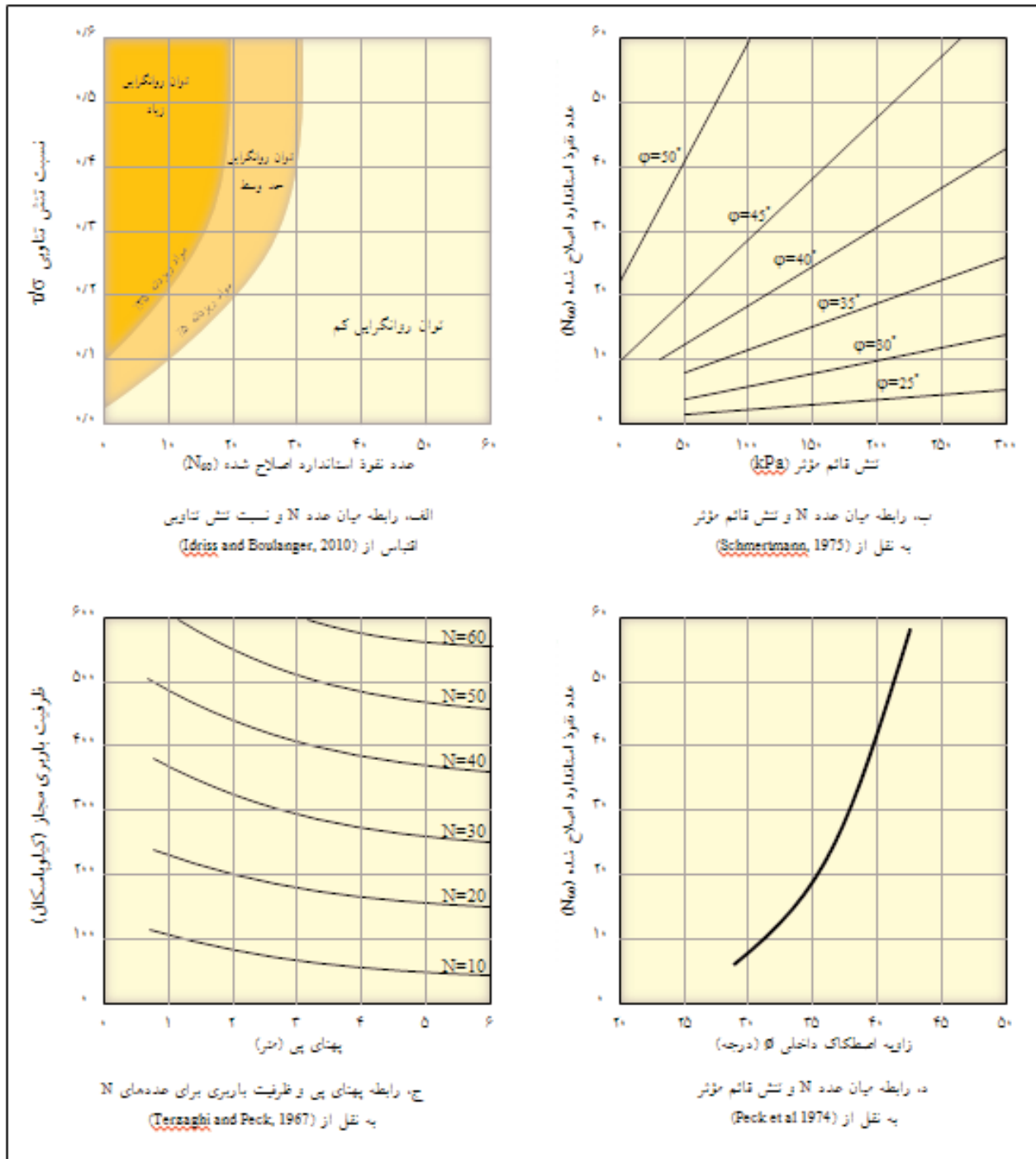
تصویر ۶- تغییرات سرعت موج اندازه گیری شده و محاسبه شده با عمق

۶) شرایط متفاوتی را برای خاک در عمق تفسیر می کند. اینجانب نیز اعتبار سنجی محاسبات سرعت موج برشی زیر سؤال است و نمی تواند مبنایی برای تعیین و محاسبه شاخص های طراحی به حساب می آید.

۶- محاسبه شاخص های طراحی

جهت تعیین خصوصیات مهندسی خاک های ریز دانه، مجموعه ای از آزمایش های استاندارد بر روی نمونه های خاک های رس CL منطقه انجام گرفت. نتایج به دست آمده در جدول ۴ خلاصه شده اند. با استفاده از نتایج آزمایش ها و تلفیق آن ها با عدد نفوذ استاندارد ثبت شده می توان شاخص های طراحی را تعیین کرد. در این خصوص روابط تجربی و نمودارهای متعددی پیشنهاد شده که نمونه ای از آن ها در تصویر ۷ نشان داده شده اند. به عنوان مثال با استناد به تصویر ۷ الف توان روانگرایی منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت و با توجه به پان بودن عدد N (کمتر از ۲۰) و ریز دانه بودن خاک، منطقه توان روانگرایی کم را نشان می دهد. مقدار زاویه ϕ خاک منطقه از نمودارهای تصویر ۷ ب و تصویر ۷ د قابل پیش بینی است. همچنین در تصویر ۷ ج تأثیر گذاری عدد نفوذ استاندارد در انتخاب ابعاد هندسی پی مورد توجه قرار گرفته است.

هر چند نمونه های متعددی از این نمودارها در منابع و کارهای تحقیقاتی پیشنهاد شده و توسط بسیاری از مشاوران مورد استفاده قرار می گیرند، ولی جهت ارزیابی خصوصیات زمین و تعیین شاخص های طراحی لازم است گمانه های اکتشافی بیشتر حفر و نمونه های بیشتری مورد آزمایش قرار گیرند. استفاده انحصاری از نتایج آزمایش نفوذ استاندارد در تعیین شاخص های طراحی همواره با ابهامات همراه است.



تصویر ۷- موارد استفاده از عدد نفوذ استاندارد در ارزیابی خصوصیات مهندسی خاک ها

۷- نتیجه گیری

زمین شناسی، تأثیر عوامل شش گانه و تصحیح عدد N قبل از به کار

گیری آن در تجزیه و تحلیل داده ها لازم است.

-انجام مطالعات ژئوفیزیکی در اندازه گیری سرعت حرکت موج می تواند در شناسایی خصوصیات زمین و اعتبار سنجی نتایج آزمایش SPT مفید باشد.

-جهت تعیین شاخص های طراحی های سازه، نمونه برداری دست

نخورده و انجام آزمایش های تکمیلی در آزمایشگاه ضروری است.

نتایج به دست آمده از این تحقیق را می توان در موارد زیر خلاصه کرد

-هر چند انجام آزمایش SPT به عنوان یک ابزار مناسب و ساده می تواند در ارزیابی خصوصیات ژئوتکنیکی و شناخت صحرایی خاک ها مؤثر باشد ولی جهت اعتبار سنجی نتایج آن ضرورت دارد از آزمایش های تکمیلی استفاده شود.

-در تفسیر تغییرات عدد N با عمق علاوه بر تأثیر گذاری تنوع شرایط

تشکر و قدردانی

نگارندگان مقاله بر خود وظیفه می دانند از همکاری های صمیمانه مسئولین محترم شرکت مهندسین مشاور گرانظین به ویژه جناب آقای دکتر کلانتری بابت در اختیار قرار دادن اطلاعات و گزارش های پروژه مجتمع تجاری-پزشکی استقلال کرمان بی نهایت تشکر و قدردانی می شود.

مراجع

- آئین نامه ۲۸۰۰، ویرایش چهارم، ۱۳۹۱. آئین نامه طرح ساختمان ها در برابر زلزله، مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران. شماره استاندارد ۲۸۰۰. ۱۷ صفحه.
- مهندسین مشاور گرانظین، ۱۳۹۱. گزارش مطالعات ژئوتکنیک پروژه تجاری پزشکی استقلال کرمان، ۹۸ صفحه.
- پایگاه اطلاع رسانی <http://www.iranatlashish.com>
- Akca, N., 2003.** Correlation of SPT-CPT data from the United Arab Emirate, *Engineering Geology, Vol. 67, issues 3-4, pages 219-231.*
- Bowles, J.E., 1988.** Foundation analysis and design. 4th edition. McGraw-Hill. *New York. 1004 pages.*
- Decourt, L., 1990.** The standard penetration test, state of the art, Norwegian Geotechnical Institute Publication, *vol. 179, 1-12. Part II, Oslo Norway.*
- Dikmen, U., 2009.** Statistical correlations of shear wave velocity and penetraion resistance for soils, *Journal of geophysics and Engineering, 6(1), 61-72.*
- Hasancebi, N. , Ulusay, R., 2006.** Evaluation of site amplification and site period using different methods for an earthquake-prone settlement in Western Turkey. *Engineering Geology, Vol.87, pages 85-104.*
- Hettiarachchi, H. , Brown, T., 2009.** Use of SPT blow counts to estimate shear strength properties of soils, energy balance approach, *Journal of Geotechnical and geoenvironmental Engineering, Elsevier, vol. 135, issue 6. Pages 830-834.*
- Jafari, MK. Shafiee, A., Razmkhah, A., 2002.** Dynamic properties of fine grained soils in South of Tehran, *Journal of Seismological Earthquake Rngineering, vol. 4, pages 25-35.*
- Kiku, H. Yoshida, S. Yasuda, T. Irisawa, H. Nakazawa, Y. Shimizu, A. Ansal, A. , Erkan A., 2001.** In-situ penetration tests and soil profiling in Adapazari, Turkey, *Proceedings of the ICSMGE/TC4 satellite conference on lessons learned frem recent strong earthquakes, 259-265.*
- Muge, K. Steven, L., Tamer, T., 2003.** Empirical correlations of shear wave velocity (Vs) and penetration resistance (SPT-N) for different soils in an earthquake prone area (Erbaa-Turkey), *Engineering Geology. Vol. 119, issues 1-2, pages 1-17.*
- Nassaji, F. , Kalantari, B., 2011.** SPT capacity to estimate undrained shear strength of fine grained soils of Tehran, Iran, *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*