

بررسی تاثیر محیط رسوبی بر خصوصیات مهندسی خاکهای محدوده شهر کرمان

محمد رضا امینی زاده بزنجانی¹، غلامرضا لشکری پور²، محمد غفوری³، ناصر حافظی مقدس⁴

1- دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد

2 و 3- استاد گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

4- دانشیار گروه زمین شناسی دانشگاه فردوسی مشهد

Ab.aminizadeh@yahoo.com

چکیده

در این تحقیق مشخصات مهندسی خاک های زیرپهنه شهر کرمان با استفاده از آرشیو داده های ژئوتکنیکی موجود بررسی گردیده و ارتباط آنها با محیط رسوبی تحلیل شده است. داده های ژئوتکنیکی مورد نیاز از ۱۵۴ گمانه در سطح شهر کرمان استخراج و سازمان دهی شده و در محیط اکسل وارد شدند. این داده ها در قالب مشخصات فیزیکی و مکانیکی حاصل از انجام آزمایش های صحرائی یا آزمایشگاهی بر روی نمونه های دست خورده و دست نخورده، از عمق صفر تا ۳۰ متری بدست آمده اند. عرصه مورد مطالعه که محدوده طرح هادی شهر کرمان می باشد، بر اساس روند رودخانه ها و مسیر رسوب گذاری ها به سه ناحیه یا منطقه تقسیم گردیده است. ویژگیهای مهندسی و ژئوتکنیکی خاک در نواحی سه گانه مورد بررسی قرار گرفته و نتایج با یکدیگر مقایسه شده اند تا تاثیر شرایط محیط رسوب گذاری بر روی نهشته های گستره شهر تبیین گردد. نتیجه کلی بررسی ها نشان می دهد که خاک های محدوده شهر کرمان نسبتا همگن و یکنواخت بوده و تحت تاثیر محیط رسوبی شهر کرمان عموما حالت فشرده و متراکم پیدا کرده اند.

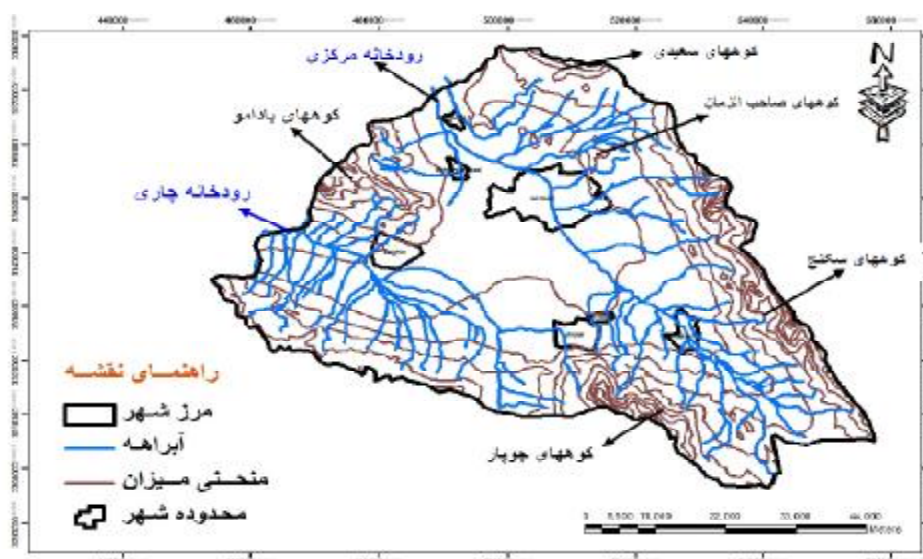
کلمات کلیدی: محیط رسوبی، شهر کرمان، خصوصیات مهندسی خاک، داده های ژئوتکنیکی، نواحی سه گانه

1- مقدمه

خاکهای ریزدانه در شهر کرمان گسترش وسیعی دارند که جنس دانه ها، نحوه پراکنش و خصوصیات مهندسی آنها در زیر پهنه شهر کرمان متفاوت است. عامل این تفاوت محیط رسوبی و ویژگی های زمین شناسی مؤثر بر خواص ژئوتکنیکی آبرفتها مثل سنگ منشاء، عامل انتقال رسوبات (باد، آب و یخچال) و مسافت حمل شده، سن رسوبات، سیمانی شدن، نحوه اتصال دانه ها به یکدیگر، گسل و شکستگی و هوازدگی می باشند. در بررسیهای جامع مشخص گردیده که هر چند تحقیقات بسیاری در مورد خصوصیات ژئوتکنیکی و زمین شناسی مهندسی مصالح ریزدانه وجود دارد، اما ارتباط این ویژگیها با تاریخچه زمین شناسی و محیط رسوبی تشکیل نهشته ها کمتر مورد توجه بوده و به جز موارد معدود، عملا تحقیقات زیادی در دنیا انجام نشده است. در این پژوهش رابطه محیط رسوبی با خواص مهندسی خاکهای ریزدانه شهر کرمان مورد بررسی قرار گرفته است.

۲- بررسی مدل رسوبی و تاریخچه زمین شناسی دشت کرمان

بر اساس تقسیم بندی ساختاری ایران توسط اشتوکلین (Stocklin, 1968)، استان کرمان تحت پوشش قسمت هائی از بلوک لوت، ایران مرکزی و زون سنندج سیرجان می باشد. دشت کرمان یک چاله تکتونیکی از نوع گرابن فشاری است که تحت تأثیر حرکت گسل های معکوس موجود در مرز کوه با دشت و بالا رفتن کوهستان ایجاد شده است (عباس نژاد، ۱۳۸۳). رسوبات مورد هدف تحقیق حاضر در دشت کرمان متعلق به دوره کواترنری می باشند که به علت جوان بودنشان خصوصیات زمین شناسی و مهندسی آنها بوسیله شرایط محیط رسوبی و فرایندهای موثر در تشکیل آنها کنترل می شود. شهر کرمان که بخشی از دشت کرمان است بر روی نهشته های رسی - سیلتی با نفوذ پذیری کم بنا شده است (شکل ۱). دشت کرمان در طول پلیستوسن به گونه یک حوضه بسته کم ژرفا دریافت کننده همه جریان های سیلابی صادره از زمین های مرتفع حواشی دشت بوده است و حتی در دوره های نسبتاً کوتاهی ضخامت زیادی از رسوبات (قریب ۱۰۰ متر) را دریافت می کرده که ویژگی های نسبتاً یکنواختی داشته اند (Kadjar et al, 1996). در انتهای پلیستوسن زبرین به دلیل جنبش های پراهمیت تکتونیکی، دشت کرمان شرایط حوضه بسته را از دست داده و به آرامی به سوی شمال و شمال باختری شیب برداشته و موجب شده که حجم قابل توجهی از رسوبات دوره های قبل به سمت نقاط پایین دست جابجا شوند.



شکل 3- مدل حوضه رسوبی دشت کرمان و رودخانه های اصلی آن

۳- مواد و روشها

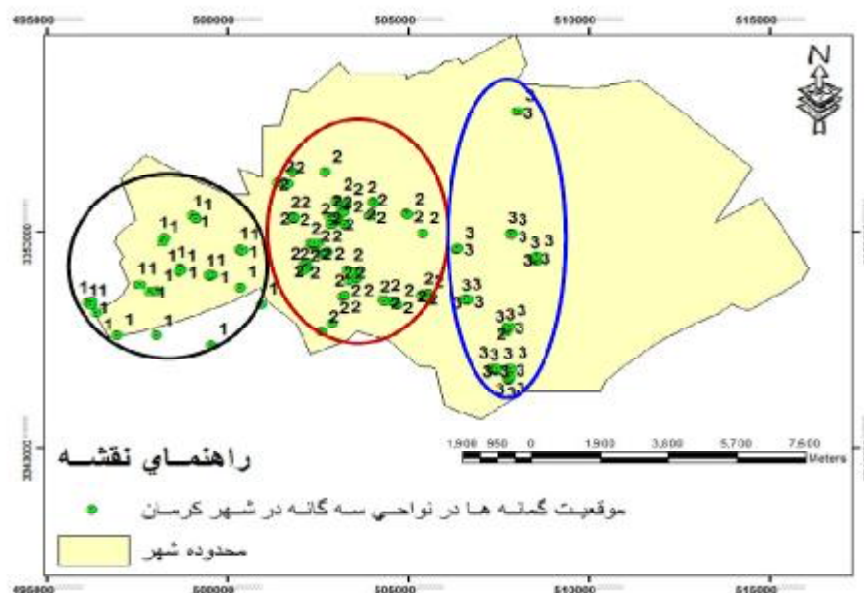
در این پژوهش داده های ژئوتکنیکی مربوط به ۱۵۴ گمانه تا عمق ۳۰ متر در سطح شهر کرمان گردآوری و سازمان دهی شده و در محیط نرم افزار اکسل وارد شده اند. اطلاعات بگونه ای سازمان دهی شده اند که امکان دسترسی و تحلیل آنها به راحتی وجود داشته باشد. عرصه مورد مطالعه که محدوده طرح هادی شهر کرمان می باشد، بر اساس روند رودخانه ها و مسیر رسوب گذاری آنها به سه ناحیه یا منطقه تقسیم و ویژگیهای مهندسی خاک در نواحی سه گانه مورد بررسی شده و نتایج با یکدیگر مقایسه شده اند.

۴- بررسی خواص مهندسی خاک در نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان

در شکل (۲) نواحی سه گانه در قالب سه محدوده غربی، مرکزی و شرقی معرفی شده اند که به ترتیب با اعداد ۱ و ۲ و ۳ نشان داده شده اند. تعداد گمانه های حفر شده در ناحیه ۲ یا بخش مرکزی شهر با توجه به قدمت و سابقه ساخت و سازها بیشتر از دیگر نواحی است. در ناحیه ۳ به دلیل قرار گیری در محدوده بافت قدیم شهر و وجود ارتفاعات و مناطق صخره ای حاشیه شهر، اطلاعات کمتری تولید شده است. در ناحیه ۱ ساخت سازها و توسعه شهر در سالهای اخیر شروع شده و هنوز اطلاعات کافی تولید نشده است.

۴-۱- بررسی منشأ رسوبات

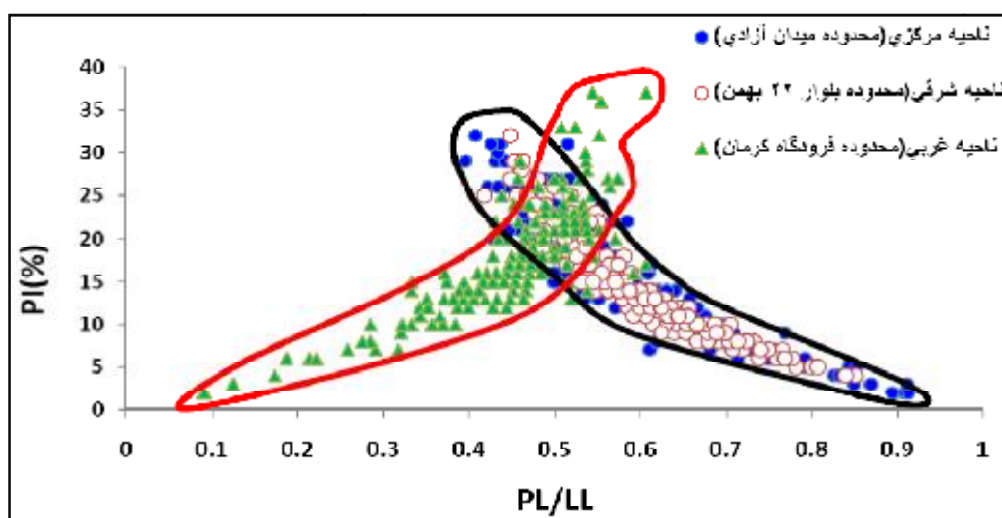
به طور کلی خصوصیات فیزیکی و مهندسی نهشته ها تا حدود زیادی به منشأ زمین شناسی و در عین حال شرایط محیط رسوبی آنها بستگی دارد. پارامترهای فیزیکی، مکانیکی و شیمیایی خاک تا حدود زیادی تابع ویژگیهای محیط رسوبی و تاریخچه زمین شناسی می باشند (مرادی هرسینی، ۱۳۸۷). خصوصیات مهندسی نهشته های محدوده شهر کرمان نیز به منشأ زمین شناسی و مدل رسوبی حوضه بستگی دارند و در عین حال ممکن است تغییرات ناشی از شرایط محیط رسوبی را نشان دهند. نمودار PI مقابل LL/PL به عنوان شاخصی برای نشان دادن نهشته های رسوبی مربوط به محیط های مختلف کاربرد دارد (مرادی هرسینی، ۱۳۸۵)، که بر خلاف نمودار پلاستیسیته کاساگرانده (Casagrande, 1932) تفاوت محیط های رسوبی مختلف را به خوبی بازگو می کند.



شکل ۲- موقعیت نواحی سه گانه در شهر کرمان

این نمودار برای خاک های محدوده شهر کرمان ترسیم شده (شکل ۳) و نتایج آن نشان می دهند که احتمالاً رسوبات مناطق شرقی و مرکزی که مجاور هم می باشند از یک منبع و منشأ تامین شده و طی مکانیزم واحدی نهشته شده باشند. اما در

رسوبات غرب شهر مکانیزم حمل و ته نشست و منبع تامین آنها با نواحی دیگر متفاوت می باشد. بنا بر این احتمال دارد که نهشته های شرقی و مرکزی توسط سیستم زهکشی مرکزی و رودخانه سه کنج و رسوبات ناحیه غربی توسط رودخانه چاری ته نشست کرده باشند (شکل ۱).



شکل ۳- بررسی تاثیر محیط رسوبی در نهشته های دشت کرمان

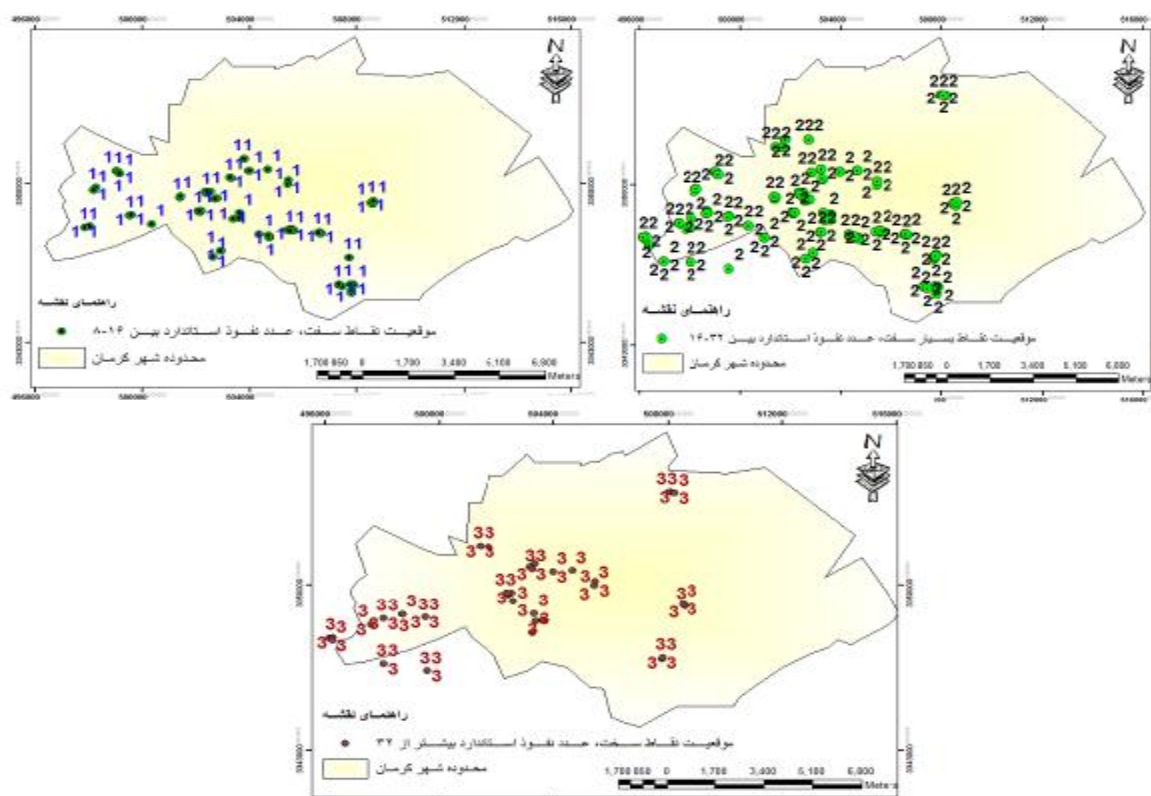
۴-۲- بررسی سفتی و سختی خاک

آزمایش نفوذ استاندارد یکی از روش های متداول برای ارزیابی و شناسایی خصوصیات مکانیکی و مهندسی خاکها در صحرا می باشد. عوامل عمده موثر در عدد نفوذ استاندارد شامل: تنشهای زمین، جنس زمین، شرایط آبهای زیرزمینی می باشد، لذا عدد نفوذ استاندارد به تنهایی نمی تواند معرف نوع خاک و شرایط محل باشد. گیبس و هولتز (Gibbs and Holtz, 1957) رابطه مستقیمی را بین دانسیته نسبی، عدد نفوذ استاندارد و فشار سربار پیشنهاد نموده اند. برای بررسی تاثیر محیط رسوبی بر روی خاکهای شهر کرمان داده های مربوط به ۹۶۱ مورد عدد نفوذ استاندارد گردآوری و با استفاده از معیار ارائه شده توسط کانیراج (Kaniraj, 1998) که میزان سفتی و عدد نفوذ استاندارد در خاکهای ریزدانه و رسی را مقایسه می کند، سفتی خاک های محدوده شهر کرمان بررسی شده است (جدول ۱). بر اساس این معیار خاکهای گستره شهر به سه کلاس تقسیم شده اند. اعداد نفوذ استاندارد بین ۸ تا ۱۶ در گروه ۱، بین ۱۶ تا ۳۲ در گروه ۲ و بزرگتر از ۳۲ در گروه ۳ قرار داده شده اند (جدول ۲).
جدول ۱- مقایسه میزان سفتی و عدد نفوذ استاندارد در خاکهای ریزدانه و رسی (Kaniraj, 1998).

۳۲ <	۱۶-۳۲	۸-۱۶	۴-۸	۲-۴	۲ >	SPT
سخت	بسیار سفت	سفت	متوسط	نرم	بسیار نرم	سفتی

جدول 2- مقایسه میزان سفتی و عدد نفوذ استاندارد در خاکهای محدوده شهر کرمان با توجه به معیار کانیراج (Kaniraj, 1998)

SPT	<2	2-4	4-6	8-16	16-32	>32
سفتی	بسیار نرم	نرم	متوسط	سفت	بسیار سفت	سخت
درصد	0	0	0	15.8	64.9	19.30
کلاس				1	2	3



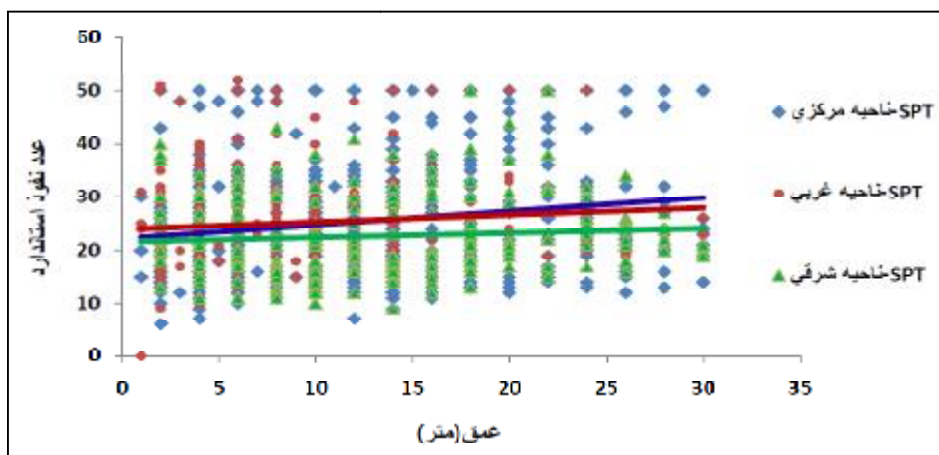
شکل 4 - موقعیت خاکهای سفت، بسیار سفت و سخت در محدوده شهر کرمان

بررسی کل داده های موجود در گستره شهر کرمان با توجه به معیار کانیراج (Kaniraj, 1998) در خصوص رابطه عدد نفوذ استاندارد و سفتی خاک نشان می دهد که در محدوده شهر کرمان خاکها از یک همگنی و یکنواختی نسبی برخوردار اند (شکل ۴) و بیش از ۸۰ درصد در رده خاکهای بسیار سفت تا سخت قرار دارند. رابطه عدد نفوذ استاندارد با عمق در نواحی سه گانه نشان می دهد که با افزایش عمق عدد نفوذ استاندارد نیز افزایش خیلی جزئی نشان می دهد شکل (۵) که نتیجه می شود خاک ها نسبتا فشرده بوده و در گروه خاکهای بسیار سفت تا سخت قرار می گیرند.

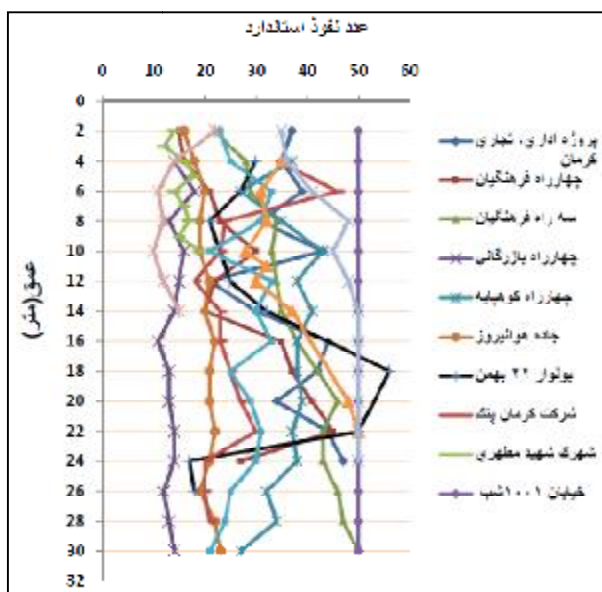
در شکل (۶) رابطه عدد نفوذ استاندارد با عمق برای سایت های مختلف در گستره شهر کرمان ترسیم شده است. انتخاب نقاط بگونه ای بوده است که تقریبا تمام محدوده شهر را دربرگیرند. همانطور که در شکل نشان داده شده است به غیر از سایت های بلوار ۲۲ بهمین و چهار راه فرهنگیان، تغییرات عدد نفوذ استاندارد با عمق دارای یکنواختی و همگنی نسبی می باشد و می توان نتیجه گرفت که تراکم و فشرده گی خاک نسبت به عمق دارای افزایش قابل ملاحظه نمی باشد.

همچنین رابطه همبستگی عدد نفوذ استاندارد با زاویه اصطکاک و تنش چسبندگی با کمک نرم افزار SPSS بررسی شده که معادله آن به صورت رابطه (۱) می باشد.

$$SPT=0.671f+8.748C +10.682 \quad (1)$$



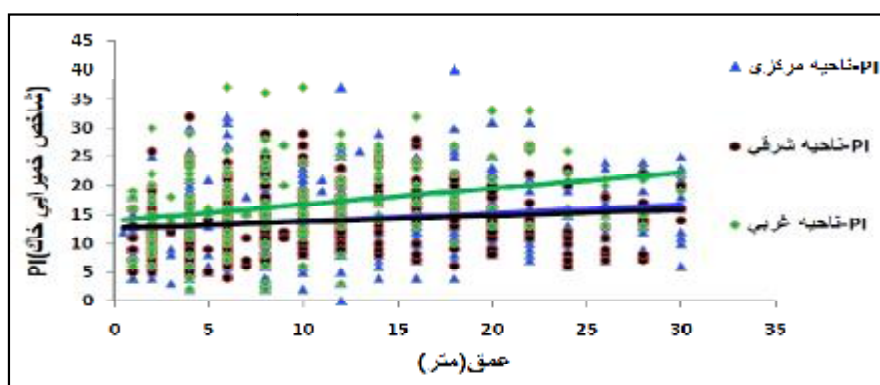
شکل 5- بررسی تغییرات عدد نفوذ استاندارد در نواحی سه گانه در زیرپهنه شهر کرمان



شکل 6- رابطه عدد نفوذ استاندارد با عمق برای نهشته های رسوبی گسترده شهر کرمان

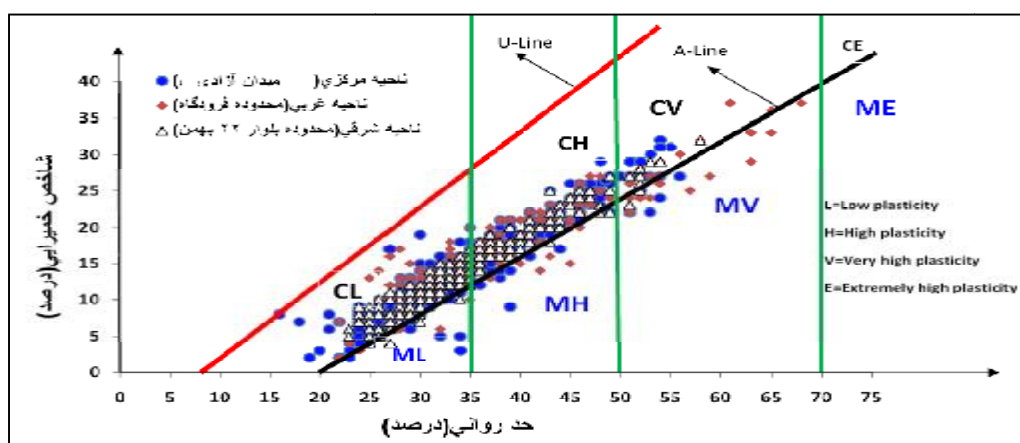
3-4- ارزیابی خواص خمیری خاک

در شکل (۷) رابطه شاخص خمیری خاک با عمق برای نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان نشان داده شده است. در ناحیه غربی شدت افزایش شاخص خمیری با عمق کمی بیشتر از دو ناحیه دیگر است که نشان دهنده این است که رسوبات در این بخش از شهر دارای درصد بیشتری از مواد ریزدانه و کانیهای رسی می باشند.



شکل 7- بررسی تغییرات شاخص پلاستیسیته در نواحی سه گانه در زیرپهنه شهر کرمان

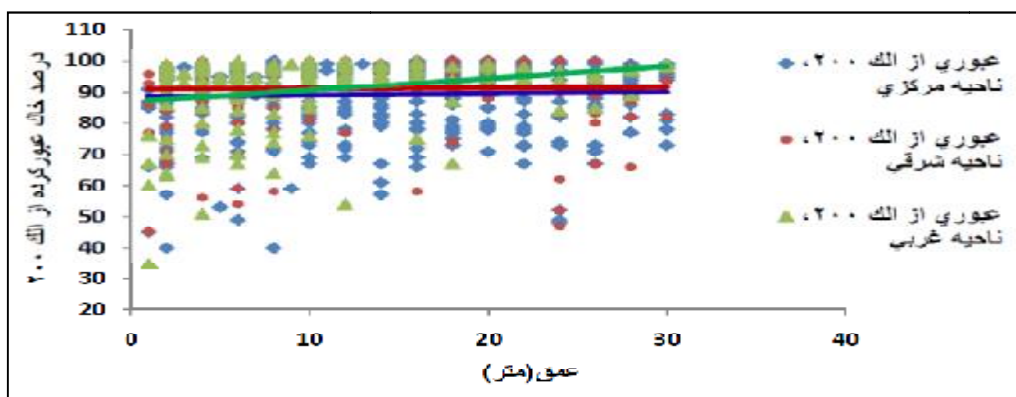
نمودار خمیری نهشته های شهر کرمان در نواحی سه گانه نشان می دهد که خاصیت خمیری در نواحی سه گانه از یک حالت همگنی و یکنواختی نسبی برخوردار است و تنها تعدادی از نمونه های ناحیه غربی (محدوده فرودگاه کرمان) دارای خاصیت خمیری بیشتر از دو ناحیه دیگر می باشند. دلیل این موضوع احتمالاً مربوط به منشاء تولید رسوبات و عامل حمل آنها (رودخانه چاری) می باشد (شکل ۸).



شکل 8- نمودار پلاستیسیته نهشته های زیرپهنه شهر کرمان مربوط به نواحی سه گانه

4-4- مطالعه درصد مواد عبوری از الک 200 (درصد ریزدانه ها)

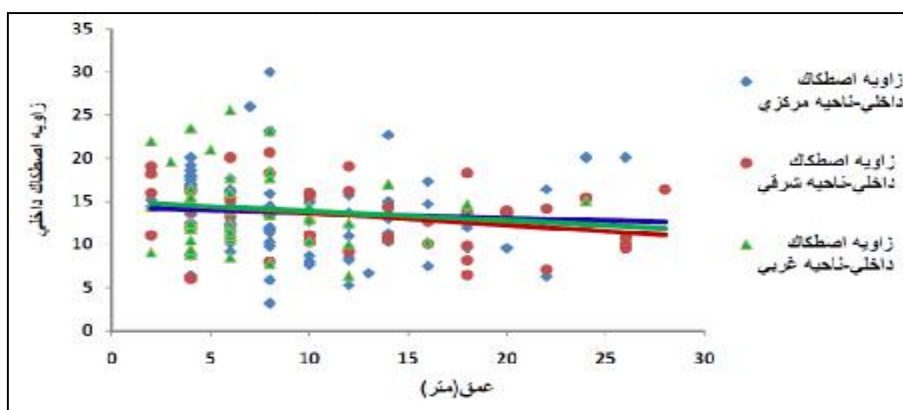
نمودار مربوط به درصد ریزدانه ها نسبت به عمق در شکل (9) نشان داده شده است. بررسی مواد ریزدانه در گستره شهر کرمان تایید می کند که در ناحیه غربی درصد مواد عبوری از الک 200 (درصد مواد ریزدانه) نسبت به عمق از نواحی مرکزی و شرقی اندکی بیشتر است ولی در نواحی مرکزی و شرقی تغییرات درصد ریزدانه با عمق محسوس نمی باشد.



شکل 9- تغییرات درصد ریزدانه ها با عمق در نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان

4-5- بررسی زاویه اصطکاک داخلی

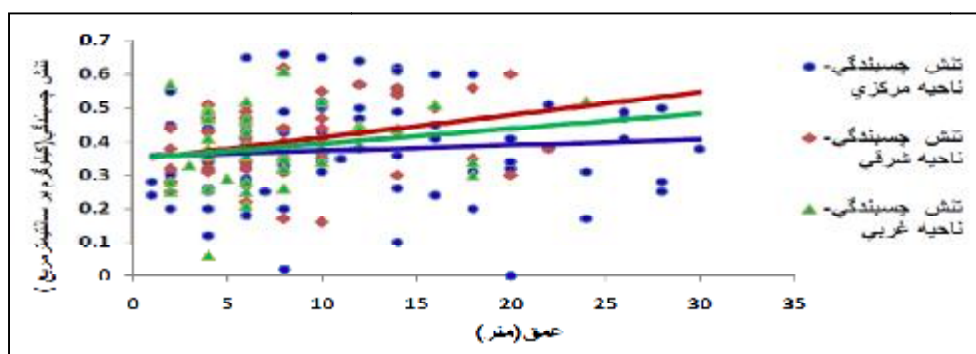
بررسی زاویه اصطکاک داخلی در نواحی سه گانه نسبت به عمق رابطه معکوس را نشان می دهد و مشخص می کند که با افزایش عمق میزان زاویه اصطکاک داخلی کاهش نشان می دهد (شکل 10). علت این امر می تواند به دلیل اشباع شدگی بیشتر خاک با افزایش عمق باشد، زیرا جنس دانه ها و فشردگی آنها نسبت به عمق تفاوت چندانی ندارد.



شکل 10- تغییرات زاویه اصطکاک داخلی با عمق در نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان

4-6- ارزیابی نتایج مربوط به چسبندگی خاک

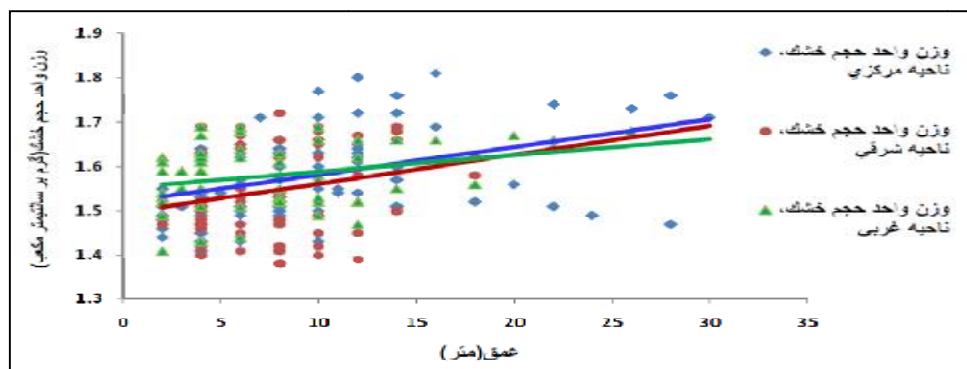
بررسی نتایج مربوط به رابطه چسبندگی با عمق نشان می دهد که با افزایش عمق میزان تنش چسبندگی افزایش جزئی نشان می دهد و این افزایش در ناحیه شرقی بیشتر از سایر نواحی است (شکل ۱۱). اگر چه یکی از عوامل تاثیر گذار در افزایش چسبندگی جنس دانه های خاک است، اما با توجه به این که در ناحیه شرقی درصد ریزدانه ها و خاصیت خمیری از ناحیه غربی کمتر است احتمالاً بالا بودن سطح آب زیر زمینی موجب افزایش بیشتر چسبندگی شده است. زیرا در ناحیه شرقی در بعضی قسمتها مثل مسجد جامع کرمان سطح آب زیر زمینی در عمق کمتر از دو متری سطح زمین است (سطح آب همتراز با سطح زیرزمین مسجد جامع است).



شکل 11- رابطه تنش چسبندگی با عمق در نواحی سه گانه در گستره شهر کرمان

4-7- بررسی تغییرات وزن واحد حجم خشک خاک

تغییرات وزن واحد حجم خشک خاک در نواحی سه گانه با عمق مبین حالت یکنواختی نسبی و همگن بودن خاکهای زیرپهنه شهر کرمان می باشد (شکل ۱۲).

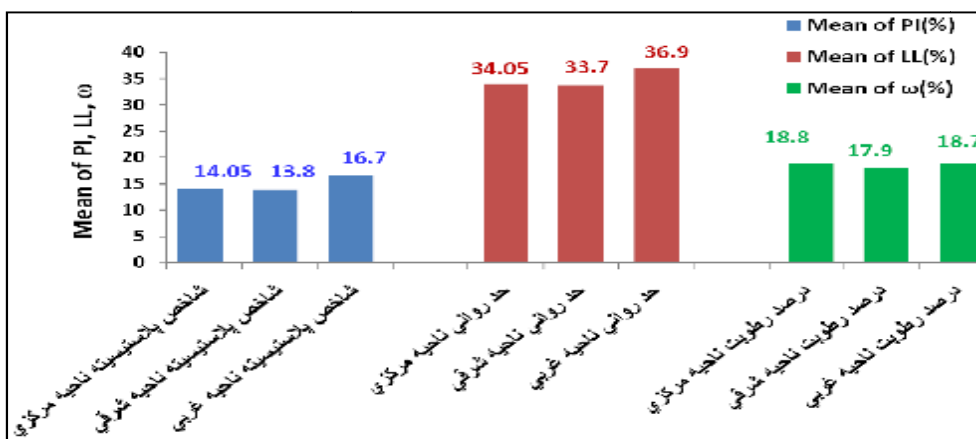


شکل 12- رابطه وزن واحد حجم خشک با عمق در نهشته های محدوده شهر کرمان

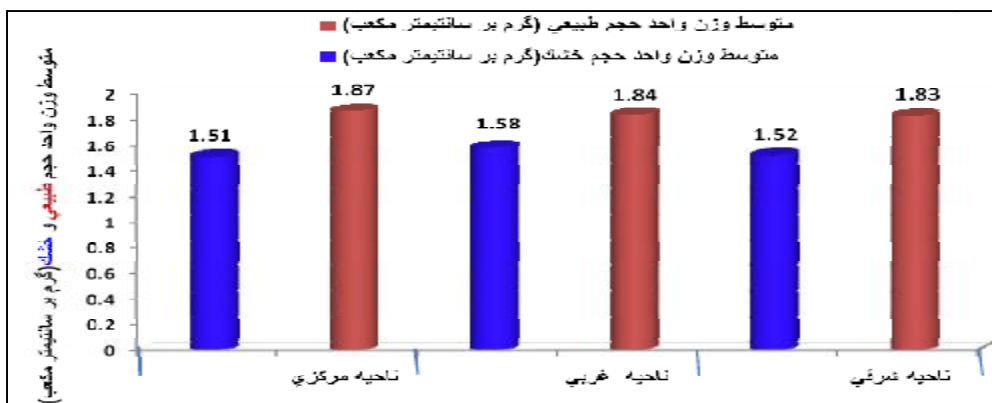
4-8- مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به خواص مهندسی خاک

به منظور ارائه اطلاعات کلی از خواص مهندسی خاک، نمودارهای مربوط به میانگین هر کدام از پارامترها در نواحی سه گانه ترسیم شده و در شکل های ۱۳ تا ۱۶ نشان داده شده اند. بررسی مقادیر میانگین محاسبه شده برای پارامترهای مهندسی در نواحی

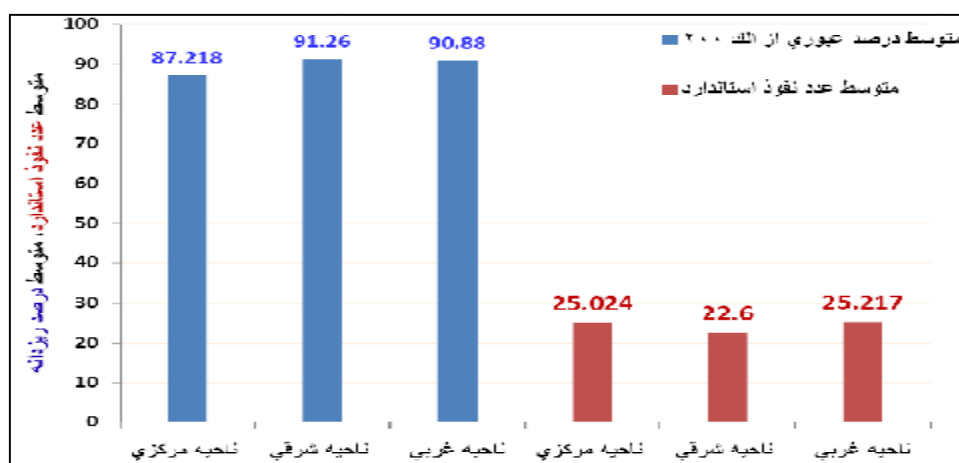
مختلف و محدوده کلی شهر کرمان مبین این موضوع است که در عرصه مورد مطالعه خاک ها دارای یک حالت همگنی و یکنواختی نسبی می باشند و تفاوت زیادی بین متوسط پارامترها وجود ندارد.



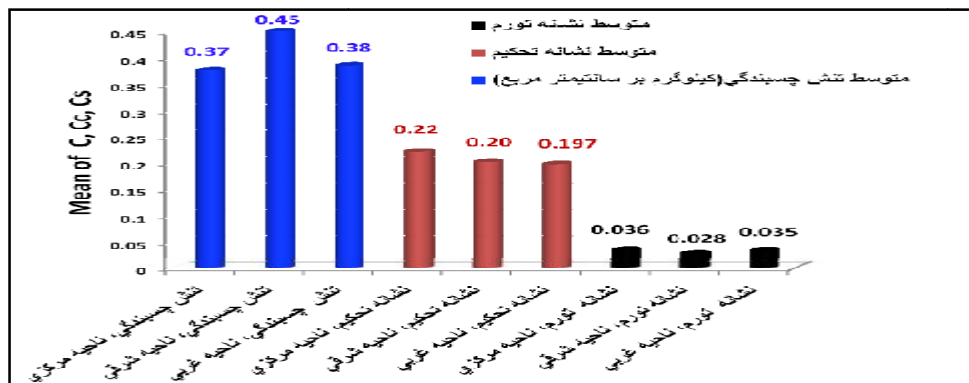
شکل 13- متوسط شاخص پلاستیسیته، حد روانی و درصد رطوبت خاک در نواحی سه گانه شهر کرمان



شکل 14 مقایسه وزن واحد حجم طبیعی و خشک در نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان



شکل 15- متوسط عدد نفوذ استاندارد و درصد مواد عبور کرده از الک 200 در گستره شهر کرمان



شکل 16- یانگین تنش چسبندگی، نشانه تحکیم و نشانه تورم خاکهای شهر کرمان در نواحی سه گانه

5- نتیجه گیری

۱- بررسی منشأ رسوبات در نواحی سه گانه در محدوده شهر کرمان نشان می دهد که دو دسته از رسوبات قابل تفکیک می باشند که احتمالاً تفاوت آنها ناشی از عامل حمل کننده رسوبات و سیستم های زهکشی می باشد. این احتمال وجود دارد که نهشته های نواحی شرقی و مرکزی توسط سیستم زهکشی مرکزی و رودخانه سه کنج و رسوبات ناحیه غربی توسط رودخانه چاری حمل شده و ته نشست کرده باشند. بنا بر این محیط رسوبی تامین کننده رسوبات هر ناحیه موجب تفاوت در خصوصیات پلاستیسته آن نهشته ها شده است.

۲- رابطه عدد نفوذ استاندارد و سفتی خاک نشان می دهد که در محدوده شهر کرمان خاکها از یک همگنی و یکنواختی نسبی برخوردار اند و بیش از ۸۰ درصد در رده خاکهای بسیار سفت تا سخت و تحکیم یافته قرار دارند.

۳- بررسی خاصیت خمیری در نواحی سه گانه نشان داده است که ناحیه غربی (محدوده فرودگاه کرمان) دارای خاصیت خمیری اندکی بیشتر از دو ناحیه دیگر می باشند. دلیل این موضوع احتمالاً مربوط به منشأ تولید رسوبات است که گمان می رود منبع تامین آنها رودخانه چاری باشد. ولی بطور کلی خاصیت خمیری خاک در نواحی سه گانه از یک حالت همگنی و یکنواختی نسبی برخوردار است.

۴- بررسی مواد ریزدانه در گستره شهر کرمان تایید می کند که اگر چه در ناحیه غربی درصد مواد عبوری از الک ۲۰۰ (درصد مواد ریزدانه) اندکی بیشتر از نواحی مرکزی و شرقی است ولی تفاوت قابل ملاحظه ای در این خصوص وجود ندارد.

۵- تغییرات زاویه اصطکاک داخلی نسبت به عمق در نواحی سه گانه نسبتاً یکنواخت و همگن می باشد.

۶- نتایج مربوط به رابطه چسبندگی با عمق نشان می دهند که با افزایش عمق میزان تنش چسبندگی افزایش جزئی نشان می دهد و این افزایش در ناحیه شرقی از سایر نواحی کمی بیشتر است که احتمالاً مربوط به بالا بودن سطح آب زیر زمینی در این ناحیه است.

۷- بررسی تغییرات وزن واحد حجم خشک خاک در نواحی سه گانه با عمق تفاوت قابل ملاحظه ای را نشان نداده که این امر مبین یکنواختی نسبی و همگن بودن خاکهای زیرپهنه شهر کرمان می باشد.

۸- مقایسه میانگین پارامترها و خواص مهندسی خاکهای شهر کرمان در نواحی سه گانه نشان داده است که بطور کلی خاک های محدوده شهر کرمان نسبتاً یکنواخت بوده و تفاوت قابل ملاحظه ای با یکدیگر ندارند.

منابع

اداره کل آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک استان کرمان، آرشیو مطالعات ژئوتکنیک و مکانیک خاک پروژه های مختلف اجرا شده در محدوده شهر کرمان.

عباس نژاد، ا. (۱۳۸۳)، " حفره ی فروکش کارستی در اختیاآباد- شمال باختری کرمان". نشریه ی علوم زمین. بهار و تابستان ۱۳۸۳. سال یازدهم شماره ی ۵۱. ص ۳۵-۲۸

مرادی هرسینی، ک. (۱۳۸۷)، ارتباط ویژگی های زمین شناسی مهندسی نهشته های عهد حاضر با محیط رسوبی در دشت خوزستان با استفاده از تصاویر ماهواره ای، پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، ۳۸۷ صفحه.

Casagrande, A. 1932. *Research on the Atterberg Limits of Soils*. Public Roads, Vol 13. No 8. pp 121 - 136

Gibbs, H. J., and Holtz, W. G., 1957, Research on determining the density of sand by

Spoon Penetration Testing, Proceedings of 4th International Conference on Soil

Mechanics and Foundation Engineering in London, 1:35-39.

Kaniraj, S., 1998, Design aids in soil mechanics and foundation engineering, 3rd reprint, Indian Institute of Technology, Delhi.

Kadjar, M.H., Nazemzadeh, M., Azizan, H., and Rowshanravan, J., 1996, The history of Kerman Basin during the Neogene and Quaternary, GSI, Regional Center for S.E.Iran (Kerman). 74P.

Stocklin, J., (1968). Structural history and tectonic of Iran, A review American association of petroleum Geologists, Bulletin 52, PP.1229-1258.