



بررسی خصوصیات حوزه رسوبی دشت کرمان از دیدگاه زمین شناسی مهندسی

ایمان آقاملایی*، غلامرضا لشکری پور^۱، محمد غفوری^۱، محمد رضا امینی زاده^۱

۱- گروه زمین شناسی مهندسی، دانشگاه فردوسی مشهد

دریافت: ۹۴/۲/۲۲؛ دریافت اصلاح شده: ۹۴/۵/۱؛ پذیرش: ۹۴/۶/۱۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۹/۱۵

هکیده

حوزه‌های رسوبی دارای اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مخصوص به خود بوده و بر اساس این مشخصات از محیط‌های مجاور قابل تفکیک می‌باشند. در این پژوهش به منظور بررسی خصوصیات مهندسی حوزه رسوبی دشت کرمان بعنوان بخشی از حوزه رسوبی کرمان، اطلاعات مورد نیاز از منابع مختلف جمع آوری و مورد بررسی قرار گرفت. دشت کرمان در بخش میانی حوزه رسوبی کرمان قرار دارد و دارای ساختار گرا بنی است که تحت تاثیر عملکرد گسل‌های مستقیم و ثقلی شکل گرفته است. شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در حاشیه شمالی این دشت، برگستره‌ای از نهشته‌های ریزدانه رسی سیلتی بنا شده است. بر اساس نتایج حاصل از روش‌های مختلف در ارزیابی عمق سنگ کف، ضخامت آبرفت در دشت کرمان بین صفر تا ۳۵۰ و در محدوده شهر کرمان بین ۳۰ تا ۳۵۰ متر بر گزارش شده است. این نهشته‌ها از دیدگاه منشأ تشکیل، حاصل تعامل دو فرآیند رسوبگذاری سیلابی و دریاچه‌ای هستند. از نظر خصوصیات ژئوتکنیکی نیز این رسوبات ریزدانه عمدتاً شامل کانی‌های ایلیت، کلریت، اسمکتیت بوده که عمدتاً در دو گروه CL و CL-ML براساس طبقه بندی متحد قرار می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: حوزه رسوبی، دشت کرمان، سنگ کف، ضخامت آبرفت، زمین شناسی مهندسی

۱- مقدمه

فیزیکی و شیمیایی در ارتباط مستقیم با محیط رسوبی تشکیل آنها می‌باشند. لروئیل و واگان بیان داشته‌اند که مقاومت خاک‌ها را نمی‌توان به تنهایی با میزان تخلخل و تاریخچه تنش خاک‌ها برآورد نمود، بلکه عوامل گوناگونی مانند نهشته شدن سیمان در محل تماس ذرات، جوش خوردگی بین ذرات تحت فشار بالا، رسوب املاح کربناته، هیدروکسیدها و مواد آلی ناشی از انحلال در بین ذرات بر مقاومت خاک‌ها موثر هستند (Lerouil & Vaughan 1990).

امیرسلیمانی تاثیر رسوب گذاری را بر روی رفتار دگر شکلی

بطور کلی محیط‌های رسوبی دارای اختصاصات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی مخصوص به خود بوده از محیط‌های مجاور قابل تفکیک می‌باشند. بر این اساس رسوباتی که در هر محیط رسوبی بجای گذاشته می‌شوند، دارای خصوصیات مشترکی بوده و با محیط‌های اطراف خود فرق می‌کنند. نوع و ویژگی‌های محیط رسوبی تعیین کننده خصوصیات ژئوتکنیکی نهشته‌های رسوبی بوده و خصوصیات همچون مقاومت، تراکم، نشست و حتی خصوصیات

سیلت های نیمه اشباع و خاک های غیر اشباع مورد بررسی قرار داده و نتیجه گرفته است که نوع رسوب گذاری اعم از بادی یا آبی، تراکم رسوبات و ویریه شدن آنها بر روی رفتار مکانیکی مصالح موثر است (Amirsoleymani 1994;1995). فلایدر و همکاران، در تحقیقی اهمیت تاریخچه رسوب گذاری و دیاژنز را در تخمین و تفسیر خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات حوضه وین کشور اتریش بررسی کرده اند (Pfleiderer et al. 2005). برانسکی خواص زمین شناسی مهندسی تیل های یخچالی منطقه پلوکا را بررسی کرده است (BaraDski 2008). او رفتار مکانیکی خاک های فوق را با توجه به ساختار و ریزساختار آنها تشریح کرده و تاثیر ساختمان خاک بر تراکم پذیری، مقاومت و سختی خاک را برای خاک های طبیعی و بازسازی شده مورد آزمایش و مقایسه قرار داده است.

گاسپاری، خاک های رسی گستره شهر لندن را مورد مطالعه قرار داده و با مقایسه خاک های بازسازی شده و خاک های طبیعی، تاثیر ساختار و تاریخچه زمین شناسی را بر مشخصات مکانیکی خاک های ریزدانه بررسی و گزارش کرده است (Gaspree 2005). ماسین، در بررسی مدل های هیپو پلاستیک برای خاک های ریزدانه نقش ساختار خاک و تاثیر آن بر نتایج مدل را اندازه گیری کرده است (Masin 2006).

کمال الدین به منظور پیدا کردن یک مرجع و یک چهار چوب اساسی برای ارزیابی رفتار برجای خاک های رس طبیعی داکا (Dhaka) از خواص ذاتی آنها استفاده نمود و تحقیقاتی در رابطه با خواص تنش-کرنش خاک های رسی انجام داد. او خط تراکم ذاتی (ICL) و تورم ذاتی (ISL) برای خاک های رسی مورد مطالعه رسم کرد (Kamaludin 1990). تکینسوری و همکاران معتقدند که ماتریکس خاک تاثیر مهمی در تغییر تنش موثر خاک دارد و به درجه اشباع خاک های نیمه اشباع بستگی دارد (Tekinsoy et al. 2009).

بطور کلی در مورد خصوصیات ژئوتکنیکی و زمین شناسی مهندسی مصالح سنگی و خاکی تحقیقات بسیاری وجود دارد. با این وجود ارتباط این ویژگی ها با تاریخچه زمین شناسی و بطور واضح تر با محیط رسوبی تشکیل این نهشته ها کمتر مورد توجه بوده و به جز موارد معدود، تحقیقات زیادی در دنیا انجام نشده است. در رابطه با ویژگی های زمین شناسی مهندسی نهشته های منفصل (خاکی) در مقایسه با نهشته های سخت شده سنگی تحقیقات کمتری صورت

گرفته است (به علت پیچیدگی رفتاری و مشکلات تهیه نمونه از آنها). با این حال بررسی ویژگی این نهشته ها برای اجرای پروژه های عمرانی، به خصوص ساخت سدها مد نظر بوده و امری متداول است (Lamas et al. 2002 و قبادی و همکاران ۱۳۸۴). مطالعاتی مانند بررسی واگرایی خاک ها (خامه چیان و همکاران ۱۳۷۹) و یا بررسی خاک های مسئله دار در نواحی مختلف از دیگر تحقیقات متداول در خصوص نهشته های منفصل است. در مورد نهشته های ریزدانه مانند رس ها که که عمده ترین رسوبات مورد بررسی در تحقیق حاضر را تشکیل می دهند، می توان به تحقیقات بل (Bell 1994)، جاکسا (Jaksa 1993) و بنت و همکاران (Bennet et al. 2004) اشاره نمود که با تشکیل بانک داده های ژئوتکنیکی و بررسی های آماری به تشریح خصوصیات نهشته های ریزدانه نواحی مختلف پرداخته اند.

۲- مواد و روش ها

به منظور بررسی خصوصیات مهندسی حوزه رسوبی دشت کرمان منابع اطلاعاتی گسترده ای مانند مقالات، گزارشات، نقشه ها و عکس های ماهواره ای گردآوری شده و با استفاده از نرم افزارهای Gis ، Gs+ مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. در بررسی خصوصیات زمین شناسی مهندسی نهشته های رسوبی علاوه بر استفاده از داده های موجود به منظور ایجاد توزیع و پراکنش مناسب، در طول انحام این تحقیق از سایت های جدیدی که در سطح شهر حفاری می شدند نمونه گیری صورت گرفت و آزمایشات مورد نیاز بر روی نمونه های اخذ شده انجام گردید.

۳- بحث و بررسی

۳-۱- ویژگی های حوزه رسوبی دشت کرمان

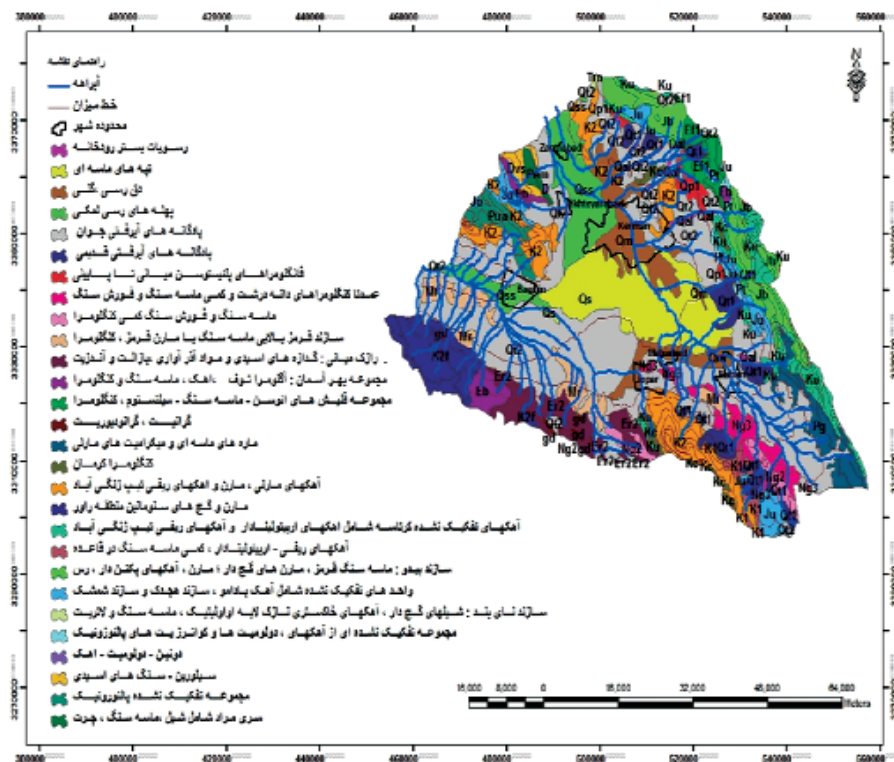
دشت کرمان، یک چاله تکتونیک از نوع گرابن فشاری است به گونه ای که تحت تاثیر حرکت گسل های معکوس موجود در مرکز کوه با دشت و بالا رفتن کوهستان ایجاد شده است (عباس نژاد ۱۳۸۳). از ویژگی های بسیار جالب این منطقه وجود توالی نسبتاً کاملی از سنگ های رسوبی است که محدوده سنی پروتروزوئیک فوقانی - کامبرین زیرین تا اواخر دوران چهارم را شامل می گردند که فقط بخشی از آنها در محدوده حوضه رسوبی دشت کرمان دیده می شوند. شواهد زمین ریخت شناسی نشان می دهند دشت کرمان در طول

بررسی سابقه مطالعات گذشته نشان می دهد که در خصوص ضخامت نهشته های دشت کرمان مطالعه جامع و قابل استنادی وجود ندارد و مطالعات گذشته بصورت پراکنده و به منظور دست یابی به سطح سفره آب زیرزمینی و ضخامت بخش اشباع شده اند. لذا داشتن اطلاعات مفید در رابطه با نوع و جنس رسوبات، ضخامت و تغییرات عمقی و جانبی آنها ضروری به نظر می رسد.

وجود عدسی ها و لایه هایی از ماسه های بادی که از طریق رسوبات مخروط افکنه ای رودخانه چاری تامین می شوند (Beckett 1958) از مواردی است که باید مد نظر باشد، مدل حوضه رسوبی است که مهمترین عامل تاثیرگذار در شکل گیری نوع رسوبات و ضخامت آنها می باشد، موجب نهشته شدن ضخامت زیاد رسوبات در طی چهار دوره بین یخچالی در گستره دشت کرمان شده است (Kadjar et al. 1996). این نهشته ها به تناسب انرژی سیلاب و توپوگرافی و هندسه سنگ کف نهشته شده و در نقاط مختلف دشت دارای ضخامت متفاوت هستند. لازم است بررسی هایی در خصوص شناسایی عمق رسوبات در نقاط مختلف به عمل آید تا امکان برنامه ریزی جهت فعالیتهای عمرانی حاصل آید. برای این منظور مطالعات مختلفی صورت گرفت.

پلیستوسن که اشکوب اصلی کواترن است 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 برهه های معادل دوره های بین یخچالی، شرایط محیط های تبخیری و دریاچه های فصلی را نیز دارا بوده است (Kadjar et al. 1996). شهر کرمان با ارتفاع ۱۷۵۰ تا ۱۸۰۰ متر از سطح دریا در حاشیه شمالی دشت کرمان، بر گستره ای از نهشته های ریزدانه رسی سیلتی با ویژگی نفوذپذیری کم بنا شده است. ضخامت این نهشته ها به چند صد متر می رسد که از دیدگاه منشأ تشکیل، حاصل تعامل دو فرآیند رسوب گذاری سیلابی و دریاچه ای هستند. نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه در تصویر (۱) آورده شده است.

همانطور که ذکر گردید دشت کرمان در بخش میانی حوضه رسوبی کرمان قرار دارد و دارای ساختار گرا بنی بوده و تحت تاثیر عملکرد گسل های مستقیم و ثقیلی شکل گرفته است. در گستره این دشت مسائل مختلف ژئوتکنیکی و زمین شناسی مهندسی مثل وجود خاک های ریزدانه دارای قابلیت نشست و تورم و وجود عدسی های ماسه ای در قسمت های سطحی زمین با احتمال روانگرایی بالا قابل توجه است. بی شک ضخامت رسوبات و عمق سنگ کف یکی از پارامترهای تعیین کننده در رابطه با حل مسائل فوق خواهد بود.



تصویر ۱- نقشه زمین شناسی حوضه رسوبی کرمان اقتباس از نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰۰۰ کرمان

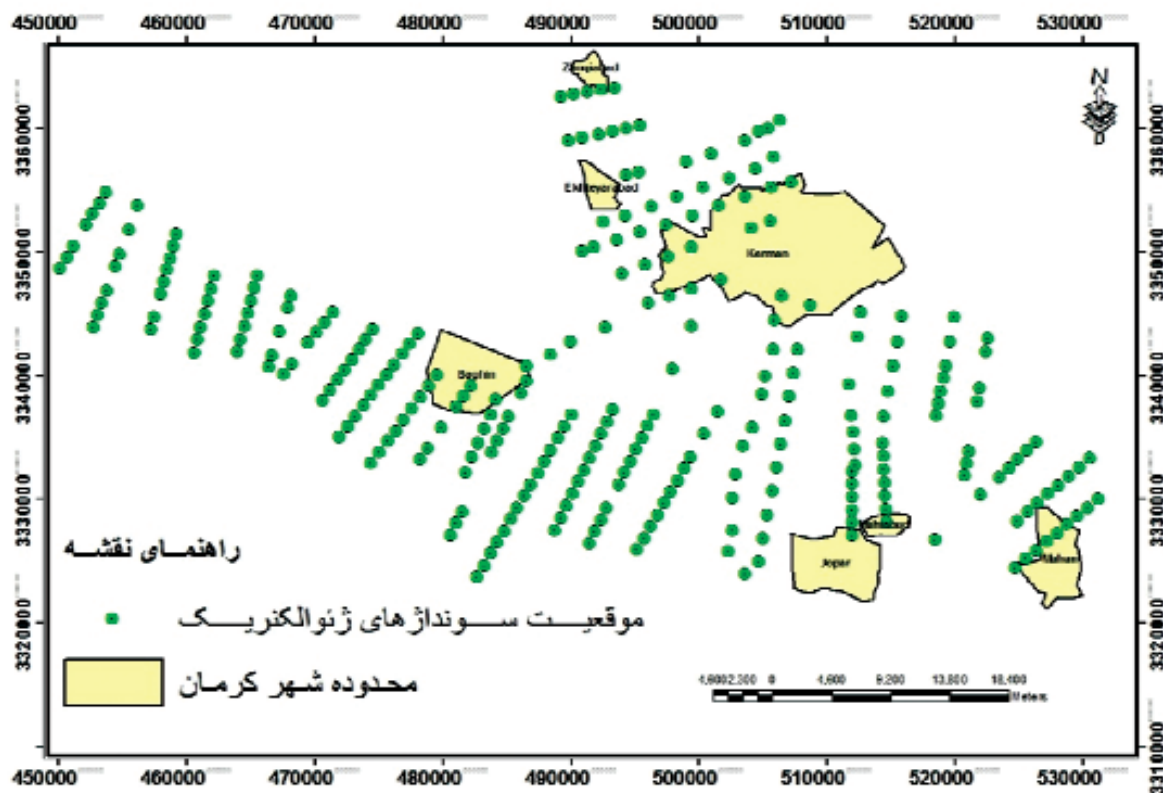
۴- مطالعات ژئوفیزیک

نقاطی از زیرپهنه شهر کرمان به بیش از ۳۰۰ متر می‌رسد. تعبیر و تفسیر نتایج بدست آمده از مطالعات ژئوفیزیک نشان می‌دهد که در غرب کرمان در منطقه طاهر آباد به علت شکستگی‌های ایجاد شده در سنگ کف حوضه عمیقی در آن نواحی وجود دارد. در جنوب کرمان سنگ کف از شرق به غرب عمیق می‌شود و نارسایی‌های فیزیکی که دیده می‌شود می‌تواند معرف عملکرد گسل‌ها در این ناحیه باشد. بر اساس نقشه خطوط هم ارتفاع سنگ کف دشت کرمان ضخامت آبرفت در دشت کرمان در دو محدوده (غرب شهر کرمان حوالی فرودگاه و جنوب غرب شهر در محدوده محی آباد) معادل ۳۵۰ متر می‌باشد (تصویر ۴). بنابراین دامنه تغییرات ضخامت آبرفت در دشت کرمان بین صفر تا ۳۵۰ متر می‌باشد.

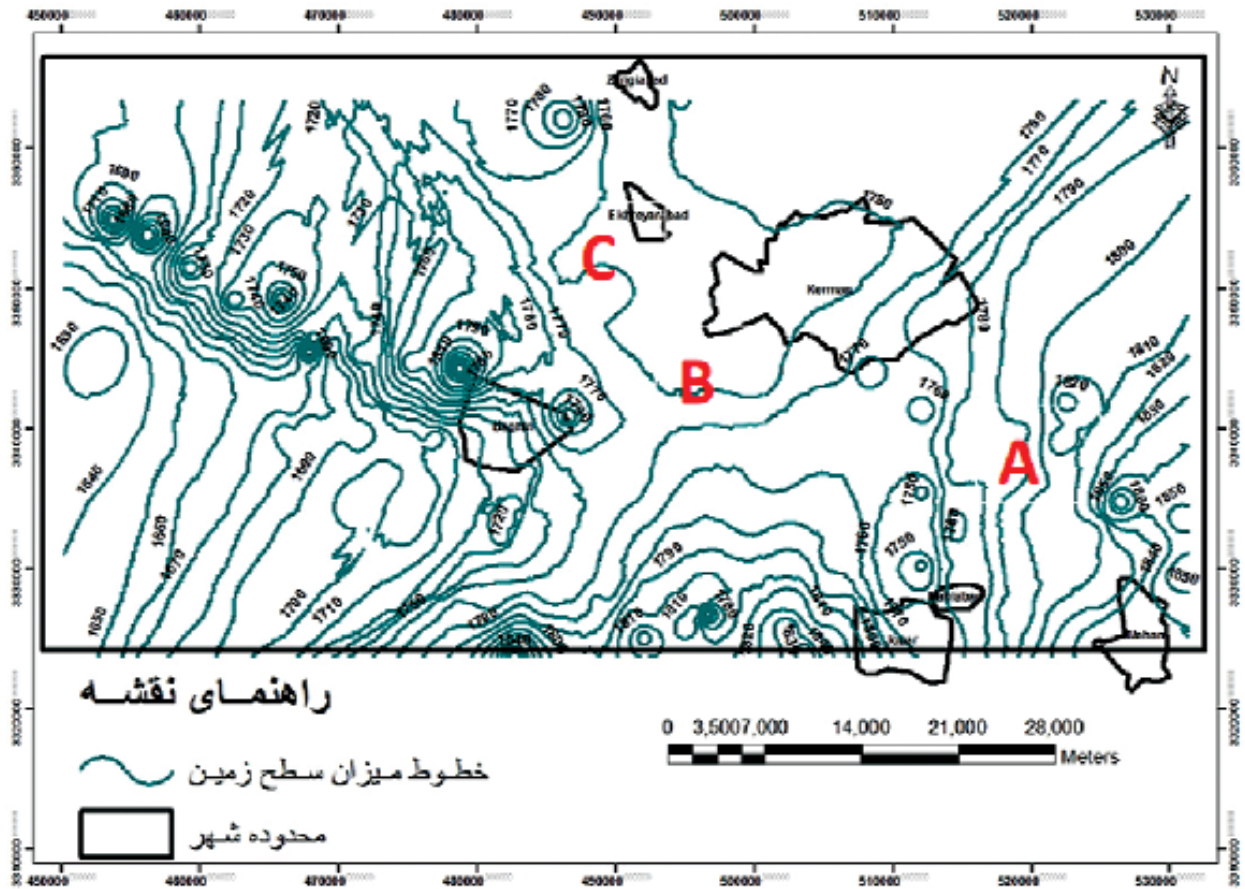
۵- حفاری‌های اکتشافی در آبرفت دشت کرمان-باغین

۸ حلقه چاه اکتشافی در طی سال‌های ۱۳۴۳ تا ۱۳۴۴ توسط شرکت فرانسوی ستیرا-سوگرا و یک حلقه دیگر همراه با پیرومتر مجاور آن در سال ۱۳۵۳ توسط شرکت آبکاو (در ناحیه حسین آباد) حفاری گردیده است که شماره صحرائی و مختصات جغرافیایی آنها در

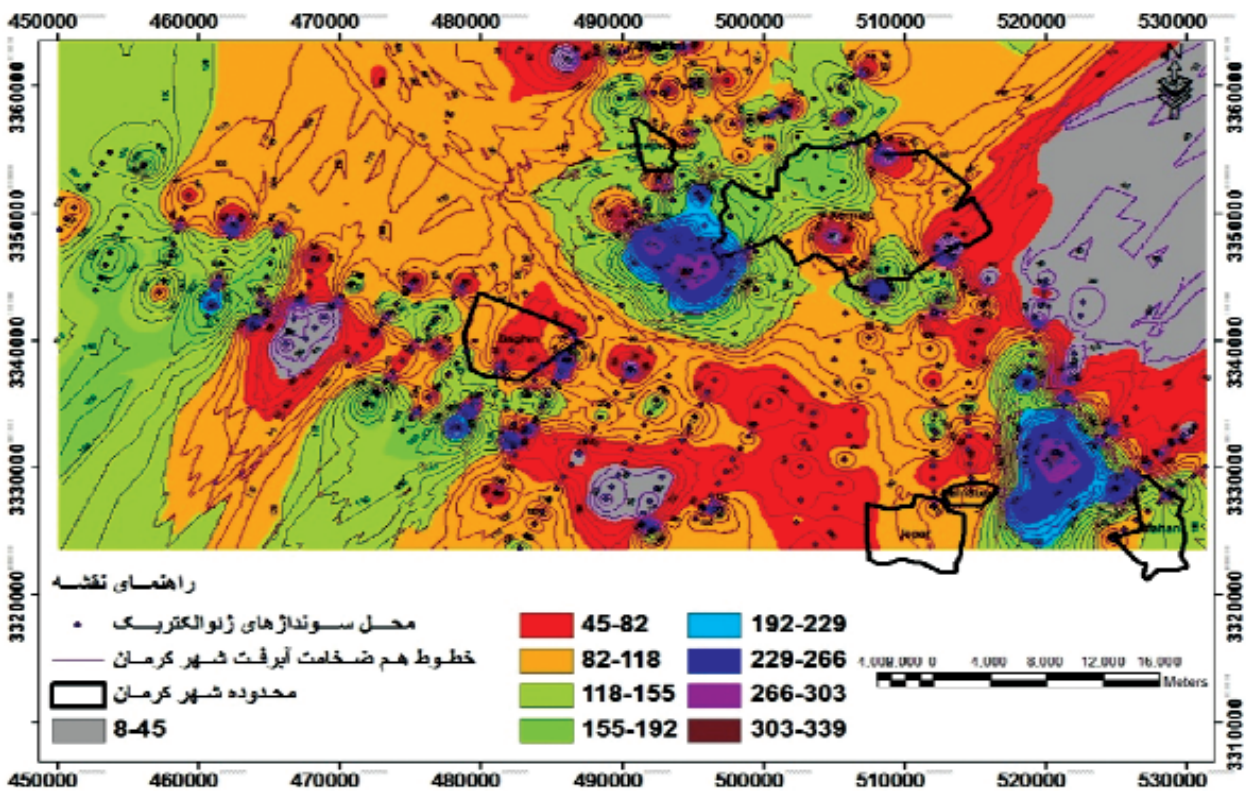
برای این منظور داده‌های مربوط به ۵۰۰۰ سونداژ الکتریکی با خط فرستنده جریان AB معادل ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متر که در ۳۵ پروفیل بوسیله کمپانی جنرال ژئوفیزیک (C.G.G) در سال ۱۳۴۳ تولید شده‌اند جمع‌آوری و نقشه پراکنش آنها در راستای این تحقیق ترسیم گردید (تصویر ۲). داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم افزار GS+ نرمال سازی شد و پس از تایید واریوگرامها با استفاده از نرم افزار Arc Gis 9.2 نقشه‌های توپوگرافی مربوط به رویه دشت نیز ترسیم گردید (تصویر ۳). در تصویر ۳، مقایسه نقاط A و B و C بعنوان نمونه آورده شده است. نقطه A نشان می‌دهد که تفاوت ارتفاع سطح زمین و ارتفاع سنگ کف حدود ۳۰۵ متر می‌باشد (متر $305 = 1500 - 1195$). در نقطه B که در حد فاصل خطوط هم ارتفاع سنگ کف ۱۶۵۰ و ۱۵۰۰ قرار دارد ضخامت آبرفت حدود ۱۸۵ متر و در نقطه C با توجه به اختلاف ارتفاع سطح زمین با سنگ کف ضخامت آبرفت در آن محدوده قریب ۱۰۰ متر برآورد شده است. بنابراین با استناد به نتایج فوق می‌توان بیان کرد که ضخامت آبرفت در



تصویر ۲- نقشه پراکنش سونداژهای ژئوالکتریک انجام شده در دشت کرمان



تصویر ۳- نقشه توپوگرافی سطحی دشت کرمان



تصویر ۴- نقشه توپوگرافی و کلاسه‌های ارتفاع ضخامت آبرفت دشت کرمان

جدول (۱) آورده شده است (علمدار ۱۳۶۴). برای تعیین ضخامت آبرفت و مقایسه نتایج با روش های دیگر، لوگ گمانه های فوق مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت. با توجه به پروفیل چاه شماره IEX(T1) تا ۲۳۲ متر از ضخامت آبرفت در منطقه طاهر آباد و نواحی غربی شهر کرمان تایید شده است.

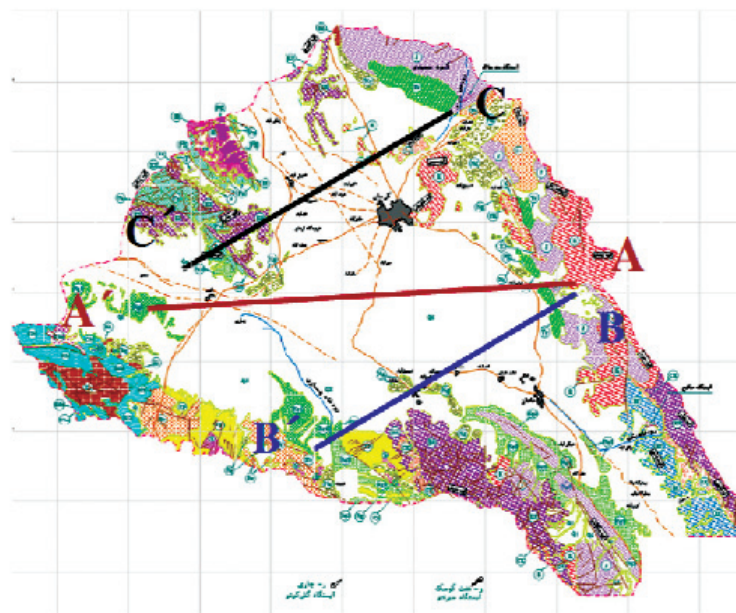
در جنوب شهر کرمان در حوالی دانشگاه شهید باهنر کرمان با توجه پروفیل چاه شماره H3، معادل ۲۱۲ متر از ضخامت آبرفت مورد مشاهده مستقیم قرار گرفته است. بنابر این نتایج حفاری ۲۳۲ متر از ضخامت آبرفت دشت کرمان را تصدیق کرده اند.

همچنین در مطالعات مرحله اول طرح تغذیه مصنوعی دشت کرمان نقشه زمین شناسی محدوده حوضه رسوبی کرمان را ترسیم و بر روی آن سه مقطع زمین شناسی در سه جهت مختلف ترسیم شده است

(تصویر ۵). نتایج بررسی مسیرهای سه گانه فوق به منظور پی بردن به ضخامت آبرفت دشت کرمان به این شرح می باشد. مقطع AA' با راستای شرقی-غربی در حد فاصل بین مخروط افکنه رودخانه عباس آباد تا حوالی شهر باغین قرار گرفته است. در این مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در محدوده روستای محی آباد به میزان حدود ۳۵۰ متر برآورد شده است. مقطع BB' با راستای شمال شرقی-جنوب غربی در حد فاصل بین کوه جفتان و محل ورود رودخانه چاری به دشت قرار گرفته است. در این مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در محدوده مختصات جغرافیایی ۵۱۵۰۰۰ و ۳۳۳۵۰۰۰ حدود ۱۷۰ متر می باشد. مقطع CC' با راستای شمال شرقی-جنوب غربی از محل ورودی رودخانه سعیدی به دشت شروع شده و پس از عبور از کوه های بالابنه و شهرزاد به انتهای دشت باغین ختم می شود. در این

جدول ۱- موقعیت چاه های اکتشافی دشت کرمان

شماره صحرائی و مختصات چاه	موقعیت چاه	عمق چاه (متر)	سطح آب (متر)	نوع رسوبات زیرین آبرفت
۴۷۵۰۰-۳۳۴۰۰۰-1EX(C1)	شمال غربی	۲۱۸	۵۸	شن و ماسه درشت دانه، مارن، سیلت
۴۸۵۰۰-۳۳۳۵۰۰-(B1)	شرق باغین	۲۶۰	۴۱	تناوب سیلت و مارن، گراول
۴۸۵۰۰-۳۳۳۵۰۰-(B2)	جنوب باغین	۱۵۳	۴۴	شن دانه درشت همراه با مارن و سیلت
۴۹۵۰۰-۳۳۵۰۰۰-1EX(T1)	طاهر آباد	۲۳۲	۱۰	-
۵۰۰۰۰-۳۳۴۰۰۰-1EX(P1)	مرکز دشت	۱۶۱	۲۸	سیلت و مارن
۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H1)	حسین آباد	۹۴	۴۲	-
۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H2)	حسین آباد	۱۱۷	۳۴	-
۵۱۵۰۰-۳۳۴۵۰۰-(H3)	حسین آباد	۲۱۲	۳۲	-



تصویر ۵- موقعیت مقاطع زمین شناسی بر روی حوضه رسوبی کرمان

شناسی و همچنین نحوه فرسایش آن در زمان های بعد از شکل گیری است. بر پایه کاوش های ژئوفیزیکی شکل سنگ کف در بخش های جنوب شرقی و مرکزی عموماً به صورت ناودیسسی و با شیب نسبتاً ملایم همراه با چین خوردگی های محلی و موضعی است. بطور کلی سنگ کف در ناحیه مورد مطالعه از یک سری آنتی کلینال و فرورفتگی با جهت غربی-شرقی تشکیل شده است. نتایج بدست آمده از لوگ های زمین شناسی موجود و مطالعات ژئوفیزیک نشان می دهد که جنس سنگ کف در نواحی شرق و جنوب شرق از کنگلومرا، در منطقه اختیارآباد احتمالاً آهک کرتاسه، در ناحیه زنگی آباد از رسوبات مارنی و آهک، در شمال شهر کرمان و نواحی ورودی رودخانه سعیدی به دشت کرمان از کنگلومرای کرمان با سن پالئوسن و در شرق شهر کرمان در نواحی کوه طاق علی از آهک تشکیل یافته است (عباس نژاد ۱۳۸۳).

عمق برخورد به سنگ کف بجز ناحیه جنوب شرق و بخش مرکزی دشت که حدود ۲۵۰ متر می باشد، در بقیه نواحی بین ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر است. اما مطالعات لرزه نگاری نشان دهنده وجود حوضه عمیقی در غرب کرمان و در منطقه طاهرآباد است. در مطالعات ژئوالکتریک عمق سنگ کف در این نواحی تا ۳۵۰ متر نیز گزارش شده است. این امر می تواند تحت اثر عمل گسل زنگی آباد ایجاد شده باشد.

۸- خصوصیات ژئوتکنیکی نهشته های دشت کرمان

محدوده شهر کرمان و شهرک های اطراف آن از نظر ریخت شناسی، شامل دشت مسطح آبرفتی ریزدانه با مصالح عمدتاً سیلت و رس می باشند که شیب بسیار ملایم دارند. این رسوبات ریزدانه عموماً شامل دو گروه CL و CL-ML می باشند. منشاکانی های رسی که عمدتاً شامل ایلیت و اسمکتیت می باشند، به ترکیب سنگ منشا شیمی محیط، هوازدگی، فرایندهای اقلیمی حاکم بر مناطق منشا وابسته است (Ehrmann et al. 2005). شرایط آب و هوایی، ترکیب کانی شناسی سنگ های منشاء و میزان هوازدگی آن و همچنین فرایندهای حمل و نقل و رسوبگذاری نقش مهمی در تشکیل انواع کانی های رسی دارند (امجدی و همکاران ۱۳۹۰). مکانیزم نهشته شدن رسوبات گستره شهر کرمان بر اساس مدل رسوبی این نهشته ها به این صورت بوده است که در ابتدا سیلابهای فصلی شدید باعث حمل قطعات و ذرات خاک و نهشته شدن آنها در ایستاب های محدوده

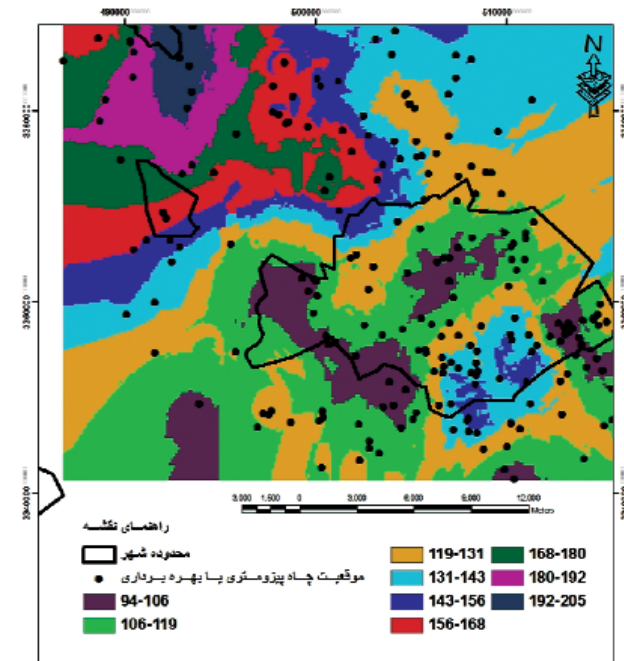
مقطع حداکثر ضخامت آبرفت در حد فاصله کوه های بالا بنه و شهر زاد در شمال فرودگاه کرمان در حوالی روستای اختیار آباد معادل ۱۴۰ متر می باشد. نتایج حاصل از بررسی مقاطع زمین شناسی نشان می دهند که حداکثر ضخامت پیش بینی شده برای آبرفت دشت کرمان در حوالی روستای محی آباد حدود ۳۵۰ متر می باشد.

۶- استفاده از چاه های پیژومتری و بهره برداری

آمار ۲۶۶ حلقه از چاه های پیژومتری و بهره برداری حفر شده در دشت کرمان گردآوری و با توجه به عمق هر چاه و مختصات جغرافیایی آن، نقشه هم عمق چاه های دشت کرمان ترسیم شد (تصویر ۶). با توجه به نقشه یاد شده ضخامت آبرفت در حد فاصل روستاهای اختیارآباد و زنگی آباد معادل ۲۳۰ متر می باشد. البته ذکر این نکته ضروری است که چاه های پیژومتری و بهره برداری اکثراً به سنگ کف نمی رسند و بخشی از ضخامت آبرفت را نشان می دهند، بنا بر این ۲۳۰ متر از ضخامت آبرفت دشت کرمان با استفاده از نقشه هم عمق چاه های پیژومتری و بهره برداری تصدیق شده است.

۷- ریخت شناسی و جنس سنگ کف

ریخت شناسی سنگ کف ناشی از پیامدهای تکتونیکی و زمین



تصویر ۶- نقشه کلاس های هم عمق و پراکنش چاه های بهره برداری و پیژومتری دشت کرمان

فعلی شهر کرمان شده‌اند. بعد از نهشته شدن رسوبات در تالاب رسوبی کرمان فرایندهایی بر ساختار و فابریک خاک اثر گذارده است. بنابراین خاک در مرحله اولیه نهشته شدن به صورت یک خاک تحکیم یافته عادی و فاقد ساختار بوده است که در طی زمان تحت اثر فرایندهای رسوبی به شرایط فعلی رسیده است. طبق مدل‌های ارائه شده توسط اسفوندرینی احتمال این است که فابریک اولیه خاک در حوضه رسوبی شهر کرمان به صورت خانه کتابی بوده است که در طی تراکم بکر و تاثیر سربار روئی به صورت خانه کتابی فشرده درآمده است (حیدری ۱۳۸۰).

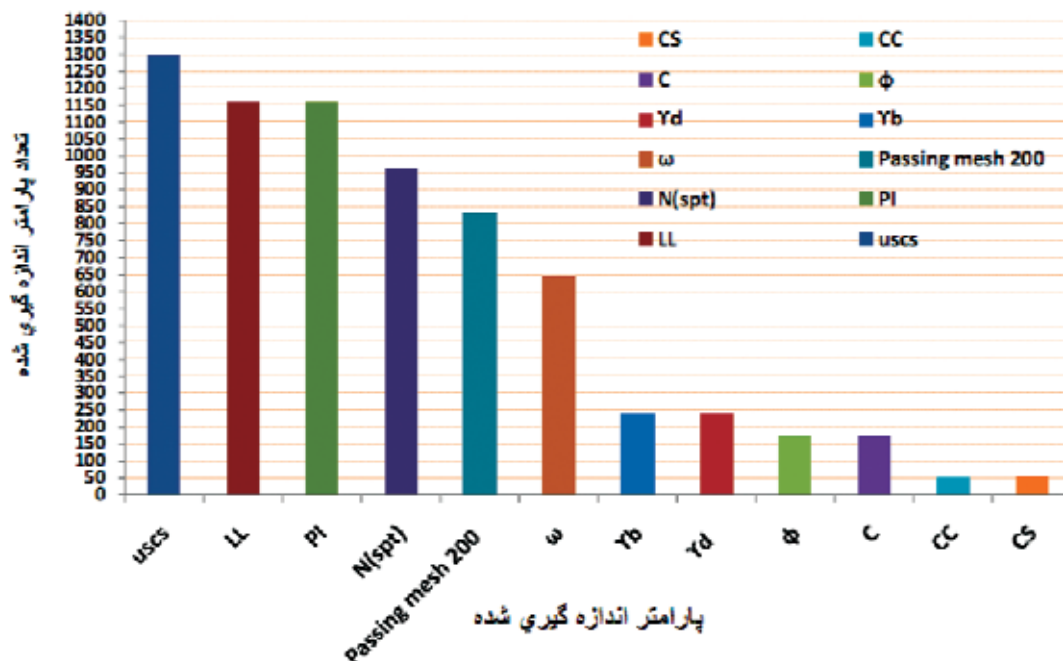
خصوصیات ژئوتکنیکی خاک‌های ریزدانه شهر کرمان از ۱۵۴ گمانه

جدول ۲- تعداد داده‌های اندازه‌گیری شده از خواص مهندسی خاک در محدوده شهر کرمان

نام پارامتر	USCS	LL(%)	PL(%)	N(spt)	W(%)	$Y_b(\text{gr/cm}^3)$	$Y_d(\text{gr/cm}^3)$	Φ	C	Cc	Cs
تعداد اندازه‌گیری شده	۱۲۹۷	۱۱۵۷	۱۱۵۷	۹۶۰	۶۴۲	۲۳۷	۲۳۷	۱۷۴	۱۷۳	۵۰	۵۴

جدول ۳- خصوصیات ژئوتکنیکی عمده نهشته‌ها در چند نقطه از شهر کرمان

موقعیت گمانه	Cc	C(kg/cm ²)	Φ (degree)	$Y_b(\text{gr/cm}^3)$	W(%)	SPT	PL(%)	LL(%)	کلاس	عمق(m)
شهرک الهیه	۰.۱۸	۰.۲۶	۱۲.۲	۱.۹۴	۲۰.۳	۱۹	۱۷	۳۶	CL	۴
هتل پارس	۰.۲۷	۰.۳۳	۱۵.۹	۱.۸۹	۲۳.۱	۲۳	۲۲	۴۳	CL	۸
دانشگاه آزاد	۰.۲۹	۰.۳۵	۱۴.۳	۱.۶۵	۱۳.۲	۱۴	۱۱	۲۸	CL	۴
چهار راه بازرگانی	۰.۱۳	۰.۴۷	۸.۷	۱.۹۳	۱۸	۱۴	۱۸	۴۰	CL	۴
چهار راه با قدرت	۰.۱۲	۰.۴۴	۱۱.۱	۱.۹۸	۱۸.۱	۱۷	۱۷	۳۶	CL	۱۰
خیابان امام جمعه	۰.۲۲	۰.۲۸	۱۷.۵	۱.۷۳	۲۲	۱۲	۱۴	۳۵	CL	۴



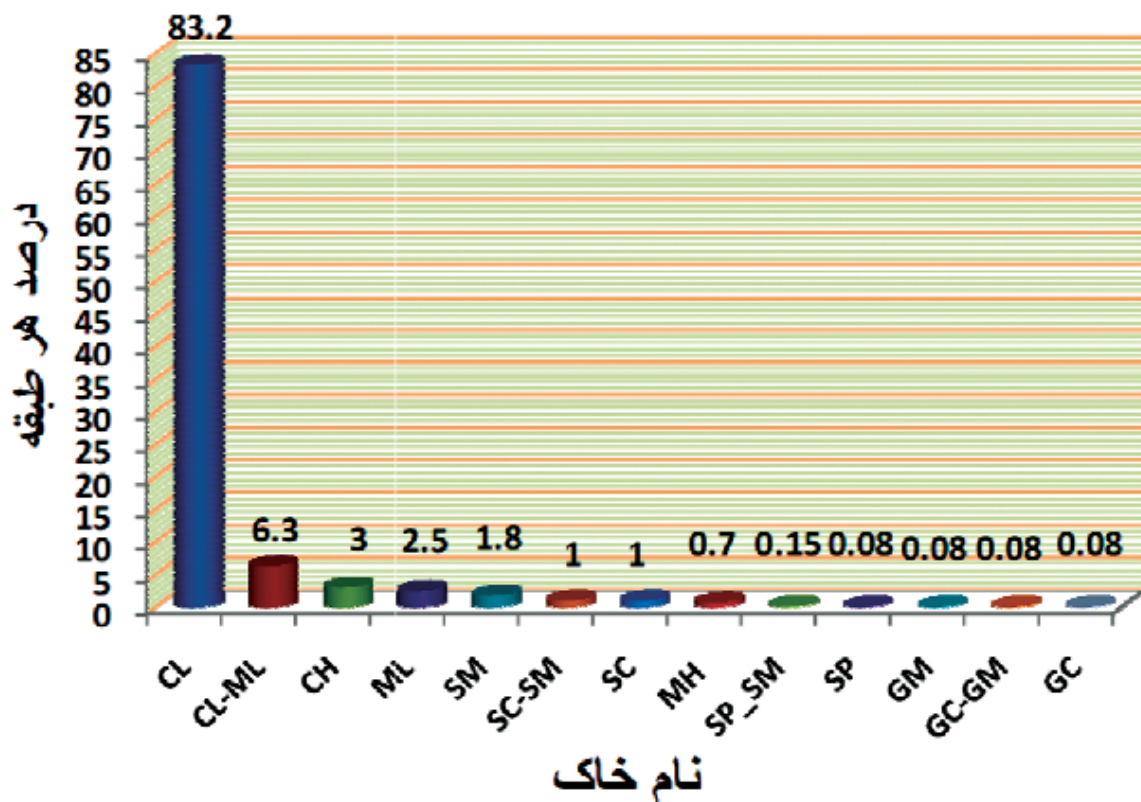
تصویر ۷- تعداد و نوع داده‌های اندازه‌گیری شده از خواص مهندسی خاک در محدوده شهر کرمان.

همبستگی بین پارامترهای ژئوتکنیکی خاک در محدوده شهر کرمان بررسی همبستگی بین پارامترهای مختلف سبب شناخت بهتر نهشته ها می شود و با برقراری روابط همبستگی قادر به پیش بینی برخی از ویژگی های خاک خواهیم بود. محققین زیادی روابط مختلف بین پارامترهای فیزیکی و مکانیکی خاکها را بررسی و ارائه کرده اند. هیراتا و همکاران (Hirata et al. 1990) برای تعیین روابط بین خصوصیات مکانیکی و فیزیکی خاکهای چسبنده، رگرسیون های چند تایی ارائه کردند. میائو و بین (Miao & Yin 1999) نیز درباره مقاومت برشی خاکهای غیراشباع تحقیق نمودند که در آن مدل هیپربولیک تئوری مقاومت برشی بر اساس نتایج آزمایش سه محوری خاکهای غیراشباع بیان شده است. فردلان و همکاران (Fredlund et al. 1996) مدلی برای پیش بینی پارامترهای مقاومت برشی خاک های غیراشباع ارائه کردند. در تحقیق حاضر با توجه به اطلاعات ژئوتکنیکی ثبت شده در محدوده شهر کرمان برخی از روابط بین پارامترهای مختلف بررسی شده و با توجه به همبستگی

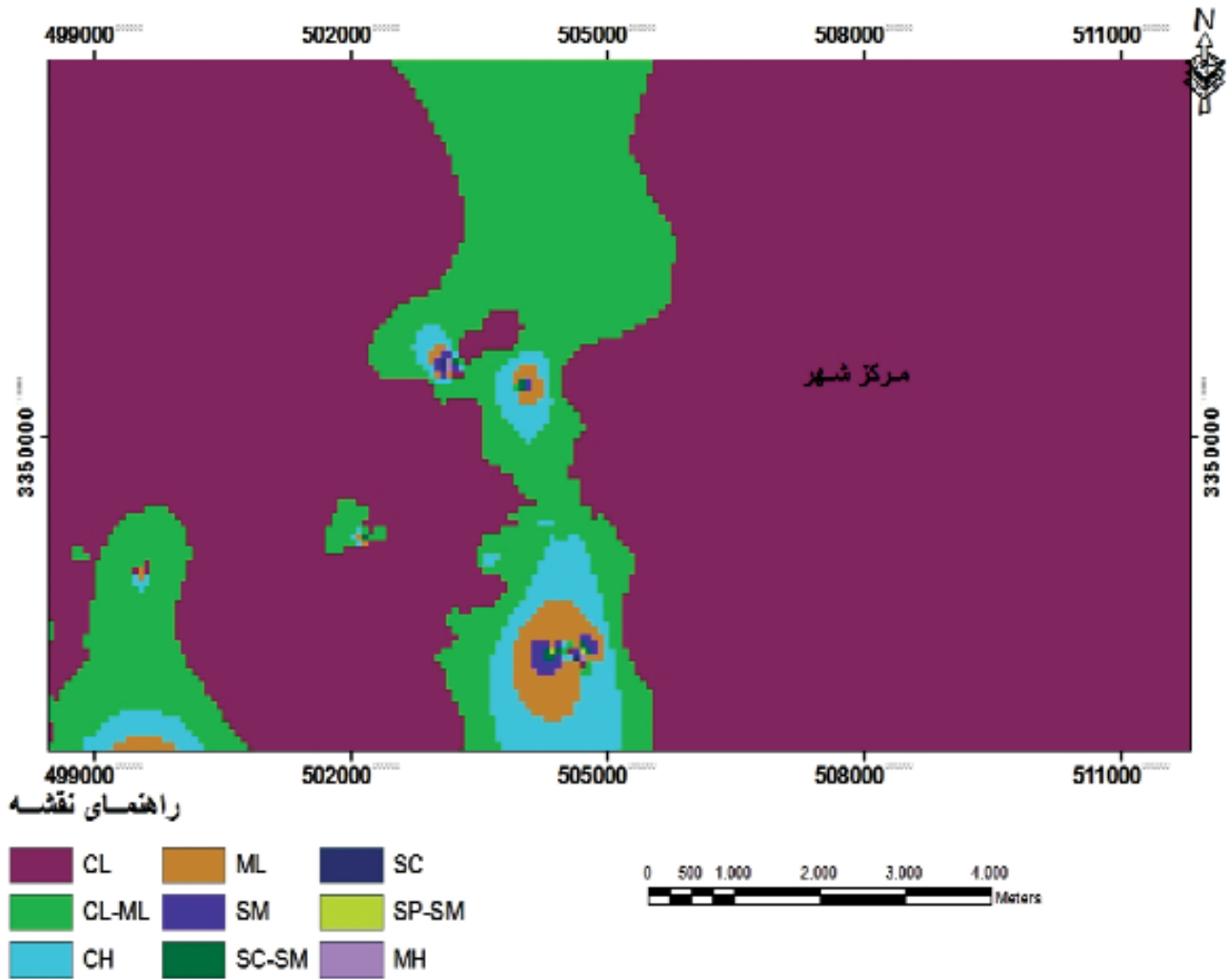
خاک های ریزدانه گستره شهر کرمان بر اساس طبقه بندی متحد تحت پوشش ۵ طبقه (CL, CL-ML, CH, ML, MH) می باشند. نسبت فراوانی کلاس های خاک بر اساس طبقه بندی متحد در تصویر (۸) نشان داده شده است. بطور کلی در محدوده شهر کرمان با توجه به جدول (۴) بیشترین فراوانی متعلق به خاکهای با خاصیت خمیری کم (CL) می باشد. این نسبت تا عمق حدود سی متر که مورد بررسی قرار گرفته است بدون تغییر محسوسی وجود دارد. بنابراین خاک های در برگیرنده محدوده شهر کرمان به لحاظ جنس و نوع تا عمق ۳۰ متری دارای همگنی و یکنواختی بالایی می باشند. لذا این احتمال وجود دارد که تا عمق ۳۰ متر که اطلاعات دانه بندی و طبقه بندی خاک وجود دارد، رسوبات زیرپهنه شهر کرمان در یک دوره نسبتاً کوتاه و در یک شرایط ویژه آب و هوایی نهشته شده باشند. در تصویرهای (۹ تا ۱۱) نقشه پراکنش طبقات خاک در شهر کرمان برای عمق های ۸، ۱۶ و ۲۶ ترسیم شده است که یکنواختی نسبی خاک در عمق های یاد شده را نشان می دهند.

جدول ۴- فراوانی گروه های مختلف خاک در پهنه شهر کرمان

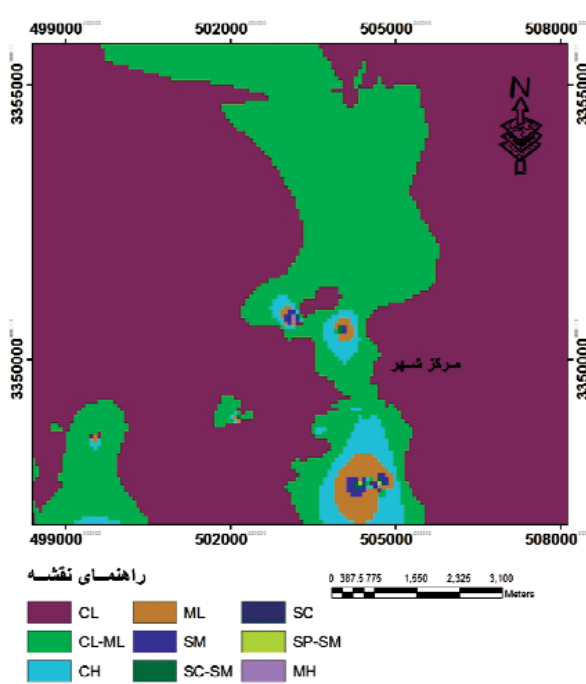
CL	CL-ML	CH	ML	SM	SC-SM	SC	MH	SP-SM	Sp	GM	GC-GM	GC	گروه خاک بر اساس طبقه بندی متحد
۸۳/۲	۶/۳	۲/۵	۱/۸	۱	۱	۰/۷	۰/۱۵	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	درصد فراوانی



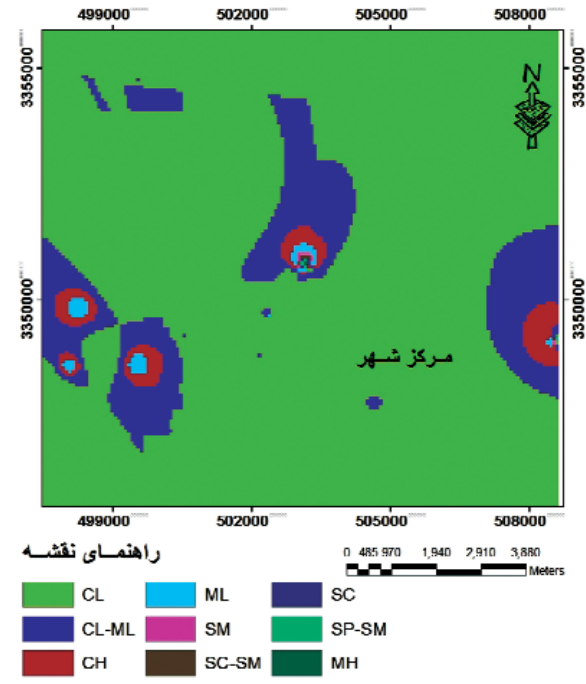
تصویر ۸- نسبت فراوانی گروه های خاک بر اساس طبقه بندی متحد



تصویر ۹- نقشه پراکنش طبقه های خاک در محدوده شهر کرمان در عمق ۸ متر



تصویر ۱۱- نقشه پراکنش طبقه های خاک در محدوده شهر کرمان در عمق ۲۶ متر



تصویر ۱۶- نقشه پراکنش طبقه های خاک در محدوده شهر کرمان در عمق ۱۶ متر

جدول ۵- رابطه بین پارامترهای مختلف با یکدیگر و رابطه هر پارامتر با عمق

معادله	پارامتر اصلی	پارامتر فرعی	ضریب همبستگی	نام پارامترها
$d=1.659-0.005\omega$	d	ω	0.038	وزن واحد حجم، درصد رطوبت
$LL=20.76-0.859\omega$	LL	ω	0.313	حد روانی، درصد رطوبت
$PI=6.138-0.547\omega$	PI	ω	0.241	شاخص پلاستیسیته، درصد رطوبت
$PI=0.753LL-11.95$	PI	LL	0.896	شاخص پلاستیسیته، حد روانی
$N=0.671 \Phi + 8.748C + 10.682$	N	Φ and C	-	عدد نفوذ استاندارد، زاویه اصطکاک داخلی، چسبندگی
$N=0.522 \Phi + 16.17$	N	Φ	0.056	عدد نفوذ استاندارد، زاویه اصطکاک داخلی
$N=25.92-6.338C$	N	C	0.006	عدد نفوذ استاندارد، چسبندگی
$C=0.608+0.016 \Phi$	C	Φ	0.364	چسبندگی، زاویه اصطکاک داخلی
$FC=0.135d+87.23$	FC	d	0.005	درصد مواد ریزدانه، عمق
$\gamma_b=0.012d+1.749$	γ_d	d	0.344	وزن واحد حجم طبیعی، عمق
$\gamma_d = 0.005d + 1.516$	γ_d	d	0.114	وزن واحد حجم خشک، عمق
$\omega=0.346d+14.85$	γ_d	d	0.227	رصد رطوبت، عمق
$PI=0.163d+12.47$	PI	d	0.039	شاخص پلاستیسیته، عمق
$LL=0.201d+32.49$	LL	d	0.035	حد روانی، عمق
$N=0.219d+21.87$	N	d	0.032	عدد نفوذ استاندارد، عمق
$\Phi = 14.87 - 0.127d$	ω	d	0.02	زاویه اصطکاک داخلی، عمق
$C=0.003d+0.349$	C	d	0.062	چسبندگی، عمق
$Cc=0.006d+0.169$	CC	d	0.055	نشانه تحکیم، عمق

بین پارامترهای مختلف معادلات مربوطه نیز استخراج و در جدول (۵) آورده شده اند.

۹- نتیجه گیری

با توجه به مدل حوضه رسوبی کرمان شکل گیری دشت رسوبی کرمان در اواخر کواترنر اتفاق افتاده است. فرآیند تشکیل آن ناشی از عملکرد توامان فعالیت های دینامیکی و ایجاد ساختمان زمین شناسی جوان و پر انرژی همراه با دوره های پر باران بین یخچالی در منطقه کرمان در طی دوره کواترنری بوده است. دشت کرمان در طول پلیستوسن که اشکوب اصلی کواترنر است به گونه یک حوضه بسته کم ژرفا دریافت کننده همه جریان های سیلابی صادره از زمین های مرتفع حواشی دشت بوده است. شواهد زمین ریخت شناسی نشان می دهند در برخی مقاطع زمانی، شرایط محیط های تبخیری و دریاچه ای فصلی نیز حاکم بوده و ذرات ریزدانه وارد محیط کم ژرفای

دریاچه ای شده و در آب معلق می شده اند تا بتدریج رسوب کنند. نتایج حاصل از روش های مختلف در ارزیابی عمق سنگ کف نشان دهنده تغییرات ضخامت آبرفت در دشت کرمان و در زیر پهنه شهر کرمان می باشند. ضخامت آبرفت در دشت کرمان به حداکثر ۳۵۰ متر و در محدوده شهر کرمان بین ۳۰ تا ۳۵۰ متر بر آورد شده است. این تغییرات نشات گرفته از مدل رسوبی و تاریخچه زمین شناسی آن می باشد. تنش های فشاری و پالس های شدید تکتونیکی اعمال شده به حوضه کرمان از نئوژن تا به امروز موجب فعال کردن و یا ایجاد گسل های بزرگ و کوچک در آن ناحیه شده است که فعالیت این گسل ها موجب جابجایی، شکستگی، ایجاد فرورفتگی یا بالا آمدگی در سنگ کف شده است.

در محدوده شهر رسوبات ریزدانه هستند و عمدتاً در دو گروه CL و CL-ML قرار می گیرند. کانی های تشکیل دهنده این رسوبات شامل ایلیت، کلریت، اسمکتیت می باشد. این رسوبات تا عمق حدود سی متر که با حفر گمانه های ژئوتکنیکی مورد بررسی

Department of Civil and Environmental Engineering, 598 pages.

Hirata, S., Yao, S., Nishida, K., 1990. Multiple regression analysis between the mechanical and physical properties of cohesive soils. *Soils and Foundations*, 30: 91-108.

Jaksa, M. B., 1993. A database of geotechnical properties of Adelaid's Keswick and Hindmarsh Clay. Department of Civil Engineering and Environmental Engineering, University of Adelaide.

Kadjar, M.H., Nazemzadeh, M., Azizan, H., Rowshanravan, J., 1996. The history of Kerman basin during the neogene and quaternary. Geological Survey of Iran, Regional Center for S.E. Iran (Kerman), 74 Pages.

Kamaluddin M., 1999. Intrinsic compressibility, strength properties and some strength models for Dhaka clay. Journal of Civil Engineering, The Institution of Engineers, Bangladesh. Vol. 27(2): 155-173.

Lamas, F., Irigaray C., Chacon, J., 2002. Geotechnical characterization of carbonate marls for the construction of impermeable dam cores. *Engineering Geology*, 66:283-294.

Lerouil, S., Vaughan, P.R., 1990. The important and congruent effects of structure in natural soil and weak rocks. *Geotechnique*, 3: 467-488.

Masin, D., 2006. Hypoplastic models for fine-grained soils Charles university. Prague institute of hydrogeology, engineering geology and applied geophysics. Thesis for degree of doctor of philosophy. Charles University, Prague, Institute of Hydrogeology, *Engineering Geology and Applied Geophysics*, 150 pages.

Miao, L., Yin Z., 1999. Shear strength of unsaturated soils. *rock and soil mechanics*, 20:1-6.

Pfleiderer, S., Hofmann, T., Auer, J., 2005. Geological interpretation of geotechnical properties of sediments in Vienna basin. *Geophysical Research Abstracts*, 7: 04537.

Tekinsoy, M. A., Taskiran, T., Kayadelen, C., 2009. One dimensional non-linear consolidation of unsaturated fine grained soils. *World Applied Sciences Journal*, 6: 1388-1398.

قرار گرفته اند بدون تغییر محسوسی وجود دارد. بنابراین خاک های گستره شهر کرمان به لحاظ جنس و نوع تا عمق ۳۰ متری دارای همگنی و یکنواختی بالایی می باشند. لذا این احتمال وجود دارد که رسوبات زیرپهنه شهر کرمان در یک دوره نسبتاً کوتاه و در یک شرایط ویژه آب و هوایی نهشته شده باشند.

مراجع

حیدری، م، ۱۳۸۰. بررسی ارتباط خصوصیات مکانیکی و ساختار خاکهای ریزدانه جنوب تهران. پایان نامه دکتری زمین شناسی مهندسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۱۰ صفحه.

عباس نژاد، ا، ۱۳۸۳. حفره‌ی فروکش کارستی در اختیارآباد- شمال باختری کرمان. نشریه‌ی علوم زمین. بهار و تابستان ۱۳۸۳، سال یازدهم شماره ۱، ص ۳۵-۲۸.

علمدار، م، ۱۳۶۴. گزارش مطالعات منابع آب دشت کرمان-باغین. وزارت نیرو، شرکت سهامی آب منطقه ای کرمان، ۲۰۰ صفحه.

مجدی، ص.، موسوی حرمی، ر.، محمودی قرائی، م.، محبوبی، ا.، علیزاده کتک لاهیجانی، ح، ۱۳۹۰. کانی شناسی رس های موجود در رسوبات فلات قاره دریای عمان ناحیه چابهار و ارتباط آن با برخاستگاه رسوبات. مجله علمی پژوهشی اقیانوس شناسی، سال دوم، شماره ۸.

Amirsoleymani, T., 1994. Deposition and behavior of partially saturated silt. 1st International Symposium on Engineering Characteristics of Arid Soils, London, pp.207-214.

Baranski, M., 2008. Engineering-geological properties of normally consolidated tills from Vilnius. Plock area. *Geologija*, 50: 40-48.

Beckett, P.H.T., 1958. The soils of Kerman. South Persia, Department of Agricultural University of Oxford, *Journal of Soil Science*, 9 (1): 20-32.

Bell, F. G., 1994. The Speeton clay of North Yorkshire, England: an investigation of its geotechnical properties", *Engineering Geology*, 36: 257-266.

Bennet, R. H., Curry C. W., Faas R. W., 2004. Statistical database generation and geotechnical mine burial prediction maps for coastal shallow water fine-grained sediments. *PI Seaprobe, Inc.*, 1-9.

Ehrmann, W., Setti, M., Marinoni, L., 2005. Clay minerals in Cenozoic sediments of Cape Roberts (McMurdo Sound, Antarctica) reveal the paleoclimatic history Palaeogeography, palaeoclimatology, *Palaeoecology*, 229: 187- 211.

Fredlund, D. G., Xing, A., Fredlund, M. D., Barbour, S. L., 1996. Relationship of the unsaturated soil shear strength to the soil-water characteristic curve", *Canadian Geotechnical Journal*, 33: 440-448.

Gaspree, A., 2005. Advanced laboratory characterization of London clay, Thesis for degree of doctor of philosophy. university of London (Imperial College London) ,