مطالعه موردی بررسی و پهنه بندی ظرفیت باربری زمین در منطقه جنوب باختری کاسپین (آستارا)

محمد حسن کرمی[۱]، فریدون رضائی[۲]، محسن جمشیدی[۳]

۱- استادیاردانشکده فنی و مهندسی دانشگاه شاهد

۲-استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

۳- کارشناسی ارشد ژئو تکنیک، دانشگاه شاهد

Mkarami@shahed.ac.ir

Mohsenjam_20@yahoo.com

خلاصه

شناسائی و مطالعه کامل خاک محل و ویژگیهای مهندسی ساختگاه و اطمینان از ظرفیت باربری کافی آن قبل از احداث پروژه، امری ضروری می باشد. اگر خاک محل ظرفیت کافی برای تحمل بارهای نا شی از سازه را نداشته باشد ، بایستی به روشهای گوناگون و مناسب، شرایط و ویژگیهای مهندسی زمین موجود را، به خصوصیاتی مطلوب بلحاظ فنی و مهندسی تبدیل نمود . در این تحقیق، با بهره گیری از نتایج بدست آمده از آزمونهای آزمایشگاهی و صحرایی مطالعه خاک، اجرا شده در بخشهای مختلف منطقه جنوب باختری کاسپین (آستارا)، پارامترهای مختلف فیزیکی و ژئوتکنیکی خاکهای این منطقه جمع آوری، بررسی، تحلیل ومقایسه شده است. ضمن ارائه نمودار تغییرات مقدار Ø بر حسب عدد نفوذ استاندارد N_{SPT} برای خاکهای ماسه ای بد دانه بندی شده (SP)، و ماسه لای د ار (SM) در عمق ۳ تا ۵ متری در شرایط یکسان، ظرفیت باربری مجاز خاکهای منطقه، بر مبنای اطلاعات و پارامترهای اخذ شده و با بکارگیری روابط Hanssen (1970) و Meyerhof (1967)، و اعمال ضریب اطمینان ۳، برای انواع پی های سطحی مربعی، دایره ای و نواری، بر اساس عدد نفوذ ا ستاندارد، محاسبه شده است. نتایج این محاسبات بصورت طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس "مقدار ظرفیت باربری مجاز بعنوان شاخص مرغوبیت"، برای انواعی از خاکهای بسیار ضعیف، ضعیف، متوسط، خوب و بسیار خوب در منطقه تعیین و ارائه شده است. نتایج نهائی این بخش از مطالعات، بصورت "نقشه های پهنه بندی بارویکرد شناخت ظرفیت باربری مجاز و وجود احتمالی خاکهای مسئله دار در منطقه آستارا" با استفاده از نمودارهای سه بعدی توسط نرم افزار Surfer تهیه و ارائه گردیده است.

در پایان با الهام از روابط تقریبی ارائه شده از سوی Hatanaka & Uchida (1996) و بر اساس اطلاعات موجود، روابط همبستگی تقریبی بین عدد نفوذ استاندارد N_{SPT}، زاویه اصطکاک داخلی ماسه Ø، و چسبندگی برای انواع خاکهای موجود در منطقه از قبیل : خاک ماسه ای بد دانه بندی شده (SP)، خاک ماسه ای لای دار (SM)، خاک ماسه ای لای دار با چسبندگی (C)کم، ارائه شده است.

کلمات کلیدی: نقشه پهنه بندی، آزمایش نفوذ استاندارد، ظرفیت باربری

۱. مقدمه

با توجه به مشکلات بوجود آمده اخیر در رابطه با ظرفیت باربری خاکها و تخریب ساختمانها در برخی نواحی منطقه بر اثر بارندگی زیاد و سیل، داشتن اطلاعات کافی در رابطه با خا کهای محل، می تواند منجر به شناسایی و در صورت نیاز بهسازی خاکها و جلوگیری از خسارتهای جانی و مالی در آینده شود. با شناسایی عوامل مختلف کاهش مقاومت در زمین های مسئله دار، می توان بهترین روش برای بهبود خواص خاک ، افزایش مقاومت آن و پیش بینی مخاطرات احتمالی ناشی از آنرا انجام داد. اما پیش از هر چیز لازم است تا زمین های مستعد این پدیده با توجه به مطالعات صحرائی، و در صورت نیاز انجام آزمایشات شاخص، شناسایی گردد . در این تحقیق سعی بر آن است تا متناسب با اطلاعات موجود و وضعیت زمین شناسی، ظرفیت باربری خاک برای انواع پی های سطحی مربعی، دایره ای، نواری و گسترده بر اساس عدد نفوذ استاندارد محاسبه، و نتایج آن بصورت نقشه های پهنه بندی ارائه شود. برای انجام اینکار، از آزمایش SPT برای تخمین وزن مخصوص (Y)، دانسیته نسبی (D_r)، زاویه اصطکاک داخلی (Ø)، و مقاومت فشاری زهکشی نشده (q_u) استفاده می شود. در این تحقیق برای ترسیم نقشه های پهنه بندی، از محیط نرم افزار سه بعدی و دو بعدی SURFER استفاده شده است.

---

[۱] استادیار و عضو هیئت علمی دانشکده فنی دانشگاه شاهد

[۲] استادیار پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور

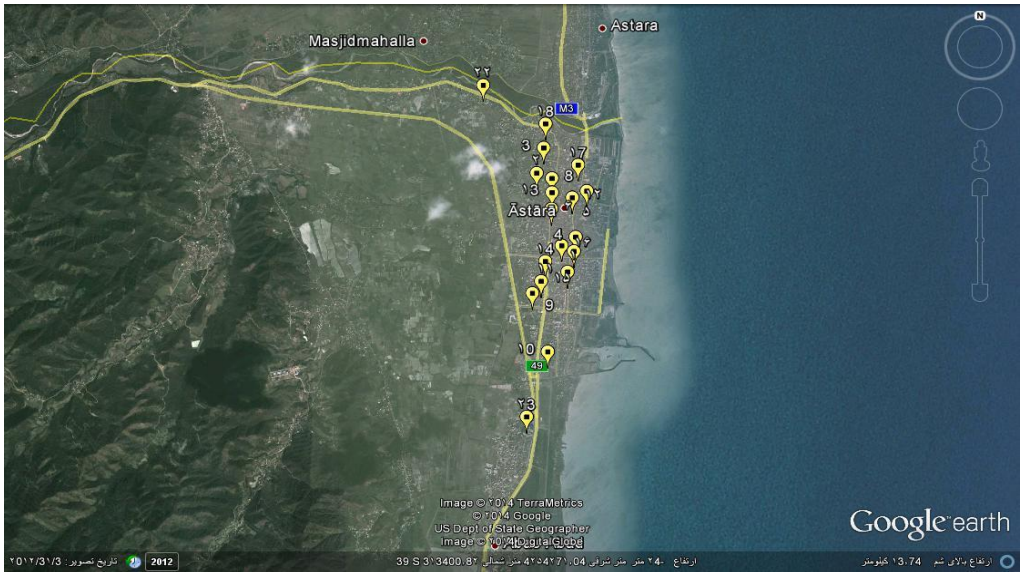
[۳] مدرس موسسه غیر انتفاعی غیاث الدین جمشید کاشانی و عضو نظام مهندسی استان البرز

۲. موقعیت شهرستان آستارا

شهرستان آستارا در شمال غربی استان گیلان و بین طول جغرافیائی 48.3^{o} تا 49^{o} و عرض جغرافیائی 38^{o} تا 38.5^{o} واقع شده است. این شهرستان، واقع بین کوههای پوشیده از جنگل تالش و ساحل نیلگون دریای خزر ،از شمال به رودخانه «آستارا چای» در مرز ایران و جمهوری آذربایجان،از شرق به دریای خزر، از جنوب به شهرستان تالش و از غرب به استان اردبیل محدود می شود . با مساحتی معادل ۳۸۵/۳۳۴ کیلومتر مربع، دارای ۲ بخش به نامهای لوندیل و مرکزی و ۴ دهستان با نام های ویرمونی، حیران، لوندویل و چلوند می باشد . دارای ۷۲ آبادی و ۲ شهر به نامهای شهر آستار ا به عنوان مرکز شهرستان و شهر لوندویل می باشد.

۳. موقعیت گمانه ها در منطقه

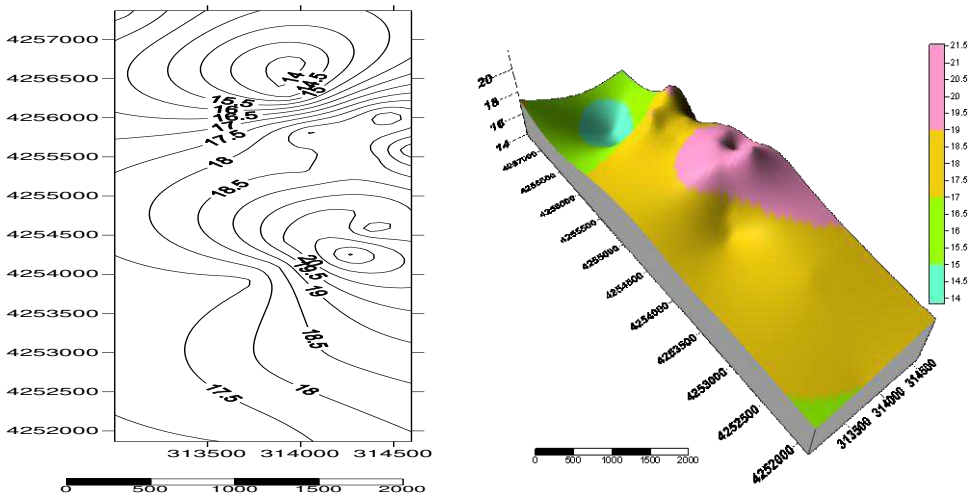
موقعیت تمامی گمانه هایی که از اطلاعات آنها در این تحقیق استفاده شده، با استفاده از نرم افزار Google Earth در منطقه جانمایی شده و در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- جانمایی گمانه ها در Google earth

۴. وزن مخصوص خاک در نواحی مختلف منطقه

وزن مخصوص خاکهای موجود در منطقه در اعماق ۲ الی ۳ متری با محدوده تغییراتی از حدود ۱۴ تا حدود ۲۲ کیلو نیوتن بر مترمکعب و بکمک نرم افزار surfer بصورت سه بعدی ترسیم و در شکل ۲ ارائه شده است.



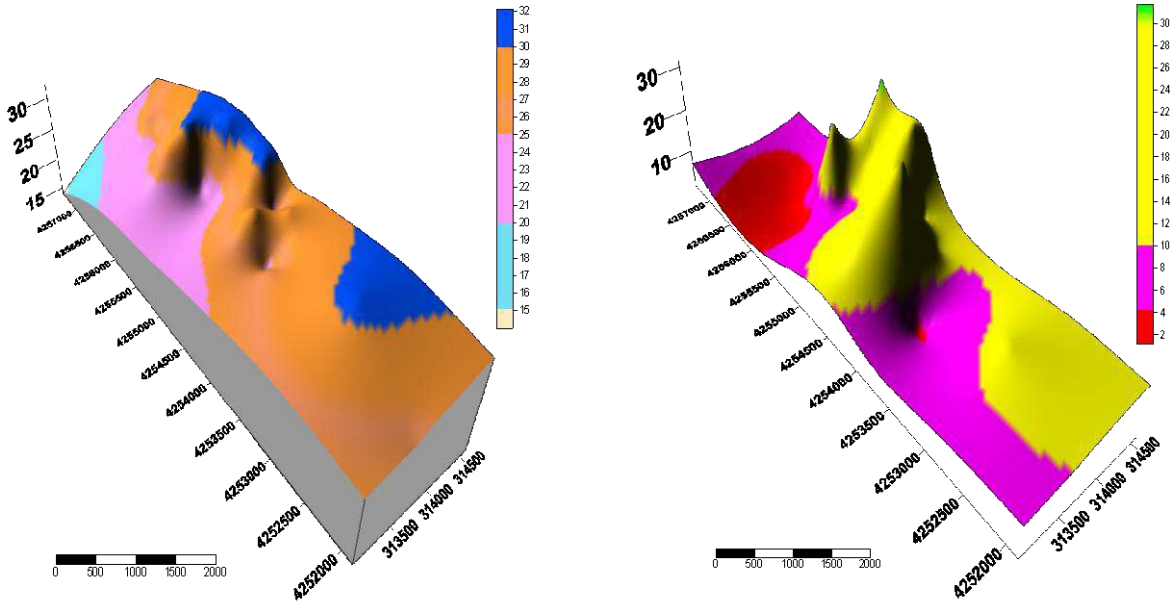
شکل ب

شکل الف

شکل ۲- منحنی های سه بعدی (شکل الف) و دوبعدی (شکل ب) وزن مخصوص خاک

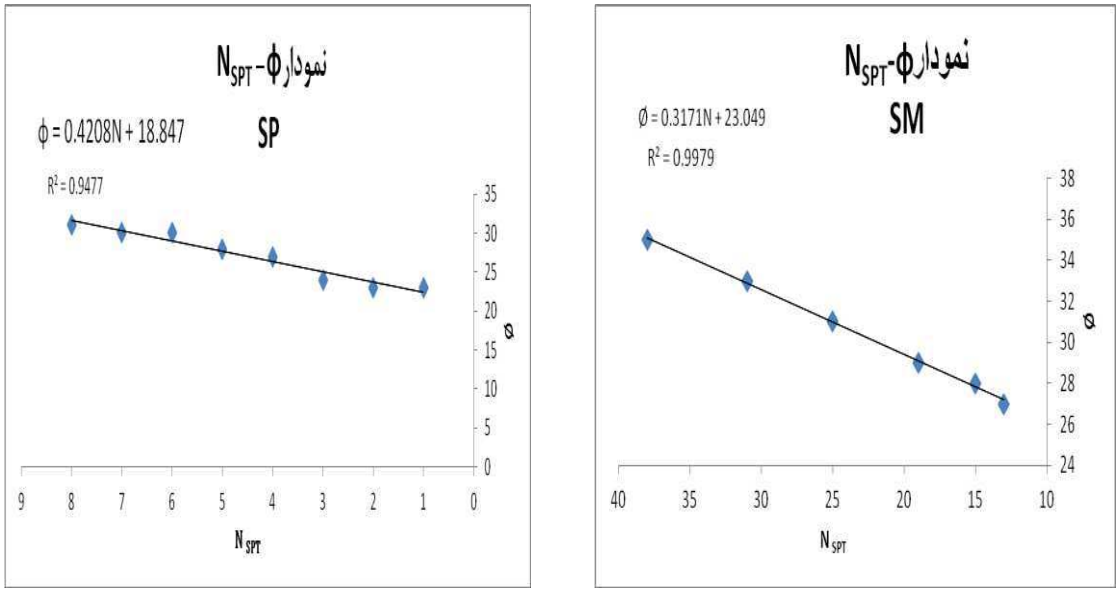
۵. ترسیم نمودار تغییرات Ø و N_{SPT}

با توجه به مقدار عدد نفوذ استاندارد و زاویه اصطکاک داخلی خاک، نمودارهای سه بعدی نشاندهنده تغییرات مقدار Ø در گستره منطقه مطالعه در مقایسه با تغییرات N_{SPT} (عدد نفوذ استاندار)در منطقه در شکل ۳، و تغییرات مقدار Ø بر حسب تغییرات N_{SPT} برای خاکهای SP (ماسه بد دانه بندی شده) و SM (ماسه لای دار) در عمقهای ۳ تا ۵ متری در شرایط یکسان در شکل۴ ترسیم و ارائه شده است.



شکل ب شکل الف

شکل۳- منحنی های سه بعدی نشاندهنده تغییرات عدد نفوذ استاندارد (شکل الف) و زاویه اصطکاک داخلی خاک (شکل ب)



شکل۴- نمودار تغییرات مقدار Ø بر حسب N_{SPT} (عدد نفوذ استاندارد) برای خاک SM (ماسه لای دار) و خاک SP (ماسه بد دانه بندی شده) در عمق ۳ تا ۵ متری

۶. روشهای مختلف محاسبه ظرفیت باربری

ظرفیت باربری مجاز پی ها با اعمال ضریب اطمینان لازم بر ظرفیت باربری نهایی پی ها، که بنوبه خود با استفاده از پارامترهای مقاومت برشی برای پی های سطحی و از روابط ارائه شده توسط محققین ارزیابی می گردد، تعیین میشود[2]. از زمان ترزاقی به بعد محققین مختلفی از قبیل مایرهوف [1] (۱۹۵۱)، لانگرن و مورتنسن [2] (۱۹۵۳)، بالا [3] (۱۹۶۲)، هانسن [4] (۱۹۷۰)، وسیک [5] و..... در زمینه ظرفیت باربری خاک تحقیق نموده اند . بررسی راه حلهای مختلف نشان می دهد که ضرایب باربری Nc و Nq خیلی تغییر نمی کند . لیکن برای یک مقدار زاویه اصطکاک Ø یکسان، N_γ به دست آمده توسط محققین مختلف در یک محدوده وسیعی تغییر می کند. این مسئله ناشی از تغییرات در مفروضات هندسه گوه خاک واقع در زیر شالوده است [2].

۶-۱. محاسبه ظرفیت باربری خاک به روش هانسن

جهت تعیین و برآورد مقاومت مجاز خاک طبیعی منطقه مورد مطالعه ، عوامل گسیختگی برشی و نشست شالوده ها تواما مورد بررسی قرار گرفته اند . در این محاسبات گسیختگی برشی خاک با روش هانسن(۱۹۷۰) بر اساس رابطه ذیل محاسبه شده است.

$$q_u = C\,N_c\,S_c\,d_c\,i_c\,g_c\,b_c + q\,N_q\,S_q\,d_q\,i_q\,g_q\,b_q + 0.5\,B\,\gamma\,N_\gamma\,S_\gamma\,d_\gamma\,i_\gamma\,g_\gamma\,b_\gamma \qquad (۱)$$

پارامترهای مختلف این رابطه در جدول ۱ ارائه شده است

جدول ۱- پارامترهای محاسبه ظرفیت باربری به روش هانسن

S_c و S_q و S_γ = ضرایب شکل	d_c و d_q و d_γ = ضرایب عمق	i_c و i_q و i_γ = ضرایب شیب بار
g_c و g_q و g_γ = ضرایب شیب زمین (زمین شیب دار)	b_c و b_q و b_γ = ضرایب شیب کف پی (پی زاویه دار)	B= عرض پی

۶-۲. محاسبه ظرفیت باربری خاک به روش مایرهوف

رابطه ارائه شده توسط ترزاقی مقدار ظرفیت باربری شالوده را فقط برای بارهای قائم بدست میدهد . برای در نظر گرفتن تمامی بارهای قائم و مایل، مایرهوف (۱۹۶۳) رابطه ظرفیت باربری را در حالت نهایی به صورت ذیل ارائه نمود [4] .

$$q_u = C\,N_c\,S_c\,d_c + q\,N_q\,S_q\,d_q + 0.5\,B\,\gamma\,N_\gamma\,S_\gamma\,d_\gamma \qquad (۲)$$ بار های قائم

$$q_u = C\,N_c\,d_c\,i_c + q\,N_q\,d_q\,i_q + 0.5\,B\,\gamma\,N_\gamma\,d_\gamma\,i_\gamma \qquad (۳)$$ بار های مایل

پارامترهای مختلف در رابطه های (۲) و (۳) در جدول ۲ ارائه شده است

جدول۲- پارامترهای محاسبه ظرفیت باربری به روش مایرهوف

S_c و S_q و S_γ = ضرایب شکل	d_c و d_q و d_γ = ضرایب عمق	i_c و i_q و i_γ = ضرایب بار

[1] - Meyerhof
[2] - Lundgren and mortensen
[3] - Balla
[4] - Hansen
[5] - Vesic

۷. ظرفیت باربری در نقاط مختلف

ظرفیت باربری مجاز نواحی مختلف منطقه با استفاده از دو روش هانسن و مایرهوف ، و اعمال ضریب اطمینان ۳، محاسبه شده و در جدول ۳ ارائه شده است. در محاسبه ظرفیت باربری ، پی به ضخامت ۱ متر، تراز زیر پی به مقدار ۱ متر، عرض پی به مقدار ۱ متر (در پی های مربعی و نواری) و قطر پی به مقدار ۱ متر (در پی های دایره ای) در نظر گرفته شده است.

جدول ۳- مقادیر ظرفیت باربری انواع پی با مشخصات مختلف در هر نقطه

ردیف	مختصات (متر شرقی)	مختصات (متر شمالی)	ضخامت پی=۱متر، تراز زیرپی=۱متر، عرض پی=۱متر، قطر پی=۱متر		
			روش هانسن		روش مایرهوف
			پی نواری kg/cm^2	پی مربع و دایره kg/cm^2	پی نواری، مربع و دایره kg/cm^2
۱	314375.71	4254587.74	3.27	4.17	4.174
۲	313815.53	4255893.09	4.06	5.36	5.4399
۳	313932.47	4256309.63	2.27	2.98	2.9954
۴	314407.36	4254823.58	4.51	6.01	6.2304
۵	314595.49	4255582.47	6.8	8.75	9.1854
۶	314036.1	4255295.42	2.56	3.2	3.1974
۷	313007.92	4247101.89	3.79	5.07	5.1131
۸	314052.9	4255801.49	6.48	8.52	8.8378
۹	313712.24	4253903.85	2.53	3.37	3.1478
۱۰	313936.33	4252932.23	5.22	7.22	7.4929
۱۱	314270.55	4254248.42	6.07	7.81	7.9943
۱۲	314366.14	4255476.87	7.41	9.55	10.0159
۱۳	314051.11	4255566.81	2.54	3.18	3.1801
۱۴	313924.55	4254427.29	6.28	8.06	8.294
۱۵	313853.6	4254100.41	2.76	3.61	3.6145
۱۶	314185.03	4254684.36	4.1	5.53	5.5867
۱۷	314466.66	4256015.96	2.66	8.47	8.789
۱۸	313969.58	4256709.93	1.27	1.7	1.7298
۱۹	313892.34	4243392.38	2.56	3.37	3.404

۲۰	314053.46	4175497.18	55.07	70.27	95.9492
۲۱	316175.78	4185204.32	5	6.4	6.5444
۲۲	313001.91	4257367.09	0.69	0.84	0.9346
۲۳	313587.78	4251863.53	3.31	4.2	4.2138
۲۴	316261.08	4203665.99	7.99	10.65	12.007
۲۵	316831.35	4182015.91	1.86	2.3	2.3049

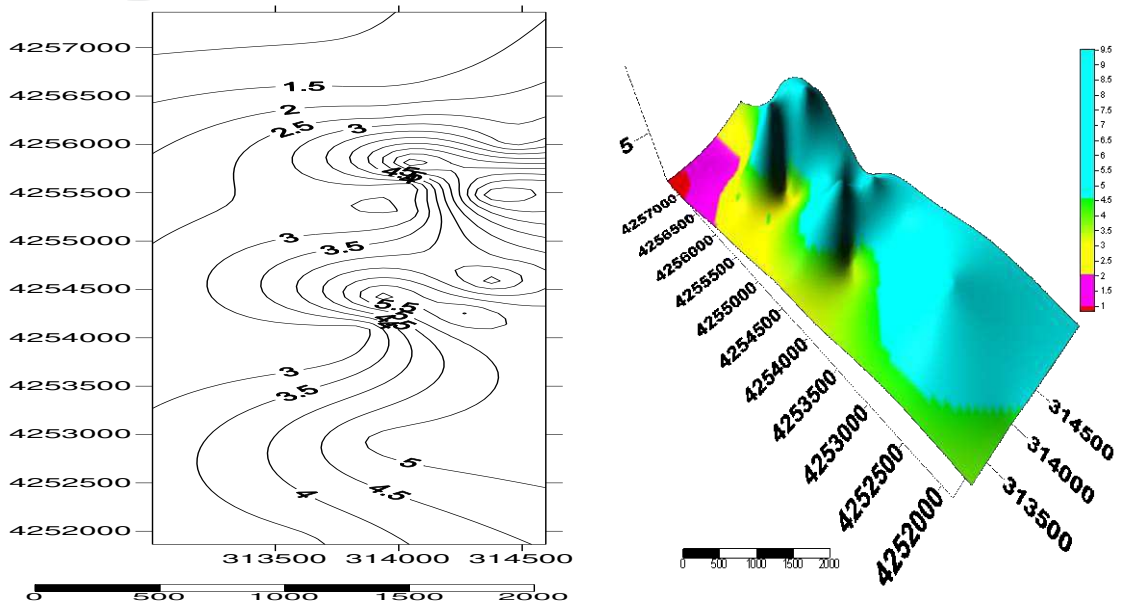
۸. طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس مقدار ظرفیت باربری

با توجه به محدوده اعداد محاسبه شده در جدول ۳، طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس ارزیابی مقدار ظرفیت باربری خاک برای پی های منفرد به شرح جدول ۴ در نظر گرفته شده است.

جدول ۴- طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس مقدار ظرفیت باربری

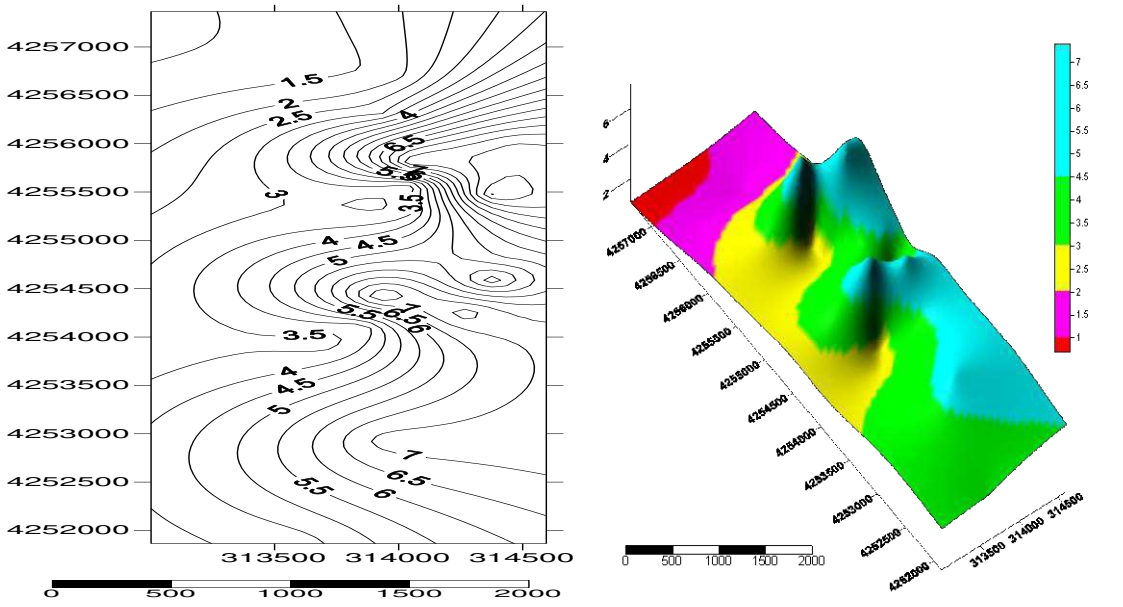
بسیار خوب	$q_a \geq 4.5kg/cm^2$
خوب	$3.0 \leq q_a < 4.5kg/cm^2$
متوسط	$2.0 \leq q_a < 3.0kg/cm^2$
ضعیف	$1.0 \leq q_a < 2.0kg/cm^2$
بسیار ضعیف	$q_a < 1.0kg/cm^2$

نتایج اخذ شده برای مقادیر مختلف ظرفیت باربری مجاز خاک منطقه، بر مبنای طبقه بندی مرغوبیت خاک در جدول ۴، بکمک منحنی های سه بعدی و منحنی میزان های دو بعدی برای پی های مربع و دایره ای (با عرض و قطر یک متر) از روش هانسن در شکل ۵، برای پی نواری بعرض یک متر از روش هانسن در شکل ۶، و برای پی های مربعی، دایره ای و نواری با همان ابعاد ولی از روش مایرهوف در شکل ۷ ارائه شده اند. در کلیه موارد ذکر شده ضخامت شالوده و عمق تراز کف شالوده معادل یک متر فرض شده اند.



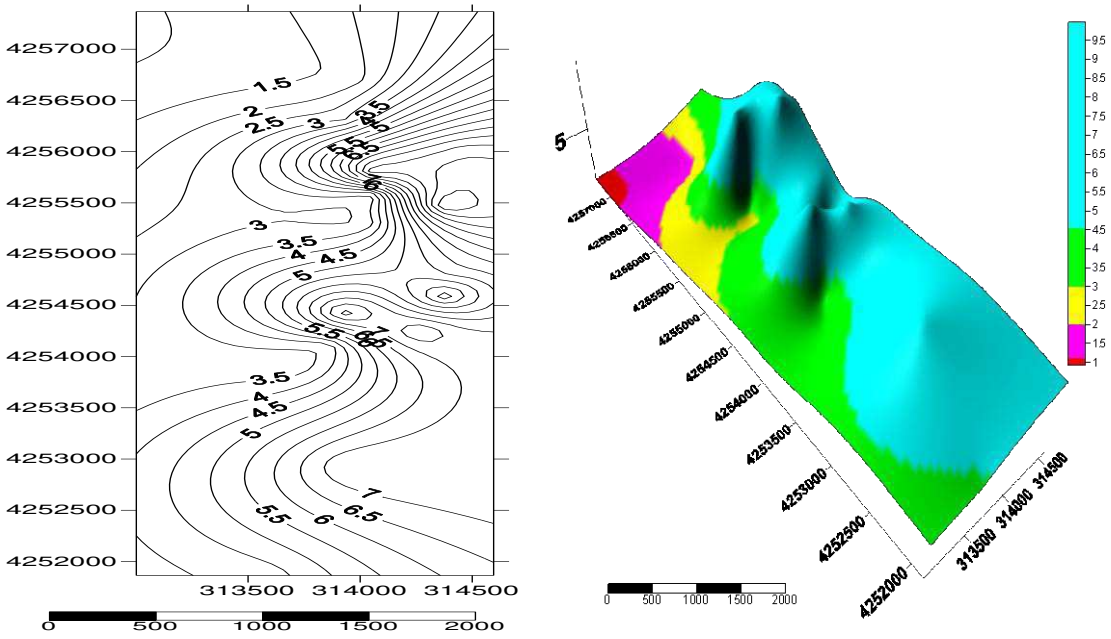
شکل (الف) شکل (ب)

شکل ۵ – منحنی های سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب) طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس ظرفیت باربری به روش هانسن برای پی های مربع با ابعاد یک متر، پی دایره ای به قطر یک متر، ضخامت پی به اندازه یک متر، تراز زیر پی در عمق یک متری از سطح زمین



شکل (الف) شکل (ب)

شکل ۶- منحنی های سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب) طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس ظرفیت باربری به روش هانسن برای پی های نواری با ابعاد یک متر، ضخامت پی به اندازه یک متر، تراز زیر پی در عمق یک متری از سطح زمین



شکل (الف) شکل (ب)

شکل ۷- منحنی های سه بعدی (الف) و دو بعدی (ب) طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس ظرفیت باربری به روش مایرهوف برای پی های مربع با ابعاد یک متر،پی نواری به عرض یک متر، پی دایره ای به قطر یک متر، ضخامت پی به اندازه یک متر، تراز زیر پی در عمق یک متری از سطح زمین

۹. روابط تقریبی بین N_{SPT} و Ø

با الهام از روابط تقریبی ارائه شده از سوی Hatanaxa & Uchida (1996) و بر اساس اطلاعات موجود، رابطه های همبستگی تقریبی بین عدد نفوذ استاندارد N_{SPT}، زاویه اصطکاک داخلی ماسه Ø، و چسبندگی C برای خاکهای مختلف در منطقه، در جدول ۵ ارائه شده است:

جدول ۵ - روابط تقریبی ارائه شده بین N_{SPT} و Ø

در ماسه بد دانه بندی شده (SP)،	$Ø = \sqrt{12\,N} + 12$
در ماسه لای دار (SM):	$Ø = \sqrt{13.5\,N} + 13.5$
در ماسه لای دار با چسبندگی کم، (C = چسبندگی)	$Ø = \sqrt{17\,N} + 17(0.8 + C)$

۱۰. نتیجه گیری

تغییرات عددی وزن مخصوص خاک منطقه آستارا از حداقل ۱۳.۸ کیلونیوتن بر متر مکعب تا حداکثر ۲۱.۶ کیلونیوتن بر متر مکعب بوده اگر چه از روی نمودار مشاهده میگردد که وزن مخصوص خاک اکثر بخشها در منطقه، بین مقدار ۱۷ تا ۲۰ کیلونیوتن بر متر مکعب می باشد . همینطور مقادیر زاویه اصطکاک داخلی خاک منطقه بین ۱۴ تا ۳۲ درجه متغییر می باشد.

طبقه بندی بر مبنای آزمون نفوذ استاندارد (مایرهوف۱۹۵۶)، و دامنه تغییرات این عدد از ۲ تا ۳۲، نشان میدهد که اکثر خاکهای منطقه از نوع ماسه متراکم بوده و در برخی نقاط ماسه سست وجود دارد. لازم بذکر می باشد که در منطقه محدودی خاک خیلی سست نیز وجود دارد.

طبقه بندی مرغوبیت خاک بر اساس ارزیابی مقدار ظرفیت باربری خاک برای پی های منفرد نشان می دهد که در این منطقه اکثر خاکهای منطقه از نوع بسیار خوب و خوب بوده و همچنین در برخی نقاط خاکهای متوسط و ضعیف مشاهده می گردد . ضمن آنکه در بخش کوچکی از منطقه خاکهای بسیار ضعیف وجود دارد.

همانگونه که مشاهده میگردد، تغییرات ظرفیت باربری مجاز پی های مربع (بعرض یک متر) و دایره ای به قطر یک متر، (هر دو با ضخامت و عمق مدفون یک متر)، برآورد شده به روش هانسن، از حداقل ۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تا حداکثر ۹.۵ کیلوگرم بر سانتی متر مربع متغیر می باشد . همچنین،

ظرفیت باربری پی های نواری بعرض یک متر (با ضخامت و عمق مدفون یک متر)، با استفاده از روش هانسن، تغییراتی از ۱ کیلوگرم بر سانتی متر مربع تا حداکثر ۷.۵ کیلو گرم بر سانتی متر مربع در گستره منطقه را نشان میدهد.

۱۱. منابع

۱ - براجام.ام.داس، ترجمه: شاپور طاحونی، اصول مهندسی ژئوتکنیک، جلد دوم، مهندسی پی

۲ - براجا ام داس، ترجمه:بلوری بزاز، جعفر، پی های سطحی باربری و نشست، عضو هئیت علمی دانشگاه فردوسی مشهد، زمستان ۱۳۸۵

۳ - رضائی، فریدون، رفتار ژئوتکنیکی پهنه آبرفتی تهران در برابر جنبش لرزه ای احتمالی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ص.پ۱۳۱۸۵-۱۴۹۴ تهران، ایران

۴ - اطیابی، اردشیر(۱۳۸۵)- تحلیل و طراحی پی(جلد اول)-انتشارات جویبار

5- Braja M. Das, “Principles of foundation engineering”, 7th edition, 2010