



Numerical Modeling and Stability Analysis of Shallow Foundations Located Near Slopes (Case Study: Phase 8 Gas Flare Foundations of South Pars Gas Complex)

M. Azarafza^{*1}, E. Asghari Kaljie² & M. R. Moshrefyfar¹

1) Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Yazd, Iran, m.azarafza.geotech@gmail.com

2) Department Faculty of Natural Science. University of Tabriz, Iran

*) Correspondence Author

Received: 18 Apr. 2014; revised: 10Agu. 2014; accepted: 10Sep. 2014; available online: 21Nov. 2015

Abstract

Nowadays for many reasons, including geological structures governing on the project site, the foundation near of the rock slope and embankment are constructed. The analysis of this type foundation, the slope effect on found is non-negligible and will be cause changes on failure system. Generally, conditions governing on slope (such as position, body masses, physical and mechanical properties, strength parameters and etc.) and the the foundation conditions (foundation type, material, spacing of the slope, the weight on the foundation, found deviation, Angularity of foundation and etc.) play an important role in the foundation stability analysis. In this study, we attempted to numerical modeling of Phase 8 Gas flare foundation of South Pars Gas Complex is located near slope by the finite difference method (FDM) using Flac2D software. The aim of this study, evaluating and analyzing the probable failure mechanism. Finally, Gas flare stability based on the results of the modeling is controlled.

Key words: Numerical Modeling, Gas Flare, Bearing capacity, Geotechnics, South Pas Gas Complex



مدل سازی عددی و تحلیل پایداری پی های سطحی در نزدیک شیب ها (مطالعه موردی: پی فلرگاز فاز ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی)

ممد آذرافزا^{۱*}، ابراهیم اصغری کلجاهی^۲ و ممدرضا مشرفی فرا

۱) گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه یزد، m.azarafza.geotech@gmail.com
moshrefy@yazd.ac.ir

۲) گروه زمین شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، e-asghari@tabrizu.ac.ir
(* عهده دار مکاتبات)

دریافت: ۹۳/۱/۳۱؛ دریافت اصلاح شده: ۹۳/۵/۲۰؛ پذیرش: ۹۳/۶/۲۰؛ قابل دسترس در تارنما: ۹۴/۸/۳۰

چکیده

امروزه به دلایل زیادی، از جمله ساختارهای زمین شناختی حاکم بر سایت پروژه‌ها پی‌هایی نزدیک شیب‌های سنگی و بعضاً خاکی احداث می‌گردند. در تحلیل این نوع پی‌ها اثر شیب موجود غیرقابل اغماض بوده و موجب تغییر در مکانیسم گسیختگی پی می‌گردد. بطور کلی شرایط حاکم بر شیب (از جمله: موقعیت، جنس توده، خواص فیزیکی و مکانیکی، پارامترهای مقاومتی و...) و شرایط حاکم بر پی (نوع، جنس، فاصله داری از شیب، وزن سازه وارد بر پی، انحراف پی، زاویه داری پی و...) نقش مهمی در تحلیل پایداری پی دارند. در این مطالعه، اقدام به مدل سازی عددی پی فلرگاز فاز ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی که بر روی یک شیب اصلاح شده قرار گرفته، توسط روش تفاضلات محدود (FDM) به کمک نرم افزار Flac^{2D} می‌گردد. هدف از این مدل سازی، تعیین و تحلیل سطح گسیختگی احتمالی و مکانیسم آن می‌باشد. در نهایت، اقدام به کنترل پایداری پی فلر مورد نظر بر پایه نتایج حاصل از مدل سازی می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: مدل سازی عددی، فلرگاز، ظرفیت باربری، ژئوتکنیک، مجتمع گاز پارس جنوبی.

۱- مقدمه

خاصی را برای طراحی برای هر نوع سازه‌ای ارائه گردیده است. که مهندس ژئوتکنیک یا طراح باید در طراحی و بررسی خود موارد بیان شده را مدنظر قرار دهند. در طراحی پی‌ها باید تمامی وضعیت‌ها برای طراحی باید در نظر گرفته شود. برای بررسی ظرفیت باربری پی‌ها تئوری‌های گوناگونی ارائه شده و مورد استفاده قرار می‌گیرد که در برگزیده حالات مختلفی در طراحی پی

پی‌های سطحی باید بگونه‌ای طراحی شوند که سازه‌های متکی بر آنها بتوانند کارایی پیش بینی شده در طول عمر مفید خود را حفظ کنند. بدین منظور طراحی پی باید بنحوی انجام پذیرد که سطح ایمنی مورد نظر برای سازه و نیز قابلیت بهره‌دهی آن را تحت اثر بارگذاری‌های مورد انتظار تامین کند. آیین‌نامه‌های مختلف اصول

جهت محاسبه ظرفیت باربری پی های سطحی وجود دارد. در بیشتر این تئوری ها سطح گسیختگی ایجاد می شود بصورت گسیختگی برش کلی تعریف می گردد (Das 2007). در تصویر (۱) گسیختگی برشی در باربری نهایی یک شالوده سطحی طبق تئوری ترزاقی نشان داده شده است.

Meyerhof (1975) یک رابطه تجربی را برای محاسبه ظرفیت باربری پی های سطحی صلب قرار گرفته در بالای شیب ها ارائه نمود. رابطه تئوری Meyerhof برای محاسبه ظرفیت باربری نهایی را می توان حاصل تغییراتی در تئوری Terzaghi (1943) برای محاسبه ظرفیت باربری پی ها در زمین مسطح دانست. رابطه ارائه شده توسط Meyerhof در رابطه (۴) ارائه شده است. او یک راه حل برای تحلیل پایداری پی های سطحی صلب قرار گرفته در بالای شیب ها ارائه نمود (تصویر ۲).

$$q_{u.slope} = C' N_{cq} + \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q} \quad \text{رابطه (۴)}$$

در رابطه فوق، $q_{u.slope}$ برابر ظرفیت باربری پی نزدیک دامنه، عرض پی و ثابت های مایر هوف معرفی می شوند. ایشان برای محاسبه مقادیر ثابت های مایر هوف نمودارهای خاصی ارائه نمودند است (Wing 2005).

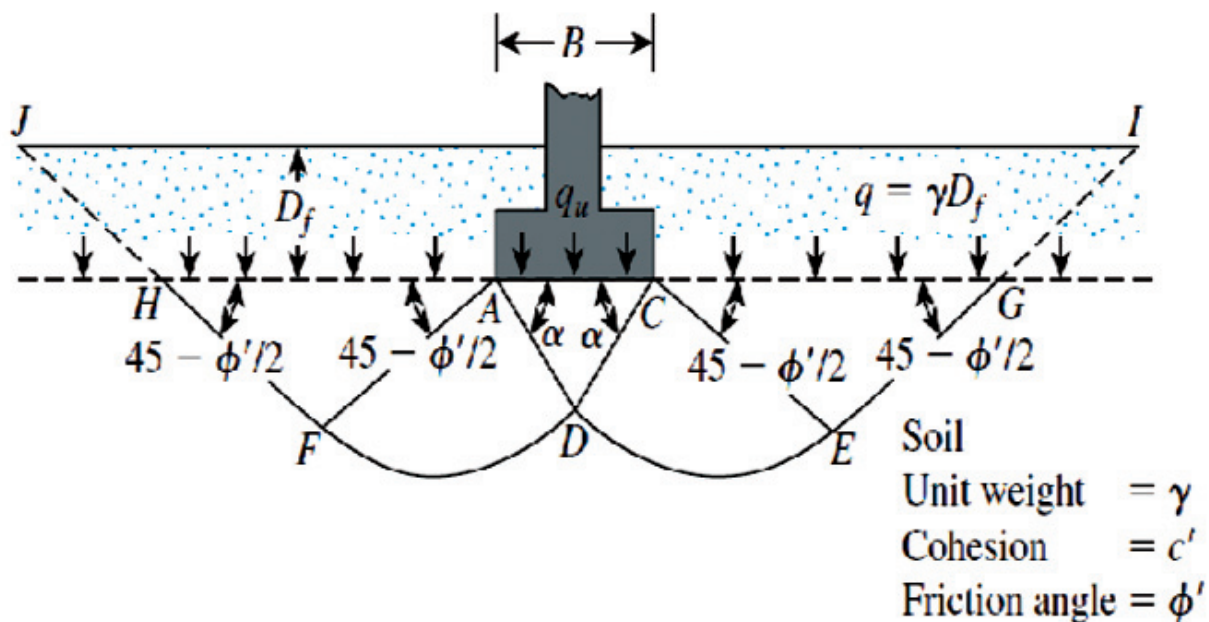
می باشند و دارای مرفوضات خاص می باشند که برای هر یک از نوع خاص طراحی پی کاربرد دارند (آذرافزا ۱۳۹۲). با توجه به تعداد زیادی از پارامترهای مورد نیاز در ارزیابی ظرفیت باربری نهایی برای پی های سطحی، برخی از نظریه های دارای محدودیت حذف گردیده اند. از محققینی که اقدام به ارائه نظریه جهت تحلیل ظرفیت باربری نهایی برای پی های سطحی ارائه داده اند، می توان به: Hansen (1970); Meyerhof (1957); Terzaghi (1943); Vesic (1973); Shiao et al. (2006); Mitchell (1993); اشاره نمود (Castelli & Motta 2010). در زیر روابط تحلیل ظرفیت باربری نهایی برای پی های سطحی ارائه شده توسط محققین مختلف آورده شده است (Peters 2011).

$$q_u = 1.3 C N_c + q N_q + 0.4 B \gamma N_{\gamma} \quad \text{Terzaghi (1943)}$$

$$q_u = C N_{c c c c} S_{c c c c} d_{c c c c} i + q N_{q q q q} S_{q q q q} d_{q q q q} i + 0.5 B \gamma N_{\gamma \gamma \gamma \gamma} S_{\gamma \gamma \gamma \gamma} d_{\gamma \gamma \gamma \gamma} i \quad \text{Meyerhof (1957)}$$

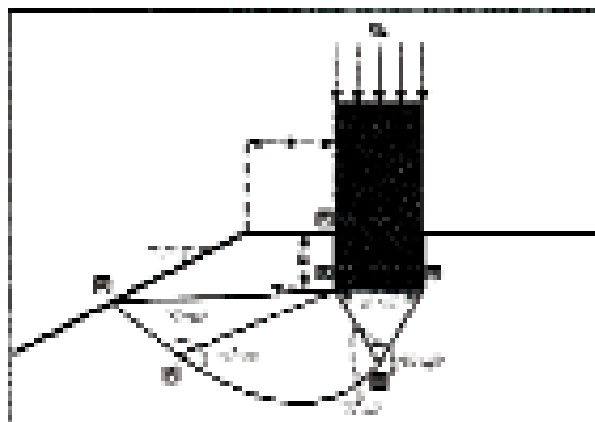
$$q_u = C N_{c c c c} S_{c c c c} d_{c c c c} i g_{c c c c} b + q N_{q q q q} S_{q q q q} d_{q q q q} i g_{q q q q} b + 0.5 B \gamma N_{\gamma \gamma \gamma \gamma} S_{\gamma \gamma \gamma \gamma} d_{\gamma \gamma \gamma \gamma} i g_{\gamma \gamma \gamma \gamma} b \quad \text{Hansen (1970) \& Vesic (1973)}$$

همانطور که بیان گردید، مشترکات زیادی بین نظریات ارائه شده



تصویر ۱- گسیختگی برشی در باربری نهایی یک شالوده سطحی طبق تئوری ترزاقی (Budhu 2010)

ساختگاه فلر ۸ از معیار شکست هوک و براون استفاده شده و در جداول (۱) و (۳) ارائه شده است.



تصویر ۲ - مکانیسم و سطح گسیختگی ارائه شده بر پایه تئوری مایهوف برای پی های نزدیک شیب (Wing 2005)

۳- مدل سازی عددی

مدل سازی و تحلیل پایداری پی های سطحی نزدیک شیب ها می تواند کاملاً یک مورد پیچیده اطلاق گردد. در این راستا بسیاری از پارامترها، شرایط و رفتارها باید در نظر گرفته شده و مناسب ترین حالت برای تعیین ظرفیت باربری لحاظ گردد. در تصویر (۳) نمایی شماتیک از مسئله پیشروی این مطالعه نشان داده شده است. هدف از این مطالعه استفاده از روش تفاضلات محدود (FDM) جهت مدل سازی شرایط حاکم بر پی فلر گاز فاز ۸ و همچنین تحلیل نتایج ظرفیت باربری نهایی این سازه تحت شرایط ذکر شده توسط نرم افزار 2D Flac (Itasca 2006) می باشد.

۲- پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ های میزبان

شناخت صحیح از توده هایی که سازه های ژئوتکنیکی در آنها یا بر روی آنها ساخته می شود، مهمترین عامل تامین پایداری و ثبات سازه بشمار می آید. عدم شناخت کافی از شرایط ژئومکانیکی و ژئوتکنیکی حاکم بر سایت پروژه مشکلات بسیاری را در حین ساخت و بعد از اتمام سازه بهمراه دارد. برای محاسبه پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ ها معیارهای مختلفی توسط محققین ارائه شده است. برای محاسبه پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ های

۳-۱- پی فلر گاز فاز ۸

سایت مورد بررسی در منطقه ویژه اقتصادی انرژی پارس، در محدوده مجتمع گاز پارس جنوبی است. محل ورودی به سایت در ناقدیس عسلویه و در ابتدای بزرگراه مواصلاتی کنگان - عسلویه می باشد.

جدول ۱- پارامترهای ژئومکانیکی محاسبه شده توده سنگ های ساختگاه فلر (آذرفزا و همکاران ۱۳۹۲-الف)

Rock Type	Intact Parameters			Rock Mass Parameters						
	UCS (Mpa)	E (Gpa)	V	Cohesion (Mpa)	Friction (Degree)	Deformation Modulus (Mpa)	UCS (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Global Strength (Mpa)	ν
Clayey marl	16.3	65.5731	0.2	0.753	21.64	4529.95	1.103	-0.109	1.971	0.24
marlstone	25.34	69.6272	0.2	1.102	28.93	5648.11	1.714	-0.097	3.916	0.24
Carbonate marl	33.39	72.1248	0.2	1.248	30.94	6483.48	2.259	-0.128	5.160	0.24

جدول ۲- مقادیر RMR محاسبه شده برای توده سنگ های ساختگاه فلر (آذرفزا و همکاران ۱۳۹۲-الف)

No.	Rock Type	qc	RQD	Joint Spacing	Joint condition	GWC	Joint orientation	RMR
1	Clayey marl	2	3	8	20	10	-5	38
2	marlstone	2	8	8	20	10	-5	43
3	Carbonate marl	2	8	10	20	10	-5	45

جدول ۳- خلاصه خواص و پارامترهای ژئوتکنیکی ساختگاه فلر (آذرفزا و همکاران ۱۳۹۲-ب)

Soil description	USCS Classification	NSPT (ave.)	E	Cu	C	γ_d (gr/cm3)	V
Sandy gravel to gravelly sand + some clayey silt	GC to GW SC to SM	> 100	1010	-	0.16	35.5	1.89
Compacted Marl to Marlstone	CL to CH	> 100	710 to 1850	7.3 to 21	-	-	1.76

پایداری پی فلر مورد مطالعه می باشد. برای بررسی این حالت از روابط Bowles (Bowles 1997) برای پی های نزدیک دامنه ها استفاده شده است. برای این حالت رابطه باولز بصورت زیر تعریف می گردد.

$$q_a = X(N'_c) \cdot K_1 + Y(N'_q) \cdot D_f \cdot K_2 + Z(N'_\gamma) \cdot B \cdot K_3 \quad (\text{Bowles 1997})$$

$$\beta = 33.7 \rightarrow \begin{cases} \frac{D_f}{B} = 0.5 \\ \beta = 33.7^\circ \end{cases}$$

$$\phi = 35.5^\circ \Rightarrow \begin{cases} N'_c = 35.44 \\ N'_q = 10.86 \\ N'_\gamma = 21.33 \end{cases}$$

$$q_a = \frac{N'_c}{N_c} \times 19.2 \times c K_1$$

$$+ \frac{N'_q}{N_q} \times 16.7 \times D_f K_2$$

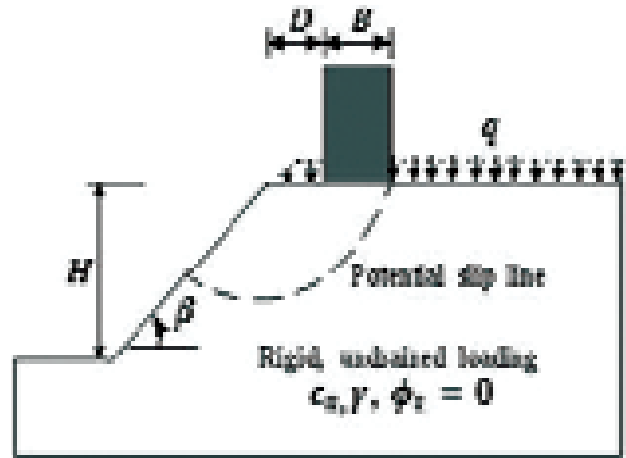
$$+ \frac{N'_\gamma}{N_\gamma} \times 12.3 \times B K_3$$

$$q_a = 6.1 K_1 + 5.5 D_f K_2 + 7.5 B K_3$$

$$\text{if } \begin{cases} D_f = 0.5 m \\ B = 10 m \\ K_1 = 1.044 \\ K_2 = 1.02 \\ K_3 = 0.50575 \end{cases} \text{ then}$$

$$\Rightarrow q_a = 6.1 K_1 + 2.75 K_2 + 75 K_3$$

$$q_a = 6.3684 + 2.805 + 37.931 \Rightarrow q_a = 47.10465$$

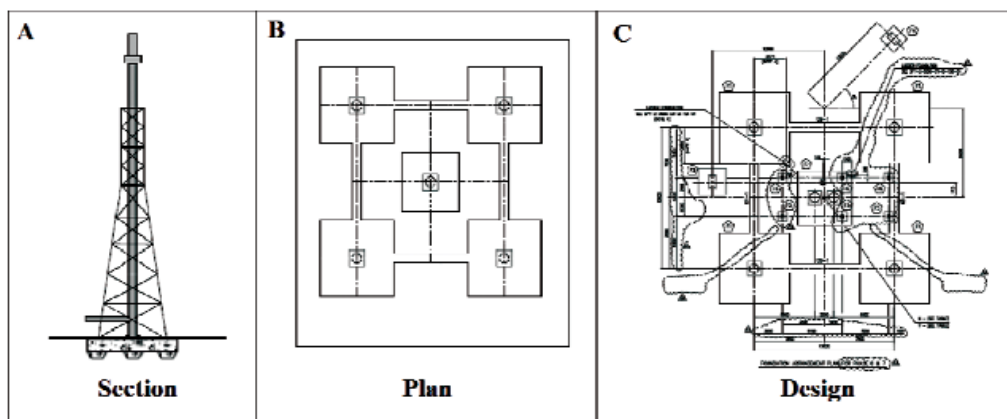


تصویر ۳- نمایش شماتیک از مسئله پیشروی این مطالعه

موقعیت جغرافیایی سایت در منطقه انرژی پارس به مختصات $10^{\circ} 35'$ ، $52^{\circ} 32'$ طول شرقی و $28^{\circ} 29'$ ، 32° ، 27° عرض شمالی است. محل قرارگیری فلر ۸ در سایت فلر ها به مختصات $20^{\circ} 35'$ ، 52° طول شرقی و $19^{\circ} 18'$ ، 32° ، 27° عرض شمالی می باشد (آذرآزا ۱۳۹۲). عمده سازندهای تشکیل دهنده سایت، سازندهای مارنی آجاجاری و سنگ های مارنی و سیلتی سازندهای میشان می باشند (آقنابتی ۱۳۸۵). فلر ۸ روی سازند مارنی آجاجاری قرار دارد. فلر گاز مورد مطالعه مربوط به فاز ۸ با سیستم HP، نوع فلر های مرتفع Derrick و تیپ "FSM MK II 36" می باشد. ارتفاع فلر ۹۲ متر و مساحت پی آن 10×10 متر است. پی ها از نوع سطحی بدون شمع کوبی زیر پی و مربعی هستند (آذرآزا ۱۳۹۲). در تصویر (۴) مقطع، پلان و طراحی پی برای فلر گاز بر اساس استاندارد ارائه شده است.

۳-۲- تعیین ظرفیت باربری

هدف از مدل سازی های صورت گرفته، رسیدن به معیاری برای تحلیل



تصویر ۴- نمایش شماتیک از پی فلر مورد مطالعه

جدول ۴- نتایج محاسبه ظرفیت باربری توسط روش باولز

Allowable Bearing Capacity	47.10465	t/m ²
----------------------------	----------	------------------

۳-۳- مدل سازی پی فلر گاز فاز ۸

روش تحلیل عددی تفاضلات محدود (FDM) و نرم افزار Flac^{2D} توانایی بالایی در تحلیل ساختارهای مهندسی در محیط های پیوسته را دارا می باشد (Itasca 2006). این نرم افزار توانایی مدل نمودن ساختارهای متنوع ژئوتکنیکی از جمله، خاک ها و سنگ ها جهت ارزیابی رفتار مواد مانند جریان پلاستیک بعد از نقطه تسلیم، تغییر شکل های پلاستیک در بدنه توده، زون های پلاستیک تشکیل شده حاصل از استرس های برجا و ... را دارد (Peters 2011). به هر حال، در این مطالعه، جهت فهم مکانیسم شکست احتمالی و سطح گسیختی محتمل ایجاد پی در شیب زیر پی فلر گاز فاز ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی از توانایی نرم افزار Flac^{2D} استفاده گردیده است. برای دست یافت به این مهم، اقدام به تهیه مدل و تحلیل پایداری آن تحت شرایط موجود گردیده است. ابتدا مدل هندسی توده برپایه سیستم زمین شناختی و توپوگرافی موجود در سایت مطالعاتی تهیه می گردد. سپس با اعمال شرایط مرزی و تنش های اولیه در محدوده مناسبی از مدل تا رسیدن به تعادل اولیه حل گردیده و سپس با صفر نمودن

جابجایی ها ایجاد شده در مرزها، مدل با طبیعت موجود در سایت به تعادل می رسد. پس از تعادل اولیه، تغییرات مدنظر با هندسه مربوطه به مدل اعمال می گردد. پس از ایجاد، مدل تا رسیدن به تعادل نهایی مجدداً حل می گردد. برای دست یافت به این مدل، پارامترهای زیر مدنظر خواهد بود.

$\frac{c}{\gamma B}$ Soil strength ratio

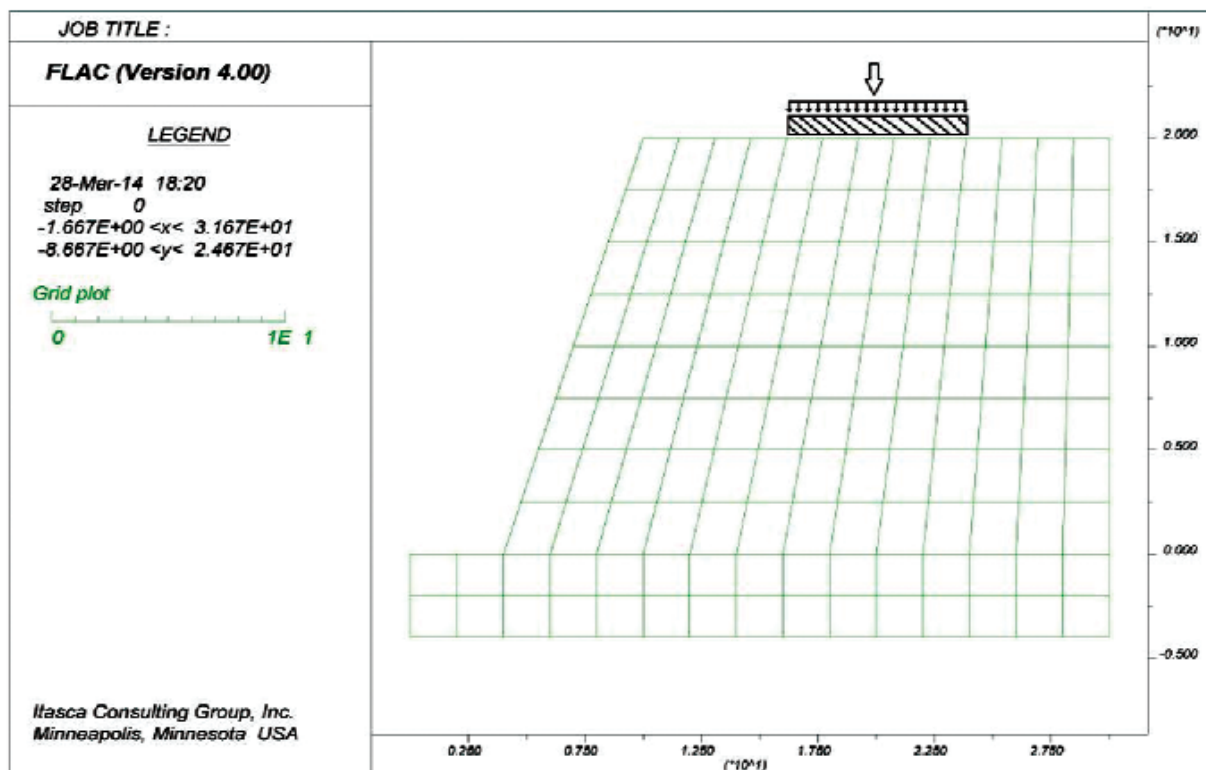
$\frac{H}{B}$ Slope height ratio

$\frac{D}{B}$ Footing distance ratio

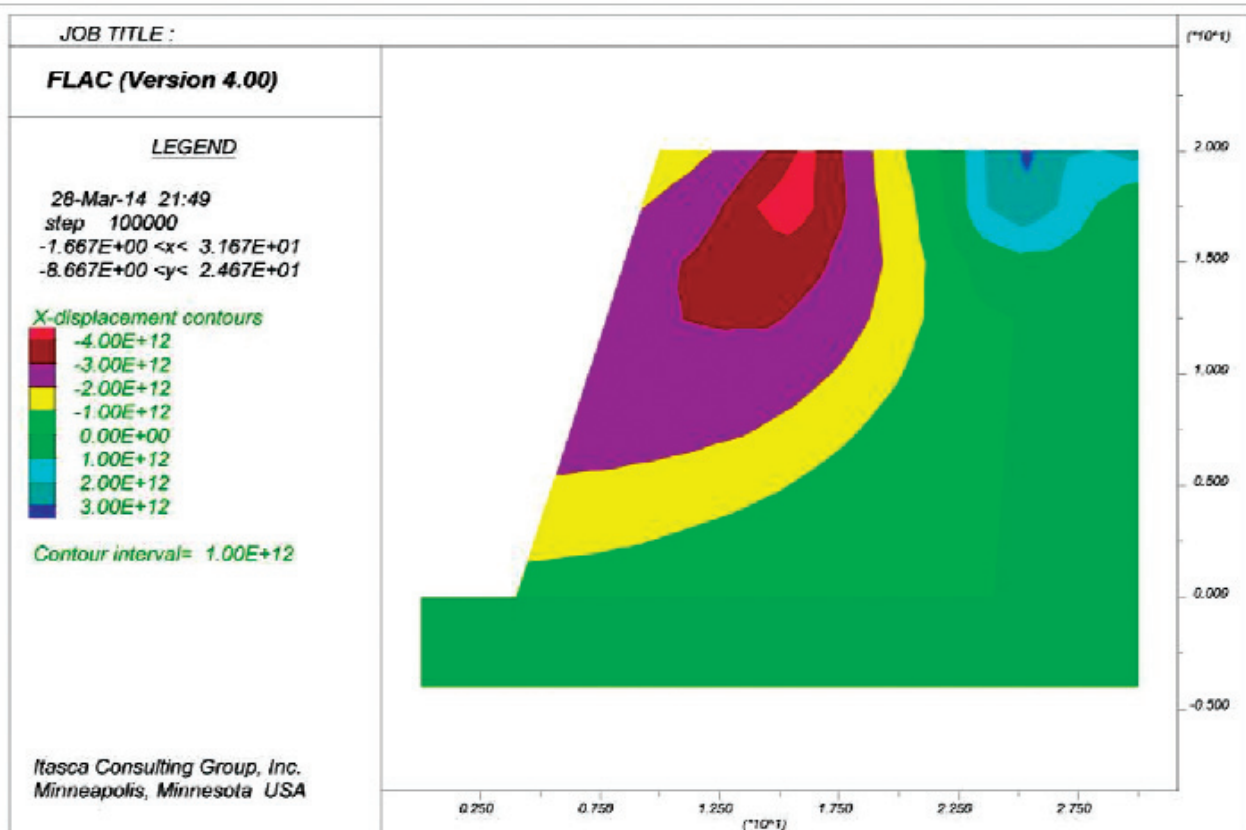
$\frac{P}{\gamma B}$ Normalised bearing capacity

در تصاویر (۵) تا (۸)، به ترتیب مدل هندسی، جابجایی افقی توده، جابجایی قائم توده زیر پی فلر و وضعیت تنش های بر جای حاکم بر توده محاسبه شده پیرامون پی فلر نشان داده شده است.

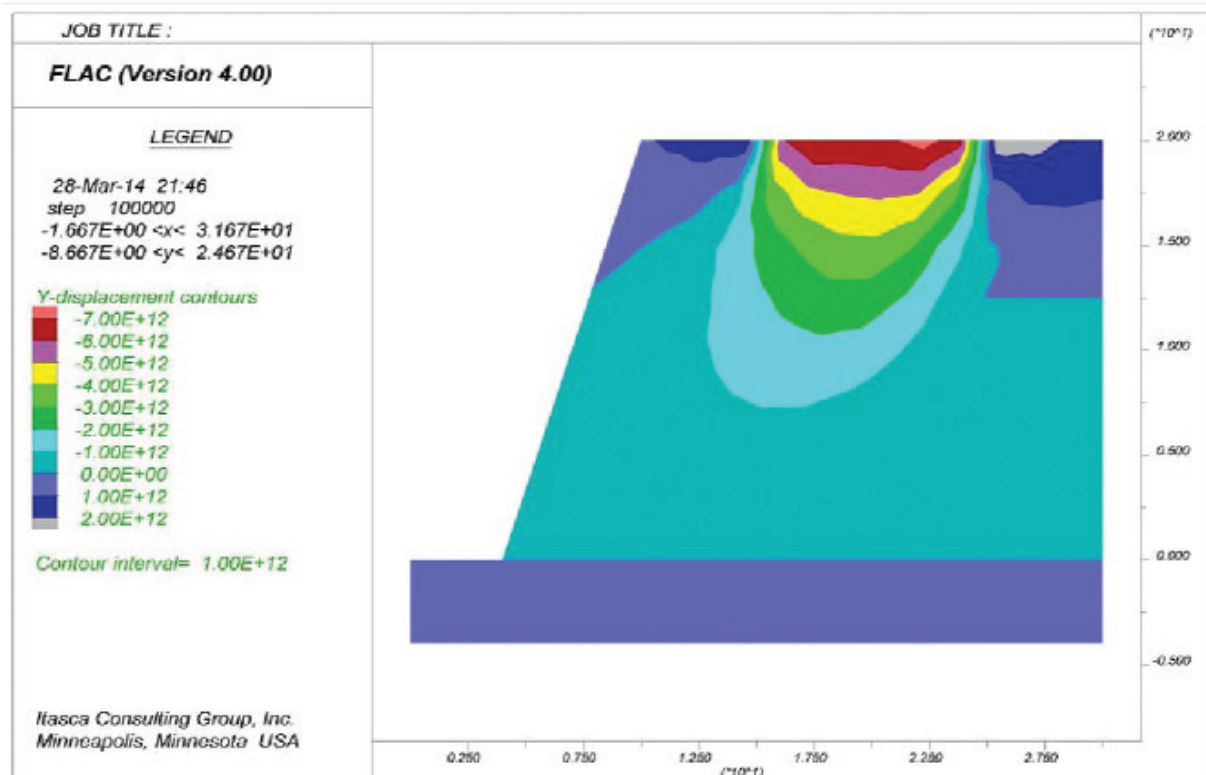
با توجه به نتایج فوق، می توان بیان نمود که سطح لغزش احتمالی ایجاد پی در بدنه دامنه زیر پی فلز از نوع لغزش قاشقی داخل بدنه می باشد. اما با توجه به وضعیت تنش های بر جای حاکم بر توده و همچنین پارامترهای مقاومتی توده احتمال این لغزش بسیار کم بوده و پی فلز پایدار ارزیابی می گردد. با توجه به جابجایی قائم محاسبه شده



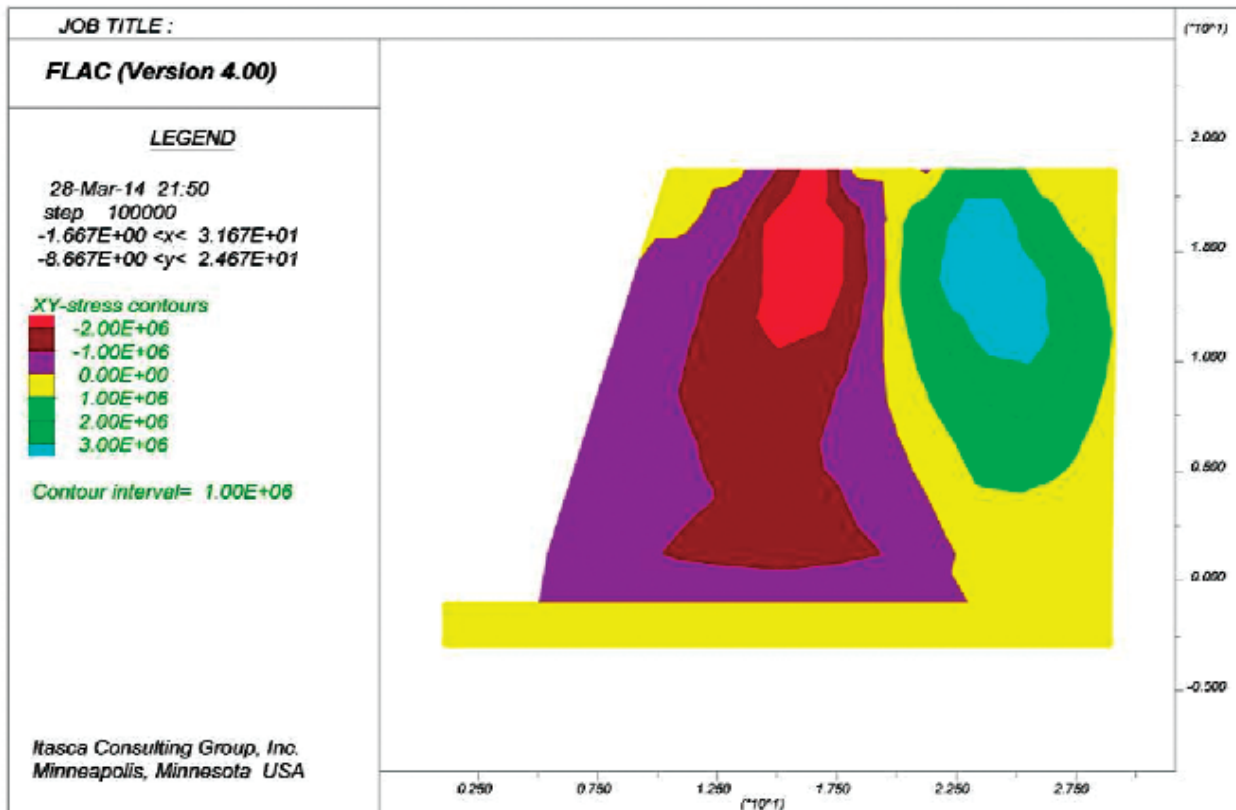
تصویر ۵- مدل هندسی تهیه شده از سایت



تصویر ۶- جابجایی افقی توده زیر پی فلر



تصویر ۷- جابجایی قائم توده زیر پی فلر



تصویر ۸- وضعیت تنش های برجای حاکم بر توده

فاصله داری از شیب، وزن سازه وارد بر پی، انحراف پی، زاویه داری پی و... نقش مهمی در تحلیل پایداری پی دارند. ب) باتوجه به نتایج بررسی، می توان بیان نمود که سطح لغزش احتمالی ایجاد می شود در بدنه دامنه زیر پی فلر از نوع لغزش قاشقی داخل بدنه می باشد.

ج) باتوجه به وضعیت تنش های برجای حاکم بر توده و همچنین پارامترهای مقاومتی توده احتمال این لغزش بسیار کم بوده و پی فلز پایدار ارزیابی می گردد.

د) با توجه به جابجایی قائم محاسبه شده توزیع تنش ناشی از قرارگیری پی بر روی توده و نشست حاصل بصورت مناسبی در بدنه توده توزیع گردیده است. لازم به ذکر می باشد، تاثیر شیب بر روی تغییر روند نشست پذیری کاملاً مشهود می باشد.

تشکر و قدردانی

از مدیریت محترم پالایشگاه چهارم و فازهای ۶، ۷ و ۸ شرکت مجتمع گاز پارس جنوبی، به خاطر حمایت و همکاری در انجام مطالعات، تشکر و قدردانی می شود.

توزیع تنش ناشی از قرارگیری پی بر روی توده و نشست حاصل بصورت مناسبی در بدنه توده توزیع گردیده است. لازم به ذکر می باشد، تاثیر شیب بر روی تغییر روند نشست پذیری کاملاً مشهود می باشد.

۴- نتیجه گیری

هدف اصلی این مطالعه تهیه یک مدل عددی مناسب با در نظر گرفتن شرایط حاکم بر محیط پی بوده است. از روش تحلیل الاستو پلاستیک و معیار شکست موهر- کولمب، جهت برای محاسبه ظرفیت باربری پی فلز فاز ۸ بر روی ترانشه کنار آن استفاده شده است. این تحلیل با استفاده از مدل سازی به روش تفاضلات محدود به کمک نرم افزار $FLAC^{2D}$ انجام و نتایج اصلی به دست آمده از این مدل سازی بصورت زیر پارامتر بندی می گردد:

الف) در تحلیل این نوع پی ها اثر شیب موجود غیر قابل اغماض بوده و موجب تغییر در مکانیسم گسیختگی پی می گردد. بطور کلی شرایط حاکم بر شیب (از جمله: موقعیت، جنس توده، خواص فیزیکی و مکانیکی، پارامترهای مقاومتی و...) و شرایط حاکم بر پی (نوع، جنس،

مراجع

- آقاباتی، ع.م.، ۱۳۸۵. زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران، ۷۰۸.
- آذرافزا، م.، ۱۳۹۲. بررسی مخاطرات ژئوتکنیکی ساختگاه فلرهای گاز فازهای ۶، ۷ و ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه یزد، یزد، ایران، ۳۸۲ ص.
- آذرافزا، م.، اصغری کلجاهی ا.، و مشرفی فر م. ۱۳۹۲-الف. تعیین پارامترهای ژئومکانیکی توده سنگ های ساختگاه فلرهای گاز فازهای ۶، ۷ و ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی. ۳۲مین گردهمایی و نخستین کنگره بین المللی تخصصی علوم زمین، ساری، ایران.
- آذرافزا، م.، یاراحمدی، ع.، اصغری کلجاهی، ا.، بهمن نیا، غ.، و مشرفی فر م. ۱۳۹۲-ب. تحلیل پایداری دامنه های سنگی درزه دار به روش بلوک های کلیدی (مطالعه موردی: محدوده فلرهای گاز فازهای ۶ تا ۸ مجتمع گاز پارس جنوبی). نشریه زمین شناسی ژئوتکنیک، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، زاهدان، سال ۹ (۳): ص ۱۶۹-۱۸۵.
- Budhuö, M., 2010.** Soil mechanics and foundations. 3rd ed., Wiley, 780 pp.
- Bowles, J E., 1997.** Foundation Analysis and Design. 40th edition, McGraw-Hill, New York., USA, 1175pp.
- Castelli F. , Motta E., 2010.** Bearing capacity of strip footings near slopes. *Journal of Geotechnical and Geological Engineering*, 28(2): 187-198.
- Das, B. M., 2007.** Principles of Foundation Engineering. 6th edition, Thomson, Toronto, Canada, 637 pp.
- Hansen, J. B., 1970.** Danish Geotechnical Institute. Copenhagen, Bulletin 28, P.P. 5-11
- Itasca., 2006.** FLAC2D - Fast Lagrangian Analysis of Continua in 2 dimensions. Itasca Consulting Group, Inc., Minneapolis. FLAC2D Version 4.00, and Manual USA.
- Meyerhof, G. G., 1965.** Shallow foundations. *Journal of Soil Mech. Found. Div. ASCE*, 91(SM2), 21-31.
- Peters, R. G., 2011.** Advanced Analysis of Shallow Foundations Located Near Slopes. Thesis to towards the Degree of Bachelor of Engineering (CIVIL), Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, 170 pp.
- Shiau, J.S., Merrifield, R.S., Lyamin, A.V. , Sloan, S.W., 2006.** Undrained Stability of Footings on Slopes. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering ASCE*, January 2006.
- Terzaghi, K., 1943.** Theoretical Soil Mechanics. Wiley, NewYork.
- Vesic, A. S., 1973.** Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE*, Vol. 99, No. SM1, pp. 45-73.
- Wing, Ip K. 2005.** Bearing capacity for Foundations near Slope. Thesis Dgree of Master of Science, Dep. of Bulding , Civil and Environment Engineering, University of Concordia, Montreal, Quebec, Canada, 122 pp.