



انجمن ژئوتکنیک ایران

چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک
۱۲-۱۱ آبان ۱۳۸۹ - تهرانشهر

ICGESM 2010

4th International Conference on Geotechnical Engineering and Soil Mechanics
November 2-3, 2010, Tehran, Iran

به نام خدا

کواهی میشود

مقاله شماره ۱۳۹ تحت عنوان:

”بررسی تغییرات پارامترهای مؤثر در طراحی انکرها در مبادار سازی کو برداری با طرح بهینه آنها“

نویسندگان: ”جمدی واحدی فرا، جعفر بلوری بزاز“

”چهارمین همایش بین المللی مهندسی ژئوتکنیک و مکانیک خاک ایران“

که از تاریخ ۱۱ الی ۱۲ آبان ماه ۱۳۸۹ در تهران برگزار گردید

به صورت ”پوستر“ ارائه شده است.

دکتر علی نوزادو

دبیر همایش

ICGESM2010.IR

بررسی تغییرات پارامترهای موثر در طراحی انکرها در پایدارسازی گودبرداری ها و طرح بهینه آنها

مهدی واحدی فر*^۱ جعفر بلوری بزاز^۲

۱- دانشجو کارشناسی ارشد خاک و پی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- دکترای ژئوتکنیک، عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

*mahdi.vahedifar@Gmail.com

چکیده

به منظور نگهداری دیواره های گودبرداری شده انواع مختلف سازه های نگهبان مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از سیستمهایی که امروزه جزء پرکاربردترین روشها در گودبرداریهای عمیق می باشد روش Anchoring خاک بوسیله مهارهایی است که از جنس فولاد می باشند و استفاده از یکسری soldier pile که الوارهایی چوبی به منظور جلوگیری از ریزش خاک به گود در بین شمع هانصب می گردد. این سیستم مهاری قدمت حدودا ۳۰ ساله در آمریکا و اروپا داشته ولی در ایران نوپا و تازه می باشد. طراحی این سیستم بر اساس یکسری جداول و نقشه ها و آیین نامه ها که در FHWA موجود است صورت می گیرد. با پیشرفت تکنولوژی، نرم افزارهایی به بازار آمده که قابلیت محاسبه نرم افزاری این سیستمها را دارد مانند Plaxis 2D. این مقاله نیز با استفاده از این نرم افزار به منظور مدل کردن سیستمهای نگهبان مهاری می باشد. در طراحی مهارها پارامترهایی چون ۱-فاصله قائم و افقی بین مهارها ۲-زاویه مهار با افق دخیل می باشند. در این مقاله سعی شده است با در نظر گرفتن عمق مشخص ۱۰ متر اثرات تغییر پارامترهای دخیل در طراحی مهار که در بالا اشاره شد بررسی شود و در نهایت با توجه به روش به کار رفته در این مقاله استفاده از نمودارهای بدست آمده در کوتاهترین زمان بهینه ترین طراحی در زمینه این مهارها صورت گیرد.

کلمات کلیدی: سازه های نگهبان، Anchoring، soldier pile، FHWA، Plaxis 2D

۱. مقدمه

با پیشرفت سریع جوامع بشری و نیاز به سر پناه بعنوان یکی از مهمترین نیازهای بشر و کمبود فضا به منظور ساخت و ساز در مناطق شهری و گران بودن زمین بایستی مقوله ساخت و ساز از حالت سنتی و پیشرفت افقی شهرها تبدیل به یک سیستم یکپارچه و مدرن و پیشرفت طولی و ارتفاعی ساختمانها گردد. لذا در چنین ساختمانهایی به منظور تامین فضای مناسب برای پارکینگ و یکسری امکانات رفاهی نیاز است که در زمین گودبرداریهای عمیق صورت گیرد. به منظور نگهداری دیواره های گودبرداری شده انواع مختلف سازه های نگهبان مورد استفاده قرار می گیرد. یکی از سیستمهایی که امروزه جزء پرکاربردترین روشها در گودبرداریهای عمیق می باشد روش Anchoring خاک بوسیله مهارهایی است که از جنس فولاد می باشند و استفاده از یکسری soldier pile که الوارهایی

جویی به منظور جلوگیری از ریزش خاک به گود در بین شمع هانصب می گردد. این سیستم مهاری قدمت حدوداً ۳۰ ساله در آمریکا و اروپا داشته ولی در ایران نوپا و تازه می باشد. این سیستم در آمریکا بیشتر به منظور نگهداری دیوارها در بزرگراهها استفاده می شود و طراحی این سیستم بر اساس یکسری جداول و نقشه ها و آیین نامه ها که در FHWA موجود است صورت می گیرد. با پیشرفت تکنولوژی، نرم افزارهایی به بازار آمده که قابلیت محاسبه نرم افزاری این سیستمها را دارد مانند Plaxis 2D. این مقاله نیز با استفاده از این نرم افزار به منظور مدل کردن سیستمهای نگهدارنده مهاری می باشد. در طراحی مهارها پارامترهایی چون ۱-فاصله قائم و افقی بین مهارها ۲-زاویه مهار با افق ۳- طول پیوسته و درگیر با ملات و طول آزاد مهار ۴- نحوه بارگذاری اطراف محل گودبرداری و نوع بارگذاری دخیل می باشند. در این مقاله سعی شده است با مدل کردن لایه بندی خاک مشخص که از گودبرداری برج مالی مشهد صورت گرفته و توسط شرکت مشاور / پیمانکار تخصصی ژئوتکنیک (SES) نوع خاک منطقه برآورد شده و با در نظر گرفتن عمق مشخص ۱۰ متر اثرات تغییر پارامترهای دخیل در طراحی مهار که در بالا اشاره شد بررسی شود و در نهایت پیمانکاران می توانند با توجه به روش به کار رفته در این مقاله استفاده از نمودارهای بدست آمده در کوتاهترین زمان بهینه ترین طراحی در زمینه این مهارها را انجام دهند.

۲. معرفی نرم افزار Plaxis

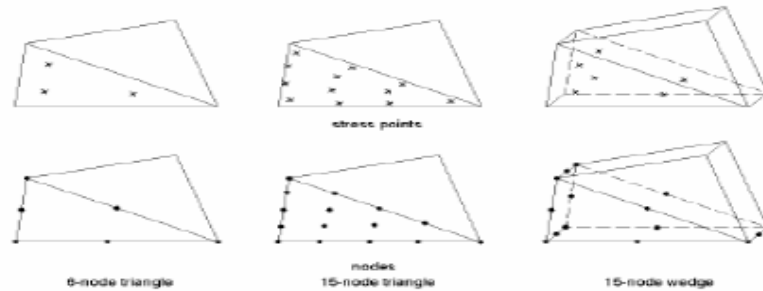
Plaxis نرم افزاری المان محدود پیشرفته برای تحلیل تغییر شکل ها و پایداری در پروژه های مهندسی ژئوتکنیک کاربرد دارد. مهمولا در مسائل مهم ژئوتکنیک، یک مدل رفتاری پیشرفته برای مدل سازی رفتار غیر خطی و وابسته به زمان خاکها بسته به هدف مورد نظر لازم است. با این نرم افزار می توان خاکبرداری و خاکریزی مرحله ای با شرایط بارگذاری و شرایط مرزی مختلف را با استفاده از المانهای مثلثی ۶ گرهی و ۱۵ گرهی مدل سازی نمود. اولین ویرایش این نرم افزار به منظور آنالیز سدهای خاکی احداث شده بر روی خاک های نرم در قسمتهای کم ارتفاع و پست کشور هلند و به سفارش مدیریت منابع آب آن کشور در دانشگاه صنعتی Delft در سال ۱۹۸۷ تهیه و سپس در سال ۱۹۹۳ قابلیت های آن گسترش داده شد که توسط موسسه (CUR) Center for Civil Engineering Research and codes نیز مورد تأیید و پشتیبانی قرار گرفته است.

در این نرم افزار مدل های موهر-کلمب، مدل سخت شوندهگی هذلولی، مدل نرم شوندهگی (مدل Cam-Clay) و مدل نرم شوندهگی خزشی (Soft Soil Creep Model) قابل بکارگیری است. همچنین با این نرم افزار می توان فرایند ساخت و حفاری را توسط فعال کردن و غیر فعال کردن المانها در مرحله محاسبات مدل کرد. نمونه ای از کاربرد این قابلیت، انجام آنالیز لایه به لایه در پایداری شیبها، سدها و تونلها می باشد.

Plaxis از جمله بسته های نرم افزاری است که به منظور آنالیز تغییر شکل ها و نیز پایداری سازه های خاکی با استفاده از روش المانهای محدود تهیه و به بازار ارائه شده است. با این تفصیل که مسائل مربوط به ژئوتکنیک نیاز به مدل های پیشرفته تری برای مدل سازی رفتار غیر خطی و تابع زمان خاکها دارد، چرا که خاکها تحت شرایط مختلفی نظیر بارگذاری و شرایط هیدرولیکی در محیط خاک، رفتارهای متفاوتی از خود نشان می دهند به همین منظور این نرم افزار برای تحلیل دقیق تر رفتار خاک از مدل های پیشرفته تری نظیر (Soft Soil Creep Model) (S.S.C) ، Hardening Soil Model و استفاده می کند.

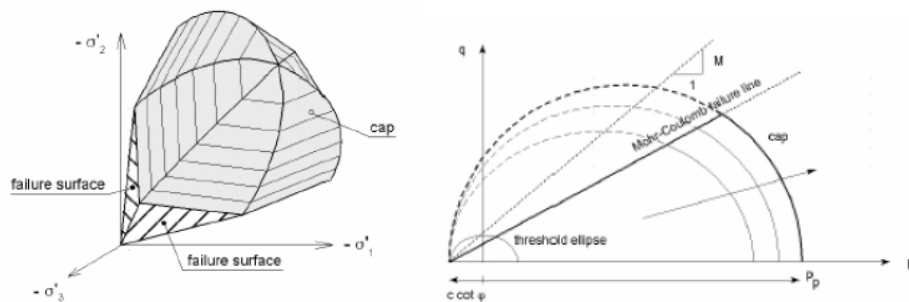
در آنالیزهای دو بعدی امکان انتخاب دو نوع المان ۶ گره ای و ۱۵ گره ای مثلثی در تحلیل ها وجود دارد که المان پیش فرض در این نرم افزار المان ۶ گرهی می باشد. برای دستیابی به دقت بیشتر در محاسبات تنشها و بار و گسیختگی (خصوصاً در هندسه axisymmetric) از المانهای ۱۵ گرهی استفاده می شود. در پیش فرض تابع تقریب جابجائی المانها از مرتبه دوم در نظر گرفته

شده است. ماتریس سختی این نوع المانها با استفاده از سه نقطه تنش حاصل می شود. در المانهای ۱۵ گرهی مثلثی، تابع تقریب جابجائی از مرتبه چهارم و نقاط تنش آن به منظور تعیین ماتریس سختی ۱۲ نقطه در نظر گرفته شده است. این نوع المان در آنا لیزهای دقیق مهندسی بکار می رود و برای انجام آنالیزها توسط آن نیاز به حافظه بیشتری از کامپیوتر بوده و وقت بیشتری برای تحلیل نیاز دارد. در شکل ۱ موقعیت نقاط جابجائی و تنش در این دو نوع المان نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت نقاط جابجائی و تنش در المانهای خاک

نرم افزار در مدل‌های مورد استفاده خود برای مدل‌سازی رفتار مکانیکی مواد از الگوی حالت بحرانی و حالت خاص آن الگوی بحرانی Cam-Clay اصلاح شده استفاده می کند. بنابراین سطح تسلیم در نرم افزار معرف یک بیضی در فضای q' و p' است که در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- سطح تسلیم مدل خاک نرم در فضای p' و q' و فضای تنش های اصلی

در سازه هایی مانند خاکریز، ضریب پایداری به صورت نسبت مقاومت برشی موجود به مقاومت برشی حداقل برای برقراری تعادل تعریف می شود. در نرم افزار plaxis می توان برای محاسبه ضریب پایداری، روش Phi-C Reduction را به کار گرفت، در این روش تغییر شکلهای کلی مفهوم فیزیکی ندارد، اما تغییر شکل های جزئی آخرین مرحله تحلیل (هنگام خرابی) در تعیین مکانیزم خرابی مورد استفاده قرار می گیرند، ضمناً این تحلیل ها بر اساس معیار موهر کلمب انجام می گیرد.

۳. نحوه مدل کردن و مشخصات نمونه

به منظور بررسی اثرات تغییر پارامترهای موثر در سازه های soldier pile همراه با مهار در صدد بر آمدیم یک گود مشخص در مشهد که فرایند گودبرداری آن در حال انجام بود را بعنوان یک فرصت مطالعاتی در نظر بگیریم از اینرو گودبرداری در

مجاور برج مالی بعنوان نمونه ای مناسب در نظر گرفته شد و در مدل سازی نمونه از مشخصات خاک آن منطقه که توسط شرکت مشاور SES بدست آمده بود استفاده گردید .

در این پروژه گودهای با عمقهای مختلفی انجام گردیده بود ولی بدلیل آنکه ما قصد بررسی موضوعی بر روی انواع گودها را نداشتیم و بیشتر ارائه یک قالب کاری مطرح بود فقط بر روی گود با عمق ۱۰ متر بررسی تغییر در پارامترهای دخیل صورت گرفت. پارامترهای متعدد در این نوع سازه ها موثر می باشند ولی بدلیل گسترده شدن موضوع به سه فاکتور ۱- فاصله قائم مهارها ۲- فاصله افقی مهارها ۳- زاویه مهارها با افق که عمده ترین پارامترهای موثر می باشند پرداخته شد .

در مدل کردن نمونه خاک، در همه مدلها مشابه عمل شد و مشخصات خاک در مجاورت برج مالی به نرم افزار داده شد که مشخصات خاک مطابق جدول ۱ می باشد :

Parameter	0<H<9m	9<H<9m	H>19m
Material Model	Mohr- Coulomb	Mohr- Coulomb	Mohr- Coulomb
Type of Material Behavior	Drained	Drained	Drained
Soil Unit Weight (kN/m ³)	18	20	20
Young's Modulus (kg/cm ²)	250	500	625
Poisson's Ratio	0.3	0.3	0.3
Cohesion (kg/cm ²)	0.2	0.2	0.2
Friction Angle (Degree)	30	33	35
Dilatancy Angle	0	0	0
Strength Reduction Factor Inter.	1	1	1

جدول ۱- مشخصات خاک در مجاورت برج مالی

عمق همه گودبرداریها به صورت مشابه ۱۰ متر در نظر گرفته شد . در جهت قائم فاصله مهارها در فواصل ۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ ، ۳ ، ۳/۵ و ۴ متر فرض گردید . در جهت افقی نیز فاصله مهارها به فواصل ۱/۵ ، ۲ ، ۲/۵ متر تقسیم گردید . زاویه مهارها با افق نیز در حالت های ۰ ، ۱۰ ، ۲۰ و ۳۰ درجه در نظر گرفته شد . سایر پارامترهای موثر در این سازه ها که مورد بررسی قرار نگرفت در همه مدلها سعی گردید ثابت فرض شوند تا اثرات آن در نتایج بدست آمده تاثیر گذار نگردد . بعنوان مثال طول پیوسته مهارها در همه حالات ۸ متر در نظر گرفته شد . طول آزاد بر اساس FHWA بایستی به اندازه H/۵ ارتفع سطح حفاری شده می باشد (یا ۱/۵ متر هر کدام بیشتر باشد از پشت سطح گسیختگی بحرانی ادامه یابد . در همه مدلها میزان پیش کشیدگی مهارها ۴۰ تن فرض گردید .

میزان سربار در این نوع سازه ها بسیار مهم است ، بدلیل استقامت زیاد این نوع سازه ها در برابر خاک پشت دیوار ، هنگامی که سربار میزان کمی باشد ترجیحا از این نوع سازه استفاده نمی گردد . کاربرد این نوع سازه بیشتر در مواقع بحرانی

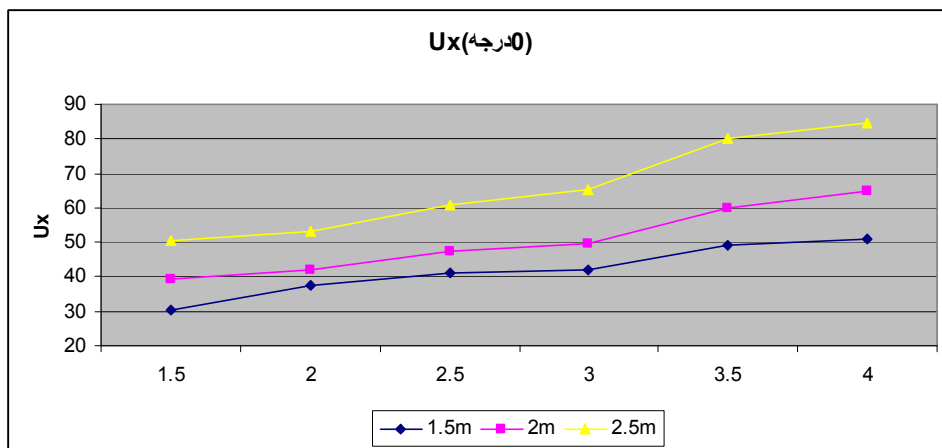
مانند این حالت که قرار است گودی در مجاورت سازه ای عظیم با سر باری فوق العاده بنا گردد مورد استفاده قرار می گیرد از اینرو میزان سربار وارده به سطح کنار گود 25 T/m^2 در نظر گرفته شد.

بر اساس پیش فرضیات و متغیرهای در نظر گرفته شده بر روی ۷۲ مدل و حالت متفاوت، بررسی ها صورت گرفت. تک تک، مدل نرم افزار آن توسط Plaxis رسم گردید، مشخصات مناسب در زمینه بارهای وارده و خاک محل و... به نرم افزار داده شد و نحوه اجرا مرحله به مرحله گودبرداری در نرم افزار مد نظر قرار گرفت. در مرحله نهایی محاسبات نیز با استفاده از روش Phi-C Reduction میزان ضریب اطمینان گود در مرحله نهایی گود برداری محاسبه گردید و این ضریب اطمینان به عنوان یک معیار مقایسه ای در بین این ۷۲ حالت مورد استفاده قرار گرفت. این نرم افزار قابلیت ها و خروجی های متنوع و متفاوتی دارد که بر حسب نوع کار و علاقه می توان در مورد خروجی داده های آن اظهار نظر نمود. در این پروژه به دلیل مجاورت گود با برج مالی بیشتر حساسیت موضوع در مورد میزان جابجایی های قائم و افقی دیوار در سطح گودبرداری و میزان نشست فونداسیون برج بر اثر این گود برداری می باشد.

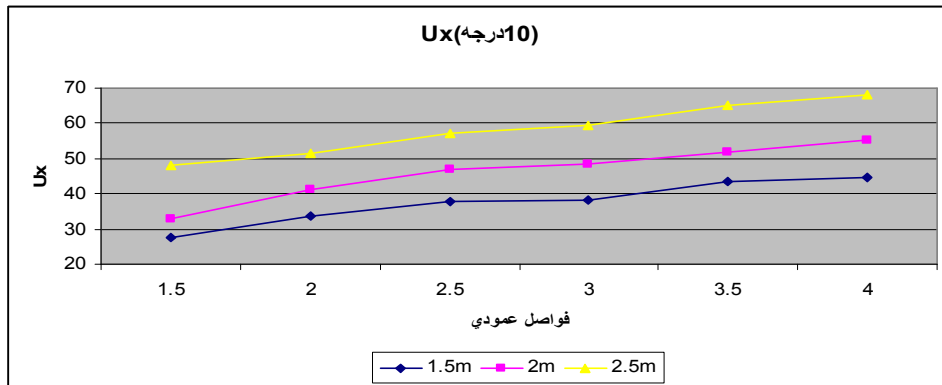
از اینرو سعی گردید نتایج بدست آمده بر اساس دو فاکتور ضریب اطمینان گود در مرحله نهایی گودبرداری و میزان جابجایی افقی دیوار در زیر فونداسیون برج تقسیم بندی گردد که هر کدام نشان دهنده حالتی متفاوت و دربر دارنده دو دیدگاه کاملاً مجزا از هم در مورد بررسی تغییر در آثار پارامترهای دخیل می باشد.

۴. نتایج بدست آمده از نرم افزار

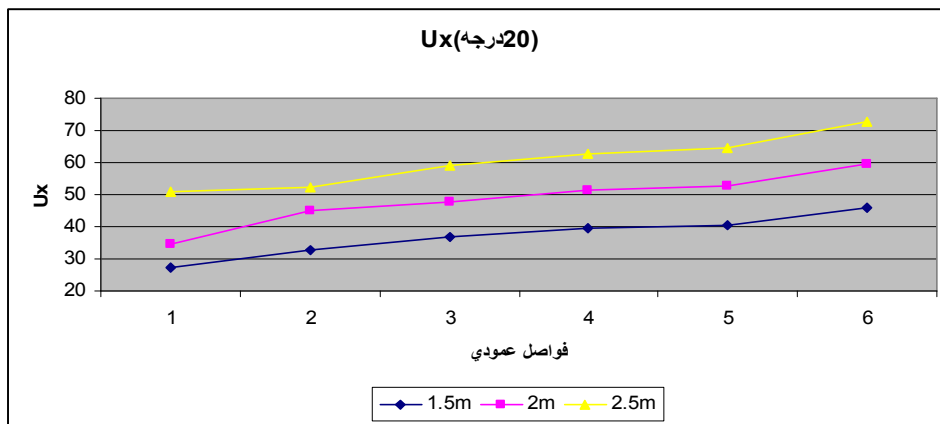
به منظور بررسی دقیق و سریع نتایج، در صدد بر آمدیم که بر روی دو فاکتور ضریب اطمینان گود در مرحله نهایی گودبرداری و میزان جابجایی افقی دیوار در زیر فونداسیون برج توجه خاص نماییم. بر این اساس با فرض نمودن این موضوع که در اجرا پروژه میزان زاویه مهار با افق ثابت و مشخص باشد به بررسی اثرات تغییر فاصله قائم مهار از هم در سه حالت که فاصله افقی مهارها از هم ۱/۵، ۲، ۲/۵ متر فاصله داشته باشند پرداخته شد. بر این اساس اشکال زیر ارائه گردید



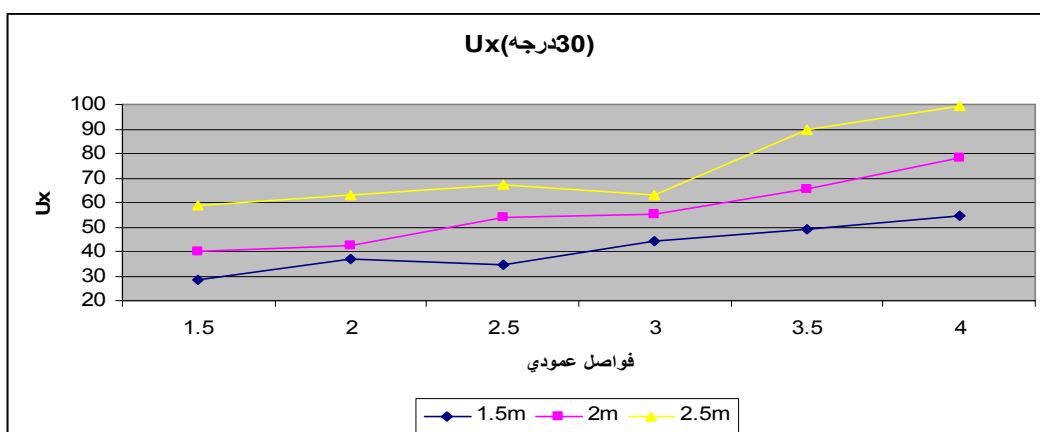
شکل ۳- جابجایی افقی دیوار همراه با فواصل قائم افقی متغیر با زاویه ثابت ۰ درجه



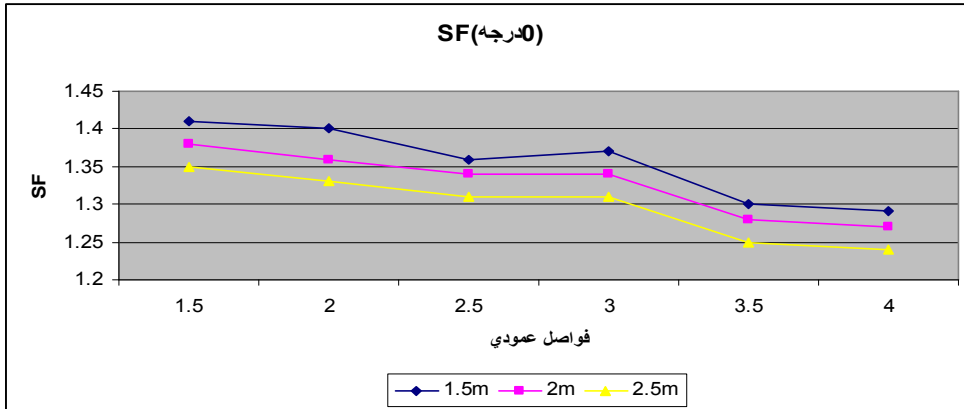
شکل ۴- جابجایی افقی دیوار همراه با فواصل قائم و افقی متغییر با زاویه ثابت ۱۰ درجه



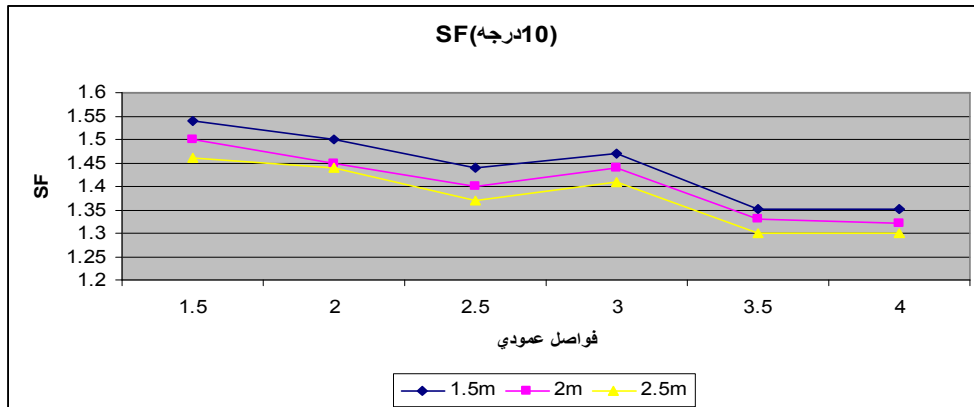
شکل ۵- جابجایی افقی دیوار همراه با فواصل قائم و افقی متغییر با زاویه ثابت ۲۰ درجه



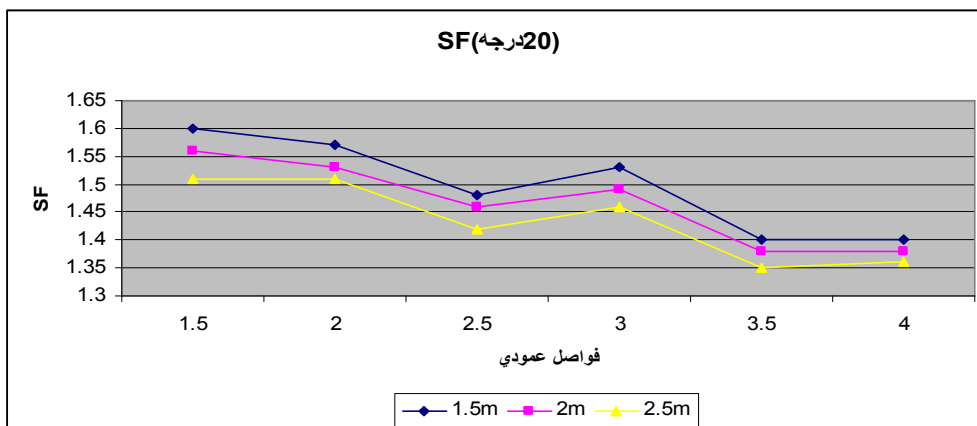
شکل ۶- جابجایی افقی دیوار همراه با فواصل قائم و افقی متغییر با زاویه ثابت ۳۰ درجه



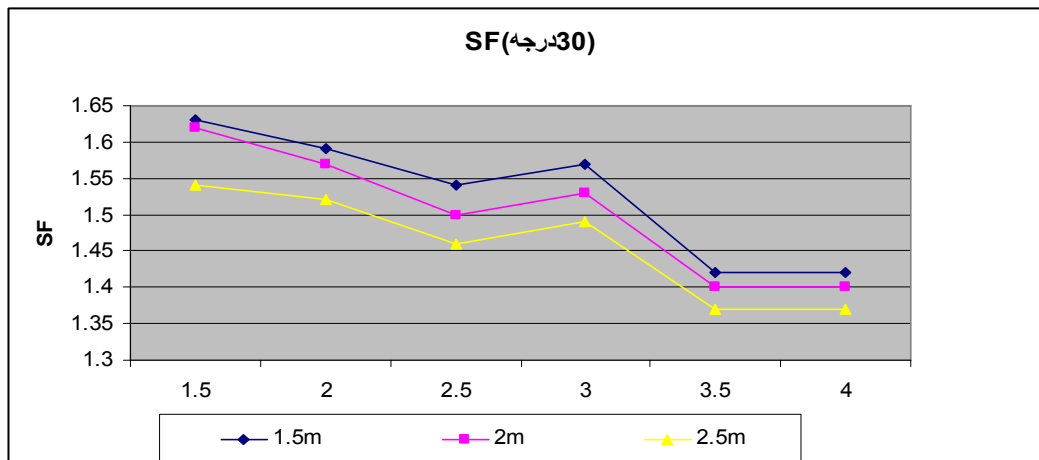
شکل ۷- ضریب اطمینان گود با فواصل قائم افقی متغییر با زاویه ثابت ۰ درجه



شکل ۸- ضریب اطمینان گود با فواصل قائم افقی متغییر با زاویه ثابت ۱۰ درجه



شکل ۹- ضریب اطمینان گود با فواصل قائم افقی متغییر با زاویه ثابت ۲۰ درجه



شکل ۱۰- ضریب اطمینان گود با فواصل قائم افقی متغییر با زاویه ثابت ۳۰ درجه

۵. نتیجه گیری

۱- میزان جابجایی افقی دیوار، با ثابت در نظر گرفتن زاویه مهارى با افق، نسبت مستقیم با فاصله قائم بین مهارىها دارد یعنی با افزایش فاصله قائم بین مهارىها میزان جابجایی افقی دیوار افزایش می یابد.

۲- میزان جابجایی افقی دیوار، با ثابت در نظر گرفتن زاویه مهارى با افق، نسبت مستقیم با فاصله افقی بین مهارىها دارد یعنی با افزایش فاصله افقی بین مهارىها میزان جابجایی افقی دیوار افزایش می یابد.

۳- ضریب اطمینان گود، با ثابت در نظر گرفتن زاویه مهارى با افق، نسبت معکوس با فاصله قائم بین مهارىها دارد یعنی با افزایش فاصله قائم بین مهارىها میزان ضریب اطمینان گود کاهش می یابد.

۴- ضریب اطمینان گود، با ثابت در نظر گرفتن زاویه مهارى با افق، نسبت معکوس با فاصله افقی بین مهارىها دارد یعنی با افزایش فاصله افقی بین مهارىها میزان ضریب اطمینان گود کاهش می یابد.

۵- در بین زوایای ۱۰ تا ۲۰ درجه میزان جابجایی های دیوار با ثابت در نظر گرفتن فاصله قائم بین مهارىها بهینه ترین حالت ممکنه و کمترین میزان جابجایی می باشد.

در نهایت این نتایج ونمودارهای بدست آمده می تواند روش کاربردی و مناسبی به منظور ارائه به پیمانکاران باشد که برای انواع گودها و خاکهای تپ بندى شده انجام گیرد و به صورت یک دفترچه کامل محاسباتی در اختیار آنان قرار گیرد که بدون نیاز به آگاهی کامل به جزئیات موضوع بتوانند در کوتاه ترین زمان ممکن بهینه ترین فواصل وزوایای مهارىها را در این مدل سازه های نگهبان طراحی نمایند.

مراجع

1. P.J. Sabatini, D.G. Pass, R.C. Bachus(1999)" GEOTECHNICAL ENGINEERING CIRCULAR NO. 4Ground Anchors and Anchored Systems"ReportFHWA-IF-99-015 Federal Highway Administration,Washington D.C.
2. Weatherby, D.E. (1982). "Tiebacks." Report FHWA-RD-82-047, Federal Highway Administration,McLean, VA.