Archive of SID

نفوذ مصالح خاکریز در بسترهای سست لجنی و اثر جدا کننده ها

حسن احمدی تطفی

فارغ التحصیل کارشناسی ارشد سازه های دریایی - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

علی فاخر

استادیار گروه مهندسی عمران - دانشکده فنی - دانشگاه تهران

(تاریخ دریافت ۷۸/۱۱/۲۵، تاریخ تصویب۸۰/۳/۱۹)

چکیده

این مقاله با شرح آزمایشهایی به بررسی چگونگی نفوذ و پخش مصالح درشت دانه خاکریز به داخل خاک لجنی و همچنین نفوذ خاک لجنی به داخل مصالح درشت دانه پرداخته و اثر جدا کننده های مختلف در این فرآیند بررسی شده است . چنین نتیجه گیری گردیده که می توان با تغییر نوع مصالح خاکریز در کف آن و در نتیجه کاهش نفوذ لجن در خاکریز و پخش شدگی مصالح در لجن و تشکیل سریع کیک لجنی ایجاد یک بستر اولیه نموده ، همچنین یک لایه جدا کننده مانع از پخش شدگی مصالح خاکریز در خاک لجنی می شود و باعث انسجام و شکل گیری سریعتر و بهتر پی می گردد که مشخصات این لایه بسته به نوع بار وارده به آن و ارتفاع خاکریز تعیین می گردد .

واژه های کلیدی : خاک لجنی ، نفوذ ، ژئوسنتتیک ، خاکریز ، بستر ، ساخت پذیری ، کیک لجنی ، پخش شدگی

مقدمه

خاکهای لجنی معمولا از خاکهای ریز دانه (رس و لای) شل و با درصد رطوبت بسیار بالا تشکیل شده اند و مقاومت برشی آنها بسیار ناچیز می باشد . مقاومت برشی این خاکها مورد بحث قرار گرفته است. (Fakher & Jones & Clarke,1999) این خاکها حالتی بین جامد و مایع داشته و ظرفیت باربری قابل توجهی ندارند . وجود این خاکها در نواحی ساحلی و دریاچه ها باعث ایجاد مشکلات بسیار می گردد که نشست و عدم ساخت پذیری خاکریز و موج شکن روی آنها از این مقوله است .

سطح بستر دریاها معمولا پوشیده از یک لایه سست لجنی می باشد . این لایه سست می تواند بسیار کم ضخامت و یا بسیار ضخیم مثل بستر دریاچه ارومیه باشد . اصولا در اجرای خاکریز بر روی بسترهای سست لجنی در آب لازم است اولا ظرفیت باربری و نشست بستر کنترل شود و ثانیا باید شرایط تشکیل پی بوجود آید . منظور این است که نباید سنگدانه ها بصورت مستقل و موضعی در بستر نفوذ کنند . این موضوع مورد بحث اصلی این مقاله است .

ساخت بر روی خاکهای لجنی

در گذشته روشهای مختلفی برای ساخت خاکریز بر روی خاکهای لجنی در دنیا مورد استفاده قرار گرفته است . استفاده از پله (سکو) ، ساخت مرحله ای ، زهکشی قائم ، برداشت خاکهای لجنی ، استفاده از ستونهای آهکی ،کاهش وزن سربار ، قراردادن سازه بر روی شمع ، تراکم دینامیکی، کنار زدن با انفجار و استفاده از مسلح کننده ها، از جمله روشهایی هستند که به تنهایی یا بصورت ترکیبی برای احداث خاکریز بر روی خاکهای لجنی مورد استفاده قرار گرفته اند (Fakher & Jones , 1996) . اکثر روشهای فوق

www.SID.ir

Archive of SID

یا گران بوده و یا مشکلات اجرایی خاصی را به دنبال دارند . از میان این روشها ، روش استفاده از مسلح کننده ها و ایجاد بستر مناسب از مقبولیت بیشتری برخوردار بوده و بیشتر از سایر روشها مورد استفاده قرار گرفته است . در این روش ، یک لایه ماسه با یا بدون مسلح کننده روی بستر سست قرار می گیرد و سپس خاکریز بر روی آن اجرا می گردد . این روش بصورت ترکیبی با روشهای ساخت مرحله ای و زهکشی قائم نیز بکار برده می شود . برای طراحی خاکریزها بر روی خاکهای لجنی با استفاده از مسلح کننده ها و بدون استفاده از آنها روشهای مختلفی با استفاده از روش تعادل حدی ; Koerner , 1994) (1986, Jewel ;1987, John و روش اجزاء محدود (Brown & Poulos , 1980 ; Anderanes et all , 1982) ارائه شده است .

نکته حائز اهمیت در روشهای طراحی موجود این است که در هیچ کدام از این روشها پدیده نفوذ سنگدانه ها در خاک لجنی مورد بررسی قرار نگرفته است . در این تحقیق یک روش آزمایشگاهی ارائه شده است که با استفاده از آن نفوذ خاک لجنی به داخل مصالح خاکریز و پخش شدگی مصالح خاکریز به داخل خاک لجنی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می گیرد .

آزمایش نفوذ

در این مقاله ، آزمایش نفوذ برای مطالعه و بررسی چگونگی نفوذ لجن به داخل مصالح خاکریز و پخش شدگی مصالح در خاک لجنی و همچنین بررسی اثر انواع جدا کننده ها در این فرآیند پیشنهاد شده است . در این آزمایش خاک لجنی و مصالح روی آن بصورت جزء واحد در نظر گرفته شده و مقاومت فرو رفت آن در حالتهای مختلف با جدا کننده و بدون جدا کننده و تغییر قطر مصالح تعیین می گردد .

چگونگی آزمایش

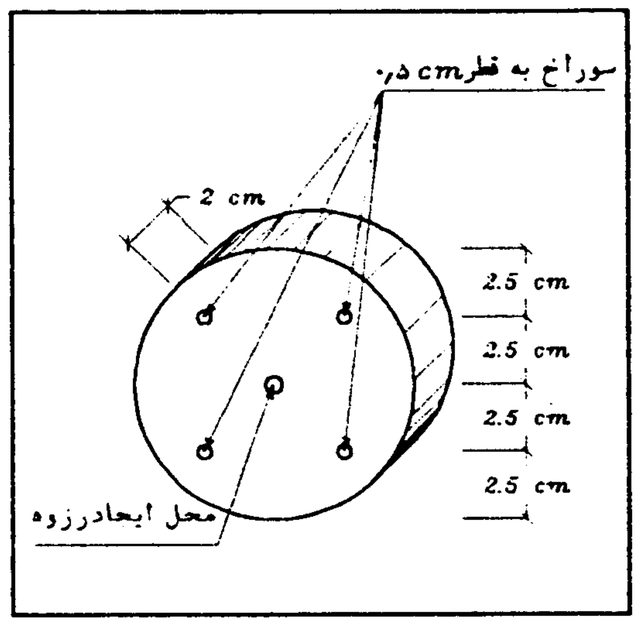
برای انجام هر آزمایش ، ابتدا خاک ریز دانه بوسیله دستگاه همزن ، به مدت ۲۰ دقیقه و در دمای ۲۵°C با آب مخلوط می گردد تا درصد رطوبت آن به حد روانی برسد . برای تعیین درصد رطوبت آن دو نمونه رطوبت سنجی از آن برداشته شده و در گرمچال قرار می گیرد و همچنین دو نمونه از خاک لجنی بدست آمده نیز بوسیله دستگاه برش پره مورد آزمایش قرار گرفته و مقاومت برشی آن تعیین می گردد . خاک بدست آمده را بوسیله کمچه در داخل قالب تراکم معمولی به قطر ۱۰ سانتیمتر می ریزیم ، ضخامت خاک لجنی برابر با ۱۱ سانتی متر می باشد . سپس روی خاک لجنی در قالب ، لایه های مورد نظر برای آزمایش قرار می گیرند . لایه های جدا کننده با قطر مناسب بریده می شوند و در محل با دست قرار می گیرند . کشش اولیه به این لایه ها اعمال نمی شود . اهمیت کشش اولیه و مقاومت در برابر بیرون کشیدن ، قبلا مورد تحقیق قرار گرفته است . (Fakher & Jones , 1997) برای قرار دادن لایه های خاک درشت دانه بدین صورت عمل گردید که ابتدا از هر کدام از مصالح یک حجم معینی جدا می شد به گونه ای که اگر در یک استوانه به قطر ۱۰ cm ریخته شوند فضائی به ضخامت ۲/۵ cm را اشغال نمایند و برای اینکه چگونگی ریختن مصالح در هر آزمایش یکی باشد از یک روش خاص برای قرار دادن مصالح روی خاک لجنی یا لایه جدا کننده استفاده شده است . بدین صورت که دو صفحه فیلم رادیوگرافی در کنار هم و روی بدنه اصلی قالب تراکم قرار می گیرند ، به نحوی که بطور کامل دهانه قالب را بپوشاند ، سپس سر قالب روی این دو صفحه قرار گرفته و مصالح بوسیله دست و از یک ارتفاع ۵ سانتی متری ثابت بالای سر قالب به داخل آن ریخته می شوند . پس از آن صفحات رادیوگرافی از طرفین کشیده می شود که با این کار مصالح بر روی خاک لجنی قرار گرفته و سر قالب با بدنه اصلی قالب درگیر می شود و مجموعه آماده بارگذاری می گردد . برای بارگذاری روی این سیستم از یک صفحه فلزی که به قاب بارگذاری دستگاه C.B.R متصل شده است استفاده می شود . صفحه اعمال بار که در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفته با آزمون و خطا برای این تحقیق طراحی شده و بوسیله شاخه مکانیک جهاد دانشگاهی تهران ساخته شده است و دارای مشخصات زیر می باشد :

یک صفحه فلزی به قطر ۱۰ سانتی متر (به

www.SID.ir

Archive of SID

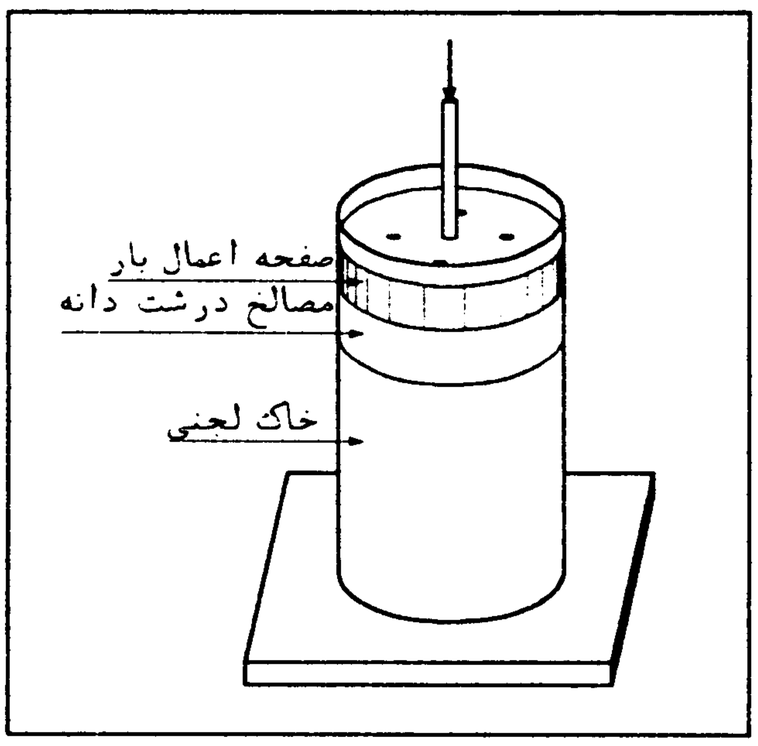
گونه ای که به راحتی و بصورت پیستون بتواند داخل قالب تراکم حرکت کند) ، ضخامت صفحه ۲ سانتی متر بوده که در طرفین آن و به فاصله ۲/۵ سانتی متر از مرکز صفحه ، چهار سوراخ به قطر ۰/۵ سانتی متر تعبیه شده است . مرکز صفحه به قطر یک سانتی متر به گونه ای رزوه شده که بتوان آن را به دستگاه C.B.R پیچ نموده و محکم کرد . در شکل (۱) نمای روبروی محل قرار گیری سوراخها و رزوه به خوبی قابل مشاهده است .



شکل ۱ : صفحه اعمال بار.

شکل (۲) چگونگی اعمال بار بوسیله دستگاه C.B.R و صفحه اعمال بار بر روی نمونه آماده شده را نشان می دهد . به هنگام اعمال بار توسط دستگاه C.B.R ، نیرو و تغییر مکان ایجاد شده ثبت می گردد . این کار تا زمانی ادامه پیدا می کند که خاک لجنی از سوراخهای تعبیه شده در صفحه اعمال بار بیرون بزند . این نقطه به عنوان نقطه فرو رفت لایه درشت دانه در خاک ریزدانه معرفی شده و آزمایش خاتمه می یابد . پس از اتمام آزمایش ، قسمت سر قالب از بدنه اصلی قالب جدا شده و چگونگی نفوذ لجن به داخل مصالح و تشکیل کیک لجنی مورد بررسی قرار می گیرد . همچنین با برداشت مصالح موجود روی خاک لجنی، میزان پخش شدگی و نفوذ آنها در خاک لجنی نیز بررسی می گردد.

نکته قابل توجه این است که آزمونهای انجام شده ، نوعی آزمون ظرفیت باربری نیستند به همین دلیل قطر صفحه بارگذاری و قطر قالب محتوی خاک تقریبا یکسان است و اثر مرزها در افزایش ظرفیت باربری اهمیت ندارد (شکل ۳) . آنچه در طبیعت به وقوع می پیوندد این است که دانه های خاک درشت دانه در خاک ریز دانه لجنی فرو می روند هر چه قطر دانه های خاک درشت دانه کمتر و مقاومت خاک ریز دانه لجنی بیشتر باشد ، احتمال این فرورفت کمتر است . آزمایش انجام شده در این تحقیق در واقع نشان دهنده نیروی لازم برای فرو راندن مجموعه دانه های خاک درشت در خاک ریز دانه لجنی می باشد . آزمایش تحکیم که بصورت متداول در آزمایشهای مکانیک خاک انجام می شود از همین دسته آزمایشها است و قطر صفحه بارگذاری و مخزن خاک تقریبا یکسان است . به همین دلیل روش مشابه در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است .



شکل ۲ : چگونگی اعمال بار بر روی نمونه.

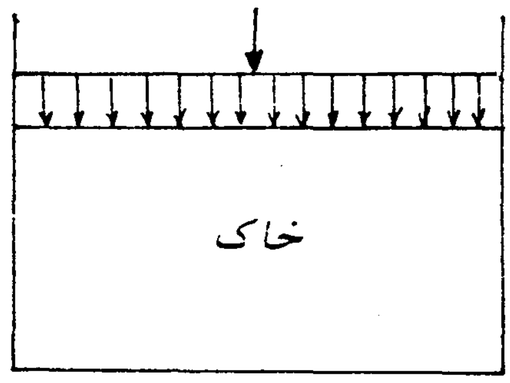
تشریح آزمایش ها

همانطور که اشاره گردید ، هدف از این آزمایشها بررسی نفوذ مصالح به داخل خاک لجنی و همچنین نفوذ خاک لجنی به درون مصالح و در نهایت تشکیل کیک خاک دانه ای و لجن می باشد . بنابر این آزمایشها باید به گونه ای باشد که این هدف را برآورده سازد . در اینجا علاوه بر اینکه نمونه های مختلف با دانه بندی و ضخامت های متفاوت بر روی خاک لجنی قرار گرفته و مورد تجزیه و تحلیل قرار می گیرند ، اثرات انواع جدا کننده ها نیز بررسی شده و حالتهای مختلف آنها در نظر

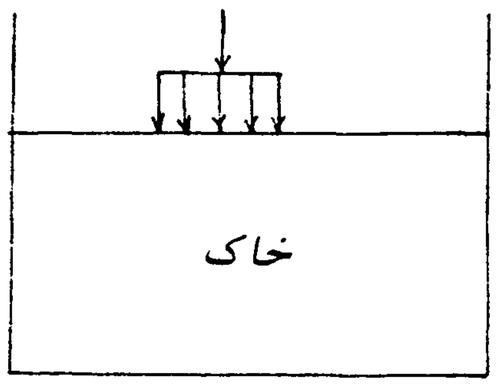
www.SID.ir

Archive of SID

گرفته می شود.



آزمون نشست یا فرورفت



آزمون ظرفیت باربری

شکل ۳ : مقایسه آزمونهای ظرفیت باربری و آزمون های نشست یا فرورفت.

مصالح آزمایش

مشخصات مصالحی که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته اند به قرار زیر می باشد :

خاک ریز دانه

مشخصات خاک ریز دانه استفاده شده بصورت زیر است :

PL=19.5 % حد خمیری

LL=39.3 % حد روانی

$\gamma_{max} = 1.17\ gr/cm^3$ وزن مخصوص خشک

این نوع خاک ریز دانه بر مبنای طبقه بندی یونیفاید ، CL نامیده می شود .

مصالح درشت دانه

مشخصات مصالح درشت دانه استفاده شده در جدول (۱) آمده است . (Di قطری است که I درصد دانه ها از آن کوچکتر باشد)

جدا کننده ها

در برخی از آزمایشها جدا کننده بین مصالح دانه ای و خاک ریز دانه استفاده شده است . مصالح زیر به عنوان جدا کننده در آزمایش بکار رفته اند :

جدول ۱: مشخصات مصالح درشت دانه.

شماره نمونه	D_{10} (mm)	D_{30} (mm)	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)
نمونه (۱)	19.6	21.0	22.2	23.0
نمونه (۲)	16.0	17.0	17.4	18.0
نمونه (۳)	5.8	8.0	10.0	11.4
نمونه (۴)	4.1	4.2	4.4	4.5
نمونه (۵)	3.4	3.6	3.7	3.8
نمونه (۶)	2.9	3.0	3.1	3.2
نمونه (۷)	2.1	2.24	2.4	2.5

الف) پارچه گونه نبافته [1]

پارچه گونه مصرفی در این تحقیق از نوع نبافته بوده و با علامت اختصاری B300 ، محصول شرکت تولیدی هوئیسکر (HUESKER) آلمان می باشد . خصوصیات این نوع ژئوتکستایل در جدول (۲) آمده است .

ب) شبکه پلیمری [2]

شبکه پلیمری استفاده شده در اینجا محصول شرکت مشیران با علامت اختصاری CE121 بوده و دارای مشخصات مندرج در جدول (۳) می باشد .

پ) کنف

استفاده از کنف به عنوان یک پارچه گونه طبیعی

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲: مشخصات پارچه گونه استفاده شده به عنوان جدا کننده.

وزن واحد سطح	300 gr/m^2	بیشترین کرنش طولی	120 %
ضخامت تحت بار 2kPa	4 mm	بیشترین کرنش عرضی	100 %
مقاومت در برابر سوراخ شدگی	1200 N	ابعاد یک رول	$100*5\ m^2$
بیشترین مقاومت کشش در طول	5 kN/m	نوع پلیمر	پلی پروپیلنpp
بیشترین مقاومت کشش در عرض	10 kN/m		

جدول ۳ :مشخصات شبکه پلیمری استفاده شده به عنوان جدا کننده .

ابعاد سوراخها	$8*6\ mm^2$	ابعاد یک رول	$30*2\ m^2$
بیشترین مقاومت کششی	7.68 kN/m	وزن واحد سطح	$730\ gr/m^2$
کرنش در 50% بیشترین بار	3.2 %	بار در کرنش10%	6.8 kN/m
ضخامت	3.3 mm	نوع پلیمر	پلی اتیلن با دانسیته بالا
کرنش در بیشترین بار	20.2 %		

در پروژه های مختلف عمرانی انجام شده است . لذا کیسه های کنفی معمولی (گونی) نیز به عنوان جدا کننده مورد استفاده قرار گرفته است و مشخصات آن بصورت جدول (۴) است . با توجه به عدم دسترسی به امکانات انجام آزمایش کشش پارچه گونه امکان اندازه گیری مشخصات تنش – تغییر شکل وجود نداشت .

جدول ۴: مشخصات کنف استفاده شده به عنوان جدا کننده.

وزن واحد سطح	$82.5\ gr/m^2$	ابعاد سوراخها	$1*1\ mm^2$
ضخامت	1.5 mm		

ت) پارچه گونه نبافته متراکم

اصولا روش تولید پارچه گونه نبافته و موکت معمولی یکسان است . فقط در آخرین مرحله تولید ، موکت با افزودن مواد ضد حریق متراکم می شود . لذا از موکت نیز به عنوان جدا کننده در آزمایشها به کار رفته است . موکت مورد استفاده از موکت های معمولی موجود در بازار است و دارای مشخصات زیر می باشد :

جدول ۵: مشخصات موکت استفاده شده به عنوان جدا کننده.

وزن واحد سطح	$135\ gr/m^2$	ضخامت	4 mm

ارائه و تحلیل نتایج

در اینجا با در کنار هم قرار دادن نمودارهای نیرو – تغییر مکان بدست آمده از هر آزمایش و مقایسه آنها با یکدیگر به بررسی اثرات تغییر قطر مصالح و انواع جدا کننده ها و در نفوذ پرداخته می شود .

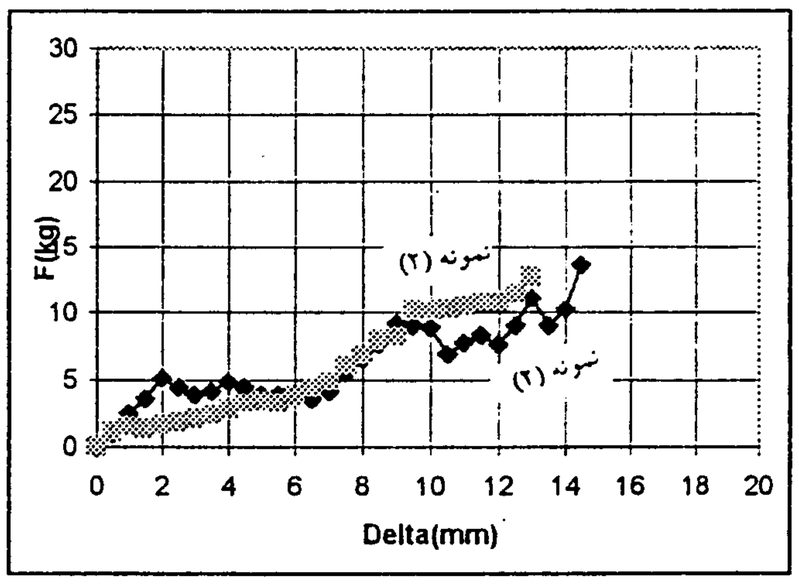
تکرار پذیری

در شکلهای (۴) ، (۵) و (۶) تکرار پذیری آزمایشها مورد بررسی قرار گرفته است . با توجه به شکل (۵) به دلیل عدم تکرار پذیری برای مصالح نمونه (۴) یک آزمایش از رده خارج می شود . با توجه به این شکلها ، خطای مشاهده شده برای آزمایش با نمونه (۲) ، ۲۰٪ خطای آزمایش با نمونه (۴) ، ۱۸٪ و خطای آزمایش با نمونه (۴) به همراه کنف ، ۳۰٪ می باشد که می توان خطای ۲۰٪

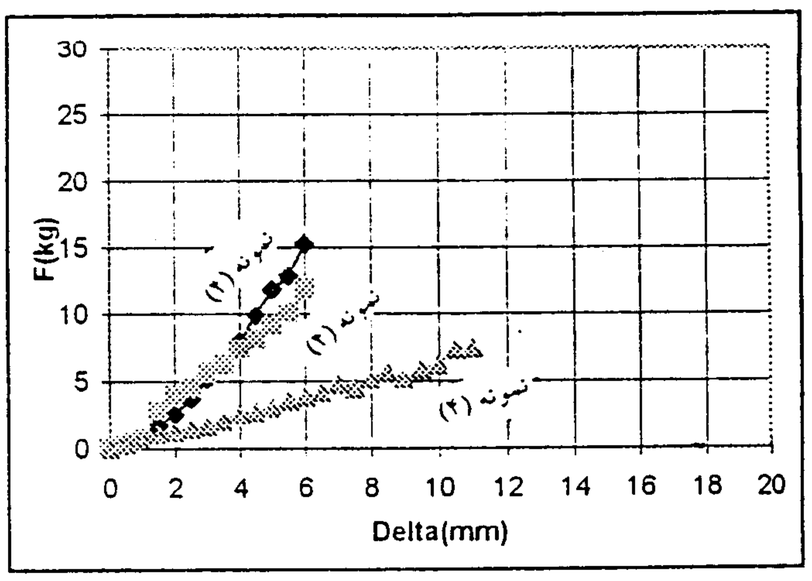
www.SID.ir

Archive of SID

را به عنوان معرف برای آزمایش های فوق در نظر گرفت .



شکل ۴: بررسی تکرار پذیری آزمایش ها.



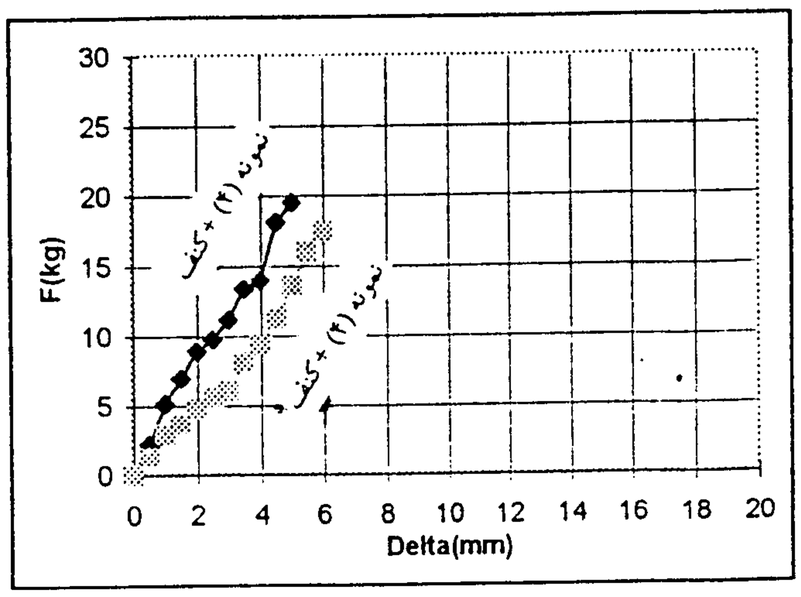
شکل ۵ : بررسی تکرار پذیری آزمایش ها.

تاثیر عوامل مختلف

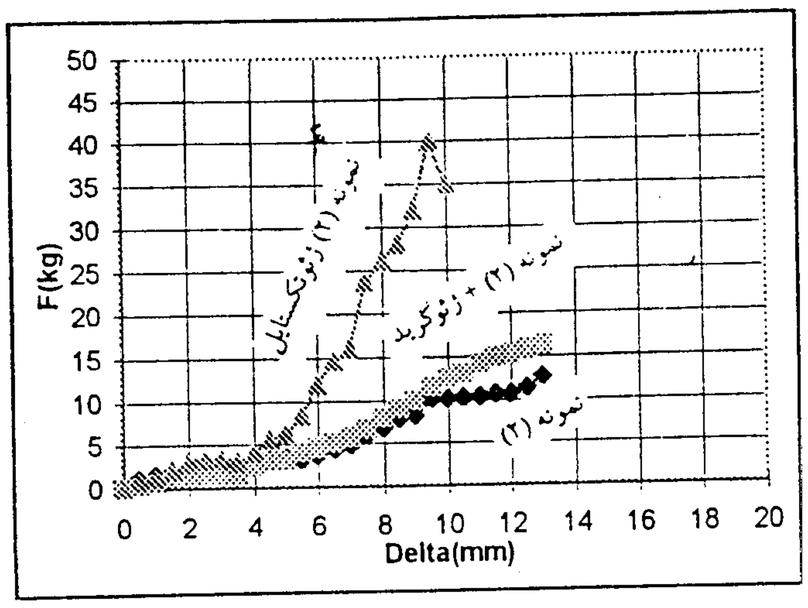
(الف) در شکل (۴) ناهماهنگی اولیه بین دو آزمایش دیده می شود که در شکل (۵) وجود ندارد . این بدلیل درشت دانه تر بودن مصالح نمونه (۲) می باشد زیرا برای قرار دهی مصالح درشت دانه تر امکان ناهمگنی اولیه لایه بیشتر است در ضمن همانطور که در شکل (۶) می بینیم ، وجود کنف موجب کاهش ناهماهنگی اولیه می شود.

(ب) در شکل (۷) اثر شبکه پلیمری و پارچه گونه در افزایش مقاومت فرو رفت به خوبی قابل مشاهده است .

شبکه پلیمری ۴۰٪ و پارچه گونه ۱۸۰٪ ، مقاومت فرو رفت مصالح در خاک لجنی را افزایش داده اند پارچه گونه علاوه بر افزایش مقاومت فرو رفت . میزان تغییر مکان را نیز کاهش داده است . کارآیی کمتر پارچه گونه می تواند به دلیل مقاومت خمشی اندک باشد .
(Fakher & Jones & Zakaria , 1996)



شکل ۶ : بررسی تکرار پذیری آزمایش ها.



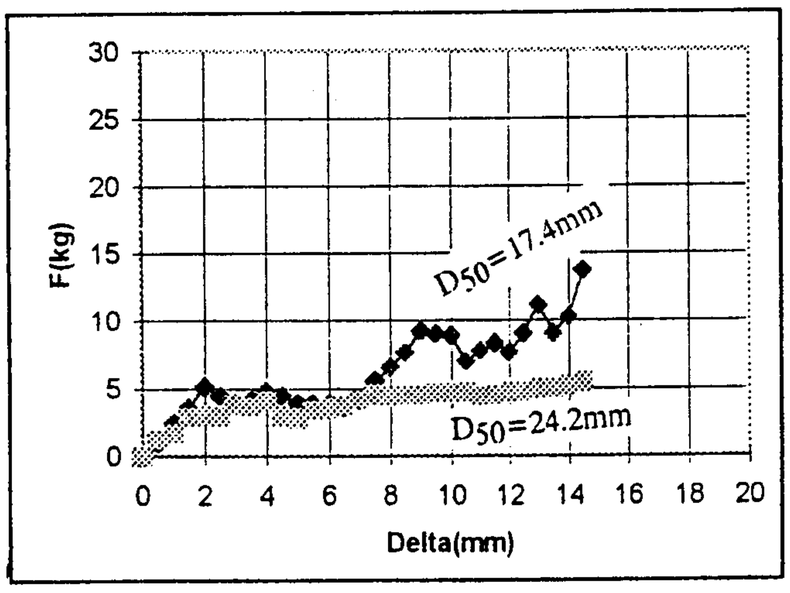
شکل ۷ : بررسی اثر شبکه پلیمری (ژئوگرید) و پارچه گونه (ژئوتکستایل) در افزایش مقاومت فرورفت .

(ج) در شکل (۸) تاثیر قطر مصالح دانه ای در مقاومت فرو رفت مشاهده می گردد . مقاومت فرو رفت نمونه (۲) با حداکثر قطر ۱۹ میلی متر ، تقریبا دو برابر

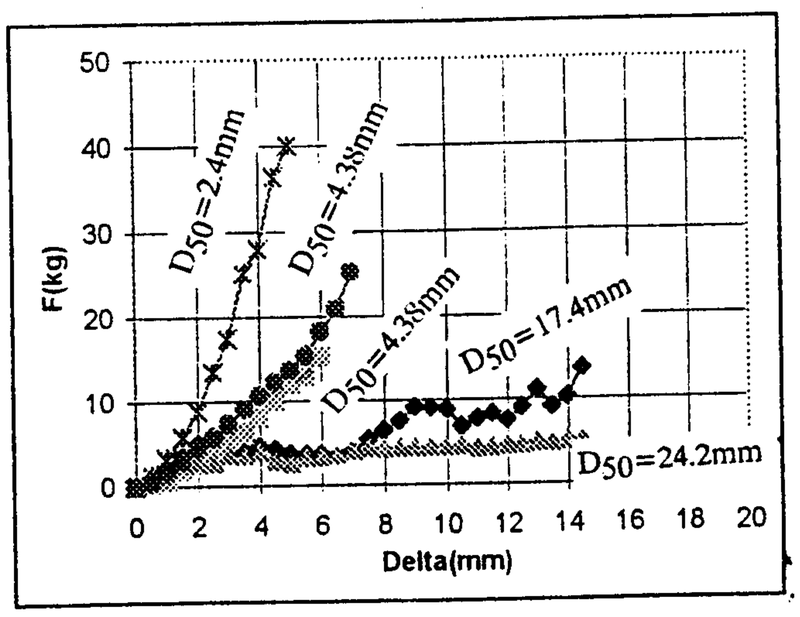
www.SID.ir

Archive of SID

مقاومت فرو رفت نمونه (۱) با حداکثر قطر ۲۵/۴ میلی متر می باشد.



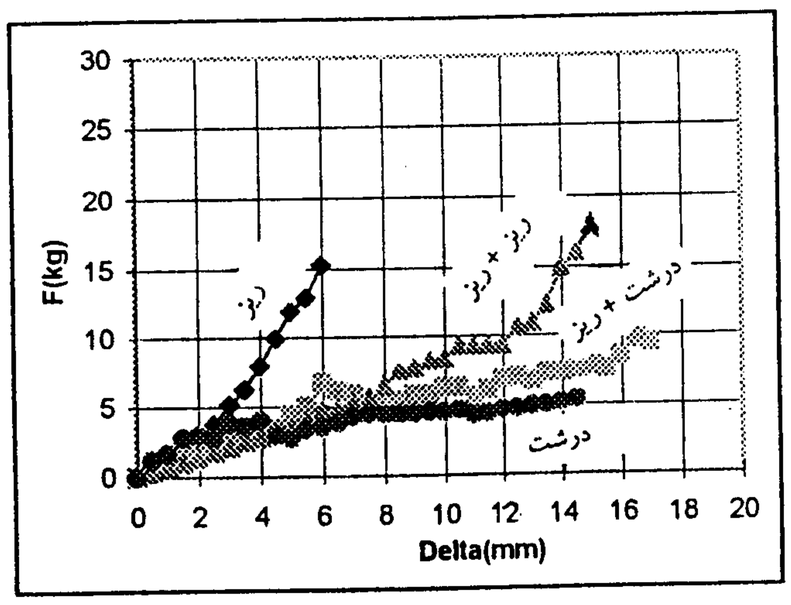
شکل ۸ : بررسی اثر قطر مصالح دانه ای در مقاومت فرورفت.



شکل ۹ : بررسی اثر قطر مصالح دانه ای در مقاومت فرورفت.

در شکل (۹) نیز اثرات تغییر قطر مصالح دانه ای بر مقاومت فرو رفت و تغییر مکان به خوبی دیده می شود . این شکل نشان می دهد که با کاهش قطر مصالح دانه ای مقاومت فرو رفت مصالح افزایش می یابد ولی تغییر مکان لازم تا رسیدن به حد مقاومت فرو رفت کاهش می یابد .

(د) با توجه به شکل (۱۰) می توان به اثر تناوب لایه ای درشت و ریز خاک دانه ای پی برد مقاومت فرورفت مصالح دانه ای به ترتیب زیر تغییر یافته است مقاومت فرورفت لایه خاک دانه ای درشت کمتر از مقاومت خاک دانه ای درشت است که بر روی یک لایه خاک دانه ای ریز قرار دارد . زیرا خاک دانه ای ریز نقش پی را برای خاک دانه ای درشت ایفاء می کند . در ضمن در شکل (۱۰) ملاحظه می گردد که مقاومت فرورفت برای خاک دانه ای ریز بیشتر از سیستم دو لایه ای از خاک دانه ای ریز داریم، حداکثر مقاومت فرورفت حاصل می گردد . در مواردیکه از مصالح دانه ای درشت دانه استفاده شده است نفوذ موضعی تک دانه ها باعث گسیختگی و در نتیجه کاهش مقاومت فرورفت مصالح می گردد .



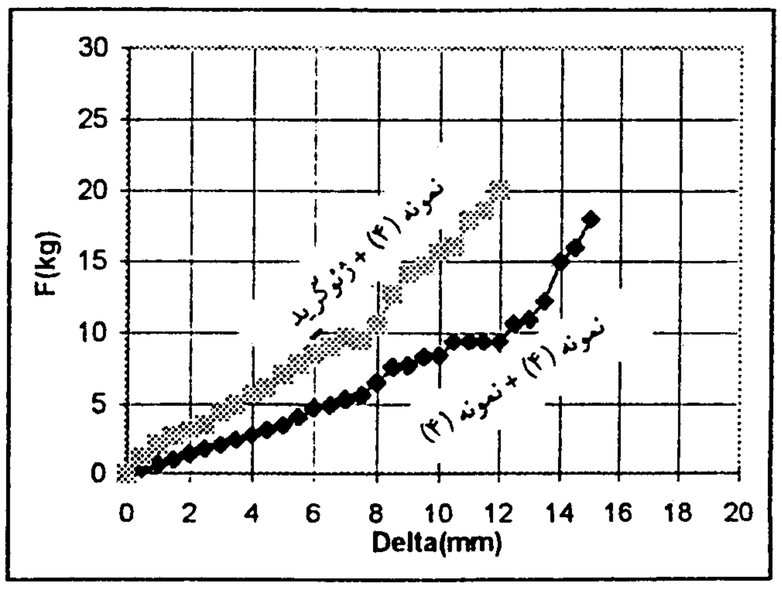
شکل ۱۰ : بررسی اثر تناوب لایه ها.

(ه) در شکل (۱۱) اثر شبکه پلیمری در افزایش مقاومت فرورفت و کاهش تغییر مکان دیده می شود که این پدیده را میتوان بدین شکل توجیه نمود که شبکه پلیمری از نفوذ مصالح به داخل خاک لجنی و پخش شدن آنها جلوگیری می کند ، در نتیجه مصالح دانه ای انسجام یافته و در برابر فرورفت مقاومت بیشتری از خود نشان می دهند.

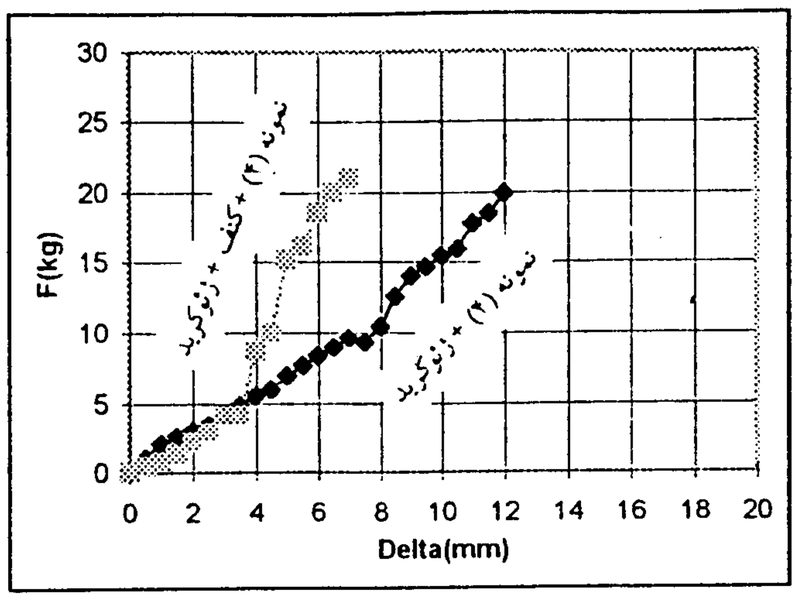
(و) در شکل (۱۲) نیز اثر مصالح درشت دانه در کاهش مقاومت فرورفت مصالح در یک سیستم دو لایه ای دیده می شود . نمونه (۱) درشت تر از نمونه (۴) است و نمونه (۴) نقش پی را برای آن ایفاء می کند .

www.SID.ir

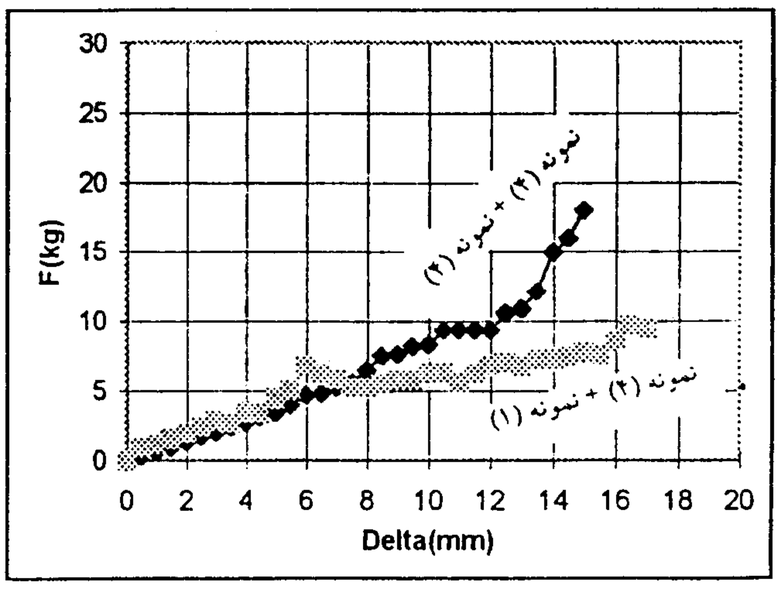
Archive of SID



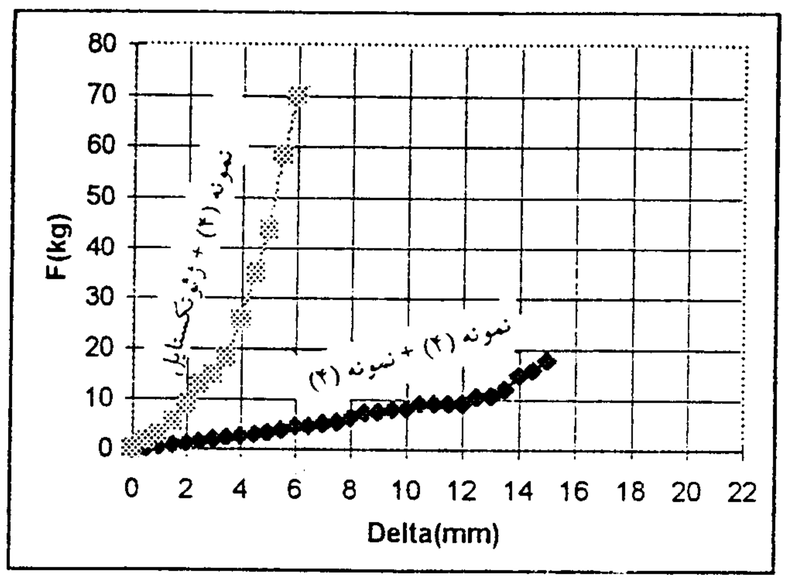
شکل ۱۱ : بررسی اثر شبکه پلیمری در افزایش مقاومت فرورفت و کاهش تغییر مکان.



شکل ۱۳ : بررسی اثر استفاده همزمان کنف و شبکه پلیمری در افزایش مقاومت فرورفت و کاهش تغییر مکان.



شکل ۱۲ : بررسی اثر مصالح درشت دانه در کاهش مقاومت فرورفت.



شکل ۱۴ : بررسی اثر پارچه گونه در افزایش ظرفیت نفوذ و کاهش تغییر مکان.

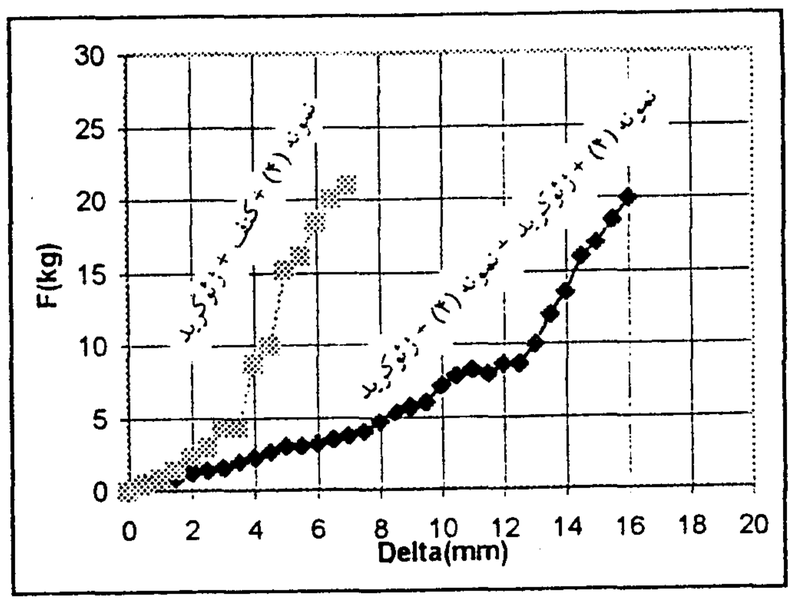
(ز) در شکل (۱۳) اثر استفاده همزمان کنف و شبکه پلیمری در افزایش مقاومت فرو رفت و کاهش تغییر مکان ملاحظه می گردد . نتیجه حاصل از ترکیب این دو لایه بسیار مطلوب است . شبکه پلیمری ، دارای مقاومت خمشی است و از پخش شدگی مصالح دانه ای به داخل خاک لجنی جلوگیری میکند اما دارای سوراخهای باز است و لجن می تواند به راحتی وارد آن شود . بنابر این اگر این دو نوع ژئوسنتتیک با هم بکار برده شوند نتیجه بهتری خواهیم گرفت .

در شکل (۱۴) بخوبی اثر پارچه گونه در افزایش ظرفیت نفوذ و کاهش تغییر مکان مشاهده می گردد . در ضمن با توجه به شکل (۱۵) ملاحظه می گردد که یک لایه کنف به عنوان حائل ، عملکرد بهتری از یک لایه شبکه پلیمری به همراه یک لایه نمونه (۴) داشته است . در شکل (۱۶) ، باز هم اثر کنف در افزایش مقاومت فرو رفت مصالح دیده می شود . آشفتگی های اولیه موجود در منحنی نیرو – تغییر مکان در این شکل نیز بخاطر جاگیری اولیه مصالح درشت دانه است .

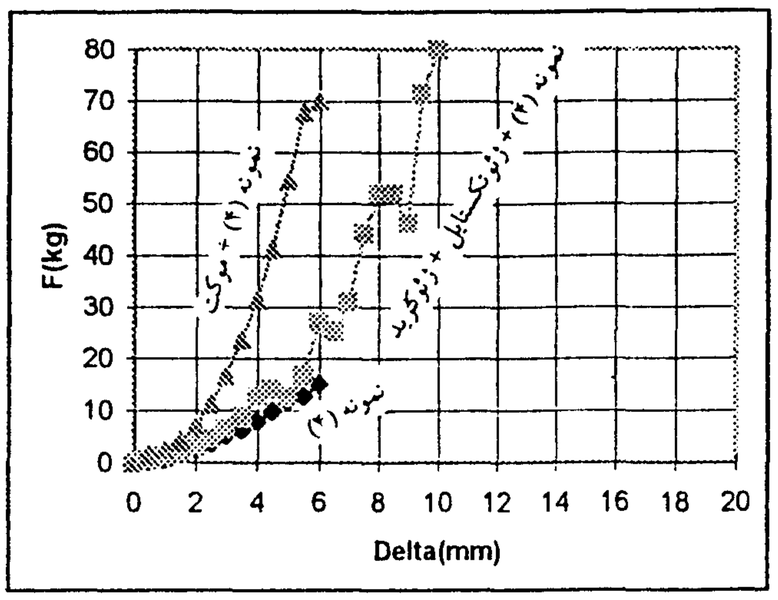
www.SID.ir

Archive of SID

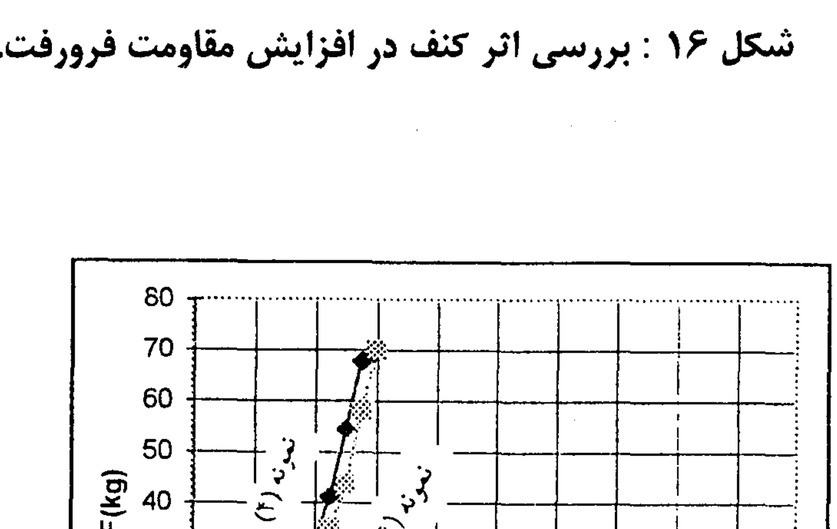
در شکل (۱۷) عملکرد یکسان موکت و پارچه گونه، در افزایش مقاومت فرو رفت و کاهش تغییر مکان بخوبی قابل مشاهده می باشد . در شکل (۱۸) اثر استفاده از جدا کننده و عدم استفاده از آن را می توان ملاحظه نمود. در شکل (۱۹) دیده می شود اضافه نمودن یک لایه موکت تاثیر قابل توجه ای در افزایش مقاومت فرو رفت و کاهش تغییر مکان خواهد داشت .



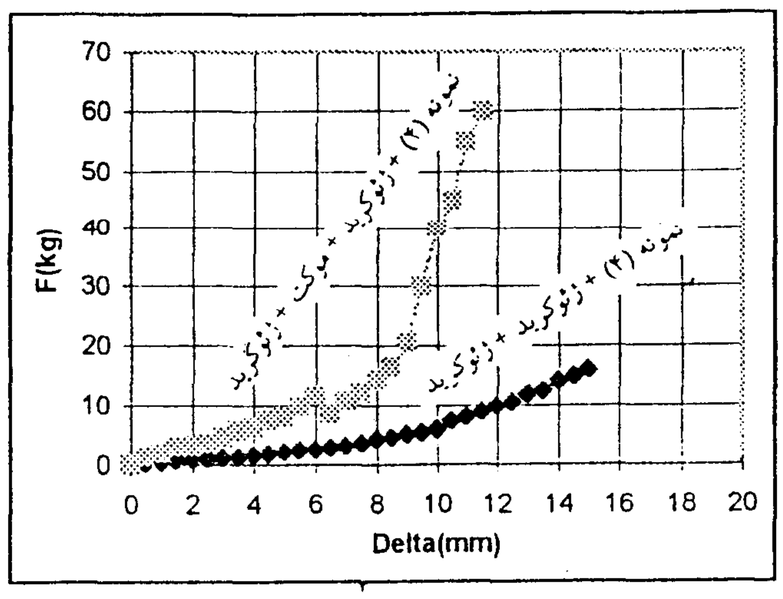
شکل ۱۵ : مقایسه اثر کنف و اثر یک لایه نمونه (۴) در کنار شبکه پلیمری.



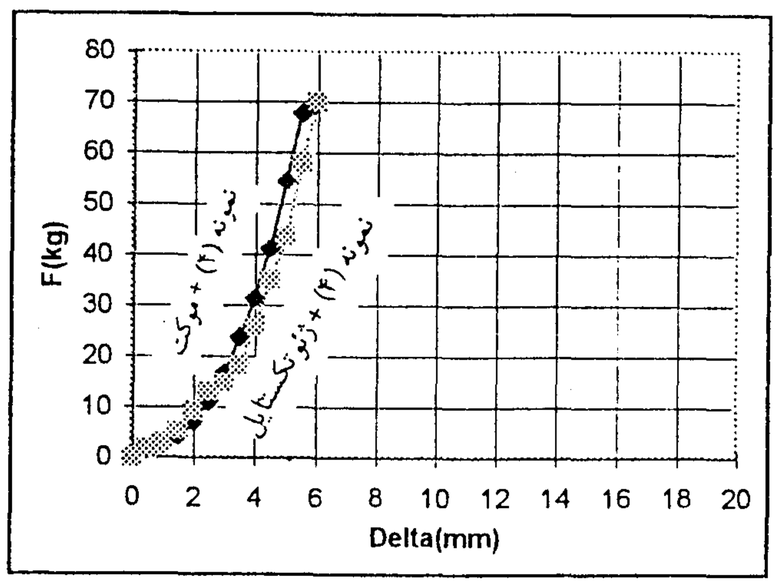
شکل ۱۸ : بررسی اثر استفاده از جدا کننده و عدم استفاده از آن.



شکل ۱۶ : بررسی اثر کنف در افزایش مقاومت فرورفت.



شکل ۱۹ : بررسی اثر موکت در مقاومت فرو رفت و تغییر مکان.



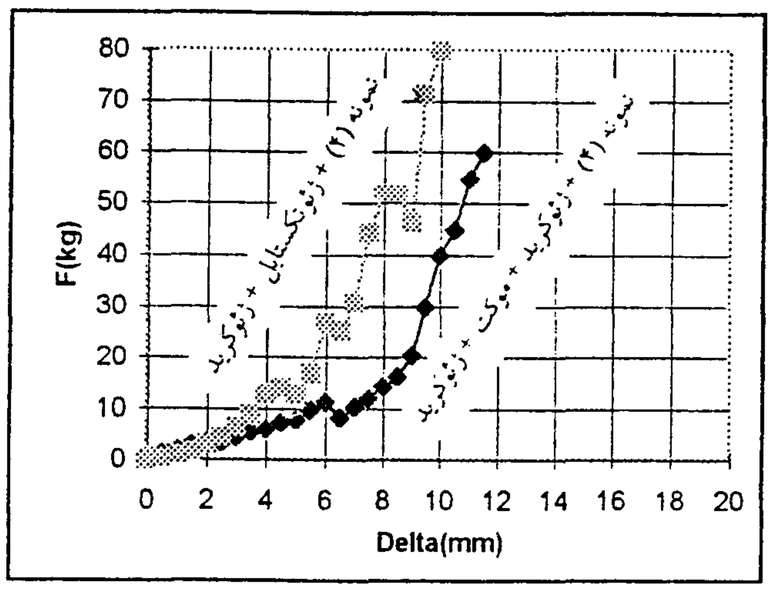
شکل ۱۷ : مقایسه اثر موکت و پارچه گونه.

در شکل (۲۰) و (۲۱) عملکردهای یکسان موکت و پارچه گونه به عنوان دو جدا کننده اصلی به همراه یا بدون شبکه پلیمری مشاهده می گردد ، جایگیری اولیه و سپس

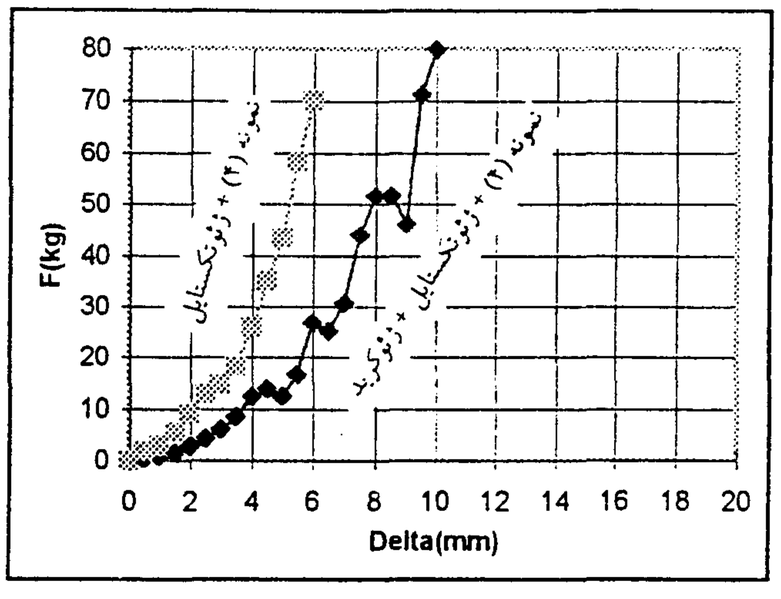
www.SID.ir

Archive of SID

باربری، رفتاری است کـه در اکـثر آزمـایش هـا دیـده شـده است. با توجه به شکل (۲۲) مشاهده می گردد که کنف اثر بهتری از شبکه پلیمری در کاهش نفوذ دارد .



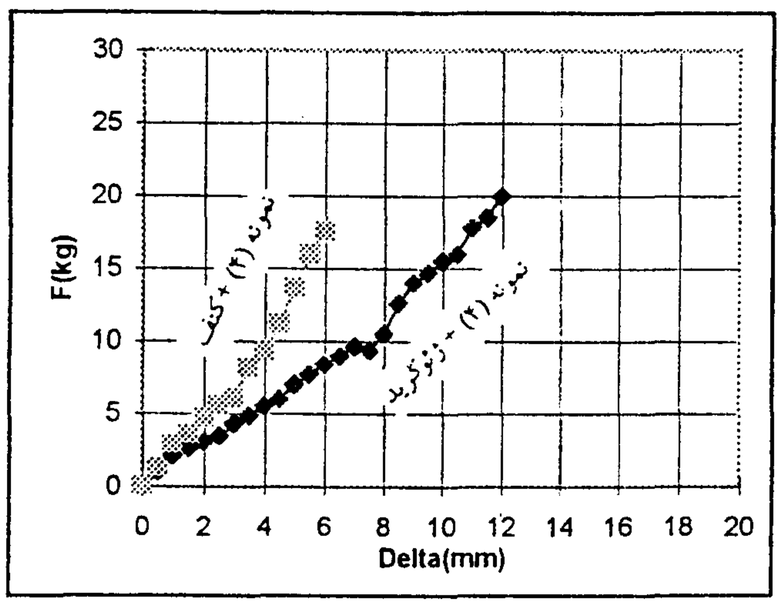
شکل ۲۰ : مقایسه اثر موکت و پارچه گونه.



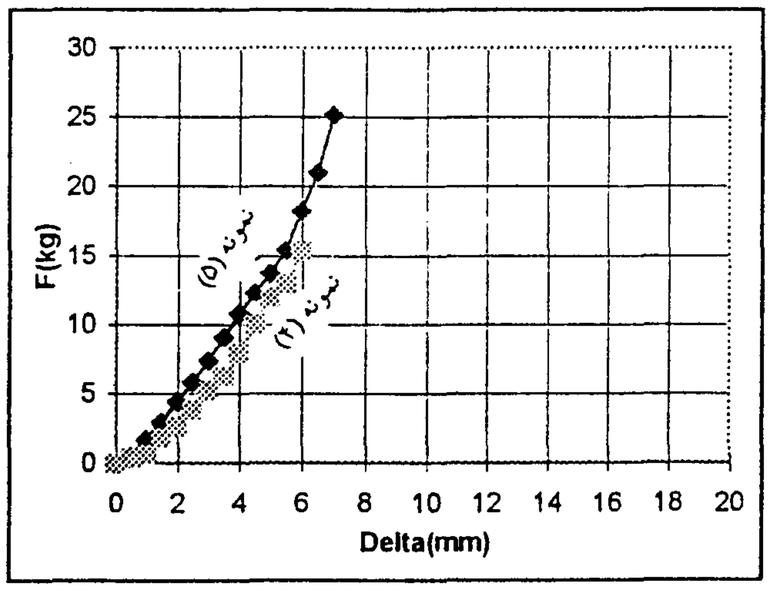
شکل ۲۱ : مقایسه اثر موکت و پارچه گونه به همراه شبکه پلیمری .

(ح) در شکل (۲۳) رفتار شبیه به هم برای دو نمونه (۴) و (۵) دیده می شود که این بدلیل نزدیـک بـودن قطـر مصالح می باشد .

در شکل (۲۴) چگونگـی افزایـش تغییـر مکـان لازم برای رسیدن به مقاومت نفوذ با افزایش قطر مصالح دانه ای مشاهده می گردد . یعنی هرچـه لایـه هـا درشـت دانـه تـر باشند ، تغییر مکان بزرگتری برای نفوذ لجن به درون لایـه نیاز می باشد . این پدیده می تواند به دلیل خلل و فـــرج بیشتر لایه درشت دانه تر باشد .



شکل ۲۲ : مقایسه اثر کنف و شبکه پلیمری.



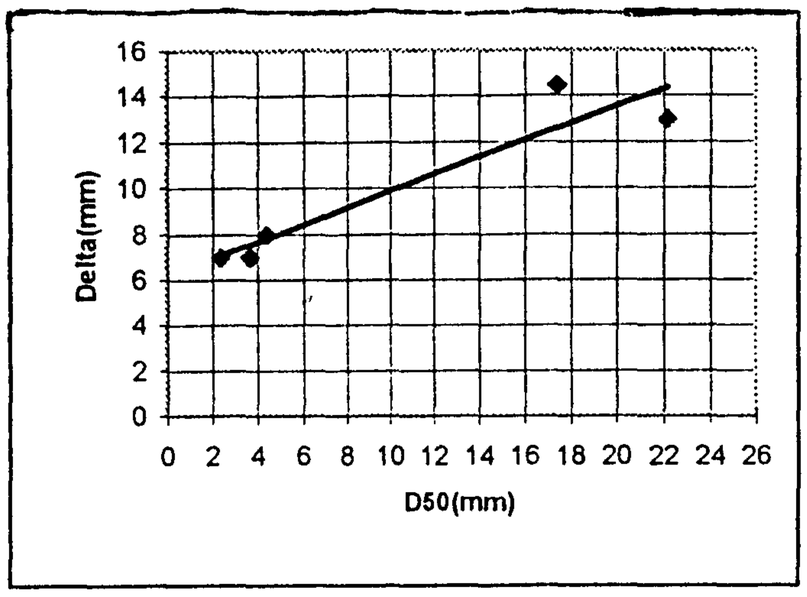
شکل ۲۳ : بررسی اثر دو نمونه مصالح با قطرهای نزدیک به هم.

نمودار نتیجه گیری از آزمایش

اصولاً مهندسی که در صـدد طراحـی یـک خـاکریز مثل موج شکن در محیط های آبی است ، کنترل های لازم برای ظرفیت باربری پی و نشست مجاز را انجام مـی دهـد . شرح مبسوط این کنترل ها توسط احمدی (۱۳۷۸) تشریح شده است . وقتی که لایـه ای لجنـی در بسـتر دریـا وجـود دارد ، باید کنترل مقاومت فرو رفت نیز انجام گـیرد . یعنـی طراح بـاید مطمئـن شـود کـه دانـه هـای خـاکریز بصـورت مستقل در لجن فرو نمی روند .

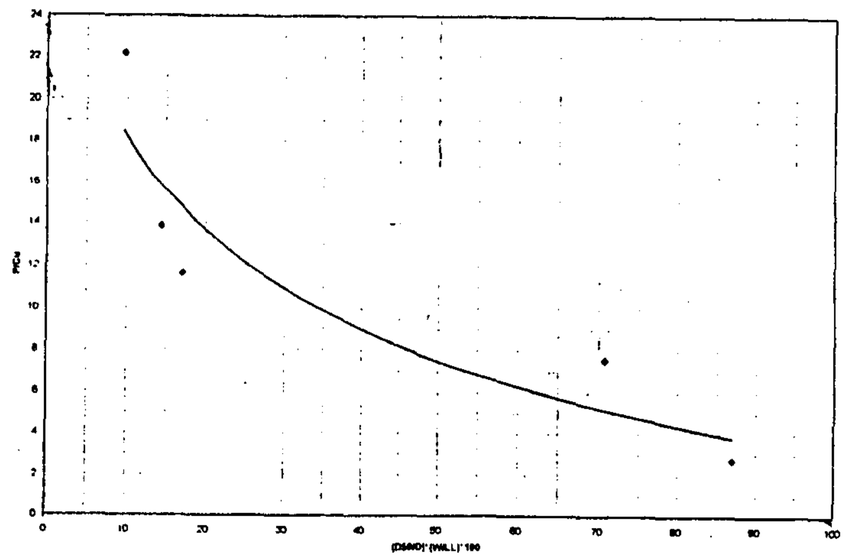
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲۴ : بررسی اثر تغییر قطر مصالح سنگی بر تغییر مکان.

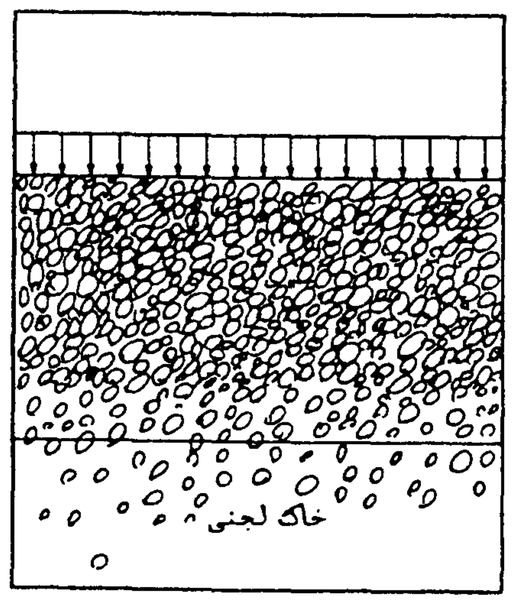
با توجه به آزمایشهای انجام شده ، نموداری تهیه شده است که می توان از روی آن مقاومت فرو رفت را کنترل نمود و مشخصات لایه تحتانی مورد نیاز برای خاکریز را بدست آورد . این نمودار در شکل (۲۵) آمده است . البته آزمایشهای گسترده تری برای تایید این نمودار در خاکها و شرایط مختلف مورد نیاز است که می تواند موضوع تحقیقات آتی باشد .



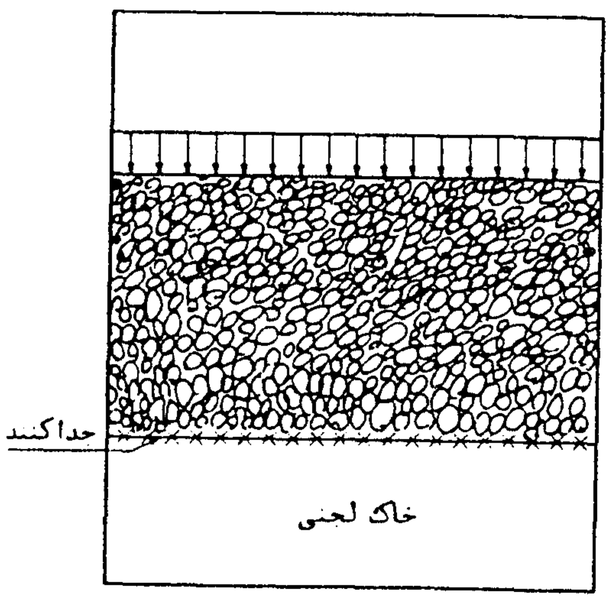
شکل ۲۵ : نمودار تعیین مشخصات لایه سنگدانه ای مورد نیاز برای اجرای خاکریز.

محور قائم این نمودار بیانگر نسبت نیروی مقاوم فرو رفت به مقاومت برشی لایه لجنی است و محور افقی نیز بیانگر متغیر بدون بعدی می باشد که نشان دهنده قطر دانه های خاک دانه ای و وضعیت خاک لجنی است . وضعیت خاک لجنی با نسبت رطوبت به حد روانی نشان داده می شود . (Fakher & Jones & Clark , 1999)

نحوه استفاده از نمودار شکل (۲۵) به این صورت است که نخست طراح با توجه به قطر مصالح دانه ای مورد استفاده در خاکریز دانه ای و مشخصات لایه لجنی به کنترل مقاومت فرورفت می پردازد . بار وارد بر لایه های کف خاکریز در اثر وزن خاکریز و سربارها باید کمتر از مقاومت فرورفت باشد . در غیر اینصورت یک لایه خاک ریز دانه تر در کف خاکریز اجرا می شود . خصوصیات این لایه نیز با استفاده از نمودار شکل (۲۵) بدست می آید .



الف) بدون جداکننده



ب) با جدا کننده

شکل ۲۶ : تاثیر جداکننده ها در نفوذ.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه گیری و بحث

در این مقاله ، یک نوع آزمایش برای مطالعه نفوذ مصالح دانه ای پیشنهاد شد . به طور کلی می توان آزمایش های انجام شده را به دو بخش همراه با جدا کننده و بدون جدا کننده تقسیم نمود در این آزمایشها دو نوع نفوذ قابل مشاهده بود ، نفوذ خاک لجنی به داخل مصالح و نفوذ مصالح به داخل خاک لجنی ، هر کدام از این موراد تاثیر به سزایی در چگونگی تشکیل کیک لجنی و ایجاد بستر اولیه دارند . چنانچه از جدا کننده استفاده نکنیم و مانعی برای پخش شدن مصالح به داخل خاک لجنی ایجاد ننمائیم ملاحظه می گردد که علاوه بر نفوذ خاک لجنی به داخل مصالح ، پخش شدگی مصالح در خاک لجنی را نیز خواهیم داشت که این خود عامل تاخیر در ایجاد کیک لجنی و نفوذ سریعتر خاک لجنی به داخل مصالح می باشد. در صورت استفاده از جدا کننده در مرحله اول از پخش شدن مصالح به داخل خاک لجنی جلوگیری می شود و پس از آن با توجه به تخلخل جدا کننده و نوع و مشخصات آن ، نفوذ خاک لجنی به داخل مصالح نیز کاهش می یابد . بنابر این جدا کننده ها نفوذ و تغییر مکان مربوطه را کاهش می دهند و عامل انسجام مصالح می باشند . موارد فوق در شکل (۲۶) به خوبی قابل مشاهده است .

در میان جدا کننده ها پارچه گونه بهترین عملکرد را داشته و نسبت به سایر جدا کننده ها تغییر مکان کمتر و باربری بیشتری نشان داده است . در واقع پارچه گونه به نوعی از هر دو نفوذ جلوگیری می نماید . شبکه پلیمری از پخش شدن مصالح در خاک لجنی جلوگیری کرده و به آنها انسجام می دهد ولی جلوی نفوذ لجن به داخل مصالح را نمی گیرد . کنف هم به عنوان یک جدا کننده عملکرد خوبی از خود نشان داده است ولی بخاطر پائین بودن مقاومت آن باربری بالائی ایجاد نکرده است . موکت نیز به مانند پارچه گونه باربری بالایی نشان داده است که این بخاطر یکسان بودن ساختار موکت و پارچه گونه می باشد . در شرایطی که از جدا کننده استفاده نمی شود با ریزتر شدن قطر مصالح مقدار تغییر مکان کاهش پیدا می کند ، پخش شدگی و نفوذ کمتر شده و کیک لجنی بهتر ایجاد خواهد شد بنابر این باربری بیشتری بدست می آید .

در نهایت می توان بیان کرد که برای طراحی یک خاکریز علاوه بر بررسی مکانیزم های ظرفیت باربری ، پایداری کلی ، پایداری داخلی ، لازم است که نفوذ مصالح دانه ای در بستر نیز مورد بررسی قرار گیرد . یعنی امکان دارد که برای یک خاکریز در حالت بدون جدا کننده همه کنترل های پایداری جواب بدهد ولی بستر اولیه بدلیل نفوذ مصالح اصلا تشکیل نشود . برای طراحی لایه ای که در زیر خاکریز اجرا شود و امکان اجرای خاکریز بر روی آن را فراهم آورد می توان نمودارهایی مشابه نمودار پیشنهادی در شکل (۲۵) با توجه به شرایط پروژه تهیه کرد و استفاده نمود . البته با انجام تحقیقات و آزمایش های گسترده تر در خاکها و شرایط مختلف می توان پیش بینی کرد که روند ارائه شده در شرایط (۲۵) مورد تصدیق قرار گرفته و در طراحی ها به کار رود . به هر حال این موضوع مستلزم تحقیقات آتی است .

مراجع

۱ - احمدی، ح. "اجرای خاکریز بر روی بسترهای سست لجنی در دریا." پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های دریایی، گروه مهندسی عمران ، دانشگاه تهران، (۱۳۷۸).

2 - Anderanes, K. Z., McGown, A., Wilson-Fahmy, R. F. and Nashhour , M. M. (1982). "The finite element method of analysis applied to soil-geotextile systems." *Proc. Second Inthl. Conf. On Geotextiles,* Las Vegas, Vol. 3, PP. 695-700.

3 - Brown, B. S. and Poulos, H. G. (1980). Analysis of foundations on reinforced soil. University of Sydney, Civil Engineering Research Report, R 377.

www.SID.ir

Archive of SID

4 - Fakher, A. and Jones, C. J. F. P. (1996). "A new unit-cell to study the Deformation Mechanism of super soft clay overlaied By Geogrid and sand." *Geosynthetics International,* Vol. 3, No. 3.

5 - Fakher, A., Jones, C. J. F. P. and Zakaria, N. A. B. (1996). "The influence of dimentional analysis on the interpretation of model loading tests of reinforced ground." *Proc. Of Int. Symp. On Earth Reinforcement,* Ochiai,Yasutuku & Omine (eds), Japan, PP..585-589.

6 - Fakher, A., Jones, C. J. F. P. and Clarke, B. G. (1999). "The yield stress of super soft clays." *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering , ASCE,* Vol. 125, No. 6, PP.499-509.

7 - Fakher, A. and Jones, C. J. F. P. (1997). "Anchorage behaviour of geosynthetic reinforcement embedded at clay-sand interface." *ICE , International Conference on Soil Densification and Reinforcement ,* London.

8 - Fakher, A. and Jones, C. J. F. P. (1996). "Land Reclamation using super soft clay." *Second International conference on Soft Soil Engineering,* Nanjin, China, PP.775-780.

9 - Jewell, R. A. (1996). *Soil reinforcement with geotextiles*. CIRIA, P. 332.

10 - John, N. W. M. (1987). *Geotextiles.* Blackie and son Ltd, P. 347.

11 - Koerner, R. M. (1994). *Designing with geosynthetics.* Prentice – Hall Inc., New Jersey. P. 782.

واژه های انگلیسی به ترتیب استفاده در متن

1 - Nonwoven Geotextile
2 - Geogrid

www.SID.ir