عوامل مؤثر در تقویت باربری زمینهای سست به وسیله پارچه گونه ها

دکتر سید مجدالدین میرمحمدحسینی

استادیار دانشکده مهندسی عمران

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

مهندس محمد رشیدیان دزفولی

فارغ‌التحصیل رشته کارشناسی ارشد خاک و پی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

۱) چکیده

استفاده از پارچه گونه‌ها در پروژه‌های مختلف ژئوتکنیکی به عنوان روشی اقتصادی و مهندسی جهت منظورهای متفاوت رواج زیادی پیدا نموده است. یکی از این کاربردها افزایش ظرفیت باربری زمینهای سست به وسیله مسلح نمودن خاک با لایه‌های پارچه گونه می‌باشد. با این حال هنوز رفتار، تنش، تغییر شکل و مکانیزم توزیع تنش بین نوارهای پارچه گونه و خاک به طور روشن و قطعی مشخص نمی‌باشد. مطالعه پارامترهائی که در افزایش ظرفیت باربری زمینهای سست در هنگام تسلیح با پارچه گونه مؤثر می‌باشند مطلبی است که در این تحقیق به آن پرداخته شده است و ضمن انجام آزمایشات مختلف بر روی پی‌های مدل شده در آزمایشگاه میزان اثر این پارامترها مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

The Parameters Affecting Bearing Capacity Improvement of the Weak Grounds Using Geotextiles

S.M. Mir Mohammad Hosseini ph.D.

Assistant prof. of Civil Engineering Dept.

Amirkabir University of Technology

M. Rashidian Dezfuli M.Sc.

Civil Engineering Dept.

Amirkabir University of Technology

ABSTRACT:

The Important Parameters affecting bearing capacity of the reinforced weak soils were experimentally studied. A special apparatus was developed in the Soil Mechanics laboratory of Amir Kabir University, Capable of studying bearing Capacity of Modeled footings put on the weak Soils reinforced by geotextiles.

Strips of geotextiles in different widths and different lengths were inserted between layers of Soils in different Thicknesses and different depths and the increase in the bearing capacity was measured carefully.

the main factors influencing bearing capacity of the reinforced soils were recognized and some Recommendations were made to achieve the most increase in the strength of the weak soils while using geotextiles.

۲) مقدمه

استفاده از نوارهای فلزی جهت مسلح نمودن خاک زیرپی های سطحی، مسأله‌ای است که به صورت آزمایشی توسط Lee & Binquet در سال ۱۹۷۵ مورد بررسی قرار گرفت. آنان با استفاده از نوارهای فلزی آلومینیومی اثر تعداد لایه‌ها و فاصله اولین لایه تسلیح کننده تا زیرپی را بررسی نمودند. آزمایشات انجام شده توسط آنان بیانگر این امر بود که بیشترین افزایش در ظرفیت خاک هنگامی که به وسیله یک لایه پارچه گونه در زیرپی مسلح شود زمانی است که این لایه در عمقی حدود نصف عرض پی قرار داده شود. همچنین افزایش تعداد لایه‌های پارچه گونه نیز می تواند موجب افزایش ظرفیت باربری زمین شود. این افزایش برای ٦ لایه در زیرپی تا میزان ٤٠٠ درصد مشاهده شده است. مدل آزمایشی آنها از یک تانک به طول ۱۵۰، عرض ۵۱ و عمق ۳۳ سانتیمتر و یک نمونه پی نواری به عرض ۷ سانتیمتر تشکیل شده بود.

در سال ۱۹۸۵ نیز توسط Guido آزمایشاتی بر روی یک پی مربعی با لایه‌های تسلیح کننده پارچه گونه از نوع Typar انجام پذیرفته است. این آزمایشات برروی پی مربعی به بُعد ۳۱ سانتیمتر و در تانکی به مقطع مربع به بعد ۱۲۲ و عمق ۹۲ سانتیمتر انجام شده است.

در این آزمایشات تعداد لایه‌ها، عمق اولین لایه از زیرپی، نسبت عرض پارچه گونه به عرض پی و نوع پارچه گونه مورد آزمایش قرار گرفته است. نتایج به دست آمده از این آزمایشات بیانگر افزایش ظرفیت باربری به میزان ۲/۵ برابر برای تعداد لایه‌ها معادل N=3 می باشد. نسبت عرض پارچه گونه به عرض پی بیش از ۲/۵ دیگر اثر چندانی در افزایش مقاومت نداشته است. افزایش مقاومت پارچه گونه مستقیماً موجب افزایش ظرفیت باربری خاک زیرپی گردیده است.

۳) مشخصات دستگاه آزمایشگاه و مصالح مورد استفاده:

جهت انجام آزمایشات از یک تانک به ابعاد ۷۰×٦۰×۱۲۰ سانتیمتر و جهت بارگذاری از یک الکتروموتور که سرعت آن قابل تنظیم بود، استفاده گردیده است. اندازه گیری بار به وسیله حلقه کنترل بار (Proving ring) و اندازه گیری نشست به وسیله یک تغییر شکل سنج مکانیکی (Dial Gauge) انجام گرفته است. در این آزمایشات مدلهای پی نواری با عرض ۵ و ۷ سانتیمتر و پارچه گونه از نوع نبافته با مارک Poly felt TS 21 مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

آزمایشات بر روی سه نوع ماسه با مشخصات زیر صورت پذیرفته است:

نوع ماسه	ابعاد دانه‌ها (mm)	وزن مخصوص g/cm^3	زاویه اصطکاک φ(0)	C_u	C_c	e تداخل
A	۰-۰/٦	۱/۳۲	۳۵	۲/٤۰	۱/۳۵	۰/٦۸
B	۰/۸-۱/۲	۱/۲۸	۳۷	۱/۳٦	۱	۱/۰٤
C	۱-۳	۱/۳۸	٤۰	۱/۵٦	۱/۲٤	۰/۹

٤) نتایج بدست آمده از آزمایشات:

جهت دستیابی به چگونگی و میزان تاثیر پارامترهای مختلف بر افزایش ظرفیت باربری خاک مسلح در زیر پی مجموعاً ٦٩ آزمایش در شرایط مختلف انجام پذیرفته که مهمترین نتایج آنها ذیلاً مورد بررسی قرار می گیرد.

به منظور معرفی پارامترها و آشنایی با عناصری که در این تحقیق مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند لازم است ابتدا این عوامل تشریح گردند (شکل ١)

- U: فاصله اولین لایه پارچه گونه تاز زیرپی
- N: تعداد لایه‌های پارچه گونه در زیرپی
- b: عرض پارچه گونه
- d: فاصله آخرین لایه پارچه گونه از زیرپی
- B: عرض پی
- s: میزان نشست اندازه گیری شده پی
- Q/Q_0: نسبت ظرفیت باربری خاک در حالت مسلح به ظرفیت باربری در حالت معمولی (بدون پارچه گونه) برای نشست یکسان

٤-١ اثر تعداد لایه‌های تسلیح کننده (N):

افزایش ظرفیت باربری خاک با افزایش تعداد لایه‌های پارچه گونه امری قابل پیش بینی می باشد، لیکن یافتن میزان این تاثیر و تعداد اپتیمم لایه‌ها نیاز به بررسی دارد. به منظور بررسی این پارامتر آزمایشاتی با تعداد لایه‌های ١و٢و٣و٤ انجام گردید که نتایج آن در شکل ٢ نشان داده شده است.

این آزمایشات به ازاء $\frac{U}{B} = 0/4$ $\frac{d}{B} = 2$ $\frac{b}{B} = 3$ و برای ماسه نوع B و پی به عرض 7 cm صورت پذیرفته است.

با بررسی این منحنی مشخص می گردد که:

- با افزایش تعداد لایه‌ها، ضریب افزایش مقاومت خاک، Q/Q_0، ازدیاد می‌یابد و این افزایش تا N=3 زیاد بوده و برای تعداد لایه‌های بیشتر این روند دارای افزایش کمتری می‌باشد.

با افزایش لایه‌ها از ١ به ٤، ضریب افزایش مقاومت درحدود ١/٥ برابر و نسبت به حالت عدم تسلیح درحدود ٢/٥ برابر می گردد.

- در شکل ٣ منحنی بار - نشست برای N=4 و N=5 برای ماسه درشت دانه و پی بزرگ آورده شده است. این منحنیها نشان دهنده افزایش قابل ملاحظه‌ای در مقاومت خاک در اثر افزایش تعداد لایه‌ها از ٤ به ٥ نمی‌باشند.
- با افزایش نشست تغییر چندانی در روند افزایش مقاومت صورت نمی گیرد.

٤-٢ اثر فاصله اولین لایه از زیرپی (U):

برای بررسی اثر تغییرات این فاصله بر روی ظرفیت باربری خاک، آزمایشاتی با نسبتهای U/B معادل ٠/٣ و ٠/٤ و ٠/٦ صورت گرفته است.

شکل ٤ منحنی تغییرات ضریب افزایش مقاومت نسبت به پارامتر U/B را برای تعداد لایه‌های ٢و٣و٤ در نشست S=10mm در شرایط b/B=3 و d/B=2 نشان می دهد. در این آزمایشات از پی نواری به عرض 7cm و ماسه نوع B استفاده شده است.

باتوجه به نتایج به دست آمده ماکزیمم افزایش ظرفیت باربری ناشی از تغییر پارامتر U/B زمانی است که مقدار آن درحدود ٠/٦ باشد. البته این مقدار باتوجه به پارامترهای دیگر از جمله b و N امکان اندکی تغییر را دارد ولی مقدار ماکزیمم در همین حدود خواهد بود.

برای بررسی بیشتر و تحقیق در مورد اثر فاصله لایه پارچه گونه تا زیرپی یک سری آزمایش با یک لایه پارچه گونه و در نسبتهای U/B معادل ٠/٤٢ و ٠/٧، ١، ١/٥ و ٢ برای دو عرض متفاوت پارچه گونه با b/B های معادل ٣ و ٥ انجام گرفته است.

در شکلهای ٥ و ٦ تغییرات ضریب افزایش مقاومت به ازاء U/B های مختلف برای دو نسبت عرض پارچه گونه b/B=3 و b/B=5 نشان داده شده است. باتوجه به منحنی ترسیم شده، مشاهده می گردد که ماکزیمم اثر پارچه گونه در همان عمق معادل U/B=0.6 به دست می‌آید.

علت این مسأله را می توان ناشی از انتقال بیشتر تنش کششی در این عمق توسط پارچه گونه نسبت به عمقهای کمتر دانست و از طرفی با افزایش عمق امکان لغزش پی از روی لایه پارچه گونه فراهم

می شود زیرا با افزایش عمق از تنش قائم ناشی از بار پی بر روی پارچه گونه کاسته شده و درنتیجه میزان اصطکاک ظاهری میان پارچه گونه و خاک کم شده و امکان لغزش فراهم می آید. یعنی در واقع این عمق حالت بهینه را در افزایش مقاومت خاک یا ظرفیت باربری پی دارا می باشد.

- نکته دیگر اینکه باتوجه به آزمایشات انجام شده توسط آقای K.Z. Andrawes در سال ۱۹۸۳، که فاصله اپتیمم برای قرار گیری لایه پارچه گونه در زیر پی واقع در ماسه متراکم معادل 0.25B به دست آمده است (۳) تفاوت میان رفتار ماسه متراکم و ماسه سست (شرایط مورد آزمایش در این تحقیق) مشخص می گردد. البته ایشان نسبت افزایش مقاومت را برای یک لایه معادل ۱/۲۵ به دست آورده که با عدد ۱/۳۱ به دست آمده برای ماسه سست در نقطه اپتیمم، به دلیل همان تغییر تراکم اختلافی را نشان می دهد.

- با قرار دادن یک لایه در عمق ۱/۵ و ۲ برابر عرض پی، نه تنها بر مقاومت خاک افزوده نگشته بلکه به علت وقوع گسیختگی بر روی سطح لایه ها مقاومت خاک کمتر از حالت بدون تسلیح به دست می آید. بنابراین قرار دادن یک لایه در این عمق باعث کاهش مقاومت خاک خواهد گشت (اشکال ۵و۶).

- با افزایش نشست در تمام حالات، ضریب افزایش مقاومت افزایش می یابد که این ناشی از درگیری بیشتر پارچه گونه با خاک و همچنین مقاومت کمتر خاک بدون تسلیح در نشست مشابه می باشد.

- برای U/B های معادل ۱/۵ و ۲، افزایش عرض پارچه گونه باعث کاهش مقاومت می گردد که این مسأله با همان موضوع لغزش خاک برروی لایه های پارچه گونه تطابق دارد. (اشکال ۵و۶).

٤-۳ اثر عرض پارچه گونه (b):

برای بررسی تغییرات افزایش ظرفیت باربری خاک به ازاء، عرضهای مختلف پارچه گونه و یافتن عرض بهینه آزمایشاتی با نسبت عرضهای b/B معادل ۳و۵و۷ انجام پذیرفت.

در شکل ۷ تغییرات افزایش مقاومت خاک به نسبت عرضهای مختلف برای تعداد لایه های ۲و۳و٤ آورده شده است.

در این آزمایشات d/B=2 و U/B=0/4 بوده و ماسه مصرفی از نوع B و پی به عرض 7cm بوده است.

براساس نتایج به دست آمده، ملاحظه می گردد که بیشترین افزایش مقاومت در b/B معادل ۵ صورت می پذیرد وافزایش بیش از آن تاثیر چندانی در افزایش ظرفیت باربری خاک نخواهد داشت. عدم تاثیر افزایش عرض پارچه گونه در ظرفیت باربری خاک برای عرضهای بزرگتر از 5B مبیّن تأمین شدن حداکثر طول گیرداری لازم (طول بهینه) جهت انتقال کامل تنشهای برشی از خاک به پارچه گونه می باشد.

٤-٤ اثر عمق آخرین لایه (d):

عمق آخرین لایه پارچه گونه می تواند یکی از عوامل مؤثر در افزایش ظرفیت باربری پی محسوب گردد.

برای تعیین عمق بهینه آزمایشاتی با قرار دادن آخرین لایه در عمقهای ۱/۵ و ۲و۳ برابر عرض پی انجام گرفت.

شکل ۸ منحنی تغییرات افزایش ظرفیت باربری به ازاء d/B های مختلف برای تعداد لایه های ۲و۳و٤ برای نشست s=10mm را نشان می دهد.

این آزمایشات در U/B=0/3 و b/B=3 و بر روی ماسه متوسط دانه (نوع B) و پی به عرض 7cm صورت گرفته است.

نتایج به دست آمده مشخص می کند که مقدار d/B بهینه بستگی به تعداد لایه های تسلیح کننده دارد. یعنی در حالت بهینه فاصله لایه ها باید به صورتی باشد که ضمن انتقال بیشتر تنش کل سیستم خاک و پارچه گونه به صورت یک مجموعه واحد و منسجم عمل نموده و در تبادل تنش بین آنها وقفه و یا جدایی به وجود نیاید. به عبارت دیگر در اثر اعمال بار پی و وقوع نشست تمامی لایه ها بتوانند تغییر شکلهای لازم را داده و وارد عمل شوند. به همین علت چنانچه فاصله لایه ها زیاد باشد، به نحوی که هنگام تغییر شکل لایه بالایی، تغییر شکل محسوسی در لایه پایینی ایجاد نشود، این لایه وارد عمل نگردیده و طبعاً تاثیر چندانی در افزایش ظرفیت باربری خاک نخواهد داشت.

این مطلب در تغییر نقطه ماکزیمم ضریب افزایش ظرفیت باربری

در N=2 و N=3 مشخص می گردد.

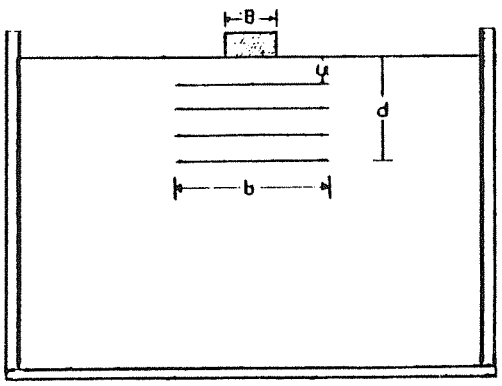
درعین حال باتوجه به منحنیهای ترسیم شده ملاحظه می گردد که حداکثر ضریب افزایش ظرفیت باربری در N=3 و N=4 درحدود d/B=2 به دست می آید.

باتوجه به این تعداد لایه و عمق d/B، فاصله مناسب لایه‌ها درحدود 0/5B به دست می آید.

۵) خلاصه و نتیجه گیری

با استفاده از یک مدل آزمایشی ساخته شده در آزمایشگاه مکانیک خاک دانشگاه صنعتی امیر کبیر، عوامل مؤثر بر افزایش ظرفیت باربری زمینهای سست در زیرپی‌های نواری با استفاده از پارچه گونه‌ها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته‌است.

در این تحقیق سه نوع مصالح دانه‌ای (ماسه ریزدانه، متوسط و درشت دانه) مورد استفاده قرار گرفته و در آزمایش محل قرار گیری پی به



شکل ۱ - تعریف پارامترهای مورد استفاده در آزمایش

N: تعداد لایه‌های پارچه گونه

b: عرض نوار پارچه گونه

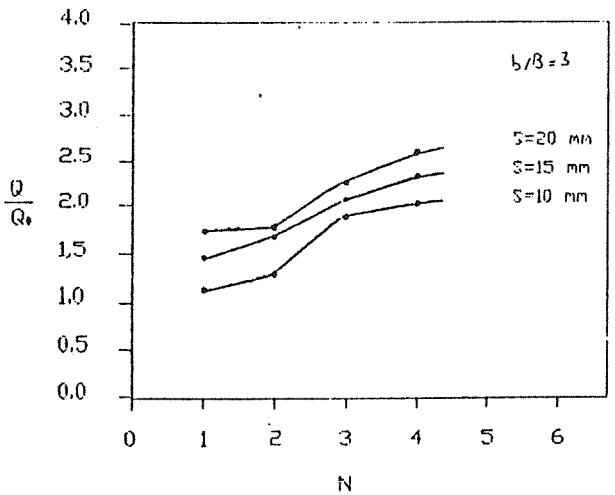
u: فاصله اولین پارچه گونه از زیر پی

d: فاصله آخرین لایه پارچه گونه از زیر پی

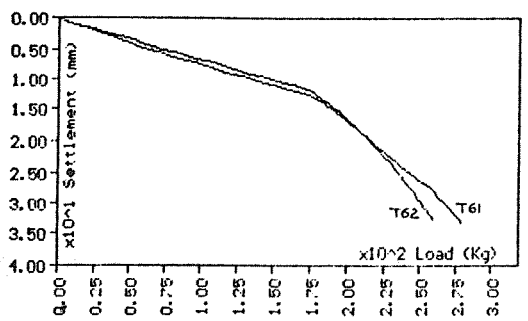
B: عرض پی نواری

گونه‌ای آماده گردیده که خاک زیرپی بیشترین تخلخل یا حداقل تراکم را داشته و به عبارت دیگر در وضعیت کاملاً سست باشد.

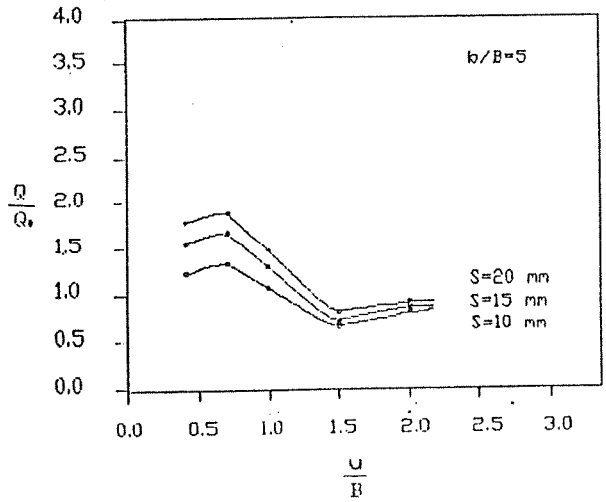
به منظور دستیابی به بالاترین افزایش در ظرفیت باربری اینگونه زمینها، مناسبترین عمق جهت قراردادن اولین لایه پارچه گونه در زیر پی فاصله بین ۰/۵ تا ۰/۶ عرض پی می باشد. همچنین افزایش تعداد لایه‌های پارچه گونه موجب افزایش ظرفیت باربری زمین خواهد شد مادامی که تعداد لایه‌ها از ٤ تجاوز ننماید، از این تعداد لایه بیشتر ظرفیت باربری افزایش نخواهد داشت. به منظور درگیر شدن کامل پارچه گونه در منطقه تحت تنش لازم است عرض پارچه گونه بین ۳ تا ۵ برابر عرض پی انتخاب گردد. فاصله مناسب جهت آخرین لایه تا زیر پی بستگی به تعداد لایه‌های میانی دارد لیکن در حالت کلی فاصله‌ای معادل نصف عرض پی مابین ۲ لایه، بهترین راندمان را خواهد داشت.



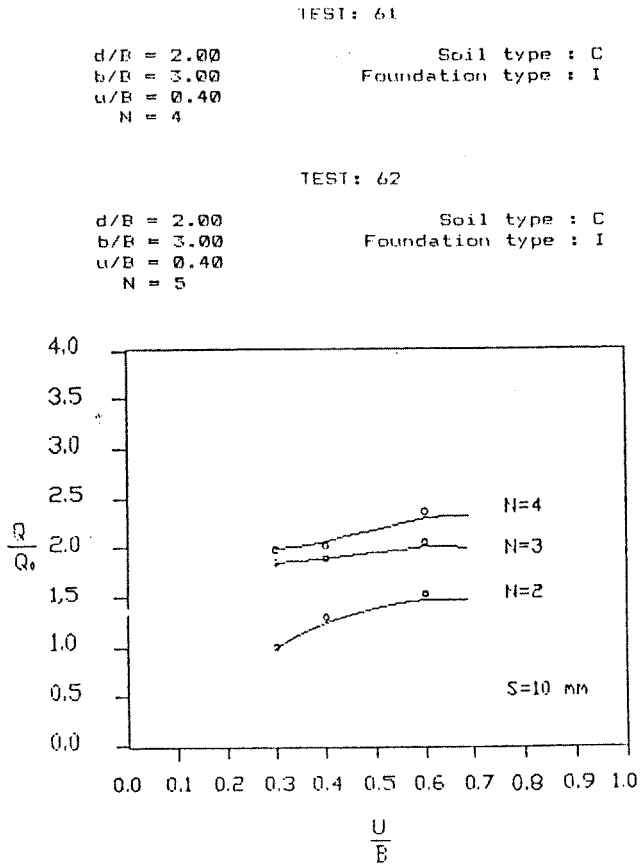
شکل ۲ - تغییرات Q/Q_0 برحسب N برای b/B=3



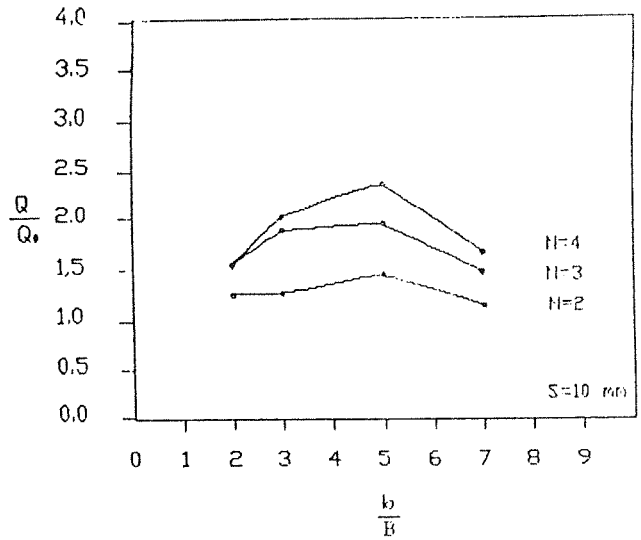
شکل ۳ - منحنی بار - نشست برای تعداد لایه‌های N=4 و N=5



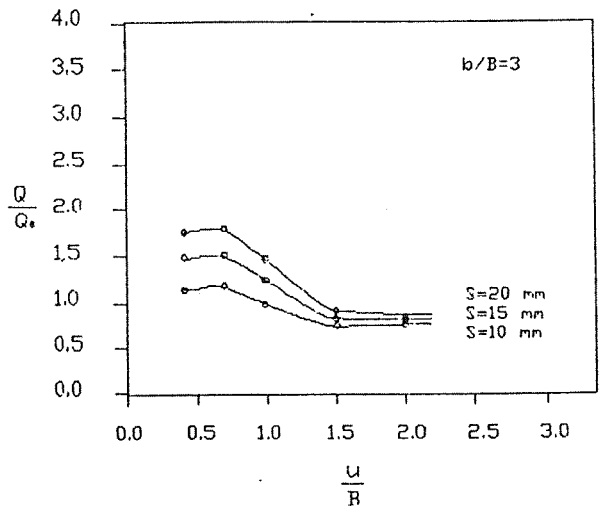
شکل ٦- تغییرات Q/Q_0 برحسب U/B
برای تسلیح با یک لایه و $b/B=5$



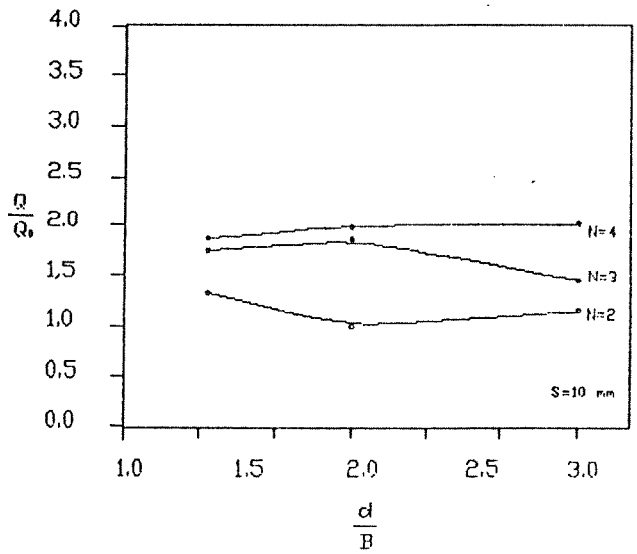
شکل ٤- تغییرات Q/Q_0 برحسب u/B به‌ازاء نشست $S=10^{mm}$



شکل ۷- تغییرات Q/Q_0 برحسب b/B
و به‌ازاء نشست $S=10^{mm}$



شکل ۵- تغییرات Q/Q_0 برحسب U/B برای تسلیح با
یک لایه و $b/B=3$



شکل ۸- تغییرات Q/Q_0 برحسب d/B به ازاء نشست $S=10^{mm}$

منابع:

۱) دینامیک خاک جزوه درسی کارشناسی ارشد خاک و پی دانشگاه امیر کبیر - تدوین دکتر میرمحمد حسینی

۲) مکانیک خاک (جلد دوم) تألیف دکتر بهنیا و دکتر طباطبائی

۳) بررسی استفاده از پارچه گونه‌ها در تقویت باربری زمینهای سست، رساله کارشناسی ارشد ارائه شده توسط مهندس رشیدیان در دانشکده عمران دانشگاه امیر کبیر، تیر ماه ۱۳۶۹

٤) مطالعه آزمایشی ظرفیت باربری خاکهای دانه‌ای، رساله کارشناسی ارشد ارائه شده توسط مهندس سروش در دانشکده عمران دانشکده امیر کبیر، ۱۳٦۸

5) Binquet, Jem (1975): Bearing Capacity test on reinforced earth slabs, ASCE Vol.101.

6) Guido (1985): Bearing Capcity of geotextile reinforced foundation.

7) K.Z. Andrawes (1983): Bearing Capacity of geotextile sand loaded by a strip footing.