

بررسی و مقایسه آزمایشگاهی مقاومت بیرون کشش ژئوگرید و گریدانکر در خاک دانه‌ای

عالیه لیب^۱، محمد حسین باقری پور^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان،

۲- استاد گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنر کرمان،

bagheri@uk.ac.ir

تاریخ دریافت ۹۹/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش ۹۹/۱۲/۲۷

چکیده

در دهه‌های اخیر، مطالعات زیادی روی انواع ژئوسنتتیک‌ها و عملکرد آن‌ها انجام شده است. در این پژوهش به بررسی رفتار اندرکنش خاک با ژئوسنتتیک گریدانکر (به عنوان ژئوسنتتیک سه‌بعدی)، تاثیر پارامترهای مختلف و مقایسه عملکرد آن با ژئوگرید (به عنوان ژئوسنتتیک دوبعدی) پرداخته شده است. باتوجه به پارامترهای در نظر گرفته شده به عنوان متغیر برای هر نوع سیستم مسلح کننده (مانند ابعاد چشمه و مقاومت کششی برای ژئوگرید، زاویه اتصال انکر و فاصله انکر برای گریدانکر) ۵۰ آزمایش بیرون کشش روی نمونه‌ها انجام شده است. نتایج نشان داد که استفاده از گریدانکر برای افزایش نیروی بیرون کشش بستر نسبت به ژئوگرید تاثیر قابل توجهی دارد. تاثیر پارامترهای تنش نرمال، زاویه نصب انکر و فاصله انکرها از یکدیگر بر عملکرد گریدانکر بررسی شده است و مقادیر بهینه‌ای پیشنهاد شده است. به طور کلی استفاده از ژئوسنتتیک سه‌بعدی در تنش‌های نرمال و جابه‌جایی پایین عملکرد بهتری دارد.

واژگان کلیدی: ژئوسنتتیک، ژئوگرید، گریدانکر، آزمایش بیرون کشش، تسلیح

مقدمه

اندرکنش باید در محاسبات طراحی مورد استفاده قرار گیرند. زاویه اصطکاک فصل مشترک خاک - ژئوسنتتیک و مقاومت بیرون کشش ژئوسنتتیک‌ها پارامترهای مورد نیاز برای تخمین رفتار خاک مسلح هستند [1].

طبق استاندارد ASTM D6706 نیروی بیرون کشش، نیروی لازم برای بیرون کشیدن ژئوسنتتیک از خاک در هنگام آزمایش بیرون کشش تعریف می‌شود [2]. رفتار آزمایش بیرون کشش

در سال‌های اخیر از ژئوسنتتیک‌ها به شکل گسترده برای افزایش مقاومت برشی خاک استفاده شده است. یکی از موضوعات نوین در بحث تسلیح خاک استفاده از عناصر سه بعدی، نظیر ژئوسل و گریدانکر برای تقویت سازوکار محصورشدگی در خاک است. از طرفی طراحان نیاز به بررسی و شناخت اندرکنش بین خاک و ژئوسنتتیک‌ها دارند. به عبارت دیگر پارامترهای مربوط به این

قرار گرفته است. در این پژوهش علاوه بر مطالعه رفتار مسلح کننده‌ها، به بررسی برخی پارامترهای موثر در بهبود عملکرد مسلح کننده‌ها مانند تاثیر زاویه نصب انکر به صفحه ژئوگرید، ابعاد چشمه ژئوگرید و همچنین فاصله نصب انکر پرداخته شده است. مطالعه حاضر باهدف بررسی اندرکنش بین خاک و دو نوع مسلح کننده گریدانکر و ژئوگرید و مقایسه عملکرد این دو نوع مسلح کننده تحت سربارهای مختلف و افزایشی به وسیله آزمایش بیرون کشش انجام شده است. و در نهایت رابطه‌ای برای محاسبه مقاومت بیرون کشش گریدانکر پیشنهاد شده است.

۲- جزئیات آزمایش‌ها

به منظور مقایسه عملکرد ژئوستتیک‌های دوبعدی و سه‌بعدی در خاک ماسه‌ای، دو نوع مسلح کننده ژئوگرید و گرید انکر به وسیله آزمایش بیرون کشش مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام این پژوهش در مجموع ۵۰ آزمایش انجام شده، که برای اطمینان از درستی نتایج ۱۳ عدد از آن‌ها آزمایش تکرار است. تصویری از دو مورد از نمونه‌های مورد آزمایش در شکل (۱) نشان داده شده است.

شکل ۱. ژئوستتیک‌های مورد استفاده در پژوهش. الف) ژئوگرید. ب) گریدانکر.

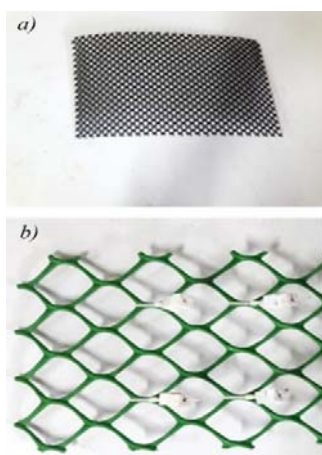


Fig. 1. Geosynthetics used in experiments. a) geogrid. b) grid anchor

پارامترهایی که به‌عنوان متغیر در هر سیستم مسلح کننده در نظر گرفته شد به شرح ذیل است:

ژئوگرید: ابعاد چشمه‌ها، مقاومت کششی ژئوگرید

توسط چندین پژوهشگر مورد مطالعه قرار گرفته است تا پارامتر-های موثر در آزمایش بیرون کشش مانند ابعاد مدل، طول روکش، شرایط مرزهای جانبی و جلوبی مدل و... مورد بررسی قرار گیرد. [3, 4, 5, 6]

با توجه به لزوم تقویت خاک، پژوهشگران همواره به دنبال مسلح کننده‌های جدیدی برای تقویت خاک هستند و سیستم‌های جدید و متفاوتی را ارائه می‌دهند. مانند سیستم ورق‌های فولادی با انکر که توسط مصلی‌نژاد و همکاران در سال ۲۰۱۵ معرفی شد [7]. مطالعاتی روی Carbon Fiber Reinforced Polymer (CFRP) با استفاده از آزمایش‌های بیرون کشش و برش مستقیم و روش‌های عددی انجام دادند [8, 9, 10, 11]. سیستم نوین دیگری که می‌توان به آن اشاره کرد، گریدانکر است.

یکی از روش‌های موثر در تقویت خاک، استفاده از مسلح کننده سه‌بعدی گریدانکر است. گریدانکر نوع جدیدی از سیستم مسلح کننده سه بعدی است که با اضافه کردن انکرهایی از جنس پلاستیک با زاویه ۴۵ درجه که در انتهای آن دو مکعب پلیمری با ابعاد ۱۰×۱۰×۱۰ میلی‌متر متصل شده روی صفحه ژئوگرید ساخته می‌شود [12]. این سیستم برای اولین بار توسط مصلی‌نژاد و همکاران در سال ۲۰۰۸ مورد استفاده قرار گرفت [13]. پژوهشگران با استفاده از آزمایش بارگذاری صفحه تاثیر گریدانکر روی تقویت خاک ماسه‌ای در تنش نرمال مختلف و مقایسه تاثیر آن با ژئوگرید را مورد بررسی قرار دادند. با استفاده از نتایج بدست آمده نسبت‌های بهینه‌ای نسبت به ابعاد پی در این پژوهش‌ها ارائه شد [12, 13, 14, 15].

عملکرد گرید انکر و ژئوگرید برای افزایش مقاومت بیرون کشش به وسیله آزمایش بیرون کشش توسط هاتف و صدر (۲۰۰۹) و مصلی‌نژاد و همکاران در سال ۲۰۱۶ مورد مطالعه قرار گرفت در این پژوهش‌ها تنش نرمال به‌عنوان متغیر در نظر گرفته شده است [15, 16].

اگرچه تاکنون پژوهش‌های متعددی برای شناخت رفتار سیستم‌های مسلح کننده انجام شده است، اما رفتار گریدانکر و ژئوگرید به کمک آزمایش بیرون کشش و مقایسه این دو نمونه با یکدیگر و همچنین تاثیر پارامترهای مختلف کمتر مورد بررسی

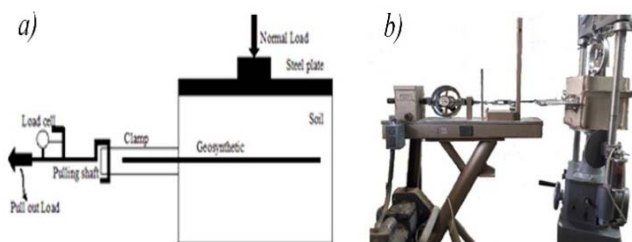


Fig. 3. a) Schematic diagram of test setup. b) Test setup.

طبق استاندارد (ASTM D6706) برای کشیدن نمونه از درون

خاک باید از Clamp (گیره) استفاده کرد [2].

گیره باید دارای مقاومت کافی و صلیبیت مناسب باشد و بتواند نمونه داخل خاک را به خوبی مهار کند تا در طول آزمایش از داخل گیره خارج نشود. برای این منظور، باتوجه به تنوع نمونه‌های مورد آزمایش، دو نوع گیره طراحی و استفاده شد. این گیره‌ها از جنس فولاد است که در انتهای آن‌ها یک سوراخ به قطر ۱۰ میلی‌متر تعبیه شده تا ورق‌ها به واسطه قلاب به دستگاه بیرون کشش متصل شوند. در ادامه شکل این صفحات به همراه توضیح مختصری از آن‌ها، آورده شده است.

مطابق شکل (۴)، گیره متشکل از دو صفحه فولادی با ابعاد ۳۰۰×۱۵۰ میلی‌متر که برای مهار کامل نمونه در داخل آن، ۶ سوراخ در اطراف و ۵ سوراخ مطابق با شبکه‌های نمونه روی دو ورق ایجاد شده است. برای جلوگیری از تمرکز تنش درون ۵ سوراخی که مطابق شبکه‌های نمونه ایجاد شده است، از بست‌هایی که مانند الگوی شبکه‌های ژئوگرید برش خورده، استفاده شد.

شکل ۴: تصویر شماتیک گیره همراه با ژئوگرید

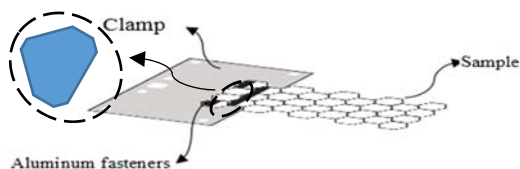


Fig. 4. Schematic diagram of clamp and geogrid

۲-۲- مشخصات خاک

در این مطالعه، با توجه به مقاله توفیق و همکاران در سال ۲۰۱۴ خاک مورد آزمایش از نوع ماسه خشک با اندازه ذرات حدود ۰/۱ میلی‌متر است [8].

گریدانکر: نوع ژئوگرید (ابعاد چشمه)، فاصله عرضی نصب انکرها از یکدیگر، زاویه اتصال انکر به ژئوگرید نسبت به افق.

در شکل (۲) تصویر شماتیک یک نمونه گریدانکر آورده شده است.

شکل ۲: تصویر شماتیک گریدانکر

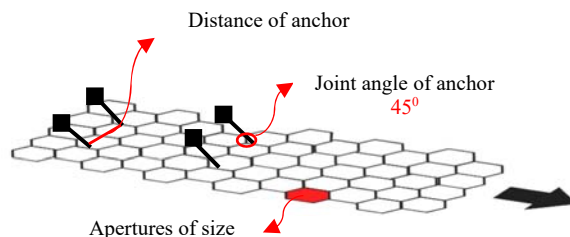


Fig. 2. Schematic diagram of grid anchor

برای تمامی نمونه‌ها تنش نرمال نیز به عنوان متغیر در نظر گرفته شده است.

۱-۲- دستگاه آزمایش

مطابق استاندارد (ASTM D6706)، انجام آزمایش بیرون کشش منوط به اعمال هم‌زمان نیروی افقی و تنش نرمال است که تنش نرمال همواره در هنگام آزمایش ثابت می‌ماند و نیروی افقی با سرعت ثابت ۱ mm/min به نمونه وارد می‌شود [2]. سیستم پیکربندی آزمایش‌های مورد نظر در شکل (۳) قابل مشاهده است. برای انجام آزمایش‌ها از یک جعبه فولادی مکعب شکل با ابعاد ۲۵۰ میلی‌متر استفاده شد. انتخاب ابعاد جعبه با توجه به مقاله توفیق و همکاران در سال ۲۰۱۴ صورت گرفته است [8]. در وسط وجه جلویی جعبه یک بازشدگی برای عبور نمونه و قرار گرفتن درون خاک ایجاد شده است. براساس پژوهش‌های پالمیرا (۲۰۰۹) برای به حداقل رساندن زاویه اصطکاک وجه جلویی جعبه، باید از روکش مناسبی استفاده شود که در این پژوهش نیز مورد استفاده قرار گرفت [3].

شکل ۳: الف) تصویر شماتیک دستگاه آزمایش. ب) دستگاه آزمایش

بسترهای آزمون از طریق تکنیک pluviation با استفاده از یک ابزار بارش ماسه آماده شدند. در ابتدا تا ارتفاع ۱۳۰ mm خاک داخل جعبه ریخته شد که مسلح کننده روی آن قرار گیرد. سپس، بارش ماسه تا زمان رسیدن به ارتفاع موردنظر و پر شدن جعبه از خاک ادامه یافت. در گام بعدی، گیره به قلاب متصل می شود و باید دقت کرد گیره و قلاب در راستای نیروی کششی باشد تا لنگر ایجاد نشود. گیج های اندازه گیری جابه جایی و نیروی کششی صفر شده و دستگاه با سرعت ۱ mm/min شروع به کشیدن نمونه می کند. پس از شروع آزمایش تا ثابت شدن گیج نیرو (جابه جایی ۱۰ میلی متر) به ازای هر ۰/۵ میلی متر جابه جایی، عدد گیج نیروی کششی خوانده می شود. پس از اتمام آزمایش، باربرداری صورت می گیرد و جعبه از درون دستگاه خارج می شود و برای انجام آزمایش های بعدی آماده می شود.

۴- برنامه آزمایش ها

آزمایش های انجام شده در این پژوهش به ۱۲ سری تقسیم شده است که ۴ سری روی بستر مسلح شده با ژئوگرید و ۸ سری روی بستر مسلح شده با گریدانکر مطابق شکل (۶) است.

شکل ۶. تصویر بستر مسلح شده با گریدانکر

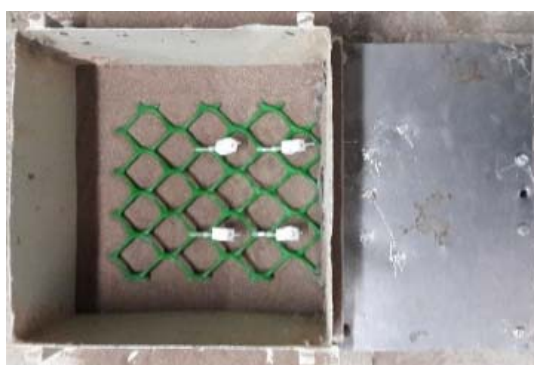


Fig. 6. Soil reinforcement grid anchor

هر سری از آزمایش ها با تنش های نرمال مختلف انجام شده است. جزییات آزمایش ها در جدول (۳) آورده شده است.

مطابق استاندارد ASTM D422 می توان خاک مورد آزمایش را جز گروه ماسه بد دانه بندی شده (SP) قرار داد [17]. در شکل (۵) نمودار دانه بندی آورده شده است. آزمایش وزن مخصوص جامد و زاویه اصطکاک خاک به ترتیب طبق استاندارد ASTM D-854 و ASTM D3080 روی ماسه انجام شده است که میانگین مقادیر به دست آمده از آزمایش ها و مشخصات ژئوتکنیکی خاک در جدول (۱) ارائه شده است [18, 19]. بستر خاک در تمامی آزمایش ها با تراکم نسبی ۷۰ درصد طبق استاندارد ASTM D4254، آماده شده است [20].

۲-۳- مشخصات ژئوسنتتیک های مورد بررسی

ژئوسنتتیک های استفاده شده در این مطالعه، شامل ۴ نوع ژئوگرید از جنس HDPE (high density polyethylene) است. برای تعیین مقاومت کششی ژئوگرید های استفاده شده در این پژوهش، مطابق استاندارد ASTM D 6637 با دستگاه یونیورسال تعیین شد [21]. مشخصات مصالح مورد استفاده در جدول (۲) آورده شده است.

۲-۴- ساخت نمونه

از آنجایی که چهار نوع ژئوگرید ذکر شده در جدول (۲) ابعاد چشمه متفاوتی دارند؛ برای بررسی تاثیر ابعاد چشمه ها در اندرکنش خاک-ژئوسنتتیک، هر چهار نوع ژئوگرید، تحت آزمایش بیرون کشش قرار گرفتند. گریدانکرها مطابق شکل (۴) از اتصال مکعب های پلیمری به صفحه ژئوگرید به کمک بست های پلاستیکی ساخته شدند. آماده سازی گریدانکر برای بررسی تاثیر ابعاد شبکه های ژئوگرید از دو نوع ژئوگرید RC40 و GN131 با سایز چشمه های مختلف استفاده شد. برای بررسی تاثیر زاویه نصب انکر در گریدانکرها از سه زاویه ۴۵، ۹۰ و ۱۴۵ درجه و برای بررسی تاثیر چیدمان انکرها از دو چیدمان مختلف استفاده شد.

۳- آماده سازی نمونه ها

جدول ۱. مشخصات خاک

Parameters	$\gamma_d \max$	$\gamma_d \min$	Friction angle(Deg)	D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₀ (mm)	C _u	C _c
Values	15.89	13.97	34.4	0.15	0.25	0.36	2.4	1.16

Table1. Properties of soil

شکل ۵. نمودار دانه‌بندی خاک مورد آزمایش

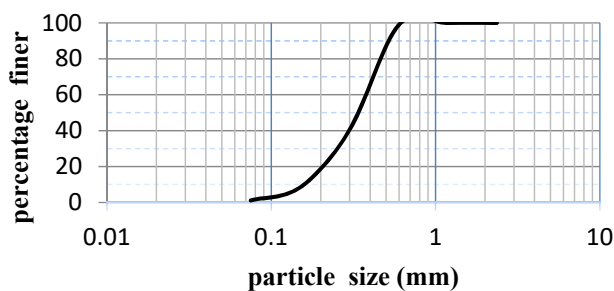


Fig. 5. Grain size distribution curves.

جدول ۲. مشخصات فیزیکی ژئوگریدهای مورداستفاده در پژوهش

Geosynthetic type	Geogrid			
Name	GN131	RC40	CE121	GA
Apertures of size (mm)	27×27	40×40	6×10	3×3
Weight (g/m ²)	465	533	730	360
Tensile strength (KN/m)	4.1	4.99	5.26	1.86

Table 2. Physical characteristics of Geogrid used for the study

جدول ۳. برنامه آزمایش

Series test	Reinforcement type	Name	Number of Tests	Details		
1	Geogrid	RC40	6	Sample of size: constant (220×180mm ²)		
2		GN131	3			
3		CE121	4	Apertures of size: Variable		
4		GA	4			
				Geogrid type	Joint angle of anchor (°)	Distance of anchor (mm)
5	Grid-anchor	G-A(RC ₁ 45)	4	RC40	45	40
6		G-A(RC ₂ 45)	4			80
7		G-A(RC ₁ 145)	4		145	40
8		G-A(RC ₂ 145)	6			80
9		G-A(RC ₁ 90)	3	GN131	90	40
10		G-A(RC ₂ 90)	4			80
11		G-A(GN ₁ 45)	4		45	30
12		G-A(GC ₂ 45)	4			65

Table 3. Test plan

۵- تحلیل و بحث

۵-۱- ژئوگریدها

۴ سری آزمایش روی ۴ نوع ژئوگرید با مقاومت کششی و ابعاد چشمه‌های مختلف تحت چند تنش نرمال مختلف انجام شد، نتایج آزمایش برای بررسی پارامترهای مختلف به شرح ذیل است:

۵-۱-۱- بررسی تاثیر ابعاد چشمه

نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی برای چهار سری آزمایش انجام شده روی ژئوگریدها تحت تنش نرمال ۲۵ kPa ترسیم شده است.

مشابه پژوهش پالمیرادر سال ۲۰۰۹، با مقایسه چهارسری آزمایش مطابق شکل (۷) می‌توان نتیجه گرفت [3]، کاهش ابعاد چشمه تا مقدار مشخصی باعث افزایش نیروی بیرون کشش می‌شود و بعد از آن با کاهش ابعاد چشمه نیروی بیرون کشش کاهش می‌یابد، زیرا با کاهش زیاد ابعاد چشمه، در اثر تداخل سازوکار گسیختگی توسط اعضای عرضی ژئوگرید، کاهش مقاومت بیرون کشیدگی را در پی دارد. به عبارت دیگر هرچه فاصله اعضای عرضی به هم نزدیکتر باشد (ابعاد چشمه‌ها کوچکتر باشد)، اثر کاهش مقاومت یا تداخل اعضا بیشتر است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که نیروی بیرون کشش اولیه نمونه‌های CE121 و GA بیشتر از RC40 است، اما نیروی بیشینه بیرون کشش RC40 بیشتر است که نشان‌دهنده این است که ژئوگرید RC40 که چشمه‌های بزرگتری دارد به مرور و با جابه‌جایی بیشتر سخت‌شدگی و درگیری بیشتری با خاک پیدا می‌کند.

۵-۱-۲- بررسی تاثیر مقاومت کششی ژئوگریدها

با ترسیم نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی برای چهار سری آزمایش انجام شده روی ژئوگریدها تحت تنش نرمال ۵۰ و ۱۰۰ kPa مطابق شکل (۸)، می‌توان مشاهده نمود که در نمونه RC40 با افزایش تنش نرمال مقدار نیروی بیرون کشش افزایش می‌یابد ولی در ژئوگرید GA و CE121 مقدار نیروی بیرون کشش در تنش نرمال ۱۰۰ kPa کمتر از مقدار این نیرو در تنش ۵۰ kPa؛ می‌توان نتیجه گرفت با افزایش تنش نرمال تا مقدار مشخصی نیروی بیرون کشش بیشتر می‌شود اما اگر تنش نرمال خیلی زیاد شود مقدار نیروی بیرون کشش کم می‌شود. دلیل این امر کم بودن مقاومت کششی خود ژئوگریدهای CE121 و GA نسبت به RC40 است که در تنش‌های نرمال بسیار بالا بخش عمده‌ای از طول ژئوگرید دارای جابه‌جایی نیست، در این وضعیت گسیختگی کششی در مسلح‌کننده بر مقاومت بیرون کشیدگی آن غلبه نموده است. این امر در پژوهش اوچیای و همکاران در سال ۱۹۹۶ نیز مشاهده شد [23].

۵-۲- گریدانکرها

در این قسمت به مقایسه عملکرد گریدانکر با ژئوگرید، پرداخته شده است. در این مقایسه با توجه به جدول (۳) دوتنوع ژئوگرید با سایز چشمه مختلف و ۶ الگوی مختلف گریدانکر در نظر گرفته شده است. پارامترهای متغیر برای گریدانکرها چیدمان و زاویه انکر است.

در این بخش برای مقایسه کلیه حالات نتایج مورد بررسی قرار گرفت و نتایج کلی ارایه خواهد شد

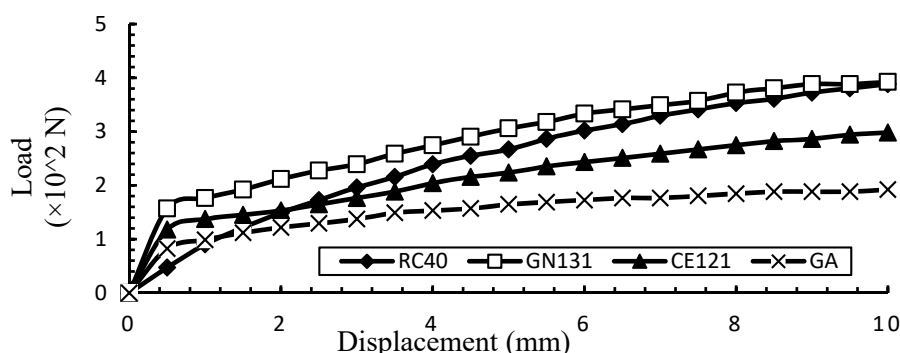


Fig. 7. Pullout load vs. displacement geogrids (Test series 1-4) – normal stress 25 kPa

شکل ۸. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی ژئوگرید (سری تست ۱،۳،۴) - تنش نرمال ۵۰ و ۱۰۰ kPa

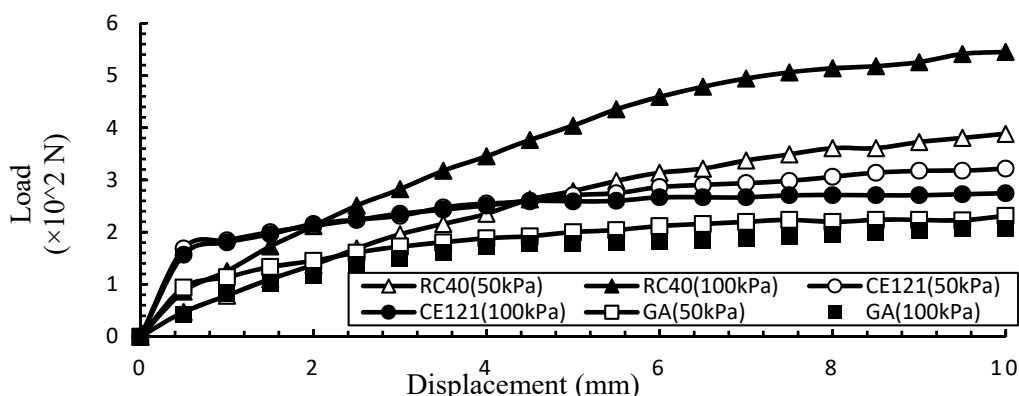


Fig. 8. Pullout load vs. displacement geogrids (Test series 1,3-4) – normal stress 50 & 100 kPa.

۵-۲-۱- بررسی تاثیر نصب انکر

۲۵ و ۱۰۰ kPa آورده شده است. با وجود تصور مبنی بر افزایش مقاومت بیرون‌کشش با افزایش مقدار مسلح‌کننده، می‌توان در شکل (۹) مشاهده نمود که نیروی بیرون‌کشش بیشینه مربوط به خاک مسلح‌شده با G-A(RC₁₉₀) (گریدانکر با زاویه نصب ۹۰ درجه) نسبت به RC40 کمتر است. دلیل این امر را این‌گونه می‌توان بیان نمود که وجود انکرها با زاویه ۹۰ درجه باعث ایجاد ناپیوستگی و کاهش فشار قائم در ناحیه بالای ژئوگرید می‌شود که این امر کاهش اصطکاک جلدی را در پی دارد. در نتیجه اگر انکرها با زاویه نامناسب قرار گیرند باعث کاهش نیروی بیرون کشش می‌شوند.

تاثیر افزودن انکر به ژئوگرید در افزایش نیروی بیرون کشش اولیه بیشتر از نیروی نهایی است. مطابق شکل ۹ در بعضی از نمونه‌ها مقدار نیروی بیرون کشش اولیه گریدانکر نسبت به ژئوگرید حدوداً ۶ برابر شده است اما نسبت نیروی نهایی گریدانکر به ژئوگرید در بهترین حالت ۱/۳ برابر است، این امر بیانگر این است که انکرها مانند اعضای عرضی ژئوگرید عمل کرده و باعث افزایش مقاومت از طریق بسیج کردن مقاومت خاک می‌شود در نتیجه استفاده از انکر باعث افزایش نیروی بیرون کشش می‌شود. در شکل (۱۰) نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی ژئوگرید RC40 و گریدانکر G-A(RC₁₉₀) تحت تنش نرمال

شکل ۹. نمودار نیروی بیرون کشش - نوع مسلح‌کننده - الف) نیروی بیرون کشش اولیه. ب) نیروی بیرون کشش بیشینه

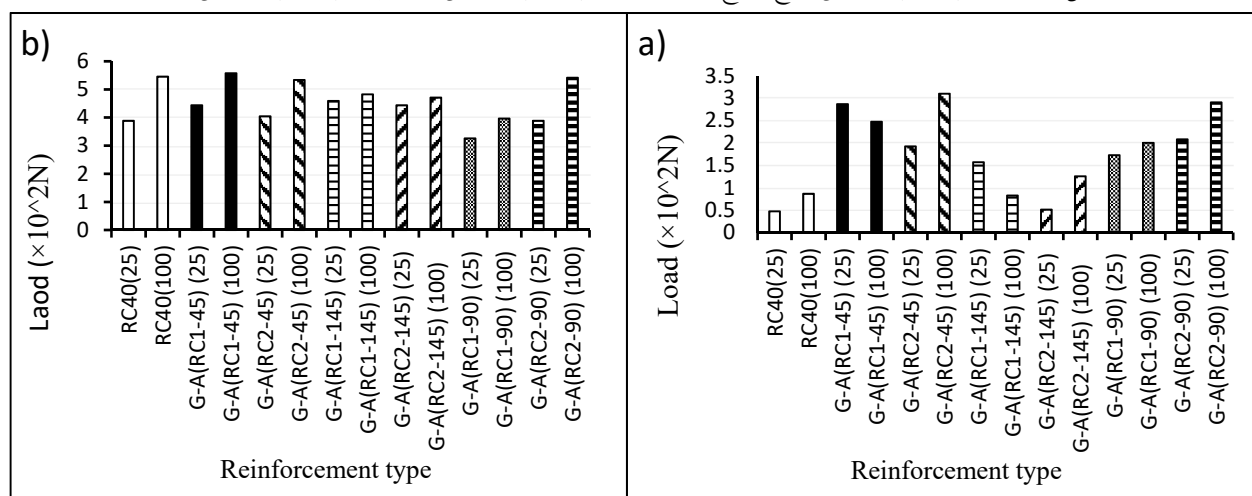


Fig. 9. Pullout load vs. Reinforcement type - geogrid RC40 and gridanchor -a) initial pull out load b) max pull out load

شکل ۱۰. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی RC40 و G-A(RC₁90) - تنش نرمال ۲۵ و ۱۰۰ kPa

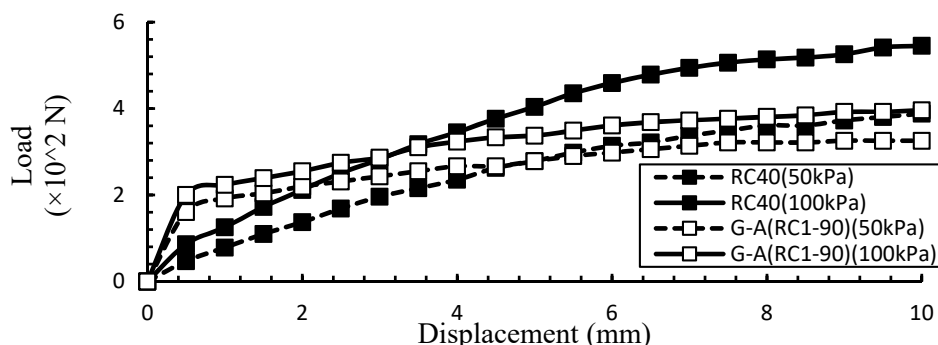


Fig. 10. Pullout load vs. displacement RC40 and G-A(RC₁90) – normal stress 25&100 kPa .

۲-۲-۵- بررسی تاثیر فاصله نصب انکر

تفاوت بین دو نوع گریدانکر G-A(RC₁145) و A(RC₂145) در فاصله بین انکرها است. مطابق شکل (۱۱)، این فاصله باعث شده تا از نظر نیروی بیرون کشش اولیه در تنش‌های پایین عملکرد نمونه نوع G-A(RC₁145) و در تنش‌های بالا عملکرد نمونه نوع G-A(RC₂145) نسبت به یکدیگر و نسبت به ژئوگرید بهتر باشد زیرا در گریدانکر G-A(RC₁145) فاصله بین انکرها کم است و با افزایش تنش نرمال مقدار خوابیدگی انکرها بیشتر شده و در نتیجه با افزایش مقدار تنش نرمال مقدار نیروی بیرون کشش کاهش می‌یابد. ولی در گریدانکر G-A(RC₂145) فاصله انکرها زیاد است و تنش نرمال هم بر روی ژئوگرید و هم انکر تاثیر می‌گذارد، به این شکل که در صورت استفاده از گریدانکر در تنش‌های بالا بهتر است فاصله انکرها از یکدیگر نسبت به فاصله آن‌ها در تنش‌های پایین، بیشتر باشد.

۳-۲-۵- بررسی تاثیر زاویه نصب انکر

برای بررسی تاثیر زاویه نصب انکر، انکرها با ۳ زاویه ۴۵، ۹۰ و ۱۴۵ درجه مورد آزمایش قرار گرفت. در روند آزمایش مشاهده شد که در گریدانکرها، انکر مانند اعضای عرضی عمل می‌کند. مطابق شکل (۹)، در بین زوایای نصب انکر بهترین حالت، زاویه ۴۵ درجه است زیرا تنش سربار در حالتی که انکر با زاویه ۹۰ درجه نصب شده، به دلیل عملکرد انکر مانند اعضای عرضی و نیروی وارد شده روی ژئوگرید باعث اثر مثبت بر ژئوگرید و به دلیل زاویه نصب باعث اثر منفی جمع شدگی انکر می‌شود. در حالت ۱۴۵ درجه نیز هم باعث اثر مثبت روی خود ژئوگرید و هم اثر منفی خوابیدگی انکر می‌شود. اما در حالت ۴۵ درجه اثر تنش نرمال سربار هم تاثیر مثبتی بر انکرها و هم روی ژئوگرید دارد.

شکل ۱۱. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی G-A(RC₁145) و G-A(RC₂145) - تنش نرمال ۲۵ و ۱۰۰ kPa

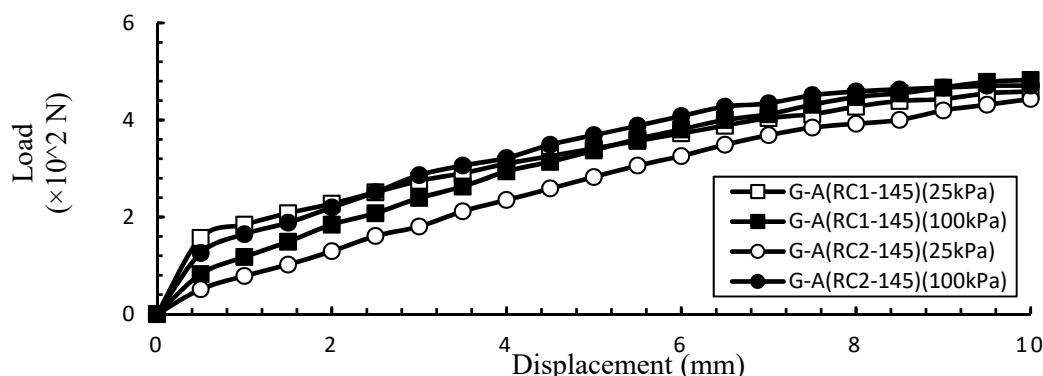


Fig. 11. Pullout load vs. displacement G-A(RC₁145) and G-A(RC₂145) – normal stress 25&100 kPa.

۵-۲-۴- بررسی تاثیر ابعاد چشمه ژئوگرید

با بررسی تاثیر سایز چشمه‌های ژئوگرید برای آماده‌سازی گریدانکر می‌توان به این نتیجه رسید که در گریدانکر نیز مانند ژئوگرید با کاهش ابعاد چشمه به دلیل افزایش اندرکنش خاک با ژئوگرید مقدار نیروی بیرون کشش افزایش می‌یابد.

از طرفی طبق شکل (۱۲)، گریدانکر G-A(GN145) نسبت به ژئوگرید GN131 در حالت بهینه یعنی کمترین مقدار تنش نرمال مقدار نیروی بیرون کشش اولیه را ۱/۷ و نیروی بیرون کشش بیشینه را ۱/۳ برابر می‌کند؛ اما گریدانکر G-A(RC145) نسبت

به ژئوگرید RC40 مقدار نیروی بیرون کشش اولیه را در شرایط مشابه با حالت قبل ۶ برابر و نیروی بیشینه را ۱/۲ برابر می‌کند. در نتیجه تاثیر افزودن انکر روی ژئوگرید RC40 بیشتر از GN131 است، زیرا از آنجایی که در ژئوگرید RC40 ابعاد چشمه‌ها بزرگ است، به مرور و با جابه‌جایی بیشتر سخت‌شدگی و درگیری بیشتری با خاک ایجاد می‌کند و چون استفاده از انکر در ژئوگریدها مانند اعضای عرضی عمل می‌کند تا حدی سخت‌شدگی و درگیری در خاک را تسریع می‌بخشد.

شکل ۱۲. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی G-A(RC245) و RC40, GN131, G-A(RC145) - تنش نرمال ۲۵kPa

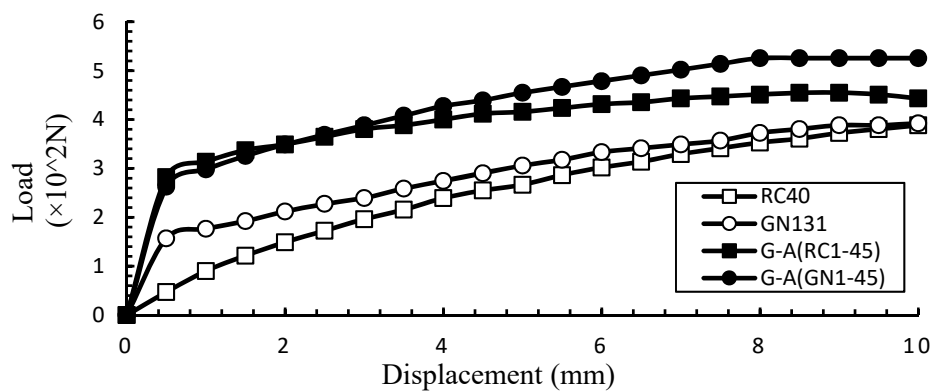


Fig. 12. Pullout load vs. displacement RC40, GN131, G-A(RC145) and G-A(RC245) . normal stress 25 kPa.

$$I_{bearing} = \frac{\sigma'_n}{S} \times \frac{1}{2 \tan \phi} \quad (3)$$

در رابطه (۳)، B ضخامت اعضای عرضی، S فاصله اعضای عرضی، α_b مساحت اعضای عرضی، σ'_b تنش باربری موثر بین خاک و مسلح کننده است. نسبت تنش باربری موثر بین خاک و مسلح کننده با تنش نرمال طبق روابط (۴ و ۵) محاسبه می‌شود. برای محاسبه این نسبت دو سازوکار گسیختگی بکار برده شده است.

۱- سازوکار گسیختگی عمومی (رابطه پترسون) [22]

$$\frac{\sigma'_n}{\sigma'_b} = e^{\frac{\alpha_b}{2}} \times \tan^{-1} \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (4)$$

۲- سازوکار گسیختگی پانچینگ (رابطه جول) [22]

$$\frac{\sigma'_n}{\sigma'_b} = e^{\frac{\alpha_b}{2}} \times \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (5)$$

۵-۲-۵- اصلاح رابطه پیشنهادی ژئوگرید برای محاسبه مقاومت نیروی بیرون کشش گریدانکر

جول و همکاران در سال ۱۹۸۵ روابط مقاومت بیرون کشیدگی ژئوگریدها را به شرح زیر بیان کردند [22]:

$$F_p = L_r \times W_r \times \sigma'_n \times I_b \times \tan \theta \quad (1)$$

در رابطه فوق P_p مقاومت در برابر بیرون کشیدگی، L_r طول نمونه، W_r عرض نمونه، σ'_n تنش نرمال سربار، ϕ زاویه اصطکاک و f_b ضریب ثابت (رابطه ۲) هستند.

$$I_b = \alpha_s \times \frac{1}{\tan \phi} + I_{bearing} \quad (2)$$

در رابطه (۲) ترم اول مربوط به قابلیت اصطکاکی و ترم دوم مربوط به قابلیت باربری است. در رابطه فوق α_s کسر جامد (نسبتی از سطح بدون در نظر گرفتن حفرات)، δ زاویه اصطکاک بین خاک و ژئوستتیک و $f_{bearing}$ مولفه باربری (رابطه ۳) هست.

نمودن ضریبی برای گریدانکر (طبق رابطه ۶) نیز قابل استفاده خواهد بود.

$$I_b = \alpha_s \sqrt{\frac{\sigma'_n}{\tan \phi}} + \frac{S}{2 \tan \phi} \quad (6)$$

برای محاسبه مقدار ضریب اصلاح (X)، رابطه ی بین دو متغیر f_b و α_b بررسی شده است. تصویر گراف برای هر نمونه از ژئوگرید در شکل (۱۳) نشان داده شده است

مقدار این ضریب به شرح جدول (۴) است: به طور کلی برای نسبت ضخامت به فاصله اعضای عرضی ۰/۱، اگر فاصله انکر کمتر از ۳ سانتی متر باشد مقدار $X = 1/5$ و برای فاصله انکر بین ۳ تا ۷ سانتی متر مقدار X برابر ۱/۲، و برای فواصل بالاتر، ۱/۱ است.

جدول ۴. ضریب اصلاح رابطه بیرون کشیدگی ژئوگرید برای گریدانکر

G-A(GN ₂ 45)	G-A(GN ₁ 45)	G-A(RC ₂ 45)	G-A(RC ₁ 45)	Sample
1.1	1.5	1.1	1.2	X
99.38	96.59	98.76	99.62	R ₂ (%)

Table. 4. Coefficient Improvement

شکل ۱۳. گراف برازش خطی در نرم افزار nonlinear برای نمونه های G-A(GN₁45)، G-A(RC₁45)، G-A(RC₂45) و G-A(GN₂45)

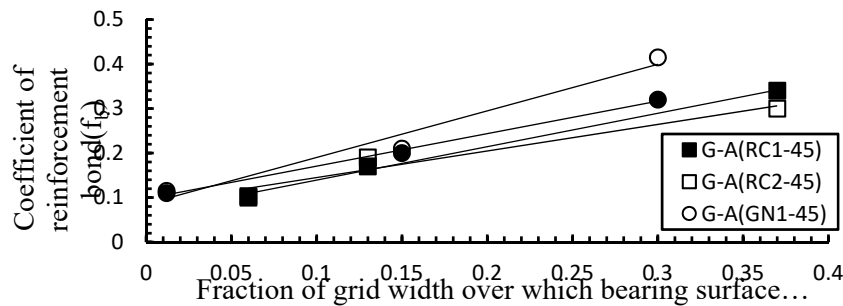


Fig. 13. Graph of nonlinear software for examples G-A(RC₁45)، G-A(RC₂45)، G-A(GN₁45) و G-A(GN₂45)

در رابطه فوق، P_p (Grid anchor) نیروی بیرون کشش گریدانکر و P_p (Geogrid) نیروی بیرون کشش برای نمونه های ژئوگرید است.

در شکل (۱۴-الف)، نمودار فاکتور بهبود- جابه جایی نمونه های G-A(RC₁45) آورده شده است. طبق شکل مشاهده می شود، برای یک جابه جایی مشخص، با افزایش تنش نرمال مقدار I_f کاهش می یابد که این امر نشان می دهد، تاثیر گریدانکر در تنش های نرمال پایین بیشتر است و هرچه تنش نرمال بیشتر شود

در روابط فوق σ'_b تنش باربری موثر بین خاک و مسلح کننده، σ'_n تنش نرمال سربار و ϕ زاویه اصطکاک خاک است. مقایسه همزمان این دو روش نشان می دهد که رابطه جول یک حد پایین و رابطه پترسون یک حد بالا برای داده های موجود است. بنابراین برای اطمینان در طراحی از رابطه (۵) استفاده می شود. از آنجا که تاکنون رابطه ای برای مقاومت بیرون کشیدگی گریدانکر ارائه نشده است؛ با استفاده از داده های حاصل از این پژوهش و روابط فوق، در نرم افزار nonlin ضریب اصلاحی برای افزایش مقدار نیروی بیرون کشش در حالت گریدانکر نسبت به ژئوگرید بدست آمد. تا بتوان به کمک این ضریب اصلاح، از رابطه بیرون کشیدگی ژئوگرید برای گریدانکر نیز استفاده نمود.

از آنجایی که بهترین زاویه برای اتصال انکر به صفحه ژئوگرید ۴۵ درجه است، ضریب اصلاح که در اینجا با نماد X نشان داده شده، برای گریدانکر با زاویه ۴۵ درجه محاسبه شده است. که این ضریب در مولفه باربری رابطه f_b ضرب می شود. به عبارتی دیگر معادله (۳) که برای ژئوگرید کاربرد دارد با اضافه

۵-۴- فاکتور بهبود

برای بررسی تاثیر عملکرد ژئوسنتتیک ها و میزان بهبود مقاومت بیرون کشش نمونه ها، پارامتری به نام فاکتور بهبود مورد بررسی قرار می گیرد.

این پارامتر از رابطه (۷) محاسبه می شود [16].

$$I_f = \frac{P_p}{P_{p(Geogrid)}} \quad (7)$$

است افزایش تنش نرمال تا مقدار مشخصی باعث افزایش فاکتور بهبود می‌شود و از آن به بعد کاهش می‌یابد زیرا در این حالت هم تاثیر خود انکرها و هم صفحه ژئوگرید در نظر گرفته می‌شود.

برای تمامی نمونه‌های گریدانکر ساخته شده با ژئوگرید RC40 نمودار فاکتوربهبود- جابه‌جایی تحت تنش نرمال ۲۵kPa در شکل (۱۵) نشان داده شده است. همان‌گونه که از نتایج قبلی مشخص شده بود و با توجه به دلایل گفته شده در بخش‌های قبل، گریدانکر G-A(RC₁₄₅) بیشترین فاکتور بهبود یا همان بیشترین تاثیر در افزایش نیروی بیرون کشش را دارد. در نتیجه بهینه‌ترین زاویه برای اتصال انکر زاویه ۴۵ درجه است. شکل

تاثیر مثبت گریدانکر در افزایش نیروی بیرون‌کشش کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش جابه‌جایی، مقدار فاکتور بهبود کاهش می‌یابد. دلیل امر این است که، در نمونه‌های ژئوسنتتیک در ابتدا اعضای عرضی با استفاده از مولفه باربری باعث افزایش نیروی بیرون کشش شده و سپس به تدریج مولفه اصطکاکی وارد عمل می‌شود. در گرید انکر نیز انکرها مانند اعضای عرضی عمل می‌کنند در نتیجه در جابه‌جایی پایین تاثیر بیشتری در افزایش نیروی بیرون کشش دارد.

در شکل (۱۴-ب)، نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی نمونه G-A(RC₂₄₅) مشاهده می‌شود. در این نمونه تغییرات فاکتور بهبود با جابه‌جایی مشابه حالت قبل است، اما برای تغییرات تنش نرمال، چون در این نمونه فاصله انکرها از یکدیگر زیاد

نمودار ۱۴. نمودار فاکتوربهبود - جابه‌جایی. الف) G-A(RC₁₄₅) ب) G-A(RC₂₄₅)

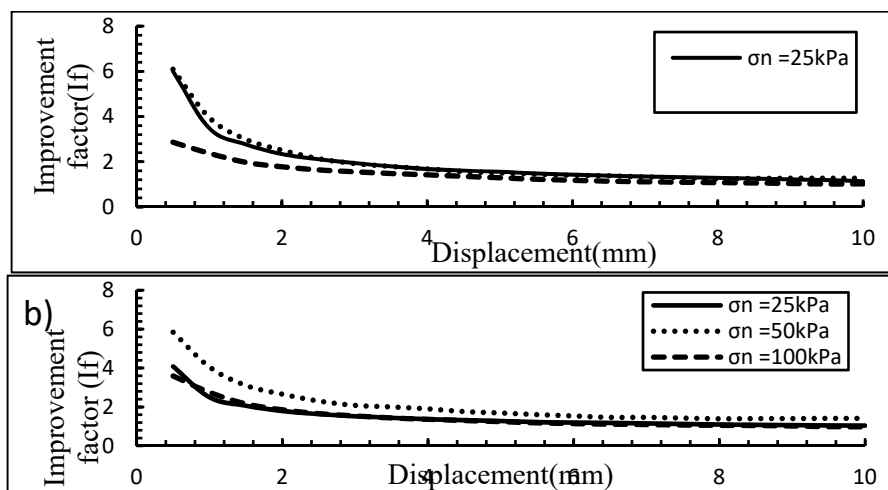


Fig. 14. Improvement factor vs. displacement. a) G-A(RC₁₄₅)- b) G-A(RC₂₄₅).

شکل ۱۵. نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی گریدانکرها تحت تنش نرمال ۲۵kpa

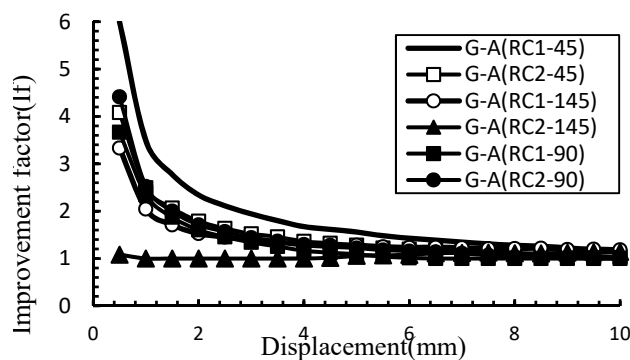


Fig.15.Improvement factor vs. displacement Gridanchors – normal stress 25 kPa.

۶- نتیجه‌گیری

ضعف برخی از خاک‌ها در مقاومت برشی باعث بروز مشکلاتی در سازه‌های ساخته شده روی این خاک‌ها می‌شود. در این پژوهش سعی شد آزمایش‌هایی روی ژئوسنتتیک‌ها، به عنوان یکی از روش‌های مسلح‌سازی خاک انجام شود. بدین منظور آزمایش‌ها روی ژئوسنتتیک دوبعدی ژئوگرید و ژئوسنتتیک سه‌بعدی (گریدانکر) انجام شد. پس از انتخاب

۷- حمایت‌های مالی

این پژوهش هیچ کمک هزینه خاصی از هیچ موسسه سرمایه‌گذار در بخش عمومی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

منابع و مآخذ

- [1] Yang, X., Han, J., Pokharel, S. K., Manandhar, C., Parsons, R. L., Leshchinsky, D., & Halahmi, I. (2012). Accelerated pavement testing of unpaved roads with geocell-reinforced sand bases. *Geotextiles and Geomembranes*, 32, 95-103.
- [2] ASTM D 6706-1, "Standard Test Method for Measuring Geosynthetic Pullout Resistance in Soil," Vol. 7, No. October, pp. 1-7, 2001.
- [3] Palmeira, E. M. (2009). Soil-geosynthetic interaction: Modelling and analysis. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(5), 368-390.
- [4] Farrag, K., Acar, Y. B., & Juran, I. (1993). Pull-out resistance of geogrid reinforcements. *Geotextiles and Geomembranes*, 12(2), 133-159.
- [5] Sugimoto, M., Alagiyawanna, A. M. N., & Kadoguchi, K. (2001). Influence of rigid and flexible face on geogrid pullout tests. *Geotextiles and Geomembranes*, 19(5), 257-277.
- [6] Moraci, N., Cardile, G., Giofrè, D., Mandaglio, M. C., Calvarano, L. S., & Carbone, L. (2014). Soil geosynthetic interaction: design parameters from experimental and theoretical analysis. *Transportation Infrastructure Geotechnology*, 1(2), 165-227.
- [7] Mosallanezhad, M., Bazyar, M. H., & Saboor, M. H. (2015). Novel strip-anchor for pull-out resistance in cohesionless soils. *Measurement*, 62, 187-196.
- [8] Toufigh, V., Saeid, F., Toufigh, V., Ouria, A., Desai, C. S., & Saadatmanesh, H. (2014). Laboratory study of soil-CFRP interaction using pull-out test. *Geomechanics and Geoengineering*, 9(3), 208-214.
- [9] Toufigh, V., Desai, C. S., Saadatmanesh, H., Toufigh, V., Ahmari, S., & Kabiri, E. (2014). Constitutive modeling and testing of interface between backfill soil and fiber-reinforced polymer. *International Journal of Geomechanics*, 14(3), 040140098.
- [10] Toufigh, V., Ouria, A., Desai, C. S., Javid, N., Toufigh, V., & Saadatmanesh, H. (2016). Interface behavior between carbon-fiber

روش تحقیق، علاوه بر تنش نرمال پارامترهای ابعاد چشمه ژئوگرید، فواصل نصب انکرها (با نسبت فاصله نصب انکر به ابعاد چشمه ۱ و ۲)، زاویه نصب انکرها (۴۵، ۹۰ و ۱۴۵ درجه) به عنوان متغیر برای گریدانکر در نظر گرفته شد. همچنین برای ژئوگرید نیز پارامترهای ابعاد چشمه و مقاومت کششی آن به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. که در نهایت نتایج دوتای نوع مسلح کننده ژئوگرید و گریدانکر بایکدیگر مقایسه شد و با کمک روابط تجربی ژئوگرید و نتایج حاصل از آزمایش رابطه‌ای برای محاسبه نیروی بیرون کشش گریدانکر پیشنهاد شد؛ و تاثیر هر کدام از پارامترها روی نیروی بیرون کشش در بخش‌های قبلی مورد بحث و تحلیل قرار گرفت. از نتایج حاصل از پژوهش به نتایج ذیل می‌توان اشاره کرد:

در ژئوگریدها ابعاد چشمه، مقاومت کششی نمونه و تنش نرمال روی عملکرد ژئوگرید تاثیر می‌گذارد، بدین صورت که در تنش نرمال بالا بهتر است از نمونه با مقاومت کششی بالا استفاده کرد و همچنین ابعاد چشمه‌ها را به شکلی در نظر گرفت که سازوکار گسیختگی اعضای عرضی باعث کاهش نیروی بیرون کشش نمونه نشود. به عبارت دیگر در تنش‌های بالا از ژئوگرید با ابعاد چشمه بزرگتر استفاده کرد. در این پژوهش نسبت بعد چشمه بهینه با بیشترین دانه‌بندی خاک، حدوداً ۲۵ است.

گریدانکرها نسبت به ژئوگرید عملکرد بهتری در بیرون کشش دارند بجز زمانی که زاویه اتصال انکر به صفحه ژئوگرید ۹۰ درجه باشد؛ به عبارت دیگر استفاده از انکر با زاویه ۹۰ درجه باعث افزایش نیروی بیرون کشش و متقابلاً تسلیح بهتر خاک نمی‌شود. در نتیجه در زمان اجرای گریدانکر باید به چگونگی قرارگیری انکر در خاک دقت کرد. بطور کل بهترین حالت استفاده از گریدانکر، در تنش نرمال پایین، جابه‌جایی کم و زاویه اتصال ۴۵ درجه است. همچنین در سربار کم توصیه می‌شود فاصله انکرها از یکدیگر کمتر (برابر با بعد چشمه) باشد؛ ولی با افزایش سربار این فاصله بیشتر شود.

L_r طول نمونه ژئوگرید
 W_r عرض نمونه ژئوگرید
 σ'_n تنش نرمال سربار
 ϕ زاویه اصطکاک خاک
 α_s کسر جامد (نسبتی از سطح بدون در نظر گرفتن حفرات)
 δ زاویه اصطکاک بین خاک و ژئوسنتتیک
 B ضخامت اعضای عرضی ژئوگرید
 S فاصله اعضای عرضی ژئوگرید
 α_b مساحت اعضای عرضی ژئوگرید
 σ'_b تنش باربری موثر بین خاک و مسلح کننده
 X مقدار ضریب اصلاح رابطه ژئوگرید برای گریدانکر
 I_f فاکتور بهبود
 P_p (Gridanchor) نیروی بیرون کشش گریدانکر
 P_p (Geogrid) نیروی بیرون کشش برای نمونه های ژئوگرید

فهرست اشکال

شکل ۱. ژئوسنتتیک های مورد استفاده در پژوهش. (الف)
 ژئوگرید. (ب) گریدانکر.
 شکل ۲. تصویر شماتیک گریدانکر.
 شکل ۳. (الف) تصویر شماتیک دستگاه آزمایش. (ب) دستگاه آزمایش.
 شکل ۴. تصویر شماتیک گیره همراه ژئوگرید.
 شکل ۵. نمودار دانه بندی خاک مورد آزمایش.
 شکل ۶. تصویر بستر مسلح شده با گریدانکر.
 شکل ۷. نمودار بیرون کشش - جابه جایی ژئوگرید (سری)
 تست ۱-۴) تحت تنش نرمال ۲۵ kPa
 شکل ۸. نمودار بیرون کشش - جابه جایی ژئوگرید (سری)
 تست ۳، ۴، ۱۰) تحت تنش نرمال ۵۰ و ۱۰۰ kPa
 شکل ۹. نمودار نیروی بیرون کشش - نوع مسلح کننده - (الف)
 نیروی بیرون کشش اولیه. (ب) نیروی بیرون کشش بیشینه.
 شکل ۱۰. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه جایی RC40 و
 G-A(RC190) تحت تنش نرمال ۲۵ و ۱۰۰ kPa.

- polymer and sand. *Journal of Testing and Evaluation*, 44(1), 385-390.
- [11] Ouria, A., Toufigh, V., Desai, C., Toufigh, V. and saadatmanesh, H., "Finite element analysis of a CFRP reinforced retaining wall," Vol. 10, pp. 757-774, 2016.
- [12] Boushehrian, A. H., Hataf, N., & Ghahramani, A. (2011). Modeling of the cyclic behavior of shallow foundations resting on geomesh and grid-anchor reinforced sand. *Geotextiles and Geomembranes*, 29(3), 242-248.
- [13] Mosallanezhad, M., Hataf, N., & Ghahramani, A. (2008). Experimental study of bearing capacity of granular soils, reinforced with innovative grid-anchor system. *Geotechnical and Geological Engineering*, 26(3), 299-312.
- [14] Alamshahi, S., & Hataf, N. (2009). Bearing capacity of strip footings on sand slopes reinforced with geogrid and grid-anchor. *Geotextiles and Geomembranes*, 27(3), 217-226.
- [15] Hataf, N., & Sadr, A. (2009, October). Pull-out behavior of an innovative grid-anchor system. In *Proce. 17th Conf. on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICSMGE), Alexandrina, Egypt. pp* (pp. 909-912).
- [16] Mosallanezhad, M., Taghavi, S. S., Hataf, N., & Alfaro, M. C. (2016). Experimental and numerical studies of the performance of the new reinforcement system under pull-out conditions. *Geotextiles and Geomembranes*, 44(1), 70-80.
- [17] ASTM D422-63, "Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils," Vol. 63, pp. 1-8, 2007.
- [18] ASTM D854-14, "Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer," No. May, 2014.
- [19] ASTM D3080, "Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained," , 2011.
- [20] ASTM D4254, "Standard Test Method for Minimum Index Density and Unit Weight of Soil and Calculation of Relative Density," , 2016.
- [21] ASTM D6637, "Standard Test Method for Determining Tensile Properties of Geogrids by
- [22] Jewell, R., Milligan, G., Sarsby, R. W., & Dubois, D. (1985). Interaction Between Soil And Geogrids. Polymer Grid Reinforcement: Proceedings of a conference sponsored by the science and engineering research council.
- [23] Ochiai, H., Otani, J., Hayashic, S., & Hirai, T. (1996). The pull-out resistance of geogrids in reinforced soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 14(1), 19-42

علائم و اختصارات:

P_p مقاومت در برابر بیرون کشیدگی برای ژئوگرید

شکل ۱۱. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی G-

A(RC₁45) و G-A(RC₂45) تحت تنش نرمال ۲۵ kPa و ۱۰۰ kPa.

شکل ۱۲. نمودار نیروی بیرون کشش - جابه‌جایی G-

A(RC₁45), GN131, RC40 و G-A(RC₂45) تحت تنش نرمال ۲۵ kPa.

شکل ۱۳. گراف برازش خطی در نرم‌افزار nonlinear برای

نمونه‌های G-, G-A(RC₂45), G-A(RC₁45) و A(GN₁45) (GN₂45).

شکل ۱۴. نمودار فاکتور بهبود - جابه‌جایی. الف) G-

A(RC₁45) ب) G-A(RC₂45).

شکل ۱۵. نمودار فاکتور بهبود - جابه‌جایی گریدانکرها تحت

تنش نرمال ۲۵ kPa

Investigation and experimental comparison of geogrid and gridanchor pullout resistance for sandy soil

Aliyeh Labib¹, Mohammad Hossein Bagheripour²

1. Master's degree, Geotechnic Engineering, Civil Engineering Group, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman, al.labib610@gmail.com.
2. Professor, Civil Engineering Group, Faculty of Engineering, Shahid Bahonar University, Kerman, bagheri@uk.ac.ir.

Abstract:

Construction on problematic soils, such as soft soils, is usually associated with numerous difficulties. Soil improvement is one of the available solution to encounter the problem in which the geotechnical conditions and the soil's material properties are essentially improved. Reinforcement of soil is usually carried with aim increasing soil's shear strength and reducing the erosion and/or settlement, permeability control and etc... .

Geosynthetics are made of the polymer materials which are used as reinforcement in geotechnical projects. Geosynthetics, depending on their application, have different types, which can be referred to as geotextile, geogrid, geonet, geomesh, geomembrane, geocell, geocomposite. Considering the mechanical and hydraulic properties of the geosynthetics, they are used in various fields. The suitable design and use of these materials leads usually to significant increase in the factor of safety, performance improvement, and cost reduction in projects when compared with other classical solution.

In recent decades, extensive studies have been conducted on the types of Geosynthetics and their function. On the 3D geosynthetics, however, deep studies are of few. In this study, the soil interaction with gridanchor as 3D geosynthetic (G-A) and the effect of various parameters (transverse distance of anchors from each other, joint angle of anchor to the geogrid relative to the horizon, aperture size and normal steress) for gridanchor has been investigated. Also, their performance has been compared with geogrids as 2D geosynthetics (G). In geogrids, the aperture size of geogrid, tensile strength of the samples and normal steress are considered as variables. The Pull out test is considered as the basic experiment to approach the goals of the current studies. According to the variables considered for each type of reinforcement systems, 50 pullout tests have been performed on the samples. Of these, 13 tests were performed as observational tests to ensure the accuracy of the test results. The soil used in this study is poorly graded sand (SP). Gridanchor is a type of geosynthetics that was first used by Mosallanezhad et al. In 2008.

The results outcome of tests indicate that the use of Gridanchor and compared with geogrid has a significant effect on increasing the reinforced substrate's pullout load. The effect of normal stress parameters, anchor installation angle and anchor distance from each other on the performance of the gridanchor has been investigated and optimal values have been proposed. If using geogrid in high normal stress, it is better to use geogrid with higher tensile strength. So that if a grid anchor is used in high stresses, it is better that the distance of the anchors from each other is greater than their distance in low stresses. Generally, the use of three-dimensional geosynthetics performs better at normal stresses and low displacement.

Keywords: Geosynthetic, Geogrid, Gridanchor, Pullout test, Reinforcement.