

مجله علمی – پژوهشی

مهندسی عمران مدرس

دوره بیست و دوم، شماره 6، سال1400

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

عالیه لبیب1، محمد حسین باقری پور2

1- دانشجوی کارشناسی ارشد ژئوتکنیک، گروه مهندسی عمران، دانشگاه شهید باهنرکرمان،

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

**bagheri@uk.ac.ir**

**تاریخ دریافت 11/06/99 تاریخ پذیرش 27/12/99**

**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( به­عنوان ژئوسنتتیک سه­بعدی)، تاثیر پارامتر­های مختلف و مقایسه عملکرد آن با ژئوگرید (به عنوان ژئوسنتتیک دو­بعدی) پرداخته شده است. باتوجه به پارامترهای درنظرگرفته شده به عنوان متغیر برای هرنوع سیستم مسلح کننده (مانند ابعاد چشمه و مقاومت کششی برای ژئوگرید، زاویه اتصال انکر و فاصله انکر برای گریدانکر) 50 آزمایش بیرون کشش روی نمونه­ها انجام شده است.

نتایج نشان داد که استفاده از گریدانکر برای افزایش نیروی بیرون‌کشش بستر نسبت به ژئوگرید تاثیر قابل توجهی دارد. تاثیر پارامترهای تنش نرمال، زاویه نصب انکر و فاصله انکر­ها از یکدیگر برعملکرد گریدانکر بررسی شده­است و مقادیر بهینه‌ای پیشنهاد شده است. به طورکلی استفاده از ژئوسنتتیک سه­بعدی در تنش­های نرمال و جابه‌جایی پایین عملکرد بهتری دارد.

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

**مقدمه**

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. به­عبارت دیگر پارامتر­های مربوط به این 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 بیرون­کشش توسط چندین پژوهشگر مورد مطالعه قرارگرفته­است تا پارامتر­های موثر در آزمایش بیرون کشش مانند ابعاد مدل، طول روکش، شرایط مرز­های جانبی و جلویی 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 ومتفاوتی را ارائه می­دهند. مانند سیستم ورق­های فولادی با انکر که توسط مصلی­نژاد و همکاران در سال 2015 معرفی شد [7]. مطالعاتی رویCarbon 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 مسلح­کننده سه­بعدی گریدانکر است.گریدانکر نوع جدیدی از سیستم مسلح‌کننده سه بعدی است که با اضافه کردن انکر­هایی از جنس پلاستیک با زاویه 45 درجه که در انتهای آن دو مکعب پلیمری با ابعاد 10×10×10 میلی­متر متصل شده روی صفحه ژئوگرید ساخته می­شود [12]. این سیستم برای اولین بار توسط مصلی­نژاد و همکاران در سال 2008 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(2009) و مصلی­نژاد و همکاران در سال 2016 مورد مطالعه قرار گرفت در این پژوهش­ها تنش نرمال به­عنوان متغیر درنظرگرفته شده است [15,16].

اگرچه تاکنون پژوهش­های متعددی برای شناخت رفتار سیستم‌های مسلح­کننده 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 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. ودر نهایت رابطه‌ای برای محاسبه مقاومت بیرون کشش گریدانکر پیشنهاد شده­است.

**2- جزییات آزمایش­ها**

به منظور مقایسه عملکرد ژئوسنتتیک­های دوبعدی و سه­بعدی در خاک ماسه­ای، دو نوع مسلح­کننده ژئوگرید و گرید انکر به وسیله آزمایش بیرون کشش مورد بررسی قرار گرفتند. برای انجام این پژوهش در مجموع 50 آزمایش انجام شده، که برای اطمینان از درستی نتایج 13 عدد ازآن­ها آزمایش تکرار است. تصویری از دو مورد از نمونه­های مورد آزمایش در شکل (1) نشان داده شده است.

 **شکل 1.** ژئوسنتتیک های 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 مسلح­کننده در نظر گرفته شد به شرح ذیل است:

ژئوگرید: ابعاد چشمه­ها، مقاومت کششی ژئوگرید

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

در شکل (2) تصویر شماتیک یک نمونه گریدانکر آورده شده است.

**شکل 2.** تصویر شماتیک گریدانکر

Joint angle of anchor 450

Distance of anchor

Apertures of size

**Fig. 2.** Schematic diagram of gridanchor

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

**2-1- دستگاه آزمایش**

مطابق استاندارد (ASTM D6706)، انجام آزمایش بیرون کشش منوط به اعمال هم‌زمان نیروی افقی وتنش نرمال است که تنش نرمال همواره در هنگام آزمایش ثابت می­ماند و نیروی افقی با سرعت ثابت mm/min1 به نمونه وارد می­شود [2]. سیستم پیکربندی آزمایش­های مورد نظر در شکل (3) قابل مشاهده است. برای انجام آزمایش­ها از یک جعبه فولادی مکعب شکل با ابعاد 250میلی­متر استفاده شد. انتخاب ابعاد جعبه با توجه به مقاله توفیق و همکاران در سال 2014 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 (2009 ) 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 3. الف)** تصویر شماتیک دستگاه آزمایش. ب) دستگاه آزمایش



**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 صلبیت 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 قطر10 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 (4)، گیره متشکل از دوصفحه فولادی با ابعاد 300×150 میلی­متر که برای مهار کامل نمونه در داخل آن، 6 سوراخ در اطراف و 5 سوراخ مطابق با شبکه­های نمونه روی دو ورق ایجاد شده است. برای جلوگیری از تمرکز تنش درون 5 سوراخی که مطابق شبکه­های نمونه ایجاد شده است، از بست‌هایی که مانند الگوی شبکه­های ژئوگرید برش خورده،

استفاده شد.

**شکل 4.** تصویر شماتیک گیره همراه با ژئوگرید

**Fig. 4**. Schematic diagram of clamp and geogrid

**2-2- مشخصات خاک**

در این مطالعه، با توجه به مقاله توفیق و همکاران در سال 2014 خاک مورد آزمایش از نوع ماسه خشک با اندازه ذرات حدود1-1/0 میلی­متر است[8].

 مطابق استاندارد ASTM D422 می­توان خاک مورد آزمایش را جزگروه ماسه بد دانه­بندی شده(SP) قرار داد [17].

در شکل (5) نموداردانه­بندی آورده شده است. آزمایش وزن‌ مخصوص­جامد 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 ازآزمایش­ها و مشخصات ژئوتکنیکی خاک درجدول (1) ارائه شده است [18, 19]. بستر خاک درتمامی آزمایش­ها با تراکم نسبی 70 درصد طبق استانداردASTM D4254 ، آماده شده است [20].

**2-3- مشخصات ژئوسنتتیک­های مورد بررسی**

ژئوسنتتیک­های استفاده شده در این مطالعه، شامل 4 نوع ژئوگرید از جنس HDPE(high density polyethylene) است. برای تعیین مقاومت کششی ژئوگرید­های استفاده شده در این پژوهش، مطابق استانداردASTM D 6637 با دستگاه یونیورسال تعیین شد [21]. مشخصات مصالح مورد استفاده درجدول (2) آورده شده است.

**2-4- ساخت نمونه**

از آنجایی که چهار نوع ژئوگرید ذکر شده در جدول (2) ابعاد چشمه متفاوتی دارند؛ برای بررسی تاثیر ابعاد چشمه­ها در اندرکنش خاک-ژئوسنتتیک، هر چهار نوع ژئوگرید، تحت آزمایش بیرون کشش قرار گرفتند.

گریدانکر­ها مطابق شکل (4) از اتصال مکعب­های پلیمری به صفحه ژئوگرید به کمک بست­های پلاستیکی ساخته شدند.

آماده­سازی گریدانکر برای بررسی تاثیر ابعاد شبکه­های ژئوگرید از دو نوع ژئوگرید RC40 و GN131 با سایز چشمه­های مختلف استفاده شد. برای بررسی تاثیر زاویه نصب انکر در گریدانکر­ها از سه زاویه 45، 90 و 145 درجه و برای بررسی تاثیر چیدمان انکر­ها از دو چیدمان مختلف استفاده شد.

**3- آماده سازی نمونه­ها**

بسترهای آزمون از طریق تکنیک pluviation با استفاده از یک ابزار بارش ماسه آماده شدند. در ابتدا تا ارتفاع mm 130 خاک داخل جعبه ریخته شدکه مسلح کننده روی آن قرارگیرد .

سپس، بارش ماسه تا زمان رسیدن به ارتفاع موردنظر و پرشدن جعبه از خاک ادامه یافت .در گام بعدی، گیره به قلاب متصل می­شود و باید دقت کرد گیره و قلاب در راستای نیروی کششی باشد تا لنگر ایجاد نشود. گیج­های اندازه­گیری جابه‌جایی و نیروی کششی صفر شده و دستگاه با سرعتmm/min1 شروع به کشیدن نمونه می­کند. پس از شروع آزمایش تا ثابت شدن گیج نیرو (جابه‌جایی 10 میلی­متر) به ازای هر 5/0 میلی­متر جابه‌جایی، عدد گیج نیروی کششی خوانده می­شود. پس از اتمام آزمایش، باربرداری صورت می­گیرد و جعبه از درون دستگاه خارج می‌شود و برای انجام آزمایش­های بعدی آماده می­شود.

**4- برنامه آزمایش­ها**

آزمایش­های انجام شده در این پژوهش به 12 سری تقسیم شده است که 4 سری روی بستر مسلح شده با ژئوگرید و 8 سری روی بستر مسلح شده باگریدانکر مطابق شکل (6) است.

**شکل 6.** تصویر بستر مسلح شده با گریدانکر



**Fig. 6.** Soil reinforcement grid anchor

هرسری از آزمایش­ها با تنش­های نرمال مختلف انجام شده است. جزییات آزمایش­ها در جدول (3) آورده شده است.

**جدول 1.** مشخصات خاک

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CC | CU | D60(mm) | D30(mm) | D10(mm) | Friction angle( Deg) | $$γ\_{d min}$$ | $$γ\_{d max}$$ | Parameters |
| 1.16 | 2.4 | 0.36 | 0.25 | 0.15 | 34.4 | 13.97 | 15.89 | Values |

**Table1**. Properties of soil

**شکل 5 .** نمودار دانه­بندی خاک مورد آزمایش

**Fig. 5.** Grain size distribution curves.

**جدول 2.** مشخصات فیزیکی ژئوگریدهای مورداستفاده در پژوهش

|  |  |
| --- | --- |
| Geogrid | Geosynthetic type |
| GA | CE121 | RC40 | GN131  | Name |
| 3×3 | 6×10 | 40×40 | 27×27 | Apertures of size (mm) |
| 360 | 730 | 533 | 465 | Weight (g/m2) |
| 1.86 | 5.26 | 4.99 | 4.1 | Tensile strength (KN/m) |

**Table 2.** Physical characteristics of Geogrid used for the study

**جدول 3**. برنامه آزمایش

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Details | Number of Tests | Name | Reinforcement type | Series test |
| Sample of size: constant (220×180mm2)Apertures of size: Variable | 6 | RC40 | Geogrid | 1 |
| 3 | GN131 | 2 |
| 4 | CE121 | 3 |
| 4 | GA | 4 |
| Distance of anchor (mm) | Joint angle of anchor $(°)$ | Geogrid type | 4 | G-A(RC145) | Grid-anchor | 5 |
| 40 | 45 | RC40 |
| 80 | 4 | G-A(RC245) | 6 |
| 40 | 145 | 4 | G-A(RC1145) | 7 |
| 80 | 6 | G-A(RC2145) | 8 |
| 40 | 90 | 3 | G-A(RC190) | 9 |
| 80 | 4 | G-A(RC290) | 10 |
| 30 | 45 | GN131 | 4 | G-A(GN145) | 11 |
| 65 | 4 | G-A(GC245) | 12 |

**Table 3.** Test plan

**5- تحلیل و بحث**

**5-1- ژئوگرید­ها**

4 سری آزمایش روی 4 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:

**5-1-1- بررسی تاثیر ابعاد چشمه**

نمودار نیروی بیرون­کشش – جابه‌جایی برای چهار سری آزمایش انجام شده روی ژئوگریدها تحت تنش نرمال kPa 25 ترسیم شده است.

مشابه پژوهش پالمیرادر سال 2009، با مقایسه چهارسری آزمایش مطابق شکل (7) 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 بیرون­کشش اولیه نمونه‌های CE121 و GA بیشتر از RC40 است، اما نیروی بیشینه بیرون­کشش 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.

**5-1-2- بررسی تاثیر مقاومت کششی ژئوگریدها**

با ترسیم نمودار نیروی بیرون­کشش– جابه‌جایی برای چهار سری آزمایش انجام شده روی ژئوگریدها تحت تنش نرمال 50 و kPa 100مطابق شکل (8)، می­توان مشاهده نمود که در نمونه RC40 با افزایش تنش نرمال مقدار نیروی بیرون­کشش افزایش می­یابد ولی در ژئوگریدGA و CE121 مقدار نیروی بیرون کشش در تنش نرمال kPa100 کمتر از مقدار این نیرو در تنش kPa50؛ 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 بیرون­کشیدگی آن غلبه نموده است. این امر در پژوهش اوچیای و همکاران در سال 1996 نیز مشاهده شد [23].

**5-2- گریدانکرها**

در این قسمت به مقایسه عملکرد گریدانکر با ژئوگرید، پرداخته شده است. در این مقایسه با توجه به جدول (3) دونوع ژئوگرید با سایز چشمه مختلف و 6 الگوی مختلف گریدانکر درنظرگرفته 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 8.** نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی ژئوگرید (سری تست1،3،4)- تنش نرمال 50 و kPa100

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

**5-2-1- بررسی تاثیر نصب انکر**

تاثیر افزودن انکر به ژئوگرید درافزایش نیروی بیرون کشش اولیه بیشتر از نیروی نهایی است. مطابق شکل 9 در بعضی از نمونه­ها مقدار نیروی بیرون کشش اولیه گریدانکر نسبت به ژئوگرید حدودا 6 برابر شده است اما نسبت نیروی نهایی گریدانکر به ژئوگرید در بهترین حالت 3/1 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 (10) نمودار نیروی بیرون­کشش-جابه‌جایی ژئوگریدRC40 و گریدانکر G-A(RC190) تحت تنش نرمال 25 و kPa100 آورده شده است. با وجود تصور مبنی بر افزایش مقاومت بیرون­کشش با افزایش مقدار مسلح­کننده، می­توان در شکل (9) مشاهده نمود که نیروی بیرون کشش بیشینه مربوط به خاک مسلح­شده با G-A(RC190) ( گریدانکر با زاویه نصب90 درجه) نسبت به RC40 کمتر است.دلیل این امر را این­گونه می­توان بیان نمود که وجود انکر­ها با زاویه 90 درجه باعث ایجاد ناپیوستگی و کاهش فشار قائم در ناحیه بالای ژئوگرید می­شود که این امر کاهش اصطکاک جلدی را در­پی­دارد. درنتیجه اگر انکر­ها با زاویه نامناسب قرارگیرند باعث کاهش نیروی بیرون کشش می­شوند.

**شکل 9.** نمودار نیروی بیرون کشش- نوع مسلح کننده – 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 10.** نمودار نیروی بیرون کشش – جابه‌جایی RC40 و G-A(RC190)- تنش نرمال 25 و kPa100

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

**5-2-2- بررسی تاثیر فاصله نصب انکر**

تفاوت بین دو نوع گریدانکر G-A(RC1145) و A(RC2145) G- در فاصله بین انکر­ها است. مطابق شکل (11)، 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 نوعA(RC2145) G- 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 A(RC2145) G- 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.

***5-2-3- بررسی تاثیر زاویه نصب انکر***

برای بررسی تاثیر زاویه نصب انکر، انکر ها با 3 زاویه 45، 90 و 145 درجه مورد آزمایش قرار­گرفت. در روند آزمایش مشاهده شد که در گریدانکرها، انکر مانند اعضای عرضی عمل می­کند.

مطابق شکل (9)، در بین زوایای نصب انکر بهترین حالت، زاویه 45 درجه است زیرا تنش سربار در حالتی که انکر با زاویه 90 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 145 درجه نیز هم باعث اثر مثبت روی خود ژئوگرید و هم اثر منفی خوابیدگی انکر می­شود. اما درحالت 45 درجه اثر تنش نرمال سربار هم تاثیر مثبتی بر انکر­ها و هم روی ژئوگرید دارد.

**شکل 11.** نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی G-A(RC1145) و G-A(RC2145)- تنش نرمال 25 و kPa100

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

**5-2-4- 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 (12)، گریدانکر G-A(GN145) نسبت به ژئوگرید GN131 در حالت بهینه یعنی کمترین مقدار تنش نرمال مقدار نیروی بیرون کشش اولیه را 7/1 و نیروی بیرون­کشش بیشینه را 3/1 برابر می­کند؛ اماگریدانکر G-A(RC145) نسبت به ژئوگرید RC40 مقدار نیروی بیرون کشش اولیه را در شرایط مشابه با حالت قبل 6 برابر و نیروی بیشینه را 2/1 برابر می­کند. در نتیجه تاثیر افزودن انکر روی ژئوگریدRC40 بیشتر از GN131 است، زیرا از آنجایی­که در ژئوگرید RC40 ابعاد چشمه­ها بزرگ است، به مرور و با جابه‌جایی بیشتر سخت­شدگی ودرگیری 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 12.** نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی RC40, GN131, G-A(RC145)و- G-A(RC245)تنش نرمال kPa25

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

**5-2-5- اصلاح رابطه پیشنهادی ژئوگرید برای محاسبه مقاومت نیروی بیرون کشش گریدانکر**

جول و همکاران در سال 1985 روابط مقاومت بیرون کشیدگی ژئوگرید­ها را به شرح زیر بیان کردند [22]:

|  |  |
| --- | --- |
| (1) |  |

 در رابطه فوق Pp مقاومت در برابر بیرون کشیدگی، Lr طول نمونه، Wr عرض نمونه،σ´n تنش نرمال سربار، φ زاویه اصطکاک و fb ضریب ثابت (رابطه 2) هستند.

|  |  |
| --- | --- |
| (2) |  |

$ $ در رابطه (2) ترم اول مربوط به قابلیت اصطکاکی و ترم دوم مربوط به قابلیت باربری است.در رابطه فوق αs کسر جامد(نسبتی از سطح بدون در نظرگرفتن حفرات)، δ زاویه اصطکاک بین خاک و ژئوسنتتیک و fbearing مولفه باربری (رابطه 3) هست.

|  |  |
| --- | --- |
| (3) |  |

در رابطه (3)، Bضخامت اعضای عرضی، S فاصله اعضای عرضی، αbمساحت 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 (4 و 5) محاسبه می­شود. برای محاسبه این نسبت دو سازوکار گسیختگی بکار برده شده است.

1. سازوکار گسیختگی عمومی ( رابطه پترسون)[22]

|  |  |
| --- | --- |
| (4) |  |

1. سازوکار گسیختگی پانچینگ (رابطه جول)[22]

|  |  |
| --- | --- |
| (5) |  |

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 می­دهد که رابطه جول یک حد پایین و رابطه پترسون یک حد بالا برای داده­های موجود است. بنابراین برای اطمینان در طراحی از رابطه (5) استفاده می­شود.

از آنجا که تاکنون رابطه‌ای برای مقاومت بیرون کشیدگی گریدانکر ارائه نشده است؛ با استفاده از داده­های حاصل ازین پژوهش و روابط فوق، در نرم‌افزار 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 45 درجه است، ضریب اصلاح که در اینجا با نمادX نشان داده شده، برای گریدانکر با زاویه 45 درجه محاسبه شده است. که این ضریب در مولفه باربری رابطه fb ضرب می­شود. به عبارتی دیگر معادله (3) که برای ژئوگریدکاربرد دارد با اضافه نمودن ضریبی برای گریدانکر (طبق رابطه 6) نیز قابل استفاده خواهد بود.

|  |  |
| --- | --- |
| (6) |  |

برای محاسبه مقدار ضریب اصلاح(x )، رابطه ی بین دومتغیر fb و αb بررسی شده است. تصویر گراف برای هر نمونه از ژئوگرید در شکل (13) نشان داده شده است

­­مقدار این ضریب به شرح جدول (4) است:به طور کلی برای نسبت ضخامت به فاصله اعضای عرضی1/0، اگر فاصله انکر کمتر از 3سانتی متر باشد مقدار5/1 x= و برای فاصله انکر بین3 تا 7 سانتی­متر مقدار x برابر 2/1، و برای فواصل بالاتر، 1/1 است.

**جدول 4**. ضریب اصلاح رابطه بیرون کشیدگی ژئوگرید برای گریدانکر

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Sample | G-A(RC145) | G-A(RC245) | G-A(GN145) | G-A(GN245) |
| X | 1.2 | 1.1 | 1.5 | 1.1 |
| R2 (%) | 99.62 | 98.76 | 96.59 | 99.38 |

**Table. 4.** Coefficient Improvement

**شکل 13.** گراف برازش خطی در نرم افزار nonline برای نمونه‌های G-A(RC145)، G-A(RC245)،G-A(GN145) و G-A(GN

245)

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

**5-4- فاکتور بهبود**

برای بررسی تاثیر عملکرد ژئوسنتتیک­ها و میزان بهبود مقاومت بیرون­کشش نمونه­ها، پارامتری به نام فاکتور بهبود مورد بررسی قرار می­گیرد.

 این پارامتر از رابطه (7) محاسبه می­شود [16].

|  |  |
| --- | --- |
| (7) |  |

در رابطه فوق، Pp( Gridanchor)نیروی بیرون کشش گریدانکر و Pp (Geogrid) نیروی بیرون کشش برای نمونه­ های ژئوگرید است.

در شکل (14-الف)، نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی نمونه­های G-A(RC145) آورده شده است. طبق شکل مشاهده می­شود، برای یک جابه‌جایی مشخص، با افزایش تنش نرمال مقدار $I\_{f}$ کاهش می­یابد که این امر نشان می­دهد، تاثیر گریدانکر در تنش‌های نرمال پایین بیشتر است و هرچه تنش نرمال بیشتر شود تاثیر مثبت گریدانکر در افزایش نیروی بیرون­کشش کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش جابه‌جایی، مقدار فاکتور بهبودکاهش 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 درنتیجه در جابه‌جایی پایین تاثیر بیشتری در افزایش نیروی بیرون کشش دارد.

در شکل (14-ب)، نمودار فاکتور بهبود– جابه‌جایی نمونهG-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 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 kPa25 در شکل(15) 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. درنتیجه بهینه‌ترین زاویه برای اتصال انکر زاویه 45 درجه است . **شکل**

**نمودار 14.** 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 15.** نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی گریدانکر­ها تحت تنش نرمال kpa25

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

**6- 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 ازانتخاب روش تحقیق، علاوه بر تنش نرمال پارامتر­های ابعاد چشمه ژئوگرید، فواصل نصب انکر­ها ( با نسبت فاصله نصب انکر به ابعاد چشمه 1 و2 )، زاویه نصب انکر­ها( 45، 90 و 145 درجه) به عنوان متغیر برای گریدانکر درنظرگرفته شد. همچنین برای ژئوگرید نیز پارامتر­های ابعادچشمه و مقاومت کششی آن به عنوان متغیردر نظر گرفته­شد. که در نهایت نتایج دونوع مسلح­کننده ژئوگرید و گریدانکر بایکدیگر مقایسه شد و باکمک روابط تجربی ژئوگرید و نتایج حاصل از آزمایش رابطه­ای برای محاسبه نیروی بیرون کشش گریدانکر پیشنهادشد؛ و تاثیر هرکدام از پارامتر­ها روی نیروی بیرون­کشش در بخش­های قبلی مورد بحث و تحلیل قرارگرفت. 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. به­عبارت دیگر در تنش­های بالا از ژئوگرید با ابعادچشمه بزرگتر استفاده کرد. در این پژوهش نسبت بعدچشمه بهینه با بیشترین دانه­بندی خاک، حدودا 25 است.

گریدانکرها نسبت به ژئوگرید عملکرد بهتری در بیرون کشش دارند بجز زمانی که زاویه اتصال انکر به صفحه ژئوگرید 90 درجه باشد؛ به عبارت­دیگر استفاده از انکر با زاویه 90درجه باعث افزایش نیروی بیرون کشش و متقابلا 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 45درجه 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.

**7- حمایت­های مالی**

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

**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]ASTMD 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., Gioffrè, 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 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 Determinig Tensile Propertise 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 counc.

[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:**

Pp مقاومت در برابر بیرون کشیدگی برای ژئوگرید

 Lr طول نمونه ژئوگرید

 Wr عرض نمونه ژئوگرید

σ´n تنش نرمال سربار

φ زاویه اصطکاک خاک

αs کسر جامد(نسبتی از سطح بدون در نظرگرفتن حفرات)

δ زاویه اصطکاک بین خاک و ژئوسنتتیک

Bضخامت اعضای عرضی ژئوگرید

 S فاصله اعضای عرضی ژئوگرید

 αb 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

Pp( Gridanchor)نیروی بیرون کشش گریدانکر

 Pp (Geogrid) نیروی بیرون کشش برای نمونه­ های ژئوگرید

**فهرست اشکال**

شکل1. ژئوسنتتیک­های مورد استفاده در پژوهش. الف) ژئوگرید. ب) گریدانکر.

شکل2. تصویر شماتیک گرید­انکر.

شکل3. الف) تصویر شماتیک دستگاه آزمایش. ب) دستگاه آزمایش.

شکل4. تصویر شماتیک گیره همراه ژئوگرید.

شکل 5. نمودار دانه­بندی خاک مورد آزمایش.

شکل 6. تصویر بستر مسلح­شده با گریدانکر.

شکل 7. نمودار بیرون­کشش- جابه‌جایی ژئوگرید (سری تست 1-4) تحت تنش نرمال kPa25

شکل 8. . نمودار بیرون­کشش- جابه‌جایی ژئوگرید (سری تست1،3،4) تحت تنش نرمال50 و kPa100

شکل 9. نمودار نیروی­بیرون­کشش – نوع مسلح­کننده- الف) نیروی بیرون کشش اولیه. ب) نیروی ­بیرون­کشش بیشینه.

شکل 10. نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی RC40 و G-A(RC190) تحت تنش نرمال 25 وkPa 100.

شکل 11. نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی G-A(RC1145) و G-A(RC2145) تحت تنش نرمال 25 وkPa 100.

شکل 12. نمودار نیروی بیرون کشش- جابه‌جایی G-A(RC145) , GN131 , RC40 و G-A(RC245) تحت تنش نرمال kPa25.

شکل 13. گراف برازش خطی در نرم­افزار nonline برای نمونه­های G-A(RC145) , G-A(RC245) , G-A(GN145)و G-A

(GN245).

شکل14 . نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی. الف) G-A(RC145). ب) G-A(RC245).

شکل 15. نمودار فاکتور بهبود- جابه‌جایی گریدانکر­ها تحت تنش نرمال kPa 25

**Investigation and experimental comparison of geogrid and gridanchor pullout resitance 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.