

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月22日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22760359

研究課題名（和文） ジオセルを引張り補強材として活用した補強土構造物の安定性

研究課題名（英文） Pullout resistance of geo-cell placed as tensile reinforcement in backfill

研究代表者

清田 隆（KIYOTA TAKASHI）

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号：70431814

研究成果の概要（和文）：

土構造物の高度利用を実現するために、これまで様々な補強土工法が開発されてきた。その内、ジオグリッドなどの面状補強材を主体としたジオシンセティックス補強盛土は、鉄道橋台・擁壁や重要構造物基礎として既に実用化されている。一方、立体的なハニカム構造を有するジオセルは、主に基礎地盤に対して上載圧を分散させる機能を期待した利用が主体であった。本研究ではジオセルをその水平アンカー力を生かすことにより、引張り補強材として期待できる可能性を、模型実験を基に検討した。

研究成果の概要（英文）：

Reinforcement, such as strips, woven-geotextiles and geogrids, is used to tensile-reinforce the backfill of soil structures in recent civil engineering applications. The use of geo-cells as tensile reinforcement has been quite limited, but geo-cells have been often used to restrain the foundation ground from horizontal spreading when subjected to vertical load by, for example, embankment, light-weight houses and traffic. Geo-cells have such advantages as that large-particles can be contained inside the cells and respective cells have a large anchorage capacity when pull laterally. On the other hand, conventional type geo-cells are not designed to have a high global stiffness when pull laterally. To examine whether geocells can be function as tensile reinforcing when used to reinforce the backfill of, for example, retaining walls and foundations, a series of laboratory tests were performed to evaluate the pull-out resistance of small-scaled models of geo-cell having different particle size of the backfill in which the geo-cell models were arranged.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,500,000	750,000	3,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：ジオセル・ジオグリッド・補強土・土中引き抜き抵抗・模型実験・盛土材料・ジオシンセティックス・粒径

1. 研究開始当初の背景

ジオグリッドなどの面状補強材を利用とした補強土擁壁は、強震動に対しても十分高い耐震性を発揮することが確認されている。これに対し、立体的なハニカム構造を有するジオセルは、セル内の盛土材料を拘束して安定化させることから、主に基礎地盤に対して上載荷重を分散させるスラブ構造としての機能が期待できる。このスラブ構造としての機能は、地盤内に水平引張り補強材を多層に配置する工法と土のうを敷き詰める工法の中間的なものであり、これまでも交通荷重や基礎構造物の支持地盤として多くの施工実績がある。

一方、ジオセルを壁面工とした擁壁構造物の既往の振動台実験 (Leshchinsky et al., *Geotextiles and Geomembranes*, 27, 2009) では、ジオセルには引張り補強材としての副次的な効果がある可能性が指摘されている。しかし、ジオセルを補強土構造物の内部に配置し、そのアンカー力を生かして引張り補強材として積極的に利用した例はほとんどないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究では、模型実験および室内要素試験により、地盤材料との相互関係に着目してジオセル引張り補強メカニズムを解明することを目的とした。

ジオグリッド等の面状引張補強材の引抜き抵抗は、補強層と周囲の盛土との境界での平均的摩擦力に依存し、剛性が高いほどそれぞれの位置での摩擦力のピーク値が同時に発揮されやすくなる。また、平均的摩擦力は、補強材縦材の表面と盛土材との間の摩擦力、および横材のアンカー力から構成されている。特に後者については、横材の高さと剛性の大きさに依存する。

一方、ジオセルでは特に粒子径が大きい盛土材料の場合には補強材の高さ h に起因するアンカー力が大きく影響する可能性がある。また、ジオグリッドの場合では粒子径が補強材の表面粗度、格子の開きなどの局所的な構造寸法に対して大きくなるにつれてアンカー力が低下する可能性が考えられるが、ジオセルはセルの高さがかなり大きく目の開きの相当大きいことから、かなり大粒径の盛土材もセル内に入れることができる。実際の施工時における盛土地盤材料は大粒径の砂礫が用いられるケースも少なくなく、通常のジオグリッド補強材に対するジオセル補強材の引抜き抵抗特性に及ぼす粒度特性の影響を把握することは、補強土構造物の更なる高度利用・発展に繋がると考えられる。

3. 研究の方法

図-1 に試験装置を示す。実験は平面ひずみ土槽を利用して平面ひずみ条件下で実施した。模型地盤は幅 700 mm×高さ 800 mm×奥行 400 mm で、表-1 に示す異なる粒径を有する 4 種類の地盤材料を用いて作成した。本研究では比較のため、ジオセル模型と同じ敷設長の面状補強材 (ポリエステル、Tensar ss-35) による引き抜き試験も実施している。各補強材の概要を図-2 に示す。

ジオセル模型を敷設した高さにおける擁壁模型の開口幅は、使用したジオセル模型の高さ $h=25\text{ mm}$ に対して 30 mm とした。ジオセル用クランプでジオセルの先端部を固定し、ユニバーサルジョイントを介してギヤ式載荷装置に結合した。引き抜き試験は、補強材の種類によらず一定 (5 mm/min) の引き抜き変位速度で実施した。クランプと載荷装置の間に取り付けたロードセルによって、補強材の単位幅 (奥行き) あたりの引抜け抵抗力 T (kN/m) を測定した。なお、本報告で示す引き抜き変位は、擁壁背面から 5 cm の位置における土中の変位 $D_{(50)}$ を用いた。

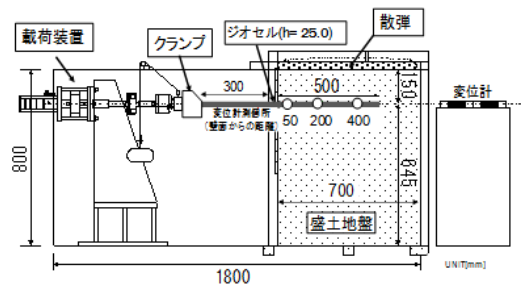


図-1 補強材の土中引抜き試験装置概要図

表-1 盛土材料の概要

試料	粒径 D_{50}	盛土乾燥密度
豊浦砂	0.1~0.2 mm	1.90 g/cm ³
玉砂利 1 分	3~5 mm	1.92 g/cm ³
玉砂利 3 分	7~10 mm	1.96 g/cm ³
玉砂利 5 分	12~15 mm	1.90 g/cm ³

ジオセルの模型 (図-2) は高密度ポリエチレン樹脂製 (HDPE) であり、部材の厚さは 1.2 mm、高さ h は 25 mm である。この高さ h は、現場で使用されるジオセルの高さ (150 mm) の 1/6 である。敷設時のジオセル全体の奥行は 339 mm、敷設長 L_G は 500 mm である。盛土天端での上載圧は 1 kPa とし、散弾を用いて作用させた。補強材上面の平均有効上載圧は、3.35 kPa となる。

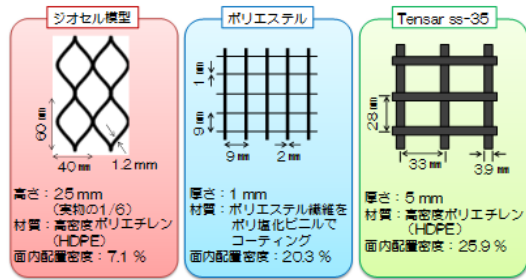


図-2 各補強材の概要

なお、図-2 に示すジオセルの形状では、引き抜け抵抗が敷設長全体で同時に発揮されにくいことが想定された。本研究では、図 2 に示した形状のジオセルの改良版として、縦材を引き抜け方向に配置し、かつジオセルの高さを変化させた実験も行っている。

4. 研究成果

(1) 従来型ジオセルの土中引き抜け特性

図-3, 4, 5 に各補強材の擁壁から 5 cm の位置における引き抜き変位量 D_{50} と、引き抜け抵抗 T の関係を示す。豊浦砂での最大引抜け抵抗は、いずれの補強材でも同程度の引き抜け抵抗 (約 2.5 kN/m) を示している。

三つの補強材に共通して、盛土材の粒径が大きくなるにつれて、各補強材の引き抜け抵抗は増加する傾向が認められる。特にテンサー (図-3) におけるその傾向は非常に顕著であり、5 分の盛土材では、他の補強材も含む全ての実験を通じて最大のピーク強度を示している。これは今回用いた補強材の中ではテンサーの目合いが適当に大きいのに加えて剛性が最も高く、盛土材と補強材との間の摩擦が効果的に作用しているものと考えられる。

一方、ポリエステル補強材 (図-4) の場合は、豊浦砂と 1 分とのピーク強度の差は約 0.5~1 kN/m と小さいが、3 分の盛土材を使用した場合は強度が大きく増加する。しかし、5 分の盛土材を使用した場合、他の補強材では見られないような大きな強度低下が認められ、その低下率は 3 分の場合と比較すると 50% 程度であった。これはポリエステル補強材の場合、目合いが最も小さく厚さが小さいことから、盛土材の粒径が大きくなったことで補強材との噛み合わせが低下した可能性が考えられる。

図-5 に示すように、ジオセル補強材でも豊浦砂と 1 分とのピーク強度の差は小さいが、1 分から 3 分に盛土材粒径が大きくなると引き抜け抵抗 T が大幅に増加した。しかし、テンサーやポリエステル補強材と比較すると、引き抜け抵抗-変位関係は若干延性的な挙動を示す。

図-6 に、実験結果から想定されるジオセルの側面部材周辺の抵抗メカニズム模式図を

示す。補強材の上下面に形成されるせん断層のせん断強度はジオセルの高さ h に依存せず、ジオセル高さと盛土材料の粒径の比 h/D がある程度小さいと、受働土圧によるアンカー力は補強材上下面に形成されるせん断層のせん断強度によるアンカー力よりも小さくなり、補強材のアンカー力を支配すると考えられる。図-5 では、盛土材料の粒径が 3 分と 5 分の場合のジオセルの引き抜け抵抗には明確な違いは出ていない。しかし、上記のメカニズムを考慮すると、剛性が十分に高いか、剛性が高い上により大きな h のジオセルを用いることで、5 分の盛土材ではより大きな引き抜け抵抗を発揮する可能性が考えられる。

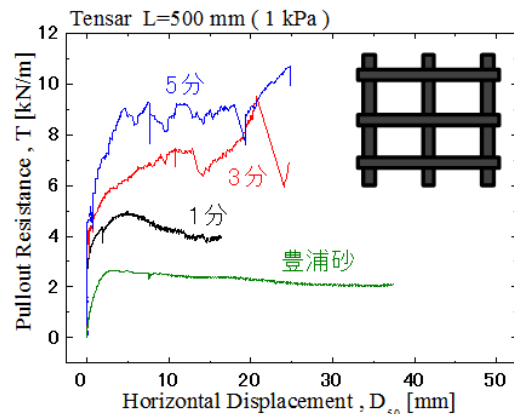


図-3 テンサーの土中引き抜き試験結果

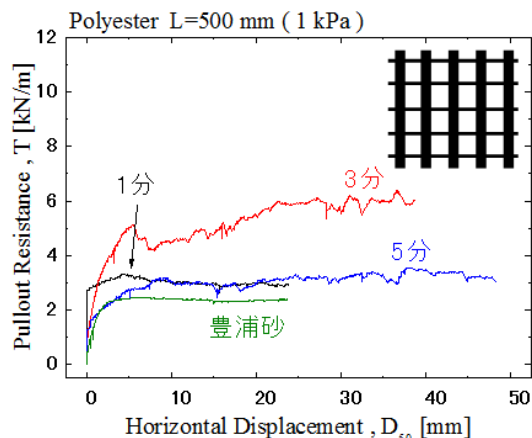


図-4 ポリエステル補強材の土中引き抜き試験結果

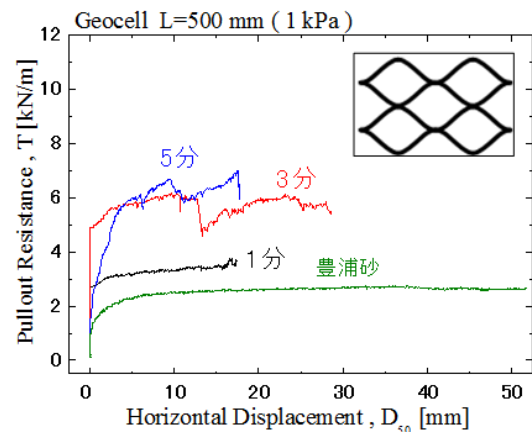


図-5 ジオセル補強材の土中引き抜き試験結果

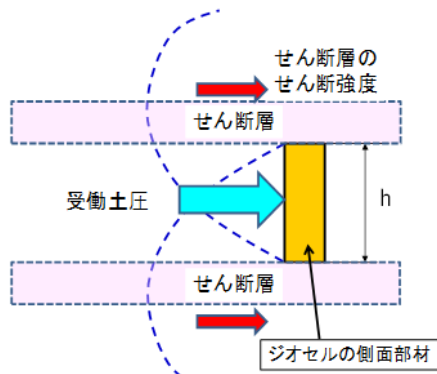


図-6 引抜け時のせん断抵抗に及ぼす補強材の厚さの影響

(2) 改良型ジオセルの土中引き抜け特性

一方、従来のジオセルの構造に起因する引き抜け抵抗-変位関係の低い初期剛性と延性的な挙動を改善するため、図-7に示すように引き抜け方向に平行に部材を配置した形状のジオセル模型を作成し、同様の実験を行った。また、改良型のジオセルでは、横材の高さの影響を検討するため $h=25\text{mm}$ (SG-1), 12.5mm (SG-2), 12.5mm 以下 (SG-3) の3種類の模型を用いて実験を実施した。

実験結果を図-8に示す。改良されたジオセル補強材の引き抜け挙動は、従来のジオセル (DG) と比較すると、明確な強度のピークが存在し、その後の軟化現象が確認できる。これは、引き抜け方向に平行に部材を配置することにより、ジオセル敷設長の全体を通じて引き抜き抵抗が同時に発揮される状態に近づいたことによると考えられる。

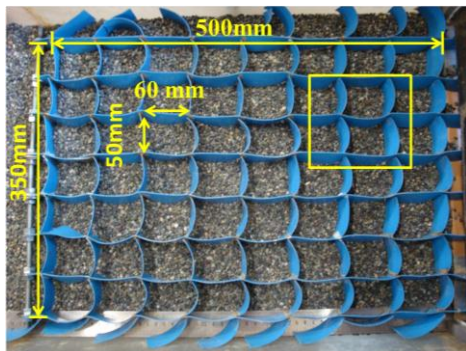


図-7 改良型ジオセル模型の敷設状況

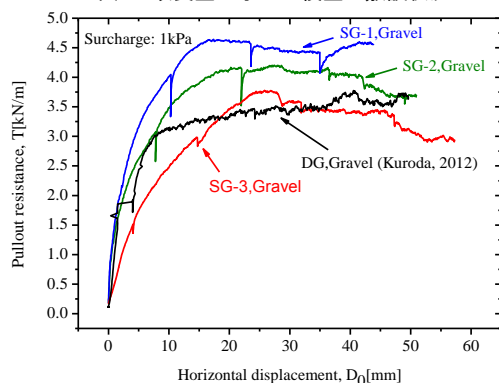


図-8 改良型ジオセル補強材の土中引抜き試験結果

更に、図-8において、同じ高さのジオセル (SG-1 と DG) を比較すると、改良されたジオセルのピーク強度と初期剛性は非常に大きくなっていることが判る。

(3) まとめ

本研究では、ジオセルを含む3種類の補強材と4種類の異なる粒径の盛土材を用いた土中引き抜き試験を実施した。基本的に盛土材粒径の大きさと共に引き抜け抵抗は増加するが、従来の面状補強材を用いた場合は、粒径が大きすぎると引き抜け抵抗が低下する可能性があることを示した。また、ジオセルにおいては引き抜け方向に平行に部材を配置することで、引き抜け抵抗が大幅に改善されることを示した。

ジオセル補強材の引き抜け抵抗発現メカニズムを考案したが、これによると任意の盛土材粒径に対する最適なジオセルのサイズが存在すると考えられる。今後、更に系統的な実験を行うことで、盛土材粒径とジオセルのサイズ (高さ or 開き) の最適な組み合わせを検討する。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 (計4件)

①黒田哲也, 相馬亮一, Munoz, H., 太田準一郎, 清田隆, 原田道幸, 龍岡文夫, 盛土をジオセル補強した一体橋梁の地震時安定性, ジオシンセティクス論文集, 25巻, 147-152, 2010, 査読有。

②Tatsuoka, F., Nishikiori, H., Soma, R., Hirakawa, D., Kiyota, T., Tateyama, M. and Watanabe, K., Development of a new bridge type, GRS integral bridge, Proc. of the 9th International Conference on Geosynthetics, 1659-1664 (CD-R), 2010, 査読有。

〔学会発表〕 (計5件)

①清田隆, ジオセルと面状補強材の土中引き抜け抵抗に及ぼす盛土材粒径の影響, 第46回地盤工学研究発表会, 2011年7月5日, 神戸。

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清田 隆 (KIYOTA TAKASHI)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号: 70431814