ジオテキスタイルを用いた補強と高度安定処理の併用による高含水比土の圧縮性の改善

重久伸一¹・宮田喜壽¹・末次大輔¹・落合英俊²

高い要求性能を確保する場合や建設発生土を有効活用することを目的として、安定処理を併用した補強土工法を適用する例が増えてきている。本研究では、ジオテキスタイルを用いた補強と高度安定処理の併用による高含水比土の圧縮性の改善効果について室内試験を実施して調べた。具体的には、CBRモールド中に、固化材の添加量を変化させて作製した高度安定処理土と補強材を一層配置した供試体に対し圧縮試験を実施した。その結果、ジオテキスタイルの併用によって、高度安定処理土の圧縮性が改善でき、固化材の使用量が削減できることを明らかにした。また、補強材タイプの影響についても調べ、スチールグリッドでは全く補強効果がないことも明らかにした。

キーワード：併用、補強土、高度安定処理、ジオテキスタイル

1. はじめに

安定性の高い構造物を低コストかつ小さい環境負荷で構築する技術が求められている。このような要求に応える方法として、ジオシンセティックスを用いた補強土工法と、地盤改良や杭などの他工法との併用型の技術が注目されている¹⁾。

著者らは、安定処理を併用するジオシンセティックス補強土の技術を用いて、海洋構造物を合理的に構築する技術について検討を行っている²⁾。海洋構造物の構築では、浚渫土の処理に多大のコストがかかる。本研究では、浚渫土を固化材により化学的に安定処理し、ジオテキスタイルなどで補強して構造物を構築するという技術について検討した。本文では、石膏を用いた高度安定処理とジオテキスタイルを用いた補強の併用効果に関する実験結果について考察する。

図－1 実験の概要

2. 実験の概要

(1) 実験方法

実験の概要を図－1に示す。所定の方法で作製した安定処理土をCBRモールドに高さが8cmとなるように敷設し、水槽内で下側から徐々に水浸させた。完全に飽和させた供試体に対して、まず鉛直応力が157kN/m²になるまで荷重増加率1の段階載荷で圧密試験を行った。各段階における載荷時間は1時間とした。その後、0.01mm/minの速度で変位制御による圧縮試験を行った。一連の実験では、安定処理の程度と補強のパター

ンを変化させて、それらの併用効果について調べた。

(2) 安定処理

高含水比土を固化材により安定処理し、それを解砕して礫および砂状にする高度安定処理技術は、低コストかつ小さい環境負荷で安定性の高い土構造物を構築する技術として期待されている³⁾。

本研究では、石膏を固化材として用いる安定処理により供試土を作製した。石膏はリサイクル材を転用でき、それによる安定処理土がほぼ中性を示すという利点がある。しかし、石膏は水と反応し容易に固まるが、再び水に触れると細粒化するという性質を持っている。したがって、石膏単体で固化した安定処理土は水との接触によりスレーキングを生じることが懸念される。小寺ら⁴⁾は石膏を用いた安定処理に水硬性混和材を付加することに

¹正会員、防衛大学校 (〒239-8686 横須賀市走水1-10-20)

²正会員、九州大学大学院 (〒812-8581 福岡市東区6-10-1)

写真-1 乾湿繰返し試験における安定処理土の状態変化

図-2 石膏添加量の影響

図-3 材齢の影響

より、スレーキング特性を改善する方法を提案している。本研究ではその有効性に着目し、次に示すように石膏及び水硬性混和材の配合が安定処理土のスレーキング特性に及ぼす影響を乾湿繰返し試験で調べた。

安定処理土は含水比を液性限界の 1.35 倍になるように調整したカオリン粘土に石膏と水硬性混和材を混合したものを養生して作製した。そのとき、養生終了後に取り出すと粒径が 2cm 程度になるように、底面に突起がついたものを型枠として使用した。

以上の方法で作製した安定処理土のスレーキング特性を調べるために、日本道路公団の試験法⁵⁾に準じた乾湿繰返し試験を実施した。この試験は、対象とする試料に対して、炉乾燥と水浸それぞれ 24 時間ずつの作用を 1 サイクルとして、5 サイクルまで作用させた後、9.50mm ふり通過乾燥質量と全質量との比でスレーキング率を測定するものである。

実験における代表的な安定処理土の状態変化を写真-1 に示す。水硬性混和材無添加の安定処理土は、1 サイクル目で原形をほとんど留めず完全にスレー

キングした。水硬性混和材の添加量が 80kg/m^3 の安定処理土は、乾湿の繰返しに伴い細粒化が進行した。水硬性混和材の添加量が 200kg/m^3 の安定処理土は、ほとんどスレーキングは観察されなかった。石膏の添加量が安定処理土のスレーキング特性に及ぼす影響を調べた結果を図-2に示す。この結果から、石膏の添加量が 100kg/m^3 の場合と 200kg/m^3 の場合では安定処理土のスレーキング特性に、ほとんど違いがみられず、水硬性混和材の添加量を多くするほどスレーキング率は小さくなり、その関係は一本の直線でほぼ近似できる。材齢と水硬性混和材の添加量が安定処理土のスレーキング特性に及ぼす影響を調べた結果を図-3に示す。いずれの水硬性混和材添加量においても材齢が大きいときほど、スレーキング率は小さくなった。しかし、いずれの水硬性混和材添加量においても材齢が2週間以上になるとスレーキング率はそれほど変化しない。また、材齢によ

らず水硬性混和材の添加量が 100kg/m^3 より多いときのスレーキング率は極端に小さくなった。以上の結果を踏まえて、石膏の添加量は 200kg/m^3 とし、水硬性混和材の添加量は 40, 120, 200kg/m^3 と変化させて、併用効果を調べることにした。材齢は全て2週間とした。

(3)補強
補強のパターンとして、無補強の場合、織布の上下面に不織布が張り合わされた複合ジオテキスタイルで補強する場合、スチールグリッド（金網）で補強する場合の3種類について、併用効果を調べることにした。実際に実験で用いた補強材を写真-2に、補強材の物性を表-1に示す。なお、補強材を敷設する場合は、図-1に示すように供試体の中央の高さとなるように敷設した。

(4)実験ケース
実験ケースを表-2に示す。

写真-2 実験で用いた補強材

表-1 補強材の物性

	複合ジオテキスタイル	スチールグリッド
材質	織布および不織布	スチール
厚さ	4mm	1.5mm
目合い	—	3mm×3mm
引張強度	35kN/m	240kN/m

表-2 実験ケース

安定処理 の程度	石膏添加量	200kg/m^3 （固定）
	水硬性混和材添加量	40, 120, 200kg/m^3
補強のパターン		無補強, 複合ジオテキスタイル, スチールグリッド

図ー4 圧密試験の結果

3. 実験結果と考察

段階載荷による圧密試験の結果を水硬性混和材の添加量毎に図ー4に示す。試験結果は、圧密圧力と鉛直変位を供試体高さで除して定義したひずみとの関係で整理した。補強の有無に関わらず、水硬性混和材の添加量が多いときほど圧密終了時のひずみが小さくなった。

ジオテキスタイルで補強した場合、いずれの水硬性混和材添加量においても、無補強時に比べひずみが低減した。水硬性混和材の添加量が少ないほど、ジオテキスタイル補強によるひずみの低減量が大きくなった。逆に、スチールグリッドで補強した場合、無補強時よりもひずみが大きくなった。ジオテキスタイルは面的に安定処理土と接触しており、安定処理土の移動や回転を拘束する効果が高いため、補強効果が発揮されたと考えられる。一方、今回用いたスチールグリッドは、グリッドの形状が安定処理土の変形を拘束するのに適していなかったため、変形が大きくなったと考えられる。補強材を敷設した場合、供試体内部での変形は様でないと考えられる。供試体内部、特に補強材周囲における変形の観察については今後の課題としたい。

変位制御による圧縮試験の結果を水硬性混和材の添加量毎に図ー5に示す。補強の有無に関わらず、水硬性混和材料の添加量が多いときほど、同じ変位に対する載荷応力が大きくなった。また、ジオテキスタイルを用いて補強した場合、いずれの水硬性混和材添加量においても、安定処理土の圧縮性は改善されている。水硬性混和材の添加量が小さいほど、ジオテキスタイル補強による圧縮性改善の効果が大きくなっている。一方、スチールグリッドで補強した場合、そのような効果はほとんど見られず、無補強時とほとんど変わらないという結果になった。

以上の段階載荷による圧密試験、変位制御による圧縮試験そして前章の乾湿繰返し試験の結果を図ー6にまとめて示す。第1象限は水硬性混和材添加量とスレーキング率の関係を、第2象限はスレーキング率と圧密試験後の乾燥密度の関係を、第3象限は圧密試験後の乾燥密度と変位制御による圧縮試験の評価値の関係を示す。なお、変位制御による圧縮試験の評価値は沈下量が3mmの時の載荷応力とした。まず、水硬性混和材添加量が同じ条件で比較すると、圧密後の乾燥密度は、ジオテキスタイルで補強したときの方が無補強やスチールグリッドで補強したときよりも小さくなり、圧縮試験における載荷応力が

図-5 変位制御による圧縮試験の結果

図-6 実験結果のまとめ

大きくなった。このことは、ジオテキスタイルによる補強が圧縮性の改善に効果があることを示している。一方、今回用いたスチールグリッドによる補強では圧縮性の改善効果が全くないことを示している。また、ジオテキスタイルで補強した場合、所定の載荷応力を発揮するために必要となる水硬性混和材の量は、無補強やスチールグリッドで補強した場合よりも少なくなることがわかる。このことは、所定の荷重抵抗を満足するためには、水硬性混和材を多く添加する方法と、その添加量をある程度少なくしてジオテキスタイルで補強する方法があることを示している。また、ジオテキスタイルで補強することにより、固化材の添加量を低減できる可能性があることを示している。

4. まとめ

本研究では、ジオテキスタイルを用いた補強と高度安定処理の併用による高含水比土の圧縮性の改善効果について室内実験で調べた。本研究で得られた知見をまとめると以下になる。

- 1) 水硬性混和材の付加により石膏による安定処理土のスレーキング特性を改善できる。
- 2) ジオテキスタイルの併用により、安定処理土の圧縮性は改善でき、水硬性混和材添加量を低減

できる。

- 3) 今回用いたスチールグリッドでは、全く補強効果が見られなかった。

安定処理土の補強効果は多次元ではさらに大きくなると考えられる。そのような条件での検討は今後の課題である。

参考文献

- 1) Ochiai, H., Otani, J. and Miyata, Y. eds. : Combining Technology in Earth Reinforcement, Session Volume of TC9 Sponsored Session in 12th Asian Regional Conference, ISSMGE, 2003.
- 2) 宮田喜壽, 重久伸一, 木暮敬二, 落合英俊: 土質改良を併用した補強土工法の有効性に関する解析的検討, ジオシンセティックス論文集, Vol18. pp.347-352, 2003.
- 3) 財)先端建設技術センター: 建設汚泥リサイクル指針, 大成出版社, pp.48-52, 2001.
- 4) 小寺秀則, 市原道三, 小林 学, 大澤誠司: 石こう系固化材による軟弱土の改良に関する実験的研究(その1)および(その2), 土木学会第58回年次学術講演会, pp.1113-1116, 2003.
- 5) 島 博保, 今川史郎: スレーキング材料(ぜい弱岩)の圧縮沈下と対応策, 土と基礎, 28-7, pp.45-52, 1980.

IMPROVEMENT OF COMPRESSIBILITY OF SOIL BY STABILIZED GEOTEXTILE-REINFORCEMENT WITH STABILIZATION

Shin-ichi SHIGEHISA, Yoshihisa MIYATA, Daisuke SUETSUGU
and Hidetoshi OCHIAI

Soil stabilization combined with earth reinforcement has shown considerable advanced. Authors investigated the effects of geotextile-reinforcement combined with advanced stabilization to reduce the compressibility of soil with high water content. Compression tests were carried out on the stabilized soil specimens prepared in CBR mold. The tests indicates that one layer of geotextile laid horizontally in the specimen could reduce the compressibility and thereby the amount of the stabilizer.

Keywords: combined technology, earth reinforcement, advanced stabilization, geotextile