

円筒状補強材を用いた軽量地盤材料の力学特性

九州大学大学院 学○国生 隼人 九州大学大学院 フェロー 落合 英俊
九州大学大学院 正 安福 規之 九州大学大学院 正 大嶺 聖

1. はじめに

土に気泡や発砲スチロールなどを混合した軽量地盤材料は、その軽量性から盛土や裏込材として用いることで、荷重や土圧を軽減することができる。一方で軽量材の含有量が多くなると強度が低下するため、所定の強度を得るためにセメント添加量を増やす必要があり、その場合に脆性的な性質を有する。そこで、これを粘り強い特性へと改善することが望まれる。これまで気泡軽量土に短繊維を加えたものについて、その力学特性を調べてきたが¹⁾、本研究では軽量かつ粘り強い力学特性を持つ地盤材料を開発するために、新たに中空部分の空気による軽量化と、パイプ部分の持つ剛性による補強を目的とした中空の円筒状補強材を用いることを考え、その強度・変形特性に与える効果を一軸圧縮試験により明らかにする。

2. 供試体および試験方法

一軸圧縮試験用の供試体を作製するに当たり、試料として含水比 100% のカオリン粘土(土粒子密度 2.70Mg/m^3 、液性限界 50.6%)を用い、固化材として普通ポルトランドセメントを使用した。それらを十分練り返して得たセメント安定処理土に、中空のプラスチックパイプ(外径 10mm、内径 8mm、長さ 90mm)を混合し供試体を作製した。混合方法は図-1 に示すように、プラスチックパイプを補強材の偏りによる部分的な破壊が生じないように、載荷方向に対し垂直に 5 本ずつ、1 段毎に向きが 90° 回転するように格子状に並べることにした。以上の手順で、載荷方向に対して補強材の混合段数を変化させたものを数種類作製し、表 1 の条件で一軸圧縮試験を行った。なお、今回使用したプラスチックパイプの密度は、中空部分の体積をあわせて考えるとおよそ 0.4Mg/m^3 であり、圧縮強度は載荷方向に対するパイプの投影面積当たりおよそ 1000kPa である。

3. 試験結果および考察

3-1. 円筒状補強材の力学特性の改善効果

図-2 はセメント添加量 300kg/m^3 の供試体の一軸圧縮試験結果について、無補強のセメント安定処理土とプラスチックパイプを補強材として体積比でそれぞれ 15.9%, 19.4%, 22.9% 混合したものを比較したものである。なお、プラスチックパイプ混合量の体積比を M とした。この結果から、 M が大きくなるに従い密度が低下しているにもかかわらず、ピーク強度はどれもほぼ同じ値をとること、また、補強材の増加にしたがってひずみの増加に伴う強度の低下が減少し、粘り強い性質へと改善されていることがわかる。特に、 $M=22.9\%$ のものはほとんど強度の低下がみられなかった。なお、供試体の破壊状況は、図-3 のように表面は剥がれ落ちるが、明確なすべり面がみられずに縦横に多くのひび割れが生じるといったものであった。

図-4 は、補強材の混合率の変化と力学特性の変化の関係をセメント添加量が 100kg/m^3 , 300kg/m^3 のものについて表したものであ

表 1. 試験条件

試料	カオリン粘土
添加材	普通ポルトランドセメント
セメント添加量 (kg/m^3)	100,300
供試体寸法 (cm)	$10 \times 10 \times 20$
養生条件	湿潤養生, 20°C , 4days
載荷速度	$1(\%/min)$

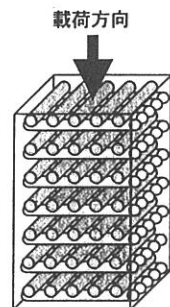
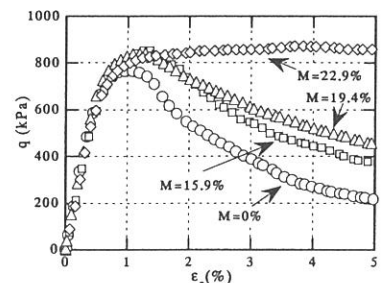
図-1. 補強材の混合方法のイメージ図($M=24.7\%$)

図-2. 補強材混合量による圧縮応力-軸ひずみ関係の変化

る。ここで縦軸には軸ひずみが5%の時の応力 q_r (以下残留強度と呼ぶ)を一軸圧縮強度 q_u で除した値を用いており、この値が1に近いほど粘り強い性質に変化したといえることができる。セメント添加量 100kg/m^3 の供試体は一軸圧縮強度が $100\sim 120\text{kPa}$ であり、 300kg/m^3 のものは $800\sim 900\text{kPa}$ であったが、この図からセメント添加量による強度の違いによらず、補強材の混合率が25%以上になると q_r/q_u がほぼ1となり、補強材を混合することで、ひずみの増加に伴う強度の低下を防ぎ、粘り強い性質へと改善されていることがわかる。このことは、パイプ状の補強材が母材の強度が高いほど脆性的になるというセメントを混合した土の欠点を補うことを示しているといえる。

3-2. 短繊維で補強した気泡軽量土との力学特性の比較

図-5, 6は気泡軽量土に短繊維(ナイロン糸, プラスティック片)を混合したものと、プラスチックパイプを混合した供試体とを、密度と強度の関係について比較したものである。図中の直線は無補強の気泡軽量土の密度と一軸圧縮強度および残留強度の関係を示しており、これよりも上の位置にプロットされているものは軽量地盤材料として強度的に優れているといえる。なお、条件を揃えるため、セメント添加量は 300kg/m^3 にした。

まず、図-5は一軸圧縮強度と供試体の密度の関係について表したものである。気泡軽量土にナイロン糸、プラスチック片を混合したものと比べて、プラスチックパイプを混合したものは、密度を小さくしても強度の低下が無く、むしろ補強材が多く入ることにより強度が上がる傾向にある。これは軽量かつ高強度の地盤材料を作る上で優れているといえ、必要な強度を得るためのセメント添加量を少なくすることができる。

次に、図-6は残留強度と供試体の密度の関係を表したものである。この図から、気泡軽量土にナイロン糸やプラスチック片を混合する方法に比べて、プラスチックパイプを補強材としてセメント安定処理土に混合したものは、残留強度に対する補強効果が著しく高いということが分かる。また、今回使用したサイズのプラスチックパイプではモールドに手作業で並べていたこともあり密度が1.2程度のものでしか作製できなかったが、プラスチックパイプの径や肉厚を変更することで、補強効果を保ったままさらに軽量のものを作製することが可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究の結論として以下の2点が挙げられる。

- ・円筒状の補強材を格子状に混合することで、セメント添加量の多い土の脆性的性質を粘り強いものに改善することができる。
- ・十分な剛性を持つパイプを補強材として使用すると、軽量かつ強度特性に優れた地盤材料を作製することができる。

【参考文献】1) 富永ら：軽量混合土の強度・変形特性及ばす軽量材の影響 土木学会西部支部研究発表講演概要集 ppA-350~A351, 2001.

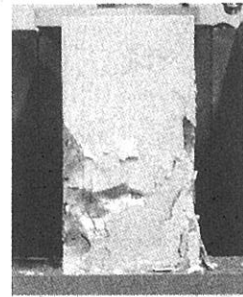


図-3. 供試体破壊状況
($C=200\text{kg/m}^3$, $M=24.7\%$)

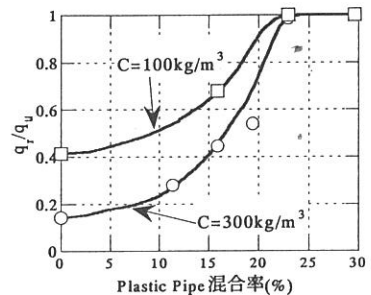


図-4. 脆性的性質の改善効果
と補強材混合率の関係

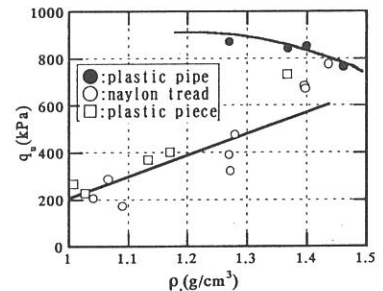


図-5. 一軸圧縮強度と供試体
密度の関係

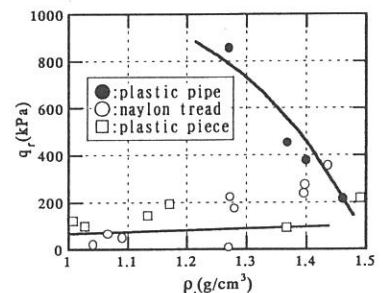


図-6. 残留強度と供試体密度
の関係