

短繊維混合粒状材料における短繊維混合率と締固め特性について

八戸工業大学
八戸工業大学
八戸工業大学大学院

学生会員
正会員
正会員

○盛 健太郎
橋詰 豊
金子 賢治

1. はじめに

東日本大震災以降、災害に対して粘り強いまちづくりが求められている中、土構造物についても粘り強さの改善が重要な課題となっている。土質材料に長さ数mm 数cm の短繊維を混入して材料としての粘り強さを発揮させる短繊維混合補強土工法は、土構造物の粘り強さを改善する方法の一つである。地盤材料の力学的特性、浸食に対する抵抗性、植生の根の引き抜き抵抗などが比較的簡単に向上することから、東南アジア等ではヤシ等の天然の植物繊維を混合する場合もあり、今後発展する材料であると考えられる。

これまで短繊維混合補強土に関しては様々な研究グループにより研究が進められてきており、本研究グループもせん断強さに対する短繊維の混合率の最適値が存在すること等を実験により明らかにしてきた¹⁾。混合率とせん断強さの関係を検討する際にも、締固め度等の条件設定を厳密にする必要があることが課題として挙げられる。また、締固め特性は盛土等の施工の際に重要となるにも関わらず、ほとんどが地盤材料のみの締固め試験結果に基づいて実施されている。そこで本研究では、太さの異なる3種類の短繊維を用いてそれぞれ短繊維の混合率を変化させた締固め試験を行い、短繊維の太さと混合率が短繊維混合補強土の締固め特性に与える影響について検討した。

2. 実験概要

(1) 使用した材料

短繊維材料としては、直径が0.52mm, 0.78mm, 0.91mmの太さの異なる3種類のナイロン製釣り糸を長さ20mmに切断して使用した。使用した短繊維を写真-1に示す。短繊維としては天然繊維やPEなど種々の材料が用いられる場合があるが、本研究では、比較的簡単に入手できることと物性が分かりやすいこと、今後数値解析等を行って検討する場合を考慮してモデル化し易い形状であることから、ナイロン製の釣り糸を使用して実験を行うこととした。使用した短繊維は、比重1.14、引張強度が65N/mm²程度、ヤング率が1800N/mm²程度である。

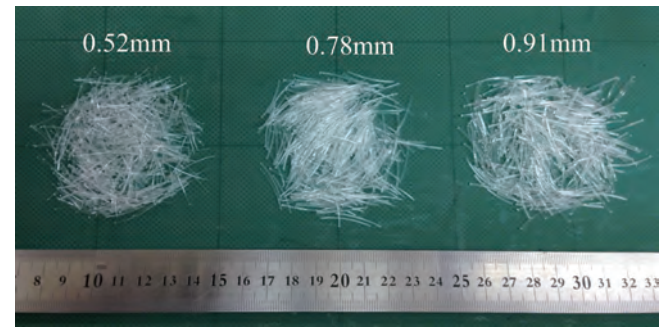


写真-1 短繊維材料

表-1 基本的物性

試験項目	川砂（青森県十和田市）
土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	2.761
最小密度 (g/cm ³)	1.344
最大密度 (g/cm ³)	1.696
最大粒径 (mm)	9.5
平均粒径 D_{50} (mm)	0.46
均等係数	3.53
曲率係数	0.43
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.78
最適含水比 w (%)	14.8

維は、比重1.14、引張強度が65N/mm²程度、ヤング率が1800N/mm²程度である。

地盤材料としては、青森県十和田市で採取した川砂を使用した。川砂の基本的物性を表-1に、粒径加積曲線を図-1に示す。川砂の平均粒径 D_{50} は0.46mmであり、いずれの繊維の直径よりも小さい。また、繊維を混合しない川砂の締固め特性としては、最適含水比14.8%、最大乾燥密度 ρ_{dmax} は1.78g/cm³であった。

(2) 締固め試験

締固め試験は乾燥した川砂と所定の量の短繊維をバット内でよく攪拌し、含水比を変化させて行った。短繊維の混合率 R_f を質量比0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.9%の7パターンとし、JIS A 1210のA-a法に準じて試験を行った。

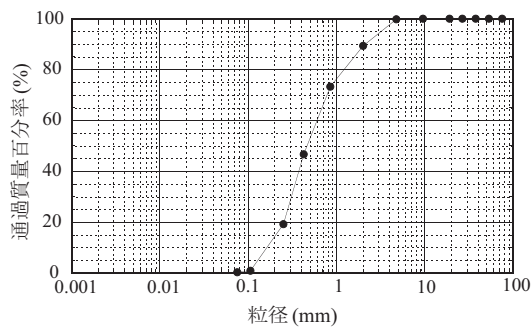


図-1 粒径加積曲線

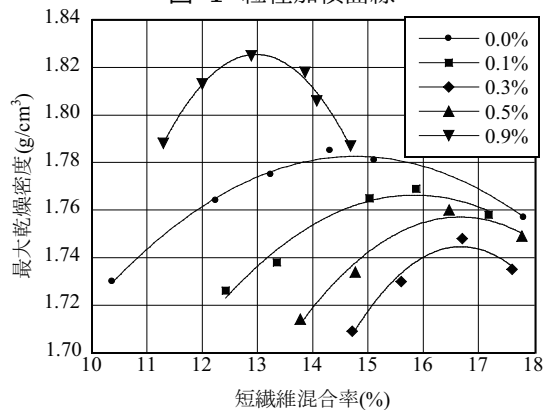


図-2 締固め曲線

3. 実験結果及び考察

図-2 に直径 0.91mm の短繊維を用いた場合の締固め曲線を、川砂のみの場合と合わせて示している。混合率 0.3% までは短繊維の混合率が増加するにつれて、最大乾燥密度が小さくなり、最適含水比が増加する傾向にある。0.5% 以上になると、最大乾燥密度が大きくなり、最適含水比が低下し、混合率が 0.9% の場合には最大乾燥密度が大きく締固め曲線の形状も鋭く立ったような形状になることがわかる。混合率の増加によって、単に増減するような傾向では無い。

図-3 には、短繊維混合率と最大乾燥密度の関係を繊維直径ごとに整理して示す。同図には、二次曲線で最小二乗近似した近似曲線も同時に記載している。近似曲線の決定係数はいずれも 0.97 以上であった。図より、本研究で行った実験においては、全てのケースにおいて混合率を増加させていくと 0.3% から 0.4% 付近までは最大乾燥密度が低下する傾向にある。これは、礫質土における短繊維混合土の実験においても確認されており、短繊維の突き固めに対する反発力をスプリングバックと称し、これが原因で間隙が増加するとされている²⁾。しかしながら、図-3 においては、混合率を増加させていくと、最大乾燥密度は増加しており、混合率 0.9% では無混合の時よりも大きな値となる。また、

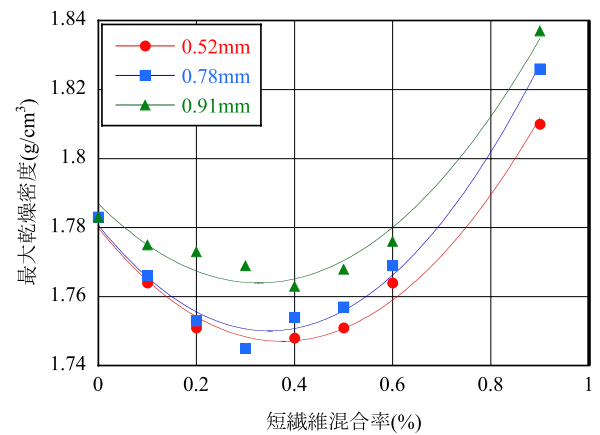


図-3 短繊維混合率と最大乾燥密度の関係

繊維直径が太いもの程、いずれの混合率においても最大乾燥密度が大きくなるため、単純にスプリングバックのみが原因とも言い切れないと思われる。短繊維の混合量が増加してくると、短繊維と土粒子間の摩擦係数の小さい接触点の影響が支配的になり、摩擦が小さい粒状材料のように締め固まりやすくなると考えられる。ただし、最大乾燥密度の変化量は無混合と比べて数%であり、実務上は無視できる範囲とも考えられる。

4. おわりに

短繊維を混合した地盤材料において短繊維の混合率を変化させて締固め試験を行った結果、最大乾燥密度及び最適含水比は短繊維の混合による影響を受けることがわかった。今回の実験ケースにおいては、混合率 0.3% 0.4% 付近で最大乾燥密度の最小値を示し、その後増加する傾向であった。これらの特性を把握した上で、混合率と強度・変形特性の関係についての検討を進めたい。また、混合率をさらに増加させることは実務上は現実的ではないが、短繊維混合土の材料特性の変化やそのメカニズムを解明するために今後検討する予定である。いずれにしても、繊維により微視的な引張力が付与されることと、短繊維と土粒子間の摩擦が巨視的な材料特性に影響すると考えられるため、数値実験等も含めながら今後詳細に検討したい。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP16K06493 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 野添重晃ほか：ファイバーにより微視的に補強された粒状体のファイバー混合率が強度特性に及ぼす影響評価，土木学会論文集 A2(応用力学)，Vol.62, No.2, pp. I351-I360, 2013.
- 2) 陳金賢ほか：短繊維混合した礫質土の力学的特性，ジオシンセティックス論文集，Vol. 31, pp. 137-144, 2016.