

古新聞を有効利用した短繊維補強土の強度・変形特性

香川高等専門学校 学生会員○新川裕也
香川高等専門学校 国際会員 荒牧憲隆
香川高等専門学校 非会員 Batmunkh Enkh Orgil

1. はじめに

平成 30 年北海道胆振東部地震において、脆弱な粒子から構成される火山灰質粗粒土¹⁾の宅地造成盛土での液状化が確認された。盛土の不十分な締固め等が原因の一つとして考えられている²⁾。このような事業規模では、施工が容易で低コストの技術が求められる。その中で、短繊維補強技術は実用化が進んでおり、土質材料と繊維材料の混合には、多種多様な組み合わせが存在する。本研究では、災害に強い土質材料の開発を念頭に、火山灰質粗粒土に古新聞からなる短繊維を混合した土質材料の強度変形特性について検討した。

2. 使用した実験材料

本研究で使用する試料土は、北海道で採取した火山灰質粗粒土（土粒子密度 $\rho_s = 2.28\text{g/cm}^3$ ）である。その試料土の粒径加積曲線を図-1 に示す。この試料の平均粒径 $D_{50} = 0.19\text{mm}$ ，均等係数 $U_c = 58$ ，曲率係数 $U'c = 2.9$ であった。試料土は細粒分から礫分まで含んだ粒径幅の広い土質材料である。短繊維材料として、シュレッダーで裁断した古新聞(2×12 mm)を使用した。本実験では、土の乾燥質量に対する繊維の乾燥質量の比を繊維混合率 a_f と定義し、 $a_f = 1\%$ とした。無補強土と短繊維補強土の締固め試験 (JIS A 1210) を A-b 法でそれぞれ実施し、締固め試験結果を表-1 に示す。無補強に対して、古新聞を混合することによって最適含水比 w_{opt} が増加し、最大乾燥密度 ρ_{dmax} が減少した。古新聞の吸水性が高いことが最適含水比を高くすると考えられた。また、古新聞の比重が試料土の比重より小さいため、短繊維補強土の土粒子密度が減少することが一因と考えられる。

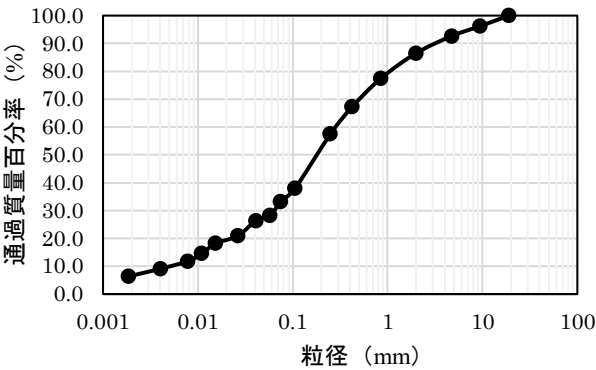


図-1 試料土の粒径加積曲線

表-1 締固め特性

	無補強	短繊維
最適含水比 w_{opt} (%)	31.5	37.0
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	1.073	1.060

3. 三軸圧縮試験

(1) 試験方法

無補強土と短繊維補強土について、圧密排水 (CD) 三軸圧縮試験 (JGS 0524) を実施した。拘束圧 $\sigma_c = 50, 100, 200 \text{ kN/m}^2$ の 3 通りとし、圧縮過程のひずみ速度は $0.1\%/min$ とした。供試体の寸法は、直径 $\phi = 50 \text{ mm}$ ，高さ $h = 100 \text{ mm}$ とした。土質試料を所定の含水比 w に調整し、鋼製モールドを用いてランマーで突き固めて供試体を作製した。重さ 1.5kg のランマーを使用して、落下高さ 20cm による 3 層突き固めによって作製している。供試体は、締固め度 $D_c = 85\%, 90\%, 100\%$ を目標としている。

(2) 試験結果と考察

ここでは、代表的な結果として締固め度 $D_c = 90\%$ 程度の無補強土と短繊維補強土の三軸圧縮試験から得られた軸ひずみ $\varepsilon_a \sim$ 主応力差 $(\sigma_a - \sigma_r)$ の関係を図-2 にそれぞれ示す。破線で示す無補強土では軸ひずみ $\varepsilon_a = 4\%$

キーワード 火山灰質粗粒土，短繊維補強土，リサイクル，古新聞

連絡先 〒761-8058 香川県高松市勅使町 355 香川高等専門学校高松キャンパス TEL 087-869-3927

付近で主応力差のピークを迎えている。拘束圧 50 kN/m^2 で主応力差 $(\sigma_a - \sigma_r) = 250 \text{ kN/m}^2$, 100 kN/m^2 で $(\sigma_a - \sigma_r) = 400 \text{ kN/m}^2$, 200 kN/m^2 で $(\sigma_a - \sigma_r) = 750 \text{ kN/m}^2$ であった。実線で示す補強土でも無補強土と同様に、拘束圧 50 , 100 kN/m^2 では軸ひずみ $\varepsilon_a = 4\%$ 付近で主応力差のピークを迎えている。 200 kN/m^2 では軸ひずみ $\varepsilon_a = 8\%$ 付近で主応力差のピークを迎えている。拘束圧 50 kN/m^2 で $(\sigma_a - \sigma_r) = 400 \text{ kN/m}^2$, 100 kN/m^2 で $(\sigma_a - \sigma_r) = 600 \text{ kN/m}^2$, $(\sigma_a - \sigma_r) = 950 \text{ kN/m}^2$ であった。拘束圧 50 kN/m^2 では最大主応力差が 150 kN/m^2 程度増加していて、 100 , 200 kN/m^2 では最大主応力差が 200 kN/m^2 程度増加している。古新聞の混合により、ピークの主応力差が増加していることが分かる。

軸ひずみ ε_a と体積ひずみ ε_v の関係を図-3 にそれぞれ示す。破線で示す無補強土では拘束圧 50 kN/m^2 では載荷初期段階で体積収縮が生じた後、膨張に転じた。 100 kN/m^2 では $\varepsilon_v = 1.5\%$, 200 kN/m^2 では $\varepsilon_v = 3\%$ 程度収縮し、負のダイレイタンス性を示した。実線で示す補強土では拘束圧 50 , 100 kN/m^2 では載荷初期段階で体積収縮が生じた後、膨張に転じ、密な砂のような挙動に変化し、正のダイレイタンス性を持つ。 200 kN/m^2 では無補強土と同様に $\varepsilon_v = 1.5\%$ 程度収縮したが、抑えられた。すべての拘束圧で無補強土と比較して補強土で体積収縮が小さくなり、繊維混合によってダイレイタンス性を抑制する効果があると言える。

軸ひずみ ε_a とセカントアングル ϕ_s の関係を図-4 に示す。セカントアングルとは、応力-ひずみ曲線において、破壊時（ピーク時）での摩擦成分を示すものであり、次式を用いて粘着力を 0 として求める。

$$\phi_s = \sin^{-1} \left(\frac{(\sigma_a + \sigma_r)_{peak}}{(\sigma_a - \sigma_r)_{peak}} \right)$$

図-4 より無補強土と補強土ともにセカントアングル ϕ_s は拘束圧 α_r が大きいほど小さくなる。また、無補強土では $\phi_s = 41^\circ \sim 46^\circ$ で、補強土では $\phi_s = 44^\circ \sim 54^\circ$ と増加していることから、拘束圧によらず、繊維混合によってセカントアングルが増加する補強効果があると言える。

4. まとめ

締固め度 $D_c = 90\%$ 程度の火山灰質粗粒土において、補強条件によらず、拘束圧の増加に伴いセカントアングルの減少が確認された。古新聞を有効利用した繊維混合によって、無補強時と比較して、いずれの拘束圧でもセカントアングルが高く、せん断抵抗力の増加が確認された。また、ダイレイタンス性の抑制という補強効果も確認された。

参考文献

- 1) 三浦清一, 八木一義: 北海道火山灰の地盤工学的特性, 土と基礎, Vol.53, No.5, pp.5-7, 2005.
- 2) 公益社団法人地盤工学会: 平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告会, pp.20-23, 2018.

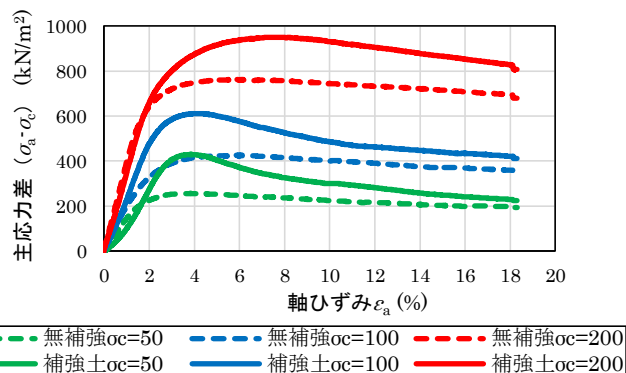


図-2 軸ひずみ ε_a と主応力差 $(\sigma_a - \sigma_r)$ の関係

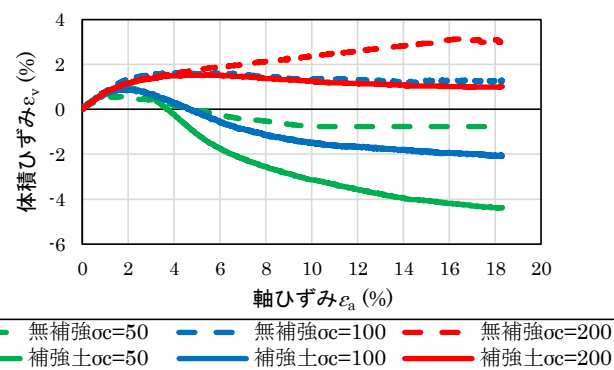


図-3 軸ひずみ ε_a と体積ひずみ ε_v の関係

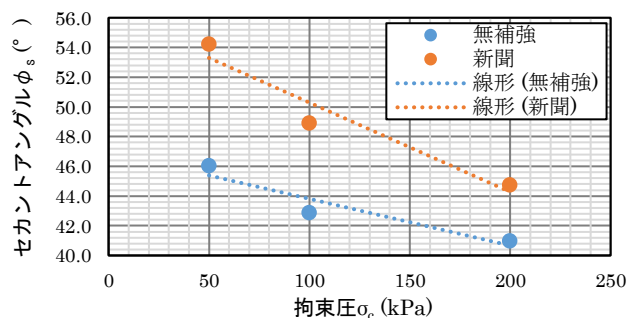


図-4 拘束圧 α_r とセカントアングル ϕ の関係