

自然由来繊維を混合した砂質土の強度変形特性に関する基礎研究

香川高等専門学校 学生会員 ○蓮井 優
 香川高等専門学校 学生会員 濱口 竜一
 香川高等専門学校 正会員 小竹 望

1. はじめに

東日本大震災により被災地全体で 3000 万トンを超える災害廃棄物ならびに津波堆積物が発生した。篩で土砂を分別した災害廃棄物土砂には多様な廃棄物が混入し、土工材料の従来の基準を満足しない土砂が多量に発生した。特に細かい木片、植物繊維等の夾雑物が混入する土砂に対し、土工資材としての有効利用法が求められている。一方、地盤工学分野における繊維補強は、土質材料を改質する有効な手段として各種繊維に関わる研究が多方面でなされてきた。本研究では、災害廃棄物土砂の有効利用を視野にいれ、植物繊維を用いた模擬廃棄物を使用した大型一面せん断試験により基本的な強度変形特性の評価を試みた。

2. 実験方法

2.1 使用材料

本実験では、①気乾状態の豊浦砂(含水比 $w=0.1\%$)、②豊浦砂に竹長繊維を質量比で 0.5%混合した砂の 2 種の土質材料を使用した。豊浦砂の物性値は、土粒子密度 $\rho_s=2.64\text{g/cm}^3$ 、最大密度 $\rho_{\text{max}}=1.659\text{g/cm}^3$ 、最少密度 $\rho_{\text{min}}=1.379\text{g/cm}^3$ である。竹長繊維は長さ 40~80 mm、直径は 0.1~0.5 mm である(写真-1)。細く長く加工した竹繊維を土質材料に適量を混合することによって強度増加と靱性を高める効果が認められている¹⁾。



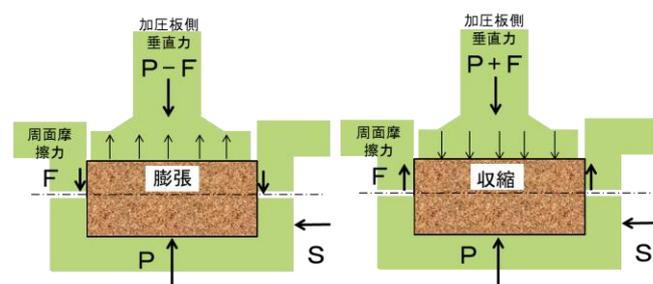
写真-1 竹長繊維

2.2 大型一面せん断試験装置と試験法

本研究では、繊維を混合した砂質土の強度変形特性を検討するため大型一面せん断試験装置を使用した。供試体は直径 200 mm、高さ 100 mm の円柱供試体を用いた。土質試料をせん断箱内で突き固めることで供試体

の密度を調整し、相対密度 $D_r=80\%$ 程度の密な状態の供試体を作製した。

圧密定圧一面せん断試験では、垂直応力 $\sigma=50, 100, 150\text{kN/m}^2$ の圧密圧力をそれぞれ作用させた。圧密終了後、反力版側(下側)の垂直応力を一定に保って垂直力 P を制御し、0.6mm/min のせん断変位を与えて下箱にせん断力 S を作用させた。図-1 は定圧一面せん断試験において、正負のダイレイタンスーによって供試体が膨張あるいは収縮する際の周面摩擦力 F 、反力版側(下側)に作用する垂直力 P ならびに加圧版側(上側)の垂直力 $P\pm F$ を示している。せん断面における垂直応力 σ は、基本的に反力版側の荷重測定値から設定した。



(a) 正のダイレイタンスー (b) 負のダイレイタンスー
 図-1 定圧一面せん断試験における作用力

3. 実験結果および考察

3.1 竹長繊維混合砂のせん断特性

土質材料①と②に関する圧密定圧一面せん断試験の結果を図-2~4 に示す。図-2 に示すせん断応力~せん断変位の関係は、载荷初期段階ではほぼ同様であるが、ピーク前から②竹長繊維混合砂の方が①豊浦砂よりせん断応力が増加し、高いピーク値を示した。また残留段階では、ほぼ同様なせん断応力を示した。図-3 に示す垂直変位~せん断変位の関係は、初期の体積収縮はほぼ同様であるが、せん断変位の増加に伴って②竹長繊維混合砂の体積膨張が大きくなる傾向が見られた。

土質材料①と②についてせん断強さ s と垂直応力 σ の関係を図-4 に示す。①豊浦砂の粘着力を $C=0$ として、せん断強さの平均線から得られる内部摩擦角は $\phi=52.1^\circ$ であった。これに対し、②竹長繊維混合砂は ϕ

$=51.1^\circ$, $c=21.5\text{KN/m}^2$ であった。両者の内部摩擦角 ϕ はほぼ等しく、竹長繊維混合の効果は内部摩擦角には特に現れず粘着力の増加が生じることが確認できた。

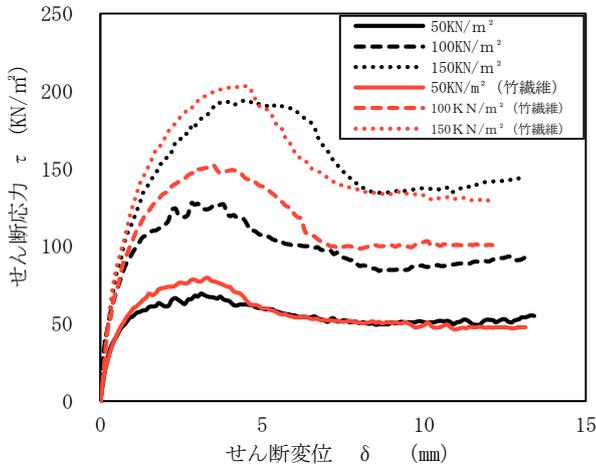


図-2 せん断応力とせん断変位の関係

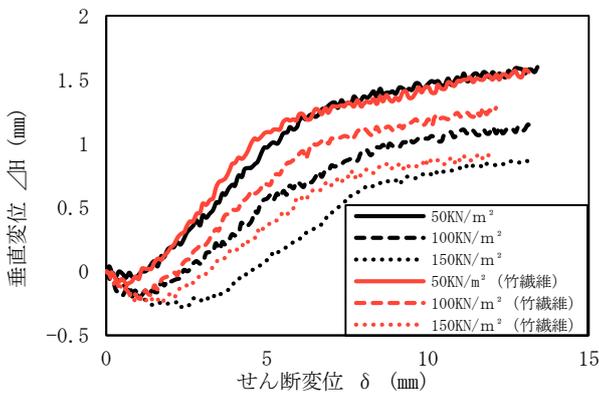


図-3 垂直変位とせん断変位の関係

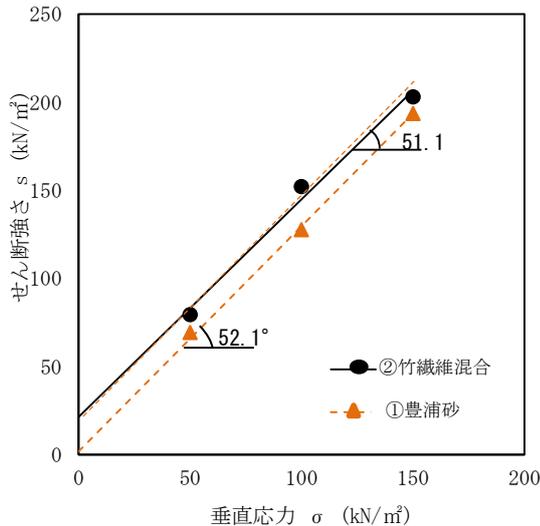


図-4 せん断強さ

3.2 せん断箱の周面摩擦の影響

土質材料①豊浦砂の一面せん断試験から得られた周面摩擦力の検討結果を示す。図-5 にせん断変位と周面

摩擦力と変位の関係を示す。載荷初期から下向きの周面摩擦力が発生し、鉛直変位が収縮から膨張に転じる段階で最大値に近い周面摩擦力が発生した。せん断変位の増加に伴う正のダイレイタンスにより体積膨張は継続するが、周面摩擦力はせん断応力のピーク付近からほぼ一定あるいは若干増加する程度である。

図-6 に $\sigma \sim \tau$ の応力経路を示す。図中の(上)と(下)は加圧版側と反力版側の垂直力測定値に基づく垂直応力 σ をそれぞれ示す。また、(上+下) は(上)と(下)の平均であり、周面摩擦応力が上下間で一樣に変化するならばせん断面における垂直応力に相当する。これらの差異が大きい場合には、せん断強さの評価に大きい影響を及ぼすことを示唆している。

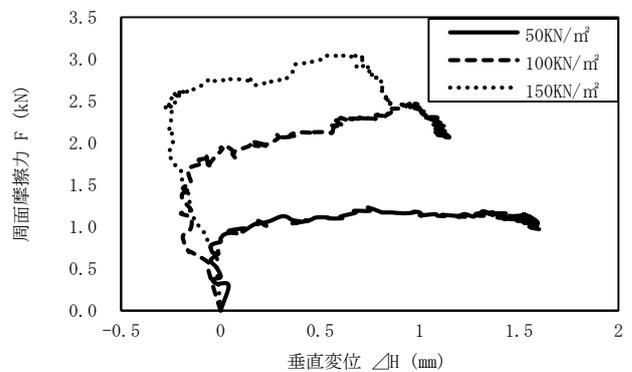


図-5 垂直変位と周面摩擦力の関係

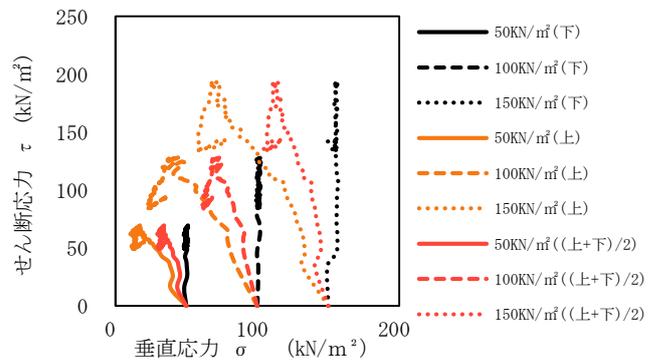


図-6 豊浦砂の応力経路

4. まとめ

一面せん断試験結果から、豊浦砂に竹長繊維を混合することにより粘着力が付加され、砂単体の場合に比べてせん断強度が大きくなることが認められた。

参考文献

- 1) 山下・山中・小竹・宇都宮・宮本：補強材として竹繊維を用いた建築用壁土の強度及びひび割れ特性について、ジオンセティックス論文集、pp. 149-154, 2013.