

中型一面せん断試験による袋詰めされた材料と施工面に発生する内部摩擦角の比較 Comparison of internal friction angle between root-compacted material and subgrade using medium-size box shear test

○長岡 誠也、岡島 賢治、寺口 拓希

NAGAOKA Seiya, OKAJIMA Kenji, TERAGUTI Hiroki

1. はじめに

農業・農村の強靱化を課題として、防災重点農業用ため池に係る防災対策が推進されている。ため池の耐震対策工事では、堤体押え盛土工法が多く用いられている。この工法は、用地の制約を受けない場合では、最も安価で確実性が高い工法である。通常は、堤内の水を抜きドライ施工を行うため、受益者への影響や、生態環境への影響が大きい。そこで、河川護岸工事等に多く用いられる袋型根固め工法を、ため池の押え盛土として代用する技術が提案されている(図1)。この工法は、台船等を用いることで、貯水状況での施工が可能である。寺口ら(2023)は、一面せん断試験より、袋詰めされた材料の内部摩擦角 ϕ を報告している。しかし、施工現場のような、ため池の堤内地の施工面(表層地盤)と袋詰めされた材料の境界における内部摩擦角の検証は行われていない。本研究は、袋詰めされた材料と施工面における内部摩擦角 ϕ を、実験的に評価することを目的とした。

2. 実験概要

せん断試験機は、上箱(316×316×70mm)、下箱(316×380×70mm)である(図2)。使用する材料は、豊浦砂、碎石(ϕ 10~15mm)、川砂利(ϕ 10~15mm)である。袋詰めされた材料は、袋詰めするケースと、袋無しケースで実験を行った(表1)。袋詰めするケースは、袋の端部を考慮して296×296×70mmとして応力を算出した。袋詰めの場合では、9.0kg

で、袋無しケースでは11.0kgの分量とした。袋の目合いは、8mmである。せん断箱の上面と側面にダイヤルゲージを設置し、垂直変位 Δy とせん断変位 Δx を計測し、力計でせん断応力 τ を計測した。垂直荷重は、50kN/m²、100kN/m²、150kN/m²、200kN/m²の4種類とした。せん断変位 Δx とせん断応力 τ から、せん断応力 τ のピークの値を取り、定圧せん断強さ τ_f とした。粘着力 c は0とする。

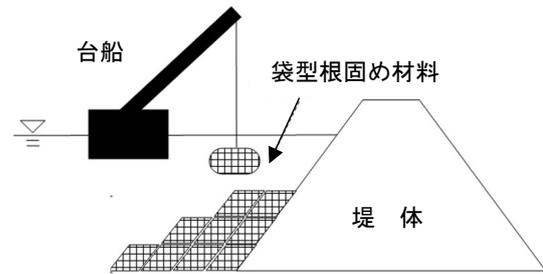


図1 袋型根固め工法の概要図

(Diagram of root-compacted method)

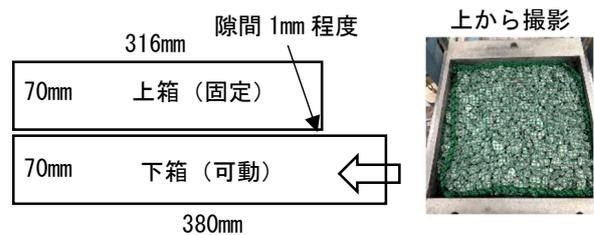


図2 中型せん断試験機の概要

(Diagram of medium-size box shear test)

表1 実験ケース (Experiment case)

	①	②	③	④	⑤
上箱	豊	砕袋	砕	川袋	川
下箱	豊	豊	豊	豊	豊

豊：豊浦砂、砕袋：袋詰め碎石、砕：碎石

川袋：袋詰め川砂利、川：川砂利

3. 実験結果と考察

図3に示す σ_c と τ_f の傾きから算出された内部摩擦角 ϕ を、表2に整理した。最も大きい値は、ケース①豊浦砂の 26.1° であった。一般的に、豊浦砂は約 35° とされているが、岸(1984)は砂のような粒形の場合、中型一面せん断試験機では内部摩擦角 ϕ が小さくなる傾向が現れると報告している。次に、ケース②袋詰め碎石の 20.8° 、ケース④袋詰め川砂利の 19.8° で、ケース①より約 5° の低下が見られた。次に、ケース⑤川砂利の 17.1° 、ケース③碎石の 15.7° で、ケース①より約 10° の低下が見られた。

材料の袋詰めと、袋無しを比較した場合、袋詰めの方が約 $15\% \sim 30\%$ の増加が見られた。材料を拘束することにより、材料のせん断抵抗が上昇し、豊浦砂に応力が伝達されたためであると考えられる。

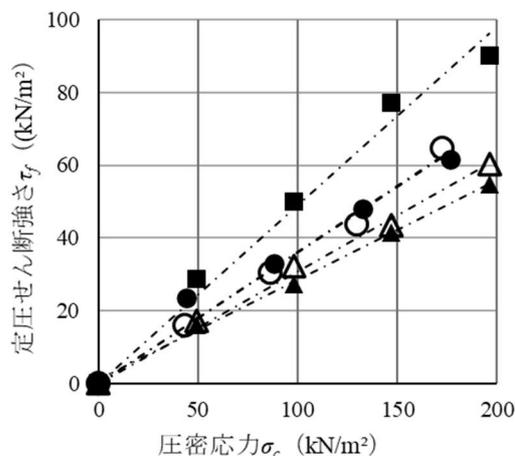
設計に用いられる礫質土の内部摩擦角 ϕ の一般値は、 35° であることから、本実験と比較すると、下箱(豊浦砂)と上箱(碎石、川砂利)に特性の異なる材料を用いた場合では、同一材料のみの場合より、約 50% 低減することがわかった。

写真1に示すように 1cm 間隔で黒色に着した砂を敷詰めることで、せん断帯の確認を行った。野々山ら(2009)は、一面せん断試験では、境界面よりも深いところでせん断帯が発達すると報告している。しかし、本実験では、写真1に示すように、せん断帯は境界面のみでしか確認できなかった。異なる粒径をもつ異種試料では、境界面付近のみでせん断が行われ、結果として内部摩擦角が低下したと考えられる。

4. まとめ

豊浦砂のみのケース①と比較して、異なる材料を用いたケース②~⑤は、内部摩擦角が

減少する傾向が見られた。袋詰めされたケース②④と袋無しケース③⑤では、袋詰めの方が約 $15\% \sim 30\%$ の増加が見られた。



■ : ①豊浦砂、● : ②袋詰め碎石、▲ : ③碎石
○ : ④袋詰め川砂利、△ : ⑤川砂利

図3 σ_c と τ_f の関係 (Graph of $\sigma_c - \tau_f$)

表2 内部摩擦角 ϕ

(internal friction angle)

	上箱材料	袋詰め	内部摩擦角 ϕ ($^\circ$)
①	豊浦砂	—	26.1
②	碎石	有	20.8
③		無	15.7
④	川砂利	有	19.8
⑤		無	17.1



写真1 せん断後の断面

(Cross section after shear test)

参考文献: 寺口ら(2023) 中型一面剪断試験による根固め材の中込め材と根固め材間の剪断強度の比較、農業農村工学会要旨集、pp.850-851