

学位論文紹介

博士論文概要

論文名：繊維-粒子複合材料の構成モデルの構築とその埋立廃棄物への適用に関する研究

著者名：宮本慎太郎（九州大学大学院）

指導教員：安福規之（九州大学大学院）

授与年月：2016年3月

1. はじめに

土構造物の粘り強さや被災時の復旧の簡便さ、および長寿命化などを考慮する上で、繊維材料と粒状材料の複合材料(「繊維-粒子複合材料」と称する)を用いた補強技術が注目を浴びている。最適な繊維配合条件の決定や合理的な設計法の提示を実現する上で、繊維材料による補強メカニズムを明らかにし、その特性を評価する手法を導入した理論モデルの構築が強く求められている。本論文では、粒状材料内での繊維材料の変形挙動を解明し、補強メカニズムを考察した。それらの結果をもとに均質化理論をベースとした繊維-粒子複合材料の構成モデルの構築を行った。次に、本モデルの工学的な課題解決への新たな適用として、埋立廃棄物の力学特性の評価を取り上げた。埋立廃棄物を繊維-粒子複合材料として単純化して取り扱うことで、処分場跡地の有効活用や不法投棄等現場での廃棄物の崩落や斜面崩壊などの力学的な課題に資することができると考えた。

2. 研究の内容と成果

1) 繊維材料の補強メカニズムの解明と繊維-粒子複合材料の構成モデルの構築

粒状材料内における繊維材料の変形挙動を明らかにするために、図-1 に示すような概念で一面せん断試験を実施した。結果より、複合材料の変形に伴って繊維材料の引張変形が進行し、繊維材料と粒状材料の界面強度を超える応力状態に達すると引き抜ける、引張挙動と引き抜け挙動からなる弾完全塑性的な挙動を示すことを明らかにした(図-2)。さらに、繊維材料が引張挙動を示す際には、繊維材料と粒状材料のひずみエネルギー増分が等価となるように、複合材料内に発生する応力が分担されていることを検証した。先の結果より、繊維材料と粒状材料のひずみエネルギー増分の等価性を仮定することにより導出される応力分担テンソルを導入して、繊維材料と粒状材料の特性を均質化する構成モデルを提案した。モデル化の概念は、図-3 に示すようであり、繊維材料は引張-引き抜け挙動を想定し、さらに確率分布関数により繊維配向角分布を導入した。

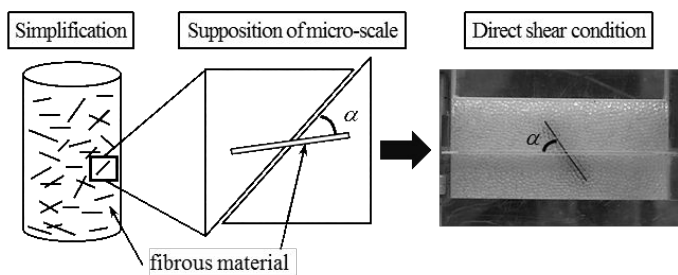


図-1 繊維材料の混入状態と実験のイメージ

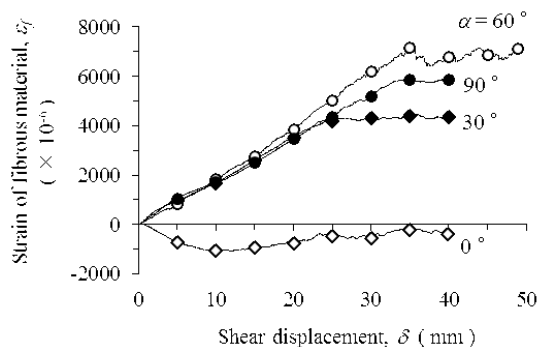


図-2 繊維材料の変形挙動

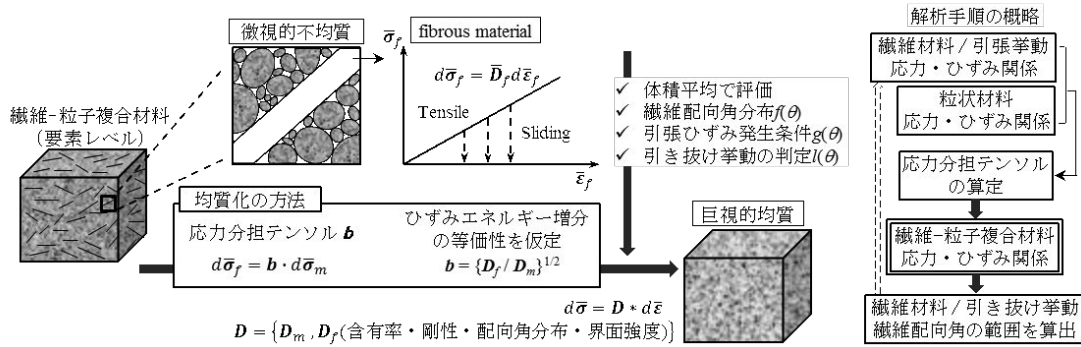


図-3 繊維-粒子複合材料の構成モデルと解析手順の概略

表-1 原位置一面せん断試験を実施した埋立廃棄物地盤の概要

	Site A	Site B	Site C, Site D (Laogang landfill in China)
General view			
Compositional ratio of waste (mass ratio)			
Wet density	$\rho_t = 1.18 \text{ g/cm}^3$	$\rho_t = 1.20 \text{ g/cm}^3$	C: $\rho_t = 1.21 \text{ g/cm}^3$, D: $\rho_t = 1.06 \text{ g/cm}^3$
Water content	$w = 20.7 \%$	$w = 30.5 \%$	$w = 31.3 \%$, $w = 27.1 \%$

2) 埋立廃棄物の力学特性の解明と構成モデルの適用

国内不法投棄等現場 2 カ所、海外処分場内 2 カ所の計 4 カ所の廃棄物地盤 (表-1) を対象として、室内と原位置で一面せん断試験を行い、組成割合の違いと埋立廃棄物の力学特性の関係を明らかにした。結果より、繊維廃材の影響によって延性的な挙動を示すことを明らかにするとともに、繊維廃材の影響を評価することで組成割合の異なる廃棄物を包括的に評価できる可能性を検証した。これより、廃棄物を繊維-粒子複合材料として単純化し、構成モデルの適用を図った。この際、廃棄物そのものを使用した引張試験によって求まる初期剛性・引張粘着力・引張摩擦角を、解析に必要なパラメーターである繊維廃材の引張剛性・界面粘着力・界面摩擦角として代用する方法を考案した。実験結果と解析結果を比較することで本モデルの適用性を検証した (図-4)。

様々な廃材を含む廃棄物についても、本モデルの考え方に基づいて繊維廃材の特性に着目した理論的解釈を施すことで、廃棄物特有の延性的な挙動を適切に評価できることを明らかにした。

謝辞：本研究は、JSPS 特別研究員奨励費 (課題番号 26・4964) の支援を得て行われました。深く感謝の意を表します。

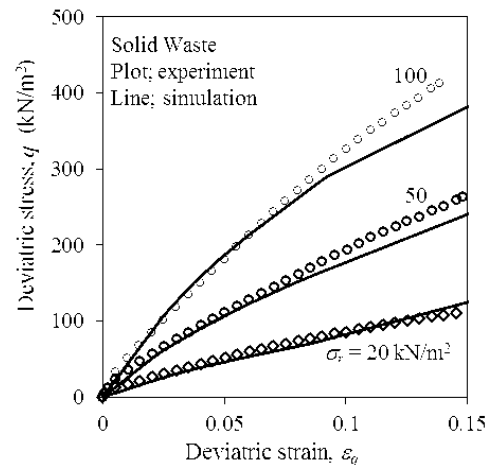


図-4 埋立廃棄物の応力ひずみ関係と本モデルの適用性の検証