

氏 名	グエン カン タイ Nguyen Canh Thai
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	農 博 第 1148 号
学位授与の日付	平成 12 年 7 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	農 学 研 究 科 地 域 環 境 科 学 専 攻
学位論文題目	Experimental and Numerical Study of Soils Containing Large Particles (礫混じり土に関する実験的及び数値解析的研究)
論文調査委員	(主 査) 教 授 青 山 咸 康 教 授 三 野 徹 教 授 河 地 利 彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、貯水ダムの一形式であるフィルダムの遮水材料用土における礫の役割について行った土質工学的研究である。フィルダムは灌漑用水の需要拡大状況の中で、その建設技術が施工面、使用材料面で大きく拡大しているダム形式である。フィルダムの遮水材は高い遮水性を有し、かつ高密度で高塑性、低圧縮性、パイピングに対する高い抵抗性、可能な限りの高い剪断強度を有することが要求される。第1の要件である高遮水性を満たすため、用土の母材は粘土～シルト質土となるが、その他の要件を満たすために礫と呼ばれる範疇の岩石起源の大粒径粒子が混入される。礫の粒径範囲はおおよそ5mm～750mm程度に達する。一般に土の室内試験に用いられる試験装置によっては、このように広範囲に粒径が分布する用土(礫混じり土)の力学試験は、含まれる大粒径礫のために不可能である。簡便には試験結果が正しく試料を評価できる程度に大粒径礫を除去した試料について試験し、それを評価の代用とすることがあるが、この方法は真の評価にならないことは明らかである。また既往の研究成果において礫の役割に着目しデータの整理を行ったものは希である。

この研究は大粒径礫の全体に占める割合である礫率と、礫の最大粒径をパラメーターとして、礫の役割を明確にするために行った実験と数値解析による研究である。論文は6章から構成されておりそれぞれの内容は以下の通りである。

第1章は問題提起と既往のこの分野における研究成果の概観である。問題提起は上述のような問題点が研究の動機であり、研究の目的は礫と母材の力学的相互作用を明らかにすることであると述べている。また関連の既往成果をおおよそ40件程度参考としている。

第2章は数値解析の理論となる有限要素法定式化を論じている。基本の定式化は、飽和浸透場及び弾性体と水の連成場について行っている。弾性体の定式化にはダンカン・チャンの提案する、応力—ひずみの双曲線関係を導入すること、礫と母材を明確に力学特性の異なるものとするため導入する境界面要素の定式化を論じている。

第3章は任意の不規則な輪郭を有する礫断面が任意の礫率、任意の最大寸法で母材中に不規則に配置する状況を、有限要素網で表現する手法の開発について論じている。これには礫と母材の間に第2章で論じた境界面要素を挿入するためのメッシュ再構成の手法も含まれている。提案手法の開発は、この解析研究には重要な役割を果たし、著者の独創性が現れている。

第4章は実験研究のまとめを示している。使用した材料は現在施工中のフィルダムの土採り場から採取したもの、及び礫の新鮮さを重視し現場の細粒成分土に購入碎石を混入したものである。主として大型の土質試験器を用いた締固試験、透水試験、非排水三軸剪断試験の結果を示した。最も重要な締固試験は17種の礫率と締固方法の組み合わせに対して行った。用いた試料の最大粒径は37.5mm、非排水三軸剪断試験の円柱供試体直径は200mm、高さは450mmである。

第5章は礫混じり土の数値解析結果のまとめを示している。第2、3章で開発した手法を礫混じり土の表現に用いて平面ひずみの仮説のもとで、供試体の透水試験と非排水剪断試験における礫混じり土の挙動をシミュレートした。透水試験においては、最大礫粒径が37.5mmの場合につき4種類の礫率において、母材の密度と透水係数には実験で得た値を用い、礫を混入した場合の礫混じり土全体としての透水係数を解析から推定した。その結果は十分に実験結果を追認するものであ

た。この場合、礫の透水性は母材に比べ無視できるものと仮定した。非排水三軸剪断試験においては、最大礫粒径が37.5mm、供試体寸法が直径200mm高さ450mmのものを扱った。この場合にも礫の圧縮性は母材に比べ無視できる程度の大きさを仮定した。第2章で述べた応力-ひずみの双曲線関係を用い3種類の礫率の剪断過程をシミュレートした。その結果得られた剪断抵抗角は実験結果のそれとよく一致することを示した。

第6章では以上各章に示した研究結果の結論を14項目にまとめている。

付録においては4章の実験結果の詳細データを添付している。

論文審査の結果の要旨

本論文はフィルダムの遮水材料として用いられる用土における礫の力学的効果を、実験的および解析的に究明したものである。大型試験器を用いなければならないような、大粒径礫を含む礫混じり土において、大規模の実験によらず解析によりその力学挙動を推定する方法の提案を最終目的としている。

実験手法においては、実際に用いられているフィルダム遮水材の用土を用い、礫最大粒径が37.5mm、礫率0～60%の範囲で締固試験、透水試験、非排水三軸剪断試験を異なる締固条件下で行った。また解析面では、礫混じり土の状態を有限要素網で表現するため、任意の形状と最大粒径を有する礫が、母材中に任意の礫率で不規則に配置する状況を、無作為に有限要素網に生成させるアルゴリズムを開発した。この手法により実験で行った透水試験と非排水三軸剪断試験の挙動をシミュレートし、解析が合理的結果を与えることを示した。評価できる点は以下の4点である。

1. 三種類のランマー重量による大型締固試験の結果、ランマー重量の効果を明らかにしたこと。すなわち、同一の締固エネルギー、同一礫率では、より大重量のランマーで締固めると、より大きな最大乾燥密度が得られ、最適含水比が小さくなる。

2. 礫混じり土では、礫率の増加により透水係数が急激に増大する限界の礫率が現れるが、未風化の礫を含む礫混じり土ではこの限界点に該当する礫率は50%であると判定したこと。

3. 礫混じり土の力学的状態を母材と礫の複合材料とみなし、有限要素網で任意の状態を無作為に表現できる数値モデルを開発したこと。このことにより任意形状、任意最大粒径、任意礫率の礫混じり土が、有限要素網で表現可能となり、かつ礫と母材の接触面には境界面要素が導入できる。

4. 提案した数値モデルにより、透水試験による礫混じり土の透水係数の総合評価及び非排水剪断試験における剪断過程の数値的追跡が良好に行えることを示したこと。また礫率が40%以下では礫混じり土の非線形パラメーターは、母材のそれが礫混じり土全体のパラメーターを与えることを副次的に見出したこと。

以上のように本論文は大粒径礫の、礫混じり土における効果を明らかにし、ダム工学、土質工学および農業土木学に貢献するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成12年6月20日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。