

ベントナイト混合土を活用したため池改修に関する取り組み Rehabilitation technique for irrigation earth dam using soil-bentonite mixture

○上野和広*, 佐古田又規**, 溝渕健一郎**, 水野正之**, 佐藤周之***, 長束 勇****

1. はじめに

2017年に公表された「ため池一斉点検を踏まえた詳細調査等の実施状況」¹⁾では、調査を実施したため池の約55%で耐震不足が確認され、約38%で豪雨対策が必要とされた。安全性が不足するため池の改修を行う際、前刃金工法が一般的に用いられる。しかしながら、近年ため池付近で遮水性を有する刃金土を確保することが困難になっている。著者らは、遮水性材料の不足を解消する手法として、ベントナイト混合土を活用した工法開発を進めている。本稿では、その取り組みについて紹介する。

2. ベントナイト混合土の活用に向けた検討

ベントナイト混合土は、母材となる砂質系土砂(真砂土など)にベントナイトを混合することで得られる。ベントナイトが吸水によって膨潤する性質を有することから、母材の遮水性を改善することができる。一方、ベントナイトの吸水・乾燥に伴う膨張・収縮挙動が、ベントナイト混合土の微視的な粒子構造の変化を通し、せん断強度など力学的性能へ影響を与えることが懸念された。そのため、ベントナイト混合土の締固め条件と水分量履歴がせん断強度へ与える影響を評価した。

3. 締固め条件がせん断強度へ与える影響

ベントナイト混合土(ベントナイト混合率 $R_m = 10\%$)を、図-1に示す締固め曲線内の★印の条件で締固めて供試体を作製し、垂直応力 $(\sigma_v)_c = 40 \text{ kN/m}^2$ での圧密、水浸過程を経た後、一面せん断試験(定体積条件)によってせん断強度 τ_f を評価した。締固め時の飽和度

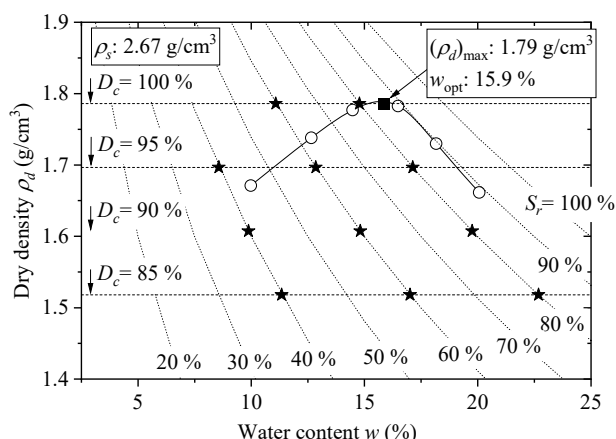


図-1 ベントナイト混合土の締固め曲線
Compaction curve of soil-bentonite mixture

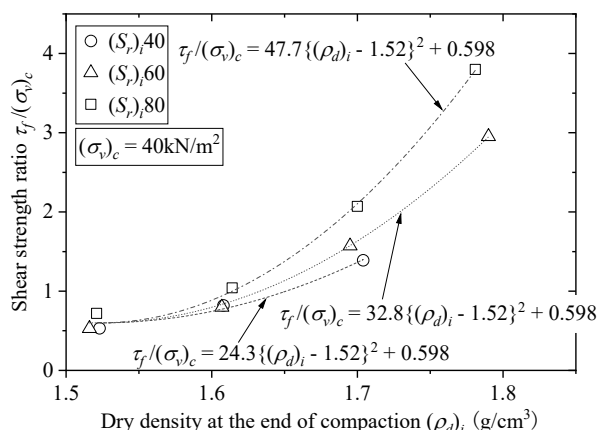


図-2 せん断強度比と締固め時の乾燥密度の関係
 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ versus dry density at the end of compaction

$(S_r)_i$ 毎に、せん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ と締固め時の乾燥密度 $(\rho_d)_i$ の関係に整理した結果を図-2に示す。せん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ は、乾燥密度 $(\rho_d)_i$ の上昇に伴って曲線的に増加し、その増加割合は締固め時の飽和度 $(S_r)_i$ が高いほど大きい。この関係から、せん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ の等値線を締固め曲線上にプロットしたものを図-3に示す。図-3より、ベントナイト混合土のせん断強度は締固め時の飽和度と乾燥密度が大き

*島根大学, Shimane University, **株式会社ホージュン, HOJUN Co., Ltd, ***高知大学, Kochi University, ****島根大学名誉教授, Emeritus Professor in Shimane University, キーワード: ベントナイト混合土, 締固め条件, 水分量履歴, ため池

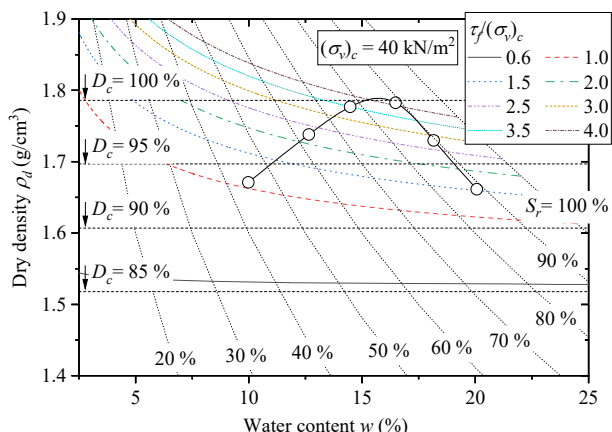


図-3 乾燥密度－含水比面上でのせん断強度比の等値線
Contours of $\tau_f/(\sigma_v)_c$ on the $\rho_d - w$ plane

くなるほど高くなること、締固め時の飽和度の影響は乾燥密度が高くなるほど顕著になること、が分かる。このことは、ベントナイト混合土が比較的乾燥した状態で締固めをすると、乾燥密度が高くなるよう締固めたとしても水浸後のせん断強度がさほど上昇しなくなることを意味する。

4. 乾燥履歴がせん断強度へ与える影響

前項の結果とため池の供用条件を併せて考えると、施工時にせん断強度が高くなるよう含水比を調節して転圧したとしても、供用期間中に乾燥作用を受けることによってせん断強度が低下する可能性が考えられた。そこで、せん断強度が高くなる条件（締固め時の飽和度 $(S_r)_i = 80\%$ 程度）で作製したベントナイト混合土に対し、乾燥履歴を与えた後、せん断強度を評価した。図-4 は、せん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ と供試体を経験した最小の飽和度 $(S_r)_{min}$ の関係である。乾燥履歴を与えた供試体（DW）では、 $(S_r)_{min}$ の減少に伴ってせん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ が低下することを確認できる。ただし、同じ最小飽和度 $(S_r)_{min}$ の条件では、乾燥履歴のない供試体（NH）（締固め時に低い飽和度となるように作製した供試体）のせん断強度比 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ よりも高い値を維持した。図-5 は、締固め度 $D_c = 100\%$ の条件で締め固めたベントナイト混合土の X 線 CT 画像である。なお、図中には締固め時の飽和度 $(S_r)_i$ と、X 線 CT

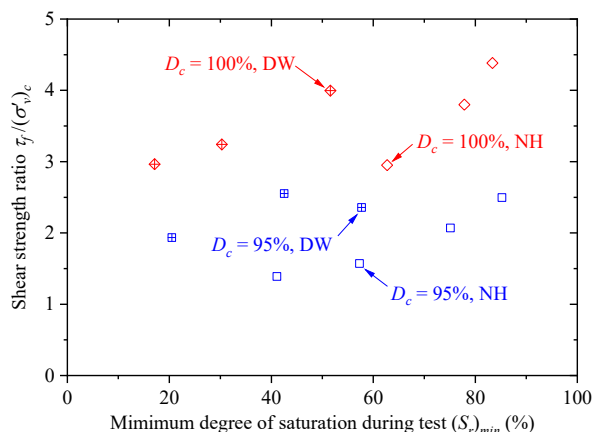


図-4 せん断強度比と最小飽和度の関係
 $\tau_f/(\sigma_v)_c$ versus $(S_r)_{min}$

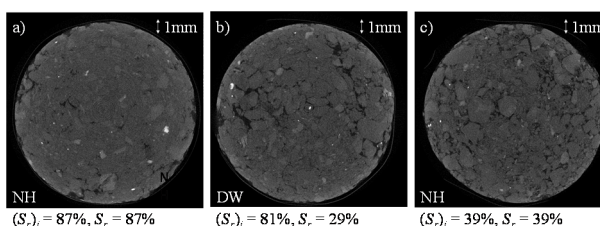


図-5 ベントナイト混合土の X 線 CT 画像
X-ray CT images of soil-bentonite mixture

画像撮影時の飽和度 S_r を併せて示す。乾燥履歴がない NH の粒子骨格構造は、締固め時の飽和度 $(S_r)_i$ が高い時に分散型（粗粒子の間に細粒子が分散）、締固め時の飽和度 $(S_r)_i$ が低い時に凝集型（粗粒子の接点に細粒子が密着）となっている。また、乾燥履歴を与えた DW の粒子骨格構造は、それらの中間的な様相を示している。締固め条件や水分量履歴が異なるベントナイト混合土のせん断強度（図-4、図-5）は、このような粒子骨格構造の相違による影響を受けたと考えられる。

5. まとめ

遮水性材料の不足を解消するため、ベントナイト混合土の活用について検討した事例を紹介した。今後、本稿で紹介したような材料特性を踏まえた上で、設計・施工手法の提案を行う予定である。

参考文献

- 1) 農林水産省（2017）（参照 2021.03.16）：ため池一斉点検を踏まえた詳細調査等の実施状況（平成 29 年 3 月末時点）、（オンライン）、入手先 < <http://www.maff.go.jp/j/press/nousin/bousai/170922.html> >