

拘束圧がベントナイト混合土の膨潤挙動に与える影響

Effects of confining pressure on swelling characteristics of bentonite-soil mixture

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

1. はじめに

ため池堤体の改修を行う際、遮水性材料の確保が困難な場合がある。遮水性材料の不足を解消する手法の一つとして、ベントナイトの利用がある。ベントナイトは吸水により膨潤する性質を有することから、ベントナイトを母材となる砂質系土砂に混合することで、遮水性に富む材料（ベントナイト混合土）を得ることができる。ベントナイト混合土は、ベントナイトの膨潤性により、吸水に伴って膨張挙動を示す可能性がある。そのため、ベントナイト混合土をため池の遮水材料として使用するには、ベントナイトの吸水に伴う膨張特性を把握し、その影響を考慮する必要がある。本論では、ベントナイト混合土の膨潤特性に与える拘束圧とベントナイト混合率の影響を評価するために実施した膨潤量試験の結果を報告する。

2. 供試体と実験方法

ベントナイト混合土は、真砂土（母材）とベントナイトを混合して作製した。ベントナイト混合率 R_m は、母材の乾燥質量に対して 0, 4, 7, 10% である。供試体は、最適含水比に調整した試料を、直径 60 mm, 高さ 20 mm の圧密リング内で締固め度 95 % となるように突き固めて作製した。膨潤量試験には圧密試験機を用いた。供試体を充填した圧密リングを圧密試験機に設置した後、盛立時の状況を模擬するため、供試体が不飽和の状態で所定の直応力 σ_v を載荷し、不飽和圧密を行った。なお、直応力 σ_v の値は、ため池堤体内に作用する拘束圧の分布を想定して 19.6, 39.2, 78.5,

157, 314 kN/m² の 5 種類とした。不飽和圧密の継続時間は 24 時間である。不飽和圧密が完了した後、湛水時における貯水の浸透を模擬するため、上記の直応力 σ_v が作用した状態で通水を行い、供試体を飽和した。通水中における供試体の鉛直変位を計測することにより、ベントナイト混合土の膨潤量を評価した。膨潤量の計測は供試体の変形がほぼ収束するまで継続した。具体的な計測の継続時間は、母材 ($R_m = 0\%$) の場合で約 50 時間、ベントナイト混合土 ($R_m = 4, 7, 10\%$) の場合で約 120 時間である。

3. 結果と考察

通水中における母材 ($R_m = 0\%$) とベントナイト混合土 ($R_m = 10\%$) の膨潤量の経時変化を図-1 に示す。図-1 の縦軸は、通水中に生じた鉛直変位を、通水開始前の供試体高さに対するひずみで表した膨潤ひずみ ε_s (%) を表しており、正の値が膨張、負の値が収縮を示す。図-1 を見ると、ベントナイトを含まない母材 ($R_m = 0\%$) の膨潤ひずみ ε_s は、通水期間中大きな変化を示しておらず、不飽和状態から飽和状態に至る過程での体積変化が小さい。供試体に作用する直応力 σ_v が小さい条件では供試体は僅かに膨張する挙動を示し、直応力 σ_v が大きくなると収縮する挙動を示した。一方、ベントナイト混合土 ($R_m = 10\%$) の場合、通水中に明確な供試体の体積変化が確認された。ベントナイト混合土は、直応力 $\sigma_v = 19.6 \sim 78.5$ kN/m² の範囲では膨張挙動を示し、直応力 σ_v がそれよりも大きくなると収縮挙動を示した。通水中の供試体の膨張は、

*島根大学, Shimane University, **島根大学名誉教授, Emeritus Professor in Shimane University, ***高知大学, Kochi University, ****株式会社ホージュン, HOJUN Co., Ltd, キーワード: ベントナイト混合土, 膨潤量, 拘束圧

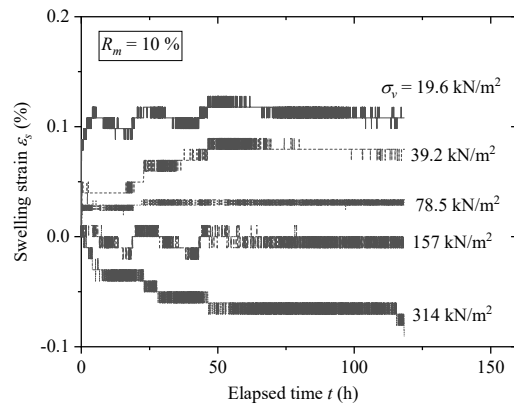
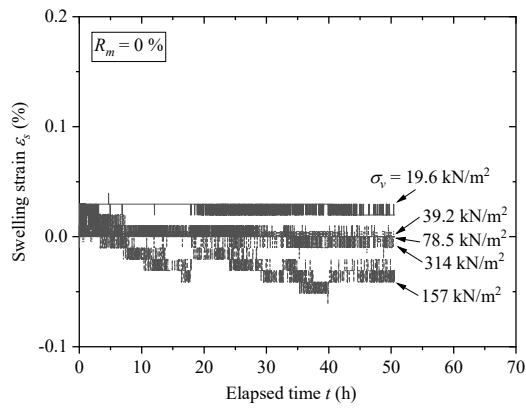


図-1 膨潤ひずみの経時変化
Change with time of swelling strain

試料中のベントナイトが吸水し、膨潤したためと考えられる。供試体の変形挙動は直応力 σ_v と明確な相関性を有しており、直応力 σ_v が小さいほど膨潤ひずみ ε_s は大きく（膨張）なり、直応力 σ_v が大きいほど膨潤ひずみ ε_s は小さく（収縮）なった。

図-2 に、各ベントナイト混合率 R_m の供試体に対する、通水終了時の膨潤ひずみ ε_s と直応力 σ_v の関係を示す。母材 ($R_m = 0\%$) の膨潤ひずみ ε_s は、直応力 σ_v の値によらず全体的に小さな値であることを確認できる。一方、ベントナイト混合土は直応力 σ_v が小さな範囲では正の値（膨張）を示し、直応力 σ_v が大きな範囲では負の値（収縮）を示す。今回実施した実験条件の範囲で生じた膨潤ひずみ ε_s の値は、最大で 0.11% であった。ベントナイト混合土の膨潤ひずみ ε_s が正の値（膨張）から負の値（収縮）へ転じる直応力 σ_v の値は、ベントナイト混合率 R_m の増加に伴って大きくなる傾向にある。 $R_m = 4\%$ はデータがバラついているため、その境界が明確ではないが、 $R_m = 7\%$ で直応力 $\sigma_v = 75 \text{ kN/m}^2$ 程度、 $R_m = 10\%$ で直応力 $\sigma_v = 150 \text{ kN/m}^2$ 程度になっている。これは、ベントナイト混合土をため池堤体に使用した場合、堤体内に作用する拘束圧の分布に応じて浸水時におけるベントナイト混合土の膨張・収縮挙動が異なり、ベントナイト混合率 R_m が大きくなるほど体積膨張を示す領域が増えることを意味する。

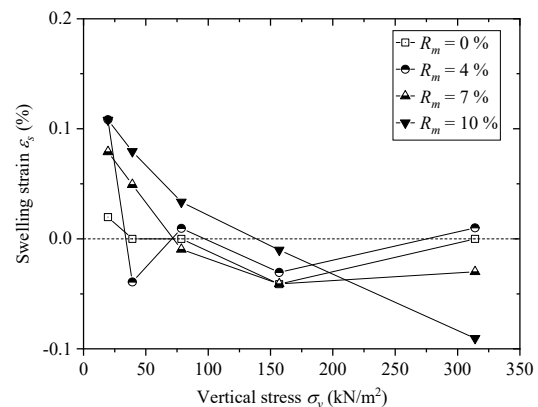


図-2 膨潤ひずみと直応力の関係
Relationships between swelling strain and vertical stress

4. まとめ

ベントナイト混合土をため池堤体に使用した場合の膨潤特性を明らかにするため、膨潤量試験を実施した。その結果、堤体内に作用する拘束圧の分布に応じて浸水時におけるベントナイト混合土の膨張・収縮挙動が異なり、ベントナイト混合率が大きくなるほど体積膨張を示す領域が増えることが明らかとなった。また、今回実施した実験条件の範囲では、発生する最大の膨潤ひずみが最大で 0.11% であることが示された。今後、この程度の膨潤ひずみが堤体内で発生した場合の影響を明確にし、ベントナイト混合土の遮水性材料としての適用性や、使用する際の留意点などを明らかにする必要がある。

謝辞：本研究は農林水産省官民連携新技術研究開発事業と科学研究費助成事業(基盤研究(B))(17H04632)の助成を受けたものである。記して謝意を表します。