

三軸試験によるベントナイトと砂との混合材の浸水変形特性

名古屋工業大学 学生会員 崔 紅斌
 " 正会員 孫 徳安
 " " 松岡 元

1. はじめに

ベントナイトの浸水変形などに関する研究報告は、側方向の変形を抑制した一次元的な浸水変形試験結果¹⁾に基づいたものが多く、三軸試験結果に基づいたものがあまりないのは実情である。そこで、本研究では、その浸水による三次元的な浸水膨潤変形特性を調べることを目的としている。

2. 試験概要

試験に用いた試料はクニゲル V1, Na 型のベントナイトと豊浦砂である。ベントナイトの土粒子密度 $s=2.79\text{g/cm}^3$, 塑性指数は $I_p=447$ である。豊浦砂の密度 $s=2.65\text{g/cm}^3$ である。不飽和土は土粒子の間隙の間に水以外に空気も存在することから、飽和土と異なり、圧縮やせん断過程での吸排水量だけでは体積変化量を測定することができない。そのため試験機にリング型の側方変位計を設置し、浸水による直径の変化量を直接測定することにした。図-1 は締固め棒を用いて、ベントナイト 50%と豊浦砂 50%の混合材を対象に、締固め応力が約 600kPa で静的に締固めた時の締固め曲線を示す。同図より得られた最適含水比 $w_{opt}=18.7\%$ の試料を用いて同じように締固めて得られた供試体を試験に用いた。

3. 異なる応力比での浸水試験結果と考察

側方向の変形を抑えて、垂直方向だけの変形を許すいわゆる一次元的な浸水膨潤試験¹⁾,あるいは垂直方向と側方向の両方の変形は許すが、等方的な応力状態での浸水試験はいずれも特別な条件での試験であり、もっと一般的な条件での浸水試験をする必要がある。そこで、本試験では、異なる主応力比まで、不飽和状態で段階的に応力を増加させた後、平均主応力 p と主応力比 R (σ_1/σ_3)の両方が一定での浸水試験を行い、その平均主応力と主応力比が浸水による体積ひずみとせん断ひずみにどのように影響するかを調べた。本試験では平均主応力 p と主応力比 R を一定に維持するために浸水時間の経過と共に測定された側方向のひずみをもとに垂直方向の力の大きさを調整し、 σ_1 の値を一定にした。図-2 は同じ平均主応力 $p=49\text{kPa}$ で、異なる主応力比 $R=1, 1.5, 2$ の三軸圧縮状態で行った浸水試験結果を時間(日)とひずみ(圧縮を正とする)の関係で示す。同図より、主応力比が大きいほど σ_1 方向の浸水膨潤ひずみ ϵ_a が小さくなり、 σ_3 方向の膨潤ひずみ ϵ_r が大きくなる。一方、体積ひ

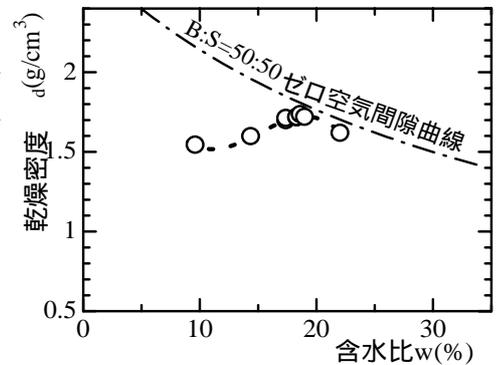


図-1 締固め曲線

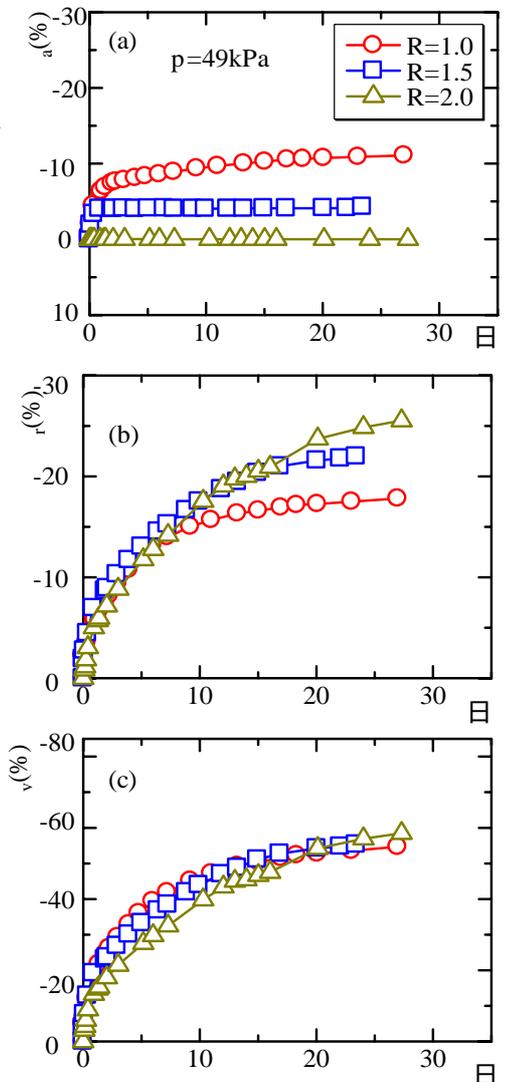


図-2 浸水膨潤ひずみと時間の関係

キーワード 膨潤, 三軸試験, ベントナイト

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学 TEL 052-735-7162

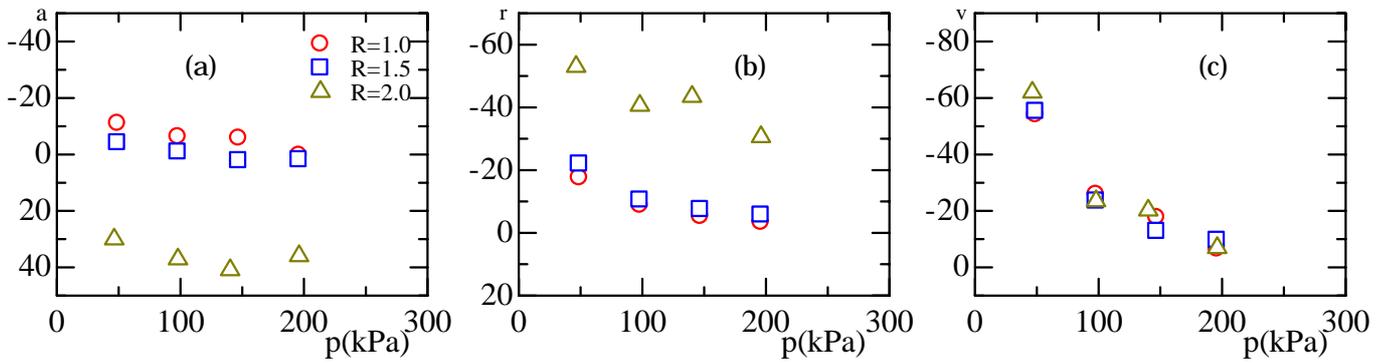


図-3 異なる平均主応力 p と主応力比 R での浸水膨潤試験結果

ずみは主応力比に関係なくほぼ同じ関係になっている。これは、ベントナイトの高い膨潤能力が原因であると考えられる。ベントナイトの吸水膨潤はモンモリロナイト土粒子自身の膨潤であり、これを抑える力としてはオールラウンドな力である平均主応力 p である。この平均主応力 p の値が変化しない限り主応力比 R の影響としては土粒子の配列を変えるだけの作用があり、膨潤体積ひずみにはあまり影響しないと考えられる。

図-3は平均主応力と主応力比を変えて行った浸水試験結果の全データを示す。同図より、平均主応力 p が大きくなると軸方向のひずみ a 、側方向のひずみ r および体積ひずみ v が共に小さくなるのが見られる。そして、同じ平均主応力 p では上述したように各主応力方向のひずみは異なるが、浸水終了後の体積ひずみは主応力比に関係なくほぼ一定であることが見られる。これは Dakshanmurthy の試験結果²⁾ともほぼ同じ傾向である。図-4は浸水終了後の間隙比と平均主応力 p の関係を示す。同図より、浸水終了後の間隙比と平均主応力の関係は主応力比に関係なく両対数座標上でほぼ一本の直線関係になる。したがって、この関係線を決めるだけで、異なる平均主応力 p と主応力比 R での体積ひずみ v を予測することができる。図-5は浸水によるせん断ひずみ ($a - r$) と主応力比 ($1/3$) の関係を示す。

同図より、浸水によるせん断ひずみ $a - r$ は主応力比の増加と共に大きくなる。このせん断ひずみに大きく影響するのは平均主応力よりも主応力比の値であることが見られる。平均主応力の影響がないものとすると同中に示した $R - \ln(a - r)$ 関係線が得られる。この関係式より、三軸圧縮状態で主応力比の変化によるせん断ひずみ $a - r$ を評価できる。

4. まとめ

本研究より得られた結論を以下にまとめる。ベントナイトの浸水による膨潤体積ひずみは平均主応力 p の値により決まり、主応力比 R の影響をそれほど受けていない。浸水によるせん断ひずみは主応力比 R より決まり、平均主応力 p の影響をあまり受けていない。

謝辞：本研究は財団法人大林都市研究振興財団の助成を受けたものであり、謝意を表します。

参考文献：1) 崔紅斌, 孫徳安, 松岡元, 徐永福: ベントナイトと砂との混合材の一次元的な浸水変形特性, 土木学会論文集 No.764/ -67, 275-285, 2004. 6 2) Dakshanamurthy V. (1979): A stress-controlled study of swelling characteristics of compacted expansive clays, Geotechnical Testing Journal, ASTM, 2(1), 57-60.

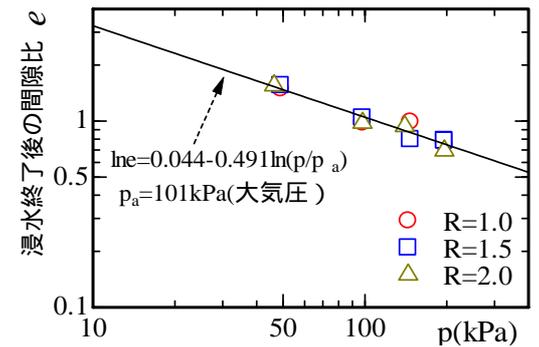


図-4 浸水終了後の間隙比 e と平均主応力 p の関係

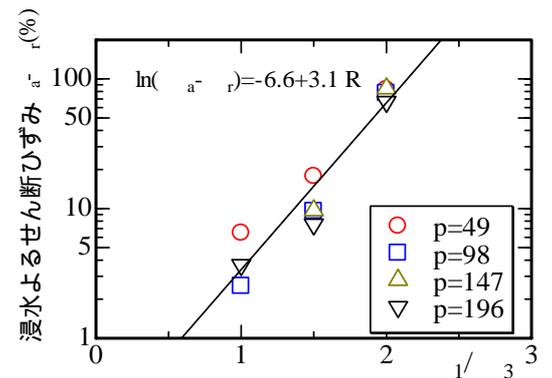


図-5 浸水によるせん断ひずみと主応力比 R の関係