

Ⅲ-77

拘束圧を受けた豊浦砂の浸透破壊実験

(株) 竹中土木 正会員 ○鈴木 一彦 平井 卓
竹中技術研究所 正会員 畑中 宗憲 内田 明彦

1. はじめに

砂礫地盤でのフィルダムの立地や大深度地下空間開発などの地下水位の高い場所での浸透破壊に対する検討が重要な課題となっている。浸透破壊の発生機構はTerzaghiの限界動水勾配理論などに立脚して様々な実験及び理論的研究が行われ、浸透破壊に対する安全性の判定基準が提案されてきた。しかし、これらはほとんど土粒子の自重による応力下での研究報告であり、供試体に拘束圧を加えた状態での浸透破壊現象は、いまだ十分な説明はなされていない。そこで筆者らは、現位置に近い応力状態での浸透破壊の発生機構を明らかにすべくその第一段階として、鉛直一次元状態における豊浦砂の浸透破壊実験を行った。

2. 実験方法および実験試料

実験装置の模式図を図-1に示す。実験装置は三軸セルを改良し、内セルとしてアクリル円筒(直径10cm)を使用した。供試体上面のスペーサー(ハールコンBP12:直径10cm;厚さ5mm;空孔径200~300 μ m;空孔率30~40%)を介して供試体に均一な鉛直応力($p_v=0.3\text{kgf/cm}^2$)を加えた。なお、スペーサーは浸透流による土粒子の移動をできるだけ妨げない工夫をした。その際、ベDESTALと円筒との接触面の漏水防止や大きな浸透流のもとでのキャップの鉛直方向の変位を拘束しないようゴムスリーブを用い、外セルと内セルの間には、内セル以上のセル圧を常に与える事とした。

供試体は豊浦砂(土粒子密度 2.645gf/cm^3 , 粒径範囲 $105\sim250\mu\text{m}$)を用い、初期間隙比を3種類変化(表-1)させた。動水勾配を上げるにあたっては、最低通水時間(360sec)、試料の状態および流量の安定を確認した後、大型貯水タンク内の空気圧を高めることによって行った。鉛直荷重は載荷ピストンを用いて供試体に加えた。その荷重はロードセルで計測した。動水勾配は供試体上下に設置した水圧計で測定した圧力差によって求めた。流量測定は、大きな流量を測定できるデジタル流量計を用いた。供試体の変位を計測するため、供試体上部に非接触型変位計(SSG)を設置した。また、アンプに出力する計測値を8mmビデオで撮影する事によって、急激な供試体の状態変化を見逃さないよう配慮し、試料上面での土粒子の移動は内視鏡(エンドスコープ)を用いて観察した。

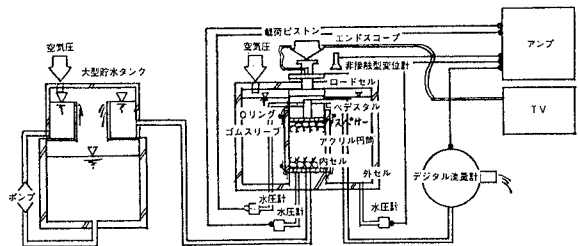
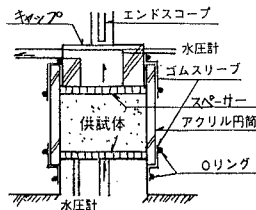


図-1 実験装置の模式図

表-1 各供試体の間隙比

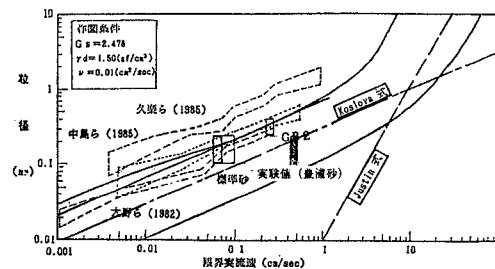
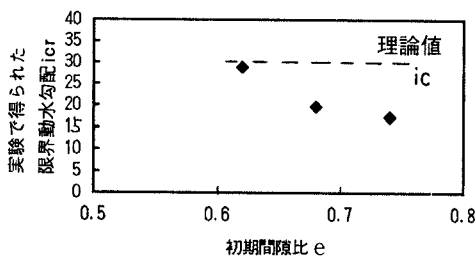
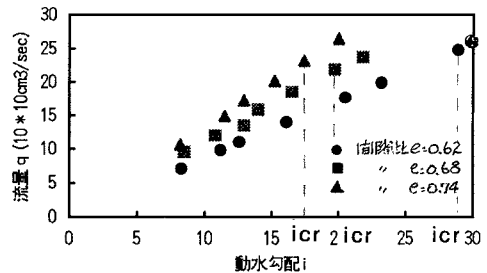
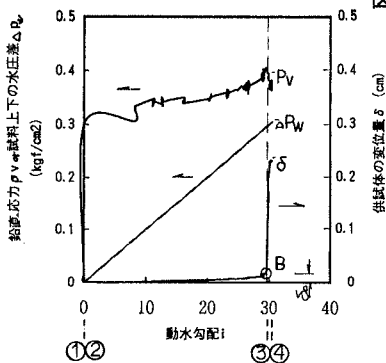
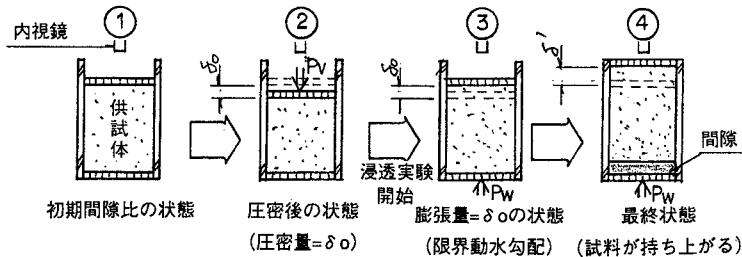
供試体	初期 間隙比	圧密後 間隙比
e 1	0.619	0.618
e 2	0.679	0.679
e 3	0.737	0.737



3. 実験結果および考察

図-2は実験における供試体の状態変化を示したもので、図-3は供試体e1の動水勾配と供試体上下の水圧差、供試体変位置、鉛直応力の変化を計測した記録である。図-2での①は試料をセットした時の初期間隙比の状態を示し、②は供試体が鉛直荷重 P_v により圧密され、 $\delta\sigma$ だけ供試体が圧縮した状態。③動水勾配を上げていくと、試料は次第に膨張していく。そして、ついに膨張量が $\delta\sigma$ と等しくなる。さらに動水勾配を上げると、試料は急激に④の様に持ち上がり現象を起こした。この時の流量の急激な変化は、図-4の各供試体における動水勾配と流量の関係からは確認されていないが、本実験における限界動水勾配は、供試体が急激に持ち上がった④の状態であると推察した。なお、③から④に転移するとき、供試体上面からスペーサーを通しての土粒子の移動(漏出)を確認できなかった。それは、今回用いたスペーサーが供試体端部の土粒子の変位を結果的に拘束してしまったためと推察される。また、載荷した鉛直応力が一定で、完全な排水条件であれば、浸透

破壊を生じるときの現象は、供試体上下端での上向きの圧力差と下向きの有効応力がつり合った時点において生じると考えられる。この時の、理論限界動水勾配(i_c)は、 $((G_s/\gamma_w)-1)/(1+e)+\sigma_v/(\gamma_w L)$ で表される。しかし、図-5に示す様に、実験で得られた限界動水勾配は理論値より低い値となっている。このことは、載荷ピストンの摩擦による鉛直荷重の誤差とキャップの損失水頭に起因していると思われる。また、初期間隙比による限界動水勾配の影響は理論値に比べて顕著に表れているが、この現象の主たる原因は供試体とアクリル円筒との間の摩擦抵抗力が初期間隙比によって異なるためと考えられる。一方、図-6に示す様に、実験で得た限界実流速はKoslovaの式と良く一致した。



4. まとめ

今回の実験から、キャップ形状やスペーサーおよび供試体とアクリル円筒の付着面の処理方法に問題があることがわかった。今後、これらの改善および可視化の問題点等を踏まえ、浸透破壊実験を行い、最終的には現位置に近い応力状態下での浸透破壊実験を行っていく予定である。

【参考文献】

- 1) 杉井、宇野、佐藤(1989):「浸透破壊の発生メカニズムと土の非均質性」
- 2) 西垣、梅田(1989):「地盤掘削時におけるボウリング、バクシング現象2,3の考察」
- 3) 長瀬(1993):「浸透破壊に関する考え方と破壊発生条件(その2)」
- 4) 坂口、福本、畑中(1992):「三軸圧縮を用いたバクシング試験法の検討(その1,2)」