

浸透破壊時の間隙率の変化についての一考察

中部大学工学部 正会員 杉井 俊夫 山田 公夫
中部大学工学部 学生会員 ○名倉 晋 長谷部哲也

1. まえがき

本研究は浸透破壊メカニズムの究明を目的に、鉛直一次流れによる浸透破壊発生域の間隙率の変化を把握するため、誘電率式土壌水分計 ADR (Amplitude Domain Refractometry) を用いて計測を行った¹⁾。その結果、Terzaghi の限界動水勾配に達する以前に土試料内での粒子の移動による間隙率の変化が生じ、その後全体破壊へ達する経過が明らかになったのでここに報告する。

2. 鉛直一次流れによる浸透破壊モデル実験

実験の装置の概要を図.1 に示す。試料には豊浦砂 ($G_s=2.645$, $D=0.1\text{mm}\sim 0.3\text{mm}$) を用いている。供試体のサイズは (D) $290\text{mm}\times(\text{W}) 300\text{mm}\times(\text{H}) 400\text{mm}$ である。水槽には間隙水圧計を3点 (試料下端から 0mm , 140mm , 260mm) の3本と誘電率式土壌水分計 ADR (試料下端から 8mm , 20mm , 32mm) の3本を設置している。給水タンクは昇降式になっており、排水口においてメスシリンダーで流量を計測する。流量以外のデータはデータロガーを介してパソコンにとり入れられるようになっている。

試験の手順は(1)水をはった水槽に、3層に分けて水中落下法により砂試料を入れる。(2)各層の乾燥密度が所定の密度となるように締め固める。(3)砂試料のセットが終了した後、水位が落ちつくまで待つ。(4)試験開始より間隙率、間隙水圧の計測を行い、メスシリンダーで流量を測り安定したところで水位差を上昇させた。

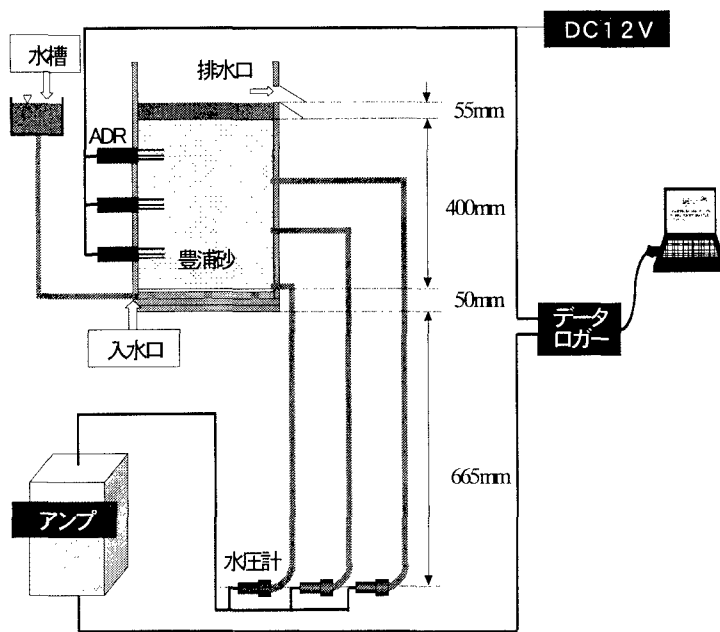


図.1 実験装置概要図

3. 間隙率の計測

著者らは、誘電率式土壌水分計 (ADR) を用いて液状化実験における間隙率の変化を計測し、液状化時の砂の挙動について調べてきた²⁾。ADR による土中の間隙率の計測方法は以下のように行った。ADR は土中の体積含水率を計測するものであり (式(1)), 土中は飽和度 $S_r=100\%$ であることから

$$\text{体積含水率 } \theta = \frac{V_w}{V} \times 100 = \frac{V_w}{V_v} \times \frac{V_v}{V} \times 100 = S_r \cdot \frac{n}{100} \quad (\%) \quad (1)$$

$$\text{間隙率 } n = \frac{100\theta}{S_r} = \theta \quad (\%) \quad (2)$$

式(2)より求めることができる。

4. 実験結果と考察

試料密度が 1.5g/cm^3 の時と 1.55g/cm^3 の時に得られた各値の関係を図.3,4,5,6 及び表.1 に示す。図.3,5 において縦線が入っているところは水位差を変化させた時間である。

図.3,4 より、いずれの場合も中層・下層の間隙比は初期の間隙比より大きくなっており、上層においては、中層・下層が動きはじめると同時に間隙比が小さくなっていくことがわかる。Terzaghi の限界動水勾配に達する以前に間隙率の変化が生じており、限界動水勾配に達した時点で全体破壊することが推察される。表.1,2 より上層部の動水勾配が Terzaghi の限界動水勾配に達した時に破壊が生じていることがわかる。豊浦砂は均等粒径試料であるが、実際の地盤のような均等係数の大きな土においては、粒子単位の移動が特に起こりやすいことが考えられ、Terzaghi 式とのより大きな乖離が予測される。図.5,6 は各位置における間隙率の変化量を高さ方向に連ねて見た図である。下端の間隙率増加量は密な場合、緩い場合ともに同じであるが、上層では、緩い砂の方が圧縮が大きいことがわかる。これは、下層では土粒子の流出により、土粒子間における損失が小さくなり、浸透水圧の増加が頭打ちになっていると思われる。このことは図.3,4 の下層の動水勾配

が他に比べて上昇の割合が小さいことからわかる。

(Ⅰ) $\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$ の時

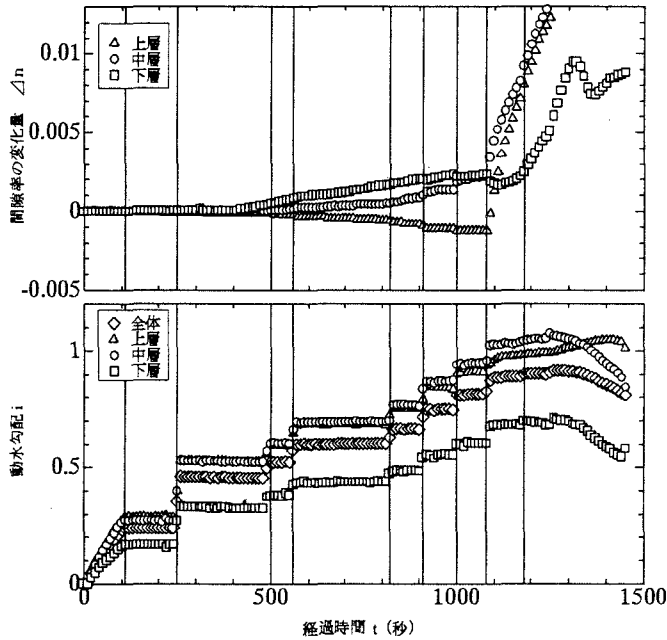


図.3 経過時間と間隙率の変化量 Δn 、動水勾配 i の関係

(Ⅱ) $\rho_d = 1.55 \text{ g/cm}^3$ の時

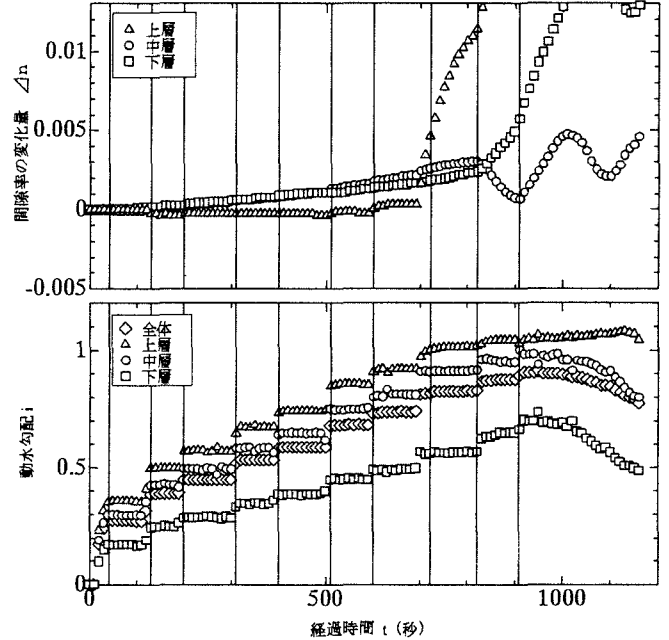


図.4 経過時間と間隙率の変化量 Δn 、動水勾配 i の関係

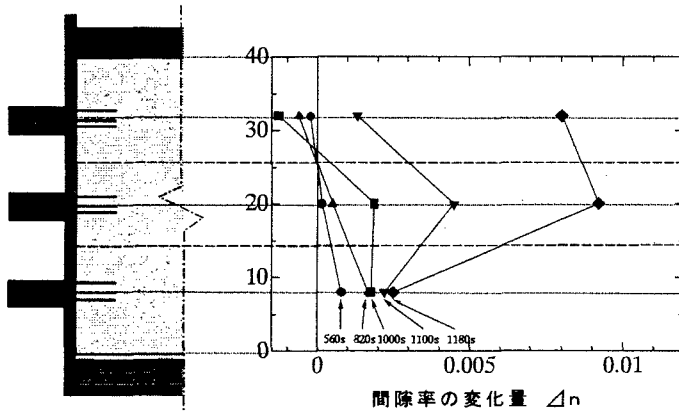


図.5 各層における時間的間隙率の変化量 Δn

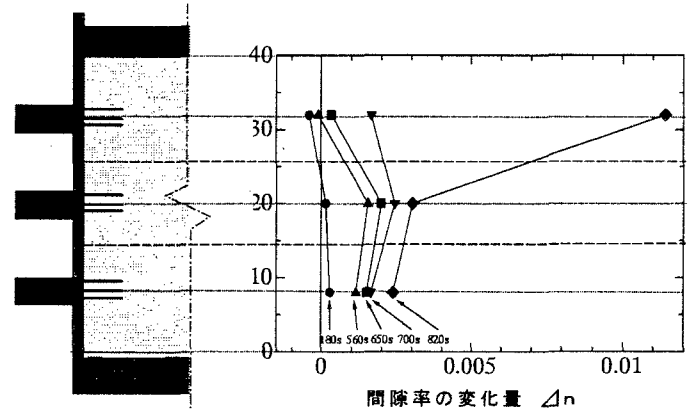


図.6 各層における時間的間隙率の変化量 Δn

表.1 全体破壊時の間隙率と動水勾配

$\rho_d = 1.5 \text{ g/cm}^3$	間隙率			破壊時の 動水勾配	$i_{cr} \text{ *2}$
	初期値	動き始め	全体破壊 *1		
上層	0.397	0.397	0.398	0.963	0.995
中層	0.382	0.382	0.387	0.956	1.013
下層	0.394	0.395	0.396	0.677	0.996
全体				0.876	1.001

表.2 全体破壊時の間隙率と動水勾配

$\rho_d = 1.55 \text{ g/cm}^3$	間隙率			破壊時の 動水勾配	$i_{cr} \text{ *2}$
	初期値	動き始め	全体破壊 *1		
上層	0.389	0.389	0.390	1.000	1.005
中層	0.396	0.396	0.399	0.913	0.992
下層	0.383	0.383	0.385	0.568	1.015
全体				0.810	1.005

*1 間隙率の急増点を全体破壊とした。 *2 Terzaghi の限界動水勾配

5. まとめ

今回、鉛直一次流れ浸透破壊時の間隙率を計測することにより、土中で生じる土粒子の流れや、上層での密度増加の過程がわかった。今後、粒度の異なる成層地盤や粘性土も含めて限界流速との関係から同メカニズムを検証する予定である。

参考文献

- 1) 杉井俊夫・山田公夫・中島賢：多粒子限界流速を用いた浸透破壊メカニズムに関する研究，地盤の浸透破壊のメカニズムに関するシンポジウム発表論文集 pp.123～128, 2002.
- 2) 杉井俊夫・山田公夫：模型実験による液状化時の密度の常時計測，土木中部支部研究発表会後援概要集，pp. 281～282, 2002.