

繰返し荷重を受ける飽和砂の流動化について

神戸大学工学部 正 員 谷本喜一
 神戸大学工学部 正 員 西 勝
 神戸大学大学院 学 員 山道義幸
 神戸大学大学院 学 生 員 植村隆晴

1 まえがき

飽和砂が振動または衝撃を受けた場合、過剰間びき水圧を発生し、有効応力が減少する流動化現象についての研究は、近年盛んに行われている。この流動化に関する実験法としては、砂層に直接水平振動を加える場合と、三軸圧縮試料に上下方向の繰返し荷重を与える場合とが考えられる。本研究は後者の場合、すなわち、繰返し三軸試験装置によって誘起される飽和砂の流動化現象を、過剰間びき水圧および軸ひずみの連続的な測定記録に基づいて究明しようとしたものである。

2. 実験装置および試料

この実験に使用した繰返し三軸試験装置は前回に示したので省略するが、供試体に作用する側圧は水銀による恒圧装置を用い、液圧によって常に一定の大ききとした。過剰間びき水圧、軸荷重、および、軸ひずみは図-1に示す装置によって測定された。

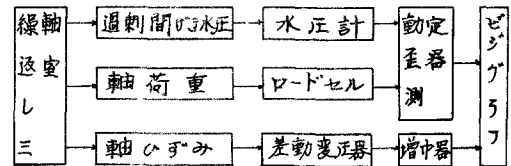


図-1

試料は0.1mmふるい残留、2mmふるい通過の川砂($G=2.64$, $G_u=1.64$, $e_{max}=0.85$, $e_{min}=0.55$)で、供試体寸法は直径5cm, 高さ12cmとした。なお上記載荷装置から得られる荷重軌跡は片振幅型の矩形で、繰返し載荷周期は2cps, 載荷時間は0.25秒である。実験は表-1に示す状態で行い、以下に述べる実験結果はすべて除荷時における測定値から整理したものである。

初期間びき比(e_0)	0.73	0.80
相対密度 (D_r)	4.0	16.7 (%)
側 圧 (σ_3)	0.50, 0.75, 1.0 (kg/cm^2)	
軸差応力 (σ_1)	0.30 ~ 1.4 (kg/cm^2)	

表-1

3. 実験結果および考察

一般に流動化とは、過剰間びき水圧が有効応力(本実験では側圧)に等しくなり、有効応力が0となることと定義される。しかしながら、本実験では供試体が完全に破壊していると考えられるにもかかわらず、供試体内部に生じる過剰間びき水圧が側圧に一致しない場合も生じたので、便宜的に、図-2に示すような過剰間びき水圧および軸ひずみの両測定値に基づいて、流動化現象をつぎのよ

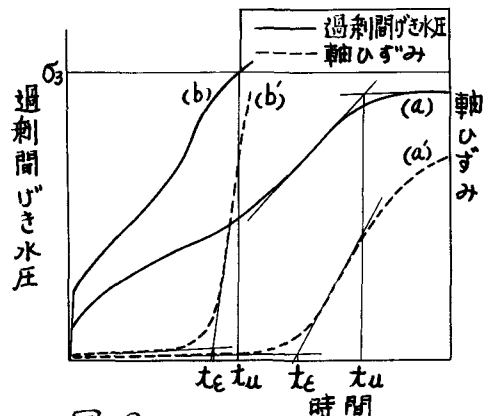


図-2

うに定義することにした。

1) 過剰間げき水圧に基づく流動化の定義

測定記録が図-2の(a)曲線のような場合には両接線の交点を、(b)曲線のような場合には側圧 σ_3 に一致した点を、それぞれ流動化が生じた状態とみなし、それまでに要する時間を t_u で示すことにした。前者は、 $e_i=0.73$ および $e_i=0.80$ で $\sigma_3=0.50 \text{ kg/cm}^2$ のときに生じ、その他の場合はすべて(b)曲線のように過剰間げき水圧が側圧に等しくなる点が生じた。

2) 軸ひずみに基づく流動化の定義

図-2の(a)および(b)曲線は、先述した(a)および(b)曲線にそれぞれ対応する軸ひずみの測定記録を示したものである。この場合には、すべて記録曲線が急変する点(両接線の交点)を流動化が生じた状態とみなし、それまでに要する時間を t_e で示すことにした。この定義の理由としては、この点以後では、軸ひずみが急激に増大し、一般の構造物では、ほとんど許容されない沈下がただちに生じるものと考えられるからである。

過剰間げき水圧に基づく t_u と σ_d/σ_3 との関係を示すと図-3のようになる。この図より σ_d/σ_3 、 e_i によって、流動化現象が大きく影響されることが認められる。すなわち、 σ_d/σ_3 および e_i が大なるほど流動化は生じやすく、また、 σ_d/σ_3 によらず σ_3 が小さいほど流動化がおこりやすいことが確認される。このことは、砂層の流動化現象が側圧の小さい表面近くで発生し、次第に下層へ伝わっていくであろうことを裏付けているように思われる。

図は省略するが、 t_e に関しても同様の結果が得られた。ただし、この t_e の値は t_u の値より常に小さく、その差は e_i が小さくなるほど大きくなる傾向が認められた。

つぎに、 t_e 後の軸ひずみの時間的変化を図-4に示す。この図から、 $e_i=0.80$ では、ひずみは急激に増加し破壊にいたるが、 $e_i=0.73$ では、徐々に増加し破壊にいたることがわかる。換言すれば、後者のひずみ記録曲線の勾配は、 σ_d/σ_3 によらずひずみが大きくなるほど小さくなっていることを示している。これは $e_i=0.73$ では、わずかの有効応力を残留した状態で破壊にいたる、すなわち、ある程度粒子が接触しあいながら塑性ひずみが増加していくためであると考えられる。

参考文献 リ谷本、西谷口、"繰返し荷重を受ける粘性路床土の2.3の動的性質について" 土木学会関西支部講演集(昭和42年度)

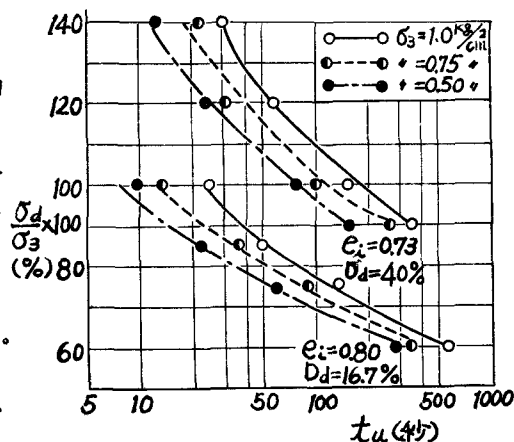


図-3

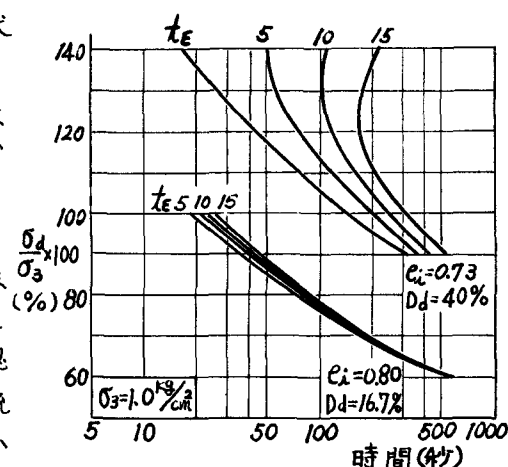


図-4(図中の数字は軸ひずみパーセント)