

III-489 浸透力による砂質地盤の繰り返し载荷実験

名古屋大学大学院 学生会員 小高猛司
名古屋大学 正会員 浅岡 顕

1. はじめに

砂質地盤の繰り返し荷重による破壊については、地震動による液状化に見られるように、ほぼ全域が非排水の条件での過剰水圧の蓄積による破壊がよく知られている。これとは別に、ケーソン護岸の基礎マウンドその他海底斜面などで、潮位変動や長周期波浪のように、過剰水圧の蓄積がそれほど期待されない場面で、方向を変えながら繰り返し作用する浸透力によって、飽和砂質地盤が相当程度劣化する問題も考えることができる(Barends, 1985)¹⁾。本研究では、完全排水条件で模型砂質地盤への浸透力による繰り返し载荷実験を行なうことにより、過剰水圧の発生を伴わない地盤破壊の発生の確認とその破壊現象の観測を行なったので報告する。

2. 限界水位の決定

繰り返し载荷実験に先立ち、図1に示す平面ひずみ条件浸透破壊実験装置を用いて、超緩速水張り载荷実験により限界水位 h_e を求めた。試料は豊浦標準砂を用い、実験地盤は水中落下法により深さ12cm、根入れ2cmのものを作製し、間隙比は $e=0.85$ とした。この実験地盤を用いて、定常浸透場を保つように上流側の水位を $h=1\text{cm/hour}$ の速さで上昇させると、 $h_e=6.7\text{cm}$ でボーリングが起こった²⁾。これを連成極限つり合い解析を用いて、全く同じ境界条件でシュミレーションを行ない $M=1.6$, $K_0=1.0$ と仮定して排水支持力(限界水位)を計算すると $h_e=6.87\text{cm}$ と得られた。次に根入れ5cmの地盤に置きかえ、根入れ2cmの場合と同じパラメータで連成解析により限界水位を求めると $h_e=16.36\text{cm}$ と得られる。この限界水位をもとに以後の実験を進めた。

3. 繰り返し载荷実験

1) 実験方法

図2は繰り返し载荷実験装置である。図1の実験装置と同寸法のアクリル土槽の中央にヒンジを設け、ペロフラムシリンダーにより土槽全体を左右に繰り返し傾斜させることにより、上流側から下流側へ浸透力を発生させながら、その浸透力の地盤に対する相対的な方向の変化を与える繰り返し载荷実験を行なうことを可能とした。試料は2. と同様に豊浦標準砂を用い、全く同じ手法により深さ15cm、根入れ5cmの実験地盤($e=0.85$)を作製した。繰り返し荷重による破壊現象の観測を目的とするために、図2のように最大傾斜の状態においても、上下流の水位差は2. の連成解析で得た $h_e=16.36\text{cm}$ よりも小さな値とし、1度の载荷では絶対に破壊しないようにしたことに注意する。実際には図中の数字のように水位を保ち、最大傾斜 9° の場合には、矢板沿いに水位差約14cmとなる。また繰り返し载荷の周期は、排水条件を十分満足させるように6時間と設定した。

2) 実験結果

写真1は、第1周期の最大傾斜角 9° での状態を示す。下流側矢板近傍の地盤が若干膨張しているが破壊する気配は全く見られない。繰返し回数が進むにしたがって、その地盤の膨張は僅かずつ大きくなっていく。また、上流側矢板近傍の地盤内には気泡が

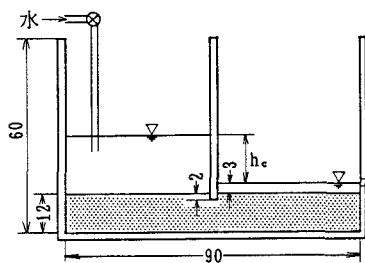


図1 平面ひずみ浸透破壊実験装置

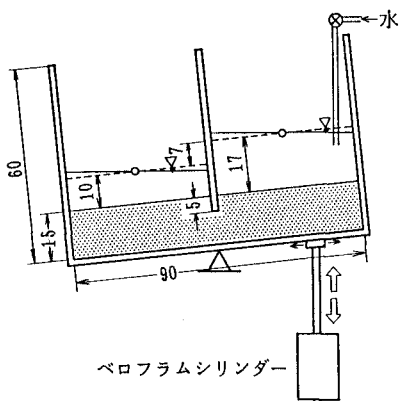


図2 繰り返し载荷実験装置

発生し始め、その数はしだいに発達していく。

写真2は、第5周期の最大傾斜時の状態を示す。矢板下流側では比較的広い範囲で膨張しており、上流側も若干の膨張が見られ、気泡の発達も広範囲に及んでくる。

さらに载荷を繰り返すと第8周期の最大傾斜時に、突然上流側が沈下し、下流側が隆起した。しかし、この時点ではボイリングは起こらなかった（写真3参照）。

そして、第9周期の最大傾斜時において、遂にボイリングが起こった。その様子を写真4に示す。

下流側矢板近傍の地盤は、実験の進行とともにしだいに膨張し、破壊前にはその膨張量はかなり大きくなる。また、上流側矢板近傍の地盤もやや膨張したが、その地盤内には気泡の発生が見られ、実験進行とともにしだいに発達していった。これらの現象は2.の実験でも現れるが、それと比べて本実験では膨張や気泡の範囲が非常に広く、その度合いも大きいことが観察された。豊浦砂で作製する模型砂質地盤は、たとえ「ゆるい」といっても、せん断中には体積膨張することが予想される。本実験で浸透力を地盤に対する方向を変えながら繰返し载荷した結果、浸透力は地盤に対して広い範囲でせん断を生じさせ、破壊現象（膨張現象）が広い範囲で進行したと考えられる。

4. おわりに

本実験のような破壊問題を解析する方法としては、移動硬化モデルを用いた弾塑性変形解析により繰返し载荷径路を克明に追跡する方法と、これとは別に直接限界状態を解析対象とするshakedown解析とが考えられる。いずれの場合も困難な問題を含み、今後の課題とする。

参考文献

- 1) F. B. J. Barends: Geotechnical Aspects of rubble mound breakwaters, Breakwater '85 Thomas Telford Ltd, London, 1985, pp. 93-108.
- 2) 小高、奥井、浅岡：模型砂質地盤の浸透力による破壊実験、第25回土質工学研究発表会、1990

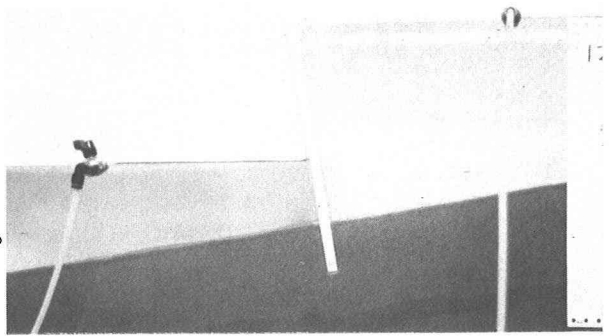


写真1 第1周期最大傾斜時

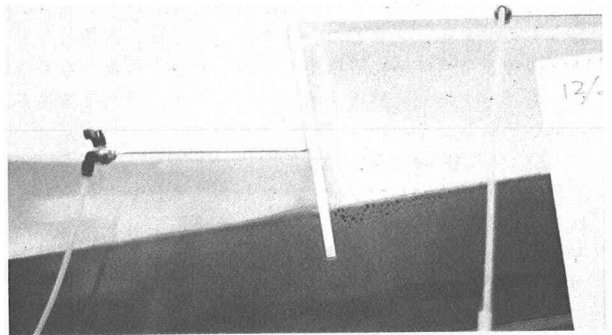


写真2 第5周期最大傾斜時

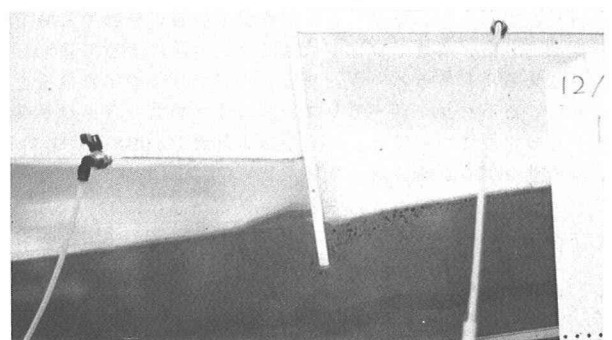


写真3 第8周期最大傾斜時

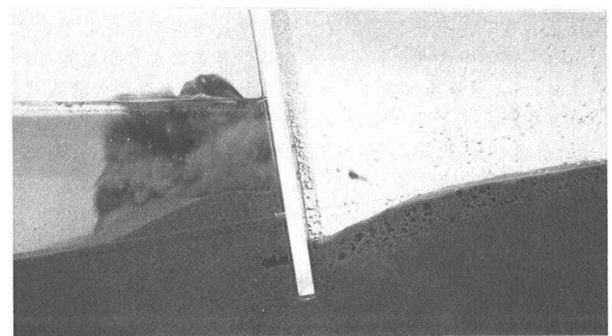


写真4 第9周期最大傾斜時