

東海大学工学部 正 員 稲田 倍穂
 東海大学工学部 正 員 本間 重雄
 東海大学大学院 ○学生員 稲場 弘之

1. まえがき

地下水位の高い砂層地盤中の掘削工事あるいは大規模な海中工事等においては浸透流によって地盤の安定が失われ破壊に至るいわゆるクイックサンド、ボイリング、パイピング等が問題となる場合が少なくない。しかし浸透流と地盤の安定との関連については工学的に解明されていない点も多く、相当の安全率を見込んで設計、施工がなされているのが現状である。そこで浸透破壊現象の一般的性状と判定基準に関する問題点の把握を目的として、粒度、粒子形状の異なる各種の砂を用いて一次元ボイリング実験を行なったので、その結果について報告する。

2. 実験概要

実験装置は図1に示すような鉛直上昇流による浸透破壊を再現する定水位透水試験装置で、モールド側壁には等間隔に7本のピエゾメーターを設置して砂層中の実損失水頭のみを取り出せるよう工夫するとともに内壁には標準砂を張り付けてモールド壁面での水みちの発生を防止した。

実験に用いた試料は表1および図2に示す11種類の砂で、No. I~IVは寒川浄水場砂および標準砂をフルイ分けた粒径0.04~0.074mmまでの均一粒径砂、No. V~XIは自然地盤から採取した細粒分を含有する一般砂である。モールドへの試料の充填はエントラップトエアーの混入を極力避けるため、あらかじめ水を満したモールド内に試料を徐々に落下させて突き固める水締め方式を採用し、突き固め回数を変化させて数種の間ゲキ比の供試体が得られるようにした。動水勾配は図1のピエゾメーター $h_2 \sim h_6$ の指示値を最小自乗法で直線回帰した値を用い、透水係数は浸透流量および水温を測定してダルシー則により一律に 15°C における透水係数 k_0 に換算した。

なお使用したモールドは内径7.75cm（小型）と20.0cm（大型）の2種類である。

3. 実験結果および考察

実験における浸透破壊の形態は限界動水勾配点（ k_c ）まで透水係数はほぼ一定のままに達するや否や瞬間的に破壊するケース（図3(a)）と動水勾配の増加とともに浸透水量が級数的に増加していきながら前者程明確でない状態のまま破壊に至るケース（図3(b)）の2種の観察された。図3(b)のケースでは限界動水勾配点まで透水係

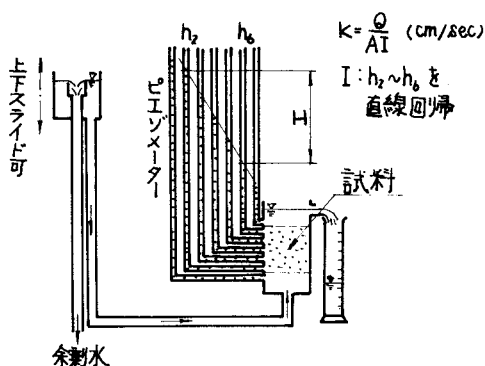


図 1

表 1

番号	試 料 名	比重 G	U_c	モールド
I	均一砂 (0.074~0.105mm)	2.60	1.08	小
II	・ (0.105~0.25・)	2.59	1.31	小・大
III	・ (0.25~0.42・)	2.63	1.17	小
IV	・ (0.42~0.84・)	2.63	1.24	小
V	寒川砂	2.63	2.09	小・大
VI	新地	2.60	3.00	小・大
VII	武井	2.63	3.50	小
VIII	今泉 1	2.59	—	小
IX	内摩	2.63	5.30	小
X	中核	2.74	2.19	小
XI	今泉 2	2.57	3.30	大

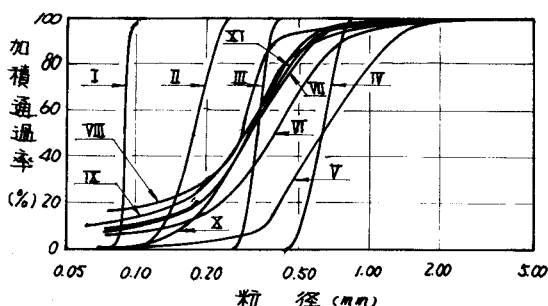


図 2

数はわずかながら増加の傾向をたどり、動水勾配の増加とともに供試体の表面が徐々に盛り上がりながら破壊に至る形態を示す。この場合の砂層内部のポテンシャルの状況は、動水勾配の比較的小さい段階では直線に近いが破壊点に近づくにつれまず砂層表面付近の水頭損失が小さくなっていき表層付近から逐次破壊が進行しながらついには全体の破壊に至るいわゆる進行性破壊の過程をたどる。実験結果ではNoⅡの均一砂及びNoⅦ、NoⅧ、NoⅨの $U_{0.074} < 7\%$ 程度の試料では瞬間破壊が、 $U_{0.074}$ が上記より大きい他の試料では進行性の破壊がみられた。図4は間ゲキ比と限界動水勾配の関係を示したものである。図中の曲線は浮力を受けた土粒子の水中重量と浸透水圧のつりあいから計算される限界動水勾配 G_c をパラメーターとして示したものである。

計算値と実験値は均一砂についてはおおむね一致しているが、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ、Ⅺなどの幅広い粒径を含む一般砂については、実験値が計算値を大きく上まめる結果となった。これは計算式において砂粒子間相互の摩擦力、粘着力、粒径、粒度分布等が無視されているためであると思われる。また大型モールドの実験値は小型モールドの値をやや下回っているが、これはモールド周囲の拘束効果が影響しているものとも考えられ、今後実験技術上の問題点として検討する必要がある。図5は実験値 k_c と計算値 k_c の整合性を比較し示したものである。進行性破壊を示す試料では、局部的にはすでに k_c よりも小さい動水勾配で破壊に至っていることになる。局部的に破壊が生じた時点における動水勾配を限界動水勾配とみなせば図5中の白抜きの点はもっと計算値に近づくと思われる。しかし、実際には前述した通り動水勾配の変化は滑らかであって進行性破壊の発生を示す変化点を明確に識別することは非常に困難である。以上のように浸透破壊現象は複雑であり、かつ判定方法に不確定要素を多く含むため浸透破壊現象全般を土粒子と浸透圧のバランスの考え方で一律に論じることが出来ないように思われる。今後、浸透による破壊現象と破壊の要因についてより詳細な分析を重ねる必要がある。

4. あじがき

本報告では各種の一般砂を用いて浸透破壊現象に関する実験的考察を試みた。研究にあたり助言をいただいた株式会社新日本開発工業、大田正彦氏に深く感謝致します。

参考文献

1) 斎藤・三木：「鉛直上昇流による砂の浸透破壊」土木学会第28回年次学術講演会Ⅲ-6、2) 玉置他：「ボーリングに関する基礎実験とその考察(その1,2)」土木学会第27回年次学術講演会Ⅲ-6.7

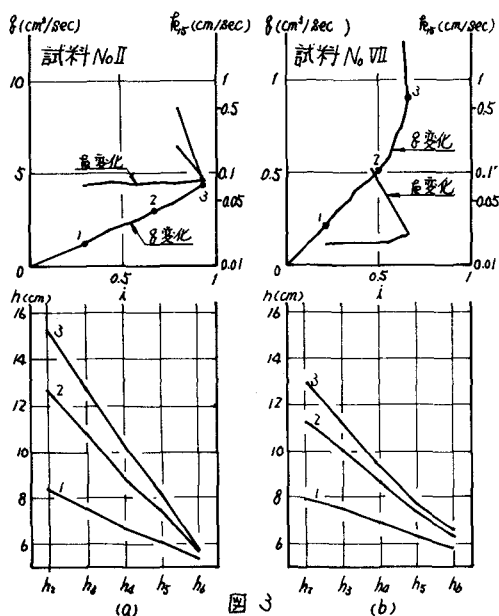


図3

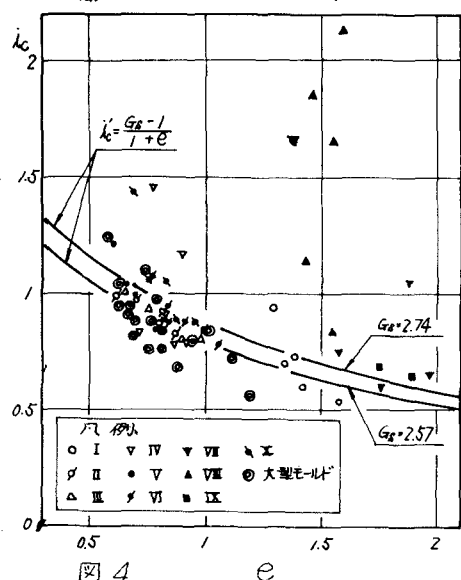


図4

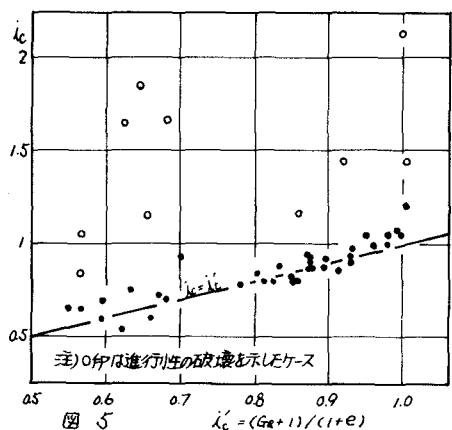


図5