

Ⅲ-A13 浸透力载荷による密詰め飽和砂地盤の遅れ変形／破壊挙動

西松建設（株） 正会員 笥 哲志

名古屋大学工学部 正会員 中野 正樹 野田利弘 浅岡 顕

1. はじめに

密に詰めた模型砂地盤に対し、固定矢板を挟んで水位差を与え、浸透力による破壊試験を行う。そして、浸透力を与える速さ（水位差を増加させる速さ）によって、破壊の仕方や破壊時間、破壊に至る水位差など、地盤が破壊するまでの挙動がどのように異なるかを調べる。さらに、急速に浸透力を与えた後や浸透力を繰り返し与えた後、水位差を一定放置すると、地盤は時間とともにどのような挙動を示すのか観察する。

2. 水载荷速度が地盤の破壊に及ぼす影響

図1に試験装置の全容を示した。電空変換器を通してパソコンにより空気圧を制御し、加圧水槽を介して空気圧を水圧に変換する。制御された水圧は実験水槽の左槽（上流側）に送られ、大気圧に開放している右槽（下流側）との水位差により浸透流を発生させる。実験水槽は横90cm、高さ45cm、奥行き15cmの透明アクリル製で、矢板は底部から10cmの位置に固定されている。砂試料には豊浦標準砂を用い、地盤は脱気水を用いて水中落下法により作製し、その後衝撃を与え間隙比 $e=0.70$ の密な砂地盤を作製した。

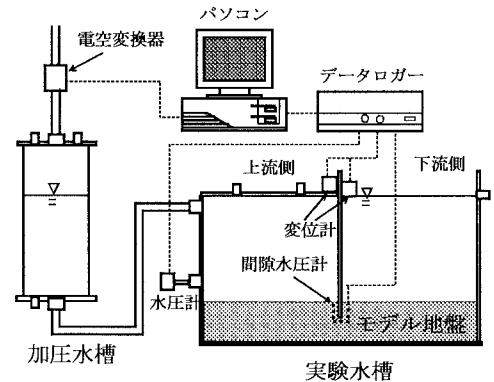


図1 試験機全容図

一定速度で水位差を増加させていくことにより地盤を破壊する試験を行うと、水位差はある値でピークを示した後

（限界水位差）減少し、その時地盤はボイルングを起こした。図2に水位差の载荷速度に対する限界水位差 h_c を示した。ここで下流3cmというのは根入深さ5cmの水平地盤に対し下流側の地盤をさらに3cm高くした段差地盤を示し、相対下流3cmというのは、用いる砂の量は根入深さ5cmの水平地盤と等しくし、下流側を3cm高くした段差地盤を示す。どの地盤においても载荷速度の違いによって限界水位差に違いがみられる。詳しくみると、载荷速度がaの範囲にあるときは载荷速度の違いにはほとんど影響されずに限界水位差はほぼ一定であるが、载荷速度がbの範囲にあるときは载荷速度が上昇するにともない限界水位差も上昇している。このように砂といえども部分排水条件下での浸透力破壊が存在する。また限界水位差の変化する载荷速度は、どの地盤においても同じである。次に破壊挙動の違いについて述べる。下流側を高くした段差地盤について、遅い载荷速度より速い载荷速度の方が破壊領域は大きくなっている。しかし上流側を高くした段差地盤では、载荷速度による違いは見られなかった。また、段差の大きい地盤は、上流側、下流側に拘わらず、破壊領域は大きくなった。

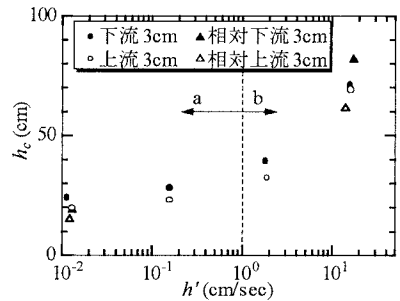


図2 限界水位差—载荷速度関係

3. 水位差一定試験

部分排水条件を満たす速い载荷速度（15cm/sec程度）で载荷し、その後排水条件下での限界水位差付近で水位差を一定にする試験を行った。この試験ではどの地盤においても、すべて時間遅れで破壊することを確砂、浸透、時間依存特性、進行性破壊、液状化

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL 052-789-4622 FAX 052-789-4624

認した。図3に相対下流3cm地盤を水位差19cmで一定にした試験結果を示す。この地盤における排水条件下（载荷速度0.015cm/sec）での限界水位差は約19cmである。図3(a)が示すように試験開始後約130秒後に隆起が確認され、その後沈下、ボイリングと進行した。密な砂地盤において、荷重放置後約2分もかかって破壊が進行しはじめたことは非常に興味深い。図3(b)から、矢板付近の地盤の過剰水圧は、どの位置でも時間とともにゆっくり上昇を続けボイリングに至っている。その上昇は下流上側（図●）から順に起こっている。

4. 瞬間载荷・除荷後の水位差一定試験

段差地盤を作製した目的は、地盤内に不均質な応力状態をつくることであつた。ここでは水位差一定放置する前に浸透流を瞬間的に繰り返し与え、地盤内の応力状態をさらに不均質にすることを考えた。実験は、上流側を3cm高くした段差地盤に対し、速い载荷速度（15cm/sec程度）で水位差30cmまで载荷し、水位差19.5cmまで除荷し一定に保つというものである。水位差19.5cmまで単調载荷下後、一定に保つ試験も別途実施しているが、水位差一定放置後、約10分以上経過してもボイリングには至らなかったことを確認している。図4(b)が示すように初期に30cmの水位差を瞬間的に与え除荷することによって、隆起、続いて沈下と変形した後、ゆっくりと変形が進行していき、約90秒後にボイリングに至っている。図4(c)をみると上流側のすべての位置において、载荷直後瞬間的に間隙水圧は上昇した後除荷によって瞬間的に減少するが、その後ゆっくり上昇を続けて破壊に至っていることがわかる。また下流側は载荷直後からゆっくりと上昇を続けて破壊に至っている。これらから、初期に浸透力を载荷・除荷することにより、変形を進めていくに十分な応力の不均質性が発生し、排水条件下での限界水位差より小さい荷重で放置しても、地盤内の破壊領域が時間の経過とともに拡大していき、やがてボイリングに至ると考えられる。

5. おわりに

密な砂地盤の遅れ変形／進行性破壊の特徴は以下の通りである。(1)浸透力载荷速度が大きくなると部分排水状態となり、限界水位差も大きくなった。(2)破壊の仕方はまず下流側の地盤が隆起し、上流側が沈下する。载荷速度が大きいほど破壊領域も大きくなる。(3)限界水位差より高い水位差まで瞬間载荷し、その後一定に保つと、時間遅れで変形し破壊に至った。(4)限界水位差よりも若干低い水位差でも、瞬間载荷・除荷という载荷履歴を与えると、時間遅れで変形、破壊が起こった。

6. 参考文献

1)浅岡顕他(1998):浸透力载荷による密な砂地盤の進行性破壊実験と水～土連成有限変形解析,第33回地盤工学研究発表会講演集,1/2,pp.1307-1308

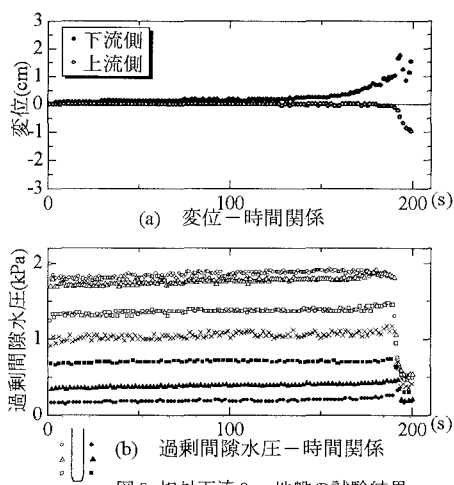


図3 相対下流3cm地盤の試験結果

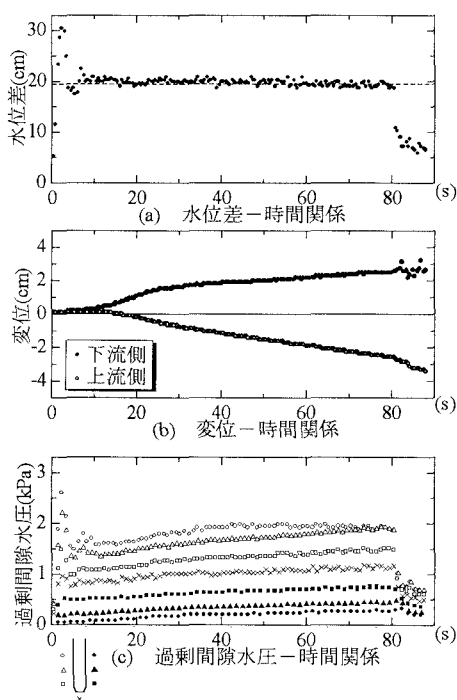


図4 上流3cm地盤の試験結果