

二次元集中流地盤の浸透破壊実験

Seepage failure experiments on sand in two-dimensional concentrated flow

田中 勉・上村 宣博・井上 一哉

Tsutomu Tanaka, Nobuhiro Uemura and Kazuya Inoue

1. 序論

浸透破壊は地下水位の高い地点における土木構造物の建設において重要な問題である。浸透破壊問題においては、一次元流、二次元流、二次元集中流、軸対称集中流、三次元集中流など種々の流れ条件を考慮しなければならない。ここでは、水路、河川、地下構造物などで問題となる複列矢板内地盤すなわち二次元集中流地盤の浸透破壊問題に関して実験的に考察を行った。

2. 実験試料及び実験装置

実験試料には、均一な細砂（琵琶湖砂3：比重2.668，均等係数1.404，平均粒径0.283mm）を用いた。実験装置(Fig.1)は、水槽本体、補助水槽及び定水頭装置からなっている。ここに、 T 及び D は下流側における矢板根入れ深さ及び地盤高、 d は掘削深さである。複列矢板は水槽本体中央に400mm間隔で設置されている。水槽本体裏面には間隙水圧測定用のピエゾメーター孔が440個ついている。水頭差は複列矢板内部の水槽背面にある排水口で一定に保たれる下流側水面と定水頭装置で与えられる上流側水面の差 H によって与えられる。ここでは、上下流の地盤条件を変えた7つの実験（E0201～E0207）を行った。

3. 実験地盤の作製状態

(1) 地盤形状と等ポテンシャル線分布の変化 Fig.2 に実験 E0207 ($T \approx 40\text{cm}$, $d \approx 10\text{cm}$)について、水頭差 H の増加に伴う地盤形状及び等ポテンシャル線分布(水頭差を6等分したもの)の変化を示す。Fig.2より、 H が大きくなると実験地盤は矢板近傍において上流側で沈下、下流側で隆起することがわかる。 H が大きくなるにつれて、上流側沈下、下流側隆起が進行してゆき地盤は最終的に破壊する。地盤が形状変化を開始するときの水頭差を变形開始時水頭差 H_y 、破壊するときの水頭差を破壊時水頭差 H_f と呼ぶ。

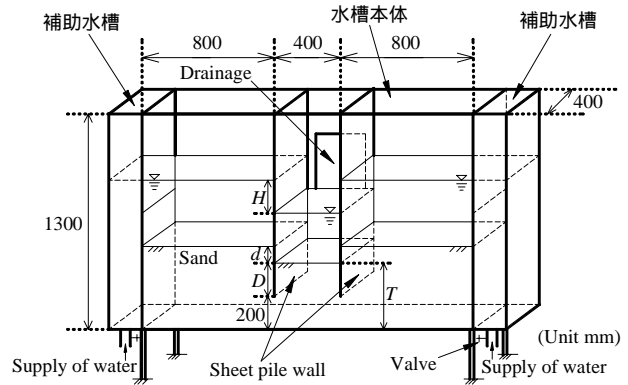


Fig.1 実験装置

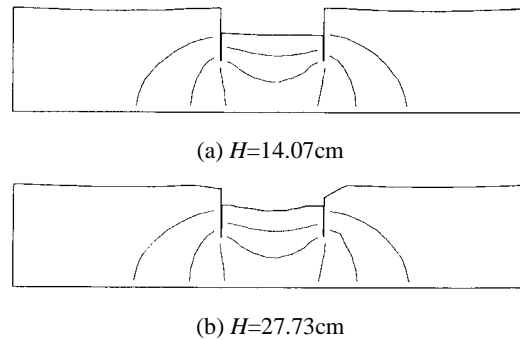


Fig.2 水頭差の増加に伴う地盤形状と等ポテンシャル線分布の変化 (E0207)

(2) 地盤の均質性 Fig.2(a)は低水頭差段階(理論限界水頭差の約50%)における等ポテンシャル線分布を示す。Fig.2(a)から、等ポテンシャル線分布は左右対称であり、実験地盤は均質に作製されていると判断できる。

(3) 地盤の異方性（目視法） Fig.3(a)に、実験E0207について、実験と地盤を等方と仮定した場合のFEM解析による等ポテンシャル線分布を示す。実験による等ポテンシャル線分布の方が、上流側では外側に、下流側では内側にあることがわかる。これは実験地盤に透水係数の異方性があるためと考えられる。実験地盤は試料を何層かに分けて注入し締めて作るために、

地盤に異方性が生じたものと考えられる。ここでは、各実験地盤の異方性の値を目視法で求めた。この方法は、鉛直方向透水係数 k_x を固定し、水平方向透水係数 k_z を順次変えてゆき、得られた FEM 解析による等ポテンシャル線分布が実験によるものと最もよく一致するときの k_x/k_z を目視によって求めるというものである。Fig.3 (b) に、実験と目視法によって得られた異方透水性 ($k_x/k_z=1.160$) を考慮した場合の FEM 解析による等ポテンシャル線分布を示す。Fig.3 (b) から、両者の等ポテンシャル線分布はほぼ一致しており、実験地盤に異方透水性があることがわかる。

4. 実験結果の考察

(1) $H-Q_{15}$ 曲線と流量急増時水頭差 H_d の算定
Fig.4 に、実験 E0205 ($T \approx 40\text{cm}$, $d \approx 0\text{cm}$) について、 H と 15 °C 時の値に換算した流量 Q_{15} の関係を示す。Fig.4 から、 Q_{15} は H の増加につれて直線的に増加してゆき、変曲点(流量急増時水頭差 H_d) を境に急激に増加してゆくことがわかる。

(2) 変形開始時水頭差 H_y の算定 光波測定器及び超音波測定器を用いて実験中の地盤標高 Y を求め、 H と Y の関係を調べた。変形開始時水頭差は、左右それぞれの矢板において上流側 H_{yu} 及び下流側 H_{yd} に関して合計 4 つの値が求まるが、その中で最も小さな値で最初に変形が生じたと見なし変形開始時水頭差 H_y とした。 H_y の値は H_d と概ね一致していることがわかった。

(3) 変形開始時水頭差 H_y 及び破壊時水頭差 H_f
Fig.5 に掘削のない地盤に関して得られた矢板の根入れ比 D/T と H_y , H_f の関係(無次元化表示)を示す。Fig.5 には Prismatic failure の考え方¹⁾ による理論限界水頭差 H_{PF} の値を同時に示している。Fig.5 から、実験によって得られた変形開始時水頭差 H_y は Prismatic failure の考え方から求められた理論限界水頭差よりも幾分か小さくなっている。これについては、今後、詳細な解析と考察を行ってゆく予定である。

5. 結論

二次元集中流地盤の浸透破壊問題に関して、上下流の地盤高を変えた種々のケースについて実験を行った。そして、水頭差の増加に伴う地盤形状及び等ポテンシャル線分布の変化、流

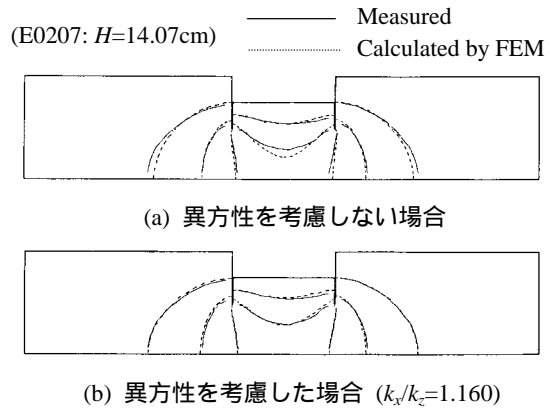


Fig.3 等ポテンシャル線分布の比較 (E0207)

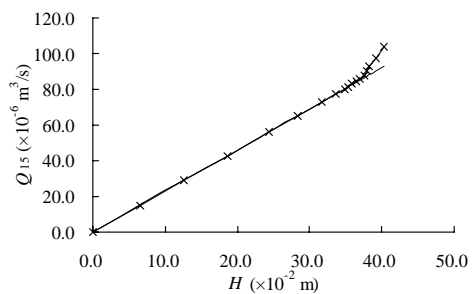


Fig.4 $H-Q_{15}$ 曲線 (E0205)

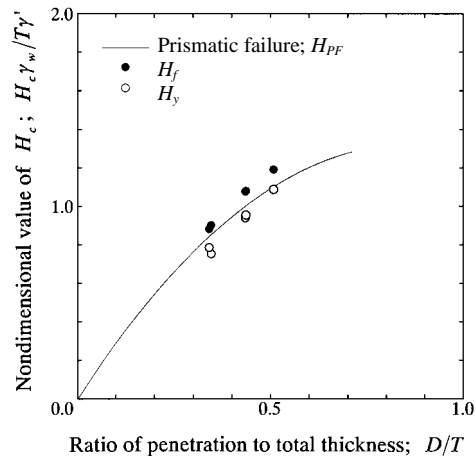


Fig.5 D/T と H_y , H_f の関係 (掘削なし: 無次元化表示)

量急増時水頭差、変形開始時水頭差について考察を行い次の結論を得た: (1) 実験地盤はほぼ均質に作製されている。(2) 地盤には異方透水性がある。(3) 変形開始時水頭差 H_y の値は流量急増時水頭差 H_d と概ね一致している。(4) 変形開始時水頭差 H_y は Prismatic failure の考え方による理論限界水頭差 H_{PF} よりも幾分か小さい。

参考文献

1) 田中 勉: 上昇浸透流を受ける矢板背後地盤の浸透破壊 - Prismatic failure の概念と解析結果 -, 農土論集, 第 186 号, pp.77-87, 1996.