

小型二次元地盤の浸透破壊実験—破壊メカニズムの解明に向けて— Seepage failure experiments on sand in a 2D half model —The mechanism and practical approach to analyze—

○参鍋漱祐・田中 勉・館村 立・井上一哉

Sannabe Sosuke, Tanaka Tsutomu, Tachimura Ritsu and Inoue Kazuya

1. 序論

地下水位の高い地点における締切り工事では地盤の浸透破壊が問題となる。浸透破壊現象には、いまだ未解明な点が残されている。本研究では、小型二次元浸透破壊実験装置を試作し、実際に実験を実施し考察を行う。大型二次元地盤の浸透破壊実験結果¹⁾を用いた限界水頭差 H_c に関するスケール効果の解明とともに、押えフィルターの効果、層状地盤の浸透破壊特性などの解明を目的とする。ここでは、各種限界水頭差の解析、スケール効果(無次元化の可能性)の解明と考察を行う。

2. 小型二次元地盤の浸透破壊実験

実験装置の概略図を Fig.1 に示す。実験水槽本体は幅 800 mm, 奥行き 200 mm, 高さ 800 mm の直方体型の前面アクリル張りステンレス水槽である。矢板は、中心にあり厚さ $t = 3$ mm である。両側に幅 150 mm の補助水槽がある。実験水槽本体の背面にはピエゾメータ孔が 322 個設置されている。図において、 T_1, T は上下流地盤層厚、 D_1, D は矢板の上下流根入れ深さ、 d は掘削深さを表す。実験では、均一な細砂(琵琶湖砂 3: 比重 $G_s=2.67$, 均等係数 $U_c=1.40$, 最大間隙比 $e_{max}=1.12$, 最小間隙比 $e_{min}=0.761$)を用いた。ここでは、条件を変えた 11 種類の実験 E0401~E0411 を行った。

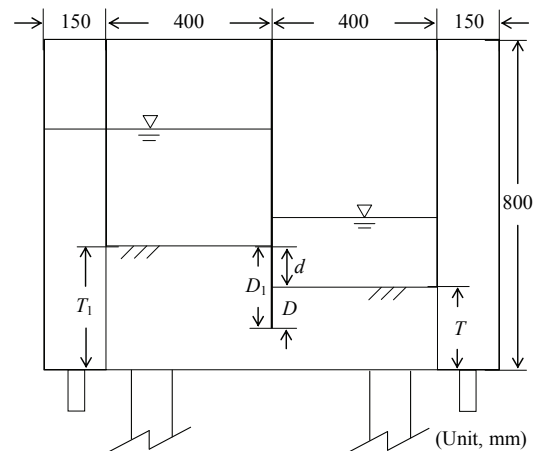


Fig.1 小型二次元浸透破壊実験装置

3. Prismatic failure concept

地盤の安定解析には Prismatic failure concept²⁾を用いた。矢板に接したプリズムを考え、その深さや幅、奥行きを変化させてゆき、地盤の浸透破壊に対する安定解析を行うものである。ある一つのプリズムについてみたとき、水中重量及び側面摩擦力が下からの過剰間隙水圧の合力に抵抗すると考える。プリズムの上昇破壊に対する安全率 F_s は次式で求められる。

$$F_s = \frac{W' + F_L + F_R}{U_e} \quad (1)$$

ここに、 W' はプリズムの水中重量、 F_L, F_R はプリズムの左右の面に作用する摩擦力、 U_e は底面に作用する過剰間隙水圧の合力である。水頭差 H を増加していったとき、すべてのプリズムについて求めた F_s の最小値が初めて 1.0 となる時の水頭差 $H=H_{PF}$ を理論限界水頭差と定義する。

4. 小型二次元地盤の浸透破壊実験と考察

(1) $H-Q_{15}$ 曲線 Fig.2 に、実験 E0408 について、水頭差 H と 15°C 時の値に換算した流量 Q_{15} の関係を示す。流量 Q_{15} は、 H の増加とともに最初直線的に増加していくが、 H がある値になると急激に増加する。ここに、 H_d を流量急増時水頭差と定義する。Fig.2 には、直線関係の部分の近似直線を同時に示している。さらに水頭差を上げていくと、地盤は最終的に破壊する。この時の水頭差 H_f を破

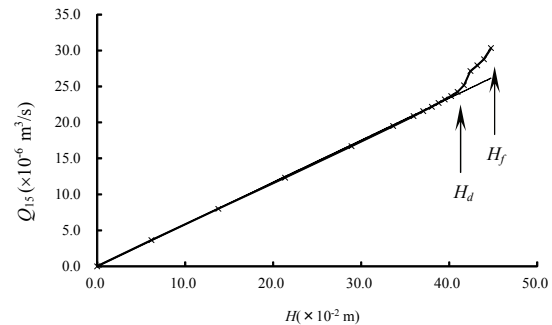


Fig.2 $H-Q_{15}$ 曲線

壊時水頭差と定義する。

(2) **地盤形状の変化** 水位差 H と地盤表面高 Y の関係を Fig.3 に示す。 H が増加してゆくと、地盤表面高は最初変化しないが、ある値 H_y を過ぎると上流側で沈下、下流側で隆起する。このときの H_y を変形開始時水頭差と定義する。 H_y は上下流で求まるが小さい方の値を用いる。また、 $H_y = H_d$ の関係があり、流量急増と地盤形状変化の現象は連動していると考えられる。

(3) **理論限界水頭差 H_{PF}** Prismatic failure concept による理論限界水頭差 H_{PF} について考える。矢板の根入れ比 D/T と各種限界水頭差を無次元化表示した $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係(掘削なし地盤の場合)を Fig.4 に示す。ここに、 γ_w は水の単位体積重量、 γ' は地盤の水中単位体積重量である。Fig.4 において、○印は変形開始時水頭差 H_y 、×印は破壊時水頭差 H_f 、実線は理論曲線($k_h/k_v = 1.2$ の場合)を表す。ここに、 k_h/k_v は異方透水性の値である。 H_{PF} と H_y はよく一致していることがわかる。

(4) **浸透破壊における余裕($H_f - H_y$)** 地盤の変形から破壊に至るまでには余裕($H_f - H_y$)があり、掘削なし地盤について、平均して $(H_f - H_y)/H_y = 0.12$ となる。

(5) **スケール効果** 大型¹⁾と小型二次元浸透破壊実験結果について、 D/T と $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係を示すと Fig.5 となる。両者は同一の関係にあり、2つの実験にはスケールの影響がないこと、すなわち二次元浸透破壊現象の無次元が可能であることを示唆している。

5. 結論

小型二次元模型地盤の浸透破壊について理論的・実験的に考察を行い次の結論を得た。

(1) 流量 Q_{15} は、 H の増加とともに最初直線的に増加していくが、 H がある値 H_d (流量急増時水頭差) になると急激に増加する。そして、 H が H_f (破壊時水頭差) になると地盤は最終的に破壊する。

(2) H_y (変形開始時水頭差) は H_d とほぼ等しい。

(3) $H_y (=H_d)$ は、Prismatic failure concept による理論限界水頭差 H_{PF} とほぼ等しい。

(4) 地盤の変形から破壊に至るまでには余裕があり、掘削なし地盤について $(H_f - H_y)/H_y = 0.12$ である。

(5) 大型と小型二次元浸透破壊実験結果にはスケールの影響がない(無次元が可能である)。

参考文献

- 1) Tsutomu Tanaka and Arnold Verruijt (1999): Seepage failure of sand behind sheet piles -The mechanism and practical approach to analyze-, Soils and Foundations "Underground Construction in Soft Ground", Vol.39, No.3, pp.27-35, 1999.
- 2) 田中 勉 (1996): 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-, 農工土木学会論文集, 第 186 号, pp.969~979. 1996.12.25 (第 64 巻, 第 6 号)

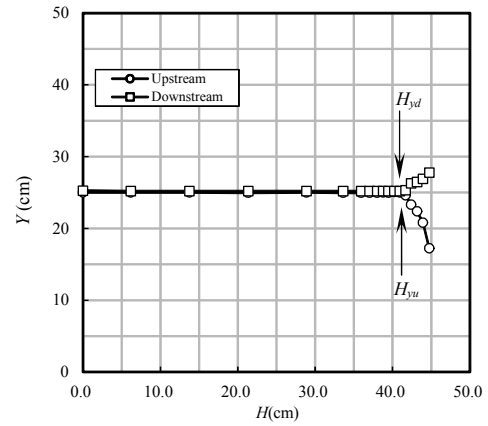


Fig.3 水位差 H と地盤表面高 Y の関係

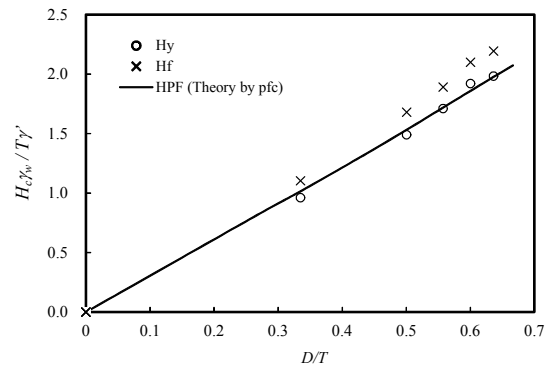


Fig.4 D/T と $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係

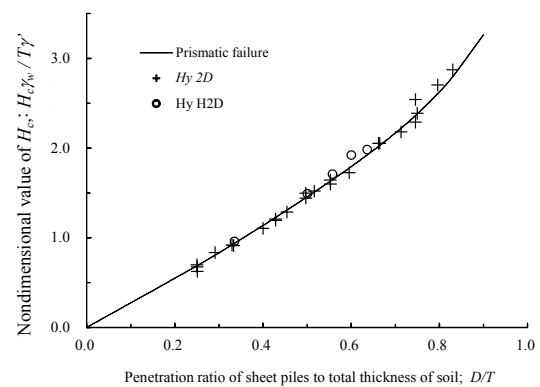


Fig.5 大型と小型二次元浸透破壊実験結果(D/T と $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係)