

流れの条件による地盤の浸透破壊安定性と実験的検討

Effects of flow conditions on seepage failure stability of soil and experimental findings

田中 勉・ファン ティ ハン チャン・石渡洋子・井上一哉
Tsutomu Tanaka, Pham Thi Hanh Tran, Yoko Ishiwata and Kazuya Inoue

1. 序論

地下水位の高い地点の締切り工事においては、地盤の浸透破壊が問題となる。Fig.1 に示すような単列矢板条件の場合には浸透流は二次元流(2Dflow)となり、Fig.2 に示すような複列矢板条件の場合には浸透流は両側から流れ込む状態となり二次元集中流(2DCflow)となる。二次元集中流の状態になると、地盤は二次元流の場合よりも浸透破壊に対する安定性が低下する。次に、複列矢板で奥行き方向の長さが短くなると三次元的な浸透流の集中がおこり、浸透破壊に対する安定性はさらに低下する。三次元的な浸透流はFig.3に示すような軸対称集中流(AXSCflow)に置き換えて考えられる。ここに、 T は地盤の層厚、 D は矢板の根入れ深さ、 D/T は矢板の根入れ比、 B は複列矢板の幅、 R は円筒壁の半径である。ここでは、締切り矢板による二次元流、二次元集中流、軸対称流条件の地盤の浸透破壊に対する安定性について考察を行う。

2. 浸透流の状況

ここでは、二次元流、二次元集中流及び軸対称流の条件で、 $T=20\text{m}$ 、 $D/T=0.5$ の場合について考える。Figs.4, 5 に、二次元流及び二次元集中流($B=20\text{m}$)における流線網、Fig.6 に軸対称流($R=10\text{m}$)における等ポテンシャル線分布を示す。Figs.4, 5, 6において、等ポテンシャル線は、地盤にかかる水頭差を8等分したものを示している。Figs.4, 5, 6 から、浸透流が、複列矢板内の地盤に両側から二次元的に集中し、円筒壁内の地盤にまわりから三次元的に集中している様子がわかる。ちなみに、Figs.4, 5, 6の場合、下流側地盤で消費される水頭は、上下流における水頭差 H に対して、二次元流の場合 $4/8$ 、二次元集中流の場合 $5/8$ 、軸対称流の場合 $6/8$ となる。また、複列矢板内及び円筒壁内の地盤における隣り合う 2 つの等ポテンシャル線がより等間隔になっている。これは、この部分の浸透流が鉛直方向に一次元

的になっていることを意味している。

3. 浸透破壊に対する安定性

Prismatic failure¹⁾の考え方をを用いて摩擦を考慮した場合の理論限界水頭差 H_c を計算した。ここでは、 $T-D=10\text{m}$ 、 $B/2=R=10\text{m}$ の条件で $D=2, 4, \dots, 20\text{m}$ の場合について考える。矢板の根入れ比 D/T

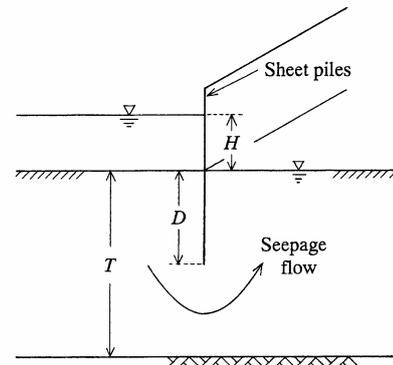


Fig.1 二次元流 (2Dflow)

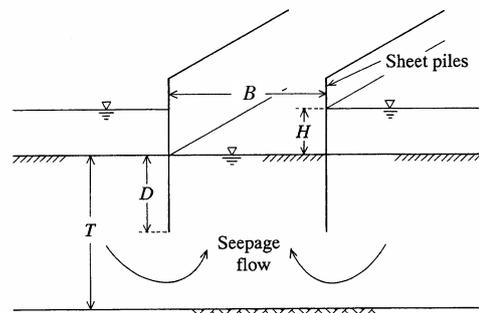


Fig.2 二次元集中流 (2DCflow)

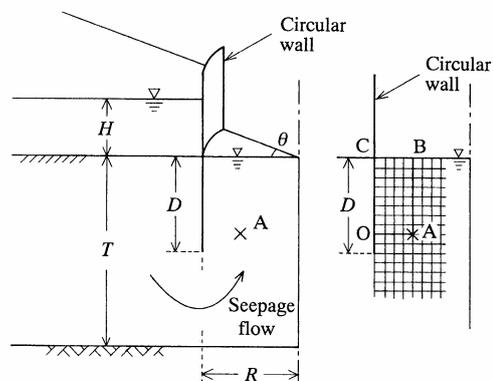


Fig.3 軸対称集中流 (AXSCflow)

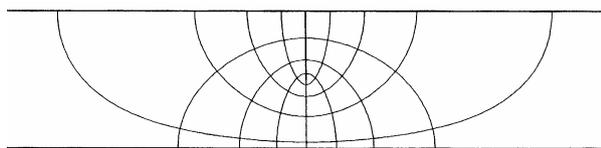


Fig.4 流線網 (2Dflow, $D/T=0.5$)

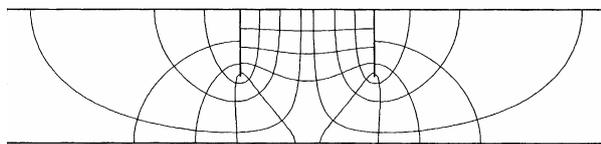


Fig.5 流線網 (2DCflow, $D/T=0.5, T-D=B/2$)



Fig.6 等ポテンシャル線図 (AXSflow, $D/T=0.5, T-D=R$)

と H_c の無次元量 $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係を二次元流、二次元集中流、軸対称流について示すと Fig.7 となる。ここで、水頭差 H が複列矢板内または円筒壁内の地盤ですべて消費されたと仮定した場合、すなわち、一次元仮定流(1Dflow assumed)の場合の理論限界水頭差は $H_c \gamma_w / T \gamma' = D/T$ と表される。Fig.7 には一次元仮定流の場合の関係も示している。Fig.7 から次の事柄がわかる。

- (1) $H_c \gamma_w / T \gamma'$ は、いずれの流れの条件の場合も D/T が大きくなるにつれて大きくなる。
- (2) $H_c \gamma_w / T \gamma'$ は同一の D/T に対して、(1Dflow assumed) < (AXSflow) < (2DCflow) < (2Dflow) となる。すなわち、AXSflow 及び 2DCflow は 1Dflow assumed と 2Dflow の 2 つの曲線の間が存在する。
- (3) $D/T=0.5, B=R=10\text{m}$ のときの H_c についてみると、 H_c (2DCflow) = $0.752H_c$ (2Dflow), H_c (AXSflow) = $0.692H_c$ (2DCflow) = $0.524H_c$ (2Dflow) となる。これは、二次元集中流を二次元流と仮定したり、軸対称流を二次元集中流または二次元流と仮定したりすることは、 H_c を過大評価することになり H_c の点から見て不合理であることを意味する。

4. 実験結果

Prismatic failure の考え方が正しいかどうかを検証するため、均一な細砂を用いて、二次元流²⁾、二次元集中流³⁾、軸対称流⁴⁾について浸透破壊実験を行った。ここでは、 $T-D=20\text{cm}$ 、 $B/2=R=20\text{cm}$ の条件で、 $D=7.5, 10, 15, 20, 25, 30\text{cm}$ の場合につ

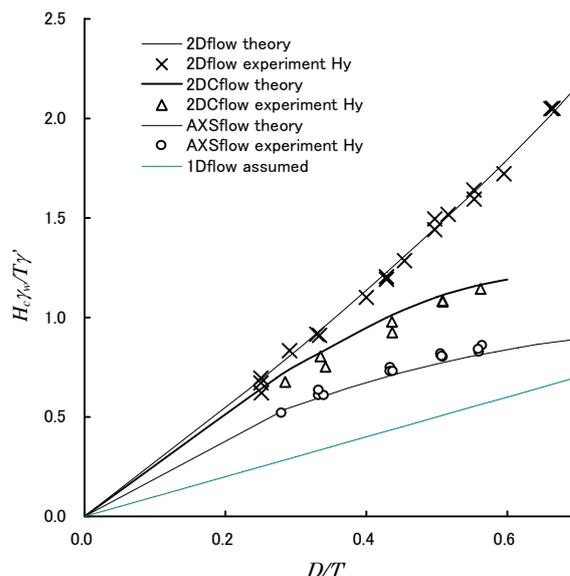


Fig.7 D/T と $H_c \gamma_w / T \gamma'$ の関係 (1Dflow assumed, 2Dflow, 2DCflow, AXSflow) ($D/T=0.5, T-D=B$)

いて実験を行った。実験結果を、Fig.7 に示している。解析地盤と実験地盤は、物理的な大きさが異なっているが、無次元化することによって幾何学的に同一の条件を表す。Fig.7 から、実験結果は解析結果とほぼ一致し、Prismatic failure の考え方の妥当性、また、流れ条件の浸透破壊安定性への影響が確認できる。

5. 結論

種々の流れ条件の地盤について、FEM 浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析、また、実験的検討を行い次の結論を得た。

- (1) $H_c \gamma_w / T \gamma'$ は、いずれの流れの条件の場合も D/T が大きくなるにつれて大きくなる。
- (2) $H_c \gamma_w / T \gamma'$ は同一の D/T に対して、(1Dflow assumed) < (AXSflow) < (2DCflow) < (2Dflow) となる。すなわち、AXSflow 及び 2DCflow は 1Dflow assumed と 2Dflow の 2 つの曲線の間が存在する。
- (3) 二次元集中流を二次元流と仮定したり、軸対称流を二次元集中流または二次元流と仮定したりすることは、 H_c を過大評価することになり、 H_c の点から見て不合理である。
- (4) 実験結果は解析結果とほぼ一致し、Prismatic failure の考え方の妥当性、流れ条件の浸透破壊安定性への影響が確認できる。

参考文献

- 1) 田中 勉：農土論集 186, pp.77~87, 1996.
- 2) 田中勉他：第 32 回地盤工学研究発表会, 1997.
- 3) 田中勉他：第 40 回地盤工学研究発表会, 2005.
- 4) 田中勉他：第 41 回地盤工学研究発表会, 2006.