

鋼矢板土留め壁掘削地盤における浸透破壊事例と解析

A case study on seepage failure of excavated bottom soil in a steel-sheet-pile-wall cofferdam

田中 勉・廣瀬 哲夫

Tsutomu Tanaka and Tetsuo Hirose

1. 序論

鋼矢板土留め壁掘削地盤における浸透破壊事例¹⁾について考察を行う。まず破壊事例の概要について述べ、基準類による浸透破壊安全率の考え方について述べる。次に実際に浸透流解析及び浸透破壊に対する安定解析を行い、浸透破壊安定性の評価方法の問題点について考察する。

2. 浸透破壊事例の概要と対策

まず、鋼矢板土留壁掘削地盤における浸透破壊事例の概要について述べる。掘削面の平面形状は長辺×短辺=21.21m×11.91mの長方形である。敷地を16.3m掘り下げて地下構造物を造ることになっていた。ある公団が発注し東京都に本社を置く中堅建設会社が施工を担当していた。

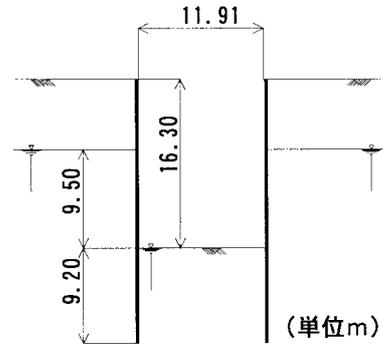
地表から床付け面までの地盤は、上から順に粘性土層、砂層、砂礫層からなる。鋼矢板を打設して敷地を囲み、鋼矢板内部の地盤を掘削によって下げる方法が採用された。地盤を床付け面の近くまで掘り下げた時点で掘削面にボイリングが発生した。このとき、掘削面は地表面より下方16.3m、外部の地下水位は掘削面より上方9.5mにあった。したがって、ボイリングが発生したときの内外水位差は9.5mとなる。Fig.1にボイリングが発生したときの鋼矢板土留め壁掘削地盤の概要図を示す。

施工を担当した建設会社は急きよ、ボイリング対策を実施し、ディープウェル工法で土留め壁背後の地盤の地下水位を下げた。

3. 基準類による浸透破壊安全率

(1) 公団基準による浸透破壊安全率 この工事で採用された公団基準では、地盤をFig.2に示すような二次元浸透流と考え Terzaghi の検討式が用いられている。浸透破壊安全率 F_s は、

$$F_s = \frac{\gamma' D}{U} = 1.549 - 1.937 > 1.5 \quad (1)$$



21.21m(長辺) × 11.91m(短辺)

Fig.1 鋼矢板土留め壁掘削地盤の概要図

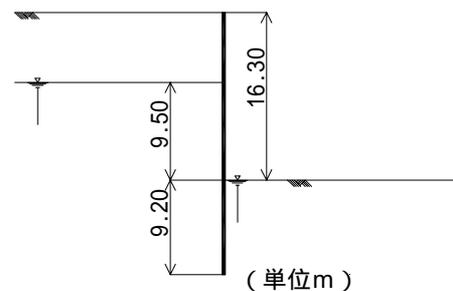


Fig.2 二次元浸透流の仮定

となる。ここに、 γ' は土の水中単位体積重量、 D ($=9.2\text{m}$)は矢板の根入れ深さ、 $U(=\gamma_w H/2=46.55 \text{ kN/m}^2)$ は平均過剰間隙水圧、 γ_w は水の単位体積重量、 $H(=9.5\text{m})$ は水位差である。(1)式において安全率の値は $\gamma'=7.84 \sim 9.80 \text{ kN/m}^3$ の値に対応している。この場合、安全率が1.5を上回り掘削地盤は十分安全であるという結果となる。実際には、三次元的な浸透流の集中が起こり安全率が低下したものと考えられる。

(2) 道路土工 - 仮設構造物工指針による浸透破壊安全率 1999年版の道路土工 - 仮設構造物工指針²⁾によると、浸透流の集中による安全率の低下が考慮できる。Terzaghiの考え方を基本とし、過剰間隙水圧 U の算定式に土留め形状に関する補正係数 λ が導入されている。詳しい計算は省略するが、基準にしたがって $U(=\lambda \times 1.57 \gamma_w H/4=68.1 \text{ kN/m}^2)$ として F_s を計算すると、

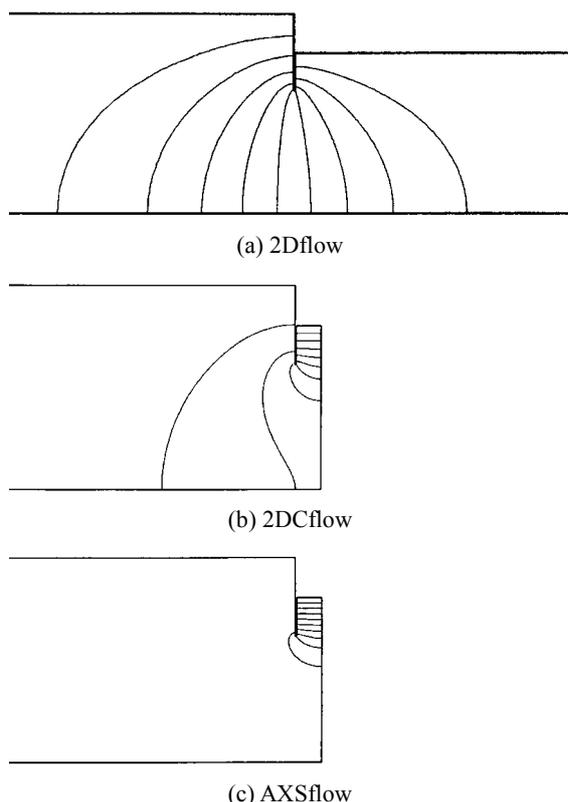


Fig.3 各流れ条件における等ポテンシャル線分布

$$F_s = \frac{\gamma' D}{U} = 1.059 - 1.324 < 1.5 \quad (2)$$

となり掘削地盤はボイリングに対して危険となる。浸透流の集中による矢板下端の過剰間隙水圧増加を考慮する必要があることを示している。

4. 各種流れの条件における浸透流と浸透破壊安全率

単列矢板の掘削地盤の場合には浸透流は二次元流(2Dflow)の状態となる。複列矢板内の地盤の場合には浸透流は二次元集中流の状態(2DCflow)となり、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³⁾。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(3Dflow)が起こり、浸透破壊に対する安定性はさらに低下する³⁾。三次元的な浸透流は軸対称集中流(AXSflow)に置き換えて考えることができる。問題の地盤は三次元的な浸透流の集中が起こり安全率が低下したものと考えられる。ここでは、問題の地盤を二次元流、二次元集中流、軸対称集中流の条件と考えた場合の解析を行った。軸対称流条件は長方形掘削面の短辺を直径とする円形掘削を考えた。地盤は粘性

Table 1 各流れ条件における限界水頭差と浸透破壊安全率

流れ条件	限界水頭差(m)	浸透破壊安全率
2Dflow	25.186 ~ 31.483	2.651 ~ 3.314
2DCflow	14.146 ~ 17.683	1.489 ~ 1.861
AXSflow	10.135 ~ 12.669	1.067 ~ 1.334

土層、砂層、砂礫層からなるが詳細はわからない。したがって、一層と仮定し、透水係数として主要地質と考えられる砂層の $k=1.0 \times 10^{-4} \text{m/s}$ を考えた。Fig.3 に各流れ条件における等ポテンシャル線分布を示す。Fig.3 において等ポテンシャル線は地盤にかかる水頭差を 10 等分したものを表している。Fig.3 から、二次元流、二次元集中流、軸対称流の順に浸透流が矢板内に集中してゆく様子わかる。浸透破壊に対する安全率を Prismatic failure の考え方をういて計算したものを Table 1 に示す。Table 1 から、二次元流、二次元集中流、軸対称流の順に、浸透破壊安全率が減少してゆくことがわかる。軸対称流条件における浸透破壊安全率は道路土工 - 仮設構造物土工指針による浸透破壊安全率とほぼ同じ値を示している。

5. 結論

鋼矢板土留め壁掘削地盤における浸透破壊事例について考察を行い次の結論を得た。(1) 地盤を二次元流と仮定すると浸透破壊に対して安全となる。(2) 掘削断面積に比べて掘削深さが大きい場合、浸透流の集中による安全率の低下が起こり危険となる。(3) 1999 年版の道路土工 - 仮設構造物土工指針によると、浸透流の集中による安全率の低下が考慮でき、掘削地盤はボイリングに対して危険となる。(4) 各種流れ条件の解析から、二次元流、二次元集中流、軸対称流の順に浸透流が矢板内により集中し、浸透破壊安全率が減少する。(5) 軸対称流条件における浸透破壊安全率は道路土工 - 仮設構造物土工指針によるものとほぼ同じ値を示した。

参考文献

- 1) 日経 B P 社：日経コンストラクション 2001.9.28., pp.37-38, 2001.
- 2) 日本道路協会編：道路土工 - 仮設構造物土工指針, 日本道路協会, pp.76 ~ 82, 1999.
- 3) 田中勉, 廣瀬哲夫：我が国における地盤の浸透破壊に対する基準と検討手法—安全施工限界水頭差の提案, 神戸大学自然科学研究科紀要, 23-B, pp.41-50, 2005.