

矢板締切り地盤における基準類算定式による浸透破壊安全率と上流側掘削残土の影響 Safety factors against seepage failure of soil and effect of upstream residual soil within a cofferdam

神戸大学大学院農学研究科 ○永井 茂・田中 勉・館村 立・齋藤 寛
Nagai Shigeru, Tanaka Tsutomu, Tachimura Ritsu and Saitoh Kan

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。また、地盤浸透破壊に関する基準類算定式では、上流側掘削残土が安全側の考慮から無視されることが多い。ここでは、上流側掘削残土が、基準類算定式による限界水頭差 H_c にどのような影響を与えるかについて考察する。ここでは、各種流れ条件：二次元流(2D flow)、二次元集中流(2DC flow)、軸対称流(AXS flow)、三次元流(3D flow)について考える。2DC flow (掘削あり地盤)の場合を Fig.1 に示す。Fig.1 において、 T_1 , T は上下流地盤層厚、 D_1 , D は上下流における矢板根入れ深さ、 B は複列矢板全幅、 d は掘削深さであり、上流側掘削残土の部分を表す。

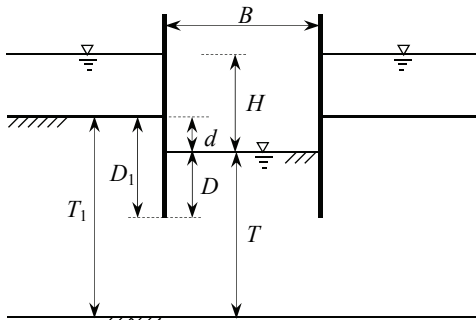


Fig.1 矢板締切り地盤の概念図
(二次元集中流, 掘削あり地盤)

2. 掘削あり地盤の限界水頭差 H_c 算定における安全率の考え方

- (1) 基準類算定式に含まれる安全率 F_s (Formula) 各種基準類においては、式を簡易化するとき安全側の考慮がなされ、算定式には1.0より大きな安全率 F_s (Formula)が含まれる。
- (2) 設計安全率 F_s (Design) 実際の施工は、安全のために設計安全率の設定の下に行われる。例えば、道路協会の基準(1999)²⁾によると、 F_s (Design)=1.2である。
- (3) 上流側掘削残土による安全率 F_s (Residual soil d) 掘削あり地盤において、上流側掘削残土によって生じる安全率である。

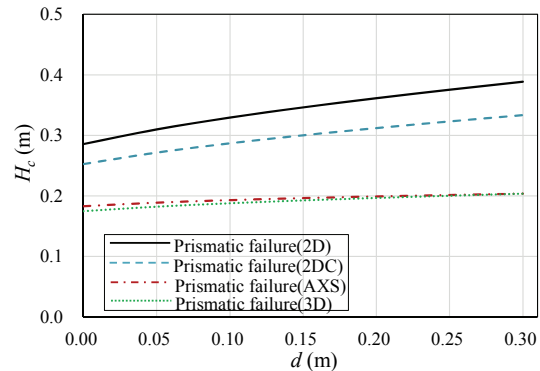


Fig.2 各流れの条件による H_c と d の関係
($D=0.1\text{m}$, $T-D=0.2\text{m}$, $d=0.0\sim 0.3\text{m}$, $B=2R=0.4\text{m}$, $W=0.8\text{m}$ の場合)

(4) 実質的な安全率 F_s (True) 「実質的な安全率 F_s (True)」は、掘削なし地盤の場合、「基準類算定式に含まれる安全率」と「設計安全率」を掛け合わせたものとなる。掘削あり地盤の場合、これに「上流側掘削残土による安全率」が掛け合わされ、 F_s (True) = F_s (Formula) \times F_s (Design) \times F_s (Residual soil d)となる。

3. 上流側掘削残土による安全率

上流側掘削残土の H_c に対する影響を考察するために、各種流れの条件における実験地盤 ($D=0.1\text{m}$, $T-D=0.2\text{m}$, $d=0.0\sim 0.3\text{m}$, $B=2R=0.4\text{m}$, $W=0.8\text{m}$)について H_c と d の関係を求めた(Fig.2)。ここに、 R は円筒壁半径、 W は3Dの場合の下流側長辺全幅である。 $d=0.0\sim 0.3\text{m}$ のとき、「上流側掘削残土の水頭損失を無視することによる安全率 F_s (Residual soil d)」は、 $d=0.0\text{m}$ に対して、2D flow では1.0~1.36¹⁾、2DC flow では1.0~1.32、AXS flow では1.0~1.11、3D flow では1.0~1.16となる。 d の H_c に対する効果は、2D が最も大きく、2DC, 3D, AXS と小さくなり、AXS と3D は概ね同等であるといえる。

4. 基準類算定式、実験結果、Prismatic failure concept (pfc)による限界水頭差 H_c の関係

ここでは、基準類算定式として Table 1¹⁾に示す4種類: Method (1)-1, (1)-2, (2)-1, (4)-1 について考える。2D-, 2DC-, AXS-, 3D flow の各種流れ

Table 1 基準類による H_c の算定式 (道路協会の方法)

ボーリングの検討

(1) Terzaghi の方法によるもの

(1)-1 法(1999)²⁾

$$H_c = 1.27\gamma'(2D)/\gamma_w$$

(1)-2 法(1987)⁴⁾

$$H_c = 1.0\gamma'(2D)/\gamma_w$$

(2) 限界動水勾配によるもの

(2)-1 法(1977)³⁾

$$H_c = (2D + d)\gamma'/\gamma_w$$

(2)-2 法

$$H_c = 2D\gamma'/\gamma_w$$

(4) Terzaghi の方法に詳細解析を加えたもの

(4)-1 法(1999)²⁾

$$H_c = 1/\lambda \cdot 1.27\gamma'(2D)/\gamma_w \quad (\lambda: \text{形状係数, 形状によって決まる})$$

条件について、実験結果、pfc、基準類算定式を用いて、限界水頭差 H_c を算出した。一例として、2DC flow(掘削あり)の場合について、 H_c の無次元化量 $H_c\gamma_w/T\gamma'$ と矢板の根入れ比 D/T の関係を Fig.3 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。なお、Method (2)-1 は Method (1)-2 と同一となる。また、 H_y は実験による変形開始時水頭差を表す。Fig.3 から、 H_y の値は pfc とよく一致しており、実験結果は pfc によって精度良く算定できることがわかる(2D-, AXS-, 3D flow の場合も同様である)。Fig.3 において、基準類算定式によるものと、実験結果(または pfc)によるものの差は、基準類算定式に含まれる安全率の大きさを表す。設計安全率を $F_s(\text{design})=1.2$ とした場合の、各流れの条件下における実質的安全率を Table 2 に示す。Table 2 から、基準類算定式は概ね合理的な結果を与えるものの、2DC-, AXS flow では Method (1)-1, (1)-2, (2)-1 で安全率が 1.0 を下回ることがあり、浸透破壊安定性に関して不合理となる可能性がある。Fig.4 は、2DC flow における、pfc 及び各基準類算定式による H_c と d の関係を示す。pfc が正しい値を与えるとすると、 d が大きいとき、Method (2)-1 を用いると安全率が 1.0 を下回り不合理な結果が得られること、上流側掘削残土を考慮していない Method(1)-2, (2)-1, (4)-1 では安全率が大きくなり不経済となる可能性があることがわかる。

5. 結論

矢板締切り地盤について、基準類で算出される地盤浸透破壊に対する限界水頭差を考察し、次の結論を得た。(1)「実質的な安全率 $F_s(\text{True})$ 」は、掘削なし地盤の場合、「基準類算定式に含まれる安全率」と「設計安全率」を掛け合わせた

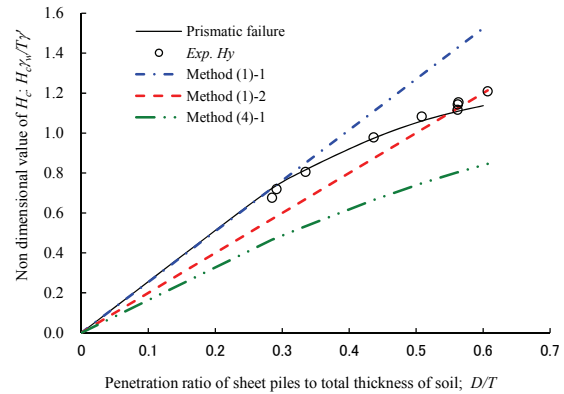


Fig.3 $H_c\gamma_w/T\gamma'$ と D/T の関係 (二次元集中流地盤・掘削なし)

Table 2 基準類算定式による実質的安全率

Method	2D flow	2DC flow	AXS flow
(1)-1	1.30-1.41	0.89-1.15	0.66-0.88
(1)-2, (2)-1	1.66-1.79	1.12-1.46	0.83-1.11
(4)-1	—	1.61-1.83	1.24-1.44

* F_s の値は、 $D/T=0.28-0.60$ の場合に対応している

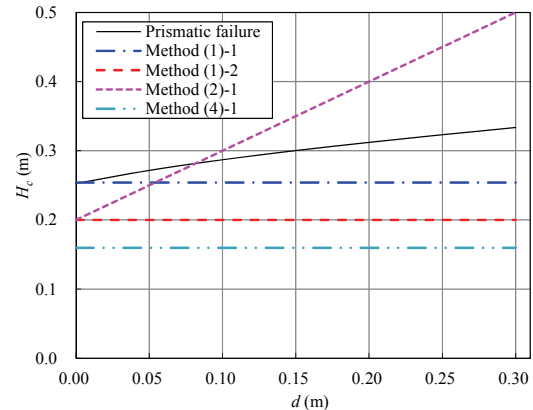


Fig.4 Prismatic failure concept と基準類算定式による H_c と d の関係(2DC flow) ($D=0.1\text{m}$, $T=D=0.2\text{m}$, $d=0.0\sim 0.3\text{m}$, $B=0.4\text{m}$ の場合)

ものとなる。掘削あり地盤の場合、これに「上流側掘削残土による安全率」が掛け合わされ、 $F_s(\text{True})=F_s(\text{Formula})\times F_s(\text{Design})\times F_s(\text{Residual soil } d)$ となる。(2)「上流側掘削残土による安全率」の大きさについて明らかにした。(3) 基準類算定式は概ね合理的な結果を与えるものの、地盤条件によっては浸透破壊安定性に関して不合理もしくは不経済となる可能性がある。

参考文献

- 1) 永井他(2014)：二次元単列矢板地盤における各種基準類による浸透破壊安全率の算定，第71回農業農村工学会京都支部研究発表会 5-03, pp158-159.
- 2) 日本道路協会編 (1999)：道路土工 - 仮設構造物工指針，日本道路協会, pp.76~82.
- 3) 日本道路協会編 (1977)：道路土工 - 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針，日本道路協会, pp.205~207.
- 4) 日本道路協会編 (1987)：道路土工 - 擁壁・カルバート・仮設構造物工指針，日本道路協会, pp.240~242.