

(III-103) 排水機能付矢板壁の液状化対策工法としての排水性能

住友金属工業(株) 正会員 ○岡本 政信 住友金属工業(株) 正会員 田中 宏征
小野田ケミコ(株) フェロー 古賀 泰之 東京理科大 フェロー 石原 研而
(前(財)先端建設技術センター)

1. はじめに

盛土や共同溝の液状化対策工法の一つに、排水機能付矢板壁による締切り工法がある。その排水性能の評価法としては既にタイスの式の重合わせによる簡便法があるが¹⁾、その適用範囲は明らかでない。そこで、ここでは新しいモデル化による評価法を考案するとともに、それに基づき排水効果の定量的評価を行った。

2. 排水現象の定式化

図1に排水機能付矢板壁による排水現象のモデル化を示す。モデル化にあたり、以下の仮定を設けた。

- ①排水部材は壁面鉛直方向に沿って等ピッチ配置。
- ②地盤を多層系とし各層での水の流れは水平(鉛直流無視)。
- ③地盤の水平面内での水の流れは壁面への平行流に近似。

2.1 地盤内流れの定式化

ドレーン工法の設計では圧密方程式を適用して地盤内流れを定式化しているが、それは結局次式で表される²⁾。

$$\partial \bar{u} / \partial \bar{t} = Tl \cdot \nabla^2 \bar{u} + G(\bar{u}) \text{ ----- (1)}$$

$$G(\bar{u}) = 1 / (\pi \alpha) \cdot \{\sin^2 \alpha^{-1} (\pi / 2 \cdot \bar{u}) \cdot \cos (\pi / 2 \cdot \bar{u})\}^{-1} \text{ --- (2)}$$

一つのドレーンへの流れの場合は極座標系が用いられるが、図1の平行流では直交座標系が適切であり、次式を得る。

$$\partial \bar{u} / \partial \bar{t} = Tl \cdot \partial^2 \bar{u} / \partial \bar{x}^2 + G(\bar{u}) \text{ ----- (3)}$$

式中の変数はすべて無次元化しており、以下の意味である。

$\bar{u} = u / \sigma'_{vo}$ 。=過剰間隙水圧/初期有効鉛直応力=過剰間隙水圧比、

$\bar{t} = t / t_d$ =時間/地震継続時間、 $\bar{x} = x / x_o$ =壁面からの距離/代表長さ、

$Tl = k \cdot t_i / (m_v \cdot \gamma_w \cdot x_o^2)$ =時間係数(ここでは $x_o = 5\text{cm}$)

k :透水係数、 m_v :体積圧縮係数、 γ_w :水の単位体積重量

t_i :初期液状化に要する時間、 $G(\bar{u})$: $\bar{u}$ の発生項(ここでは $\alpha = 0.7$)

2.2 排水部材内流れの定式化

図2に最下層地盤の出口1から出た水の流れを示す。水は排水部材表面sで縮流となり部材内dへ入る。その後、中空部材内で管路内流れとなり部材出口oから出る。流れの流線に着目してベルヌイの式を適用すると次の関係式を得る。

圧力水頭差 + 速度水頭差 = エネルギー損失

$$\therefore (u_1 / \gamma_w - u_o / \gamma_w) + \{ (A_{d1})^2 \cdot v_d^2 / (2g) - v_d^2 / (2g) \} = \{ \eta_s \cdot (A_{d1} / A_{s1})^2 + (f \cdot h / D_p) + \eta_o \} \cdot v_d^2 / (2g) \text{ ----- (4)}$$

$$\therefore u_1 / \gamma_w - u_o / \gamma_w = Rb \cdot v_d^2 / (2g) \text{ ----- (5)}, Rb = \eta_s \cdot (A_{d1} / A_{s1})^2 + (f \cdot h / D_p) + \eta_o + 1.0 - (A_{d1})^2 \text{ ----- (6)}$$

式(5)の右辺は排水部材の見掛けの排水抵抗と見なせる。ここに、各記号の意味は次の通りである。

Rb :排水抵抗係数、 η_s :縮流損失係数、 η_o :出口損失係数、 f :管路圧損係数、 h :管長、 D_p :管径、

v_d :管内流速、 $A_{d1} = A_d / A_1$ =部材断面積/ A_1 、 $A_{s1} = A_s / A_1$ =部材表面開口面積/ A_1 、 A_1 =部材受持ち壁面積

液状化/排水機能付矢板/排水性能

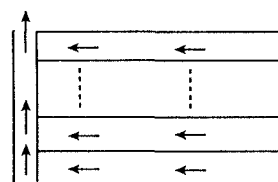


図1 排水現象のモデル化

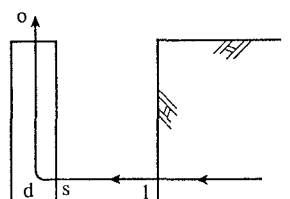
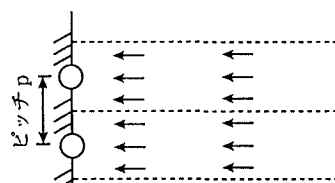
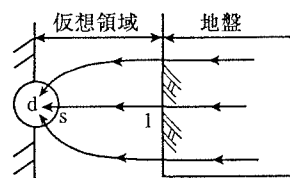


図2 排水部材内流れのモデル化



3. 排水効果の算定

地盤内流れの式(3)と排水部材内流れの式(5)を連成させれば過剰間隙水圧比分布が求まる。具体的には数値計算を適用することによりこれらは解ける。

3. 1 TIと排水効果

排水部材の排水抵抗が無視できる場合は、水圧比分布はTIで決まるが、その結果を図3に示す。ここで、排水効果の定量的評価指標を考える。排水効果としては定性的に次のようなものが考えられる。

- ①矢板壁面近傍での地盤の液状化抑制による地盤抵抗の保持。
 - ②矢板壁面に沿った液状化土のボイリング現象の抑止。
 - ③地震後の過剰間隙水圧の消散促進による構造物の変形抑止。
- ここでは、①のみの効果に着目した効果指標を考える。矢板壁近傍の液状化が抑制された土塊の地盤抵抗は底部のせん断抵抗力Sに関連づけられるものとする、それは次式で表される。

$$S = \sum s \cdot dx = \sum \tan \phi' \cdot \sigma'_{v0} \cdot dx = \sum \tan \phi' \cdot \sigma'_{v0} \cdot (1 - Ru) dx \\ = (\tan \phi' \cdot \sigma'_{v0}) \cdot D_0; D_0 = \sum (1 - Ru) dx, Ru = \bar{u} \quad \text{---- (7)}$$

S:土塊のせん断抵抗力、s:微小幅dxのせん断抵抗力
 ϕ' :内部摩擦角、 σ'_{v0} :土塊底部の有効鉛直応力

凡例としてTI=100の時、D₀は図3での斜線部の面積となる。これを等価排水距離とし、排水効果の指標とする。

3. 2 排水部材ピッチの影響と排水効果の補正

排水部材ピッチpが大きくなる場合、次の影響を順次考慮して図3の排水効果を補正する必要がある。

- ①部材1本当りの集水量増加により部材排水抵抗が無視できなくなる。これは式(5)により図1のモデルでも考慮可能である(平行流)。なお、液状化層厚は10mとする。
 - ②部材の離散配置による排水効果の低減領域が増加し平行流近似が成り立たなくなる(図4)。この影響はRb=0の条件で式(1)をxy平面で解けば求まる(理想的3次元流)。
 - ③上記①②の効果を相乗して排水効果を求める(3次元流)。
- ①②の排水効果の補正係数を β_1, β_2 とすると、ピッチpによる補正係数 β と排水効果Dは次式で表される。

$$D = \beta \cdot D_0 = (\beta_2 \cdot \beta_1) \cdot D_0 \quad \text{----- (8)}$$

上記①②③の排水効果を図5に、また式(8)の β の値を図6に示す。TIが小さい範囲ではピッチpの影響は大きい、TIが大きくなるとその影響は小さくなる。

4. おわりに

新しいモデル化による排水機能付矢板壁の排水性能の評価法を考案した。同時に、TIおよび部材ピッチと排水効果の関係を定量的に示した。今後は、本検討結果の妥当性を検証する予定である。

<参考文献>

- 1) (財)地震予知総合研究振興会：排水機能付鋼材を用いた液状化対策としての設計ガイドライン、1992. 3
- 2) 井合他：液状化対策としてのプラスチックドレーンの振動実験と解析、港湾技研資料No. 647、1989. 6

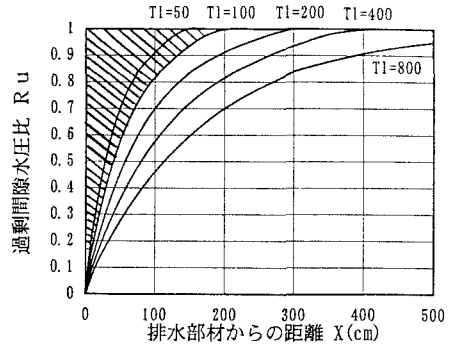


図3 過剰間隙水圧比分布(部材抵抗無視)

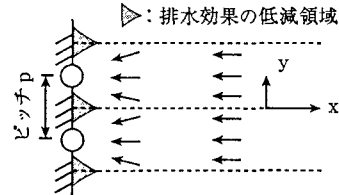


図4 排水部材の離散配置の影響

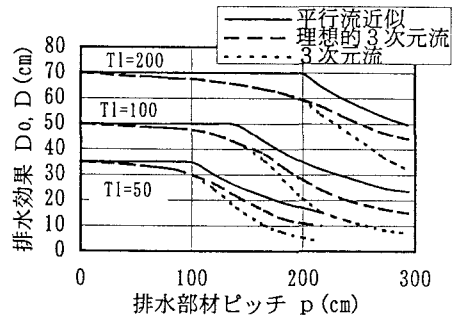


図5 部材ピッチによる排水効果への影響

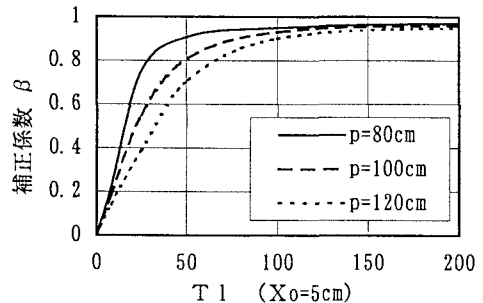


図6 部材ピッチによる排水効果の補正