

III-438 板状ドレーンの液状化防止効果に関する3次元有限要素解析

○五洋建設(株) 正員 三藤 正明
同上 正員 梶谷 卓美
同上 藤原 敏光

1. はじめに

板状ドレーンの液状化防止効果に関する小型振動台を用いた模型振動実験結果および数値解析結果に関しては既に発表した¹⁾。前報で示した数値解析では、板状ドレーンの透水性は無限大であると仮定し1次元モデルで解析した。すなわち、ドレーンの排水の遅れを考慮していなかった。そこで、板状ドレーンの排水の遅れを考慮した解析を行なうため、新たに3次元有限要素を用いたプログラムを開発した。本報告では板状ドレーンの排水の遅れを考慮した解析結果ならびに実験結果について説明する。

2. 基礎方程式

解析方法は seedらがグラベルドレーンの排水効果に関する解析で用いた基礎方程式を3次元に拡張したものである。すなわち、図-1に示す砂質地盤での間隙水圧 u に関する支配方程式は(1)で表される。また、 $\partial u_g / \partial t$ は De Albaらによって(2)、(3)式で示す関数で与えられている。

$$\frac{k_s}{\gamma_w} \left\{ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right\} = m_v \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial u_g}{\partial t} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u_g}{\partial t} = \frac{\sigma_0}{\alpha \pi N_L} \left[\sin \left[\frac{2\pi U}{2\sigma'_0} \right] \cos \left[\frac{\pi U}{2\sigma'_0} \right] \right]^{-1} \frac{N_{eq}}{t_d} \quad (t \leq t_d) \quad (2)$$

$$\frac{\partial u_g}{\partial t} = 0 \quad (t > t_d) \quad (3)$$

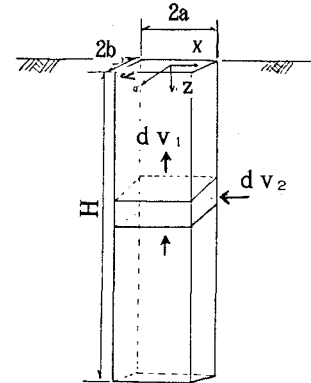


図-1 3次元解析モデル

ここで、 u : 間隙水圧、 u_g : 過剰間隙水圧、 k : 透水係数、 m_v : 体積圧縮係数、 γ_w : 水の単位体積重量、 N_L : 非排水状態での間隙水圧比が1に達するまでの回数、 N_{eq} : 等価繰返し回数、 t_d : 地震動有効継続時間、 α : 実験定数、 σ'_0 : 初期有効上載圧である。数値解析では、時間的にはクラーク・ニコルソン法による差分法を用い、空間的には重み付き残差法を用いて離散化した。

3. 数値解析結果の考察

板状ドレーンは断面形状を考慮するために3次元モデルとした。一方、排水効果を比較するために解析した円形ドレーンは軸対称モデルとした。解析に用いた入力定数を表-1に示す。表からも理解されるように、実地盤を想定したモデルになっている。ドレーンは過剰間隙水圧は発生しないものとし、透水係数 $k_d = 2.6 \text{ m/sec}$ とした。この値は板状ドレーンの透水試験結果より得られた最小の透水係数である。

板状ドレーンの断面方向の違いによる排水効果につい

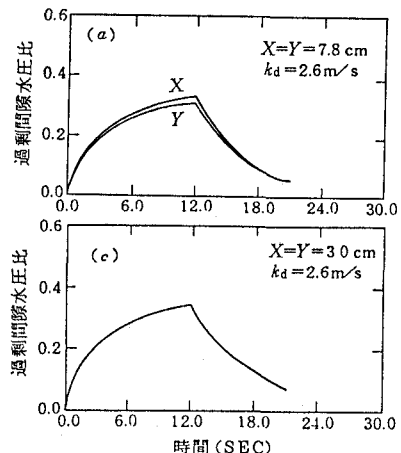


図-2 過剰間隙水圧比の比較

て検討する。深度8 mでドレーン中心からX方向とY方向に等距離での過剰間隙水圧比を比較したものを図-2に示す。この解析結果より、ドレーン近傍においては過剰間隙水圧比にわずかの差が見られるが、有効集水円の半径に等しい位置ではほぼ同じ値になっていることがわかる。

板状ドレーンと円形ドレーンの排水効果を比較検討したのが図-3である。ウェルレジスタンス係数Rをパラメーターにして、砂層部における過剰間隙水圧比の最大値をドレーン中心からの距離に対してプロットしたものである。ここで、円形ドレーンは板状ドレーンと同面積を有する円とした。この図から理解されるように、板状ドレーンと円形ドレーンの解析結果は良好に一致していることがわかる。これより、この板状ドレーンは断面積が等価な円と同等の排水効果を有することが解析的にわかった。この結論を実験的に確かめたのが図-4である。実験では断面積が等価な板状ドレーンと円形ドレーンを50 cm、75 cmピッチで配置した。図はドレーン中心からの距離に対する過剰間隙水圧の最大値をプロットしたものだが、ピッチが同じであれば両者は良く一致している。これより、この板状ドレーンは断面積が等価な円形ドレーンとほぼ同等の排水効果を有している。

4. まとめ

板状ドレーンの液状化防止効果を検討するために3次元有限要素を用いて解析を行った。その結果、有効集水半径の位置では断面方向の違いによる排水効果の差はなかった。また、ここで用いた板状ドレーンは断面積が等価な円形ドレーンと同等の排水効果があるという解析結果が得られた。この解析結果は実験的にも確かめられた。

5. 謝辞

本研究に関しては、運輸省港湾技術研究所の井合進室長からご指導を戴きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 三藤正明、藤原敏光、梶谷卓美、板状ドレーンの液状化防止効果に関する模型振動実験と解析、土木学会第43回年次学術講演会、昭和63年10月
- 2) 井合進、梶谷卓美、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、vol.647、1989
- 3) 三藤正明、藤原敏光、梶谷卓美、吉村賢、液状化対策工法に関する研究（その5）ーグリッドドレーンを用いた大型模型実験と解析ー、五洋建設技術研究所年報、vol.18、1989

表-1 解析条件

$k_s = 1.0 \times 10^{-2}$	cm/s
$m_v = 1.125 \times 10^{-2}$	cm ² /kgf
$\gamma_w = 1.03 \times 10^{-3}$	kgf/cm ³
$N_{eq}/N_L = 1$	
$t_d = 12$	秒
$h = 1,400$	cm
$b = 30$	cm (有効集水半径)
・ 円形ドレーンの場合	
$a = 2.5$	cm (ドレーンの半径)
・ 矩形ドレーンの場合	
$2d_1 = 15.5$	cm (長辺の長さ)
$2d_2 = 1.26$	cm (短辺の長さ)

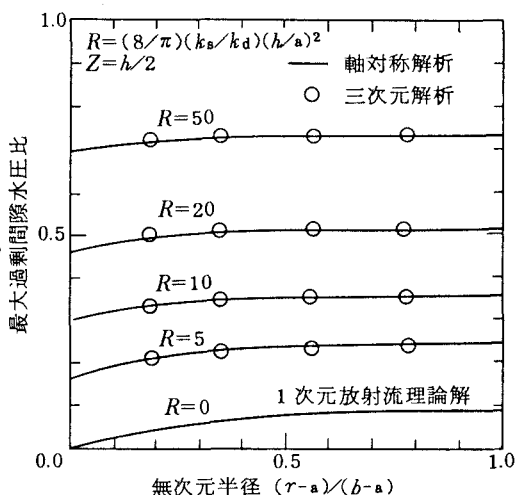


図-3 最大間隙水圧比の比較

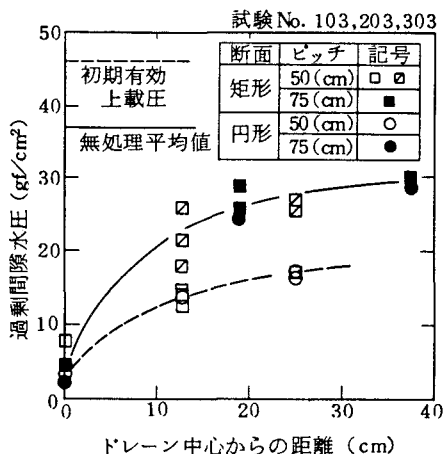


図-4 最大過剰間隙水圧の比較
(入力加速度90gal)