

III-196

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

○五洋建設 正員 三藤 正明
 同上 藤原 敏光
 同上 正員 梶谷 卓美

1. まえがき

液状化対策工法には種々の工法が提案されている。これら各種工法のなかに、地盤内に発生する間隙水を急速に消散させる排水工法があり、グラベルドレーン工法が広く知られている。本報告では、液状化対策として板状ドレーンを用い、これに関する模型振動実験と解析結果について説明する。なお、ここで使用した板状ドレーンは、軟弱地盤の圧密促進に用いられる板状ドレーンの内空断面を拡大したものである。

2. 基礎方程式

グラベルドレーンの設計図表の1つに、Seedらの図表がある。これは、グラベルの透水性は無限であると仮定し、一次元放射流理論に基づいてもとめている。

彼らの方法を平面問題に適用できるよう拡張し、板状ドレーンに関する実験結果のシミュレーションを試みた。図-1に示す砂地盤での間隙水圧 u に関する支配方程式は(1)式で表される。また、 $\partial u_g / \partial t$ は、De Alba²⁾らによって(2)、(3)式で示す関数で与えられている。

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

$$\frac{\partial u_g}{\partial t} = \frac{\partial u_g}{\partial N} \cdot \frac{\partial N}{\partial t} - \frac{\sigma_v'}{\alpha N t} \left(\sin^{2\alpha-1} \left[\frac{\pi}{2} \frac{u}{\sigma_v'} \right] \cos \left[\frac{\pi}{2} \frac{u}{\sigma_v'} \right] \right)^{-1} \frac{N}{t_d} \quad (2)$$

($t \leq t_d$)

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

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 ：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_v' ：初期有効上載圧である。解析方法としては、時間的にはクランク・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. 模型振動実験と解析

図-2に模型振動実験に用いたせん断リング土槽を示す。加振は土槽底盤に連結したアクチュエータを油圧サーボによって稼動させた。実験に用いた試料は豊浦標準砂で、水中沈下法により所定の密度の飽和供試体を作成した。なお入力加速度波形は、周波数6 Hzの正弦波20波である。計測器は、深度60cm

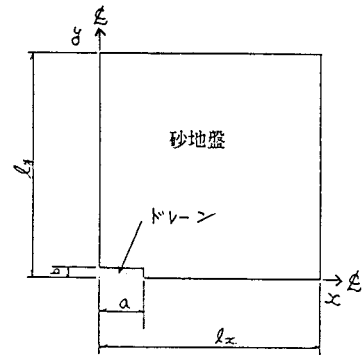


図-1 平面解析モデル

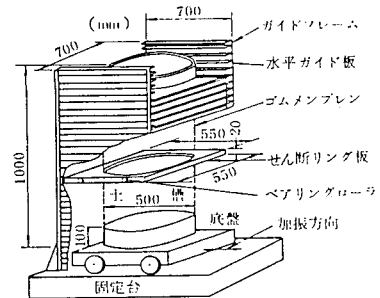


図-2 せん断リング土槽

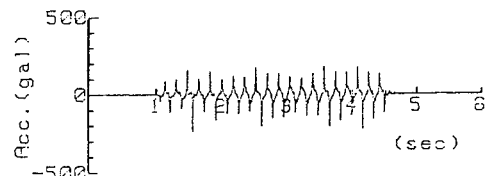


図-3 入力加速度波形

にドレーン中心から5cmピッチで間隙水圧計を配置し、距離による排水の遅れを測定した。

解析は相対密度が45%のもとで行われた実験結果を用いた。入力データとしては、砂の透水係数 $k = 2.56 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ 、体積圧縮係数 $m_v = 0.03 \text{ cm}^2/\text{kgf}$ 、 $t_d = 3.3 \text{ sec}$ である。また、 $N_l = 10$ 、 $N_{eq} = 20$ とした。これは、板状ドレーンがない場合の実験結果を参考に決めた。

図-3に入力加速度波形を示す。間隙水圧比の時刻歴に関する実験結果と解析結果の比較を図-4に示す。これらの値は、ドレーン中心から35cm離れた位置で求めたものである。図中、実線が実験結果、破線が先に説明した解析方法を用いて求めた結果である。初期の上昇過程および入力加速度の終了後の消散過程は良い対応を示している。しかしながら、初期上昇後から入力加速度の終了時刻までの応答波形はかなり異なっている。この原因としては、図-3の入力加速度波形からも理解されるように、必ずしも正弦波形を示していないことから考えられる。

ドレーン中心からの距離に関する最大間隙水圧比の実験結果と解析結果を図-5に示す。ドレーン付近では実験結果の方が解析結果より高めの値を示しているが、ドレーンから離れると両者の関係は逆転している。しかしながら、全体的に見れば比較的良好一致が見られる。

先に説明した解析方法を基に設計に供するための図表を作成した。図-6にドレーンを正方形配置する場合の設計図表を示す。図中の無次元パラメータ $T_d = k \cdot t_d / \gamma_w \cdot m_v \cdot a^2$ であり、ここで、 a はドレーン材断面の長辺方向の長さの半分である。設計図表は、 $a = 7.7 \text{ cm}$ として求めた。最大平均間隙水圧比は面積による重み付けをして求めた。

4. まとめ

液状化対策としての板状ドレーン材に関する模型振動実験と解析を行なった。その結果、実験結果と解析結果は全体的に見れば比較的良好に対応することがわかった。今後は、ここで示した設計図表の実現象への適用性をより詳細に検討する予定である。

（参考文献）

- 1) Seed, H.B., et.al, Stabilization of Potentially liquefiable Sand Deposits Using Gravel Drains, ASCE, Vol.103, 1977.
- 2) De Alba, P., et.al Sand Liquefaction in Large-Scale Sample Shear Test, ASCE, GT7, 1976.

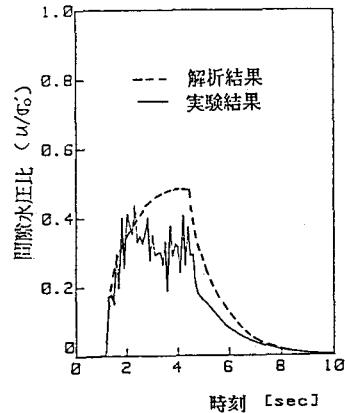


図-4 間隙水圧比の時刻歴の比較

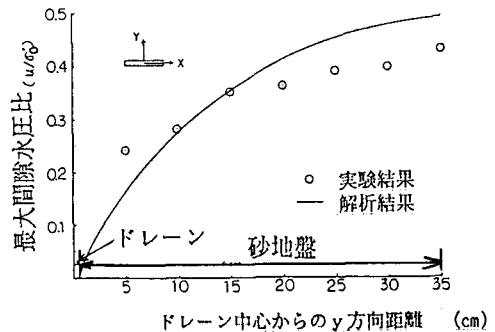


図-5 最大間隙水圧比の実験結果と解析結果の比較

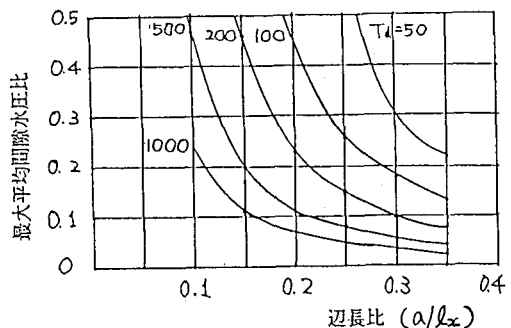


図-6 設計図表 ($N_{eq}/N_e = 3$)