

埋設管路の液状化対策としてのグラベルドレーンの効果  
に関するシミュレーション

金沢大学大学院 学生員 ○北島 孝  
金沢大学工学部 正員 北浦 勝  
金沢大学工学部 正員 宮島昌克

1. はじめに

地中埋設管の液状化被害対策として、その効果が期待されるものにグラベルドレーン工法がある。ここではこのグラベルドレーンを地中埋設管周辺のある限られた範囲に施工することを想定し、その効果について周辺地盤の過剰間隙水圧の消散促進効果の観点から検討を行った。以下、概略について述べる。

2. 基礎方程式とその解法、および地盤モデル

液状化砂中の2次元方向の透水方程式には次の式を用いた。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{m_v \gamma_w} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} \quad (1)$$

ただし  $u$  : 間隙水圧,  $m_v$  : 体積圧縮係数,  $\gamma_w$  : 水の単位体積重量,  $k_x, k_z$  : それぞれ水平方向と鉛直方向の透水係数である。この方程式をFig. 1に示すような要素群に対して次のように差分化した。

$$\begin{aligned} \Delta u = & \frac{\Delta t}{\alpha_1 (\alpha_2 m_v) \gamma_w} \left\{ \frac{(k_{i+1,j} - k_{i-1,j}) (u_{i+1,j} - u_{i-1,j})}{(l_{i-1,i} + l_{i,i+1})^2} \right. \\ & + \frac{2k_{i,j}}{l_{i-1,i} + l_{i,i+1}} \left( \frac{u_{i+1,j} - u_{i,j}}{l_{i,i+1}} - \frac{u_{i,j} - u_{i-1,j}}{l_{i-1,i}} \right) \\ & + \frac{(k_{i,j+1} - k_{i,j-1}) (u_{i,j+1} - u_{i,j-1})}{(l_{j-1,j} + l_{j,j+1})^2} \\ & \left. + \frac{2k_{i,j}}{l_{j-1,j} + l_{j,j+1}} \left( \frac{u_{i,j+1} - u_{i,j}}{l_{j,j+1}} - \frac{u_{i,j} - u_{i,j-1}}{l_{j-1,j}} \right) \right\} \quad (2) \end{aligned}$$

$\Delta u$  は  $\Delta t$  時間中の過剰間隙水圧消散量である。なお  $\alpha_1$  はシミュレーションモデルが①2次元で取り扱われていること、②過剰間隙水圧の消散に伴う地盤沈下による透水距離の変化を考慮していないことなどに対する補正係数、 $\alpha_2$  は過剰間隙水圧の上昇に伴う  $m_v$  の変化を表す係数であり、これらの係数および用いた諸定数はTable 1のように決定した。ここで  $\alpha_3$  はグラベルドレーンの目詰まりによる透水係数の低下を考慮した補正係数である。さらに地盤モデルはFig. 2のように想定した。図中の過剰間隙水圧比は初期条件であり、すなわち本解析は地盤が完全液状化した後の消散のみに注目している。表層部付近は一般に液状化抵抗が大きいと言われているので、最初は液状化していないことを考慮した。またグラベルドレーンは、Fig. 2に示す

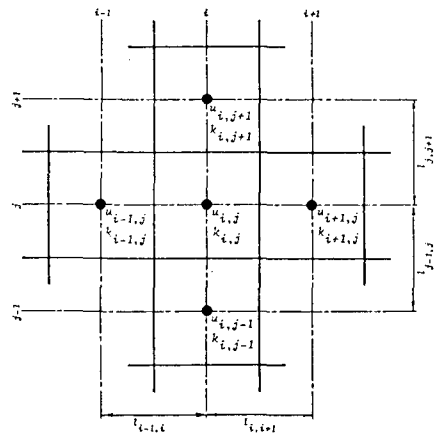


Fig.1 Finite Different Grid.

Table 1 Constants and Coefficients Used in This Simulation.

$\Delta t$	0.001 (sec)	
$m_v$	sand	0.027 (cm <sup>3</sup> /kgf)
	gravel	0.075 (cm <sup>3</sup> /kgf)
$\gamma_w$	0.001 (kgf/cm <sup>3</sup> )	
$k$	sand	$1.92 \times 10^{-2} \times \alpha_3$ (cm/sec)
	gravel	$8.24 \times \alpha_3$ (cm/sec)
$\alpha_1$	1.0	
$\alpha_2$	$\exp \{ 4.5 (u'/\sigma'_v - 0.5) \}$ (for $u'/\sigma'_v \geq 0.5$ )	
	1.0 (for $u'/\sigma'_v < 0.5$ )	
$\alpha_3$	sand	1.0
	gravel	0.7

ものをStandard Type とし、他に深さを変えずに幅を60cm広くしたもの(Wide Type) や幅を変えずに深さを60cm 深くしたもの(Deep Type) をシミュレートした。

3. シミュレーション結果および考察

Fig. 3 に埋設管の位置する要素の過剰間隙水圧比の時刻歴変化を示す。この図で無対策の場合と対策を施した場合との比較により、本対策工の過剰間隙水圧消散促進効果が確認できるとともに、ドレーンの幅を拡張した場合と深さを拡張した場合とでは、深さを拡張した場合のほうが、一時的な上昇の程度は大きいもののその後はより低い値へと消散することがわかる。ここで、液状化砂中の管路の応答には管路直下の地盤の過剰間隙水圧比が大きく影響することから、管路直下のすべての要素の過剰間隙水圧比が0.4を下回るまでの時間 $T_d$ を、ドレーン深さ(A)の液状化砂層厚(B)に対する比との関係で示したのがFig. 4である。ここでの0.4は単に目安としての値であり、特に物理的な意味はない。これより $T_d$ は $A/B$ によって大きく変化し、それらの関係は非線形であることがわかる。今後、管路の応答解析と組み合わせることにより、被害対策として適切なドレーンの施工範囲を決定できる可能性があると期待される。

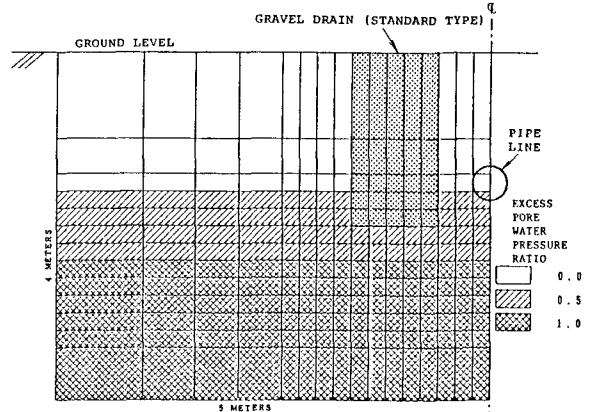


Fig. 2 Initial Condition of Excess Pore Water Pressure Ratio in the Model Sand Layers Used in This Simulation.

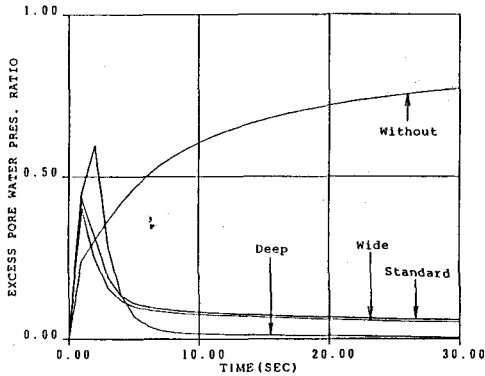


Fig. 3 Time History of Excess Pore Water Pressure Ratio in an Element on which the Pipeline is Located.

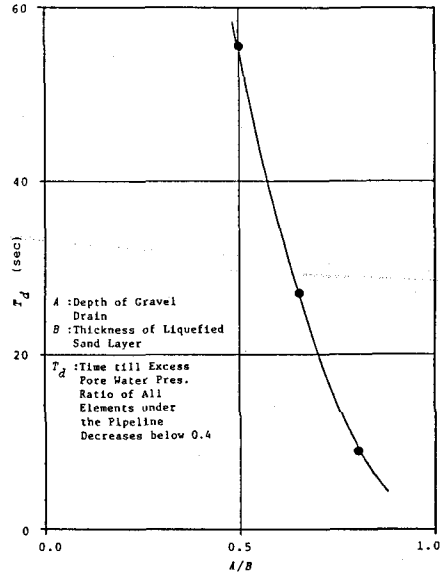


Fig. 4 Relationship between  $A/B$  and  $T_d$ .

4. おわりに

現在、このような対策工を施した場合の管路の応答シミュレーションも実行中であり、詳細は講演時に紹介する予定である。

参考文献 大野、伊藤、大北：砕石ドレーン工法の間隙水圧消散解析に用いる体積圧縮係数について、第18回土質工学研究発表会、昭和58年6月、他