

(株)鴻池組 正員 大北 康治  
同 上 正員 伊藤 克彦  
日本鋼管(株) 正員 大野 義郎

### 1. まえがき

地盤液状化対策として、振動や衝撃を利用した締固め工法が主流をしめている。しかし、振動・騒音が著しいため、市街地や既設構造物周辺の施工には問題があつた。そのため、周辺地盤に影響を与えずに低振動低騒音で施工できる砕石ドレーン工法が採用される例が増加している。砕石ドレーンの設計では、地震時の繰返しせん断により発生する間隙水圧の蓄積消散解析を行うが、ドレーン配置を仮定して繰返し計算を実行する必要がある。本報告では、液状化対策工法の経済比較や簡易設計に役立つように、パラメーターを変化させた解析結果から作製した設計ノモグラムを紹介する。

### 2. 解析方法

砕石ドレーンの打設地盤はドレーンを中心とした砂層の等価円柱の集合と考えることができる。過剰間隙水圧の消散を、水平方向の排水が支配的であると仮定すれば、砂層中の過剰間隙水圧  $U$  は次式の基本方程式によつて表わすことができる。

$$\frac{k_h}{m_v \rho_w G} \left( \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) = \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial U}{\partial N} \frac{\partial N}{\partial t} \quad (1)$$

ここに、 $m_v$ ：砂の体積圧縮係数、 $\rho_w G$ ：水の単位重量、 $k_h$ ：水平方向透水係数、 $r$ ：半径、 $t$ ：時間、 $N$ ：繰返し回数、 $\frac{\partial U}{\partial t}$ ：間隙水圧消散速度、 $\frac{\partial U}{\partial N}$ ：繰返しによる間隙水圧蓄積速度である。Seed らは上式を用いて、砕石ドレーン打設地盤の間隙水圧発生・消散解析プログラム L A R F<sup>1)</sup>を開発した。これを用いて解析結果をノモグラムにまとめた。(図-3(d))

また、等価円の半径  $b$  と砕石ドレーンの間隔  $d$  には、図-2に示すような関係があり、砕石ドレーンの半径  $a$  を  $0.2 \text{ m}$  とすれば、ドレーン半径比  $n = a/b$  とドレーン間隔  $d$  の間に次式で示す関係がある。(図-3(b))

$$\left. \begin{aligned} 0.2/n &= 0.564d && \text{正方形配置} \\ 0.2/n &= 0.525d && \text{正三角形配置} \end{aligned} \right\} \quad (2)_{a,b}$$

圧密係数  $C_v$  は、圧密沈下解析の場合と同じで、

$$C_v = \frac{k_h}{m_v \rho_w G} \quad (3)$$

の関係がある。(図-3(a))

地震の有効主要動継続時間と地震のマグニチュードの関係には、時松・吉見の研究<sup>2)</sup>がある。後述のノモグラムでは、この関係に従つて、有効主要動継続時間に対応する地震のマグニチュードを示している。しかし、大きなバラツキを含んでいるので、詳細設計をする場合には、再検討を要すると思われる。(図-3(c))

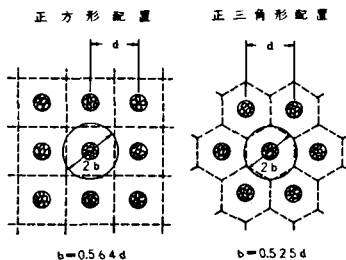


図-2 等価円の半径の説明図

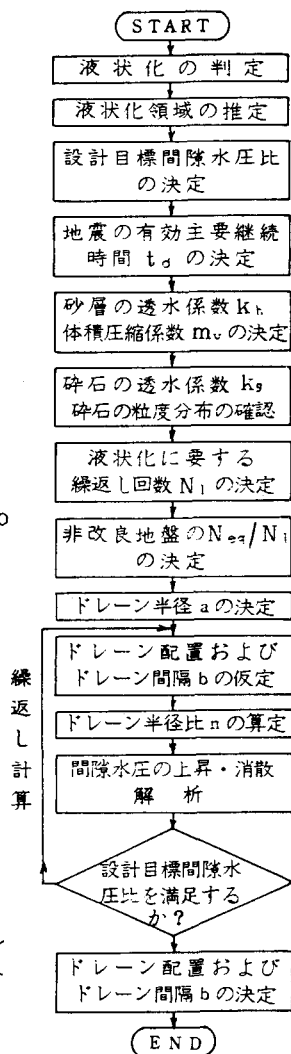


図-1 設計フローチャート

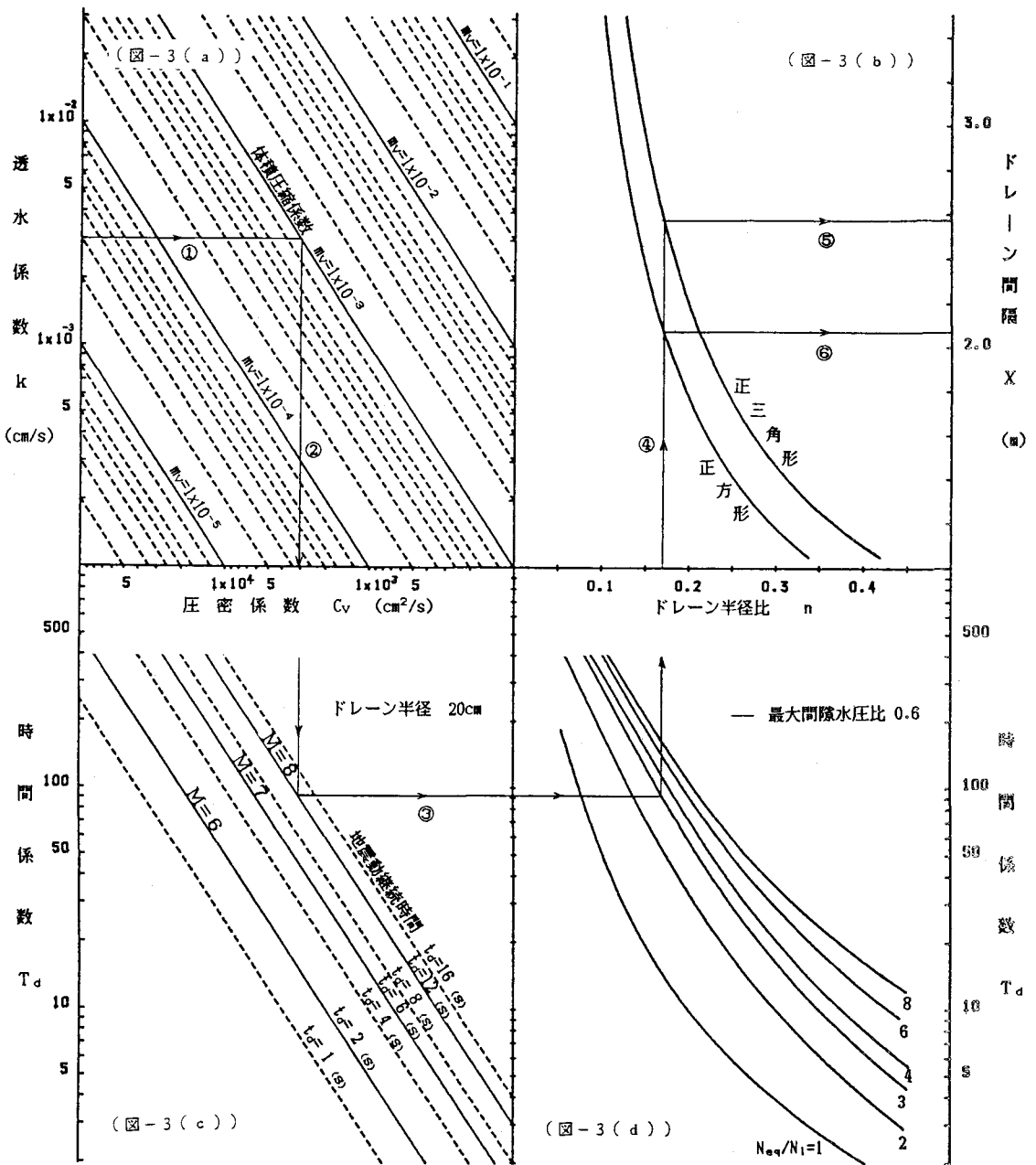


図-3 砕石ドレーンの設計ノモグラム

### 3. 設計ノモグラム使用例

水平方向透水係数  $k_h = 3 \times 10^{-3}$  cm/s, 体積圧縮係数  $m_v = 1 \times 10^{-3}$  cm<sup>2</sup>/kgf, 有効主要動継続時間  $t_d = 12$  s, 等価繰返し回数/液状化繰返し回数比  $N_{eq}/N_1 = 3$  の砂地盤を対象にして、最大間隙水圧比  $u_{max}/\sigma_v$  を 0.6 に設計する場合、正三角形配置ではドレーン間隔  $d$  が約 2.6 m になり、正方形配置ではドレーン間隔  $d$  が約 2.1 m になる。図中の番号を追うことによって簡単に求められる。

参考文献 1) Seed, H.B. and J.R. Booker: Stabilization of Potentially Liquefiable Sand Deposits Using Gravel Drains, J.GED, ASCE, Vol. 103, No. GT7, 1977  
 2) Tokimatsu, K. and Y. Yoshimi: Effects of Vertical Drains on Bearing Capacity of Saturated Sand During Earthquakes, Proc. International Conference on Engineering for Protection from Natural Disasters, 1980