

III-26 砕石ドレーン工法に用いる砕石の地山透水係数比について

編 鴻池組 正員 ○大北 康治
同 上 中島 豊
日本鋼管編 正員 長山 秀昭

1. まえがき

Seedらは¹⁾ドレーン材の透水性を無限大と仮定するのに必要な透水性を地山透水係数比の200倍以上としているが、吉見らは²⁾1000倍以上を提案し明確な結論が得られていない。一方、田中らはドレーン材の透水性を考慮する設計法を提案しているが、透水性を無限大と仮定することのできる限界値については言及していない。本報では改めてドレーン材の透水性を考慮する方法を示すとともに、ドレーン材の透水性を無限大と仮定できる地山透水係数比の限界値を考察する。

2. ドレーン材の透水性を考慮する方法⁴⁾

地震時における間隙水压の消散にも拡散型の圧密方程式が成立するとすれば、ドレーン材の透水性が有限の場合は吉国らの解法を適用することができる。消散の時間遅れ $Th(L)/Th(L=0)$ はウェルレジスタンス係数 L と直線関係がある。 L は次式によって表わされ、

$$L = \frac{32}{\pi^2} \cdot \frac{k_s}{k_g} \cdot \left(\frac{H}{dw} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

図-1から求めることができる。ここで、 k_s/k_g はドレーン材の地盤透水係数比、 H/dw はドレーン細長比である。

消散の時間遅れをバロンの近似式を使って表わせば、

$$\frac{Th(L \neq 0)}{Th(L=0)} = \frac{F(n) + 0.8L}{F(n)} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{ここで、} F(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \log_e n - \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \dots\dots (3)$$

$$n = de/dw = b/a \dots\dots\dots (4)$$

となり、 L をパラメーターとして時間遅れとドレーン半径比の関係を図-2に示す。消散の時間遅れは地山透水性の低下、あるいは、消散に関する地震動継続時間の短縮と等価であると考えられるので、シードらの解析においては(2)式を用いて時間係数 Tbd を縮小補正して考えればよい。補正後の時間係数 Tbd' は、

$$Tbd' = \frac{Th(L=0)}{Th(L \neq 0)} \cdot Tbd \dots\dots\dots (5)$$

となり、マットレジスタンスも同様手法で考慮できる。

$$L_{mat} = \frac{32}{\pi^2} \cdot \frac{1}{n^2} \cdot \frac{H}{H_m} \cdot \left(\frac{B}{dw} \right)^2 \dots\dots (6)$$

ここで、 L_{mat} はマットレジスタンス係数、 H_m は砕石マットの厚さを示す。

また、ウェルレジスタンスとマットレジスタンスが共存する場合には、 $L=0$ となる等価ドレーン径を求めた後、この等価ドレーン径に対するマットレジスタンス係数 L_{mat} を求めればよい。このようにして、ドレーン材の透水性を考慮して計算した間隙水压から、ドレーン材の透水性を無限大と仮定した間隙水压を差し引けば、ドレーン材の透水抵抗に起因する残留水压が算定できる。マットレジスタンスとウェルレジスタンス

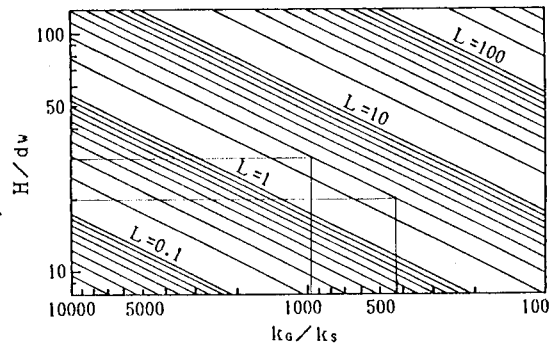


図-1 ウェルレジスタンス係数とその影響因子の関係

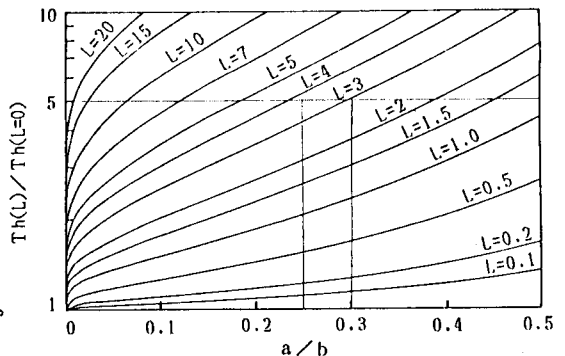


図-2 時間遅れとドレーン半径比の関係

スが共存する場合に関して計算した結果を、2次元FEMプログラムGADFLEA⁶⁾によって間隙水圧の発生消散解析を行なった結果と比較して図-3に示す。両解析結果は全体的に見て良く一致しており、ドレーン材の透水性を考慮する本手法の妥当性を示していると考えられる。

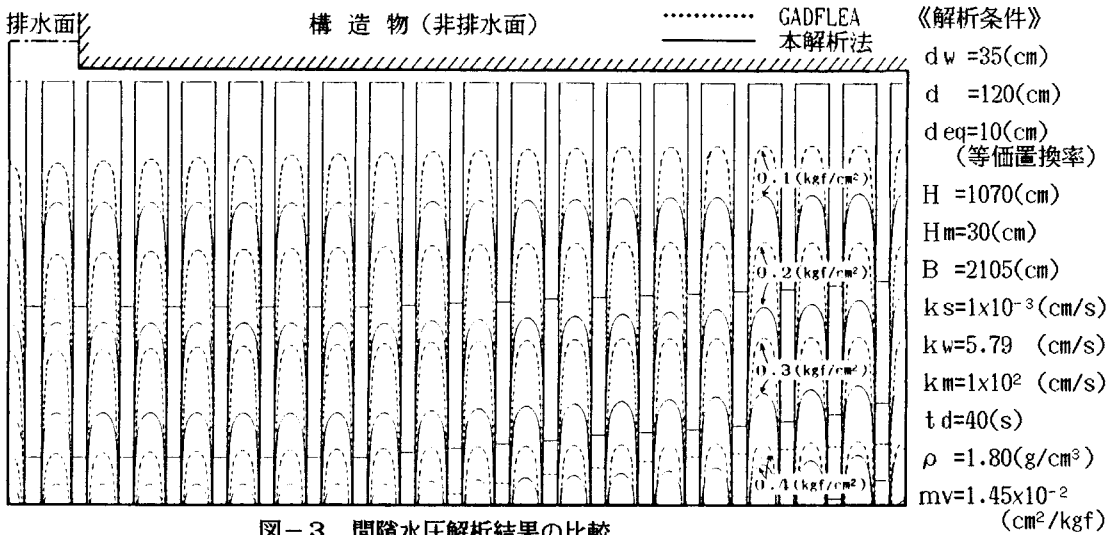


図-3 間隙水圧解析結果の比較

3. 透水性を無限大と仮定できるドレーン材の地山透水係数比

LARFの解析仮定を考慮すれば、Seedらが示す地山透水係数比の限界値は、図-4に示すように、①②の仮定が同等の結果を示す限界値であると考えられる。本来は④のような排水経路をとると考えられるのでGADFLEA⁶⁾などにより解析すべきであるが、図-3で示したように③の仮定を用いても実用上は大差がなく、③の仮定、すなわち、ウェルレジスタンスを考慮した解析をすれば十分である。この場合、ウェルレジスタンス係数が重要となるが、地盤の透水係数や体積圧縮係数も重要な要因であり、これらのバラツキが約4~5倍以内の範囲にあることから類推して、ウェルレジスタンスによる時間遅れも最大5倍以内に押さえるべきであると考えられる。図-2によれば $L \leq 1$ がこれに相当する。過去の施工実績から考えるとドレーン半径比は0.25~0.30が多く、その場合には $L \leq 3$ となり、細長比を20とすれば $k_g/k_s \geq 400$ となる。また、細長比を30とすれば吉見らが提唱する $k_g/k_s \geq 1000$ となる。

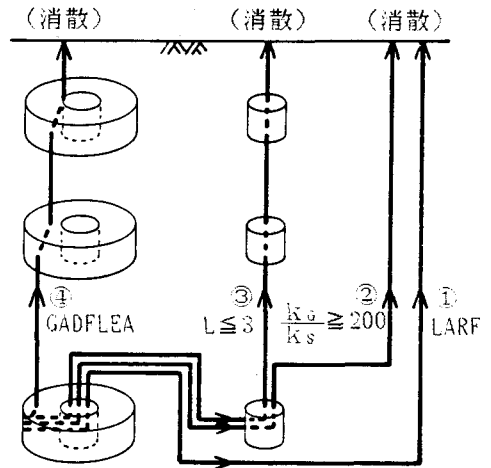


図-4 排水経路に関する各種仮定

参考文献

- 1) Seed, H.B. and J.R.Booker(1977), Stabilization of Potentially Liquifiable Sand Deposits Using Gravel Drains, J.GED, ASCE, Vol.103, NO.GT7, pp.757~768.
- 2) 吉見(1980), 砂地盤の液状化, 技報堂出版
- 3) 田中、松井、国生、江刺(1983), グラベルパイルによる液状化防止について、第18回土質工学研究発表会講演概要集, pp.569~572など
- 4) 大北、柚木、伊藤、中島、島岡(1986), 碎石ドレーンの透水性を考慮した設計ノモグラム、第21回土質工学研究発表会講演概要集
- 5) Yoshikuni, H. and H.Nakanodo(1974), Consolidation of Soils by Vertical Drain Wells with Finite Permeability, Soils and Foundations, Vol.14, No.2, pp.35~46.
- 6) J.R.Booker, M.S.Rahman and Seed, H.B.(1976), GADFLEA-A Computer Program for the Analysis of Pore Pressure Generation and Dissipation During Cyclic or Earthquake Loading, EERC 76-24.