

過剰間隙水圧消散工法におけるドレーン打設間隔の
設計手法に関する解析的研究

五洋建設（株）技術研究所 正会員 安藤有司
五洋建設（株）技術研究所 正会員 熊谷隆宏
五洋建設（株）技術研究所 正会員 林健太郎
徳島大学大学院 ソシオテクノサイエンス研究部 正会員 渦岡良介

1. はじめに

過剰間隙水圧消散工法の設計手法として、ドレーンの打設間隔の設定方法は、1980年代後半に井合らによる実験と解析をもとに定められた¹⁾。しかし 25年経過し、解析技術が高度化している。こうした技術の高度化に伴い、設計手法についても高度化させていくことが必要である。

このような背景を踏まえ、本研究では、高度な解析手法を用いて設計される最適なドレーン打設間隔を確認する目的で有効応力解析 LIQCA3D²⁾を用い解析を実施した。

2. 解析モデル

解析モデルの代表例を以下の図に示す。

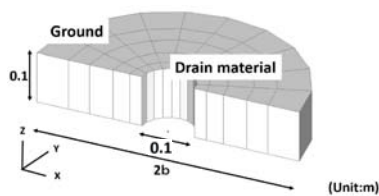


図-1 解析モデル

ドレーンの半径(a)は0.05m、モデルの高さは0.1m、有効円の半径(b)は0.25~2.0mの全8ケース作成し解析を実施した。半円の中心部分、ドレーン部の水圧はゼロとし、土層の上下方向への水の移動はないものとした。

3. 解析条件・解析ケース

解析における地盤条件、境界条件及び、入力波を以下に示す。

地盤条件は $R_{L20}=0.2$ となる標準的なものを使用した。また、液状化強度は両対数グラフの傾き $m=-0.17$ となるように設定した。

解析に用いたパラメータ及び有効応力経路の結果を以下に示す。

表-1 入力パラメータ

初期間隙比	e_0	0.860
圧縮指数	λ	0.015
膨潤指数	κ	0.0025
無次元初期せん断係数	G_0/σ'_{m0}	775
重力加速度	g	9.8
密度	ρ	2.02
変相応力比	M^*_m	0.9
破壊応力比	M^*_f	1.2
硬化関数中のパラメータ	B^*_0	1800
硬化関数中のパラメータ	B^*_1	100
硬化関数中のパラメータ	C_f	1700
異方性消失のパラメータ	C_d	2000
ダイレイタンシー係数	D^*_0	0.7
ダイレイタンシー係数	n	3
規準ひずみ(塑性)	$\gamma^P_r^*$	0.002
規準ひずみ(弾性)	$\gamma^E_r^*$	0.02

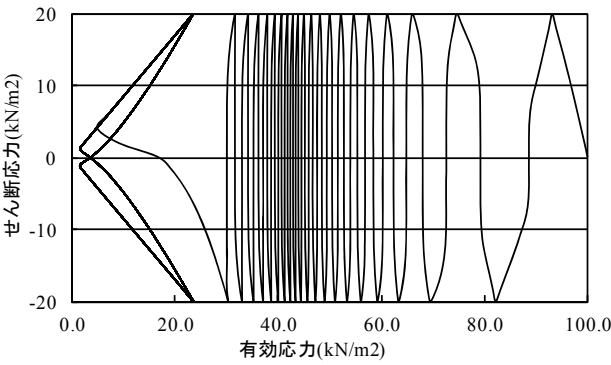


図-2 有効応力経路

式(1)で定義されるウェルレジスタンス係数 $R=0.1, 0.5, 1.0, 5.0, 10.0$ の5ケース、式(2)で定義される時間係数 $T_0=50, 100, 200, 500, 1000$ の5ケース、全部で計 25 ケースについて解析を実施した。

$$T_0 = \frac{kt_0}{m_v \gamma_w a^2} \dots \dots \dots (1)$$

$$R = \left(\frac{8}{\pi^2}\right) \left(\frac{k}{k_d}\right) \left(\frac{h}{a}\right)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Keyword：液状化解析，過剰間隙水圧消散工法，有効応力解析，ドレーン

(連絡先) 住所：栃木県那須塩原市四区町 1534-1 TEL：0287-39-2116 FAX：0287-39-2131

ここに、 t_0 ：初期液状化に要する繰り返し時間， k ：砂の透水係数， k_d ：ドレーンの透水係数， h ：改良深度， a ：ドレーン半径である。

入力波は FL=1.0 の地盤を想定して、応力振幅比 0.25，繰り返し回数 5.382，周波数 2Hz の sin 波を入力した。入力した表面力は初期有効上載圧を深度-6m と想定し 60kN/m^2 として算定した。

4. ウェルレジスタンスの考慮方法

ウェルレジスタンスを考慮するにあたっては地盤の透水係数 k_0 を想定する時間係数 T_0 とウェルレジスタンス係数 R に基づいて補正した換算透水係数 k_n を用いた。換算式について以下に示す。

想定する T_0 に対し $R=0$ を基準として、式(1)を用いて基準となる透水係数 k_0 を算定する。次に、以下の(3)，(4)式により、換算透水係数 k_n を算出する。

$$k_n = \frac{F(n)}{F(n)+0.8R} k_0 \cdots \cdots (3)$$

$$F(n) = \frac{n^2}{n^2-1} \log_e n - \frac{3n^2-1}{4n^2} \cdots \cdots (4)$$

ここに、 n ：杭径比(有効円の径／ドレーン径)である。

5. 解析結果

代表として、 $R=0.5$ の時の解析結果を以下に示す。実線が解析結果，点線が現在の設計図表における平均最大過剰間隙水圧比と有効円の半径との関係である。

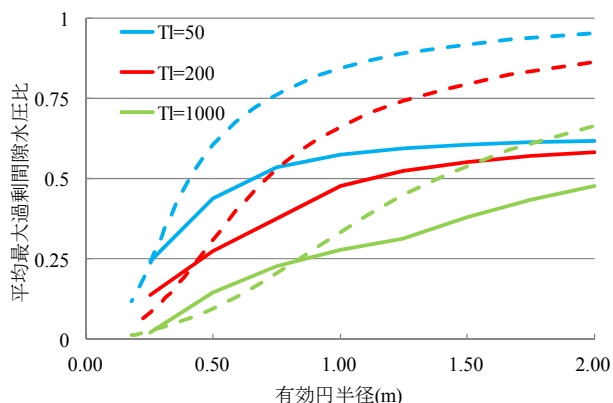


図-3 有効円半径と最大過剰間隙水圧比の関係

この結果を見ると、既往の設計手法では有効円の半径が 0.5m を超えたあたりから平均過剰間隙水圧比が急激に大きくなっているが、今回の解析でも上昇傾向はあるものの、急激な上昇は抑えられている。

また、既往の設計では有効円の半径が 2.0m 付近では平均最大過剰間隙水圧比が 0.8 を超えているのに対し、今回の解析では 0.6 付近に収束している。

6. 結論

LIQCA3D を用いてプラスチックドレーンの液状化解析を実施した。

既往の設計手法と比較した時に、許容間隙水圧比を 0.25 に設定する際にはドレーン打設間隔はほぼ同じであるが、0.5 に設定するとドレーン打設間隔は約 1.5 倍に広く設定できることがわかる。これは、既往の解析手法では平均最大過剰間隙水圧比が急激に上昇した後、0.8 程度で収束していたのに対し、本解析では平均最大過剰間隙水圧比はなだらかに上昇し、0.6 程度で収束していることが要因としてあげられる。

参考文献

- 1) 井合進・梶谷卓美 (1989)：港湾技研資料 No.647 June 1989 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
- 2) Oka, F., Yashima, A., Tateishi, A., Taguchi, Y. and Yamashita, S. (1999): A cyclic elasto-plastic constitutive model for sand considering a plastic strain dependency of the shear modulus, Geotechnique, Vol.49, No.5, pp.661-680.