

I-643 流動化基礎工法の液状化時有効性

神戸大学大学院 学生員 西浦克敏
 神戸大学工学部 正会員 高田至郎

1. はじめに 本研究では、流動化基礎工法に関して、この工法を用いた地盤の液状化解析、過剰間隙水圧による浮上に対する安全性の解析、また施工時の排水パイプの設計などによって、流動化基礎工法の液状化時の有効性を検証する。

2. 流動化基礎工法 流動化基礎工法とは、管を埋設した後埋め戻す際に、土を埋め戻す代わりにフレッシュコンクリートのような、流動化基礎工法処理土を流し込み固める方法で、掘り出した土の再利用や、埋め戻し土の締め固めの作業を省くことを、主な目的として考案されたものである。各材料定数は、単位体積重量 $\rho = 1.2 \text{ (tf/m}^3\text{)}$ 、せん断剛性 $G = 4.9 \times 10^3 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ 、変形係数 $E_{50} = 10000 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ 、体積圧縮係数 $m_s = 2.3 \times 10^4 \text{ (tf/m}^2\text{)}$ である。

3. 解析モデル この解析では、図1に示すような幅18(m)、深さ9(m)の地盤を、5層80節点124要素の有限要素モデルで、モデル化して解析を行った。地下水位は地表面で、斜線部を液状化可能性領域とする。液状化領域での透水係数 $k = 5.00 \times 10^{-5} \text{ (m/s)}$ 、碎石での透水係数 $k = 3.00 \times 10^{-3} \text{ (m/s)}$ である。また、中央部に埋設管を設置するため円形を六角形で表しモデル化した。地盤の諸定数は表1に示す。境界条件は、両端の鉛直方向と底部を固定した。

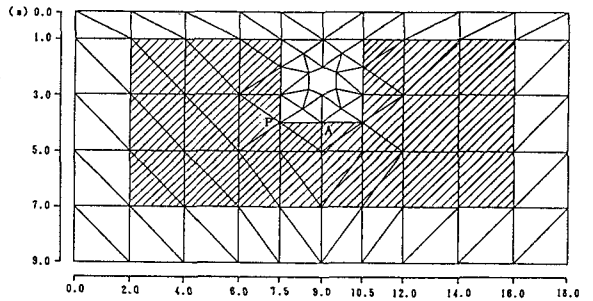


図1 解析モデル

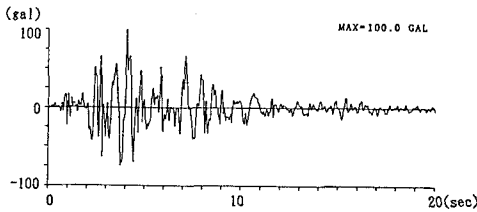


図2 入力地震波

表1 地盤の諸定数

層	相対密度	内部摩擦角(度)
1	0.50	28.00
2	0.60	30.00
3	0.70	33.00
4,5	0.80	36.00
液状化領域	0.40	27.50

表2 解析ケース

CASE	基礎
1	(1)砂基礎
2	(2)碎石
3	(3)流動化処理土
4	(4)流動化処理土+碎石 (排水パイプなし)
5	(4)流動化処理土+碎石 (排水パイプあり)

また、入力地震波は、ロマ・ブリエタ地震において CORRALITOS-EUREKA CANYON RD.で観測された波形を用い、最大値を100(gal)、継続時間を20(秒)としたものを水平方向に入力した。この地震波形を、図2に示す。また、解析には表2に示す5ケースを用いた(“+碎石”は、碎石を底に敷いてから処理土で埋設したもの)。排水パイプを用いるケースに関しては、図1中の節点Pに設けるものとする。

4. 解析結果 解析の結果、CASE-1とCASE-3で、完全液状化した。また、CASE-2やCASE-4では部分的には過剰間隙水圧の消散が行われているが、過剰間隙水圧比0.8前後で液状化が発生している。CASE-5に関しては、過剰間隙水圧の上昇は、ほとんど見られなかった。図3に各ケースの過剰間隙水圧比の結果を示す。また、図4にCASE-5で排水節点Pから排水される水の流量を、

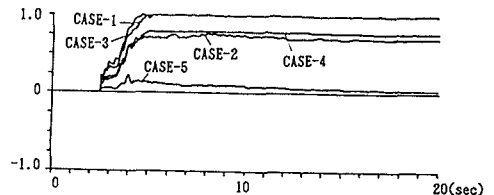


図3 各ケースの過剰間隙水圧比

図5に流速をそれぞれ示す。

5. 浮上に対する解析 浮上に対する安全率は、次式によって算出できる。安全率が1.0より小さくなると浮上が始まる。 $F_u = (W_s + Q_s + Q_b + Q_h) / (U_s + U_d)$ ここに、 W_s は処理土の自重、 U_s は処理土底面に作用する静水圧による揚圧力で、 U_d は前の計算で求めた過剰間隙水圧により処理土の底面に作用する揚圧力で、 Q_h 、 Q_s 、 Q_b はそれぞれ舗装の抵抗、せん断抵抗、摩擦抵抗であるがここでは無視している。また、長手方向の管による抵抗力の影響は無視する。また、地中構造物の浮上力は次式で表す。 $f(t) = (U_s + U_d) - (W_s + Q_s + Q_b + Q_h)$ 地中構造物の浮上量 W_f は $f(t) / m$ の2回積分によって求められる。ここに、 m は地中構造物の質量である。安全率、浮上量の計算結果を、それぞれ図6、図7に示す。

6. 排水パイプの設計 ここでは、排水パイプの摩擦による抵抗を考慮した、排水パイプの設計を行った。なお排水は地表面におこなうとする。まず、排水パイプの入口と出口、排水パイプの入口とグラベル内でそれぞれベルヌイの定理により方程式を立てると2つの式より、以下の式が導かれる。

$v^2 / 2g + fL / v^2 + Dg = p_{gd} / \omega$ (ω ; 水の単位体積重量、 g ; 重力加速度、 v ; 排水パイプ内の流速、 v_g ; グラベル内の流速、 p_{gd} ; グラベル内の過剰間隙水圧、 f ; 摩擦損失係数、 D ; 管径、 L ; 排水パイプの長さ) また、 $A = Q / (v + v_g) T$ (A ; 排水パイプの断面積、 Q ; 流量、 T ; 排水時間) であるが、 v_g は v に比べて非常に小さいので無視して、 $A = Q / v T$ となり、流速 v と管径 D の式に書き直すと、 $v = 4Q / \pi D^2 T$ が、得られる。また、摩擦損失係数は、マンギングの式より $f = 0.01245 / D^{1/3}$ となる(粗度係数 $n = 0.01$)。これらより求めた以下の式($8Q^2 / \pi^2 T^2 g D^4$) + ($0.0996 L Q^2 / \pi^2 T^2 g D^{4/3}$) = p_{gd} / ω によって、排水パイプの必要管径 D を求めた。結果を図8に示す。

7. 結論 解析の結果、流動化基礎工法のみでは液状化時に浮上を防止する効果はあまり期待できず、また、グラベルを設けたものについても、その危険が残ることが分かった。一方、排水パイプを設けたケースに関しては、水圧の消散に対して大きな効果があり、浮上に対する安全性のみならず、液状化そのものの発生を防ぐという点から最も有効な工法の一つであるということが分かった。

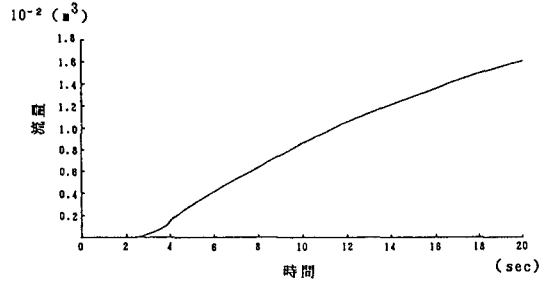


図4 流量

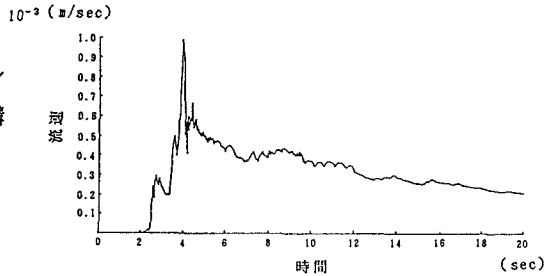


図5 流速

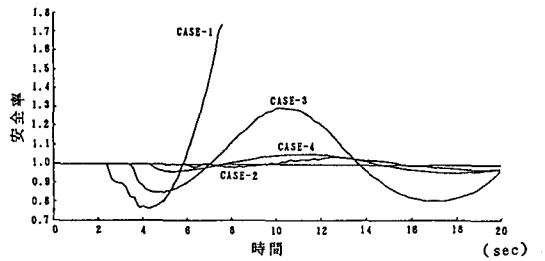


図6 浮上安全率

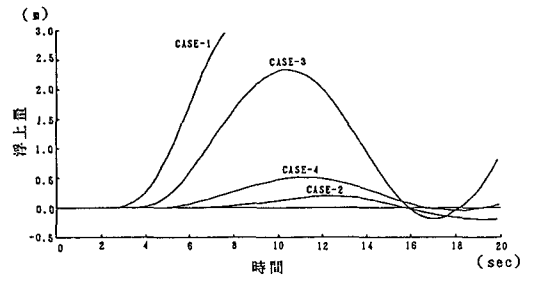


図7 浮上量

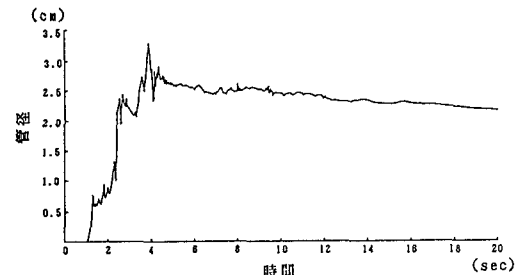


図8 排水パイプの必要管径