

III-27

グラベルパイルの設計法の原位置液状化実験による実証

（財）電力中央研究所 正会員 ○田中幸久 国生剛治
北海道電力株式会社 正会員 高野 準

1. まえがき

本論文は、液状化防止のためのグラベルパイルの新しい設計方法の提案と設計法の実証のために行った原位置液状化実験結果について述べたものである。尚、本論文の内容の一部は既に発表されている。^{1)~4)}

2. グラベルパイルによる改良地盤内の間隙水圧と地表面沈下量の算定方法

提案した算定方法は、大きく分けると次の2つの方法である。

- a. 方法1；加振中のグラベルパイルからの排水によるせん断特性変化を考慮しない方法
- b. 方法2；加振中のグラベルパイルからの排水によるせん断特性変化を考慮する方法

上記の方法1、方法2は従来用いられているシードらの提案図表に基づく方法⁵⁾ に比べて次の長所を有する。

- ①パイルの透水性の影響を定量的に考慮できる。²⁾
- ②非排水条件下における間隙水圧上昇曲線の形状を考慮することができる。^{3), 4)}
- ③地表面沈下量も計算することができる。^{3), 4)}
- ④不規則載荷時の計算をそれと等価な規則載荷問題に置きかえることなく行う事ができる。⁴⁾

更に、方法2の場合には次のような長所がある。

- ⑤加振中のグラベルパイルからの排水によるせん断特性変化を考慮できる。

方法1、方法2により改良地盤内の間隙水圧を計算することは、それぞれ次の微分方程式を解くことに帰着する。

（方法1）

$$\frac{\partial \bar{r}u}{\partial t} = \frac{\partial (Neq/Nl)}{\partial t} \beta \left(\bar{r}u + \frac{1}{e^\beta - 1} \right) - \alpha \bar{r}u \quad \cdots (1)$$

（方法2）

$$\frac{\partial \bar{r}u}{\partial t} = \frac{\partial (Neq/Nl)}{\partial t} \beta \left(\bar{r}u + \frac{1}{e^\beta - 1} \right) \exp \left\{ -\frac{3mv\alpha}{m'(\tau d/\sigma'_{vo})^3} (1 - \bar{r}u)^2 \int_0^t \bar{r}u dt \right\} - \alpha \bar{r}u \quad \cdots (2)$$

記号の説明は表1に示す。(1)、(2)式の方程式の右辺に含まれる $\partial (Neq/Nl)/\partial t$ は、規則載荷の場合には、 $(Neq/Nl)/td$ (一定) となる。したがって、この場合 (1) 式の両辺を積分することにより厳密解を得ることができる。^{3), 4)}

方法1、方法2による計算例を図1に示す。方法2によれば、規則載荷にもかかわらず、加振中に間隙水圧が増加から減少へ転ずる挙動を表現できることが図1 (a) からわかる。

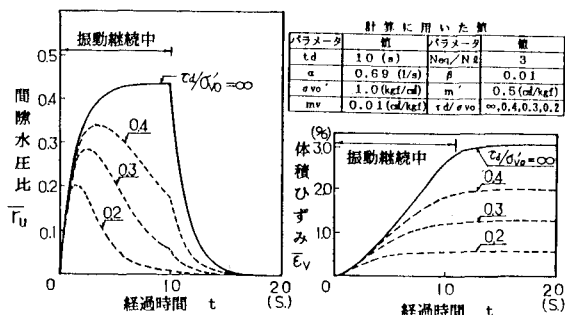
3. 原位置液状化実験と解析

3.1 原位置液状化実験¹⁾

実験対象地盤は、深さ約10mの砂～礫まじり砂の互層から成る飽和地盤(N値1~12)である。実験は、鉛直に打設された直径1200mm、長さ12

表1. 本論文での記号の説明

$\bar{r}u$	：間隙水圧比
$\bar{r}u$	：間隙水圧比の水平断面内平均値
Nl	：非排水条件下で液状化するのに要する繰返し回数， Neq ：等価繰返し回数
α	：間隙水圧の対数消散速度
β	：非排水間隙水圧上昇曲線の形状を定めるパラメータ， σ'_{vo} ：鉛直有効土かぶり圧
$\bar{e}v$	：体積ひずみの水平断面内平均値
td	：地震動の有効継続時間， N ：杭径比
mv	：砂の体積圧縮係数
τd	：水平面に作用するせん断応力振幅
m'	：せん断による体積変化量を定める定数



(a) 間隙水圧比の経時変化 (b) 体積ひずみの経時変化

図1. 振動載荷時における改良地盤内の過剰間隙水圧，体積ひずみの経時変化（計算例）

m, 板厚12mmの鋼管グイの内部の地盤を対象に行った。グラベルパイルの寸法は、直径300,400,500mm×長さ10mであり、他にグラベルパイルを打設しない地盤も作成した。地盤の液状化を生じさせるための振動は、鋼管の上端部に設置したパイプロハンマーを7Hzで上下方向に加振することによって与えた(図2)。

3.2 パラメータの決定

方法1の解析に用いた物性値は、原位置試験、室内試験による実測結果より定めた。また、非改良地盤に対する原位置液状化実験結果に基づき、加速度と繰返し回数の関係を求め、その関係に累積損傷の概念を適用することにより荷重の不規則性を考慮した。それに対して、方法2で用いる m' , τ_d/σ'_{vo} の値は実測できなかったで、適切と思われる値($m'=0.5(\text{cm}^2/\text{kgf})$, $\tau_d/\sigma'_{vo}=0.3$)を定めた。

3.3 実測結果と計算結果の比較

ここで示す間隙水圧の実測値は、2Hzのローパスフィルターを通したものである。

(1) 方法1

i) 間隙水圧挙動

間隙水圧の実測値がピークに達するまでは、計算値と実測値の一致度は比較的高かった。それに対して、図3(a), 図4(a))。

ii) 地表面沈下量

計算値は、実測値よりもやや大きな傾向があるものの全般的にはよく一致していた(図4(b))。

(2) 方法2

i) 間隙水圧挙動

間隙水圧がピークを示した後に加振中に減少に転ずる挙動をシミュレートすることができていた(図3(b))。

ii) 地表面沈下量

実測値より過小であるものの、杭径比が大きくなるほど沈下量が大きくなるという実測値の傾向を再現できていた(図4(b))。

4. まとめ

実測値のうちピーク以前の間隙水圧挙動と地表面沈下量は方法1による計算値とよく一致していた。方法2による計算値は、定性的には、方法1によるよりも実測値の傾向を説明できていた部分があった。

謝辞：本論文における原位置液状化実験は電力中央研究所の技術協力のもとで北海道電力が清水建設の計画をもとに同社に発注し実施したものである。実験にあたって多大なご協力をいただいた北海道電力 宮前繁也、松下啓郎の両氏に感謝する。また、実験の計画、実施の主要な部分を担当した阿部 啓、尾上篤生、森信夫各氏をはじめとする清水建設の方々に感謝の意を表す。地盤調査は、(株)基礎地盤コンサルタントが行ったものである。ここに感謝する。

参考文献：1) 宮前, 他2名(1985), 電力土木, No.197, pp.24~35. 2) 田中, 他3名(1984), 電力土木, No.188, pp.11~20. 3) 田中, 他3名(1985), 電力土木, No.196, pp.46~55. 4) 田中, 他3名(1985), 土木学会年講第3部, pp.75~76. 5) Seed, H.B. et al. (1977), Stabilization ..., J.GED, ASCE, Vol.103, No. GT7, pp.757~768.

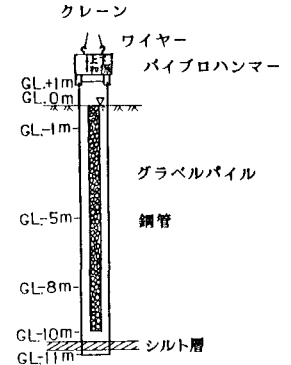


図2. 原位置液状化実験における加振方法

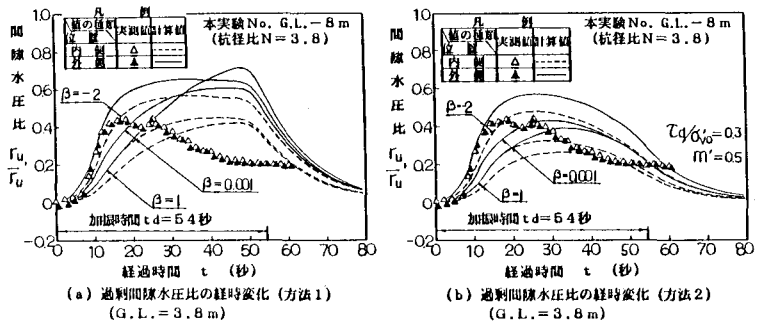


図3. 改良地盤(杭径比 $N=3.8$)内の過剰間隙水圧比の実測値と計算値

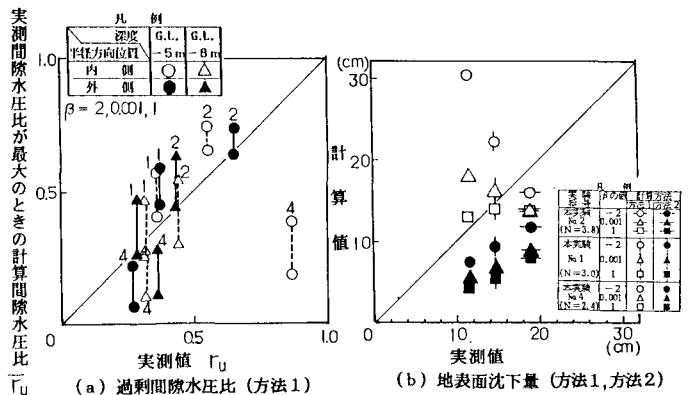


図4. 過剰間隙水圧, 地表面沈下量に関する実測値と計算値の比較