

## 小径ドレーン工法の排水効果に関するシミュレーション解析

銭高組 正会員 原田尚幸 角田晋相 高津 忠  
 構造計画研究所 内山不二男 庄司正弘  
 東京大学大学院 正会員 東畑郁生

### 1. はじめに

筆者らは、これまでに地中加振による液状化現象を等価線形解析と過剰間隙水圧の発生・消散解析を組合せた手法により、比較的簡易に模擬できることを示した<sup>1)</sup>。そこで、小径ドレーン打設地盤の原位置液状化実験結果に本解析手法を適用し、小径ドレーンの排水効果について定性的・定量的な評価を試みた。

### 2. 原位置液状化実験<sup>2)</sup>

実験概要を図-1に示す。実験は、千葉県浦安市の細粒分を20～30%程度含む平均N値が6程度の緩い細砂層の埋立て地盤において、無対策部、ドレーン打設部に区分して行った。ドレーン打設間隔は、正方形配置で1.5m、1.0m、0.5mとした。液状化の発生には、バイプロハンマ（60kW、18.3Hz）による鋼管（508mm、L=12m）打込み時の振動を利用し、小径ドレーンで囲まれた地盤の加速度（GL±0m、-5m）、間隙水圧（GL-5m）の挙動を把握した。

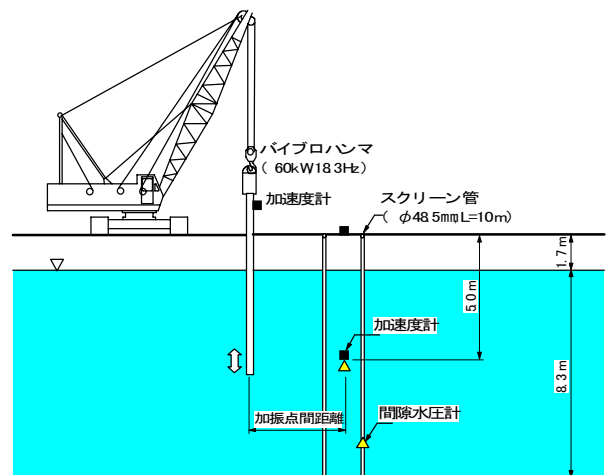


図-1 原位置液状化実験概要

地盤振動は、鋼管を起振力一定（490kN）貫入速度1～2m/minでGL-8mまで振動貫入させる方法で与え、計測器位置までの水平距離を4m、3m、2m、1mと段階的に近づけることで加振レベルを変化させた。また、計測では他地点の加速度・間隙水圧も記録し、地盤振動の距離減衰に伴うこれらの変動についても確認した。

### 3. 解析方法および解析モデル

解析には、西・金谷ら<sup>3)</sup>により提案されている解析手法を用いた。解析フローを図-2に示す。解析では、地盤振動の三次元的な波動伝播を的確に考慮するために地盤と振動体の鋼管を軸対称FEMを用いてモデル化した。解析モデルを図-3に示す。地下水位はGL-1.7m、地盤のせん断剛性と減衰定数のひずみ依存性は土木研究所資料<sup>4)</sup>を参考に、透水係数と液状化強度は地盤調査結果に基づいて設定した。境界条件は、側面エネルギー伝達境界、底面粘性境界、対称軸上は鉛直ローラとした。地盤の要素分割は、地盤の非線形性による剛性低下を考慮して透過振動数を満足するように波長の1/6以下とした。また、加振力は非正常な正弦波形（18.3Hz）を長さGL-6.5mの鋼管モデル頭部に与えた。

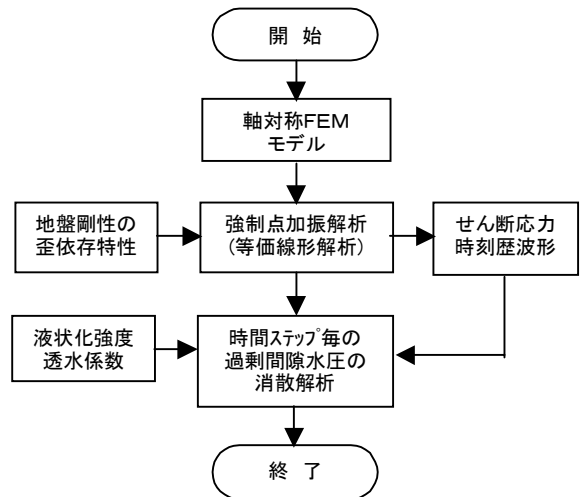


図-2 解析フロー

不圧帯水層の定常浸透流条件

$$Q_w = \frac{\pi k (H^2 - h_c^2)}{n \ln(R/l)} \dots (1)$$

$Q_w$  : 一本のドレーンからの排水流量 ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )       $k$  : 地盤の透水係数 ( $3 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ )  
 $H$  : 加振鋼管直近の水位 (完全液状化時の水圧)       $n$  : ドレーン本数  
 $h_c$  : ドレーン間中央での水位 (完全液状化時の水圧)       $R$  : 影響圏半径 (1～4m)  
 (実測した最大過剰間隙水圧)       $l$  : 等価面積半径 (計器～ドレーン距離)

keywords: 液状化対策、小径ドレーン工法、液状化解析、原位置液状化実験

連絡先: 〒163-1011 東京都新宿区西新宿3-7-1 新宿パークタワー11F TEL:03-5323-3861 FAX:03-5323-3860

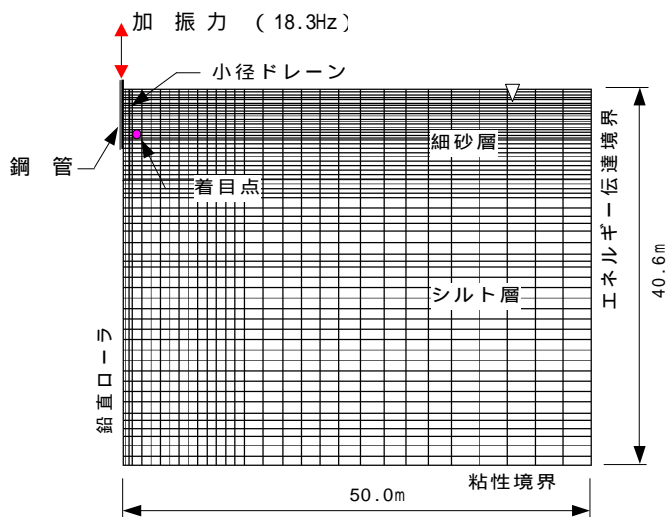


図 - 3 軸対称 FEM モデル

4. 実験結果および解析結果

バイプロハンマによる鋼管打設中に発生した最大加速度と最大過剰間隙水圧比（GL-5m 位置）の関係を図 - 4 に示す。無対策地盤の場合、加振位置に近いほど加速度が大きく過剰間隙水圧の発生量も増大するが、ドレーン打設地盤ではドレーンからの排水により、0.55G 程度の地中加速度でも間隙水圧の発生量が抑えられ、その有効性が確認された。しかし、打設間隔の違いによる排水効果の差は、明確には見出せなかった。これは、地盤性状のばらつきのほか、バイプロハンマの貫入速度の調整が難しく最大加速度やその加速度に至るまでの時間、波形などが必ずしも同じでなかったためと考えられる。

加速度の距離減衰を図 - 5 に示す。加速度はドレーンの影響よりも地盤特性を反映した減衰を示しており、解析では、加振力 490kN の場合と良い対応を示した。しかし、この加振力条件のもとで過剰間隙水圧の消散解析を行った結果、間隙水圧分布は実験結果と大きく異なった。そこで、実測の鋼管加速度と加振点間距離 1m の地中加速度の比（約 1/10）を鋼管周囲の液状化による影響と考え、加振力を 1/10 程度に低減し解析を行った。過剰間隙水圧比の距離減衰を図 - 6 に示す。解析は、過剰間隙水圧の周辺地盤への消散現象およびドレーンの排水効果を比較的良好に再現できており、等価透水係数としたドレーンのモデル化はほぼ妥当であったと考えられる。

5. まとめ

バイプロハンマを加振源とする実規模モデルの実験結果は、地盤の透水性を考慮した解析法の結果とおおむね一致した。したがって、小径ドレーンの排水による液状化対策効果は、入力動および地盤、ドレーンの透水係数を適切に設定することでシミュレーション可能であることがわかった。

【参考文献】1) 高津、原田、布引、内山、庄司、東畑：振動杭打ち機を用いた原位置液状化実験のシミュレーション解析、第37回地盤工学研究発表会、2002.7. 2) 原田、角田、高津、水取、大下、小野寺：小口径スクリーン管の排水効果に関する原位置液状化実験、第37回地盤工学研究発表会、2002.7. 3) 西、金谷他：地震時における基礎地盤の安定性評価（その1,2）、電力中央研究所報告、昭和61年9月 4) 土研資料第1778号：地盤の地震時応答特性の数値解析法 SHAKE: DESRA -、土木研究所、昭和57年2月 5) 土質工学会：根切り工事と地下水 - 調査・設計から施工まで -、平成6年

表 - 1 解析ケース

No.	対策有無	打設間隔 (m)	ドレーン透水係数 (cm/s)	地盤透水係数 (cm/s)
1	無対策	-	-	$3 \times 10^{-4}$
2	対策あり	1.5	$1 \times 10^{-2}$	
3		1.0	$3 \times 10^{-2}$	
4		0.5	$1 \times 10^{-1}$	

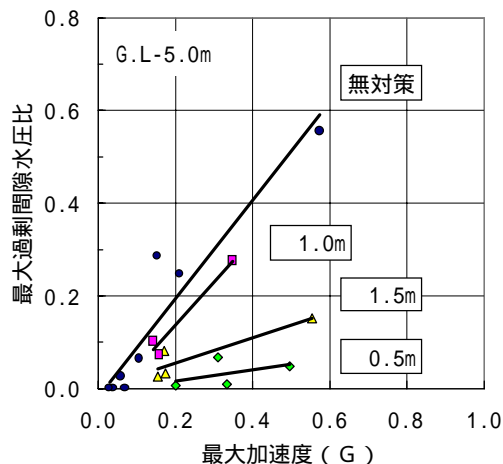


図 - 4 最大加速度と最大過剰間隙水圧比の関係

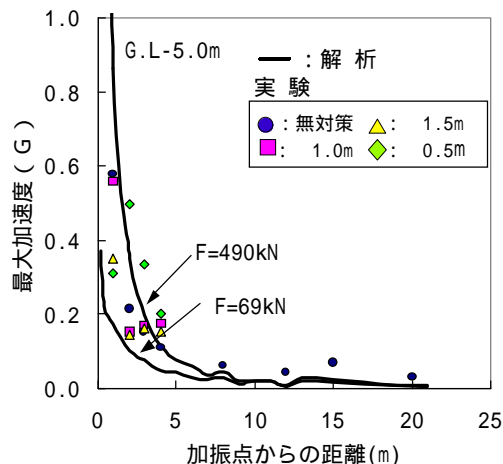


図 - 5 最大加速度の距離減衰

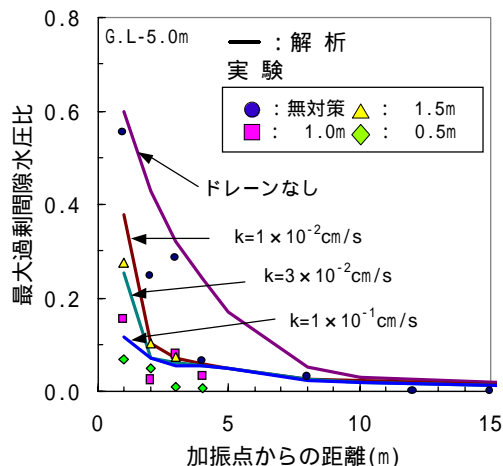


図 - 6 過剰間隙水圧比の距離減衰