

## 砕石置換による電柱の液状化対策効果の解析的検証

東洋大学大学院理工学研究科 環境・デザイン専攻 学生会員 鈴木理也  
 日本電信電話(株)アクセスサービスシステム研究所主任研究員 非会員 下窪邦裕  
 東洋大学理工学研究科 教授 鈴木崇伸

### 1. はじめに

2011年の東日本大震災では広いエリアで液状化が発生し、都市ライフライン施設に影響が及んだ。下水マンホールの浮き上がりや、電柱の沈下・傾斜の被害がいろいろなところで発生し、ライフラインサービスに影響した他、交通支障になるケースもあった。

こうした被害を受け、NTTでは電柱の設計法の見直しを課題に挙げ、沈下や傾斜を防止する対策を検討している。橋本他は電柱の根入れ部を砕石で巻き立て透水性のあるシートで一体化させることにより、沈下や傾斜を低減できることを実験的に示している。本研究はこの液状化実験を動的有効応力解析により再現することを目的としており、さらに縮小モデルから実地盤での挙動を再現する。電柱を例題とするが都市インフラの液状化時の安全性が解析により明確になれば、効率的な対策に発展できる。

### 2. 解析概要

実験の再現を2次元動的有効応力解析で行う。使用したソフトは『地盤の動的有効応力解析(UWLC)』(株式会社フォーラムエイト)である。Biotの方程式を有限要素法(FEM)で定常化している。

模型実験をモデルに解析を進める。解析を行った各解析パターンを表-1に示す。case1, 2では砕石置換の有無を、case3, 4ではドレーン直径の大きさによる違いを比較する。模型実験を解析するため、図-1のようなモデルを作成した。電柱は実験と同様に長さ1500mmあり、厚さ500mmの土層に250mm埋設してある。2次元の動的解析のため、電柱の奥行と円形という形を考慮して設定した。地盤を構成する砂は、粒度の揃った天然砂(粒度:0.20~0.40mm, 均等係数:2.2), 砕石は7号砕石(S-5)を用い解析条件を設定した。振動波も模型実験を再現し、32~45秒の間に強加振が発生する図-2の波形を130~160Galの加速度で設定した。

また、解析モデルの水位設定はできないため、地盤  
 キーワード: 液状化, 過剰間隙水圧, グラベルドレーン工法, 電柱沈下  
 連絡先: s36E01400038@toyo.jp

の飽和・不飽和の違いで行われる。そして、水位の上昇を再現するため一度解析を行い、液状化するまでの時間を確認し、その後、設定を変え、その時点からの解析を行う。case1, 2ではこの手順を行った。

表-1 各解析パターン

case	計測時間(秒)	ドレーンの長さ(mm)	ドレーンの直径(mm)	地下水位(mm)	加速度(gal)	備考
1	0~30			250	約130	対策なし
1'	30~40			250	約130	
2	0~20	300	50	250	約130	対策あり
2'	20~50	300	50	250	約130	
3	0~50	300	50	0	約130	ドレーン直径の比較
4	0~50	300	100	0	約130	

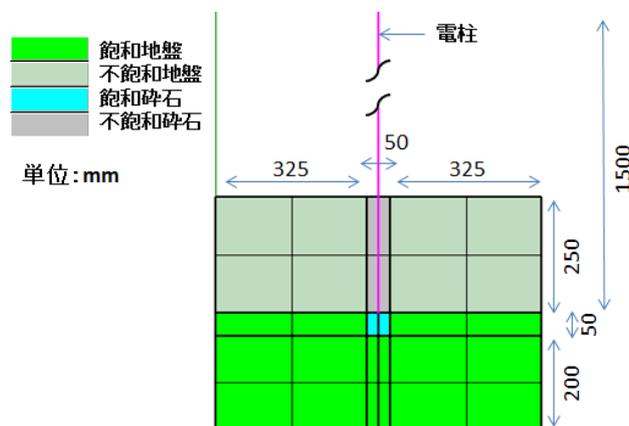


図-1 case2のモデル図

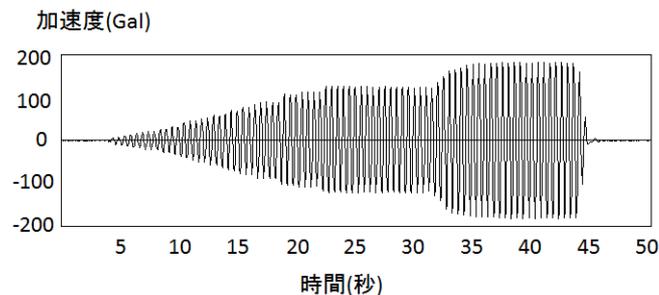


図-2 水平方向の振動波

### 3. 解析結果

#### (1) 再現性の検証

解析結果の再現性を過剰間隙水圧の比較により検証する。case2'の実験と解析の過剰間隙水圧を比較したグラフが図-3である。上から、中央の高さ500, 250, 50mm地点における過剰間隙水圧を示している。グラフより、過剰間隙水圧の値に誤差は見られるが、上昇

率は近似しており、液状化の再現および解析ソフトの精度が確認できた。

(2) 工法の効果検証

グラベルドレーン工法(根入れ部の碎石埋戻し工法)の効果を評価する。対策なしの case1' , 対策ありの case2' における地盤と相対的な電柱沈下量の比較グラフが図-4 である。変化が見られた 30~40 秒の結果を示した。グラフより, case1' では周辺地盤より電柱が沈下しているが, case2' では電柱より周辺地盤が沈下しているとわかる。これにより, グラベルドレーン工法により, 液状化程度が低減され, 沈下防止効果があることが確認できる。また, case1' , 2' における電柱の傾斜角度を示した表-2 から, 電柱傾斜の抑制にも有効であるとわかる。

(3) ドレーン直径の大きさによる効果検証

ドレーン直径の大きさによる効果を比較する。ドレーン直径のみが違う case3, 4 を中央の高さ 250mm 地点のせん断ひずみのグラフ(図-5), 50 秒後のコンタ図(図-6, 図-7)で比較した。グラフより, ドレーン直径の大きい case4 ではひずみが徐々に上昇し, ドレーン直径の小さい case3 ではひずみの急激な上昇が見られた。これより, case3 では液状化の影響を大きく受けていることが考えられる。

50 秒後のコンタ図からも, case3 より case4 の全体値が高いことから, ドレーンの増大も液状化の発生を抑制するのに有効であるとわかる。

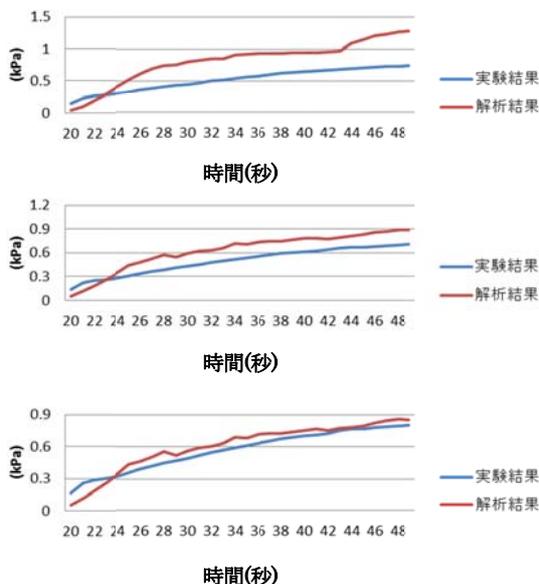


図-3 過剰間隙水圧の比較(中央の高さ 500, 250, 50mm 地点)

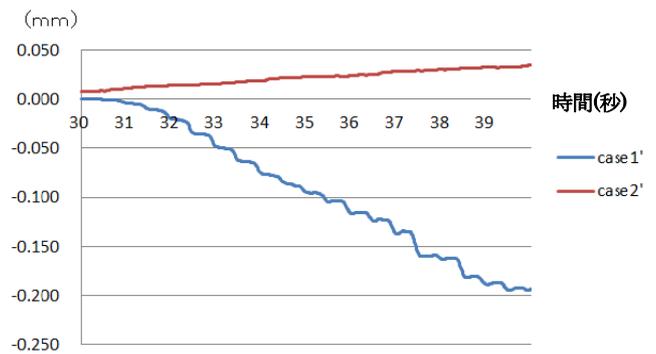


図-4 電柱沈下量の比較

表-2 傾斜角度の比較

	傾斜角度
case1'	1.2959°
case2'	0.0029°

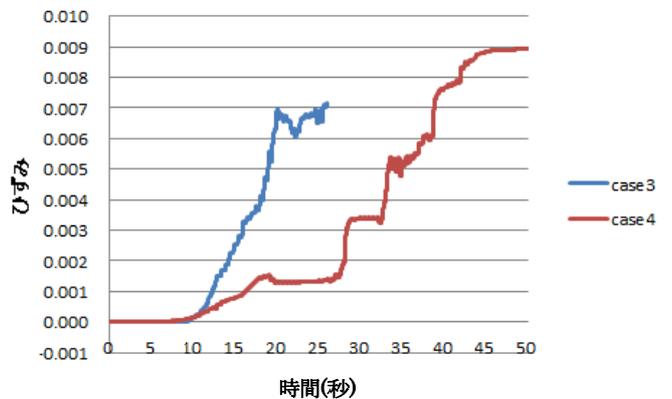


図-5 中央の高さ 250mm 地点のせん断ひずみ

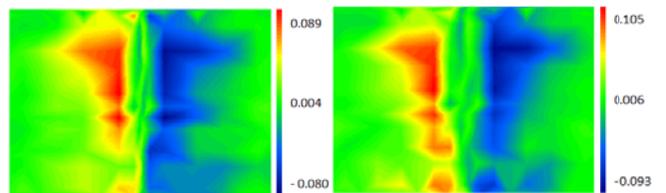


図-6 case3 のせん断ひずみ 図-7 case4 のせん断ひずみ

4. まとめ

今回, 模型実験を解析して実験結果を再現することができ, 実寸大解析への移行が見込めることを確認した。せん断ひずみ, 地盤と相対的な電柱沈下量といった実験では得られなかった結果から, 対策の有効性を示した。今後, 実寸大解析により効率的な対策検証が可能であり, ドレーンの条件を変化させるなど, 既設電柱にも適用できる対策を検討する予定である。

参考文献

1) 橋本和樹, 安井良介, 下窪邦裕, 高見沢和俊, 鈴木崇伸: 模型実験における電柱の液状化対策工法の効果検証, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学) Vol.70 (掲載予定)