

模型実験における 電柱の液状化対策工法の効果検証

橋本和樹¹・安井良介²・下窪邦裕³・高見沢和俊⁴

¹ 日本電信電話(株)アクセスサービスシステム研究所社員(〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1)

E-mail: hashimoto.kazuki@lab.ntt.co.jp

² 日本電信電話(株)アクセスサービスシステム研究所研究員(同上)

E-mail: yasui.ryosuke@lab.ntt.co.jp

³ 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(同上)

E-mail: shimokubo.kunihiro@lab.ntt.co.jp

⁴ 日本電信電話(株) アクセスサービスシステム研究所主幹研究員(同上)

E-mail: takamizawa.kazutoshi@lab.ntt.co.jp

本研究は電柱の液状化対策の一つである「根入れ部の砕石埋戻し工法（グラベルドレーン工法）」について、模型実験による効果の検証を行ったものである。グラベルドレーン工法は液状化の発生を抑制することで電柱の傾斜、沈下を抑える効果が見込まれているが、本実験により、使用する砕石の量やドレーンの長さの他、地盤の地下水位が液状化抑制効果に影響を与えることが明らかになった。また、目詰まり防止ネットを用いることによる効果への有効性についても確認された。

Key Words : *model shaking test, telephone pole, crushed stone, pore pressure*

1. はじめに

昨今の情報化社会において、電気通信の重要性は高いものになっている。電気通信の途絶はたとえ一時的なものであったとしても、現在の情報化社会においては大きな混乱を招くものである。実際、2011年3月に起こった東日本大震災においては、通信の途絶によって消防等に連絡が取れない、安否確認が出来ない等の大きな障害が生じた。健全な情報機能は、安心安全のためには必要不可欠なものであり、耐震信頼性の向上は健全な情報通信設備確保における急務の課題である。今回の大地震における電気通信設備の被害の主要因の1つとして、千葉県浦安市に代表されるような、地盤の液状化による電柱の傾斜、沈下が挙げられる。これまで液状化における対策として様々な研究がなされており、群抗工法や注入固化工法等様々な工法が存在している¹⁾が、中野他の研究によれば、電柱における液状化対策の工法には、グラベルドレーン工法が有効であると報告されている²⁾。しかし、これまでの工法では、掘削面積が大きく、現場での作業性、コスト面で非現実的であった。よって今回、通常の建柱作業の中で実現可能な範囲(掘削径、深さ)を想定し、地下水位についてもこれまでの、効果に与える影響度合いが不明瞭であったため、地下水位を変化させ現実的な地下水位での検証を行った。

2. 実験概要

2.1 過去の電柱の液状化実験

電柱に対する液状化対策については、過去にも縮小模型を使った実験が行われている。当時の実験では、電柱は通信線を架設する長さ 8m のものを想定し、模型の縮尺は 1/5 とし、模型地盤上での振動実験により複数の対策工法の効果検証を行っている。

その結果、「電柱の地際 1m 四方を砕石により埋戻し、その砕石を網で囲う工法」が最も効果が高く、有効であるということがわかった。

2.2 電柱の液状化実験の概要

今回の実験は、模型地盤上に液状化対策を施した電柱模型を設置して振動を加え、地盤の液状化状態を確認すると共に、電柱の変位量を測定することで、効果の有無(大きさ)を確認することを基本とする。

模型電柱は、電力線も架設する長さ 15m で、設計荷重 4.9kN の細径コンクリートポール(以下細径 CP)を想定して作成した。電柱を細径 CP としたのは、砕石量の増による液状化抑制効果の増大を狙っているためである。模型の縮尺は 1/10 とし、相似則を考慮して、作成する地盤や電柱等の大きさは表-1 の通りとなる。

グラベルドレーンに使用する砕石については、実物は

5号砕石（S-20）を想定しているが、模型上では7号砕石（S-5）を使用する。砕石で埋め戻す掘削穴については、外径、長さを現場での作業が可能な範囲を想定し、効果の違いを確認する。

地盤を作成する土槽は、下部にフィルター付きの蛇口を設け、地下水位の調整が可能なものを用意した。これにより、グラベルドレーンの性能が地下水位にどのような影響を受けるかを評価する。

地盤を構成する砂については、粒度の揃った天然砂（粒度:0.20～0.40mm、均等係数 2.2）を用い、水中堆積法によって作成した。

模型地盤の中には、図-1 の通り小型間隙水圧計を設置し、地盤作成時の地下水位確認を行うと共に、加振時の液状化状態を確認した（液状化状態については、事前の有効上載圧の計算値により判断する）。

今回は、地盤作成の上で、水と砂に関しては、現物を使用しているため、実物を再現したことにはならないが、粒度を揃えた砂を使用することで、液状化が起こりやすい状態を作り、同じ条件下での比較実験とすることで、効果の大きさを確認することとした。

また、同じ条件下での液状化抑制効果の確認を行うにあたり、入力する振動についても、水平一方向での正弦波加振として比較を行った。

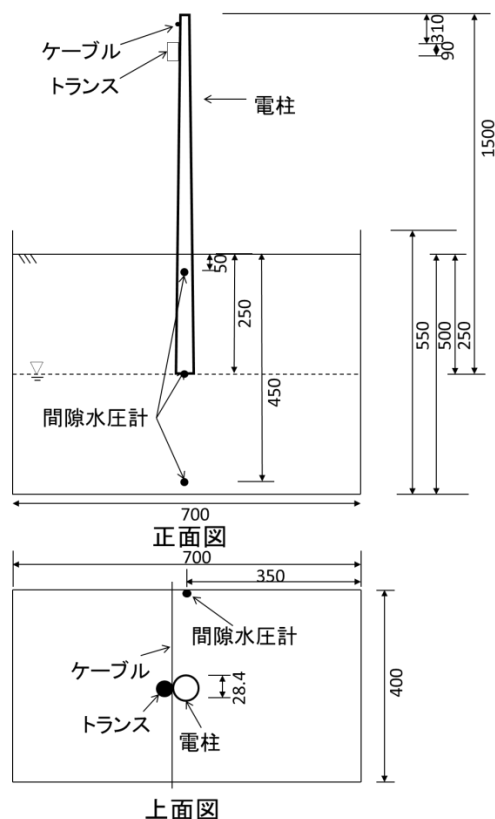


図-1 実験系図

3. 電柱の液状化に関する基礎実験

3. 1 実験目的

液状化の確認、ネットの違いによる効果確認のため、表-2に示す4パターンの実験を行う。今回砕石の位置を確保するネットは、砕石目詰まりを防止する透水シート（旭化成ジオテック社製、透水係数 $5 \times 10^3 \text{ cm/sec}$ ）を使用することとし、有効性の確認のため、砕石目詰まりを防止する機能はないポリエチレンネットと比較した。

3. 2 グラベルドレーンの効果確認実験の条件設定

図-2 を見ると、理論値通りの間隙水圧において液状化が起こり、電柱も傾斜・沈下が起こった。この結果により、今回の実験方法が理論と整合し有効であると確認したため、130gal以上の加速度で加振することとした。

図-3 の結果から、グラベルドレーンが液状化対策に効果があると確認できたが、液状化発生領域での本実験を実施するため、160galの加速度で加振を行った。その結果が図-4 の No.3 のグラフである。このとき、160galで一定時間の加振ののち液状化が起こったため、本実験においては160galの加速度での加振を基準とする。

また、図-4 の結果から、透水シートを使用した No.3 は160galの加速度到達後、24秒後に液状化が起こったが、ポリエチレンを使用した No.4 は160galの加速度到達後、8秒後に液状化が起こった。よって、砕石の目詰まりを防ぐ透水シートの方が効果が高いことが証明されたので、本実験においては透水シートの使用を基準とする。

表-1 模型電柱詳細

項目		実物 (想定)	モデル	縮尺	コメント
地盤	幅	7m	70cm	1/10	砂の投入量を管理し、
	奥行	4m	40cm	1/10	毎回、同じ間隙比となる
	高さ	5m	50cm	1/10	ように作成
電柱	長さ	15m	1.5m	1/10	実物と同様のテーパを
	太さ	28.4cm	2.84cm	1/10	付け、内部を中空にして
	重さ	1280Kg	1280g	1/1000	作成
建柱の 条件	根入れ長	2.5m	25cm	1/10	柱長の1/6
	荷重	240kg	240g	1/1000	垂直荷重分
	ケーブルスパン長	30m	3m	1/10	ケーブルに一定の張力
	ケーブルち度	34cm	3.4cm	1/10	がかかった状態を再現
加振	加速度	130～ 160gal	130～ 160gal	1/1	模型地盤で検証に最適 な加速度を設定
	周波数	0.63Hz	2Hz	$\sqrt{10}$	長周期で振動時間の長い 揺れを想定
	振動時間	150秒	約50秒	$1/\sqrt{10}$	

表-2 事前実験パターン

No.	ドレーン の長さ (mm)	ドレーン の直径 (mm)	ネット	地下水位 (mm)	加速度 (gal)
1				250	約130
2	300	50	透水シート	250	約130
3	300	50	透水シート	250	約160
4	300	50	ポリエチレンネット	250	約160

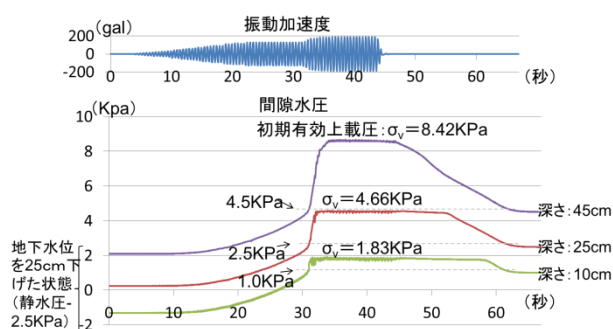


図-2 No. 1 加振加速度・間隙水圧の時間歴

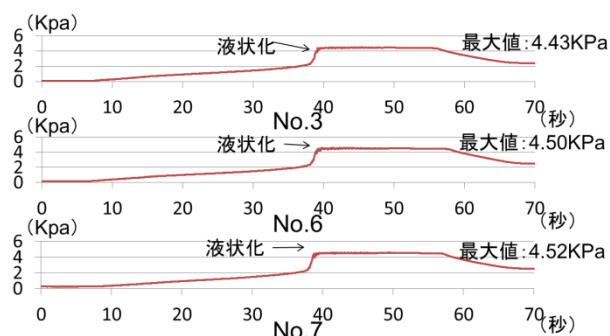


図-6 No. 3, 6, 7の間隙水圧の比較

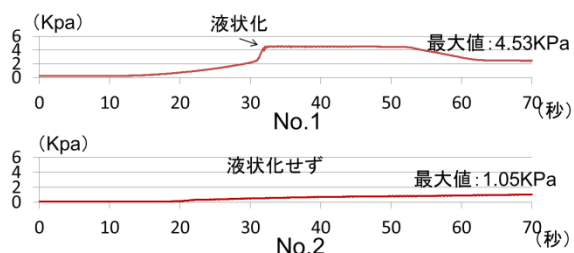


図-3 No. 1, 2の間隙水圧の比較

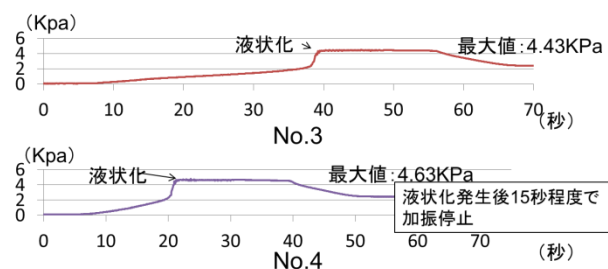


図-4 No. 3, 4の間隙水圧の比較

表-3 実験パターン

No.	ドレーンの長さ (mm)	ドレーンの直径 (mm)	ネット	地下水位 (mm)	加速度 (gal)
5	300	100	透水シート	250	約160
6	250	50	透水シート	250	約160
7	350	50	透水シート	250	約160
8	300	50	透水シート	0	約130
9	300	100	透水シート	0	約130

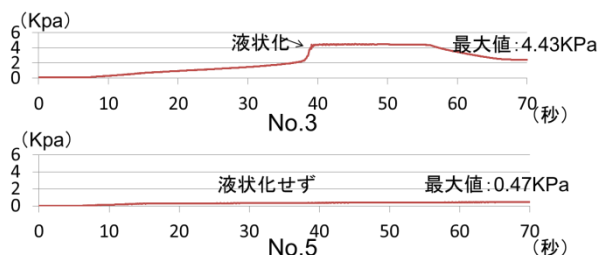


図-5 No. 3, 5の間隙水圧の比較

4. グラベルドレーンの効果確認実験

4. 1 実験目的

事前実験の結果をもとに、透水シートを用いた対策を基本とし、ドレーン長、掘削径に対する効果を明らかにし、作業効率および適用性の高いグラベルドレーンの条件を調べるため、下記3点の実験パラメータを変化させて本実験を行った。

- ・径の違いによる効果確認
- ・グラベルドレーン長による効果確認
- ・地下水位の差による効果確認

これらを No. 3 の実験データを基準に変化させた。本実験の実験パターンを表-3に示す。

4. 2 実験結果の考察

(1) 径の違いによる効果確認

図-5を見ると、ドレーンの直径を 100mm にした No.5 では液状化は発生せず、電柱の傾斜や沈下起こらなかった。この結果により、液状化対策の効果としてグラベルドレーンの径が大きい程効果が大きくなると考えられる。

(2) グラベルドレーン長による効果確認

図-6を見ると、ドレーン長を 250mm, 300mm, 350mm と変化させても液状化発生までの時間は、それぞれ約 20 秒程になり、ほぼ変わらなかった。この結果により、グラベルドレーン長の効果は、地下水位の高さによって依存し、地下水位より低い部分でのグラベルドレーンは効果をなさないと考えられる。

(3) 地下水位の違いによる効果確認

図-7を見ると、地表面まで地下水位を上げた No.8 は加振が 160gal に達するまでに液状化が生じた。図-8のように、グラベルドレーンの直径を大きくした場合においても、同様の結果が得られた。この結果と、図-9の地下水位が 0mm の時、液状化発生までの時間および加速度がほぼ一致したことにより、上述した通り地下水位より低い箇所でのグラベルドレーンは効果を発揮しない

ことが確認出来た。

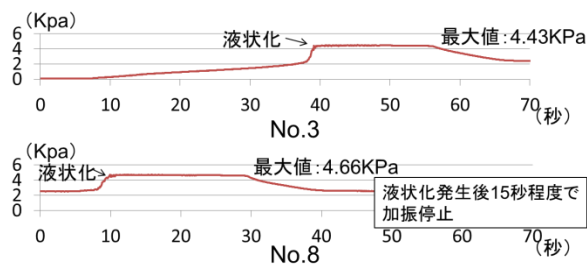


図-7 No. 3, 8 の間隙水圧の比較

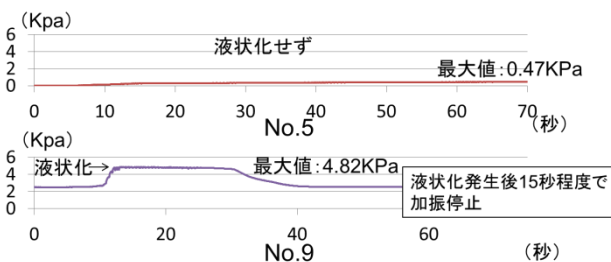


図-8 No. 5, 9 の間隙水圧の比較

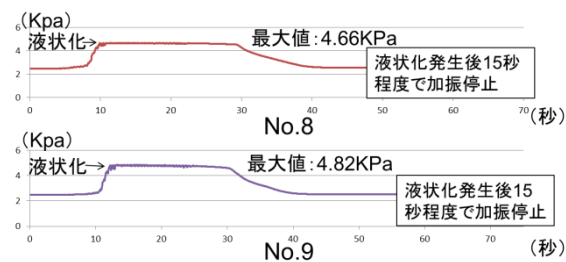


図-9 No. 8, 9 の間隙水圧の比較

5. まとめおよび今後について

本研究では、振動台を用いた液状化実験を行い、グラベルドレーン工法における地盤が液状化現象に対して与える影響について定量的検討した。以下にその結果をまとめる。

(1)グラベルドレーンには確かに液状化抑制効果があり、その効果は砕石が砂と混じらない方が高い。

(2)液状化抑制効果は地下水位より高い部分の砕石量に左右されていて、地下水位より下の砕石については、あまり液状化抑制効果はみられない。

以上のことが模型実験により明らかになり、液状化対策においては、地下水位より高い位置かつ幅広い面積にグラベルドレーンを有することが効果的であることがわかった。今後はこれらの結果をもとに低コストかつ適用性の高い工法の具体化を進めていくと共に、既設電柱の液状化対策工法の検討も進めていく。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、貴重なご示唆をいただいた鈴木東洋大教授に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 地盤工学会編：知っておきたい地盤の被害—現象、メカニズムと対策—, p134
- 2) 中野雅弘・吉川正昭・斉藤進・荒野政信本：電柱基礎地盤の液状化対策に関する実験的研究, 土木学会論文集第 404 号, 1989. 4

(?受付)

TECHNIQUE FOR POLE LIQUEFACTION AT MODEL EXPERIMENT

Kazuki HASHIMOTO, Ryosuke YASUI, Kunihiro SHIMOKUBO and Kazutoshi TAKAMIZAWA

This study inspected the effect by the model experiment about "the rubble backfill method of construction of the root case part(Gravel drain method of construction)" that was one of the liquefaction measures of the telephone pole. Gravel drain method of construction was to control outbreak of the liquefaction, and an effect to hold the slant of the telephone pole, subsidence in check was anticipated, but it became clear that basement water level of the ground affected the liquefaction suppressant effect other than the length of quantity and the drain of the rubble to use by this experiment. In addition, the effectiveness to the effect by using a prevention of blocking network was confirmed.