

最近の液状化対策地盤改良工法

—低振動・低騒音型の締固め工法の効果について—

不動建設(株) 正会員 坪井英夫

正会員 深田 久

正会員 ○濱里青史

1. はじめに

わが国は世界有数の地震国であり、先の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）においても広範囲にわたって液状化現象が発生し、多くの被害を与えた。この液状化の対策工として様々な工法が提案・実用化されているが、土質工学会「地盤の液状化防止に関する研究委員会」による液状化対策工法に関するアンケート調査結果¹⁾によれば、1985年～1990年の5年間に施工された工事の内、サンドコンパクションパイル工法（以下SCP工法）に代表される密度増大（締固め）工法が最も件数が多く全体件数の約6割（内SCP工法は全体件数の36%）を占めている。また兵庫県南部地震において密度増大工法で改良された地盤での相対沈下量はほとんどなく改良効果が確認された。²⁾

本文においては従来のSCP工法の1つの課題であった施工時の振動・騒音および変位の問題を改善し、近接施工を可能にした高周波小口径サンドコンパクションパイル工法（以下ミニSCP工法）と、間隙水圧消散工法での効果および従来なかった新たな施工法である波状施工（以下ウェーブ施工）を用いた静的な締固め機構を開発し、グラブドレーン工法に適用したので、その効果についても報告する。

2. 高周波小口径サンドコンパクションパイル工法＜ミニSCP工法＞

液状化対策として最も確実で実績の多いSCP工法をベースに、以下に示すような仕様を変更して、従来の締固め効果を保持しながら地盤変位や振動・騒音の低減を図り、既設構造物の近傍や市街地での適用性を高めた工法である。

- ①造成杭の小径化（従来工法での杭径 $\phi 700\text{mm}$ に対して $\phi 350\sim 400\text{mm}$ 程度に小径化した。）
- ②ケーシングの小径化（従来工法のケーシング（ $\phi 400\text{mm}$ ）に比べ $\phi 200\text{mm}$ のケーシングを使用する。）
- ③高周波パワハラマの使用（高周波パワハラマ（周波数20~25Hz, 起振力25~30tf）を使用する。）
- ④ウォータージェット装備（ケーシングの貫入困難な場合、必要に応じてウォータージェットを使用し貫入補助とする。）

本工法は平成4年には運輸省から液状化防止技術としての評価証を受け、以来16件（延べ34万m）以上の施工実績をもつに至っている。

改良効果として、図-1に実測杭間N値と推定杭間N値（細粒分を考慮した砂質土に対するSCP工法の設計である水野らによる方法³⁾により推定）の関係を示す。同図より明らかなように、ミニSCP工法については従来型SCP工法に比べて若干ばらつきは大きいものの、ほぼ同等の改良効果が得られおり、改良仕様の決定は従来型SCP工法と同じ設計法で行うことができる。ただし、ミニSCP工法は施工機の諸元が従来型と異なるため、現地で試験施工を実施して改良仕様を決定することが考えられる。

また改良前後のN値の深度分布を図-2に示す。同図より、原地盤N値3~9に対し改良後の砂杭間N値は7~16に増加しており、十分に締固められた結果となっている。

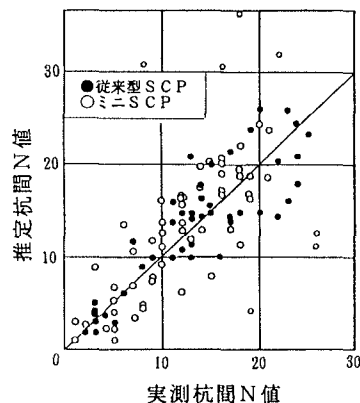


図-1 SCP工法の実測杭間N値と推定杭間N値の関係

Recent Soil Improvement Methods as remedial measures against liquifaction:

Hideo TSUBOI, Hisasi FUKADA, Seishi HAMASATO (Fudo Construction Co., Ltd.)

なおこの事例における施工諸元は、高周波 $\pi/4$ (周波数25Hz、起振力25tf)、ケーシング径 $\phi 200$ mm、砂杭径 $\phi 350$ mm、 $\pi/4$ 間隔1.1m、改良率8.0%、深度10mの仕様である。

施工中の振動測定結果を従来型SCP工法と併せて図-3に示す。従来型SCP工法に比べ振動は5 dB程度低減しており、振動についてはウォータージェットの併用により、さらに5 dB程度低減している。

施工時変位については、打設域から5m離れた地点においても水平変位はおおよそ1 cm以下の測定結果となっている。⁵⁾

3. 締固め機能をプラスしたグラベルドレン工法の効果

オーガーモーターによる回転貫入と波状施工を用いた新たな静的な締固め機構を開発し、その内容を以下に示す。

ウェーブ施工とは造成中のケーシングパイプの引き抜き、打ち戻しを細かく行う施工法であり、杭を拡張すると同時に杭周辺を静的に締固めてN値を増加させる効果を期待するものである。

このウェーブ施工を、グラベルドレン工法に適用して改良効果を測定した。施工方法を図-4に示すが、ケーシングを所定深度まで回転しながら貫入した後、引き抜く過程でケーシングを細かく上下させながら碎石を排出する。

杭径 $\phi 500$ 、 $\pi/4$ 間隔1.8mで施工した時の杭間の改良前後のN値を比較したのが図-5である。これによれば原地盤N値3~18に対して改良後N値は8~24に増加しており締固め効果が得られた結果となっている。また施工中の振動測定結果について従来の地盤改良工法と合わせて図-3中に示すが、同現場での測定結果によればレベルが低い。

4. まとめ

ミニSCP工法については従来型SCP工法と同程度の改良効果を持ち、近接施工が可能であるため今後も市街地および臨海地域での適用が期待できる。

ウェーブ施工による静的な締固め機構をもつグラベルドレンは従来の過剰間隙水圧消散効果に加え締固め機能をもつことで、ねばりのある液状化対策工法とすることができる。今後は多くの現場で改良効果のより詳細な把握が必要であり、さらに適用性を拡げて行く方向が考えられる。

参考文献

- 1) 田中・中島・坪井：2. 対策工法，地盤の液状化に関するシンポジウム発表論文集，土質工学会，1991.
- 2) 石原・安田・原田・新川：兵庫県南部地震により液状化した地盤の沈下量と改良工法の関係，土木学会第50回年次学術講演会，1995.
- 3) 水野・末松・奥山：細粒分を含む砂質土盤におけるサンドコンパクションパイル工法の設計法，土と基礎，Vol. 35, No. 5, 1987.
- 4) 土質工学会編：軟弱地盤対策工法一調査・設計から施工まで一
- 5) 河本ら：高周波小径サンドコンパクションパイル工法の施工結果，第27回土質工学研究発表会，1992.

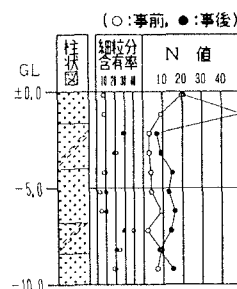


図-2 改良前後のN値

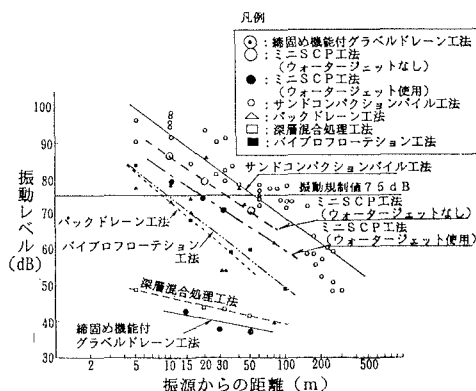


図-3 地盤改良工法、振動レベルの距離減衰 (文献4)に加筆)

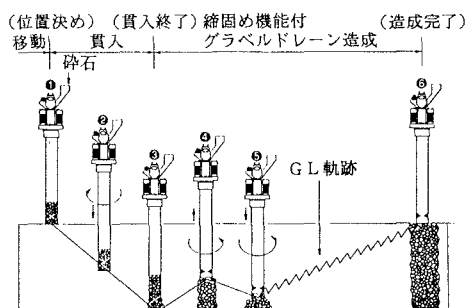


図-4 締固め機能付グラベルドレン工法施工方法

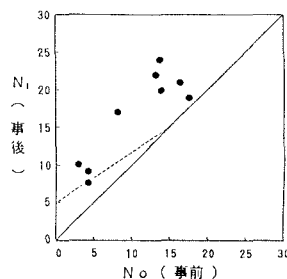


図-5 締固め機能付グラベルドレン工法施工前後のN値