

ディープ・バイブロ工法による砂質土地盤の締固め効果についての一考察

安藤ハザマ 正会員    ○足立有史、永井裕之  
日本海工                      篠井隆之  
青山機工                      小林 司  
徳島大学 正会員              渦岡良介

1. はじめに

ディープ・バイブロ工法（DV工法）は、振動棒工法やバイブロフローテーション工法と同様の密度増大工法に位置づけられ、ロッド先端に取り付けた高出力バイブレータ（バイブロフロット）の水平振動により、周辺地盤を締固め液状化を防止する工法である。DV工法の設計は、φ650mm相当の砂杭を形成するものとして、サンドコンパクションパイル工法と同様の手法（「方法C」<sup>1)</sup>）を採用している。本報告は、DV工法における最近の施工結果から、特に対象地盤の粒度特性に着目し、改良効果および現行設計法の適用性について考察するものである。

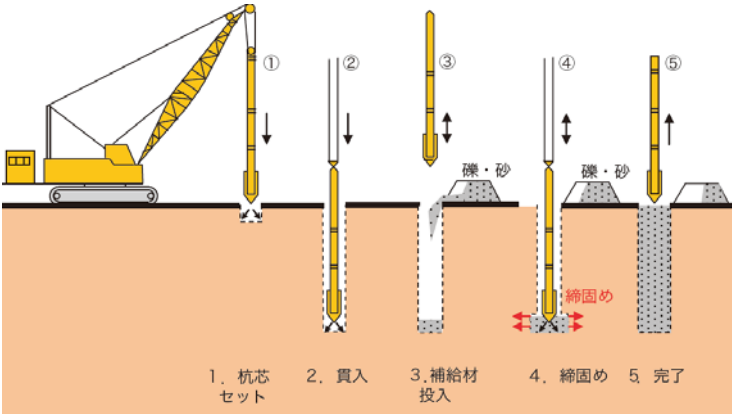


図-1 DV工法の施工手順

2. DV工法の施工及び設計手順

図-1にDV工法の施工手順を示す。施工は貫入工程と締固め工程に区分され、貫入工程では、バイブロフロットの振動エネルギーとエアジェットの噴出エア圧でバイブロフロットを規定深度まで貫入する。締固め工程では、深度毎に地表面までの引抜き、打戻しを繰り返し、その際、地盤に発生する陥没穴に地表面から補給材を投入することで地盤密度を高めて所定の強度を有する地盤に改良するものである。

DV工法の設計手順を図-2に示す。DV工法の設計法は、造成した砂杭により周辺地盤の間隙が減少し密度が高まることでN値が増加するとし、必要な砂杭ピッチを決定するものである。

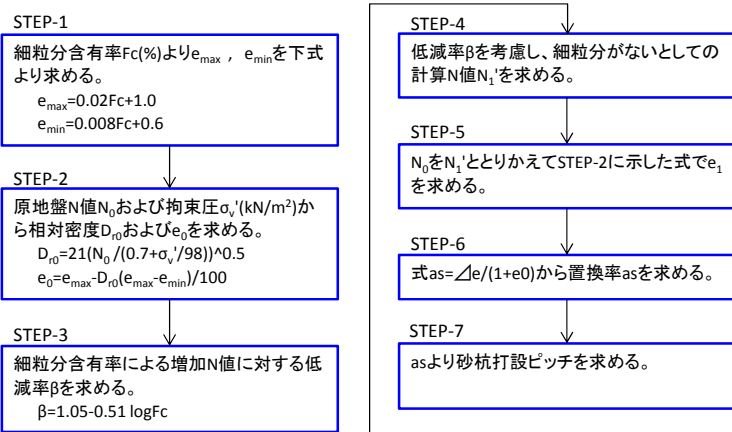


図-2 DV工法の設計手法 <sup>1)</sup>に一部加筆

3. 施工データと改良効果

本報で扱う施工データの一覧を表-1に示す。これらのデータは、液状化対策工として実際の工事で得られたもののうち、改良前後の調査地点が3m以内に近接し、かつ、地盤の粒度情報が比較的そろっているものである。改良前後の杭間N値を図-3に示す。改良後のN値の増加量は原地盤N値や置換率と一定の相関が確認できる。一方で、置換率が小さい場合でも、高い改良効果を示すデータもありばらつきが見られる。杭間N値と細粒分含有率の関係を図-4に示す。細粒分含有率が大きくなるほど、杭間N値の増加幅が小さくなることが確認できる。これは、現行の設計法で取り入れられている低減率βの考え方と整合している。

表-1 施工データ一覧

| 地名 | 対象土質 | 細粒分含有率 Fc(%) (平均) | 平均粒径 D50(mm) | 杭間隔*1 (m) | 置換率 as(%) |
|----|------|-------------------|--------------|-----------|-----------|
| 青森 | 砂質土  | 25.1              | 0.407        | □1.5      | 10.9      |
| 石川 | 砂質土  | 2.5               | 0.340        | □1.8      | 8.7       |
| 福島 | 砂質土  | 8.1               | 0.360        | □1.6      | 11.0      |
| 新潟 | 砂質土  | 4.9               | 0.282        | □2.15*1.6 | 9.6       |
|    |      |                   |              | □3.2*1.95 | 5.3       |
|    |      |                   |              | □1.8*1.6  | 11.5      |
| 茨城 | 砂質土  | 6.5               | 0.317        | △2.3      | 7.2       |
| 千葉 | 砂質土  | 8.4               | -            | □1.4      | 17.0      |

\*1 □: 正方形配置、△: 三角形配置

キーワード 振動締固め, 密度増大, 液状化対策  
連絡先 〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ 土木事業本部

TEL 03-6234-3672

#### 4. 改良効果と粒度特性

低減率 $\beta$ は、図-2のSTEP-3に示すように細粒分含有率の関数として定義されている。細粒分含有率の増加に伴う改良効果の低減を考慮した $\beta$ の導入は、 $N \sim D_r$ の関係式(STEP-2, 5)で細粒分が多い場合に $D_r$ を過小評価することへの対応であり、サンドコンパクションパイル工法による実測値をもとに提案されたものである<sup>2)</sup>。DV工法による改良地盤の実測値から式(1)により低減率 $\beta$ を算出した結果を図-5(a~c)に示す。

$$\beta = \frac{\Delta N}{\Delta N'} = \frac{N_1 - N_0}{N'_1 - N_0} \quad \text{式(1)}$$

ここに、 $\Delta N$ : 細粒分の影響を受けた $N$ 値の増分

$\Delta N'$ : 細粒分の影響を考慮しない $N$ 値の増分

$N_1$ : 細粒分の影響を受けた実測 $N$ 値

$N'_1$ : 細粒分の影響を考慮しない改良後計算 $N$ 値

$N_0$ : 改良前の実測 $N$ 値

浅層部は深層部に比べて低拘束圧であることや地表部の盛り上がりの影響を受けることから、深層部の改良効果と比較するため、GL-3.3mで分けたグラフも作成した。図-5(a)より、実測値は現行設計法の $\beta$ 値に対して、上下に大きくばらついていることが確認できる。また、GL-3.3m以浅および以深の違いについても特に明確な傾向は確認できない。ただし、図-5(c)の点線で囲まれたデータにおいては特に $\beta$ 値が低くなっているが、この地点は他地点と異なり対策範囲の下層に軟弱なシルト層が存在することが影響したと推察される。

低減率 $\beta$ のばらつきの要因として平均粒径 $D_{50}$ に着目した。 $\Delta\beta$ (現行設計法の低減率 $\beta$ と実測 $\beta$ 値の差)と平均粒径 $D_{50}$ の関係を図-6に示す。 $D_{50}$ が大きくなるに従い $\Delta\beta$ の増加傾向が確認でき、細粒分含有率に加えて粒径分布が締固め効果に影響を与えている可能性がある。

#### 5. まとめ

DV工法で施工データをもとに改良効果や現行の設計法の適用性について検討を行なった。改良効果にばらつきはあるものの、現行設計法と整合する結果であった。また、増加 $N$ 値に対する低減率 $\beta$ は細粒分含有率のほか、粒径分布などの影響を受けていることも示唆された。今度は、さらにデータを蓄積し、より合理的な設計法の確立を目指す。

##### <参考文献>

1) 地盤工学会：液状化対策工法、pp.233-242、2004。2) 水野、末松、奥山：細粒分を含む砂質地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, pp.21-26, 1987。

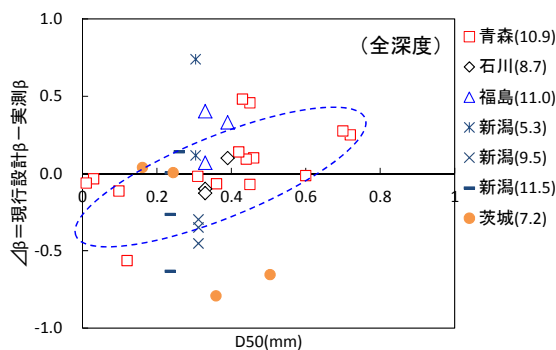


図-6  $\Delta\beta$ と $D_{50}$ の関係

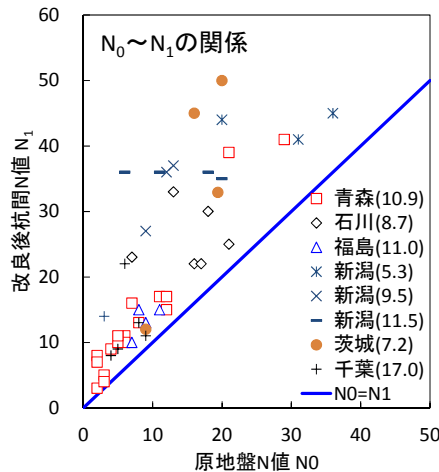


図-3 改良前後の杭間 $N$ 値

\*図中( )内は置換率を示す

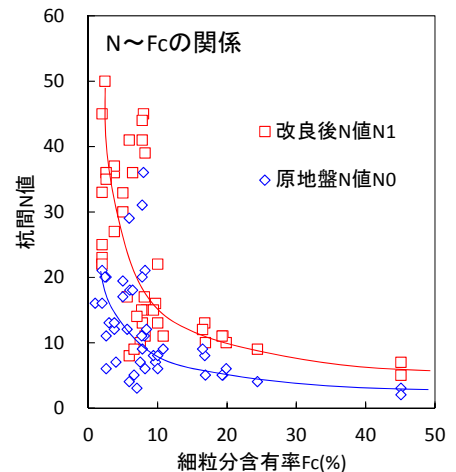
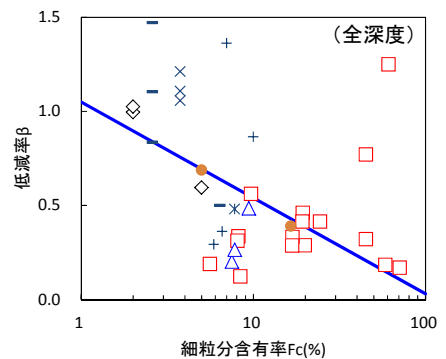
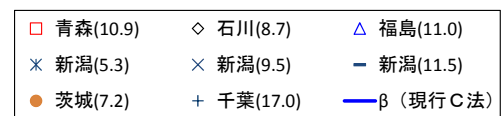
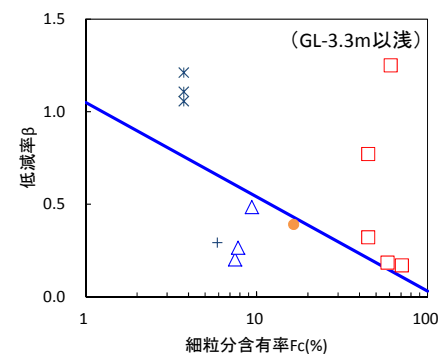


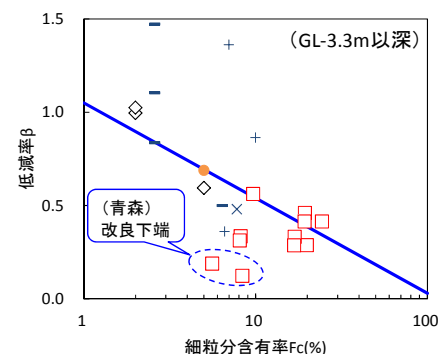
図-4  $N$ 値と $F_c$ の関係



(a)全層



(b)GL-3.3m以浅



(c) GL-3.3m以深

図-5 細粒分含有率と低減率 $\beta$ の関係