

低振動・低騒音の新液状化対策工法 －改良後 N 値の推定方法について－

大成建設株式会社

三信建設工業株式会社

大成ロテック株式会社

成和リニューアルワークス株式会社

正会員 ○村田 柳太朗

正会員 本谷 洋二

正会員 湯川 誠二郎

池田 禎健

1. はじめに

低振動・低騒音の新液状化対策工法（以下新工法と称す）は、地中に貫入したバイブロプロットの振動と中詰材の圧入により、周辺地盤に繰り返しせん断ひずみを与えて締固める密度増大工法である。図 1 に改良原理の模式図を示す。締固め効果には振動による動的なエネルギーを地盤に伝える成分と、中詰材の圧入による静的なエネルギーを地盤に伝える成分があると考えられる。新工法による改良効果の推定法には山崎が提案する方法¹⁾（以下 κ 法と称す）を採用した。本稿では実大実験の結果と κ 法による推定値を比較した結果を報告する。

2. 改良効果の推定方法

κ 法は N 値と相対密度と累積せん断ひずみの関係を利用し、改良後 N 値を推定する方法であり、新工法の改良原理と考え方が近い。図 2 に SCP 工法と新工法の累積せん断ひずみの増分における考え方の違いを示す。

SCP 工法において累積せん断ひずみは砂杭を圧入することで増加する。圧入により杭径 700mm の砂杭を造成することで静的な締固めを行っている。

新工法は起振機を直接地盤に貫入することから、振動による動的な締固め効果が高く、圧入と振動それぞれの作用によって、累積せん断ひずみを増加させていると考えられる。したがって各作用による累積せん断ひずみの増分を求め、その和から新工法による累積せん断ひずみの増分を求めることが望ましい。ただし成分ごとの分析を行うための十分な実績が現状得られていないため、圧入のみの成分に換算した場合に、どの程度の改良径と換算すればよいか検討を行った。新工法では圧入と振動の効果を考慮した換算径が、 $\phi 700\text{mm} \sim 900\text{mm}$ 程度と予測される。改良効果と等価な改良径を換算することで、新工法への適用を試みた。

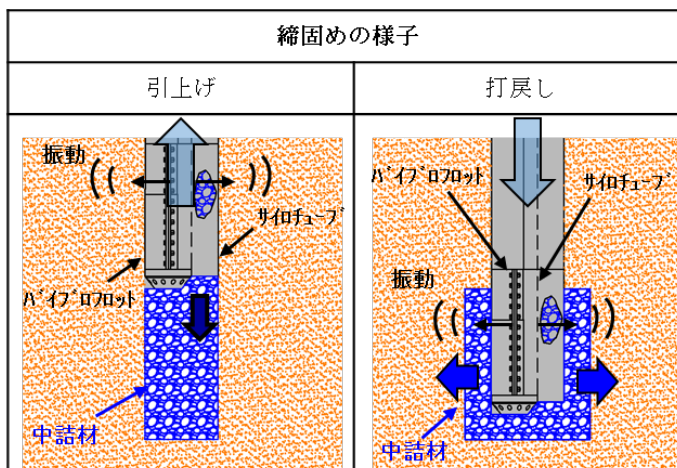


図 1 改良原理の模式図

κ 法において改良後の相対密度は累積せん断ひずみより以下の式で求めることができる

$$D_{r1} = \frac{\Delta\gamma^* + \gamma_i^*}{(c_2/c_1) + (\Delta\gamma^* + \gamma_i^*)}$$

ここに

γ_i^* : 地盤の初期累積せん断ひずみ

$$c_1 = e_{\max} - e_{\min} \quad c_2 = 1 + e_{\max}$$

SCP工法の場合（静的な締固め）

$$\Delta\gamma^* = \Delta\gamma_E^* \quad \text{圧入後の杭径：700mm}$$

新工法の場合（動的な締固め）

$$\Delta\gamma^* = \underbrace{\Delta\gamma_E^* + \Delta\gamma_V^*}$$

各成分を求めることは困難であり
以下の方法で推定する

$$\Delta\gamma^* = \Delta\gamma_E^{*'} \quad \text{換算した杭径：700mm～900mmと予想}$$

ここに

$\Delta\gamma^*$: 改良による累積せん断ひずみの増分

$\Delta\gamma_E^*$: 中詰材料圧入による累積せん断ひずみの増分

$\Delta\gamma_V^*$: 起振機の振動による累積せん断ひずみの増分

$\Delta\gamma_E^{*'}$: 圧入と振動の効果を圧入のみに換算した場合のせん断ひずみの増分

図 2 累積せん断ひずみの増分における工法の比較

キーワード 密度増大工法，液状化対策，低振動，低騒音， κ 法

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設株式会社 TEL 03-5381-5420

3. 推定 N 値と改良後実測 N 値の比較

実大試験にて三角形配置の 1.7m ピッチ, 2.0m ピッチ, 2.4m ピッチの三水準の施工を行った. 施工時のパス数は 4 に設定している. 図 3-1~3-3 に GL-0~10m までの改良後実測 N 値と κ 法による推定値の関係を示す. 改良後実測 N 値は杭間の N 値を施工後 1 週間程度養生した後計測を実施した. κ 法による推定値の計算には施工後にサンプリングした土質試料の細粒分含有率を使用している. 推定に必要な改良率は改良径をそれぞれ 700mm, 800mm, 900mm と仮定して算定した. 図中の破線は改良ピッチごとのプロットに対して近似線を引いたもので, 傾きが 1 以上であれば全体として実測 N 値が推定 N 値を上回ったことを意味する. 図 3-1, 図 3-2 では改良径をそれぞれ 700mm と 800mm として推定 N 値を算定しており, 近似線の傾きはすべての改良ピッチで 1 を上回る結果となった. 図 3-3 では改良径を 900mm として推定 N 値を算定しており, 近似線の傾きは 2.4m, 2.0m ピッチにおいて 1 を下回る結果となった.

この結果から κ 法で改良 N 値を推定した場合, 換算の改良径を 700mm または 800mm とすることで, 4 パス施工での改良後 N 値とほぼ等価な値を算定することができることが分かる.

4. 出来形径の確認

実大試験では施工後に改良体を GL-2.0m の深さまで掘削し出来形径の確認を行った. 表 1 に出来形径確認の結果を示す. また図 4 は出来形径の断面を撮影したものである. 出来形の平均径は 730mm 程度であり 700mm を上回るが 800mm には満たない結果となった.

以上の結果から $\Delta\gamma^*_E$ は, 径 700mm 相当の中詰材料圧入による累積せん断ひずみの増分よりも大きいことが分かる. 新工法の累積せん断ひずみの増分は $\Delta\gamma^*_{E'} \equiv \Delta\gamma^*_{E'} + \Delta\gamma^*_{V'}$ であることから, $\Delta\gamma^*_{E'}$ についても同様と考え, 振動成分も考慮し換算の改良径は 800mm とした.

表 1 出来形径の掘削確認結果

深度	GL-0.5m	GL-1.0m	GL-1.5m	GL-2.0m	全深度
平均改良径	663mm	703mm	806mm	738mm	728mm

5. まとめ

前稿にて新工法の改良効果を示し, 周辺環境への影響を低減できることを述べた. 改良後 N 値と κ 法による推定 N 値の比較を行った結果, 改良径を 700mm または 800mm と仮定した場合に整合することが分かった. さらに改良後の地盤を掘削し, 出来形径の確認を行うと, 実際の出来形は 700mm を上回っていた. 振動成分が加わると, 改良効果と等価に換算した杭径は 800mm と推定できる. 10m 以深については, 改良効果のデータ取得が不十分であり上述の考察には至らなかった. 今後データ数を増やすことで 10m 以深への設計法の適用性を確認する.

参考文献

1) 港湾空港技術研究所: 港湾空港技術研究所資料 液状化対策としての締固め工法の設計法に関する研究 No. 1220, 2010 年 12 月

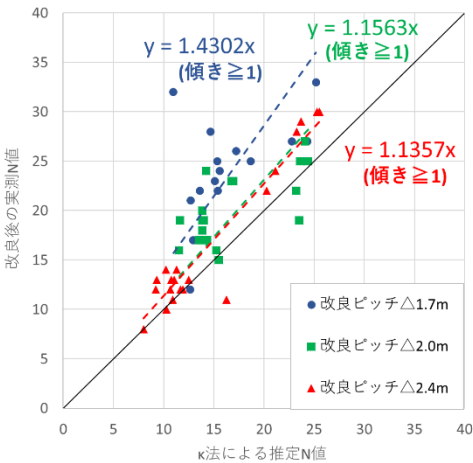


図 3-1 推定値と実測値の関係(φ 700)

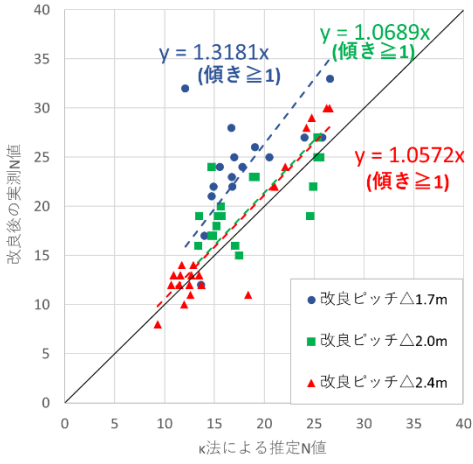


図 3-2 推定値と実測値の関係(φ 800)

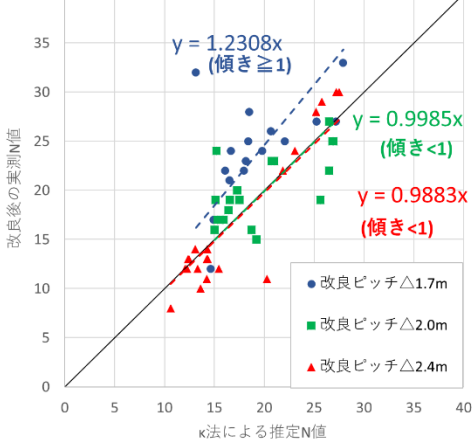


図 3-3 推定値と実測値の関係(φ 900)



図 4 出来形径の掘削確認