静的圧入締固め工法の液状化対策効果と隆起抑制対策

北陸地方整備局新潟港湾・空港整備事務所　正会員　竹村　淳一
財団法人沿岸技術研究センター　正会員　池内　章雄
株式会社本間組　正会員○黒坂　正博
株式会社本間組　松山　伸二

１．はじめに

新潟空港は航空輸送上重要な拠点空港と位置付けられており，大規模地震に際しても空港の機能の維持が求められている。今般，新潟空港において耐震性向上のための液状化対策として，静的圧入締固め工法（以下，CPG 工法）による地盤改良工事を行った。地盤改良対象土層は細粒分含有率 10%未満の砂層であり，改良形式は類似条件の石狩湾新港で実施された「実物大の空港施設を用いた液状化実験」における結果を参考に，改良効果が期待される最小改良率 5%，改良ピッチ 2m（正三角形配置）で計画されている。地盤改良工事では，CPG 工法における改良効果の確認と施工に伴う地盤隆起の管理手法の確立および周辺施設，地盤に与える影響を把握するため，事前・施工中・事後の調査・計測を実施した。本報告は，CPG 工法の改良効果と地盤隆起抑制のための管理方法について述べる。

２．工事概要

施工平面図，調査・計測位置図および施工断面図を**図-1**，**図-2** に示す。CPG 工法は極めて流動性の低いモルタルを地盤中に注入して固結体を造成し，地盤を圧縮強化する締固め工法である。施工方法は固結体下端から上方に向かってステップ毎に順次圧入するボトムアップ方式が標準であるが，本工事では隆起を抑制する方法のひとつであるリバース併用方式（繰返し圧入）を加えた２種類で実施した。リバース併用方式とは，「載荷」と「除荷」を繰返しながら圧入する方法であり，一定量圧送（正転）毎に一定時間ポンプの逆転運転（リバース）を行い強制的に除荷を行う方法である。（**図-3**，**図-4**）

本工事で計画されている液状化対策範囲は TP.0.00～-10.00m（10.0m）区間であり，事前調査結果に基づく液状化判定では，対象土層の上部と下部がレベル１地震動で「液状化する可能性のある範囲」と判定された。

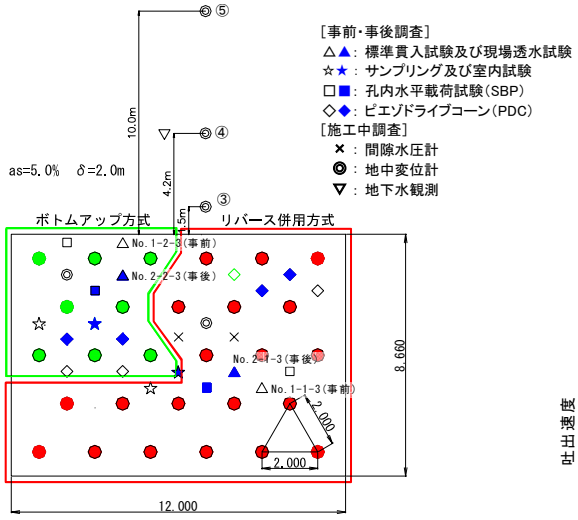

図-1　施工平面図，調査･計測位置図

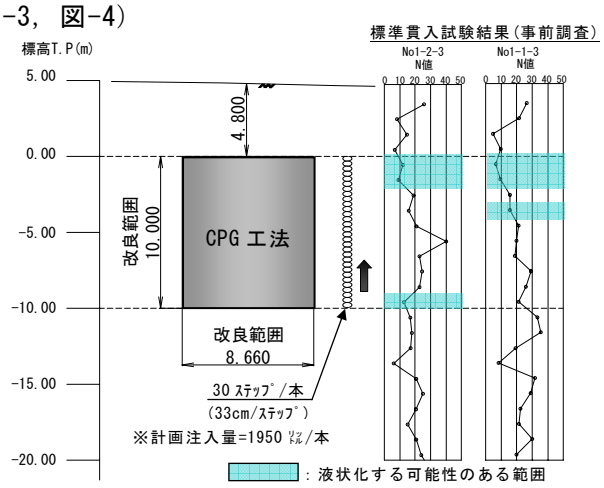

図-2　施工断面図

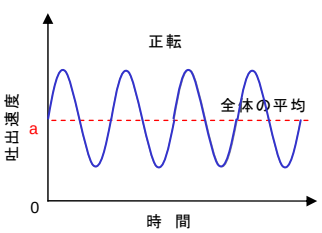

図-3　通常圧入(ボトムアップ方式)

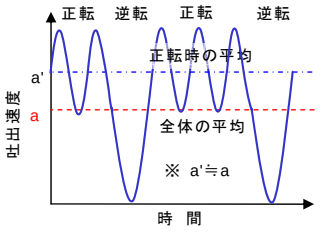

図-4　繰返し圧入(リバース併用方式)

キーワード　空港施設，液状化対策，静的締固め，隆起抑制
連絡先　〒981-8650　新潟市中央区西湊町通三ノ町3300番地3　株式会社本間組　TEL 025-229-8441

３．隆起抑制対策の施工管理方法

地盤の隆起抑制対策として①リバース併用方式を採用し，②分散施工[*1)]，③ローテーション施工[*2)]，④注入圧力管理を実施した。間隙水圧の計測結果から，施工後の水圧消散までの放置時間が 3 時間程度であることが確認された。CPG は 1 日 1 本の打設とする分散・ローテーション施工を行った。注入圧力は上限値を 6MPa に設定し，上限値を超えたときは，1 ステップ(約 33cm)当たりの注入量が計画注入量に満たない場合でもステップアップを行った。平均注入圧力の深度分布を**図-5** に示す。比較的 N 値の大きい TP.-4～-9m 付近で圧力が高い傾向にあった。施工方式別に比較すると，リバース併用方式の方が全般的に低い圧力を示しているが，注入率（計画注入量に対する実施注入量の割合）は高い結果となった。

なお，観測された鉛直変位（累積隆起量）は最大で 1mm（1.5m メッシュの測定範囲 15×18m 内で 2 地点）であり，CPG 施工に伴う大きな変状は生じなかった。

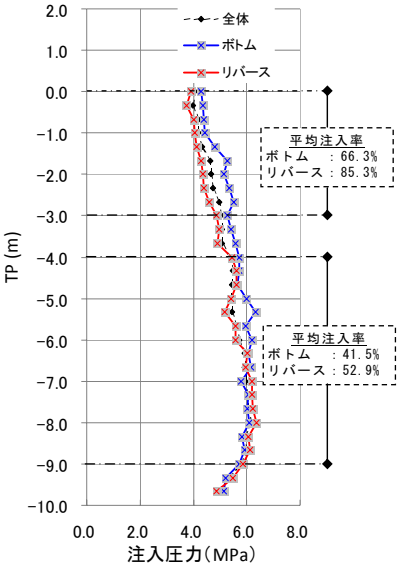

図-5　平均注入圧力の深度分布

*1)：隆起の影響範囲内で同一日の打設を避けた施工

*2)：固結体を隣接して打設する場合は間隙水圧消散まで放置期間を置く

鉛直変位と併せて行った地中変位計による水平変位の観測では，**図-6** に示すように施工範囲から 13m 程度離れることで水平方向に対する影響はほとんどなくなることが判った。

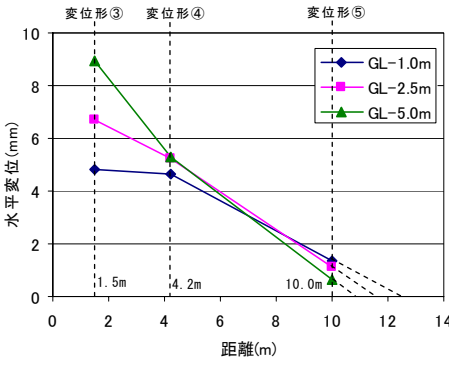

図-6　水平変位と施工範囲からの距離との関係

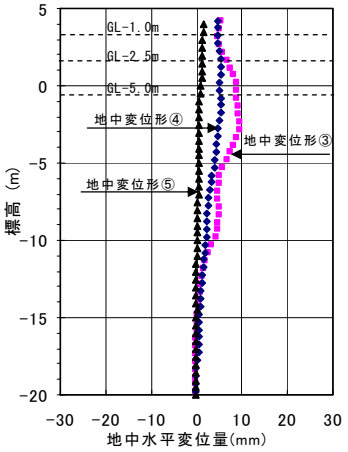

図-7　地中変位計の累積変位

４．改良効果

事前・事後の N 値を比較すると，リバース併用方式，ボトムアップ方式ともに 1.8 倍程度の増加がみられ（**図-9**），改良後の液状化判定では「液状化しない」結果となり，5 %の改良率でも CPG 工法が十分な効果を発揮することが確認された。改良効果には施工方式による明確な違いは現れなかった。

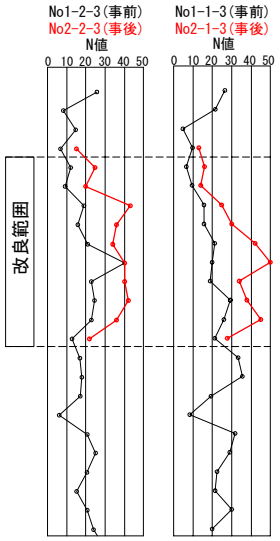

図-8　事前・事後の N 値の深度分布

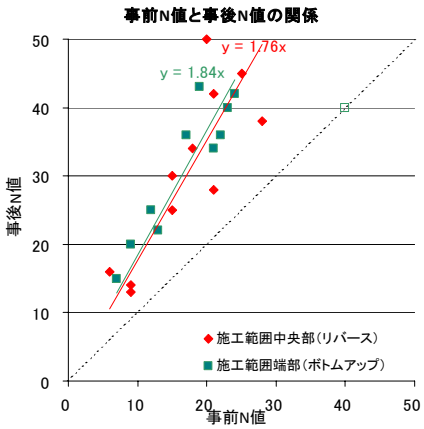

図-9　事前・事後の N 値の比較

５．まとめ

最小改良率 5%は，これまで実験レベルで報告されたのみであったが，実施工レベルにおいて液状化対策としての効果が確認された。また，隆起抑制対策として注入圧力管理が有効な管理方法であることを確認した。施工方式別による隆起抑制効果および改良効果に明確な違いはなかったが，ボトムアップ方式と比較してリバース併用方式は低い圧力で高い注入率となる傾向であった。

＜参考文献＞

1)　「液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル」平成 19 年 6 月　(財)沿岸技術研究センター

2)　新坂孝志・善功企・山崎浩之・小西武：静的圧入締固め工法の隆起抑制に関する実験(その 3)－締固め効果－，第 41 回地盤工学研究発表会，pp.989～990，2006.7