

細粒分の少ない砂地盤における静的圧入締固め工法の設計パラメータと地盤変位予測

(独)港湾空港技術研究所	正会員	山崎 浩之
新潟港湾空港整備事務所	正会員	竹村 淳一
(財)沿岸技術研究センター		大里 睦男
(財)沿岸技術研究センター		池内 章雄
(財)沿岸技術研究センター		平 義章
静的圧入締固め工法研究会	正会員	藤井 照久
静的圧入締固め工法研究会	正会員	○高田 圭太

1. はじめに

静的圧入締固め工法（CPG 工法）の必要改良率を求める際に用いている設計パラメータ（ κ ）は、細粒分含有率（ F_c ）が 10%以上の比較的細粒分の多い地盤の施工事例に基づいて設定されている¹⁾。このため、 F_c が 10%以下の砂地盤で用いるパラメータの精度については不明なところがある。

新潟空港の地盤は、 F_c が数%~10%のきれいな砂からなるため、平成 21 年度に実施された地盤改良工事の結果にもとづき、新潟空港において CPG 工法の改良効果を適切に算定するための κ を独自に設定した。また、施工時に発生する地盤変位が問題とされたことから、「締固め工法施工時の地盤隆起量の予測法」²⁾ にもとづく検討と観測された地盤変位との比較検証を行った。

2. 静的圧入締固め工法の設計法[κ 法]と地盤変位予測方法

CPG 工法の必要改良率算定は、累積せん断ひずみの概念から誘導された相対密度と圧入率の関係をを用いた設計法(κ 法)により行われている。一方で、CPG 工法では施工時に地盤の変位を生じ、既設構造物に与える影響が問題となる場合がある。これまで、鉛直方向の地盤変位(地盤隆起)は、経験に基づき影響深度を 5m 程度とした上で、これ以浅に圧入した改良体の体積と同量の体積圧縮が地盤内に発生すると考えてきたが、実際の現象をうまく説明することができなかった。近年、設計法[κ 法]を応用して地盤変位を予測する方法²⁾が提唱された。この予測法は、圧入変位が球状に伝搬するという仮定に、N 値および細粒分含有率を地盤条件として締固め効果(地盤の圧縮)の違いを圧縮補正係数(C_{HC})として評価することで、地盤の変位を算出する。

3. 施工の概要

供用中の滑走路縁部およびショルダー上に 8.7m×12m の改良範囲を設け、2m 間隔で配置した 28 本の CPG 施工を実施した(図-1)。推定地震動より、改良深度は TP±0m~-10m、目標改良率は 5%と設定した。施工地点の標高は TP+4.8m、地下水位はおおむね TP±0m であり、施工箇所の最小土被りは約 5m である。

施工の実績注入量は、多くの地点で計画量を下回り、改良率換算で 2.1~4.3%であった(図-2 左)。実施改良率は TP-4m 付近を境に上下で異なり、上部では 4.0%程度と計画改良率に近い実績となったが、下部では 2.5%程度と計画の約半分であった。一方で、改良後地盤では事前と比べておよそ 1.8 倍の N 値増加が認められ、深度にかかわらず、一様に所期の地盤改良効果が確認された(図-2 右)。

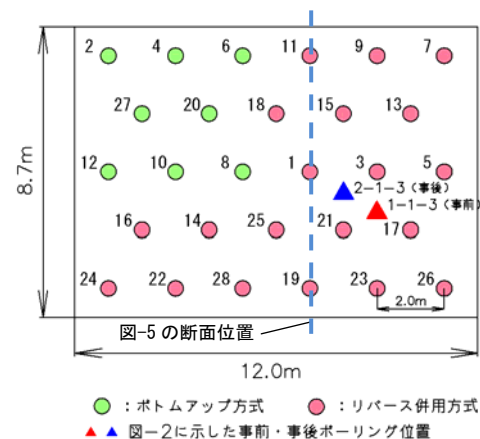


図-1 施工配置図

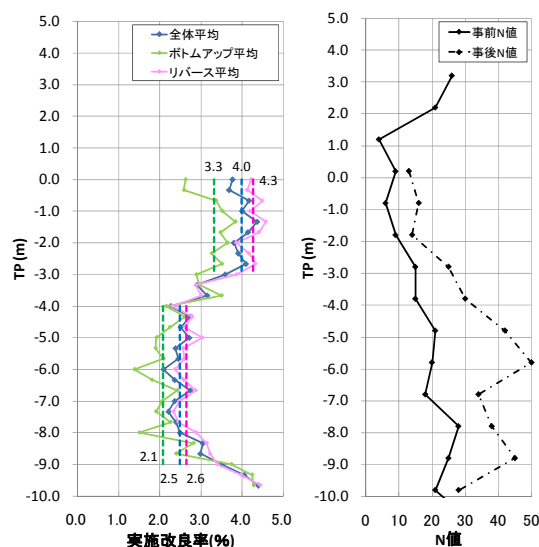


図-2 実施改良率と改良後の N 値増加

キーワード 静的圧入締固め工法, κ 法, 地盤変位, 予測, 砂地盤, 液状化対策

連絡先 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-15 TEL 03-5835-2631

4. 新潟空港における設計パラメータ(κ)の設定

図-2 に示した深度別の実施改良率および事前・事後の N 値に基づき, κ の逆算を行った. 算定された κ は, 浅部 ($\kappa=2.6\sim9.6$) と事前の N 値が大きくかつ事後の N 値の増加も大きかった深部 ($\kappa=25$ 以上) とで明確に異なる結果となった. なお, 施工範囲内の地盤の F_c はおおむね $5\sim7\%$ と一様に少なく, F_c と κ の間に明確な相関はみられなかった. κ から推定される改良後 N 値(推定値)と, 事後調査において実測された N 値を比較し, N 値の増加を最もよく再現するパラメータ(κ)を検討した結果, 特に液状化する可能性が高い浅部に着目すると, $\kappa=6$ とした時に最も経済的かつ安全側の算定となった(図-3).

したがって, 新潟空港では今後行う実施設計において用いるパラメータ κ は $\kappa=6$ と設定した.

5. 地盤変位予測と施工により生じた実変位の比較

地盤変位の予測には, 締固めによる K_0 増加を考慮したパラメータ(κ : 設計に用いるパラメータと区別するため以下 κ_{k0} とする)を用いる²⁾. K_0 値を考慮して κ_{k0} の標準値を算定すると, 上部[浅部]: 2.5, 下部[深部]: 10 となる. 施工では地表の隆起はほとんど観測されなかったことから, 地中変位計に観測された水平変位との比較によりパラメータの妥当性(変位の再現性)を検証した. 比較の対象としたのは, 施工エリアから 1m 離れた位置に設置された地中変位計の水平方向変位の計測値である. N 値, F_c および κ_{k0} に基づき算定される圧縮補正係数(C_{H0})は, 上部では $0.25\sim0.6$, 下部では $0.1\sim0.35$ 程度である. 図-4 に示すとおり, 解析の結果は実測された水平変位を非常によく再現することから, 算定した κ_{k0} は妥当と判断した. このパラメータ κ_{k0} を用いて, 施工エリアの地表面隆起を再現計算すると, 隆起の最大値は 7mm 程度となり, 実測(最大 1mm)より 6mm 程大きく見積もられる(図-5). この差をもたらした原因として, 滑走路舗装の剛性により変位が抑えられたということが推定される. しかし, その効果を定量的に評価するには今回の施工データだけでは不十分であるため, 今後施工を進めながら検証を重ねることとした.

以上の検討から, 新潟空港では今後 CPG 施工による地盤変位を予測する際に用いるパラメータ κ_{k0} を上部[浅部]: 2.5, 下部[深部]: 10 とした.

6. 今後の課題

新潟空港では, 耐震整備を確実に進めるべく, 様々な調査・施工データに基づく検討を重ねている. 本論文で報告したパラメータの設定や地盤変位予測に関しても, 今後も施工を進めながら, データの蓄積と検討を繰り返し, 検証を続けていく予定である.

参考文献

- 1) 「液状化対策としての静的締固め工法 技術マニュアル - コンパクショングラウチング工法-」平成19年6月, (財)沿岸技術研究センター.
- 2) 山崎浩之・江本翔一・足立雅樹・原田良信・山田和弘・森河由紀弘: 締固め工法施工時の地盤隆起量の予測法, 土木学会論文集 C, vol.65, No.4, 1039-1044, 2009.
- 3) 新坂孝志・山崎浩之・足立雅樹・山田和弘・岡見強・善功企: 繰返し圧入による静的圧入締固め工法の隆起抑制効果. 第 45 回地盤工学研究発表会, 投稿中, 2010.

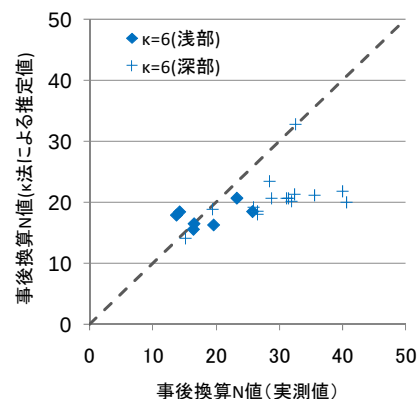


図-3 κ から推定される改良後の N 値と実測 N 値の比較

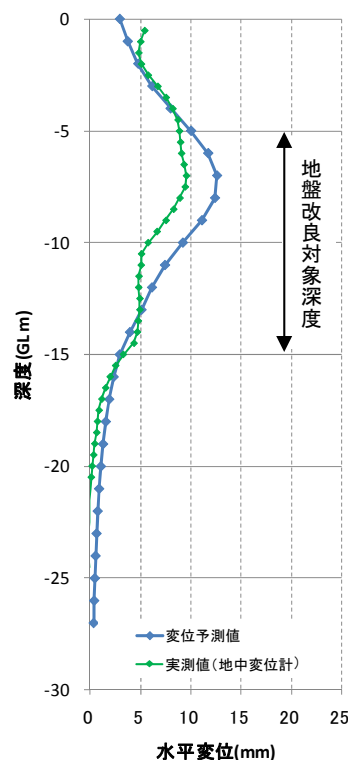


図-4 実測された水平変位と再現解析の結果

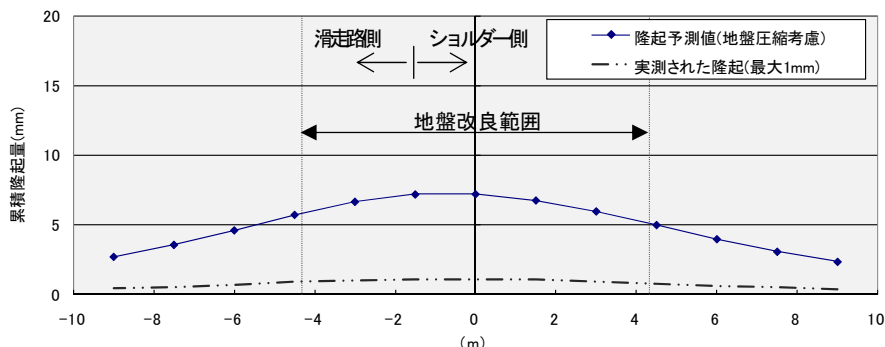


図-5 施工による隆起と κ_{k0} による隆起の再現解析結果