

打設後 15 年間を経過した管中混合固化処理工法による改良土の特性について

海上・港湾・航空技術研究所 正会員 ○森川 嘉之
 海上・港湾・航空技術研究所 正会員 高橋 英紀
 中部国際空港（株） 非会員 横江 哲
 中部国際空港（株） 非会員 鬼頭 順三

1. はじめに

管中混合固化処理工法は、ドラグサクシオン船などで浚渫した土砂を空気圧送船で圧送する際に固化材を添加し、圧送管内で発生するプラグ流による乱流効果を利用して浚渫土と固化材を攪拌混合する技術である¹⁾。本工法は中部国際空港の建設に大規模に適用された。中部国際空港は愛知県常滑市沖合、水深約 7m 以浅の海上に建設された人工島である。空港島の建設ではその一部が名古屋港の浚渫土（約 900 万 m³）を用いた管中混合固化処理工法で埋立てられた。埋立完了（2002 年）から 15 年経過した 2017 年、埋立地盤の長期特性変化に関する調査を行ったので、その結果を報告する。

2. 現地の状況と調査概要

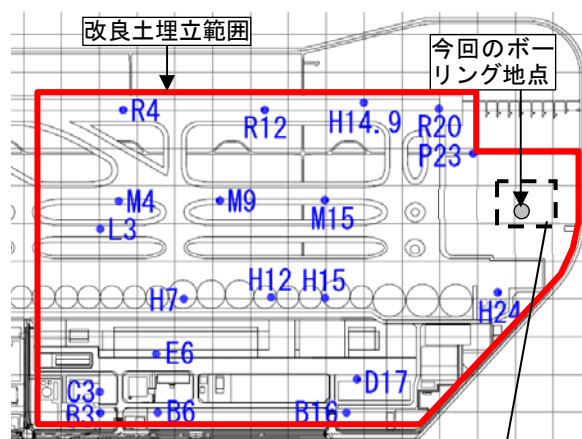
中部国際空港の建設では、覆土工の作業性や覆土後の地盤の安定性確保を考慮し、設計一軸圧縮強さを 120 kN/m² と設定された²⁾。その際、地盤全体の安定性を確保しつつ経済性を向上させる方策として、許容応力度設計法における不良率と現場における強度のばらつきの強度比などを考慮して、不良率 25%、変動係数 0.35 を基に設計された²⁾。

埋立完了直後を含め今回までに 4 回（2002 年、2006 年³⁾、2012 年⁴⁾、2017 年）の改良地盤に対するボーリング調査（完了直後 25 か所、2006 年以降各 2 か所）を実施している。これまでの調査位置を図 1 に示す。空港供用開始後は運用上の制約から調査実施可能な箇所が限られたため、2006 年以降の調査位置は埋立完了直後の調査位置と異なっている。

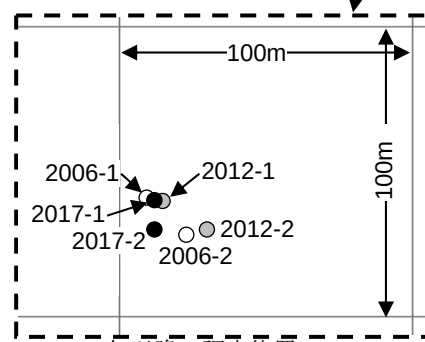
調査では、各実施箇所においてスリーブ内蔵二重管式サンプラー、覆土（砂礫）層と改良土の境界部でトリプルサンプラーによるサンプリングを行い、深度 1m あたり 2～3 本の供試体について一軸圧縮試験を実施した。今回の調査ではさらに覆土（砂礫）層と改良土の境界部で針貫入試験を実施した。針貫入試験は、境界部に残った礫を取り除いた面に対して 5 か所実施した。

3. 改良土の一軸圧縮強度の変化

埋立完了直後から今回（15 年後）までの 4 回の調査で得られた改良土の一軸圧縮強さの深度分布を図 2 に示す。埋立完了直後の結果は、2006 年以降のボーリング位置に近い P23、H24 地点で採取した試料のものである。図には 2011 年 4 月から 2012 年 1 月の地下水位の変化を幅で示している。今回のボーリング位置での水位は標高 1.4～1.5m、改良土天端の標高は標高 1.9～



(a) 改良土施工範囲全体



(b) 2006 年以降の調査位置

図 1 ボーリング位置図

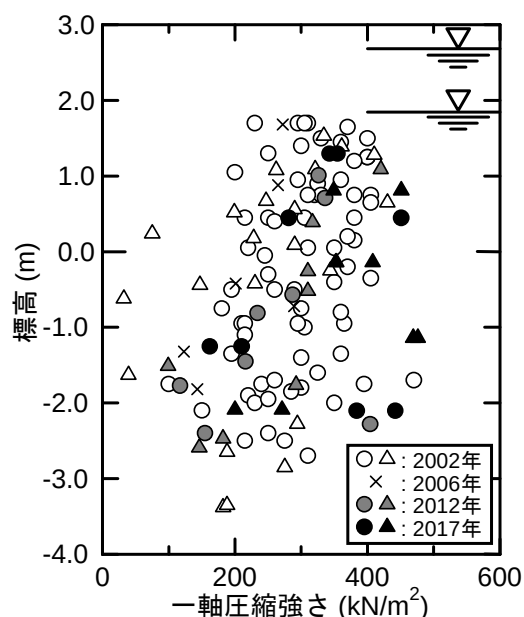


図 2 改良土の一軸圧縮強さの深度分布

セメント改良土、一軸圧縮強さ、長期強度、管中混合固化処理工法

連絡先：〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1 海上・港湾・航空技術研究所 土質研究グループ TEL: 046-844-5053

2.1m であった。改良土はほぼ地下水位以下にあることがわかる。

埋立完了直後の結果は、ばらつきが見られるものの、全般的には $200 \sim 400 \text{ kN/m}^2$ の範囲に分布しており、ほとんどのデータが設計基準強度を上回っていた²⁾。2006 年と 2012 年の結果で、標高約-1.5~-2m に 100 kN/m^2 程度の小さい値がみられるが、それ以浅では埋立完了直後の中間の値に近い。今回の調査結果は、標高約-1.5~-2m 程度で相対的に小さい値を示したデータがあるものの、全体的に過去の調査結果よりも若干大きな値が得られている。調査場所が異なるため直接比較はできないが、2002 年以降の結果は、埋立完了直後の結果のばらつきの範囲内で中間から大きめの値を示している。このことから、改良土全体として強度低下は見られず、ほぼ安定した強度特性を維持していると判断するのが妥当であると考えられる。

4. 針貫入試験結果

図 3 に針貫入試験結果を示す。試料 2017-1 の結果は貫入抵抗の急変が見られ、貫入箇所ごとに結果がばらついている。これらは主に礫の影響と思われるが、No.1 のデータを除いて貫入量 18mm から 25mm の間の勾配が同程度となっており、貫入抵抗の急変も見られない。No.2 と No.5 のこの間の平均的な勾配 $\Delta P / \Delta L$ を計算してみると 0.44, 0.50 である。試料 2017-2 の結果は、試料 2017-1 と比べて貫入抵抗の急変が見られず、ばらつきが少ない。No.3 以外の貫入量と貫入抵抗の関係には勾配の変化点が見られ、変化後の勾配は 0.39~0.56 で試料 2017-1 と同程度であった。No.3 の勾配は、貫入初期から他の貫入箇所の勾配変化後と同程度で、明瞭な変化点を示さなかった。

試料 2017-1 では礫の影響により明瞭ではなかったが、試料 2017-2 の結果に見られた勾配変化点の深度まで何らかの原因で強度低下していると考えられる。図 4 は、強度低下を劣化によるものと考え、Takahashi ら⁵⁾が示した養生期間と劣化深度の関係に今回の針貫入試験結果を追加したものである。今回の針貫入試験結果は、Takahashi ら⁵⁾の示したデータ範囲のうち、他のデータと比べて比較的浅い劣化深度を示していることがわかる。また図 4 に示した関係から、今後短期間で劣化深度が大きく拡大することはないと推察される。

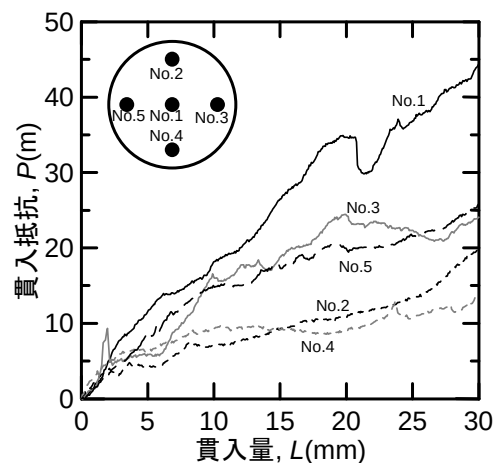
5. おわりに

本調査では、管中混合固化処理工法によるセメント改良土の約 15 年経過後の一軸圧縮強度と覆土層と改良土の境界部の針貫入抵抗を調べた。その結果、これまでの調査と同様、改良土の一軸圧縮強度には顕著な変化は認められなかった。針貫入試験から、境界部から深度 16~25mm 程度までに強度低下のうかがえる結果が得られた。

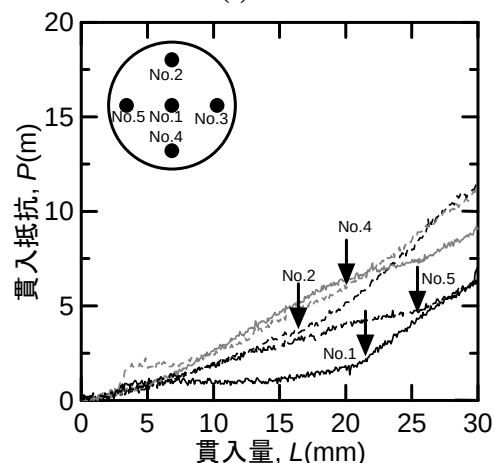
中部国際空港では、改良土の上部に厚さ 2m の覆土があり、この程度の範囲の強度低下は地盤全体の安定性には影響しないと考えられる。また、この強度低下の深度は、今後短期間で大きく拡大することはないと推察される。

中部国際空港では、滑走路や誘導路の一部が改良地盤上に建設されているため、引き続き改良地盤の長期挙動を調査し、その結果を空港施設の維持管理に活用していく予定である。

参考文献: 1) (財) 沿岸技術研究センター: 管中混合固化処理工法技術マニュアル, 2001. 2) 佐藤恒夫: 海上空港用地造成への管中混合固化処理工法の適用に関する研究, 港湾空港技術研究所資料, No.1076, 2004. 3) 北詰, 上用, 溝口: 管中混合固化処理工法による改良地盤の約 4 年経過後の強度について, 土木学会第 61 回年次学術講演会, pp.305-306, 2006. 4) 森川, 横江, 鬼頭: 打設後 10 年間を経過した管中混合固化処理工法による改良土の強度について, 土木学会第 67 回年次学術講演会, pp.451-452, 2012. 5) Takahashi, H. et al.: Thirty-seven-year investigation of quicklime-treated soil produced by deep mixing method, Ground Improvement, 2017, <http://dx.doi.org/10.1680/jgrim.17.00044>.



(a) 2017-1



(b) 2017-2

図 3 針貫入試験結果

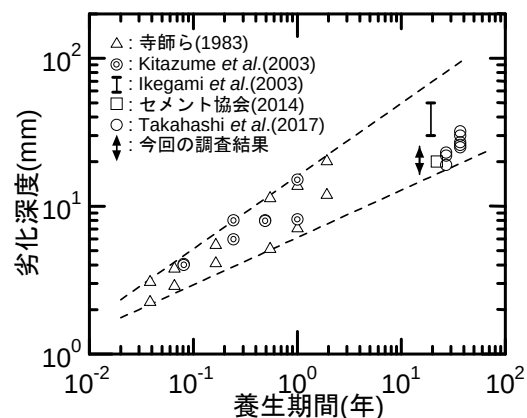


図 4 劣化深さと養生期間の関係
(文献 5)に加筆修正)