

事前混合処理工法による移動式改良機を用いた液状化・土圧低減対策事例

国土交通省 北海道開発局 小樽港湾事務所 栗林 則夫
 勇・近藤経常建設共同企業体 酒井 智光
 事前混合処理工法協会 正会員 四宮 圭三
 日本国土開発(株) 正会員 ○高垣 豊

1. はじめに

かつて北海道の金融経済の中心だった小樽. 小林多喜二が東京で収監中に“僕のなつかしい国には運河と倉庫と税関と栈橋がある”と書いた歴史遺産の一部が残る小樽港は, 貴重な観光スポットでもある.

近年, 事前混合処理工法は液状化防止・土圧低減・支持力増加などの改善効果を期待し, 港湾施設のリニューアル工事に合わせて, 岸壁などの耐震強化策への採用が増えつつある. 本稿では, 小樽港岸壁の背面土砂の液状化・土圧低減対策を目的として, 他工事発生土 (A 材), 既設岸壁掘削土 (B 材) を事前混合処理した実施事例を報告する. この現場では, 岸壁近傍の狭隘なスペースで事前混合処理土を製造するため, 移動式改良機 (自走式土質改良機) が使用された.

2. 使用土砂と施工配合

使用土砂 (原料土) である小樽港 2 材 (A 材, B 材) を分類すると, 図-1 に示すように細粒分混じり砂質礫である. なお, 図中には日高地方の三石漁港で 1 年前に, 同工法・同機材により類似の原料土を使用した施工データも合わせて示している.

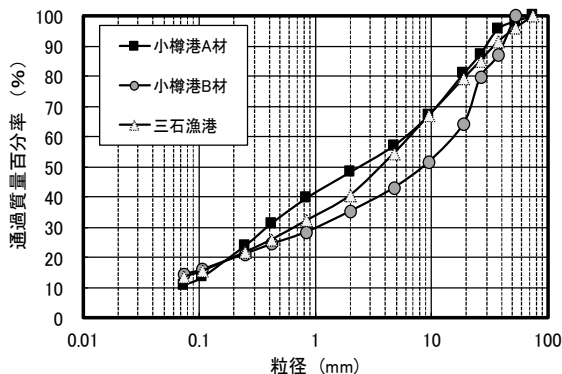


図-1 使用土砂(原料土)の粒徑加積曲線

図-1 から, A 材は礫分 52%, 砂分 37%, 細粒分 11%, B 材は礫分 65%, 砂分 20%, 細粒分 15% の粒度組成となっている.

港湾岸壁リニューアル, 有効利用, 事前混合処理工法

安定材 (高炉セメント B 種) の室内配合試験は, 処理土による埋立造成地盤を中詰と密詰の平均乾燥密度 $\rho_{ddl}=1.127\text{g/cm}^3$ (A 材), $\rho_{ddl}=1.087\text{g/cm}^3$ (B 材) に設定して実施し, 図-2 の一軸圧縮強さと安定材添加率の関係を得た. 改良目的は液状化・土圧低減対策であるため設計基準強度は $q_{ud}=175\text{kN/m}^2$ とし, 原料土の粒度バラツキを考慮した割増係数 $\alpha=2.5^1$ から配合試験の目標強度を $q_{ud1}=437.5\text{kN/m}^2$ とし, 安定材添加率 C は A 材 15.0%, B 材 18.5% とした (図-2).

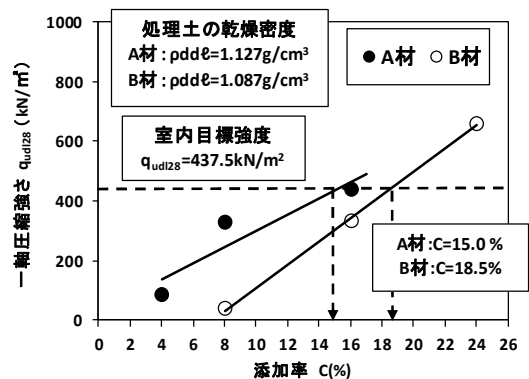


図-2 一軸圧縮強さと安定材添加率の関係

3. 処理土の埋立方法と品質管理

処理土の埋立は, 土砂と安定材の分離防止と密度管理が重要である. 本現場では岸壁背面の埋戻し工として, 5m 以深はクラムシェル投入, 5m 以浅はバックホウ投入で施工した. 施工中の品質管理は約 1500 m^3 毎に 1 回, 埋立前の処理土をモールドに詰め一軸圧縮試験を実施した. 一軸圧縮強さ q_{udf} (平均値) と材齢の関係 (図-3) を見ると, 材齢 7 日の時点で q_{udf} は設計基準強度 $q_{ud}=175\text{kN/m}^2$ に到達している. B 材ではバラツキがみられるが, 安定材は一定に供給されていることから, 使用土砂の粒度組成 (図-1) による密度の影響と推察できる.

4. 事後調査結果

岸壁改良後, 約 1 ヶ月経過した処理地盤のチェック

〒243-0303 神奈川県愛甲郡愛川町中津 4036-1

日本国土開発(株) 技術センター TEL:0462-85-3339

ボーリング結果を三石漁港のデータと合わせ図-4, 5に、深度と一軸圧縮強さ、乾燥密度の関係で示した。

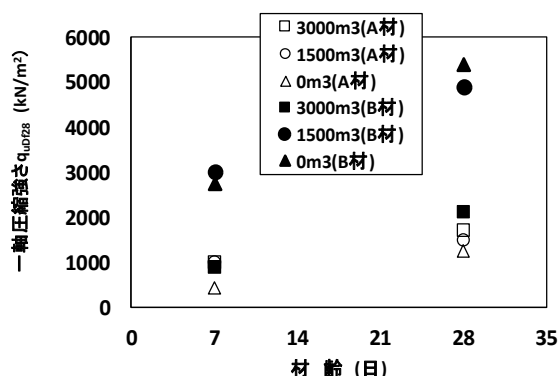


図-3 処理土の一軸圧縮強さと材齢の関係

事後調査データにおける処理土の一軸圧縮強さ(平均値)は、A材 $q_{u0.28}=2411\text{kN/m}^2$ 、B材 $q_{u0.28}=3811\text{kN/m}^2$ であり、各々の変動係数(C.V.)は A 材 0.63、B 材 0.71(三石漁港 $q_{u0.28}=1251\text{kN/m}^2$ 、C.V.=0.28)と、小樽港のA&B材には最深部の浮泥巻き込みによる密度低下データが含まれバラツキがあるものの、各々の最小値は A 材 670kN/m^2 、B 材 800kN/m^2 と問題はない。

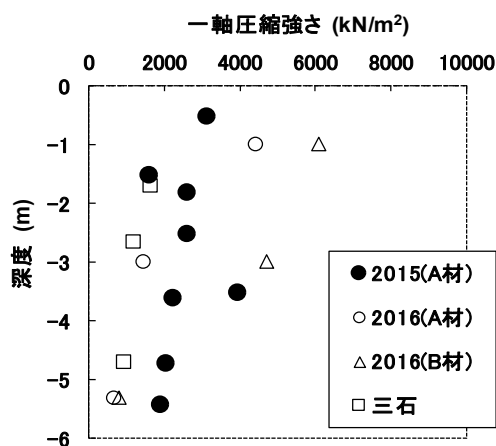


図-4 深度と一軸圧縮強さの関係

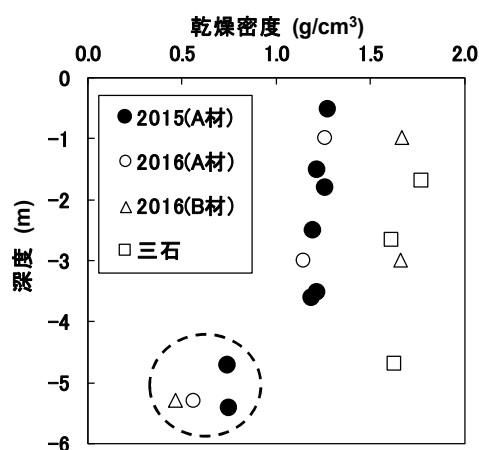


図-5 深度と乾燥密度の関係

一方、最深部では、海底付近の軟弱浮泥を巻き込んだ影響と推定される乾燥密度の低下現象が認められるが、強度的には A 材、B 材ともに設計基準強度 $q_{u0.28}=175\text{kN/m}^2$ を大きくクリアしている。また、乾燥密度の増加に伴い一軸圧縮強さは増大し、3m以浅では強度が大きく発現している。これは処理土投入後の重機を使用した転圧による締固め効果が、密度増加に寄与したものと推察される。

ここで密度管理面からの考察を行うため、図-5 中の破線円データを便宜的に除外して処理土乾燥密度(平均値)を求めると、A 材 $\rho_{ddl}=1.206\text{g/cm}^3$ 、B 材 1.661g/cm^3 、三石漁港 1.664g/cm^3 であり、室内配合試験の処理土乾燥密度は A 材 $\rho_{ddl}=1.127\text{g/cm}^3$ 、B 材 1.087g/cm^3 、三石漁港 1.604g/cm^3 である。室内配合試験の供試体($\phi 50\text{mm}$, $D_{max}=4.75\text{mm}$)では、A 材は礫分 15%、砂分 65%、細粒分 20%、B 材は礫分 18%、砂分 48%、細粒分 34%となり、図-1 の全粒度に比べて多くの礫分はカットされる。しかし、現場の処理地盤では、より多くの礫分を含むことから、両者の乾燥密度にこの程度の差が生じたものと考えられる。

5. 現場密度の推定と考察

B材の最大粒径は53mmであり、モールド許容の最大粒径超 4.75~53mmの質量率は 57%である。室内配合試験の処理土推定乾燥密度は $\rho_{ddl}=1.087\text{g/cm}^3$ であり、添加率 $C=18.5\%$ から換算した母材推定乾燥密度は $\rho_d=1.087/(1+0.185)=0.917\text{g/cm}^3$ となる。

また、B 材の現場における母材推定乾燥密度は、 $\rho_d=1.661/(1+0.185)=1.402\text{g/cm}^3$ であり、室内と現場の各々の母材乾燥密度の密度比は B 材 1.53 ($1.402/0.917$)、A 材 1.07、三石 1.05 と推定できる。

一方、室内の母材推定乾燥密度を Walker Holtz²⁾の方法で礫補正した母材乾燥密度を推定すると、 $\rho_d=1.388\text{g/cm}^3$ であり、室内と現場の母材乾燥密度比は B 材 1.01 ($1.402/1.388$)、A 材 0.86、三石 0.93 と推定できる。このことから、室内と現場の母材乾燥密度比は、礫補正の場合 0.9~1.0 程度、未補正の場合 1.1~1.5 程度と考察される。

今後は、改良(処理)方式による現場密度の推定と配合試験への反映方法の検討等を進めていきたい。

【参考文献】1) 沿岸技術研究センター：事前混合処理工法技術マニュアル(改定版)，p59，2008。2) 最上武雄，河上房義，柳澤栄司：土の締固め，pp. 22-29，1975。