

回転式破碎混合方式による事前混合処理工法の実施事例

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 〇高垣 豊

国立研究開発法人 港湾空港技術研究所 正会員 山崎 浩之

1. はじめに

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。その際、コストと環境負荷の低減を図り、現地発生土砂等をリサイクル利用するため、本工法が適用対象とする土砂性状の範囲も、砂質土から砂礫、粘性土まで順次拡大してきている。今回は、東海地方の既設岸壁の液状化対策を目的として、岸壁背後地盤を掘削し、その掘削土を事前混合処理し、再度埋め立てた工事である。掘削土には、最大粒径 200mm の粗石や土塊等が混入しており、50mm 程度以下に破碎して有効利用を図るために、破碎と同時に安定材との混合が可能な回転式破碎混合方式による事前混合処理工法を実施した結果について報告する。

2. 使用土砂と施工配合

原料土と、回転式破碎混合機により破碎された土砂の粒径加積曲線を図-1 に示す。破碎前後の粒度分布を比較すると、礫分は減少、砂分は 33% から 43% に増加していることから、破碎後の土砂は細粒化している。

安定材(高炉セメントB種)の配合試験は、処理土の埋立地盤を中詰と密詰の平均乾燥密度 $\rho_{ddl}=1.479\text{g/cm}^3$ に設定して行い、図-2 の一軸圧縮強さと添加率の関係を得た。改良目的は液状化防止であり、設計基準強度は $q_{udl}=100\text{kN/m}^2$ とし、破碎後土砂の粒度のバラツキの大きいことを考慮して割増係数 $\alpha=2.0^1$ を用いて、配合試験の目標強度は $q_{udl}=200\text{kN/m}^2$ とした。その結果、安定材添加率は $C=4.2\%$ となった(図-2)。

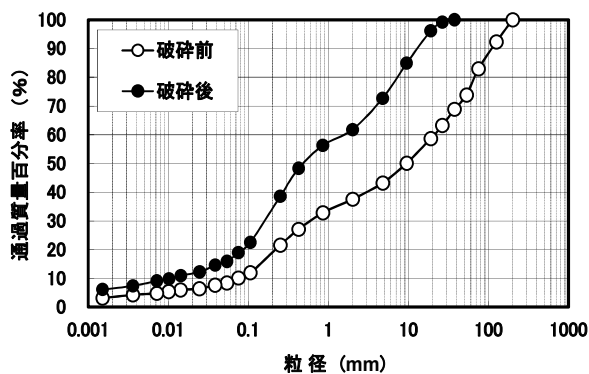


図-1 使用土砂の粒径加積曲線

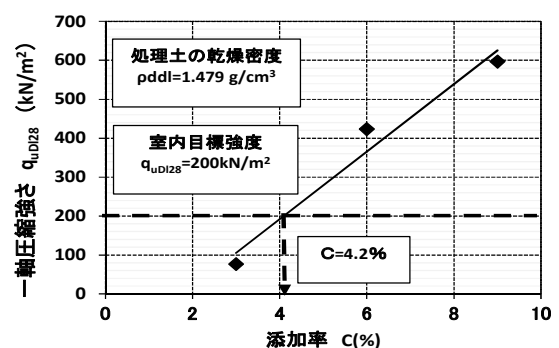


図-2 一軸圧縮強さと安定材添加率の関係

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。本工事は、2つの岸壁（ここでは A 岸壁・B 岸壁と呼ぶ）の背面（水深 5m）を埋め戻すため、ブルドーザーによる直接投入とした。施工中の品質管理は各岸壁で 1 回（約 3000m³）、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。図-3 は、処理土の一軸圧縮強さ q_{udf28} と乾燥密度 ρ_{ddf} の関係を示しており、A・B 岸壁とも q_{udf28} は室内配合試験の目標強度 $q_{udl}=200\text{kN/m}^2$ を満足していた。安定材添加率は $C=4.2\%$ であり、ほぼ一定に供給されていることから、図-3 の強度のバラツキは、原料土の粒度組成による密度の影響と推察される。また、一軸圧縮強さ q_{udf} と材齢の関係（図-4）を見ると、材齢 7 日の時点で一軸圧縮強さは設計基準強度 $q_{udl}=100\text{kN/m}^2$ に到達している。A 岸壁ではバラツキがみられるが、これは処理土の乾燥密度が室内配合試験の推定乾燥密度 $\rho_{ddl}=1.479\text{g/cm}^3$ に比べて大きくなった結果（図-3）、一軸圧縮強さは過大になったものと考えられる。

事前混合処理、リサイクル、砂礫、環境負荷低減、回転式破碎混合

〒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 TEL0462-85-3339

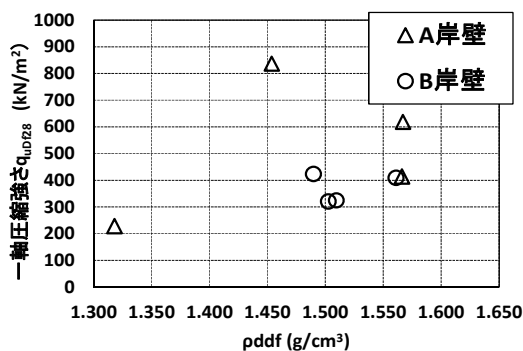


図-3 一軸圧縮強さと乾燥密度の関係

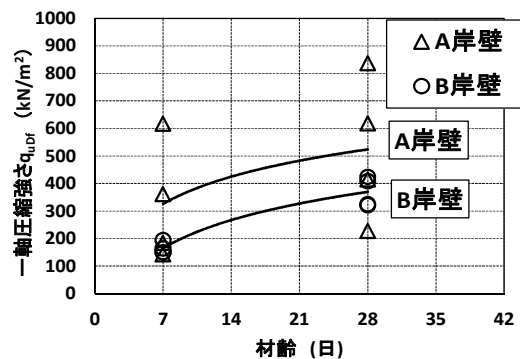


図-4 一軸圧縮強さと材齢の関係

4. 事後調査結果

埋立後、約1箇月経過した処理地盤でチェックボーリングを行い、一軸圧縮強さを測定した。図-5, 6 は深度と一軸圧縮強さ、乾燥密度の関係を示している。最深部は設計基準強度 $q_{udf}=100\text{kN/m}^2$ を超えてはいたが、約 150kN/m^2 の低い値を示した。これは、海底付近の軟弱浮泥を巻き込んだ影響と思われる。また処理土乾燥密度の増加に伴い、一軸圧縮強さは急激に増加し、深度の深い地点も 500kN/m^2 以上の大きな強度が得られた(図-7)。

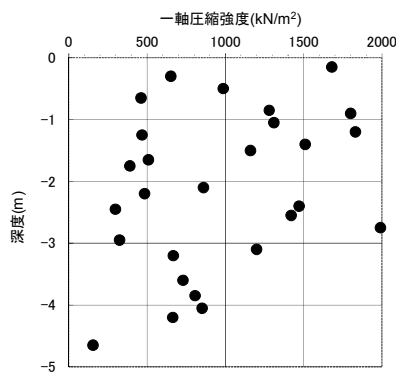


図-5 深度と一軸圧縮強さの関係

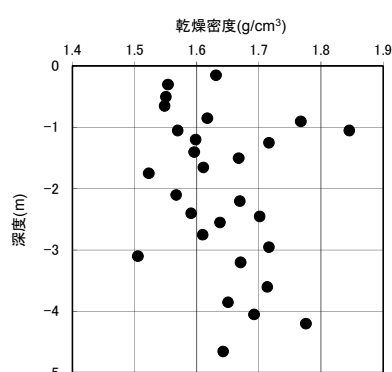


図-6 深度と乾燥密度の関係

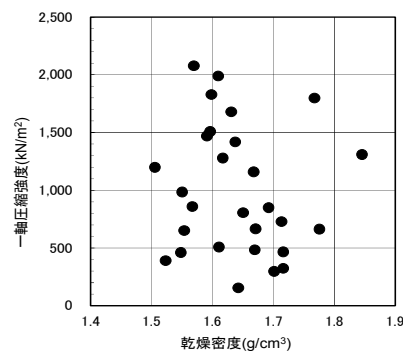


図-7 乾燥密度と一軸圧縮強さの関係

地表面から2m付近は強度が大きく発現したが、これは重機転圧による締固め効果が密度増加に寄与したと考えられる。事後調査結果の処理土一軸圧縮強さ(平均値)は $q_{udf}=1001\text{kN/m}^2$ 、変動係数は0.56でバラツキは大きい。これは、処理土乾燥密度(平均値) $\rho_{ddf}=1.641\text{g/cm}^3$ は、配合試験の乾燥密度 $\rho_{dd}=1.479\text{g/cm}^3$ より大きく、強度増加に繋がったと考えられる。

5. 現場密度の推定

配合試験の供試体作製は、モールド内径の1/5程度²⁾を許容最大粒径とし、 $\phi 100\text{mm}$ モールドは19mmが最大粒径となる。今回の破碎後粒度の最大粒径は37.5mmであり、モールド許容外の19~37.5mmの残留率は3.8%であるが、便宜的に $\phi 100\text{mm}$ モールドの配合試験では、処理土推定乾燥密度は $\rho_{ddl}=1.479\text{g/cm}^3$ 、 $C=4.2\%$ から換算した母材推定乾燥密度は $\rho_d=1.479/(1+0.042)=1.419\text{g/cm}^3$ となる。一方、現場の母材推定乾燥密度は $\rho_d=1.641/(1+0.042)=1.575\text{g/cm}^3$ となる。このように、現場乾燥密度と配合試験の推定乾燥密度の間に差が見られるため、推定乾燥密度をWalker Holtzの方法³⁾で礫補正し、現場密度を推定すると、現場の母材乾燥密度は $\rho_d=1.440\text{g/cm}^3$ となる。この結果、室内と現場の母材密度比は1.1 ($1.575/1.440$)と推定できる。

今回は、現場の改良土粒度試験を実施しなかったが、改良土製造の粒径は50mm以下を目標としており、破碎後の地盤は20~50mmの粒径が残留し、これが密度の差に影響したものと推察する。

6. まとめ

今後は、多様な地盤材料に対応した配合試験での現場密度の設定方法について、処理土の粒度試験等により、検討する予定である。【参考文献】1)沿岸技術研究センター：事前混合工法技術マニュアル(改定版)，2008。2)地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説，p420，2008。3)最上武雄ほか：土の締固め，pp.22-29，1975。