

回転式破碎混合機を用いた事前混合処理工法の施工事例

東亜建設工業(株) 竹山 良明
 洋 林 建 設(株) 長富 誠
 日本国土開発(株) 正会員 ○四宮 圭三

1. はじめに

山口県の徳山下松港耐震強化岸壁整備事業において、既設岸壁の背後地盤の液状化対策及び土圧低減の目的で事前混合処理工法¹⁾が採用された。工事は岸壁背後を掘削し、その掘削土を事前混合処理し再度埋め立てるものであるが、リサイクルに当たっては土砂中に混入する最大粒径 200mm の粗石・土塊等を 50mm 程度以下に破碎・細粒化する必要がある。ここでは、環境負荷低減とコスト縮減を図るため、破碎と同時に安定材（セメント）との混合が可能な回転式破碎混合機方式¹⁾を用いた事前混合処理工法の実施結果について報告する。

2. 使用土砂と施工配合

原料土（掘削土）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。

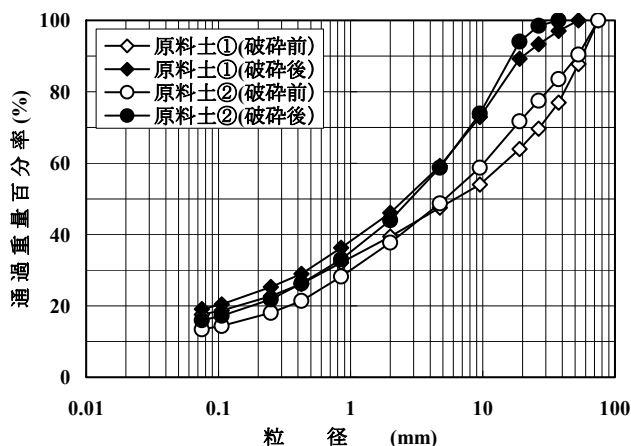


図-1 使用土砂の粒径加積曲線

破碎前後の粒度分布を比較すると、礫分が減少し、砂分が 23%から 28%へと増加しており、細粒化されたことが分かる。

この破碎後の土砂を用いて事前配合試験を実施し、安定材添加率 $C=12\%$ を決定した（図-2 参照）。配合試験の目標強度 q_{udl} は、改良目的が土圧低減であり、破碎土の土性（粒度組成）のバラツキが大きいことを

考慮して、設計基準強度 $q_{udd}=300\text{kN/m}^2$ に乗じる割増係数を $\alpha=2.5$ と設定し、 $q_{udl}=750\text{kN/m}^2$ とした。

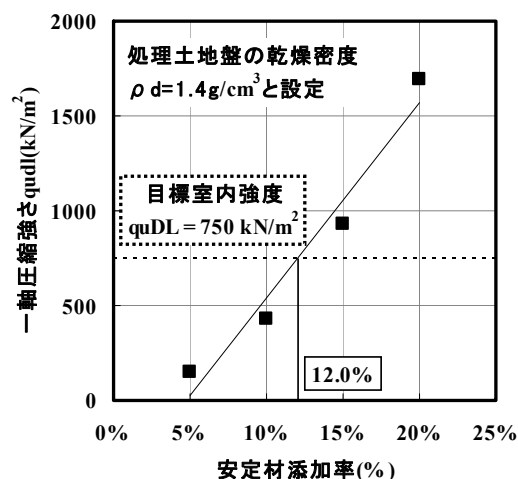


図-2 一軸圧縮強さと安定材添加率(高炉セメントB種)

また配合決定に際し、処理土埋立地盤の乾燥密度は、中詰と密詰の平均 $\rho_{dd}=1.40\text{g/cm}^3$ に設定した。

3. 処理土の埋立方法

処理土の埋立では、土砂とセメントの分離防止と密度管理が重要である。本工事では図-3 に示すように、水深 5m 以浅はバックホウ投入とし、5m 以深は安定材の分離防止効果とバケット自重の転圧による密度増加に有効なクラムシェルによる投入とした。

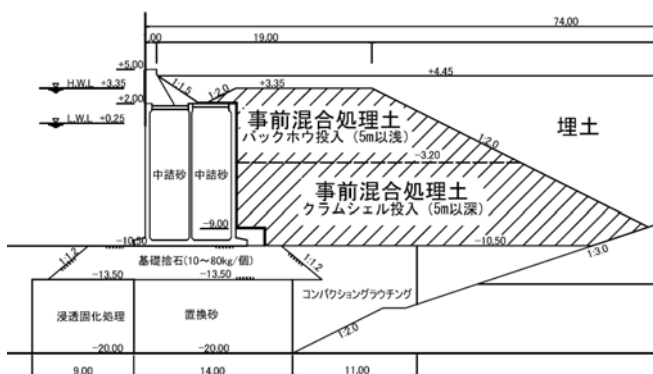


図-3 施工標準断面図

4. 処理土の品質管理

(1)混合時の品質管理

施工中の品質管理として 3,000m³ 毎に 1 回、埋立前の処理土をモールドに詰め、一軸圧縮強度試験、乾燥密度及びセメント量の測定を行った。図-4 は一軸

事前混合処理, 回転式破碎混合, リサイクル, 密度増加
 〒107-8466 東京都港区赤坂 4-9-9

日本国土開発(株)東京本店 TEL 03-5410-5764

圧縮強さ q_{u28} と乾燥密度の関係を示したもので、 q_{u28} は変動係数で 0.33 とバラツキがやや大きい、室内配合試験における目標強度 750 kN/m^2 を十分に満足していることが分かる。

またセメントの混合状態を把握するため、現場で簡便かつ迅速な試験法である塩酸溶解熱法によってセメント量を測定した結果、平均値 $12.2 \pm 0.2\%$ に分布しており、均質性の高い処理土が製造されていることが確認された。このことから、図-4 に示した強度のバラツキは、主に原料土の粒度組成（礫分が多い）に起因する密度の変動によるものと考えられる。

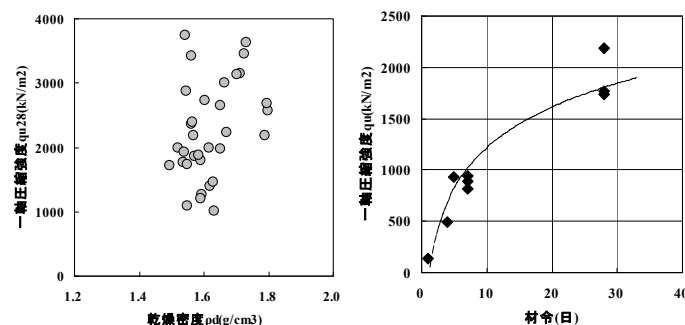


図-4 強度と乾燥密度

図-5 の材令と一軸圧縮強さの関係を見ると材令 7 日でほぼ目標強度に達しているが、図-4 から乾燥密度が事前の設定値 $\rho_{d1.40} \text{ g/cm}^3$ よりも大きくなったことで強度もやや過大になっていることが分かる。

(2)事後調査結果

処理土打設約 1 ヶ月後にボーリングにより採取した試料で強度試験を行った。図-6,7 は深度と一軸圧縮強さ q_{udf} 、乾燥密度 ρ_{ddf} の関係を示したものである。

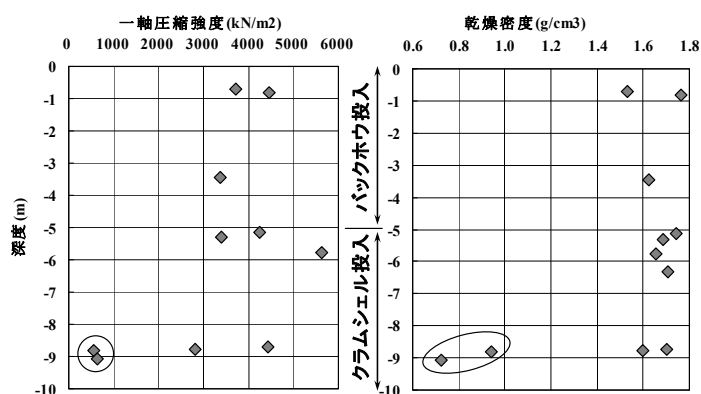


図-6 深度と一軸圧縮強さ 図-7 深度と乾燥密度

この図から処理土投入方法及び深度の違いによる強度・乾燥密度の違いは、海底付近の軟弱浮泥を巻き込んだ影響と思われる試料（図中の丸印内）を除いて特に認められず、水深の深い部分においてもクラムシェルバケット施工による分離防止と水中転圧に

よる密度増加効果が現れたものと考えられる。

サンプリングした処理土の平均一軸圧縮強さは $q_{udf-ave} = 3980 \text{ kN/m}^2$ であるが、変動係数は 0.54 とバラツキは大きい。処理土をほぐし、粒径 4.75 mm 以下の試料で行ったカルシウム分析でのセメント含有率の推定値は平均 12.4%であったことから、平均乾燥密度が $\rho_{ddf-ave} = 1.55 \text{ g/cm}^3$ と設定値よりも大きくなったことが強度増加の主因と考えられる。

そこで密度と強度の関係を原料土の粒度組成に着目して考察する。回転式破砕混合方式で実施した他工事の調査結果も含めて、密度比（現場密度／事前設定密度）と強度比（現場強度／室内配合強度）の関係で整理したのが図-8 である。

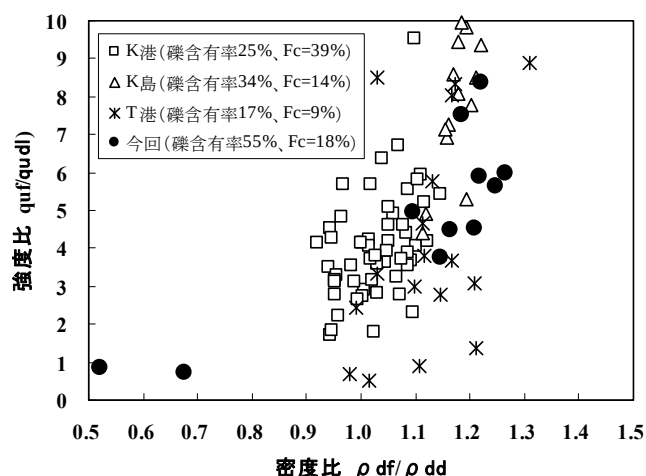


図-8 密度比と強度比の関係

この図より礫含有率が大きくなると、密度比が大きくなる傾向があり、強度は指数関数的に増加する。また密度比が 1、すなわち現場密度が設定密度と同じ場合でも、現場強度は室内配合強度よりも大きく出る傾向が明確に認められる。このことから回転式破砕混合プラントは、原料土の粒度改善、礫・土塊の分散・細粒化により、安定材との混合性が向上するため、処理土の高品質化に繋がるものと考えられる。

4. おわりに

事前混合処理工法は安定した埋立地盤を安価に造成でき、近年は発生土砂の有効利用を図るための適用材料の範囲が拡大している。今後も施工方法や発生土の粒度組成等を現場密度の設定や施工配合に反映すべく、データの蓄積・検証を進める必要がある。最後に本工事全般について適切なお指導、ご指摘を頂いた山口県周南港湾管理事務所に謝意を表します。

【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（改訂版）、2008。