

異なる混合処理方式による事前混合処理工法の改良実績について

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

事前混合処理工法は、近年、港湾空港施設の岸壁等の液状化防止、土圧低減などを目的とした耐震強化改修工事への導入事例が多い¹⁾²⁾。大部分の工事においてコストと環境負荷の低減を図るため、現地発生土砂の有効利用を前提とした設計となっており、本工法の適用範囲は砂礫から砂質土、粘性土まで拡大している。本稿は、既設岸壁の液状化対策を目的に岸壁背後地盤を掘削し、その掘削土を事前混合処理し、再度埋立てた複数工事において、異なる混合処理方式の取組み事例を報告する。掘削土の最大粒径が75mm超過の場合は回転式破碎混合機によって50mm程度以下に破碎・細粒化する事例が多く、一方、粒径の比較的小さい土砂は自走式土質改良機(破碎機能なし)による混合処理方式が適用されることが多いため、各方式による改良効果を考察する。

2. 使用土砂の粒度特性および安定材の施工配合

C港での原料土と回転式破碎混合機で破碎された土砂の粒径加積曲線を図-1に示す。破碎前後を比較すると礫分は減少、砂分は33%から43%への増加、破碎後の土砂は細粒化した。この破碎後土砂の室内配合試験で安定材添加率は $C=4.2\%$ となる(図-2)。改良目的は液状化対策であり、破碎後の土砂粒度のバラツキの大きいことを考慮し、設計基準強度 $q_{udd}=100\text{kN/m}^2$ に乗じる割増係数 $\alpha=2.0$ から、室内配合試験の目標強度は $q_{ud1}=200\text{kN/m}^2$ とした。高炉セメントB種(安定材)の配合決定では、処理土埋立地盤は中詰と密詰の平均乾燥密度 $\rho_{ddl}=1.479\text{g/cm}^3$ に設定した。

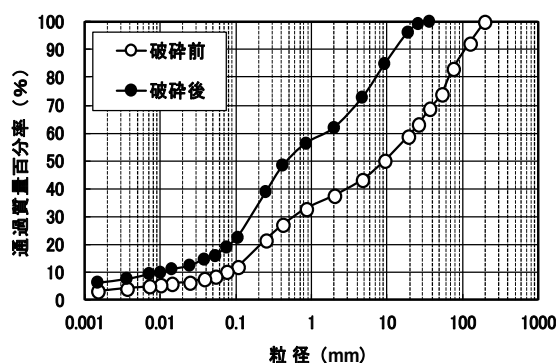


図-1 使用土砂の粒径加積曲線(C港)

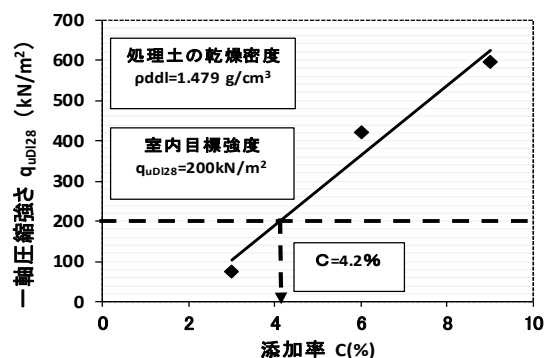


図-2 一軸圧縮強さと安定材添加率の関係(C港)

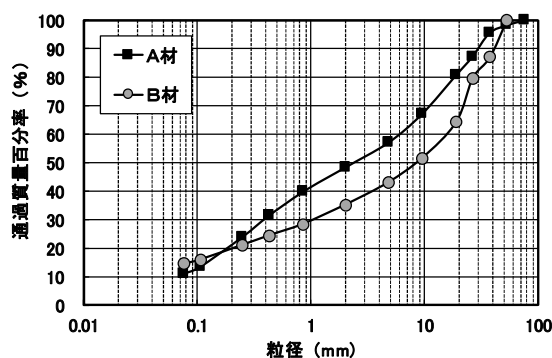


図-3 使用土砂の粒径加積曲線(D港)

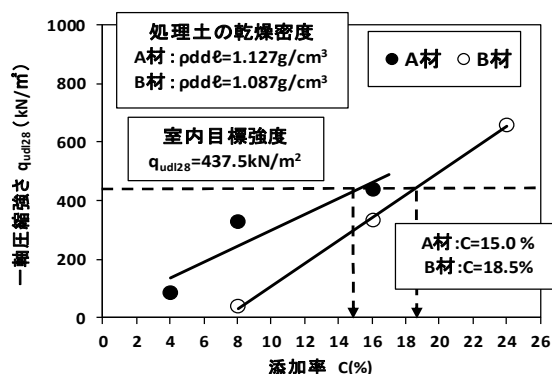


図-4 一軸圧縮強さと安定材添加率の関係(D港)

建設リサイクル、事前混合処理工法、環境負荷低減、混合処理

〒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

一方、D 港は自走式土質改良機で 2 種類の土砂を混合処理し、A 材は礫分 52%、砂分 37%、細粒分 11%、B 材では礫分 65%、砂分 20%、細粒分 15%である(図-3)。この土砂の室内配合試験で安定材添加率は A 材 C=15.0%、B 材 C=18.5%となった(図-4)。D 港の改良目的は液状化と土圧低減対策であり、室内配合試験の目標強度は、設計基準強度 $qu_{dl}=175\text{kN/m}^2$ に乗じる割増係数 $\alpha=2.5$ から、 $qu_{dl}=437.5\text{kN/m}^2$ とした。高炉セメント B 種の配合決定では、処理土埋立地盤は平均乾燥密度 $\rho_{ddl}=1.127\text{g/cm}^3$ (A 材)、 $\rho_{ddl}=1.087\text{g/cm}^3$ (B 材) に設定した。

3. 事後調査結果

事後調査は C 港、D 港ともに約 1 箇月経過の処理地盤にてボーリングし、一軸圧縮強さを測定した。C 港は設計基準強度 $qu_{dd}=100\text{kN/m}^2$ に対し、最深部は約 150kN/m^2 の低い強度を得た。これは海底付近の軟弱浮泥を巻き込んだ影響と推察されるが、地表面付近は 500kN/m^2 以上の高い強度が見られ、重機転圧の締固め効果が寄与したと考えられる。この傾向は D 港の A 材、B 材でも確認され、両材は設計基準強度を満足する大きな強度を得た。

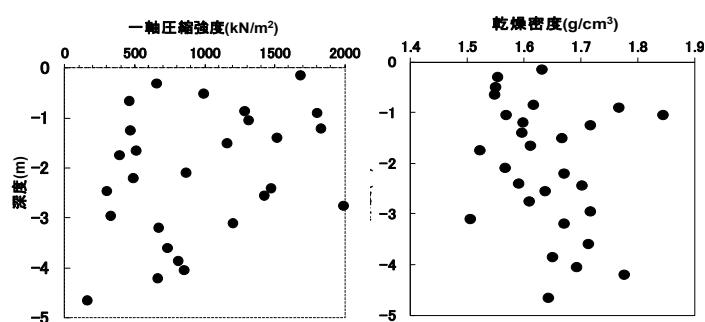


図-5 C 港の事後調査結果

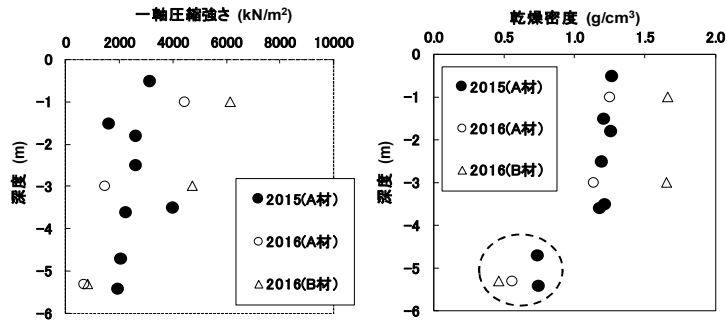


図-6 D 港の事後調査結果

4. 現場密度の推定

室内配合試験の供試体作製は、モールド内径の 1/4 程度以下を最大粒径とし、モールド許容外の残留率を粗粒材とした現場密度の推定結果を表-1 に示す。その結果、現場乾燥密度 (1.575) と室内配合試験の推定乾燥密度 (1.419) では差が見られた。そこで、Walker Holtz 法で推定乾燥密度を礫補正し、現場密度を推定した結果、C 港の現場母材乾燥密度 (②) は $\rho_d=1.440\text{g/cm}^3$ となる。室内と現場の母材密度比 (①/②) は 1.09 ($1.575/1.440$) と推定する。D 港現場の母材乾燥密度 (②) は $\rho_d=1.225\sim 1.388\text{g/cm}^3$ となる。礫補正しない場合、回転式破碎混合方式は密度比 1.11、自走式土質改良方式は 1.07~1.53 を示し、前者に比べて密度比が高い。

しかし、自走式土質改良方式でも礫補正すると、現場密度に近づく結果となるが、破碎機能のない自走式土質改良方式は粗粒材混入率(残留率)が大きくなると、室内と現場処理土の密度相違が大きくなると推察される。

表-1 現場密度の推定結果

方式	港湾等	粗粒材混入率 %	安定材添加率 %	室内配合		事後調査		現場密度推定値		③	①/②	①/③
				処理土推定乾燥密度 g/cm^3	母材推定乾燥密度 g/cm^3	処理土乾燥密度 g/cm^3	母材乾燥密度 g/cm^3	①	② 礫補正後母材乾燥密度 g/cm^3	礫未補正母材乾燥密度 g/cm^3	礫補正後密度比	礫未補正密度比
回転式破碎混合方式	C 港	3.8	4.2	1.479	1.419	1.641	1.575		1.440	1.419	1.09	1.11
移動式改良方式	D 港 A 材	43.0	15.0	1.127	0.980	1.209	1.051		1.225	0.980	0.86	1.07
	D 港 B 材	56.9	18.5	1.087	0.917	1.661	1.402		1.388	0.917	1.01	1.53

5. まとめ

事前混合処理工法は適切な礫補正により、破碎有無による処理土密度推定への影響が低減される。特に最大粒径の大きい土砂を使用する場合は、回転式破碎混合方式は破碎細粒化により、配合試験時の想定密度が現場処理地盤に近づきやすく、適切な安定材添加量の決定できる点において、コスト的、品質的に有効な方式と考えられる。今後は、多様な地盤材料に対応した配合段階の現場密度設定方法を、各処理方式によるデータの蓄積を進め、検討する予定である。【参考文献】1) 四宮圭三, 高垣 豊, 山崎浩之: 回転式破碎混合工法による事前混合処理工法の実施事例, 土木学会 第 71 回年次学術講演会, 2016. 2) 栗林則夫, 酒井智光, 四宮圭三, 高垣 豊: 事前混合処理工法による移動式改良機を用いた液状化・土圧低減事例, 土木学会 第 72 回年次学術講演会, 2017.