

プレミックス船工法により固化処理・揚土した浚渫土砂の現場強度

中部電力(株) 正会員 橋 和正, 正会員 大石俊広
 五洋建設(株) 白井淳一, 正会員○上野一彦, 曾和洋平, 長津辰男
 関門港湾建設(株) 井上 暁

1. はじめに

現在, 中部電力(株)西名古屋火力発電所では, 平成25年9月よりフレッシュ工事が進められている。前面海域では深層取水設備設置のため海底地盤の浚渫・揚土が計画され, 浚渫土を発電所構内の盛土材として有効利用するため, 浚渫土にセメントを添加混合し浚渫土受入れ築堤内に仮置きすることが求められた。そこで, 限られた工事区域で揚土・セメント混合・圧送・打設までの一連の工程を1隻で施工できるプレミックス船工法¹⁾が採用された。施工は, 気泡混合処理土など多様な固化処理土工法に対応できるように改造したプレミックス船を使用した。本稿では工事概要の紹介とともに, 品質評価を目的に築堤内に打設した浚渫土を採取し, 現場強度のばらつきや強度比について調査した結果を報告する。

2. 工事概要

図-1に施工位置平面図を示す。深層取水設備設置箇所付近の海底地盤をグラブ浚渫し, 岸壁近傍に係留したプレミックス船に土運船にて運び, セメント混合土(以下, 処理土とする)に改良後, 排砂管を介して発電所内にある3箇所の浚渫土受入れ築堤内に圧送, 打設した。浚渫土量は約28,000m³である。写真-1にプレミックス船による施工状況を示す。本船の処理能力は400m³/hrで, 混練機は連続式とバッチ式を搭載しているが, 本工事では本船で実績の多い連続式を採用した。浚渫土はバックホウで揚土して土砂ホッパーに投入, スクリーンを通して雑物を除去した後, 混練機に送り固化材(セメント)と混合される。なお, 後述するが, 処理土の流動性を確保するために混練機ではセメントと同時に流動化剤も添加している。混練機から出た処理土は油圧ポンプにより零号を介して陸上の排砂管に送られる。排砂管は建設発生土置場を迂回するよう配管するため, 圧送距離は最長約460mに及んだ。圧送距離が最大圧送能力(300m)を超えるため, 途中にコンプレッサーを配して空気圧送を併用した。写真-2に浚渫土受入れ築堤内への打設状況を示す。

3. 処理土の配合

処理土の目標物性として第3種建設発生土相当($q_c \geq 400 \text{ kN/m}^2$)が要求された。そこで, 処理土の設計基準強度(一軸圧縮強さ)を $q_{uck} = q_c / 5 = 80 \text{ kN/m}^2$ とした。技術資料¹⁾では現場強度 q_{uf} は正規分布になると仮定し, q_{uck} との関係を図-2のように設定している。推奨値($\alpha = 0.67, \nu = 0.35$)を用いると, 現場平均強度 $\bar{q}_{uf} = 105 \text{ kN/m}^2$ となる。 q_{uf} と室内配合強度 q_{ul} の強度比 $\beta (= q_{uf} / q_{ul})$ は過去の実績から水中施工時は0.5, 気中施工時は0.7とされている。今回は気中施

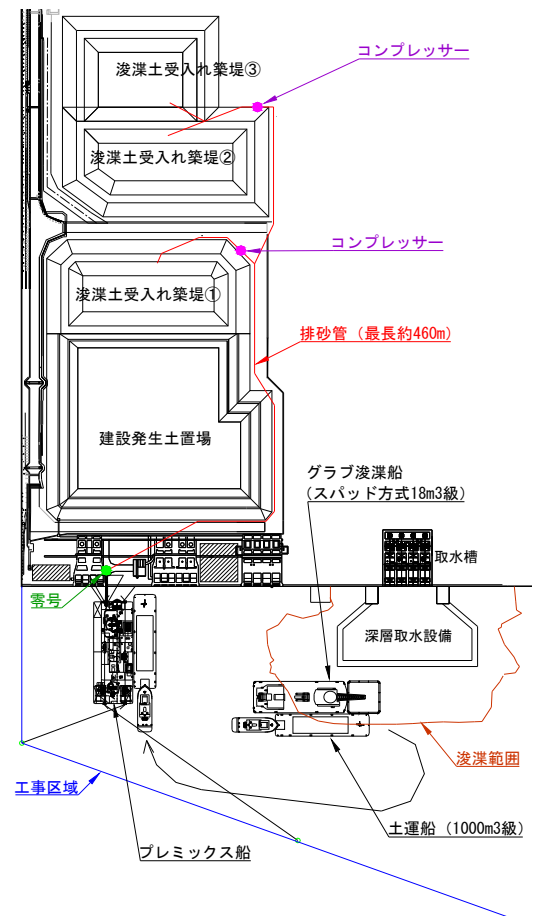


図-1 施工位置平面図



写真-1 プレミックス船(PM6001)



写真-2 浚渫土受入れ築堤内打設状況

キーワード セメント安定処理土, 一軸圧縮強さ, 現場強度比, プレミックス船工法

連絡先 〒112-8576 東京都文京区後楽 2-2-8 五洋建設(株) 土木本部 土木設計部 TEL 03-3817-7655

工であるため $\beta = 0.7$ を採用すると $q_{ul} = 150 \text{ kN/m}^2$ となり、これを配合目標強度とした。次に、処理土には適切な流動性が要求される。流動性はフロー値 $D_f^{2)}$ で評価し、一般的には $D_f = 10 \sim 15 \text{ cm}$ の範囲で施工をしていることから、処理土の目標フロー値を

表-1 原料土の物性値一覧

試料No.	①-1	①-2	①-3	②-1	②-2	②-3	③-1	③-2	③-3	④-1	④-2	④-3
土粒子密度 $\rho (\text{g/cm}^3)$	2.650	2.504	2.671	2.633	2.637	2.655	2.397	2.609	2.654	2.627	2.593	2.603
自然含水比 $w_n (\%)$	39.7	67.4	70.5	35.2	57.7	67.2	46.9	53.5	60.0	42.0	54.6	56.8
液分 (%)	3.1	1.9	5.1	5.1	2.9	3.1	0.9	1.0	9.9	0.2	0.6	1.4
砂分 (%)	33.9	10.5	13.6	38.7	24.4	12.4	60.5	22.1	14.8	51.2	22.4	7.6
シルト分 (%)	43.8	52.6	48.0	31.9	42.7	51.3	25.7	48.1	50.6	34.3	48.4	47.3
粘土分 (%)	19.2	35.0	33.3	24.3	30.0	33.2	12.9	28.8	24.7	14.3	28.6	43.7
液性限界 $w_L (\%)$	35.8	62.7	59.4	36.0	45.5	56.8	35.8	46.0	54.2	37.3	41.1	54.8
塑性限界 $w_P (\%)$	23.2	25.8	40.5	23.8	18.8	38.6	23.5	28.3	24.4	24.5	23.6	32.7

$D_f = 13 \text{ cm}$ とした。表-1 に原料土の物性値一覧を示す。浚渫範囲から平面方向 4 箇所×深度方向 3 箇所の計 12 試料採取した。試料は粘性土に分類されるが、一部、砂質土も含まれた。図-3 には、各試料について液性限界 w_L と自然含水比 w_n でまとめたグラフを示す。各試料の w_n は 35%~70% の範囲でばらついているが、その値は概ね w_L の 1.15 倍程度にあることが分かる。処理土の配合仕様を決める配合試験では、原料土含水比と固化材量をパラメータとして試験練りを行い、所定の流動性と強度を満足する配合を選定する。その際、配合の指標として、流動性については原料土含水比を w_L の 1.3~1.5 倍程度、強度については固化材量を 50~100 kg/m^3 程度とすると、概ね適切な結果が得られるとされている³⁾。したがって、今回、原料土の w_n が 1.15 w_L 程度であることから、浚渫時に乱されて多少加水膨張することを考慮しても、処理土の混練時には、更に加水調整が必要になることが予想された。しかし、本工事では浚渫土受入れ容量に制限があることから、極力、加水による体積増加を避ける必要があった。そこで、加水による体積増加の上限を 1.3 倍程度に設定し、流動化剤(ポリカルボン酸系分散剤と助剤)を添加した。配合試験の結果、配合量は固化材 50 kg/m^3 、分散剤 1 kg/m^3 、助剤 1.5 kg/m^3 と決まった。この配合の室内配合強度(材令 28 日)は $q_{ul} = 213 \text{ kN/m}^2$ となった。

4. 処理土の現場強度、変動係数、強度比

処理土の現場強度のばらつきを調べるために、浚渫土受入れ築堤内に打設した処理土を採取して一軸圧縮試験を実施した。試料採取は、打設間もない処理土地盤に呼び径 50mm の塩ビ管(長さ 500mm)を挿入し、28 日後に塩ビ管を回収し、 $\phi 50\text{-}100 \text{ mm}$ の供試体として切り出した。また、試料に偏りが出ないように採取場所や採取日時を変え、合計 115 本の供試体数を作成した。図-4 に一軸圧縮試験結果のヒストグラムを示す。現場平均強度 $\overline{q_{uf}}$ は 180 kN/m^2 となり、設計基準強度 80 kN/m^2 を大きく上回った。これは、室内配合目標強度 150 kN/m^2 に対し、配合試験で $q_{ul} = 213 \text{ kN/m}^2$ となる配合で施工したためと考えられる。また、ヒストグラムは概ね正規分布を示しており、強度のばらつきを示す変動係数 γ は推奨値(0.35)とほぼ同等の 0.33 となった。また、現場と室内の強度比 β は 0.84 となり、推奨値(0.7)より高めの値が得られた。本工法と同種工法においても綿密な施工管理を行った結果、高めの強度比が得られたという報告³⁾⁴⁾もあることから、本工事においても適切な施工管理が行われた結果と考えられる。

5. まとめ

プレミックス船工法によるセメント安定処理土の現場強度を調べた結果、ばらつきや強度比に関する定数は技術資料に記載の推奨値と概ね一致することが明らかになった。今後も施工データを収集し、更なる施工品質向上に努めたい。

【参考文献】

1) プレミックス船工法協会：プレミックス船工法技術資料(第1版)，2014.1. 2) 東日本高速道路(株)ら：フレッシュな気泡混合軽量土の密度・コンシステンシー試験方法，NEXCO 試験方法，pp.120-123. 3) (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(改訂版)，2008.7. 4) 北詰ら：管中混合固化処理土の工学的性質(その1)ー現場強度のばらつきと強度比ー，第42回地盤工学研究発表会講演集，pp.603-604，2007.7.

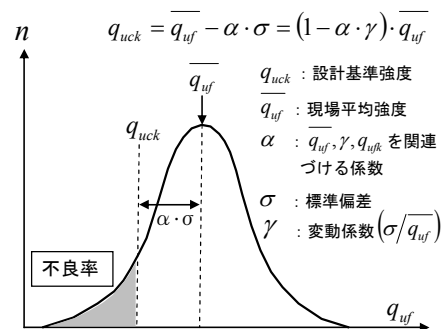


図-2 q_{uck} と不良率の関係(文献¹⁾に加算修正)

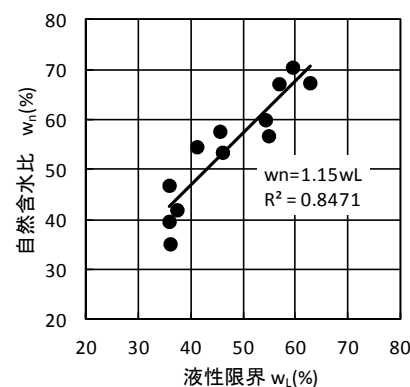


図-3 原料土の液性限界と含水比の関係

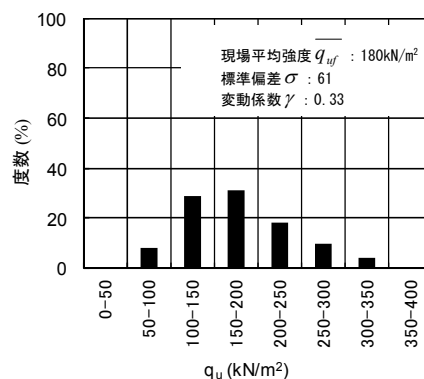


図-4 現場強度のヒストグラム