

浚渫土と転炉系製鋼スラグの連続式混合固化改質の実海域試験施工

東亜建設工業(株) 正会員 ○武田 将英 東亜建設工業(株) フェロー 五明 美智男

東亜建設工業(株) 正会員 永留 健 新日本製鐵(株) 正会員 辻井 正人

新日本製鐵(株) 正会員 木曾 英滋 新日本製鐵(株) 正会員 中川 雅夫

1. 目的

転炉系製鋼スラグ（以下、転炉系スラグ）を混合した浚渫土については、水和固化による軟弱な浚渫土の強度改良、浚渫土の緩和作用による転炉系スラグ起因の pH 上昇・白濁の抑制、海域へのリン溶出低減といった改質効果が指摘されている(木曾ら, 2008). こうした混合材料の利用にあたっては、長期的な安全性の確認と同時に、施工中、施工後の環境影響を低減しつつコスト競争力のある工法の開発が不可欠である. 本報告では、浚渫土と転炉系スラグの連続的混合による実海域試験施工を実施し、その施工管理の試行結果および固化改質状況のモニタリング結果について述べる.

2. 適用した工法

転炉系製鋼スラグと浚渫土といった 2 つの材料を定量かつ効率的・均一に混合した上で連続的に海域に投入するために、2 系統の揚土機能を有するリクレーマ船、混合攪拌のための連続ミキサー（75m³/h を 2 基）、汚濁防止のための汚濁防止柵、鉛直管（以後、トレミー管）を組み合わせた工法を用いることとした（図-1）.

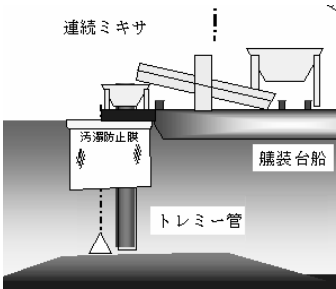


図-1 混合・投入部と施工状況

3. 実海域試験の概要

実海域試験は、浚渫土として大阪湾内で発生したものを、転炉系スラグとして新日本製鐵名古屋製鉄所産のものを使用し、2007 年 10 月、大阪湾堺浜（堺北泊地）の水深 15～18m の地点で実施した. 今回適用した工法では、連続ミキサーによる混練状況が施工後の品質に大きく影響することから、表-1 に示すように、浚渫土：転炉系スラグ＝7：3 の割合を一定とした上で、混練時間として標準・混合小・混合なしの 3 ケースを実験ケースとした. 施工対象としては、トレミー管による堆積形状を考慮し、円形、円錐状の形状を一方向に順次連続あるいは重ねあわせることにより、3 つのマウンド造成（底面積はいずれも 75m×25m）を試みた.

また、施工時には、出来形計測として事前・事後の深淺測量、品質管理としてトレミー管投入前の混合材料の密度・フロー値測定、一軸試験用の試料採取を実施するとともに、環境計測として周辺の pH、濁度の鉛直分布を計測した. さらに、施工後には、造成直後のマウンド上での pH 連続観測、施工 3 ヶ月後のマウンド形状と強度の計測を行った.

表-1 試験ケース

実験ケース	混練時間	時間あたり投入量 (m ³)	混合材料体積 (m ³)
マウンド a	標準	71～90	1200
マウンド b	小	77～171	1200
マウンド c	なし	265～413	1200

4. 実海域試験の結果

(1) 使用材料特性と品質管理

キーワード 転炉系製鋼スラグ、浚渫土、改良、実海域試験

連絡先 〒220-0035 神奈川県横浜市鶴見区安善町 1-3 TEL 045-503-3741

1500m³ 積みの土運船を用い、浚渫土 2800m³、転炉系スラグ 1200m³ を試験場所に搬入した。土質試験の結果、それぞれの物性は表-2 に示すように、ほぼ均一な材料であった。事前の配合試験結果より得られた湿潤密度（浚渫土と転炉系スラグの配合比 7:3, 8:2 に対し、それぞれ 1.88 g/cm³、1.73g/cm³）により、混合材料の品質を管理した。図-2 は、混合材料の湿潤密度を経時的に計測した全結果を時刻に対して示したものである。これより、転炉系スラグの設計体積配合比 30%に対し、平均 26%の配合比で投入されていることが確認された。

表-2 使用材料特性

湿潤密度 (g/cm ³)	土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	液性限界 (%)	塑性限界 (%)	強熱減量 (%)	pH	粒度組成 (%)				備考
							礫	砂	シルト	粘土	
1.492	2.686	84.0	73.5	22.3	7.4	8.3	4	29	34	33	土運船1
1.491	2.678	86.7	76.9	24.1	7.7	8.5	2	22	40	36	土運船2
1.518	2.675	83.4	71.8	21.4	7.7	8.3	9	29	34	28	土運船3
土粒子密度 (g/cm ³)	自然含水比 (%)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	最小乾燥密度 ρ_{dmin} (g/cm ³)	pH	粒度組成 (%)						備考
					礫	砂	シルト、粘土				
3.726	6.2	2.092	1.681	12.0	75	22	3				土運船4
3.566	1.9	1.943	1.603	11.6	94	6	0				土運船5

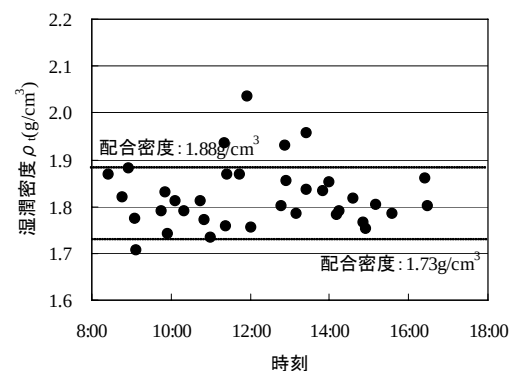


図-2 湿潤密度の経時変化

(2) マウンド形状と強度発現特性

施工前の現地盤の強度測定、混合材料の強度試験結果から、沈下ならびに安定検討を行った上で、実際には1mのマウンド厚さを確保できるように適宜施工を進めることとした。図-3 は、典型的な断面を示したものであり、多少の不陸が見られるものの高さ0.5~1m程度のマウンドが造成されていることがわかる。また、2008年1月に実施した深浅測量の結果によれば、2007年10月との高低差は±0.1m程度

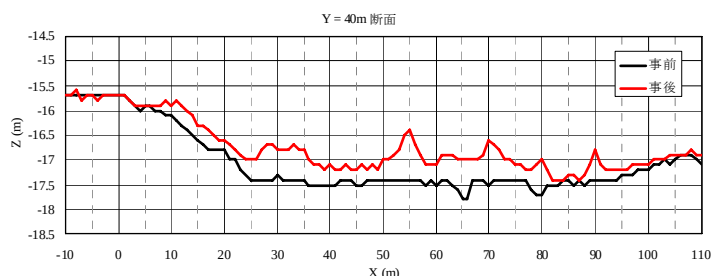


図-3 マウンド断面形状の典型例

であり、現在のところ沈下の影響は見られていない。さらに、施工後約3ヶ月に相当する2008年1月末に、潜水土により直径10cm、高さ20cm程度のアクリルパイプでマウンド試料を採取した。採取した試料のコーン貫入試験を実施し、一軸圧縮強度を推定した。混合をしていないマウンドcでは、浚渫土と転炉系スラグの不均一部分が見られ場所によって強度はゼロであったのに対し、連続ミキサーで混合したマウンドaとマウンドbでは、それぞれ207 kN/m²、130kN/m²が得られた。事前に実施した一軸圧縮試験の28日強度に対する発現率は69%、57%と計算された。これらより、強度改良が確認されるとともに、混合材料の均一混合の重要性が指摘される。

(3) 施工時の環境影響

各マウンド上0.1m、1mの高さで、施工後にpHの連続観測を実施した結果、標準的な混合をしたマウンドaではほとんど変化していないこと、混合をしていないマウンドcでは、施工後約6時間までpHが9弱とわずかながら上昇した程度であった。また、施工直後と3ヵ月後に実施した潜水土による目視観測にて、白濁が生じていないことも明らかとなった。これらより、pH低減、白濁防止の抑制が実海域で確認された。

5. おわりに

浚渫土と転炉系スラグの混合固化改良の実海域試験とあわせて実施したモニタリング結果について報告した。採用した工法や密度測定による品質管理の有効性、浚渫土の改質効果、混合材料の強度発現やpH緩衝効果などが明らかとなった。なお、本報に関する調査研究は、経済産業省補助事業「スラグ利用に係わる研究開発」として補助を受けた。ここに記して謝辞を表す。

参考文献

木曾英滋, 辻井正人, 伊藤公夫, 中川雅夫, 五明美智男, 永留健: 転炉系製鋼スラグの混合による浚渫土の固化改良技術, 海洋開発論文集, 第24巻, 2008 (投稿中)。
武田将英, 五明美智男, 永留健, 辻井正人, 木曾英滋, 中川雅夫: 混合材料の鉛直管内落下特性—粘性土と転炉系製鋼スラグを例として, 海洋開発論文集, 第24巻, 2008 (投稿中)。