

浚渫土を用いた人工石材の製造技術

国土交通省 中国地方整備局 広島港湾・空港整備事務所 出路 康夫
J F E スチール(株) 正会員 谷敷 多穂、○本田 秀樹、高橋 克則

1. 目的

港湾工事においては、航路や泊地の増深、維持のために、大量の浚渫土が発生する。これまで、浚渫土は、埋立て材などに用いられてきたが、近年、埋立て用地の確保が厳しくなっていることから、その新たな利用方法が望まれている。一方、鉄鋼生産からの副産物として生じる鉄鋼スラグは、その特性を利用して、土木材料(セメント原料、コンクリート骨材、路盤材など)に用いられており¹⁾、最近では、港湾工事用の石材代替材として、鉄鋼スラグを主原料とした人工石材も開発されている²⁾。このような背景から、浚渫土の新たな用途として、浚渫土と鉄鋼スラグを組み合わせた人工石材(以後、浚渫土混合人工石材と記述)の開発を行った。ここでは、製造方法の構築、人工石材の品質確認のために実施した実規模プラントの製造試験について述べる。

2. 浚渫土混合人工石材の原材料、配合設計の考え方

浚渫土混合人工石材の原材料は、浚渫土、転炉系製鋼スラグ(骨材)、高炉スラグ微粉末(結合材)、普通ポルトランドセメント(高炉スラグ微粉末の水硬性を加速させるためのアルカリ刺激材)、フライアッシュ(アルカリ溶出抑制)である。また、配合設計は、鉄鋼スラグとセメント、フライアッシュを主原料とした人工石材である「鉄鋼スラグ水和固化体技術マニュアル」²⁾に準拠した。

3. 製造試験の概要

浚渫土の配合(体積)割合 40%以上、準硬石としての圧縮強度 9.8N/mm²以上を目標性能として、室内試験の検討結果³⁾から、表-1 に示す配合条件とした。室内試験で目標の 2 倍程度の強度であった配合 1 を基本として、配合 2 は、強度レベルは低下するが、スランプの改善を目指した。配合 3 は、フライアッシュ量を半減させた条件とした。

製造プラントのフローを図-1 に示す。解泥、含水比調整した浚渫土を圧送して、製鋼スラグと粉体材料とを二軸連続式ミキサで混合した。混合後は、型枠内に打設、養生、破碎を行った(写真-1)。今回の試験では、二軸連続式ミキサでの混合均一性、製造した人工石材の品質評価のための室内試験を実施した。なお、浚渫土は、福山本航路の

浚渫土砂を用い、試験時の製造速度 30~40m³/h とした。

表-1 製造試験の配合条件

ケース	浚渫土 含水比 (%)	配合 (1m ³ あたり)					室内試験結果	
		浚渫土 (m ³)	製鋼スラグ [*] (kg)	高炉スラグ [*] 微粉末(kg)	普通ポルトランドセメント(kg)	フライアッシュ (kg)	スランプ (cm)	圧縮強度 (N/mm ²)
配合 1	220	0.55	666	462	77	115	4.8	19.0
配合 2	220	0.55	718	429	72	107	5.5	15.2
配合 3	240	0.55	730	478	80	55	7.3	20.6

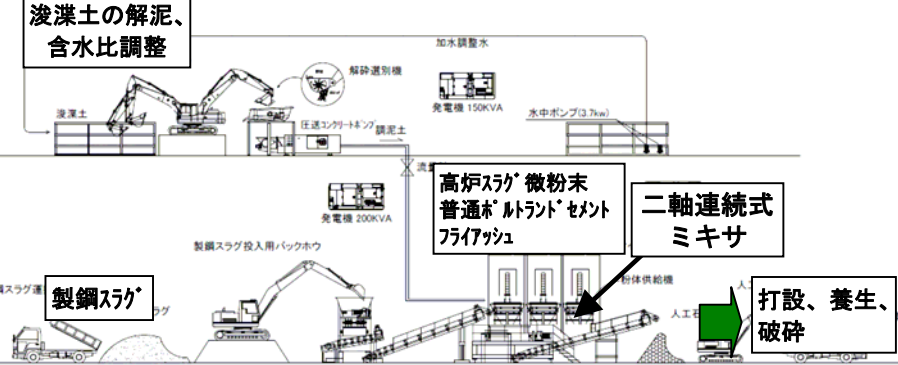


図-1 製造プラントのフロー図



写真-1 浚渫土混合人工石材

キーワード 浚渫土、鉄鋼スラグ、人工石材、製造試験、品質評価
連絡先 〒210-0855 神奈川県川崎市川崎区南渡田町 1-1 スチール研究所 土木・建築研究部 TEL044-322-6260

4. 試験結果

1) 二軸連続式ミキサでの混合均一性

配合材料の混合均一性を把握するため、各配合条件に対して、混合 10m³ 間隔で 2 回、それぞれ 3 試料(計 6 試料)、混合材の単位体積重量を測定した。その結果、単位体積重量は平均値±2%の範囲であり、さらに、計測した試料に含まれる製鋼スラグ重量(試料を水篩いして、粒径 2.36mm 以上を抽出)も同程度であったことから、二軸連続式ミキサで均一に混合されていることが確認できた。

2) 試験製造した浚渫土混合人工石の品質評価

各配合条件において、混合 10m³ 後に採取した試料を用いて、室内試験を実施した。品質評価項目と品質範囲、および今回の試験結果を表-2 に示す。この品質評価項目と範囲は、港湾工事用の天然石材の代替材として開発された「鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材」⁴⁾を準用した。その結果、全ての評価項目において、品質範囲を満足していることが確認できた。試験結果の一例として、配合 1 における、圧縮強度と養生日数の関係を図-2 に示す。圧縮強度は、養生 7 日で、準硬石としての目標強度 9.8N/mm² 以上であり、養生 91 日でも、強度増加(養生 28 日の約 1.2 倍)が見られた。また、圧縮試験結果(養生 28 日、試験数 30 本)から求めた圧縮強度の変動係数 7%(配合 1)、6%(配合 2)、8%(配合 3)であった。これは、バッチ式プラントでの鉄鋼スラグ水和固化体の変動係数 5%²⁾をやや上回る程度であり、今回の二軸連続式ミキサによる混合でも、安定した強度の人工石材が製造可能であると考えられる。

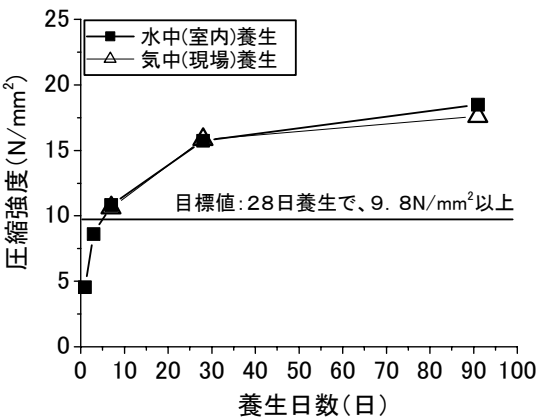


図-2 圧縮強度と養生日数(配合 1)

表-2 品質評価項目と品質の範囲、今回の試験結果

	指標	品質の範囲	今回の試験結果		
			配合 1	配合 2	配合 3
物理的性質	絶乾密度(g/cm ³)	1.8~2.7	1.84	1.96	1.91
	吸水率(%)	5~20	18.5	17.2	17.4
	圧縮強度(N/mm ²)	9.8~35	15.7	16.8	16.9
力学的性質	せん断抵抗角(°)	35 以上(均等係数≥5)	37.9(均等係数=6) ^{*)}		
	スレーキング率(%)	準硬石と同等	15.3	13.3	15.6
	pH (固液比 1:10)	9.0 以下	8.4 以下 ^{**)}		
環境適合性	生物付着性(付着藻類等)	天然石材と同等	— ^{**)}		
	有害物質の溶出(製造時(材齢 28 日))	水底土砂に係わる判定基準(環告 14)による溶出試験	基準値以下		
	膨張「鉄鋼スラグ水和固化体技術マニュアル」 ²⁾ 付属書 2	有害なひび割れなし	有害なひび割れなし		

*) 大型三軸(CD)試験を実施。試料は、最大粒径 53mm、均等係数=6 に調整。供試体は、水中落下で作成。
**) 今後、実施工時にモニタリング調査の予定。

5. まとめ

浚渫土と鉄鋼スラグを用いた浚渫土混合人工石材の実規模プラント試験を行った。その結果、二軸連続式ミキサで均一に混合可能であり、安定した強度の人工石材が製造できることが確認できた。また、製造した人工石材は、目標とした品質範囲を概ね満足していた。なお、浚渫土混合人工石材の適用条件については、継続的に実海域での耐久性を観察した上で見定めていきたい。

参考文献

1) 「環境資材 鉄鋼スラグ」 鉄鋼スラグ協会
2) 「鉄鋼スラグ水和固化体技術マニュアル」(財)沿岸技術研究センター、平成 20 年 2 月
3) 「福山本航路浚渫土を用いた人工石の配合の検討」 土木学会 中国支部研究発表会(投稿中)、平成 23 年 5 月
4) 港湾関連民間技術の確認審査・評価報告書「鉄鋼スラグ水和固化体製人工石材」(財)沿岸技術研究センター、平成 19 年 11 月