

粒鉄を用いた超硬練り重量セメント硬化体（Cemented Heavy Slag）の開発

ハザマ 土木事業総本部 正会員 ○江口正勝 正会員 天明敏行
 新日本製鐵(株) 八幡製鐵所 正会員 望月武 正会員 横尾正義
 ハザマ 技術環境本部 正会員 村上祐治

1. まえがき

港湾構造物などでは、揚圧力による浮上りを防止する材料として通常コンクリートが使用されている。コンクリートの代替材料として、鉄鋼製造工程での副産物で密度が約 5g/cm³の粒鉄に着目し、これを用いた超硬練り重量セメント硬化体（Cemented Heavy Slag）の開発を目的として試験練りと試験施工を実施した。

2. 試験練り

試験練りに用いた使用材料一覧を表-1 に示す。重量セメント硬化体は、粒鉄を粗骨材として用い、細骨材にはコンクリート用細骨材（粗砂・細砂）、銅スラグを用いた。粒鉄と細骨材の物理試験結果を表-2 に示す。

粒鉄は、鉄鋼製造工程での副産物であり、製造プロセスを図-1

に示す。高炉で作られる銑鉄の精錬工程で生成する製鋼スラグ（溶銑予備処理スラグ、転炉スラグ等）を破碎プラントにて破碎する際に磁選回収される鉄分が粒鉄であり、今回セメント硬化体に用いたものはこの粒鉄を 5～70mm にふるい分けしたものである。

粒鉄の製造過程では、韌性を高めるために精錬工程において生石灰などの副原料を混入する。このため、遊離石灰の水和反応などにより膨張することが予想されたので、転炉スラグを骨材として用いる場合に実施されるエージング処理を行った。

試験練りの実施ケースを表-3 に示す。各ケースにおいて単位水量や細骨材率を変化させて試験練りを実施し、VC 値が 20 秒程度となる配合を選定した。

硬化した重量セメント硬化体の JISA1108 による単位容積質量と圧縮強度を図-2 に示す。細骨材の種類と

キーワード 重量セメント硬化体，超硬練り，粒鉄

表-1 使用材料一覧

項目	仕様	
セメント	高炉セメント B 種 密度 3.2g/cm ³	
フライアッシュ	峯北発電所産 密度 2.3g/cm ³	
水	つくば市水道水	
粗骨材	粒鉄 新日鐵八幡製鐵所産 (粒径 70～5mm)	
細骨材	コンクリート用粗砂・細砂	北九州産海砂
	銅スラグ	佐賀関産

表-2 粒鉄とコンクリート用細骨材の物理試験結果

		粗骨材		細骨材			
		粒鉄	コンクリート用細骨材			銅スラグ	
			70-5mm	粗砂	細砂	粗+細 1:1 (容積比)	銅スラグ
JIS A 1109・1110	絶乾密度 (g/cm ³)	5.03	2.60	2.58	2.59	3.48	3.03
JIS A 1109・1110	表乾密度 (g/cm ³)	5.14	2.63	2.61	2.62	3.50	3.06
JIS A 1109・1110	吸水率 (%)	2.25	1.33	1.14	1.24	0.79	0.97
JIS A 1104	単位容積質量 (g/cm ³)	2.70			1.69	2.00	2.01
JIS A 1104	実積率 (%)	53.7			65.2	57.4	66.4
	(振動法) ^(20秒) (%)	58.8			70.5	62.8	72.5
JIS A 1103	微粒分量試験 (%)	2.43	2.88	1.41	2.15	0.50	0.89
JIS A 1102	粗粒率	6.71	3.54	1.79	2.67	3.64	2.85

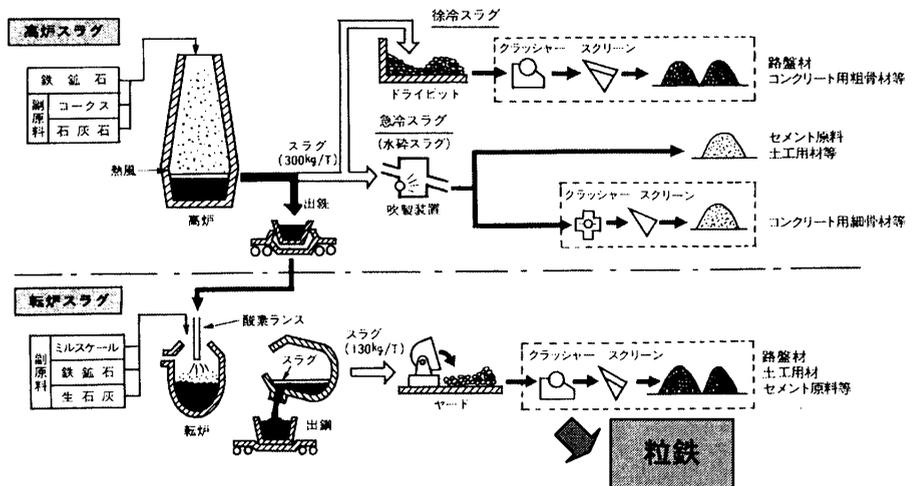


図-1 粒鉄の製造プロセス

配合によって単位容積質量は異なり，3,200～3,700kg/m³であった。単位容積質量は，単位水量や単位セメント量が少なく，粒鉄の単位量が大きくなる貧配合の方が富配合より大きく，密度の小さいフライアッシュを多く混入したものは小さい結果となった。

表-3 試験練りケース

処理 エー ジ	細骨材	F/粒鉄 (%)	富配合 W/C=65% (50%)	貧配合 W/C=110% (172%)
処理 なし	コンクリート用粗・細砂	0	ケース 1	ケース 2
	銅スラグ*	0	ケース 3*	—
	銅スラグ*+細砂	0	—	ケース 4
グ エー ジ	コンクリート用粗・細砂	0	ケース 5	ケース 6
	コンクリート用粗・細砂	10	ケース 7	ケース 8
	銅スラグ*	10	ケース 9	—
	銅スラグ*	15	—	ケース 10*

*粉体量の調整によりケース 3,10 はそれぞれ W/C=50,172%とした。

3. 試験施工

試験練りの結果より，表-4 に示す示方配合で試験施工を実施した。製造方法は，骨材として用いる粒鉄の密度が大きいことから，ミキサーの磨耗によるコストの増大が懸念されることと，コンクリートのように圧縮強度の品質の変動を厳しく管理する必要がなく，主として単位容積質量のみを管理すればよいことからより簡易にバックホウで攪拌することとした。各構成材料のうち，粒鉄と砂については構築したコンクリート柵において容積計量を行った。セメントは重量計量し，水は水槽に計量目盛を取付け，容積を管理してポンプで送水した。攪拌には50m³の柵に対して0.7m³のバックホウ2台と0.3m³のバックホウ1台を補助として使用した。

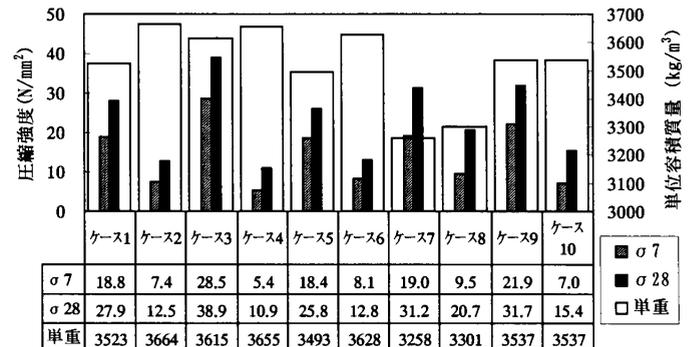


図-2 圧縮強度と単位容積質量

表-4 示方配合

配合名	コンシステンシー 目標VC値 (秒)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					理論 密度 (kg/m ³)
					水 W	セメント C	細骨材		粒鉄 G2	
							粗砂 S1	細砂 S2		
富配合CHS Hi-paste Type	20秒	1.5	65	40	125	192	419	416	2409	3562

施工ヤードでは，15t級のブルドーザを使用してダンプトラック1台毎の材料を1リフト30cmの厚さで敷均した。敷き均しが終了した時点で10t級の振動ローラにより無振動2回，振動12回の転圧を実施した。試験施工のフローを図-3に，製造状況，敷均し状況を図-4，5に示す。

単位水量の管理をVC値で実施した結果，目標の20秒に対して5.2～49.7秒と多少のばらつきはあったが，平均では18.2秒であり目標値に近かった。硬化後にボーリングをし，コア観察と単位容積質量を測定した。コアリングした供試体を図-6に示す。全ケースの単位容積質量の平均値はコンクリートの約1.5倍で3.30g/cm³であった。

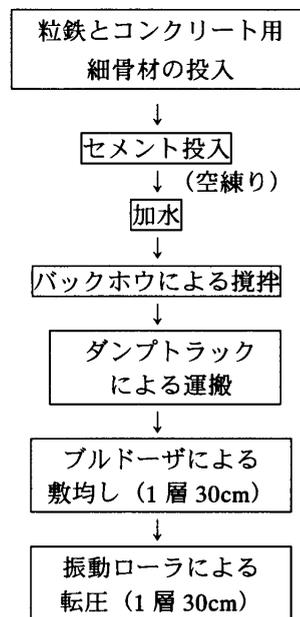


図-3 試験施工のフロー

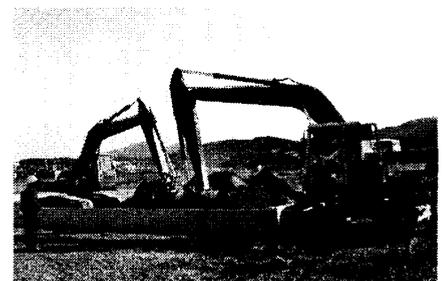


図-4 製造状況（攪拌）

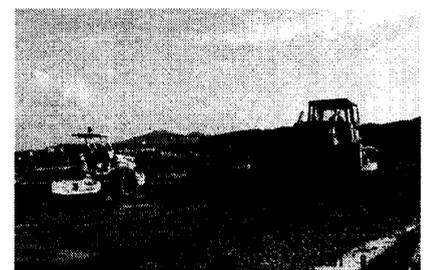


図-5 敷均し状況

4. まとめ

超硬練り重量セメント硬化体の試験練りと試験施工を実施し，良好で密実なコアが採取できた。単位容積質量は3.3g/cm³程度となり，浮上がり防止材料として，コンクリートの代替材料となる可能性を示した。



図-6 コア供試体