

高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートの火力発電所土木設備への適用について（その１）

－基本特性と適用実績について－

東京電力 富津火力建設所 正会員 福田 聡之
 東京電力 富津火力建設所 正会員 上原 義和
 鹿島・清水建設共同企業体 正会員 吉田 英信
 奥村・間共同企業体 中 博明
 新日本製鐵 正会員 片桐 建詞

１．はじめに

近年の建設工事では、環境保全の観点から、鉄鋼スラグ等の産業副産物の利用促進が求められてきている。高炉スラグ碎石は、コンクリート用粗骨材として1977年にJIS化されているが、吸水率が大ききことによるポンプ圧送時の配管閉塞や粒形が悪いことによる単位水量の増大等を懸念する見解が一般的であり、また、供給地と需要地の問題、流通の問題等により、JIS化以降一般の建設工事で適用された実績は少ない。本稿は、東京電力(株)富津火力発電所3,4号系列増設工事において、近隣の製鉄所において発生する高炉スラグ碎石をコンクリート用粗骨材に適用し、コストダウンと資源の有効利用を図るために、その基本特性の把握と実用に資するための配合条件および施工性の検討を、天然粗骨材との比較をもとに行ったものである。

２．天然粗骨材を用いたコンクリートとの特性比較

表－１ 使用材料

材料項目	使用材料	品質
セメント	高炉セメントB種	密度 3.04g/cm ³ , 比表面積 3,990 cm ² /g
細骨材	天然細砂	表乾密度 2.60g/cm ³ , 吸水率 1.70%, 粗粒率 2.73
粗骨材	石灰碎石	表乾密度 2.71g/cm ³ , 吸水率 0.71%, Gmax20mm
	高炉スラグ碎石	表乾密度 2.58g/cm ³ , 吸水率 2.68%, Gmax20mm
混和剤	AE減水剤	標準型(I種)

高炉スラグ粗骨材と天然粗骨材を用いた場合のコンクリートの特性比較試験を、フレッシュコンクリートと硬化コンクリートについて実施した。検討に用いたコンクリート材料・配合を表－１，

２に、試験項目及び試験結果を表－３に示す。

表－２ 試験配合表

記号 (使用骨材)	W/C (%)	s/a (%)	設計値			単位量(kg/m ³)					
			f _{ck} (28) (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		混和剤 AD
スラグ碎石	55	42	24	12	4.5	156	284	758		1043	0.71
天然碎石	55	42		±2.5	±1.5	156	284	758	1105	—	0.71

表－３ 試験項目及び試験結果

	No.	試験・評価項目	単位	規格値・要求値		試験結果	
				準拠基準	基準値	天然碎石	スラグ碎石
フレッシュ コンクリート の特性	1	スランプの経時変化	cm	規格なし(スランプロス:90分後)		6.0	7.5
	2	空気量の経時変化	%	規格なし(空気量ロス:90分後)		1.4	2.0
	3	ブリーディング	cm ³ /cm ²	鉄筋コンクリート造 ひび割れ対策指針案 (日本建築学会)	ブリーディング量 0.3以下	0.0335	0.0589
	4	終局断熱温度上昇量	℃	規格なし		44.9	43.6
硬化 コンクリート の特性	5	圧縮強度	N/mm ²	—	f _{ck} (28)=24	32.4	31.5
	6	引張強度	N/mm ²	規格なし		2.4	2.1
	7	弾性係数	N/mm ²	コンクリート標準 示方書(土木学会)	2.5×10 ⁴ (計算用値)	3.2×10 ⁴	2.9×10 ⁴
	8	凍結融解抵抗性	%	コンクリート標準 示方書(土木学会)	300サイクルで60% 以上(動弾性係数)	95.5	98.4
	9	中性化	mm	—	鉄筋のかぶり 100mm以下	14.4	13.6
	10	乾燥収縮	%	コンクリートの 調合設計指針 (日本建築学会)	28週の長さ 変化率 0.08%以下	0.056	0.063
	11	塩分浸透	mm	規格なし		10	10
	12	クリープ(クリープ係数)	—	規格なし		1.44	1.48

キーワード：高炉スラグ粗骨材，コンクリート特性，ポンプ圧送性，火力発電所

連絡先：〒293-0011 千葉県富津市新富25番地 TEL：0439-87-3121 FAX：0439-90-5431

表－3より、高炉スラグ粗骨材のコンクリートは天然粗骨材のコンクリートに比べ、ブリーディング、圧縮・引張強度が小さいものの、ほぼ同等の特性を有していると判断される。したがってポンプ圧送性等の施工上の差異がなければ、高炉スラグをコンクリート粗骨材として用いることは、実用上問題ないと考えられた。

3. 高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートのポンプ圧送特性

高炉スラグ粗骨材を用いたコンクリートは、一般的にポンプ圧送中のスラグ粗骨材の吸水によりスランプロスが発生して配管閉塞を起すと言われている。そこで、表－4に示す3配合にてポンプ圧送試験を実施した。表－4中のGS-0は天然粗骨材100%使用のコンクリート、GS-50は高炉スラグ粗骨材と天然粗骨材を容積で50%混合したコンクリート、GS-100は高炉スラグ粗骨材100%使用のコンクリートである。

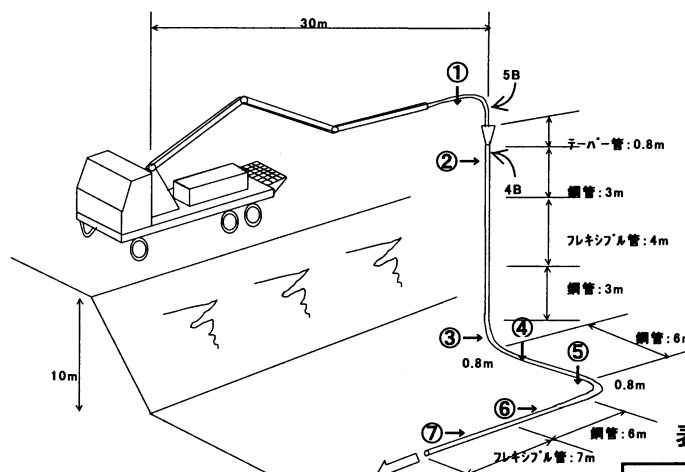
表－4 ポンプ圧送試験を実施したコンクリート配合

記号	W/C (%)	s/a (%)	設計値			単位量 (kg/m ³)					
			f'ck(28) (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		混和剤 AD
									天然	スラグ	
GS-0	55	42	24	12	4.5 ±1.5	159	289	758	1104	—	0.723
GS-50		45		±2.5		159	289	808	520	492	0.723
GS-100		47		15		170	310	821	—	921	0.775

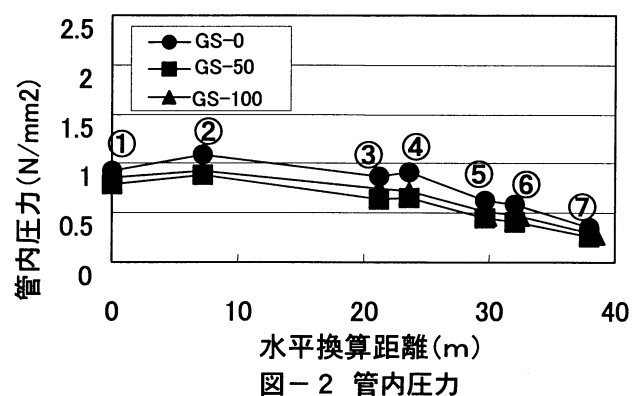
試験概要は図－1に示すように、高さ10mの盛土上から総配管延長約62m（鋼管＋フレキシブル管）にてコンクリートを打設した。また、ポンプ圧送は、ポンプ圧力5.9N/mm²、ストローク回数13回/分にて行い、図－1に示す7箇所において管内圧力を計測した。図－2に管内圧力の計測結果を示す。

今回の試験では、GS-0とGS-50は、配管の閉塞も発生せず良好な打設状況であったが、GS-100については、スランプ15cmと他より流動性を高くしたにも関わらず、②のテーパ部(φ5B→φ4B)で配管閉塞が発生した。この原因を高炉スラグ粗骨材の吸水と考えた場合、管内圧力の上昇や圧送後のスランプ低下等の現象が生じるはずだが、図－2の管内圧力の変化や表－5に示す圧送前後のスランプ変化から判るように、GS-100と他の2配合とに有意な変化は生じていない。従って配管閉塞の原因は高炉スラグ粗骨材の吸水によるものだけでなく、高炉スラグ粗骨材の骨材形状や表面粗度に起因する配管内での骨材間のブロッキングによる影響もあると考えられた。

実施工においては、配管基礎など圧送距離の短い小規模構造物に対してGS-100のコンクリートを、配管距離の長い大規模構造物に対してはGS-50のコンクリートを打設した。総打設量は約65,000m³である。



図－1 ポンプ圧送試験概要



表－5 ポンプ圧送前後でのコンクリートの品質変化

記号	圧送前			圧送後		
	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
GS-0	10.5	5.2	31.3	10.5	5.9	29.1
GS-50	8.0	5.1	27.1	9.0	6.0	27.0
GS-100	16.0	5.0	26.4	14.5	4.6	25.0

4. 結論

- (1) 高炉スラグ粗骨材と天然粗骨材を用いたコンクリートの材料特性はほぼ同等である
- (2) 高炉スラグ粗骨材100%のコンクリートは、ポンプ圧送時に配管閉塞を起こす可能性がある。閉塞の原因は骨材の吸水のみでなく、骨材形状や表面粗度による骨材同士のブロッキングによる影響もあると思われる。
- (3) 高炉スラグ粗骨材50%のコンクリートは、ポンプ圧送性上の問題はなく、一般のコンクリートを同等に取り扱うことができる。