

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4） －ポンプ圧送性に関する実験的検討－

鹿島技術研究所 正会員 溝淵 利明
東京電力富津火力建設所 正会員 土山 滋郎
鹿島・清水共同企業体 正会員 松井 淳
清水建設土木本部 正会員 根本 浩史
新日本製鐵 正会員 片桐 健詞

1. はじめに

東京電力富津火力発電所内に建設中の 10, 11 号 LNG 地下タンクでは、底版および側壁に産業副産物である高炉スラグ粗骨材を使用したコンクリートを実工事に適用して、建設コストの削減、資源の有効利用を図っている。本報は、高炉スラグ粗骨材を使用したコンクリートを実施工に適用する際に、事前に実施した室内試験およびポンプ圧送試験の結果について報告するものである。

2. 試験概要

試験に供したコンクリートの使用材料を表-1に、コンクリートの配合を表-2に示す。セメントには温度ひび割れ抑制を目的として、高炉セメント B 種（スラグ混入率 58%）およびフライアッシュ混入三成分系低発熱セメントの 2 種類について検討を行った。本工事における底版コンクリートの施工は、鉛直下方配管を含む配管総延長 100~150m 程度のポンプ施工であり、かつ広大な面積を配管に取り付けた T 字型シャッターバルブによって打ち込む計画となっており、コンクリートには

表-1 使用材料

使用材料	記号	摘要
セメント	BB	高炉セメント B 種
	MBF	フライアッシュ混入三成分系セメント
細骨材	S	富津市高溝産山砂
	Gn	津久見産石灰砕石
粗骨材	Gs	高炉スラグ砕石
	AD	AE減水剤
混和剤	AD	AE減水剤

表-2 コンクリートの配合

配合 No.	f _{ck} (91) (N/mm ²)	スランプ (cm)	W/C (%)	s/a (%)	Air (%)	単位量(kg/m ³)						
						W	BB	MBF	S	Gn	Gs	AD
BB-0	24	15±2.5	55.0	43.1	4.5 ± 1.5	154	280	—	793	1091	—	0.700
BB-50				46.0		162	295	—	829	510	465	0.738
BB-100				46.0		162	295	—	832	—	931	0.738
MBF-50				48.0		158	—	285	871	491	467	0.712

は良好なポンプ圧送性が要求されている。しかしながら、高炉スラグ粗骨材は表-1に示すように天然粗骨材に比べて吸水率が大きいため、ポンプ圧送によって高炉スラグ粗骨材が加圧吸水し、圧送後のコンクリートのワーカビリティが低下することが懸念された。そこで、高炉スラグ粗骨材の使用量を粗骨材容積の 0, 50, 100%に変化させた配合について試験を実施した。

室内試験では、配合 BB-0, BB-50, BB-100 について、高炉スラグ粗骨材の使用量が加圧にともなう流動性の変化に及ぼす影響を相対的に把握することを目的として、練上り直後のコンクリートについて非排水状態での加圧ブリーディング試験（容器：φ200×h250mm）を実施し、加圧前後のスランプを測定した。加圧力は 1.5N/mm²、加圧時間は 1 分間とした。ポンプ圧送試験は、底版均しコンクリートの施工時に実施した。コンクリートは市中の生コン工場で製造し、40~50 分かけて現場へ運搬した。現場到着後、実施工と同様

表-3 測定項目（ポンプ圧送試験）

測定項目	備考
スランプ	出荷時、現場到着時、筒先の試料について測定
空気量	
コンクリート温度	
圧縮強度	現場到着時の試料より採取
凍結融解抵抗性	筒先の試料より採取
ポンプ主油圧	圧送中に連続して測定

キーワード：スラグ粗骨材、ポンプ圧送性

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL：0424-89-7058 FAX：0424-89-7047

の圧送条件（鉛直下方配管長約 30m、水平配管約 120m、輸送管径 125mm、吐出量約 50m³/h、油圧ピストン式ポンプを使用）でコンクリートを圧送した。圧送試験における測定項目は表-3 に示すとおりであり、高炉スラグ粗骨材の使用量とセメントの種類がポンプ圧送性に及ぼす影響を検討した。なお、いずれの試験においても高炉スラグ粗骨材はプレウェットティングを行って使用した。

3. 試験結果および考察

図-1 に室内試験で実施した非排水加压試験における加压前後のスランptest験の結果を示す。同図に示すように、高炉スラグ粗骨材の使用量が増加するにしたがい、天然粗骨材に比べて加压による流動性低下への影響が大きい結果を示した。これは、プレウェットティングを行っても高炉スラグ粗骨材内部には気孔が残っており、加压によって粗骨材が吸水するためであると考えられ、天然粗骨材に比べてポンプ圧送による流動性の低下が大きくなることを示していると判断された。

図-2 にポンプ圧送試験におけるスランptest験の代表的な結果を示す。圧送後の試験は圧送が定常状態になった時点で筒先から試料を採取して実施した。高炉セメントB種を使用した配合に着目すると、圧送によるスランptestロス は BB-0 で 4.5cm、BB-50 で 7.0cm であり、BB-100 については、運搬中のスランptestロス が大きく、下方配管最下部で一部の配管が閉塞状態となり、室内試験と同様、高炉スラグ粗骨材混入量を増加させると圧送後のスランptestロス が大きくなる結果となった。

次に、セメント種類に着目して BB-50 と MBF-50 を比較すると、圧送によるスランptestロス は BB-50 が 7.0cm、MBF-50 が 5.5cm であり、MBF の方が単位水量が少ないにも関わらず、スランptestロス が小さくなる結果を示した。これは、表-4 に示すように、フライアッシュ混入によって圧送管壁面との摩擦抵抗が小さくなり、その結果、管内圧力の上昇が抑制されて高炉スラグ粗骨材への加压吸水量が低減されたものと考えられる。なお、今回の試験では、圧送による空気量の変化はほとんど認められなかった。表-5 にポンプ圧送試験における硬化コンクリートの試験結果を示す。91 日圧縮強度は、耐久性を考慮して水セメント比を 55% としたため、いずれの配合も配合強度 (28.8N/mm²) を十分に上回る結果となった。また、凍結融解抵抗性についても空気量が管理値内であれば、十分な性能を有していることが確認された。

以上の結果から、天然粗骨材コンクリートに比べて筒先の流動性が若干低下するものの、高炉スラグ粗骨材使用量を粗骨材容積の 50% とすることで、ほぼ良好な施工性および硬化物性を確保でき、高炉スラグ粗骨材を有効に利用できるものと判断された。

4. まとめ

当建設工事では、底版コンクリート (MBF-50) の打込みを既に終了しており、現在、側壁コンクリート (BB-50) の打込みを順次行っているところである。今回実施したポンプ圧送試験の結果をもとにスランptestの目標値を 15±2.5cm とすることで、現在までのところ大きな配管閉塞等のトラブルはなく順調に施工されている。

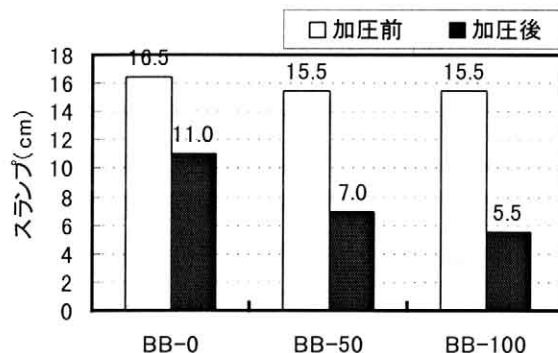


図-1 室内加压試験におけるスランptest値

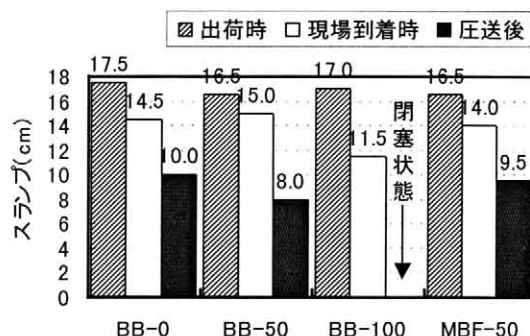


図-2 ポンプ圧送試験におけるスランptest値

表-4 ポンプ主油圧の計測結果

配合No.	ポンプ主油圧
BB-0	18.0 N/mm ²
BB-50	18.0 N/mm ²
MBF-50	15.0 N/mm ²

表-5 硬化コンクリートの試験結果

配合No.	91日圧縮強度 (N/mm ²)	凍結融解抵抗性 耐久性指数 (%)
BB-0	38.8	81.6
BB-50	39.6	90.4
BB-100	36.5	実施せず
MBF-50	35.5	83.7