

Ca 系刺激材を用いた環境配慮型コンクリートのポンプ圧送性について

大成建設(株)土木技術研究所 正会員 ○岡本 礼子, 正会員 宮原 茂禎, 正会員 荻野 正貴
 正会員 松元 淳一, 正会員 坂本 淳, フェロー会員 丸屋 剛

1. 目的

コンクリート製造にかかわる CO₂ 排出量を低減するために産業副産物などの混和材の置換率を高めたコンクリートが盛んに研究され, 実用化され始めている. 著者らは設計基準強度 24N/mm² 程度の一般的な土木構造物への適用を想定した環境配慮型コンクリートの開発を行っている. これは, 高炉スラグ微粉末を主な結合材とし, カルシウムを多く含有する石灰系膨張材および水酸化カルシウムを刺激材として使用している. これまでに基礎物性, 耐久性の確認を行ってきた. 本報では, Ca 系刺激材を用いた環境配慮型コンクリート(以下, 環境配慮型と称す)の実用化に向けて行った圧送試験について報告する.

2. 配合および試験項目

表 1 に配合を, 表 2 に使用材料を示す. 主結合材である高炉スラグ微粉末(BFS)は, 石こうが SO₃として 2 質量%添加されたものを使用した. 配合は表 1 に示すとおりであるが, 表 2 に示す BFS, EX, CH, LS はプレミックス工場にて合計 7t を事前に混合し, 粉体 P として使用した. コンクリートは, 市中のレディミクストコンクリート工場にて 2m³ ずつ製造して圧送試験に供した.

圧送試験には, 表 3 に示すピストン式コンクリートポンプを使用した. 表 4 に示すフレッシュ性状試験を行い, 圧送前後でのフレッシュ性状の変化を測定した. 圧送はポンプ車のブーム配管を使用して行い, 水平換算距離は 50.5m であった. 圧送速度 15, 30, 45m³/hr における吐出圧を測定した.

圧送前, および圧送速度 30, 45m³/hr で圧送後のコンクリートで試験体を作成し, 材齢 1, 4, 7, 28, 91 日で圧縮強度試験を行った. 試験体の養生については 1)現場養生(ビニル封かん後, 外気環境中に静置), 2)標準養生(ビニル封かん後, 室温 20°C, 湿度 80%の室内に静置), 3)加熱養生(ビニル封かん後, 加熱養生マットで覆って試験体中心温度平均 33.4°C で 7 日間加熱養生後, 試験材齢まで現場養生と同条件で静置), の 3 種類を行い, 圧縮強度と積算温度との関係を求めた.

3. 試験結果

1) 圧送試験結果

トラックアジテータ車から随時試料を採取して測定した. コンクリートの練上り後 90 分までのフレッシュ性状測定結果を図 1 に示す. 圧送前のコンクリートは目標フレッシュ性状(練上り 90 分後まではスランブキーワード 高炉スラグ微粉末, 石灰系膨張材, 消石灰, ポンプ圧送

表 1 配合

水粉体比 W/P(%)	細骨材率 s/a(%)	単位量(kg/m ³)					
		W	P	S	G1	G2	SP
35.4	43.3	155	438	714	655	289	3.5

※1:粗骨材はG1:G2を7:3(体積比)で混合使用
 ※2:SPは高性能AE減水剤を使用

表 2 使用材料

使用材料	記号	適合規格, 品質
高炉スラグ微粉末	BFS	JIS A 6206, 密度2.89g/cm ³ , 比表面積4460cm ² /g
膨張材	EX	JIS A 6202, 密度3.14g/cm ³ , 比表面積3500cm ² /g
消石灰	CH	JIS R 9001, 密度2.8g/cm ³ , 600 μm全通
石灰石微粉末	LS	JIS A 5008, 密度2.65g/cm ³ , 75 μm80%通過
細骨材	S	JIS A 0203, 絶乾密度2.57g/cm ³ , 吸水率 1.36%
粗骨材1	G1	JIS A 5005, 碎石, 表乾密度2.60g/cm ³ , Gmax25mm
粗骨材2	G2	JIS A 5005, 碎石, 表乾密度2.70g/cm ³ , Gmax25mm
水	W	水道水

表 3 コンクリートポンプ仕様

シリンダー径(mm)		205	
ポンプ能力	標準	吐出量 (m ³ /hr)	Q1 57
			Q2 97
	吐出圧力 (Mpa)	P1	5.4
		P2	3.4
	高圧	吐出量 (m ³ /hr)	Q1 39
		吐出圧力 (Mpa)	Q2 8.2
	P1	68	
	P2	5.2	

表 4 試験項目

圧送試験	スランブ	JIS A 1101	
	空気量	JIS A 1128	
	コンクリート温度	JIS A 1156	
	吐出圧	圧送速度	15,30,45m ³ /hr
		吐出時間	圧送速度
	ストローク数	15,30,45m ³ /hr	
圧縮強度試験	JIS A 1108		

表 5 圧送試験結果

試験項目		圧送速度(m ³ /hr)					
		15		30		45	
		圧送前	圧送後	圧送前	圧送後	圧送前	圧送後
練上りからの経過時間(min)		63	76	30	48	25	40
圧送前後のフレッシュ性状測定	スランプ(cm)	14.1	14.6	15.5	13.8	14.8	11.8
	空気量(%)	5.3	5.1	5.5	5.1	7.0	5.5
	コンクリート温度(°C)	12.5	12.9	11.0	13.3	12.3	13.0
圧送圧測定	ポンプ主油圧(MPa)	8		10		22	
	ストローク数(回)	27		23		27	
	圧送時間(t)	336		149		122	
	ポンプ前面圧(Mpa)	1.5		1.9		4.1	
	実吐出量(m ³ /hr)	15.5		29.6		42.7	
	水平管1mあたりの管内圧力損失(MPa/m×10 ⁻²)	2.97		3.71		8.16	

15cm±2.5cm, 空気量 6%±1.5%を保持) をほぼ満足していた。

圧送試験結果を表 5 に示す。圧送速度 15, 30m³/hr ではポンプ主油圧はほとんど変化せず、圧送速度を 45m³/hr とした場合に大きく増加した。また図 2 に示すように、圧送後のスランプは、30m³/hr の場合に 1.7cm, 45m³/hr では 3cm, 圧送前よりも減少しており、吐出量の増加に伴いスランプロスは増大する傾向が見られた。

土木学会コンクリートのポンプ施工指針¹⁾に示される普通コンクリート(スランプ 15cm)と本試験結果から求めた環境配慮型の、実吐出量と水平管 1m あたりの管内圧力損失の関係を図 3 に示す。普通コンクリートと比較して、環境配慮型の圧力損失は大きいですが、30m³/hr までは十分に圧送可能な範囲であった。吐出量を 45m³/hr とした場合に圧力損失が顕著に増大することが分かる。以上の結果から、環境配慮型のポンプ圧送においては、普通コンクリートより圧送負荷が大きくなること、吐出量を大きくしすぎないように留意する必要があるものの、圧送は十分に可能であると考えられる。

2) 圧縮強度試験結果

図 4 に積算温度と圧縮強度の関係図を示す。積算温度が 200~400°C・hr 程度では、加熱養生した試験体の圧縮強度が大きくなった。しかし、600°C・hr 以上になると、養生条件による強度差は小さくなった。このことから、初期の強度増進には加熱養生は有効であるが、その後の強度増進には大きな影響を与えないことが分かった。また、圧送前後でコンクリートの圧縮強度に差が見られなかった。

4. まとめ

高炉スラグ微粉末を主たる結合材とした、セメントを使用しない環境配慮型コンクリートのポンプ圧送試験を実施した結果、普通コンクリートと比較して圧送負荷が比較的高くなることが分かったが、一般的な圧送機器で十分圧送可能であることが確認された。また、圧送前後でコンクリートの圧縮強度に影響がないことを確認した。

参考文献

1) 土木学会 コンクリート委員会, コンクリートライブラリー135 コンクリートのポンプ施工指針[2012年版], 2012

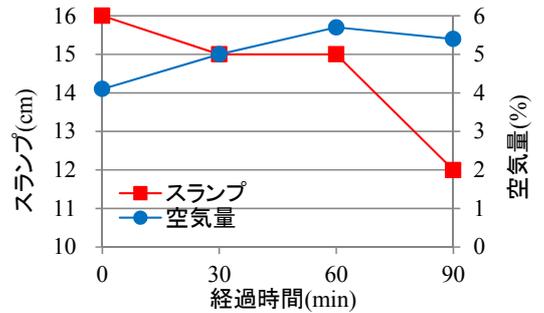


図 1 フレッシュ性状の経時変化

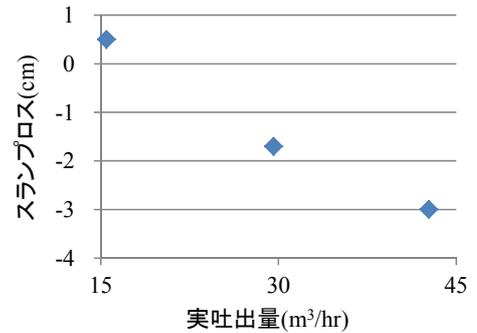


図 2 吐出量とスランプロスの関係

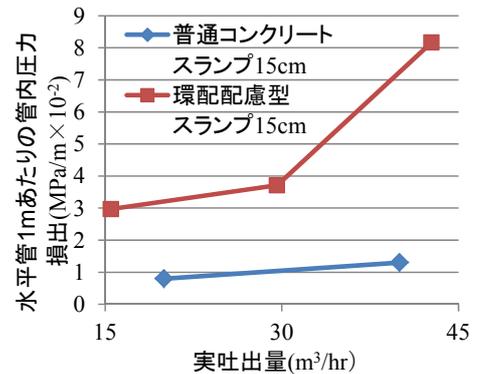


図 3 吐出量と管内圧力損失の関係

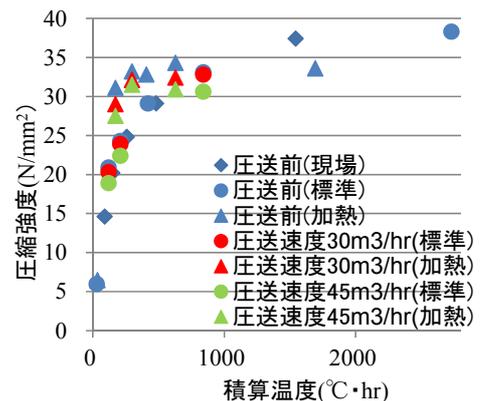


図 4 積算温度と圧縮強度の関係