低炭素型のコンクリートのフレッシュ性状および圧送性

前田建設工業株式会社　正会員　○白根　勇二　前田建設工業株式会社　正会員　太田　健司
大成建設株式会社　正会員　大脇　英司　国立研究開発法人土木研究所　正会員　中村　英佑

１．はじめに

著者らは，多成分の結合材で構成される低炭素型のコンクリートについて，室内試験および暴露試験を実施して強度特性や耐久性を評価するとともに，温度ひび割れ抵抗性に関する検討や実機設備による製造および施工を行い，その適用性の検討を行ってきた．これらの成果は，設計・施工マニュアル（案）[1]にまとめている．著者らは，更に，フレッシュ性状の変化や圧送性に関する実験を行い，施工性に関する評価を行った．本報ではこれらの結果について報告する．

２．低炭素型のコンクリートの配合

低炭素型のコンクリートの配合を**表-1** に示す。セメントには初期強度発現の改善を目的として早強ポルトランドセメント（H）を，混和材には高炉スラグ微粉末（B）とフライアッシュ（F）を用いており，多成分の結合材で構成される．これらの質量割合は H:B:F＝25:45:30 であり，これらの結合材の他に自己収縮の低減を目的として膨張材（HE）を 10kg/m^3 使用した．水結合材比は，管理材齢 28 日における呼び強度が 24（配合強度 28.8N/mm^2）となるよう，配合試験の結果をもとに設定した．

表-1　低炭素型のコンクリートの配合

配合名	配合条件				単位量（kg/m^3）									
	ｽﾗﾝﾌﾟ（cm）	空気量（%）	W/P（%）	s/a（%）	W	粉体P				S1	S2	G	Ad1 P×%	Ad2 P×%
						H	B	F	HE					
H25BF	18 ±2.5	4.5 ±1.5	40	45	165	101	181	121	10	524	224	958	1.2	0.01

H：早強ポルトランドセメント　B：高炉スラグ微粉末4000　F：フライアッシュⅡ種
HE：石灰系膨張材　S1：陸砂　S2：石灰砕砂
G：石灰砕石　W：上水道水　Ad1：AE減水剤
Ad2：AE剤

表-2　フレッシュ性状試験の概要

試験条件	頻度	試験項目
①製造からの経時変化	製造後150分まで 30分間隔	スランプ（JIS A 1101） 空気量（JIS A 1128）
②ブーム圧送（実吐出量38.5m^3/h）	圧送前（製造から0分） 圧送後（35分経過） 圧送後（55分経過）	ｺﾝｸﾘｰﾄ温度（JIS A 1156） 加振ボックス充てん（JSCE-F 701）
③長距離圧送（実吐出量約15m^3/h）	圧送前（製造から0分） 圧送後（25分経過）	タンピング試験[2] 加圧ブリーディング（JSCE-F 502）*1

*1：製造後0分，または圧送前のみ実施．

コンクリートは，JIS 認証工場の容量 3.1m^3 の強制二軸ミキサを使用して製造し，1 バッチあたり 2.5m^3 とした．

３．試験の概要

表-2 に，フレッシュ性状試験の試験条件，頻度および試験項目を示す．試験条件は，①製造後からの経時変化，②ブーム付ポンプ車による圧送，③配管による長距離圧送の 3 条件とした．経時変化の確認（条件①）では，コンクリートは試験時間までアジテータ車で攪拌させた．ブーム圧送（条件②）と長距離圧送（条件③）は同一のポンプ車を用いた．ブーム圧送時の輸送管径は途中で 5B 管から 4B 管に絞り，筒先はフレキシブルホースとし，最大水平リーチは 21.5m であった．**図-1** に長距離圧送時の配管条件と圧力計測位置を示すが，5B 管から 4B 管に絞り，水平換算距離は 162m とした．なお，試験は 3 月に実施し，製造時のコンクリート温度は 14℃～15℃であった．

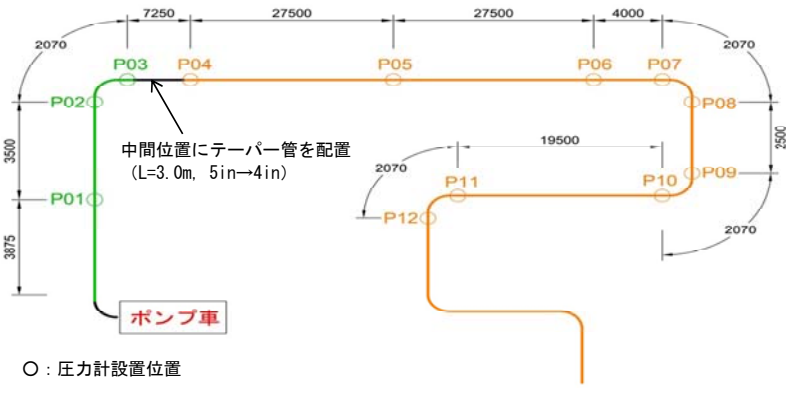

図-1　長距離圧送時（条件①）の配管条件および圧力計測位置

キーワード　低炭素，高炉スラグ微粉末，フライアッシュ，フレッシュ性状，圧送，管内圧力
連絡先　〒102-8151 東京都千代田区富士見2-10-2 前田建設工業（株）土木事業本部 土木技術部 TEL 03-5276-5166

4．試験結果

表-3 に，フレッシュ性状の経時変化を示す．経時とともにスランプ，空気量，間隙通過速度，スランプフローの変化量が小さくなる傾向であった．しかし，目視では急激な変化は認められず，150 分においても良好なワーカビリティーを有する状態であった．

図-2 に加圧ブリーディング試験の結果を示す．加圧後の経過時間と脱水量の関係は，標準曲線 B と C の間で推移しており，圧送性が良好であると判断できる結果であった．**表-4** にブーム圧送および長距離圧送時のフレッシュ性状の変化を示す．圧送後のスランプの低下はいずれも 1cm 以下に留まっており，圧送による流動性の大きな低下は認められなかった．

図-3 に長距離圧送時の管内圧力を示す．また，この結果から算出した直管区間の管内圧力損失を**図-4** に示す．**図-4** 中の実線は，ポンプ施工指針[3]に示される吐出量と管内圧力の関係である．通常，スランプが大きくなると管内圧力損失は小さくなるが，4B 管と 5B 管ともスランプ 12cm と同程度であった．コンクリートの水粉体比が 40%と比較的小さく，コンクリートの粘性が高いことが影響したと考えられる．

表-5 に管内圧力分布から算出した水平換算係数を示す．水平換算係数は輸送管の配置の影響を受けるが，ポンプ施工指針に示される値よりも小さく，これに従えば安全側に配管計画を行うことができるものと考えられる．

4．まとめ

多成分の結合材で構成される低炭素型のコンクリートのフレッシュ性状の変化や圧送性について検討した．3 月に実施した試験ではあるが，製造後 150 分経過までコンクリートの性状が急激に変化することはなく，十分なワーカビリティーを保持することを確認した．また，圧送性は管内圧力損失がやや大きいものの，圧送後の性状も大きな変化がなく，ポンプ施工指針の水平換算係数を用いることができることを確認した．

なお，本検討は土木研究所主催の共同研究の成果の一部である．

参考文献

1)土木研究所，大成建設，前田建設工業：低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書(IV)，第 474 号，2016.1
2)土木学会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針，コンクリートライブラリー145，資料 79-82，2016.6
3)土木学会：コンクリートのポンプ施工指針，コンクリートライブラリー135，pp.14-pp.26，2012.6

表-3　フレッシュ性状の経時変化

経過時間	スランプ (cm)	空気量 (%)	加振ボックス充てん 間隙通過速度 (mm/s)	タンピング スランプフロー 変化量(mm/回)
0分	18.0	4.6	63.6	4.1
35分	17.0	4.2	60.8	4.8
60分	16.0	4.1	41.5	4.6
90分	14.5	3.7	42.1	3.7
120分	12.5	3.2	39.1	3.4
150分	12.5	3.3	45.1	3.2

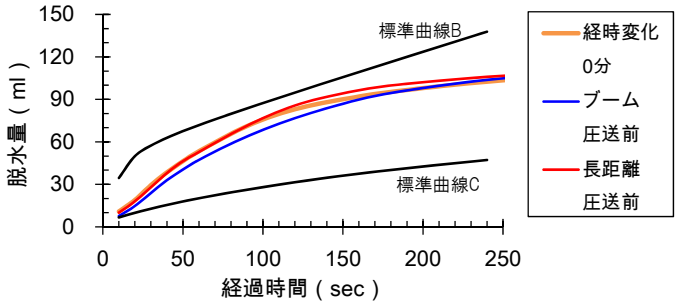

図-2　加圧ブリーディング試験結果

表-4　圧送前後のフレッシュ性状の変化

条件	試験時期	スランプ (cm)	空気量 (%)	加振ﾎﾞｯｸｽ充てん 間隙通過速度 (mm/s)	タンピング スランプフロー 変化量(mm/回)
ブーム圧送	圧送前	20.5	4.8	67.8	4.3
	圧送後(35分)	21.5	6.2	52.9	4.7
	圧送後(55分)	20.0	5.5	69.4	4.8
長距離圧送	圧送前	19.5	5.7	85.9	4.2
	圧送後	18.5	5.8	110.0	3.8

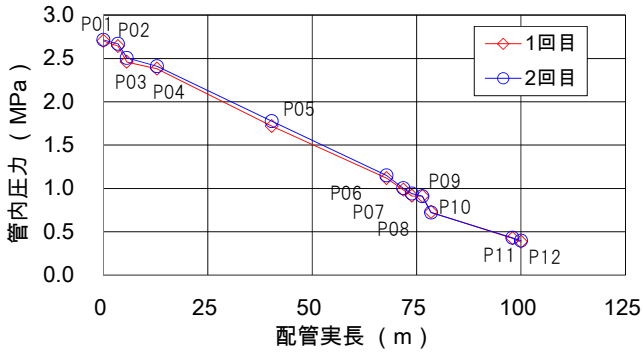

図-3　管内圧力分布（長距離圧送）

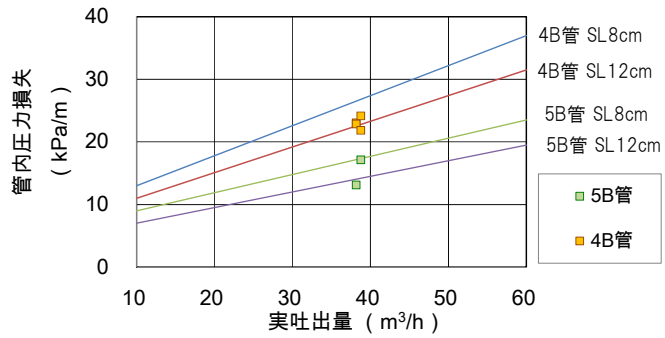

図-4　直管の管内圧力損失[3]

表-5　ベント管の水平換算係数

輸送管種類	測定位置	水平換算係数	ポンプ施工指針[3]
ベント管125A	P02-P03	5.58	6
ベント管100A	P07-P08	1.36	6
	P09-P10	3.85	6