

大型プレキャスト部材への低炭素型のコンクリートの適用検討

大林組 正会員 ○林 かほり 野島 省吾 新村 亮
ジオスター 正会員 駄原 剛弘

1. はじめに

近年、カーボンニュートラルの達成に向け CO₂削減のニーズが高まっており、コンクリート製造時における CO₂排出量の抑制は重要な課題である。低炭素型のコンクリートはセメントの一部を産業副産物に置き換えるものが多いが、その中でも高炉スラグ微粉末は大量置換が可能のため、CO₂排出量を大幅に低減させることができる。また、他の副産物を使用しなければサイロ等のプラント負担を比較的小さくできる特徴もある。低炭素型のコンクリートは現場施工を中心に適用が進んでいるが、プレキャストへの適用事例はまだ少ない。プレキャストへの適用が広がれば施工場所によらずコンクリート工事の脱炭素化に、より貢献できると考えられる。今回、低炭素型のコンクリートの大型プレキャスト部材への適用に関して室内試験による配合検討を行い、実大部材の製造実験により製品性状の確認を行った。本報では試験内容・結果について報告する。

2. 室内試験練り実験概要

2.1 実験方法

材料一覧を表-1に、配合一覧を表-2に示す。結合材は普通ポルトランドセメント 25%、高炉スラグ微粉末 (BS) 75%の 2 成分構成とし、工場の通常配合である普通ポルトランドセメント 100%配合と比較した。試験内容を表-3に、圧縮強度と中性化試験を実施した配合と養生条件を表-4に示す。蒸気養生は前養生 2h → 昇温 20℃/h → 40℃3h → 自然冷却の手順で行った。

2.2 試験結果

スランブ・空気量はいずれの配合においても規定値を満足するものであり、材料分離もみられなかった。蒸気養生供試体の B/W と材齢 1 日・14 日強度の関係を図-1に示す。すべての配合で材齢 1 日脱型強度 12N/mm²以上を満足した。また、水結合材比と材齢 14 日強度の関係から、配合強度 48N/mm²を満足する W/B は膨張材を添加しない場合 27%程度、膨張材を添加する場合 29%程度であると推定された。

各養生における材齢 28 日圧縮強度の試験結果を図-2に示す。標準水中養生に対し蒸気養生を行う事で 15 ~ 35%程度低下するが、蒸気養生後の水中養生によって強度低下を 5 ~ 20%程度に抑制できる結果となった。
キーワード 低炭素型のコンクリート、高炉スラグ微粉末、中性化、プレキャスト製品

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL03-5769-1322

表-1 使用材料一覧

材料	記号	概要
セメント	C	日鐵高炉 N 密度:3.15g/cm ³
高炉スラグ微粉末	BS	密度 2.91 石こう入りプレーン 4000
膨張材	EX	N-EX 密度 3.19
細骨材	S	福岡県朝倉市下湊産 密度 2.70
粗骨材	G	福岡県朝倉市下湊産 密度 2.72
混和剤	Ad	高性能減水剤 シーカメント 2200

表-2 試験練り配合

配合 No.	W/B (%)	W	単位量(kg/m ³)					
			B			S	G	Ad
			C	BS	EX			
1	40.0	160	400	—	—	735	1144	2.80
2	35.0	160	114	343	—	707	1099	3.20
3	30.0	160	133	400	—	662	1075	3.73
4	30.0	160	113	400	20	662	1075	3.73
5	25.0	160	160	480	—	609	1031	4.48

表-3 室内試験内容一覧

試験	概要	目標値
フレッシュ性状	スランブ	15±2.5 cm
	空気量	2.0±1.5%
圧縮強度	材齢 1 日脱型強度	12N/mm ²
	14 日設計基準強度	40N/mm ²
	配合強度	48N/mm ²
	28 日参考値	—
促進中性化	CO ₂ 5%環境 材齢 14 日から～ 56 日間促進試験	中性化速度係数と必要かぶり厚の把握

表-4 試験材齢と養生条件一覧

配合 No.	養生方法	強度試験材齢(日)			促進中性化
		1	14	28	
1・4	蒸気→気中	○	○	○	
	蒸気→水中(3日)→気中			○	
	水中			○	
2・3・5	蒸気→気中	○	○	○	○
	蒸気→水中(3日)→気中			○	
	水中			○	

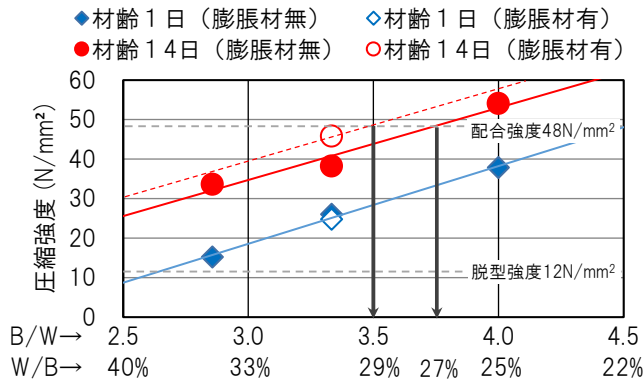


図-1 B/W-圧縮強度関係 (蒸気養生)

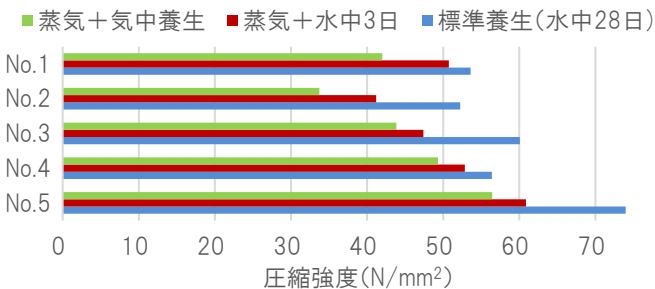


図-2 各養生における材齢 28 日圧縮強度

中性化促進試験結果とコンクリート標準示方書に準じた必要かぶり表-5 に示す．配合強度 48N/mm² 程度の配合においては，65mm 程度のかぶりがあれば 100 年耐久性を確保できる結果となった．

3. 実大部材の試験打設

3. 1 試験概要

室内試験結果を踏まえ，大型の PCa 実大部材の製造実験を行った．対象製品はひび割れが発生しやすい部位として図-3 に示す大型ボックスカルバートの基部隅角部を選定した．配合は表-6 に示す通り，室内試験結果から配合強度 48N/mm² が得られるものを選定し，膨張材の有無で，ひび割れの状況を比較することとした．打設は写真-1 に示すように，道路延長方向を鉛直にして行った．実大部材は室内試験と同様の蒸気養生を実施後，材齢 1 日で脱型し(写真 1) 6 カ月間屋外暴露した．実大部材での試験内容を表-7 に示す．

3. 2 試験結果

大型バッチャーで練られた低炭素型コンクリートは若干粘性が高かったものの，スランプロスもなく打設を行えた．また，材齢 1 日の脱型後から約 6 ヶ月間暴露したが，有害なひび割れは生じなかった．図-4 に圧縮強度試験結果を示す．テストピースの材齢 91 日と材齢 180 日のコア抜き部の圧縮強度はほぼ同等の強度となった．また，コアを割裂しフェノールフタレイン溶液を噴霧したが，中性化は確認できなかった(図-3 右側)．

4. まとめ

低炭素型のコンクリートを使用して大型 PCa 製品を問題なく製造できることが確認できた．セメント量が少ないため低発熱であり，大型部材であっても内部拘束が小さくひび割れが発生しなかったと考えられる．なお，今後の課題と対策は次の通りである．

- ① 若干粘性が高かったため，粘性とワーカビリティの改善を検討する．
- ② コア供試体では中性化は確認できず，実際の鉄筋腐食リスクは低いと考えられるが，短期水掛かりを受ける水分浸透速度試験や長期暴露試験などで鉄筋腐食に関して検討を進める．

表-5 中性化促進試験結果・必要かぶり

配合 No.	W/B (%)	5%促進 中性化 深さ(mm)	中性化 速度係数※1 (mm/√年)	50 年耐久 かぶり※2 (mm)	100 年耐久 かぶり※2 (mm)
2	35.0	15.8	4.62	56.3	73.4
3	30.0	12.5	4.08	51.5	66.6
5	25.0	10.3	3.20	43.6	55.4

※1 CO₂ 濃度 5%⇒0.03%換算係数=(0.03/5)^{0.5}
※2 施工誤差:5mm, 必要中性化残り:10mm, 環境作用係数:1.6
コンクリート材料係数:1.0, 中性化深さのばらつきの安全係数:1.15

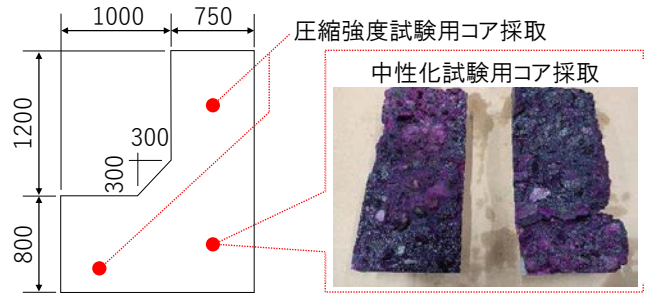


図-3 試験体形状 (L1500mm) コア採取位置

表-6 実大部材試験体配合

配合 No.	W/B (%)	W	単位量(kg/m ³)					
			B			S	G	Ad
			C	BS	EX			
1	27.0	157	145	435	—	661	1041	2.47
2	28.9	157	116	408	20	674	1061	2.18



写真-1 製造状況 写真-2 脱型後製品

表-7 実大部材試験内容一覧

試験	概要
フレッシュ性状	スランプ, 空気量
圧縮強度	供試体(材齢 1, 14, 28, 91 日) コア圧縮強度(材齢 6 ヶ月)
中性化	コア中性化深さ(材齢 6 ヶ月)
ひび割れ発生	表面の観察(材齢 6 ヶ月)

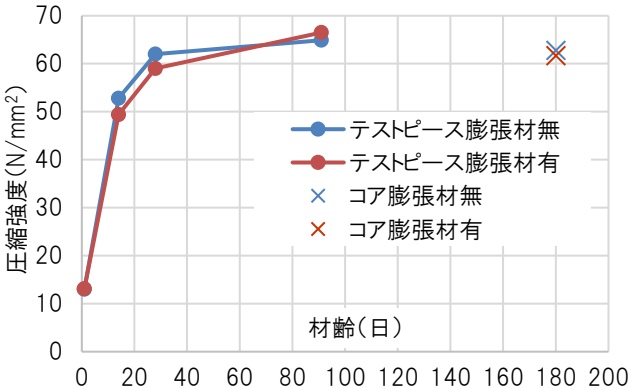


図-4 圧縮強度