

高炉セメントB種に早強ポルトランドセメントを混合したセメントの諸性状およびCO₂排出量

(株)トクヤマ 正会員 ○新見 龍男
(株)トクヤマ 非会員 中村 明則
(株)トクヤマ 正会員 加藤 弘義
広島大学 フェロー会員 河合 研至

1. 背景と目的

セメント産業における CO₂ 排出削減対策の一つに混合セメントの利用拡大が挙げられるが、我が国において混合セメントの大半を占める高炉セメント B 種 (BB) は、普通ポルトランドセメント (NC) と比較して凝結の遅延や初期の強度発現性の低下等が課題となる。一方で筆者らは、生コンクリート工場の既存の設備で容易に調整可能な方法として、BB に早強ポルトランドセメント (HC) を混合することにより、舗装用コンクリートにおいて NC と同等のコンクリート性状が得られ、条件によっては CO₂ 排出量がアスファルト舗装より有利となり得ることを示した^{1) 2)}。

本検討では、一般的な配合において BB に HC を混合した場合のコンクリートの基礎性状の把握を行うとともに材料製造時に発生する CO₂ 排出量の算出を行い、物性面および環境負荷の面から BB と HC の混合セメントの適用性を検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

セメントは BB (密度:3.04g/cm³、比表面積:3800cm²/g)、HC (密度:3.14g/cm³、比表面積:4560cm²/g) および比較として NC (密度:3.16g/cm³、比表面積:3220 cm²/g) を使用した。BB に HC を混合する場合の HC の混合率は質量比で 25%、33.3%および 50%とした。粗骨材は硬質砂岩碎石 1505 (密度:2.73g/cm³、粗粒率:6.34)、2010 (密度:2.73g/cm³、粗粒率:7.04) を使用し、混合率は体積比で 50 : 50 とした。細骨材は海砂 (密度:2.55g/cm³、吸水率:1.66%、粗粒率:3.10) および丘砂 (密度:2.59g/cm³、吸水率:1.25%、粗粒率:1.25) を使用し、混合率は体積比で 80 : 20 とした。混和剤は AE 減水剤および AE 助剤を使用した。

2. 2 配合条件

表-1 にコンクリートの配合条件、BB 中の高炉スラグ含有率を 45%と仮定した場合の混合セメントの高炉スラグ含有率を示す。目標スランブは 12.0±1.5cm とし、目標空気量は 4.5±0.5%とした。

2. 3 コンクリートの混練および練上がり性状

コンクリートは 100L パン型ミキサにより混練した。セメント、細骨材および粗骨材を投入後 30 秒間空練りし、水および混和剤を投入後 90 秒混練して排出した。コンクリートの練上がり性状を表-1 に示す。

2. 4 試験方法

スランブは JIS A 1101 「コンクリートのスランブ試験方法」に準拠し、空気量は JIS A 1128 「フレッシュコ

表-1 コンクリートの配合、高炉スラグ含有率および練上がり性状

	W/C (%)	目標 スランブ (cm)	目標 空気量 (%)	かさ容積 (m ³ /m ³)	高炉スラグ 含有率 (%)	(kg/m ³)								練上がり性状	
						水	セメント			細骨材		粗骨材		スランブ (cm)	空気量 (%)
							BB	HC	NC	海砂	丘砂	1505	2010		
BB	55	12.0 ±1.5	4.5 ±0.5	0.61	45	158	287			687	172	494	499	10.5	4.6
BB3-HC1					33.75	161	220	73		678	170			13.0	5.0
BB2-HC1					22.5		195	97		679	170			12.0	4.8
BB1-HC1					11.25		146	146		680	171			12.5	4.6
HC					0			293		683	172			11.0	4.6
NC					0	158			287	694	174			11.5	5.0

キーワード 高炉セメント B 種、早強ポルトランドセメント、コンクリート性状、CO₂ 排出量

連絡先 〒745-8648 山口県周南市御影町 1-1 (株)トクヤマ セメント開発グループ TEL 0834-34-2515

ンクリートの空気量の圧力による試験方法」に準拠して測定した。凝結時間は JIS A 1147「コンクリートの凝結時間試験方法」に準拠した。圧縮強度は、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」に準拠した。強度試験材齢は 1、3、7 および 28 日とした。

2. 5 インベントリ分析による CO₂ 排出量の算出

インベントリ分析により、コンクリートを 1m³ 製造する場合の材料製造時の CO₂ 排出量の試算を行った。コンクリートの配合は表－1 の値を用いた。インベントリ分析に使用したインベントリデータを³⁾を表－2 に示す。なお、細骨材のインベントリデータは砕砂を使用した。

3. 結果

3. 1 コンクリート試験結果

図－1 に、コンクリートの凝結時間および圧縮強度を示す。凝結時間について、BB は NC よりも 1～2 時間程度遅い値を示したが、HC の混合率 25% で NC と同等、混合率 33% 以上で NC より早い値を示した。圧縮強度については、BB は初期材齢では NC よりも小さく、材齢 28 日において NC と同等の値を示した。一方、BB に HC を混合することにより初期強度の増加が確認され、混合率 25% では 1 日強度で、混合率 33% では 7 日強度で NC と同等の値を示した。また、混合率 50% ではいずれの材齢においても NC より高い圧縮強度を示した。

3. 2 CO₂ 排出量の算出

表－3 に、コンクリートの使用材料の製造時における CO₂ 排出量および NC を 1.0 とした場合の CO₂ 排出量比を示す。BB の CO₂ 排出量は NC の 60% 程度で、HC の混合率が増加すると CO₂ 排出量も多くなる傾向を示したが、NC と同等以上のコンクリート性状を示した HC 混合率 25～50% の範囲では、CO₂ 排出量は NC より 20～30% 程度少ない値を示すことが確認された。

4. まとめ

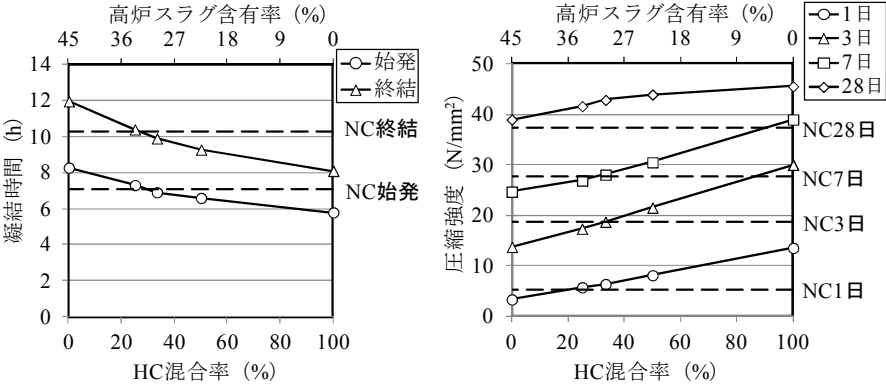
高炉セメント B 種に早強ポルトランドセメントを混合することにより、一般的なコンクリート性状として普通ポルトランドセメントと同等以上の性能を有し、CO₂ 排出量を普通ポルトランドセメントより 20～30% 程度削減可能な混合セメントが調整可能であると考えられる。

参考文献

1) 新見龍男ほか：混合セメントを基本とした舗装用コンクリートの諸性状および CO₂ 排出量、セメントコンクリート論文集、Vol.68、2014
2) 新見龍男ほか：高炉セメントを使用した舗装用コンクリートの CO₂ 排出量、第 70 回土木学会年次学術講演概要集、pp.211-212、2014
3) 土木学会編：コンクリートの環境負荷評価（その 2）、pp.39-40、2004

表－2 インベントリデータ

材料	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /t)
ポルトランドセメント	765.5
高炉セメントB種	457.7
砕石	2.8
砕砂	3.4



図－1 コンクリートの凝結時間および圧縮強度

表－3 CO₂ 排出量および CO₂ 排出量比

	HC混合率 (%)	高炉スラグ 含有率 (%)	1m ³ あたりの CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂)	CO ₂ 排出量比 (NCを1.0とする)
BB	0	45	137	0.61
BB3-HC1	25	33.75	162	0.72
BB2-HC1	33.3	22.5	170	0.75
BB1-HC1	50	11.25	185	0.82
HC	100	0	230	1.02
NC	0	0	225	1.00