

海水を練混ぜ水に用いた高炉セメントコンクリートの脱型時期がコンクリートの性能に与える影響

日鉄住金高炉セメント株式会社 正会員 ○大塚 勇介
 日鉄住金高炉セメント株式会社 正会員 平本 真也
 日鉄住金高炉セメント株式会社 正会員 檀 康弘
 (株)大林組 フェロー 竹田 宣典

1. 目的

真水や細骨材の入手が困難な地域において、海水や海砂を有効に利用できれば、建設に関わるCO₂排出量の低減、コストダウンを図ることが出来る¹⁾。しかしながら、塩化物イオンなどを多量に含む海水を練混ぜ水として用いた場合の強度発現性などは通常の練混ぜ水と異なることが知られており、必要な耐久性を確保するための養生日数やコンクリートの性能が変化することが考えられる。そこで、本研究では普通ポルトランドセメント(N)および高炉セメントB種(BB)に練混ぜ水として水道水と海水を用いたコンクリートを作成し、脱型時期が各種物性に与える影響を調査した。

2. 実験概要

2. 1. 使用材料および水準

結合材は普通ポルトランドセメント N (密度 3.14g/cm³, 粉末度 3200cm²/g), N に高炉スラグ

表 1 コンクリートの配合およびフレッシュコンクリートの性状

記号	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						フレッシュ性状			
			練混ぜ水W		結合材B		細骨材	粗骨材	防錆剤	SL	Air	C.T.
			水道水	人工海水	N	BFS	S	G	AN	(cm)	(%)	(°C)
N-WP-AN	55	48	162	-	313	-	843	967	13	10.0	4.1	21.3
N-WS-AN			-	162	313	-	843	967	13	10.0	5.2	21.7
BB-WP-AN			162	-	157	157	838	961	13	13.5	5.0	20.5
BB-WS-AN			-	162	157	157	838	961	13	10.5	5.7	20.8

微粉末 BFS (密度 2.90g/cm³, 粉末度 4130cm²/g, SO₃=2.0%) を 50%置換して試製した高炉セメント B 種 (BB) の 2 種類, 練混ぜ水としては水道水 (WP) と人工海水 (WS) の 2 種類を用い, 計 4 水準のコンクリートを作成した。また, いずれのコンクリートについても防錆剤(AN)を練混ぜ水に 10L/m³置換した。配合およびフレッシュコンクリートの性状は表 1 に示す。

2. 2. 試験方法

コンクリート試験体はφ100×200mm の円柱試験体を用い, 打込み直後からの乾燥を防ぐために打込み面をフィルムで覆い, 封かん養生(記号:S)を行い, 所定の材齢で脱型し, 気中養生とした。各コンクリートの脱型時期を図 1 に示す。養生は, すべて 20°Cで行い, 脱型後の気中養生は相対湿度 60%に制御した室内とした。測定は, 表 2 に示す試験を実施した。圧縮強度と促進中性化試験はφ100×200 試験体を用い, 真空吸水および透気試験は図 2 に示す前処理を行った試験体を用いて, 脱型時期と各性能の関係を調査した。

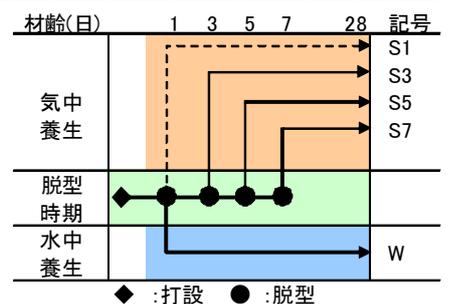


図 1 コンクリートの脱型時期

表 2 試験項目

	実施・測定材齢
圧縮強度試験	材齢 7,28,91 日
真空吸水試験	材齢 28 日
透気試験	
促進中性化試験 (CO ₂ :5%, 20°C, 60%RH)	中性化 1,4,13,26 開始 週

3. 実験結果と考察

3. 1. 各コンクリートの脱型時期と圧縮強度発現性

脱型時期と各コンクリートの圧縮強度の関係を図 3 に示す。N の場合は, WS のほうが WP に比べてやや大きな圧縮強度を示したが, 材齢 3 日以降 (S3) に脱型した場合は, 練混ぜ水が異なっても脱型時期による大きな違いは確認されなかった。一方, BB では WP に比べて WS の圧縮強度は 10N/mm² 程度大きくなり, S3 以降では材齢 28 日において水中養生 W と同程度の強度であり, BB は練混ぜ水として WS を用いた場合, WP に比べて S3 以降では著し

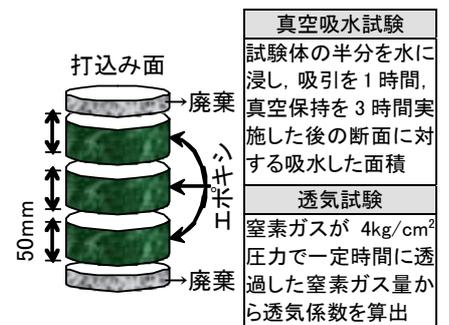


図 2 試験体の前処理と試験条件

キーワード 混和材, 高炉セメント, 練混ぜ水, 海水, 養生, 耐久性

連絡先 〒803-0801 福岡県北九州市小倉北区西港町 16 番地 日鉄住金高炉セメント株式会社 TEL 093-563-5103

く強度発現性が改善することが分かった。

3.2. 各コンクリートの脱型時期と吸水・透気性および中性化抵抗性の関係

図4に各コンクリートの脱型時期と真空吸水試験による真空吸水面積比と透気試験による透気係数の結果を示す。真空吸水面積比は、NはS1～S7の脱型時期ではWPに比べてWSは真空吸水面積比が小さくなり、海水を用いた方が水に対する移動抵抗性が向上した。BBはS1で

は、WPに比べてWSは真空吸水面積比が大きく改善したが、脱型時期S3以降では大きな違いは確認されなかった。

透気係数は、いずれのコンクリートについても脱型時期、練混ぜ水が与える影響は明確に確認されなかった。

図5に各コンクリートの脱型時期と促進中性化試験による各材齢での中性化深さの結果を示す。Nは、S1についてはWPに比べてWSを用いた場合、中性化深さが改善されているが、Wを含めたS3～S7の脱型時期についてはWPに比べてWSの方が促進材齢13Wまではやや大きいものの、26Wではほとんど差がなかった。BBは、WPにおいて、脱型時期が長いほど中性化深さは改善するものの、養生期間の最も短いS1では促進材齢13W、S3では26Wでφ100mm供試体の中心部(深さ50mm)まで中性化が進行しており、BBについては養生が十分に行われぬ場合、中性化抵抗性が低下することが分かる。一方、BBにWSを用いた場合は、Wを除くいずれの脱型時期(S1～S7)においても、WPに比べて、中性化深さは大きく減少しており、S3以降ではWと同程度の中性化深さとなった。

4. まとめ

結合材として普通ポルトランドセメントおよび高炉セメントB種を使用し、練混ぜ水として海水を用いた場合の脱型時期とコンクリート性能の関係を整理し、以下の結果を得た。

- (1) BBに練混ぜ水として海水を用いた場合、水道水を用いた場合に比べて、初期の強度発現性が大きく向上し、脱型時期3日以降では乾燥条件に曝された場合でも材齢28日において、水中養生の場合と同程度の圧縮強度を示した。
- (2) 真空吸水試験によって評価した水の物質移動抵抗性は、Nでは海水を用いた場合に脱型時期に関わらず向上する傾向が確認されたが、BBでは大きな違いは確認されなかった。中性化抵抗性は、BBでは海水を用いた場合、脱型時期に関わらず中性化抵抗性は向上し、結合材の種類や練混ぜ水の違いにより脱型時期とコンクリート性能の各々の関係が変化することが確認できた。

参考文献

1) 竹田宣典 他:海水を使用したコンクリートの強度および水密性の向上効果, 土木学会第66回年次学術講演会, pp.581-582, 2011

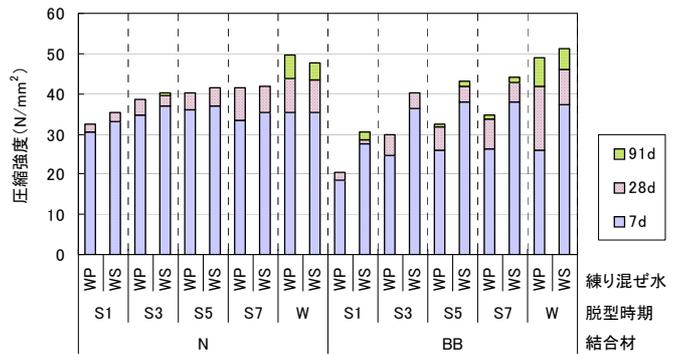


図3 脱型時期と強度発現性

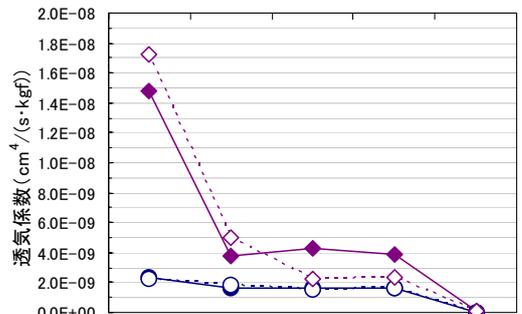
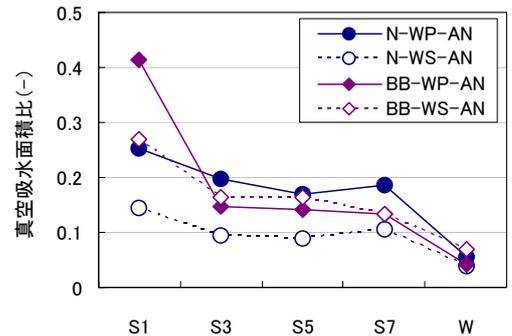


図4 脱型時期と真空吸水面積比(上)と透気係数の関係(下)

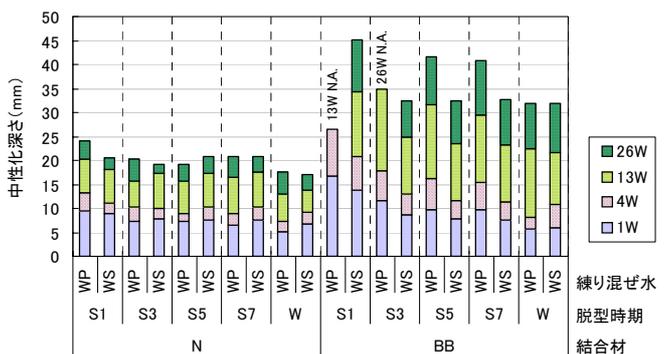


図5 脱型時期と促進中性化深さの関係