

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細孔構造に与える影響

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ると、強度発現性などが異なることが知られており、強度発現性の変化にともなう細孔構造の変化は、耐久性を把握する上で重要であると言える。また、養生条件（脱型時期）も細孔構造に影響を与えると考えられる。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、練混ぜ水の種類と脱型時期が各コンクリートの細孔構造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，練混ぜ水は水道水（WP）と人工海水（WS）の 2 種類を用い，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

試験は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。各コンクリートの養生条件（脱型時期）を図 1 に示す。養生条件は 20℃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。測定項目は，表 2 に示す測定項目を実施した。細孔構造分析は各養生を施した材齢 28 日の供試体を用い，乾燥の影響を受けやすい表層部と受けにくい中心部からモルタル部分を採取し（図 2），練混ぜ水の種類と脱型時期が細孔構造に与える影響を評価した。

3. 実験結果と考察

3. 1. 各コンクリートの乾燥による重量変化

脱型時期と各コンクリートの重量変化を図 3 に示す。いずれも脱型時期が長くなるにつれ重量変化が小さくなった。練混ぜ水の影響は，N の場合は，材齢 3 日以降に脱型（S3）した場合では，いずれの練混ぜ水においても大きな重量変化の差がないのに対して，BB の場合は，WS の場合，打込み翌日から乾燥に曝される S1 でも 1%以上重量変化が小さくなり，また S3 以降は

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)	(%)
N-WP-AN	55	48	162	—	313	—	843	967	13	10.0	4.1
N-WS-AN			—	162	313	—	843	967	13	10.0	5.2
BB-WP-AN			162	—	157	157	838	961	13	13.5	5.0
BB-WS-AN			—	162	157	157	838	961	13	10.5	5.7

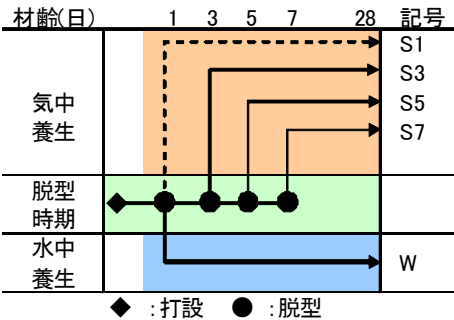


図 1 養生条件（脱型時期）

表 2 測定項目

重量変化	脱型時を基準として， 3，5，7，14，21，28 日
圧縮強度	脱型時，材齢 28 日
細孔構造 (平均細孔直径)	水銀圧入式ポロシメータ ー（供試体表層部および 中心部）

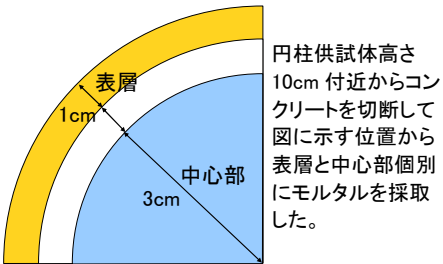


図 2 モルタル試料採取箇所

キーワード 混和材，高炉セメント，練混ぜ水，海水，養生，細孔構造

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 TEL093-563-5103

WP が脱型時期が長くなるにつれ重量変化が小さくなるのに対して、WS は S3 以降急激に重量変化が小さくなり、S3 以降の差が小さくなった。BB の場合、WP に比べて WS は乾燥による水分逸散量が著しく小さくなることを確認された。

3.2. 各コンクリートの圧縮強度と細孔構造（平均細孔直径）

図4に各コンクリートの脱型時期と脱型時強度、材齢28日強度、図5にコンクリートの表層部と中心部の平均細孔直径の関係を示す。Nの脱型時強度、材齢28日強度はいずれの養生条件についてもWSはWPに比べてやや高い傾向を示した。一方、BBは、WSを用いた場合、S3以降は脱型時強度が大きく増進しており、材齢28日強度も水中養生Wと同程度の圧縮強度を示した。また、Nでは、コンクリート表層および中心部のいずれの平均細孔直径も、WPに比べてWSでは、小さくなった。

BBではWPに比べてWSは、いずれの養生条件でも表層の平均細孔直径は小さくなるが、中心部の平均細孔直径はWSのほうやや小さくなるものの、S3以降は大きな違いは確認されなかった。すなわち、NとBBでは、練混ぜ水に海水WSを用いた場合、細孔構造に与える影響が異なることが分かった。

BBに練混ぜ水としてWSを用いた場合に、特に重量変化が小さかったのは、S3以降でコンクリートの表層部がWPに比べて緻密になり、水分の逸散を防いでいるためと考えられる。乾燥の影響を大きく受けるコンクリート表層部の品質を確保する上で、特に高炉セメントB種については養生が必要とされているが、海水を用いた場合は水道水の場合に比べてその影響を受けにくく、耐久性が向上すると考えられる。

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種を使用したコンクリートの練混ぜ水として海水を用いた場合の脱型時期と細孔構造の関係を整理し、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脱型時期3日以上では脱型時強度が大きく向上し、乾燥による水分一散に伴う重量変化も小さくなった。また、乾燥条件下でも材齢28日強度は水中養生28日の場合と同程度となり、水道水の場合に比べて大きくなった。
- (2) NとBBでは練混ぜ水として海水を用いた場合、細孔構造へ与える影響が異なることが分かった。

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

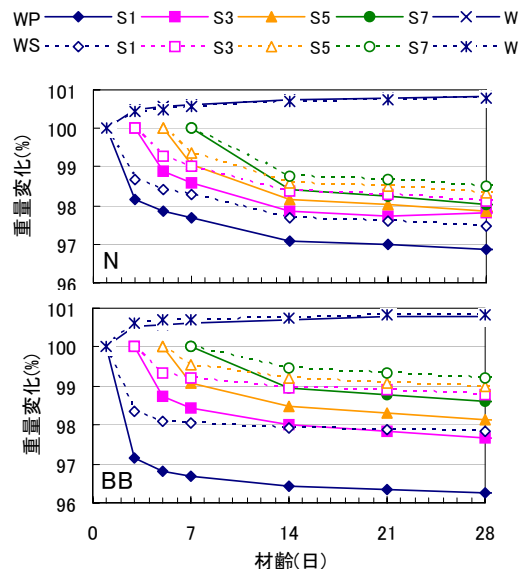


図3 脱型時期と乾燥による重量変化

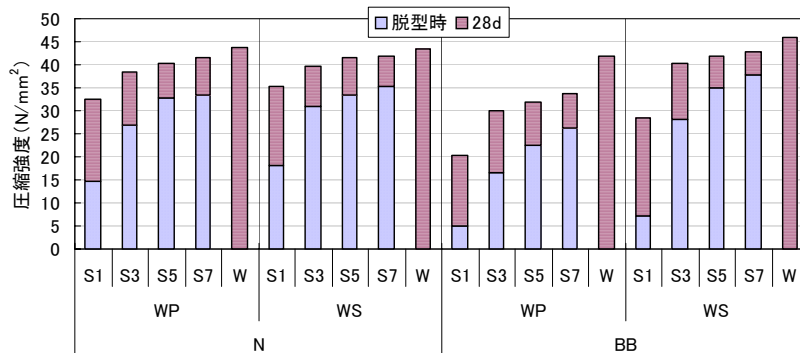


図4 各養生条件における脱型時および材齢28日強度

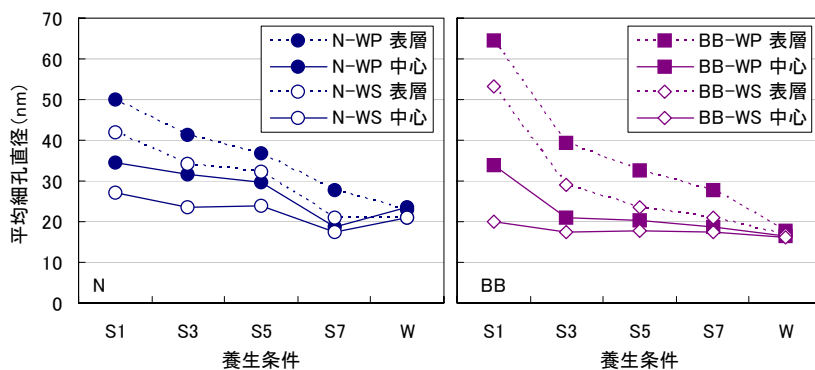


図5 養生条件と表層および中心部の平均細孔直径（材齢28日）