

高炉スラグ高含有セメントを用いた土木用コンクリートの検討

鹿島建設(株) ○正会員 橋本 学 フェロー 坂田 昇
正会員 坂井 吾郎 正会員 林 大介
竹中工務店 フェロー 米澤 敏男

1. はじめに

現在の建設工事では、高炉スラグ微粉末の含有率 40%程度の市販の高炉セメント B 種（以下、BB と表記）が広く使用されているが、CO₂ の削減の観点から BB よりもさらに高炉スラグ微粉末の含有率を高めたセメントの使用が望まれる。しかし、高炉スラグ微粉末を多量に含有するセメントとして知られる高炉セメント C 種、高硫酸塩スラグセメント等¹⁾は、ブリーディングが多い、初期強度が低い、収縮（自己収縮・乾燥収縮）が大きい、中性化が速く耐久性の確保が難しいなどの課題を有しており、現状ではほとんど使用されていない。著者らは既往の研究を踏まえ、高炉スラグ高含有セメント（以下、ECM と表記）の更なる展開を図ることを目的に、土木構造物への適用を検討した。

2. ECM を用いた土木用コンクリートの配合

ここでは、道路トンネル用のボックスカルバートや橋梁下部工（橋脚）等の比較的マッシブな部材を有する一般的な RC 土木構造物を対象とした。また、これに適用するコンクリート配合として、セメントに BB を使用し、スランプ 8cm、水セメント比 55%、単位セメント量 300kg/m³のものを想定し、ECM を用いたコンクリートがこれと同等以上の諸性能を有することを目標とした。

3. 各種物性の試験結果

BB 配合、選定した ECM 配合およびフレッシュコンクリートの試験の結果を表-1 に示す。また、試製した ECM 用の AE 減水剤²⁾を用いることで、ECM 配合についても所定のスランプおよび空気量を得ることができた。

水セメント比と中性化速度係数の関係を図-1 に示す。ECM 配合の水セメント比を 50%とすることで、BB 配合の 55%と同等の中性化抑制効果が得られることが分かる。

ECM 配合のブリーディング量は 0.12cm³/cm²であり、BB 配合の 0.21cm³/cm² よりも少なかった。圧縮強度は図-2 に示すように、ECM 配合と BB 配合の強度発現は、ほぼ同等であった。この理由として、ECM の高炉スラグ微粉末の含有率が高い

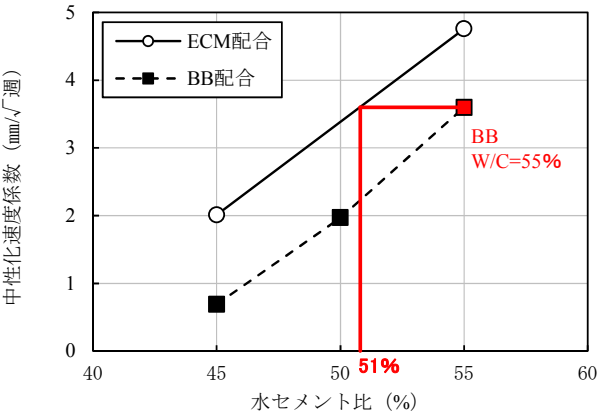


図-1 水セメント比と中性化速度係数の関係

表-1 BB 配合、選定した ECM 配合およびフレッシュコンクリートの試験結果

セメント 種類	粗骨材 最大 寸法 (mm)	W/C (%)	s/a (%)	目標 空気量 (%)	単位量(kg/m ³)					AE 減 水剤 ^{※5} C×%	AE 剤 ^{※6} (A)	試験結果			
					W	C ^{※1}	S1 ^{※2}	S2 ^{※3}	G ^{※4}			スランプ ^{※5} (cm)	空気量 (%)	単位容 積質量 (kg/m ³)	温度 (℃)
BB	20	55	44.1	4.5	165	300	642	161	1021	0.1	4.0	9.0	4.0	2307	19.8
ECM	20	50	43.1	4.5	150	300	641	160	1062	1.0	3.0	8.0	4.0	2324	19.5

※1: BB ; 密度 3.04g/cm³, ECM ; 密度 2.98g/cm³ ※2: 砕砂 ; 表乾密度 2.64g/cm³ ※3: 山砂 ; 表乾密度 2.61g/cm³ ※4: 砕石 ; 表乾密度 2.65g/cm³
※5: BB 配合 : 一般汎用品 AE 減水剤, ECM 配合 : ECM 用 AE 減水剤 ※6: 一般汎用品 AE 剤 1A=C×0.001%

キーワード：高炉スラグ微粉末、高炉スラグ高含有セメント、施工性能、充填性

連絡先 ：〒182-0022 東京都調布市飛田給 2-19-1 TEL: 042-489-8026

ことによる影響と、ECM 配合の水セメント比が BB 配合よりも小さいことによる影響が相殺されたことが考えられる。

材齢と自己収縮ひずみの関係を図-3 に示す。材齢 28 日における ECM 配合の自己収縮ひずみは 88.3μ であり、BB 配合 (92.0μ) と同等であることを確認できた。

20℃条件における材齢と断熱温度上昇量の関係を図-4 に示す。ECM 配合と BB 配合で材齢 2 日程度までの断熱温度上昇の履歴はほぼ同じであるが、ECM 配合の終局温度は 41.0°C であり、BB 配合 (51.6°C) よりも 10°C 程度低い結果であった。

4. 施工性能を改善した ECM 配合による施工性実験

前述した各種物性の試験結果より、ECM 配合にてほぼ BB 配合と同じ物性が得られることが分かった。しかし、ECM 配合の条件がスランブ 8cm の場合では、BB 配合と同じような振動締固めによる良好な充填性が得られないことが確認された。そこで、「施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案)」³⁾ に従い、ECM 配合において適切なスランブを 14cm と定め、所定のスランブを得るために混和剤の添加量のみで調整を行った。その結果、写真-1 に示すように、ECM 配合においても BB 配合と同等以上の充填性が得られることを確認した。

5. まとめ

本検討より得られた知見を以下に示す。

- (1) 単位セメント量 $300\text{kg}/\text{m}^3$ 一定のもと、ECM 配合の水セメント比を BB 配合の 55% に対し、50% とすることで中性化抵抗性、圧縮強度、自己収縮量および断熱温度上昇量といった各種物性について、BB 配合と同程度のものが得られることが分かった。
- (2) ECM 配合において、混和剤の添加量だけを增加させスランブ 14cm とすることで、ECM 配合においても BB 配合と同等以上の充填性が得られることを確認した。

【参考文献】

- 1) 米澤敏男ほか：エネルギー・CO2 ミニマム (ECM) セメント・コンクリートシステム，コンクリート工学，48 巻，9 号，pp.69-73，2010.9
- 2) 木之下光男ほか：高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリート用多機能混和剤の開発，コンクリート工学年次論文集 Vol.35，pp.121-126，2013.7
- 3) 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（案），pp.58-73，2007

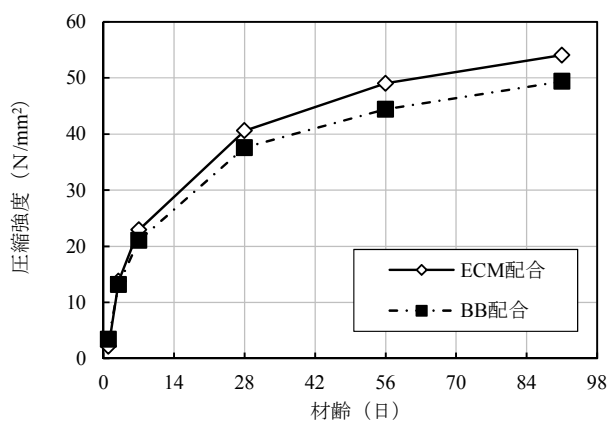


図-2 材齢と圧縮強度の関係

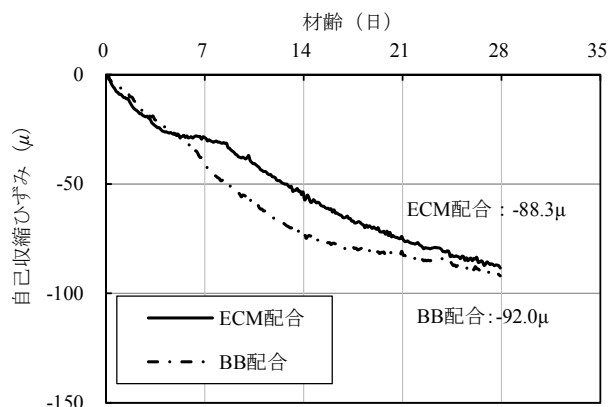


図-3 材齢と自己収縮ひずみの関係

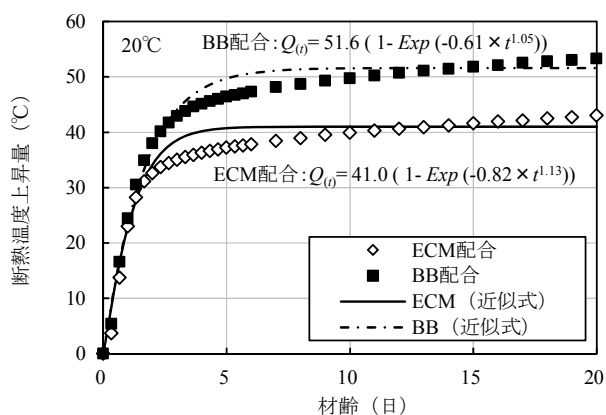


図-4 材齢と断熱温度上昇量の関係



写真-1 ECM スランブ 14cm の充填状況