

鉱物質微粉末系混和材を用いたコンクリートの強度および収縮特性の評価

(株)デイ・シイ 正会員 ○二戸信和
 太平洋セメント(株) 正会員 兵頭彦次
 同上 正会員 平尾 宙
 同上 正会員 山田一夫
 足利工業大学 正会員 宮澤伸吾

1. はじめに

近年、循環型社会の形成が求められる社会的背景の下、フライアッシュや高炉スラグといった副産物系の鉱物質微粉末の有効活用が重要性を増してきている。これらの粉末をコンクリートへ適用した場合、一般に、低発熱化、強度発現の長期化などの特徴を示す。また遮塩性、ASR 抵抗性などの耐久性能についてはポルトランド系のセメントと比べて優れた性能を示すことが良く知られており、構造物の要求性能や環境条件に応じて合理的な適用を図っていく必要があると考えられる。著者らは環境負荷低減およびセメントの耐久性、体積変化特性の向上を目的として、フライアッシュ、高炉スラグおよび石こうを主成分とする混和材を試製した。本報告では、普通ポルトランドセメントに混和材を内割で 25 質量%置換した場合の強度特性および自己・乾燥収縮特性を報告する。

2. 実験概要

2. 1 混和材の種類

混和材は、Ⅱ種フライアッシュをベースとしたタイプ(Type1)、Ⅱ種フライアッシュと高炉スラグを併用したタイプ(Type2)の 2 種類を試製した。表-1 に混和材に使用した鉱物質微粉末の基本物性を、表-2 に混和材の化学成分値をそれぞれ示す。

2. 2 コンクリートの使用材料、配合

表-3 にコンクリートに用いた材料を示す。表-4 にコンクリートの配合を示す。水結合材比 W/B(W/C+混和材)は 52%および 30%の 2 水準とした。混和材は普通ポルトランドセメントに内割で 25 質量%置換した(配合記号: Type1, Type2)。比較として普通ポルトランドセメント単体の配合も用意した(配合記号: N)。フレッシュ性状は、W/B=52%の場合、単位水量および AE 助剤でスランプ 12±1.5cm、空気量 4.5±1.5%の範囲に、W/B=30%の場合、高性能減水剤でスランプフロー55±10cm、消泡剤で空気量 2.0%以下の範囲となるようそれぞれ調整した。

2. 2 試験方法

①圧縮強度試験: 供試体寸法はφ100×200mmとし、養生条件は標準水中養生とした。強度試験は材齢 7, 28, 91 日に実施した。②自己・乾燥収縮試験: 供試体寸法は 100×100×400mmとした。自己収縮試験は JCI(案)¹⁾に準じ、ひずみは埋込み型ひずみゲージを用いて測定した。乾燥収縮試験は、封緘養生後、材齢 7 日および材齢 91 日から温度 20℃、相対湿度 60%の環境で乾燥させた。ひずみの測定は自己収縮試験と同様に埋込み型ひずみゲージを用いた。

表-1 鉱物質微粉末の基本物性

材料	基本物性
Ⅱ種フライアッシュ	密度: 2.18g/cm ³ , 活性度指数: 86(28d), 101(91d)
高炉スラグ微粉末	密度: 2.91g/cm ³ , フレッシュ値: 8030cm ² /g

表-2 混和材の化学成分値

混和材	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃
Type1	39.1	20.2	2.54	17.7	0.85	9.23
Type2	30.3	14.7	1.45	31.6	2.53	9.13

表-3 コンクリートの使用材料

材料	銘柄および産地	備考
セメント	普通ポルトランドセメント	密度: 3.16g/cm ³
混和材	Type1, Type2	フライアッシュ系, フライアッシュ+高炉スラグ系
細骨材	鬼怒川産川砂	密度: 2.61g/cm ³
粗骨材	葛生産砕石	密度: 2.68 g/cm ³
混和剤	AE 減水剤/高性能減水剤	リグニン系/ポリカルボン酸系
	AE 助剤/消泡剤	空気量調整用

表-4 コンクリートの配合

W/B (%)	配合記号	混和材置換率 (%)	単位量(kg/m ³)				
			W	C	混和材	S	G
52	N	—	165	317	—	860	948
	Type1	25	160	231	77	861	948
	Type2		160	231	77	867	948
30	N	—	160	533	—	811	895
	Type1	25	160	400	133	790	895
	Type2		160	400	133	777	895

キーワード 混和材, フライアッシュ, 高炉スラグ, 圧縮強度, 自己収縮, 乾燥収縮

連絡先 〒210-0005 川崎市川崎区東田町 8 番地パレール三井ビル 17F (株)デイ・シイ Tel: 044-223-4762

3. 実験結果

3. 1 強度試験結果

図-1 に、標準養生時の圧縮強度発現性を示す。Type1 を用いた場合、N に比べて材齢 28 日までの強度発現が小さく、材齢 91 日で強度が N とほぼ一致した。また、Type2 を用いた場合の強度は、材齢 7 日では N に比べて若干小さくなるものの、28 日以降は概ね N と同等あるいは若干上回る結果であった。特に W/B=30% の配合では、両混和材とも N と比べて材齢 28 日以降の強度発現が大きい傾向であった。

3. 2 自己収縮試験結果

図-2 に、自己収縮ひずみと材齢の関係を示す。なお、ひずみの起点は凝結始発とした。W/B=52% の場合、混和材を添加した配合では、材齢 1.5~2 日をピークに 80×10^{-6} 程度の膨張ひずみを生じ、材齢 91 日においても N と比べて自己収縮ひずみが小さく、収縮低減効果が認められた。初期の膨張性状については、主に混和材中の石こうによって生じたものと考えられる。ただしピーク以降については、自己収縮の発現は N と比べて大きい傾向であり、特に Type2 について、その傾向が顕著であった。W/B=30% の場合、混和材を添加した配合は、ごく初期に若干の収縮抑制効果が認められたが、概して N と同様の自己収縮発現を示した。これらの結果から、混和材の自己収縮低減効果は、比較的、高水結合材比の範囲において有効であると考えられた。

3. 3 乾燥収縮試験結果

図-3 に、W/B=52% 配合の乾燥収縮ひずみと材齢の関係を、乾燥開始材齢 7 日および 91 日の場合についてそれぞれ示す。乾燥開始材齢が 91 日の場合、7 日の場合と比べて配合によらず収縮の発現が小さくなった。また乾燥開始材齢にかかわらず、混和材を添加した配合は N に比べて収縮発現が小さくなった。N に対する収縮低減率は、いずれの乾燥開始材齢においても材齢によらず 20~25% 程度で一定であった。

4. まとめ

本検討では、フライアッシュ、高炉スラグ、石こうを主成分とする混和材を試製し、W/B=30、52% のコンクリートに適用した場合の常温下における強度発現性および自己・乾燥収縮特性について確認を行なった。本検討の範囲内で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 混和材を用いた場合の圧縮強度は、水結合材比によらず Type2 は材齢 28 日で、Type1 は材齢 91 日で N とほぼ同等となった。
- (2) 混和材を用いた場合、自己収縮ひずみの低減効果が認められた。ただし W/B=30% の場合、その効果はわずかにあり、比較的、高水結合材比の配合においてより有効であると考えられた。
- (3) 乾燥開始材齢が異なった場合においても、混和材を添加した場合、材齢によらず N に対して 20~25% 程度の乾燥収縮低減率が認められた。

[謝辞] 試験実施にあたっては、足利工業大学の学生のみなさまに多大なるご協力を賜りましたことをここに付記します。

[参考文献] 1) 日本コンクリート工学協会：コンクリートの自己収縮研究委員会報告書，2002 年

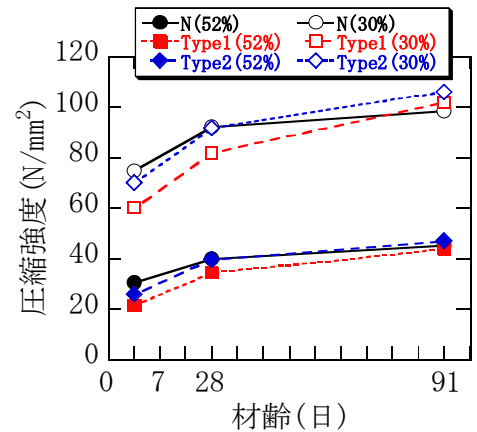


図-1 圧縮強度発現性

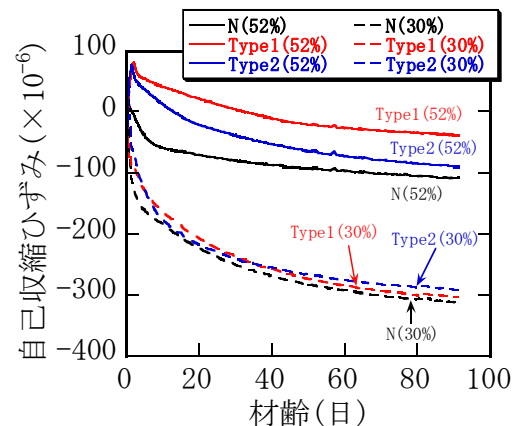


図-2 自己収縮ひずみと材齢の関係

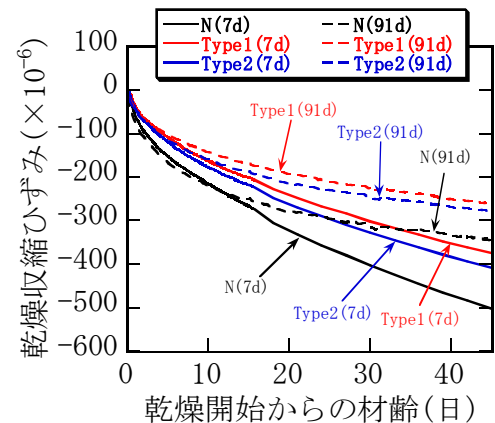


図-3 乾燥収縮ひずみと材齢の関係