

フライアッシュを混入したコンクリートの湿潤養生日数に関する検討

(株)ピーエス三菱 正会員 ○山村 智 鈴木 雅博
金沢大学大学院 学生会員 板坂 匠 Irfan Prasetia
金沢大学大学院 正会員 鳥居 和之

1. はじめに

近年、建設市場において、地球温暖化対策として CO₂ 削減とコンクリートの品質向上による長寿命化が必須のテーマとなっており、環境負荷の低減策として産業副産物である高炉スラグ微粉末やフライアッシュといった混和材をセメントと置換したコンクリートを利用する事例が多く報告されている。中でも、高炉スラグ微粉末は PC 構造物に適用した事例が増加している。一方、フライアッシュに関しては、PC 構造物に適用した事例がほとんどないのが現状である。また、混和材を混入したコンクリートは初期の養生条件が強度発現や耐久性に影響を及ぼすことが知られている。そこで本研究では、フライアッシュを混入したコンクリートを PC 部材へ適用させることを目的に配合検討を行い、強度発現および物質移動抵抗性の観点から蒸気養生後の湿潤養生日数を検討した。

2. 試験概要

2.1 使用材料

使用材料を表-1 に示す。

2.2 導入時強度を満足する配合検討

プレテンション方式 PC 部材の導入時強度 (35.0N/mm²) および設計基準強度 (50.0N/mm²) を満足する配合を決定するため、仮の中心配合 (FA-33:W/B=33%) を設定した。ここでは、配合強度は変動係数を 8% とし、中心配合である W/B=33% を ±3% 変化させ、3 つの配合の圧縮強度と結合材水比の関係から、導入時強度を満足する配合を決定した。

2.3 湿潤養生日数の検討

フライアッシュを混入したコンクリートの初期の湿潤養生日数が強度発現や耐久性に及ぼす影響を把握するため、最高温度 50℃ の蒸気養生後の湿潤養生日数を 0,3,5,7 日と変化させ、強度発現の観点では圧縮強度、割裂引張強度試験を、耐久性の観点ではトレント法による透気性試験を実施した。透気性試験は材齢 28 日において実施した。各種試験結果よりフライアッシュを混入したコンクリートの湿潤養生日数を検討した。蒸気養生後の養生条件を表-2 に示す。

3. 試験結果および考察

3.1 配合の検討結果

材齢 14h, 14 日における圧縮強度と結合材水比 (B/W) の関係を図-1 に示す。導入時強度に対する配合強度 (40.6N/mm²) を満足する結合材水比は 3.096 となり、W/B は 32.3% であった。同時に材齢 14 日において設計基準強度に対する配合強度 (58.0N/mm²) も満足する結果となった。配合検討より得られた W/B を 32% とし、湿潤養生日数の検討で作製する試験体の配合として決定した。決定した配合と強度レベルが同等である早強単味配合を表-3 に示す。早強単味配合は湿潤養生日数の検討においてフライアッシュ配合との比較に用いた。

表-1 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	C	早強ポルトランドセメント 密度: 3.14g/cm ³
混和材	FA	フライアッシュ 密度: 2.37g/cm ³
細骨材	S	川砂 表乾密度: 2.64g/cm ³
粗骨材	G	砕石 表乾密度: 2.62g/cm ³
高性能減水剤	SP	ポリエーテル系高性能減水剤
AE 剤	AE	アニオン系界面活性剤

表-2 蒸気養生後の養生

蒸気養生後の養生方法	試験体表記
水中養生	W [※]
気乾養生	D
水中養生 3 日間→気乾養生	D3
水中養生 5 日間→気乾養生	D5
水中養生 7 日間→気乾養生	D7

※W は蒸気養生を実施していない。

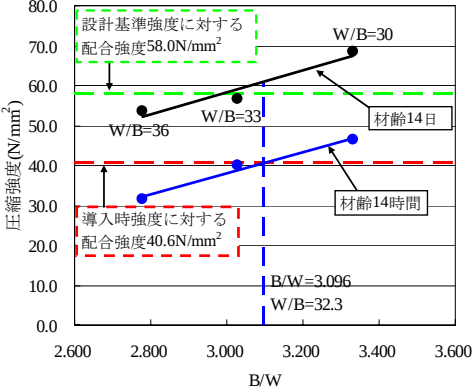


図-1 圧縮強度と B/W の関係

表-3 配合

配合	W/C (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)				
			W	C	FA	S	G
FA-32	40.0	32	150	375	94	716	969
H-38	38.7	38.7	150	388	-	730	1060

キーワード フライアッシュ, 湿潤養生, 強度発現, 耐久性

連絡先 〒250-0875 神奈川県小田原市南鴨宮 2 丁目 1-67 (株)ピーエス三菱 技術研究所 TEL 0465-46-2780

3.2 湿潤養生日数の検討

(1) 強度発現

フライアッシュ配合における各養生条件試験体の圧縮強度発現を図-2に示す。図内には比較として早強単味配合で蒸気養生後、気乾養生とした試験体の強度発現もあわせて示す。強度発現の結果から、フライアッシュ配合と早強単味配合の蒸気養生後、気乾養生とした H-D および FA-D を比較した場合、同様な強度発現傾向を示した。この理由として、早強単味配合とフライアッシュ配合の水セメント比がほぼ同等であることから乾燥条件下においては、フライアッシュのポズラン反応が生じなかったことが考えられる。一方で、湿潤養生を実施した D3,D5,D7 においては強度発現の増加傾向が認められた。このことから、フライアッシュのポズラン反応には初期に湿潤養生が必要であると考えられる。

次に材齢 28 日における蒸気養生後、気乾養生とした試験体 FA-D の圧縮強度を 1 とした場合の D3,D5,D7 の圧縮強度比を図-3に示す。圧縮強度比の結果から湿潤養生 3 日では約 15%, 湿潤養生 5 日, 7 日では約 25% の強度増加が認められた。材齢 28 日において湿潤養生 5 日, 7 日では圧縮強度比に差が認められないことから、強度発現の観点から蒸気養生後の湿潤養生日数は 5 日以上とすることが望ましいと考えられる。

(2) 耐久性(物質移動抵抗性)

試験体寸法および測定箇所を図-4に、物質移動抵抗性試験(透気試験)の結果を図-5に判定基準も併せて示す。この試験はコンクリート表面の空気の通過量から透気係数を算出し、コンクリート表面の緻密化を判定するものである。試験体寸法は $100 \times 200 \times 600\text{mm}$ とし、測定箇所は試験体打込み面($200 \times 600\text{mm}$ の面)で 3 箇所とした。試験は材齢 28 日で実施した。試験結果より、全ての試験体において品質評価は「良い」の判定であった。また、蒸気養生後に湿潤養生を行った試験体 D3,D5,D7 の透気係数は気乾養生とした試験体 D と比較し $1/3$ 程度の小さい値となり、湿潤養生による表層部の品質の改善が確認された。本試験の範囲では耐久性の観点から蒸気養生後の湿潤養生日数を 3 日以上とすることが望ましいと考えられる。また、透気係数は中性化の速度と密接な関係があることが知られており、本試験においても中性化試験を実施することで透気係数と中性化速度の関係を確認する必要があるといえる。

4. まとめ

プレテンション方式 PC 部材への適用にあたって、本試験の結果より以下の知見が得られた。

- 1) フライアッシュを混入したコンクリートは蒸気養生後の湿潤養生は必要である。
- 2) 強度発現の観点から蒸気養生後の湿潤養生日数は 5 日以上が望ましい。
- 3) 耐久性の観点から蒸気養生後の湿潤養生日数は 3 日以上が望ましい。
- 4) 本試験の範囲ではフライアッシュを有効に活用するための湿潤養生日数は 3 日間以上が望ましい。

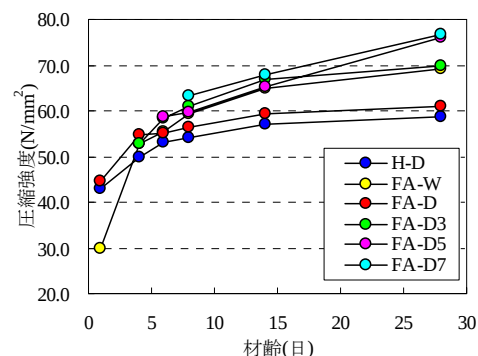


図-2 圧縮強度の経時変化

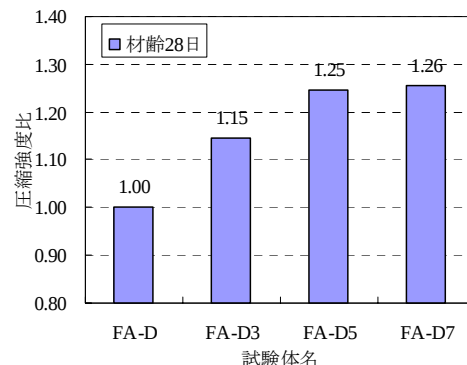


図-3 圧縮強度比

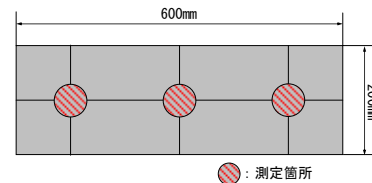


図-4 試験体寸法および測定箇所

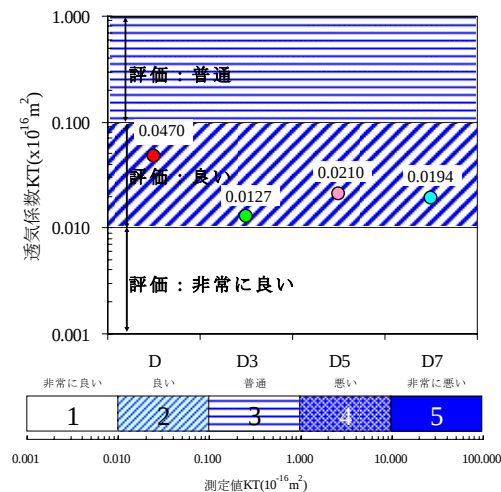


図-5 透気試験結果