

場所打ちを対象とした収縮補償フライアッシュコンクリートの検討

技術本部 技術研究所 鈴木雅博
名古屋支店 金沢営業所 小林和弘

1. はじめに

プレストレストコンクリート橋(以降、PC橋と呼ぶ)の高耐久化と環境負荷低減などを目的として、早強ポルトランドセメント(以降、HCと呼ぶ)の一部をフライアッシュに置換したコンクリートが注目されている。混和材の使用は、コンクリートの緻密化による塩分浸透抵抗性の向上やアルカリシリカ反応の抑制など、耐久性の向上に寄与することが知られている。また、コンクリート製造時の二酸化炭素排出量の低減や未利用資源の有効活用などの環境負荷の低減にもつながる。こうした背景から、筆者らは、分級フライアッシュ(以降、FAと呼ぶ)を用いたコンクリートをプレテンションPC桁に適用するため、蒸気養生後の湿潤養生日数や構造特性を検討してきた。ここでいうプレキャスト桁架設方式のPC橋は、プレテンションPC桁とPC桁間の場所打ち部で構成されている。このため、次のステップとして、FAをPC桁間の場所打ち部に適用するための検討が必要となる。

そこで本研究では、FAをプレテンションPC桁間の場所打ち部に適用することを目的とし、圧縮強度、透気係数および塩化物イオンの浸透抵抗性の検討を行った。ここでは、湿潤養生日数が材料特性に及ぼす影響について報告する。

2. 試験概要

2.1 コンクリートの仕様

プレテンションPC桁間の場所打ち部に適用することを目的としているため、JIS A 6202 附属書2「膨張コンクリートの拘束膨張および収縮試験方法」のA法において材齢7日の膨張率が $(200 \pm 50) \times 10^{-6}$ を目標値とした収縮補償コンクリートとした。コンクリートの設計基準強度は、材齢28日において 50 N/mm^2 とした。また、スランプおよび空気量の目標値は、それぞれ、 $18 \pm 2.5 \text{ cm}$ および $4.5 \pm 1.5\%$ とした。設計基準強度に対する配合強度は、変動係数を8%とし、配合強度を 58.0 N/mm^2 とした。配合強度を確認する圧縮強度の試験体の養生は標準養生とした。

2.2 使用材料および配合

使用材料を表-1に示す。セメントにはHCを、フライアッシュには北陸電力(株)七尾大田火力発電所で製造されるFAを使用した。膨張材(以降、EXと呼ぶ)は標準添加量 20 kg/m^3 の石灰系低添加型を使用した。

コンクリートの配合を表-2に示す。配合はFAの混入の有無による材料特性の差異を把握するため、混和材にFAとEXを混合した配合(以降、FAEX配合と呼ぶ)とFAEX配合と同じ水結合材比および単位EX量とし、混和材にEXのみとした配合(以降、HCEX配合と呼ぶ)の2種類とした。FAEX配合の単位

膨張量は予備試験より 22 kg/m^3 とした。配合FAEXは結合材の単位量からEXの単位量を差し引いた単位量の15mass%を単位FA量とし、85mass%を単位HC量とした。

2.3 湿潤養生日数の試験方法

養生方法を表-3に示す。試験体の養生は、翌日脱型後に湿潤養生日数を0日、2日、4日および6日の4水準とした。湿潤養生後、全ての試験体は室温 20°C 、湿度60%の室内に気乾養生した。

圧縮強度試験はJIS A 1108に準拠して実施した。

透気試験および塩化物イオンの浸透抵抗性試験に用いた試験体形状を図-1に示す。試験体の寸法は $150 \times 150 \times 492 \text{ mm}$ とし、測定箇所は試験体の打込み面において3箇所とした。試験体はJIS A 6202 附属書2「膨張コンクリートの拘束膨張および収縮試験方法」のB法に準拠し、概ね同じ鋼材比となる全ネジのPC鋼棒 $\phi 17 \text{ mm}$ を用いて膨張および収縮を拘束した(鋼材比はJIS A 6202の膨張率において0.95%、本試験において1.0%)。透気試験は二重構造を持つチャンパーの減圧型トレント法により材齢28日で実施した。塩化物イオン浸透抵抗性の試験体は、所定の湿潤養生後に材齢28日まで室温 20°C 、湿度60%の室内に静置し、その後、濃度10mass%の塩化ナトリウム水溶液に182日間浸漬した。浸漬した試験体を割裂し、割裂面に 0.1 mol/L 硝酸銀溶液を噴霧し、浸透深さを測定した。

表-1 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	HC	早強ポルトランドセメント 密度: 3.14 g/cm^3 , 比表面積: $4410 \text{ cm}^2/\text{g}$
混和材	FA	フライアッシュII種(七尾大田火力発電所産) 密度: 2.39 g/cm^3 , 比表面積: $4650 \text{ cm}^2/\text{g}$ 強熱減量: 2.0%
	EX	低添加型, 石灰系 密度: 3.16 g/cm^3 , 比表面積: $3400 \text{ cm}^2/\text{g}$
細骨材	S	砕砂(早月川産), 表乾密度: 2.66 g/cm^3
粗骨材	G	砕石(早月川産), 表乾密度: 2.70 g/cm^3
高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系
AE剤	AE	高級脂肪酸系

表-2 配合

配合	W/B (%)	単位量(kg/m^3)						検討内容
		W	B			S	G	
			HC	FA	EX			
FAEX	35	165	382	67	22	758	940	湿潤養生日数
HCEX	35	165	449	-	22	766	950	

表-3 養生方法

養生方法	試験体記号
気乾養生	D
翌日脱型後の湿潤養生2日→気乾養生	D3
翌日脱型後の湿潤養生4日→気乾養生	D5
翌日脱型後の湿潤養生6日→気乾養生	D7

3. 試験結果および考察

3.1 膨張率および圧縮強度

膨張率は、配合 FAEX において 230×10^{-6} 、HCEX において 175×10^{-6} となり、目標値を満足した。材齢の 28 日の標準養生した試験体の圧縮強度は配合 FAEX において 61.8 N/mm^2 、配合 HCEX において 71.2 N/mm^2 であり、目標値を満足した。W/B が同じであるが、配合 FAEX の圧縮強度は、配合 HCEX のより小さくなるのが認められた。このことは、各結合材の水和進行の速さの差に伴う EX による空隙形成に差が生じ、圧縮強度の発現に影響したことが理由として考えられる。

3.2 湿潤養生日数

配合 FAEX と配合 HCEX の湿潤養生日数をパラメータとして実施した材齢 28 日の圧縮強度を図-2 に示す。いずれの配合も養生方法 D7 の圧縮強度は、養生方法 D と比較して、約 10 N/mm^2 大きくなったが、養生方法 D5 と D7 とでは、圧縮強度はほぼ同程度であり、脱型後の湿潤養生日数を 4 日以上としても圧縮強度の増進はほとんど認められなかった。このことから、脱型後の湿潤養生日数は 4 日程度とすることが望ましいと考えられる。

配合 FAEX と配合 HCEX の各養生方法の透気係数を図-3 に示す。配合 FAEX の養生方法 D5 および D7 の透気係数は、養生方法 D の 1/2 程度の値となっており、湿潤養生による表層部の品質の改善が認められた。配合 HCEX に関しては、同様に湿潤養生を実施することにより表層部の改善効果が認められたが、脱型後の湿潤養生日数を 2 日からさらに延長しても表層部の改善効果はほとんど変わらないことが認められた。このことから、透気性の観点からの脱型後の湿潤養生日数は配合 FAEX において 4 日程度、配合 HCEX において 2 日程度とするのが望ましいと考えられる。

配合 FAEX と配合 HCEX の各養生方法の塩化物イオンの浸透深さを図-4 に示す。配合 FAEX の塩化物イオンの浸透深さは湿潤養生日数の増加に伴い小さくなる傾向が認められ、その結果は配合 HCEX より小さくなり、FA による塩化物イオン浸透性の抵抗性の向上が認められた。

4. まとめ

分級フライアッシュと早強ポルトランドおよび膨張材とした収縮補償コンクリートの翌日脱型後の湿潤養生日数を検討した結果、圧縮強度の発現と透気係数の観点から 4 日程度が望ましいと考えられる。一方で、早強ポルトランドおよび膨張材とした配合の翌日脱型後の湿潤養生日数は、圧縮強度の発現において 4 日程度、透気性の観点では 2 日程度が望ましいと考えられる。塩化物イオンの浸透に対する抵抗性は、湿潤養生日数の増加に伴い向上し、その傾向は分級フライアッシュを用いた場合に顕著に認められた。また、フライアッシュによる塩化物イオン浸透性に対する抵抗性の向上が認められた。

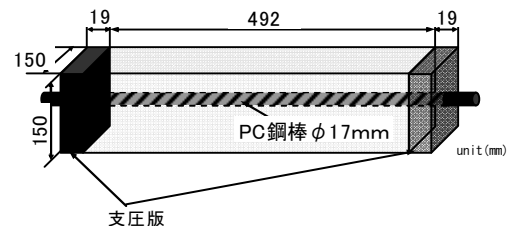


図-1 透気試験および塩分浸透性試験に用いた試験体形状

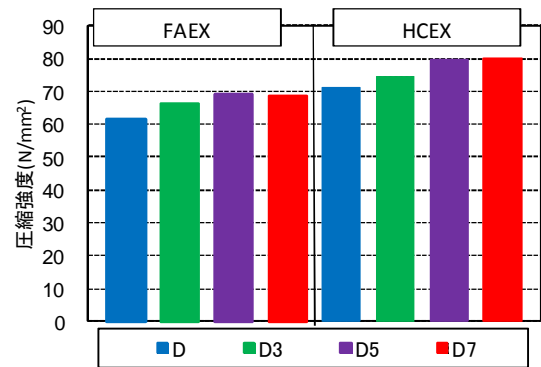


図-2 各養生方法の圧縮強度(材齢 28 日)

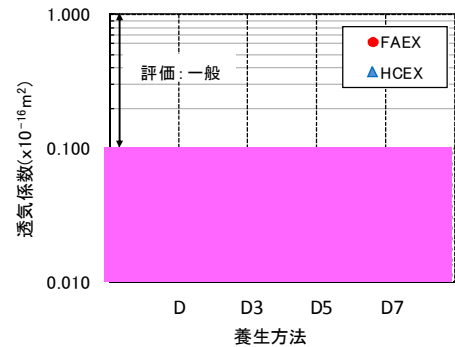


図-3 各養生方法の透気係数

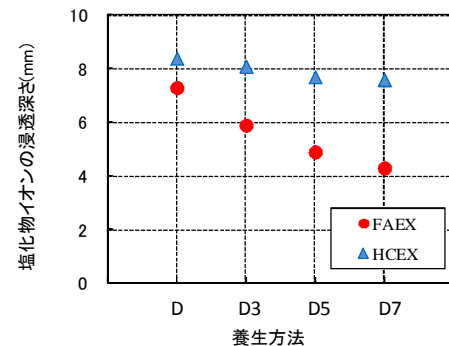


図-4 各養生方法の塩化物イオンの浸透性深さ

Key Words: 分級フライアッシュ, 収縮補償, 強度, 耐久性, 湿潤養生日数



鈴木雅博



小林和弘