

高強度コンクリートの物質透過性におよぼすフライアッシュ混和の影響

極東興和株式会社 正会員 ○河金 甲
極東興和株式会社 下野 聖也

1. はじめに

環境負荷低減だけではなく耐久性向上も目的として、プレストレストコンクリート桁（以下、PC 桁）にフライアッシュが活用されつつある¹⁾。これらの多くは設計基準強度 50N/mm^2 の PC 桁を対象としており、より強度の高い PC 桁にフライアッシュを混和した場合の耐久性向上効果は十分に把握されていない。そこで、本研究では、JIS A 5373「プレキャストプレストレストコンクリート」で規定されている設計基準強度 70N/mm^2 の PC 桁にフライアッシュを混和した場合の耐久性向上効果を物質透過性の観点から検討した。

2. 試験概要

2.1 配合およびフレッシュ性状

試験に用いたコンクリートの配合およびフレッシュ性状を表-1 に示す。設計基準強度は 70N/mm^2 とし、早強ポルトランドセメント単味の水結合材比 (W/B) が 29%の配合 (H29) と、早強ポルトランドセメントの 20% をフライアッシュで置換した W/B が 27%の配合 (F27) を用いて検討した。W/B は、フライアッシュ混和が PC 桁の製造工程に影響を及ぼさないよう早期強度が同程度となるように決定した。

2.2 検討項目および検討方法

物質透過性は、透気試験、吸水試験、塩水浸漬試験を行い検討した。透気試験は、 $150\times150\times250\text{mm}$ の供試体を用い、脱枠後 7 日、28 日、91 日（材齢 1 日で脱枠）でダブルチャンバー方式のトレント法により透気係数を測定した。側面 ($150\times250\text{mm}$) を 2 箇所測定した平均値で透気性を比較した。

脱枠後 91 日の透気係数測定が終了した供試体を用いて吸水試験を行った。試験は、JSCE-K571「表面含浸材の試験方法 (案)」に準じて、コンクリートと接する面の口径を 75mm 、試験開始時の水頭高さを 250mm として行った (写真-1)。吸水開始から 7 日後まで測定し、試験結果は透気係数と同様に側面 2 箇所を平均した。

塩水浸漬試験は、JSCE-G 572「浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験方法 (案)」に準じて、 $\phi100\times150\text{mm}$ の供試体 ($\phi100\times200\text{mm}$ の供試体を製作後に両端 25mm を切断) を用い、材齢 28 日経過後、浸漬面以外をエポキシ樹脂塗料で被覆し、濃度 10%の塩化ナトリウム水溶液に 1 年間浸漬した。浸漬後の供試体を直方体 ($45\times45\times18\text{mm}$) に切断した後、電子線マイクロアナライザー (EPMA) による塩化物イオン濃度の面分析 (分析領域 $40\times40\text{mm}$) を行った。

また、円柱供試体 ($\phi100\times200\text{mm}$) を用いて圧縮強度を材齢 1, 7, 14, 28, 91 日で測定した。全ての供試体は 45°C で 3 時間の蒸気養生を実施した。

表-1 配合およびフレッシュ性状

配合名	水結合材比 W/B (%)	混和材 置換率 (%)	単位量(kg/m^3)					混和剤 (kg/m^3)		スランプ フロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート 温度 ($^\circ\text{C}$)
			W	C	FA	S	G	AD	AE			
H29	29	0	147	507	0	688	1029	4.06	0.15	8.0 (スランプ)	3.0	27
F27	27	20	152	450	113	635	978	6.19	0.17	56 (フロー)	5.1	28

W:地下水, C:早強ポルトランドセメント(密度 $=3.14\text{g/cm}^3$, 比表面積: $4,560\text{cm}^2/\text{g}$), FA:フライアッシュ II 種(三隅発電所産, 密度 $=2.17\text{g/cm}^3$, 比表面積 $=3,120\text{cm}^2/\text{g}$), S:細骨材(島根県江津産, 混合砂(陸砂, 山砂, 砕石), 表乾密度 $=2.66\text{g/cm}^3$), G:粗骨材(島根県江津産, 砕石(安山岩), 表乾密度 $=2.65\text{g/cm}^3$, 最大寸法:20mm), AD:高性能減水剤, AE:AE剤



写真-1 吸水試験状況

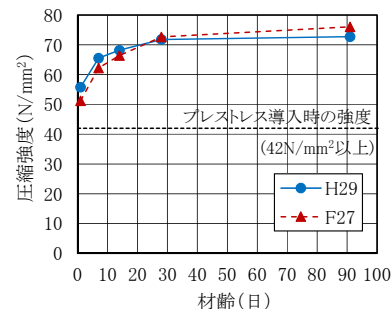


図-1 圧縮強度発現

キーワード 高強度コンクリート, フライアッシュ, 物質透過性, 塩化物イオン浸透抵抗性

連絡先 〒732-0052 広島県広島市東区光町 2 丁目 6-31 極東興和 (株) TEL 082-261-1204

3. 試験結果および考察

3.1 圧縮強度

圧縮強度発現を図-1に示す。JIS A 5373 で規定されているプレストレス導入強度 42N/mm^2 を F27 も材齢 1 日で満足した。H29 に比べて F27 の材齢初期の強度発現は若干小さいものの、材齢 28 日以降は F27 の方が大きく、フライアッシュを混和することにより長期強度が増進することがわかる。

3.2 透気試験

透気係数の測定結果を図-2に示す。この図に示すように H29 と F29 の透気係数を各材齢で比較すると、両者に明確な差は認められなかった。

3.3 吸水試験

吸水開始からの吸水量の推移を図-3に示す。吸水開始直後は F27 の方が H29 と比べると大きくなるものの、その後吸水量の差は小さくなり、材齢 5 日以降は H29 の方が大きくなった。ほぼ線形に増加している吸水期間 1~7 日までの吸水速度は、H29 が 0.34 ml/日 、F27 が 0.23 ml/日 とフライアッシュの混和により 32%低下した。

3.4 塩水浸漬試験

塩化物イオンの面分析画像を図-4に、この画像の横方向に並ぶピクセル群について 0.1mm ごとの濃度の平均値の分布を図-5に示す。図-4からもわかるように骨材部は塩化物イオンを浸透しないので、分析領域での骨材量がフライアッシュ混和による浸透抵抗性の評価に影響しないよう、図-5には骨材のピクセルを除いてペースト部の平均値を算出した結果も併せて示す。ペースト部の塩化物イオン濃度に注目すると、H29 と F27 どちらも深さ約 2mm で同程度の最大濃度となり、深さ 7mm までは F27 の方が H29 と比べて大きくなっているものの、その後は H29 の方が大きく、浸透深さは H29 の場合は 18mm 、F27 の場合は 13mm とフライアッシュを混和することにより明らかに小さくなった。コンクリートの見かけの拡散係数を、骨材を含めた場合の濃度が最大となった深さよりも内側のデータから求めると、分析領域での骨材量の影響は含まれているものの、H29 は $0.530\text{ cm}^2/\text{年}$ 、F27 は $0.148\text{ cm}^2/\text{年}$ となりフライアッシュを用いることによって 72%低下した。

4. まとめ

設計基準強度 70N/mm^2 の PC 桁を対象にフライアッシュ混和による耐久性向上効果を検討した結果、PC 桁の主たる劣化因子である塩化物イオンの浸透抵抗性は向上することが確認された。吸水速度もフライアッシュ混和により低下したものの、透気性にはフライアッシュを用いたことによる影響は認められなかった。

参考文献

- 1) 山村智, 桜田道博, 小林和弘, 鳥居和之: フライアッシュコンクリートの PC 橋梁への適用に関する実用化研究, プレストレストコンクリート, Vol.57, No.5, pp.46-53, 2015.9

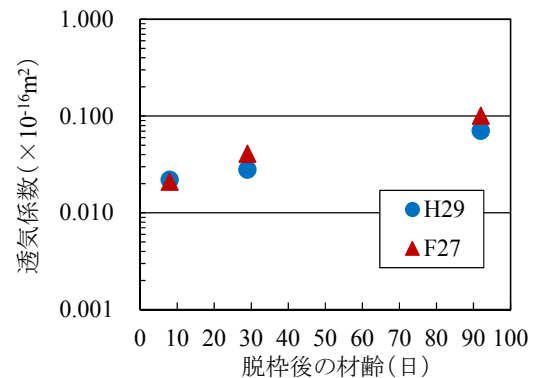


図-2 透気係数

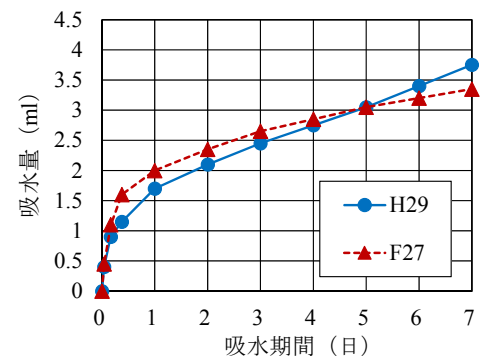


図-3 吸水量

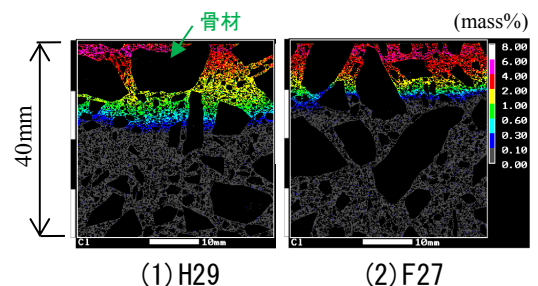


図-4 塩化物イオン面分析画像

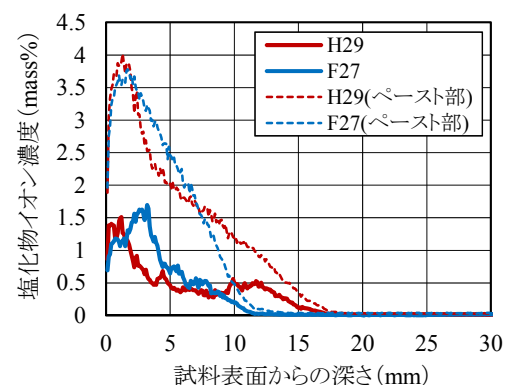


図-5 塩化物イオン濃度分布