

フライアッシュを用いた高強度PC桁の蒸気養生方法に関する検討

極東興和株式会社 法人正会員 ○和氣 佳純
極東興和株式会社 正会員 河金 甲

1. はじめに

設計基準強度 70N/mm² の高強度 PC 桁において、フライアッシュを混和することにより耐久性向上を図ることができることをこれまでに確認した¹⁾。高強度 PC 桁製造時には早期のプレストレス導入強度確保の観点から蒸気養生を行うのが一般的である。一方、プレキャスト製品において、蒸気養生中にコンクリート表層部温度が養生層内温度より高くなると蒸気圧勾配が生じ、コンクリート表層部が乾燥することで品質が低下することが指摘されている²⁾。高強度 PC 桁に用いるコンクリートはセメント量が多くコンクリート温度は高くなるため表層部の乾燥が顕著になると推測される。さらに、フライアッシュ混和により強度発現が遅くなるため早期の乾燥により表層部に生じる引張応力が品質に与える影響が大きくなる可能性がある。そこで、フライアッシュを混和した実大の高強度 PC 桁を製作し、蒸気養生中の乾燥の有無がコンクリート表層品質に与える影響を検討した。

2. 試験概要

2.1 コンクリートの配合

試験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。設計基準強度は70N/mm²とし、早強単味のW/Bが29%の配合(H29)と、早強セメントの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は早期強度が同程度となるように決定した。

2.2 供試体製作および計測項目

JIS A 5373 で規定されている設計基準強度 70N/mm² の軽荷重スラブ橋桁の断面形状を参考にし、図-1 に示す断面形状の高強度 PC 桁（幅 0.7m×高さ 0.375m×長さ 4.0m）を製作した。5 時間の前養生を行ってから蒸気養生を実施した（15℃/時間で昇温させ、最高温度 45℃を 3 時間保持）。蒸気養生中の乾燥の有無が表層品質に与える影響を検討するため、PC 桁の 1/2 の範囲は、十分に吸水させた養生マットを敷設することにより湿潤状態を保持させた（写真-1）。

蒸気養生中は、養生シート内に熱電対と湿度計を設置して養生温度と相対湿度を計測するとともに、PC 桁内の温度（上から 30mm と断面中央、図-1）も熱電対により計測した。脱枠してプレストレス導入後に屋外暴露し、

材齢 34 日にダブルチャンバー方式のトレント法を用いてコンクリート打込み面の透気係数を測定することにより表層品質を比較した。

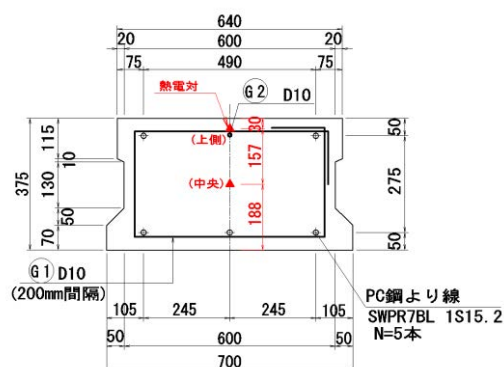


图-1 PC 桁断面图



写真-1 打込み面の養生

表-1 配合およびコンクリート試験結果

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)		スランブフロー (cm)	空気量 (%)	コンクリート温度 (℃)	圧縮強度 (N/mm ²)	
			W	C	FA	S	G	AD	AE				17時間	28日
H29	29	0	147	507	0	688	1029	4.06	0.15	8.0 (スランブ)	4.9	15	61.9	80.9
F27	27	20	152	450	113	635	978	6.47	0.17	62 (フロー)	3.5	15	60.3	80.6

W: 地下水, C: 早強ポルトランドセメント(密度=3.14 g/cm³), FA: フライアッシュ(Ⅱ種, 密度=2.17 g/cm³), S: 細骨材(混合砂, 表乾密度=2.66 g/cm³), G: 粗骨材(砕石, 表乾密度=2.65 g/cm³, 最大寸法: 20mm), AD: 高性能減水剤, AE: AE剤

キーワード フライアッシュ, 高強度 PC 桁, 蒸気養生, 透気係数

連絡先 〒732-0052 広島市東区光町2丁目6番31号 極東興和(株)

TEL 082-261-1204

3. 試験結果

3.1 養生シート内の温度および相対湿度

養生シート内の温度と相対湿度の推移を図-2に示す。蒸気養生中(材齢5～11時間)の相対湿度は90%以上あるものの、その後、蒸気の供給を止めると相対湿度は低下し脱枠時には50%程度になった。

3.2 コンクリート温度

PC桁内のコンクリート温度を図-3に示す。上側と中央どちらも温度上昇速度はH29と比較してF27の方がわずかに遅くなるものの、最高温度にH29とF27の違いは見られなかった。養生温度とPC桁上側の温度差に着目すると、材齢9時間程度でPC桁上側の温度が上回り、両者の差は養生温度低下に伴い拡大し、材齢13時間以降は20℃程度で推移した。前述したシート内の相対湿度低下および養生温度と表層部温度差に起因した蒸気圧勾配によって脱枠時までの表層部は乾燥の影響を受けていると推測される。

3.3 蒸気養生終了後の打込み面のひび割れ性状

蒸気養生終了後にコンクリート打込み面に水を噴霧してひび割れの有無を観察した。その結果、F27のコンクリート打込み面を露出させた場合(F27(乾燥))のみ亀甲状の微細ひび割れが発生していた(写真-2)。養生マットを敷設した場合(F27(湿潤))ではこのようなひび割れは発生しておらず、蒸気養生中の乾燥によって微細ひび割れが発生したと思われる。一方、H29の場合には打込み面を露出させた場合においても亀甲状の微細ひび割れは発生しなかった。脱枠時(材齢17時間)でのH29とF27の圧縮強度は同等ではあるが(表-1)、それ以前の強度発現はF27の方が遅いと推測され、引張強度も小さかったことが微細ひび割れ発生に影響していると考えられる。

3.4 打込み面の透気係数

各ケース4箇所測定した透気係数の平均値を図-4に示す。全てのケースにおいて、透気係数は非常に良い品質とされている $0.01 \times 10^{-16} \text{m}^2$ 以下であった。一方、脱枠時に微細ひび割れが観察された「F27(乾燥)」のみ若干ではあるが透気係数が悪化した。

4. まとめ

フライアッシュを用いた設計基準強度 70N/mm^2 の高強度PC桁において、蒸気養生中の乾燥を抑制させないと、蒸気養生終了直後のコンクリート打込み面に亀甲状の微細ひび割れが発生し、透気係数が低下する可能性があった。このことより、フライアッシュを高強度コンクリートに適用する場合、長期耐久性向上効果を十分に発揮させるには、蒸気養生中も十分な乾燥抑制対策を行うことが重要であると思われる。

参考文献

- 1) 河金ほか：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，土木学会第73回年次学術講演会講演概要集，V-232，pp.463-464，2018
- 2) 鳥海ほか：蒸気養生中の散水がコンクリート表層部の品質および強度特性に及ぼす影響，コンクリート工学年次論文集，Vol.40，No.2，pp.493-498，2018

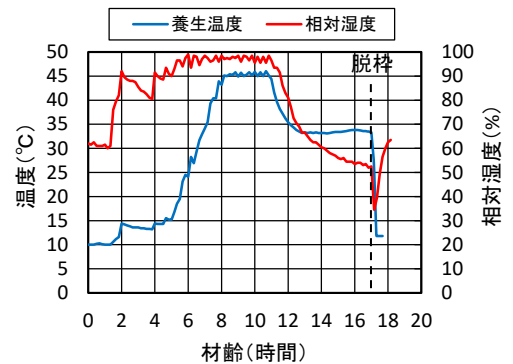


図-2 養生温度と相対湿度

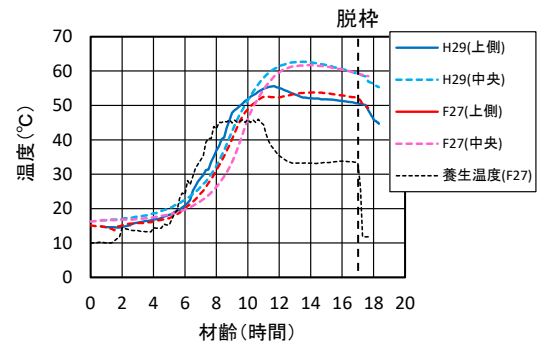


図-3 コンクリート温度

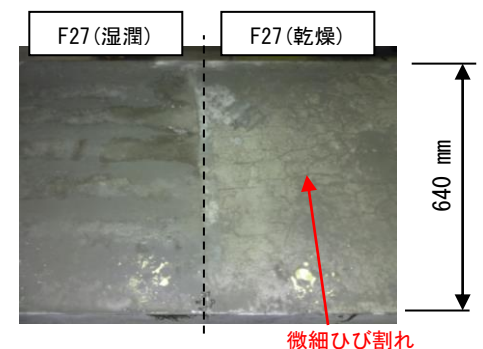


写真-2 蒸気養生終了後の打込み面 (F27)

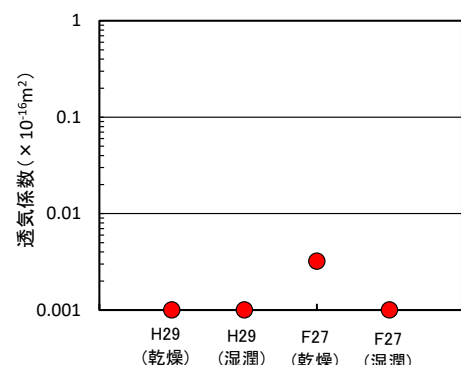


図-4 打込み面の透気係数