

フライアッシュコンクリートを用いたPC試験桁の製作と載荷試験

川田建設(株) 正会員 工修 ○水戸 健介
 川田建設(株) 正会員 北野 勇一
 川田建設(株) 堀池 一男
 川田建設(株) 野村 綾介

キーワード：フライアッシュ，加熱改質，プレテンション方式PC桁，載荷試験

1. はじめに

フライアッシュセメント B 種相当のコンクリートを用いた PC 桁としては，2015 年に石川県に架設されたプレテンション PCT 桁である宮坂橋¹⁾のみである。この橋では JIS A 6201 に規定されるフライアッシュ II 種(分級品)を用い，事前に PC 梁としての構造特性等に問題がないことが確認されている。

一方，加熱改質されたフライアッシュ²⁾ (以降，FA と略記) コンクリートを用いた PC 桁の実績は無く，構造特性の確認もなされていない。そこで，従来の早強コンクリートを用いた PC 桁 (以降，H 試験桁と略記) および FA コンクリートを用いたプレテンション PC 桁 (以降，FA 試験桁と略記) の各試験桁を製作し，プレストレス導入時の鉄筋ひずみおよび内部温度，キャンバー量を計測して両者の比較を行った。また，各試験桁において載荷試験を実施し，ひび割れ発生荷重時の構造特性を確認した。

2. 試験桁の製作

2.1 概要

表-1に示すH試験桁およびFA試験桁を各1体製作した。通常のプレテンションPC桁と同様の方法でコンクリートを打設し，蒸気養生を行った。蒸気養生は，3時間以上の前養生を行ったのち，毎時15℃で45℃まで温度上昇させ，45℃一定で6時間，その後は自然冷却とした。打設後18時間で脱型およびプレストレス導入を行い，屋外にて保管した。

表-1 試験桁の概要

構造形式	プレテンション方式 PC 単純 T 桁
断面	BG24
長さ	24.7m
支間長	24.0m
活荷重	B 活荷重
種類	H 試験桁 : 早強コンクリート
	FA 試験桁 : FA コンクリート

2.2 使用材料および配合

表-2に使用材料を，表-3に試験桁に用いたコンクリート配合および圧縮強度結果 (プレストレス導入時，材齢7日および材齢28日) をそれぞれ示す。H試験桁の配合は，N工場のプレテンションPC桁に通常使用されているものである。また，コンクリートの材齢28日における設計基準強度は50N/mm²，プ

表-2 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:3.14g/cm ³
混和材	FA	フライアッシュ II 種 (加熱改質品) 密度:2.26g/cm ³ ，比表面積:3840cm ² /g
細骨材	S	砕砂 表乾密度:2.64g/cm ³
粗骨材	G	砕石 表乾密度:2.66g/cm ³
混和剤	SP	高性能 AE 減水剤(標準系 I 種)

表-3 コンクリートの配合および圧縮強度

試験桁	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	単位量 (kg/m ³)				圧縮強度(N/mm ²)			
				W	結合材 B		S	G	導入時 強度	材齢 7 日	材齢 28 日
					HC	FA					
H	12±2.5	4.5±1.5	38.4	162	422	0	765	980	38.7	55.9	64.8
FA	12±2.5	4.5±1.5	34.2	162	422	51	706	980	38.4	56.4	66.7



写真-1 コンクリート打設状況



写真-2 載荷試験状況

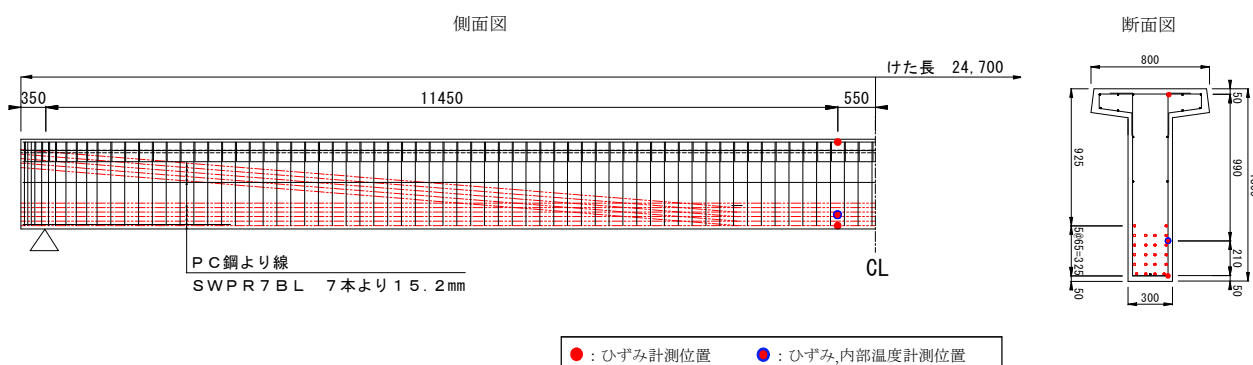


図-1 試験桁の寸法および計測位置

レストレス導入時強度は 35N/mm^2 とし、化学混和剤の使用量は所定のスランプ、空気量が得られるように調整した。

試験桁へのFAコンクリート打込み状況を写真-1に、試験桁の載荷状況を写真-2に示す。

2.3 各種計測について

(1) プレストレス導入時のコンクリート応力

プレストレス導入時において、各試験桁のコンクリート応力と設計値の比較を行うため、図-1に示す各位置でプレストレス導入時のひずみを測定した。ひずみは、鉄筋にひずみゲージを貼り付けて埋め込み計測した。

図-2に上下縁位置でのひずみを示す。プレストレス導入直後のひずみは、H試験桁では下縁側の最外縁軸方向鉄筋位置で圧縮ひずみ 487μ 、上縁側の最外縁軸方向鉄筋位置で圧縮ひずみ 44μ であった。FA試験桁では下縁側の最外縁軸方向鉄筋位置で圧縮ひずみ 585μ 、上縁側の最外縁軸方向鉄筋位置で引張ひずみ 26μ であった。H試験桁とFA試験桁の上下縁の最外縁軸方向鉄筋位置でのひずみは概ね等しいことを確認した。

図-3にプレストレス導入時のコンクリート応力度を示す。コンクリート応力度は各位置で測定したひずみに設計上のプレストレス導入時ヤング係数 29.5kN/mm^2 (圧縮強

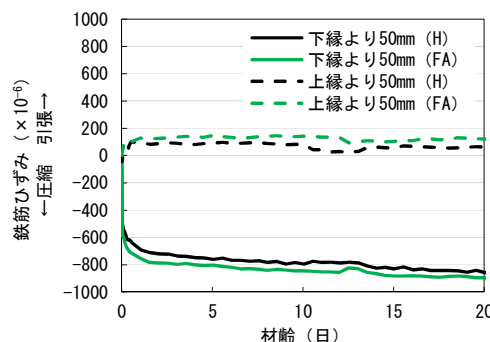


図-2 上下縁位置でのひずみ

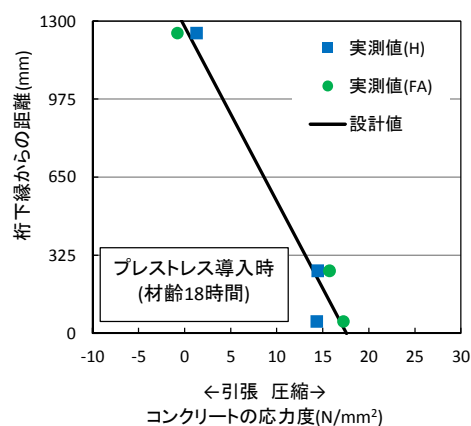


図-3 コンクリート応力

度 35N/mm^2)を乗じて求めた。なお、プレストレス導入時の各試験桁の圧縮強度試験結果は、表-3に示す。

H試験桁とFA試験桁のコンクリート応力度の測定結果は、設計値と概ね等しい結果であった。

(2) 試験桁の内部温度

各試験桁において、前述した図-1に示す位置に熱電対を埋め込み、コンクリート打設後の試験桁の内部温度を測定した。図-4に各試験桁内部の温度履歴結果を示す。各試験桁で温度履歴は類似した結果となり、最高温度はH試験桁で 64.8°C 、FA試験桁で 62.7°C であり、概ね等しい結果であった。

(3) 各桁におけるキャンパー量

材齢28日におけるレベル測量により測定した各試験桁におけるキャンパー量はH試験桁で 53mm 、FA試験桁で 62mm であり、概ね等しい結果であった。

3. 試験桁の載荷試験

3.1 試験概要

載荷試験は各試験桁の圧縮強度が 50N/mm^2 であることを確認したのち、JIS A 5373に準じて、材齢約12日および材齢約40日の2材齢で載荷試験を行った。図-5に載荷要領図を、式(1)にひび割れ発生荷重算出式を示す。載荷試験では、ひび割れ発生荷重時のたわみ量および桁上下縁における最外縁軸方向鉄筋位置のひずみ(図-1)を測定した。

$$F = \{(M - M_{do}) \cdot 4 / (\ell - 2a)\} - W \cdot g \quad \text{式(1)}$$

ここに、

M : ひび割れ強さ試験曲げモーメント

M_{do} : 製品自重による曲げモーメント

W : 載荷ビーム自重

g : 標準重力加速度

3.2 たわみ量の測定結果

図-6~図-7に各材齢における各試験桁の載荷によるたわみ量をそれぞれ示す。たわみ量は前述した図-5に示す支間中央に設置した変位計CLの測定値から変位計A1, P1の平均値を差し引いた値とした。

各材齢において、各試験桁はひび割れ発生荷重を載荷した際のたわみ量が設計値(34.4mm)よりも小さくなり、材齢約12日ではH試験桁で 32.8mm 、FA試験桁で

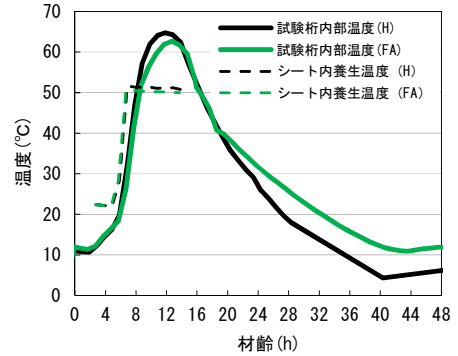


図-4 各試験体の内部温度測定結果

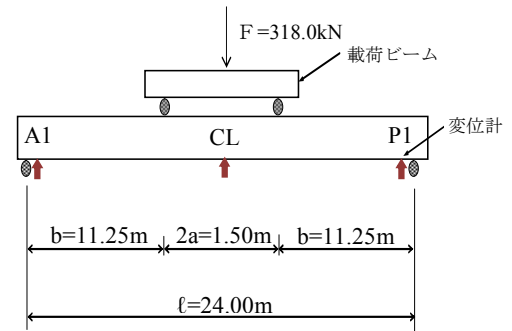


図-5 載荷要領図

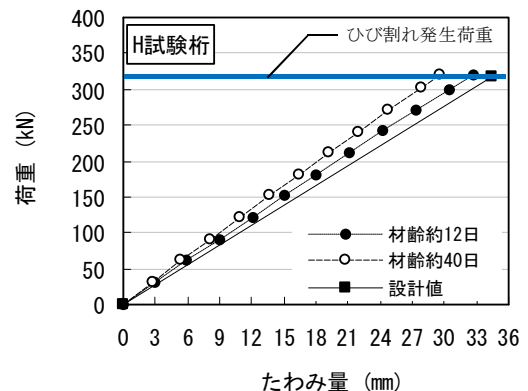


図-6 H試験桁の載荷によるたわみ量

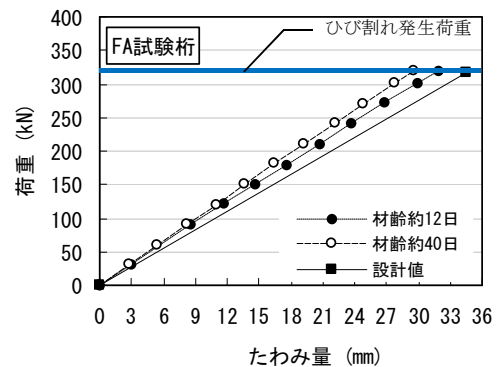


図-7 FA試験桁の載荷によるたわみ量

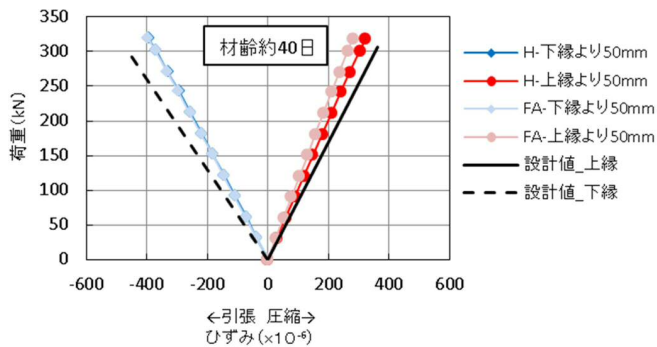


図-8 荷重ひずみ関係

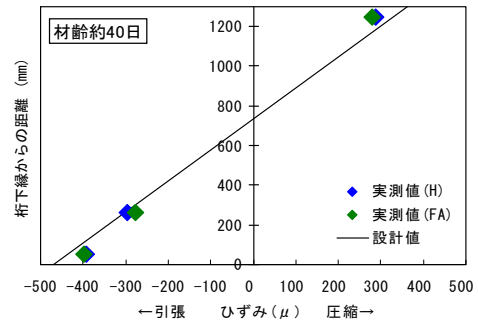


図-9 ひび割れ発生荷重時のひずみ分布

32.0mmであり、材齢約40日ではH試験桁で29.7mm、FA試験桁で29.7mmという結果であった。

各材齢において、H試験桁とFA試験桁のたわみの測定結果と設計値のたわみ関係は、同じ傾向を示した。

3.3 ひずみの測定結果

図-8にH試験桁とFA試験桁の材齢約40日における荷重とひずみの関係をそれぞれ示す。各試験桁の支間中央位置において、上縁および下縁で、ひび割れ発生荷重を加えたときのひずみが設計値と概ね等しい値となった。

図-9に各試験桁の材齢約40日におけるひび割れ発生荷重時のひずみ分布を示す。各試験桁でひずみが設計値と概ね等しい値となった。

4. まとめ

従来配合の早強コンクリートおよび加熱改質されたフライアッシュを用いたコンクリートによる支間長24mのプレテンションPC試験桁 (BG24相当) を製作し、各種検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) プレテンションPC試験桁のプレストレス導入直後のコンクリート応力、コンクリート打設後の温度履歴および材齢28日におけるキャンバー量は、通常配合の早強コンクリートとフライアッシュコンクリートで概ね等しい値であった。
- 2) プレテンションPC試験桁の載荷試験を実施した結果、フライアッシュコンクリートを用いた試験桁は、早強コンクリートを用いた試験桁同様、設計値よりもたわみ量およびひずみが小さくなった。

以上のことから、加熱改質されたフライアッシュコンクリートを用いたプレテンションPC桁は、従来の早強コンクリートを用いたプレテンションPC桁と同等の性能を有することがわかった。

これらの確認結果を受け、本PC桁は、栃木県大田原土木事務所より発注された行屋橋 (栃木県那須郡那須町大畑) に採用された。なお、今回作製した試験桁は、長期的な力学的挙動と耐久性を検証するため、暴露試験を継続する予定である。

参考文献

- 1) 山村智, 鈴木雅博, 小林和弘, 鳥居和之: 分級フライアッシュを用いたコンクリートのプレテンションPC桁への適用に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol35, No.1, pp.181-186, 2013
- 2) 国土交通省: 新技術情報提供システム, コンクリート混和材 (CfFA: 改質フライアッシュ), QS-100005-VE, http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/NtDetail1.asp?REG_NO=QS-100005&TabType=2&nt=nt