

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

技術研究所 材料グループ 山村智
 技術研究所 鈴木雅博
 技術研究所 材料グループ 桜田道博
 名古屋支店 金沢営業所 小林和弘

1. はじめに

産業副産物であるフライアッシュは、混和材として用いることでコンクリートの耐久性の向上に有効であり、その活用は環境負荷の低減にも寄与することから PC 構造物への積極的な利用が望まれている。しかしながら、PC 構造物に適用された事例はほとんどないのが現状であり、これは、フライアッシュの品質のばらつきが大きいことなどによると考えられる。近年、フライアッシュを分級することで高品質で品質の安定したフライアッシュが実現しており、この分級されたフライアッシュ(以降、分級フライアッシュ)を用いることで PC 構造物への適用が可能になると考えられる。

そこで本研究では、分級フライアッシュを用いた PC 桁橋を実現するためにフライアッシュを用いたコンクリートの材料特性および PC 桁としての構造特性を検討した。材料特性の検討では、圧縮強度試験や透気係数試験などを行い、湿潤養生日数が強度発現や耐久性に及ぼす影響を確認した。一方、構造特性の検討では、プレテンション方式により実物大の PC 桁を製作し、PC 鋼材ひずみの長期計測によりプレストレスの損失量を把握し、さらに、桁の曲げ載荷実験を行い、ひび割れ発生モーメントや曲げ耐力などを確認した。ここでは実物大プレテンション PC 桁による構造特性の検討結果について報告する。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

使用材料を表-1 に、配合を表-2 に示す。コンクリートの配合はフライアッシュを用いた配合(以降、FA 配合)と早強セメントのみを用いた通常の配合(以降、H 配合)の 2 種類とした。設計基準強度はともに 50N/mm^2 、導入時強度は 35N/mm^2 (14h 後)とした。FA 配合は W/B が 32% で結合材に占めるフライアッシュの割合は 20% とした。H 配合は当社七尾工場で実績のある配合とした。

2.2 プレテンション PC 桁

プレテンション方式 PC 桁の一般図を図-1 に示す。製作したプレテンション PC 桁は JIS A 5373 に規定される AS09 桁とした。

2.3 プレストレスの損失の検討

プレストレス損失の検討は PC 桁支間中央部の PC 鋼材ひずみを約 6 ヶ月間計測することにより行った。また、H 配合のプレテンション PC 桁(以降、HPC 桁)も併せて製作し、フライアッシュを用いた PC 桁(以降、FAPC 桁)と比較することでフライアッシュがプレストレスの損失量に及ぼす影響を検討した。

2.4 載荷実験による力学的特性の検討

FAPC 桁の力学的特性を把握するため、有効プレストレス計測後のプレテンション PC 桁を用いて載荷実験を実施した。載荷方法は 4 点曲げ載荷とし、載荷位置は支間中央から 0.5m (2 箇所)とした。載荷実験における計測項目は①ひび割れ発生荷重、②終局荷重、③たわみ、④桁の表面ひずみ、⑤ PC 鋼材ひずみ、⑥ひび割れ性状の 6 項目とした。なお、事前に計算した FAPC 桁のひび割れ発生荷重および終局荷重はそれ

表-1 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	HC	早強ボルトランドセメント 密度： 3.14g/cm^3
混和材	FA	分級フライアッシュ(七尾大田火力発電所産) 密度： 2.37g/cm^3 、比表面積： $4773\text{cm}^2/\text{g}$
細骨材	S	陸砂(庄川産) 表乾密度： 2.64g/cm^3
粗骨材	G	砕石(庄川産) 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 配合

配合	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/B (%)	単位量(kg/m^3)				
				W	B		S	G
					HC	FA		
FA	12±2.5	4.5±1.5	32.0	150	375	94	730	969
H			38.7	150	388	-	729	1061

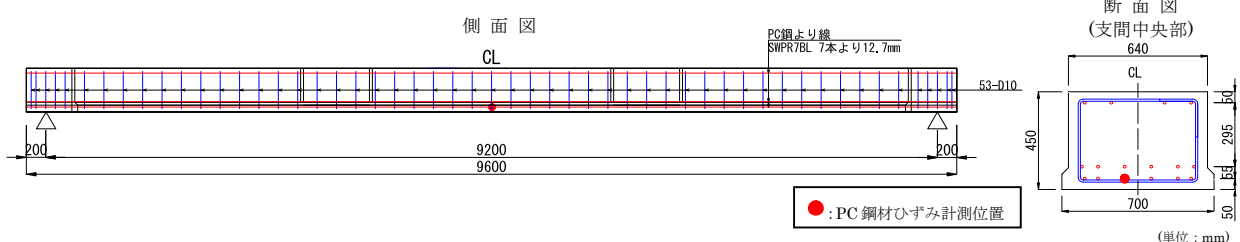


図-1 プレテンション PC 桁の一般図および PC 鋼材ひずみの計測位置

ぞれ 122.5kN, 331.0kN であった。HPC 桁においても載荷実験を実施し、FAPC 桁との比較を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 プレストレスの損失量

FAPC 桁および HPC 桁の PC 鋼材ひずみの経時変化を図-2 に示す。図の時間軸の原点はコンクリートの打込み完了時とした。PC 鋼材ひずみの導入直後の計算値および有効プレストレスの計算値は道路橋示方書に準拠し、桁の弾性変形、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮などを考慮して求めた。

FAPC 桁の PC 鋼材ひずみの経時変化は HPC 桁とほとんど同程度であり、圧縮強度が同程度であれば、フライアッシュを用いた PC 桁のクリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの損失は通常の PC 桁(早強単味)と同程度であることが確認された。また、6ヶ月後の PC 鋼材ひずみは有効プレストレスの計算値を上回っており、道路橋示方書に準拠することでフライアッシュを用いた PC 桁の有効プレストレスを安全側に評価できると考えられる。

3.2 プレテンション PC 桁の力学的特性

(1) 載荷前の桁の性状

FAPC 桁および HPC 桁の載荷直前の強度特性と PC 鋼材のひずみを表-3 に示す。圧縮強度は HPC 桁で 59.8N/mm²、FA 桁で 67.0N/mm² であり FAPC 桁が HPC 桁に比べ 10%程度高い結果となった。自重を考慮した支間中央部下縁の合成応力度は両桁ともに 11N/mm² 程度であった。

(2) 荷重-たわみの関係

荷重と支間中央部のたわみの関係を図-3 に示す。図内には FAPC 桁の実強度を基に算出したひび割れ発生荷重および終局荷重の計算値を示した。なお、ひび割れ発生荷重の計算値は桁下縁の応力度がコンクリートの引張強度に達する荷重であり、終局荷重の計算値は圧縮側コンクリートの応力ブロックを 2 次曲線と仮定して算出した破壊抵抗抗曲げモーメントに相当する荷重である。荷重と変位との関係は、HPC 桁の終局荷重が若干小さいものの、FAPC 桁と HPC 桁とでほとんど差異がないことがわかる。ひび割れ発生荷重の実験値は FAPC 桁が 147kN、HPC 桁が 152kN で同程度であり、ともに計算値 123kN を上回っている。終局荷重の実験値についても FAPC 桁が 372kN、HPC 桁が 349kN であり、ともに計算値 331kN を上回っている。したがって、フライアッシュを用いた PC 桁は早強単味の通常の PC 桁と同等の性能を有しており、弾性理論や平面保持の仮定に基づく、通常的设计方法により、ひび割れ発生モーメントや曲げ耐力を適切に評価できると考えられる。

4. まとめ

分級フライアッシュを用いたプレテンション PC 桁の実用化に関する各検討結果より以下の知見が得られた。

1) フライアッシュを用いた PC 桁のプレストレスの損失量は早強単味の通常の PC 桁と同程度となった。また、道路橋

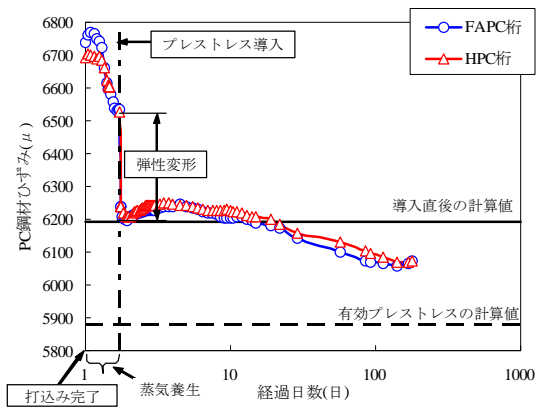


図-2 PC 鋼材ひずみの経時変化

表-3 載荷直前の強度特性と PC 鋼材ひずみ

項目	単位	FAPC 桁	HPC 桁
圧縮強度	N/mm ²	67.0	59.8
ヤング係数	kN/mm ²	32.9	32.0
割裂引張強度	N/mm ²	3.49	3.06
PC 鋼材ひずみ (支間中央部下縁)	μ	6099	6102

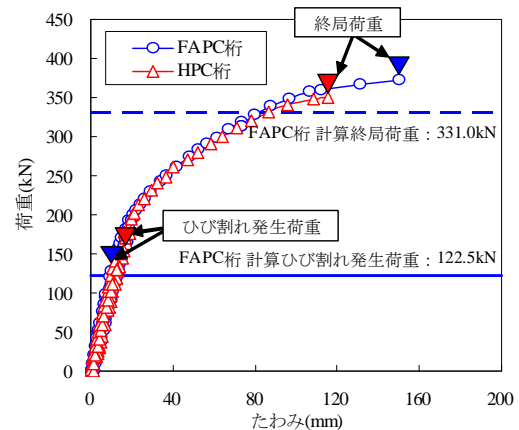


図-3 荷重-たわみの関係

示方書に準拠して算出した有効プレストレスは安全側の評価となった。

- 2) フライアッシュを用いた PC 桁の荷重とたわみの関係は早強単味の PC 桁とほぼ一致した。また、弾性理論や平面保持の仮定に基づく、通常的设计方法により、ひび割れ発生モーメントや曲げ耐力を適切に評価できた。
- 3) 以上より、フライアッシュを用いた場合でも通常の PC 桁と同様の設計方法が適用できると考えられ、フライアッシュを用いたプレテンション PC 桁の実用化は十分可能であると考えられる。

Key Words : 分級フライアッシュ, プレストレスの損失, 構造特性, プレテンション PC 桁



山村智

鈴木雅博

桜田道博

小林和弘