

結合材の15%を分級フライアッシュで置換したコンクリートの基礎物性および構造特性の検討

技術本部	技術研究所	山村智
技術本部	技術研究所	椎野碧
技術本部	技術研究所	桜田道博
技術本部	技術部	中井聖棋

1. はじめに

近年、PC 構造物においても、耐久性の向上による長寿命化、環境負荷の低減などが求められている。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を緻密化し、塩害や ASR に対する耐久性の向上に寄与することが知られている。さらに、コンクリートの CO₂ 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とから、PC 構造物に積極的に用いることが望まれている。

これまで、筆者らは、フライアッシュを用いた PC 構造物の実用化、品質向上、耐久性向上および環境負荷の低減を図るため、結合材の 20% をフライアッシュで置換したコンクリートの基礎物性および PC 桁の構造特性を明らかにしてきた。そして今回、フライアッシュの置換率が 15% のコンクリートへの適用拡大を目指し、新たに配合の検討、クリープ・収縮特性の検討、耐久性の検討、ならびに PC 桁の構造特性の検討などを行った。ここでは、フライアッシュの置換率が 15% の場合のクリープ特性および PC 桁の構造特性について報告する。

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結合材の 15% をフライアッシュで置換した配合(以降、FA15)と早強セメント単味の通常の配合(以降、H 配合)の 2 種類とした。設計基準強度はともに 50N/mm²、導入時強度は 35N/mm²(14h 後)とした。FA15 配合の W/B は事前に B/W と圧縮強度の関係から 34.8% とした。なお、H 配合は当社七尾工場で実績のある配合とした。

2.2 クリープ試験

試験項目および試験方法を表-3 に示す。圧縮強度試験は JIS A 1108 に準拠して行った。圧縮クリープ試験は JIS A 1157 に準拠して行い、荷重開始材齢は 1 日とした。

2.3 プレテンション PC 桁

プレテンション 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。

2.4 荷重試験

結合材の 15% をフライアッシュで置換した PC 桁(以降、FA15 桁)の構造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 桁を用いて荷重試験を実施した。荷重方法は 4 点曲げ荷重とし、2 箇所荷重点は支間中央部からそれぞれ 0.5m 離れた位置とした。荷重試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、④PC 鋼材ひずみ、⑤ひび割れ性状の 5 項目とし、通常の早強セメント単味の PC 桁(H 桁)と FA15 桁とを比較した。なお、事前に計算した FA15 桁の曲げひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重はそれぞれ、134kN および 304kN であった。

表-1 使用材料

材料	記号	仕様
セメント	C	早強ホトランドセメント 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:2.41 g/cm ³ , 比表面積:4600cm ² /g
細骨材	S	川砂(庄川産) 表乾密度:2.61 g/cm ³
粗骨材	G	砕石(庄川産) 表乾密度:2.61g/cm ³
高性能減水剤	SP	ポリエーテル系
AE 剤	AE	アニオン系界面活性剤

表-2 配合

配合	W/B (%)	単位量(kg/m ³)				
		W	B		S	G
			C	FA		
FA15	34.8	150	366	65	762	958
H	38.7	150	388	-	731	1058

表-3 試験項目および試験方法

試験項目	試験方法	対象配合	
		FA15	H
圧縮強度試験	JIS A 1108	○	○
圧縮クリープ試験	JIS A 1157	○	○

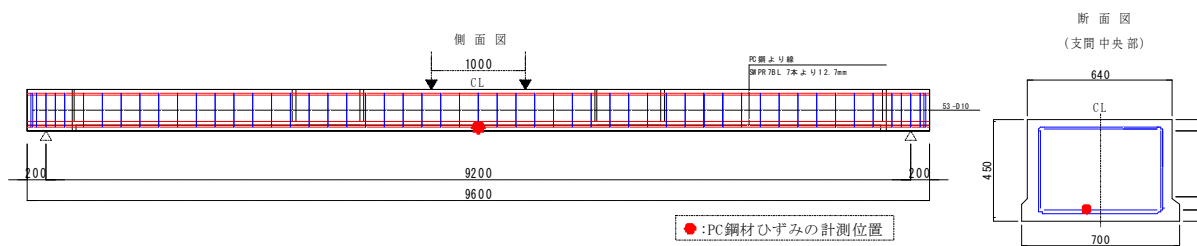


図-1 プレテンション PC 桁の一般図および PC 鋼材ひずみの計測位置

3. 試験結果および考察

3.1 クリープ特性

FA15 および H の荷重材齢 182 日までのクリープ係数を図-2 に示す。また、各配合の圧縮強度試験結果を図-3 に示す。荷重材齢 182 日における FA15 および H のクリープ係数はそれぞれ、0.85 および 1.09 となり、FA15 のクリープ係数は H に比べ、22%程度小さくなることが確認された。これは、図-3 に示すように FA15 の材齢 14 日以降の圧縮強度が H より高かったためと考えられる。フライアッシュを用いたコンクリート(置換率 15%)のクリープ係数は通常のコンクリート(早強セメント単味)と比べ、同等以下であり、プレストレス損失量の設計においては、通常のコンクリートと同様のクリープ係数を用いることで安全側の評価になると考えられる。

3.2 荷重試験(荷重とたわみの関係)

FA15 桁および H 桁の荷重と支間中央部のたわみの関係を図-4 に、曲げひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重を表-4 に示す。図内には、FA15 桁の実強度を基に算出した曲げひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重を示した。荷重とたわみの関係は、FA15 桁および H 桁でほとんど差異がないことが確認された。FA15 桁および H 桁の曲げ破壊荷重はそれぞれ、354kN および 349kN であり、ともに計算値を上回る結果となった。したがって、結合材の 15%をフライアッシュで置換した PC 桁は通常の PC 桁(H桁)と同等以上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、通常の設計方法により、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

結合材の 15%をフライアッシュで置換したコンクリートのクリープ特性および PC 桁の構造特性の検討結果から以下の知見が得られた。

- 1) フライアッシュを用いたコンクリート(置換率 15%)のクリープ係数は通常のコンクリート(早強セメント単味)と比べ、同等以下であり、プレストレス損失量の設計においては、通常のコンクリートと同様のクリープ係数を用いることで安全側の評価になると考えられる。
- 2) FA15 桁の荷重とたわみの関係は、H 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、通常の設計手法により、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。

ここでは、紙面の都合上、クリープ特性と PC 桁の構造特性のみを紹介したが、この他にも収縮特性や耐久性(中性化、凍結融解、塩分拡散係数)についても検討しており、結合材の 15%をフライアッシュで置換した PC 橋の実用化が十分可能であることを確認した。これらの結果を基に石川県の宮坂橋歩道橋でフライアッシュの採用が検討され、フライアッシュを用いた日本初の PCT 桁橋が実現した。

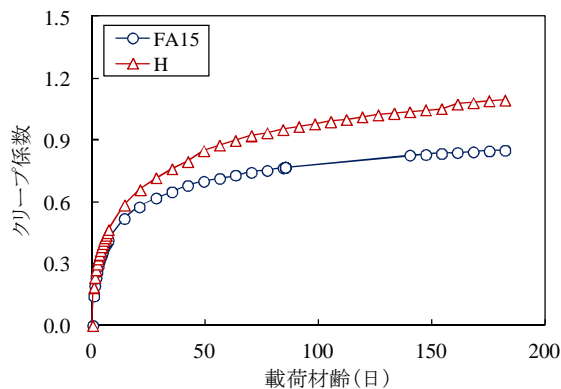


図-2 クリープ係数

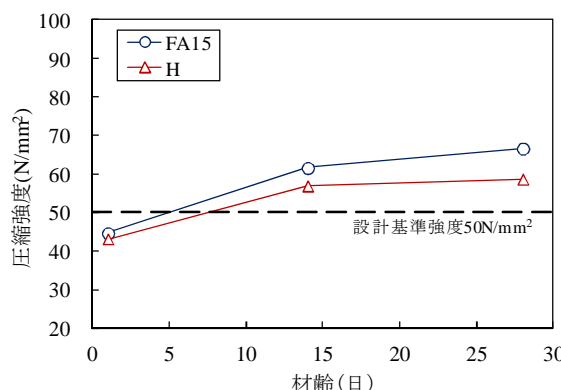


図-3 圧縮強度試験結果

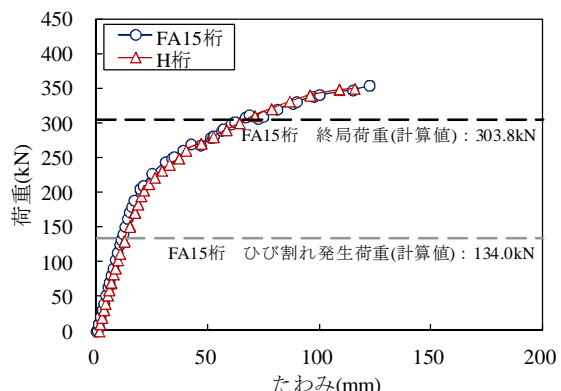


図-4 荷重とたわみの関係

表-4 曲げひび割れ発生荷重および曲げ破壊荷重

		曲げひび割れ発生荷重	曲げ破壊荷重
		Pcr(kN)	Pu(kN)
FA15 桁	計算値	134.0	303.8
	実測値	171.7	354.0
H 桁	計算値	121.6	298.8
	実測値	152.0	349.0

Key Words: 分級フライアッシュ, クリープ係数, 構造特性, プレテンション PC 桁



山村智 椎野碧 桜田道博 中井聖棋