

## 混合セメントを用いた PC 桁の実用化に向けた検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○鬼頭 直希 松村 祐輔 垣野内 隆一郎

## 1. はじめに

2019年から当社は、コンクリートのアルカリシリカ反応の抑制対策を目的として、a)アルカリ総量  $2.4\text{kg/m}^3$  以下かつJIS規格の骨材判定区分による無害骨材の使用、または b)混合セメントの使用を定めている。これに伴い、高強度コンクリートを用いる PC 桁においては、アルカリ総量  $2.4\text{kg/m}^3$  以下とすることがコンクリートの配合上困難となる場合もあるため、混合セメント使用が課題となる。

鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物）（以下、RC 標準）<sup>1)</sup>によると、混合セメントを PC 桁に用いる場合は、収縮・クリープ特性等の影響を適切に考慮する必要があるとされている。さらに、中性化に関する検討では、混合セメントは普通セメントに比べ中性化速度が速いとされている。

このようなことから、混合セメントを用いた PC 桁の収縮・クリープ、プレストレス、たわみの挙動を把握することを目的として、実物大 PC 桁を制作し 2018 年から計測を実施している<sup>2)</sup>。本稿では、材齢 2 年が経過した実物大 PC 桁の収縮・クリープひずみ、プレストレスロス、たわみの計測結果、並びに実物大 PC 桁と同配合における中性化促進試験及び、コア

採取により計測した中性化深さについて報告する。

## 2. 実物大 PC 桁の諸元と配合

実物大 PC 桁は、スパン 21.7m、桁高 1.5m のポストテンション方式単純 PCT 桁（以下、PC 桁）である。表-1 に、配合条件を示す。混合セメントの種類は、既往の研究<sup>2)</sup>の成果をもとに、入手が比較的容易な高炉セメント B 種（以下、BB）と、供給量は限定的であるものの、初期の強度発現が早い早強セメントにフライアッシュ II 種を 20%置換した配合（以下、H+FA II）の 2 種類とし、 $W/B$  はいずれも 33%とした。なお、PC 桁には材齢 168 日に、床板、路盤、軌きょう等に相当する付加死荷重を載荷した。

## 3. 実物大 PC 桁の計測結果

図-1 に、収縮ひずみの計測結果および RC 標準<sup>1)</sup>から求めた計算値を併せて示す。収縮ひずみはスパン中央の無応力容器内のひずみ計により計測した。いずれも計算値に比べ低い値で推移しているが、BB は H+FA II に比べ大きい値であり、収束傾向はあるものの、やや増加している。引き続き、長期的な挙動に注視する必要がある。

図-2 に、クリープひずみの計測結果および RC 標準<sup>1)</sup>から求めた計算値を併せて示す。クリープひず

表-1 実物大 PC 桁に用いた配合条件

名称	セメントの種類	混和材	混和材の置換率 (%)	水結合材比 $W/B$ (%)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランブ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 $s/a$ (%)	単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )						
									水 W	結合材 B			細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 AE ( $B \times \%$ )
										BB	H	FA			
BB	高炉セメント B種 (BB)	—	40~45	33	20	18±2.5	4.5±1.5	41.7	160	485	—	—	693	1045	0.007
H+FA II	早強セメント (H)	フライアッシュ II種 (FA)	20	33	20	18±2.5	4.5±1.5	41.1	160	—	388	97	674	1045	0.015

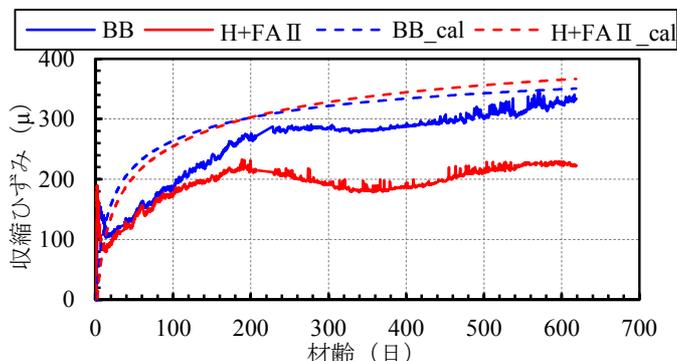


図-1 収縮ひずみの計測結果

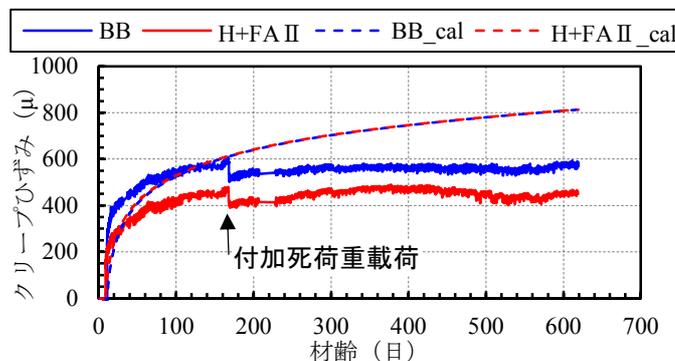


図-2 クリープひずみの計測結果

キーワード 混合セメント、収縮・クリープ、プレストレス、たわみ、中性化

連絡先 〒450-6101 名古屋市中村区名駅 1-1-4 JR セントラルタワーズ

東海旅客鉄道株式会社 建設工務部 TEL 052-564-1724

みは、スパン中央に配置したひずみ計の計測値から、収縮ひずみの計測値と弾性ひずみの計測値を差引き算出した。BB, H+FA IIともに、材齢初期において、設計値と比べ大きくなる傾向あったが、いずれも収束傾向を示しており、計算値に比べ低い値で推移している。

図-3に有効プレストレスの計測結果を示す。有効プレストレスは、スパン中央の鉄筋計にて計測されたひずみから、PC鋼材のヤング係数(191900N/mm<sup>2</sup>)、断面積(1184.52mm<sup>2</sup>)、最終緊張力(6210kN)を用いて算出した値である。BBはH+FA IIに比べ収縮・クリープひずみが大きいいため、有効プレストレスはやや小さい値で推移しているが、いずれも設計値を上回っている。

図-4に、スパン中央で計測した、鉛直たわみの計測値を示す。変位の値の正側は上反りである。BB, H+FA IIともに、材齢168日の付加死荷重載荷まで上反りが進行している。付加死荷重載荷後は、設計値に比べ上反り量が大きいものの、進行は緩まっております。軌道整備で対応可能な範囲で収束傾向である。

#### 4. 中性化試験の結果

中性化促進試験は、表-1に示すPC桁と同じ配合で制作した試験体に対し、JIS A 1153に準拠し、温度20±2℃、相対湿度60±5%、二酸化炭素濃度5±0.2%の促進方法により実施した。図-5に、中性化促進試験の結果を示す。BBは、H+FA IIに比べ中性化の進行は速い。しかし、いずれの配合も中性化深さはPC桁の設計かぶり40mmに対して小さく、特にH+FA IIは非常に小さい値であり、十分な耐久性を有していると考えられる。

表-2に、材齢2年が経過したPC桁の上面、側面、下面からコアを採取した計測結果を示す。中性化深さは、いずれも小さい値であり、コア採取箇所の影響による影響が大きく、現時点では桁の水掛かりの影響は見られない。圧縮強度は、採取箇所におけるばらつきは大きいものの設計基準強度40N/mm<sup>2</sup>に対して十分な強度を有している。

#### 5. まとめ

混合セメントを用いたPC桁の収縮・クリープ、プレストレス、たわみについて約2年間計測を実施した。その結果、いずれの値も設計値と比べ大きな乖離もなく推移しており、適切な施工管理を前提に、

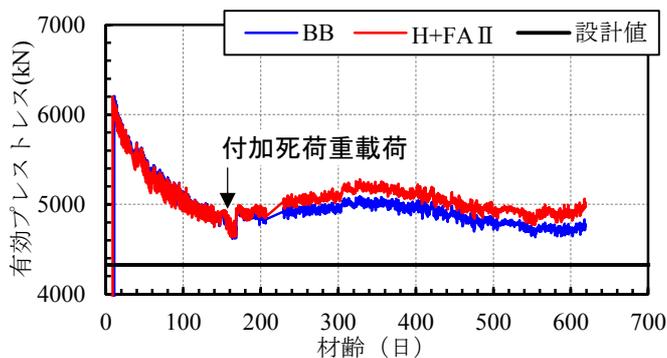


図-3 プレストレスの計測結果

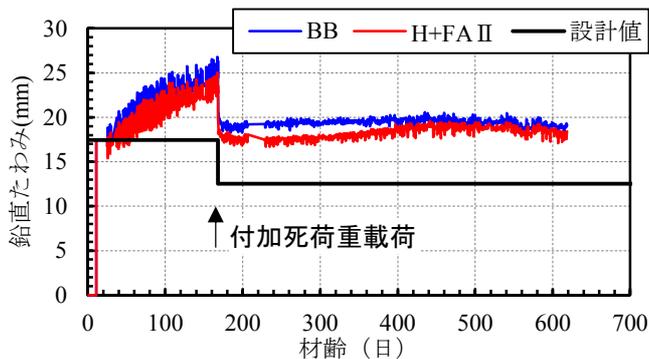


図-4 鉛直方向変位の計測結果

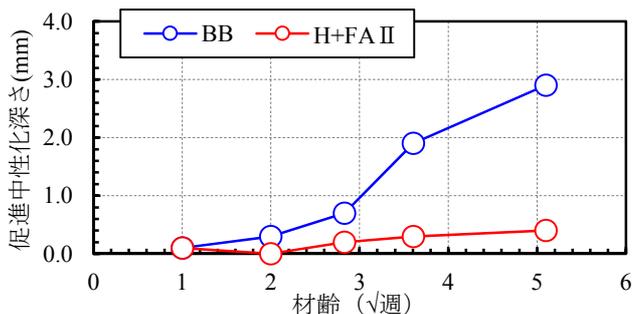


図-5 中性化促進試験結果

表-2 コア採取した供試体の中性化深さ

配合	箇所	水掛かりの影響	中性化深さ (mm)	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kN/mm <sup>2</sup> )
BB	上面	大	0.8	63.8	36.5
	側面	中	3.8		
	下面	小	0.4		
H+FA II	上面	大	0	74.8	36.6
	側面	中	0.6		
	下面	小	1.1		

従来通りRC標準<sup>1)</sup>に示す設計値の適用が可能であると考えられる。混合セメントの中性化については、BBの中性化の進行は、H+FA IIに比べやや早いもの、W/B=33%あれば、非常に小さい値であり、十分な耐久性を有している。今後は、鉄筋の腐食の主要因である「水」に着目した検証を実施する予定である。

#### 参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所編, 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 丸善, 2004
- 2) 鬼頭直希ほか: 混合セメントを用いたPC構造物の低温環境下における適用性に関する検討, 第41回コンクリート工学年次論文集, Vol.41, 2019