

混合セメントを用いた実物大 PC 桁の物理的挙動に関する検討

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○鬼頭 直希 佐々木 敦司
土屋 正宏 鎌田 卓司

1. はじめに

コンクリートのアルカリシリカ反応（以下，ASR）の抑制対策は，JIS 規格により，a)アルカリ総量 3.0kg/m^3 以下，b)混合セメントの使用，c)無害骨材の使用，の 3 つの対策が定められている．当社管内においては，JIS 規格制定後に建設された構造物で ASR 被害は報告されていない．しかし，一部の鉄道事業者では，ASR 被害により，骨材判定区分やアルカリ総量規制値の変更を既に実施しており¹⁾，当社においても各種調査，試験を行い，2019 年に ASR 抑制対策を改正した．改正内容は，骨材の地産地消の観点から骨材判定区分を独立して規定するのではなく，アルカリ総量に着目し，a)アルカリ総量 2.4kg/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，b)混合セメントの使用，とした．

一方，PC 構造物は高強度なコンクリートを必要とし，単位セメント量が増大するため，ASR 抑制対策としてアルカリ総量 2.4kg/m^3 以下の対策は困難となる．そのため，混合セメントによる対策が有効となるが，混合セメントを用いた PC 構造物は，現場打ち施工の事例が少なく，配合条件や施工管理に関するデータが乏しい．既往の研究で，実物大 PC 桁による施工試験を実施し，適切な施工管理方法を確認

した²⁾．しかし，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）³⁾では，コンクリートの収縮，クリープについて，混合セメントを用いる場合は事前に十分な検討を行う必要があるとされている．そこで本稿では，実物大 PC 桁で計測した収縮，クリープ，プレストレスロス，たわみなどの物理的挙動に関して検討した内容を報告する．

2. 現場打ち実物大 PC 桁の諸元

図-1 に実物大 PC 桁の構造一般図を示す．試験体は，過去に採用実績があり，かつ標準的な単純 PCT 桁を原寸大で再現した．配合条件は，既往の研究²⁾で得られた知見をもとに，表-1 のとおり設定した．セメントの種別は，高炉セメント B 種および早強ポルトランドセメントの一部をフライアッシュ II 種で置換したものの 2 種類とした．設計基準強度は 40N/mm^2 ，プレストレス導入強度は 34N/mm^2 である．混合セメントは強度発現が遅く，現場打ち施工における工期，工費の観点から早期に強度発現させることを目的に，いずれの配合も水結合材比 W/B を 33% とした．2018 年 2 月にコンクリートを打設し，材齢 168 日に床版，路盤，軌きょう等に相当する付加死荷重を載荷した．なお，材齢 1 年が経過した現時点で実物大 PC 桁に有害なひび割れは観察されていない．

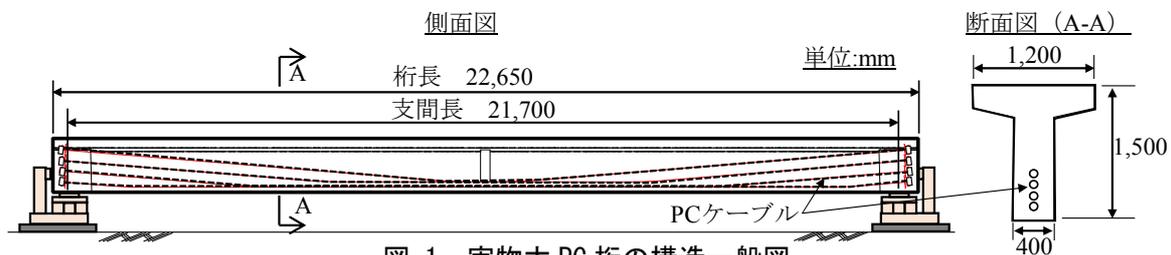


図-1 実物大 PC 桁の構造一般図

表-1 実物大 PC 桁に用いた配合条件

名称	セメントの種別	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)	スランプ (cm)	空気量 (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (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

キーワード 混合セメント，実物大 PC 桁，収縮，クリープ，プレストレス，たわみ
連絡先 〒450-6101 名古屋市市中村区名駅 1-1-4 JR セントラルタワーズ
東海旅客鉄道株式会社 建設工事事部 TEL 052-564-1724

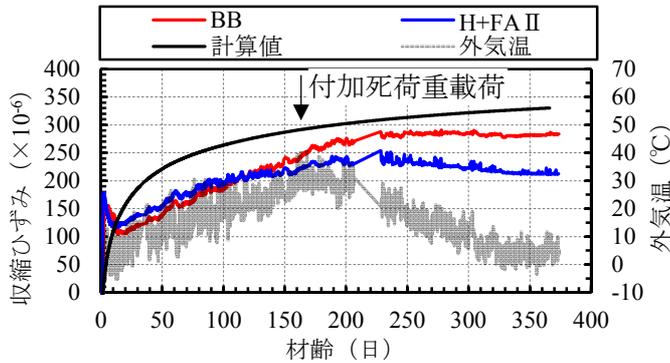


図-2 収縮ひずみの計測結果

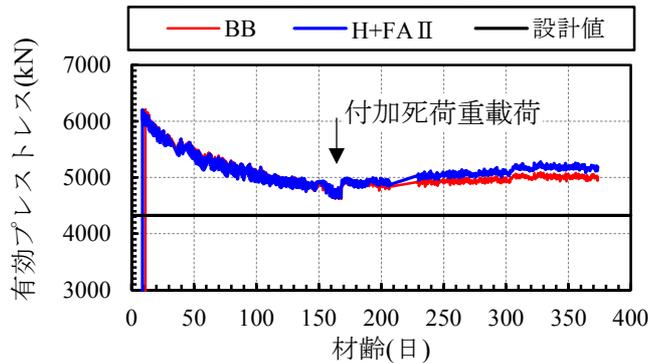


図-4 プレストレスの計測結果

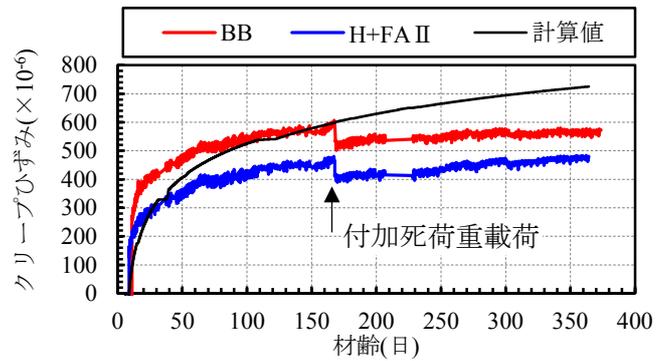


図-3 クリープひずみの計測結果

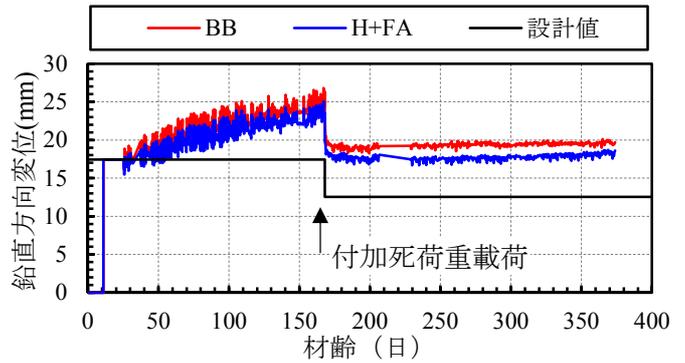


図-5 鉛直方向変位の計測結果

3. 実物大 PC 桁の計測結果

図-2に、収縮ひずみの計測結果を示す。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。なお、図中には、RC標準³⁾から求めた計算値および、外気温の測定値を併せて示している。材齢100日を境に逆転し、材齢1年ではBBに比べH+FA IIがやや低い値である。材齢200日以降一旦収束傾向にあるが、外気温の低下による影響が考えられるため、長期的な挙動に注視する必要がある。

図-3にクリープひずみの計測結果を示す。クリープひずみは、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し引き算出した。なお、図中には、RC標準³⁾から求めた計算値を併せて示している。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があるが、概ね同じ傾向でクリープひずみが発現している。材齢1年の時点では、いずれも設計値に比べ低い値で推移している。

図-4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鋼材のヤング係数の実測値(191900N/mm²)、断面積(1184.52mm²)、最終緊張力(6210kN)を用いて算出した値である。なお、図中には、自重のみによるクリープおよび乾燥収縮による減少を考慮した有効プレストレスの設計値を示

している。BB、H+FA IIともに減少するものの、設計値を下回ることなく推移している。

図-5に、スパン中央で計測した、鉛直方向変位の計測値を示す。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、上反りの進行は緩まっているが、設計値から離れる傾向にあるため、収縮ひずみ同様、長期的な挙動に注視が必要である。

4. まとめ

適切な施工管理をした、混合セメントを用いた実物大 PC 桁の収縮、クリープ、プレストレス、たわみについて1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、短期的な傾向を確認した範囲では、従来通り、RC標準に示す設計値の適用が可能であると考えられる。しかし、未だ収束はしておらず、長期的な挙動を注視する必要がある。

参考文献

- 1) 松田芳範ほか：アルカリ骨材反応のJR東日本版抑制策の制定について、コンクリート工学、Vol.50, No.8, pp.669~675, 2012.8
- 2) 鬼頭直希ほか：混合セメントを使用したPC構造物の施工・品質管理に関する技術検討、第73回土木学会年次学術講演会講演概要集、2018.9
- 3) 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