

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

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

セメントの一部を高炉スラグもしくはフライアッシュ等の混和材で置換した混合セメントを用いたコンクリートは、二酸化炭素排出量の削減やアルカリシリカ反応の抑制に効果的である。近年では、耐久性の向上を目的に、混合セメントを用いたプレストレストコンクリート（以下、PC）構造物の施工事例も散見されるようになった。しかし、事例はプレキャスト製品がほとんどであり、現場打ち PC 構造物の施工事例は極めて少なく、施工・品質管理に関するデータは乏しい。さらに、混合セメントは、コンクリート温度が 10℃よりも低い場合、強度発現の遅れが顕著となるため、冬季での施工など、限られた工期が要求される場合には、不適とされている。

既往の研究により、混合セメントを現場打ち PC 構造物に適用するための配合条件および低温環境下における強度特性を把握した²⁾。そこで本稿では、混合セメントを寒中コンクリートとして打設することを前提に、実物大規模の現場打ち PC 構造物による施工試験を行い、施工・品質管理に関して検討した内容を報告する。

2. 実物大現場打ち PC 構造物の概要

図-1に PC 桁の一般図を示す。試験体モデルは、桁長 22.65m、支間長 21.7m、桁高 1.5m の標準的な鉄道 PC 桁を原寸大で再現した。PC 桁の施工試験数は 2 体とし、セメントの種別を 1 体は高炉セメント B 種（以下、BB）、1 体は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（質量比 20%）したもの（以下、H+FII）とした。施工環境は、寒中コンクリートの施工を前提に、日平均気温が 4℃以下となる冬季でのコンクリート打設とした。

3. 配合条件

表-1に、PC 桁に使用した配合を示す。設計基準強度は 40N/mm² であるが、プレストレス導入強度は 34N/mm² であり、既往の研究成果²⁾から BB では材齢 7 日、H+FII では材齢 3 日で、34N/mm² 以上の強度発現が確保できるように、水結合材比 W/B を 33% とした。また、コンクリートの粘性が高くなることを想定し、単位水量は 160kg/m³ とした。

表-1には、受入れ検査時のスランプおよび空気量を合わせて示す。コンクリートの運搬時間は 1 時間程度であり、目標の範囲内であることが確認できた。

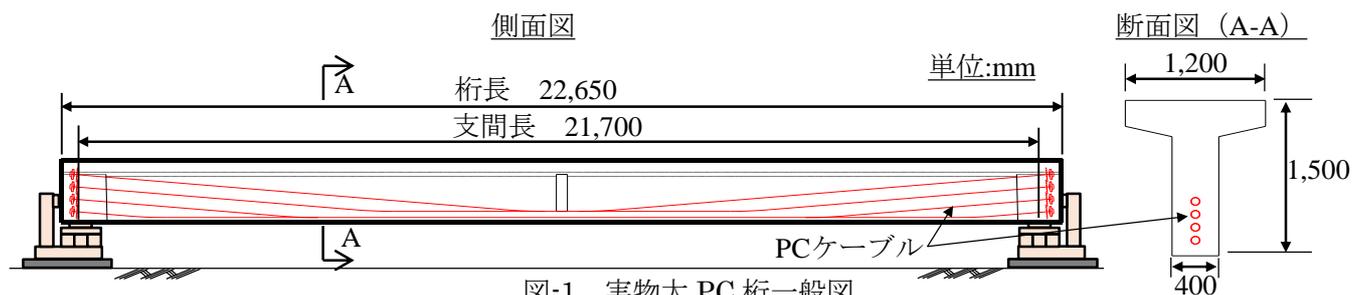


図-1 実物大 PC 桁一般図

表-1 配合

試験体 No	セメント種別	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)								
					目標	結果	目標	結果		水W	結合材B			S	G	AE (B×%)	AD (B×%)	
											計	BB	H					FII
1	BB	40~45	33	20	18±2.5	20.0	4.5±1.5	4.4	41.7	160	485	485	—	—	693	1045	0.007	0.45
2	H+FII	20	33	20	18±2.5	19.0	4.5±1.5	4.4	41.1	160	485	—	388	97	674	1045	0.015	0.50

BB：高炉セメント B 種，H：早強ポルトランドセメント，FII：フライアッシュ II 種，S：細骨材
G：粗骨材，AE：高性能 AE 減水剤，AD：空気量調整剤

キーワード 混合セメント，実物大 PC 構造物，現場打ち，寒中コンクリート

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 建設工事部 TEL 052-564-1724

4. 養生方法および温度管理

図-2 に示すように、コンクリート打設後から PC 桁全体をシートで覆い、試験体 1 体につき 2 台のジェットヒーターを用いて給熱養生を実施した。また、コンクリート表面の温度が 10℃以上となるように、シート内の温度を 10℃以上 25℃以下と設定し、24 時間体制で温度管理を実施した。

図-3 に、No.2 試験体の温度計測結果を示す。温度計測箇所は、図-2 に示すように、桁の上面と側面、シート内の 2 箇所、外気温とした。当該地点の養生期間における日平均気温は-1.1℃であり、特に夜間は最低-6.7℃の状況下においても、シート内およびコンクリート表面温度は、目標値を下回ることなく管理することができた。なお、給熱養生期間は、プレストレスの導入が可能となる 34N/mm² 以上の圧縮強度が確保できるまで行うこととした。

5. 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験体は、PC 桁と同様の条件下に置いた現地気中養生と、標準水中養生した試験体を比較した。図-4 に圧縮強度試験結果を示す。No.1 (BB) は、目標とした材齢 7 日時点における現地気中養生の試験体の平均値は 37.3N/mm² であったが、試験結果にばらつきが大きく、下限値が 34N/mm² を下回ったため、さらに 2 日間給熱養生を延長した。

No.2 (H+FII) は、材齢 3 日の圧縮強度の平均値が 37.2N/mm² であり、すべての試験体で 34N/mm² 以上であることを確認した。いずれも、材齢 14 日時点で設計基準強度を上回った。

6. PC ケーブルの緊張

PC 桁と同様の条件下で設置した圧縮強度試験体が、プレストレス導入強度以上であることを確認した後、No.1 (BB) は材齢 10 日、No.2 (H+FII) は材齢 8 日で PC ケーブルの緊張を実施した。緊張作業当日には、静弾性係数試験を実施し、設計値と同等であることを確認した。また、緊張作業時の荷重計の示度ならび緊張材の伸び量を測定し、所定の緊張管理の範囲内での施工が可能であった。なお、コンクリート打設後 1 ヶ月程度経過した時点において、コンクリート表面にひび割れ等は観察されていない。

5. まとめ

寒中コンクリートの条件下において、高炉セメント B 種および早強セメントの 20% をフライアッシュ

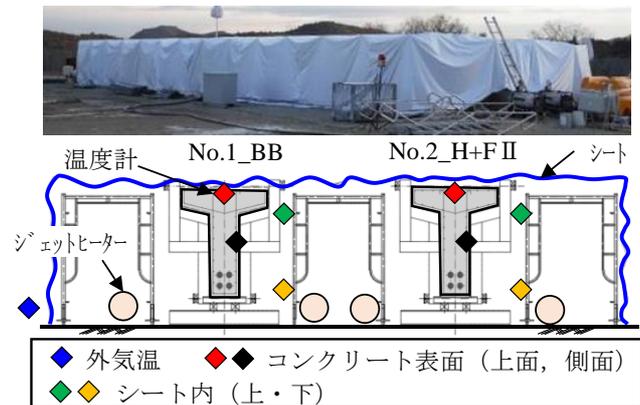


図-2 養生設備と温度計測箇所

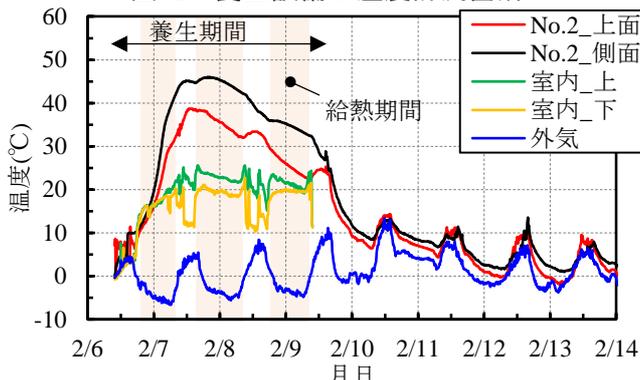


図-3 温度計測結果

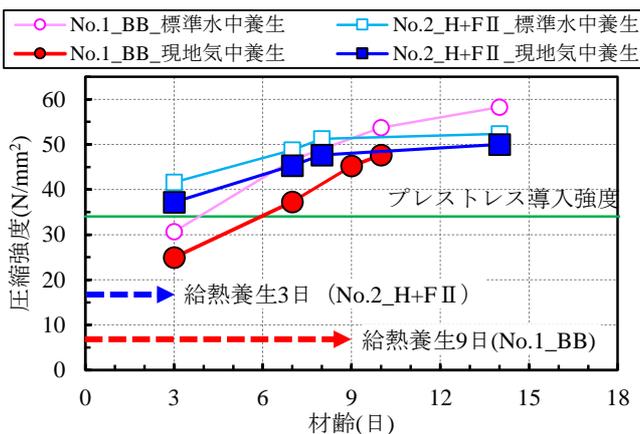


図-4 圧縮強度試験結果

II 種で置換した混合セメントを用いて、実物大 PC 桁にて施工試験を実施した。その結果、W/B を 33% と小さくした場合でも、現場打ちが可能であり、所要の品質を確保することができた。また、冬季での施工においても、適切な養生を行うことで、BB は材齢 9 日、H+FII は材齢 3 日でプレストレス導入可能な強度が発現することを確認した。

参考文献

- 1) 低炭素型セメント結合材の利用技術に関する共同研究報告書, 国立研究開発法人土木研究所, 2016
- 2) 低温環境における混和材を用いたコンクリートの強度特性, 第 72 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 平成 29 年 9 月