

高炉セメント B 種を用いたコンクリートの PC 桁への適用

前田建設工業株式会社 正会員 ○坂口 伸也 コーアツ工業株式会社 轟木 詳千
 同 宮本 秀樹 鹿児島大学大学院 正会員 武若 耕司
 同 正会員 白根 勇二 同 正会員 山口 明伸

1. はじめに

近年、鉄道工事ではアルカリシリカ反応（以下、ASR）の骨材判定区分に「準有害」が設けられ、この対策としてアルカリ総量の規制（ 2.2kg/m^3 以下）、または、混合セメントの使用が示されている¹⁾。プレストレストコンクリート（以下、PC）は設計基準強度が高いため、アルカリ総量の規制を選択した場合には良好な性状や品質安定性を確保できる配合の選定が難しく、充填不良などのトラブル発生が懸念される。一方で、現場打ちの PC 上部構造に高炉セメント B 種（以下、BB）を適用した事例がほとんど無く、その適用性や具体的かつ適切な施工方法が明らかでない。BB は汎用性が高く、耐久性の向上にも寄与するため、現場打ちの PC 部材に用いることができれば、多くの工事での使用が期待される。著者らは「準有害」骨材を使用せざるを得ない地域において、PC 上部構造への BB の適用方法を検討し、実際に長さ約 40m の PC 桁の施工を行った。本論では、その検討結果と実施工について報告する。

2. BB を用いたコンクリート配合

表-1 にコンクリートの配合を、表-2 に使用材料を示す。コンクリートは BB を用いた配合（45BB）と早強セメント（以下、H）を用いた一般的な PC 用配合（45H）の 2 配合で、呼び強度 45、スランプ $12\pm 2.5\text{cm}$ 、空気量 $4.5\pm 1.5\%$ である。細骨材 S1 と S2 が「準有害」に該当し、45H はアルカリ総量が 2.2kg/m^3 以下となるように配合を定めたため、単位水量が 144kg/m^3 で一般的な配合よりも少ない。

2. BB による PC 桁の施工方法の検討

(1) 検討概要

BB を PC 桁に適用するにあたり、従来の H に対して、強度発現の遅れによる緊張力導入材齢の延期、強度発現及び耐久性確保のための養生方法の検討、収縮量増大によるプレストレスの減少が課題として挙げられる。そこで、表-3 に示す検討ケースについて圧縮強度試験、乾燥収縮試験、促進中性化試験を実施し、上記の影響を検討した。なお、乾燥収縮試験においては、緊張後のプレストレスへの影響を評価するため、実際の施工を想定し、乾燥開始材齢を H では 3 日（H-W3）、BB では 14 日（BB-W14）とした。

(2) 検討結果

図-1 a) に 45BB と 45H の圧縮強度試験の結果を示す。緊張力導入強度を 38.3N/mm^2 とすると、H は材齢 3 日に、BB は材

表-1 コンクリートの配合

配合名	セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
				W	C	S1	S2	G	AD
45BB	BB	35.2	41.8	154	438	381	330	1031	3.07
45H	H	36.0	46.2	144	400	438	381	994	5.00

表-2 使用材料

種別	概要
セメント	H 早強ポルトランドセメント、密度： 3.14g/cm^3 BB 高炉セメント B 種、密度： 3.02g/cm^3
細骨材	S1 海砂（鹿児島県産）、F.M.=2.30、表乾密度= 2.52g/cm^3 、吸水率= 2.43% S2 砕砂（鹿児島県産）、F.M.=2.70、表乾密度= 2.68g/cm^3 、吸水率= 1.41%
粗骨材	G 砕石（大分県産）、 $G_{\text{max}}=20\text{mm}$ 、表乾密度= 2.70g/cm^3 、吸水率= 0.29%
水	W 工業用水、上澄水
混和剤	AD 高性能 AE 減水剤遅延形

表-3 検討ケースおよび養生方法

ケース名	配合	養生方法および期間（材齢）				
		1日	3日	7日	14日	28日
H-W3	45H	製作脱型	水中	気中養生		
H-W28		製作脱型	水中養生			気中
BB-W7	45BB	製作脱型	水中養生	気中養生		
BB-W14		製作脱型	水中養生	気中養生		
BB-W28		製作脱型	水中養生	気中		
BB-C14		製作脱型	封緘養生	気中養生		

キーワード プレストレストコンクリート、高炉セメント、緊張力導入材齢、養生

連絡先 〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東 2-14-1 前田建設工業（株）九州支店 TEL 092-451-1549

齢 10 日頃に達した。図-1 b)に、BB を水中養生 14 日間行った BB-W14 と封緘養生 14 日間行った BB-C14 の圧縮強度試験の結果を示す。材齢 3 日から 7 日の若材齢では養生方法の違いは見られないが、材齢 7 日以降は封緘養生の圧縮強度の伸びがやや鈍化する傾向が認められた。PC は W/C が小さいこと、高炉スラグの水分消費が多いことから、実施工ではできる限り給水が可能な養生方法を採用することが望ましいと言える。

図-2 に乾燥収縮ひずみの測定結果を示す。一般的に BB は自己収縮や乾燥収縮によるひずみが大いことが指摘されているが、BB の乾燥開始材齢を遅らせることで、乾燥開始後の相対的な収縮ひずみを抑制している。これは主に乾燥開始までの自己収縮が相殺されているためと考えられる。したがって、本試験の範囲ではあるが緊張力導入材齢を 14 日程度とすれば、プレストレスの減少も抑制できることが示唆された。

図-3 に促進中性化試験から得られた中性化速度係数を示す。BB は養生期間を延長することで中性化抵抗性が向上する効果が大いことがわかる。また、BB-W14 と BB-C14 を比較すると、封緘養生では中性化抵抗性がやや劣る結果となった。したがって、圧縮強度試験の結果と同様に、できる限り給水が可能な養生方法を採用することが望ましいと言える。

4. PC 桁への適用

以上の結果から、養生方法の工夫、養生期間と緊張力導入材齢の確保によって現場打ちの PC に BB を適用することが可能と考え、長さ約 40m、高さ 3.2m の PC 桁の実施工を行った。BB を適用することでフレッシュ性状が安定したコンクリートを供給でき、施工上のトラブルも無く、仕上がりの良い桁を構築できた。また、確実に給水養生を実施するため、写真-1 および写真-2 に示すように PC 桁全体をシートで覆い、材齢 10 日までミストによる噴霧養生を実施した。なお、施工後に実施した現場透気試験の結果、密実なコンクリートであることを確認している。

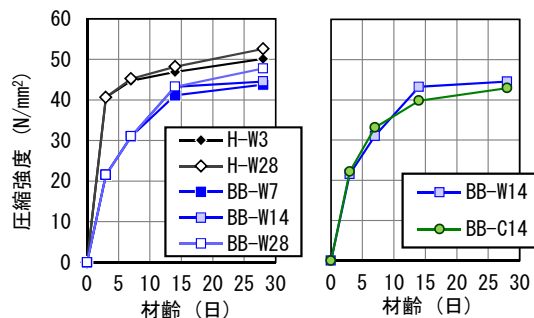
5. まとめ

PC 桁の ASR の抑制を目的に、BB の適用方法の検討を行い、その結果を基に実施工を実施した。得られた知見を以下に示す。

- (1)BB を PC に適用する場合、強度発現性、プレストレス減少の抑制から、緊張力導入材齢を 10~14 日に延長することが望ましい。
- (2)強度発現性や中性化抵抗性の点からできるだけ水を供給する養生の実施が望ましい。
- (3)高炉セメント B 種を実際の PC 桁に採用することで、良好な充填性や品質安定性を確保することができた。

参考文献

- 1)松田芳範ら：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



a)セメント種, 養生期間 b)養生方法

図-1 圧縮強度の経時変化

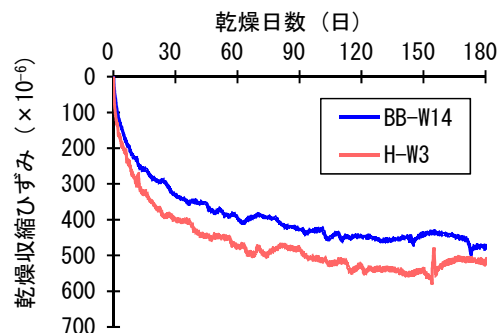


図-2 乾燥収縮ひずみの測定結果

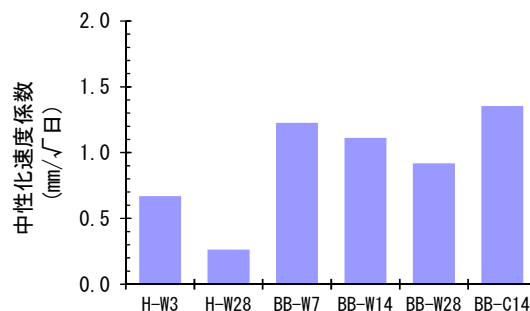


図-3 中性化速度係数の比較



写真-1 ミスト養生の実施状況



写真-2 ミストノズルの吹出し状況