

論文 PC橋上部構造への適用を目的とした高炉セメントB種を用いたコンクリートの硬化特性に関する検討

白根 勇二^{*1}・武若 耕司^{*2}・山口 明伸^{*3}・轟木 詳千^{*4}

要旨: PC橋上部構造へ高炉セメントB種を適用することで、アルカリシリカ反応や塩害の抑制やCO₂排出量の削減が期待されるが、プレストレス導入の遅れ、収縮やクリープ特性への影響が懸念されることから、高炉セメントB種を用いたPCの強度特性、収縮特性およびクリープ特性について調査した。その結果、材齢28日の強度レベルを早強セメントと同等とした場合、高炉セメントB種は緊張導入までに材齢10日程度を要すること、材齢14日で緊張した場合、緊張後の自己収縮ひずみ、乾燥収縮ひずみおよびクリープ係数は早強セメントと同等あるいは小さくなり、施工方法を工夫することで十分に適用できることがわかった。

キーワード: プレストレストコンクリート, 高炉セメントB種, 圧縮強度, 収縮, クリープ

1. はじめに

鉄筋コンクリートでは、副産物の有効利用、アルカリシリカ反応や塩害に対する耐久性の向上を目的として、混合セメントが適用される場合が多い。しかしながら、プレストレストコンクリート（以下、PCとする）では、早期にプレストレスを導入するために初期の強度発現性が求められており、一般的に早強ポルトランドセメント（以下、早強セメントとする）が使用されている。最近では、地球温暖化の問題を背景に、建設工事においてもCO₂排出量を削減するための具体策の検討が課題となっており、PCの工場製品では早強セメントに混和材として高炉スラグ微粉末6000やフライアッシュを混合したコンクリートの適用が進められている^{例えば 1), 2)}。しかし、現場打ちのPCへの混合セメントまたは混和材の適用は、レディーミクストコンクリート工場の設備上の制約から、早強性を有するコンクリートを製造することが困難であるため適用事例が少ないのが実情である。さらに、道路橋示方書では高炉セメントに関して使用実績が少ないことに加え、クリープや乾燥収縮特性が必ずしも明確ではないことから、原則としてコンクリート橋の上部構造の材料として使用しないことが明記されている³⁾。

一方、鉄道工事ではアルカリシリカ反応の骨材判定区分に「準有害」が設けられ、その対策としてアルカリ総量を2.2kg/m³以下に抑制する、または、混合セメント等による対策が示されている⁴⁾。今後、骨材の供給事情から「準有害」の骨材を使用せざるを得ない場合が予想されるが、ポルトランドセメントを用いてアルカリ総量の規制値を2.2kg/m³以下とする対策を実施した場合には、PCは鉄筋コンクリートよりも使用するコンクリートの強度

が高いため単位セメント量が制限され、適切な単位水量を確保できないことが予見される。そのため、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、施工段階において充填不良などのトラブル発生が懸念される。

高炉セメントB種（以下、高炉Bとする）は汎用性が高く、耐久性の向上にも寄与するため、PC橋上部構造の現場打ちコンクリート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。しかし現状では、適用にあたってのデータが必ずしも十分であるとは言い難く、具体的かつ適切な施工方法も明らかでないため、本検討ではPC橋上部構造の現場打ちコンクリートへの高炉Bの適用性について検討した。高炉BはPCに一般的に用いられる早強セメントと比べて、強度発現性が低くプレストレス導入が遅れること、自己収縮ひずみや乾燥収縮ひずみが大きくプレストレスが減少すること、中性化抵抗性に劣ることなどが課題として挙げられる。したがって、プレストレス導入強度に達する期間、プレストレス導入後の収縮量やクリープ特性への影響、および、耐久性の確保に必要な養生方法の検討とその期間の把握が必要と考え、これらの調査を実施した。

本稿では、これらの検討結果のうち、強度特性、収縮特性およびクリープ特性について報告する。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合および使用材料

検討に用いたコンクリートの配合を表-1に、使用材料を表-2に示す。コンクリートは早強セメントを用いた一般的なPC配合(45H)と高炉Bを用いた配合(45BB)の2配合で、呼び強度45、スランプ12±2.5cm、空気量

*1 前田建設工業（株） 技術研究所 材料研究室 主任研究員（正会員）

*2 鹿児島大学大学院 理工学研究科海洋土木工学専攻 教授 工学博士（正会員）

*3 鹿児島大学大学院 理工学研究科海洋土木工学専攻 教授 博士(工学)（正会員）

*4 コーアツ工業（株） 技術部 技術課 次長

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
45H	H	36.0	46.2	144	400	438	381	994	5.00
45BB	BB	35.2	41.8	154	438	381	330	1031	3.07

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(鹿児島県阿久根市産), F.M.=2.30, 表乾密度=2.52g/cm ³ , 吸水率=2.43%
	S2 砕砂(鹿児島県南九州市産), F.M.=2.70, 表乾密度=2.68g/cm ³ , 吸水率=1.41%
粗骨材	G 碎石(大分県津久見市産), Gmax=20mm, 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(ポリカルボン酸エーテル系化合物と分子間架橋ポリマーの複合体)

4.5±1.5%とした。45Hの配合選定は、まず、アルカリ総量が2.2kg/m³以下となるように単位セメント量の上限を定め、本実験で利用したレディーミクストコンクリート工場の強度実績によるC/W式より単位水量を決定した。そのため、単位水量が一般的な配合に比べて少なくなり144kg/m³となったが、所定のフレッシュ性状が得られるよう細骨材率と高性能AE減水剤の添加率を調整した。一方、45BBの配合は、単位セメント量の上限は設けず

にレディーミクストコンクリート工場のC/W式と室内配合試験の結果から単位セメント量と単位水量を決定し、それぞれ438kg/m³と154kg/m³になった。なお、実機練混ぜ試験およびポンプ圧送試験を行った結果、いずれの配合もフレッシュ性状は良好で、施工上の問題がないことを確認している。

コンクリートの製造は、レディーミクストコンクリート工場の製造設備(容量2.5m³, 水平二軸強制練りミキサ)で行い、1バッチの練混ぜ量を2.0m³とし、1配合あたり合計2バッチ分を製造した。コンクリートはトラックアジテータ車に積載し、試験体作製場所まで約20分かけて運搬した。

2.2 検討ケースおよび試験項目

検討ケース、養生条件および試験の実施項目を表-3に示す。検討ケースの要因は、セメント種類、水中養生期間および養生方法とした。早強セメントを用いたH-W3は一般的なPCの施工を想定しており、材齢3日まで水中養生(水温20℃)とし、以降は気中養生(室温20℃, 相対湿度60%)とした。また、高炉Bを用いた配合は養生期間の影響を把握することを目的に、水中養生(水温20℃)の期間を材齢7日(BB-W7), 14日(BB-W14), 28日(BB-W28)までとした。さらに、養生期間を14日としたケースについては、実際の型枠存置による養生状態を想定して20℃の環境で水中養生(BB-W14)と封緘養生(BB-C14)の結果を比較した。

圧縮強度の測定はJIS A 1108に、静弾性係数の測定はJIS A 1149に準拠し、円柱供試体(φ100×200mm)を用いて、表-3に示す全てのケースについて実施した。試験材齢は、3, 7, 14, 28日とした。

自己収縮試験は、「(仮称)高流動コンクリートの自己収縮試験方法」⁵⁾を参考に、角柱供試体(100×100×

表-3 検討ケース、養生条件および試験実施項目

ケース名	配合	養生方法および期間(材齢)					試験実施項目			
		1日	3日	7日	14日	28日	圧縮強度 静弾性係数	自己収縮 試験	乾燥収縮 試験	クリープ 試験
H-W3	45H	製作脱型	水中養生	気中養生			●	●	●	●
H-W28		製作脱型	水中養生	気中養生		●	-		-	
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	気中養生		●	-		-	
BB-C14		製作脱型	封緘養生	気中養生			●		-	-

※試験は、「●」印の項目について実施した。

400mm) 内に埋込み型ひずみ計を埋設する方法を採用した。拘束防止のテフロンシートを敷設した型枠内にコンクリートを打込み、水分の逸散を防止するために型枠全体をポリエチレンシートで覆い、室温 20℃環境下で養生を行った。材齢 1 日で型枠を取り外し、供試体全面をアルミ箔テープで覆った。自己収縮ひずみは養生条件に依らないため 45 H と 45 BB の 2 配合を対象とした。

乾燥収縮試験は、自己収縮試験と同様に角柱供試体 (100×100×400mm) 内に埋込み型ひずみ計を埋設する方法を採用した。本検討では、プレストレス導入後の乾燥収縮ひずみを把握することを目的としており、プレストレスの導入強度を得られる材齢を試験の開始とした。プレストレスの導入強度は設計基準強度 (45N/mm²) の 85% (38.3N/mm²) と仮定し、事前の室内配合試験の結果をもとに 45H が材齢 3 日 (H-W3)、45BB が材齢 14 日 (BB-W14) を乾燥開始材齢とした。

クリープ試験は JIS A 1153 に準拠し、円柱供試体 (φ 100×200mm) を用いて実施した。荷重開始材齢は乾燥収縮試験と同様に、45H は材齢 3 日 (H-W3)、45BB は材齢 14 日 (BB-W14) とし、同材齢に油圧ジャッキと PC 鋼棒を用いて所定の荷重応力度を供試体に負荷させた。荷重応力度は荷重開始材齢時の圧縮強度の 1/3 とし、PC 鋼棒の緊張力を ±2% の範囲で管理し、定期的に再緊張を行った。なお、クリープ試験の供試体は前述の圧縮強度試験、自己収縮試験および乾燥収縮試験とは異なる日程で作製しており、クリープ試験の供試体作製時に無荷重供試体も作製した。

3. 試験結果および考察

(1) 硬化物性

セメント種類および養生期間が圧縮強度に与える影響を比較するため、図-1 に 45H と 45BB の水中養生を実施したケースの圧縮強度の試験結果を示す。

早強セメントに着目すると、H-W3 および H-W28 は材齢の初期段階で急激な強度増加を示し、いずれも材齢 3 日で緊張導入強度 (38.3N/mm²) を、材齢 7 日で設計基準強度 (45N/mm²) に達した。また、H-W3 は養生期間が 3 日と短いにも関わらず、材齢 28 日における H-W28 との圧縮強度の差は 2N/mm² 以下に留まっており、早強セメントが養生期間の影響を受けにくいことがわかった。

一方、高炉 B を用いたケースは早強セメントよりも強度増加が緩やかとなっている。BB-W28 は材齢 28 日の圧縮強度が 47.7N/mm² となり、H-W28 の材齢 28 日の強度と比べて小さいが、材齢 14 日で設計基準強度に概ね達しており、緊張導入強度に達するのは材齢 10 日頃であると推察された。また、高炉 B の養生期間が圧縮強度に与える影響として、BB-W7、BB-W14 および BB-W28 の結果

に着目すると、養生期間が長いほど材齢 28 日の圧縮強度が若干増加する傾向が認められ、BB-W28 と BB-W7 の材齢 28 日の圧縮強度の差は約 5N/mm² であった。

図-2 に、高炉 B の養生方法が圧縮強度に与える影響として、型枠脱型後から水中養生を行った BB-W14 と封緘養生を行った BB-C14 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ほとんど見られないが、材齢 14 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 は一般のコンクリートよりも水セメント比が小さいことから、高炉スラグ微粉末の潜在水硬性による効果を期待するためにも、実際の施工においてはできる限り養生水を供給する養生方法を採用することが望ましいと考えられる。

図-3 に圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。図中に

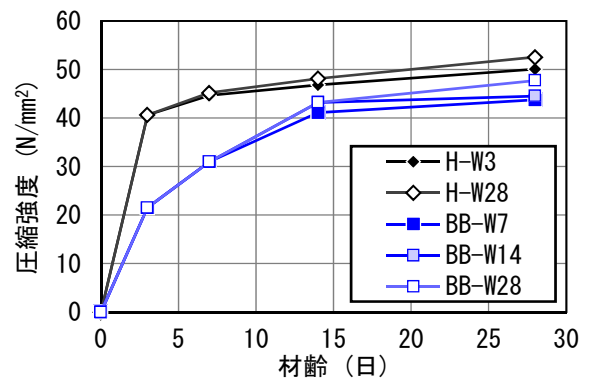


図-1 セメント種類と養生期間が圧縮強度に与える影響

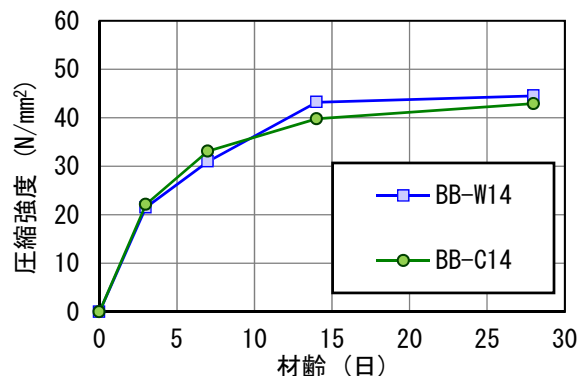


図-2 養生方法が圧縮強度に与える影響

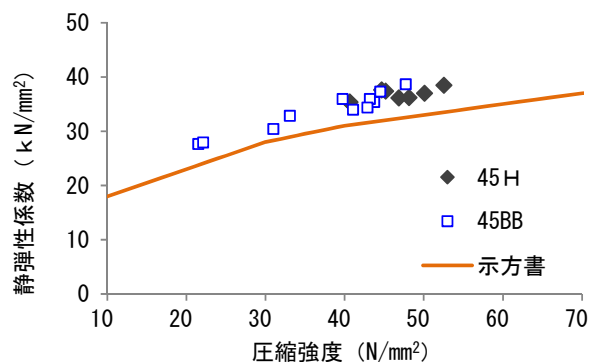


図-3 圧縮強度と静弾性係数の関係

は「コンクリート標準示方書〔設計編〕」⁶⁾ (以下、示方書とする) の推定式から求めた圧縮強度と静弾性係数の関係を示した。これらを比較すると、実験結果が推定式をやや上回る傾向にあるが、圧縮強度と静弾性係数の関係は推定式とほぼ同様の傾向を示しており、早強セメントと高炉 B による差は認められない。

(2) 自己収縮

図-4 に 45H と 45BB の自己収縮ひずみの測定結果を示す。収縮ひずみの算出にあたっては、温度変化量とひずみの関係が屈曲している点 (硬化原点) を 0 日とし、また、発熱による上昇温度は熱膨張係数による補正を行った。図-4 より、45H は材齢 1 日で大きく収縮する傾向が見られたが、その後の収縮は緩やかに進行し、材齢 180 日の自己収縮ひずみは $222 (\times 10^{-6})$ となった。一方、45BB は材齢 1 日までに $-30 (\times 10^{-6})$ 程度の膨張ひずみを示した後、材齢 7 日までに比較的大きく収縮して $113 (\times 10^{-6})$ に達し、材齢 180 日には $312 (\times 10^{-6})$ となった。以上の結果より、45BB の自己収縮は、45H よりも材齢初期 (概ね 7 日程度) の変化が非常に大きく、長期的にも自己収縮ひずみが大きくなることが確認された。

高炉 B を用いた PC は強度発現に応じて緊張材齢を定めることが想定される。プレストレス導入後の自己収縮がクリープ特性に影響を与えることが懸念されるが、単

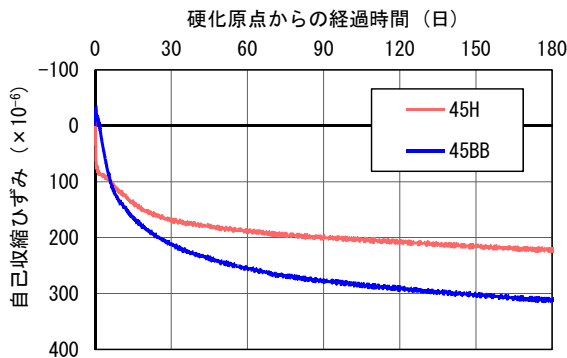


図-4 自己収縮ひずみの比較

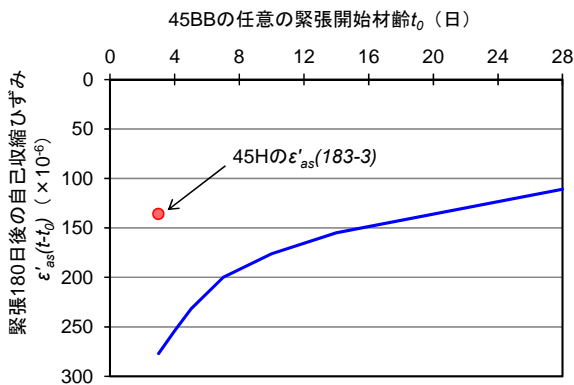


図-5 緊張開始材齢と緊張後 180 日の自己収縮ひずみ (45BB)

純に自己収縮ひずみの結果を比較するだけでは評価することができない。そこで、任意の材齢でプレストレスを導入した場合に式 (1) の関係が成立すると仮定し、45BB について任意の緊張開始材齢 (材齢 3 日から 28 日) に対して緊張後 180 日の自己収縮ひずみを算出した。その結果を図-5 に示す。

$$\varepsilon'_{as}(t-t_0) = \varepsilon'_{as}(t) - \varepsilon'_{as}(t_0) \quad (1)$$

ここに、 $\varepsilon'_{as}(t-t_0)$: 緊張材齢 t_0 日から材齢 t 日までに变化する自己収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 $\varepsilon'_{as}(t)$: 材齢 t 日における自己収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 $\varepsilon'_{as}(t_0)$: 材齢 t_0 日で緊張する際に既に生じている自己収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$) である。

図-5 には、45H を材齢 3 日で緊張した場合の 180 日後における自己収縮ひずみ ($136 (\times 10^{-6})$) も図示した。45BB を材齢 3 日で緊張すると 180 日後の自己収縮ひずみは $277 (\times 10^{-6})$ となり、45H とは $141 (\times 10^{-6})$ の差が生じている。しかし、45BB を材齢 14 日で緊張すると 180 日後の自己収縮ひずみは $155 (\times 10^{-6})$ となり、45H (緊張材齢 3 日) とほぼ同等となった。この程度のひずみ差は、乾燥収縮ひずみや温度収縮ひずみによる変化量と比べて小さく、実用上問題ないと考えられる。したがって、45BB は緊張材齢を遅らせることで緊張後の相対的な自己収縮が小さくなり、プレストレスへの影響を軽減させることができることが示唆された。

(3) 乾燥収縮

実際の施工状態を想定し、45H は材齢 3 日 (H-W3)、45BB は材齢 14 日 (BB-W14) を乾燥開始材齢として乾燥収縮試験を実施した。図-6 に乾燥収縮ひずみの測定結果を示す。前述の自己収縮試験の結果の通り、自己収縮ひずみは長期的に継続しており、乾燥収縮ひずみの測定結果は乾燥後の自己収縮成分も含まれたものとなっている。図-6 には、示方書に示される収縮ひずみの推定式 (式(2)) による計算値も示した⁶⁾。

$$\varepsilon'_{sh}(t, t_0) = \frac{1 - RH / 100}{1 - 60 / 100} \cdot \varepsilon'_{sh,inf} \cdot (t - t_0) \cdot \left(\frac{d}{100}\right)^2 \cdot \beta + (t - t_0) \quad (2)$$

ここに、 $\varepsilon'_{sh}(t, t_0)$: 部材の収縮ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 t, t_0 : 材齢および乾燥開始材齢 (日)、RH: 平均相対湿度 (60%)、 d : 有効部材厚 (100mm)、 $\varepsilon'_{sh,inf}$: 乾燥収縮ひずみの最終値 ($\times 10^{-6}$)、 β : 経時変化を表す係数である。 $\varepsilon'_{sh,inf}$ および β は、式(3)および式(4)で求められる。

$$\varepsilon'_{sh,inf} = \left(1 + \frac{\beta}{182}\right) \cdot \varepsilon'_{sh} \quad (3)$$

$$\beta = \frac{30}{\rho} \left(\frac{120}{-14 + 21C/W} - 0.70\right) \quad (4)$$

ここに、 ε'_{sh} : 収縮の試験値の推定値 ($\times 10^{-6}$)、 ρ : コンクリートの単位容積質量 (g/cm^3)、 C/W : 水セメント

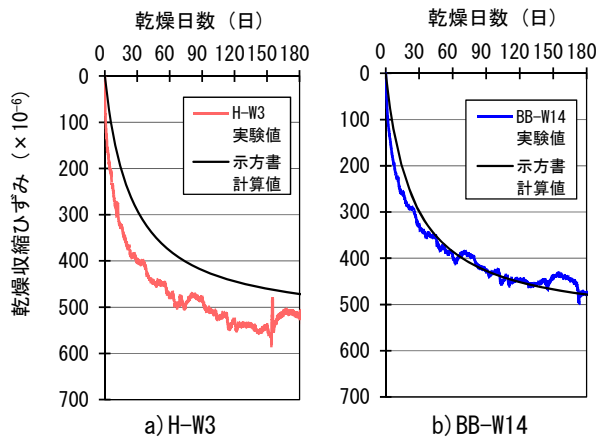


図-6 乾燥収縮ひずみの比較

比 (%) である。 ε'_{sh} は、式(5)から求められる。

$$\varepsilon'_{sh} = 2.4(W + \frac{45}{-20 + 30 \cdot C/W} \cdot \alpha \cdot \Delta\omega) \quad (5)$$

ここに、 W : コンクリートの単位水量 (kg/m^3)、 α : 骨材の品質を表す係数 (=4 とする)、 $\Delta\omega$: 骨材中の水分量である。 $\Delta\omega$ は式(6)で求められる。

$$\Delta\omega = \frac{\omega_s}{100 + \omega_s} S + \frac{\omega_G}{100 + \omega_G} G \quad (6)$$

ここに、 ω_s および ω_G : 細骨材および粗骨材の吸水率 (%)、 S および G : 単位細骨材量および単位粗骨材量 (kg/m^3) である。

図-6 より、高炉 B を用いたコンクリートの乾燥開始材齢を強度発現に応じて遅らせることで、早強セメントを用いた H-W3 よりも乾燥収縮ひずみが小さくなり、乾燥開始 180 日で $80 (\times 10^{-6})$ 程度の低減効果が現れた。これは、乾燥開始の遅延による初期の自己収縮成分が排除されたことによる効果のほか、45BB の水セメント比が小さい上、高炉スラグ微粉末の化学反応による水分消費によって相対的に乾燥による水分逸散が減少したためと推察される。

また、示方書の推定式と比較すると、H-W3 は実験値が計算値を上回る乾燥収縮ひずみとなったが、BB-W14 はほぼ一致する結果となった。高炉 B は自己収縮ひずみが大きい場合、材齢 14 日以前に乾燥を開始した場合や水セメント比が異なる場合には、実験値と計算値に差が生じる可能性はあるが、本検討における配合や乾燥条件においては示方書による推定式で乾燥収縮ひずみを精度良く推定できることが確認された。

(4) クリープ特性

45H の荷重材齢を 3 日 (H-W3)、45BB の荷重材齢を 14 日 (BB-W14) として、クリープ試験を行った。

図-7 に単位応力あたりのクリープひずみの経時変化を示す。実験結果から得た単位応力あたりのクリープひずみは式(7)を用いて算出した。

$$\mu_{crt} = \frac{\varepsilon_{ct}}{\sigma} = \frac{\varepsilon_{at} - \varepsilon_e - \varepsilon_{st}}{\sigma} \quad (7)$$

ここに、 μ_{crt} : 単位応力あたりのクリープひずみ [$\times 10^{-6}$ (N/mm^2)], ε_{ct} : クリープひずみ ($\times 10^{-6}$)、 σ : 荷重応力 (N/mm^2)、 ε_{at} : 全ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 ε_e : 荷重時弾性ひずみ ($\times 10^{-6}$)、 ε_{st} : 無荷重ひずみ ($\times 10^{-6}$) である。

また、図-7 には示方書に示される単位応力あたりのクリープひずみの推定式 (式(8)) を用いて計算した結果も示した⁶⁾。ただし、コンクリート温度は 20°C で一定と仮定した。

$$\frac{\varepsilon'_{cc}(t, t')}{\sigma'_{cp}} = \frac{4W(1 - RH/100) + 350}{12 + f'_c(t')} \cdot \log_e(t - t' + 1) \quad (8)$$

ここに、 t' : 荷重材齢 (日)、 $\varepsilon'_{cc}(t, t')/\sigma'_{cp}$: 材齢 t' 日に初期荷重を行ったコンクリートの材齢 t 日における単位応力あたりのクリープひずみ [$\times 10^{-6}$ (N/mm^2)], W : コンクリートの単位水量 (H-W3 : $144\text{kg}/\text{m}^3$, BB-W14 : $154\text{kg}/\text{m}^3$)、 RH : 相対湿度 (60%), $f'_c(t')$: 荷重材齢 t' 日における圧縮強度 (H-W3 : $48.1 \text{ N}/\text{mm}^2$, BB-W14 : $55.3\text{N}/\text{mm}^2$) である。

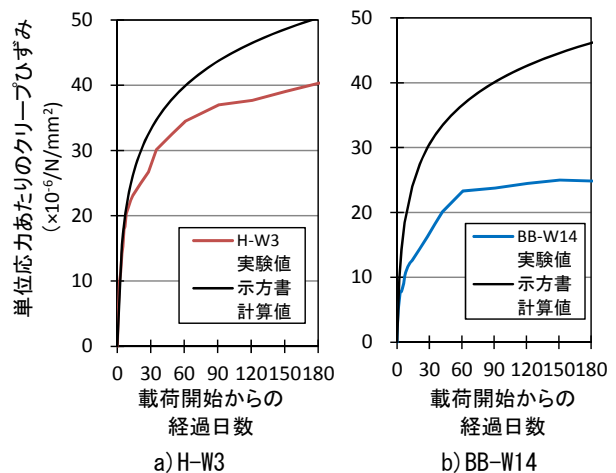


図-7 単位応力あたりのクリープひずみの経時変化

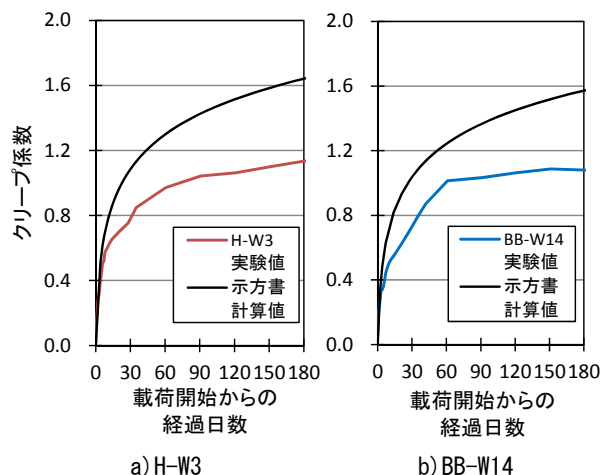


図-8 クリープ係数の経時変化

図-7より、材齢14日で載荷したBB-W14は、材齢3日で載荷したH-W3よりも単位応力あたりのクリープひずみが小さくなった。この主な要因は、BB-W14の載荷材齢時以降の自己収縮ひずみや乾燥収縮ひずみの緩和や、載荷時の強度特性の違いが影響しているものと考えられる。載荷時の強度が同値であれば、単位応力あたりのクリープひずみの差は小さくなる可能性もあるが、本試験結果からは高炉セメントを用いたコンクリートの載荷材齢を材齢14日程度まで遅らせることで、通常の早強セメントを用いたコンクリート（載荷材齢3日）よりもクリープひずみが小さくなることが確認された。また、示方書の計算値と比較しても、実験結果から算出した単位応力あたりのクリープひずみは小さくなっており、示方書の推定式よりも安全側（実験値<計算値）の結果となっている。

クリープ係数の経時変化を図-8に示す。実験結果から得られたクリープ係数は式(9)を用いて算出した。

$$\phi_t = \frac{\varepsilon_{ct}}{\varepsilon_c} \quad (9)$$

ここに、 ϕ_t ：クリープ係数である。

また、図-8には示方書に示されるクリープ係数の推定式（式(10)）を用いて計算した結果も示した⁹⁾。

$$\phi(t, t') = \frac{4W(1 - RH/100) + 350}{12 + f'_c(t')} \cdot \log_e(t - t' + 1) \cdot E_{ct} \quad (10)$$

ここに、 $\phi(t, t')$ ：クリープ係数、 E_{ct} ：載荷時のコンクリートのヤング係数（示方書の推定式を用いて圧縮強度から算出）である。

図-8より、H-W3とBB-W14のクリープ係数はほぼ同等の結果となった。今回の試験結果は2ケースによるものでデータ数が少ないが、今回の検討の範囲内では載荷時の強度レベルや載荷後の収縮量を軽減することで、クリープ係数の影響も小さくなることが示唆される結果となった。また、実験値は示方書の計算値よりも小さく、単位応力あたりのクリープひずみと同様に安全側の結果となった。

4. まとめ

PC橋上部構造の現場打ちコンクリートへ高炉セメントB種を適用するにあたり、強度発現性、収縮特性、クリープ特性の把握が重要であると考え、これらについて調査を実施した。得られた知見を以下にまとめる。

(1) 高炉セメントB種を用いたコンクリートは、早強セメントを用いたコンクリートよりも強度発現が遅れる傾向にあり、材齢28日の強度レベルを同等とした

場合、緊張導入材齢は10日程度に延びることがわかった。

- (2) 高炉セメントB種は早強セメントよりも自己収縮ひずみが大きい、早強セメントの緊張導入材齢を3日、高炉セメントB種の緊張導入材齢を14日で比較すると、その後の相対的な自己収縮ひずみの差は小さくなった。
- (3) 早強セメントの湿潤養生期間を3日、高炉セメントB種の湿潤養生期間を14日とし、その後の乾燥収縮ひずみを比較すると、高炉セメントB種の方が小さくなった。緊張材齢を遅らせることで、収縮がクリープ特性への影響を軽減できることが示唆された。
- (4) 高炉セメントB種の緊張材齢を遅らせることで、クリープ係数は早強セメントも同程度となり、乾燥収縮試験と同様にクリープ特性への影響小さいことが示唆された

本研究の範囲内（強度特性、収縮特性およびクリープ特性）ではあるが、プレストレスの導入材齢を延長することでPC橋上部構造に高炉セメントB種を用いたコンクリートを適用できることがわかった。

謝辞

本実験を実施するにあたって、鹿児島大学大学院の小池賢太郎氏の多大なるご協力を頂きました。ここに感謝の意を記します。

参考文献

- 1) 中村英佑, 石井豪, 鈴木雅博, 渡辺博志: 混和材を用いたコンクリートのクリープ・収縮に関する実験的研究, プレストレストコンクリート, Vol.56, No.3, pp.54-60, 2014.5
- 2) 山村智, 鈴木雅博, 小林和弘, 鳥居和之: 分級フライアッシュを用いたコンクリートのプレテンションPC桁への適用に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.35, No.1, pp.181-186, 2013.7
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 III コンクリート橋編, pp.327-331, 2012.3
- 4) 松田芳範, 隈部佳, 木野淳一, 岩田道敏: 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
- 5) 日本コンクリート工学協会: 超流動コンクリート研究委員会報告書(II), pp.209-210, 1994.5
- 6) 土木学会: 2012年制定 コンクリート標準示方書[設計編], pp.34-39, pp.104-108 および pp.310-312, 2013.