

プレテンション PC 桁に適用した高耐久性コンクリートの収縮・クリープ性状

九州大学大学院 学生会員 坂本賢次 九州大学大学院 フェロー 松下博通
(株)安部工業所 正会員 江崎 守 新日鐵高炉セメント(株) 正会員 前田悦孝
九州大学大学院 正会員 鶴田浩章

1. 目的

PC 構造物の高耐久化を図る上で高炉スラグ微粉末を使用することの有効性については、室内試験のレベルでは確認されている¹⁾。しかし、高炉スラグ微粉末と PC 構造物の実規模での乾燥収縮・クリープ性状を調査した例は少なくデータの蓄積が急がれている。そこで、本研究では実際の橋梁に使用される桁と同一のプレテンション PC 桁を試験体として、従来の早強ポルトランドセメントのみの場合と高炉スラグ微粉末を使用した場合とで、乾燥収縮・クリープ性状の相違について検討した。また、同一材料を用いて別途製作した角柱供試体についても乾燥収縮・クリープの測定を行い実規模の桁との比較を行った。

2. 実験概要

セメントは早強ポルトランドセメント、混和材は高炉スラグ微粉末（比表面積 $6100\text{cm}^2/\text{g}$ ）、細骨材は佐賀県佐賀郡大和町産の川砂、粗骨材は熊本県鹿本郡鹿北町産の碎石（最大寸法 20mm）、混和剤はポリカルボン酸系高性能 AE 減水剤を使用した。

試験体は、図-1 に示す形状の試験桁（乾燥収縮測定用 RC 桁、クリープ測定用 PC 桁）および乾燥収縮測定用とクリープ測定用の $10\times 10\times 40\text{cm}$ 角柱供試体を作製した。配合は 2 種類あり、結合材に早強ポルトランドセメントを高炉スラグ微粉末で 50%置換した配合（W/B=35%）（以下スラグ混入）と早強ポルトランドセメントのみを使用した従来配

合（W/C=40%）（以下早強単味）とした。水結合材比が違っているのは、プレストレス導入時に必要な圧縮強度 35N/mm^2 を満たすようにするためである。試験体は蒸気養生を行い打設後 18 時間で脱型しその後、試験桁は屋外で、角柱供試体は恒温恒湿室（ $20^\circ\text{C}-\text{RH}60\%$ ）と屋外で保管した。軸方向収縮ひずみは埋込型ひずみ計を、同位置におけるコンクリートの温度は熱電対を用いて測定した。恒温恒湿室におけるクリープの測定は、鋼板と鋼棒 4 本を用いてフレームを作製し、角柱供試体 2 本を直列に配置してジャッキにより PC 桁の C-C 断面下部プレストレスと同じ大きさの持続荷重を作用させた。

3. 結果および考察

本実験では、屋外で保管した乾燥収縮測定用角柱供試体の 1 日のコンクリート温度とひずみの関係をグラフに描き、その近似曲線の傾きを線膨張係数とした。この手順によって得られた 1 週間ごとの線膨張係数の平均を、そのコンクリートの線膨張係数として実ひずみの温度補正を行った。但し、ここでは恒温恒湿室において保管した角柱供試体と試験桁についてのみ報告する。

蒸気養生による初期のコンクリートの急激な温度変化の影響を除去し、外気温の変化だけに依存するコンクリートの収縮特性を調査するため、乾燥収縮のゼロ点は試験桁ではコンクリートの温度が落ち着いた材齢 3.5 日に、角柱供試体では最初にコンクリートの温度が下がりきった材齢 1.5 日とした。また、クリープひず

キーワード：高炉スラグ微粉末、乾燥収縮、PC 桁、クリープ、蒸気養生

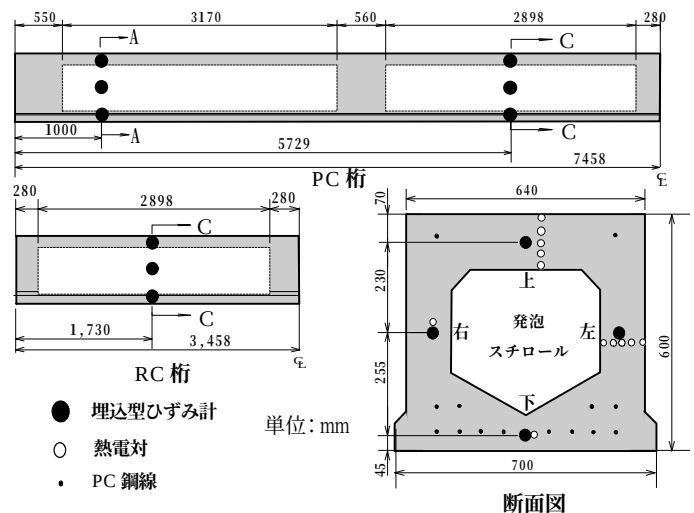


図-1 試験桁概略図

みのゼロ点は、弾性変形直後とした。

3.1 乾燥収縮

図-2 に乾燥収縮ひずみの経時変化を示す。図より角柱供試体ではスラグ混入の方が早強単味より初期の収縮ひずみが大きくなっている事がわかる。しかし、経過 50 日付近以降では同程度のひずみになった。この初期にスラグ混入の方がひずみの収縮が大きくなったことには、W/B が早強単味より小さかったためと考えられる。試験桁については、スラグ混入の有無にかかわらず同程度のひずみとなった。

角柱供試体は、収縮ひずみが 2 配合とも 600×10^{-6} 程度と大きくなっているが、試験桁では 2 配合とも道路橋示方書に示されている設計値 200×10^{-6} を大きく下回っている。これは、形状寸法の違いや雨による膨張、試験桁内の鉄筋による拘束によって収縮ひずみが小さくなったためと考えられる。

3.2 クリープ

表-1 に PC 桁のプレストレス導入直後、及び角柱供試体の载荷直後のコンクリート応力と弾性ひずみ及びクリープ係数を、図-4、図-5 にクリープひずみの経時変化を示す。図より、角柱供試体のクリープひずみは、乾燥収縮ひずみと同じく経過 10 日位までにスラグ混入が早強単味より急激に収縮し、その後徐々にその差を縮めながらほぼ同傾向で収縮している事がわかる。初期の収縮量の違いは、前項で述べた乾燥収縮と同じく W/B の違いによるものと考えられる。試験桁は全期間を通して早強単味の方がスラグ混入より大きく、2 配合とも経過 56 日程度で収束している。スラグ混入の収縮の方が大きくなっていることについては、スラグが湿度による影響を受けやすいことにより湿度の変化によって膨張が生じたためと考えられる。また、桁の上中下部分のひずみとひずみ計間の距離がほぼ直線となっていることから、平面保持がほぼ成立していることがわかる。クリープ係数はすべての部分において「土木構造物標準設計」に定められている、中埋合成前 $\phi=1.2$ より小さい。

4. まとめ

- (1) 乾燥収縮ひずみは、角柱供試体では経過 2 ヶ月以降において、試験桁では初期からスラグ混入の有無による違いはない。
- (2) 実環境ではスラグを混入すると、クリープひずみは小さくなる。
- (3) 実桁の乾燥収縮・クリープひずみは、角柱供試体と比較してかなり小さな値となる。

[参考文献]1)高耐久性 PC 構造物開発検討委員会：高炉スラグ微粉末を使用した高耐久性プレストレストコンクリート構造物の開発、日本材料学会、1998.3

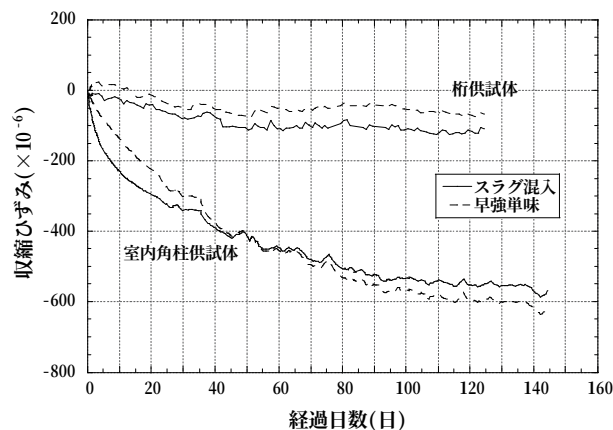


図-2 乾燥収縮ひずみ

表-1 プレストレス導入時のコンクリート応力と弾性ひずみ及びクリープ係数

		上	中	下	角柱
コンクリート圧縮 応力(N/mm ²)	スラグ混入	4.5	9.8	15.4	13
	早強単味	4.7	9.8	15.5	13
弾性ひずみ ($\times 10^{-6}$)	スラグ混入	176	395	623	941
	早強単味	173	436	741	994
クリープ係数 (91日経過時点)	スラグ混入	0.9	0.6	0.5	0.9
	早強単味	1.0	0.8	0.6	0.7

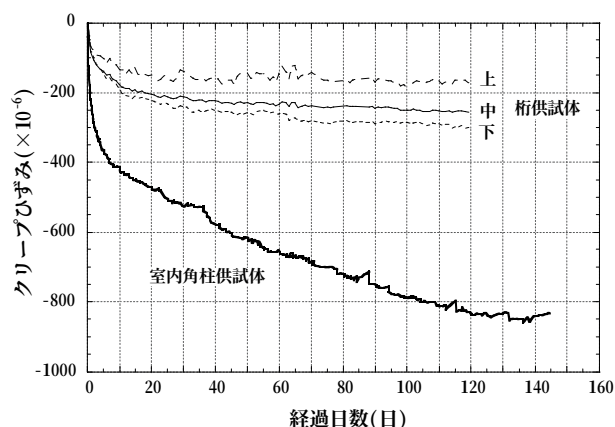


図-3 クリープひずみ(スラグ混入)

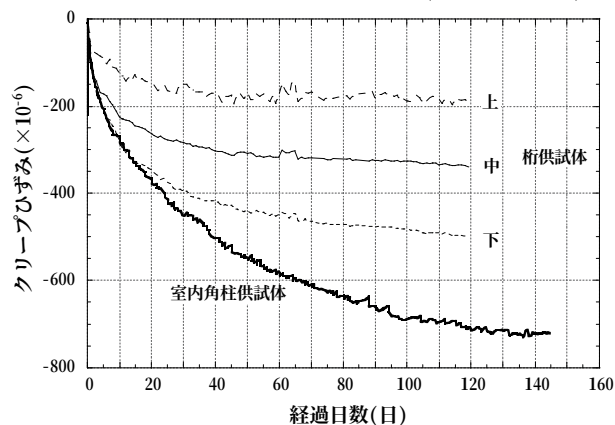


図-4 クリープひずみ(早強単味)