

## 5年間実環境に曝露したPC上部工の実物大供試体における乾燥収縮ひずみ

(株) ピーエス三菱大阪支店 正会員 ○小林 仁  
 (株) ピーエス三菱大阪支店 正会員 河中 涼一  
 岡山大学大学院 正会員 藤井 隆史  
 岡山大学大学院 正会員 綾野 克紀

### 1. はじめに

本報告は、昨今、乾燥収縮ひずみの大きなコンクリートを用いたPC上部工においてひび割れなどの初期欠陥が問題となっていることを受け、PC上部工に生じる実際のひずみ量と各基準類との相関を明らかにするために平成22年11月に開始された実験の報告である<sup>1) 2) 3)</sup>。本報告は、実験開始から5年間の各供試体および実橋の計測結果報告と、各基準類との対比および考察を行うものである。

### 2. 実験概要

実験に用いたコンクリートは、乾燥収縮ひずみが大きくなる粗骨材G1（硬質砂岩砕石）を用いたコンクリート(配合No.1)、乾燥収縮ひずみが標準的な粗骨材G2（石灰石砕石）を用いたコンクリート(配合No.2)、および配合No.1に収縮低減剤と膨張材を添加したコンクリート(配合No.3)の3種類である<sup>1)</sup>。それぞれのコンクリートの配合を表-1に、JIS A 1129長さ変化試験の結果を図-1に示す。実験には図-2に示す箱桁供試体を2体、ウェブを切り出した寸法の角柱供試体を5体用いた。なお、箱桁供試体は計測を行った実橋と同一断面であり、実橋の施工には配合No.2のコンクリートを用いた。

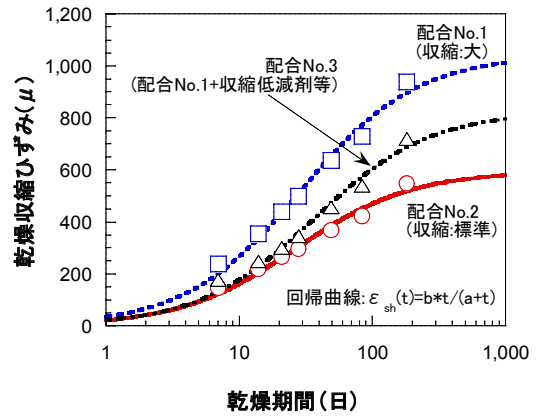


図-1 JIS A 1129 長さ変化試験の結果

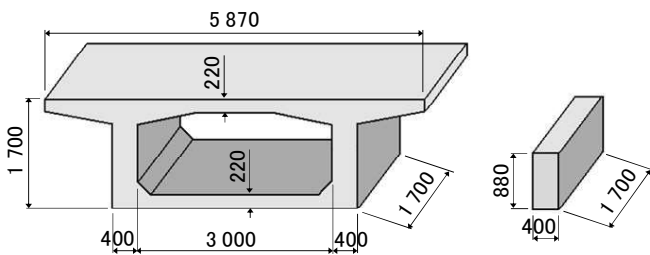


図-2 箱桁供試体（左）と角柱供試体（右）

表-2 供試体の配合と軸方向鉄筋量

	供試体名	配合	軸方向鉄筋量
箱桁供試体	MODEL-A	No.1	D13@250
	MODEL-B	No.2	D13@250
角柱供試体	model-a	No.3	D13@250
	model-b	No.1	D13@250
	model-c	No.2	D13@250
	model-d		D22@125
	model-e		なし

表-1 コンクリートの配合 (36-12-20H)

配合NO	粗骨材の最大寸法 (mm)	水セメント比 (%)	空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量(kg/m <sup>3</sup> )						
					水	セメント	混和材料	細骨材		粗骨材	
								S1	S2	G1	G2
1	20	43	4.5	41.9	165	384	-	508	217	1,020	-
2				42.8				519	222	-	989
3				43.6				535	229	989	-

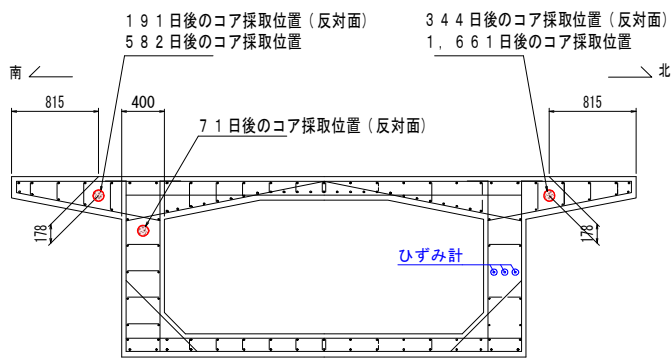


図-3 コア採取位置正面図(東側から)

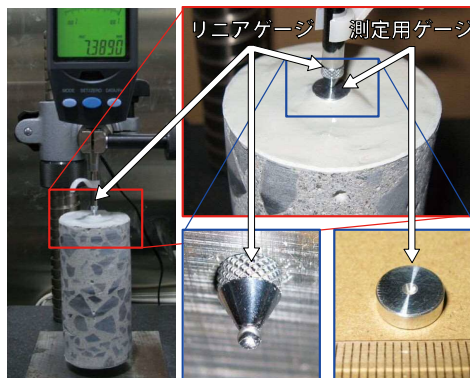


写真-1 コア供試体の収縮測定

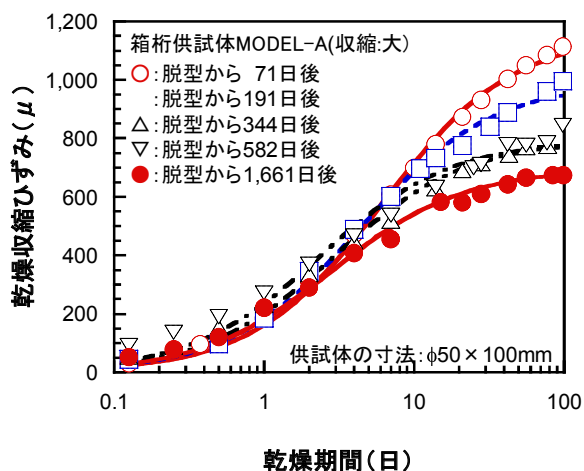


図-4 MODEL-Aのコアの乾燥収縮ひずみ

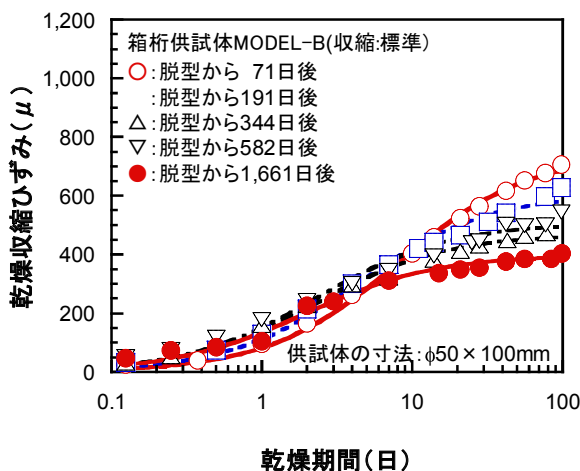


図-5 MODEL-Bのコアの乾燥収縮ひずみ

供試体に用いたコンクリートの配合と軸方向鉄筋量を表-2に示す。箱桁供試体には、ウェブの中央および表面から100mmの位置に4線式ひずみ計（容量： $\pm 5,000 \times 10^{-6}$ ，標点距離:100mm，見かけの弾性係数:約40N/mm<sup>2</sup>）を埋め込み、ひずみの経時変化を測定した。本報告の図に示すひずみ計の計測結果は、1時間ごとの計測値を1ヶ月単位で平均し、それぞれを結んで折れ線としたものである。

### 3. 計測結果

#### 3.1 供試体の計測結果とコア供試体から求めた乾燥収縮ひずみ

供試体の乾燥収縮ひずみを測定するために、箱桁供試体MODEL-AおよびMODEL-Bからコア供試体を採取した。コアの採取数は型枠脱型から71日後、191日後、344日後、528日後および1,661日後の計5回である。コアの採取位置は図-3に示すとおりであり、まず供試体からφ70mm×500mmのコアを採取し、そのコアを実験室にてφ50×100mmに再成形して計測に用いた。コアを採取した位置はいずれもウェブと上床版の付け根近傍で、乾燥条件に大きな差はない。φ50×100mmの円柱供試体の長さ変化の測定には、写真-1に示すリアゲージ(検長:100mm，最小目盛り:5/10,000mm)を用いた。箱桁供試体MODEL-AおよびMODEL-Bから採取したコア供試体の収縮測定結果を図-4および図-5に示す。これらの結果より、MODEL-Aの乾燥収縮ひずみが、MODEL-Bのものよりも大きくなっていることが分かる。また、採取日が遅くなるにつれて、乾燥収縮ひずみの最終値も小さくなっている。

次に、図-4および図-5に示す採取日が異なるコアの乾燥収縮ひずみの経時変化を双曲線で回帰し、それぞれの乾燥収縮ひずみの最終値を求めた。これらの乾燥収縮ひずみの最終値とコア採取日の関係より、図-3に示す箱桁供試体に生じたコアの各採取日における乾燥収縮ひずみを推定した結果<sup>4)</sup>

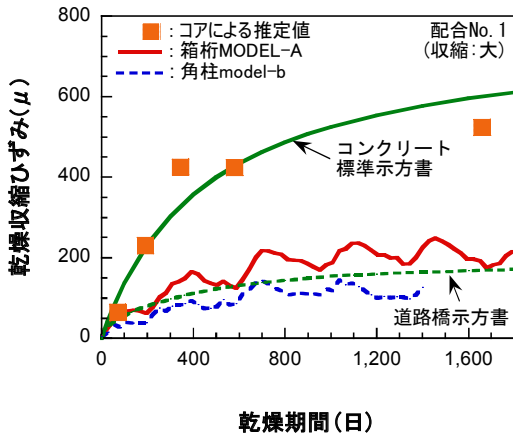


図-6 配合 NO.1 を用いた供試体の乾燥収縮ひずみ

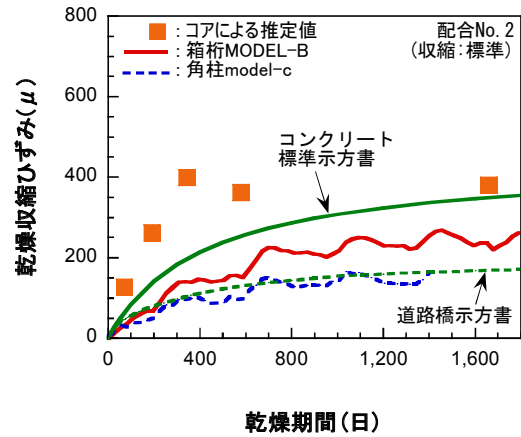


図-7 配合 NO.2 を用いた供試体の乾燥収縮ひずみ

$$\epsilon_{sh}(t) = \frac{1 - RH/100}{\left(\frac{d_b}{100}\right)^2} \cdot b \cdot t \cdot \dots (1)$$

が、図-6および図-7に示す■である。図-6および図-7では、これらの結果と、式(1)のコンクリート標準示方書(2012年制定)に示される乾燥収縮ひずみの計算値および供試体に埋設したひずみ計による計測結果を比較する。

式(1)中の乾燥収縮ひずみの経時変化を表す項aおよび乾燥収縮ひずみの最終値bにはJIS A 1129に従い100×100×400mmの角柱供試体より求めた値を、部材を代表する厚さd<sub>b</sub>にはコアを採取した部位の厚さ400mmを用いた。また、相対湿度には供試体を設置した現地の計測結果より、年間の平均相対湿度である70%を用いている。これらの図から、コア供試体を用いて求めた箱桁供試体の乾燥収縮ひずみは、いずれも式(1)を用いて算出した計算値と概ね一致していることが分かる。また、箱桁供試体および角柱供試体のひずみ計から得られた測定値はコア供試体の乾燥収縮ひずみ量およびコンクリート標準示方書の計算値よりも小さいが、これは雨露の影響によって乾燥収縮ひずみが低減していることや、特に配合No.1を用いた供試体は表面のひび割れによって収縮ひずみが解放された可能性があることなどが原因だと考えられる。一方、道路橋示方書の計算式から算出される乾燥収縮ひずみと箱桁供試体および角柱供試体のひずみ計から得られた測定値は概ね近い値を示しているが、道路橋示方書はクリープによる応力緩和の影響を考慮するために算出されるひずみ量を低減しているため、結果的に測定値に近い値を示していると考えられる。

### 3.2 角柱供試体の計測結果

図-8に角柱供試体model-a～eの計測結果を示す。

まず乾燥収縮ひずみが標準的な粗骨材を用いたコンクリート(配合No.2)で製作したmodel-c、model-dおよびmodel-eについて、これらの供試体はその軸方向鉄筋量が異なり、鉄筋比はそれぞれ標準的な配筋量である0.36%、その5倍強である1.98%および無筋の0.00%である。この図から分かるように、それぞれの角柱供試体の乾燥収縮ひずみ量は、鉄筋量が多く拘束効果が大きな順に小さくなっていることが分かる。また、乾燥収縮ひずみが大きくなる粗骨材を用いたコンクリート(配合No.1)で製作したmodel-aおよびmodel-bは、配合No.2で製作した角柱供試体と同程度の乾燥収縮ひず

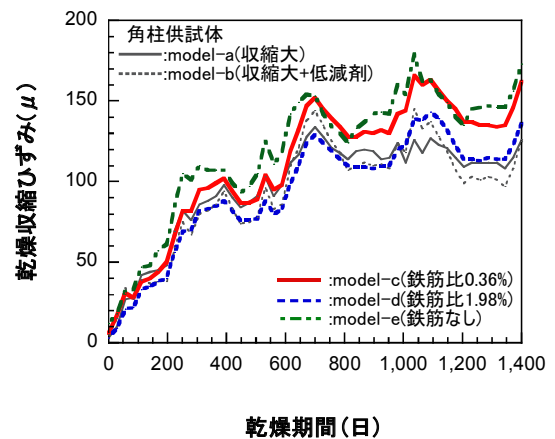


図-8 角柱供試体の計測結果

みを示しているが、これは供試体表面のひび割れによって収縮ひずみが解放された可能性があることなどが原因であると考えられる。

また、角柱供試体の計測結果は、いずれも同じ骨材と同じ軸方向鉄筋量で製作した箱桁供試体の結果よりも小さな値となっている。これは、角柱供試体の体積表面積比が箱桁供試体のそれよりも約30%大きいことや、箱桁供試体のように上床版が存在しないことから雨露など外部環境の影響を受けやすかったことが原因であると推測される。

### 3.3 実橋の計測結果

実橋でのひずみ計測は写真-2に示すPC箱桁方杖ラーメン橋で行い、写真に示すように箱桁供試体と同断面である箇所のウェブにひずみ計を設置して行った。図-9は、実橋の橋軸方向のひずみ計測結果を示す。この図から分かるように、乾燥期間5年におけるウェブ外側、中央および内側の橋軸方向のひずみ量はいずれも約600 $\mu$ である。この計測値は、主桁の軸方向に対して導入されたプレストレスによる弾性変形およびクリープの影響を含んでいる。道路橋示方書よりプレストレス導入から5年後のクリープひずみおよび弾性変形量を求めると合計で約430 $\mu$ となる。よって、クリープの影響を控除した実橋の乾燥収縮ひずみ量は約170 $\mu$ となる。これは図中に示す無応力計の計測結果と概ね一致する。また、図-6および図-7に示す箱桁供試体MODEL-AおよびMODEL-Bのひずみ計による計測結果とも概ね一致する。

### 4. まとめ

箱桁供試体からコア供試体を採取して求めた乾燥収縮ひずみは、コンクリート標準示方書から求まる計算値と概ね一致することが分かった。ただし、ひずみ計で計測した値は、外部環境やひび割れの影響で小さめに算出されることが分かった。

角柱供試体の計測結果より、鉄筋量の違いによるひずみの拘束効果が確認できた。また、実橋のウェブ内に設置したひずみ計から得られた計測値は、箱桁供試体に設置したひずみ計の計測値と概ね一致することが分かった。

### 参考文献

- 1) 小林 仁ほか：PC上部工の実物大供試体による乾燥収縮ひずみの測定，第20回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2011.10
- 2) 河中涼一ほか：PC上部工の実物大供試体と実橋における乾燥収縮ひずみの測定，第21回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2012.10
- 3) 河中涼一ほか：約2年間実環境に曝露したPC上部工の実物大供試体における乾燥収縮ひずみ，第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集，2013.10
- 4) 小林 仁ほか：乾燥収縮ひずみに与える部材寸法の影響，土木学会論文集E2(材料・コンクリート構造)，Vol.69，No.4，377-389，2013



写真-2 実橋の計測位置

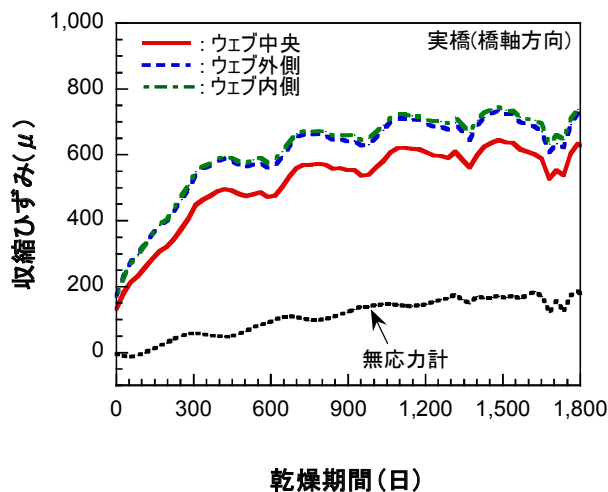


図-9 実橋の計測結果