

## 2 径間 PRC 梁のクリープおよび収縮による 長期挙動に関する実験的研究

### Experimental Study on Long-term Behavior of Creep and Shrinkage in Continuous PRC Beam

玉置 一清 KAZUKIYO TAMAKI  
三加 崇 TAKASHI SANGA  
浅井 洋 HIROSHI ASAI

本報告は、筆者らが提案した鉄筋拘束力の算定式<sup>2)</sup>を、プレストレスによるクリープひずみの影響および連続梁における不静定力の変化を考慮したものに拡張し、プレストレス導入方法を変化させた 2 径間 PRC 梁の暴露試験によりその妥当性を検証したものである。その結果、PRC 梁の長期応力は、コンクリート配合等の影響を考慮した収縮およびクリープを適切に設定することで、本提案手法により精度よく算定できることを確認した。また、本提案式により、鉄筋比を 5%以上配置した PRC では、鉄筋拘束に伴う長期応力はコンクリートの引張強度を上回り、死荷重時での初期ひび割れの可能性が高くなることを示した。

キーワード：PRC，連続梁，長期挙動，クリープ，収縮，鉄筋拘束

In this paper, a new estimating method of restraint stress due to reinforcing bars of RC member is proposed. The new method has been developed by improving the expressions<sup>2)</sup> proposed last year, considering the influences of the creep strain and the indeterminate force change. Furthermore, the long-term exposure examination has been conducted on continuous PRC beams for one year to confirm the propriety of the new method. As a result, it is confirmed that the method can estimate long-term stress of PRC beams accurately by evaluating the shrinkage and creep factor considering the concrete mix proportion, etc. Also, it is shown by the method that the PRC beams with reinforcement ratio exceeding 5% have high probability of initial cracking.

**Key Words:** PRC, Continuous Beam, Long-term Behavior, Creep, Shrinkage, Restraint of Reinforcement

#### 1. まえがき

コンクリート構造物は、収縮およびクリープによって長期的な変形を伴うものであるが、全支保工上で一括建設された比較的小規模な単純桁や連続桁であれば、設計計算上は単に変形が増加するだけで、応力に変化が生じないと仮定している。しかし、厳密には、内部に配置された鉄筋には、収縮およびクリープによるコンクリートの変形を鉄筋が拘束することによって圧縮応力が生じ、その反力としてコンクリート内部に引張応力が蓄積されることになる。この圧縮（引張）応力を鉄筋拘束力といい、従来の PC 構造では無視されてきたが、鉄筋量が多い PRC 構造の場合、鉄筋拘束力の影響を考慮することが必要とされている。また、張出し施工など、架設中と完成系で構造系に変化があるような施工方法で建設された連続桁やラーメン構造では、クリープや乾燥収縮の進行に伴い、不静定反力が変化し、建設当初とは応力分布が

大きく変化する。特に、プレストレスを導入することによって生じるプレストレス 2 次力の経時変化は大きい。この長期応力の算定の基礎になる収縮量やクリープ係数は、コンクリートの配合や部材厚に密接な関係があることが知られているが、道路橋示方書<sup>3)</sup>（以下、道示）に示される値は標準的な配合を想定したものであり、コンクリート配合の影響を反映することはできない。一方、土木学会コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]<sup>4)</sup>（以下、コン示）には、収縮量およびクリープ係数について、コンクリート配合を考慮した予測式が示されているが、これらは無筋コンクリートによる試験結果に基づいたものであり、その算定値は道示に示される値と大きく乖離していることが多く、実務設計で使用されることは一般的に少ない。

筆者らは昨年、鉄筋比の異なる RC 部材の暴露試験を実施し<sup>1)</sup>、鉄筋拘束の影響を考慮した収縮量および鉄筋拘束力の予測式を提案した<sup>2)</sup>。本報告は、その提案式を

表-1 試験体の種類

材齢(日)	計測項目(論文の章)	case1	case2	case3
		PRC構造(プレ2次あり)	PRC構造(プレ2次なし)	RC構造
0		試験体打設 散水養生		
5	自己収縮応力の測定 3章(1) プレストレス導入時の測定 3章(2)	①端支点に設置(支間6m) ②中間支点を設置(反力ゼロ) ③プレストレスを導入(不静定反力の発生)	①端支点に設置(支間6m) ②プレストレスを導入 ③中間支点を設置(反力ゼロ)	①端支点に設置(支間6m) ②中間支点を設置(反力ゼロ)
360	クリープ・収縮による応力変化の測定 3章(3)	屋外環境に暴露(測定期間中の平均気温15.0℃、平均湿度71%)		

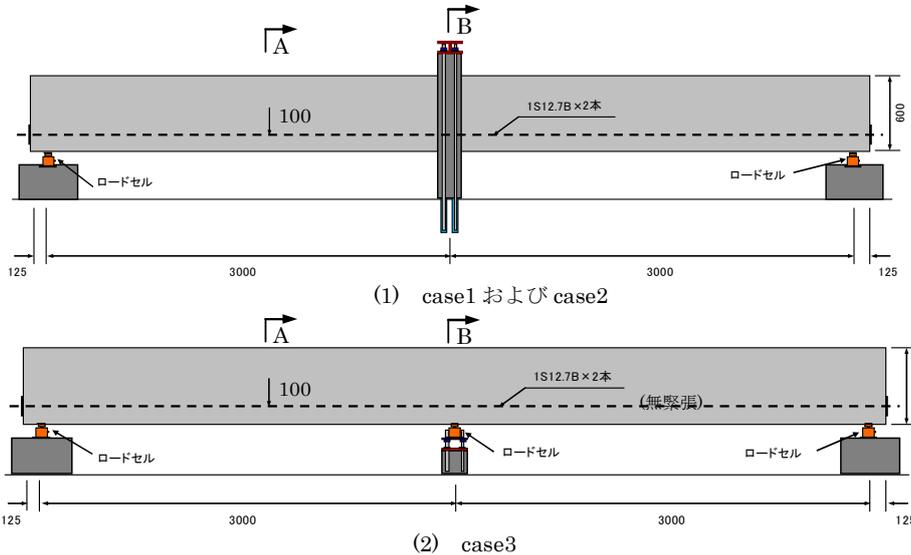
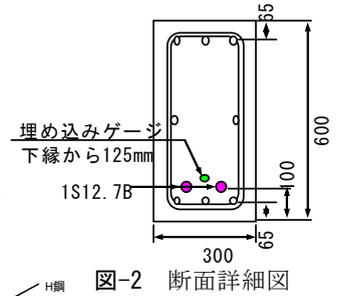


図-1 試験体の寸法および設置概要図

プレストレスによるクリープひずみの影響および連続梁における不静定力の変化を考慮したものに拡張し、2径間PRC梁の暴露試験(1年間)により、その妥当性を検証したものである。

## 2. 試験概要

### (1) 試験体概要

図-1および図-2に、試験体の寸法、支点構造および断面詳細図を示す。鋼材配置は、全試験体とも同一で、軸方向鉄筋はD22(SD345)を8本配置している。PC鋼材は、下縁より100mmの位置に1S12.7B ( $A_p=98.71\text{mm}^2$ )を2本配置し、PC鋼材を含めた鋼材比は1.8%である。表-1に試験体の種類を示す。試験体は、緊張力導入の有無および中間支点の設置手順を変えることにより初期の不静定反力を実験パラメータとした3体である。計測項目は、端支点および中間支点の反力およびA,B断面における全鋼材のひずみ、下縁から125mmに配置したコンクリート埋込みひずみである。

### (2) コンクリートの配合および強度

表-2にコンクリートの配合を、図-3に圧縮強度およびヤング係数と材齢の関係を示す。本論文では、便宜上、プレストレス導入(材齢5日)以降のヤング係数は一定( $E=31\text{kN/mm}^2$ )であるとして検討を行っている。

表-2 コンクリートの配合

セメント種類	w/c	s/a	スランプ	空気量
早強	40%	39.6%	8cm	4.5%
単位量(kg/m <sup>3</sup> )				
セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
450	180	660	1006	4.95

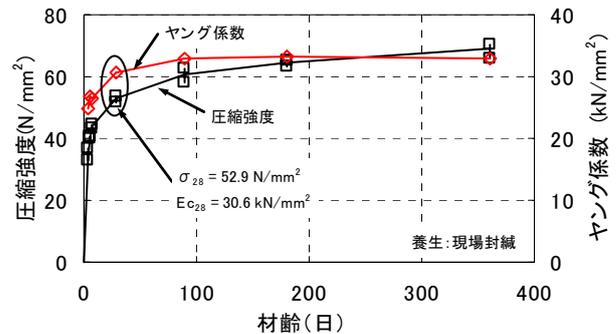


図-3 圧縮強度およびヤング係数の履歴

## 3. 暴露試験結果によるコンクリート応力評価

### (1) コンクリート打込み直後からプレストレス導入までに生じる若材齢応力

図-4に、コンクリート打込み直後からプレストレス緊張(材齢5日)直前までの、鉄筋に貼付けたひずみゲージおよび埋込みゲージの測定結果を示す。打込み直後からプレストレス緊張前日までは、全試験体とも型枠内にあり3試験体とも全く同一条件である。測定結果は、3

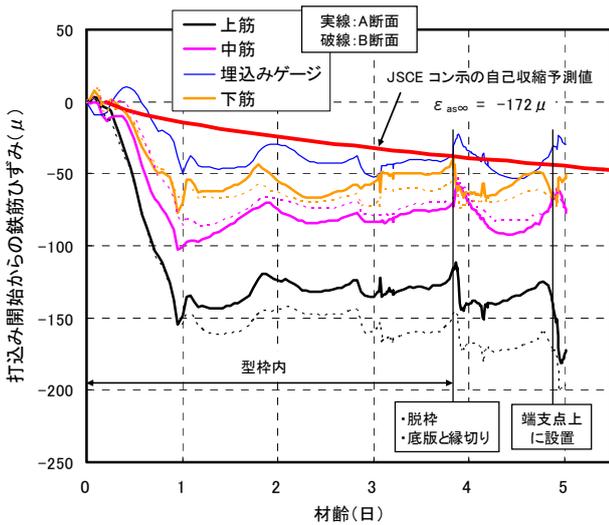


図-4 コンクリート打込み直後からプレストレス導入直前までのひずみ (case1)

試験体ともほぼ同様であったため、図-4には case1 のみを示している。図中、桁長中央断面 (B 断面) の計測値を実線で、桁長の 1/4 断面 (A 断面) の計測値を破線で示しているが、断面による差異はほとんどなかった。実測値は、凝結開始である打込み 6 時間後から、材齢 24 時間までに急激に収縮ひずみが生じ、その後は特に収縮ひずみは進行していないことがわかる。底版付近の下筋および埋込みゲージ位置では予測値にほぼ等しいが、試験体天端付近の上筋の収縮ひずみが大きく、収縮に断面勾配が生じていることがわかる。収縮に断面勾配が生じた原因として、底版型枠の拘束によるものと考えられたが、材齢 3.9 日の脱枠時に若干の勾配が減少する傾向が見られるものの、外部拘束がなくなっても断面勾配は残留している。他の原因として、下筋で鉄筋との付着が十分ではなく、すべりが生じている可能性も考えられた。埋込みゲージによるひずみとほぼ一致していることから、収縮の勾配は確かに存在しているものと判断され、現時点では勾配が生じた原因解明には至っていない。

この収縮ひずみ実測値から、コンクリート応力を求めるためには、通常は凝結過程を含む若材齢時のヤング係数およびクリープ係数試験を実施し、有効ヤング係数を求めて逐次計算を行うなど膨大な労力を要する。今回の試験では、おおよその定量的把握を目的とし、全鉄筋のひずみを打込み前から測定し、鉄筋に作用した全圧縮力と、コンクリートに生じる引張力が釣り合うとした式 (1) により簡易的に自己収縮応力の断面平均値を求めた。一般に、圧縮強度 40N/mm<sup>2</sup> 程度では自己収縮の影響は小さく、無視してよいとされてきたが、材齢 1 日の時点で断面平均で 0.4N/mm<sup>2</sup> 程度の引張応力が蓄積されていることがわかった。収縮に断面勾配が生じているので、実際には上縁側に大きな引張応力が作用しているものと推測される。

$$\sigma_c = \sum (\epsilon_s \cdot E_s \cdot A_s) / A_c \quad (1)$$

ここで、 $\epsilon_s$  : 鉄筋の圧縮ひずみ、

$E_s$  : 鉄筋のヤング係数、 $A_s$  : 鉄筋の断面積、

$A_c$  : コンクリートの断面積

(2) プレストレス導入による応力

表-3に、打込みから材齢 5 日までの経時変化 (自己収縮)、端支点設置時 (自重)、プレストレス導入時における各段階ごとのひずみ変化量と、このひずみ実測値から算定したコンクリート応力の一覧を示す。自己収縮応力以外は短期的な弾性挙動であり、実測値はおおむね設計値に一致している。ただし、case1 の中間支点到に生じる不静定反力が設計値に対し、80%程度の値になってしまっている。不静定反力は、桁断面が一定である場合、コンクリートの弾性係数や桁剛性とは無関係であり、したがって、この原因は、緊張力導入時に、端支点と桁下縁の設置面で遊びによる沈下が生じたものと推測され、これを反力の実測値から逆算すると 0.19mm となる。case1,2 の中間支点は、鉛直上向き方向の反力を支える構

表-3 打込み直後からプレストレス導入までの実測値とコンクリート上下縁応力の算定値

			case1				case2				case3				
			A断面		B断面(中間支点上)		A断面		B断面(中間支点上)		A断面		B断面(中間支点上)		
			設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値	設計値	実測値	
実測値	自己収縮 (材齢5日)	上段鉄筋ひずみ	-	-151	-	-175	-	-136	-	-181	-	-120	-	-145	
		下段鉄筋ひずみ	-	-76	-	-67	-	-83	-	-76	-	-89	-	-68	
	自重 (支間6mの単純桁)	上段鉄筋ひずみ	-26	-17	-34	-21	-26	-23	-34	-33	-26	-25	-34	-19	
		下段鉄筋ひずみ	26	17	34	18	26	24	34	21	26	20	34	23	
プレストレス導入時	導入緊張力	kN	187.5	182.2	187.5	182.2	187.5	179.8	187.5	179.8	-	-	-	-	
	中間支点反力	kN	-	-	-36.8	-29.9	-	-	-	-	-	-	-	-	
	上段鉄筋ひずみ	μ	-14	-9	-51	-36	22	20	22	20	-	-	-	-	
	下段鉄筋ひずみ	μ	-64	-68	-27	-39	-100	-111	-100	-99	-	-	-	-	
実測値から算定したコンクリート上下縁応力	自己収縮応力	上縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4
		下縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4	-	0.4
	自重による応力	上縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-0.8	-0.6	-1.1	-0.7	-0.8	-0.8	-1.1	-1.1	-0.8	-0.8	-1.1	-0.7
		下縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	0.8	0.6	1.1	0.6	0.8	0.8	1.1	0.8	0.8	0.7	1.1	0.8
	プレストレス+不静定反力による応力	上縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-0.2	0.0	-1.5	-0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	-	-	-	-
		下縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-1.9	-2.0	-0.6	-1.0	-3.1	-3.4	-3.1	-3.1	-	-	-	-
	合計	上縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-	-0.2	-	-1.2	0.6	0.6	0.3	0.3	-	-0.5	-	-0.3
		下縁con応力	N/mm <sup>2</sup>	-	-1.1	-	0.0	-2.3	-2.3	-1.9	-1.9	1.1	1.1	1.1	1.1

導入時のconヤング係数  $E_c=26.7\text{kN/mm}^2$  応力の符号 +:引張 -:圧縮

造であるため、万一の支点移動に対し、変位測定の実施および調整用ボルトによる調整を実施していたが、端支点は剛体上に設置し、自重により十分になじみがとれているものと判断し、変位測定を実施していなかった。次節以降における長期ひずみの検討では、case1 のプレストレス導入直後のコンクリート応力は、不静定反力が 29.9kN(実測値)であるとしてクリープひずみの算定を行っている。

(3) プレストレス導入直後から1年間に生じる応力

a) 収縮量およびクリープ係数の設定

図-5および図-6に、コン示および道示による乾燥収縮およびクリープ係数予測式の算定結果を示す。クリープ係数は、1年まででは両者に大きな差異はないようであるが、収縮量は大きく異なることがわかる。コン示では、無筋コンクリートとしての予測値が示されており、鋼材配置による影響は適切に定めるものとされている。そこで、鉄筋配置の影響を考慮した収縮ひずみ  $\epsilon_{cs}$  を著者らが提案<sup>2)</sup>した式(2)を用いて算出すると、今回の試験桁の鋼材比 1.8% では、無筋コンクリートに比べ約60  $\mu$  程度収縮量が小さくなるものと推定される。この60  $\mu$  にコンクリートのクリープ係数の影響を考慮した有効ヤング係数を乗じたものが、乾燥収縮による鉄筋拘束力である<sup>2)</sup>。

$$\epsilon_{cs} = \frac{\epsilon_{cs0}}{1 + n(1 + \varphi_c / 2) \cdot \rho_s} \quad (2)$$

- ここで、 $\epsilon_{cs0}$  : 無筋コンクリートの収縮ひずみ
- $n$  : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比
- $\varphi_c$  : コンクリートのクリープ係数
- $\rho_s$  : 鉄筋比

b) クリープによる不静定反力の変化

図-7に、中間支点反力の1年間の経時変化の実測値および道示(点線)およびコン示(実線)のクリープ係数

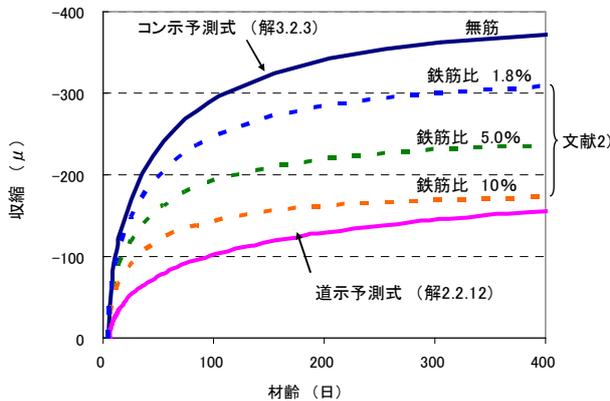


図-5 設計規準による収縮量の予測値

(図-6)を用いた計算値を示す。計算方法は、道示(解2.2.14)に示される近似計算式(式(3))である。それぞれの試験体を全支保工上で施工したと仮定した場合、case1 および case2 の中間支点反力は  $R_0 = -20.0kN$  , case3 では  $R_0 = +16.5kN$  となる。不静定反力は、この全支保工状態の反力  $R_0$  を目指して移行していくが、実測値は施工直後から急激に変化しており、材齢60日程度でほぼ収束していることがわかる。道示およびコン示のいずれの計算値もこの傾向をよく表している。

$$\Delta R_\varphi = (R_0 - R_1)(1 - e^{-\varphi_c}) \quad (3)$$

ここで、 $R_0$  : 全支保工で施工した場合の反力、  
 $R_1$  : 施工段階を考慮した反力

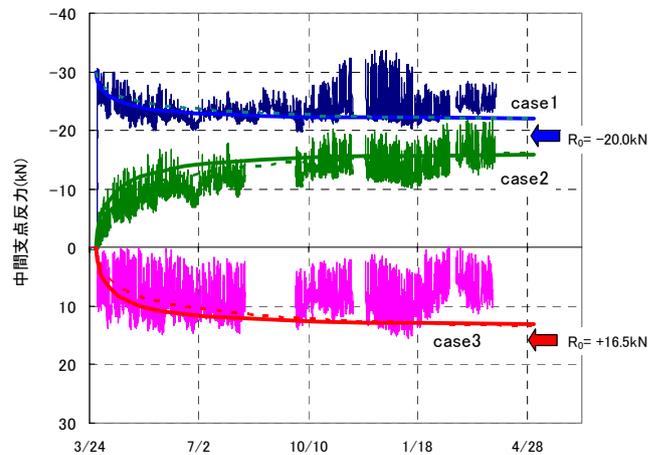


図-7 中間支点反力の経時変化

c) 断面内のひずみ変化

図-8に、プレストレス導入以後における断面内のコンクリートひずみ(鉄筋に貼り付けたひずみゲージにより測定)分布の変化を示す。長期に発生するコンクリートひずみは、乾燥収縮ひずみ+クリープひずみであり、case1 および2のA断面では圧縮応力の大きい下縁側でクリープひずみ成分が大きくなっていることがわかる。

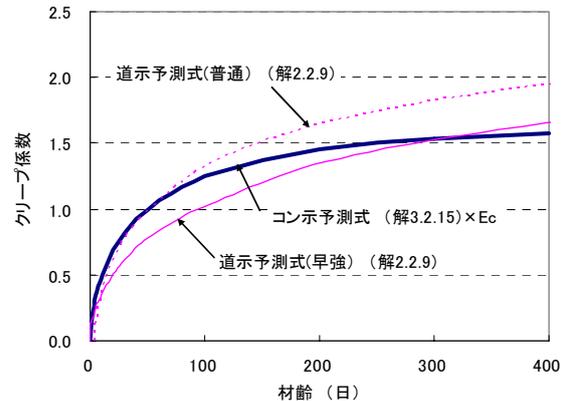


図-6 設計規準によるクリープ係数の予測値

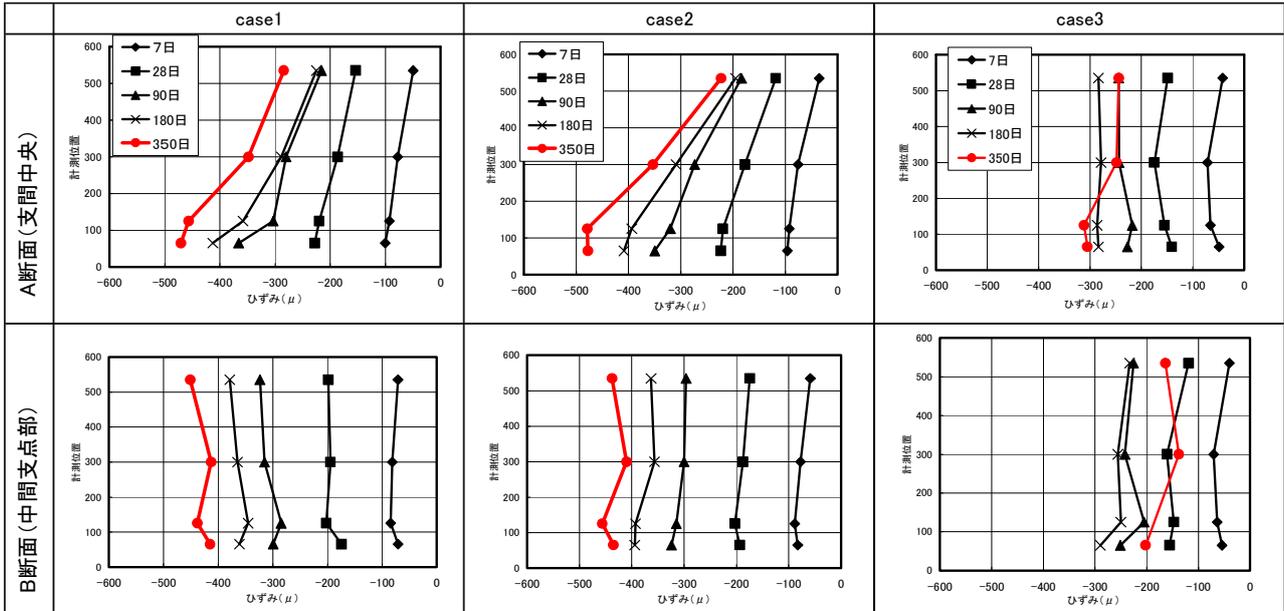


図-8 コンクリートひずみの断面勾配

中間支点上の B 断面では、初期の応力勾配に関わらず、断面全体がほぼ均一に収縮している。これは、不静定反力の変化が、初期の応力勾配と逆方向に作用しているために、クリープひずみが相殺されたものと考えられる。プレストレスを導入していない case3 では、不静定反力を含めた死荷重による応力が $\pm 0.2 \sim 0.4 \text{ N/mm}^2$  と小さく、長期ひずみはほぼ収縮ひずみのみと考えられ、断面が一樣に収縮していることがわかる。また、case3 では、材齢 300 日程度で微細なひび割れが梁全長にわたって生じ、収縮ひずみが緩和される傾向を示している。

$$\epsilon_{cs+cc} = \frac{\epsilon_{cs0} + \phi_c \frac{\sigma_{d+p}}{E_c} + \frac{\sigma_{\Delta R}}{E_c} \left(1 + \frac{\phi_c}{2}\right)}{1 + n \left(1 + \frac{\phi_c}{2}\right) \cdot \rho_s} \quad (4)$$

ここで、 $\epsilon_{cs+cc}$  : 鉄筋拘束の影響を考慮した収縮ひずみおよびクリープひずみ  
 $\sigma_{d+p}$  : プレストレス導入直後の死荷重による PC 鋼材位置のコンクリート応力  
 $\sigma_{\Delta R}$  : 不静定反力の変化  $\Delta R$  によって生じる PC 鋼材位置のコンクリート応力

d) PC 鋼材位置でのひずみ履歴

著者らは、文献2)において鉄筋比を変化させた RC 部材の暴露試験から鉄筋拘束を考慮した乾燥収縮の予測式(2)を提案したが、これに、プレストレスおよび自重によるクリープひずみ、および不静定反力の変化によるひずみの影響を加えた式(4)を新たに提案した。

図-9および図-10に、PC鋼材位置でのコンクリートひずみの実測値と、道示により収縮度 $\epsilon_{cs0}$ 、クリープ係数 $\phi_c$ を予測して式(4)で算定した場合と、コン示により収縮度、クリープ係数を予測した場合を示す。実測値は、道示を用いて算定した値を大きく上回っており、コン示に示される無筋コンクリートの収縮度およびクリー

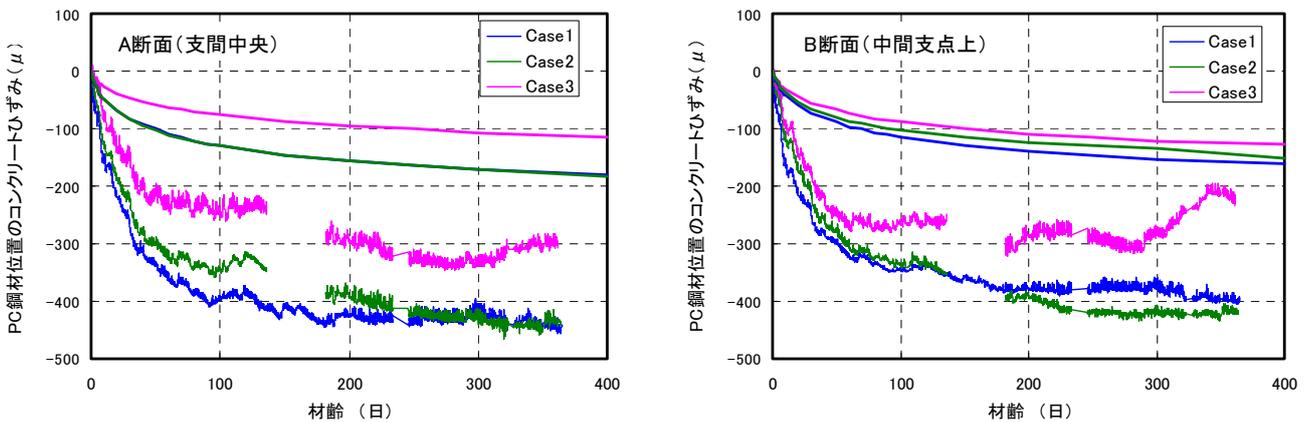


図-9 PC 鋼材位置のひずみ履歴と  $\epsilon_{cs0}$  および  $\phi_c$  に道示予測値を用いた式(4)の算定値

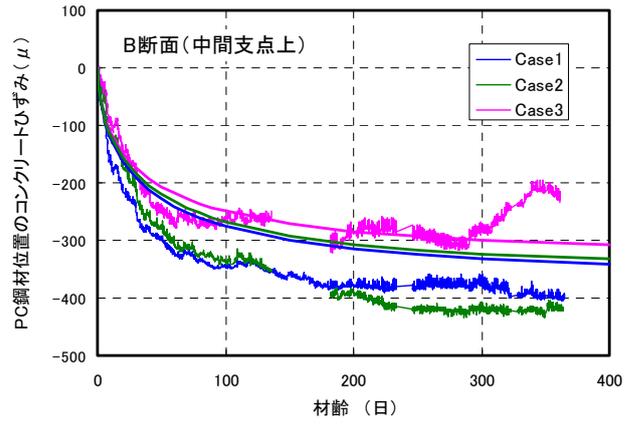
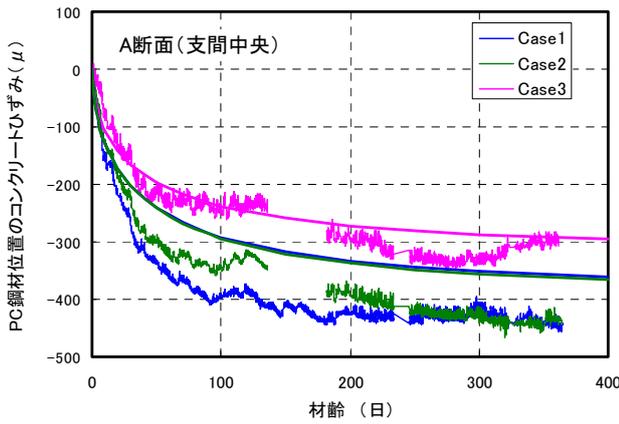


図-10 PC 鋼材位置のひずみ履歴と  $\epsilon_{cs0}$  および  $\phi_c$  にコン示予測値を用いた式 (4) の算定値

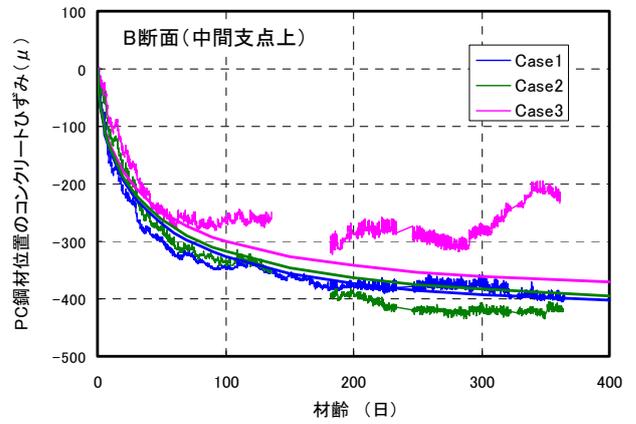
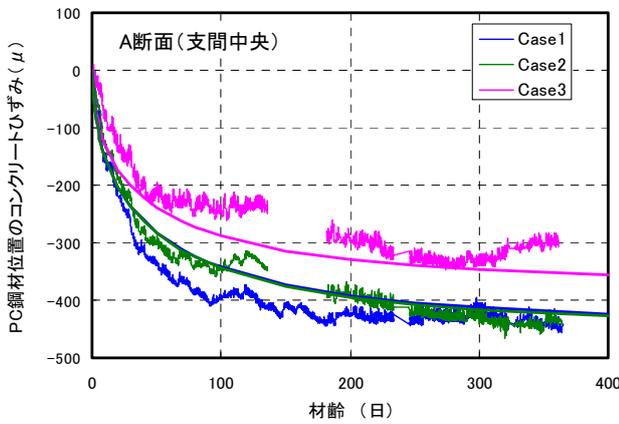


図-11 PC 鋼材位置のひずみ履歴とコン示による  $\epsilon_{cs0}$  の予測値を 1.2 倍と仮定した式 (4) の算定値

プ係数を用いるほうが妥当であることがわかる。図-10より、プレストレスを導入しておらずクリープひずみの影響の小さい case3 は、算定値にほぼ一致しているが、プレストレスを導入した case1 および case2 では、実測値が算定値を15%程度上回っており、クリープ係数がコン示による予測値よりも大きかったものと推察される。逆に、case1 および case2 の実測値の方からクリープ係数を同定すると、およそ5程度という結果になり、これはコン示による予測値 1.6 の3倍以上とあまり現実的な値ではない。別の推察として、算定値が実測値に合うように収縮ひずみを求めると、コン示の予測値よりも20%程度上回る値になる。図-11に、コン示の収縮ひずみの予測値を 1.2 倍と仮定した場合の比較を示す。今回は、無筋コンクリート梁による収縮試験およびクリープ試験を実施しておらず、以上の考察を完全に明らかにすることはできないが、コン示の予測値にバラツキを考慮した適切な補正係数を設定することで、式 (4) を用いて鉄筋量に応じた収縮量を算定することができるものと考え

e) クリープ・収縮によるPC鋼材の応力減少量

式 (4) で示した PC 鋼材位置のひずみに、PC 鋼材のヤング係数を乗じたものが、鉄筋拘束を考慮したクリープ・収縮による PC 鋼材の応力損失量となる(ただし、この算定値に PC 鋼材のリラクセーションによる損失量は含まれていないので、別途加える必要がある)。

図-12に、case2 のA断面におけるクリープ・収縮によるPC鋼材の応力損失量を示す。計算値は、すべてコン示の収縮予測値を 1.2 倍と仮定したものである。本提案式の鉄筋比を 0% としたものは、従来式の算定結果には

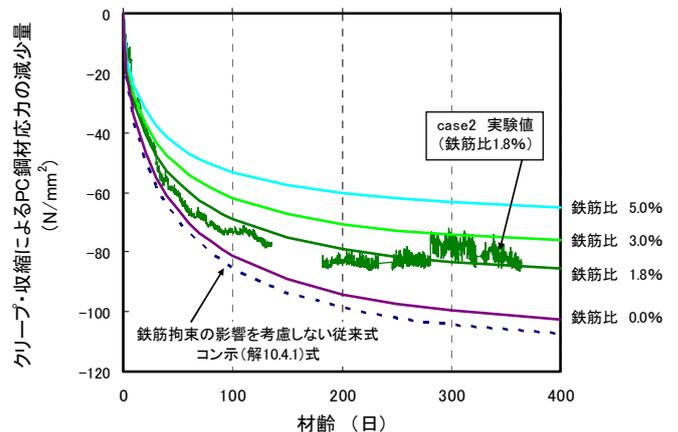


図-12 クリープ・収縮による PC 鋼材の応力減少量

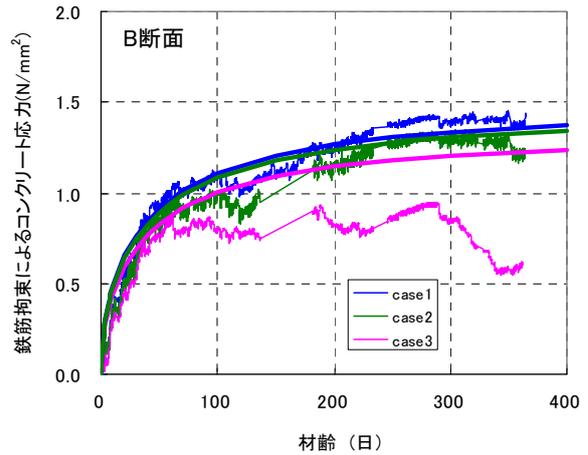
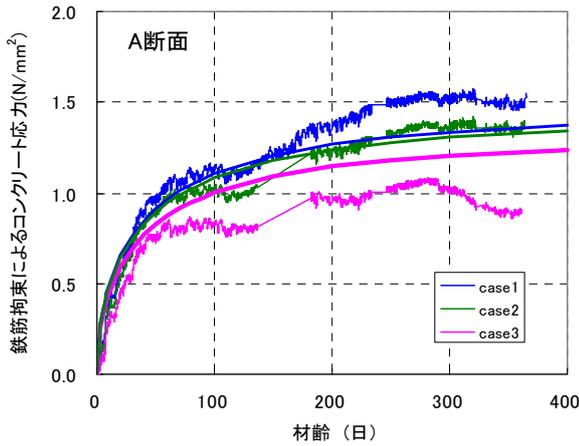


図-13 クリープ・収縮が鉄筋に拘束されることによって生じる断面図心位置でのコンクリート引張応力

ば一致するものであり、鉄筋比が大きくなるにつれて PC 鋼材の応力損失量が小さくなるのがわかる。本試験体の鉄筋比 1.8% では、鉄筋拘束の影響を考慮しない従来式（コン示 解 10.4.1 式）による算定結果に比べ、PC 鋼材の応力損失量は 20% 程度小さくなる。

f) 鉄筋拘束によるコンクリート応力の算出

式 (4) の PC 鋼材位置を各鉄筋位置と置き換えて、各鉄筋位置のひずみ変化を求め、鉄筋のヤング係数を乗じると、各段の鉄筋に生じる圧縮応力が求められる。この反作用力が、各段の鉄筋位置に作用すると仮定すると、鉄筋拘束によってコンクリート断面に生じる引張応力  $\sigma_c$  は、式 (5) として求められる。

$$\sigma_c = \sum \left[ \epsilon_{cs+cc,si} \times E_s \times A_{s,i} \times \left( \frac{1}{A_c} + \frac{e_{s,i}}{W} \right) \right] \quad (5)$$

ここで、 $\epsilon_{cs+cc,si}$  : i 段目の鉄筋ひずみ  
 (式 (4) で、PC 鋼材位置を i 段目の鉄筋位置と置換えて求める)  
 $A_{s,i}$  : i 段目の鉄筋の断面積  
 $e_{s,i}$  : i 段目の鉄筋位置と断面図心の距離  
 $W$  : コンクリートの断面係数

図-13 に、クリープ、収縮が鉄筋に拘束されることによって生じるコンクリート引張応力を断面図心位置で算定した結果を示す。実測値は、全鉄筋の圧縮ひずみを式 (5) に代入したものである。算定値は、コン示の予測値（ただし、収縮量のみ 1.2 倍）を用い、式 (4) および式 (5) より求めたものである。算定結果は実測値におおむね一致しており、鉄筋比が 1.8% 程度と比較的少ない量であっても、コンクリートの引張強度相当の引張応力が

蓄積されることがわかる。

4. PRC 部材における鉄筋比と拘束応力の関係

図-14 に、収縮ひずみを  $400 \mu$ 、クリープ係数を 2.0 と仮定した場合の鉄筋比と鉄筋拘束によるコンクリート応力（断面図心位置）の関係を示す。 $\sigma_p$  は、プレストレスによる平均応力である。プレストレスが小さくなるほどクリープひずみが小さくなり、同一鉄筋比であれば拘束応力は小さくなるが、PRC ではプレストレスを減少させるのに伴い、鉄筋比を増大させる必要があるため、PC に比べ鉄筋拘束力は大きくなる傾向にあると言える。導入プレストレスの低い PRC に 5% 以上の鉄筋比を配置すると、この鉄筋拘束力によって、死荷重時の応力状態が建設直後の圧縮状態から引張に転じ、ひび割れ発生応力を上回ることが十分に考えられる値となる。

PRC の設計において、鉄筋比を大きくするほど、設計荷重作用時のひび割れ幅が小さくなることはもちろんであるが、その反面、死荷重時におけるひび割れ発生の可

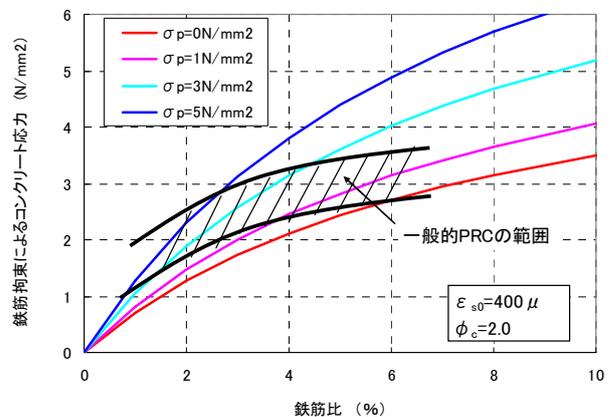


図-14 鉄筋拘束によるコンクリート応力と平均プレストレスおよび鉄筋比との関係

性能が高くなることを十分に認識しなければならない。

## 5. まとめ

- ① 圧縮強度 $40\text{N}/\text{mm}^2$ 程度のコンクリートでは、打込み直後に発生する自己収縮応力は一般的に無視してよいとされてきたが、鉄筋に生じた圧縮力との釣合い条件から自己収縮応力を推定した結果、材齢1日の時点で断面平均で $0.4/\text{mm}^2$ 程度の引張応力が蓄積されていることがわかった。
- ② プレストレス2次力を含む不静定反力の経時変化は、施工直後から急速に生じ、材齢60日程度ではほぼ収束した。道示に示される簡易計算式により、この傾向を精度よく算定できることがわかった。
- ③ 鉄筋拘束の影響を考慮した式(4)に、コン示に示される無筋コンクリートの収縮予測値およびクリープ係数を用いて、PRC梁のひずみ履歴を比較的精度よく算定できることを示した。ただし、コン示における収縮予測式は $\pm 40\%$ 程度の大きなバラツキがあることが報告されており、このバラツキを考慮した適切な補正係数の設定が必要である。
- ④ 今回の試験桁の鉄筋比1.8%では、クリープ・収縮によるPC鋼材の応力損失量は、鉄筋拘束を考慮しない従来式による計算結果に比べ、20%程度小さくなることがわかった。式(4)にPC鋼材のヤング係数を乗じることで、鉄筋拘束の影響を評価することができる。
- ⑤ PRC梁では、PC鋼材の応力損失量が減じる反作用として、鉄筋拘束による引張応力が無視できないとされている。式(5)により、この鉄筋拘束力を算定した結果、5%以上の鉄筋比を配置すると、この鉄筋拘束力がひび割れ発生応力を上回る可能性が高く、死荷重時におけるひび割れ発生について十分に検討することが必要である。

## 参考文献

- 1) 玉置一清, 三加 崇, 浅井 洋, 藤田 学: 鉄筋の拘束作用により版部材に生じる初期ひび割れに関する実験的研究, 三井住友建設技術研究所報告 第3号, 2005年
- 2) 玉置一清, 三加 崇, 浅井 洋, 藤田 学: 鉄筋が乾燥収縮を拘束することによって生じる初期ひび割れに関する基礎的研究, PC 技術協会第14回シンポジウム論文集, 2005年11月
- 3) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 I 共通編 平成14年3月
- 4) 土木学会: コンクリート標準示方書 [ 構造性能照査編 ] 2002年度版