

## PRC造床スラブの長期変形性状に関する実験研究

大同大学 正会員 工博 ○山本 俊彦

Abstract : To control the short- and long-term performance of reinforced concrete slabs partial pre-stressing has been used. Since partial pre-stressing allows the occurrence of cracking, it is necessary to clarify the influence of cracking on the short- and long-term performance of concrete slabs. Experimental results showed that the long-term deflections increased rapidly in the early stage of the experiment and the rate of increase was slower after about 200days. The ratios of the measured long-term deflections at the age of 782 days to the initial values were from 4.5 to 5.5. Although cracks were found in each specimen, the effect of cracking was limited.

Key words : Long-term deflections, Partial pre-stressing, Concrete slab, Shrinkage, Creep

## 1. はじめに

鉄筋コンクリートスラブの長期的な性能を確保するため、パースシャルプレストレス構造<sup>1)</sup>が用いられることがある。施工性と経済性の観点から有効であるが、この構造は、コンクリートに引張応力を許容するため、乾燥収縮応力の影響が加わることもあり、ひび割れ発生の可能性がある。このため、ひび割れ発生による、長期的な剛性の低下を検討する必要がある。ひび割れによる剛性低下は長期たわみの増大や固有振動数の低下に繋が<sup>2~4)</sup>、その健全性が損なわれることがある。本研究では、PRC造床スラブの長期載荷実験を行い、その長期特性の変化について調べた。

## 2. 実験概要

## 2.1 試験体

両端拘束の一方向スラブ試験体を5体を用いた。試験体を図-1および表-1に示す。S1~S4の両端拘束試験体は上側の実験対象スラブと拘束用の下側スラブ部分は同じ厚さで同量のプレストレスを導入した。回転は、スタブ自重によるモーメントとスラブモーメントがスタブ長さ内で釣り合うようにして拘束し、水平方向はスタブ下部に鋼板を敷き軸方向に拘束せず移動する構造とした。S5は、鉄骨反力フレームに軸力を負担させ、かつ下部スラブを厚くし50%程度の乾燥収縮ひずみの拘束を目的とし、乾燥収縮によって長期的にひび割れが発生することを想定した。PRCスラブのスパンは7200mmおよび9000mm、板厚比は36および45とし、スパンと板厚による影響を調べた。

## 2.2 プレストレスの導入と曲げ応力

PC鋼材の配置は自重をキャンセルするパラボラとした。プレストレス有効率は0.85とした。PC鋼材と普通鉄筋の配置を図-2に示す。試験体S5

は、図-3に示すようにPC鋼材を反力鉄骨に定着した。長期作用荷重による最大縁引張応力は1.92~2.98MPaで、軸方向圧縮応力はS5を除き-1.11~-1.72MPaである。

## 2.3 使用材料

表-2にコンクリート、表-3に普通およびPC鋼材の性質を示す。コンクリートの4週圧縮強度は、27.9MPaであった。PC鋼材は、7

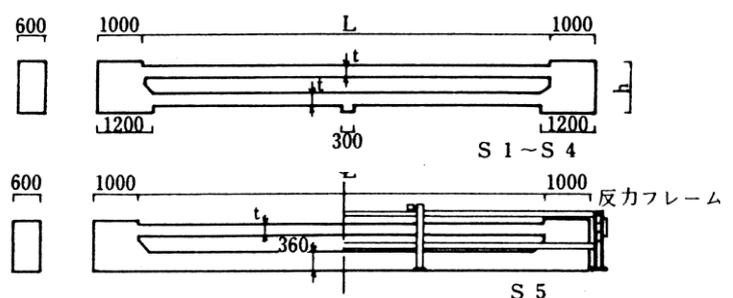


図-1 試験体(単位 mm)

表-1 試験体一覧

試験体	支持条件	L (mm)	t (mm)	h (mm)	普通鋼材:端部, 中央 pt(%)	プレストレス	
						鋼材	導入力(kN)
S1	両端固定	9000	250	1100	5-D10(0.26),3-D10(0.16)	2-15.2φ (e=190mm)	222
S2	〃	〃	200	1000	6-D10(0.41),4-D10(0.27)	2-15.2φ (e=140mm)	240
S3	〃	7200	200	1000	4-D10(0.27),3-D10(0.20)	2-12.7φ (e=100mm)	154
S4	〃	〃	160	920	5-D10(0.44),3-D10(0.26)	2-12.7φ (e=100mm)	171
S5	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

本よりアンボンド鋼材を用いた。

2.4 実験方法

材齢28日まで乾燥を防ぐためシート養生し、支柱撤去と同時にコンクリートブロックによる等分布荷重を材齢782日まで行った。固有振動数の測定は、乾燥収縮の進行に伴い、種々の材齢で行った。固有振動数の測定は、人体歩行や日常生じる程度の振動を対象として、サンドバッグ(500g)をスラブ上250mmから落下させ、測定した。実験は、周辺の環境の温湿度の変化を受ける実験室内で行った。長期荷重実験での試験体にかかる荷重と応力を表-4に示した。

3. 実験結果

3.1 荷重時のスラブの特性

表-5に各試験体の材齢28日荷重時のたわみ $\delta_{28}$ と固有振動数 $f_{28}$ を示した。荷重時に曲げひび割れの生じなかったS1~S4では、たわみ計算値 $\delta_c$ に比して1.05~1.12と高い剛性を示した。固有振動数もたわみと同様計算値 $f_c$ に対して1.09~1.13と高い値を示した。S5はわずかな曲げひび割れの発生が見られたがほとんど剛性低下は見られなかった。

3.2 たわみの長期的変化

図-4に長期たわみの変化を示す。材齢初期のたわみの増大は大きく、その後はやや緩慢になる様子を示した。S5試験体は、材齢200日以降のたわみの進行は同じスパンと板厚のS4に比べ、ひび割れの発生にもかかわらず小さくなった。

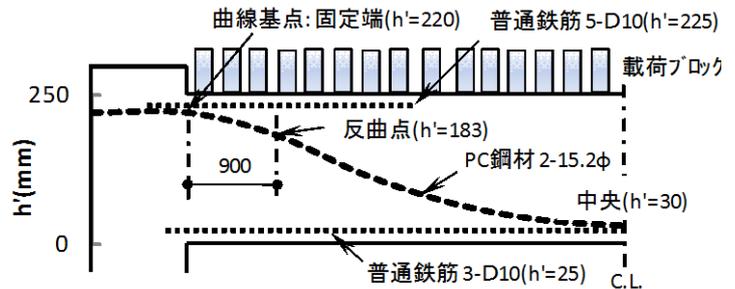


図-2 PC鋼材および普通鉄筋配置図 (S1)

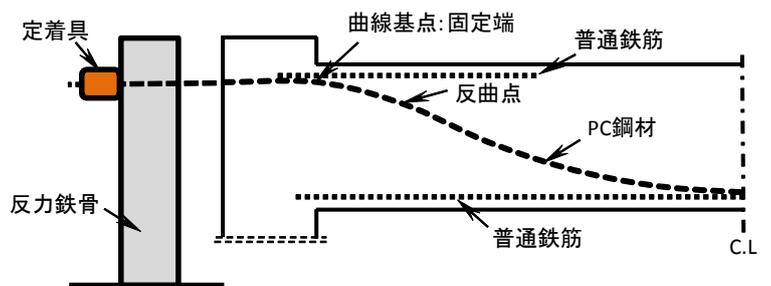


図-3 反力鉄骨へのPC鋼材定着 (S5)

表-2 コンクリートの性質 (4週)

圧縮強度 (MPa)	引張強度 (MPa)	曲げ強度 (MPa)	弾性係数 (GPa)
27.9	2.73	3.79	24.4

表-3 鋼材の性質

普通鋼材	降伏応力 (MPa)	引張応力 (MPa)	弾性係数 (GPa)	伸び (%)
D10	356	510	206	26.7
PC鋼材	断面積 (mm <sup>2</sup> )	降伏荷重 (kN)	引張荷重 (kN)	シース外径 (mm)
12.7φ	98.0	156	183	15.3
15.2φ	139	212	261	17.8

表-4 試験体にかかる荷重と応力および固有振動数計算値

試験体	荷重(kN/m)				最大縁応力(MPa)			固有振動数(Hz)	
	自重	積載	全荷重	作用荷重	曲げ	軸方向	合計	自重	全荷重
S1	3.53	1.76	5.30	1.76	1.92	-1.27	0.647	9.29	7.59
S2	2.83	〃	4.59	〃	2.98	-1.72	1.26	7.43	5.83
S3	〃	〃	〃	〃	1.92	-1.11	0.814	11.6	9.10
S4	2.26	〃	4.03	〃	2.98	-1.53	1.45	9.29	6.96
S5	〃	〃	〃	〃	〃	0	2.98	〃	〃

3.3 スラブ曲率の変化

図-5, 6に試験体S1, S4およびS5の端部および中央の曲率の変化を示す。曲率は、スラブ上端および下端から20mmの位置でコンタクトゲージ

によりひずみを測定して求めた。端部の曲率は、左右両端部から各4点、中央の曲率は中央部6点の平均値で示した。長期曲率の変化は、たわみの変化とよく対応しており、端部 $\phi_e$ と中央部 $\phi_c$ の曲率の比はほぼ2:1である。弾性計算値と比較して、中央部平均曲率は、S1で3.18倍、S4で5.22倍となっており、S4での値が大きくなっている。S5では、端部のひび割れの拡大により曲率が增大しているが、一方中央では増大は見られず、他と異なった様子を示した。

3.4 ひび割れ状況

図-7にS5試験体の長期荷重終了時(材齢782日)のひび割れ発生状況を示す。S1~S4試験体は、固定端部にわずかなひび割れ発生が見られたのみであった。

3.5 材齢782日除荷時のたわみ

表-6に材齢782日除荷時のたわみの戻り $\delta_{782r}$ と長期たわみ $\delta_{782}$ を示した。除荷時のたわみの戻りから求めた剛性は、荷重時に比べ0.67~1.00を示した。S1, S2で10%強の低下を示し、S3, S4でほとんど低下はなく、またS5では乾燥収縮ひずみの拘束によるひび割れ発生により大きな剛性低下を示した。最大縁応力と剛性低下の関係を図-8に示す。長期たわみは、7.6mm~17.4mmとなり、荷重時たわみに対する長期たわみの増加割合は、3.4~4.9となった。また、除荷時たわみに対するそれは、2.0~5.0と大きく異なった。特にS5は、長期的な剛性低下が著しいにもかかわらず、長期たわみの増大は押さえられた。これは、反力フレームによってプレストレス導入軸力が支持されており、プレストレス有効率の低下が無く、長期的に耐荷機構が異なっていたためと考えられる。

表-5 荷重時のスラブの静的および動的特性

試験体	最大縁応力 (MPa)	たわみ(mm)				固有振動数(Hz)		
		$\delta_{28}$	$\delta_c$	$\delta_c/\delta_{28}$	$(\delta_c/\delta_{28})^{1/2}$	$f_{28}$	$f_c$	$f_{28}/f_c$
S1	0.647	1.71	1.88	1.10	1.05	8.06	7.56	1.07
S2	1.26	3.26	3.66	1.12	1.06	6.35	5.83	1.09
S3	0.814	1.43	1.50	1.05	1.02	10.3	9.09	1.13
S4	1.45	2.68	2.93	1.09	1.05	7.57	6.90	1.10
S5	2.98	2.96	2.93	0.990	0.995	8.30	6.90	1.20

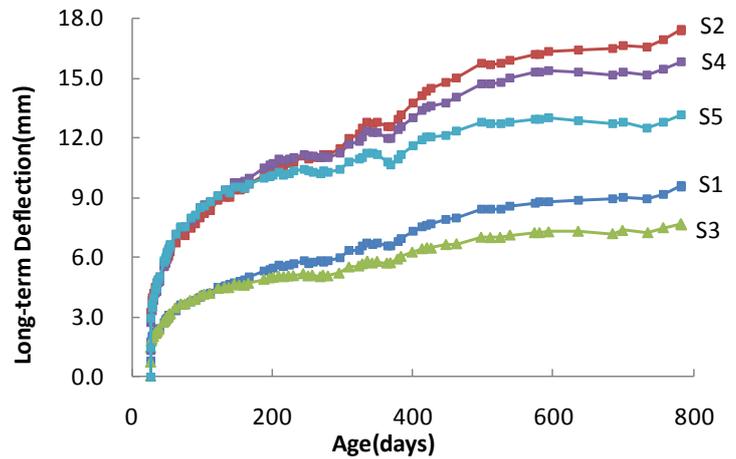


図-4 たわみの長期変化

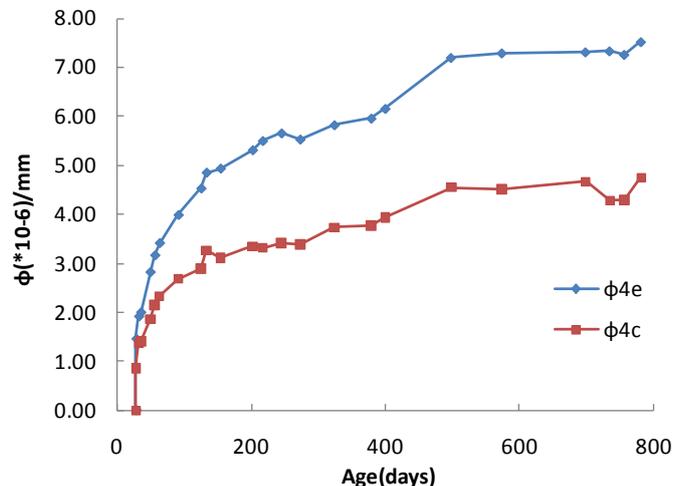
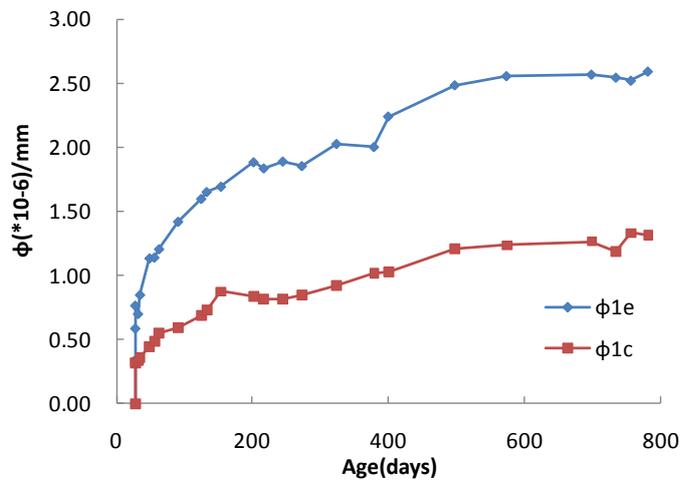


図-5 曲率の長期変化 (S1, S4)

4. まとめ

PRC造床スラブの長期荷重実験から、PRC造床スラブの長期特性の変化について以下の結果が得られた。

- 1) 長期たわみは、材齢200日迄の増大は大きく、その後は、季節の変動で増大は変化を示した。乾燥収縮を拘束し、プレストレスを反力フレームで受けたS5試験体は、材齢200日以降のたわみの進行は同じスパン・板厚のS4試験体に比べ少なくなった。
- 2) 材齢782日での剛性低下は0.67~1.00となり、板厚の影響は小さく、スパン 9000mm の S1, S2 では剛性の低下が見られた。S5は、最も剛性低下が大きかったが、S4試験体に比べ長期たわみの増大は大きくならなかった。
- 3) 長期たわみは、荷重時弾性たわみに比して、3.4~4.9倍となり、大スパンでも大きなたわみ増大は生じず、PRC構造の有効性が認められた。

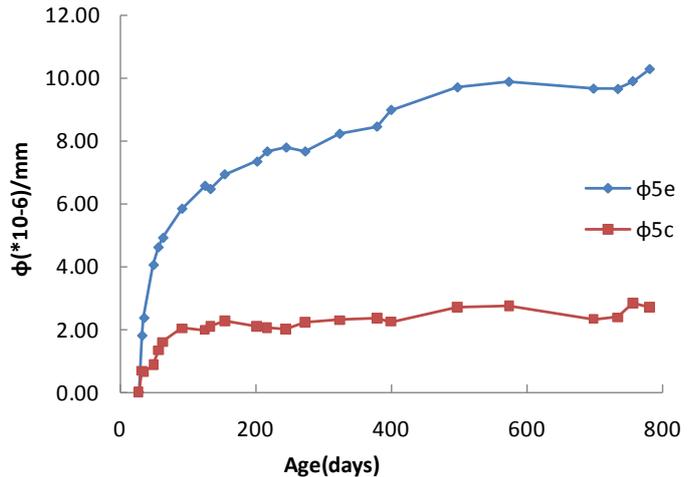


図-6 曲率の長期変化

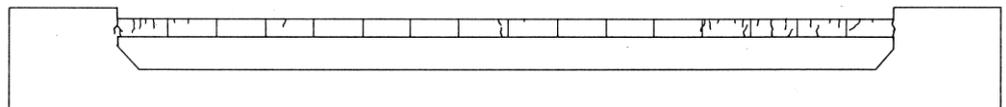


図-7 ひび割れ状況 (S5)

表-6 除荷時および長期のスラブたわみ

試験体	除荷時戻りたわみ		長期たわみ		
	$\delta_{782r}$ (mm)	$\delta_{28}/\delta_{782r}$	$\delta_{782}$ (mm)	$\delta_{782}/\delta_{28-1}$	$\delta_{782}/\delta_{782r-1}$
S1	1.92	0.891	9.51	4.56	3.95
S2	3.71	0.879	17.37	4.33	3.68
S3	1.44	0.993	7.62	4.33	4.29
S4	2.62	1.02	15.79	4.89	5.03
S5	4.43	0.668	13.12	3.43	1.96

参考文献

- 1) AIJ, 2003. "Recommendations for Design and Construction for Partially Pre-stressed Concrete (Class 3 of Pre-stressed Concrete) Structures," 332p.
- 2) 山本俊彦：PRC造床スラブの動的特性の変化に関する実験研究，第19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 pp.65-70, 2010
- 3) Yamamoto, T.: Change in Dynamic Properties of Reinforced Concrete Slabs, Transactions of JCI, pp.581-588, 1984
- 4) 山本俊彦：曲げおよび乾燥収縮ひび割れを生じる鉄筋コンクリート造床スラブの動的特性の変化に関する実験研究，コンクリート工学年次論文集，2010

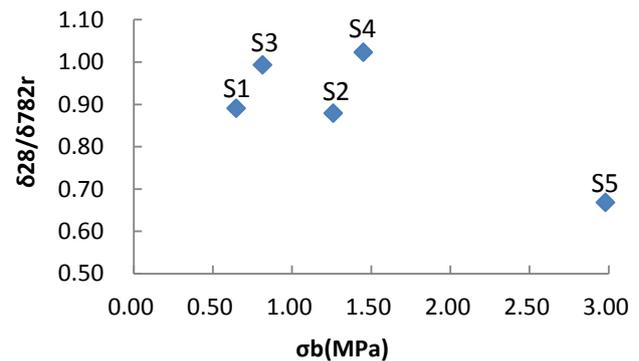


図-8 剛性低下率