

(30) 長期持続載荷下における長スパン合成床スラブの曲げ性状に関する研究

熊本工業大学 建築学科 正会員 ○ 岩原昭次
 (株) 富士ピー・エス 建築事業部 正会員 山下正吾

1. はじめに

近年、集合住宅を中心にして、建築物の床スラブのスパンは長大化する傾向にある。このようなスパンの長大化に対して、プレストレスを導入したプレキャスト板の上に場所打ちコンクリートを打設して一体化を図る合成床スラブが多く利用されている。

床スラブの場合、構造的に使用性能の観点から長期たわみ等を制御することが重要であるが、今のところ、このような長大なスパンの合成床板に対して長期たわみ性状等を十分に検証した実験資料は余り見られないようである。

本研究では、プレストレスを導入した逆T型断面を有するプレキャスト板を埋設型枠に用いた合成床スラブについて約850~1000日までの長期持続載荷実験の結果をまとめたものである。

なお、本実験の詳細及び持続載荷期間約100日迄の実験結果については既に発表している[1]。実験概要については簡述する。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体は、両端固定支持合成床スラブ3体、両端単純支持合成床スラブ1体、場所打ちコンクリート一体式床スラブ1体、乾燥収縮による影響を検討するための合成床スラブ1体で、合計6体である。

表1に試験体の主な実験要因の概要を一覧する。また、図1に試験体の全体形状を、図2に断面を示す。

合成床スラブは、プレストレスを導入したプレキャスト板を埋設型枠として用い、その上に場所打ちコンクリートを打設して、硬化後は埋設型枠と場所打ちコンクリートは構造的に一体となって挙動する形式のスラブである。

埋設型枠は、プレテンション方式でプレストレスが導入された逆ダブルT形断面を有するプレキャスト板であり、その断面形状は図2中に示す通りである。以後、ここでは、ここで用いている埋設型枠をFR板と称することにする。プレストレスの導入はPC鋼より線によっており、プレストレス導入に必要なPC鋼より線の緊張応力の大きさは使用したPC鋼より線の降伏点応力の約8割とした。

合成床スラブのうち、両端固定支持であるPCF-1、PCF-2及びPCF-3の各試験体はスラブ内法寸法(930、805、680cm)、スラブ丈(30cmと25cm)、FR板の最高高さ(18、15及び12cm)及びFR板中のPC鋼より線の大きさ(φ12.4とφ10.8)がそれぞれ異なる。両端単純支持試験体であるPCSは単純支持と固定支持との支持条件の違いによる長期たわみ性状等を検討するための試験体である。PCF-3との比較検討用の試験体である。

表1 試験体一覧

試験体名	断面の種類	スラブ厚 (cm)	FR板の最高 高さ(cm)	PC鋼より線の 公称径	支持条件	内法スパンあるいは 支持点間距離(cm)	備考
PCF-1	合成	30	18	φ12.4	両端固定	930	
PCF-2		25	15	φ10.8		805	
PCF-3			11			680	
PCS	場所打ち一体式				両端単純		
RCF			—	—	両端固定		注1
PCS-S		合成		15	φ10.8	両端単純	791

注1: PCF-3との比較用

注2: クリープ差と収縮差による影響の検討

PCS-S はクリープ差と収縮歪差による反りを検討するための試験体であり、自重の影響を除くため、両端を単純支持にするとともに試験体を立て掛けてセットしている。また、場所打ちコンクリート一体式床スラブ RCF は合成床スラブとの長期たわみ性状の違いを検討するための試験体である。

合成床スラブの試験体のうち、両端固定支持の試験体は FR 板を両端部のスタブ部分型枠(仮支柱を設置してある)間に架け渡し、更に、PCF-1, 2 に対してスパンの約 3 等分点位置 2 ヶ所に、PCF-3 に対しスパン中央位置 1 ヶ所に仮支柱を設置した状態で場所打ちコンクリートを打設して製作した。単純支持の試験体 PCS は FR 板を両端単純支持点間に架け渡し、スパン中央に仮支柱を設置した状態で場所打ちコンクリートを打設して製作した。乾燥収縮による上反り等を検討するための試験体 PCF-S は、平らな床上に埋設型枠を置き、その上に場所打ちコンクリート打設して製作し、その後場所打ちコンクリートが硬化した後、自重の影響を除くため、図 1 に示すように試験体を両端を単純支持とした状態で立て架けた。場所打ちコンクリート一体式床スラブである試験体 RCF は、スパン部分の型枠を全長に渡り仮支柱でサポートし、スタブ部分とスパン部分とを同時にコンクリート打設して製作した。両端固定合成床スラブ試験体において、FR 板のスタブへのかかり代は 3cm とした。なお、いずれの試験体共大型実験室内あるいは鉄骨屋内に置かれており、周囲の温度・湿度の影響を受ける。

2.2 試験体の養生と脱型

FR 板はコンクリート打設後 14 時間の蒸気養生を行い、翌日脱型を行った。その後、合成床スラブとしての試験体製作までストックヤードで自然養生と

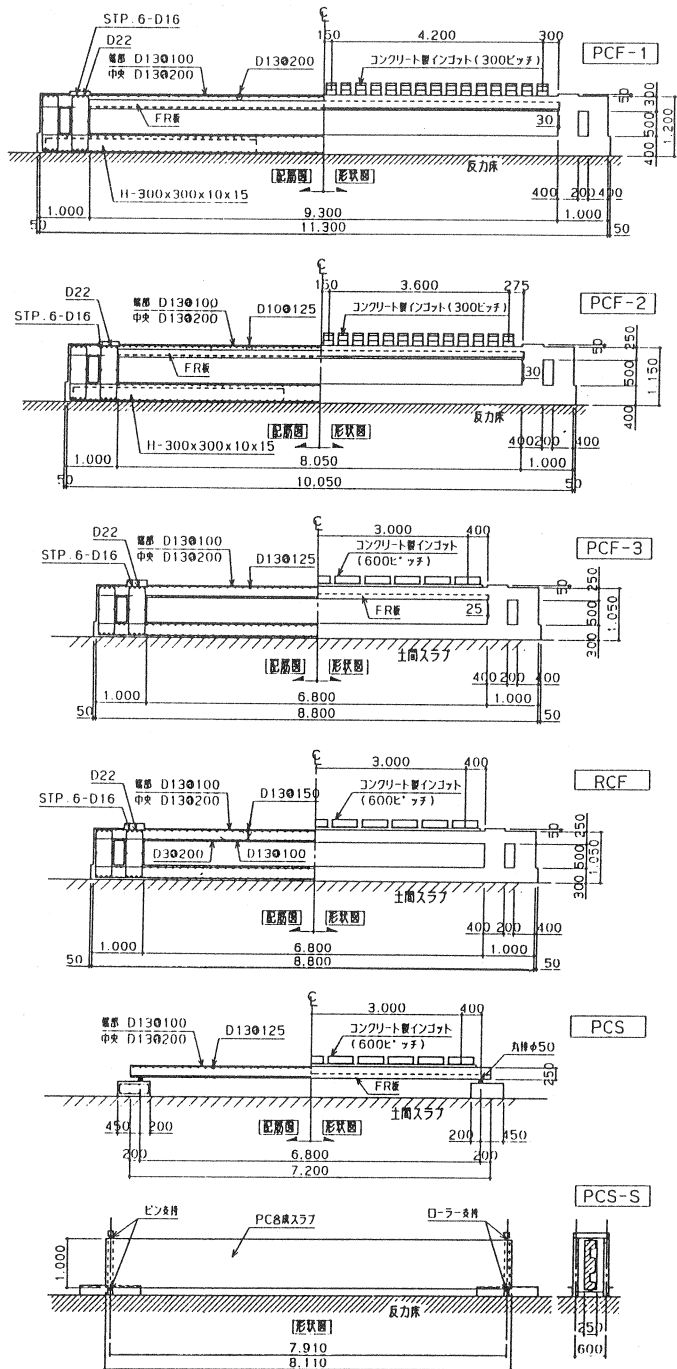


図 1 試験体形状

した。合成床スラブとしての試験体製作は、FR板の材令で28日以降に行い、場所打ちコンクリート打設後1週間濡れた布で覆い散水養生を行った。養生終了後に試験体製作の側型枠を撤去し、実験開始まで放置した。場所打ちコン

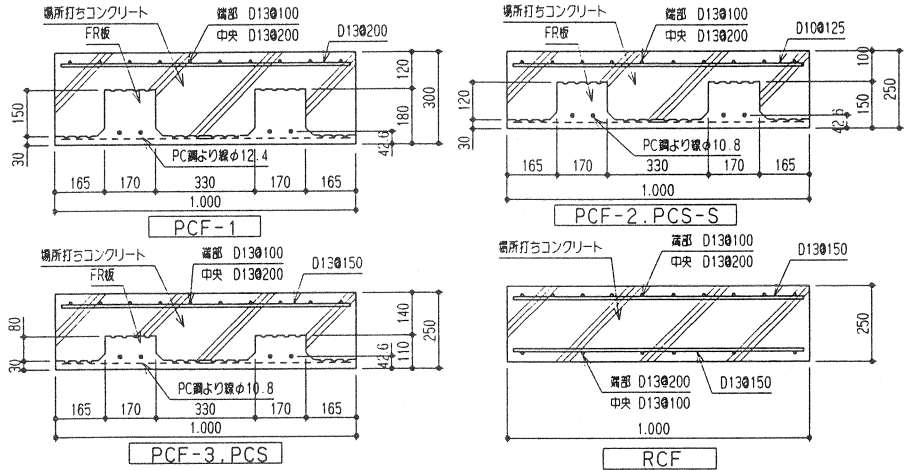


図2 試験体の断面

リート一体式床スラブの養生と脱型も、合成床スラブの場所打ちコンクリート打設後と同様に行った。

2.3 使用材料の機械的性質

使用したコンクリートの機械的性質を表2に、鋼材の機械的性質を表3に示す。また、FR板用コンクリートと場所打ちコンクリートのクリープ係数と乾燥収縮歪はφ15×30cmのテストピースを用いて測定した。クリープ係数はスプリング式クリープ試験機を用いて測定している。なお、PCS-Sには試験体中央のFR板のリブ部分中央に埋

表2 コンクリートの機械的性質

		養生方法	圧縮強度 (MPa)	E	割裂強度 (MPa)	スラブ (cm ²)
FR板用コンクリート		蒸気養生(7)	39.5	26.0	—	2
		水中養生(7)	33.3	24.9	—	
		蒸気養生(29)	63.8	27.4	4.13	
		水中養生(29)	61.0	28.9	4.19	
		蒸気養生(57)	50.6 (注1)	27.4	4.90	
場所打ちコンクリート	PCF-1, 2, PCS-S	湿潤養生(29)	32.6	23.9	2.95	22
		水中養生(29)	29.9	23.1	2.82	
	PCF-3, PCS, RCF	湿潤養生(30)	21.7	22.3	2.48	
		水中養生(30)	25.4	22.8	—	

(注1) キャッピング部分のモルタルがはがれた
 (注2) E : ヤング係数 (GPa)
 ()内 : コンクリートの材令 (日)

込型歪ゲージを埋め込み、FR板部分の乾燥収縮歪も測定した。

FR板用コンクリートと場所打ちコンクリートのクリープ係数と乾燥収縮歪の経時変化を図3と図4に示す。長期持続載荷実験終了日におけるクリープ係数最終値(クリープ・乾燥収縮実験における経過日数994日)はFR板用コンクリートで0.76、場所打ちコンクリートで2.75であった。また、乾燥収縮歪最終値はFR板用コンクリートで2.48×10⁻⁴、場所打ちコンクリートで2.65×10⁻⁴であった。なお、図4にはPCS-SのFR板部分の乾燥収縮歪も合わせて示した。

2.4 載荷方法

載荷荷重の大きさは住宅用設計荷重を対象とし、等分布荷重240kgf/m²とした。荷重載荷は、はじめに仮支柱を撤去し、その後コンクリート製インゴットをスパン全長にわたり図1に示すように、PCF-1, 2に対し

表3 鋼材の機械的性質

	PC鋼7本より線*		鉄筋D13
	φ12.4	φ10.8	
品質	SWPR7AN		SD295A
標準直径 (mm)	12.4	10.8	1.27
公称断面積 (cm ²)	0.929	0.697	1.267(1.116**)
降伏点応力 (MPa)	1636	1787	370.5
最大応力 (MPa)	1773	1956	554.5
ヤング係数 (GPa)	187.3	187.3	197.1

(注1) * : ミルシートによる
 (注2) ** : 実断面積

では30kgfと15kgfのインゴットを合計3段重ね、PCF-3、PCS及びRCFは150kgfのインゴット1段で均等に載荷した。

3 実験結果とその考察

3.1 ひび割れ状態

PCF-1はインゴットを2段半載荷(等分布荷重に換算して0.242tf/m²)終了直後に、PCF-2は2段載荷(等分布荷重に換算して0.194tf/m²)した直後に端部上面に1本程度のひび割れを生じた。その後、経過日数42日でPCF-1とPCF-2は共に2~3本のひび割れが端部付近に生じ、この時の最大ひび割れ幅は0.2mm程度であった。また、PCF-3、PCS及びRCF3体共荷重載荷時にはひび割れが生じず、PCF-3とRCSは経過日数約7日で両端部上面にひび割れが発生した。PCSは経過日数848日時点でもスラブ下面にひび割れが生じていない。

3.2 中央点のたわみ

図6に仮支柱撤去直前を基準にしたたわみの経時変化を示す。また、表4に主な時点での長期たわみ実験値を一覧する。なお、PCF-1とPCF-2は経過日数997日で載荷荷重を除去してある。PCF-1とPCF-2の除荷直前(経過日数997日)における長期付加たわみ(長期たわみ-初期たわみ)はそれぞれ11.49mm、10.11mmであり、初期たわみの2.62、2.10倍を示した。またPCF-3の経過日数848日における長期付加たわみは8.55mmであり、初期たわみの2.93倍を示した。

即ち、長期付加たわみ倍率(長期付加たわみ/初期たわみ)はPCF-3、PCF-1、PCF-2の順で小さくなったが、FR板断面の全スラブ断面に対する倍率(PCF-3で0.23、PCF-1で0.27、PCF-2で0.29)の順とは逆の結果となっている。このことから、スラブ断面でFR板の占める割合が少ない程長期付加たわみ倍率が大きくなるものと考えられる。PCS試験体の長期付加たわみ倍率は2.03であるが、この試験体にはひび割れが生じていないので、この倍率はおおよそ合成断面としてのクリープ係数に近い値と考えられる。

場所打ちコンクリート一体スラブRCFの長期付加たわみ倍率は経過日数848日で6.76倍であり、合成床スラブのそれよりも数倍高い。特にPCF-3と比べると約2.3倍であり、合成床スラブが長期たわみに対して

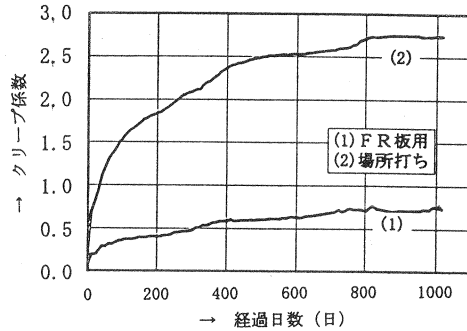


図3 クリープ係数

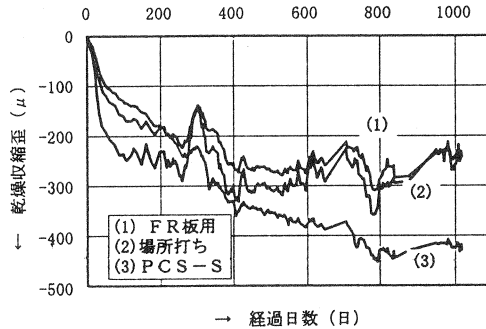


図4 乾燥収縮歪

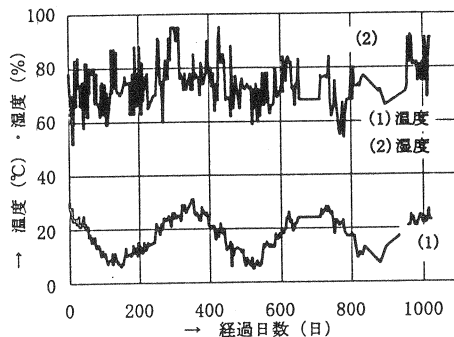


図5 温度・湿度変化

表4 長期たわみ(mm)実験値一覧

試験体名	仮支柱除去直後	積載荷重開始直後	経過日数 (日)								積載荷重除荷直前 (997日)	積載荷重除荷直後 (997日)	積載荷重除荷から15日後
			1	3	10	101	210	500	848				
PCF-1	2.64	4.38	5.10	5.55	6.79	9.31	10.29	14.06	-	15.87	14.43	14.19	
PCF-2	2.82	4.82	5.56	6.05	7.52	10.13	10.90	13.91	-	14.93	13.62	13.32	
PCF-3	1.78	2.92	3.14	3.30	3.69	6.54	8.70	10.26	11.47	-	-	-	
PCS	5.97	9.68	10.45	11.00	12.35	19.16	23.84	27.48	29.32	-	-	-	
RCF	1.03	1.84	2.45	2.67	3.24	7.55	10.58	12.50	14.27	-	-	-	
PCS-S	0	0	-0.13	-0.20	-0.49	-0.30	-0.14	1.40	-	3.66	3.66	-	

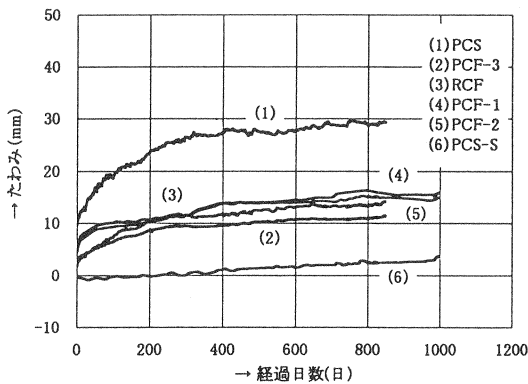


図6 長期たわみ(仮支柱撤去時基準)

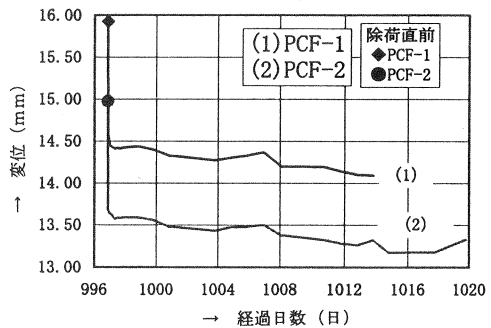


図7 除荷前後のたわみ

極めてすぐれていることが示されている。

PCF-1 と PCF-2 は経過日数 997 日で除荷を行っているが、この除去の戻り量は PCF-1 で 1.44mm、PCF-2 で 1.31mm であり持続荷重時の積載荷重によるたわみ増加量の 65~83%を示した。除荷後の経時たわみを図 7 に示すが、大きな変化は見られない。

3.3 PC鋼より線と鉄筋の経時歪

仮支柱撤去直前を基準にして、試験体の中央に位置するPC鋼より線の経時歪を図8に示す。仮支柱撤去前のPC鋼より線の歪はPCF-1で5734 μ 、PCF-2で5348 μ であるが、経過日数約996日までの間に歪は約-200 μ から100 μ まで凹凸状に変化しているが、その変化量は仮支柱撤去直前の値の約6%にすぎない。また、その変化状態はCFRSの場合と同じ傾向にあり、図5と比較して温度の経時変化の影響を受けていることが分かる。

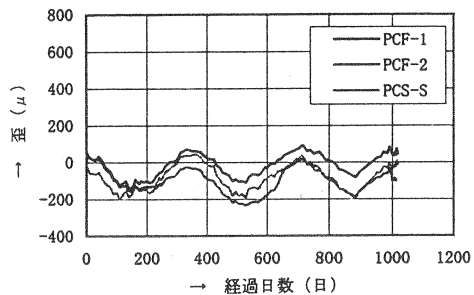


図8 PC鋼より線歪

図9と図10に仮支柱撤去前を基準にした、持続荷重開始時からの各試験体の固定端部引張鉄筋と中央

部鉄筋の経時歪を示す。但し、図10において、RCFの鉄筋は中央部下端筋である。

4. まとめ

経過日数約850~1000日までの実験結果について、本研究の範囲内で次の結果を得た。

(1) 経過日数約850~1000日までで両端固定支持のPCF-1、PCF-2及びPCF-3の長期たわみは持続載荷開始時のたわみの約3.1~3.9倍と推定される。経過日数約600日以後はたわみはほとんど増加していない。
 (2) クリープ差及び収縮差によるたわみ実験値は最大で3mm程度であり、この種の合成床板の長期たわみにあまり影響を与えないことが分かった。

(3) 単純支持試験体の合成床スラブは経過日数約850日過ぎた時点においても下面にひび割れが発生しておらず、合成床スラブが場所打ちコンクリート一体打ち式床スラブよりも優れていることがわかった。

【参考文献】

- 1) 山下正吾、岩原昭次：長スパン PC 合成床板の長期たわみに対する実験的研究、プレストレストコンクリート技術協会第6回シンポジウム論文集、1996年
- 2) 岩原昭次、山下正吾、小森清司、鈴木功：逆T型 PC 埋設型枠を用いた合成床スラブの長期曲げ性状に関する研究、日本建築学会論文報告集、1996.2. 第480号、PP.141-150
- 3) 山下正吾、岩原昭次：PC埋設型枠を用いた長スパン合成床板の短期曲げ性状に関する実験的研究、コンクリート工学年次講演会論文集、Vol. 18、PP.1067-1072、1996年
- 4) 日本建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説、昭和62年1月、丸善

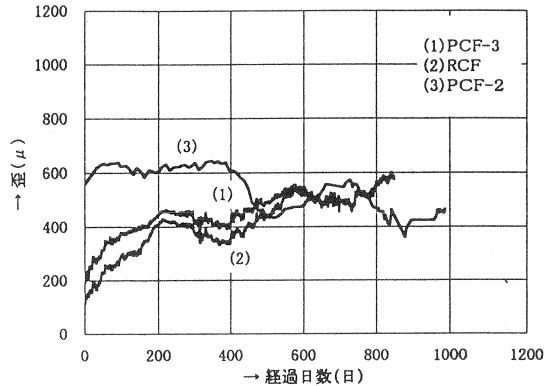


図9 端部固定端位置の鉄筋歪(仮支柱撤去時基準)

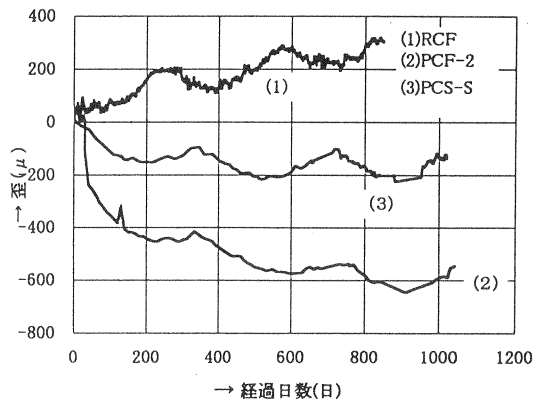


図10 中央部の鉄筋歪(仮支柱撤去時基準)