

(122) 長スパンPC合成床板の長期たわみに対する実験的研究

(株) 富士ピー・エス 建築事業部 正会員 ○山下正吾
 熊本工業大学 建築学科 正会員 岩原昭次
 長崎大学 構造工学科 小森清司

1. はじめに

最近のマンション建築物は、一住戸当りの床面積が大きくなるにも関わらず、設計上小梁を省く事が要求されるため、床スラブのスパンが7~10mへと長大化していく傾向にある。

本研究は、このような長スパンの住宅に対応できる逆T形断面のプレキャスト板を用いたPC合成床板を開発し、その長期たわみ性状の把握を目的に6~9mスパンに対して一連の長期載荷実験を行っている。また、その成果は実験結果とともに逐次発表^{〔1〕}、^{〔2〕}、^{〔3〕}してきた。今回、鉄筋コンクリートスラブとの比較実験も含めて、7~9mスパンのPC合成床スラブに対する経過日数約200日までの長期曲げ実験結果について、考察・検討を行うとともに最終たわみ値の推定を行った。

2. 実験方法

2.1 試験体

実験に用いた試験体は合計5体で、表1に試験体一覧を示す。PCF-1~3は、プレストレスを導入した逆T形プレキャスト板(以後FR板と呼ぶ)を用いたPC合成床板に、両端固定を想定して端部にスタブ及び鉄筋コンクリートスラブを設けた試験体で、内法スパンを6.80m~9.30mとした。PCSは、PCF-3試験体を単純支持の状態で作製した。また、RCFはPCF-3試験体と同スパン・同スラブ厚の鉄筋コンクリート(以後RCと略す)床スラブとした両端固定型試験体である。なおFR板のプレストレス力は、各PC鋼材の降伏点応力の8割とした。

表1 試験体一覧

名称	内法スパン(m)	スラブ厚(cm)	支持状態	試験場所	構造種別
PCF-1	9.30	30	固定	大型実験室	PC合成床板
PCF-2	8.05	25	固定		
PCF-3	6.80	25	固定		
PCS	6.80 (※1)	25	単純支持	鉄骨上屋内	RC一体打ち
RCF	6.80	25	固定		

(注1) 支持点間距離を示す

図1に各試験体のスラブ断面図を、図2に試験体形状図を示す。試験体の幅はすべて1mとした。PCF-1, 2は大型実験室内の反力床上に設置し、PCF-3, PCS, RCFは、鉄骨上屋内の土間スラブ上に配置した。大型実験室及び鉄骨上屋内の場所打ちコンクリートは、打設日、コンクリートの仕様とも異なる。

図1に各試験体のスラブ断面図を、図2に試験体形状図を示す。試験体の幅はすべて1mとした。

PCF-1, 2は大型

実験室内の反力床上に設置し、PCF-3, PCS, RCFは、鉄骨上屋内の土間スラブ上に配置した。大型実験室及び鉄骨上屋内の場所打ちコンクリートは、打設日、コンクリートの仕様とも異なる。

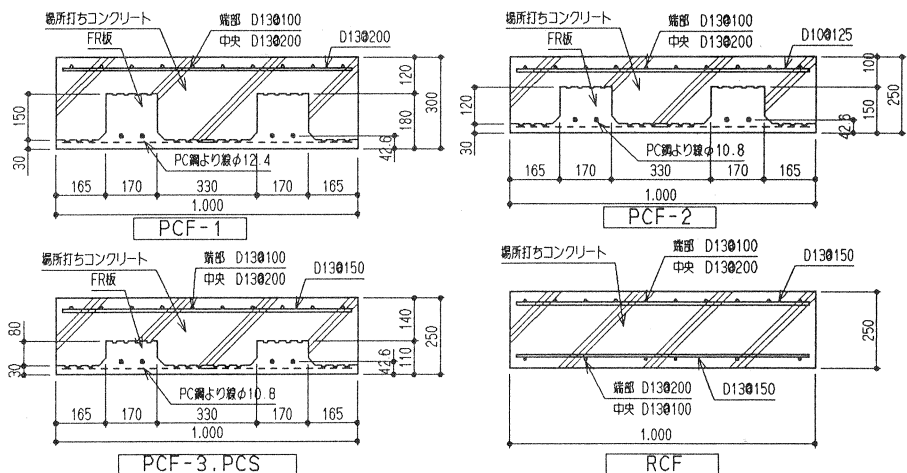


図1 試験体スラブ断面図

PC合成床板試験体は、FR板を両端部スタブ型枠近傍の仮支点上に架設し、PCF-1, 2はスパンの約1/3点2ヶ所を、PCF-3, PCSはスパンセンター1ヶ所を仮支柱でサポートした状態で、スタブとFR板上の場所打ちコンクリートを同時に打設して製作した。RCF試験体は、現場打ち鉄筋コンクリートと同様に、型枠をスラブ全長にわたりサポートし、スタブ部と同時に打設して作製した。

2.2 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、等分布荷重に換算して240kgf/m²とした。

荷重載荷は、初めに試験体下面に設置していた仮支柱又はサポートを撤去し、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均等に載荷した。図2に示すようにPCF-1, 2は30kgfと15kgfのインゴットを重ねて載荷したが、PCF-3, PCS, RCFは150kgfのコンクリート製インゴットを木製栈木を介して1段載荷とした。

2.3 測定方法

たわみの計測は、各試験体ともスパン中央部両側面に2ヶ所設置した電動式変位計にて行った。

スパン中央部は、PC鋼より線(PCF-1~3, PCS)または下端主筋(RCF)の歪を、端部では上端主筋の歪をそれぞれ2ヶ所測定した。

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をφ15×30cmのテストピースを用いて測定した。クリープ係数の測定は、スプリング式クリープ試験機を用い、圧縮強度の1/3の応力を一定持続荷重させて計測した。

2.4 使用材料の機械的性質

表2に、使用したPC鋼より線と鉄筋の機械的性質を、表3にコンクリートの機械的性質を示す。

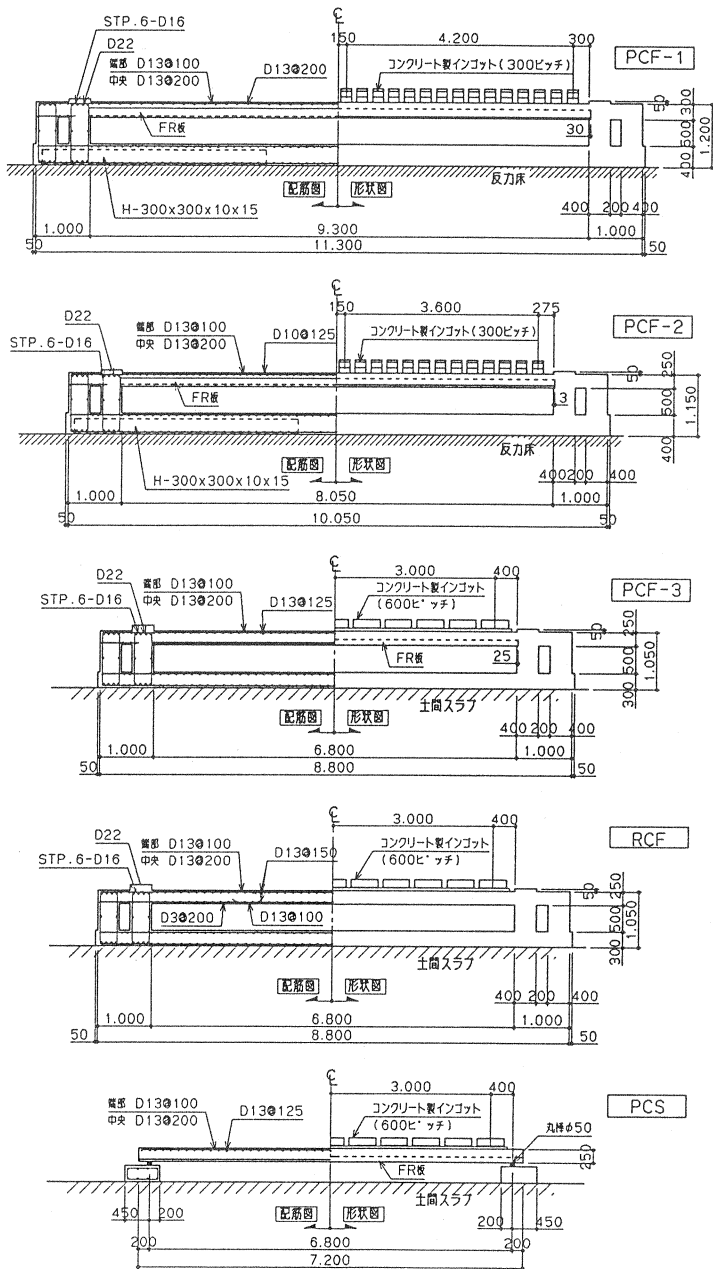


図2 試験体形状図

表2 鋼材の機械的性質

品質	PC鋼より線*	鉄筋D13
品質	SWPR7AN	SD295A
標準直径(mm)	φ10.8	12.7
公称断面積(cm ²)	0.697	1.267(1.112***)
降伏点応力(kgf/cm ²)	18226	3778(1880***)
最大応力(kgf/cm ²)	19948	5654
ヤング係数(kgf/cm ²)	1.91×10 ⁶	2.01×10 ⁶

(注1) * : ミルシートによる (注2) *** : 実断面積
(注3) *** : 降伏点歪 (μ)

3. 実験結果とその考察

3.1 クリープ係数と乾燥収縮歪

PCF1, 2の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, 図4に示す。

FR板用コンクリートと場所打ちコンクリートに対して、実験結果から回帰式を用いて推定したクリープ係数最終値は、それぞれ0.47, 2.07となる。また同様に乾燥収縮歪最終値は、FR板で 2.72×10^{-4} , 場所打ちで 3.15×10^{-4} となる。

3.2 ひび割れ状況

PCF-1, 2は荷重載荷時に端部上面に1本程度のひび割れが生じた。その後40日頃に両試験体とも2~3本のひび割れが端部付近に生じたが、その後は殆ど変化していない。また、最大ひび割れ幅は約0.20mmである。一方、PCF-3, PCS, RCFとも荷重載荷時には、ひび割れは生じず、PCF-3, RCFは経過日数約7日で両端部上面にひび割れが発生した。その後、ひび割れは若干進展する傾向を示したが、大きくは変化していない。最大ひび割れ幅は0.20mm程度である。さらに、PCSも含めて全試験とも、中央下面にひび割れは発生していない。

3.3 長期たわみ

図5に仮支柱撤去前を基準にしたたわみの経時変化を示す。PCF-1, 2は載荷時に端部にひび割れを生じた影響で初期たわみはかなり大きい。9.3mスパンのPCF-1が8.05mスパンのPCF-2より経時たわみが小さいのは、スパンよりスラブ断面及びプレストレス量に起因するものが大きいと思われる。PCF-3, RCFは初期たわみは小さいが、経過日数7日頃まで急激に増加し、その後やや緩やかに変化している。プレストレスを導入したPCF-3が同断面・同スパンのRCFより初期たわみは大きい。これは、RCFのサポート撤去による自重載荷は試験体に等分布荷重として加わるものに対し、PC合成スラブは自重が仮支柱反力により集中荷重として載荷された影響と思われる。なお、両者の比較では経過日数37日でたわみが逆転し、RCFの方がしだいに増加たわみが大きくなっている。これは、RCFのコンクリートのクリープや乾燥収縮の影響がPC合成スラブに比べて大きいため、徐々にその差が表れてきていると考えられる。また、単純支持のPCSは他の試験体に比べて初期のたわみ変化は極めて大きく、100日頃まで急激に進展している。経過日数200日弱の長期たわみは、両端固定に比べ約3倍のたわみ量

表3 コンクリートの機械的性質

種別	養生方法	圧縮強度 (kgf/cm ²)	E	割裂強度 (kgf/cm ²)	
FR板用 コンクリート	湿潤養生(7)	403	2.65	—	
	水中養生(7)	340	2.54	—	
	湿潤養生(29)	651	2.79	42.1	
	水中養生(29)	622	2.95	42.7	
	湿潤養生(57)	516 ^(注1)	2.79	50.0	
場所打ち コンクリート	PCF-1	湿潤養生(29)	332	2.44	30.1
	PCF-2	水中養生(29)	305	2.36	28.8
	PCF-3	空中養生(30)	221	2.27	25.3
	PCS, RCF	水中養生(30)	259	2.33	—

(注1) : キャッピング不良のため参考値とする
 (注2) E : ヤング係数 ($\times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$)
 (注3) : () 内: コンクリートの材令 (日)

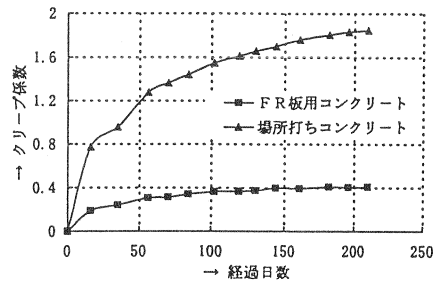


図3 クリープ係数

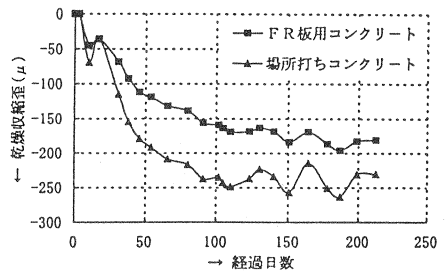


図4 乾燥収縮歪

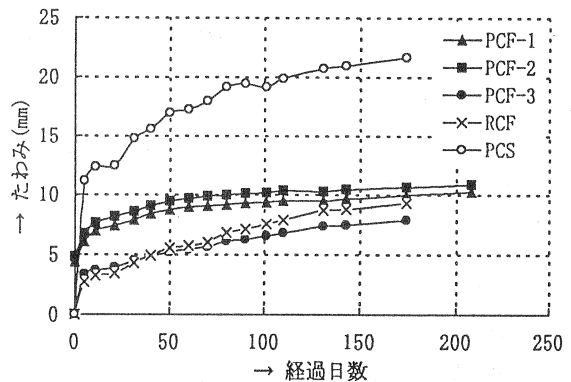


図5 長期たわみ

となった。

表4に長期たわみの実験値と $\delta = t / (A+Bt)$ の形式で表される回帰式を用いて推定した最終たわみ値を示す。またPCF1,2については、文献[4]に示す解析法により推定したたわみ計算値と実験値との比較も示す。一部に若干異なる部分もあるが、概ね近似していると思われる。

表4 たわみ実験値および計算値

試験体名称	載荷時			約200日時 ^(注2)			最終たわみ		
	実	計	実/計	実	計	実/計	推	計	推/計
PCF-1	4.38	4.51	97%	10.26	10.82	95%	10.58	12.81	83%
PCF-2	4.82	3.72	130%	10.86	8.87	122%	11.19	10.42	107%
PCF-3	2.02	-	-	7.85	-	-	9.56	-	-
PCS	6.44	-	-	21.68	-	-	24.27	-	-
RCF	1.84	-	-	9.31	-	-	12.78	-	-

(注1) 実：実験値(mm)，計：計算値(mm)，推：回帰式による推定値(mm)
 (注2) PCF-1,2は経過日数208日時を他は174日で示す。

3.4 中央部引張鋼材歪の経時変化

仮支柱撤去前を基準として、PCF1~3の中央部PC鋼より線の歪変化、及びRCFの中央部下端引張鉄筋の歪変化を図6に示す。PCF1~3は2ヶ所の歪の平均値を示し、RCFは歪変化の傾向が異なるため2ヶ所の歪値を別々に示している。

PC鋼より線の歪変化は、持続載荷時には圧縮側に変化している。これは、外部応力による歪変化よりもクリープや乾燥収縮によるものの方が大きく影響している事を示していると思われる。一方、RCFの鉄筋歪は、2ヶ所でも異なる傾向を示しているが、概ね引張側に変化していると思われる。

3.5 鉄筋歪の経時変化

図6と同様に示した端部引張鉄筋歪の経時変化を図7に示す。図7の歪値は、一部を除き両端部4ヶ所の平均値で示している。

載荷時にひび割れが発生したPCF1,2の初期歪変化は他に比べて大きな値を示している。歪変化は、すべて引張側に緩やかに変化している。

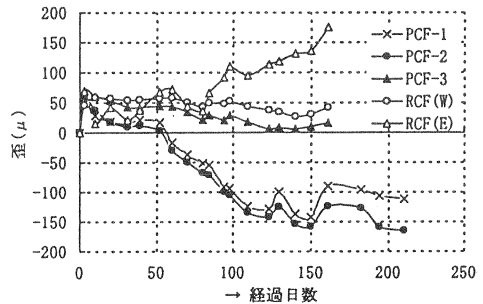


図6 中央部引張鋼材歪

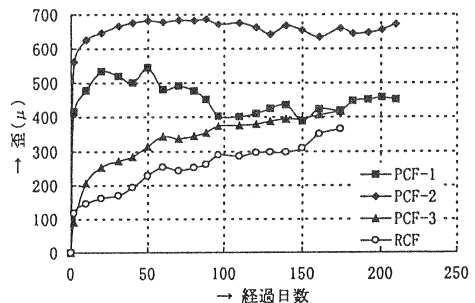


図7 端部鉄筋歪

4. まとめ

スパン 7m~9mのPC合成床板の約200日までの長期曲げ実験において、次の結果を得た。

- (1) PC合成スラブの長期たわみは、8~11mmとなり、スパンLの1/900~1/750であり、最終たわみは10~11mm (L/700)程度と推定される。
- (2) 同断面・同スパンの鉄筋コンクリートスラブに対し、PC合成スラブは、初期たわみは大きいものの、長期付加たわみはかなり小さくなる傾向にある。
- (3) 文献[4]に示す長期たわみの解析法は概ね妥当な解析法である事が示された。

(参考文献)

[1] 山下正吾, 岩原昭次, 小森清司: 逆T型PC板埋設型枠を用いた合成床スラブの長期曲げ性状、コンクリート工学年次論文報告集, pp249~254. 1991
 [2] 岩原昭次, 小森清司, 山下正吾: 逆T型PC板埋設型枠を用いた合成床スラブの持続荷重下における力学的研究(その2)、日本建築学会中国・九州支部研究報告, pp365~368. 1993. 3
 [3] 岩原昭次, 山下正吾: PC埋設型枠を用いた長大スパン合成床板の長期曲げ性状に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集, pp1073~1078. 1996. 7
 [4] 岩原昭次, 山下正吾, 小森清司, 鈴木功: 逆T型PC板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、第480号、1996. 2
 (謝辞) 実験及びデータのとりまとめに際して、熊本工業大学岩原研究室の大学院生および学生諸氏並びに(株)富士ヒート・エスの森田, 濱田両君にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。