

(29) 長期持続載荷終了後における長スパン合成床スラブの剛性・耐力について

(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

1. はじめに

近年のマンション等の集合住宅は、一住戸当りの床面積が大きくかつ小梁を省いた大型一枚スラブとなる傾向にある。また、スパンも7~10mへと長大化している。

本研究は、この様な長スパンの住宅に対応するため開発した逆T形断面のプレキャスト板を用いたPC合成床板について、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^{[1]・[2]}を行ってきた。今回、8~9mスパンの試験体の持続載荷が約3年を経過したので、持続荷重を除荷して耐力の確認のため短期載荷実験を行った。本報は、長期持続載荷終了後の合成床板の短期載荷実験と持続荷重載荷前に行った短期載荷実験^[3]との比較検討を行うと共に、耐力劣化等について考察を行った。

2. 実験方法

2.1 試験体

今回短期載荷実験を行った試験体は合計3体で、表-1に試験体一覧を示す。PCF-1,2は住宅用設計荷重を想定した等分布荷重を約3年間持続載荷した試験体で、PCS-Sは、乾燥収縮の影響を測定するために単純支持とし、自重の影響を取り除くため縦置き状態で同期間放置した試験体である。また、PCF-NはPCF-2と同一スパン・同一断面で持続載荷前に短期載荷実験を行った試験体である。各試験体とも、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)の上に場所打ちコンクリートを打設したPC合成床板であり、PCF-1,2およびPCF-Nは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のスラブを設けている。なおFR板のプレストレス導入力は、各PC鋼材の規格降伏点応力の8割とした。

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。

2.2 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。なお、コンクリートの性質はPCF-N実験時の材料実験による値を示す。

2.3 載荷方法

PCF-1,2は、住宅用設計荷重を想定した等分布荷重240kgf/m²のコンクリート製インゴットを除荷した後、約4

週間後に図-3に示す加力骨組にて2点集中荷重の単調加力載荷を行った。またPCF-NとPCS-Sも同様の載荷方法とした。

表-1 試験体一覧

試験体名	内法スパン(m)	スラブ厚(cm)	支持状態	荷重載荷状況
PCF-1	9.30	30	固定	長期持続載荷
PCF-2	8.05	25	固定	長期持続載荷
PCS-S	7.60*	25	単純支持	長期間放置
PCF-N	8.05	25	固定	短期載荷

(注) *: 短期載荷時の支持点間距離で表示

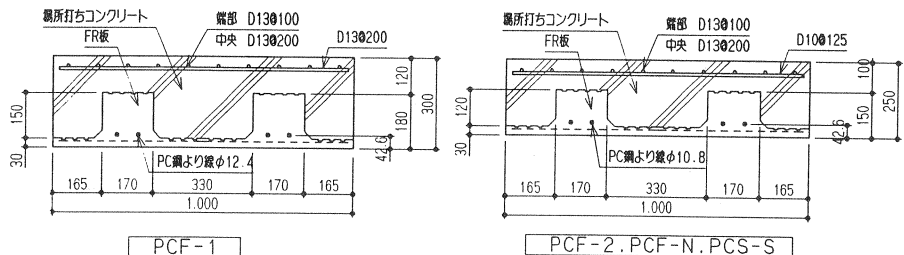


図-1 試験体断面図

2. 4 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。またスパン中央部は、PC鋼より線および上端主筋の歪を、端部ではPCS-Sを除いて上端主筋の歪をそれぞれ2ヶ所以上測定した。

3. 実験結果とその考察

3. 1 ひび割れ状況

PCF-1, 2は持続荷重載荷時に端部上面に1~2本のひび割れが生じ、その後持続載荷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かった。この時、最大ひび割れ幅は約0.20mmであった。また、中央下面には両試験体ともひび割れは発生していなかった。図-4に短期載荷前と短期載荷終了後の最終

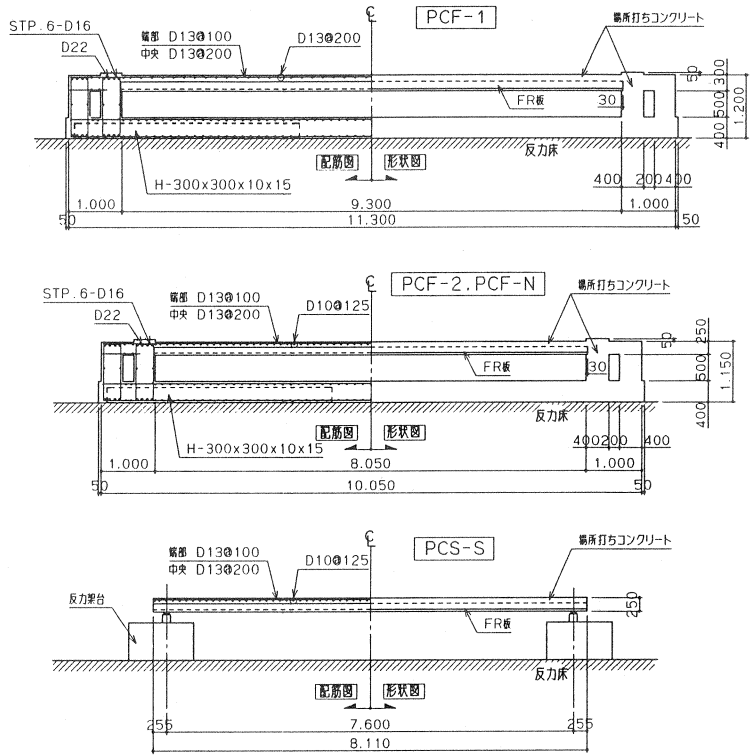


図-2 試験体形状図

表-2 鋼材の機械的性質

品質	PC鋼より線*	鉄筋D13
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)

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
補助コンクリート	PCF-1 湿潤養生(29)	332	2.44	30.1
	PCF-2 水中養生(29)	305	2.96	28.8

(注1) : キャンピング不良のため参考値とする
 (注2) E : ヤング係数(×10⁶ kgf/cm²)
 (注3) : ()内: コンクリートの材令(日)

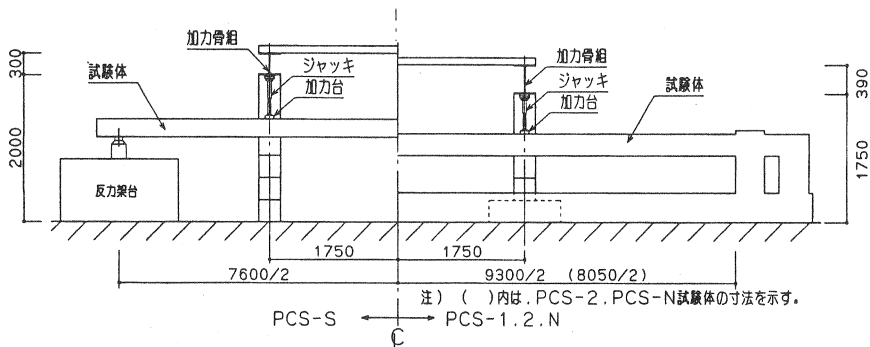


図-3 試験体加力状況

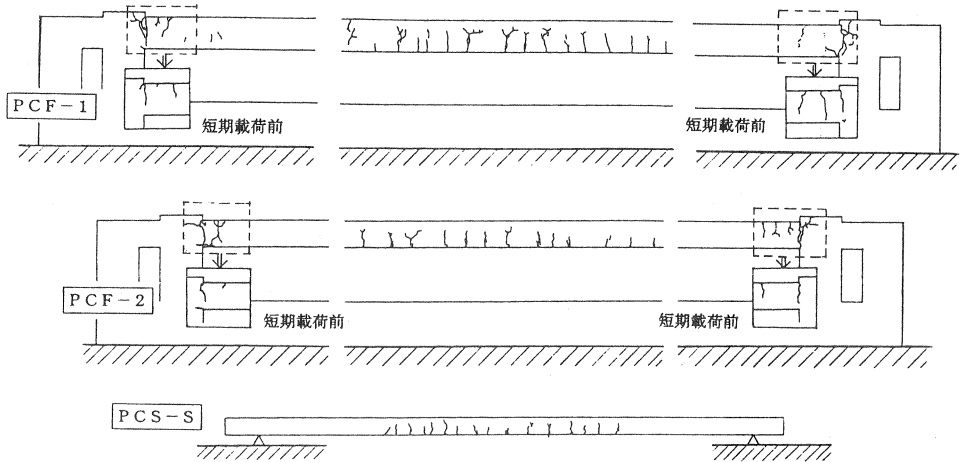


図-4 ひび割れ状況図

ひび割れ図を示す。PCF-1, 2は短期載荷時の荷重に対しては、両試験体とも端部において新たに顕著なひび割れは生じず持続載荷時のひび割れが進展していく傾向にあった。その後中央下面に生じたひび割れは荷重の増加に伴い約15cmピッチに分散し終局に至っている。端部のひび割れはこの終局近くまでFR板のシェル部上面で止まり全厚を貫通はしなかった。

PCF-Nのひび割れ状況⁽³⁾は、端部においては荷重載荷以前に生じた微少なひび割れが荷重の増加に伴い進展した後、中央部下面にひび割れが分散して発生しており今回の実験に良く似た傾向を示している。

3. 2 荷重-たわみ関係

図-5に各試験体の中央点における短期載荷時の荷重～たわみ曲線を示す。また、文献[4]に示す方法で求めたPCF-2の計算値も合わせて示している。表-4には、これらの実験における代表的時点の荷重とたわみの実験値を示す。

各試験体ともスラブ中央部下面にひび割れが発生するまでは、荷重の増大に伴ってたわみが直線的に変化している。PCF-1, 2とも端部上面には持続載荷時にかなりひび割れが生じているにも拘わらずこの傾向が認められた。さらに荷重の上昇により、PCS-Sを除き、端部引張鉄筋の降伏を境に明確な非線形性を示し最大荷重に達している。最大荷重後は荷重が徐々に減少し、たわみのみ進展し終局に至っている。同一スパン・同一断面の長期持続載荷を行ったPCF-2と短期載荷のみのPCF-Nを比較すると、約3年程度の持続載荷ではその荷重～たわみ関係や中央下面のひび割れ発生荷重および最大荷重については耐力劣化と思われる兆候は認められず、ほぼ同様の傾向を示している。また、文献[4]に示す計算値はこれらを良く近似しているものと思われる。

表-4 実験結果一覧

試験体 名称	中央下面ひび 割れ発生		端部引張鉄筋 の降伏		最大荷重	
	P	δ	P	δ	P	δ
PCF-1	4.94	9.76	6.52	16.65	10.77	126.6
PCF-2	5.86	12.34	6.51	15.57	10.10	102.0
PCF-N	3.93	10.97	5.86	19.94	9.88	91.8
PCS-S	1.95	13.49	-	-	3.87	156.0

(注) P: 1点当たりの荷重(tf) δ : 中央点のたわみ(mm)

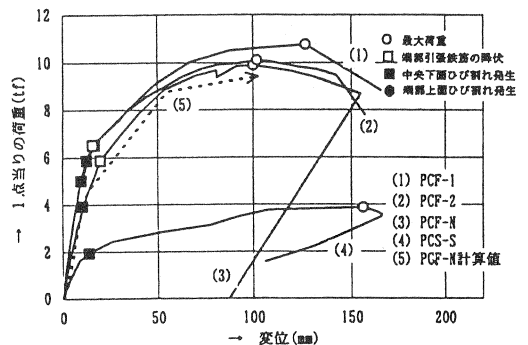


図-5 荷重～たわみ曲線

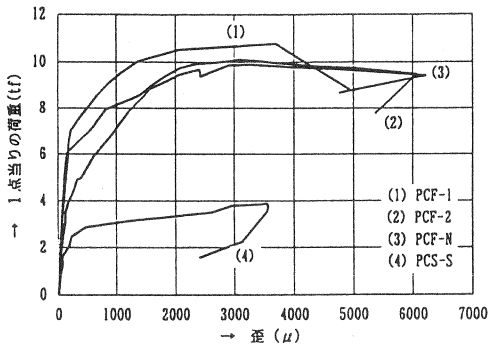


図-6 荷重～P C鋼より線歪曲線

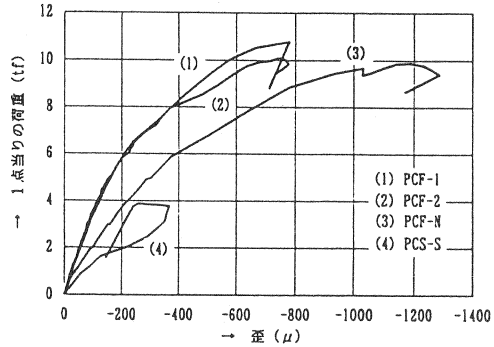


図-7 荷重～中央部鉄筋歪曲線

3. 3 中央部鋼材の歪変化

各試験体のスパン中央部におけるP C鋼より線の荷重～歪曲線を図-6に示す。図-6より各試験体のP C鋼より線歪変化は図-5の荷重～たわみ曲線に近似している事が分かる。なお、P C鋼より線の規格降伏点 $150\text{kgf}/\text{mm}^2$ に対して初期プレストレス力として $120\text{kgf}/\text{mm}^2$ の緊張力を与えているにも拘わらず歪が 6000μ まで上昇しているのは、プレストレスのクリープ等による減少と表-2に示すように実際の最大応力が規格値をかなり上回っている事によるものと思われる。

図-7に中央部圧縮鉄筋の荷重～歪曲線を示す。引張鋼材の歪曲線に比べて、荷重増加に伴う剛性の変化等に伴う兆候が認められず、ほぼ単調に圧縮歪が増加する傾向を示した。

3. 4 端部鉄筋の歪変化

図-8に端部引張鉄筋の荷重～歪曲線を示す。荷重の増加に伴い各試験体とも鉄筋歪は降伏まではほぼ直線的に変化している。PCF-1, 2とPCF-Nで降伏歪値が異なる傾向を示しているが、表-2に示す降伏歪値から判断して、PCF-1, 2は長期持続荷重による端部のひび割れの進展に伴い鉄筋歪がかなり増加していたものと思われる。

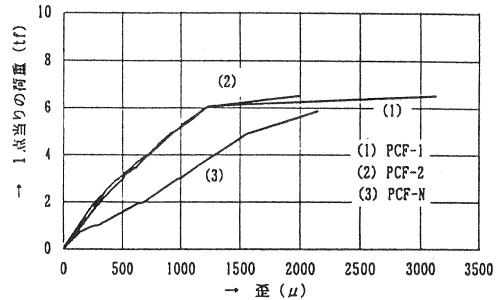


図-8 荷重～端部鉄筋歪曲線

4. まとめ

約3年に及ぶ住宅用設計荷重の長期持続荷重がP C合成床板に及ぼす影響を調べるため、持続荷重後の試験体にて短期荷重実験を行い下記の結果を得た。

- (1) 3年程度の持続荷重では、剛性および耐力にはほとんど影響がなく、荷重～たわみ関係は持続荷重前とほぼ同等である。
- (2) 長期持続荷重により端部上面に生じたひび割れにより、引張鉄筋歪はかなり増加するが最大耐力等にはあまり影響しない。

(参考文献)

- [1] 山下正吾, 岩原昭次, 小森清司: 逆T型PC板型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板型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型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板型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にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。