

[155] PC板埋設型枠を用いた合成床スラブの多数回繰返し実験

正会員 ○小森 清司 (長崎大学工学部)
 正会員 永藤 政敏 (長崎大学工学部)
 正会員 林 誠 (長崎大学大学院)
 田中 恭哉 (富士ビー・エス・コンクリート)

1. はじめに

これまで、PC板埋設型枠と現場打コンクリートからなる合成床スラブの静的な力学的性状を調べてきたが、今回は、昨今、通常のRC床スラブを用いた重量倉庫などで問題になっているフォークリフトの走行によるひびわれ発生とそれに伴う剛性低下に着目し、合成床スラブが重量倉庫の床スラブに適用可能かどうかを検討するための資料を得ることを目的に、100万回の繰返し載荷実験によって合成床スラブとRC床スラブの比較及び衝撃係数の大きさの違いによる力学的性状の違いなどを明らかにした。

2. 実験計画

2.1 繰返し載荷実験用荷重の設定

積載荷重が1000 kg/m²クラスの倉庫で用いられるフォークリフトの最大級として2.75 ton積荷用を考え、その荷重に車の自重4.5 tonを加算した7.25 tonを基本荷重とし、さらに、作用条件として車が急ブレーキによって前輪でつま先立った場合を想定し、衝撃係数*i*による割増を考えて決定した。しかし、建築建物床スラブに適用する*i*値に関する資料が少いことから、今回は*i*の値として0.5と1.0の2種類を採用し、実験荷重としてP(*i* = 0.5) = 2.75 tonとP(*i* = 1.0) = 3.65 tonを設定した。

2.2 繰返し回数

繰返し回数は1時間
 に10回、1日に7時間、1年間に280日、50年間稼働するものと仮定し100万回を設

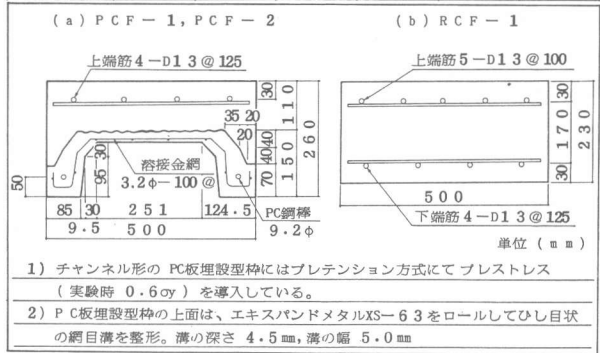
表-1 コンクリートの性質

試験体	PC板用コンクリート					現場打ちコンクリート				
	材令(日)	圧縮強度 Kg/cm ²	曲げ強度 Kg/cm ²	引張強度 Kg/cm ²	E ×10 ⁵ Kg/cm ²	材令(日)	圧縮強度 Kg/cm ²	曲げ強度 Kg/cm ²	引張強度 Kg/cm ²	E ×10 ⁵ Kg/cm ²
PCF-1	9.5	4.66	4.7	2.6	2.6	5.9	2.38	2.8	1.6	2.8
PCF-2	12.7	4.34	4.5	3.2	2.6	8.3	2.71	4.2	2.0	2.5
RCF-1	—	—	—	—	—	9.1	2.82	4.0	1.9	3.0

供試体はすべて現場養生，ヤング係数はE'値とする

表-2 PC鋼棒・異形鉄筋・溶接金網の性質

	公称直径	断面積 (mm ²)	σ_y (Kg/mm ²)	σ_M (Kg/mm ²)	E (Kg/mm ²)	σ_y (×10 ⁵)
PC鋼棒	φ9.2	64	130	145	2.0×10 ⁴	6500
異形鉄筋	D13(SD30)	126.7	36	53	1.8×10 ⁴	2000
溶接金網	φ3.2	8.04	55	57	2.1×10 ⁴	2619



- 1) チャンネル形のPC板埋設型枠にはプレテンション方式にてプレストレス(実験時0.6σ_y)を導入している。
- 2) PC板埋設型枠の上面は、エキスパンドメタルXS-63をロールしてひし目状の網目溝を整形。溝の深さ4.5mm、溝の幅5.0mm

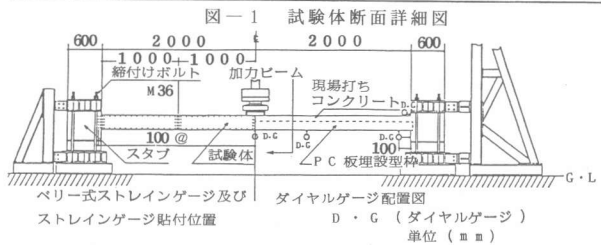


図-2 試験体及び実験方法

表-3 実験結果及び計算結果一覧表

試験体	実験値及び計算値		実験値				計算値				比率(実験値/計算値)				
	ひびわれ荷重		降伏荷重(Kg)		最大荷重(Kg)	スパン中央部のため(最大荷重時)(mm)	ひびわれ荷重(Kg)		降伏荷重(Kg)		ひびわれ荷重		降伏荷重		
	上部	下部	上部	下部			上部	下部	上部	下部	上部	下部	上部	下部	
PCF-1	1600	10 ³ cycle	9700	—	11790	36.5	—	2162	3921	7258	6977	0.74	—	1.27	—
PCF-2	1900	10 cycle	10260	10260	11379	42.9	PC鋼棒破断	2371	3833	7125	6840	0.84	—	1.44	1.50
RCF-1	2400	1800	10200	8000	12168	70.2	—	2644	1636	7760	6731	0.91	1.10	1.31	1.19

設計荷重は合成スラブにおいては(自重437Kg/m²+積載荷重1000Kg/m²)、RCスラブにおいては(自重552Kg/m²+積載荷重1000Kg/m²)である。計算値は断面の実用値を使用しているため、PCF-1とPCF-2では異なる。Mc_r=1.8/Fc・2として求めた。

定した。

2.3 試験体

試験体はプレストレスを導入したPC型2体とRC型1体の合計3体よりなる。図-1にその断面詳細を示す。PC型は導入プレストレスが降伏強度の60%であるPC鋼棒を配したチャンネル形PC板埋設型枠の上面に現場打コンクリートを打設した合成床スラブで幅50cm、リブ丈26cm、板厚13.5cm、スパン4mの両端固定の一方スラブであり、RC型は幅50cm、スラブ厚23cmの長方形断面をしたスパン4mの鉄筋コンクリート両端固定の一方スラブである。

2.4 荷重方法及び測定方法

荷重は図-2に示す油圧式試験機を用い、荷重速度を4Hzに保ちながら中央1点集中荷重によって繰返し荷重実験を行った。

荷重は上限を2.75tonと3.65tonの2種類とし下限を上限荷重の20%におさえた。したがって、PCF-1、RCF-1には2.75ton、PCF-2には3.65tonの上限荷重を用い、繰返し回数は3体共100万回とした。また繰返し荷重実験終了後、破壊まで静的に単調荷重した。たわみは変位計とダイヤルゲージで、ひびわれ幅はクリップゲージで、鉄筋とコンクリートのひずみはストレインゲージを貼付して測定した。

3. 実験結果と考察

実験結果及び計算結果を表-3に一覧する。

3.1 PC合成床スラブとRC床スラブの比較

プレストレスを導入したPCF-1合成床スラブと異形鉄筋を配したRCF-1床スラブに同一荷重を作用させ、両者の力学的性状を比較した。

(1) 図-3は剛性低下の状況を初期剛性との比で示したものであるが、耐性低下の度合はRCF-1の方が大きく、100万回時でPCF-1が0.25であるのに対してRCF-1は0.3となっている。また前者では20万回まで剛性低下が少なく、その後若干急となるが、70万回からまた横ばいとなっている。それに反して、

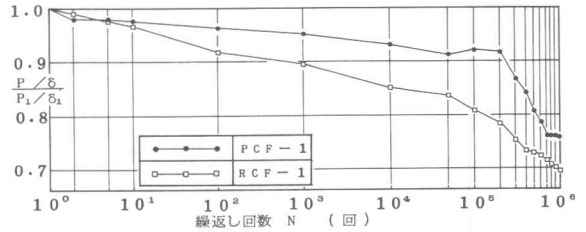


図-3 剛性低下状況 (P_1/δ_1 :初期剛性)

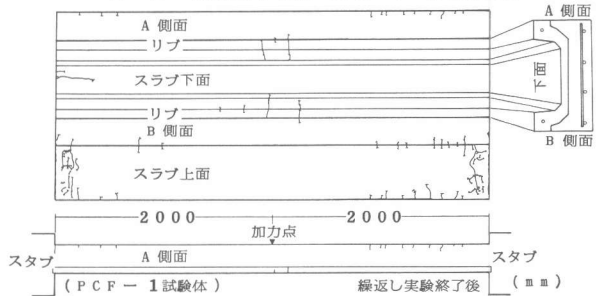


図-4 ひびわれ図 (PCF-1)

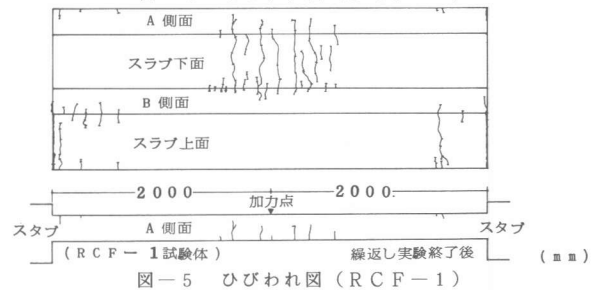


図-5 ひびわれ図 (RCF-1)

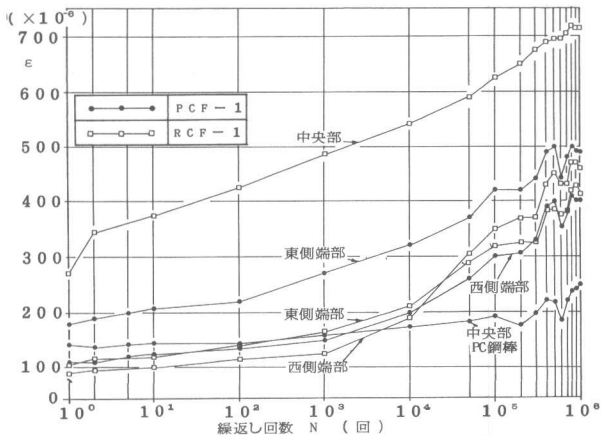


図-6 鉄筋ひずみの増大状況

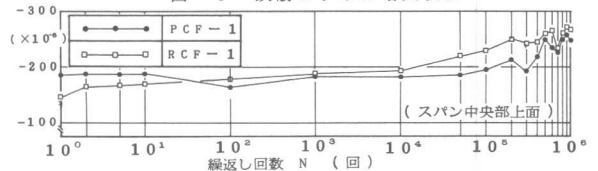


図-7 コンクリートひずみの増大状況

RCF-1は100万回時でもなお剛性の低下が進行している。このことは図-4, 図-5のひびわれ図の比較からも明らかのようにプレストレス導入によるひびわれの防止が大いに役立っていると考えられる。即ちRCF-1はスラブ下面に数本のひびわれがスラブ全幅を貫通し、その先端は上面の圧縮域まで伸展しているのに対して、PCF-1は両側のリブには2本のひびわれが見られるが板部への伸展が見られずプレストレスが有効に働いていることがわかる。しかし、端部のひびわれは両者共、数こそ少ないがスラブ全幅を貫通しており、特にRCF-1ではひびわれ幅が大きく0.5mmに達している。

(2) 図-6は鉄筋ひずみの増大状況を示す。PCF-1の場合リブに配したPC鋼棒のひずみが100万回時でも 250×10^{-6} と小さく初期値の1.8倍である。しかし、端部上面にひびわれが発生しているためその部位の異形鉄筋のひずみは大きく、端部はPCF-1と同値であるが、中央部下面の異形鉄筋ひずみは 700×10^{-6} とPCF-1の約3倍と大きく降伏ひずみ 2000×10^{-6} の約1/3に達している。

(3) 図-7はスパン中央部上面のコンクリートの圧縮ひずみの変化を示すが、両者共ひずみの増大はそれほど大きくなく100万回時においてもまだ 250×10^{-6} と小さい。

3.2 衝撃係数の違いによる比較

プレストレスを導入した同一の合成スラブPCF-1とPCF-1に対して衝撃係数として0.5と1.0をとりそれぞれに、上限荷重として2.75tonと3.65tonの異なる荷重を作用させて両者の力学的性状を比較した。

(1) 剛性低下率を示す図-8によれば、剛性低下が顕著に現われるのはPCF-1では20万回を過ぎてからであるのに対して、PCF-2ではすでに10回頃からその兆しが見られ、5万回ではすでに前者の100万回時の値まで低下し100万回時には当初の64%にまで低下している。これは図-4, 図-11のひびわれ図からもわかるように、前者ではスラブ中央部下面のひびわれがまだ貫通していないのに対して、後者では作用荷重3.65tonがひびわれ発生荷重の計算値3.8tonにほぼ近いこともあってかひびわれが1本貫通し、現場打コンクリート部まで伸展していることによると考えられる。

(2) 図-9によると、繰返し载荷による鉄筋ひずみの増大はPCF-2の場合、当初 200×10^{-6} であった中央部下面のPC鋼棒のひずみが100回頃から急増し100万回時には 900×10^{-6} に達し4.5倍の増大を示している。しかしPC鋼棒を使用しているため降伏ひずみ 6500×10^{-6} に対し相当な余裕をもっている。しかし一方東側端部上面の異形鉄筋ひずみは 700×10^{-6} となり、すでに降伏ひずみ 2000×10^{-6} の約1/3に達している。これに反して、PCF-1では100万回時でもPC鋼棒のひずみが 275×10^{-6} と非常に小さい。

(3) 図-10はスパン中央部上面のコンクリートの圧縮ひずみの変化を示す。PCF-1ではひずみが殆んど変化せず100万回に至っても 250×10^{-6} と小さい。それに対して、PCF-2は当初こそ 140×10^{-6} と小さいが、100回頃から急増し100万回では 350×10^{-6} にまで増大している。しかし、コンクリートの終局ひずみまでにはほど遠く圧壊の兆候は認められない。

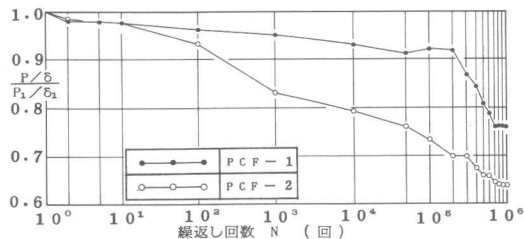


図-8 剛性低下状況 (P_1/δ_1 : 初期剛性)

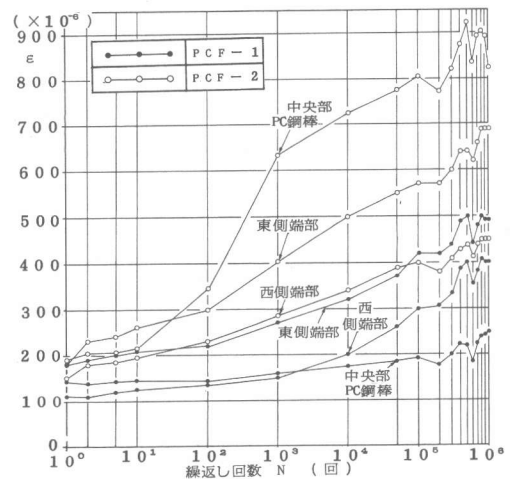


図-9 鉄筋ひずみの増大状況

4. 静的曲げ破壊実験と考察

図-12は100万回の繰返し載荷実験終了後、3体の試験体に対して中央1点集中載荷によって終局まで静的に単調載荷し、曲げ破壊させた結果をP- δ 曲線で示し比較したものである。3体共1000 kg/m²の同じ積載荷重によって設計されているため曲げ性状が良く近似しており、剛性は繰返し載荷によって低下しているものの終局耐力は約11 tonを保有している。しかし、最大荷重時のたわみには相違がみられ、プレストレス導入のPC合成床スラブの2体はRC床スラブに比べて粘りが若干小さく37 mm、43 mmであったのに対してRC床スラブは70 mmの変形に耐え粘りのあることを示している。しかし、3体共繰返し載荷時の最大たわみの16倍以上の粘りを見せており良好な変形性能を有しているといえよう。また繰返し載荷実験で採用した荷重2.75 ton及び3.65 tonは最大耐力11 tonのそれぞれ25%と33%にあたり、耐力の面からも余力があると推定される。また降伏荷重の実/計の比はPC合成床スラブが1.5であるのに対してRC床スラブでは1.2となり前者の方が倍率が高い。

5. まとめ

たとえ同じ積載荷重のもとで設計されていても、埋設型枠にプレストレスを導入したPC合成床スラブはRC床スラブに比べて剛性低下が少なく、しかもひびわれの発生及び伸展の面でかなり良好な性能を発揮することがわかる。一方同じプレストレスを導入した合成床スラブであっても、衝撃係数*i*の相違によって剛性の低下に差が見られ、*i* = 0.5の場合には剛性低下が顕著に現われるのは繰返し回数が30万回を過ぎてからであるのに対して、*i* = 1.0の場合には100回目というかなり初期の段階から剛性の低下が始まることわかる。しかし、両者共80万回の多数回になると剛性の低下がとまり横ばいとなる現象が見られるのは興味深い。これはRC床スラブには見られない現象であり、プレストレスの効果によるものと考えられる。また100万回の繰返し載荷実験を行った後の静的載荷実験結果から判断しても、P- δ 曲線がほぼ正常なことから衝撃係数*i*がたとえ1.0であっても100万回程度の多数回繰返し載荷であるならばあまり支障なく耐えるものと考えられる。

〔謝辞〕

本実験に御協力戴いた長崎大学学生の金子 正彦、鈴木 公嗣、田中健一朗、原口 剛、谷口 秀澄各氏に深く感謝致します。

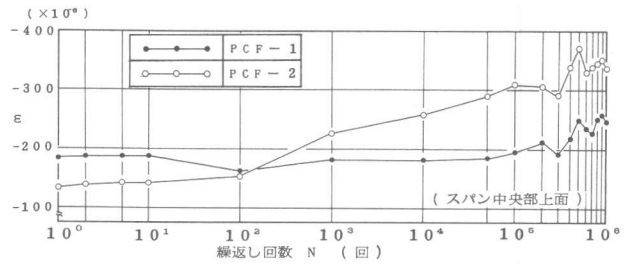


図-10 コンクリートひずみの増大状況

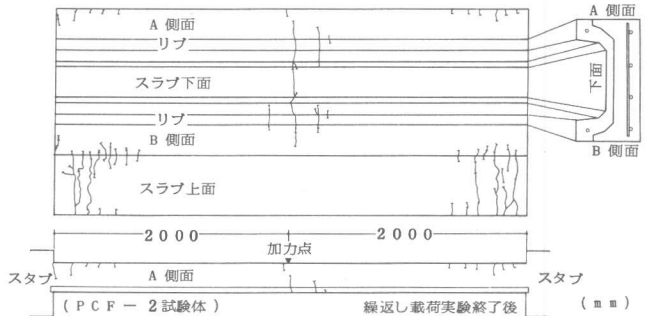


図-11 ひびわれ図 (PCF-2)

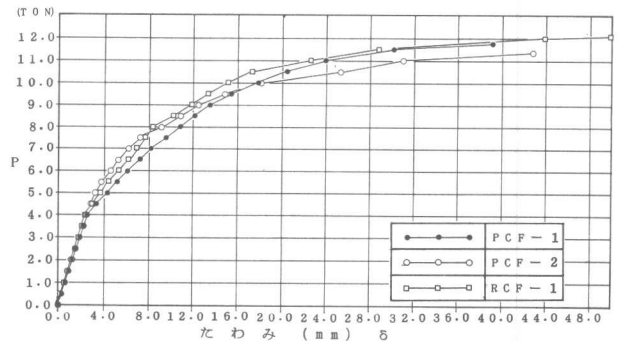


図-12 P- δ 曲線 (静的曲げ試験)