

(123) プレキャストプレストレス板および合成床板のせん断実験

㈱安部工業所 工務本部建築部 正会員 ○林 啓 司
 ㈱堀江建築工學研究所 小杉 雅 男
 建設省 建築研究所 勅使川原正臣
 建設省 建築研究所 倉本 洋

1. はじめに

プレキャスト (以下、PCaと略記) スラブ工法は、在来工法と比べて型枠支保工をなくすことができ、工期の短縮が可能となるなどの利点を有している。このPCaスラブには、スラブ断面の全てをPCa化したフルPCa板と、断面の一部をPCa化しこれを型枠代わりとして配筋を行った後場所打ちコンクリートを打設してPCa部分と場所打ち部分を一体化させ合成スラブを形成するハーフPCa板とがある。また、PCa板の断面形状も平板タイプ、孔あきタイプ、折板タイプおよびリブタイプ等の種類がある。

本実験で対象としたPCa板は、図-1に示すようにリブ部分にプレストレスを導入したリブタイプのハーフPCa板で、板の支持部 (端部) はリブが無く平板でプレストレスは導入されていない。このタイプのPCa板を使用した場合、階高を低くできるという特長がある。このようなPCa板と合成床板について、支持部のせん断強度およびせん断応力度の評価に必要な有効幅を確認することを目的として実験を行ったので報告する。

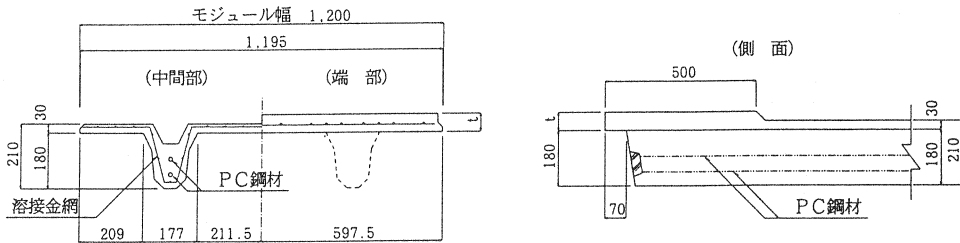


図-1 PCa板の形状図

2. 実験概要

2-1 試験体

試験体は表-1に示すように14体である。各試験体の形状および配筋を図-2~6に示す。

試験体を大別するとA, B, C, Dの4タイプとなる。BタイプとDタイプはPCa板そのものであり、AタイプとCタイプはPCa板にトッピングコンクリート (Fc=210 kgf/cm²) を打設した合成床板である。さらに、Aタイプについては軽量

コンクリート (Lc=210 kgf/cm²) をトッピングコンクリートとした試験体を実験に加えた。なお、試験体の長さは 2080mm、幅は 600 mm である。以下に、各タイプの特徴を記す。

Aタイプ 本実験において基本としたタイプで、PCa板端部の平板部の厚さは 60 mm である。鉄筋は、リブのスターラップに相当する鉄筋とスラブ筋を兼用した鉄筋 (D 6) をリブ端部の補強として密に配置したものである。(図-2)

Bタイプ PCa板端部の平板部の厚さを 80 mm とし、断面に沿った鉄筋 (D 6) を追加した

表-1 試験体一覧表

試験体の種類	PCa板のみ (Fc50C)	トッピング [*] 削 (Fc210)	トッピング [*] 削 (Lc210)
A: 鉄筋補強	①、②	③、④	⑤、⑥
B: PCa板の端部厚増	①、②	—	—
C: リブ幅の増	①、②	③、④	—
D: 平板	①、②	—	—
計	8体	4体	2体

* トッピングコンクリートは軽量コンクリート使用

ものである。(図-3)

Cタイプ PCa板端部の平板部の厚さは60mmとし、リブ付け根部の幅を大きくし、断面に沿った鉄筋(⑦ D6)を追加したものである。(図-4)

Dタイプ リブの無い平板のPCa板で、軸方向の鉄筋量はA~Cタイプと同じものである。(図-5)

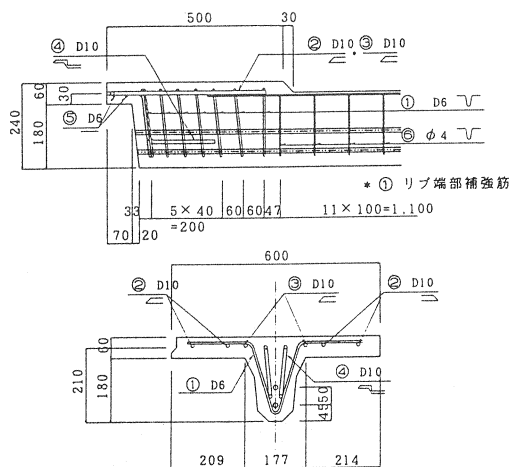


図-2 Aタイプ試験体形状と配筋図

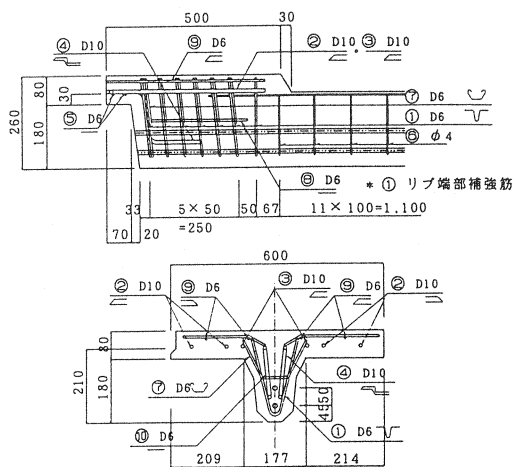


図-3 Bタイプ試験体形状と配筋図

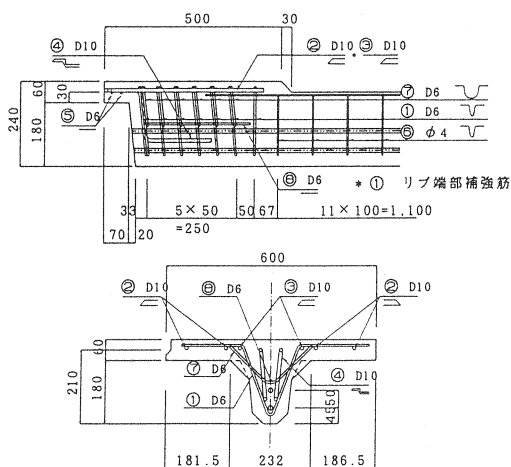


図-4 Cタイプ試験体形状と配筋図

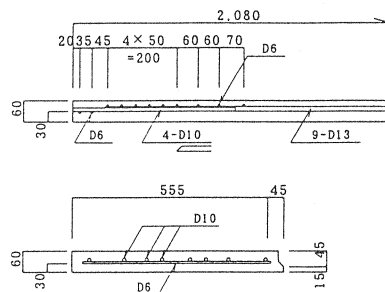


図-5 Dタイプ試験体形状と配筋図

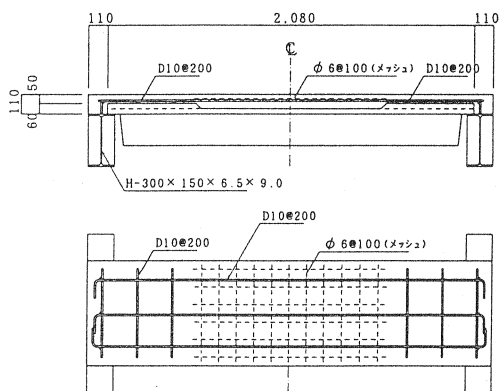


図-6 トッピングコンクリートの配筋図

トッピングコンクリートの厚さは、PC合成床板指針²⁾に準拠しPCa板の端部で最小厚50mmとし、中間部で80mmとした。これにより、合成床板としての厚さは110mmとなった。図-6にトッピングコンクリートの配筋図を示す。

コンクリートと鋼材の強度およびヤング係数は、表-2、3に示すとおりである。

表-2 コンクリートの強度およびヤング係数

試験体名	圧縮強度 (kgf/cm ²)	引張強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^4$ kgf/cm ²)
A3, C1	545	37.2	3.17
B1	557	37.2	3.15
A5, A6, C3	573	37.2	3.33
A1, C2	565	40.9	3.25
A2, B2	570	40.9	3.24
C4	591	40.9	3.22
A4	576	44.3	3.18
トッピクコンクリート(Fe210)	332	38.5	2.90
トッピクコンクリート(Lc210)	339	30.5	1.61

表-3 鋼材の強度およびヤング係数

	降伏点 荷重 (kgf)	応力度 (kgf/cm ²)	引張強度 荷重 (kgf)	応力度 (kgf/cm ²)	ヤング係数
					($\times 10^4$ kgf/cm ²)
溶接金網 φ4	—	—	658	5222	—
鉄筋 (SD295A)	D 6	1217	3851	1717	5433
	D 10	2637	3698	3780	5301
	D 13	2857	3620	4065	5150
PC鋼材 SWPR 7A φ12.4	15918	17135	17245	18563	1.98

2-2 実験方法

図-7に加力装置および変位計の位置を示す。

加力方法は、2つの台車に跨って凹形のコンクリート製架台を載せ、この架台にH鋼(H-300×150×6.5×9.0)をボルトで固定した後、試験体をセットした。PCa試験体のかかり代は40mmとし、内法スパンは2mである。合成床板試験体は、図-6に示すように試験体とH鋼を一体化した後、加力装置にセットした。

加力点の加力治具は、2枚の鋼板の間に直径50mmの丸鋼を挟み込みピン支点とした。加力は、両側の加力治具上加力ビーム(H形鋼)を載せ、試験体の中心に相当する加力ビームの位置をロードセルを介して200tジャッキで行った。

Dタイプの平板については、試験体に直接丸鋼を載せ丸鋼をセメントペーストで固定した後、鋼板、加力ビームの順にセットした。載荷位置はA, B, Cタイプと違い支持点から30mmである。

計測は、試験体の中央と加力点位置および両端部のたわみを変位計によって測定し、鉄筋の歪みはワイヤーストレインゲージによって測定した。

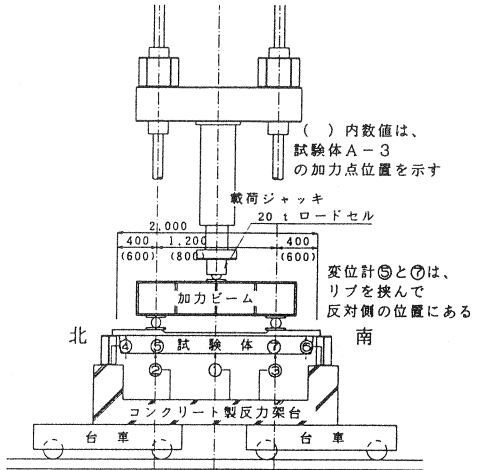


図-7 加力装置および変位計位置図

3. 実験結果

3-1 ひびわれ性状

A, B, Cタイプに共通のひびわれ発生状況は、①最初にスラブ下面のリブ端部付け根部でスパン方向に発生し、②次にスラブ下面に斜め方向に発生した。③続いて、リブ端部付け根隅角部付近より支持部材と平行なひびわれが発生し、④スラブ側面に支持点と加力点を結ぶような斜めひび割れが発生した。荷重の増加に伴うひびわれ本数の増加は顕著ではなく、②、③、④のひびわれが伸長し破壊に到った。

Dタイプの平板試験体については、最初に加力点間のスラブ下面で支持部材に平行な曲げひびわれが発生し、荷重の増加に伴いスラブ下面全体に曲げひびわれが発生した後、加力点と支持部材の間で直接せん断によって破壊した。

リブ端部の補強筋(図-2~4参照)の歪は、最外端と1本スパン内に入った位置の歪が大きく、さらにスパン内の位置では非常に小さいものであった。

3-2 実験結果

表-4にPCa板試験体、表-5に合成床板試験体の実験値(せん断強度とせん断応力度)と計算値(曲げ終局耐力と終局せん断強度)を示す。せん断応力度を計算する時に用いたスラブの有効幅(Be)は、フラットスラブの考え方¹⁾によった。(図-8参照)

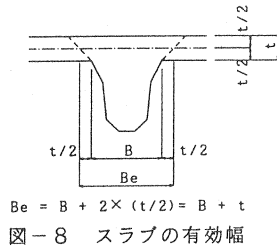


図-8 スラブの有効幅

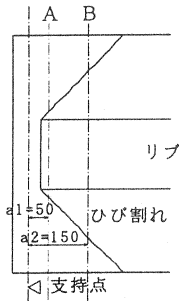


図-9 曲げ降伏強度算定説明図

(表-4および表-5の記号説明)

P_c : ひびわれ発生荷重 (スラブ自重および加力治具を含む), $\tau_c = P_c / (2 \cdot t \cdot B_e)$, P_u : 最大荷重 (スラブ自重及び加力治具を含む), $\tau_u = \Sigma P_c / (2 \cdot t \cdot B_e)$
 t : 端部平板部の厚さ, f_s : RC規準による許容せん断応力度, f_{s1} : PCa板 ($F_c = 360 \text{ kgf/cm}^2$ とする)の許容せん断応力度, f_{s2} : 合成床板の許容せん断応力度 (PCa板
 $--- F_c = 360 \text{ kgf/cm}^2$, トッピンク[®]コンクリート $--- F_c = 210 \text{ kgf/cm}^2$)

$\cdot Q_{mu}$: 曲げ降伏時せん断力で、以下による。

図-9に示す断面Aにおいてリブ[®]上面のスラブ[®]筋が降伏し、断面Bにおいて残りのスラブ[®]筋が降伏すると仮定して断面A, Bの曲げ強度の和で耐力を求める。

曲げ降伏強度 $M_{yi} = 0.9 \times a_i \times \sigma_{yi} \times d$, 曲げ降伏時せん断力 $Q_{myi} = M_{yi} / a_i$, $Q_{mu} = \Sigma Q_{myi}$

$\cdot cQ_u$: 終局せん断強度で、荒川のminimum式¹⁾による。ただし、 K_u : 断面寸法による補正係数(1.0), K_p : 引長鉄筋比 ρ による補正係数($0.82 \rho^{0.23}$),

σ_b : コンクリート強度(合成床板の場合はPCa板コンクリートとトッピンク[®]コンクリートの強度の平均値), $P_w = 0.0$, $b = 60 \text{ cm}$

表-4に示すPCa板リブ端部付け根の初期ひびわれ発生荷重を板の有効幅を考慮した断面で除した値(τ_c)は、B2試験体を除いて長期許容せん断応力度(f_{s1})を上回っていた。B2試験体については、載荷以前に微細なひびわれが発生していたものと考えられる。また、PCa板の実験最大荷重(P_u)は終局せん断強度の計算値($2 \cdot cQ_u$)を上回っていた。表-5に示す合成床板の実験最大荷重(P_u)は、曲げ破壊をしたA3試験体で終局せん断強度の計算値($2 \cdot cQ_u$)を若干下回ったが、その他の試験体はトッピングに軽量コンクリートを使用したA5, A6試験体も含め、計算値を上回った。

4. まとめ

今回の実験から、次のような結果が得られた。

- ① せん断有効幅を($B_e = B + t$)としたせん断応力度が許容値(f_s)以内であることを確認すればリブ端部付け根にひびわれが発生することはないと考えられる。
- ② 終局せん断強度は、PCa板、合成床板の全幅を考慮した荒川のminimum式¹⁾による計算値と近似していた。

参考文献

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- 2) 日本建築学会：プレストレストコンクリート(PC)合成床板設計施工指針・同解説

表-4 PCa板試験体の実験値と計算値

試験体	Be (cm)	Pc (tf)	Pu (tf)	τ_c (kgf/cm ²)	τ_u (kgf/cm ²)	2 \cdot cQ _{mu} (tf)	2 \cdot cQ _u (tf)	f _{s1} (kgf/cm ²)
A1(鉄筋補強)	23.7	3.86	6.76	13.57	23.77	12.62	6.42	8.6
A2(鉄筋補強)	23.7	3.36	7.36	11.81	25.88	12.62	6.46	8.6
B1(PCa板端部厚増)	25.7	4.39	10.89	10.68	26.48	22.69	9.98	8.6
B2(PCa板端部厚増)	25.7	2.89	14.09	7.03	34.17	22.69	10.16	8.6
C1(リブ幅の増)	29.2	3.87	7.37	11.04	21.03	12.62	6.26	8.6
C2(リブ幅の増)	29.2	3.87	8.07	11.04	23.03	12.62	6.42	8.6
D1(平板)	60.0	—	40.3	—	55.97	—	—	8.6
D2(平板)	60.0	—	49.3	—	68.47	—	—	8.6

表-5 合成床板試験体の実験値と計算値

試験体	Be (cm)	Pc (tf)	Pu (tf)	τ_c (kgf/cm ²)	τ_u (kgf/cm ²)	2 \cdot cQ _{mu} (tf)	2 \cdot cQ _u ^m (tf)	f _{s2} (kgf/cm ²)
A3(鉄筋補強)	28.7	7.06	11.76	11.18	18.63	37.83	12.40	7.87
A4(鉄筋補強)	28.7	6.06	12.95	9.60	20.51	37.83	12.72	7.87
A5(鉄筋補強-軽量)	28.7	5.99	12.48	9.49	19.77	37.83	11.48	7.55
A6(鉄筋補強-軽量)	28.7	5.49	11.55	8.69	18.29	37.83	11.48	7.55
C3(リブ幅の増)	34.2	7.06	12.64	9.38	16.80	37.83	12.68	7.87
C4(リブ幅の増)	34.2	7.56	13.71	10.05	18.22	37.83	12.88	7.87

※ A5, A6はトッピンク[®]に軽量コンクリートを使用しており、普通コンクリートとした計算値に0.9を乗じた。