

(121) ダブルT型PC合成床板の短期破壊性状

(株) 富士ピー・エス 大阪支店 ○ 森田宗男
 // 建築事業部 正会員 畑 憲雄
 // 大阪支店 岡本和義
 熊本工業大学建築学科 助教授・工博 正会員 岩原昭次

1 はじめに

プレストレストプレキャスト板による埋設型枠と場所打ちコンクリート部とから構成される合成床板については多種多様な断面形状のものが開発・実用化されている。また近年、構造物の大型化に伴い、長スパンに対応できる曲げ剛性の高く、自重の軽い床板が要求されている。筆者等は、スパンの長大化に対して、プレストレスを導入したダブルT型PC合成床板に注目し、その短期破壊性状を把握することにより実用化を図ることを目的とした。

本研究では、ダブルT型PC床板において梁などの横架材に架かる支承部の補強法を提案し、床板の曲げ性状と端部耐力の確認を実験的に検討することを目的とする。

2 PC板の端部補強法と打継ぎ面の処理

ダブルT型PC床板は、その形状より横架材に架かる支承部の耐力が危惧される。そこで、図1に示すようなUの字型の鉄筋を配することにより、シェル部とリブ部との引き裂きに抵抗させることとする。以後、このUの字型の鉄筋をハンガー筋と呼ぶ。

場所打ちコンクリートとの打継ぎ面は、文献1)等のPC床板で用いられているのと同様、PC板上面を菱形網目状の粗面仕上げとして処理することにより、場所打ちコンクリートとの一体性を図った。

3 実験概要

3.1 試験体

実験に用いた試験体は、曲げ試験用としてスパン7.6mのPC板単体とPC合成床板をそれぞれ1体ずつと、せん断試験用としてスパン4.4mのPC合成床板1体の計3体である。以後、曲げ試験用のPC板単体をPRB、合成床板をPRB-Cと呼び、せん断試験用をPRS-Cと呼ぶことにする。実際にはダブルT型の断面を有するが、本実験では実用タイプの2分の1幅を取り出したシングルT型の断面とした。図2に試験体スパン中央部の断面形状を、図3に全体形状を示す。

PC板には、PC鋼より線がリブ部に縦3段に配置されている。緊張形式はプレテンション方式で、プレストレス導入のための緊張力の大きさは、PC鋼より線の降伏点応力の80%としている(1本当たり8.3tf)。

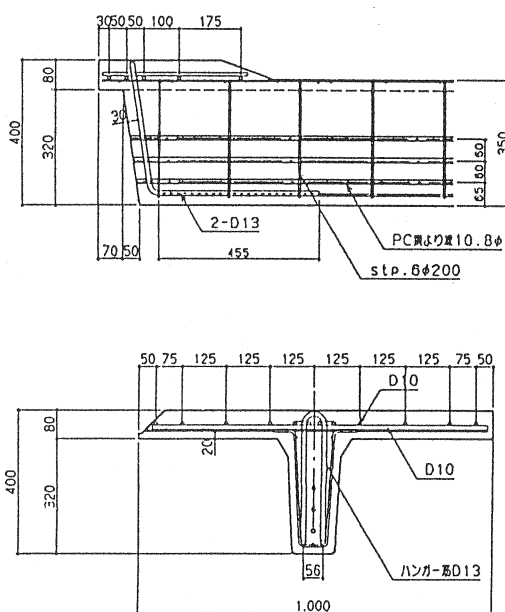


図1 端部補強法

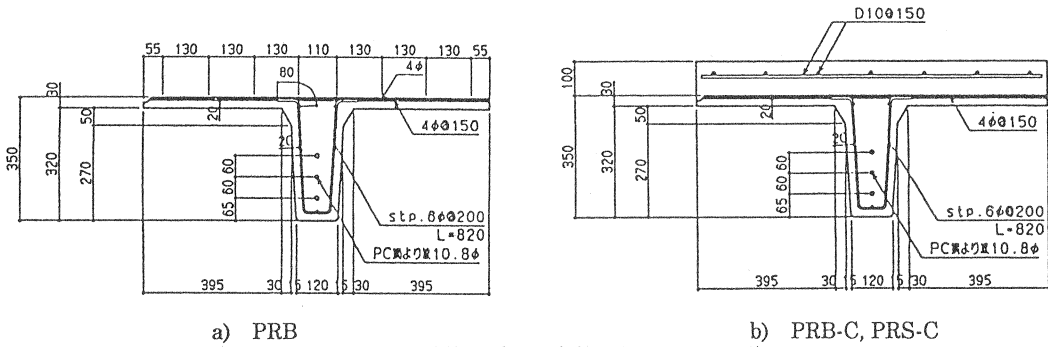


図2 試験体スパン中央部における断面形状

3.2 使用材料

使用したコンクリートの力学的性質を表1に、鋼材の力学的性質を表2に示す。

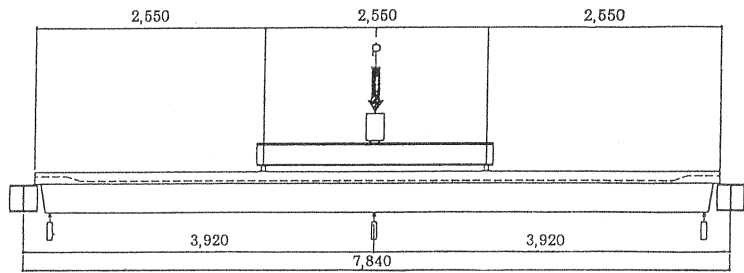
3.3 実験方法

いずれの試験体とも単純支持のもとで載荷実験を行った(図3参照)。また、載荷方法はすべて2点对称集中載荷とし、PRBとPRB-Cは、ひび割れ発生荷重計算値の30%、70%、100%、破壊までの4サイクルとした(せん断試験用のPRS-Cは加力サイクル無し)。

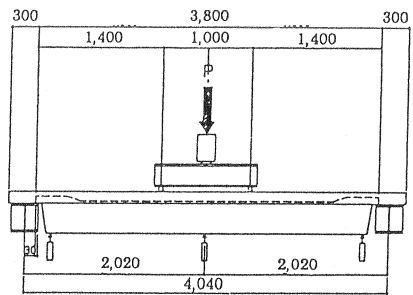
変位は、各試験体ともスパン中央部と両端支承部付近に変位計を配置し測定した。

3.4 歪ゲージ

曲げ試験用の試験体(PRB, PRB-C)では、PC鋼より線およびコンクリート表面の歪をストレイン・ゲージにより測定した。PC鋼より線は縦3本に配置したPC鋼より線のそれぞれスパン中央部に貼付した。コンクリート表面歪は、各試験体のスパン中央部において、上面に



a) PRB, PRB-C



b) PRS-C

図3 試験体形状と載荷要領

表1 コンクリートの力学的性質

試験体名	材令 (日)	圧縮強度 (kgf/cm ²)	ヤング係数 ($\times 10^5$ kgf/cm ²)
PRB	14	648	2.9
PRB-C	15	446	2.36
PRS-C	17	487	2.55
場所打ち用 コンクリート*1	10	223	2.16

*1) PRB, PRS-Cに共通

表2 PC鋼材の力学的性質

	PC鋼7本より線 φ10.8 (SWPR7A)
公称断面積	(mm ²) 69.68
降伏強度	(kgf/cm ²) 18878
引張強度	(kgf/cm ²) 19903
ヤング係数	(kgf/cm ²) 1.95×10^8

7点, 下面に7点, リブ両側面に3点づつストレイン・ゲージを貼付して測定した。図4にコンクリートゲージの貼付位置を示す。

せん断試験用の PRS-C には, ハンガー筋にストレイン・ゲージを貼付し, 鉛直方向の歪を測定した。

4 実験結果

4.1 曲げ破壊型モデル

4.1.1 荷重-変位関係

図5に, 試験体 PRB, PRB-C の荷重-変位曲線を示す。両方の試験体とも変形量が大きくなったため, 途中で変位計を除去し加力を続けた。また, 図中に示した値はそれぞれ載荷装置重量の 0.25tf を除いた値である。両試験体の中央部における載荷時の上反りは PRB で 14mm, PRB-C で 10mm であった。いずれの試験体においてもひび割れ発生までは一定の傾き (曲げ剛性) を保っており, ひび割れ発生を境に剛性が低下しているのがわかる。また合成床板である PRB-C においては, 一旦ひび割れが発生しても荷重を取り除けばひび割れが閉じ, プレストレスの範囲内では全断面有効となり, 第4サイクル目の剛性も第3サイクルのものと同じとなっている。

PRB と PRB-C の破壊の経過としては, 両試験体とも載荷点近傍の曲げひび割れが進展していき, 最終的には荷重が増加しなくなりたわみだけが增加していった。

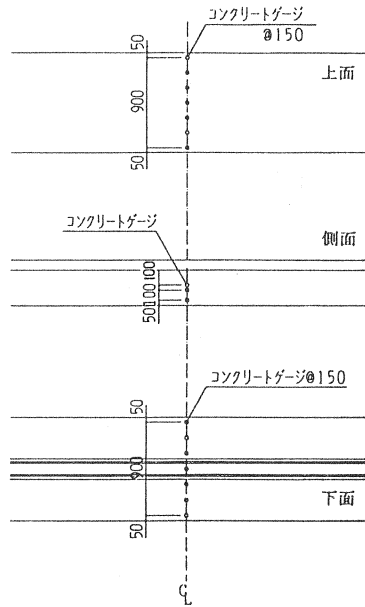
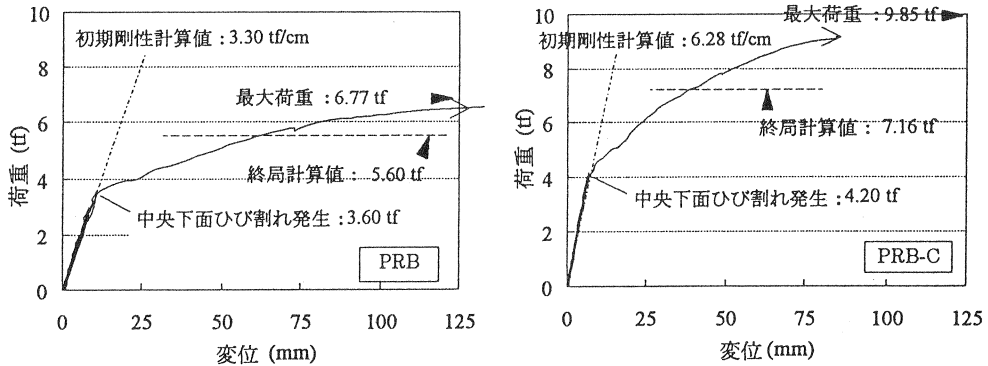


図4 コンクリート歪測定位置



a) PRB

b) PRB-C

図5 荷重-変位曲線

表3 実験結果一覧

試験体名	ひび割れ発生荷重			初期剛性		終局耐力			
	実験値 (tf)	計算値 (tf)	実験値 計算値	実験値 (tf/cm)	計算値 (tf/cm)	実験値 計算値	実験値 (tf)	計算値 (tf)	実験値 計算値
PRB	3.85	3.74	1.03	3.97	3.30	1.20	7.02	5.85	1.20
PRB-C	4.45	4.05	1.10	7.26	6.28	1.16	10.1	7.41	1.36

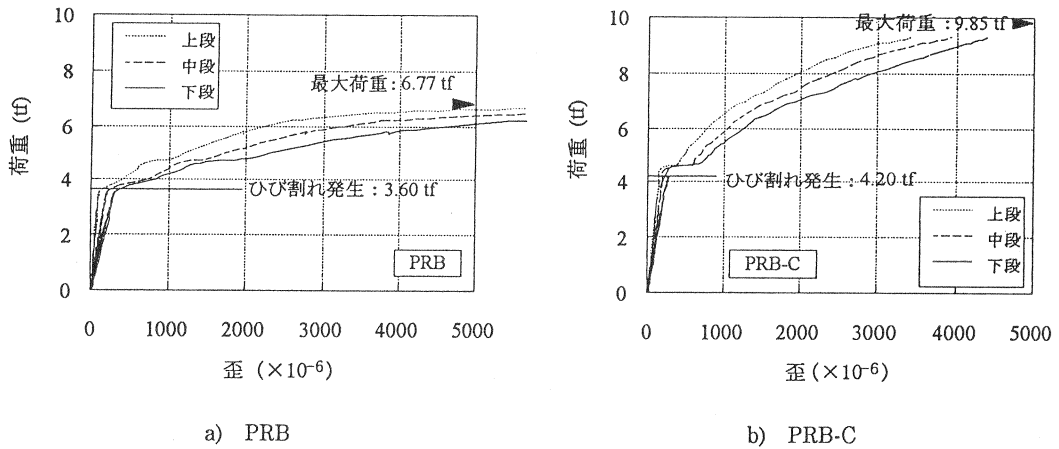


図6 荷重—PC鋼より線歪関係

表3に、実験結果一覧を示す。表中の計算値はプレストレストコンクリート設計施工規準²⁾(以下、PC規準と呼ぶ)に従い算定した。ひび割れ発生荷重計算値は、コンクリートの曲げ引張強度を $0.07 \cdot 5/3 \cdot f_c$ (f_c : コンクリートの圧縮強度)と設定して算定したもので、設定した曲げ引張強度で求めたひび割れ荷重計算値と実験値は良く一致している。また、初期剛性計算値は、表1の諸元を用い、ひび割れ発生荷重計算時の弾性たわみ量を求めた算定したものであるが、実験値と良い対応をしているといえる。終局耐力は、実験値が計算値を上回り、安全側の評価を示した。

4.1.2 PC鋼より線歪

図6にPRB、PRB-Cの荷重—PC鋼より線歪関係を示す。図より、両試験体ともコンクリートの下面中央部にひび割れが発生した後、歪が急激に増大しているのがわかる。また、これらの図からPC鋼より線の明瞭な降伏点は見出せないが、両試験体とも3本のPC鋼より線が降伏することにより最大荷重に達したものと推察される。

4.1.3 コンクリート表面歪分布

図7に、試験体PRB-Cのスパン中央部における高さ方向とコンクリート表面歪の関係を示す。この図より、下面ひび割れ発生まで、表面歪は直線的に分布しているのがわかる。また、中立軸位置に関しては、計算値($H=326$ mm)とほぼ一致している。

これらより、平面保持則が成立し、合成床板としての応力伝達もスムーズに行われているといえる。

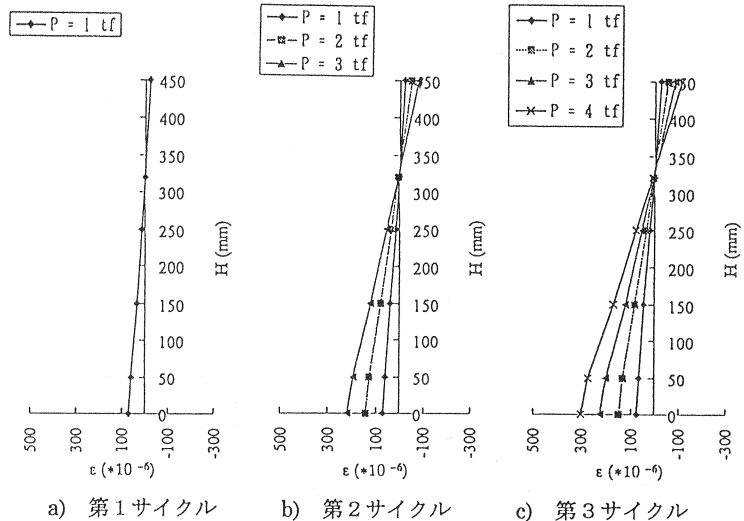


図7 試験体高さ方向とコンクリート表面歪の関係

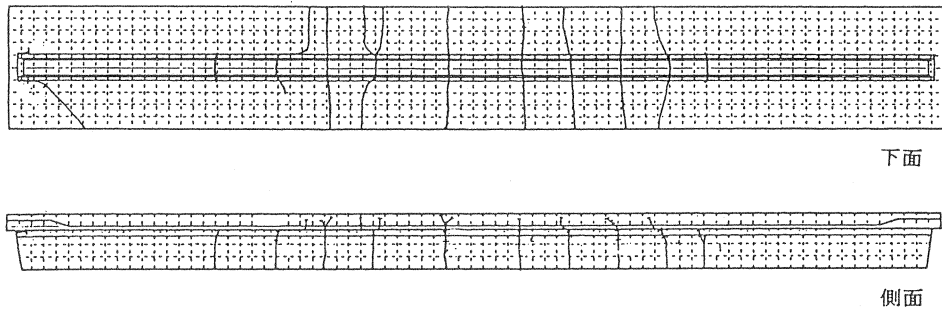


図8 最終ひび割れ図 (PRB-C)

4.1.4 ひび割れ性状

図8に、試験体 PRB-C の最終ひび割れ図を示す。ひび割れは、載荷点付近の試験体下面に集中しており、ひび割れ幅が細く、ひび割れ間隔も分散しており(約40 cm)、プレストレス導入による効果が現れている。また、端部には、リップ部とシェル部の境に微細なひび割れが生じたが、終局時まで大きなひび割れには進展しなかった。また、最後まで、PC部と場所打ちコンクリート部との打継ぎ面においてズレは見られなかった。

4.2 せん断破壊型モデル

4.2.1 実験結果一覧

表4に実験値と計算値の比較を示す。

表4 実験値と計算値の比較

試験体名	終局耐力					曲げひび割れ強度		
	実験値 (tf)	計算値① (tf)	計算値② (tf)	実験値 計算値①	実験値 計算値②	実験値 (tf)	計算値 (tf)	実験値 計算値
PRS-C	15.75	11.36	14.94	1.39	1.05	11.72	11.16	1.05

終局耐力計算値は「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」³⁾に従い、以下のよう
に算出した。

$$Q_u = \min[Q_{u1}, Q_{u2}, Q_{u3}] \quad \dots (1)$$

$$\cdot Q_{u1} = f_{cs} \cdot b \cdot j \quad (\text{コンクリート部のせん断耐力}) \quad \dots (2)$$

$$\cdot Q_{u2} = \phi \cdot A_s \cdot f_{sy} \cdot \mu_e \cdot \frac{3}{2} \quad (\text{端部補強筋の降伏で決まるせん断耐力}) \quad \dots (3)$$

$$\cdot Q_{u3} = \phi \cdot A_{sh} \cdot f_{shy} \quad (\text{ハンガー一筋の降伏で決まるせん断耐力}) \quad \dots (4)$$

$$P_{ul} = (Q_u - Q_d) \cdot 2 \quad \dots (5)$$

ここで、 f_{cs} : コンクリートのせん断強度 (=15kgf/cm²)、 b, j : 断面幅、せい、 ϕ : 強度低減係数 (0.85)
 μ_e : 有効せん断摩擦係数 (1.4)、 A_s, A_{sh} : 各補強筋の断面積、 f_s, f_{sh} : 各補強筋の降伏強度
 Q_d : 自重によるせん断力

表4中に示す計算値①は式(1)より求めた値で、式(4)のハンガー一筋の降伏により決まっている。計算値②は参考として、式(2)より試験体リップ部でのコンクリートのせん断すべりによる破壊耐力を示したものである。試験体 PRS-C の最大荷重は、計算値①よりも計算値②と良く対応している。

4.2.3 破壊性状

図9に荷重—変位曲線を示す(ただし、図中に示した値は、それぞれ载荷装置重量の0.25tfを除いた値である)。図9を参照しながら破壊までの経緯を説明する。まず、試験体端部でリブとシェル間にひび割れが水平に発生した(9.0tf)。その後、シェル部分とリブ部分が分離するようにひび割れが進展し変形が増大していった。また、荷重が11.47tfのとき中央部リブ下縁に曲げひび割れが生じた。最終的には、端部補強筋のハンガー筋が降伏すること無く、リブ部に斜張ひび割れが入り破壊に至った(最大耐力:15.5tf)。図10にPRS-Cの最終ひび割れ図を示す。

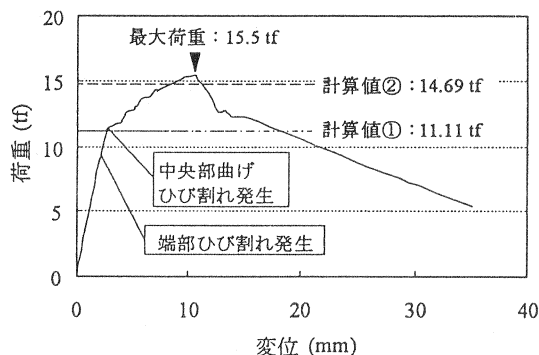


図9 荷重—変位曲線 (PRS-C)

5 まとめ

プレストレスを導入したダブルT型PC床板の曲げ性能と端部耐力の確認を目的とした本実験より以下のようなことがいえる。

- (1) PC板単体およびPC合成床板とも、ひび割れ発生荷重はPC規準で設定されている曲げ引張強度で求めた計算値と良く一致した。
- (2) コンクリート表面歪の分布状況により、平面保持則が成立していることがいえる。これにより、合成スラブとしての一体性が確認された。
- (3) PC板単体およびPC合成床板とも、それぞれPC鋼より線の降伏による曲げ破壊をし、破壊荷重は計算値の1.20倍、1.36倍と上回った。また、単体・合成床板とも靱性に富んだ変形性能を示し、破壊までの変形は十分であった。
- (4) せん断実験では、端部補強筋は降伏せず、試験体コンクリート部の斜張ひび割れによるせん断すべり破壊をした。

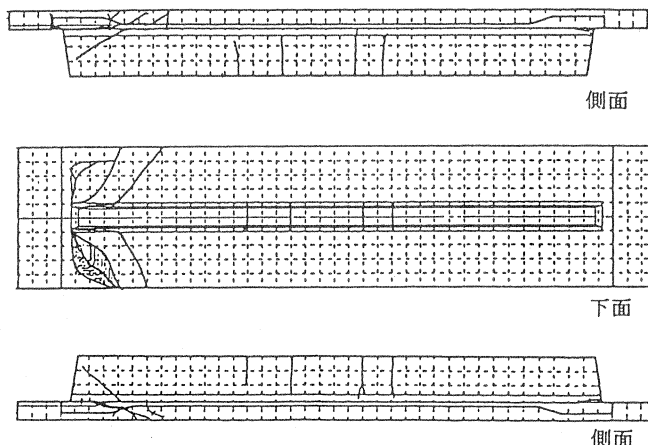


図10 最終ひび割れ図 (PRS-C)

参考文献

- 1) 小森清司他3名：“デッキプレート型RC板を埋設型枠に用いたRC合成床スラブの実験”，第8回コンクリート工学年次講演論文集，pp.613～616，1986
- 2) 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”，1987年版
- 3) 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”，1994年版
- 4) 日本建築学会：“鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説”，1988年版