

論文 段差付逆 T 形合成床スラブに関する研究

竹下 修*1・小森清司*2・蓼原真一*3・永藤政敏*4

要旨：PC埋設型枠の建築物の床スラブへの使用は施工の合理化に役立つ。この型枠を浴室の水処理など段差が必要な所で使用する場合、短スパンの埋設型枠を小梁を設けて段違いにセットすれば設計は可能である。しかし、小梁の設置は煩雑で施工の合理化につながらない。そこで、小梁を要しない段差付PC埋設型枠を用いた合成床工法を考案し、実験的な考察を進めているが、中には段差部でせん断破壊するものもみられた。今回は、段差部が常時荷重時はもちろん、終局時まで粘りを持ち、打ち継ぎ目でのずれやせん断破壊を起こさない補強方法を見出すことを目的として、実験的検討を行なった。
キーワード：PC板、合成床スラブ、段差部補強、剥離補強筋、曲げ補強筋

1. はじめに

建築物の床スラブにPC埋設型枠を用いることは施工の合理化に大いに役立つ。しかし、浴室などの水廻りでは、通常、床に段差を設けるために小梁で床スラブを区切る。このような場合、煩雑な施工を必要とするので、施工の合理化につながらない。それをカバーするために考案されたのが、段差付PC埋設型枠を用いた合成床工法 [1] である。この工法では、段違いの2枚のPC板に別々にプレストレスがブリテンション方式で導入され、段差があるまま一体化される。ここで、段差部のPC鋼線に定着金物を用いれば、プレストレスを十分に導入できるが、施工が煩雑になり高価になる。そこで、前々回 [2] と前回 [3] の実験では、段差部を定着長として40cmとり、さらに、4-D1

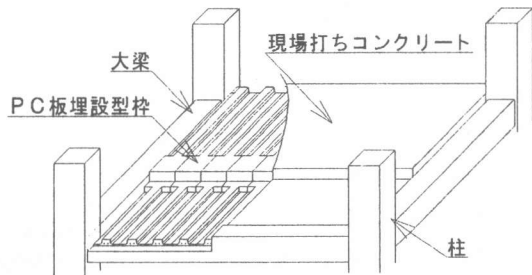


図1 段差付PC埋設型枠を用いた合成床工法

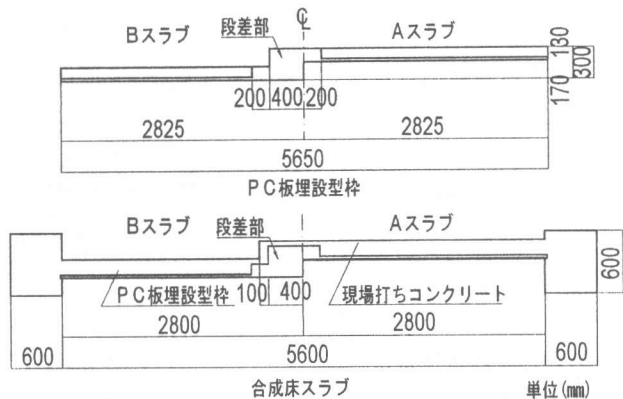


図2 全体図

- * 1 (株)富士ビー・エス建築事業部 (正会員)
- * 2 長崎大学教授 工学部構造工学科, 工博 (正会員)
- * 3 長崎大学助教授 工学部構造工学科, 工博 (正会員)
- * 4 長崎大学技官 工学部構造工学科 (正会員)

3の曲げ補強筋を挿入することによって、定着金物なしでも同等の効果が得られるかどうかを確かめた。その結果、常用荷重下では問題なくプレストレスの効果も認められたが、さらに高い荷重になると段差部の水平打継ぎ目にずれが生じて剛性が低下するとともに、終局荷重時近傍では、段差部に斜めひび割れが生じる現象がみられた。そこで今回、段差部の打継ぎ目に逆U形鉄筋（剥離補強筋）を設けた試験体を作製し、終局時まで安定した耐力が確保できるか、実験により検証した。

2. 試験体

試験体は段差付PC合成床スラブPRDCS-5, 6で計2体である。図2に全体図、図3に断面図、図4に段差部の配筋詳細を示す。合成床スラブはスパン560cm、幅50cm、厚さ18cmの一方向スラブであり、中央部に17cmの段差を有し、両端に固定度確保のためのスタブが付いている。PC埋設型枠の断面はスラブ部分が逆T形、段差部が矩形となっている。PC鋼材が定着される型枠段差部の長さは40cmとし、段差部の曲げ補強には前回のPRDCS-3と同じ4-D13の折り曲げ筋を用いた。ただし、前回のPRDCS-4は4-D10であった。水平打継ぎ目でのずれと剥離防止にはD13の剥離補強筋を幅方向に二組埋め込み、上下スラブ部の一体性を確保するためにせん断補強筋を配置し、また、水平補強筋も割増しを行った。剥離補強筋はB-

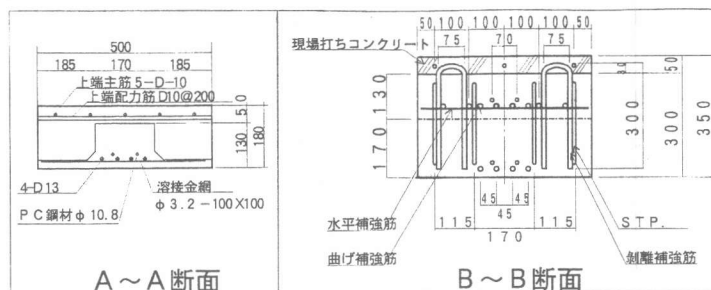


図3 断面図

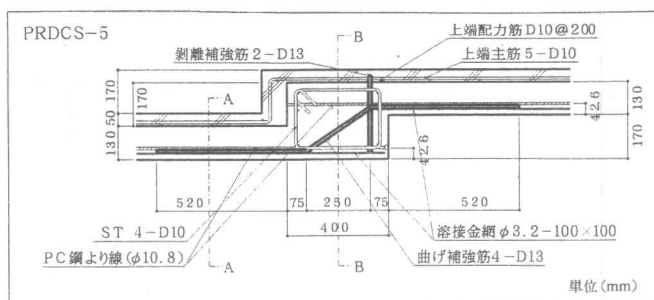


図4 段差部の配筋詳細

表1 コンクリートの性質

試験体 名称	PC板用コンクリート		現場打ちコンクリート	
	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
PRDCS-5, 6	52.0	29.4	15.2	21.6

表2 鋼材の性質

	異形鉄筋 D10 (SD295A)	異形鉄筋 D13 (SD295A)	溶接金網 100×100@ 3.2φ	PC鋼より線 (SWPRTA)*
	公称断面積 (mm ²)	71.3	126.7	8.0
降伏強度 (N/mm ²)	292	351	567	1853 1667
引張強度 (N/mm ²)	442	482	615	2010 1824
ヤング係数 (kN/mm ²)	167	186	196	186 186

*ミルシートによる値を示す。

B断面に対して上段スラブ側에만配置した。それをB-B断面の左右に配置すれば、水平打継ぎ目のずれに対してより効果的と考えられるが、後述(4.4節)の段差部の力の流れから(図8参照)、剥離補強筋は主に上段スラブ側に働く鉛直引張り力に対して剥離を防止する役割があり、剥離が防止されれば、水平打継ぎ目のずれも生じにくくなるものと考え、上段スラブ側에만剥離補強筋を配置した。剥離補強筋と水平補強筋のせん断耐力への効果を見るためにPC鋼より線に前回のPRDCS-3, 4と同じ10.8mmを用いたPRDCS-5と、前回よりさらに曲げ耐力を高めるためにPC鋼より線に12.4mmを用いたPRDCS-6を作り、試験に供した。また、試験体にはプリテンション方式で、PC鋼より線の応力度が規格降伏強度の80%となるようにプレストレスを導入した。コンクリートと鋼材の性質を表1、表2に示す。

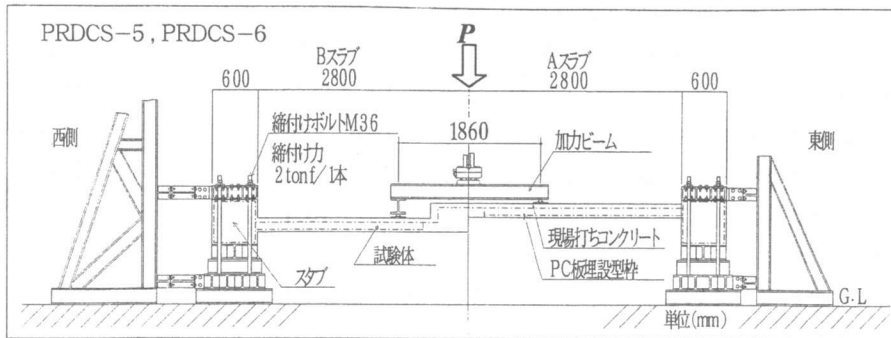


図5 実験装置

3. 実験方法及び測定方法

図5に実験装置を示す。載荷方法は両端固定の3等分点2点載荷で、弾性範囲内(ひびわれ発生荷重計算値の60%以内)、固定端部のひびわれ発生、スパン中央部下面のひびわれ発生、および破壊までの4サイクルとした。コンクリートのひずみ測定にはワイヤーストレングージを用い、スパンの1/4点、3/4点、中央部、両端部の側面と上下面には材軸方向に、段差部では3軸方向にゲージを貼付して行なった。中央部のたわみ、および固定端部の水平変位・支点的沈下量の測定は、変位計によって行なった。また、曲率分布を調べるために π 型ゲージを用い、試験体側面の上縁または下縁から15mmの軸線上に測定長さ15cmまたは20cmの間隔で取付けて測定した。ひびわれは目視で観察し、端部上面のひびわれ幅、およびPC鋼より線の抜け出し量はクリップゲージで測定した。

4. 実験結果および考察

4.1 たわみ性状

図6に荷重-たわみ曲線の包絡線を示す。図にはPRDCS-5, 6以外に、段差なしのPRCS-1 [1], 前回の段差部でずれとせん断破壊を起こしたPRDCS-3, 4 [3]も同図に示した。この図から、次のことがわかる。PRDCS-3, 4は42kNまたは47kNで段差部の場所打ちコンクリートとPC部分の打継ぎ目ですれが生じ、52kNまたは48kNにせん断破壊したが、段差部を強化したPRDCS-5は52kNになっても、ずれやせん断ひび割れは生じず、下段スラブの加力点位置の曲げ圧壊で終局に至った。曲げ耐力を高めたPRDCS-6

も、段差部のPC鋼材の定着長さがPRDCS-5と同一であるにも拘らず、段差部の打継ぎ目でのずれやせん断破壊現象はみられず、下段スラブと段差部との付け根で曲げ圧壊した。そして、PRDCS-6の荷重-たわみ曲線が、同じ径のPC鋼より線が配された段差なしの試験体PRCS-1の荷重-たわみ曲線に近づいていることは注目に値する。

4.2 ひび割れおよび最大荷重

表3に実験結果等の一覧表を示す。常時の積載荷重を 490N/m^2 とすれば、常時荷重は 13.7kN となる。ひび割れ荷重実験値はPRDCS-5, 6とも $11.7\sim 13.7\text{kN}$ であり、ほぼ常時荷重に一致している。ただし、スラブ両側の上面ひび割れ荷重は計算値より高い。これは、搬入時に生じた下面ひび割れが原因で、上面ひび割れが下面ひび割れの閉じた後に生じたからだと考えられる。また、スラブ下面のひび割れ発生荷重は計算値より小さいが、これは目視が難しい程度の微細なひび割れを取り上げたことによるもので、これらの荷重段階では図6の荷重-たわみ曲線からも分かるように、まだ、目立った剛性低下は現れていない。

一方、PRDCS-5, 6の最大荷重は常時荷重の $4.1\sim 4.6$ 倍に達し、実用上問題のないことがわかった。いずれも曲げ耐力計算値を上回っている。もちろん、PC鋼より線径の大きいPRDCS-6の方がPRDCS-5より大きい。

一方、PRDCS-5, 6の最大荷重は常時荷重の $4.1\sim 4.6$ 倍に達し、実用上問題のないことがわかった。いずれも曲げ耐力計算値を上回っている。もちろん、PC鋼より線径の大きいPRDCS-6の方がPRDCS-5より大きい。

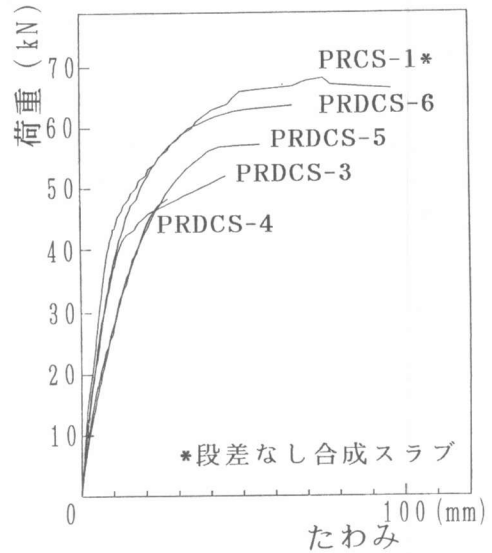


図6 荷重-たわみ曲線

表3 実験結果等の一覧表

試験体名称	ひび割れ発生荷重 (kN)							端部鉄筋降伏荷重 (kN)	最大荷重 (kN)	最大荷重時たわみ (cm)	破壊性状	
	Bスラブ 端部上面	Bスラブ 中央下面	Bスラブ 段差下面	中央段差 部下面	Aスラブ 段差下面	Aスラブ 中央下面	Aスラブ 端部上面					
PRDCS-5	実験値	13.7	13.7	12.7	—	12.7	13.7	13.7	37.3	56.9	5.6	Bスラブ 上面圧壊
	計算値	4.5	23.6	17.9	18.7	21.3	23.6	4.5	22.6	50.0	—	
PRDCS-6	実験値	12.7	12.7	12.7	—	12.7	13.7	—	45.1	63.7	6.6	Bスラブ 上面圧壊
	計算値	4.5	35.8	25.8	22.4	28.6	35.8	4.5	22.6	54.9	—	

注) 最大荷重はスラブ固定端と載荷点に塑性ヒンジを仮定して算定

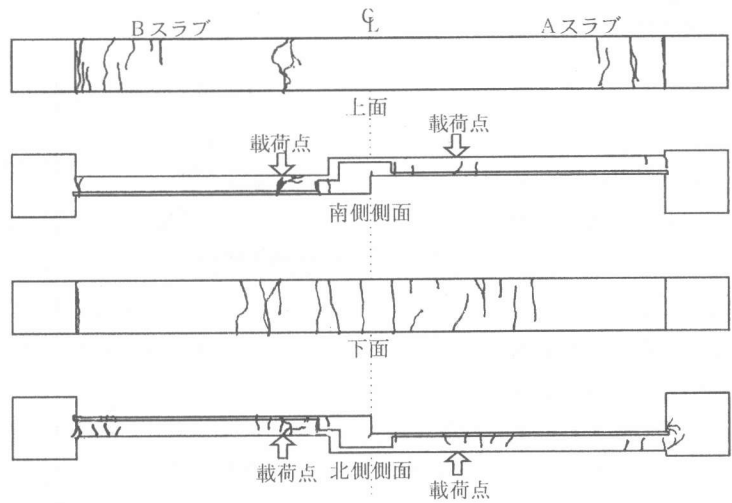
4.3 ひび割れ性状

図7(a), (b)にPRDCS-5, 6の最終ひび割れ図を示す。また、図7(c)に前回の実験でせん断破壊したPRDCS-3も比較のために示す。PRDCS-5, 6とも両端部スラブ上面と載荷点付近のスラブ下面にはひび割れが数本発生し、段差部付け根のスラブ下面にもひび割れが生じている。最終破壊はPRDCS-5では下段スラブの載荷点付近で曲げ圧壊している。曲げ耐力の高いPRDCS-6も下段スラブと段差部との付け根で曲げ圧壊している。いずれも、段差部を強化したためにPRDCS-3のような段差部における場所打ちコンクリー

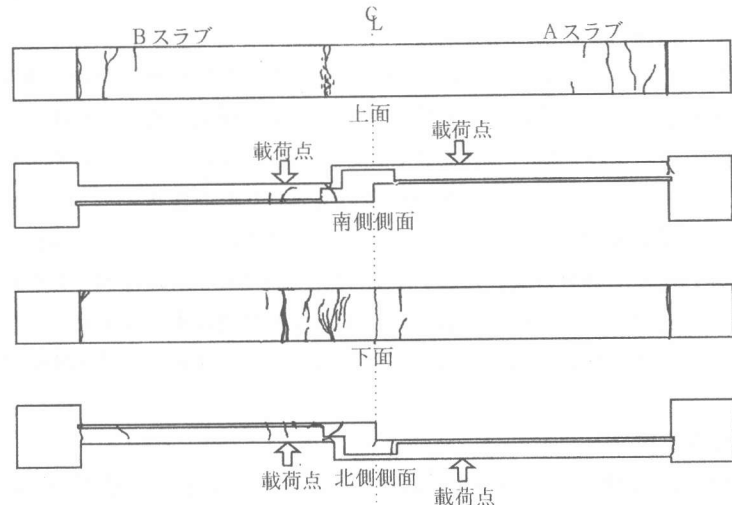
トとPC部分の打継ぎ目でのずれやせん断破壊は生じておらず、粘りある破壊型のひび割れ性状となっている。

4. 4 段差部の力の流れと剥離補強筋の効果

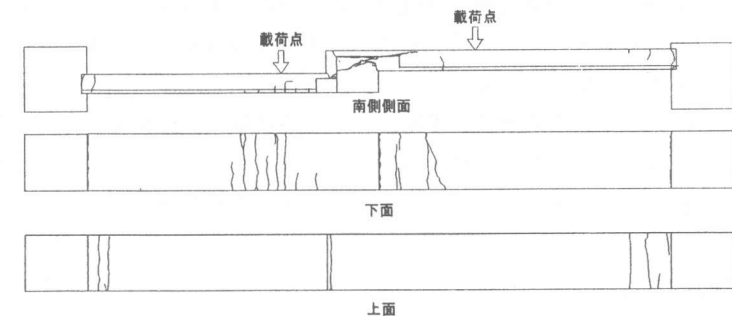
剥離補強筋の有無による今回と前回の実験結果の違いから、段差部の力の流れと剥離補強筋の効果について考察してみる。曲げモーメントが一樣である段差部には、図8に示すように段差のため上下スラブの曲げ圧縮域を結ぶ線上に斜め圧縮力が生ずる。この斜め圧縮力によってPC部分と場所打ちコンクリートの水平打継ぎ目にせん断力が生じる。前回はこのせん断力により、まず打ち継ぎ目にずれが生じて剛性低下が始まり、また、ずれとともに打継ぎ目の凹凸のため上下方向に剥離が生じたものと考えられる。一方、斜め圧縮力と上部スラブの曲げ圧縮力の交点では、力の釣合から鉛直下向きの引張力が生じるので、打継ぎ目のPC部分には、場所打ちコンクリートから打継ぎ目に沿ったせん断力と上向き



(a) PRDCS-5



(b) PRDCS-6



(c) PRDCS-3 (前回せん断破壊した試験体)

図7 最終ひび割れ図(展開図)

の鉛直引張力を受けることになる。したがって、PC部分にはこれらの合力方向に引張主応力が生じるから、補強筋がないと引張り強度に達すれば脆い斜張力破壊が起きることになる。今回のように剥離補強筋が存在すれば、

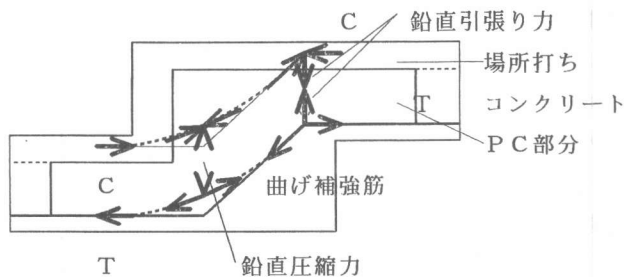


図8 段差部の力の流れ

まず、ずれとずれによる剥離を拘束する。たとえ、ずれや剥離また斜張力ひび割れが生じても剥離補強筋はそれらの伸展を拘束し、PC部分と場所打ち部の一体性を確保するから、段差部のせん断耐力は前回の破壊耐力を上回り、今回はせん断破壊の前に床スラブの曲げ破壊が先行したものと考えられる。

5. 結論

段差を有する床スラブを小梁なしで施工できるPC埋設型枠合成床スラブについて、ずれとせん断破壊に対する段差部の補強方法について実験的に検討した結果、以下のことがわかった。

- (1) スパン中央に段差部を有していても、適正な補強が施されていれば、段差なしの通常の床スラブとほぼ同等の靱性の高い荷重～たわみ性状を示すことがわかった。
- (2) 最大荷重は常時荷重の4.1～4.6倍に達し、実用上問題のないことがわかった。
- (3) 段差部の力の流れについて考察し、通常のせん断補強筋以外に剥離補強筋を斜め圧縮力と上部スラブの曲げ圧縮力の交点となる位置に配置すれば、場所打ちコンクリートとPC部分のずれ防止効果と鉛直補強効果により、段差部のせん断耐力が向上することがわかった。

参考文献

- [1] 田中恭哉, 小森清司, 永藤政敏, 近藤政治: 逆T形埋設型枠にプレストレスを導入した合成床スラブの耐力とひびわれ, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 13, No. 2, pp. 719-724, 1991. 6
- [2] 田中恭哉, 小森清司, 蓼原真一, 永藤政敏: 段差付PC合成床スラブの耐力と破壊性状に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 17, No. 2, pp. 29-34, 1995. 6
- [3] 山田宏至, 小森清司, 蓼原真一, 永藤政敏: 段差付逆T形PC型枠を用いた合成床スラブの耐力と破壊性状に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol. 18, No. 2, pp. 1079-1084, 1996. 6

[謝辞]

本研究にご協力いただいた長崎大学大学院生および学生諸氏および(株)富士ピー・エスの関係各位に、深く感謝いたします。