

[86] 繰返し荷重を受けるPC板埋設型枠を用いた合成床版の挙動に関する研究

正会員 ○渡辺 明 (九州工業大学 工学部)

正会員 出光 隆 (九州工業大学 工学部)

正会員 江本幸雄 (福岡大学 工学部)

1. まえがき

最近、床版施工の合理化を目的として、肉厚の薄いPC板を埋設型枠として用いる工法が実用化されている。この工法によれば型枠・支保工が不要で安全かつ迅速な施工が可能ならばかりでなく、型枠であるPC板と現場打ちコンクリートが一体化することにより、PCとしての特長を有する合成部材が構成されるメリットも生じてくる¹⁾。筆者らはこのPC合成部材の力学的特性を明らかにする目的

で、床部材としては最も大きな活荷重を受ける道路橋床版を想定して実験的研究を実施した。実験はまずPC板製造時に付着長を求めることから始め、次いではり供試体および版供試体を作製して静的および繰返し載荷試験を行なった。はり供試体では主としてPC板と現場打ちコンクリートの水平打ち継ぎ面に着目し、200万回疲労限荷重と破壊形式を観察するとともに、設計荷重付近での挙動についても詳しく調べた。版供試体では合成版の底部に生じるPC板部分のバットジョイントの切れ目が版全体にどのように影響するかを従来のRC床版と比較しながら検討した。

2. PC板の製造

PC板は工場のプレテンションベンチで、スライディングフォームを用いて、約60mが一気に打設、成形される。表面は現場打ちコンクリートとの付着を良くするために、30mmピッチで5mm程度の凹凸を有する粗面仕上げがなされる。今回の実験では厚み6cmのPC板に、 $\phi 10$ mmのPC異形鋼棒8本/mを用い60kg/cmのプレストレスを等分布に導入した。プレストレス導入後、長尺のPC板を所定の長さにかットするが、図-2は、その際、付着長を求めるべく測定したコンクリートのひずみ分布の一例である。

3. 供試体および載荷方法

床版は二等橋に用いられる一方向版と仮定して支間2m、版厚17cmとした。合成床版の設計は当初「自重についてはPC板がPC部材として負担し、合成後に加わる活荷重に対しては、PC板の鋼材(PC鋼材+鉄筋)と現場打ち部分の引張鉄筋を合せたものを引張鉄筋とする鉄筋コンクリート」として設計したが、プレストレスの効果を考慮し、現場打ち部分の鉄筋量は設計上必要な量の30%程度まで減少させた。合成およびRCはり供試体の断面図を図-3に示す。はり供試体の種類および本数を表-1に示す。ジベルとしては、図-3に示す $\phi 13$ mmの馬てい異形鉄

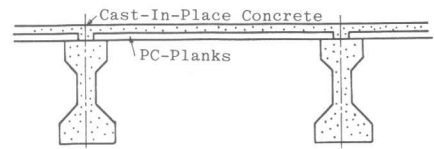


図-1 PC板埋設型枠利用の床版

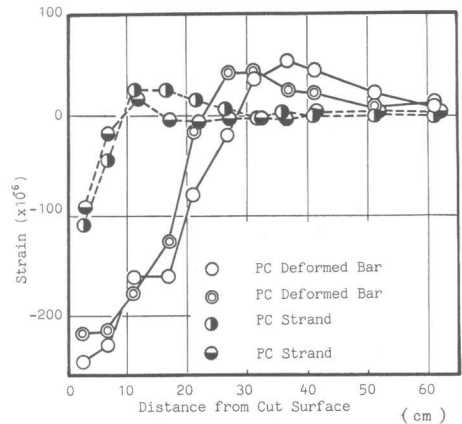
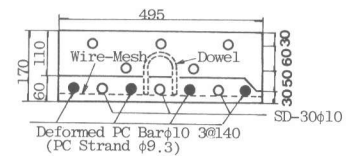
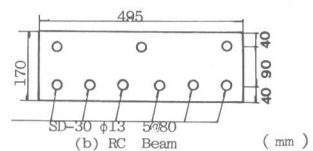


図-2 PC鋼材の付着長



(a) Composite Beam



(b) RC Beam (mm)

図-3 はり供試体断面図

筋を両端部から 30 cm の位置に埋込んだ。C シリーズは施工の最も悪い状態を想定し、離型剤を P C 板表面に塗布し、翌日現場打ちコンクリートを打設したものである。

荷重方法を図-4 に示す。はりの曲げ強さとともに、水平打ち継ぎ面のせん断強さ、P C 鋼材の付着強さを確かめる目的で、荷重方法は三等分点二点荷重とした。静的荷重試験では、各荷重段階毎に、たわみ、コンクリートのひずみ、ひびわれの伸び、ひびわれ幅、P C 鋼材のすべり込み、および打ち継ぎ面のずれなどを測定した。動的試験では静的破壊強度の 45 ～ 80 % を上限荷重、8 % (1.75 t) を下限荷重として繰返し荷重を行なった。

次に、版供試体の断面図を図-5 に示す。版の幅は 1.8 m とし、合成版、R C 版各 1 体を作製した。合成版は P C 板継ぎ目の影響を調べる目的で幅 40 cm と 50 cm を 2 枚ずつ計 4 枚の P C 板を用いた。供試体の製作は支承条件を良好にするため、まず試験機の支点上に P C 板を並べ、次いで現場打ちコンクリートを打設し、そのまま 1 ヶ月間の養生を行なう方法をとった。荷重は実際の床版に近い状態にするため荷重点を移動させて行なった。図-6 に荷重点の位置を示す。荷重は T-20 後輪荷重の 8 t を上限、0.5 t を下限荷重とし、1 ヶ所 1 万回荷重で合計 200 万回に達するまで繰返し移動荷重した。また荷重面積は後輪面積より小さい 20 × 20 cm とした。各荷重回数で、たわみ分布、コンクリートのひずみ、ひびわれ、P C 板のひらきなどを静的荷重によって測定した。

なおコンクリートの設計強度は P C 用は 50.0 kg/cm²、R C および現場打ちコンクリート用は 24.0 kg/cm² とした。

4. 試験結果および考察

4-1 合成はりの静的試験結果

静的試験結果を表-2 に示す。合成はりのひびわれ発生荷重は R C はりの 4 倍強で、設計荷重 (3.2 t - 2.1 t m/m) の約 2 倍である。

合成はりの A および B シリーズ供試体はいずれも 2.2 t 前後で鋼材が降伏破断しており、打ち継ぎ面および P C 鋼材の付着に問題は生じなかった。離型剤を塗布した C 供試体は、1.8 t まで荷重を上げた時突然打ち継ぎ面がはく離し、ジベル筋が P C 板から引抜け、破壊した。

R C の供試体は 1.15 t で鉄筋の降伏と見られる急激なたわみの増加があった後、1.35 t で破壊した。

4-2 合成はりの疲労試験結果

疲労試験結果を図-7 に示す。A シリーズの上限荷重 17.5 t (80%)、1.64 t (75%) の供試体は P C 鋼材がすべり込んで破壊した。離型剤

表-1 はり供試体の種類

SYM	No.	P C TENDON	NUMBER OF DOWELS	CONSTRUCTION JOINT
A	7	PC deformed bar	0	common
B	7	PC strand	2	common
C	7	PC deformed bar	2	moulds sprayed
D	7	Reinforced Concrete		
E	7	PC deformed bar	2	common

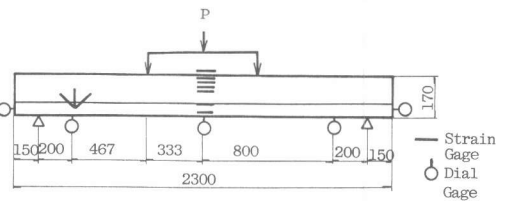


図-4 はり供試体の荷重方法 (mm)

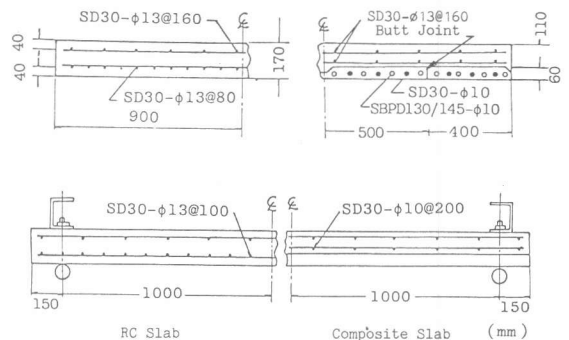


図-5 版供試体断面図

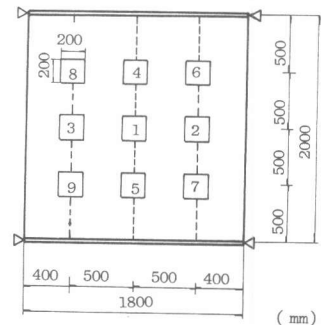


図-6 版供試体の荷重位置 (mm)

塗布のCシリーズは13.2t(60%)以上では打ち継ぎ面がはく離して破壊した。上記以外の合成はり供試体はいずれもPC板中の鉄筋が疲労破断し、引続きPC鋼材が疲労破断した。DシリーズのRCはりもすべて鉄筋の疲労で破壊した。合成はりの200万回疲労限は10~11.5t(6.6~7.3t m/m)であり、これはRCはりの疲労限7.4t(4.9t m/m)の1.4倍、設計荷重の3.5倍に相当する。

以上の結果より、PC板と現場打ちコンクリートの接合面の付着はPC板表面が粗面仕上げされておればジベル筋がなくても充分であり、かりに付着が悪い場合でも、本供試体程度のジベル筋が配置されておれば充分な耐力を期待できることが明らかになった。

4-3 低荷重レベルの繰返し載荷試験結果

設計モーメントに相当する3.2tを上限荷重、0.5tを下限荷重として50万回の繰返し載荷を実施したが、はりほぼ弾性的に挙動した。荷重たわみ曲線の結果を図-8に示す。同図に示すように荷重を段階的に増加させながら繰返し載荷を続行したが、ひびわれが発達して荷重とたわみの直線関係が失われたのは、設計モーメントの2.5倍に相当する8tで60万回の繰返しを行なった時点であり、合成はり繰返し荷重を受けても良好なひびわれ性状を示した。

4-4 合成はりのPC部材としての計算法

以上の結果から、合成はりひびわれ発生後もPC板のプレストレスが有効に作用しており、むしろPCはりとしての特性を示すことがわかった。そこでこの合成はりをPC部材として設計するものとして、次の2つの場合について、その計算方法を比較してみた。

I 残留プレストレスはPC板のみに分布している
と考える方法

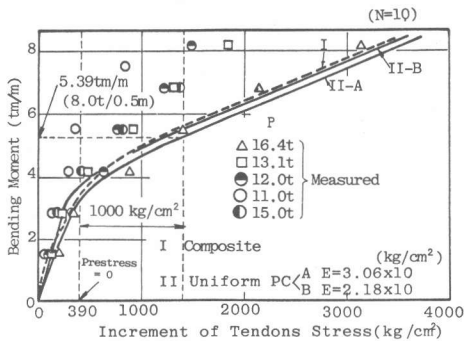


図-9 荷重による鋼材の増加応力

表-2 静的試験結果

SYM	CRACKING LOAD (t)		FAILURE LOAD (t)		TYPE OF FAILURE
	MEASURED	CALCULATED	MEASURED	CALCULATED	
A	7.5	7.67	22.3	18.8	bending due to
	8.5	"	21.5	"	yield of
B	6.5	"	22.0	19.0	PC tendon
C	6.0	"	18.0	18.8	delamination
D	1.5	1.55	13.5	9.3	bending yield

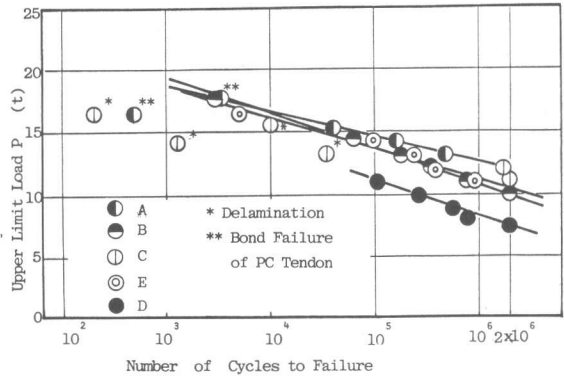


図-7 S-N線図

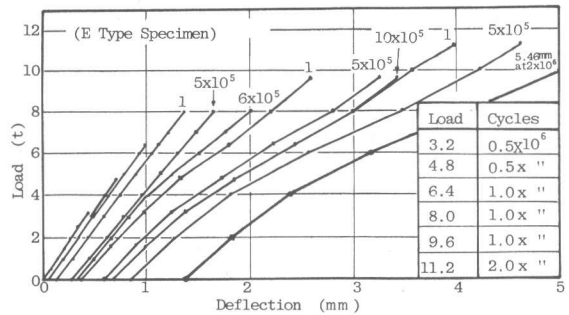


図-8 繰返し載荷時の荷重たわみ曲線

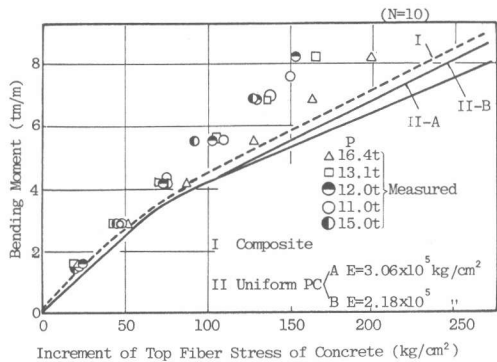


図-10 荷重による上縁コンクリート増加応力

Ⅱ 始めから一体のPC部材であったものと単純化して 計算する方法

IおよびⅡの方法で計算したPC鋼材の荷重による増加応力を図-9に、上縁コンクリート応力を図-10に示す。また同図にはEシリーズ供試体について、繰返し载荷10回後のひびわれの入った状態における実測値も示している。

IとⅡの計算方法による差は小さく、実用上Ⅱの方法で計算してもさしつかえないと考えられる。同図からⅢ種PCとしてPC鋼材引張応力度 1000 kg/cm^2 を許す場合、荷重は約8tとなる。この値は設計荷重の2.5倍に相当し、実際にこの荷重を繰返しても疲労破壊は生じなかった。

4-5 合成床版の疲労試験結果

図-11に合成床版とPC床版について、後輪荷重8tの繰返し荷重によるたわみ変化を示す。合成床版の荷重とたわみの関係は直線的で、200万回の载荷終了時でもその傾きは変わっていない。また残留たわみは200万回载荷時で0.8mmであった。一方RC版は、最初の静的载荷の段階でひびわれが進み、その残留たわみは0.8mmとなり、载荷が進むとともに増加し、最終的に3.8mmに達した。

図-12に合成およびRC床版について、200万回終了時点で、中央点に8t载荷した場合のスパン方向およびスパン直角方向のたわみ状況を示す。

合成床版のたわみはRC床版のたわみの半分以下であり、プレストレスの効果が著しく表われている。またスパン直角方向のたわみ分布をみると、合成床版のたわみの曲率はRC床版の半分であり、PC板の部分にバットジョイントの切れ目があるにもかかわらず、充分な曲げ剛性を有していることがわかる。図-13に合成およびRC床版の8t-200万回終了時の下面ひびわれ状況を示す。合成床版のひびわれはRC床版に比べて著しく少なく、そのひびわれも除荷した状態では目視できない程度に閉じた。

5. 結論

- 1) PC板は薄板部材であるが、PC鋼材の付着は充分である。
- 2) PC板と現場打ちコンクリートの付着は、PC板表面が粗面仕上げされておれば、ジベルなしでも充分である。
- 3) 合成版はPC部材としての性能を備えており、RC版に比べひびわれ、たわみ性状などが著しく優れている。またPC板の部分に残るバットジョイントの切れ目は、版全体の剛性にはほとんど影響を与えなかった。
- 4) 合成床版の設計にあたって、RCとして設計する方法は安全側すぎて適当でない。合成床版全体を一体のPC部材と考え、Ⅲ種PC部材として設計することが実用的である。

参考文献

- 1) 渡辺明，出光隆，原田哲夫，村上義彦：PC板埋設型枠の道路橋床版への利用に関する基礎的研究，セメント技術年報，第33巻，昭和54年（1979）

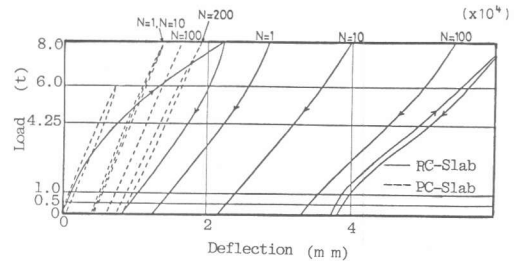


図-11 合成およびRC版のたわみ変化

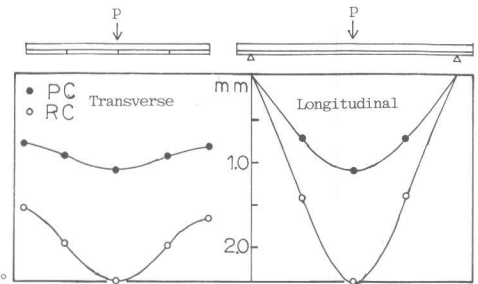
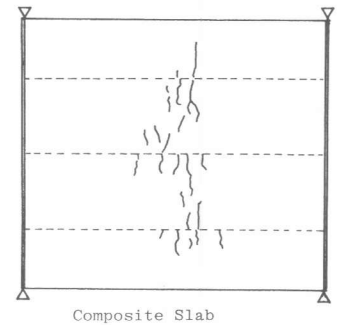
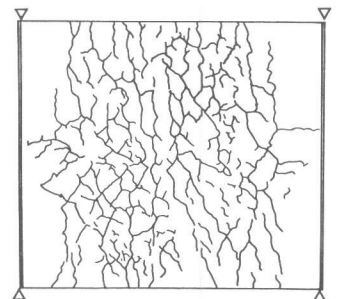


図-12 200万回载荷後のたわみ状況



Composite Slab



RC Slab

図-13 下面ひびわれ状況