

[77] III種PCとして設計したPC埋設型枠合成床版の力学的特性

正会員 ○江本幸雄 (福岡大学 工学部)
 正会員 出光 隆 (九州工業大学 工学部)
 松田 浩 (九州工業大学 工学部)

1. 緒言

最近、プレキャストPC板を埋設型枠として使用し、床版施工の劣力化、合理化、さらには作業の安全性を図る施工法が実用化されている。この工法では主桁間に敷設されたPC板は施工時には型枠、支保工の役目を果し、その上に打設された現場打ちコンクリート硬化後には、床版断面の一部としてPC埋設型枠合成床版を構成する。筆者らは数年来、活荷重が作用する道路橋床版を想定してPC合成床版についての力学的特性を検討した結果、PC板と現場打ちコンクリートとの付着はPC板上面を粗面仕上げしておけば十分で、一体の床版として挙動することが明らかとなった。しかしながら、これまでの設計では合成床版をRC部材として取扱ってきたため、極めて安全すぎる結果が得られた。¹⁾そこで、この合成床版をIII種PC部材として設計することを試み、実験的検討を行なった。実験ははりおよび版供試体を作製し、静的試験と繰り返し載荷試験をそれぞれ行なった。版供試体の試験では繰り返し荷重によって、床版の底部のバットジョイントの切れ目が床版全体にどのような影響を及ぼすかを検討した。

2. 実験概要

2.1 はり供試体と載荷方法

PC板は工場のPCベンチでスライディングフォームを用いて連続して製造され、所定の長さにカットされる。RC床版とみなして設計した場合は $\phi 10\text{mm}$ のPC異形鋼棒(SBPD 130/145) 8本/mを用い 60kg/cm^2 のプレストレスを、III種PC床版として設計した場合は5本/mを用い 37.3kg/cm^2 の等布プレストレスを導入している。

合成はりの形状寸法を図-1に示す。Aは二等橋RC床版として、BはIII種PC部材(鋼材の許容増応力 $\Delta\sigma_p=1000\text{kg/cm}^2$)として、それぞれ設計したものである。供試体の種類を表-1に示す。Bについては合成方法を変えて供試体を作製した。また、B-a'はPC鋼棒の代わりにPC鋼より線(SWPR.7A, 9.3mm)を用いたものであり、B-bは合成はりでない通常のPCはりとして製作したものである。はりの載荷方法はスパン2mの3等分点2点載荷とした。疲労試験では適当な回数ごとに上限荷重まで静的に載荷し、各荷重段階毎に圧縮側コンクリートのひずみ分布、たわみおよびひびわれの伸び・幅などを測定した。静的な試験も同様の方法で行なった。

2.2 版供試体と載荷方法

合成床版は二等橋床版を想定し、スパン2m、幅1.8m、版厚17cmの一方向版でIII種PC床版として設計製作した。図-2にIII種PC床版と前回実施したRCとみなして設計した合成床版、ならびにRC床版の形状、寸法を示す。PC合成床版はバットジョイントの影響を調べる目的で40, 50, 60cm幅のPC板4枚を用いて構成した。まず、試験機上に4枚のPC板を並べ、その上に現場打ちコンクリートを打設して合成床版を作製し、1カ月養生後に疲労試験を実施した。コン

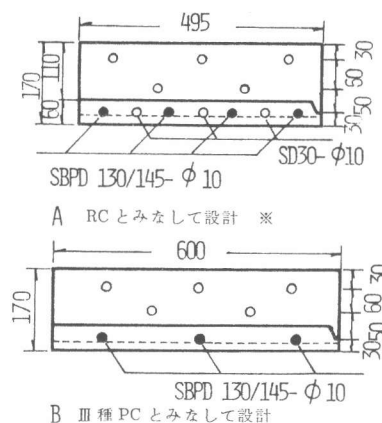


図-1 合成はり供試体

※ 但し、PC合成床版の耐力が強いことを考慮して、現場打ち部の鉄筋量はD13@100をD10@200とした。

表-1 供試体の種類

設計様式		合成方法
A	RC	
B	a, a'	
	b	
	c	

クリートの設計基準強度はPC板は $500\text{kg}/\text{cm}^2$ 、現場打ちコンクリートは $240\text{kg}/\text{cm}^2$ とした。荷重荷重は実際の状態をシュミレートして、図-3に示す9点を移動荷重方式で行なった。T-20の後輪荷重に相当する 8t を $20\text{cm}\times 20\text{cm}$ の荷重板を介して荷重し、1万回荷重するごとに順次移動させ、合計200万回に達するまで繰り返し荷重した。支点上は供試体が浮き上らないように溝型鋼で押えた。1サイクルの荷重が終了した時点で、たわみ、ひずみ、ひびわれの伸びおよび合成床板底部のバットジョイントのひらきなどを静的荷重試験によって測定した。 8t -200万回の荷重後、さらに荷重を 12t に上げ同様に試験を行なった。下限荷重は 8t 荷重で 0.5t 、 12t 荷重で 1.0t とし、繰り返し速度は $1\sim 2\text{Hz}$ とした。なお、現場打ちコンクリートの強度は $220\sim 240\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

3. 実験結果および考察

3.1 合成はりの試験結果

表-2に合成はりの静的荷重試験結果を示す。Aシリーズの場合は、 $M_u/M_D = 7.0$ となり、極めて不経済な設計であることがわかる。Bの場合のPC板にはPC鋼材のみで、異形鉄筋を用いていないから、ひびわれ性状は若干劣っている。しかしながら、B-a、a'の M_u/M_D はそれぞれ3.6、4.2と前者の7.0に比べかなり低減している。また、ひびわれ発生はa、c各々 3.33 、 $4.24\text{tm}/\text{m}$ とCの場合が大きいことから両端張り出して合成した方が、ひびわれ発生に関しては有利になることがわかる。疲労試験結果を図-4に示す。合成はりの200万回疲労限はAシリーズが $8\text{tm}/\text{m}$ 、B-a、a'シリーズは各々 $5\text{tm}/\text{m}$ 、4.3

tm/m となっており、それぞれ設計モーメントの3.8倍、2.4倍、2.0倍である。以上の結果から、疲労の面からも合成はりを単なるRC部材として設計することは安全すぎ、III種PCとみなして設計の方が望ましいと考えられる。設計モーメントでの付着応力度は $17\text{kg}/\text{cm}^2$ で、許容付着応力度($20\text{kg}/\text{cm}^2$)以下であるが、B-aシリーズでは200万回疲労限程度の荷重で付着疲労破壊を生じたものがあつた。一方、B-a'シリーズでは疲労限近くでは鋼材の疲労破断で破壊した。それらの結果から異形鋼棒の付着疲労特性は不安定であり、活荷重の影響が大きい場合は緊張材にはPC鋼より線を利用する方が望ましいと判断される。

図-5は曲げモーメントと鋼材応力の増加量の関係を示したものである。(鋼材応力はコンクリートのひずみ分布から推定した) プレストレスの範囲内では応力度の増加は小さく、それを越えると急増している。静的試

表-2 合成はりの静的試験結果

供試体の種類	A	B			
		a	a'	b	c
モーメント					
設計モーメント M_D (tm/m)	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
ひびわれモーメント M_c (tm/m)	5.02	3.33	3.35	3.89	4.24
M_c / M_D	2.4	1.6	1.6	1.8	2.0
破壊モーメント M_u (tm/m)	14.75	7.67	8.81	9.03	8.15
M_u / M_D	7.0	3.6	4.2	4.3	3.8

(注: 表の値は/m幅に換算した)

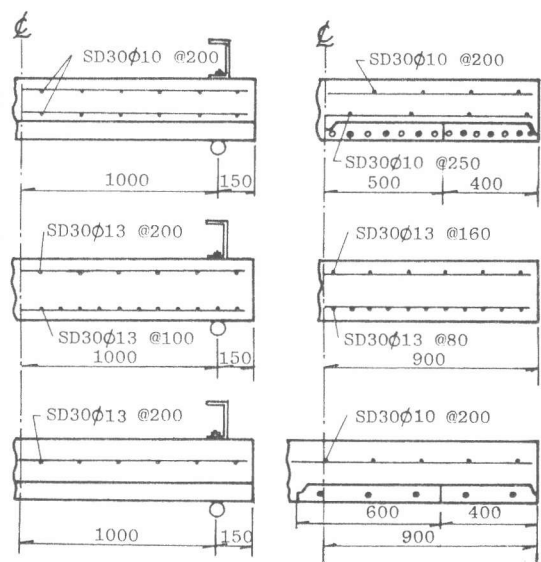


図-2 版供試体断面図

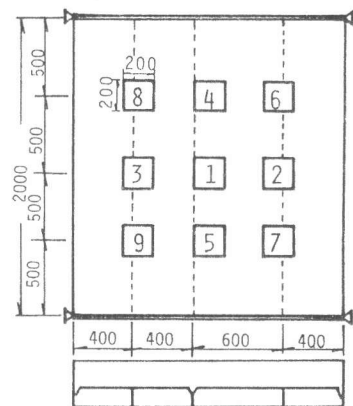


図-3 荷重位置および荷重順序

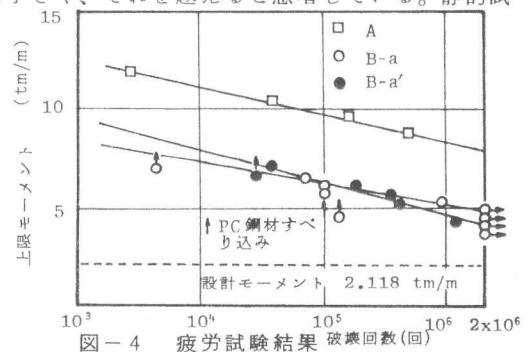


図-4 疲労試験結果

験の結果は理論値のそれと合っていないが、その原因は、まだ引張側コンクリートが外力に抵抗するためである。しかしながら、B-aの実験値とB-bのそれが極めてよく合っていることから、合成はりは一体のPCはりとして設計しても差支えないと考えられる。付着特性の優れたB-a'シリーズでは鋼材応力の増加量が 1000kg/cm^2 以下で実験値と計算値がほとんど一致している。したがって、異形PC鋼棒の場合も、付着が十分な範囲では計算値に合ってくるものと推測される。

図-6に鋼材応力の増加量と最大ひびわれ幅の関係を示す。同図のa, a'それぞれの最外端に引いたものが同図の実、破線である。いま、許容ひびわれ幅 0.1mm として鋼材応力増加量の許容値を求めてみると、異形PC鋼棒、PC鋼より線に対し、それぞれ200および 500kg/cm^2 が得られる。図-6の理論曲線から、それらの値に対する抵抗モーメントを求めると、それぞれ 244tm/m 、 275tm/m となり設計モーメント 212tm/m 以上の条件は十分に満足されている。なお鋼材の応力増加量を 1000kg/cm^2 として設計したにもかかわらず、上記のように余裕ある設計となったのは所用鋼材量が終局状態の安全度の方から決められたことに起因する。

3.2 III種PC合成床版の疲労試験結果

PC埋設型枠床版はIII種PCとして設計すべきことが明らかとなったので、次にIII種PCとして設計した床版について繰り返し載荷試験を行なった。図-7に繰り返し回数とたわみの関係を示す。

PC板を用いた合成床版はPC床版よりはるかにたわみは小さく、特に、残留たわみは $8t-200$ 万回では 1mm 以下でRC床版の $1/5$ 程度である。III種PCとして設計した合成床版(PCIII)はRCとみなして設計した合成床版(PC)よりも残留たわみはやや大きいものの、 $12t-200$ 万回載荷後においても、たわみはほとんど変わらせず、したがって床版の剛性低下はほとんどなかったものと考えられる。

図-8にIII種PC合成床版の $8t-200$ 万回、 $12t-200$ 万回載荷後の静的載荷によるたわみ曲線を示す。 $8t-200$ 万回の載荷後ではIII種PCとして設計した合成床版のたわみはRC床版の $1/2$ 程度であり

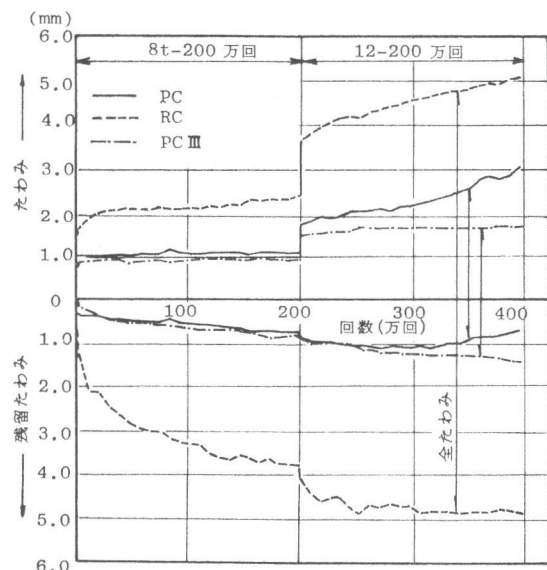


図-7 繰り返し回数とたわみの関係

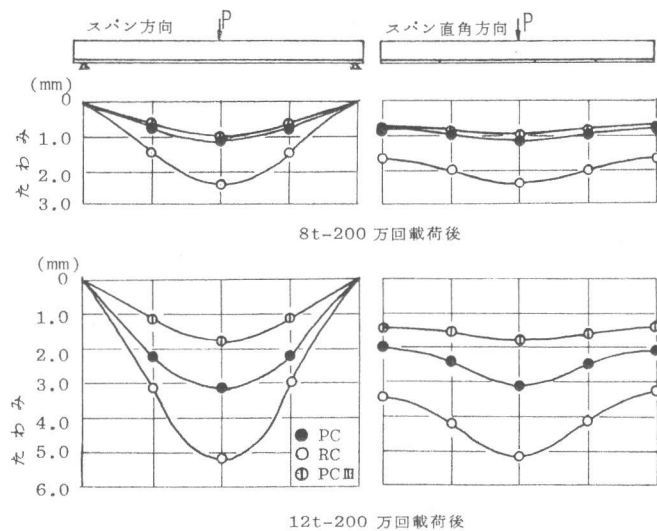


図-8 荷重-たわみ曲線

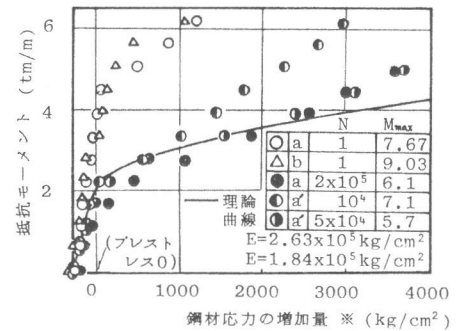


図-5 曲げモーメント～鋼材応力の増加量曲線

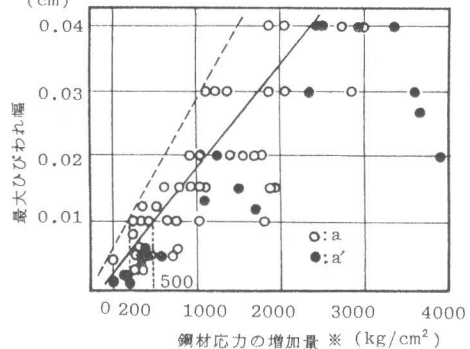


図-6 鋼材応力の増加量と最大ひびわれ幅の関係

(※ 鋼材位置のプレストレス0の状態を基準とする)

RCとみなして設計したPC合成床版と同程度のたわみとなっている。この傾向は1回目の静的荷重とほとんど同じである。さらに、12t-200万回の荷重ではRC床版に比べ、たわみの割合は1/3程度に小さくなり、プレストレスの効果が十分に表われている。

中央点のたわみを1とした場合のスパン直角方向のたわみの比率を図-9に示す。Ⅲ種PCとして設計した合成床版はRC床版およびRCとみなして設計した合成床版に比べ、繰り返し荷重後においても端部のたわみ比が大きく、荷重の横分配の優れていることを示している。次に、下面のバットジョイントの影響を調べるために、荷重点下の、等方性版としてFEM解析した理論たわみと実測値とを一致させた場合のスパン直角方向のたわみ曲線を図-10に示す。中央点荷重の場合、8t-200万回荷重後も1回目の荷重と同様に計算値と実測値は極めてよく一致している。また、図-3に示した荷重位置2に荷重した場合は計算値より実測値の方がやや小さくなっているが、1回目と8t-200万回荷重後との差は同程度でバットジョイントは床版の剛性に影響を与えていないと考えられる。RC床版およびRCとみなして設計した合成床版において生じた床版上面の貫通ひびわれは12t-200万回荷重後においても全く生じていない。これは、Ⅲ種PC合成床版の場合は他の床版に比べ、現場打ちコンクリートの強度、弾性係数が大きいことのほかに、図-2に示したように、スパン直角方向の鉄筋を、ホゾ作用の有効性をより期待して、現場打ちコンクリートの中層に配置したためと考えられる。Ⅲ種PC合成床版底部のバットジョイントの開きは8t-200万回荷重後で0.05mm、12t-200万回荷重後でも0.1mm程度で、底面の最大ひびわれ幅と大差ないものであった。底面のひびわれはRC床版に比べて少なく、プレストレスが働いているため、除荷後は目視できない程度に閉じていた。このようにⅢ種PCとして設計したPC埋設型枠合成床版はRC床版に比べて、ひびわれ、たわみなどの点で優れており、PC板間にバットジョイントがあるにもかかわらず、一体の床版として十分挙動していることがわかった。

4. 結言

- 1) PC埋設型枠合成床版はRC床版に比べ、ひびわれ、たわみ性状がはるかに優れている。
- 2) PC埋設型枠合成床版はRCとみなして設計すると安全すぎ、Ⅲ種PCとみなして設計する方が望ましい。
- 3) 合成床版の底部に残るPC板間のバットジョイントの開きは小さく、版の剛性には全く影響を与えていない。
- 4) 貫通ひびわれを防止するために、スパン直角方向の鉄筋は上下2段に配置するよりも、より完全なホゾ作用を期待して現場打ちコンクリート中層に配置する方が望ましい。

参考文献

- 1) 渡辺明, 出光隆, 江本幸雄: 繰り返し荷重を受けるPC板埋設型枠を用いた合成床版の挙動に関する研究 第3回コンクリート工学年次講演会講演論文集, 1981

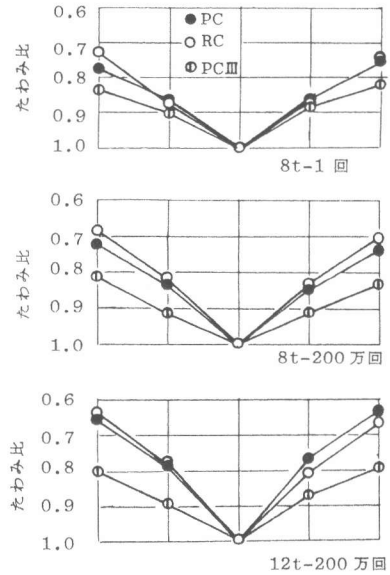


図-9 スパン直角方向のたわみ比 (中央点のたわみ1に対して)

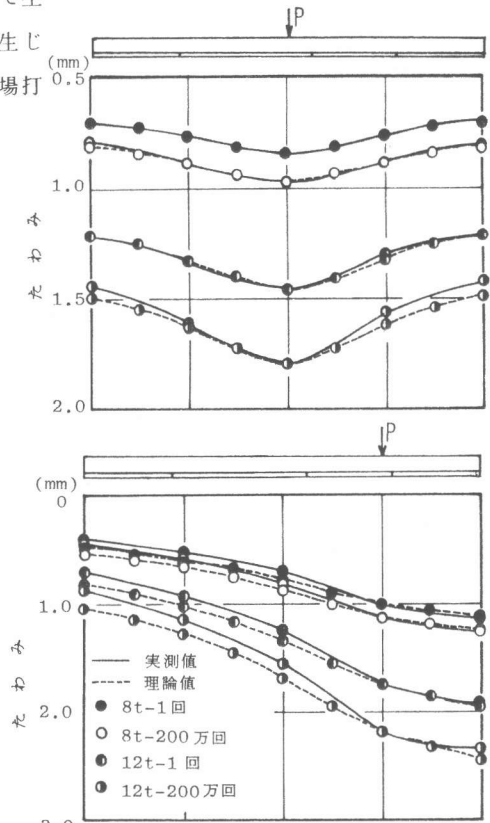


図-10 FEM解析によるスパン直角方向のたわみ