

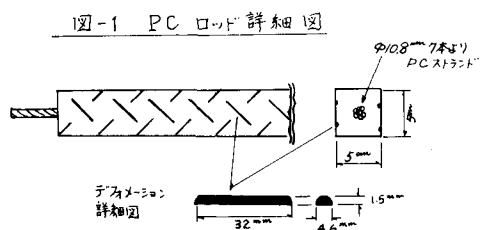
東京工業大学 正員 長瀬重義
東京工業大学 正員 ○ 後藤祐司

1. まえがき

衆知の如く PC 部材は多くの利便があるが現場での緊張作業その他が煩雑であるという問題がある。本研究は高レベルのプレストレスを導入したコンクリートの棒（以下 PC ロッドという）を鉄筋のかわりに使用した部材の力学的性状について検討したもので、PC ロッドを用いた合成梁と同一断面をもつ PC 梁および RC 梁との比較をした曲げ試験（シリーズ A）と、合成梁のせん断試験（シリーズ B）を行なった結果について報告するものである。

2. 試験の概要

(1) PC ロッドの作製：本試験で使用した PC ロッドは新たに製作した PC ロッド用型枠で作製したもので $5\text{cm} \times 5\text{cm}$ の断面にシリーズ A では 220kg/cm^2 、シリーズ B では 250kg/cm^2 の高プレストレスを導入したものである。このような高プレストレスの導入を可能にするため、表-1 に示すような高強度コンクリートを使用し



使用して圧縮強度をおよそ 800kg/cm^2 に高めた。PC ロッドには後打ちコンクリートとの付着性を向上させるため、図-1 に示すような市販の編鋼板によるデフォーメーションが両サイドにつけてある。

(2) 供試梁の製造および試験：シリーズ A では、図-2 に示すように新たに製作した型枠を用いて、PC ロッドと PC 梁を製造し、更に、この PC ロッドを埋め込んだ合成梁と RC 梁を製造した。このようにして製造された同一断面の合成梁（C 梁）、PC 梁、RC 梁を、スパン 110cm および 210cm の 2 種類について曲げ試験を行なった。シリーズ B に用いた合成梁は図-7 に示されるように載荷スパン内の PC ロッドのプレストレス量を一定にするため、ストランドの定着長（ $70 \sim 90\text{cm}$ ）だけ、PC ロッドが外にはり出している。このようにして、スパンが $40, 70, 90, 120\text{cm}$ になるよう 4 種類の合成梁を製造し、 q/d を $1.8, 2.8, 3.5$ および 4.7 に変えてせん断試験を行なった。

3. 試験結果

(1) シリーズ A：図-3、および図-4 は、スパンが 210cm の場合の各梁のたわみ量および亀裂や

表-1 コンクリートの配合 および強度性状

		W (kg)	C (kg)	S (kg)	G (kg)	NL1400 (kg)	プレストレス導入 時の圧縮強度 (kg/cm^2)	載荷試験時 圧縮強度 (kg/cm^2)	載荷試験時 ヤング率 ($\times 10^{-4}\text{ kg/cm}^2$)	載荷試験時 引張強度 (kg/cm^2)
シリーズ A	PC 梁	193	730	553	975	7.30	730	860	32	—
	PC ロッドコンクリート	191	776	556	1036	7.76	—	765	31	—
シリーズ B	RC 梁	255	992	1116	—	9.92	715	876	27	—
	後打ちコンクリート	193	730	553	975	7.30	—	724	32	32

の荷重の増加

による変化を

それぞれ示し

たものである。

RC梁では荷

重が 0.4^t (

下縁引張応力

31 kg/cm^2) を

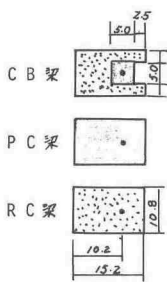
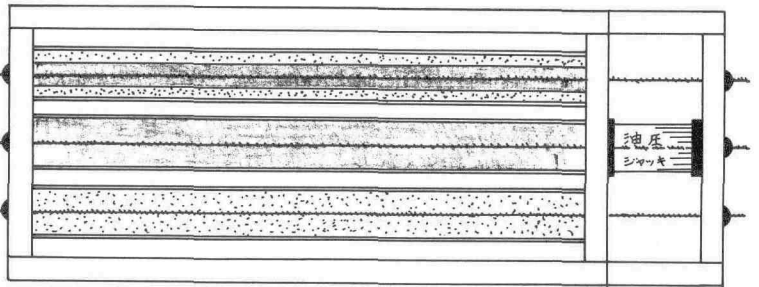


図-2 PC ロッド製造用型枠



越えたところで亀裂が発生し、

たわみ量および亀裂中が急激に

PC rod および PC 梁用 コンクリート

CB の後打ち および RC 梁用 コンクリート (プレストレス導入後打設)

増加している。一方、合成梁はRC梁と同じ荷重において後打ちコンクリートに亀裂が生じたが、PC ロッドの効果によりRC梁のような急激な変化は示さない。荷重が 1.0^t を過ぎたところでPC梁(下縁引張応力 100 kg/cm^2 , 下縁の導入プレストレス量約 60 kg/cm^2), および合成梁のPC ロッド(引張応力 230 kg/cm^2) に亀裂が発生しPC梁, 合成梁においても, たわみ量および亀裂中の増加の傾向が著しくなっている。ちなみに $P=1.0^t$ でのたわみ量と比較すると, PC梁で 0.25 cm , 合成梁で 0.54 cm , RC梁で 1.40 cm であり, 合成梁はPC梁とRC梁のあいだにあって変形性状はPC梁に近い。次に, 残留たわみ, および残留フラック中と比較すると, 合成梁はPC梁にほとんど匹敵する復元性をもつことが認められる。このことは, 合成梁もPC梁も復元力に関係するPC ストランドの緊張力がほぼ同一であることから妥当な結果であると思われる。図-5は供試体側面にて測定したコンタクトゲージの読みから計算される, 剛性率 K

$$K = EI = \frac{M}{\frac{\epsilon_c + \epsilon_t}{h}}$$

図-3 荷重-たわみ, 残留たわみ

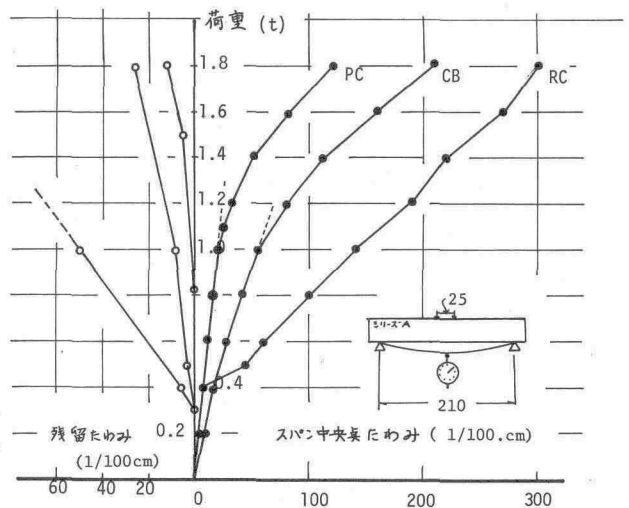
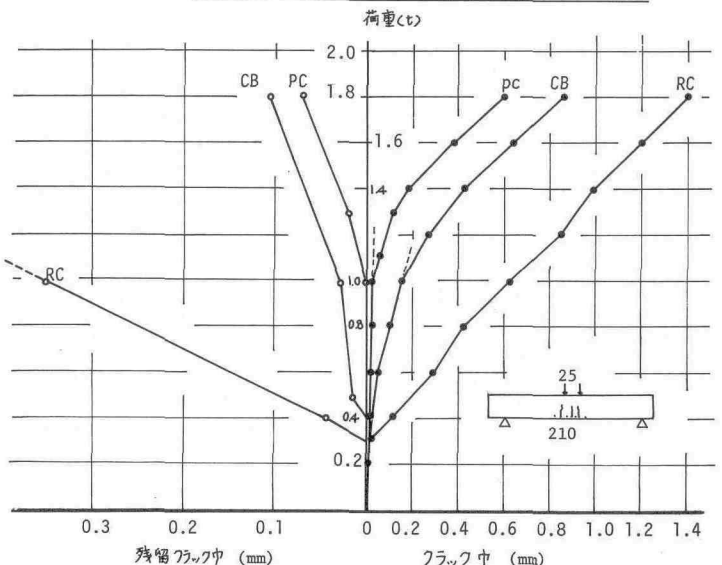
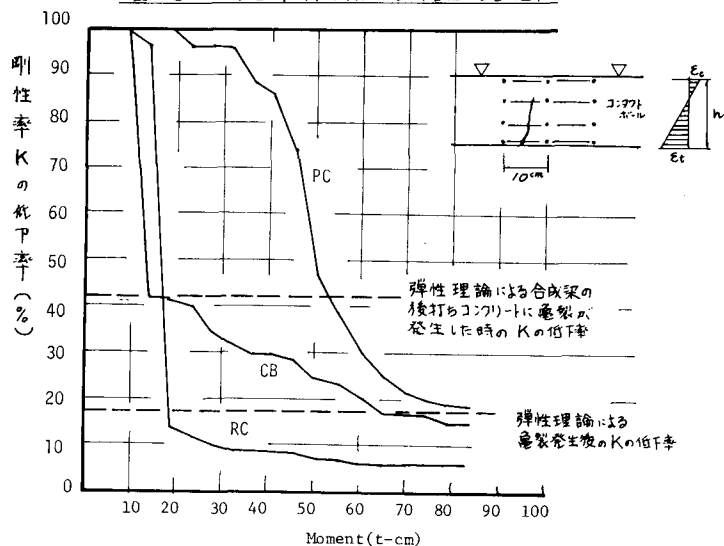


図-4 荷重-フラック中, 残留フラック中



の載荷モーメントの増加による低下率を示したものである。RC梁は亀裂の発生により、Kが急激に割程度にまで減少しているが、合成梁では後打ちコンクリートに亀裂が発生してもPCロッドには亀裂が生じていないので、Kの低下率は約40%に押えられている。PC梁は亀裂が発生するまで他の梁に比べてKの低下が遅くなっている。図の矢線が示されるようにKの低下率をそれぞれの状態におけるヤング率Eおよび慣性モーメントIを求めて計算すれば実測値とよく一致している。

図-5 剛性率KのMomentの増加による低下



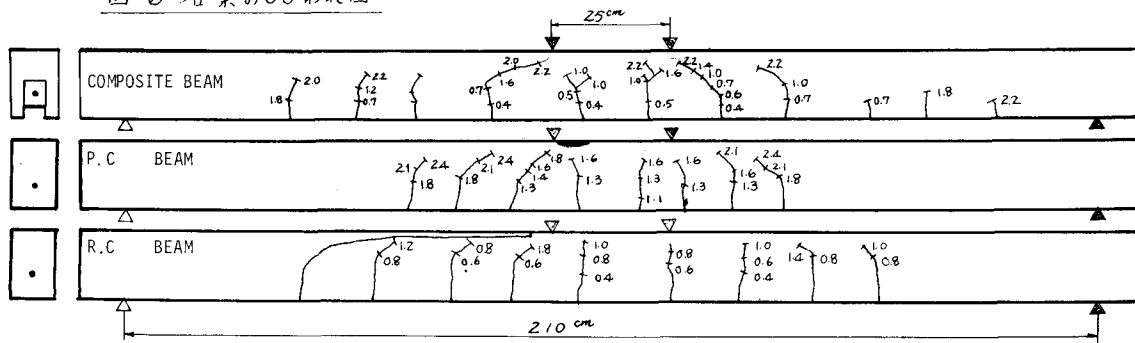
以上の現象について全般的に言えることは合成梁の外力を受けたときの変形はPC梁とRC梁のあいだにあって、PC梁に近い性状を示し、除荷したときの復元性では合成梁はPC梁に匹敵することが認められた。

次に各梁の破壊モーメントであるが、表-2に示されるように、RC梁ではスパンが120cmでも、210cmのときでも、セリ断破壊を起しており、合成梁、PC梁に比較して耐力が低下している。合成梁、およびPC梁においても、セリ断破壊形式をとっているが、スパンの違いによらず、ほぼ一定の120t-cm前後のモーメントで破壊を起しており、ちなみに、これらの梁がPCストランドの降伏によるとした曲げモーメントを計算すると、120t-cmとなり、合成梁およびPC梁はPCストランドが降伏したのち、セリ断破壊をしたと考えることができる。図-6は、スパン210cmのときの各梁のひびわれ性状を示したもので、PC梁のひびわれ向くがわずかに小さく、合成梁のひびわれが、梁全体にわたって生じている特徴のほかには、全般的にいずれの梁もそれほどの相違は認められない。

*

$$M_u = P \left(1 - \frac{P \cdot \sigma_{sy}}{2 \times 0.85 \cdot \sigma_{cu}} \right) b d \sigma_{sy}$$

図-6 各梁のひびわれ図



(2)シリーズB: PC ロッドを用いたセ中断破壊性状は a/d の相違によらず、破壊荷重の 90% を越えるところから図-8 中の 0 点から、発生した曲げ引張亀裂が荷重点に向って傾斜して発達してゆき、破壊荷重において急激なセ中断破壊を起し、PC ロッドも完全に破壊した。なお、スパンが最も短い場合も後打ちコンクリートと PC ロッドのあいだの付着破壊は全く起さず、図-1 に示した PC ロッドのデフォーメーションで付着性能は十分であることが認められたが、この点に関しては、くり返し荷重を受けた場合について検討する必要がある。

表-2 各梁の破壊荷重および破壊モーメント

	合成梁		PC 梁		RC 梁	
スパン (cm)	210	120	210	120	210	120
破壊荷重	2.6 ^t	5.7 ^t	2.6 ^t	5.4 ^t	2.4 ^t	3.5 ^t
破壊モーメント	120 ^{t-cm}	121 ^{t-cm}	120 ^{t-cm}	118 ^{t-cm}	111 ^{t-cm}	73.5 ^{t-cm}

図-7 シリーズB用供試梁

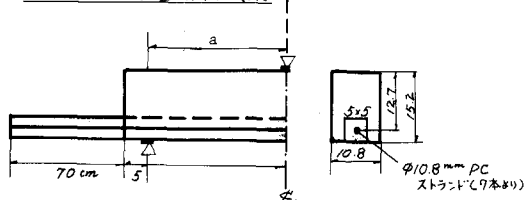


図-8 a/d を変化させたセ中断試験結果

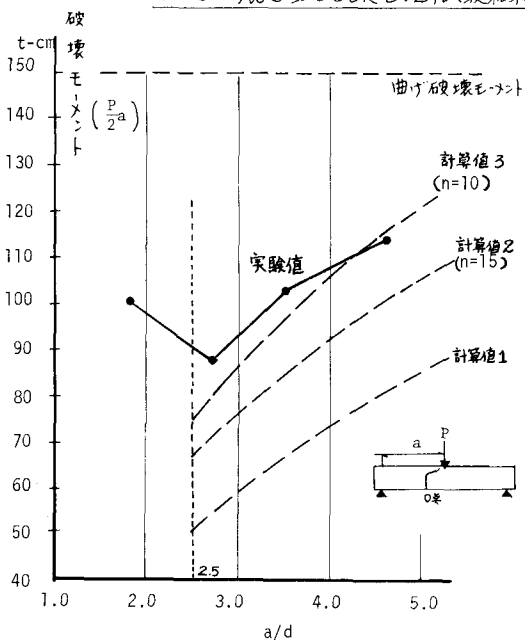


図-8 は a/d と $M = P \times a/2$ で計算されるセ中断破壊モーメントの関係をプロットしたものである。供試体の本数は少ないが、鉄筋コンクリートと同様に $a/d = 2.5$ 付近でセ中断破壊モーメントは最小値をとるような傾向が認められる。

合成梁のセ中断耐力の計算式は種々提案されているが、ここでは、式中にコンクリートの圧縮強度と鉄筋比のパラメーターをもつ Zsutty の式によって検討してみる。

$$\frac{V_{Dr}}{bd} = 10.38 \left(f_c \cdot p \cdot \frac{d}{a} \right)^{1/3} \quad \text{----- ④}$$

但し $a/d > 2.5$ V_{Dr} : セ中断破壊荷重
(単位 $\text{Kg} \cdot \text{cm}$) P : 鉄筋比
 f_c : コンクリートの圧縮強度

合成梁を単に PC スtrand を配した RC 梁とみなし ④式に $p = \frac{\text{PC スtrand 断面積}}{bd}$ を代入する

と、図-8 中の計算値 1 に示するような結果となり、実験値の方が著るしく上回っているが、この増加した耐力が PC ロッドによる Dowel Action 効果であると考えられる。

次に PC ロッドを鉄筋と見なすと、鉄筋比は r/bd (r : ロッド断面積) となるが ④式は鉄筋を対象とした式なので、ヤング率の違いを加味する必要がある。そこで見かけ上の鉄筋比を r/nbd (n : ヤング率比) と考え、 n をそれぞれ 15 および 10 として、見かけの鉄筋比を計算し、④式に代入すると、図中に示されるように、 $n=10$ とした場合が実験値とよく一致した。

セ中断耐力に関しては、鉄筋コンクリートにおいてささ確立された理論もない現状において、上述の考察が不完全であることは当然であり、今後 PC ロッドの Dowel Action 効果を主体として合成梁のセ中断性状を更に検討してゆきたいと考えている。