

V-74 PCロッドを用いたコンクリート合成断面の挙動について

政大大学 正員 大森 文彦
正員 小林 和光
学生員 小笠原 秀夫

1. まえがき

先に著者らは、プレキャストプレストレストコンクリートロッド（以下PCロッドと呼ぶ）を埋め込んだ合成断面の力学的特性（ひびわれ強度、破壊強度、曲げ剛性等）に及ぼすロッド部の断面形状の影響について考察し、かつ弾性理論との比較のより塑性理論による計算方法について検討した。⁽¹⁾

本報では、プレストレス量を変化させた供試はりの前述の特性について述べ、また除荷にもなるたわみの回復性、およびロッド断面がたわみと図-1 供試体形状寸法（単位 cm）
える影響と弾性荷重法によるたわみの計算方法についても検討を加えた。

2. 実験概要

供試はりの形状寸法、PCロッドの配置とその断面寸法、およびコンクリートの示方配合をそれぞれ図-1、表-1に示す。また、合成断面の要因としては次のものを考慮した。

i). PCロッド断面の大きさとその配置（図-1）

ii). 現場打ち部コンクリートの種類（普通コンクリート、 $f_c=400\text{ kg/cm}^2$ 、軽量コンクリート、 $f_c=400\text{ kg/cm}^2$ ）

ただし、PCロッド部は普通コンクリート、 $f_c=400\text{ kg/cm}^2$

iii). PCロッドのプレストレスの大きさ（30, 60, 90 kg/cm^2 ）

3. 実験結果および考察

表-2に現場打ち部コンクリートの曲げひびわれ荷重の実験値と計算値を示す。表中の計算値は既報告⁽¹⁾と同じ方法によって求めたものである。

表から、プレストレスの増加につれて必ずかはるが実験値は増加し、かつ塑性計算値はその傾向をよく示している。しかし、PCロッドのプレストレス90 kg/cm^2 で現場打ち部コンクリートが軽量であるはりの実験値だけは、塑性計算値より相対的に低い値を示した。これは供試はりの養生が不完全で軽量コンクリートの引張強度が十分発現しなかったからであると考えられる。

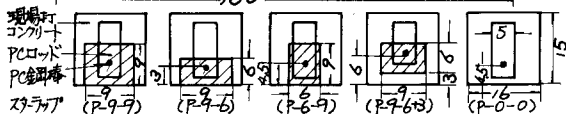
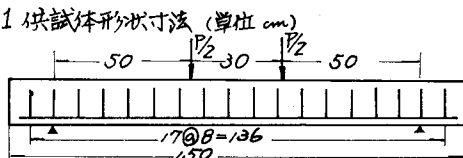


表-1 コンクリートの示方配合

種類	強度	単位	スラブ	細骨材	粗骨材	セメント	水	空気	減水剤
(kg/cm ²)	(%)	(mm)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
普通	400	10	5.1	43.3	47.5	470	204	846	934
軽量	400	15	5.1	43.5	41.0	400	174	535	585

表-2 曲げひびわれ荷重の実験値と計算値

供試体	実験値 P_{cr}	弾性計算値 P_{el}	塑性計算値 P_{pl}	Per/Per ¹	Per/Per ²
P-30-0-0-I	2.25	2.00	2.00	1.13	1.13
9-6	2.25	1.05	1.80	2.14	1.25
6-9	1.25	1.00	1.50	1.25	0.84
9-9	1.75	1.15	1.70	1.52	1.03
9-6+3	1.00	1.10	1.25	0.91	0.80
P-60-0-0-I	3.25	2.65	2.90	1.23	1.12
9-6	2.00	1.20	1.85	1.67	1.08
6-9	1.50	1.60	1.60	1.50	0.94
9-9	2.00	1.15	1.70	1.74	1.18
9-6+3	1.00	1.05	1.00	0.95	1.00
P-90-0-0-I	3.25	3.95	4.05	0.82	0.80
9-6	2.50	1.75	2.25	1.43	1.11
6-9	1.75	1.70	1.95	1.03	0.90
9-9	2.00	1.80	2.00	1.11	1.00
9-6+3	1.50	1.65	1.50	0.91	1.00
P-30-0-0-II	2.00	1.70	2.05	1.17	0.98
9-6	—	—	—	—	—
6-9	1.25	0.90	1.05	1.39	1.20
9-9	1.50	1.00	1.05	1.50	1.43
9-6+3	1.00	0.80	0.95	1.25	1.06
P-60-0-0-II	2.75	2.40	3.10	1.15	0.89
9-6	2.00	1.20	1.80	1.67	1.11
6-9	1.50	1.00	1.50	1.50	1.00
9-9	1.75	1.15	1.75	1.52	1.00
9-6+3	1.00	0.85	1.05	1.18	0.95
P-90-0-0-II	2.65	3.50	3.92	0.75	0.68
9-6	1.90	1.40	2.70	1.36	0.70
6-9	1.65	1.25	2.00	1.32	0.83
9-9	2.25	1.35	2.50	1.67	0.90
9-6+3	1.00	1.05	1.65	0.95	0.61

また、スパン中央の残留たわみと終たわみの実験値および計算値をフレストレス90%⁽²⁾について示したものが図-2である。なお、計算値は断面の曲げモーメントへ曲げ剛性曲線を下式のように仮定して、格点荷重を考慮したNewmarkの方法(弾性荷重法)⁽³⁾を用いて求めたものである。

0 < M < M_{cr} の時 $K = K_e$

M_{cr} ≤ M ≤ M_u の時 $K = K_e - (K_e - K_u) \left\{ 2 \times \frac{M - M_{cr}}{M_u - M_{cr}} - \frac{(M - M_{cr})^2}{(M_u - M_{cr})^2} \right\}$

ここで M_{cr} : 曲げひびわれ発生モーメント (表-2の塑性計算値)

K_e : PCロッドおよび現場打ち部コンクリートの、弾性係数を考慮した換算断面に対する曲げ剛性

M_u : 曲げ破壊モーメントの計算値

K_u : 曲げによる破壊時の曲げ剛性

即ち、スパンを52等分して、任意の荷重段階に対応する各等分点のモーメントMと曲げ剛性Kより弾性荷重M/EIを求め、これを供役ばりに載荷した場合の曲げモーメントをたわみとした。

実験値について見れば、合成断面は一体のものよりたわみが大きくなるのがわかる。つぎに合成断面間で比較すると、有効高さの等しい[9-9]と[6-9]ではロッド断面の幅が大きい前者の方がたわみが小さくなる。また、[9-6]が[9-9]よりロッド断面が小さい(幅は同一)にもかかわらず小さいたわみを与えるのは、前者の有効高さが大きいためであろう。

一方、実験値と計算値を比較すると、PCロッドを埋め込んだりは載荷初期には両値はほぼ一致を見うが、ひびわれの発生により、実験値は大きくなる。これは、T形断面での一体性が完全でなくその面でのずれが影響しているからであると考えられる。このことは、T形断面のない一体はりの実験値が計算値より小さな値を与えることから説明される。

除荷にもなうたわみの回復性を調べたために測定した残留たわみを図-2,

図-2 スパン中央の終たわみと残留たわみの実験値および終たわみの計算値

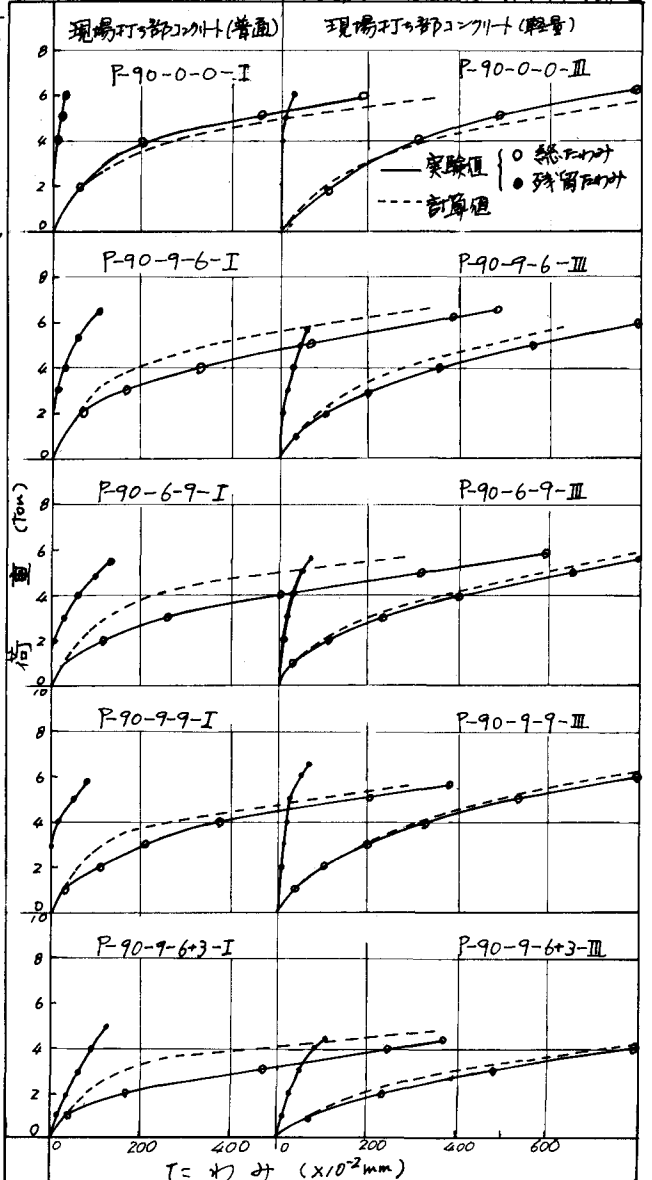


図-4 曲げモーメント～曲げ剛性の実験値と計算値

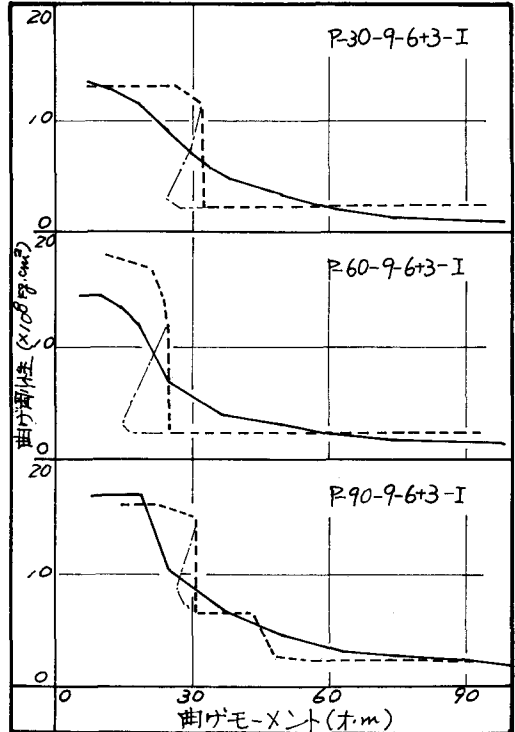
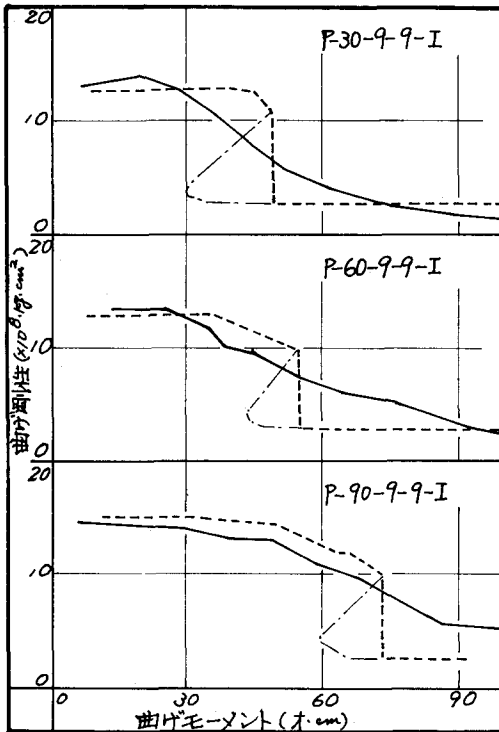
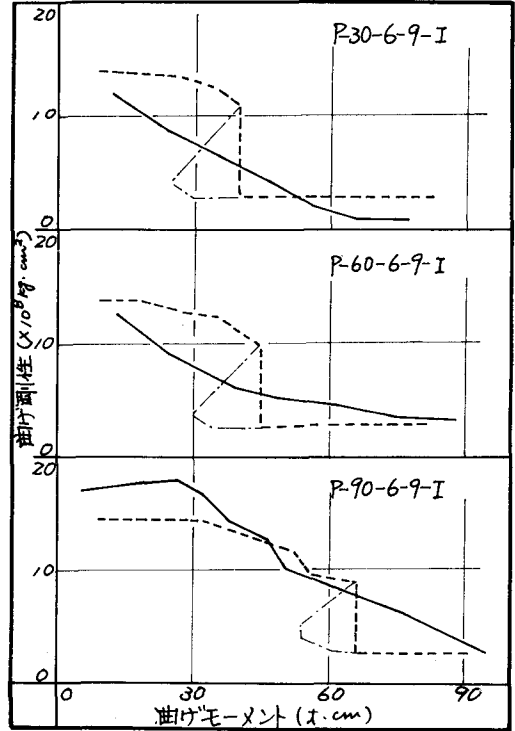
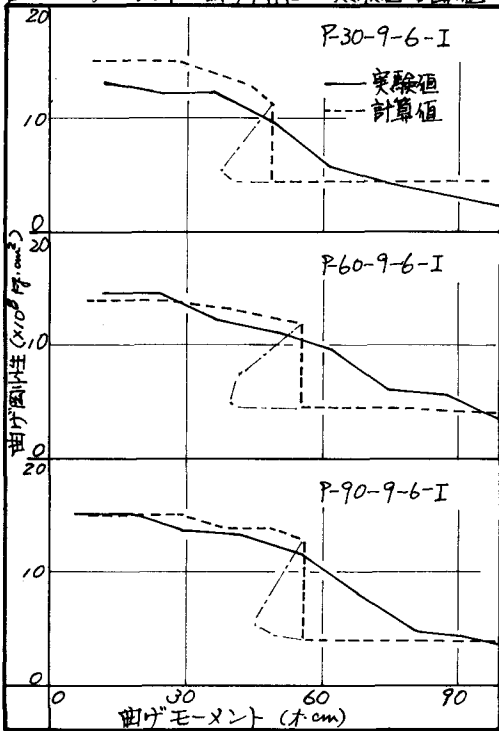


図-3に示す。ただしここでは、各荷重を0.1mmに戻した場合のたわみを残留たわみとした。

図から現場打ち部コンクリートが普通、軽量ともに合成断面のたわみの回復性は一体断面に比べて劣ることがわかる。とくに、PCロッドを完全に埋め込んだ[9-6+3]ではその傾向が著しい。また、現場打ち部に軽量コンクリートを用いたものは普通コンクリートのものよりたわみの回復性が優れているようである。

図-4はプレストレス量の相違による曲げ剛性の変化を現場打ち部コンクリートについて示したものである。ここで計算値は塑性計算式による。

実験値についてみれば、[9-6]、[6-9]、[9-9]シリーズではプレストレス量の増加につれて、曲げ剛性の低下が緩やかになり、ロッド部のプレストレスの大きさが合成断面の剛性の低下に影響していることを示している。これに対し、完全埋込みはり[9-6+3]では、プレストレスの影響がほとんど認められないことがわかる。このことは、この種の合成断面ではPCロッドを断面の下縁、もしくはそれにできるだけ近い位置に配置しなければならないことを示すものである。また、計算値も上述の傾向を比較的良好に示している。

一方、破壊はすべて曲げにより生じた。その実験値と計算値を表-3に示す。これによれば、プレストレス量が大きい程、またPCロッド部の幅が広い程、破壊荷重も大きくなることが認められる。

4. むすび

ここで得られた結果から次のことが言えよう。

- i). ロッド断面のプレストレス量の増加により、現場打ち部コンクリートの曲げひびわれ強度、破壊強度は増大し、曲げ剛性の低下も緩やかになる。
- ii). たわみはロッド断面の幅が大きい程小さい。また、ここで用いたM-HK曲線の仮定から求まるたわみの計算値は実験値と比較的良好に一致する。

〔参考文献〕

- (1) 大沢, 小林, 小笠原; 「プレキャストPCロッドによる断面の補強効果について」 第25回セメント技術大会講演概要集。
- (2) 坂, 田田, 六車, 照; 「プレストレストコンクリート」, 朝倉書店。
- (3) 横尾, 成国, 小西, 再羽; 「構造力学(第1巻)」, 丸善。

図-3 繰返し荷重によるたわみの回復性

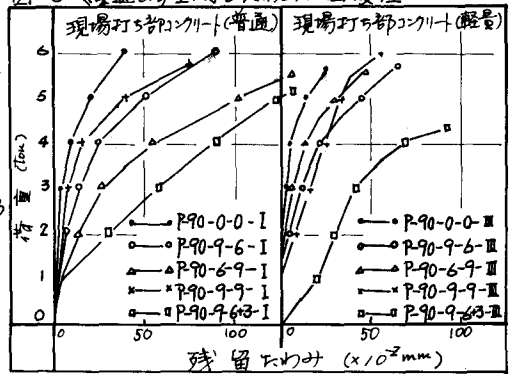


表-3 破壊荷重の実験値および計算値

試体の種類	実験値 P_u (t)	計算値 P_u (t)	P_u/P_u'
P-30-0-0-I	5.88	6.60	0.90
9-6	6.42	8.20	0.79
6-9	4.26	6.60	0.65
9-9	6.29	6.60	0.95
9-6+3	4.42	5.08	0.88
P-60-0-0-I	6.90	6.60	1.04
9-6	6.71	8.00	0.84
6-9	5.37	6.60	0.81
9-9	6.83	5.84	1.17
9-6+3	4.82	5.00	0.97
P-90-0-0-I	7.75	6.20	1.25
9-6	7.45	7.12	1.05
6-9	6.83	6.20	1.10
9-9	6.95	5.50	1.26
9-6+3	5.65	5.20	1.09
P-30-0-0-III	5.64	4.44	1.26
9-6	4.75	6.24	0.76
6-9	4.91	4.92	1.00
9-9	4.08	4.92	0.83
9-6+3	3.23	3.84	0.84
P-60-0-0-III	5.74	4.44	1.29
9-6	6.09	5.88	1.03
6-9	4.93	4.92	1.00
9-9	5.45	4.80	1.13
9-6+3	3.76	3.60	1.04
P-90-0-0-III	6.55	6.40	1.02
9-6	6.03	6.48	0.94
6-9	6.22	5.36	1.16
9-9	6.55	5.64	1.16
9-6+3	4.60	4.16	1.11