

V-78

持続荷重試験後長期間放置したパーシャル
PCはりの諸性状

京都大学工学部 学生員○松本利彦

正員 井上 晋

正員 小林和夫

大阪市 正員 生嶋圭二

1. はじめに パーシャルプレストレストコンクリート (PPC) 構造は、使用状態の全設計荷重作用下で曲げびわれを許容するPC構造として定義され、緊張鋼材 (PC鋼材) と非緊張鋼材 (鉄筋) の断面積比 (プレストレスレベル) を変化させることにより自由度の高い断面設計が可能となる。しかし、その設計に際しては、長期間経過後のコンクリートの乾燥収縮・クリープに起因する有効プレストレスの減少ならびにそれにとまう諸耐荷性状の変化を明確にしておく必要がある。本研究は、4年間の持続荷重試験を実施した後に屋内または屋外に約3年間放置した PPCはりの残存プレストレスを実験・理論の両者より推定するとともに、持続荷重荷重レベル、緊張率 λ 、せん断スパン有効高さ比 a/d 等を主要因とした静的載荷試験を実施し、その基本的耐荷性状を短期材令で載荷した PPCはりと比較検討したものである。

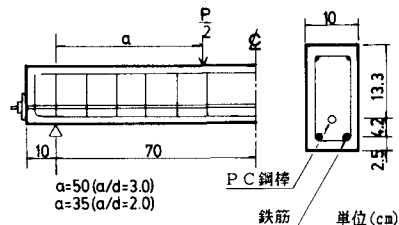


図1 はりの形状・寸法

2. 試験概要 供試はりの形状・寸法を図1に示す。コンクリ

ートの設計基準強度は500kgf/cm²とし、ほぼ同一の最大曲げ耐力を有するはりに対して、それぞれ緊張率 $\lambda = (A_p \cdot f_{py}) / (A_s \cdot f_{sy} + A_p \cdot f_{py})$ の値を0(RC1), 0.49(PPC1)の2種および0(RC2), 0.35(PPC2), 0.68(PPC3)の3種類とした。またPPC1では、持続荷重荷重レベルを①死荷重(1.56tf), ②死荷重と設計荷重の中間の荷重(2.24tf), ③設計荷重(3.08tf)の3レベル、PPC2では、①死荷重(1.68tf), ③設計荷重(4.38tf)の2レベル、その他のタイプのはりでは③設計荷重のみとした(ただし、ここで用いた設計荷重とは最大びわれ幅 0.2mmに対応する荷重の計算値である。)。なお、すべてのはりには、

表1 はりの種類および試験結果

供試体名 ⁽¹⁾	A/s	A/p	λ	q ₂	最大耐力 (tf)			しん性率 ⁽⁴⁾
					計算値	実験値	実験値 (短期材令)	
PPC1-①-1	2010	φ7.4				8.09		3.91
PPC1-②-1	2010	φ7.4	0.49	0.13	6.20	8.30	7.85, 8.03	4.24
PPC1-③-1	2010	φ7.4				8.29		3.11
PPC2-①-1	2013	φ7.4				11.50		2.16
PPC2-③-1	2013	φ7.4	0.35	0.18	9.05	10.83	11.34, 10.83	2.06
PPC3-①-1	2010	φ11				11.98	11.49, 11.90	3.02
RC1-①-1	2010, φ7.4	— (φ2)		0	0.13	6.20	7.98, 8.25, 8.80	6.11
RC2-①-1	2013, φ7.4	— (φ2)		0	0.18	9.05	10.75, 10.80, 11.10	3.43
PPC1-①-2	2010	φ7.4				12.23		3.12
PPC1-②-2	2010	φ7.4	0.49	0.13	8.86	12.60		3.68
PPC1-③-2	2010	φ7.4				11.92		2.89
PPC2-①-2	2013	φ7.4				16.89		2.95
PPC2-③-2	2013	φ7.4	0.35	0.18	12.93	16.13		2.74
PPC3-①-2	2010	φ11				12.46	17.19	2.33
RC1-①-2	2010, φ7.4	— (φ2)		0	0.13	8.86	12.48	4.48
RC2-①-2	2013, φ7.4	— (φ2)		0	0.18	12.83	15.60	3.62

*1) 各供試体名は次のとおりである: PPC2-①-1 はりのタイプ1, PPC2-③-1 はりのタイプ3, RC1-①-1 はりのタイプ1, RC2-①-1 はりのタイプ2

*2) RCはりは、非緊張のPC鋼材を鉄筋として作成している。

*3) $q = (A_p \cdot f_{py}) / (b \cdot d_p \cdot f_c) + (A_s \cdot f_{sy}) / (b \cdot d_s \cdot f_c)$

土木学会PC標準示方書(昭和53年度版)により、せん断補強筋としてスターラップ(φ6)を配置した。

載荷方法は、グループ1では短期材令における載荷試験結果と比較するために $a/d=3.0$ とし、グループ2では $a/d=2.0$ とした対称2点集中載荷とした。供試はりの種類は表1に示すとおりである。

表2 PPCはりの残存プレストレス

供試体名	プレストレス導入時		長期時							
	導入有効プレストレス力 (tf)	コンクリート下縁部応力 (kgf/cm ²)	残存プレストレス力 (tf)	プレストレス減少量 (tf)	鉄筋特許アレストレス力 (tf)	コンクリート下縁部応力 (kgf/cm ²)	下縁部応力減少量 (kgf/cm ²)	びわかれ開口下縁部応力 (発生) 荷重 (tf) *4)	コンクリート下縁部応力減少量 (kgf/cm ²)	下縁部応力減少量 (kgf/cm ²)
PPC1-①-1	3.41	28.2	3.10	0.31	1.12	9.8	18.4	(2.02)	10.1	18.1
PPC1-②-1	3.38	28.0	3.06	0.32	1.15	8.8	19.2	0.25	8.8	19.2
PPC1-③-1	3.41	27.9	3.09	0.32	1.15	9.0	18.9	0.25	8.8	19.1
PPC2-①-1	3.71	24.1	3.42	0.29	1.77	-0.1	24.2	(1.74)	-2.4	26.5
PPC2-③-1	3.75	28.6	3.42	0.29	1.81	-0.8	29.4	0.0	0.0	28.6
PPC3-①-1	7.67	58.7	6.53	1.14	1.77	29.1	29.6	0.50	17.6	41.1
PPC1-①-2	3.40	27.4	3.09	0.31	1.12	9.7	17.7	(2.97)	12.2	15.2
PPC1-②-2	3.44	29.8	3.12	0.32	1.16	9.1	20.7	0.23	5.7	24.1
PPC1-③-2	3.41	28.6	3.08	0.32	1.15	9.0	19.6	0.23	5.7	22.9
PPC2-①-2	3.68	21.8	3.39	0.29	1.76	-0.2	22.0	(2.23)	-8.2	30.0
PPC2-③-2	3.74	26.5	3.45	0.29	1.80	-0.9	27.4	0.27	6.4	20.1
PPC3-①-2	7.67	58.7	6.53	1.14	1.77	29.1	29.6	0.75	18.4	40.3

*4) () はびわかれ発生荷重を示す。

3. 試験結果および考察

1) 残存プレストレス; 表2にひびわれ再開口荷重または曲げひびわれ発生荷重から求めた断面下縁部コンクリートの残存プレストレスの実測値および計算値¹⁾を示す。なお、後者は鉄筋コンクリート断面の乾燥収縮ひずみおよびクリープ係数を用い、鉄筋を有しない通常のP-C断面の場合と同様の方法で算出したものであり、計算にあたっては土木学会コンクリート標準示方書(昭和61年制定)を参考にして、コンクリートの乾燥収縮ひずみ $=270 \times 10^{-6}$ 、クリープ係数 $=3.1$ とした。これらより、計算値と実測値はおおむね一致していることがわかる。またPPC1に較べ鉄筋量が多い(λ の小さい)PPC2では、コンクリートの乾燥収縮・クリープによるプレストレスの鉄筋への移行量が大きいため、下縁部コンクリートのプレストレスがほとんど消失していることが認められる。なお、持続荷重荷重レベルによる顕著な差異はほとんど認められなかった。

2) 最大耐力・破壊性状; グループ1のはりはすべて曲げ破壊を呈し、一方、グループ2のはりはすべてせん断圧縮破壊を呈した。しかし、最大耐力はいずれも終局曲げ強度理論による計算値を上回っている。また短期材令での載荷試験結果との比較により、設計荷重レベル以下の持続荷重載荷およびその後の長期間放置による影響は認められず、鉄筋腐食等による耐力低下はなかったものと思われる(表1参照)。

3) 最大ひびわれ幅; 荷重-最大ひびわれ幅($P-W_{max}$)関係を図2に示す。長期間放置されたのはりは短期材令で載荷したものよりも同一荷重に対する W_{max} が大きくなり、プレストレス損失の影響がうかがえる。また、持続荷重レベルが死荷重レベルと設計荷重レベルのはりを比較すると、設計荷重付近($3tf$)までは前者の方が W_{max} は小さくなるが設計荷重以降ではむしろその逆の傾向を示すことがうかがえる。これは持続荷重が死荷重レベルでは、はりひびわれを生じておらず、設計荷重付近での新たなひびわれ発生にともなう応力ジャンプによるものと考えられる。一方、 W_{max} が $0.15mm$ 程度までは緊張率 λ が最も大きなPPC3が同一荷重に対する W_{max} が最も小さくなる傾向を示すものの、PPC1、PPC2ではコンクリート下縁部のプレストレスがほとんど消失しているため、それぞれ対応するRC1、RC2と顕著な差異は認められない。

4) たわみ性状およびじん性率; 荷重-たわみ($P-\delta$)関係の一例を図3に示す。持続荷重レベルが死荷重レベルのはりではひびわれを生じていないため初期ひびわれ発生荷重までの部材剛性が若干高くなるものの、持続荷重レベルによりフォーリングブランチ領域を含めた $P-\delta$ 性状に顕著な差異は認められない。一方、表1よりじん性率は緊張率 λ の増加により低下する傾向が認められ、またせん断卓越型の $a/d=2.0$ としたグループ2の方が $a/d=3.0$ としたグループ1よりもじん性率が小さくなることが示された。

参考文献: 1) K.Okada, K.Kobayashi & H.Hatamura; Effect of Supplementary Reinforcement on Flexural and Longterm Behaviors in Unbonded Prestressed Concrete Beams, Proc. of FIP Sym. on Partial Prestressing and Practical Construction in Prestressed and Reinforcement Concrete, Romania, 1980

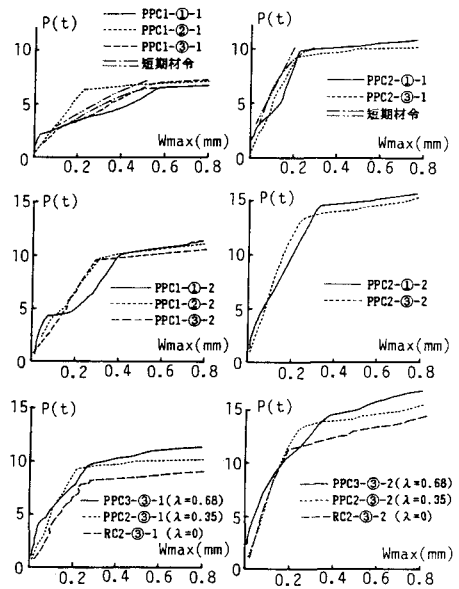


図2 荷重-最大ひびわれ幅関係

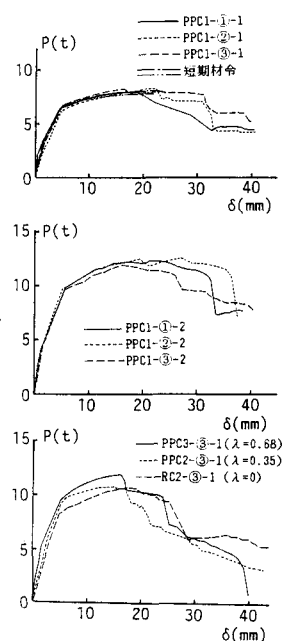


図3 荷重-たわみ関係の一例