

持続荷重試験後長期間放置したバーチャルP C はりの耐荷性状

京都大学工学部 正員 小林和夫 正員 井上 晋
学生員 松本利彦 学生員 ○生嶋圭二

1. はじめに 使用状態の全設計荷重作用下で曲げびびわれを許容するバーチャルプレストレストコンクリート (PPC)構造は、非緊張鋼材 (鉄筋) と緊張鋼材 (PC鋼材) 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が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もなう諸耐荷性状の変化を明確にしておくことは設計上の重要点の一つである。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、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。

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 500 kgf/cm^2 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 λ ($A_p \cdot f_{py} / (A_s \cdot f_{sy} + A_p \cdot f_{py})$) 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、持続載荷荷重レベルを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設計荷重レベルのみとした持続荷重載荷試験を行ったはりを用いた。

(ただし、設計荷重は最大びびわれ幅 0.2 mm に対応する荷重である。) なお、すべて

のはりには、土木学会 P C 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では短期材令での載荷と比較するために $a/d=3.0$ 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。供試体の種類を表1に示す。

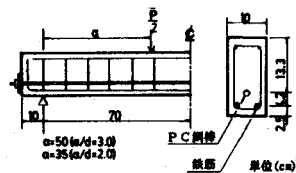


図1 はりの寸法・形状

表1 供試体の種類、最大曲げ耐力およびじん性率

供試体名	A s	A p	λ	Q _u	最大耐力 (tf)		じん性率 (%)
					試験値	理論値 (短期材令)	
PPC1-①-1	2010	φ7.4			8.09		3.91
PPC1-①-1	2010	φ7.4	0.49	0.13	8.20	8.30	1.06, 8.82
PPC1-①-1	2010	φ7.4			8.28		3.11
PPC2-①-1	2013	φ7.4			11.80		3.16
PPC2-①-1	2013	φ7.4	0.35	0.18	9.08	11.34, 10.82	2.83
PPC3-①-1	2010	φ11	0.68	0.23	8.72	11.46, 11.88	3.02
RC1-①-1	2010, φ7.4	—	0	0.13	8.20	7.96	8.25, 8.98
RC2-①-1	2013, φ7.4	—	0	0.18	9.08	10.75	10.66, 11.19
PPC1-②-2	2010	φ7.4			12.22		3.12
PPC1-②-2	2010	φ7.4	0.49	0.13	8.88	12.80	3.68
PPC1-②-2	2010	φ7.4			11.82		2.89
PPC2-②-2	2013	φ7.4			18.88		2.80
PPC2-②-2	2013	φ7.4	0.35	0.18	12.93	16.13	2.74
PPC3-②-2	2010	φ11	0.68	0.23	12.48	17.19	2.33
RC1-②-2	2010, φ7.4	—	0	0.13	8.68	12.48	4.48
RC2-②-2	2013, φ7.4	—	0	0.18	12.93	15.60	3.62

※1) 各供試体名は次のとおりである: PPC1-①-1 は短期材令によるグループ1の試験結果、PPC1-②-2 は長期材令によるグループ2の試験結果。
※2) RCはり、全断面のPC鋼材を鉄筋として使用している。
※3) $Q_u = (A_p \cdot f_{py}) / (b \cdot d \cdot f_{cy}) + (A_s \cdot f_{sy}) / (b \cdot d \cdot f_{cy})$

表2 残存プレストレス

供試体名	プレストレス導入時		計 算 値					実 験 値	
	導入時プレストレス (tf)	コンクリート下底面応力 (kgf/cm^2)	残存プレストレス (tf)	プレストレス損失率 (%)	コンクリート下底面応力 (tf)	コンクリート下底面応力 (kgf/cm^2)	平均耐力減少率 (%)	コンクリート下底面応力 (tf)	平均耐力減少率 (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
PPC1-①-1	3.38	28.0	3.08	0.32	1.18	8.8	19.2	8.8	19.2
PPC1-①-1	3.41	27.9	3.08	0.32	1.15	9.0	18.9	8.8	19.1
PPC2-①-1	3.71	24.1	3.42	0.29	1.77	-0.1	24.2 (11.74)	-2.4	26.5
PPC2-①-1	3.78	28.6	3.42	0.29	1.81	-0.9	29.4	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
PPC1-②-2	3.40	27.4	3.09	0.31	1.12	9.7	17.7 (2.87)	12.2	15.2
PPC1-②-2	3.44	28.8	3.12	0.32	1.18	8.1	20.7	0.23	5.7
PPC1-②-2	3.41	28.6	3.09	0.32	1.15	9.0	19.6	0.23	5.7
PPC2-②-2	3.68	21.8	3.38	0.29	1.76	-0.2	22.0 (2.23)	-8.2	30.0
PPC2-②-2	3.74	26.5	3.45	0.29	1.80	-0.9	27.4	0.27	5.4
PPC3-②-2	7.67	58.7	6.53	1.14	1.77	29.1	29.6	0.75	18.4

※4) () はびびわれ発生時値を示す。

Kazuo KOBAYASHI, Susumu INOUE, Toshihiko MATSUMOTO, Keiji IKUSHIMA

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。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力の鉄筋への移行が大きいいため、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。

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ない(表1参照)。

3) 最大ひびわれ幅; 荷重-最大ひびわれ幅(P-W_{max})関係の一例を図3に示す。長期間放置されたはりと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。これは持続荷重が死荷重レベルでは、はりには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が大きくなるほど同一荷重に対するW_{max}は小さくなる傾向を示す。

4) たわみ性状およびじん性率; 荷重-たわみ(P-δ)関係の一例を図4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る最大耐力以降のフォーリングブランチ領域でのP-δ性状の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っている。

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

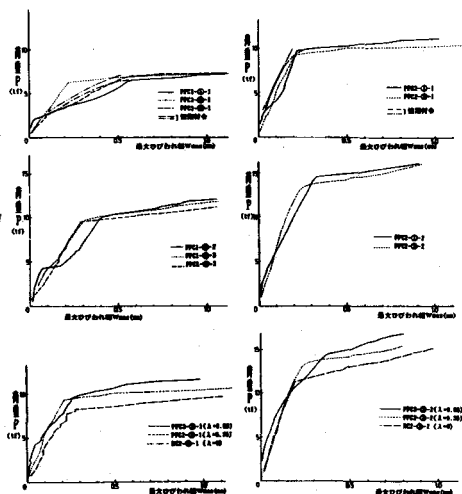


図2 荷重-最大ひびわれ幅関係

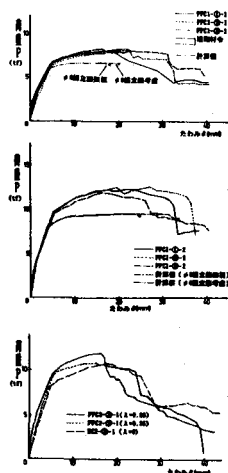


図3 荷重-たわみ関係