

PCはりのボンド疲労に関する実験報告

渡 辺 明*・出 光 隆**
阿 部 利 行***・松 下 博 道****

1. ま え が き

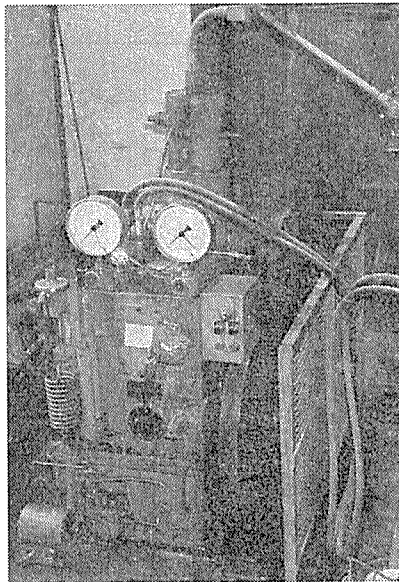
一般に材料は、それに荷重を繰り返し加えると静的に加えた場合より小さい荷重で破壊する。近年、設計荷重の増大、繰返回数
の激増にともない、構造物の疲労強度が重要視されるに至った要因である。

プレテンション方式PCはりでは、これを構成するコンクリート、PC鋼線など各素材の疲労の外に、両者間のボンド疲労の可能性があるので、特に、それを究明する必要が痛感される。

本実験は、普通のプレテンションはり
とボンドレスプレテンションはりに関して、主として、この問題を調べるために行なった。ただし、使用したはり供試体は、ボンド疲労を起させるために特に設計されたものではない。

2. 疲労試験機概要

写真-1



使用した試験機は、M試験機製作所製の曲げ疲労試験機（写真-1）で、最大荷重は静的動的ともに 10 t、繰返速度は 300 回/min である。

130×180×2190 mm のはり供試体につき、スパン 1890 mm、3 分点 2 点荷重で実験した（図-3）。

3. 供試体の寸法、配合、強度など

使用したはり供試体の断面、寸法などを図-1、2 に示す。図中 (A) とあるのは普通のプレテンションはり供試体を意味し、(B) は鋼線端部にボンドレス部分を設けた

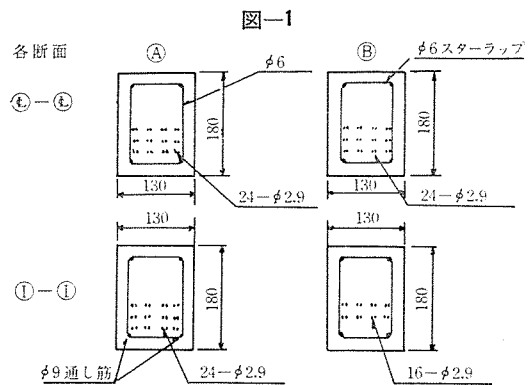
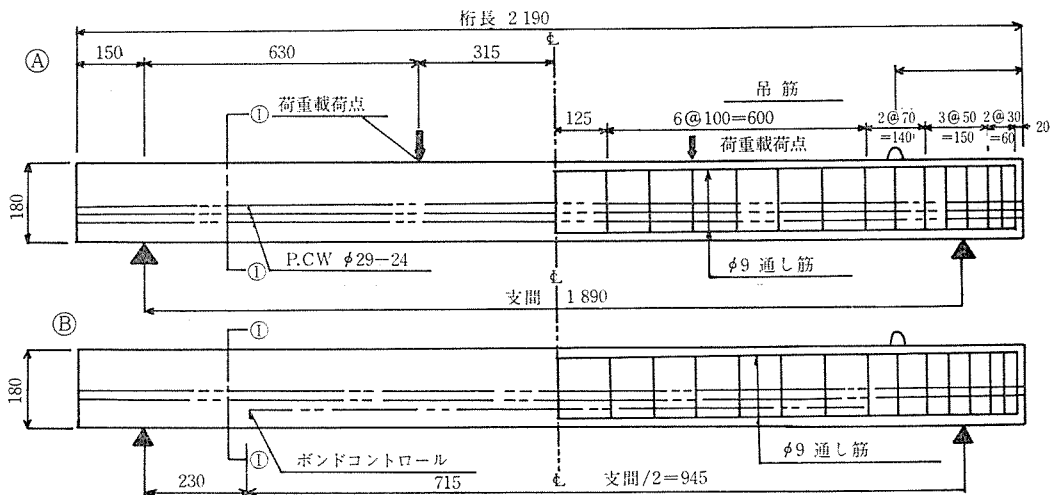


図-2



* 工博 九州工業大学助教授 開発土木工学科
** 工修 九州工業大学講師 開発土木工学科

*** オリエンタルコンクリート (株) 福岡営業所 工務部長
**** 九州大学大学院学生

表-1

スラップの範囲 (cm)	単位水量 (kg)	単位セメント量 (kg)	水・セメント比 (%)	細骨材率 (%)	単位細骨材量 (kg)	単位粗骨材量 (kg)
4±1	180.4	440	41	37	634.9	1,189.4

表-2

	プレストレスト導入時 (kg/cm ²)	材令7日 (kg/cm ²)	スラップ (cm)
A供試体	411	541	4.2
	411	542	
	418	539	
	平均 413	平均 541	
B供試体	442	619	3.6
	443	664	
	437	535	
	平均 441	平均 606	

はり供試体である。

コンクリートの配合は表-1に示すとおりで、プレストレスト導入時および材令7日の圧縮強度は表-2のごとくである。B供試体の圧縮強度の方がA供試体のそれより大きくでている。

4. はりの有効プレストレス

PC鋼線の全断面積 (ΣA_p): 158.5 mm²

PC鋼線の図心位置 (e_p): 30 cm

PC鋼線の有効緊張応力 (σ_{pe}): 104.6 kg/mm²

を用いて計算すると

上縁の有効プレストレス (σ_u): 0

図-3

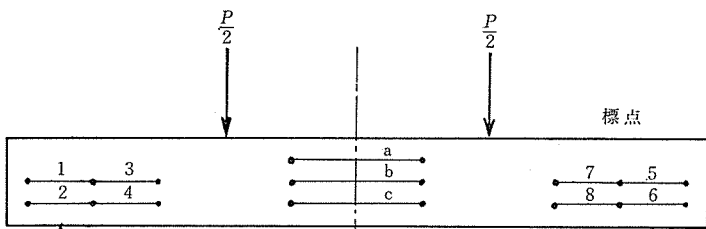


表-3

はりの種類	A	B
静的破壊荷重 (N=1)	0.2 t	10.5 t
荷重幅 P=0.5~4.5 t	200×10 ⁴ 回破壊せず 同上	200×10 ⁴ 回破壊せず
~5.0		
~5.3	110.5×10 ⁴ 回破壊	
~5.5	17.2×10 ⁴ 回破壊	
~6.0		93×10 ⁴ 回破壊
~6.3		6×10 ⁴ 回破壊
~6.5	3×10 ⁴ 回破壊	1.3×10 ⁴ 回破壊

図-4

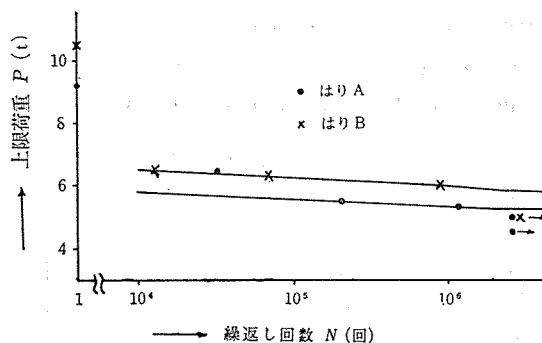
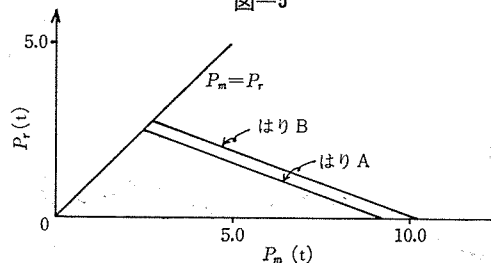


表-4

	P ₁ (t)	P ₂ (t)	P _m (t)	P _r (t)	P _T (t)
はり A	5.2	0.5	2.85	2.35	9.2
はり B	5.8	0.5	3.15	2.65	10.5

図-5



下縁の有効プレストレス (σ_e): 141.8 kg/cm²

5. 材端部応力分布測定法

PC鋼線の径が小さく、加工困難なため、その内部ひずみを測定する工作は至難であり、また、鋼線表面にストレーンゲージを貼布したのでは、肝心のボンド面を切損することになるから良策でない。結局、コンクリート表面に標点を取付け(図-3)、ホイットモアひずみ計で表面ひずみを実測した。

6. 実験結果

表-3に繰返荷重と疲労破壊時の繰返回数を示す。破壊の形式はすべて鋼線のボンド疲労をとまらぬコンクリートの圧縮破壊であった。はりA、はりBにつき表-3をもとにしてそれぞれのP-N曲線を求めると図-4となる。

疲労限における上限荷重(P₁)、下限荷重(P₂)、平均荷重(P_m)、荷重振幅(P_r)、そして静的破壊荷重(P_T)などを示せば、表-4のとおりである。

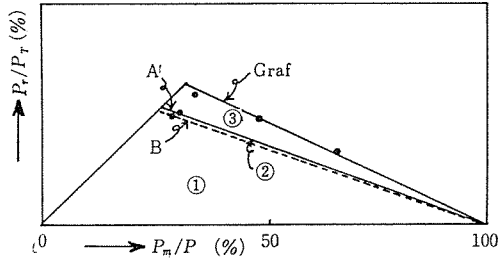
表-4にもとづき耐久線図を描くと図-5のごとくなる。

つぎに、P₁、P₂、P_m、P_rなどをP_T=100に対して表わし、Graf氏が行なったコンクリートの

純圧縮疲労試験結果¹⁾と比較し(表-5), これにもとづいて耐久線図を描けば 図-6 が得られる。

また, 繰返回数とはり端部におけるコンクリートひずみの変化を 図-7 (A 供試体), 図-8 (B 供試体) に示す。

図-6 耐久線図



Grafの圧縮疲労試験による耐久線図 zone ①②③
 はりAの曲げ疲労試験による耐久線図 zone ①②
 はりBの曲げ疲労試験による耐久線図 zone ①

図-7 (a)

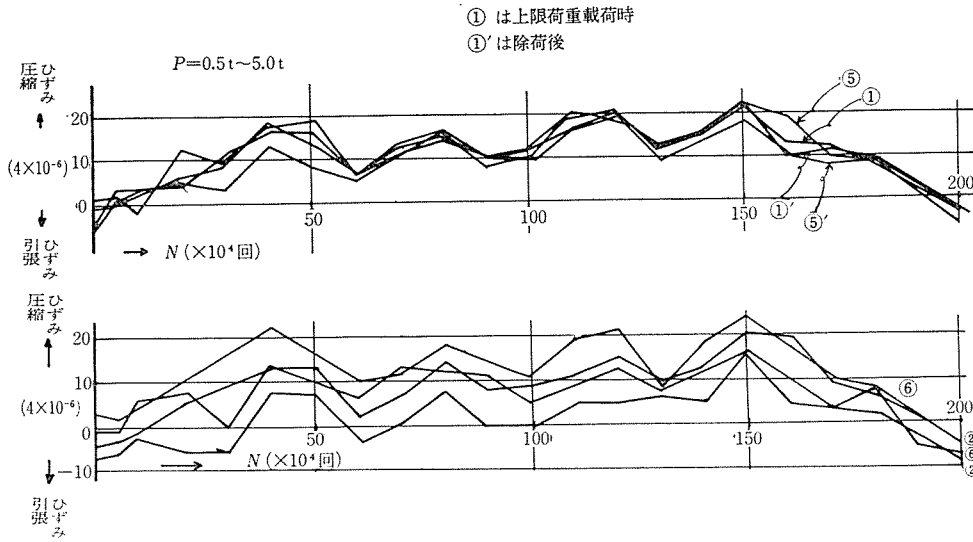
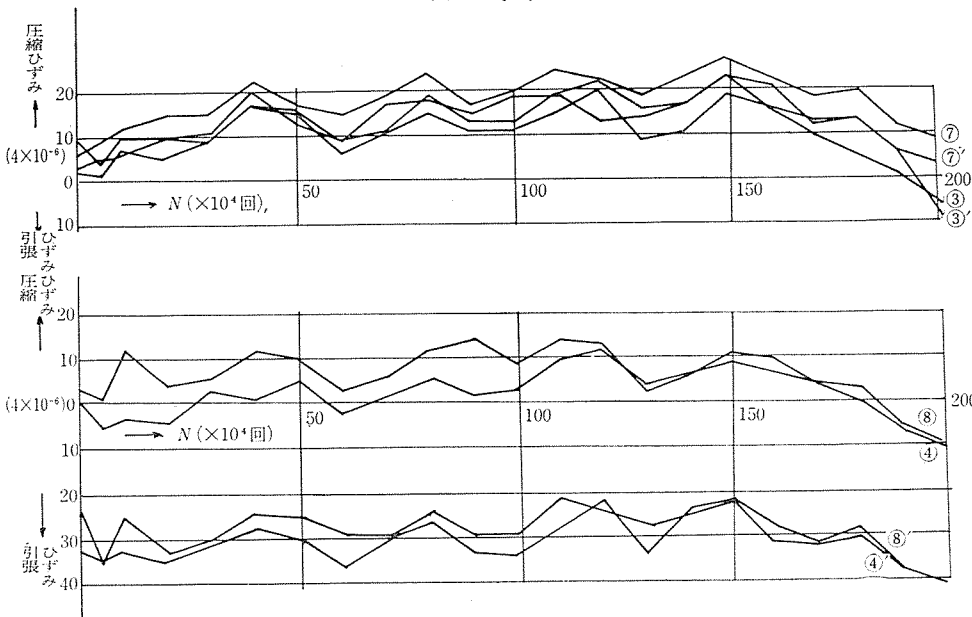


図-7 (b)



7. 結果考察

供試体の疲労破壊形式は, すべてPC鋼線のすべり込みをとともなうコンクリートの圧縮破壊であった。すなわち, 荷重一定であるにもかかわらず, 繰返回数の増大とともにボンド疲労が起り, 鋼線とコンクリート間にすべ

表-5

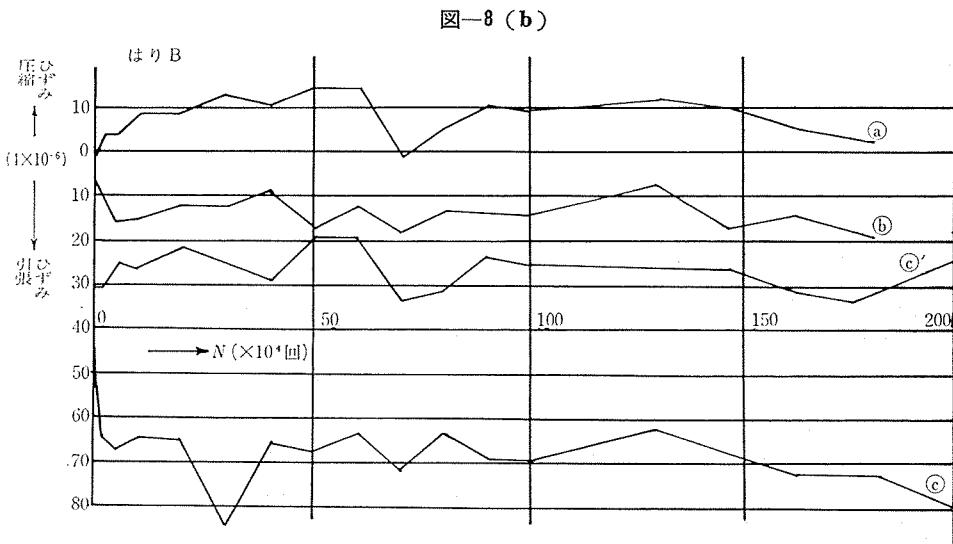
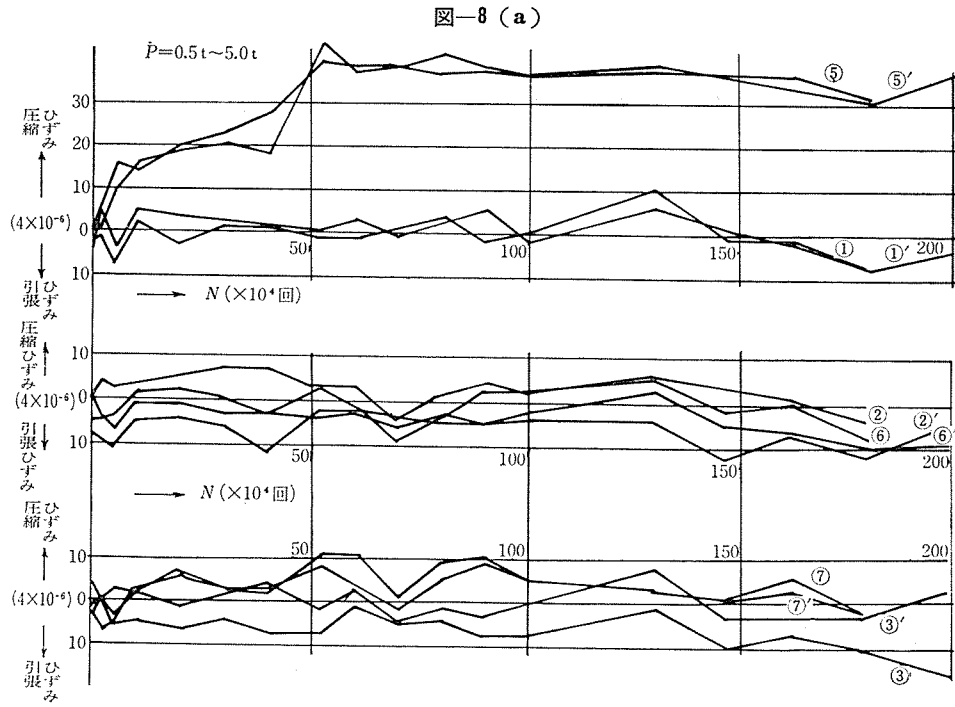
	P_1	P_2	P_m	P_r	P_T
Graf	64	5	34.5	29.5	100
	73	25	49.0	24.0	100
	83	50	66.5	16.5	100
はり A	56.5	5.4	31.0	25.5	100
はり B	55.2	4.8	29.8	25.2	100

りが生ずる結果, 引張側にひびわれが発生進行し, 中立軸が上昇し, 圧縮帯の減少とともに上縁応力が増大し, あたかも実際に作用している荷重より大きな荷重が作用しているような条件となって, 上縁コンクリートの圧縮破壊が早められたものと考えられる。

図-4 からわかるように本実験結果ではボンドレス供試体Bの $P-N$ 曲線とA供試体のそれとの間に大差は認められなかった。表-2 に示したとおり, B供試体の圧縮強度がA供試体のそれより大きかったことも一因かと思われるが, 何分にも実測数が少ないので, 確定的結論は今後の研究に待ちたい。

疲労限荷重の静的破壊荷重に対する比は 57%(A 供試体), 55%(B 供試体) となる。

A 供試体の測点 ①, ⑤ の $\epsilon-N$ 曲線 (図-7) をながめてみると, 大体 150 万回までは圧縮ひずみが増加し, 以後下降している。



筆者らはさきにRCばりの鉄筋内部にストレインゲージを貼布して繰返荷重に対するボンド分布を精査した結果、ボンド応力がはり端に集中する傾向のあることを見出したが^{2),3)}、本供試体の場合にも同様のことがいえるのではないかと推測している。しかしながら、150~200万回に至ると材端部コンクリート中にPC鋼線がすべり込み、コンクリートに加わっていた圧縮応力が減退したものと解される。

つぎに、図-8をながめてみる。B供試体の測点②、⑥はボンドレス部分である。これらの測点の実測値はA供試体の測点②、⑥部分の値(図-8)より小さく、130万回あたりから緩慢に下降の傾向を示している。

図-6においてA、Bとも耐久線図の面積はほとんど

等しい。それらが Graf 氏の耐久線図の面積より小さいのはボンド疲労によるものであろう。曲げ圧縮の場合にはむしろ大きくならなければならないからである。

終りに、卒論として取上げて頂きご協力を得た船津勝治君(当時九州工業大学学生)に謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) O. Graf : Peutscher Ausschuss für Eisenbeton, 1939年
- 2) 水野・徳光, 渡辺・出光 : 静的・動的荷重をうける鉄筋コンクリートはりのボンド分布に関する研究, 第20回土木学会年次学術講演会講演概要集, 昭和40年
- 3) T. Mizuno, A. Watanabe : "Studies on the Distribution of Bond Stress along Various Reinforcing Bars", The Memoirs of the Faculty of Engineering, Kyushu University, Vol. XXV, No. 3, 1966

1968.7.12・受付