

Ⅲ種PCはりの疲労性状

九州大学 正 員 松下 博通
 同上 ○ 学生員 野本 高憲
 同上 学生員 北岡 大記

1. ま え が き

ひびわれの発生を許すいわゆるⅢ種PCが、土木の分野においても今後利用拡大の気運にある。一方、コンクリート構造物の限界状態設計法指針案では、Ⅲ種PCについて疲労破壊についての安全性の検討が規定されている。昨年、筆者らは疲労荷重下でコンクリートの圧縮破壊により破壊したPC梁の疲労性状及びモーメント・ストレス図を用いた疲労寿命推定法について報告した。そこで本年度は、通常鉄筋の破断により疲労破壊するとされているⅢ種PC梁を研究の対象とした。

本稿は、一般的なⅢ種PCとして設計した梁の疲労試験を行い、実際に鉄筋の破断により疲労破壊した梁の疲労性状を報告するものである。

図1 供試体の形状寸法及び載荷状態

2. 実験概要

2種類の断面の梁を作製し実験に用いた。その形状寸法と載荷状態を図1に示す。

プレストレスは、断面の3分点に配置したPC鋼棒をその引張強度の70%引張り導入し、導入時の梁上縁のプレストレスがゼロ、下縁のプレストレスが断面1で約110 kg/cm²、断面2で約50 kg/cm²になるようにした。

等モーメント区間中央のコンクリート上縁、側面及び鉄筋、PC鋼棒の上下面に貼付し、ワックスコーティング及びVMテープで防水に完全を期した、ワイヤストレインゲージを用いてひずみを測定した。

セメントは早強ポルトランドセメントを用い、粗骨材最大寸法を10mmとし、コンクリートの配合はW/C=40%、s/a=50%とした。供試体は打設後2日間標準養生した後、材令1週間でプレストレスを導入しその直後にグラウトを注入した。

疲労試験は材令2週間以後に行い、正弦波形の繰返し荷重を1~3Hzの速度で載荷し、任意回数繰返し後一旦除荷し、残留ひずみ及び最大繰返し荷重までのひずみを測定した。

3. 実験結果及び考察

表2に疲労試験結果を示す。梁は総て鉄筋の破断による曲げ引張破壊を起こした。鉄筋の破断面は、疲労破断の特徴である脆性破断を示していた。表の(1)の鉄筋応力は処女載荷時の鉄筋ひずみの平均を取り、これに弾性係数を乗じて求めた。(4)の鉄筋応力は(1)の値に有効プレストレス力による圧縮応力を考慮したものである。

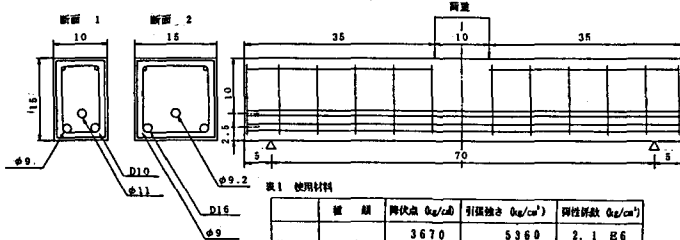


表1 使用材料

	種 類	引張強度 σ_{yk}/σ_b	引張強度 σ_{yk}/σ_b	弾性係数 E_p/E_c
鉄 筋	SD30	3670	5360	2.1 E6
		3340	5020	2.1 E6
PC鋼棒	SP905-110	14200	15000	2.04 E6
		14200	14800	2.04 E6

表2 疲労試験結果

断面	No	有効プレ ストレス σ_{ps}/σ_b (%)	荷重 (t)	荷重比 Q	疲労 寿命 LogN	(1) 鉄筋応力 σ_{yk}/σ_b	(2) 推定 LogN	(3) 実測値 推定値	(4) 鉄筋応力 σ_{yk}/σ_b	(5) 推定 LogN	(6) 実測値 推定値	シリンド ー強度 σ_{yk}/σ_b
1	65	1.1-7.8	10-70	0.7	143-2888	5.34	—	-510-2225	6.19	—	614	
	66	1.1-9.0	10-80	5.77	139-3459	5.13	1.12	-502-2818	5.55	1.04	594	
	67	2.2-9.0	20-80	5.49	315-3698	4.94	1.11	-317-3096	5.37	1.02	613	
	67	3.4-9.0	30-80	5.45	546-3270	5.56	0.98	-105-2619	6.01	0.91	605	
2	66	1.6-12.0	10-70	5.99	173-2876	5.56	1.08	-244-2559	5.86	1.02	619	
	66	1.6-13.8	10-80	5.03	167-3640	4.79	1.05	-250-3223	5.09	0.99	619	
	66	3.4-13.8	20-80	5.49	408-3517	5.01	1.10	-12-3097	5.32	1.03	631	
						平均	1.07			平均	1.00	

鉄筋の平均疲労寿命推定法には二羽の式がある。以下に書き出す。

$$\begin{aligned} N < 2 \times 10^6 & \quad \frac{1}{0.12} \left[k * (3.17 - 0.003 * D) - \log \left[\frac{\sigma_{\min} - \sigma_{\max}}{(1 - \sigma_{\min} / f_{su})} \cdot \frac{1}{10.1972} \right] \right] \\ \text{Log } N = & \quad N \geq 2 \times 10^6 \quad \frac{1}{0.06} \left[k * (3.17 - 0.003 * D) - 0.006 * \log(2 \times 10^6) - \log \left[\frac{\sigma_{\min} - \sigma_{\max}}{(1 - \sigma_{\min} / f_{su})} \cdot \frac{1}{10.1972} \right] \right] \end{aligned}$$

D: 鉄筋の直径

本実験では、鉄筋のフシの根元に円弧がなく、フシと鉄筋軸とのなす角が直角であるとしてkの値を1.0とした。表2の(2)および(5)の推定値は、それぞれ(1)および(4)の応力を上式に代入し求めたものである。(3)(6)の値より、処女載荷時の鉄筋応力から求めた疲労寿命推定値が、プレストレス無考慮の場合多少安全側になり、プレストレスを考慮した場合平均1.00でほどよく推定できることがわかる。

次に、最大荷重時の鉄筋ひずみ(以下最大ひずみと略す)の変化を図2に示す。図より最大ひずみは顕著な増加をしないことがわかる。さらに横軸を繰返し回数nの疲労寿命に対する比にとり、最大ひずみの変化をプロットしたものを図3に示す。図よりn/Nが0.1未満までにひずみはある程度増加し、その後はほぼ一定値を保つことがわかる。

また一例として、2-1の梁の最大ひずみと残留ひずみを図4に示す。コンクリートひずみの場合、横軸をn/Nにとると、図5に示すように遷移一定常加速の3領域を経て増加し、破壊時の最大ひずみ量は静的に載荷されたときの終局ひずみよりかなり大きくなる。ところが鉄筋の場合はコンクリートのような傾向を示さず、残留、最大ひずみともに安定している。

4. まとめ

元来、鉄筋の疲労試験結果はコンクリートに比べばらつきが小さい。今回、一般的なⅢ種PC梁中の鉄筋の疲労性状を観察した結果、荷重繰返しによって鉄筋ひずみは大きく変動せず、ほぼ一定値を示し、処女載荷時の応力を用いて疲労寿命を推定すれば、十分な精度で推定可能ことが明らかになった。現在この結果をモーメント・ストレス図を用いたⅢ種PC梁の疲労強度推定法に適用する方向で検討中である。

図2 断面1 最大荷重時鉄筋ひずみ 図3 断面1 最大荷重時鉄筋ひずみ
断面2 最大荷重時鉄筋ひずみ

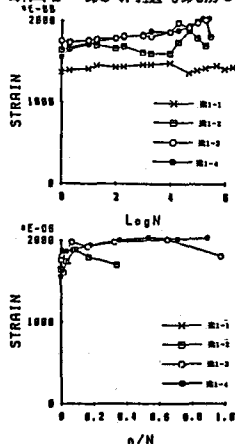


図3 断面1 最大荷重時鉄筋ひずみ 図4 梁2-1の最大ひずみ、
断面2 最大荷重時鉄筋ひずみ 残留ひずみ

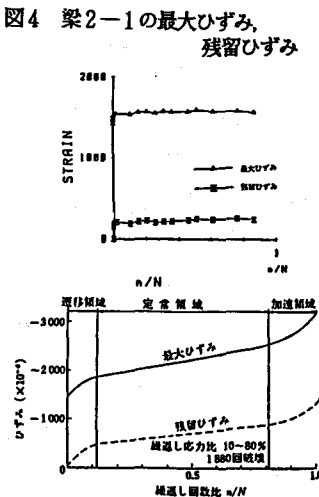
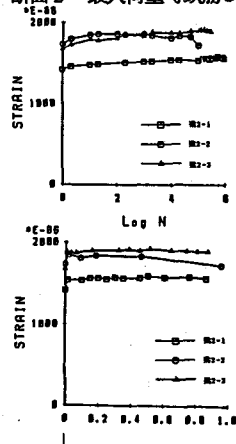


図5 繰返し回数に伴う最大ひずみの変化

(参考文献) 1) 繰返し荷重を受けるPC梁のモーメント・ストレス図について、松下ら

昭和59年度土木学会西部支部講演概要集

2) 異形鉄筋の疲労強度算定式、二羽ら

土木学会論文概要集 第354号/V-2