

V-273

PC梁の疲労限界状態の照査について

九州大学工学部 ○学生員 中村 順
九州共立大学工学部 正 員 松下博通
九州大学工学部 正 員 牧角龍憲

1. まえがき

昭和61年制定コンクリート標準示方書では、PCはRCと本質的には同じ範ちゅうに属するものとされ、ひびわれを許すPC梁については、RC同様に疲労限界状態に対する検討が規定された。主鉄筋を有するパースナルPC梁（以後PPC梁と称する）ではその疲労破壊は主鉄筋の疲労破断によりもたらされるが、本研究では断面形状の異なった5種類のPPC梁を作製し、その疲労限界の設計に関する照査を行った。

2. 実験概要

実験で使用した梁の形状寸法と载荷状態を図-1に示す。断面4、5は主鉄筋とスターラップを溶接し接合した。プレストレスは導入時の梁上縁の応力がゼロになるように配置し、PC鋼棒の引張強度の70%を導入した。各鋼材の特性を表1に示す。鉄筋及びPC鋼棒それぞれにひずみゲージを貼付し、測定は任回数繰返し後、一旦除荷し、残留ひずみから最大繰返し荷重時のひずみまで数段階において行なった。

3. 実験結果及び考察

鉄筋の疲労では応力振幅が主たる要因となるが、RC梁ではその振幅が常に引張応力の領域であるのに対し、PPC梁では圧縮と引張の2つの領域にまたがり、両者の領域は異なる。そこでまず断面1の梁を用いて、主鉄筋の応力振幅の領域の違いによる疲労性状への影響を検討した。表2に、2回目载荷時の鉄筋応力の実測値を用い、二羽らの式¹⁾より求めた推定疲労寿命と実測疲労寿命の比較を示す。繰返し荷重の大きさは、N0

1は主鉄筋の応力振幅がRCと同様に片ぶりなるように、N0.2、N0.3は最小で圧縮応力、最大で引張応力と本来のPPCに作用する応力振幅を受けるように定めた。表に示すように、いずれの繰返し条件下でも十分な精度で疲労寿命を推定できることがわかる。ここで、荷重履歴が疲労寿命に与える誤差について調べる。二回目载荷における主鉄筋の最小荷重時ひずみ及び振幅ひずみに対する、荷重繰返しともなうひずみ変動の比率（ $\Delta x/x$ ）を図-2に表す。図より、振幅ひずみの変動はほとんど見られず、最大で5%程度であるのに対し、最小荷重時ひずみの変動は50~75%と極めて大きくなっており、荷重履歴の影響を顕著に受けていること

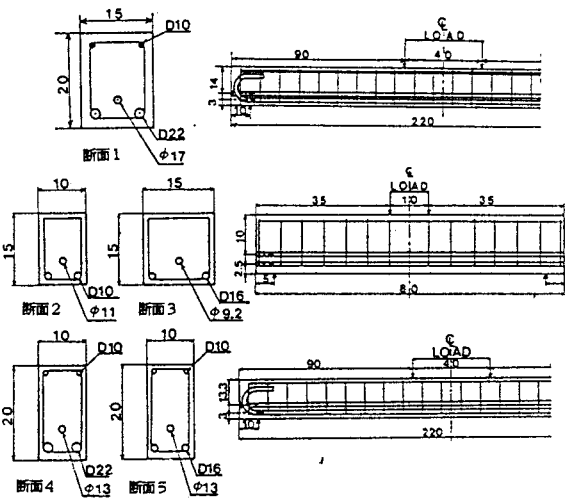


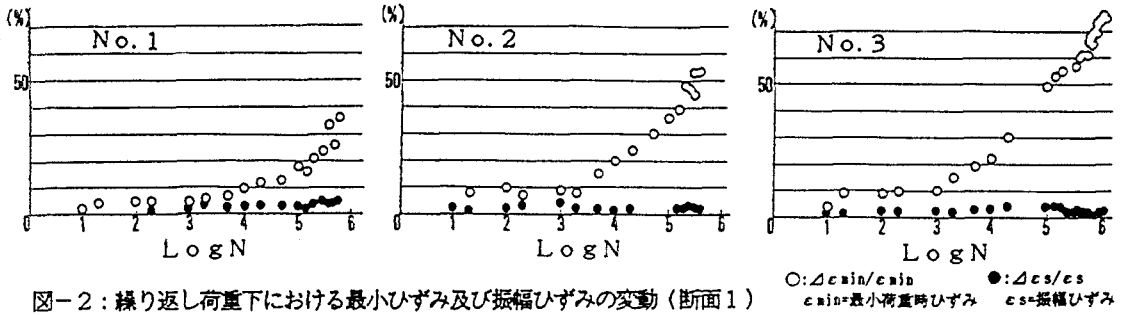
図-1：供試体の形状寸法及び载荷状態

表1 使用材料

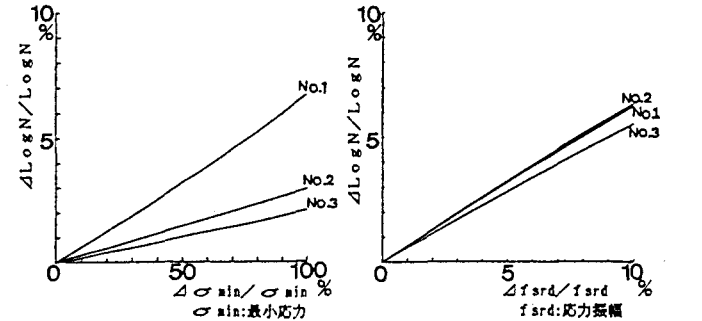
断面	鉄筋 (SD30)			P C 鋼 材		
	径 (mm)	降伏点強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)	径 (mm)	降伏点強度 (kg/cm ²)	引張強度 (kg/cm ²)
1	22	3520	5400	17	10800	11900
2	10	3670	5360	11	14200	14900
3	16	3340	5020	9.2	14200	15000
4	22	3400	5340	13	11300	15400
5	16	3420	5170	13	11300	15400

表2 断面1の疲労試験結果

NO.	有効プレストレス (X)	シリンドー圧縮強度 (kg/cm ²)	実測疲労寿命 LogN	N=2 鉄筋応力 (kg/cm ²)	(1)推定疲労寿命 LogN ¹	実測値—推定値
1	59.9	730.0	5.81	25-2860	5.60	1.06
2	59.7	730.0	5.63	-554-2665	5.39	1.04
3	59.6	731.0	6.11	-603-2046	6.12	1.00



が認められる。そこで、これらのひずみ変動がもたらす疲労寿命推定値の誤差を、2回目載荷時の実測値から求めた推定疲労寿命に対する比率 ($\Delta \text{Log} N / \text{Log} N'$) で図-3に示す。いずれの場合も本実験結果の変動の範囲では、応力変動が推定寿命の変化率に及ぼす影響は5%以下であり、推定精度上からほぼ無視できるものと考えられる。以上のことから、応力



振幅が圧縮、引張両域にまたがる場合でも、2回目載荷時の主鉄筋応力の実測を用いた場合、十分な精度で疲労寿命を推定できることがわかった。

次に、5種類の断面の梁について、断面諸元と初期プレストレスのみを与え、示方書の設計手順に従いひびわれ断面の応力度を求めた。有効プレストレスの算出には、主鉄筋によるクリープの拘束効果は無視した

簡便式を用いた。その主鉄筋の応力による推定疲労寿命と、実測疲労寿命との比較を表-3に示す。疲労寿命の推定には、(1)二羽らの式、(2)示方書の疲労強度算定式を用いた。表に示すように、非溶接の3種類の梁では、(1)の推定値は十分な精度が見られ、(2)では妥当な安全性を有している。したがって、疲労寿命算定に限って言えば上述の計算法で十分適当な値が得られることが認められた。溶接をほどこした梁については主鉄筋の径により疲労強度の低下に違いが見られ、疲労寿命の算定には主鉄筋の径及び溶接の程度を考慮する必要がある。

（参考文献）

- 1) 異径鉄筋の疲労強度算定, 二羽ら
土木学会論文集 第354号/V-2

表3 疲労試験結果

断面	番号	Pt (%)	Pe (%)	最小曲げ モーメント *10 ⁴ kgcm	最大曲げ モーメント *10 ⁴ kgcm	実測寿命 Log N	鉄筋 最小応力 kg/cm ²	鉄筋 最大応力 kg/cm ²	実測寿命 (1) 推定寿命	実測寿命 (2) 推定寿命
1	1	65	60	14.4	5.16	5.81	5	2839	1.06	1.21
	2	65	60	0.60	4.92	5.63	-247	2644	1.01	1.14
	3	65	60	0.60	4.56	6.11	-246	2284	1.01	1.13
2	1	69	65	0.17	1.35	5.77	-376	3075	1.08	1.23
	2	72	67	0.33	1.35	5.49	-236	2949	0.99	1.13
	3	71	66	0.51	1.35	5.45	-82	2987	0.98	1.11
3	1	70	66	0.24	1.80	5.99	-98	2791	1.06	1.20
	2	70	67	0.24	2.07	5.03	-100	3360	1.01	1.16
	3	70	66	0.51	2.07	5.49	155	3379	1.08	1.25
	4	70	67	0.12	2.04	5.19	-167	3299	1.03	1.18
4	1	72	67	0.36	3.84	5.51	-205	2488	0.95	1.07
	2	72	67	0.24	4.08	5.08	-259	2694	0.92	1.05
	3	70	66	0.29	3.62	5.13	-229	2321	0.85	0.96
	4	71	67	0.27	3.96	5.10	-246	2596	0.90	1.02
5	1	72	67	0.30	2.52	4.88	-279	2305	0.79	0.89
	2	72	67	0.30	2.28	5.14	-278	1953	0.77	0.85
	3	72	67	1.20	2.52	5.65	426	2313	0.83	0.92
	4	72	66	2.04	3.00	6.27	1605	3021	0.91	1.01

Pt: 初期プレストレス

Pe: 有効プレストレス