

鳥取大学 正員 ○井上 正一
鳥取大学 正員 西林 新蔵
PSコンクリート 正員 福田 浩

1. まえがき

本研究は、コンクリートの疲労特性に関する研究プロジェクトの一環として行なったものである。ここでは、繰返し荷重がRCはりの強度特性や変形特性に及ぼす影響を検討し、併せて静的試験によるそれら特性との比較の上で若干の考察を加える。

2. 実験概要

セメントは普通ポルトランドセメントを、骨材は砕石（最大寸法20mm、比重2.65）、海砂と砕砂の混合砂（比重2.59、FM=2.73）をそれぞれ使用した。コンクリートの配合を表-1に、供試体の形状寸法と載荷方法を図-1に示す。主鉄筋量は、弾性設計法によるほぼ釣り合い鉄筋比（Aシリーズ）と圧縮域のコンクリートが疲労破壊することを想定し、塑性設計法によって決定した過少鉄筋比（Bシリーズ）の2種類とした。静的試験における測定項目と測定方法を表-2に示す。疲労試験における載荷速度は300 C.P.M.で、荷重と時間との関係は正弦波形である。設定下限荷重は、はりの終局耐力の10%と一定にし、上限荷重比（S）は終局耐力に対する百分率で選ぶ、その大きさはAシリーズでS=90, 80, 70, 60%, BシリーズでS=80, 70, 60, 50%とした。供試体は繰返し回数が所定の回数に達したとき、いったん機械の運転を停止して残留たわみと残留ひずみを測定した後、設定上限荷重に至るまでの静的試験を行った。なお、繰返し回数が200万回に達した場合には疲労試験を中止し、静的試験によってはりを破壊させた。

3. 試験結果および考察

はり供試体の試験実施時の材令は、Aシリーズで100日以上、Bシリーズでは6ヶ月以上経過しており、強度は十分に安定状態に達しているものと考えられる。表-3に各打設日ごとのコンクリートの強度特性を示す。

1) 曲げ応力（ひずみ） 図-2に、静的破壊試験時のはり上縁より1cmの位置におけるコンクリートの荷重～ひずみ関係と鉄筋のそれとを示す。図中の計算値は、コンクリートと鉄筋の応力～ひずみ関係を弾性完全塑性体で近似し、鉄筋とコンクリートの付着は完全であると仮定して求めたものである。図-3に、繰返し荷重を受けた場合のコンクリートの荷重～ひずみ曲線の一例を示す。全般的に曲線は、作用荷重の大きさや鉄筋量に関係なく、外載荷時には上に凸な形状を示し、繰返し回数の増加とともに直線状となり、その後下に凸な形状を示す。さらに破壊近傍ではS字形になるものと推察される。

表-1

スランプの範囲 (cm)	w/c (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)			
			W	C	S	G
4±1	45	38	148	329	717	1248

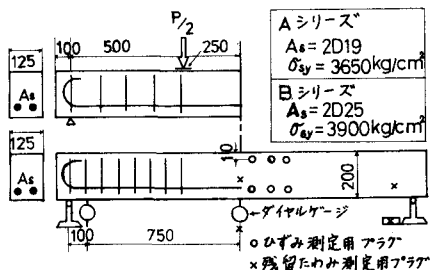


図-1

表-2 測定項目と方法

試験	測定項目	測定位置	測定方法
静的	はりのたわみ	図-1に示す3ヶ所	ダイヤルゲージ
	コンクリートのひずみ	曲げスパン内	ポットロッド型ひずみ計
	鉄筋のひずみ	スパン中央	ストレインゲージ
動的	ひずみ	曲げスパン内鉄筋位置	ポットロッド型ひずみ計
	残留ひずみ	図-1に示す3ヶ所	ポットロッド型ひずみ計

表-3 特性曲線

打設日	σ _c	σ _{sc}	E _c (×10 ⁵)	シリーズ
8/10	547	46.3	3.71	Aシリーズ
8/19	594	47.3	3.68	
8/24	506	45.7	3.64	Bシリーズ
8/31	564	46.5	3.73	

単位: (kg/cm²)

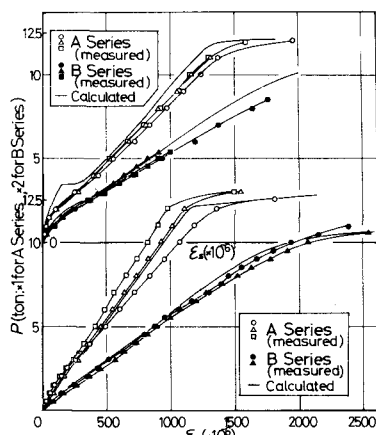


図-2 荷重～ひずみ

2) ひびわれ耐力と終局耐力(表-4) 表中のひびわれ耐力の計算値は、1)でコンクリートの引張塑性率(弾性ひずみに対する塑性ひずみの比)を1.4と仮定したものである。一方、終局耐力は最大圧縮ひずみを0.003として求めたものである。同表より、終局耐力の実験値と計算値の比(α)はばらつきが小さいことがわかったので、疲労試験に供する各はりの終局耐力は計算値にみの平均値を乗じた値を採用した。また、200万回の繰返し載荷で破壊しなかったはりの終局耐力は、初載荷で静的破壊試験を行なったはりのそれよりやや大きくなる傾向を示している。

3) 破壊様式 静的破壊試験を行なったはりは、全て鉄筋が降伏した後曲げスパン内のコンクリートの圧潰によって破壊した。一方、疲労破壊したはりの破壊様式は、作用する荷重が大きい場合にはコンクリートの圧潰型になり、作用荷重が小さく繰返し回数が多いはりでは鉄筋の疲労破断型の破壊になりやすくなるものと推察される。

4) S-N線図と疲労強度 図-4に荷重比と疲労寿命の関係を示す。同図より、同一荷重比であっても疲労寿命にはかなりのばらつきが認められる。このばらつきは、はりの破壊がコンクリートの圧潰型の傾向を示す荷重比が大きいほど大きく、鉄筋量の多い方が大きくなる。このことは、疲労寿命の推定に確率論的な手法を用いる必要性のあることを示している。本研究においては供試体数が少ないために、平均疲労寿命の推定には各荷重比における破壊回数の平均値を採用した。このようにして求めた200万回疲労強度(荷重比)は、Aシリーズのはりで60.2%、Bシリーズのはりで49.4%となり、鉄筋量の少ないAシリーズの方が疲労強度が大きくなる。

5) たわみ 図-5は残留たわみを無視したもので、縦軸に繰返し回数(N)における上限荷重時のたわみとN=1におけるたわみの比を、横軸に繰返し回数比を採ったものである。たわみは、繰返し回数の初期と破壊直前で大きな増加を示す。このたわみの増加

は荷重比の大きいものほど、鉄筋量の多いものほど大きい。

6) ひびわれ幅(図-6, 7)

荷重の繰返しに伴うひびわれ幅の増加は、鉄筋量の多いものほど、荷重比の小さいものほど小さくなる。また、最大と平均ひびわれ幅の差も小さくなり、ひびわれの分散性もよい。

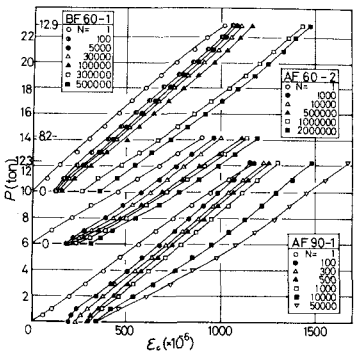


図-3 荷重-ひずみ

表-4 疲労試験結果

試体番号	鉄筋率 ρ_s	静的強度 R_{st} (N/mm ²)	疲労強度 R_f (N/mm ²)	破壊回数 N_f (回)	破壊様式
BF 60-1	100	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
BF 60-1	200	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
BF 60-1	300	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
BF 60-1	400	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
BF 60-1	500	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
BF 60-1	1000	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	100	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	200	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	300	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	400	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	500	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 60-2	1000	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	100	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	200	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	300	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	400	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	500	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊
AF 90-1	1000	3.5	3.5	2.48	コンクリートの破壊

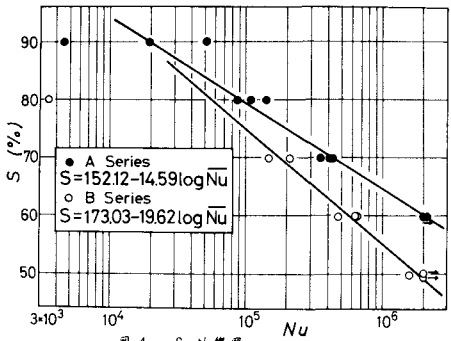


図-4 S-N線図

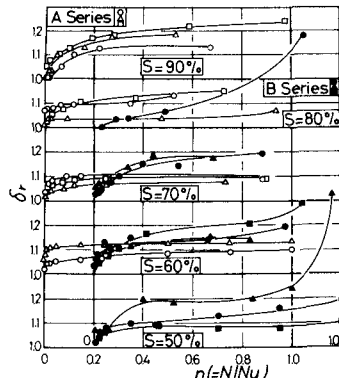


図-5 相対たわみ

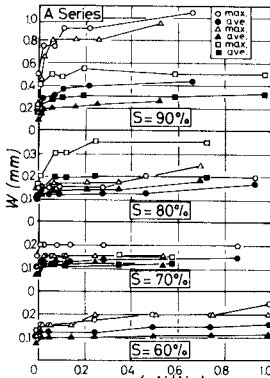


図-6 ひびわれ幅

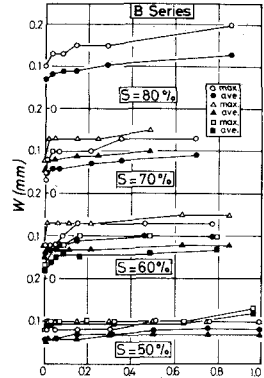


図-7 ひびわれ幅