

鳥取大学 正員 西林新蔵
 鳥取大学 正員 ○井上正一
 ショウボンド(株) 松田全功

1. まえがき

近年、コンクリート構造物の早期劣化が社会問題となる一方で、コンクリート構造物の健全度評価、劣化した構造物の耐力の復元ないしは向上に関係する補修・補強法の開発が望まれている。本研究は、このような観点から、疲労劣化したはりひびわれ中へエポキシ樹脂注入を施すことによる補修効果を、補修しないはりの疲労特性との関連において検討し、併せて最も効果的な補修時期を明らかにすることを目的としている。

2. 実験概要

試験は図-1に示すようなRCはりを用い、一定および変動荷重の疲労試験を行った。変動荷重試験は、図-2に示す荷重ブロックを採用し、以下の手順で行

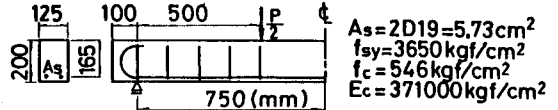


図-1 はりの詳細詳細

った。すなわち、ⓐ設定荷重比(P_{Sj} : 載荷重とはりの静的終局耐力 ($P_u=13.7t$)の百分率) に対して、 j ($j=1,2,3$) 番目に作用させる荷重比 ($P_S=P_{Sj}$) を割り付ける (例えば $P_{S1} \rightarrow P_{S2} \rightarrow P_{S3} = 57 \rightarrow 67 \rightarrow 77$ %等)。ⓑ i 番目の荷重ブロックに対し、 P_{Sj} の載荷回数 $n_{i,j} (P_{Sj}) = N_i \cdot P^*(P_{Sj})$ を予め算定しておく。試験は第1 ($i=1$) 荷重ブロックの載荷後、 $i = 2,3, \dots$ と i を増加して行き、 u 番目の荷重ブロック内の第 k 番目の荷重比で破壊する回数 $n_{u,k} (P_{Sk})$ を測定した。

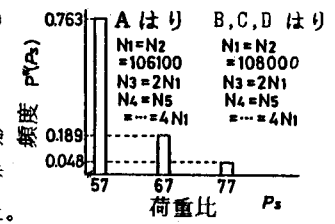


表-1に変動荷重試験に用いた供試体の名称を示す。表中一次載荷はRCはりに疲労損傷を与え、その後に補修(Cはりは休息)を行うための載荷で、荷重ブロック数 ($i=i_0$) を変えることにより損傷度の異なるはりを2種類作製した。これらのはりは、二次載荷において再度上記変動荷重試験を実施して破壊に至らした。

表-1 はりの種類と名称

はりの種類 (略号)	一次載荷の荷重ブロック数 i_0
連続載荷はり (Aはり)	$i_0 = 0$
早期補修はり (Bはり)	$i_0 = 2$ ただし $N1 = N2 = 64000$
休息はり (Cはり)	$i_0 = 4$
損傷補修はり (Dはり)	

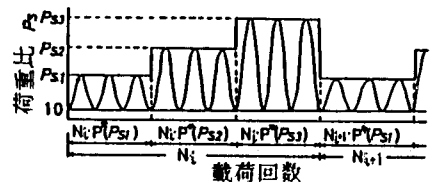


図-2 変動荷重試験の詳細

表-2 変動荷重試験の結果

はりの種類	荷重順序			破壊時	M_0	M
	P_{S1}	P_{S2}	P_{S3}			
Aはり	67	77	57	6/57	1590880	1.25
	67	57	77	8/67	2159800	1.66
	77	67	57	8/57	2497560	1.91
	57	67	77	11/57	3711460	2.68
Bはり	67	77	57	7/77	1423900	1.13
	77	67	57	9/77	1880900	1.52
	57	67	77	10/67	2630100	1.95
	67	57	77	11/67	2752090	2.20
Cはり	67	57	77	8/67	1369700	1.10
	57	67	77	9/57	1800160	1.39
	77	67	57	9/57	1940000	1.61
	67	77	57	11/67	2613200	2.06
Dはり	67	77	57	9/57	2089120	1.56
	77	67	57	10/67	2227800	1.87
	67	77	57	11/57	2881960	2.42
	57	67	77	16/77	5159250	3.98

3. 実験結果と考察

①一定荷重試験 …… 図-3は各荷重比ごとの疲労寿命 (N) と生存確率 ($P=1-r/(L+1)$, r : 供試体総数 L の N を小さい順に並べたときの序数) との関係を対数正規確率紙上にプロットしたもので、図中の回帰式は最小2乗法によって決定したものである。図より、荷重比 (P_S) と $P=50$ % ($t=0$) に対応する平均疲労寿命 (\bar{N}) の関係式として、次式が得られた。

$$P_S = 168.27 - 16.89 \log \bar{N} \dots\dots\dots (1)$$

②変動荷重試験 …… 表-2に変動荷重試験の結果を一括して示す。表中、 u , $\Sigma \Sigma n$ は一次と二次載荷のブロック数および載荷回数の総和で、 M_0, M は次式によって算定したものである。

$$M = M_0 + \sum_{i=1}^u \left\{ \sum_{j=1}^3 (n_{i,j} (P_{Sj}) / \bar{N} (P_{Sj})) \right\} + \sum_{j=1}^3 (n_{i,j} (P_{Sj}) / \bar{N} (P_{Sj})) , M_0 = \sum_{i=1}^u \left\{ \sum_{j=1}^3 (n_{i,j} (P_{Sj}) / \bar{N} (P_{Sj})) \right\} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $\bar{N}(P_{s,j})$ は式(1)に $P_s = P_{s,j}$ を代入して求まる平均疲労寿命である。

図-4に生存確率(P)とMの関係を示す。図より、MとPの間には直線関係が認められ、Mの分布は対数正規分布に従うといえる。このとき、回帰式は式(3)で与えられ、2母数、すなわちMの確率分布特性を与える $\log M$ の平均値 $m(\log M)$ と標準偏差 $V(\log M)$ は式(4)で与えられる。

$$t = A \log N + B \dots\dots\dots (3)$$

$$m(\log M) = -B/A \rightarrow \bar{M} = 10^{-B/A}, \quad V(\log M) = 1/|A| \dots (4)$$

図-5は平均累積繰返し回数比(\bar{M})および $V(\log M)$ を図-4中の直線式より算定し、はりの種類ごとに示したものである。図(A)より、補修を施したはりの \bar{M} は補修を施さないはりのそれと同程度ないしはやや大きな値を、また補修時期については、損傷早期に補修したBはりよりも疲労損傷の大きなDはりの \bar{M} が大きな値を示していることがわかる。図-6は、Dはりの曲げスパン内における一次載荷のひびわれを破線で、補修後の二次載荷のそれを実線で示したもので、はりは太実線位置の主鉄筋の破断で破壊したことを示す。図より、Mの小さなはりは、一次載荷で生じたひびわれが二次載荷で再開し、その位置で破壊している。一方、Mの大きなはりは、一次載荷のひびわれは完全に補修され、二次ひびわれ位置の鉄筋の破断で破壊している。このことより、補修はりのMの確率分布特性は、 \bar{M} の値をやや大きくするものの、ひびわれへの樹脂注入の良否、さらにはひびわれパターンに依存して $V(\log M)$ の値も大きくする特性を有していることがわかる。図-7、8

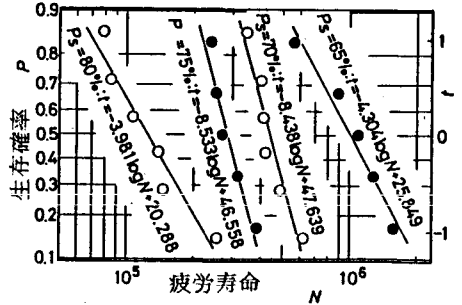


図-3 生存確率と疲労寿命の関係

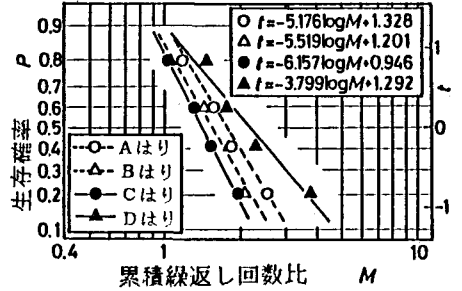
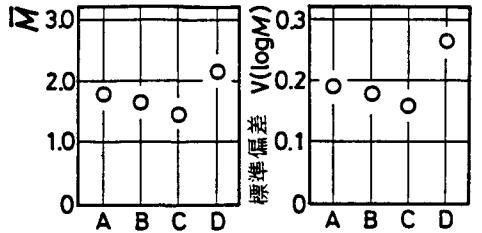


図-4 生存確率と累積繰返し回数比の関係



(A) はりの種類 (B) はりの種類
図-5 各試験条件ごとの \bar{M} , $v(\log M)$

8は休息のみを与えたCはりと同程度ないしはやや大きな値を、また補修時期については、損傷早期に補修したBはりよりも疲労損傷の大きなDはりの \bar{M} が大きな値を示していることがわかる。図-6は、Dはりの曲げスパン内における一次載荷のひびわれを破線で、補修後の二次載荷のそれを実線で示したもので、はりは太実線位置の主鉄筋の破断で破壊したことを示す。図より、Mの小さなはりは、一次載荷で生じたひびわれが二次載荷で再開し、その位置で破壊している。一方、Mの大きなはりは、一次載荷のひびわれは完全に補修され、二次ひびわれ位置の鉄筋の破断で破壊している。このことより、補修はりのMの確率分布特性は、 \bar{M} の値をやや大きくするものの、ひびわれへの樹脂注入の良否、さらにはひびわれパターンに依存して $V(\log M)$ の値も大きくする特性を有していることがわかる。図-7、8

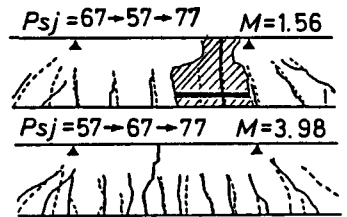


図-6 ひびわれパターン (Dはり)

は休息のみを与えたCはりと同程度ないしはやや大きな値を、また補修時期については、損傷早期に補修したBはりよりも疲労損傷の大きなDはりの \bar{M} が大きな値を示していることがわかる。図-6は、Dはりの曲げスパン内における一次載荷のひびわれを破線で、補修後の二次載荷のそれを実線で示したもので、はりは太実線位置の主鉄筋の破断で破壊したことを示す。図より、Mの小さなはりは、一次載荷で生じたひびわれが二次載荷で再開し、その位置で破壊している。一方、Mの大きなはりは、一次載荷のひびわれは完全に補修され、二次ひびわれ位置の鉄筋の破断で破壊している。このことより、補修はりのMの確率分布特性は、 \bar{M} の値をやや大きくするものの、ひびわれへの樹脂注入の良否、さらにはひびわれパターンに依存して $V(\log M)$ の値も大きくする特性を有していることがわかる。図-7、8

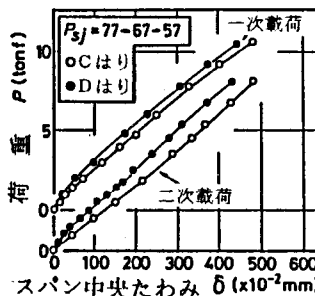


図-7 荷重～たわみ関係

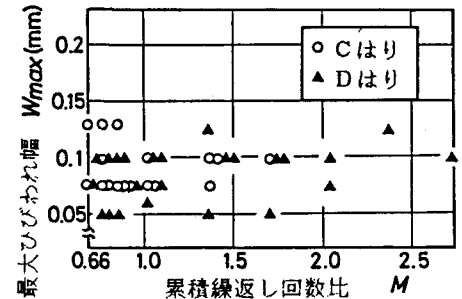


図-8 最大荷重比における最大ひびわれ幅とMとの関係

本研究は、筆者の一人を研究代表者とする文部省科学研究費(総合A)、奨励(A)で行った研究の一部であることを明記し、謝意を表す。