

膨張によって損傷を受けたRCはりの力学性状

鳥取大学大学院 学生会員○里田晴穂 鳥取大学 正会員 井上正一
鳥取大学 正会員 黒田 保 鳥取大学 正会員 吉野 公

1. はじめに

アルカリ骨材反応によって損傷したRCはりの力学性状を把握するために、ここでは、膨張材を使用することによってひび割れを誘発させたRCはりを用い、せん断補強をCFシートのみ、あるいはCFシートとスターラップとの併用によって行ったRCはりの静的挙動および損傷はり疲労性状について述べる。

2. 実験概要

実験要因を表-1に、RCはりの断面形状と載荷位置を図-1に示す。主鉄筋はSD345で、静的試験には2D25を、疲労試験には2D19を使用した。使用材料の物理的性質を表-2～4に示す。なお、損傷はりは、膨張材をセメント量の内割で25%添加して膨張させたもので、載荷試験時には、はりは、全体に細かいひび割れが生じており、単鉄筋であるために上方向にややそりが認められる程度まで損傷している。疲労試験は載荷速度5Hz、荷重と時間との関係には正弦波形を採用し、上限荷重比は各はりの静的終局耐力 P_u との比で数水準を選定し、下限荷重比は P_u の10%と一定に固定して行った。

3. 実験結果および考察

3.1 静的試験

(1) 斜めひび割れ耐力、最大耐力

本研究においては、健全はりは、曲げ耐力がせん断耐力を上回るように、すなわち、せん断破壊するように設計した(表-5参照)。表-5には斜めひび割れ発生荷重の実験値と二羽式による計算値も示す。実験値と計算値の比はほぼ1となっており、損傷の有無によらず、斜めひび割れ耐力は二羽式によって概ね予測できる。また、破壊様式と最大耐力の実験値と計算値の比も示しているが、この場合の計算値は破壊様式に対応する値を用いて算出している。実験値/計算値の比は、損傷はりにおいてより大きな値になっているが、これ

表-1 実験要因

試験の種類	供試体番号 ¹⁾	はりの種類	せん断補強 (スターラップ)	せん断補強 (CFシート)
静的試験	S-W0-CF0	健全はり	—	—
	S-W3-CF0		D6@165mm	—
	S-W5-CF0		D6@100mm	—
	E-W0-CF0	損傷はり	—	—
	E-W0-CF1/2		—	1/2ゼブラ ²⁾
	E-W3-CF1/5		D6@165mm	1/5ゼブラ ²⁾
疲労試験	E-W5-CF1/5	—	D6@100mm	1/5ゼブラ ²⁾
	FS	健全はり	φ9@100mm	—
	FS	損傷はり	φ9@100mm	—

1) 供試体番号のSは健全はりを、Eは損傷はりを、Wはスターラップの本数を、CFはCFシート貼付け方法を示す。2) 1/2 (1/5) ゼブラとは、せん断スパン50cmに対して50×1/2 (1/5) にCFシートを切断し、それを5等分してせん断スパン内5箇所にゼブラ状に貼り付けたことを示している。

表-2 CFシートの物理的性質

目付け量 (g/m ²)	設計厚 さ(mm)	引張強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
201	0.111	4260	248

表-3 鉄筋の物理的性質

鉄筋径 (mm)	降伏強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
D25	378	200
D19	382	
D6	426	

表-4 コンクリートの物理的性質

コンクリートの種類	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
健全(静的試験)	42.1	34.3
損傷(静的試験)	20.4	20.4
健全(疲労試験)	44.8	36.6
損傷(疲労試験)	21.3	20.4

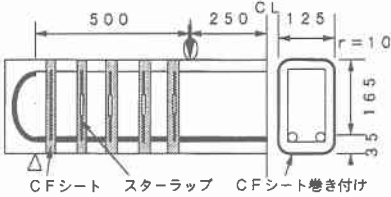


図-1 はりの断面形状寸法 (mm)

表-5 静的試験実験結果

はりの種類	斜めひび割れ発生荷重		実験値	最大耐力			実験値	破壊形式
	実験値	計算値	計算値	実験値	計算値		計算値	
					1)	2)		
S-R0-CF0	87.0	92.7	0.93	94.7	92.7	194.8	1.02	せん断破壊
S-R3-CF0	85.1	92.7	0.92	142.0	138.8	194.8	1.02	せん断破壊
S-R5-CF0	88.6	92.7	0.96	186.7	168.8	194.8	0.96	曲げ破壊
E-R0-CF0	66.8	72.7	0.92	101.0	72.7	116.0	1.39	せん断破壊
E-R0-CF1/2	77.3	72.7	1.06	121.8	198.7	116.0	1.05	曲げ破壊
E-R3-CF1/5	68.4	72.7	0.94	150.5	169.1	116.0	1.30	曲げ破壊
E-R5-CF1/5	81.9	72.7	1.13	138.8	198.9	116.0		定着破壊

1) コンクリート、スターラップ、およびCFシートの分担せん断力の和で表わされるせん断耐力で、それぞれ二羽式、45°トラス理論を用い、スターラップ降伏、CFシート破壊するとして求めた値。
2) 土木学会示方書における矩形応力ブロックを用い、種々の係数を1として算出した曲げ耐力。

は、損傷を受けたはりの破壊形式が曲げ破壊に移行したことが一因している。なお、載荷時におけるはりの平均、最大のひび割れ間隔は、ともに損傷はりの方がやや大きかった。

(2) 荷重～スパン中央たわみ関係 図-2 に、荷重～たわみ関係を示す。低荷重域においては、損傷はりのコンクリートの弾性係数が健全体よりも小さいため、損傷はりのたわみは健全体のそれよりも大きく、また、最大荷重作用時および荷重降下域におけるたわみも損傷はりの破壊形式がせん断破壊から曲げ破壊に移行するために、損傷はりの方がたわみが大きくなっている。

(3) 分担せん断力 図-3 分担せん断力と作用せん断力との関係の一例 (E-W3-CF1/5) を示す。図中の V_c 、 V_w 、 V_{cf} は、それぞれ、コンクリート、スターラップ、および CF シートによる分担せん断力で、 V_w 、 V_{cf} はスターラップ、および CF シートの計測ひずみをもとに 45° トラス理論を用いて算出したもので、 V_c は作用せん断力から ($V_c + V_{cf}$) を差し引いたものである。スターラップと CF シートは、斜めひび割れ発生後からせん断力を分担し始めるが、特に CF シートの分担せん断力は作用せん断力がある程度増加した時点から増加する。なお、最大耐力後は、作用せん断力に占める V_{cf} と V_w の割合が増加し、コンクリートが受け持つ分担

せん断力 V_c が低下するが、このような傾向は健全はりよりも損傷はりにおいてより顕著に現われた。

3.2 疲労試験

図-4、5 に、上限荷重比ないしは上限荷重そのものの値と RC はりの疲労寿命との関係を示す。なお、はりは静的には曲げで破壊しその終局耐力は、健全はりで 134.2kN、損傷はりで 112.0kN である。疲労破壊様式は、損傷はりで上限荷重比 73% で試験した 1 体が支点外側のフック部分で定着破壊したことを除けば、他のはりは全て主鉄筋破断型の曲げ破壊であった。図-4 より、損傷 RC はりの疲労強度は、各はりの静的耐力を基準に採った荷重比で評価すれば、健全はりのそれよりも大きいといえる。一方、図-5 より、同一上限荷重作用時の RC はりの疲労寿命は、損傷を受けることによって健全なものよりもかなり短くなっていることがわかる。

4. まとめ

膨張によって損傷を受けたはりは、静的荷重下における耐力は低下するものの、曲げ破壊になりやすく、また終局変形量も大きくなる。しかしながら、繰り返し荷重下においては、上限荷重が同一の場合損傷を受けることによってはりの疲労寿命は低下するなどのことが明らかになった。

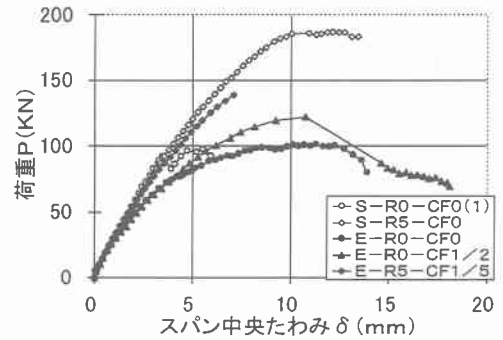


図-2 荷重～スパン中央たわみ関係

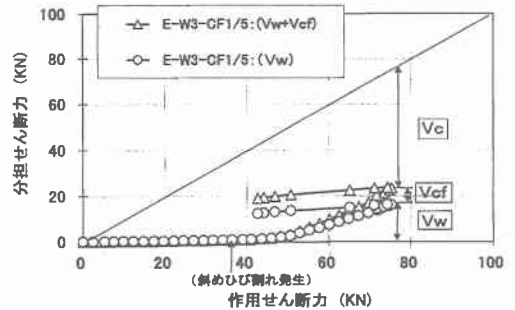


図-3 分担せん断力～作用せん断力関係

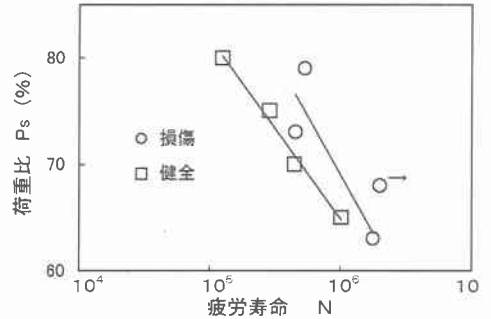


図-4 上限荷重-疲労寿命関係

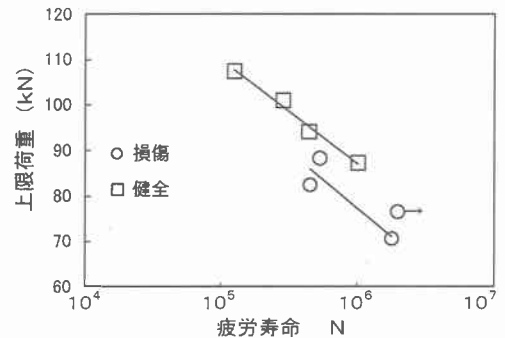


図-5 上限荷重～疲労寿命関係