

# 鉄筋コンクリートばりのせん断疲労に関する研究

加賀美 一二三\*・三浦 正 昭\*\*

平野 寛\*\*・有富 範 伊\*\*

## Study of Shear Fatigue of Reinforced Concrete Beams

Hifumi KAGAMI, Masaaki MIURA,

Yutaka HIRANO and Noriyoshi ARITOMI

### Abstract

This investigation, involving the testing specimens—each 6 specimens for steel and deformed steel bar under reinforced concrete beams—subjected to 2 concentrated loads in the state of  $a/d=1$  is to research for shear fatigue limits of reinforced concrete beams under repeated load.

The authors have experimented for three years and finished the most of the investigation. They studied the mechanism of failure of reinforced concrete beams by the variations of strain and deflection, the state of cracks, failure load, and break down load, and described that the judicatory standards by  $a/d$  of the failed boundary may be applied to reinforced concrete beams under repeated load as well as static load.

Additionaly they described that the calculated values by the theoretical equations of deflection, bending moment and shearing force agree well in the values of experiment.

Then, they defined that shear fatigue limits of steel and deformed steel bar under reinforced concrete beams are approximately 45 percent for static failure load by these investigations and N-S curve.

### 1. 緒 言

現在、鉄筋コンクリートばりの曲げ疲労に関する研究はかなり行なわれ、その疲労限も50%程度と報告<sup>1)</sup>されているが、せん断疲労に関する研究は、まだ、その途上にあるのが現況である。著者らは、3年間にわたってその研究を行ない、2、3の補足実験を残して、ほぼ終了したものである。その実験研究の経過は、第一報として、土木学会論文集、第137号に投稿し、第二報としては、昭和42年度の土木学会中国四国支部の学術講演会で発表したとおりである。今回の実験も、せん断破壊が顕著に現われると考えられる  $a/d$  ( $a$ はせん断スパン、 $d$ ははりの有効高さ)が1に近い二点負荷とし、丸鋼低鉄筋コンクリートばり (Steel bar under reinforced concrete beam, URC steel bar beam)、異形低鉄筋コンクリートばり (Deformed steel bar under reinforced concrete beam, URC

deformed steel bar beam)、各6供試体、計12供試体を造形し、スパン120cm、強制力の振動周期 rpm 200で、最低荷重は、1tとし、最高荷重は、先行して行なつた静的試験の破壊荷重を基として決定し、疲労試験を実施した。また、丸鋼および異形低鉄筋コンクリートばりについては、検討中であるので、後ほど報告する予定である。本研究において、鉄筋コンクリートばりのせん断疲労限は、N-S関係より、くり返し回数100万回において、丸鋼および異形低鉄筋コンクリートばりとも、静的破壊荷重の45%程度と認められ、さらに、ひずみの変化も、荷重段階が  $0.45P_u$  程度で安定し、これを立証している。また、たわみ、ひずみ、ひびわれおよび破壊、破断荷重より鉄筋コンクリートばりの破壊機構を考究し、 $a/d$ および破壊曲げモーメント  $M_u$  による破壊様相の判定をなし、さらに、はりの運動方程式よりすでに誘導している動的挙動下におけるたわみ、曲げモーメントおよびせん断力の理論値を計算し照査したものである。

\* 土木工学教室

\*\* 大学院工学研究科土木工学専攻

## 2. 実 験

### 2.1 実験供試体

セメントは、普通ポルトランドセメントを用い、骨材は、碎石粗骨材と一般砂にて、 $\sigma_{ck}=150\text{kg/cm}^2$ で、供試体コンクリートの示方配合は、Table 1のとおり

である。

鉄筋は、普通丸鋼は公称径13mm、異形丸鋼は公称径12.7mmのもので、降伏点応力度は、各々2995kg/cm<sup>2</sup>、3740kg/cm<sup>2</sup>である。はり供試体の寸法および配筋図は、Fig. 1のとおりである。

Table 1 Designed mixture of concrete

Max. size of coarse aggregate mm	Slump cm	Air %	W kg	C kg	w/c %	s/a %	S kg	G kg
20	3 ± 1	2	185	223	83	43	791	1102

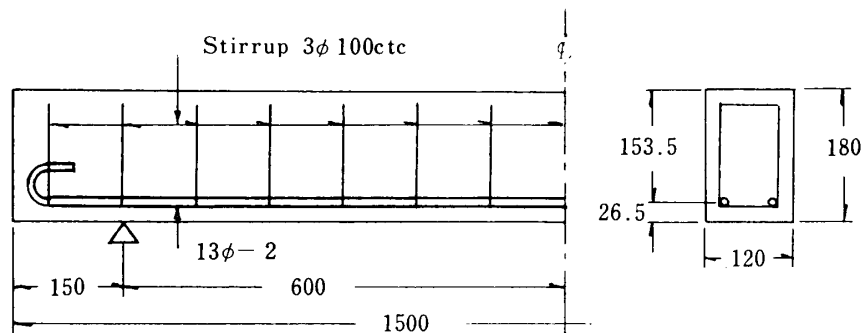


Fig. 1 Details of URC steel bar beam

はり供試体の型わくは、底面、側面とも鋼板とし、コンクリート打込み後、外部振動機によつて2ヶ所、5～6秒の振動を与え締め固めた。また、各供試体ばりごとに、圧縮試験用として3個の円筒供試体を作成

した。養生は、4週間の水中養生の後、試験前2週間を空中養生とした。

### 2.2 測定方法

Photo. 1のごとき疲労試験機を用い、ひずみは、増

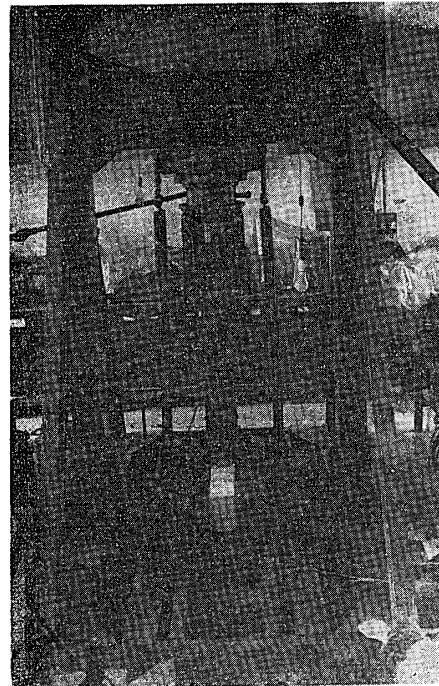
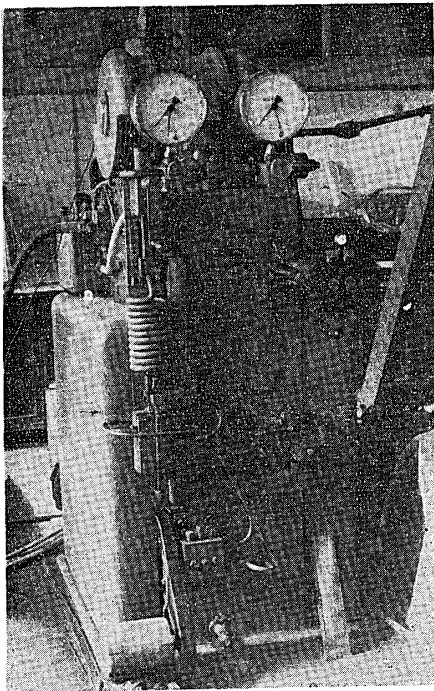


Photo. 1 Experimental apparatus

幅器を通し、ペン書きオシログラフに記録測定した。はりスパン中央のたわみは、静的試験ではダイヤルゲージにより、疲労試験では、鋼製スケールにより測定した。

ひずみ測定のためのペーパーストレインゲージの位置は、Fig. 2のように、はり両側面に接着し、平均値をとって、その断面のひずみとした。

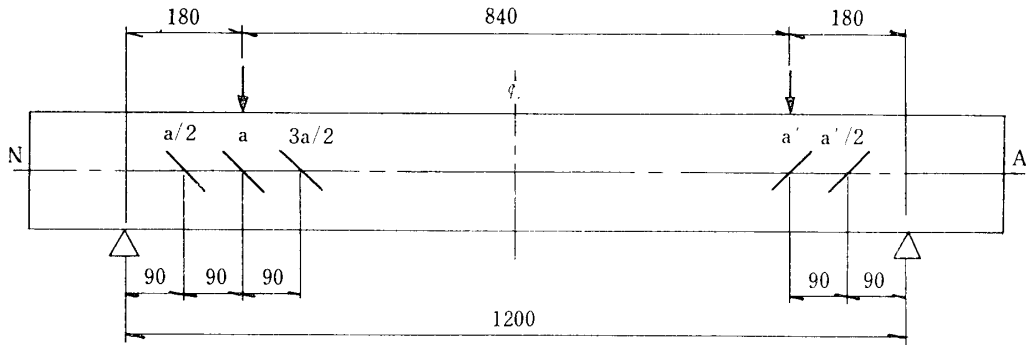


Fig. 2 Positions of paper strain gauges and loading manner

### 2.3 実験方法

強制力の振動周期 rpm 200のくり返し荷重を載荷し最低荷重は、1 t、最高荷重は、先行して行なった静的試験の破壊荷重  $P_u$  を基として、Table 2 に示す荷重段階とし疲労試験を実施した。また、くり返し荷重載荷中にせん断破壊を生じたはりは、ただちに荷重を上昇して破断せしめ、破壊を生じないはりは、100

万回のくり返し荷重載荷後、同様に動的に破断せしめた。

### 3. 測定結果

#### 3.1 供試体用コンクリートの圧縮強度

はり供試体コンクリートの圧縮強度を示すと、Table 3 のとおりである。

#### 3.2 はり供試体の破壊荷重および破断荷重

各はり供試体の破壊荷重と破断荷重を示すと、Table 4 のとおりである。

#### 3.3 たわみの測定結果

異形低鉄筋コンクリートばりのスパン中央のたわみの測定結果として、静的試験の場合と疲労試験における荷重段階が  $0.435P_u$  の場合とを示すと、Fig. 3, 4 のとおりである。なお、丸鋼低鉄筋コンクリートばりのたわみは、たわみ測定器不良のため測定できなかった。

#### 3.4 ひずみの測定結果

ひずみの測定結果の一例を示すと、Fig. 5, a, b, c, Fig. 6 のとおりであり、他のはりにおいても、ほぼ同様な傾向が認められた。

Table 2 Load level and maximum load in the fatigue test

Kind of beams		Load level (t)	Max. load (t)
URC steel bar beam	S	$P_u = 11.0t$	
	1	0.80 $P_u$	8.8
	2	0.66 $P_u$	7.3
	3	0.57 $P_u$	6.3
	4	0.50 $P_u$	5.5
URC deformed steel bar beam	S	$P_u = 10.0t$	
	1	0.75 $P_u$	7.5
	2	0.65 $P_u$	6.5
	3	0.485 $P_u$	4.85
	4	0.45 $P_u$	4.5
5	0.75 $P_u$	7.5	

Table 3  $\sigma_{cy}$  for concrete specimens

Kind of beams	URC steel bar beams					URC deformed steel bar beam						
	s	1	2	3	4	5	S	1	2	3	4	5
$\sigma_{cy}$ , kg/cm <sup>2</sup>	163	172	169	160	161	186	176	175	166	159	170	174

Table 4 Failure load and break down load

Kind of beams	Load level	Repeating number	Load of first diagonal crack (t)	Failure load (t)	Break down load (t)
URC steel bar beam	static test	S	—	5.6	11.0
	0.80 $P_u$	1	0	6.0	8.8
	0.66 $P_u$	2	$2.4 \times 10^4$	7.2	7.3
	0.57 $P_u$	3	$100 \times 10^4$	5.5	8.1
	0.50 $P_u$	4	$42 \times 10^4$	5.0	10.0
	0.44 $P_u$	5	$100 \times 10^4$	8.8	9.5
URC deformed steel bar beam	static test	S	—	7.0	10.0
	0.75 $P_u$	1	1,100	6.5	7.5
	0.65 $P_u$	2	8,200	5.0	6.5
	0.45 $P_u$	3	$100 \times 10^4$	4.85	8.3
	0.45 $P_u$	4	$65 \times 10^4$	7.3	9.8
	0.75 $P_u$	5	$8.8 \times 10^4$	6.3	8.8

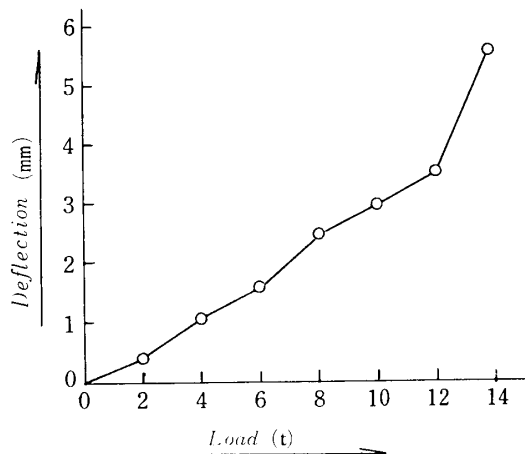


Fig. 3 Load-deflection of URC deformed steel bar beam in static test

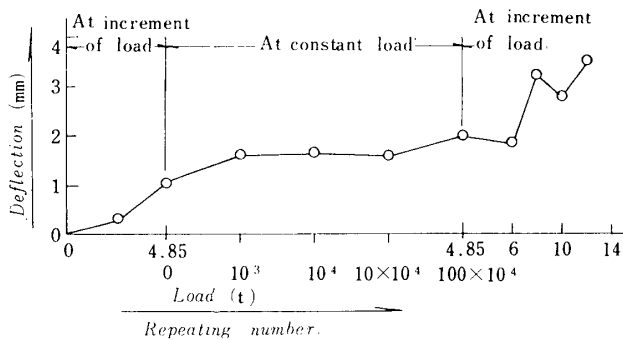


Fig. 4 Load-deflection of URC deformed steel bar beam in fatigue test

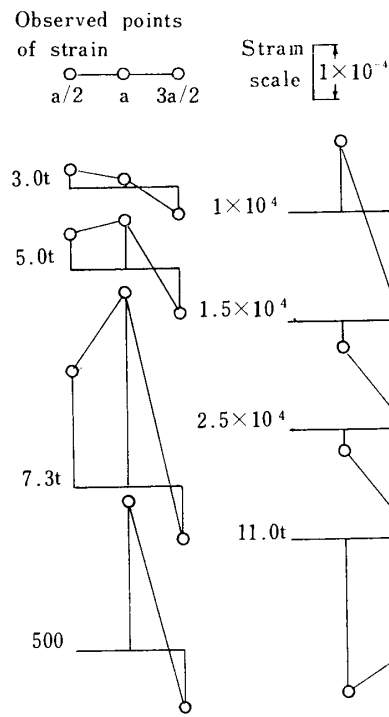


Fig. 5,a Strains of URC steel bar beam in fatigue test, 0.66Pu

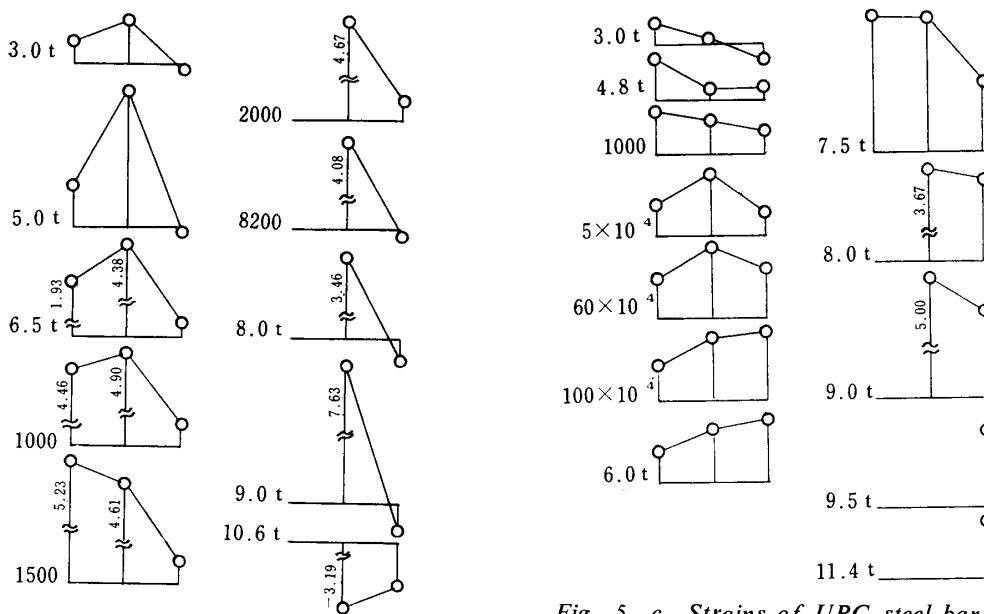


Fig. 5, b Strains of URC deformed steel bar beam in fatigue test, 0.65Pu

Fig. 5, c Strains of URC steel bar beam in fatigue test, 0.44Pu

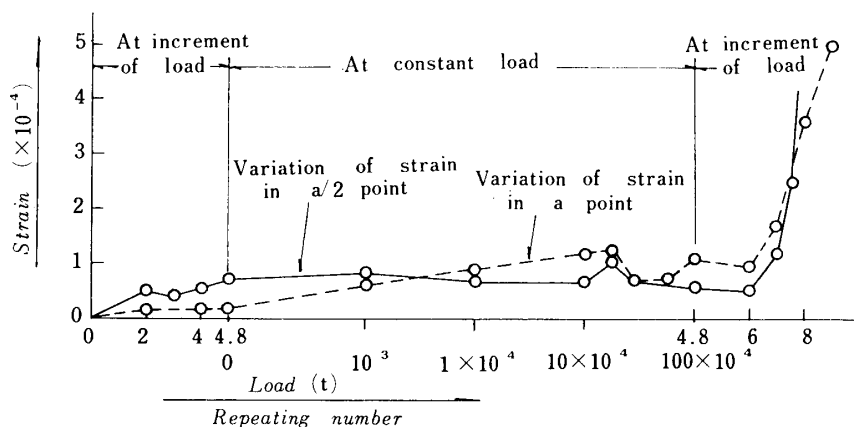
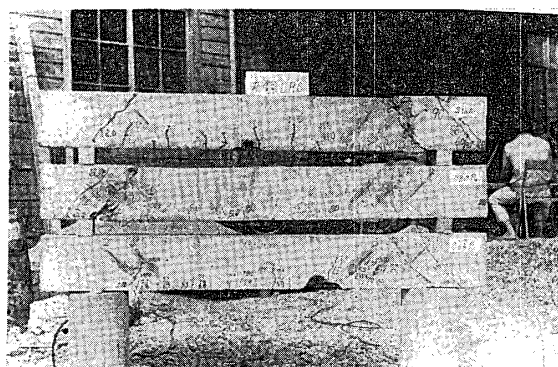


Fig. 6 Variation of strains in  $a/2$  and  $a$  point of URC steel bar beam in fatigue test, 0.44Pu

### 3.5 はり供試体のひびわれ状況

本実験におけるはりのひびわれ状況は、丸鋼低鉄筋

コンクリートばりは Photo. 2, a, b, 異形低鉄筋コンクリートばりは Photo. 3, a, b のとおりである。



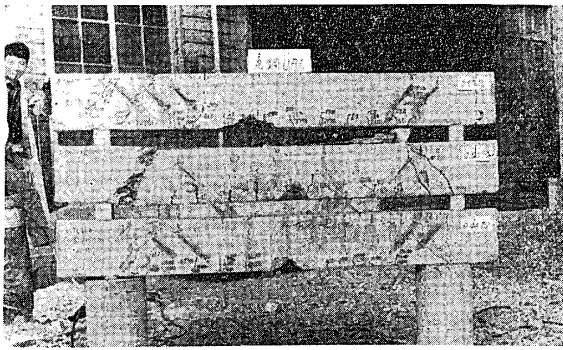


Photo. 2,a Left side cracks of URC steel bar beam

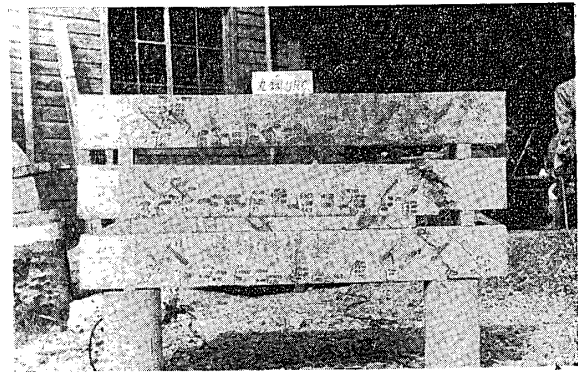


Photo. 2,b Right side cracks of URC steel bar beam

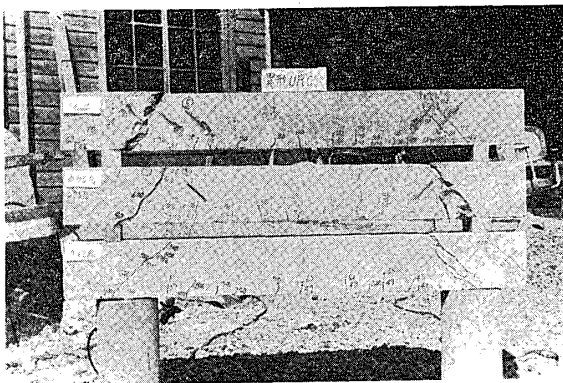


Photo. 3,a Left side cracks of URC deformed steel bar beam

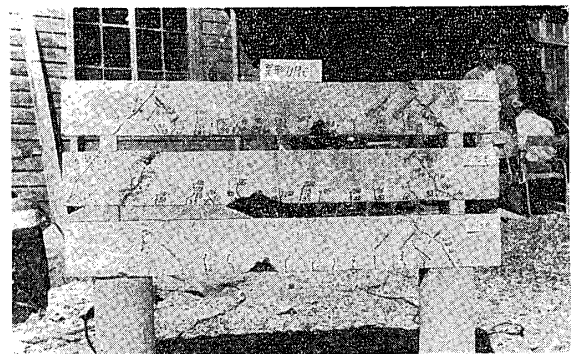


Photo. 3,b Right side cracks of URC deformed steel bar beam

#### 4. 実験結果の考察

##### 4.1 $a/d$ による鉄筋コンクリートばりの破壊様相の判定のくり返し荷重載荷の場合への適用についての考察

静荷重載荷の場合に適用された  $a/d$  による鉄筋コンクリートばりの破壊様相の判定の理論式<sup>2)</sup>を本疲労試験の場合に適用すると、Table 5 のようになる。表中、S-F:せん断破壊とする。

Table 5 からわかるように、鉄筋コンクリートばりの  $a/d$  による破壊様相の判定は、静荷重載荷の場合と

同様にくり返し荷重載荷の場合にも適用できる。本実験では判定はすべてせん断破壊を示し、実際の破壊状態もせん断破壊であり、完全に一致した。

##### 4.2 破壊曲げモーメント $M_u$ による破壊様相の判定

鉄筋コンクリートばりの破壊曲げモーメント式<sup>3)</sup>は、

$$M_u = \mu k \sigma_{cy} (1 - \nu k) b d^2$$

式中、 $\mu = 0.834$ ,  $\nu = 0.454$

本実験における荷重状態 (Fig 2 参照) から、最大曲げモーメントを求めると、

Table 5 Judgement of mode of failure by  $a/d$ 

Kind of beams	$P$ (%)	$k$	$a/d$ (Theoretical)	$d$ (cm)	$a/d$ (Experiment)	Judgement	Mode of failure (Experiment)	
URC steel bar beam	S	1.4	0.300	1.70~2.54	15.35	1.17	S-F	S-F
	1	1.4	0.293	1.66~2.44	15.63	1.15	S-F	S-F
	2	1.4	0.297	1.68~2.48	15.25	1.18	S-F	S-F
	3	1.4	0.314	1.77~2.62	15.65	1.15	S-F	S-F
	4	1.5	0.312	1.76~2.60	15.05	1.20	S-F	S-F
	5	1.4	0.270	1.53~2.25	15.55	1.16	S-F	S-F
URC deformed steel bar beam	S	1.4	0.353	2.02~2.96	15.35	1.17	S-F	S-F
	1	1.4	0.359	2.03~2.99	15.35	1.17	S-F	S-F
	2	1.4	0.378	2.14~3.15	15.25	1.18	S-F	S-F
	3	1.4	0.394	2.23~3.29	15.25	1.18	S-F	S-F
	4	1.4	0.369	2.08~3.08	15.45	1.17	S-F	S-F
	5	1.4	0.361	2.04~3.01	15.25	1.18	S-F	S-F

$$M=18P/2=9P$$

破断時において、 $M_u=M_o=9P_o$   $P_o$ : 理論破断荷重 したがって、 $P_o=1/9 \times M_u=0.11M_u$

$P$ を実際の破断荷重とすると

$$\begin{cases} P < P_o \text{ の場合} \cdots \cdots \text{せん断破壊 (S-F)} \\ P = P_o \text{ の場合} \cdots \cdots \text{せん断曲げ破壊 (S-B-F) または曲げせん断破壊 (B-S-F)} \\ P > P_o \text{ の場合} \cdots \cdots \text{曲げ破壊 (B-F)} \end{cases}$$

その計算結果を示すと、Table 6 のようになる。

異形低鉄筋コンクリートばりでは、せん断破壊を示し、実際の破壊状態と、ほぼ一致したが、丸鋼低鉄筋コンクリートばりは、せん断曲げ破壊の傾向となるものと考えられる。

Table 6 Judgement of mode of failure by  $M_u$ 

Kind of beams	$M_u$ (t·m)	$P_o$ (t)	$P$ (t)	Judgement	Mode of failure (Experiment)	
URC steel bar beam	S	1.027	11.41	13.4	B-F	S-F
	1	1.071	11.90	11.0	S-B-F	S-F
	2	1.010	11.22	11.0	S-B-F	S-F
	3	1.055	11.72	10.8	S-B-F	S-F
	4	0.977	10.85	11.4	B-S-F	S-F
	5	1.065	11.83	11.4	S-B-F	S-F
URC deformed steel bar beam	S	1.240	13.78	13.9	B-S-F	S-F
	1	1.239	13.77	11.1	S-F	S-F
	2	1.208	13.42	10.6	S-F	S-F
	3	1.196	13.29	10.1	S-F	S-F
	4	1.247	13.85	11.7	S-F	S-F
	5	1.211	13.57	9.8	S-F	S-F

### 4.3 ひびわれに関する考察

#### 4.3.1 ひびわれの分布様相

曲げひびわれの間隔は、異形低鉄筋コンクリートばりでは、ほぼ等間隔に生じ、ひびわれ長は、異形鉄筋による付着力の影響で異形低鉄筋コンクリートばり

が、丸鋼低鉄筋コンクリートばりよりも短い。またひびわれ長の大きい曲げひびわれが、スパン中央よりも支点近くに生ずる傾向が認められた。これは、斜引張ひびわれの発生により、ひずみの再分配が生じ、ひずみ分布が曲げモーメントに比例した分布とはなら

ず、支点寄りに大きなひずみを生じるためだと考えられる。

4.3.2 初期斜引張りひびわれに関する考察

初期斜引張りひびわれの発生荷重は、かなりのばらつきを示すが、一般的傾向として、 $0.45P_u$  程度以下の荷重では、斜引張りひびわれは発生しないようである。また、その発生位置は、大体、中立軸以下のコンクリート引張り部にある。

4.3.3 斜引張りひびわれに関する考察

丸鋼、異形低鉄筋コンクリートばりともに、Double shear crack を生じ、後者において、顕著に現われた。これは、前者に比して後者は、異形鉄筋により付着力が大きく、はりとして安定であるから、斜引張り応力度  $\sigma_1$  の影響が、均一に幅広く現われ、くり返し荷重の影響により逐次、Peeling away action によつて、いわゆる Double shear crack の現象を生じるものと考えられる。

4.4 ひずみに関する考察

4.4.1 最大ひずみの誘起点についての考察

斜引張りひびわれの発生によつて、大部分のはりにおいて、せん断スパンの中央にあたる  $a/2$  の位置に最大ひずみが生じるが、くり返し荷重載荷の動的挙動下においては、Double shear 区間、すなわち、 $a/2$  と  $a$  との間に交互に生じる傾向が認められた。これは、くり返し荷重の影響により、せん断応力の再分配が行なわれるためと考えられる。

4.4.2 動的挙動下（最高荷重一定）におけるひずみの変化についての考察

一定荷重載荷の動的挙動下におけるひずみの変化は

Table 7 Comparison of failure load and break down load

Kind of beams			Failure load in fatigue test	Break down load in fatigue test
			Failure load in static test	Break down load in static test
URC steel bar beam	$0.80 P_u$	1	0.80	0.82
	$0.66 P_u$	2	0.66	0.82
	$0.57 P_u$	3	0.74	0.81
	$0.50 P_u$	4	0.91	0.85
	$0.44 P_u$	5	0.86	0.85
URC deformed steel bar beam	$0.75 P_u$	1	0.75	0.86
	$0.65 P_u$	2	0.65	0.76
	$0.485 P_u$	3	0.83	0.73
	$0.45 P_u$	4	0.98	0.84
	0.75	5	0.88	0.71

荷重段階が、 $0.50P_u$  程度以上では著しく、 $0.45P_u$  程度の荷重段階では、わずかの変化は認められるが、ほぼ安定している。したがつて、この点から鉄筋コンクリートばりのせん断疲労限は、 $0.45P_u$  程度と考えられる。

4.5 破壊荷重および破断荷重に関する考察

Table 4 より、静的破壊荷重および静的破断荷重に対する疲労試験における破壊荷重および破断荷重の比をとると、Table 7 のようになる。

4.5.1 破壊荷重に関する考察

Table 7 からわかるように、疲労試験における破壊荷重は、静的破壊荷重にくらべてすべて低下し、荷重段階が、 $0.65P_u$  程度で最も低下するような傾向が認められた。これは、 $0.65P_u$  程度以上の高い荷重段階では、くり返し荷重による疲労の影響が大きく、それ以下  $0.45P_u$  の低い荷重段階では、くり返し荷重によるはり供試体のひずみ効果などの要因が加わつて、破壊時の強度の低下が小さくなるものと考えられる。

4.5.2 破断荷重に関する考察

破断荷重に関しても、破壊荷重と同様に、静的破断荷重に対して、疲労試験における破断荷重は、荷重段階のいかんにかかわらず、ほぼ同程度の低下をきたす。わずかに、丸鋼低鉄筋コンクリートばりが異形低鉄筋コンクリートばりよりも低下が小さいようであるが、これは、前者においては、くり返し荷重によるひずみ効果の影響によつて、はりとしての強度が強まるのに対して、後者は、異形鉄筋のふしによる応力集中のために、強度の低下をきたすものと考えられる。

4.6 N-S 曲線に関する考察

Table 4 を基にして、縦軸に破壊荷重比  $S$ 、横軸にくり返し回数比  $N$  をとつて、最小自乗法を適用して、 $N-S$  曲線を求めると、丸鋼、異形低鉄筋コンクリートばりとも、次式のようなになる。

$$S = 1.00 - 0.54 \log N$$

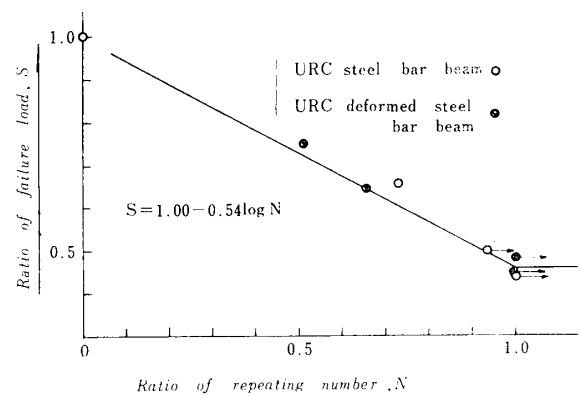


Fig. 7 N-S curve



図示すると、Fig. 7 のようになる。図からわかるように、くり返し回数 100 万回において、破壊荷重比の値が 0.46 であるから、鉄筋コンクリートばりのせん断疲労限界は、丸鋼、異形低鉄筋コンクリートばりとも、 $0.45P_u$  程度と考えられる。これは、ひずみの変化から求めた疲労限と一致する。

5. 動的理論値と実験結果の照査

既発表<sup>4)</sup>の鉄筋コンクリートばりの動的挙動下におけるたわみ値、曲げモーメント値、せん断力値の理論式を示すと、(a)、(b)、(c) 式のとおりである。

$$U_d = \frac{0.0209l^3}{EI} P_0 + \frac{0.0206l^3}{EA} P_0 \left\{ \frac{1}{r^2 - \omega^2/P_1^2} \right.$$

$$\left. + \frac{0.0123}{r^2 - \omega^2/P_3^2} + \frac{0.00160}{r^2 - \omega^2/P_5^2} + \frac{0.000416}{r^2 - \omega^2/P_7^2} \right\} \quad (a)$$

$$M_{da} = 6.5P_0 + 12.2P_0' r^2 \left\{ \frac{0.206}{r^2 - \omega^2/P_1^2} + \frac{0.164}{r^2 - \omega^2/P_2^2} \right.$$

$$\left. + \frac{0.108}{r^2 - \omega^2/P_3^2} + \frac{0.0565}{r^2 - \omega^2/P_4^2} \right\} \quad (b)$$

$$S_{da} = 0.396P_0 + 0.319P_0' r^2 \left\{ \frac{0.809}{r^2 - \omega^2/P_1^2} \right.$$

$$\left. + \frac{0.476}{r^2 - \omega^2/P_2^2} + \frac{0.103}{r^2 - \omega^2/P_3^2} - \frac{0.147}{r^2 - \omega^2/P_4^2} \right\} \quad (c)$$

(a)、(b)、(c) 式より計算した動的たわみ値  $U_d$ 、曲げモーメント値  $M_{da}$ 、せん断力値  $S_{da}$  を示すと、Table 8、9 のとおりである。

Table 8 Calculated values of  $U_d$

Kind of beams	Load and repeating number	Deflection, $U_d$ (Theoretical) (cm)	Deflection, $U_o$ (Experiment) (cm)	$U_d/U_o$
URC steel bar beam	1 8.0t	0.214	—	—
	2 1000	0.269	—	—
	3 $40 \times 10^4$	0.200	—	—
	4 $7 \times 10^4$	0.188	—	—
	5 $4.8 \times 10^4$	0.105	—	—
URC deformed steel bar beam	1 700	0.292	0.210	1.390
	2 7.0t	0.212	0.250	0.848
	3 $35 \times 10^4$	0.155	0.174	0.891
	4 $2 \times 10^4$	0.095	0.080	1.188
	5 $4 \times 10^4$	0.252	0.280	0.893

Table 9 Calculated values of  $M_{da}$  and  $S_{da}$

Kind of beams	Load and repeating number	$M_{da}$ (kg·cm)	$M_{sta}$ (kg·cm)	$M_{da}/M_{sta}$	$S_{da}$ (kg)	$S_{sta}$ (kg)	$S_{da}/S_{sta}$
URO steel bar beam	1 6.0t	41,985	54,000	0.78	2,671	3,000	0.89
	2 6000	50,891	65,700	0.77	3,234	3,650	0.89
	3 $1 \times 10^4$	43,953	56,700	0.78	2,786	3,150	0.89
	4 $5 \times 10^4$	38,568	49,500	0.78	2,449	2,750	0.89
	5 $100 \times 10^4$	33,845	43,200	0.78	2,069	2,400	0.86
URC deformed steel bar beam	1 7.0t	49,747	63,000	0.79	3,187	3,500	0.91
	2 1800	45,793	58,500	0.78	2,925	3,250	0.90
	3 100	34,084	43,650	0.78	2,173	2,425	0.90
	4 $10 \times 10^4$	31,420	40,500	0.78	1,996	2,250	0.89
	5 5.0t	35,320	45,000	0.78	2,255	2,500	0.90

Table 8 からわかるように、異形低鉄筋コンクリートばりの動的たわみの理論値は、実測値とほぼ一致する。丸鋼低鉄筋コンクリートばりについては、計器不

良のため測定できなかつた。また、動的曲げモーメント、せん断力の理論値は、Table 9 のように、同荷重載荷の場合の静的曲げモーメント  $M_{sta}$ 、せん断力

$S_{sta}$ より各々20%, 10%程度小さくなる結果を得た。

## 6. 結 言

本実験研究の結果えられた要項は、つぎのとおりである。

(1) 静荷重載荷時における $a/d$ による鉄筋コンクリートばりの破壊様相の判定の理論は、動的荷重載荷時における鉄筋コンクリートばりの破壊機構にも適用できる。また、破壊曲げモーメント $M_u$ による破壊の判定は、本実験では、十分には一致しなかつた。

(2) 丸鋼、異形低鉄筋コンクリートばりとも Double shear crack が生じ、とくに後者において、付着力の関係で、はりが安定となり、斜引張り応力度 $\sigma_1$ の影響が均一かつ幅広く現われ、その傾向が著しい。また、曲げひびわれは、疲労試験の方が圧縮部コンクリートの疲労のため静的試験の場合よりも長く、最大の曲げひびわれは、スパン中央よりも支点付近に生じる傾向が認められた。

(3) 最大ひずみの誘起点は、くり返し荷重載荷の動的挙動下においては、せん断応力の再分配のために、 $a/2$ と $a$ との間の Double shear 区間に現われる傾向があり、破壊時にいたると、斜引張りひびわれのために、せん断スパンの中央 $a/2$ に現われる。また、動的挙動下におけるひずみの変化は、荷重段階が $0.45P_u$ 程度で安定する。したがって、せん断疲労限は $0.45P_u$ 程度と考えられる。

(4) 疲労試験における破壊荷重および破壊荷重は、

静的破壊、破断荷重よりも小さくなる。

(5)  $N-S$  関係において、丸鋼および異形低鉄筋コンクリートばりとも、同一曲線となり、くり返し回数100万回において、せん断疲労限は、 $0.45P_u$ 程度となり、ひずみについての考察と一致する。

(6) 動的たわみの理論値は、実測値とよく一致し、動的曲げモーメント、せん断力値は、静的曲げモーメント、せん断力値よりも、20~10%小さい値となつた。

以上が研究結果であるが、鉄筋コンクリートばりのせん断疲労限は、丸鋼および異形低鉄筋コンクリートばりとも、静的破壊荷重の45%であると考えられる。

この実験を行なうにあたり、ご協力いただいた長谷川博氏、兼行啓治氏、42年度の卒論の井手雄生（千葉県）、会田憲義（北九州市）、小金健（熊谷組）、四郎丸聰（前田建設）の諸君に感謝の意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 加賀美一二三：セメント技術年報，XIX (1965)
- 2) 加賀美一二三：土木学会論文集，92 (1963)
- 3) 加賀美一二三：山口大学工学部研究報告，14，No. 1 (1963)，15，No. 1 (1964)
- 4) 加賀美一二三：土木学会論文集，137 (1967)
- 5) Chang, T.S., Kester, C.E. : ACI, 29, 12 (1958)
- 6) Nordby, G.M. : ACI, 30, 2 (1958)
- 7) 国分・岡村：土木学会論文集，122 (1965)

(昭和43年6月4日受理)