

鉄筋コンクリートばりのせん断疲労に関する研究

山口大学工学部

加賀美 一三

山口大学大学院

〇三浦 正昭

神戸市役所

久保 一

1 まえがき

本実験の目的は、鉄筋コンクリートばりのせん断くり返し荷重影響限を $\gamma_{pm} 200$ とし、くり返し回数も50万および100万回として動的挙動下において考究せんとしたものである。鉄筋コンクリートばりのせん断破壊を次のように定義した。「はりの一端両面に斜ひびわれがはり高さの大部分に生じたときをもってせん断破壊とする。」さて、本実験では、せん断破壊が顕著に現われると考えられる q/d が1に近い2点負荷の場合について、低鉄筋コンクリートばり10本(丸鋼ばり6本、異形ばり4本)過鉄筋コンクリートばり8本(丸鋼ばり、異形ばり各4本)を造形し、スパン120cmとして実施した。くり返し荷重試験における最高荷重は、これに先行して行った静的試験の破壊荷重を基として表-1に示す値とし、最低荷重は1/2とした。まず、丸鋼URCでは、

0.62 P_u で載荷すると56万回でせん断破壊し、0.53 P_u および0.45 P_u の場合は、静的試験の場合よりも破壊荷重が大きくなり、丸鋼ORCでは、0.50 P_u 、0.47 P_u で載荷するとせん断破壊には到らぬが初期において斜ひびわれが生

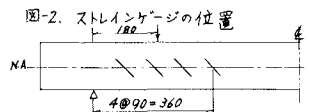
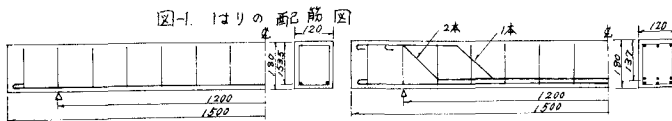
表-1. 最高荷重 および 破壊荷重 (t)

はりの種類			静的試験破壊荷重 P_u	くり返し荷重試験				P_d / P_u
			荷重段階	最高荷重 (t)	くり返し回数	破壊荷重 P_d	破壊回数	
丸鋼 ばり	URC	NO.1	9.0	0.62 P_u	5.54	50万	56万回で破壊	—
		NO.2	10.4	0.53 P_u	5.54	100万	→ 11.6	1.12
		NO.3	9.0	0.45 P_u	4.05	50万	→ 10.3	1.14
	ORC	NO.1	18.1	0.50 P_u	9.06	32万	→ 14.7	0.81
		NO.2	15.5	0.47 P_u	7.30	100万	→ 13.9	0.90
		NO.1	12.0	0.45 P_u	5.40	50万	→ 9.0	0.75
異形 ばり	URC	NO.2	13.3	0.42 P_u	5.40	100万	→ 9.0	0.69
		NO.1	15.8	0.48 P_u	7.65	50万	→ 12.75	0.81
	ORC	NO.2	15.2	0.38 P_u	5.74	100万	→ 14.3	0.94

じ、破壊荷重も20~10%程度低下した。次に、異形URC、ORC共に、0.38~0.48 P_u として載荷したところ、いずれも破壊荷重がかなり低下した。本実験では、せん断くり返し荷重影響を明確に定義するにはいたらなかったが、概略的には、丸鋼URCは0.55 P_u 程度、丸鋼ORCは0.45 P_u 程度、異形ばりは、0.40 P_u 程度と思われる。さらに、動的挙動下におけるたわみ、曲げモーメント、せん断力の理論式より求めた値と実験値を比較照査したが、かなりよく一致することが立証された。

2 実験供試体

使用したコンクリートは、 $C_{28}=150 \text{ kg/cm}^2$ 程度、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、降伏応力度は各々2995、3740 kg/cm^2 である。はりの配筋図、ストレインゲージの位置および荷重状態を示すと図-1、2のごとくである。

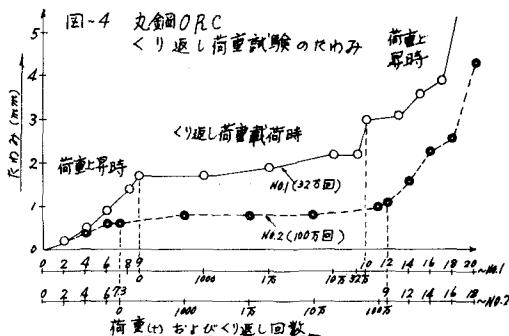
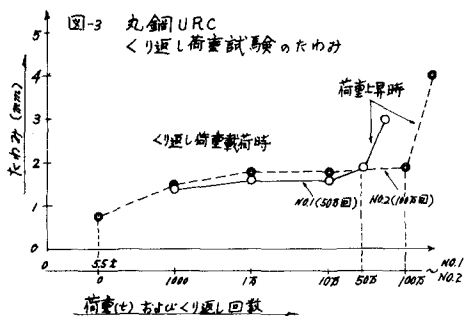


3 実験結果の考察

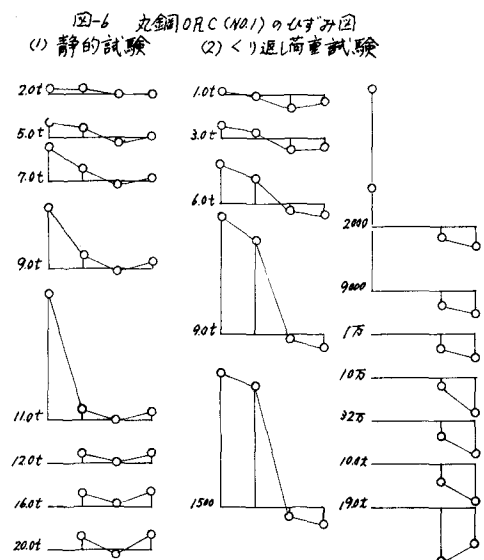
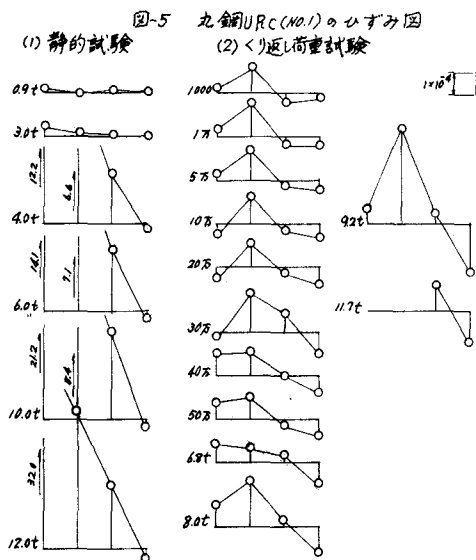
(1) q/d による破壊の判定は、動的挙動下においても成立する。この場合は、 $q/d=1$ なることより、

すべてせん断破壊を示し、実際の破壊状態と一致した。

(2)たわみに関しては、URCがORCより大きいたわみを示す。これは、たわみが曲げモーメントに比例することからして、URCは曲げまたは曲げせん断の破壊を意味し、ORCはせん断破壊が曲げ破壊に先行していることを立証している。また破断時のたわみは、3～4mm程度である。ここでは、図-3、4に丸鋼URC、ORCの場合の結果を示すが、他のはりでも同様の傾向である。



(3)ひずみに関しては、最大ひずみは、静的試験では、Shear span a の $1/2$ の点に生じるが、くり返し荷重試験では、丸鋼URCを除いて $3/2$ と a との間に変化する傾向が見られた。これは、付着効果の影響によるせん断応力の再分配のために、 $3/2$ と a との間の Double shear 区間において、最大ひずみが生じるものと考えられる。また動的挙動下におけるひずみの変化は、丸鋼URCは安定であるが、ORCは大きい。これは過鉄筋による応力の再分配によるものと思われる。異形ばりは共に、ひずみの変化が著しく、これは、異形鉄筋のふしによる付着効果による応力再分配のためと考えられる。ひずみ測定の結果の一例を図-5、6に示す。



(4)ひびわれに関しては、斜ひびわれは、丸鋼はりでは理論的なひびわれを生じたが、異形ばりでは

中央側に傾き、特に ORC で著しかった。また曲げひびわれは、くり返し荷重試験の場合が長く、中立軸を越えるものもあった。これはくり返し荷重の影響で、引張部コンクリートが塑性域に入り、中立軸が圧縮部へ移行したためと考えられる。また、丸鋼 URC を除くはりにおいて、*Double shear crack* の現象が現われた。これは、これらのはりは安定であるから、 O_1 の影響が幅広く現われ、逐次 *Peeling away action* によって、いわゆる *Double shear crack* の現象を生じるものと思われる。

(5) 破壊荷重に関しては、その結果を示すと表-1 のごとくである。丸鋼 URC は、破壊荷重が増加するが、これはせん断破壊がコンクリートによって支配され、丸鋼 URC は A_s 量が少ないから、鉄筋が降伏点に達し、くり返し荷重を受ければ、鉄筋はひずみ効果によって強度が上昇するので、従って、中立軸は容易に上昇しなくて、コンクリート断面も大となり、はりの強度が上昇するものと思われる。他のはりでは、破壊荷重が低下するが、ORC の場合は、コンクリート断面が小さいため、圧縮部のコンクリートのせん断応力の疲労によるものと考えられるが、異形 URC では丸鋼 URC と異なり、付着が大で均一なはりとなって、中立軸が理論通りに上がって、丸鋼はりのときよりも、コンクリート断面は小となり、疲労の影響で低下するものと思われる。

4. 理論式による計算と照査

動的挙動下におけるたわみ、曲げモーメント、せん断力の式より求めた値は、丸鋼 URC ではよく一致し、他のはりもかなりの良結果を示した。せん断力は、すでに誘導されているたわみの式の 3 階微分として、次式より求めた。

$$S_a = 0.396 P_0 + 0.319 P_0' \left\{ \frac{0.809}{r^2 \omega^2 P_1^2} + \frac{0.476}{r^2 \omega^2 P_2^2} + \frac{0.103}{r^2 \omega^2 P_3^2} - \frac{0.147}{r^2 \omega^2 P_4^2} \right\}$$

5. 結言

本実験ならびに理論研究より得られた要項は、次のごとくである。

- (1) 静的試験に適用された q/d の理論は、くり返し荷重時における破壊機構にも適用できる。
- (2) 最大ひずみの生じる位置は、静的試験では、 $q/2$ であるが、くり返し荷重試験では、 $q/2$ と a との間の *Double shear* 区間に生じる。また、動的挙動下におけるひずみの変化は、丸鋼 URC では小さいが、他のはりでは大きく、特に、異形はりにおいて著しい。
- (3) 丸鋼はりでは、*Shear span* の中央に理論的な斜ひびわれが生じるが、異形はりでは、*Double shear crack* のために幅広いひびわれを生じる。曲げひびわれは、くり返し荷重試験の方が、静的試験の場合よりも長い。
- (4) くり返し荷重試験における破壊荷重は、丸鋼 URC は増加し、他のはりでは減少する。
- (5) 動的挙動下における理論式で、たわみは、丸鋼 URC はよく一致するが、他のはりでは、十分には一致しない。曲げモーメント、せん断力はよく一致する。

以上の研究結果であるが、本実験では、せん断くり返し荷重影響限は確実に定義するにいたらなかったが、概略的には、丸鋼 URC は $0.55 P_u$ 程度、丸鋼 ORC は $0.45 P_u$ 程度、異形はりは、さらに低く、 $0.40 P_u$ 程度と考えられ、これは、構造設計上注意することが必要であると思われる。

この実験を行うにあたり、ご協力いただいた長谷川博氏、平野寛（山口大学院）、原暢彦（兵庫県）両君に深く感謝の意を表する。