

正負交番荷重を受けるRCはりのせん断挙動に関する一実験

鳥取大学 正 員 矢村 潔

オリエンタルコンクリート構 正 員 ○高橋 謙一

鳥取大学 学生員 河田 英明

1 まえがき コンクリート構造物の設計に際しては曲げ破壊をせん断破壊に先行させることが原則であるが、一方向の荷重を受ける場合には曲げ破壊が先行する部材であっても、正負の繰返し荷重を受けることによりせん断破壊を生じることがある。このような場合のせん断破壊は、いわゆる静的な主鉄筋の降伏前のせん断破壊と異なり、曲げ破壊との中間的な破壊形態であると考えられ、耐震設計上きわめて重要であると言える。そこで、本研究は主鉄筋比、腹鉄筋比、 a/d および載荷条件を要因として、RCはりの正負交番載荷試験を行い、RCはりの正負交番のせん断力による損傷の程度をせん断スパン内の変形の進行について検討するとともに、変形能力、破壊形式等についても検討した。

2 実験概要 (1) 実験計画 本研究は供試体の形状、寸法によって、A,B,C,D の4シリーズから構成される。本実験の主たる要因は、主鉄筋比、腹鉄筋比、 a/d 、載荷方法および繰返し水準である。各要因をまとめた実験計画表を表1に示す。また各シリーズの供試体断面の寸法および各供試体について土木学会RC示方書によって求めた腹鉄筋比を表2に示す。

(2) 試験方法 表1に示した載荷試験を各シリーズの供試体について行った。正負交番試験では繰返し水準が降伏点以下の場合には荷重制御とし、降伏点を越える場合にはスパン中央たわみの大きさを基準とした。繰返し回数は正、負方向を1回とし、10回を所定回数とした。また表中R'で示したたわみ制御試験は、繰返し水準を $\pm \delta y \pm 2 \delta y \cdots \pm n \delta y$

と順次増加させ、各繰返し水準で5回の載荷を行つものである。なお各試験とも耐力が著しく低下した時点で破壊を生じたとみなし、載荷を打切っている。

3 結果と考察 本実験における破壊形態は、A：初回の載荷で降伏点に達するまでにせん断破壊する、B：降伏点を越え所定のたわみ水準に達するまでにせん断破壊する、C：繰返し途中でせん断破壊する、D：所定回数の繰返し後荷重を増加させた領域でせん断破壊する、E：最終的に曲げ破壊する、に分類することができる。それぞれの要因別による破壊形式の一例を図2、図3に示す。これらの図から、主鉄筋比の減少、腹鉄筋比の増大、繰返し水準の減少および a/d の増加とともに破壊形式がA→B→C→D→Eと移行する傾向が認められる。このことは正負交番載荷によりせん断耐力が曲げ耐力と比較して相対的に低下する場合があることを示している。次に一方

表1 実験計画表

シリーズ	載荷方法	a/d	主鉄筋比 p (%)	腹鉄筋比 pw (%)	繰返し水準
A	O, R	3.0	1.23~2.78	0~0.65	1.2, 4 ($\pm \delta y$)
B	O, R, P	1.8	1.62~3.66	0~1.5	2.3 ($\pm \delta y$) 0.26~0.99($\pm P_s$)
C	O, R'	2.4	2.53	0.75~1.5	$\pm \delta y$
D	R'	2.3	2.80	1.0, 1.4	$\pm \delta y$

O：一方向載荷試験 R, R'：たわみ制御試験 P：荷重制御試験
 δy ：降伏たわみ, P_s ：静的強度

表2 供試体断面の寸法

シリーズ	寸法 bxd (cm ²)	スパン長 l (cm)	せん断スパン長 a (cm)	RC示方書によるpw(%)
A	12.5x18.5	150	50	0.35~1.0
B	9.5x18.5	90	30	1.0~2.0
C	9.5x18.5	120	45	1.0
D	15.0x28.0	165	60	1.25

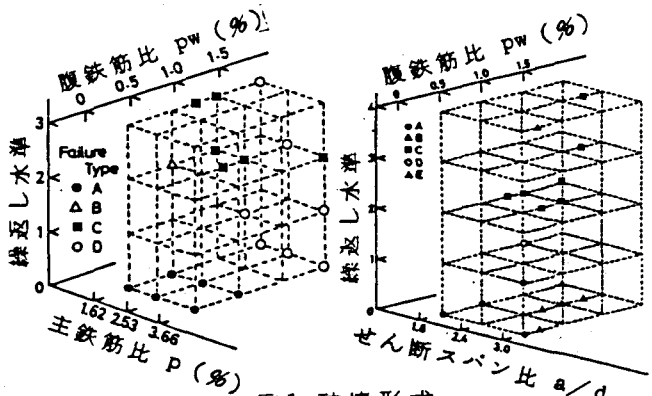


図1 破壊形式

向載荷試験および正負交番載荷試験においてせん断破壊した同条件（Cシリーズ、 $p = 2.53\%$ 、 $pw = 0.75\%$ ）の供試体の破壊形態を図4に示す。両図を比較すると、一方向載荷試験においてはせん断圧縮型に近い破壊形態を示すのに対し、繰返し途中でせん断破壊した供試体では、正負の両

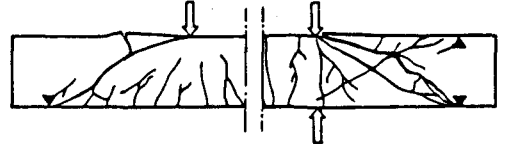
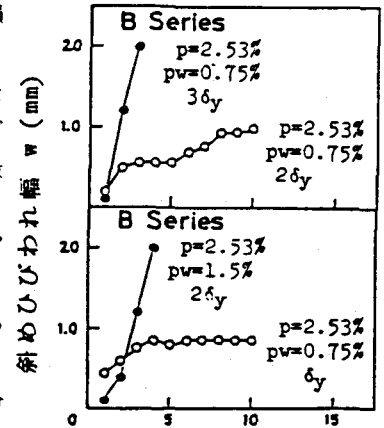
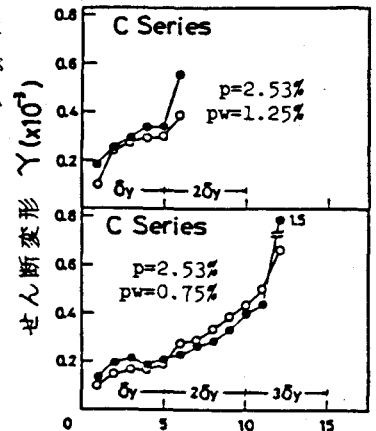
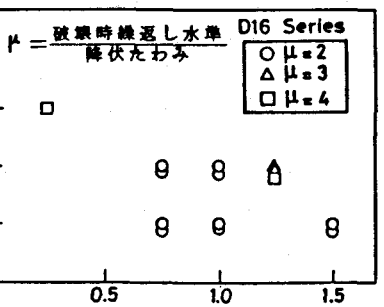


図2 破壊形態

方向の載荷によって発生した斜めひびわれがX字状に交差する付近で損傷が大きく、せん断力の作用方向のずれが次第に大きくなり破壊に至っている。このことから、同じ条件の供試体であっても、正負交番荷重を受ける場合と一方向の荷重を受ける場合とでは、せん断破壊のメカニズムがかなり異なることがうかがえる。次に図5に繰返し回数に対する最大斜めひびわれ幅をプロットしたものを示す。最大斜めひびわれ幅は、タイプCの供試体については破壊まで常に増加を示すのに対し、タイプDあるいは他の供試体については初期には増加を示すが、繰返し回数5回までに安定状態に達する。このことから、初期の斜めひびわれ幅から繰返し途中のせん断破壊を予測することは困難であると思われる。C、Dシリーズでは図6に示すような位置で測定した変位から曲げ変形成分を除去して差をとったものを支点からせん断スパン中央までの距離で除し、みかけのせん断変形量 γ とした。繰返し回数とみかけのせん断変形 γ の関係を左右両せん断スパンを対比して図7に示す。図より明らかに、繰返し水準 δy の段階では、腹鉄筋比の小さい供試体は徐々に値を増加させているが、腹鉄筋比の大きい供試体は数回の繰返し水準が大きくなるまでほぼ一定値となる傾向にあり、せん断破壊の進行について安定状態にあると言える。次に $2\delta y$ の段階では腹鉄筋比の小さい供試体は急激に値を増加させ破壊に至り、腹鉄筋比の大きい供試体も徐々に値を増加させている。この段階で破壊に至らなかった供試体も、以降の段階で急激に値を増加させ、せん断破壊を導いている。これらのことより、地震荷重のような正負交番荷重の中でも、とりわけ降伏点を越えるような大変形をとまなう場合に、せん断破壊が進行していくものと思われる。繰返し途中でせん断破壊を生じる供試体について、破壊じん性率と a/d 、腹鉄筋比の関係を図7に示す。本実験では、正負交番載荷試験の結果から図中の式により破壊じん性率を算定している。この図より、せん断破壊を生じるはりにおいても、 a/d 、 pw の増加とともにじん性率が改善されることが明らかであろう。また a/d が小さくなると、その改善の程度は著しく低下している。このようなことから、 a/d の小さい部材は耐震面から考えると好ましくないと

図3 斜めひびわれ幅の推移
繰返し回数 n (回)図5 せん断変形の推移
繰返し回数 n (回)図6 破壊じん性率
腹鉄筋比 pw (%)

うな大変形をとまなう場合に、せん断破壊が進行していくものと思われる。繰返し途中でせん断破壊を生じる供試体について、破壊じん性率と a/d 、腹鉄筋比の関係を図7に示す。本実験では、正負交番載荷試験の結果から図中の式により破壊じん性率を算定している。この図より、せん断破壊を生じるはりにおいても、 a/d 、 pw の増加とともにじん性率が改善されることが明らかであろう。また a/d が小さくなると、その改善の程度は著しく低下している。このようなことから、 a/d の小さい部材は耐震面から考えると好ましくないと

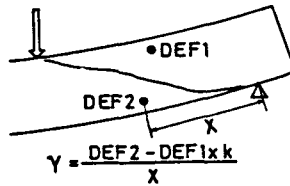


図4 みかけのせん断変形

γ : みかけのせん断変形
 x : 支点から測定位置までの距離
 k : 測定位置を考慮するための係数

図4 みかけのせん断変形

な。繰返し途中でせん断破壊を生じる供試体について、破壊じん性率と a/d 、腹鉄筋比の関係を図7に示す。本実験では、正負交番載荷試験の結果から図中の式により破壊じん性率を算定している。この図より、せん断破壊を生じるはりにおいても、 a/d 、 pw の増加とともにじん性率が改善されることが明らかであろう。また a/d が小さくなると、その改善の程度は著しく低下している。このようなことから、 a/d の小さい部材は耐震面から考えると好ましくないと