

立命館大学 学生 ○ 和田 教志
立命館大学 正員 児島 孝之
前田建設工業(株) 荒川 真一

1. まえがき

R.C部材がねじりを受ける場合、ねじりのみを受けることは稀であり、通常曲げ・せん断を伴うことが多い。ねじり・曲げ・せん断の組み合わせ荷重を受けるR.C部材の終局強度におよぼす要因には荷重の組み合わせの他に軸方向鉄筋比(ρ_l)、ウェブ鉄筋比(ρ_v)、せん断スパン有効高さ比(a/d)等が挙げられる。本研究は長方形断面を有するR.Cはりについて、ねじり・せん断・曲げを同時に作用させた場合の静的載荷実験を行ない、上記要因が終局強度に与える影響について検討したものである。

2. 実験概要

図-1に示すような載荷装置を考案した。ねじり載荷は供試はりの支点部に取り付けたアームにねじり載荷用ビームから偏心載荷することにより、また、曲げ・せん断の載荷はねじり載荷用ビーム中央に取り付けた油圧ジャッキにより行なった。この装置によりねじりと曲げ・せん断を半独立に載荷でき、どのようなねじりモーメントと曲げモーメントの比(T/M)の値にも載荷装置を変えずに実験を行なえるようにした。支点部および載荷点部にはすべてボールベアリングを使用し、曲げ変形・ねじり変形が互いに各部で拘束されないようにした。

供試はり断面はすべて高さ20cm、幅12cmの長方形とした。実験条件として表-1に示すように4ケースの補強筋の組み合わせを選び、 a/d は2.6(2.7)とし、さらに2ケースについては $a/d=3.6$ (3.7)を加えた。表-2に補強鉄筋の詳細を示す。図-2に供試体寸法と配筋図の一例を示す。

いずれのシリーズにおいてもまず純ねじり載荷および曲げ・せん断載荷により、純ねじり強度 T_u 、純曲げ強度(破壊時の最大曲げモーメント) M_u を求め、次に無次元化した強度 $T/T_u \sim M/M_u$ の相関関係図(図-3,4)上で実験値がほぼ等角度になるように T/M を設定して、この T/M を一定となるようにして、曲げ・せん断・ねじりの組み合わせ載荷実験を行なった。

3. 実験結果および考察

表-3に T/M 、破壊時の最大曲げモーメント、

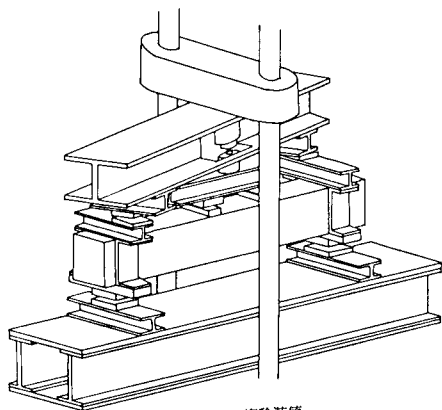


図-1 実験装置

表-1 実験計画

シリーズ	鉄筋比 (%)		a/d	スパン (m)
	P_l	P_v		
1	1.2 (1.9)	1.0	2.6	1.1
2	1.2 (1.9)	0.5	2.6	1.1
3	1.2 (1.9)	1.0	3.5	1.6
4	2.5 (3.3)	1.0	2.7	1.1
5	2.5 (3.3)	0.5	2.7	1.1
6	2.5 (3.3)	0.5	3.6	1.6

注) () 内は $(A_s + A'_s) / b \cdot d$

表-2 補強鉄筋の詳細

シリーズ	軸方向鉄筋 A_s	スターラップ 間隔 (cm)
1	2D10 2D13	6.5
2	2D10 2D13	13.0
3	2D10 2D13	6.5
4	2D10 4D13	6.5
5	2D10 4D13	13.0
6	2D10 4D13	13.0

注) スターラップ鉄筋には D6 を使用

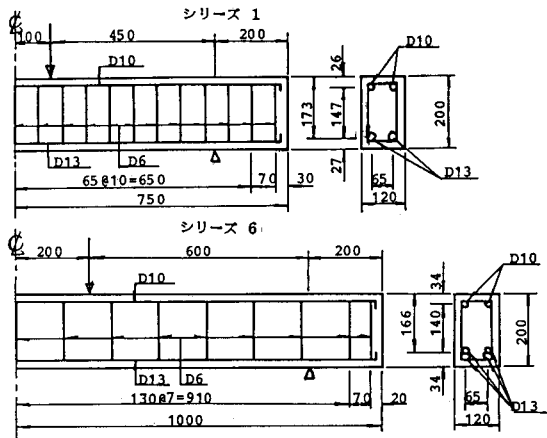


図-2 配筋図の一例 (mm)

ねじりモーメントを示す。図-3,4にそれぞれシリーズ1,2,3および4,5,6の終局強度比 $T/T_u \sim M/M_u (S/S_u)$ の相関関係を示す。同図によると軸方向鉄筋比 ρ の相異により相関関係に明確な差が見られる。すなわち、 ρ の小さいシリーズ1,2,3ではウェブ鉄筋比 ρ_w , a/d にかかわらず、実験値は4分円上にプロットされた。一方、 ρ の大きいシリーズ4,5,6では T/M が小さい場合にはほぼ $M/M_u = 1$ 上にあり、ねじりの大きい場合には、曲げ・せん断の増加に伴ってねじり強度が増加し、ほとんどの実験値は4分円の外側にプロットされる傾向が見られたが、 $\rho_w = 0.5\%$ のシリーズ5では $T/M = 0.28$, 0.3 で4分円の内側で破壊する場合があった。これについては今後検討を要する問題である。

終局時の破壊形式は以下の6つの形式に大別できた。(1)曲げスパン内での曲げ破壊： $M(M)$ 、(2)曲げスパン内での曲げとねじりの複合破壊： $M+T(M)$ 、(3)せん断スパン内でのせん断破壊： $S(S)$ 、(4)せん断スパン内でのねじりとせん断の複合破壊： $T, S(S)$ 、(5)せん断スパン内でのねじり破壊： $T(S)$ 、(6)曲げスパン内でのねじり破壊： $T(M)$ 。図-3,4の各実験値にはこれらの破壊形式と T/M の値を示した。破壊は T/M により、上記(1)~(6)のいずれかの形式により生じた。破壊形式におよぼす鉄筋比, a/d の影響が認められた。ウェブ鉄筋比 ρ_w の大きい1,3,4シリーズでは、せん断破壊はねじりと曲げ・せん断との中間領域でやや認められたが、その他ではせん断破壊形式は認められず、 ρ の大きい程、 a/d が小さいもの程、せん断破壊が生じやすい傾向が認められた。一方、 ρ の小さい2,5,6シリーズでは、純ねじり近傍でねじりまたはねじり・せん断の複合破壊をし、純曲げ近傍で曲げ破壊(シリーズ5ではせん断破壊)する以外はほとんどがせん断型の破壊を生じた。また、1,3,4シリーズ同様、 ρ の大きい程、 a/d が小さい程、せん断破壊が生じやすい傾向が認められた。

4. あとがき

$T/T_u \sim M/M_u (S/S_u)$ の相関曲線は ρ により異なつた形状となるものと考えられる。 T/M , ρ , ρ_w , a/d により種々の破壊形式が認められたが、せん断破壊形式は ρ が大きい程、また、本実験の範囲内では、 a/d が小さい程、生じやすい傾向が認められた。現在、 $a/d (M/Vd)$ を種々変化させたねじり・せん断・曲げ載荷実験を予定しており、これについては別の機会に発表する予定である。なお、本研究の実験実施にあたり石田裕哉君、伊藤博司君、藤井総之君より多大な援助を受けました。ここに謝意を表わします。

表-3 実験結果

シリーズ	T/M	終局時		シリーズ	T/M	終局時	
		トルク	モーメント			トルク	モーメント
1	0.0		286.	4	0.0		165.
	0.03	6.70	285.		0.05	7.63	157.
	0.06	17.2	287.		0.1	16.3	163.
	0.1	28.7	276.		0.17	24.6	143.
	0.16	40.7	244.		0.25	32.4	130.
	0.28	46.7	167.		0.5	40.5	87.8
	0.60	48.3	80.6		1.0	42.2	46.6
	1.2	50.4	43.1		2.0	42.3	21.2
2	0.0		236.	5	0.0		169.
	0.03	8.47	282.		0.04	6.67	167.
	0.07	15.1	236.		0.09	14.7	165.
	0.11	25.2	229.		0.14	20.6	144.
	0.17	30.9	182.		0.22	27.5	124.
	0.28	27.0	96.0		0.4	35.4	88.3
	0.30	30.5	98.9		0.9	33.7	37.4
	0.60	40.0	67.7		1.8	35.5	20.1
3	0.0		285.	6	0.0		159.
	0.02	5.80	288.		0.04	5.90	152.
	0.05	14.1	283.		0.1	12.8	171.
	0.08	21.1	264.		0.15	21.5	148.
	0.12	29.3	244.		0.25	29.9	120.
	0.21	33.5	159.		0.43	39.6	92.2
	0.45	37.6	83.5		1.0	39.4	39.4
	∞	32.5			∞	40.0	

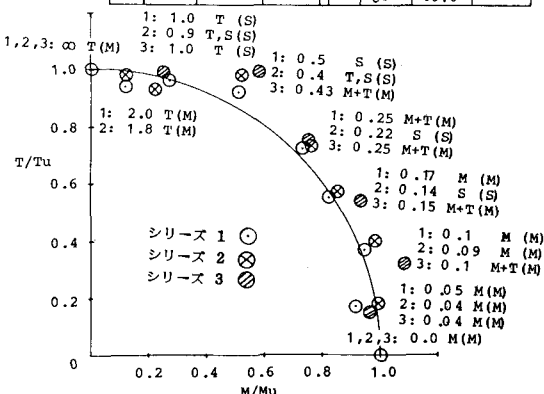


図-3 $T/T_u \sim M/M_u$ の関係 (シリーズ1~3)

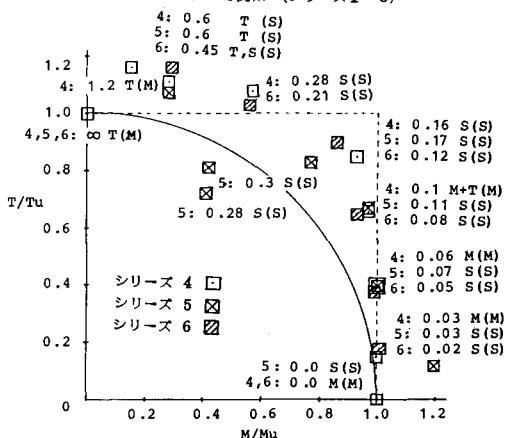


図-4 $T/T_u \sim M/M_u$ の関係 (シリーズ4~6)

注) シリーズ: T/M の値 破壊形式 (破壊場所)

破壊形式 破壊場所
M: 曲げ破壊 M₂: 曲げスパン
S: せん断破壊 S₂: せん断スパン
M+T: 曲げとねじりの複合破壊
T, S: ねじりとせん断の複合破壊
T: ねじり破壊