

立命館大学

正員 児島 孝文

立命館大学

正員 〇高木 宣章

ドーピー建設工業

和田 教志

1. はじめに 構造部材にねじりが単独で作用することは稀であり、曲げ・せん断・軸力など他の外力との組合せ外力として作用することが大半である。この中で設計上、ねじりとせん断の組合せが最も重要であるにもかかわらず既往の研究は少ない。ねじり・せん断の相関関係は、ねじり・せん断・曲げの相関曲面のねじり・せん断平面の投影により表わされることが多く、この場合、曲げの影響が除かれていない。本研究は、曲げ・せん断の載荷を図-1のような単純はりの逆対称載荷により、はり中央の曲げモーメントを0とし、これにねじりを加え、せん断・ねじりを同時に受けるRCはりの耐力・変形性状の検討を行なった。実験では、軸方向鉄筋化(P_x)・横方向鉄筋化(P_y)を変化させた4シリーズについて、ねじりとせん断の比($T/S \cdot b$)を種々変化させた。

2. 実験概要 供試はり断面は、全高20cm、幅12cmとした。実験要因は、表-1に示す4シリーズの補強鉄筋化の組合せを選んだ。使用鉄筋は、軸方向鉄筋にD13(SD35)、腰部補強鉄筋にD6(SD30)を使用した。載荷時のコンクリート諸強度を表-2に示す。図-1に供試体寸法、載荷点位置と配筋の1例を示す。図-2に載荷方法の概略図、図-3に載荷装置を示す。この載荷装置は、ねじりと曲げ・せん断を独立に載荷できる。ねじり載荷は、支点部に取り付けた偏心載荷用3ーム(偏心距離 $e=30$ cm)にPC鋼棒を用い、センターホール型油圧ジャッキで偏心載荷することにより行なった。曲げ・せん断載荷は、はり試験機により行なった。曲げ変形、ねじり変形が各部で拘束されないように、支点と曲げ載荷点にボールベアリングを、偏心載荷点に球座を使用した。曲げ・せん断載荷($T/S \cdot b=0$)には、支点部にローラーベアリングを使用した。

表-1 実験計画

シリーズ	鉄筋比(%)		試験スパン (cm)
	P_x	P_y	
1	1.2	1.0	45.0
2	1.2	0.5	60.0
3	2.5	1.0	60.0
4	2.5	0.5	60.0

注) $P_x = A_s / b \cdot d$ P_y は体積鉄筋比

載荷手順は、各シリーズとも、はじめに純ねじり載荷、曲げ・せん断載荷により純ねじり強度(T_u)とせん断強度(破壊時の最大せん断力: S_u)を求め、次に無次元化した強度 $T_u/S_u \sim S/S_u$ の相関曲線上で、実験値がほぼ等角度になるように $T/S \cdot b$ を設定し、この $T/S \cdot b$ が一定になるようにして、ねじり・せん断の組合せ載荷を行なった。

表-2 コンクリートの強度および弾性係数

圧縮強度	34.8
引張強度	27.3
曲げ強度	55.8
弾性係数	3.02×10^5

(kg/cm²)

3. 実験結果および考察 図-4に

ひび割れ発生時のねじりモーメントとせん断力の相関関係を示す。ひび割れ発生荷重にはらつきが大きい。曲げひび割れ発生時のせん断力(試験スパン)は、 $T/S \cdot b$ にかかわらずほぼ一定であった。

このことより、曲げひび割れ発生強度は、ねじりの影響が小さい。一方、斜めひび割れ発生ねじりモーメントは、 $T/S \cdot b$ が小さくなるに従い小さくなった。斜めひび割れ発生荷重は、せん断力によるせん断応力とねじりせん断応力の和に関係するものと考えられる。

図-5に、全断面を有効(鉄筋は無視)としたねじり剛性(GK_L)に付

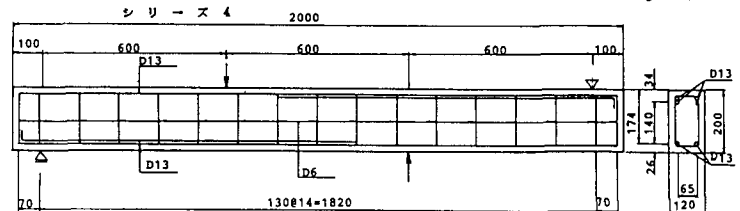


図-1 供試体寸法と配筋図

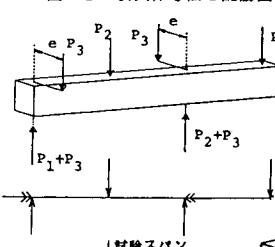


図-2 載荷方法の概略図

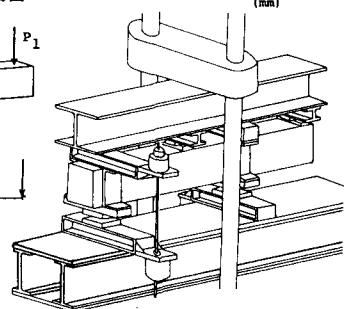


図-3 載荷装置

するねじり剛性(

GK)の比とねじり

強度(T_u)に

対するねじりモー

メント(T)の比

の関係(シリーズ

1)を示す。ねじり

剛性は、ねじり

モーメントの増加

につれて低下し、

また $T/S \cdot b$ が小さくなるにつれて低下した。即ち、あるねじりモー

メントにおけるねじり剛性は、曲げせん断力が大きいほど小さくなり、

試験スパン内に生じたひび割れに影響されるものと考えられる。

$T/S \cdot b$ が大きい時のねじり剛性は、終局値近傍で一定とな

る傾向を示した。そして、終局値におけるねじり剛性比($GK/(GK)_x$)は、約0.1であった。

表-3に、 $T/S \cdot b$ 、終局時のねじりモーメント、せん断力(試験スパン)、破壊形式を示す。図-6に、終局強度

比 T_u/S_u の相関曲線を示す。シリーズ1と2は曲げ破壊を起したものは、終局時のせん断力を終局せん断力(S)とした。シリーズ1では、実験値が4分円の外側にプロットされた。これは、せん断力が支配的な範囲では曲げ破壊を起したため終局荷重が終局せん断強度に至っていないためと考えられる。シリーズ3では、実験値がほぼ4分円上にプロットされた。シリーズ2と4では、シリーズ4の $T/S \cdot b$ が0.9, 0.3を除いて、実験値は、ねじりの支配的な範囲とせん断力の支配的な範囲を各々2本の直線上にプロットできた。従って、相関曲線は、腹部補強鉄筋を十分補強されたはり($P_r=1.0\%$)では、4分円上または、その外側にあり、十分補強されていないはり($P_r=0.5\%$)では、ねじりの支配的な範囲とせん断力の支配的な範囲を2本の直線を表わすことができた。更に、ねじりの支配的な範囲では、軸方向鉄筋量の違いにより直線の勾配が異なった。

今後、相関曲線が4分円から、2本の直線に遷移する腹部補強鉄筋量を検討するために、ねじり・せん断の実験データを蓄積する必要がある。

最後に、本実験の実施にあたり楠井良昭氏(立命館大学)、田中裕樹氏(京都府庁)、谷口宏氏(日立情報工

エンジニアリング)、高橋節哉氏(愛媛県庁)に多大な援助を受け、また本研究に対し、昭和58年度文部省科学研究費の交付を受けました。ここに謝意を表します。

図-4 ひびわれ発生時のねじりモーメントとせん断力の関係

図-5 T/T_u と $GK/(GK)_I$ の関係

表-3 実験結果

図-6 T/T_u と S/S_u の関係

図-7 T/T_u と S/S_u の関係

図-8 T/T_u と S/S_u の関係

図-9 T/T_u と S/S_u の関係

図-10 T/T_u と S/S_u の関係

図-11 T/T_u と S/S_u の関係

図-12 T/T_u と S/S_u の関係

図-13 T/T_u と S/S_u の関係

図-14 T/T_u と S/S_u の関係

図-15 T/T_u と S/S_u の関係

図-16 T/T_u と S/S_u の関係

図-17 T/T_u と S/S_u の関係

図-18 T/T_u と S/S_u の関係

図-19 T/T_u と S/S_u の関係

図-20 T/T_u と S/S_u の関係

図-21 T/T_u と S/S_u の関係

図-22 T/T_u と S/S_u の関係

図-23 T/T_u と S/S_u の関係

図-24 T/T_u と S/S_u の関係

図-25 T/T_u と S/S_u の関係

図-26 T/T_u と S/S_u の関係

図-27 T/T_u と S/S_u の関係

図-28 T/T_u と S/S_u の関係

図-29 T/T_u と S/S_u の関係

図-30 T/T_u と S/S_u の関係

図-31 T/T_u と S/S_u の関係

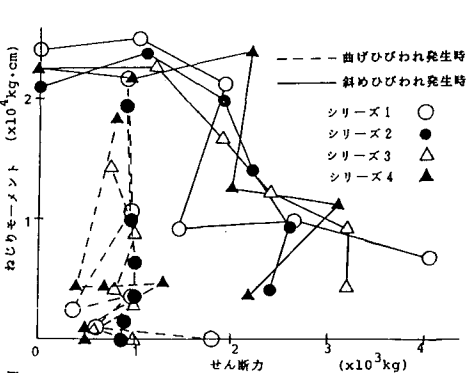


図-4 ひびわれ発生時のねじりモーメントとせん断力の関係

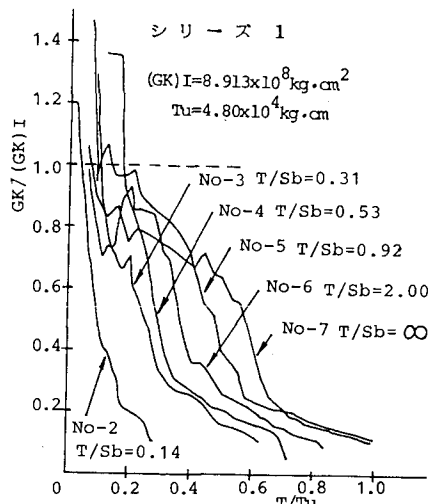


図-5 T/T_u と $GK/(GK)_I$ の関係

シリーズ	NO	T/Sb	終局時		破壊形式	シリーズ	NO	T/Sb	終局時		破壊形式
			Shear (kg)	Torque (kg-cm)					Shear (kg)	Torque (kg-cm)	
1	1	0.00	7500		M*	3	1	0.00	9900		S
	2	0.14	8640	14500	M*		2	0.11	9900	13000	S
	3	0.31	7560	28100	M*		3	0.24	9600	27600	S
	4	0.53	5400	34300	T		4	0.42	6700	33800	T
	5	0.92	4320	47700	T		5	0.73	4900	42900	T
	6	2.00	1980	47500	T		6	1.57	2550	48000	T
	7			48000	T		7			49500	T
2	1	0.00	6100		M*	4	1	0.00	7000		S
	2	0.14	5800	9740	S		2	0.14	7400	12400	S
	3	0.30	5900	21200	S		3	0.30	7000	25200	T
	4	0.53	4200	26700	T		4	0.52	4300	26800	T
	5	0.87	2900	30300	T		5	0.90	3400	36700	T
	6	1.80	1630	35100	T		6	1.90	1650	37600	T
	7			39000	T		7			43500	T

注) M: 曲げ破壊 S: せん断破壊 T: ねじり破壊

*: 試験スパンの外で破壊

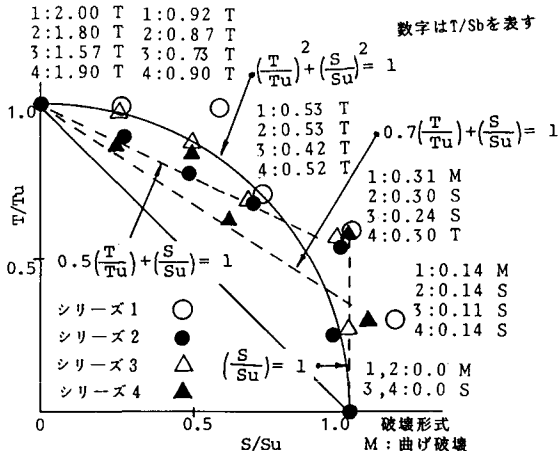


図-6 T/T_u と S/S_u の関係