

(1) まえがき 部材にねじりモーメントが作用し、ねじり軸は部材軸と平行であるが、ねじり中心が断面図心から偏心しているとき、これを偏心ねじりと定義する。このとき、部材は、断面図心に関する純ねじりモーメントとともに、他の部材力(モーメント)をも受けることになり、従って、その挙動は純ねじりの場合とは明らかに異なる。ねじりを受けるコンクリート構造物において、これを構成する部材の多くは偏心ねじりを受けるであろう。また、部材が曲げ、ねじりを受ける場合は、ひび割れの発達によって断面図心が移動し、部材は曲げと偏心ねじりを受ける状態となる。

偏心ねじりを受ける部材の強度および挙動に対して、偏心距離等のほかに部材の支持条件が大きい要因となるが、考え得るすべての支持条件を包含する一般理論を明らかにするまでには至っていない。ここでは、一つの支持条件に限定して解析の方法を考え、ついで、無筋モルタル部材の予備実験とさらにRC部材を用いた実験を行なって、その挙動を検討した。

(2) 研究の目的 偏心ねじりを受けるRC部材の強度および挙動におよぼすねじり偏心の影響を明らかにすることを目的とした。

(3) 解析の方法

(1) 偏心ねじりによる部材力 偏心ねじりを受ける部材を図-1のモデルで示す。ABとC DはBCに剛結され、Y軸まわりの回転を拘束され、また、点AとDはZ方向の変位を拘束されているものとする。CDについては、 M_{te} による点DのZ方向の変位と拘束する力 P_1 が点Dに作用する。いま点Cに図のように力 P_2 と P_3 を加え、 $|P_1|$

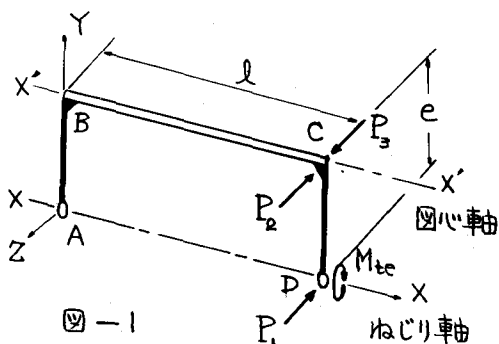


図-1

$=|P_2|=|P_3|$ とすれば、部材BCに対して、純ねじりモーメント $M_{te}-P \cdot e$ と、せん断力 P_2 が作用する。点DのZ方向の変位について、 $M_{te}-P \cdot e$ による δ_1 と、 P_2 による δ_2 の和が零である条件から、 P を求める。(図-2)

$$\delta_1 = e \tan \theta \doteq e \theta = e l \theta = e l (M_{te} - P \cdot e) / \beta b^3 h G$$

$$\delta_2 = -P l^3 / 12 E I_y$$

$$\delta_1 + \delta_2 = (M_{te} - P \cdot e) e l / \beta b^3 h G - P l^3 / 12 E I_y = 0$$

$$\therefore P = M_{te} / e (1 + \gamma) \quad \text{----- (1)}$$

$$\gamma = \beta (l/e)^2 (G/E) (I_x/I_y) = \beta (l/e)^2 \cdot 1/2 (1 + \nu) *$$

$$\theta: \text{単位長当りねじり角} \quad * E I_x / E I_y$$

M_t, M_{te} : 純ねじりモーメントと、偏心ねじりモーメント

従って、 M_{te} によって、次の部材力(モーメント)が与えられる。

$$\bullet \text{ 純ねじりモーメント: } M_t = M_{te} - P \cdot e = \gamma \cdot 1 / (1 + \gamma) \cdot M_{te} \quad \text{---- (2.1)}$$

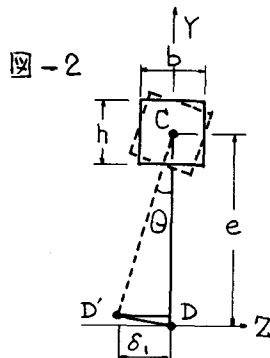


図-2

• 曲げモーメント (XZ平面): $M_b = -12EI_y \delta / l^3 \cdot x + 6EI_y \delta / l^2$
 $= 1/e \cdot (l/2 - x) \cdot 1/(1+\gamma) M_{te} \text{ ----- (2.2)}$

• セン断力: $S = P = 1/e \cdot 1/(1+\gamma) M_{te} \text{ ----- (2.3)}$

式(2)の係数 γ に含まれる EI_x/EI_y において、ねじり、曲げおよびせん断によるひずみの発生とともに、 EI_x と EI_y は低下する。荷重増加に伴うそれぞれの低下割合は異なるものと思はれるが、ここでは近似的に、 EI_x/EI_y の値は一定であると仮定する。

(2) 部材力の変化 $h/b = 1/2, 1$ および 5 の部材について、 $l/e = 1 \sim 40$ の範囲における部材力の変化を、式(2.1)～(2.3)を用いて示せば、図-3の通りである。

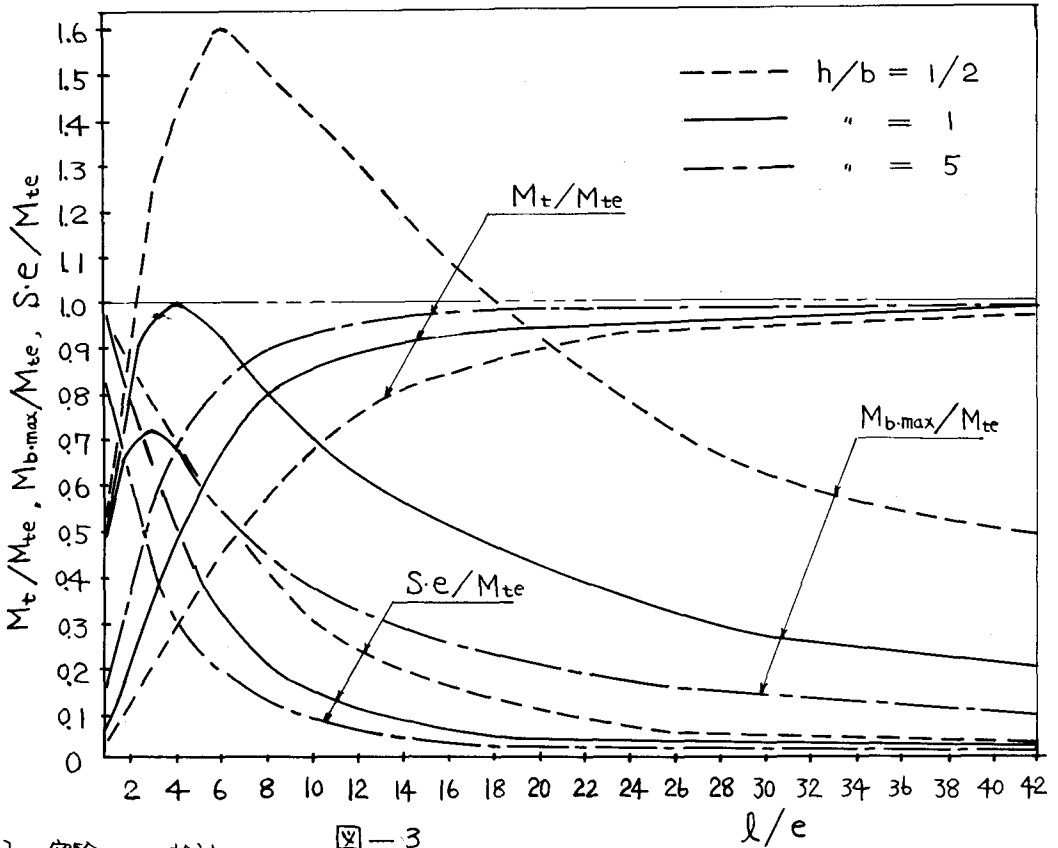


図-3

(4) 実験による検討

(1) 実験の方法および結果 試験体の形状寸法等と、コンクリート部材について図-4に示す。

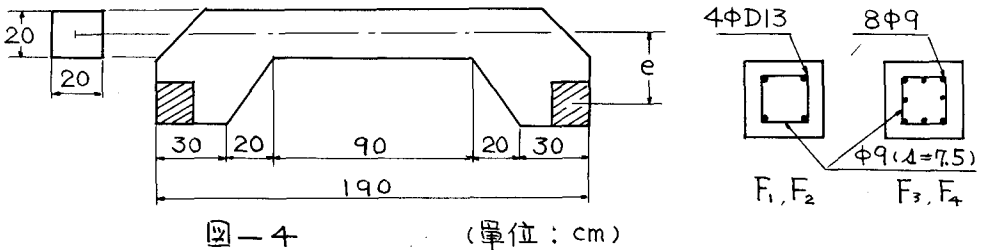


図-4

(単位: cm)

実験結果の概要を、表-1に示す。

表-1

* C.G.の発生は目視による。

** 破壊直前

	記号	断面寸法 (cm)	偏心距離 (cm)	コンクリートの強度・弾性係数				C.G.の発生時*		破壊時	
				σ_c (kg/cm^2)	σ_{tu} (kg/cm^2)	E (kg/cm^2)	G (kg/cm^2)	$M_{te,c}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}$)	Q_c ($\times 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{cm}}$)	$M_{te,u}$ ($\text{kg}\cdot\text{m}$)	Q_u ($\times 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{cm}}$)
無筋モルタル部材	A-1~5	10	0	372	33.7	231	994	—	—	109	6.0
	B-1~5		5					—	—	108	6.6
	C-1~5	10	10					—	—	108	6.2
	D-1~5		15					—	—	103	6.2
	E-1~5		20					—	—	104	6.1
RC部材	F ₀ -1~2	20	0	393	33.7	293	1.25	—	—	790	3.0
	F ₁ -1~2			370	30.4	291	1.25	810	3.4	1070	41.7
	F ₂ -1~2							810	2.5	980	—
	F ₃ -1~2							830	3.0	1000	37.0
	F ₄ -1~2							800	2.7	940	—
	G-1~3	20	10	407	31.7	294	1.25	810	3.6	980	42.1
	H-1~3		20	453	33.9	281	1.20	700	2.9	1240	52.2
	I-1~3		30	422	35.9	295	1.23	880	3.3	1320	51.6
	J-1~3		40	433	30.2	312	1.32	580	2.2	1390	74.4

(2) 部材力(モーメント)の相関作用 式(2.1)~(2.3)を用いて、試験体ごとに部材力と M_{te} の比を求め、表-2に示す。これによって、RC部材の、C.G.の発生時と破壊時における部材力の相関曲線と示せば、図-5の通りである。図の曲線は、三部材力の相関曲面上に得られる一曲线の、それぞれの座標面への投影であるが、これによれば、偏りねじりを受けるRC部材の挙動は、直接に曲げ、せん断およびねじりを受けるものの挙動と、ほぼ同じ傾向をもっている。

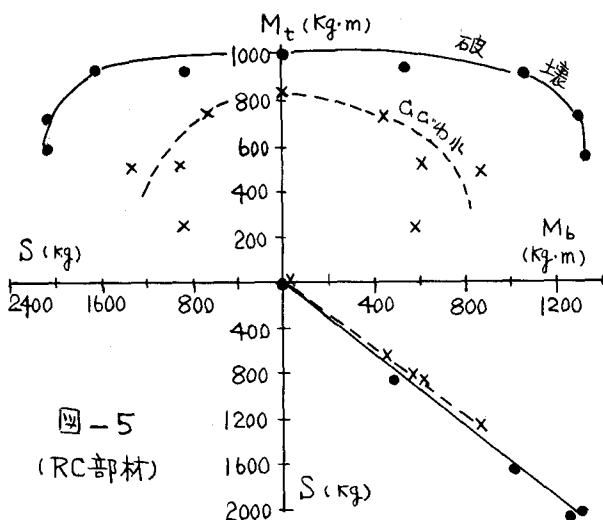


図-5
(RC部材)

表-2 * 1/m

		M_t/M_{te}	M_{bmax}/M_{te}	S/M_{te} *
モルタル部材	A	1.00	0.00	0.00
	B	0.90	0.60	1.99
	C	0.69	0.92	3.06
	D	0.50	1.00	3.32
	E	0.36	0.96	3.18
コンクリート部材	F	1.00	0.00	0.00
	G	0.92	0.54	0.83
	H	0.74	0.86	1.32
	I	0.55	0.97	1.50
	J	0.42	0.96	1.45

(3) 曲げ剛度 偏心ねじりにより、せん断力と、さらにこれによる曲げモーメントを生じる。このときの曲げ剛度 $EI = S L^3 / 12 \delta$ (S : 表-2と、 $S/M_{t, test}$ より求めた値、 δ : 実測値) と、曲げモーメント M_b との関係と、図-6に示す。

EI のひびわれ発生前後における変化の状況は、純曲げの場合とほぼ同様である。

$M_b/M_t = 1.2 \sim 2.3$ の本実験の範囲内では、 EI の変化に対する M_t の影響は見られないが、このような、複合応力下の EI の問題については、さらに検討を要する。

(4) ねじり剛度

① ひびわれ発生前 組合せ部材力による複合応力のもとでは、見かけのせん断弾性係数 ($G = M_{t, test} / \beta b^3 h \theta_{test}$) は、 M_b/M_t の値が大きくなるに従って、図-7のように低下し、ねじり剛度も次表のように表-3 低下する。

	M_b/M_t	$K (\times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2)$	K/K_0
F ₀	0.00	35.00	1.00
F _{1~2}	0.00	35.00	1.00
F _{3~4}	0.00	34.78	0.99
G	0.59	27.50	0.79
H	1.16	21.94	0.63
I	1.76	17.41	0.50
J	2.29	15.20	0.43

② ひびわれ発生後 ねじり剛度は M_b/M_t の値に無関係にはば一定であるが、どの場合も発生前のもの比べて低下が著しい。

(5) まとめ ねじりにおける偏心が、部材の強度と挙動に大きい影響を与えることを指摘し、偏心ねじりに基づく部材力を明らかにし、このときのRC部材の挙動の一端と実験によって考察した。しかし、問題の本質的な解決のためには、複合応力下の曲げ剛度およびねじり剛度等の問題を含めて、ねじり、曲げ、せん断の組合せ荷重による破壊機構の解明が必要である。

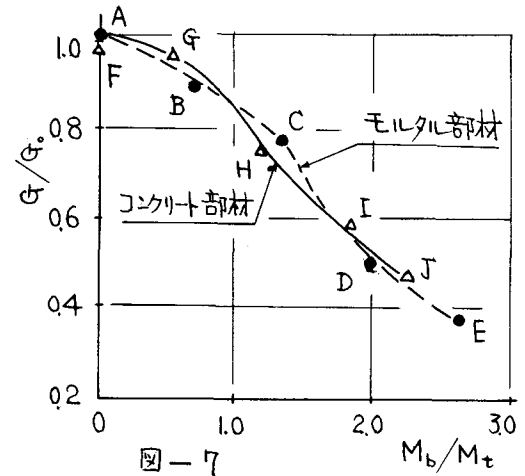
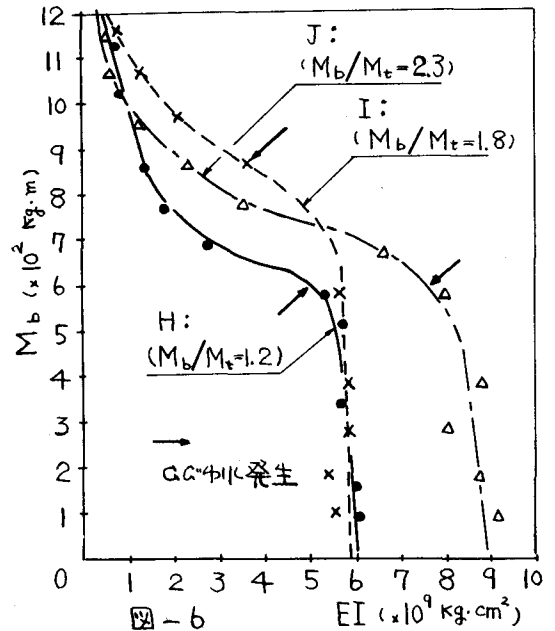


表-4 K: ねじり剛度

	ひびわれ発生前 $K_1 (\times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2)$	発生後 $K_2 (\times 10^8 \text{ kg} \cdot \text{cm}^2)$	K_2/K_1
F _{1~2}	35.00	0.61	0.02
F _{3~4}	34.78	0.43	0.01
G	27.50	0.23	0.01
H	21.94	0.58	0.03
I	17.41	0.60	0.03
J	15.20	0.46	0.03