

ねじりを受けるRC梁の力学的特性

広島大学 工学部 正員 船越 稔
 " " " 岡本 享久
 (株) 奥村組 " 飯島 俊彦
 広島大学 工学部 学員 田川 和雄

1. まえがき

本研究は曲げおよびせん断を受ける鉄筋コンクリート梁の終局耐力に及ぼすねじりの影響を知ることが目的としたもので、腹鉄筋比およびコンクリートの強度を変えて製造した供試体についてねじりモーメントと曲げモーメントの比を変えて載荷を行ない、この種部材の合理的な補強方法に検討を加えた。

2. 実験方法

図-1)は供試体の断面寸法、載荷方法を示したものである。供試体は幅14cm、桁高22cmの矩形断面で、軸方向鉄筋はSD-30、D-13を上下左右対称に計4本をコンクリート上縁および下縁より3cmの位置に配置した。この場合の軸方向鉄筋比は7.6%である。載荷は図示の如く支点を補助鋼材の部材軸直角方向張出し部分に設け、載荷点を供試体上面中心線にとり曲げおよびねじりモーメントを導入した。ねじりモーメント(M_T)と曲げモーメント(M_B)との比 M_T/M_B は補助鋼材アール長(l)を変えて0.04, 0.35, 1.17, 3.00の5種に変化させた。

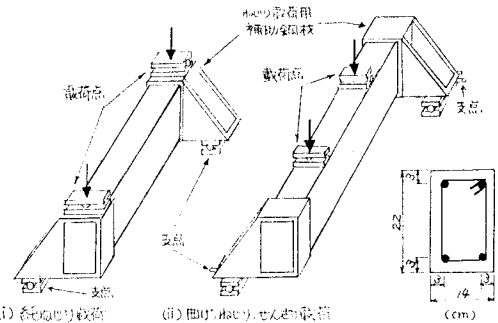


図-1) 供試体の断面寸法、載荷方法

3. 実験結果と考察

(1) 曲げとねじりの相互作用

表-1)は実験結果の総覧である。

表-1) 実験結果

(i) 曲げ、ねじりおよびせん断力が作用した場合

No.	σ_c	ρ_v	M_T/M_B	M_{Ti}	M_{Bi}	S_i	M_{Tu}	M_{Bu}	S_u
1	202	0	0	—	1.20	2.10	—	1.60	2.80
2	201	0.2	0	—	1.14	2.00	—	2.00	3.50
3	201	0	0.14	0.12	0.86	1.50	0.19	1.33	2.34
4	198	0.4	0.14	0.12	0.86	1.50	0.25	1.81	3.18
5	202	0	0.35	0.16	0.46	0.80	0.24	0.70	1.22
6	218	0.2	0.35	0.22	0.63	1.10	0.29	0.84	1.47
7	218	0.4	0.35	0.22	0.63	1.10	0.38	1.08	1.90
8	198	0.6	0.35	0.22	0.63	1.10	0.52	1.48	2.60
9	216	1.83	0.35	0.26	0.74	1.30	0.55	1.56	2.93
10	202	0	1.17	0.26	0.22	0.90	0.24	0.24	0.96
11	201	0.4	1.17	0.29	0.25	1.00	0.58	0.49	2.00
12	216	1.83	1.17	0.32	0.27	1.10	0.74	0.63	2.56
13	320	0	0	—	1.71	3.00	—	2.03	3.55
14	320	0.2	0	—	1.77	3.10	—	2.06	3.62
15	341	0	0.14	0.15	1.08	1.90	0.22	1.58	2.78
16	341	0.4	0.14	0.16	1.14	2.00	0.29	2.04	3.57
17	338	0	0.35	0.24	0.69	1.20	0.36	1.03	1.80
18	338	0.4	0.35	0.24	0.69	1.20	0.48	1.37	2.40
19	338	0	1.17	0.32	0.27	1.10	0.39	0.33	1.35
20	338	0.4	1.17	0.44	0.37	1.50	0.63	0.54	2.17

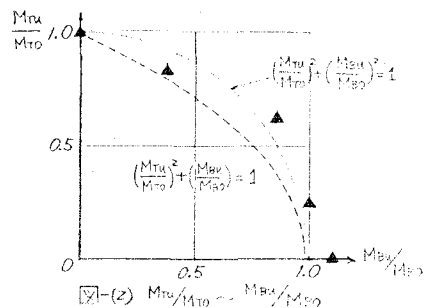
M_{Tu} : 終局時のねじりモーメント (t·m)
 M_{Bu} : " 曲げモーメント (")
 S_u : " せん断力 (t)

(ii) ねじりのみか作用した場合

No.	σ_c	ρ_v	M_{Ti}	M_{Tu}
1	193	0	0.40	0.42
2	202	0.2	0.32	0.40
3	192	0.4	0.32	0.52
4	201	0.6	0.40	0.80
5	197	1.3	0.34	0.73
6	197	1.83	0.34	0.80
7	216	3.02	0.38	0.90
8	197	0	0.34	0.34
9	197	0.4	0.36	0.36
10	320	0	0.40	0.44
11	299	0.4	0.34	0.63
12	320	1.3	0.44	0.85
13	341	1.83	0.42	1.01
14	341	3.02	0.40	1.13

σ_c : コンクリートの圧縮強度 (kg/cm^2)
 ρ_v : 腹鉄筋比 ($= A_s/b \times 100, \%$)
 M_T : ねじりモーメント (t·m)
 M_B : 曲げモーメント (")
 M_{Ti} : 斜ひびく発生時のねじりモーメント (t·m)
 M_{Bi} : " 曲げモーメント (")
 S_i : " せん断力 (t)

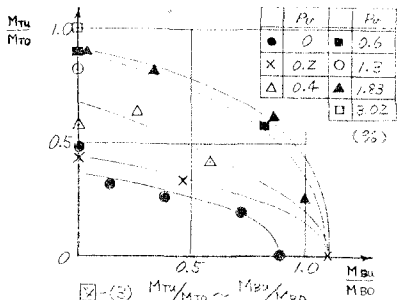
図(2)は終局時にける曲げモーメント(M_{bu})とねじりモーメント(M_{tu})との関係を無次元化して表わしたものである。なお、 M_{Bo} は終局強度理論より求めた純曲げモーメント、 M_{To} は実験値より求めた純ねじりモーメントである。図中の実線は、 $(M_{tu}/M_{To})^2 + (M_{bu}/M_{Bo})^2 = 1$ (1) で表わされるもので、従来実験値とよい近似を示すものと言われている式である。また破線は、 $(M_{tu}/M_{To})^2 + M_{bu}/M_{Bo} = 1$ (2) で示され、立体トラス理論より導き出された式である。この図より、終局時にける曲げとねじりの実験値の相互作用線は放物線に近いこと、および、(2)式は全ての実験値に対し多少安全側にあることより、実際の設計には(2)式を用いることが適切であると思われる。



図(2) $M_{tu}/M_{To} \sim M_{bu}/M_{Bo}$

(2) 曲げおよびねじりを受ける部材の終局耐力に及ぼすせん断力の影響

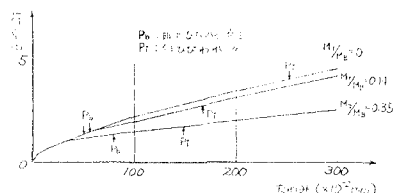
図(3)は曲げとねじりを受ける梁にせん断力がかかった場合の M_{bu} と M_{tu} との関係は無次元化して表わしたものである。この図より、腹部無補強梁の耐力低下は純ねじり強度で約60%，純曲げ強度で約20%であり、この場合の相互作用線はこれら2点を結ぶ放物線の様相を示した。これに腹部補強を行なうと耐力は増大し、腹鉄筋比(ρ_v)が大きくなるにつれて終局耐力は M_{tu}/M_{Bo} の小なる側より順次曲げとねじりの相互作用線に接近していく傾向を示した。すなわち曲げに対するねじりの比率が大となるにつれて腹部補強を十分に行なう必要があることを示している。また、曲げ、ねじりおよびせん断力を受ける部材に及ぼすコンクリートの圧縮強度(σ_c)の影響は以下であった。腹部無補強の場合は M_{tu}/M_{Bo} の大小に拘らず σ_c の耐力に及ぼす影響はほとんど見られなかったが、腹部補強を行なうと、 M_{tu}/M_{Bo} の値が大きくなるにつれて、 σ_c の増加に伴う終局耐力の増加割合は大なることを示した。



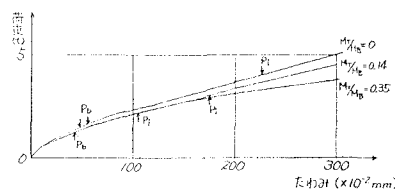
図(3) $M_{tu}/M_{To} \sim M_{bu}/M_{Bo}$

(3) ねじりを受ける部材の変形

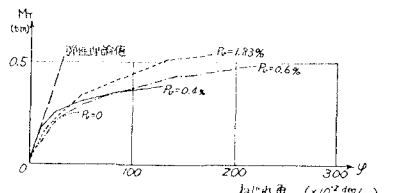
図(4)、(5)は曲げとねじりを受ける梁の荷重とたわみの関係を M_{tu}/M_{Bo} とパラメータに示したもので、この場合の σ_c は 200 kg/cm^2 で、 ρ_v は各 0 および 0.4% である。これらの図より、曲げ、ねじりおよびせん断力を受ける梁のたわみは、曲げひびわれ発生前で M_{tu}/M_{Bo} の値に拘らずほぼ同一であるが、曲げひびわれ発生後では同一荷重時の梁のたわみは M_{tu}/M_{Bo} の値が大なる程大となる傾向を示した。しかし、腹鉄筋を配置すると M_{tu}/M_{Bo} の違いによるたわみの差は小さくなり、腹鉄筋には梁のたわみに及ぼすねじりモーメントの影響を抑制する作用があることが認められた。



図(4) 荷重～たわみ ($\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$, $\rho_v = 0$)



図(5) 荷重～たわみ ($\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$, $\rho_v = 0.4\%$)



図(6) ねじりモーメント～ねじり角 ($\sigma_c = 200 \text{ kg/cm}^2$, $M_{tu}/M_{Bo} = 0.35$)

図(6)は、曲げ、ねじりおよびせん断力を受ける梁のねじりモーメント(M_t)とねじり角(θ)の関係を P_u とパラメータに示したものである。この図より、梁のねじり角は曲げひびわれ発生まではほぼ弾性理論値と一致するが、曲げひびわれ発生により剛性の低下が起こり、ねじり角は弾性理論値より大きくなる。斜めひびわれ発生後は特にこの傾向が著しく最終的なねじり角は弾性理論値よりはるかに大きい値となる。

5. あとがき 今後、せん断スパンと有効高さの比、断面形状、軸方向鉄筋比などを元範囲に変え、並びに PC も対象とし、曲げ、せん断およびねじりを受ける場合の終局耐力について研究を進める予定である。