

広島大学 学員 舟橋政司
東京工業大学 正会員 岡本享久
法政大学 正会員 船越 稔

1. まえがき

純ねじりあるいは曲げとねじりを受けるコンクリート部材の耐力は多数の研究により既にある程度明らかにされている。しかし、曲げとねじりにせん断力が加わった場合の耐力および変形に関する合理的な理論はいまだ確立されておらず、またこの種部材に関する実験資料も不足している。よって、本研究では曲げ・せん断とねじりを同時に受けるRC部材の性状を明らかにする目的で実験を行ない、結果に検討を加えた。

2. 実験方法

供試体は図1に示すように桁高22cm、幅14cmの矩形断面で、軸方向鉄筋にはSD-30、D-13およびD-16を用い、軸方向鉄筋比(ρ_x)にしてそれぞれ1.9%および3.0%の2種とした。腹鉄筋にはR-24、 $\phi 6$ および $\phi 9$ の2種からなる閉合スターラップを用い、腹鉄筋比(ρ_v)は0, 0.3, 0.6, 1.3, 2.0%の5種に変えた。載荷時のコンクリートの目標圧縮強度は200 kg/cm^2 および350 kg/cm^2 とした。載荷方法は図1に示す通りであり、ねじり載荷補助装置の支点位置を部材軸垂直方向に移動させることによりねじりモーメントと曲げモーメントの比(M_t/M_b)を0, 0.15, 0.3, 0.6, 1.2, ∞ に変えた。また載荷点の位置を移動させ、せん断スパンと有効高さの比(a/d)を $M_t/M_b=0, 0.3, 1.2$ の場合について2.0, 2.5, 2.8に変えた。

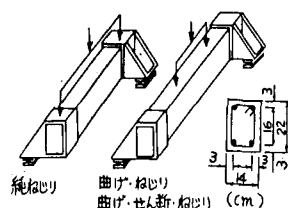


図1 供試体の断面寸法、載荷方法

3. 実験結果と考察

図2は初斜ひびわれ発生耐力および終局耐力の曲げ・せん断とねじりの相関関係を示したものである。無次元化に当たり M_{TU0} および M_{BU0} にはそれぞれ純ねじりおよび曲げ・せん断のみを受ける $\rho_v=1.3\%$ の腹部補強梁の実験値を用いた。 $\rho_v=1.3\%$ の場合における曲げ・ねじり、曲げ・せん断・ねじりを受ける梁の相関関係は四分円で表わされ、この場合の破壊形態は $M_t/M_b=\infty$ の場合はコンクリートの圧壊であり、 $M_t/M_b=0, 0.15, 0.3, 0.6, 1.2$ の場合は軸方向鉄筋の降伏であった。初斜ひびわれ発生時の相関関係は曲げ・ねじり、曲げ・せん断・ねじりの場合とも直線関係にあった。また、腹部無補強梁($\rho_v=0\%$)の終局耐力の相関関係は曲げ・せん断とねじりを同時に受ける場合放物線になり、曲げ・ねじりを受ける場合と比較して $M_t/M_b=0.3\sim 0.6$ の範囲でせん断力の影響により終局耐力は15~20%程低下した。初斜ひびわれ発生から腹部無補強梁($\rho_v=0\%$)の終局時までの耐力増加量は M_t/M_b の影響を強く受け、曲げ・ねじり、曲げ・せん断・ねじりの場合とも $M_t/M_b=0.15\sim 0.3$ の範囲で最も著しく、 $M_t/M_b=1.2$ 以上、すなわちねじりが卓越する時にはほとんど見られなかった。したがって腹部無補強梁における初斜ひびわれ発生後の応力の再分配はねじりが卓越する範囲では $M_t/M_b=0.15, 0.3$ の場合に比べて著しく小さいようである。

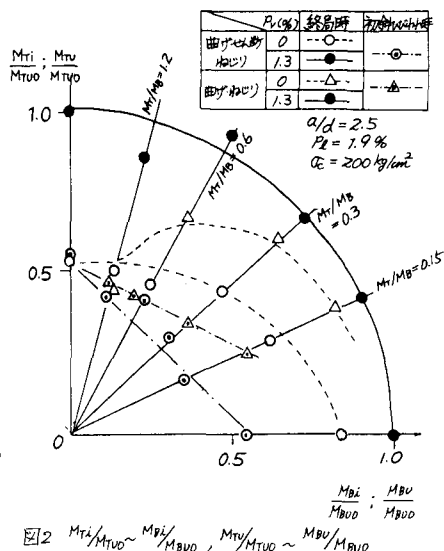


図3は終局ねじりモーメント(M_{tu})と ρ_v の関係を示したものである。曲げ・せん断とねじりを同時に受けるRC梁の破壊形態は本実験の範囲内で軸方向鉄筋あるいは腹鉄筋の降伏、コンクリートの圧壊に分類され、 M_t/M_b が

小なるほど破壊形態の変移を示す釣合い軸方向鉄筋比 (P_{eb}) は大きくなり、一方釣合い腹鉄筋比 (P_{fb}) は小さくなる。したがって P_{fb} 以下の腹鉄筋比では P_v の増加とともに終局耐力は増加するが、 P_{fb} 以上に腹鉄筋を配置しても、破壊形態が軸方向鉄筋の降伏あるいはコンクリートの左壊に移行するため耐力はほとんど増加しない。

図4は立体トラス理論⁽¹⁾、斜曲げ理論⁽²⁾と実験値との比較を示したものである。立体トラス理論は終局時の斜ひびわれが梁辺上にらせん状に入っていることを前提にして導入された式であり、また斜曲げ理論では終局時の斜ひびわれの様相よりむしろ中立軸が梁断面の両側面を横切る(オ1破壊形式)か、あるいは両上下面を横切る(オ2破壊形式)かに注目して理論を展開している。トラス理論はねじりが卓越している範囲で実験値とよく一致し、斜曲げ理論のオ1破壊形式に基づく式では、曲げせん断が卓越する時実験値とよい一致を示した。両理論とも軸方向鉄筋および腹鉄筋の両方が降伏したとして導入された式であり、コンクリートの左壊した梁では誤差が大きくなる。

図5、図6は M_v/H_b および q/d の相違がねじりモーメント (M_t) と単位長さ当たりのねじり角の関係に及ぼす影響を示したものである。ねじり角の実験値が弾性理論値と一致しなくなるのは、 $M_t/H_b = 0.3$ 以下では初斜ひびわれ時であり、 $M_t/H_b = 0.6$ 以上では曲げひびわれ発生時であった。同一 q/d におけるねじり変形には M_t/H_b が大きく影響し、その値が小さい時には初斜ひびわれ発生時のねじり強度も小さくなりひびわれ発生から破壊時までの変形量が小さまることが示され、 M_t/H_b の値が大きい場合には初斜ひびわれ時のねじり強度が大きくても初斜ひびわれ後の剛性低下が急激であった。初斜ひびわれ発生から補強鉄筋降伏までのねじり変形量は同一 M_t/H_b では q/d が小なる程又であり、また同一 q/d では M_t/H_b が大なる程の変形量は入きくなった。一方、補強鉄筋の降伏から破壊時までのねじり変形量は曲げ・せん断が卓越する範囲では q/d が小なる程大きくなったが、ねじりが卓越する範囲ではほとんど補強鉄筋の降伏と同様に破壊した。

4. あとがき

曲げ・せん断とねじりを同時に与えるRC梁の耐力および変形について検討を加えた。今後、断面形状が異なる場合およびフレストレストコンクリート梁についても検討し、ひびわれ角度、ひびわれ幅および鉄筋とコンクリートの付着などを中心にこれが耐力に及ぼす影響についても研究を進める予定である。

なお、本研究に對し昭和56年度科学研究費補助金が授けられました。ここに深く謝意を表します。

- (参考文献) 1) Bruno Thürlimann, "Torsional Strength of Reinforced and Prestressed Concrete Beams ... CEB Approach", ACI Publication SP-59, 1979, pp117-143
2) Lessig N.N., Traduit du russe selon (Béton et Béton Armé) No.3, 1949, C.T.P.

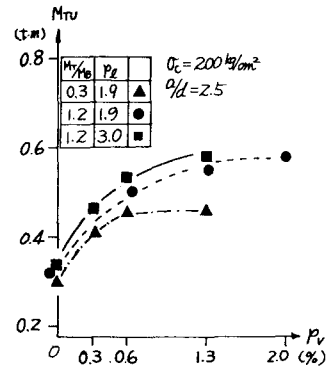


図3 M_t/H_b と P_v の関係

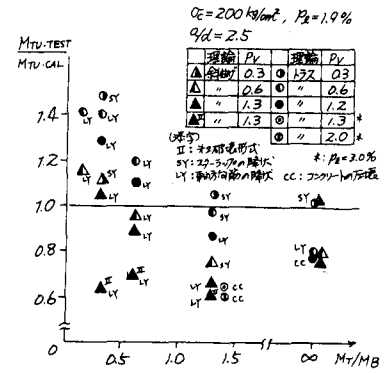


図4 立体トラス理論、斜曲げ理論との比較

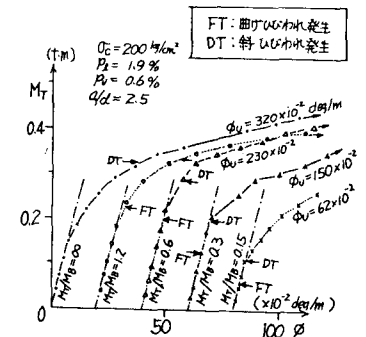


図5 ねじりモーメントと単位長さ当たりのねじり角 (M_t/H_b) の影響

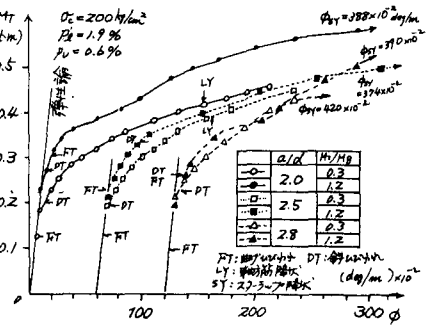


図6 ねじりモーメントと単位長さ当たりのねじり角 (q/d) の影響