

東京大学大学院 学生員 白井 高司  
東京大学大学院 学生員 二羽 淳一郎

### 1. はじめに

本研究は、ねじりとせん断の組み合わせ応力を受ける鉄筋コンクリート梁について、ねじりモーメントとせん断力の比を変えた供試体の破壊試験を行なうことにより、ねじりとせん断の相関関係について考察を行なったものである。また、一般にねじりを受けない場合に使用されるU型スターラップを用いた供試体での同様な破壊試験を行なうことにより、ねじりを受ける鉄筋コンクリート梁でのU型スターラップの適用限界の定量化を試みた。

### 2. 実験方法

図-1は、供試体の断面を示す。実験を行なった供試体の形状はすべて等しく、コンクリートの設計圧縮強度もすべて240 kg/cm<sup>2</sup>とした。図-2に、供試体の寸法及び配筋を示す。図-3は、載荷方法を示したもので、供試体に接続したアームの下支点の位置をずらすことにより、ねじりモーメントとせん断力の比(T/Vb; bは供試体の幅)を0.1, 0.3, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0の6種類に変化させた供試体について実験を行なった。また、U型スターラップを有する鉄筋コンクリート梁については、T/Vbが0.4, 0.6, 1.0の3種類の供試体について実験を行なった。

### 3. ねじりとせん断の相関関係

表-1は、閉合スターラップを有した鉄筋コンクリート梁の破壊試験によって得られたせん断耐荷力と、Collins<sup>1)</sup>の理論を適用した場合の計算値及び、松井<sup>2)</sup>の提案式による計算値を比較したものである。これによると、比較的ねじりが小さい領域では松井の提案式の方が適合性が良いことがわかる。図-4は、実験結果と松井の提案式を図示したものである。松井の式の特長は、せん断-ねじりの相関関係として、せん断が卓越する領域では

$$\frac{V}{V_u} + 0.35 \left( \frac{T}{T_u} \right)^{1.5} = 1 \quad \text{----- (1)}$$

ねじりが卓越する領域では

$$\frac{T}{T_u} + 0.35 \left( \frac{V}{V_u} \right)^{1.5} = 1 \quad \text{----- (2)}$$

ただし  $V_u$ : 荒川の式の純せん断強度

$T_u$ : Chakrabortyの式の純ねじり強度

という2本の曲線で破壊曲線を表わしていることである。本実験において、T/Vbが大きくなるに従って、破壊モードは曲げせん断破壊からねじりの影響によるらせん状破壊へ

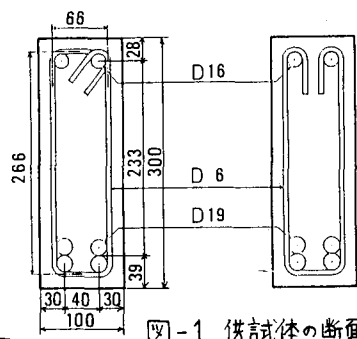


図-1 供試体の断面

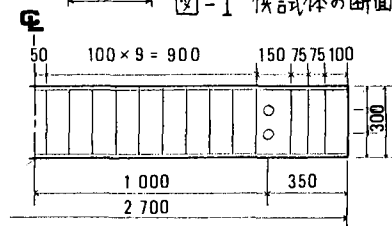


図-2 供試体の寸法及び配筋

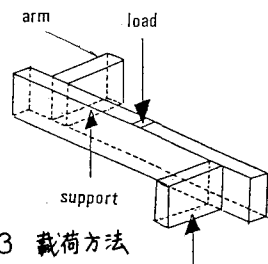


図-3 載荷方法

表-1 閉合スターラップ

| 供試体 | T/Vb | 実験値(t) | Collins (t) | 松井 (t)      |
|-----|------|--------|-------------|-------------|
| C1  | 0.1  | 20.3   | 18.5 (1.11) | 20.8 (0.97) |
| C2  | 0.3  | 19.2   | 18.2 (1.06) | 19.0 (1.01) |
| C3  | 0.4  | 18.2   | 17.9 (1.02) | 18.1 (1.01) |
| C4  | 0.6  | 16.6   | 15.1 (1.09) | 15.3 (1.08) |
| C5  | 0.8  | 11.0   | 13.0 (0.85) | 10.9 (1.01) |
| C6  | 1.0  | 12.2   | 11.6 (1.05) | 9.6 (1.27)  |

と移行していくのが観察された。この破壊モードが移り変わる境界は $T/Vb$ が0.4～0.6の範囲内にあり、破壊曲線(1),(2)式の交点付近であることから、松井の提案式の合理性が検証された。

4. スターラップのひずみ

図-5は、C3におけるスターラップの平均ひずみと荷重の関係を示したものである。図中の白丸はねじりによるせん断応力が曲げによるせん断応力を打ち消す面でのスターラップの平均ひずみを示し、黒丸はそれらのせん断応力が累加される面でのスターラップの平均ひずみを示している。また、 $V_s$ は支点及び載荷点付近のスターラップのひずみのリダクションを考慮した場合の、曲げによるスターラップのひずみの計算値である。 $V_t$ はCollinsによる空間トラスモデルに基づく式を用いて、ねじりモーメントを等価なせん断力に置き換えた場合のねじりによるスターラップひずみである。これによると、いずれの面でもねじりによる影響が過大評価されていることが認められる。なお、この傾向はねじりモーメントとせん断力の比が大きくなるに従い、顕著になることが認められた。

5. U型スターラップの適用限界

表-2は、U型スターラップを有する供試体の破壊試験によって得られたせん断耐力と、等しい $T/Vb$ での閉合スターラップを有する供試体の実験値との比を示したものである。図-6はこれらの実験結果を図示したものである。U型スターラップを有する供試体の破壊曲線は、図中のような曲線で近似される。この曲線は、ねじりが卓越する領域での松井の式(2)をy軸方向にシフトさせた次式で表わされるものである。

$$1.25 \frac{T}{T_u} + 0.35 \left( \frac{V}{V_u} \right)^{1.5} = 1 \text{ ----- (3)}$$

また、松井によると、せん断が卓越する領域ではせん断補強筋としてU型スターラップを用いてもほとんど耐力は落ちない。このことより、(3)式と、せん断が卓越する領域での松井の式(1)との交点が、U型スターラップの適用限界と考えられる。この2曲線の交点での $T/Vb$ は0.3程度であり、 $T/Vb$ が0.3より大きい場合はせん断補強筋として閉合スターラップを用い、小さい場合はU型スターラップの適用が可能と思われる。

今後は、さらにU型スターラップを有する鉄筋コンクリート梁のねじり試験のデータを蓄積することが望ましい。

参考文献

- Collins, M.P., Mitchell, D.: Shear and Torsion Design of Prestressed and Non-Prestressed Concrete Beams, Journal of P.C.I., Sept. 1980
- 松井雅志: せん断とねじりを受ける鉄筋コンクリート梁の強度と補強方法, 東京大学修士論文, 1981.3

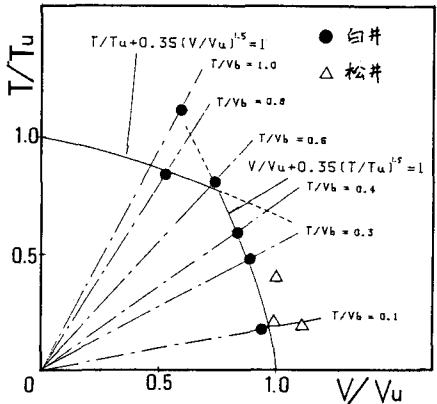


図-4 セン断-ねじりの相関関係

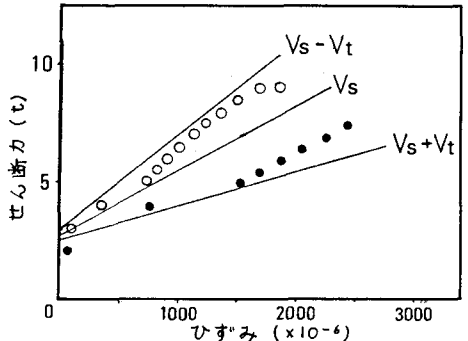


図-5 スターラップの平均ひずみ

表-2 U型スターラップ

| 供試体 | $T/Vb$ | 実験値(t) | U型/閉合 |
|-----|--------|--------|-------|
| U1  | 0.4    | 14.9   | 0.88  |
| U2  | 0.6    | 11.8   | 0.76  |
| U3  | 1.0    | 7.9    | 0.65  |

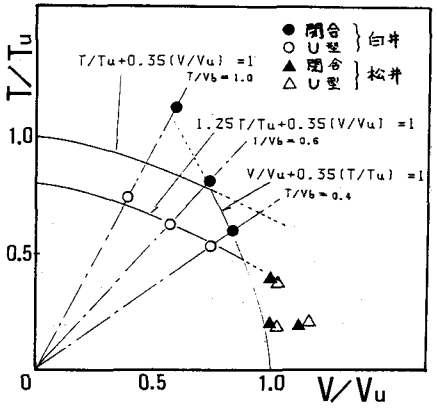


図-6 閉合・U型スターラップ