

横方向補強鉄筋量を変化させた鉄筋コンクリート部材のねじり疲労寿命

○ 国土館大学 正会員 久家秀龍
 国土館大学 正会員 川口直能
 (株)アーバン利根 馬場篤雄

1. はじめに

地震時などのように高負荷のねじりがコンクリート部材に繰返し作用した場合、負荷の荷重の程度により損傷や変形の度合いが異なり、通常の疲労挙動とは相違する可能性が考えられ、ねじり疲労について十分な考慮が必要となるときがある。鉄筋コンクリート部材に関する疲労性状の研究は、曲げ疲労を対象にしたものは多いが、ねじり疲労に関する研究は極めて少ない。そこで、本研究ではねじり補強鉄筋の横方向鉄筋量を変化させた鉄筋コンクリート部材に両振りねじりモーメントを作用させ、破壊までの繰返し回数や変形状等の相違から、疲労寿命を検討することを主な目的とした。

2. 実験概要

図-1に示すように試験体は幅15cm、高さ20cm、長さ2mである。ねじり補強鉄筋の軸方向鉄筋はSD295AのD13を断面の各すみに1本(計4本)とし、横方向鉄筋にはD10を用い、スターラップ比を次の3種類に変化させた。①3.5cm間隔：スターラップ比 $p_s = A_w / (b \cdot s) = 2.72\%$ (b:断面幅、s:スターラップ間隔、 A_w :スターラップ1組の断面積)。②7.0cm間隔： $p_s = 1.36\%$ 。③14.0cm間隔： $p_s = 0.68\%$ 。これらの試験体に、まず、一方向載荷(単調載荷)を行い、最大耐力およびねじれ角、各補強鉄筋のひずみ等を測定した。次に、単調載荷試験によって得られた破壊荷重の90%から60%を繰返し載荷荷重とし、正負方向に両振りねじりモーメントを破壊するまで加え、横方向鉄筋量および繰返し荷重レベルの相違が疲労性状に与える影響を検討した。

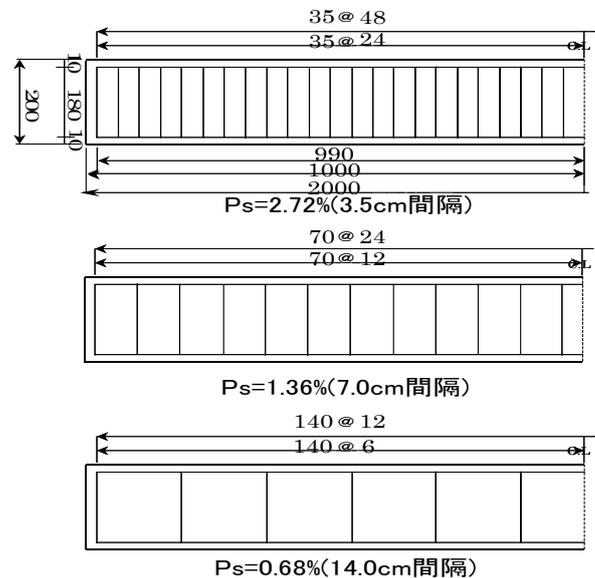


図-1. 配筋図

3. 実験結果

(1) 単調載荷試験

表-1. 単調載荷試験の測定結果

単調載荷試験	ひび割れ発生耐力とねじれ角		降伏時の耐力とねじれ角		破壊時の耐力とねじれ角		ねじり剛性		
	Mtc KN·m	θ_{tc} (rad/cm) × 10 ⁻⁴	Mty KN·m	θ_{ty} (rad/cm) × 10 ⁻⁴	Mtu KN·m	θ_{tu} (rad/cm) × 10 ⁻⁴	J ₀	J ₁	J ₂
$p_s=2.72\%$	3.92	0.15	11.33	1.33	13.15	3.20	2.65	0.59	0.11
$p_s=1.36\%$	3.95	0.12	8.55	1.24	8.73	1.57	3.29	0.40	0.05
$p_s=0.68\%$	5.01	0.26	6.98	1.06	7.56	3.03	2.05	0.42	0.02

測定結果を表-1にまとめた。単調載荷時の最大耐力は、横方向鉄筋が3.5cm間隔の試験体 ($p_s = 2.72\%$) を基準にしたとき、スターラップ比を1/2、1/4と減少させると、それぞれ3割および4割程度低下する結果が得

キーワード：両振りねじり、疲労寿命、横方向補強鉄筋量、S-N曲線、繰返し載荷

連絡先：〒154-8515 東京都世田谷区世田谷 4-28-1 国土館大学工学部 都市システム工学科 TEL.03-5481-3259

られた。また、 $p_s = 2.72\%$ の場合、部材の降伏現象が最大耐力の80%程度で観察されたが、横方向鉄筋量が少ない場合には、その現象が90%程度で観察され、降伏から破壊に至るまで耐力の余裕が極めて少ない傾向を示した。さらに、降伏後のねじり剛性は横方向鉄筋量が少ないほど著しく低下した。

(2) ひび割れ性状と疲労寿命（S-N曲線）

写真-1に示すとおり横方向鉄筋量の多いものほど、ひび割れ間隔が狭く、1本のひび割れ幅は小さい。また、繰返し载荷レベルをS(%), 破壊までの繰返し回数をN(回)としたとき、次のS-N曲線が得られ図-2に示した。

① $p_s = 2.72\%$ に対し： $S = -15.31 \log N + 96.57$

② $p_s = 1.36\%$ に対し： $S = -14.06 \log N + 100.52$

③ $p_s = 0.68\%$ に対し： $S = -9.98 \log N + 92.98$

スターラップ間隔が広く横方向鉄筋量が少なくなるほど関係式の傾きがゆるやかになる傾向が得られているが、ねじり補強鉄筋が十分でない場合 ($p_s = 0.68\%$) は、1本の直線式では評価できない可能性がある。なお、繰返し試験におけるねじりモーメントとねじれ角の関係の一例を図-3に示した。

4. まとめ

横方向補強鉄筋量を変えた鉄筋コンクリート部材に高負荷の両振りねじりモーメントを繰返し加え、疲労性状を検討した。本実験の範囲内で得られた特徴を列挙すれば以下の通りである。

- (ア) 横方向補強鉄筋量を変化させた場合のS-N曲線が得られ、実験式として提案した。このとき、ねじり補強鉄筋が適切に配置されていれば、通常の疲労挙動と同じく片対数直線式によって疲労寿命を推定できる。
- (イ) 一方ねじり最大耐力は横方向鉄筋量を1/2、1/4と減少させると、それぞれ3割および4割程度低下する。
- (ウ) 横方向鉄筋量が少ないほど、部材の降伏から破壊までの耐力の余裕が少なく、ねじり剛性が一気に低下する。
- (エ) 疲労耐力、疲労寿命の定式化にはデータの補充等を含めた更なる検討を重ねる必要がある。

【関連文献】 1) 久家秀龍、川口直能、小林和也：繰返しねじりを受ける鉄筋コンクリート部材の疲労挙動 第59回年次学術講演会 第V部門 V-366 平成16年9月 2) 久家秀龍、川口直能、小林和也：高負荷の繰返しねじりを受ける鉄筋コンクリート部材の疲労寿命 第58回年次講演会 第V部門 V-139 平成15年9月



$p_s = 2.72\%$ S-3.5cm (2002-70%-64回)



$p_s = 1.36\%$ S-7.0cm (2003-70%-127回)



$p_s = 0.68\%$ S-14.0cm (2004-70%-312回)

写真-1. ひび割れ性状

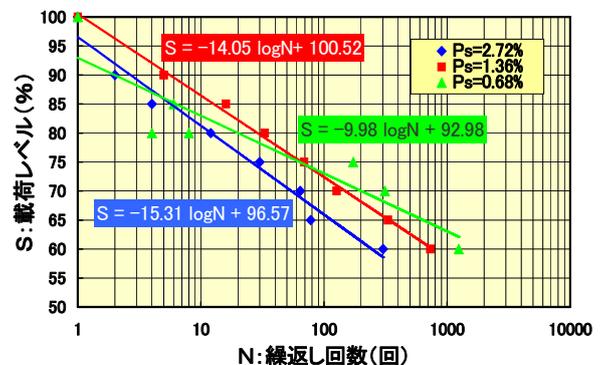


図-2. S-N 曲線

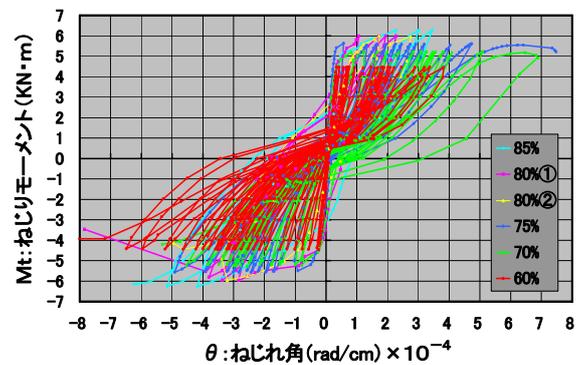


図-3. ねじりモーメント-ねじれ角