

鉄筋コンクリート部材のねじり疲労寿命の推定

国士舘大学 正会員 久家秀龍
 国士舘大学 フェロー会員 川口直能
 国士舘大学 学生会員 倉根和基

1. はじめに

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、繰返し載荷荷重と破壊までの繰返し回数の関係（S-N曲線）の傾向から、疲労寿命を検討した。

2. 実験概要

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、3.5cm間隔（ $p_s = 2.72\%$ ）と14.0cm間隔（ $p_s = 0.68\%$ ）の試験体には単調載荷試験によって得られた破壊荷重の90%から60%、また7.0cm間隔（ $p_s = 1.36\%$ ）には初期ひび割れ発生の直前直後と、部材の降伏現象が確認された直前、破壊する直前に相当する荷重も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、繰返し載荷荷重と破壊までの繰返し回数の相違が疲労性状に与える影響を検討した。

3. 実験結果

(1) 繰返し載荷荷重と破壊までの繰返し回数

測定結果を表-1にまとめた。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単調載荷時の最大耐力は低くなる。また、繰返し載荷荷重をS（kN・m）、破壊までの繰返し回数をN（回）としたとき、次の(1)式のようなS-N曲線が得られ、図-1に示した。

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{① } p_s = 2.72\% \text{ に対し: } S = -2.02 \log N + 12.68 \\
 \text{② } p_s = 1.36\% \text{ に対し: } S = -1.23 \log N + 8.72 \\
 \text{③ } p_s = 0.68\% \text{ に対し: } S = -0.83 \log N + 7.18
 \end{array} \right\} \text{----- (1)}$$

このようにねじり疲労であっても、通常の疲労挙動と同様に片対数を用いて直線式で評価できると思われる。このとき、定数項を単調載荷時のねじり耐力(M_{tu})とみなし、傾き(A)を横方向鉄筋量から定まる定数とみなせば、一般にねじり疲労寿命は次式によって評価可能なことが推定される。

$$S = A \log N + M_{tu} \text{----- (2)}$$

ここで、 M_{tu} は従来から提案されている耐力評価式による耐力を当てはめ、傾きAは次のようにすればよい。

(2) S-N曲線の傾きと横方向補強鉄筋量

傾きは(1)式のように横方向鉄筋量によって変化する。横方向鉄筋比を p_s (%)、S-N曲線の傾きをAとしたとき、1本の直線図が得られ図-2に示した。その関係式は次のとおりとなった。

$$A = -0.583 p_s - 0.435 \text{----- (3)}$$

横方向補強鉄筋量が少なくなるほどS-N曲線の傾きは小さくなる傾向が得られている。

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 国士舘大学工学部 都市システム工学科 TEL. 03-5481-3259

表一 1. 繰返し載荷荷重と破壊までの繰返し回数

横方向鉄筋比 間隔	載荷 レベル (%)	載荷 荷重 (KN・m)	破壊 回数 (回)	横方向鉄筋比 間隔	載荷 レベル (%)	載荷 荷重 (KN・m)	破壊 回数 (回)	横方向鉄筋比 間隔	載荷 レベル (%)	載荷 荷重 (KN・m)	破壊 回数 (回)
Ps= 2.72% 3.5cm	100	13.2	1	Ps= 1.36% 7.0cm	100	8.6	1	Ps= 0.68% 14.0cm	100	7.5	1
	90	11.8	2		※1 95	8.2	3		85	6.4	6
	85	11.2	4		90	7.7	5		80	6	8
	80	10.5	12		85	7.3	16		75	5.6	173
	75	9.7	30		80	6.9	33		70	5.3	312
	70	9.2	64		※2 78	6.7	50		60	4.5	1244
	65	8.5	78		75	6.4	69				
	60	7.9	302		70	6.0	127				
				65	5.6	331					
				※3 62	5.3	651					
				60	5.1	732					
				※4 45	4.0	—					

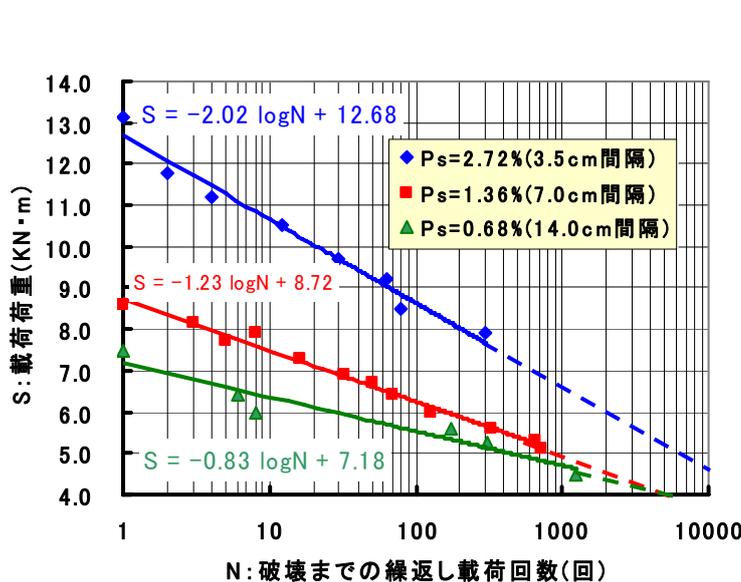
注. 載荷レベル 100%: 単調載荷試験

※1: 破壊直前

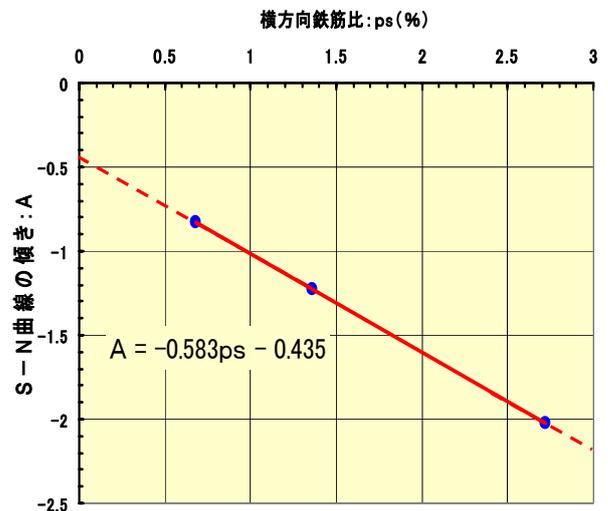
※2: 降伏直前

※3: ひび割れ発生直後

※4: ひび割れ発生直前



図一 1 S-N曲線



図二 2 S-N曲線の傾き

4. まとめ

疲労寿命について、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) 通常のねじり補強が施された場合のねじり疲労寿命は、(2)式に示したように片対数で表した直線式によって推定できると思われる。
- (イ) このときの傾きは横方向補強鉄筋量によって相違し、その実験的評価式を(3)式のように提案した。
- (ウ) 今回の実験は比較的高負荷の繰返し載荷実験（最大耐力の60%以上）であり、ひび割れ発生前の荷重を想定しての繰返し載荷試験は現在継続中である。したがって、これらの疲労耐力、疲労寿命の定式化には更なるデータの蓄積が必要であり今後の検討課題である。

【関連文献】 1) 久家秀龍、川口直能、馬場 篤雅：横方向補強鉄筋量を変化させた鉄筋コンクリート部のねじり疲労寿命 第60回年次講演会 第V部門 V-522 平成17年9月 2) 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 3) 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