

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

○ 国土館大学 学生会員 小林和也
 国土館大学 正会員 久家秀龍
 国土館大学 正会員 川口直能

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に地震時などのように高負荷のねじりが繰返し作用した場合、通常の疲労挙動とは相違する可能性が考えられる。本研究では鉄筋コンクリート部材に載荷レベルを変えた両振りねじりモーメントを作用させ、繰返し載荷レベルと破壊するまでの繰返し回数との関係（S - N 曲線）を求め、ねじり疲労寿命について検討した。また、前回の報告⁽¹⁾では載荷レベル 80% 近傍で不連続点が認められた。そこで本年度は、横方向補強筋量を 1/2（部材の寸法および軸方向筋量は同一である）として、横方向筋量を変えても同様の不連続点が認められるかについても検討した。

2. 実験概要

試験体は幅 15cm、高さ 20cm、長さ 2m である。ねじり補強筋の軸方向筋には SD295 の D13 を断面の各すみに 1 本（計 4 本）、横方向筋は D10 を 7.0cm 間隔：スターラップ比 $p_s = A_w / (b \cdot s) = 1.36\%$ （今回は 3.5cm 間隔： $p_s = 2.72\%$ ）で配置した（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）。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、正負方向の両振りねじりモーメントを破壊するまで加え、疲労寿命を検討した。

3. 実験結果

補強鉄筋の配筋図を図-1 に、単調載荷試験のねじりモーメントとねじれ角の関係を図-2 に、単調載荷試験の測定結果の代表値を表-1 に、繰返し載荷試験の測定結果の代表値を表-2 に、繰返し載荷レベルと破壊に至った繰返し回数との関係（S - N 曲線）を図-3 に示した。また、繰返し載荷試験のねじりモーメントとねじれ角の関係を図-4 に示した。

(1) 単調載荷試験

横方向筋量を 1/2 にすることにより最大耐力は 4 割程度低下した。また、軸方向補強鉄筋の降伏現象が破壊荷重の 95% 程度で観察され、（今回は 80% 程度）降伏から破壊に至るまでの余裕が極めて少ない。最大耐力時（破壊時）のねじれ角は 1/2 程度となった。初期剛性は 4 割程度低下し、破壊に至るまでの剛性の低下率は前回とほぼ同程度となった。

(2) 載荷レベルと繰返し載荷回数（S - N 曲線）

前回の S - N 曲線では、単調載荷試験の破壊荷重の 80% 程度を繰返し載荷レベルとした近傍で不連続点が認められ、その関係式は載荷レベル 90% ~ 80% が $S = -17.83 \log N + 92.22$ 載荷レベル 85% ~ 60% が

キーワード：両振りねじりモーメント、疲労寿命、S - N 曲線、ねじり剛性

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

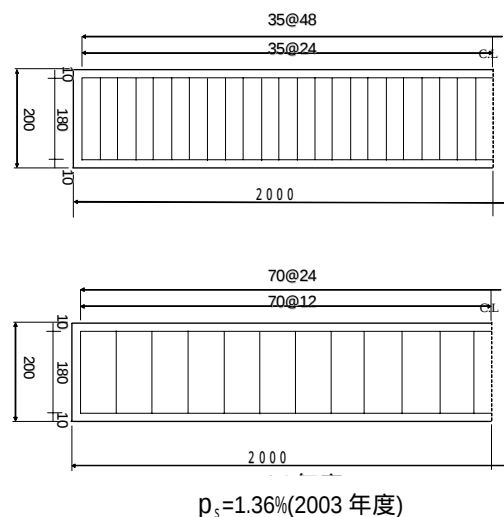


図-1. 補強鉄筋の配筋図

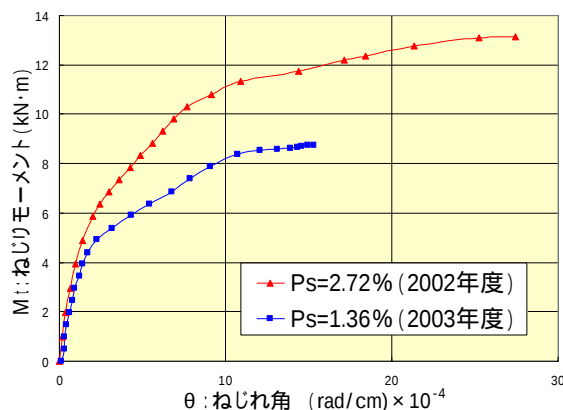


図-2. ねじりモーメントとねじれ角の関係（単調載荷試験）

表 - 1. 単調載荷試験の測定結果の代表値

単調載荷試験	ひび割れ発生		降 伏		破 壊		ねじり剛性		
	M_{tc} kN・m	θ_{tc} (rad/cm) $\times 10^{-4}$	M_{ty} kN・m	θ_{ty} (rad/cm) $\times 10^{-4}$	M_{tu} kN・m	θ_{tu} (rad/cm) $\times 10^{-4}$	J_0	J_1	J_2
$P_s=2.72\%$ (2002年度)	3.92	0.98	10.30	7.68	13.41	27.40	3.89	0.74	0.11
$P_s=1.36\%$ (2003年度)	3.92	2.06	8.06	10.48	8.42	12.86	2.37	0.43	0.15

$S = -13.99 \log N + 90.06$ であった。今回では、不連続点は認められず一直線となり、その関係式は $S = -14.06 \log N + 96.29$ となった。横方向鉄筋量を前回の $1/2$ ($p_s=1.36\%$) とした今回は、単調載荷試験における軸方向補強鉄筋の降伏が最大耐力の 95% 程度であったため、不連続点が生じなかったと思われる。なお、同レベルでの繰返し回数は、前回の 2 倍程度となった。

(3) 繰返し載荷試験における変形状

最大耐力時のねじれ角は、載荷レベルまたは横方向補強鉄筋量の違いによる差異は認められなかった。また、横方向補強鉄筋の降伏が確認されても、それが破壊に直接影響することはなかったが、軸方向補強鉄筋が降伏するとねじれ角が急激に増加し、破壊に至る傾向が見られた。これは軸方向補強鉄筋の降伏が破壊に大きく影響していると考えられる。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた特徴を列挙すれば以下のようになる。

- (ア) 横方向補強鉄筋量を変化させた場合の S-N 曲線が得られた。
- (イ) 横方向補強鉄筋量を $1/2$ にすると一方向最大耐力は 4 割程度低下するが、同一載荷重比（設定繰返し荷重と一方向最大耐力との比）に対する疲労寿命は約 2 倍になることが認められた。
- (ウ) ねじり最大耐力は従来、補強鉄筋の降伏強度をもとに評価されてきたが、最終的なねじり破壊は横方向補強鉄筋の降伏よりも、軸方向補強鉄筋の降伏によって生ずる可能性がある。
- (エ) 現在のところ実験はまだ初期の段階なので、疲労耐力・疲労挙動の定式化、データ補充等を含めさらに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：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：土木学会第 58 回年次学術講演会第 V 部門 v-139 2003 年 9 月

表 - 2. 繰返し載荷試験の測定結果の代表値

実施年度	繰返しねじり		最大ねじり耐力とねじれ角	
	載荷レベル	破壊回数	M_u (kN・m)	θ ($\times 10^{-4}$ rad/cm)
2003 ($P_s=1.36\%$)	90%	3 - 正	7.48	15.41
	85%	8 - 負	-6.73	-17.21
	80%	17 - 正	6.24	15.62
	75%	35 - 正	5.27	14.28
	70%	64 - 正	5.80	13.53
	65%	166 - 正	5.10	15.80
2002 ($P_s=2.72\%$)	60%	366 - 負	-4.68	-14.03
	90%	1 - 負	-11.18	-12.53
	85%	2 - 負	-9.11	-14.24
	80%	6 - 負	-9.41	-16.40
	75%	15 - 負	-9.02	-18.00
	70%	32 - 負	-8.45	-19.99
	65%	39 - 負	-7.78	-13.31
	60%	151 - 負	-6.99	-16.90

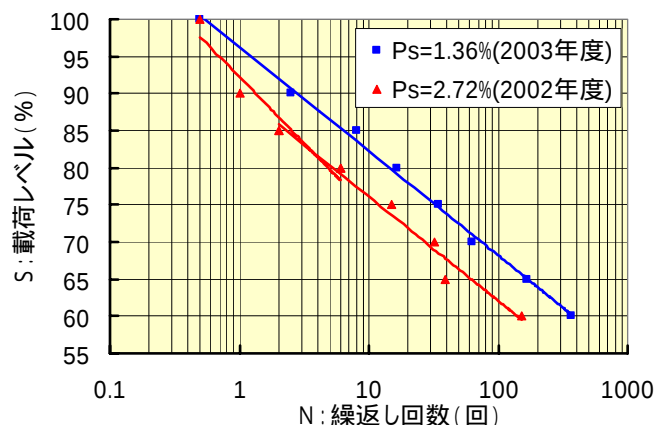


図-3. 載荷レベルと繰返し回数の関係 (S - N 曲線)

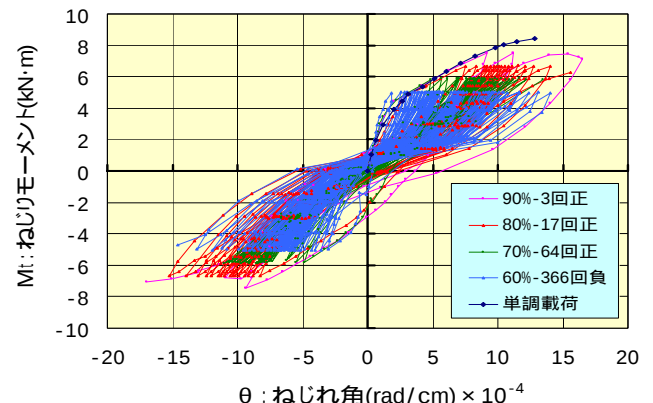


図-4. ねじりモーメント - ねじれ角の関係