

曲げ・せん断損傷を有する鉄筋コンクリート部材のねじり残存耐力と剛性の低下

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

1. はじめに

地震によるコンクリート構造物の損壊例にみられるとおり、構造物を構成する実際の部材が最終の破壊に至る場合には、以前に受けたいわゆる前載荷によって断面を貫通するひび割れや残留変形を生じた状態で破壊に至ったと推定される場合もある。これらの前載荷はその程度によっては構造物の残存耐力に重大な影響を及ぼすと思われる。そこで、本研究では前載荷として曲げ・せん断力を受け損傷した部材の残存ねじり耐力について検討した。このとき、前回の報告⁽¹⁾では、曲げ・せん断による損傷を持つ部材の残存ねじり耐力は、曲げ・せん断作用で降伏に至った時点で急激に低下する可能性があることが認められた。そこで本年度は、ねじり補強鉄筋の横方向筋量を $1/2$ として、横方向筋量を変えても同様の低下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 2.0m である。軸方向補強鉄筋はSD295A・D13 を 4 隅に 1 本（計、4 本）とし、横方向補強鉄筋（スターラップ）はD10 を用い、間隔は 14cm（スターラップ比 $p_s = A_{tw}/b \cdot s = 0.68\%$ ）とした。前回は 7cm 間隔（ $p_s = 1.36\%$ ）である。実験は、まず 2 点載荷の曲げ・せん断試験を行って最大耐力を求めた。次にその最大耐力の 40%～70%程度（曲げひび割れ発生後に相当する）、80%前後（降伏前後に相当する）、90%（破壊直前）を前載荷荷重レベルとして正・負方向に 1 回ずつ曲げ・せん断載荷を行った。その後、試験体の一端を固定端、他端を可動端として一方向ねじり荷重を破壊するまで加え、単調ねじり試験で求めておいた最大ねじり耐力と比較し残存ねじり耐力を検討した。

3. 実験結果

測定結果を表－1 に、ひび割れ状況の代表例を写真－1、写真－2 に、ねじりモーメントとねじれ角の関係を図－1、図－2 に示した。

表－1. 曲げ載荷試験(前載荷)・ねじり載荷試験の測定結果

横方向鉄筋 鉄筋比 間隔	前載荷曲げ試験		ねじり試験					
	条件	※-1 載荷レベル (%)	最大ねじり耐力とねじれ角		※-2 ねじり剛性			
			M_{tu} (kN・m)	θ (rad/cm) $\times 10^{-4}$	$J_0 \cdot J_0'$	J_1	J_2	J_3
$P_s=1.36\%$ 7.0cm	前載荷なし	0.0	10.76	7.96	16.74	10.00	0.95	0.16
	ひび割れ発生後	45.0	9.47	6.64	9.80	8.75	0.80	0.16
	ひび割れの発達	68.0	10.49	9.38	7.94	5.99	0.73	0.20
	降伏直後	80.5	7.72	14.58	3.10	2.32	0.40	0.09
	破壊直前	90.0	4.61	4.85	2.11	1.33	0.43	0.41
$P_s=0.68\%$ 14.0cm	前載荷なし	0.0	6.41	2.77	23.72	17.24	0.57	0.44
	ひび割れ発生後	42.0	5.79	3.41	14.15	7.87	0.45	0.27
	ひび割れの発達	60.0	6.26	3.17	10.19	7.25	0.45	0.44
	降伏直前	79.0	6.82	4.68	8.23	6.08	0.60	0.16
	降伏直後	80.5	4.53	3.15	5.19	2.84	0.85	0.07

※-1 曲げ載荷レベル(%)は曲げ・せん断試験の最大曲げ荷重に対する比である。

※-2 ねじり剛性 $J_0 \cdot J_0'$: 0～ねじりひび割れ発生 J_1 : ねじりひび割れ～4面にひび割れが貫通
 J_2 : 4面にひび割れ貫通～降伏 J_3 : 降伏～破壊

キーワード：ねじり、残存ねじり耐力、ねじり剛性、曲げ・せん断

連絡先：〒 154-8515 東京都世田谷区世田谷4-28-1 国士舘大学理工学部 TEL. 03-5481-3259

(1) 残存ねじり耐力 横方向筋の間隔が14cmで前載荷の載荷レベルを曲げ・せん断最大耐力の80.5%と90%とした試験体は、前載荷時に部材の降伏現象が確認され、表-1 に示したとおり、ねじり耐力は30%程度低下した。前載荷レベルを40~79%とした試験体のねじり耐力は若干の低下が認められる程度であった。このことから残存ねじり耐力は、とくに前載荷の曲げ・せん断作用で降伏に至った時点で、損傷による影響を受け、急激に低下することが確かめられた。これらの現象は、前回実験を行った横方向筋の間隔が7cmの場合と同様の結果となった。

(2) ねじり剛性 ねじりひび割れ発生からひび割れが部材の4面にらせん状に貫通するまでの剛性を単調ねじり試験の初期剛性と比較すると、前載荷時に部材の降伏現象が確認された試験体のねじり剛性は初期剛性の10%~20%程度まで大きく低下した。前載荷レベルが比較的低い40~79%とした試験体でもねじり剛性は40%~75%程度低下した。このことから、前載荷時の曲げ・せん断作用で部材が降伏に至っていないくとも、曲げひび割れが発生していれば、曲げ損傷の影響を受けねじり剛性は低下するものと思われる。また、低下の度合いは、前載荷レベルが大きいほど高い。

4. まとめ

本実験の範囲内で得られた特徴を列挙すれば以下のとおりである。

- (ア) 曲げ・せん断による損傷を持つ部材のねじり耐力は、部材が曲げ降伏前であればあまり変わらず、曲げ降伏後であれば30%程度低下する。すなわち残存ねじり耐力は、曲げ・せん断作用で降伏に至った時点で急激に低下する可能性があると思われる。
- (イ) ねじり剛性は、前載荷時の曲げせん断作用で部材が降伏前であれば40%~75%程度低下し、曲げ降伏後であれば80%~90%程度低下する。すなわちねじり剛性については、曲げ・せん断作用による降伏の有無に拘らず曲げ損傷の影響を受け、大幅に低下する。

【関連文献】(1) 久家秀龍、川口直能、倉根和基：曲げ・せん断あるいはねじり損傷を有する鉄筋コンクリート部材の残存耐力 第62回年次講演会 第V部門 5-341 平成19年9月



前載荷曲げ 45.0%→ねじり残存耐力:90%



前載荷曲げ 80.4%→ねじり残存耐力:70%

写真-1. ひび割れ状況 (7cm 間隔)



前載荷曲げ 42.0%→ねじり残存耐力:90%



前載荷曲げ 80.5%→ねじり残存耐力:70%

写真-2. ひび割れ状況 (14cm 間隔)

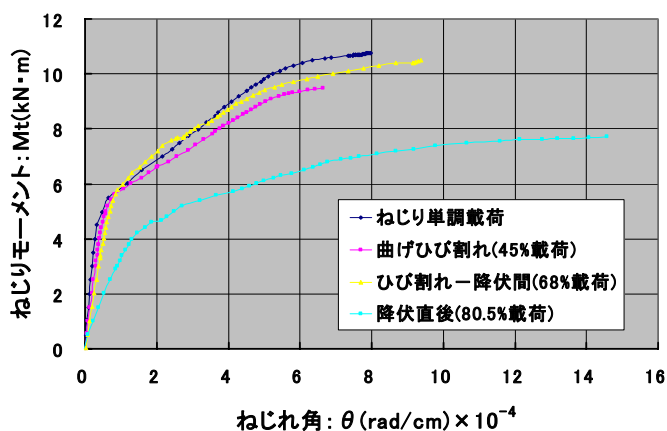


図-1. ねじりモーメント-ねじれ角(7cm間隔: Ps=1.36%)

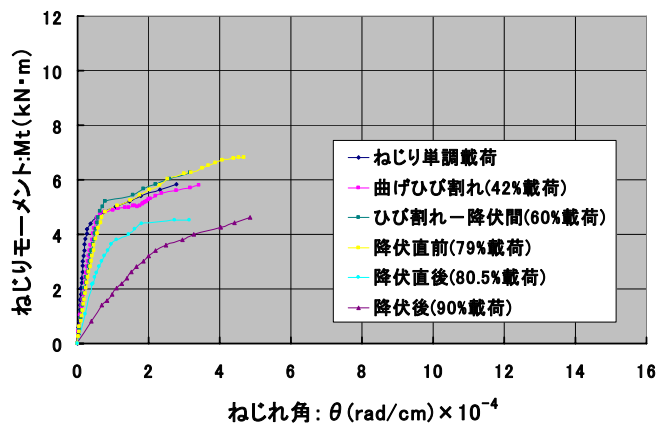


図-2. ねじりモーメント-ねじれ角(14cm間隔: Ps=0.68%)