

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 (曲げ降伏後の損傷状態の差異がねじり耐力に及ぼす影響)

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、前回までの報告^{関連文献(1)～(3)}では、残存ねじり耐力は、前載荷での曲げ・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、前載荷で正方向のみに曲げ降伏、または正負双方向に曲げ降伏させた部材にねじり載荷を施し、主に曲げ降伏状態の差異がねじり耐力にどのような影響を及ぼすのかを検討した。

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 7cm (スターラップ比 $P_s = A_{tw}/b \cdot s = 1.36\%$) とした。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。次にこのとき得られた最大耐力の 85% (降伏後に相当する) を正方向のみに曲げ・せん断載荷する一方向載荷、同じく 85% を正負方向に 1 回づつ載荷する双方向載荷、また 95% (破壊直前) を正負方向に 1 回づつ載荷する双方向載荷の 3 通りの荷重を前載荷としてそれぞれ加えた。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等を検討した。

3. 実験結果

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

表-1. 測定結果

横方向鉄筋 鉄筋比 と 間隔	前 載 荷		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}	θ	$J_0 \cdot J_0'$	J_1	J_2	J_3
			(kN・m)	(rad/cm) $\times 10^{-4}$	(kN・m/rad $\times 10^{-2}$)			
2009年度 $P_s=1.36\%$ 7.0cm	前載荷なし	0.0	10.76	7.96	16.74	0.99	0.95	0.16
	ひび割れ発生後	45.0	9.47	6.64	9.80	0.80	0.80	0.16
	ひび割れの発達	67.6	10.49	9.38	7.94	0.85	0.73	0.20
	正・負降伏直後	80.4	7.72	14.58	3.10	0.40	0.40	0.09
2010年度 $P_s=1.36\%$ 7.0cm	前載荷なし	0.0	9.30	6.12	15.70	1.00	0.62	0.47
	正のみ降伏	85.0	8.83	7.53	5.93	0.87	0.56	0.17
	正・負降伏	85.0	7.43	13.81	2.04	0.83	0.30	0.18
	正 破壊直前	正 95.0	5.79	12.58	1.56	0.40	0.21	0.07
	負 降伏直後	負 80.0						

※-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 前载荷として曲げ・せん断最大耐力の85%を正方向のみ一方向に载荷した試験体は前载荷時に引張側2本の鉄筋に降伏が確認され、ねじり耐力は5%程度低下した。载荷レベルを85%として正負方向に双方向载荷した試験体は正方向载荷で引張側2本と、試験体を反転して行った負方向载荷で残り2本の軸方向筋の降伏が確認され、ねじり耐力は20%程度低下した。载荷荷重レベルを95%として正負方向に载荷する計画であった試験体は正方向载荷での損傷が著しく負方向の载荷荷重レベルを80%に下げて载荷したが、ねじり耐力は本来の耐力の60%程度まで低下した。このことからねじり耐力は、前载荷の曲げ・せん断作用が一方向で片側鉄筋だけが降伏に至ってもあまり低下しないが、正負双方向载荷で上下すべての軸方向筋が降伏した場合には、急激に低下することが確かめられた。

(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、前载荷荷重レベルを85%として正方向のみ一方向に曲げ・せん断载荷した試験体は40~5%程度に、前载荷レベルを85%として正負方向に双方向载荷した試験体は15~5%程度に、前载荷荷重レベルを正方向95%と負方向80%にして载荷した試験体は10~3%程度になり、ねじり剛性は前载荷での曲げ降伏が正方向のみであっても、正負双方向であっても前载荷による損傷の影響を受け、急激に低下する。

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、正一方向曲げ载荷で下部引張側軸方向補強鉄筋が降伏する程度の損傷を受けてもほとんど低下しないが、正負双方向曲げ载荷で上下の軸方向補強鉄筋が降伏する程度以上の損傷を受けた場合、20~40%程度低下する。
- (イ) ねじり剛性は曲げ降伏が正一方向のみであっても、正負双方向であっても曲げ・せん断による損傷の影響を受け、急激に低下する。
なお、ねじりの場合、ねじりひび割れ間のコンクリートはねじり剛性の保持に対する寄与が少ないことが予想される。



ねじり単調载荷(前载荷なし)



正一方向曲げ降伏→ねじり試験



正・負双方向曲げ降伏→ねじり試験



正方向 曲げ破壊直前・負方向 曲げ降伏→ねじり試験

写真-1. ひび割れ状況

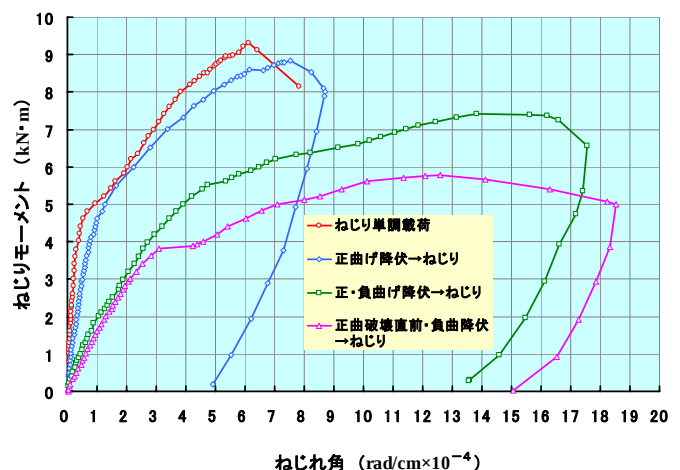


図-1. ねじりモーメントーねじれ角

【関連文献】

- (1) 久家秀龍、川口直能：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 第64回年次講演会 第V部門 5-508 平成21年9月
- (2) 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
- (3) 久家秀龍、川口直能、倉根和基：鉄筋コンクリート部材のねじり疲労寿命の推定 第61回年次講演会 第V部門 5-441 平成18年9月