

曲げ・せん断降伏の損傷を有する鉄筋コンクリート部材のねじり耐力  
 （補強鉄筋の品質及び軸方向鉄筋量の影響）

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<sup>(1)</sup>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、補強鉄筋の品質（SD295AからSD345に）及び軸方向鉄筋量（4D13 から 4D16 に）を変え、曲げ降伏させた部材にねじり載荷を施し、主に補強鉄筋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SD345・D16 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%程度(降伏直後に相当する)を正負方向に 1 回ずつ曲げ・せん断載荷する双方向載荷、また 95%程度(破壊直前)を正負方向に 1 回ずつ載荷する双方向載荷の 2 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、前回の補強鉄筋SD295Aのねじりモーメントとねじれ角の関係を図－1 に今回のSD345のねじりモーメントとねじれ角の関係を図－2 示した。

表－1. 測定結果

| 鉄筋                          | 前載荷曲げ試験 |       | ねじり試験            |                               |                                    |       |       |       |
|-----------------------------|---------|-------|------------------|-------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|
|                             | 条件      | 載荷レベル | 最大ねじり耐力とねじれ角     |                               | ねじり剛性                              |       |       |       |
|                             |         |       | $M_{tw}$         | $\theta$                      | $J_0 \cdot J_0'$                   | $J_1$ | $J_2$ | $J_3$ |
| 使用鉄筋                        |         | (%)   | ( $kN \cdot m$ ) | ( $rad/cm$ ) $\times 10^{-4}$ | (kN $\cdot m/rad \times 10^{-8}$ ) |       |       |       |
| SD295A<br>軸筋4D13<br>横方向筋D10 | 前載荷なし   | —     | 9.30             | 6.12                          | 15.70                              | 1.00  | 0.62  | 0.47  |
|                             | 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  | 5.79             | 12.58                         | 1.56                               | 0.40  | 0.21  | 0.07  |
|                             | 負降伏直後   | 負 80  |                  |                               |                                    |       |       |       |
| SD345<br>軸筋 4D16<br>横方向筋D10 | 前載荷なし   | —     | 11.69            | 10.15                         | 10.78                              | 1.48  | 1.09  | 0.22  |
|                             | 正・負降伏   | 82.0  | 11.53            | 11.20                         | 4.14                               | 0.94  | 0.61  | 0.12  |
|                             | 正・負破壊直前 | 85.0  | 8.98             | 29.89                         | 0.66                               | 0.47  | 0.29  | 0.10  |

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。

ねじり剛性  $J_0 \cdot J_0'$ : 0～ねじりひび割れ発生  
 $J_2$ : 4面にひび割れ貫通～降伏

$J_1$ : ねじりひび割れ～4面にひび割れが貫通  
 $J_3$ : 降伏～破壊

キーワード：ねじり耐力、ねじり剛性、前載荷、補強鉄筋の品質、軸補強鉄筋量  
 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) 曲げ耐力及び残存ねじり耐力

今回の補強鉄筋の品質をSD345に、軸方向鉄筋量を4D16とした試験体は、前回の補強鉄筋の品質をSD295Aに、軸方向鉄筋量を4D13とした試験体よりも単調曲げ耐力は50%程度、単調ねじり耐力は25%程度増加した。前载荷として曲げ降伏程度の荷重を正負方向に双方方向载荷した試験体のねじり耐力は、前回のSD295Aでは20%程度低下したが、今回のSD345ではほとんど変わらない値を示した。このことから補強鉄筋の品質及び軸方向鉄筋量を上げることにより、前载荷の曲げ作用での損傷が軽減され、本来のねじり耐力を保持できたと考えられる。一方、曲げ破壊直前程度の荷重を正負方向に载荷した試験体のねじり耐力は、前回のSD295Aでは本来の耐力の60%程度まで、今回のSD345では75%程度まで低下した。

### (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、前回のSD295Aの試験体は前载荷で曲げ降伏程度の損傷を受けた試験体は15~5%程度まで低下した。曲げ破壊直前程度の場合では10~3%程度であった。品質等を向上させた今回は、曲げ降伏程度の損傷を受けた試験体は40~10%程度となり低下の度合いが若干少ない。一方、曲げ破壊直前程度の場合では5%程度以下になり、前回と同様の傾向が得られた。

## 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) ねじり耐力は補強鉄筋の品質及び軸方向鉄筋の量を上げることにより、前载荷の曲げ・せん断作用で軸方向鉄筋が降伏した場合でも、低下を抑制することが出来る。
- (イ) 曲げ破壊直前程度の前载荷を受けた場合は、曲げ・せん断による損傷の影響を受け、補強鉄筋の品質及び軸方向鉄筋の量を上げても、ねじり耐力は25%程度低下する。
- (ウ) ねじり剛性は、品質等を向上させることにより、前载荷で曲げ降伏程度の損傷を受けた場合でも低下の度合いが少なくなる可能性がある。しかし、曲げ破壊直前程度の損傷を受け

た場合は、急激に低下する。

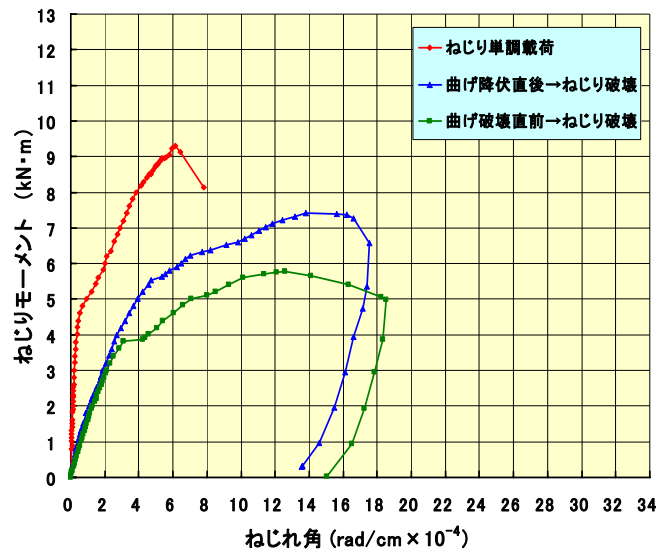


図-1. ねじりモーメントーねじれ角(SD295-4D13)

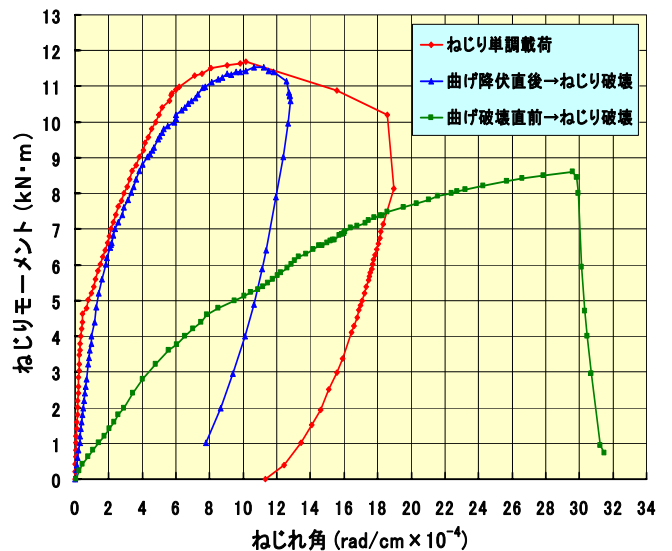


図-2. ねじりモーメントーねじれ角(SD345-4D16)

- 【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（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） 第65回年次講演会 第5部門 V-565 平成22年9月
- (2) 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5部門 V-508 平成21年9月
- (3) 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