

R C 部材の二軸曲げを考慮した複合応力実験

オリエンタル建設（株） 正会員 浦川 洋介 九州大学大学院 教授 フェロー 大塚 久哲
九州大学大学院 工学府 学生会員 白石 昭寿 九州大学大学院 工学府 学生会員 西 祐樹

1. はじめに

著者らは、これまでR C部材を対象とし、軸力 - 曲げ - ねじりが同時に作用する複合応力状態における一連の実験を行い、その復元力特性および非線形特性に関する知見を得た^{1)~3)}。本検討ではさらに、実際の地震力の作用方向が任意であることを考慮して、二軸曲げによる影響を把握するため新たに追加実験を行った。

2. 実験概要

複合ねじり実験の概要を、図 - 1 に、载荷状況を図 - 2 に示す。供試体は、400mm × 400mm の充実矩形断面であり、柱部分の長さは1600mmである。二軸曲げの供試体は、柱部断面をフーチングに対して45°傾斜させることで、1本の曲げ载荷用ジャッキにて二軸曲げ载荷を行うこととした。载荷タイプは、曲げとねじりの载荷比率変えた5ケース（純ねじり、ねじり卓越、中間、曲げ卓越、純曲げ）とし、そのうち純ねじりを除く4ケースについては、従来の主軸方向の曲げ（一軸曲げ）に対し、45°方向に曲げを作用させた（二軸曲げ）。また、コンクリートの設計基準強度（40N/mm²）、作用軸力（4.0MPa）、帯鉄筋間隔（30mm）は共通とした。表 - 1 に今回対象とした検討ケースを示す。なお、先に行った二軸曲げ以外の実験の詳細については、参考文献1)~3)を参照されたい。

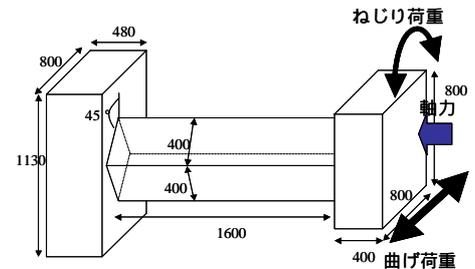


図 - 1 供試体概要



図 - 2 载荷状況

3. 実験結果

3.1 荷重 - 変位関係

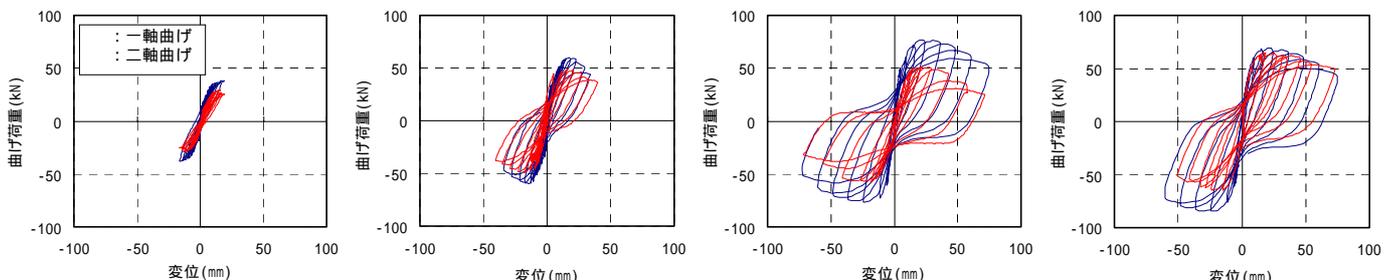
曲げの荷重 - 変位関係について、一軸曲げおよび二軸曲げの比較を図 - 3 に示す。ここで、二軸曲げについては、载荷方向が主軸に対して45°となることから、一軸曲げとの比較のため曲げ载荷荷重を2で除して各成分の値とした。これより、いずれのケースにおいても一軸曲げ作用時における耐力の方が二軸曲げ作用時の耐力より小さくなる。

ねじり荷重 - ねじり角関係について、一軸曲げ作用時および二軸曲げ作用時の比較を図 - 4 に示す。これより、ねじりに関しては、一軸曲げ作用時に比べ、二軸曲げ作用時のねじり耐力が低下することが分かる。またその影響は、曲げの载荷比率が大きくなるにつれて顕著となる。

表 - 1 検討ケース

	軸力 (MPa)	帯鉄筋間隔 (mm)	目標载荷比率		圧縮強度 (N/mm ²)
			Mt/ Mb	载荷タイプ	
一軸曲げ	4.0	30	- (90°)	純ねじり	35.3
			1.73 (60°)	ねじり卓越型	49.3
			1.00 (45°)	中間型	50.4
			0.58 (30°)	曲げ卓越型	47.5
			- (0°)	純曲げ	40.6
二軸曲げ	4.0	30	1.73 (60°)	ねじり卓越型	48.1 *
			1.00 (45°)	中間型	46.7 *
			0.58 (30°)	曲げ卓越型	51.0 *
			- (0°)	純曲げ	51.6 *

*印は、今回行った追加実験



(a) ねじり卓越型

(b) 中間型

(c) 曲げ卓越型

(d) 純曲げ

図 - 3 曲げ荷重 - 曲げ変形関係

キーワード：二軸曲げ，R C 部材，複合応力

連絡先：〒810-0001 福岡市中央区天神 4-2-31（第2サンビル）オリエンタル建設(株) 福岡支店 TEL 092-761-6934

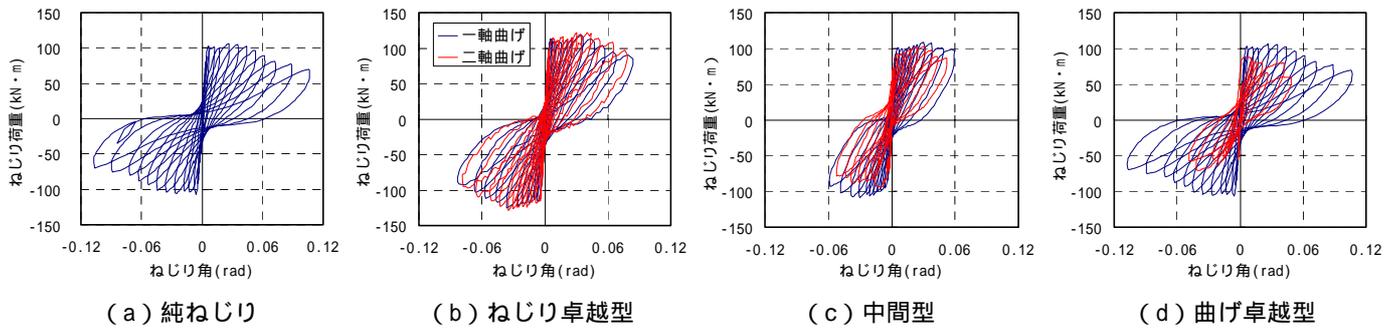


図 - 4 ねじりモーメント - ねじり角関係

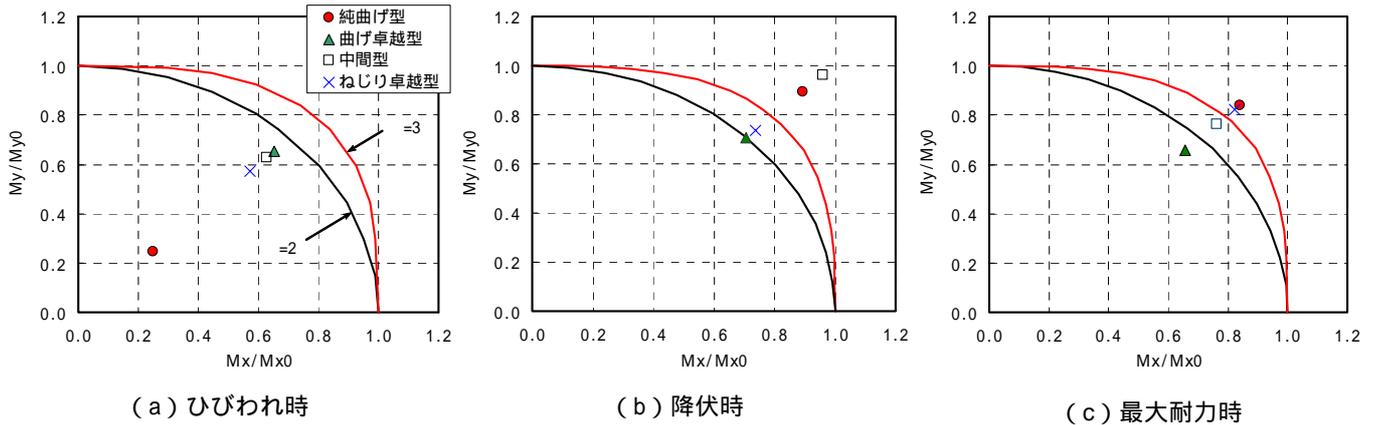


図 - 5 二軸相関関係

3.2 二軸相関曲線

ひびわれ時，降伏時，最大耐力時における各ケースの二軸相関曲線を図 - 5 に示す．ここで，相関曲線は，一軸曲げ作用時の主軸に直交する各成分方向の耐力（実験値）を 1.0 として正規化している．また，図中には，式 (1) で表される相関曲線（=2,3）を併記している⁴⁾．なお，ひびわれ時の相関曲線で，純曲げの結果のみ著しく耐力が低下しているが，これはひびわれが目視で確認された時点をはひびわれ時と定義しているため，二軸曲げ時に隅角部に発生した微小なひびわれをカウントしたことによるものと考えられる．

$$(M_x / M_{x0}) + (M_y / M_{y0}) = 1.0 \dots\dots\dots (1)$$

二軸曲げ作用時の各ケースの相関は，ひびわれ時には =2 の相関曲線の内側に分布し，降伏時には =2 の相関曲線の外側に分布する．最大耐力時には =2~3 程度に分布するが，荷荷比率等による有意な関係は確認できなかった．

4. まとめ

本検討で得られた知見をまとめると以下のとおりである．

- (1) 二軸曲げ作用時の曲げ耐力は，一軸曲げ作用時に比べ小さくなる．
- (2) 二軸曲げ作用時のねじり耐力は，一軸曲げ作用時に比べ小さくなり，曲げの荷荷比率が大きいほどその影響は顕著となる．
- (3) 二軸曲げ作用時の各ケースの相関は，最大耐力時には =2~3 程度に分布するが，ばらつきが大きく，荷荷比率等による有意な関係は確認できなかった．

参考文献

- 1) 大塚，竹下，王：軸力，曲げおよびねじりの複合荷重を受ける R C 部材の履歴復元力に関する実験的考察，土木学会地震工学論文集，No.067，2003.10.
- 2) 浦川，大塚，竹下：軸力，曲げおよびねじりを同時に受ける R C 部材の非線形挙動に関する実験的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.51A，pp885-pp.892，2005.3.
- 3) 大塚，竹下，浦川：軸力，曲げ / せん断及びねじりの複合荷重を同時に受ける R C 部材の耐震性能と相関特性，土木学会論文集，No.801 / -73，pp.123-pp.139，2005.10.
- 4) 佐藤，小林，上野：二軸曲げ交番荷重を受ける R C 柱の基礎的研究，土木学会第 58 回次学術講演会，2003.9.