

京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和
 京都大学工学研究科 学生員 ○石田 聡史

1. はじめに

中実断面と比べてウェブ部の薄い中空断面 RC 橋脚は、せん断力の影響が大きく、全体変形に占めるせん断変形の割合が大きい。特に、正負交番繰返し载荷を受ける場合の破壊形態については、繰返しによる曲げからせん断への移行が考えられるので、曲げに関する変形挙動を追跡するだけでは不十分であり、せん断変形挙動も把握する必要がある。

そこで、本研究では中空断面 RC 柱部材の正負交番繰返し载荷実験を行い、全体変形を曲げ・せん断・主筋の抜け出しによる回転の 3 つの変形モードに分離し、それら変形量の推移状況から中空断面 RC 柱部材の変形性能を検討した。

2. 実験概要

今回の実験で採用する橋脚モデルは断面長が $320 \times 320 \text{ mm}$ 、断面有効高さが 294 mm 、せん断スパンが 1200 mm 、 a/d が 4.1 で内部に $200 \times 200 \text{ mm}$ の中空部を有する中空断面 RC 柱部材である。主鉄筋には SD295D10 を用い、スターラップには SD345D6 と SD345D3 を用いている。さらに、比較のために曲げ耐力がほぼ等しい中実断面

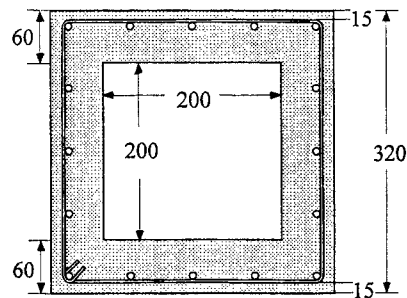


Fig. 2.1 供試体断面(中空)

の橋脚モデルを用意している。载荷は降伏変位 δ_y を基準変位とする、一定振幅変位漸増方式で行った。

供試体断面図及び全図を Fig. 2.1, Fig. 2.2 に、供試体諸量を Table 2 に示す。

Table 2 供試体諸量

No.	断面形状	軸力(MPa)	帯鉄筋比(%)	繰返し回数
1	中空	4.7	0.91	10
2	中空	4.7	0.91	3
3	中空	4.7	0.20	3
4	中実	2.9	0.91	3

3. 変形量の分離計算方法

曲げ変形量・せん断変形量は、それぞれ以下に述べる方法で算出した。また、基部両側最下部の変位計から得られる曲率が全て主筋の抜け出しによるものとして付加回転変形量を算出した。変位計を取り付けていない区間は 1 つの弾性体と考えて、その区間における曲げ・せん断変形量を足しあわせたものを载荷点における変形量とした。

曲げ変形量算出法

曲げ変形量 δ_f は曲率分布を高き方向に 2 回積分して求める。

せん断変形量算出法

1 組の対角方向の変位をそれぞれ Δ_{1i} 、 Δ_{2i} とし、 θ_i を変位計と水平面のなす角度とすると、1 つのセグメントのせん断変形量 δ_{si} は、次式で表される。

$$\delta_{si} = (\Delta_{1i} - \Delta_{2i}) / 2 \cos \theta_i$$

このせん断変形量を 4 つのセグメントについて合計したものが、測定区間におけるせん断変形量となる。

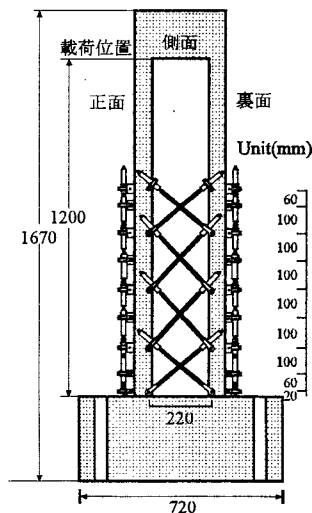


Fig. 2.2 変位計の配置

4. 破壊性状

中空断面 No.2 と中実断面 No.4 の側面のひび割れ進行状況を Fig. 4 に示す。No.2 と No.4 は共に曲げ破壊で終局に至ったが、同じ曲げ破壊でもその様相は違ったものであった。載荷初期において、No.4 は曲げひび割れがウェブ部に入ってもほぼ水平であったのに対し、No.2 では曲げせん断ひび割れへの進行が見られた。載荷が進むにつれて No.4 においても斜めに伸びるひび割れが見られるようになったが、No.2 では完全に曲げせん断ひび割れが支配的となり、その角度は 45 度を超えるものもあった。

最大耐力については No.2 と No.4 でほとんど差は無かったが、終局変位及び靱性率は No.4 が No.2 を上回る結果となった。また、No.2 より No.4 の方が終局後の耐力低下が幾分緩やかであった。しかし、No.2 においても終局変位や靱性率はある程度の値は確保しており、設計時のせん断補強を適切にしてやれば実用問題上、中空断面を採用することの合理性が示された。

5. 変形モード特性の検討

各供試体のせん断変形量の(曲げ+せん断)変形量に占める割合の推移状況を比較したものを、Fig. 5 に示す。ここで、せん断破壊した供試体 No.3 については変位計を取り付けた区間最上部においてもせん断ひずみが大きく、変位計を取り付けていない区間を弾性体と考えることでせん断変形を幾分過小評価していることになり、比較には注意を要する。

Fig. 5 を見ると、No.2 では載荷初期からせん断変形の割合が大きいものの、載荷が進むにつれての増加が緩やかであるのに対し、No.4 では載荷初期には割合が小さいが、載荷の進行と共に増加し、最終的には無視できない値となっている。

また、No.3 のせん断変形量が過小に評価されていることを念頭に置いて Fig. 5 を見ても、最終的には No.3 が No.2 を上回っている。No.3 においては特に、最大耐力を超えた辺りからのせん断変形の増加が顕著であり、せん断破壊を起こす部材の変形モード特性をよく表している。

6. まとめ

本研究では、繰り返し載荷を受ける RC 柱部材において、せん断変形が無視できないものであることが明らかとなった。また、主筋の引き抜けによる回転変形も全体変形の中でかなりの割合を占めていた。現在の仕様では、耐震設計を行う上で変位にファイバーモデル解析から得られる曲げ変形のみを考えており、せん断と主筋の引き抜けによる変形は考慮されていない。

設計において安全側を考えることはやむを得ないことであるが、部材の変形を曲げ変形のみで考えると、現象を適切に捉えることができないと考えられる。近年では、性能設計の概念が我が国でも広まりつつあり、せん断や主筋の引き抜けによる変形を設計変位に取り入れることができれば、非常に合理的な設計が可能となる。

そのためには、せん断スパン比や断面形状・軸力・鉄筋量などをパラメータとした、曲げに対するせん断の割合を定量化する式や、繰り返し荷重を受けた RC 部材の終局時における主筋の抜け出し量を定量的に評価する方法が必要となる。

【参考文献】前田匡樹・有菌祐介・幸村信行：「鉄筋コンクリート梁部材の変形評価法に関する実験的研究」、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.19, No.2, pp.861-pp.866, 1997 年

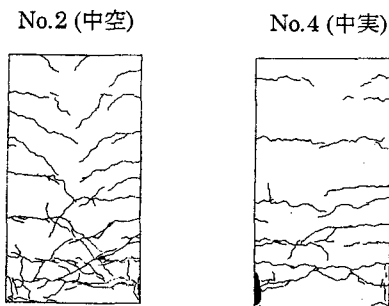


Fig. 4 ひび割れの進展状況 (8δ_y)

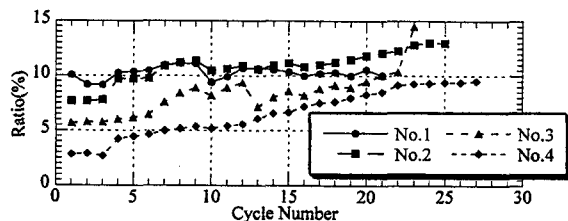


Fig. 5 セン断変形の割合の推移比較