

## 柱基部の断面構造が異なる中空断面 RC 橋脚に対する実験的検討

京都大学工学部 学生会員 ○門谷 晃太

京都大学大学院工学研究科 正会員 植村 佳大

京都大学大学院工学研究科 正会員 高橋 良和

## 1. 背景および目的

中空断面を有する RC 橋脚(中空断面 RC 橋脚)の現行設計では、柱基部を中実断面とすることが規定されている<sup>1)</sup>。しかし、柱基部が中空断面である中空断面 RC 橋脚は未だに多く残存しており、その既存不適格な橋脚の耐震性能把握は急務といえる。また、現行設計を満たす基部が中実断面である中空断面 RC 柱を対象とした既往の研究は限られており<sup>2)</sup>、更なる検討が必要といえる。そこで本研究では、基部が中空断面および中実断面である二種類の中空断面 RC 供試体に対して正負交番繰り返し載荷を実施し、両供試体が有する耐震性能について検討する。

## 2. 実験概要

実験供試体概要を図-1 に示す。中空断面供試体では柱高さ 0~3200mm の領域が中空断面であり、基部中実断面供試体では柱高さ 0~1600mm の領域が中実断面、柱高さ 1600~3200mm の領域が中空断面となっている。なお、両供試体の配筋は同様である。

本実験では、最外縁の軸方向鉄筋が初めて降伏した時点の水平変位を基準振幅  $\delta_y$  ( $=16\text{mm}$ ) とし、その整数倍の水平変位において繰り返し回数 3 回の正負交番載荷を実施した(載荷試験 1)。その際、載荷軸力は 1150kN とした。また本研究では、載荷面・載荷面裏側の外側軸方向鉄筋がともに座屈した時の変位を終局変位と定義し、終局後に終局変位での多数繰り返し載荷を行うことで、同一振幅下においての多数繰り返し載荷が柱の地震時性能に与える影響について検討を行った(載荷試験 2)。

## 3. 実験結果および考察

## (1) 荷重-変位関係および鉛直変位-水平変位関係

図-2 に両供試体の荷重-変位関係および鉛直変位-水平変位関係を示す。載荷試験 1 においては両供試体とも大きな差は見られなかったが、載荷試験 2 において、中空断面供試体でのみ内側軸方向鉄筋の座屈に伴う急激な復元力の低下および軸沈下が

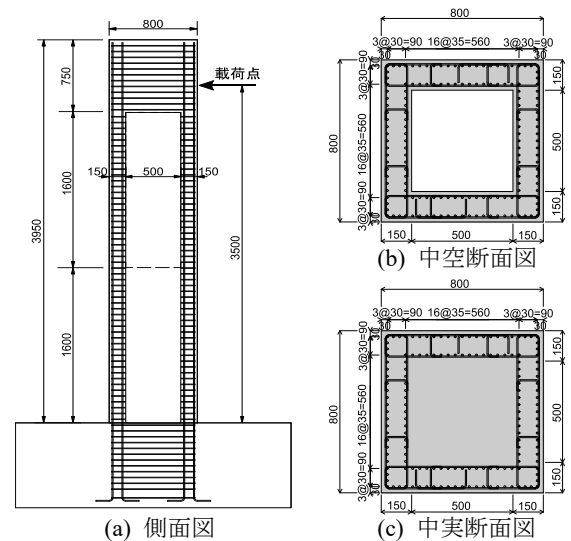
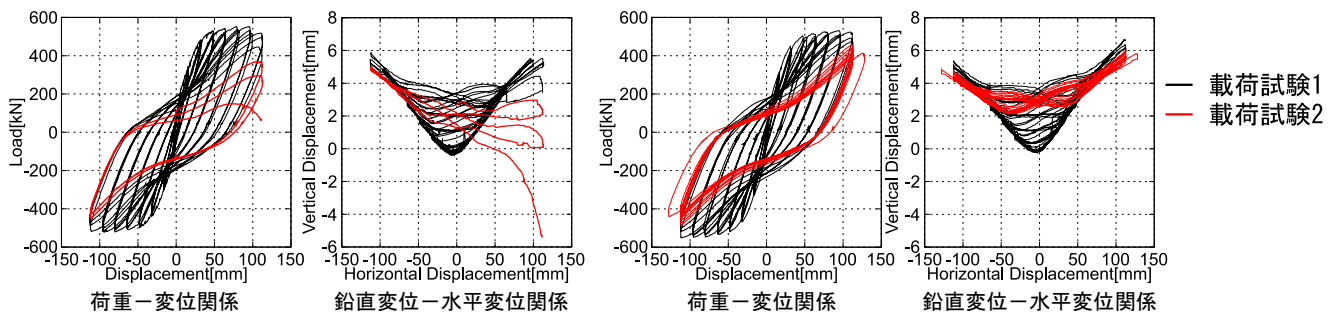


図-1 供試体概要 (Unit: mm)

表-1 供試体諸元

		中空断面供試体	基部中実断面供試体
軸方向鉄筋	種別	D10(SD345) 152本	
	鉄筋比	2.78	1.70
帯鉄筋	種別	D6(SD345)@60mm	
	鉄筋比	0.70	0.26
中間帯鉄筋		D6(SD345)@60mm	
軸応力(kN)		2.95	1.80
曲げせん断耐力比		1.27	1.70



(a) 中空断面供試体

(b) 基部中実断面供試体

図-2 荷重-変位関係および鉛直変位-水平変位関係

キーワード 鉄筋コンクリート柱, 中空断面, 正負交番載荷実験

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 C クラスターC1-2 号棟 1 階 147 号室 TEL 075-383-3244

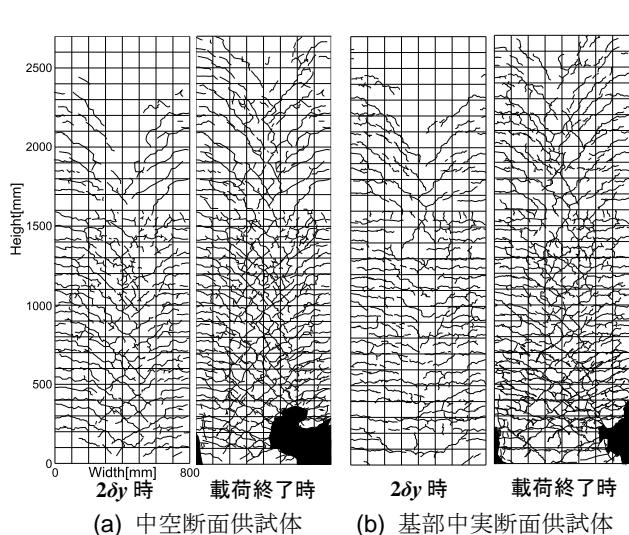


図-3 供試体側面のひび割れ図

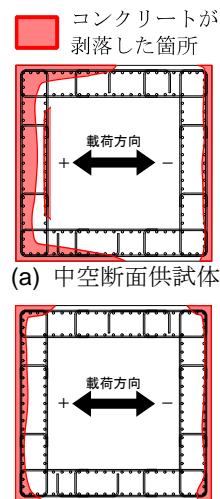


図-4 供試体基部損傷図

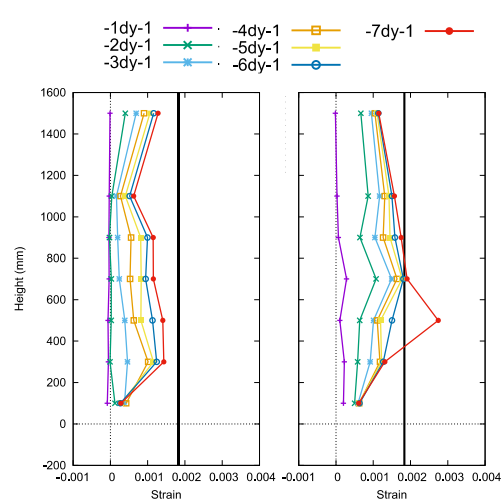


図-5 帯鉄筋ひずみの高さ方向分布

見られた。この脆性的な破壊は、荷重振幅の増大に伴うものではなく、同一振幅での繰り返し荷重によって生じたものである。よって、柱基部が中空断面である柱構造では、内側軸方向鉄筋の座屈が発生すると、応答変位が増大せずとも、その後の繰り返し応答により急激な荷重低下が発生する可能性があるといえる。

## (2) 破壊性状

各供試体における荷重側面のひび割れ図を図-3に示す。中空断面部ではウェブ部で中空特有の斜めひび割れが見られた。一方、中実断面部では荷重初期は水平ひび割れが発生していたが、荷重の進行に伴い、そのひび割れが斜め方向に進展する様子が見られた。また、両供試体ともひび割れの増加・進展、外側かぶりコンクリートの浮き・剥離、外側軸方向鉄筋の座屈の順に破壊が進行し、中空断面供試体でのみ内側軸方向鉄筋の内側座屈が確認された。

図-4に荷重試験終了時の各供試体の基部断面の損傷部(赤色網掛け部)を示す。中空断面供試体はフランジ部コンクリートが大きく損傷している様子が確認できる。そのため、中空断面供試体では、柱基部のコンクリート損傷により軸力を支持するコンクリート断面積が大きく減少し、先述した急激な耐力低下が見られたと考えられる。

## (3) 帯鉄筋ひずみ

図-5に各供試体のウェブ部における外側帯鉄筋ひずみの高さ方向分布を示す。図より、中空断面供試体の方が基部中実断面供試体よりも全体として大きなひずみの値をとっており、中空断面供試体の一部の帯鉄筋は降伏していた。これは、中空断面供試体の方がせん断力に抵抗するウェブ部のコンクリート断面積が小さく、帯鉄筋のせん断分担量が大きくなったためであると考えられる。これらのことから、中空断面 RC 柱では、たとえ曲げ破壊が優先して起きよう設計されていたとしても、せん断の影響が無視できない可能性があるといえる。

## 4. まとめ

中空断面供試体と基部中実断面供試体において、外側軸方向鉄筋の座屈以前では結果に大きな差異は見られなかったものの、外側軸方向鉄筋の座屈以後の同一振幅多数繰り返し荷重時に、中空断面供試体でのみ内側軸方向鉄筋の座屈および柱基部のコンクリート損傷に伴う急激な軸沈下および荷重低下が発生した。また、中空断面供試体では、柱側面のウェブ部に斜めひび割れが発生し、帯鉄筋の降伏も確認された。これは、中空断面供試体ではウェブ部のコンクリート断面積が小さいことより、せん断力に脆弱であるからと考えられる。

謝辞：本研究は、西日本高速道路株式会社との共同研究として実施し、一部は「2020年度京都大学と西日本高速道路株式会社における共同研究」の助成を受けて実施した。謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説-V 耐震設計編，2017.11
- 2) 湯川保之，緒方辰男，須田久美子：中空断面鉄筋コンクリート高橋脚の耐震性能，土木学会論文集，No.613/V-42，pp.103-120，1999.2.