

京都大学工学部 学生員 ○五島 健斗 京都大学大学院工学研究科 学生員 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

従来のRC柱は、強震時において基部での塑性ヒンジ形成によるエネルギー吸収や変形性能の向上を期待している。しかし、設計の想定を超えた大変形がRC柱に生じた際、塑性ヒンジ構造の更なる塑性化が進むことで、塑性ヒンジがヒンジとしての機能を失い、RC柱が不安定化する恐れがある。ヒンジとは軸方向、軸直角方向の変形に対しては連続で、回転に対する変形には不連続である。つまり柱基部の軸変形とせん断変形を防止した上で、曲げモーメントの伝達を抑え、軸力とせん断力のみを伝達する構造である。RC柱の危機耐性を実現するためには、設計の想定を超えた大変形時においてもRC柱の柱基部周辺に確実にヒンジが形成され、期待通りの機能を発揮できるよう、従来のRC柱に別途ヒンジ機能を付加しておくなどの対策が必要であるといえる。

2. 実験方法

(1) 有メナーゼヒンジRC柱の提案

有メナーゼヒンジRC柱とは、通常のRC柱にヒンジ機能を別途付加するために、鉄筋をX字状に配筋した構造上のヒンジ(メナーゼヒンジ)<sup>1)</sup>を柱基部

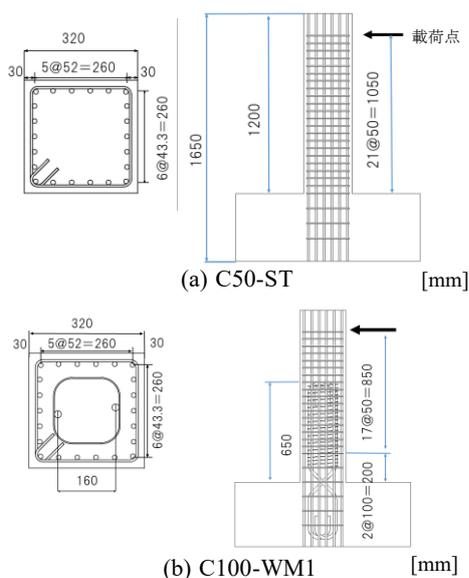


図-1 断面図および配筋図

に配置したRC柱である。メナーゼヒンジを柱基部に配置することで、塑性ヒンジの損傷が進展した場合でもメナーゼヒンジによるヒンジ機構の発現が期待される。

(2) 有メナーゼヒンジRC柱の特長

有メナーゼヒンジRC柱では、確実に柱基部で塑性ヒンジを形成させるために、大変形時での回転変形がメナーゼ筋の交叉部で生じるよう、基部での破壊性状を適切に制御する必要がある。そこで、損傷を限定化させるため、塑性化を想定する区間での帯鉄筋量を通常の区間よりも小さい値に設定した。さらに、塑性化を想定する区間の中央部の帯鉄筋にのみ90°フックを有するものを使用することで、その部分に座屈発生位置を誘導し、確実に柱基部に損傷が発生することを狙った。そして、設計時に塑性化を想定している区間より上部の柱部分をスパイラル筋により補強し、その区間のコアコンクリートを保護することで、塑性部が柱上部へ進行することを防ぐ。以上の構造により有メナーゼヒンジRC柱では柱基部に損傷を集中させ、大変形時におけるメナーゼヒンジによるヒンジ機構の発現を狙う。

(3) 実験供試体および载荷システム

供試体は2体作成した。C50-STは現行の耐震基準を満たすRC柱であり、軸方向鉄筋の座屈による曲げ破壊で終局を迎えるよう設計した。C100-WM1はC50-STに対して、メナーゼ筋とスパイラル筋を軸方

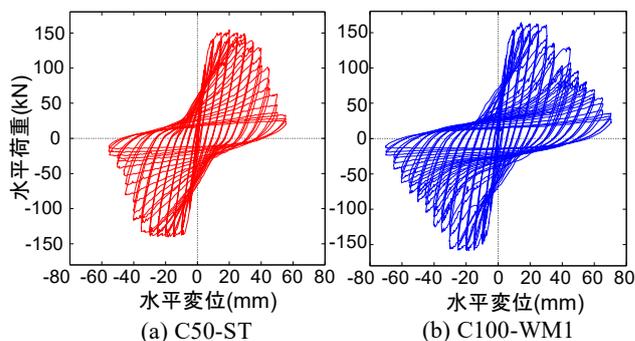
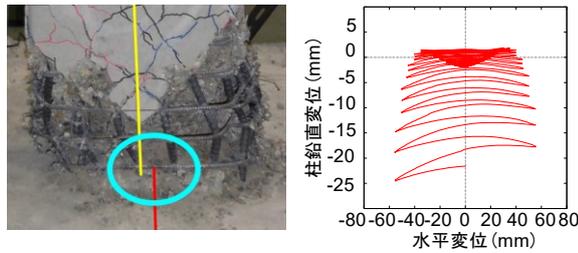
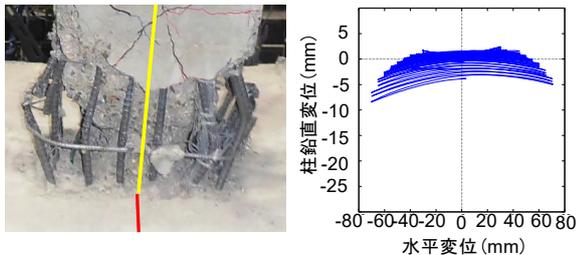


図-2 荷重-変位履歴関係



(a) 柱とフーチング間の相対変位状況 (b) 柱鉛直変位  
 図-3 従来型 RC 柱の  
 軸・軸直角方向における相対変形



(a) 柱とフーチング間の相対変位状況 (b) 柱鉛直変位  
 図-4 有メナーゼヒンジ RC 柱の  
 軸・軸直角方向における相対変形

向鉄筋の内側に配置した有メナーゼヒンジ RC 柱供試体である。メナーゼ筋の交差部が柱高さ 10mm の位置になるように配置し、スパイラル筋は、柱高さ 100mm から上の区間に配置している。また荷重は正負交番漸増で行い、基準振幅 5mm とした整数倍の振幅での繰り返し荷重を行った。荷重軸応力は約 1.0MPa とした。

### 3. 実験結果

#### (1) 荷重-全体変位関係

図-2 にそれぞれ各供試体における荷重-変位関係を示す。図-2 から、どちらの供試体も履歴ループが紡錘型であり、典型的な曲げ挙動を示していることがわかる。また、どちらの供試体においても、軸方向鉄筋座屈発生後の荷重振幅 35mm 以降で、荷重低下が発生している。

#### (2) メナーゼヒンジによるヒンジ機構への移行と軸変形・せん断変形の防止

C50-ST では、荷重振幅 35mm 以降の挙動で柱基部でのせん断変形が生じた。このせん断変形は荷重振幅が大きくなるにつれて増加し、荷重振幅 55mm 終了時には約 4cm の変形が確認された。また、軸変位についても、荷重振幅 45mm 以降で大幅な増加がみられ、荷重振幅 55mm 終了時には 21.6mm の沈下が確認された。一方、C100-WM1 では、かぶりコンクリートが剥落し、コアコンクリートの損傷が進んだ状態でも柱基部でのせん断変形は確認されなかった。

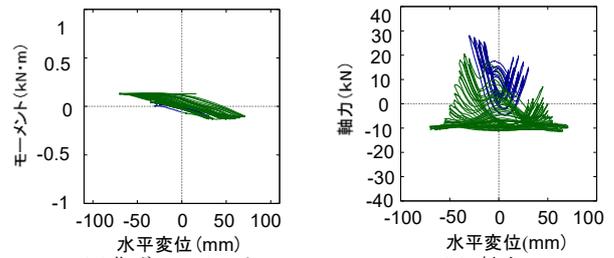


図-5 メナーゼ筋にかかる曲げモーメント

軸変位についても、C50-ST で発生したような大きな沈下は見られず、沈下量は最大で 3.9mm であった。以上により、柱基部にメナーゼヒンジを配置することで、RC 柱に設計上の想定を超える大変形が生じた場合でも、軸変形およびせん断変形が抑制され、安定した塑性ヒンジ形成を保障できることが示された。

#### (3) メナーゼ筋にかかる曲げモーメントと軸力

メナーゼ筋にかかる曲げモーメントと軸力(図-5)を見ると、曲げモーメントは小さな値となり、メナーゼヒンジがヒンジとして機能していることがわかる。また、軸力に関しては、荷重振幅 50mm 以降でメナーゼ筋に圧縮力が作用していた。これは軸方向鉄筋が座屈し、柱基部の損傷が進んだ状態において、メナーゼ筋が軸力による圧縮力の一部を受け持っていることを示しており、これにより、C100-WM1 では軸方向の沈下が抑制されたと考えられる。

### 4. 結論

- 1) 有メナーゼヒンジ RC 柱では、設計上の想定を超える大変形が生じた場合でも、柱基部に損傷が集中し、メナーゼヒンジによるヒンジ機構が発現した。これにより柱基部の軸変形・せん断変形が抑制された。
- 2) メナーゼ筋のひずみデータからメナーゼヒンジが柱にかかる軸力の一部を負担し、さらに曲げモーメントを伝達せず、ヒンジとして機能していることが確認された。

謝辞：本研究の一部は一般財団法人大成学術財団の助成を受けた。謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) Mesnager : Experiences sur une semi-articulation pour voutes en Beton arme, Annalesde Ponts de Chaussées, 2, pp.180-201, 1907.
- 2) 石橋忠良, 菅野貴浩, 木野淳一, 小林薫, 小原和宏 : 軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した鉄筋コンクリート柱の正負水平交番荷重実験, 土木学会論文集, No.795, V-68, pp.95-110, 2005.