

かぶりが多い RC 柱の正負交番載荷試験

埼玉大学大学院    学生会員    ○田頭颯樹

埼玉大学大学院    非会員        中村   慎

埼玉大学大学院    正会員        牧   剛史

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）部材は、外部からの塩分浸透を抑制するため、厳しい塩害環境下ではかぶりが大きく設計される．土木学会コンクリート標準示方書は 2007 年版[1]から 2012 年版[2]への改訂で、耐久性の観点から必要となるかぶり厚が過大にならないように見直されたが、かぶりの大きな部材の耐震性能の具体的な照査方法は提示されず、「かぶりが過度に大きくなりすぎないようにする」との記載にとどまっている．この問題に対し、非線形有限要素解析による検討が試的に実施されている[3]が、定量的に評価するには至っていない．特に、断面寸法が比較的小さい部材では、有効高さに占めるかぶり厚の割合が大きくなり、耐震性能への影響が懸念されることから、本研究ではかぶり厚が RC 柱部材の耐震性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした正負交番載荷試験を行った．

2. RC 柱の正負交番載荷試験

かぶり厚の異なる 3 体の RC 柱試験体 No.1～No.3 を、曲げ耐力がほぼ同一になるように設計した．有効高さは 185mm で共通とし、軸方向鉄筋中心までのかぶり厚は No.1：35mm，No.2：75mm，No.3：115mm とした．帯鉄筋には D6 鉄筋 2 組を 70mm 間隔で配置した．断面詳細図を図-1 に示す．載荷点高さは 800mm ( $a/d=4.32$ ) とし、図-2 のように柱上端に 1MPa の一定軸力を加え、降伏変位の整数倍に段階的に振幅を変化させながら各振幅 3 サイクルの静的水平正負交番載荷を行った．各試験体の耐力計算値を表-1 に示す．

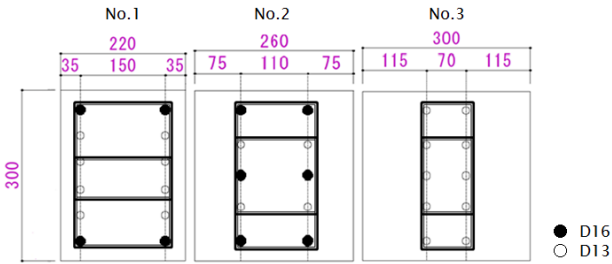


図-1 試験体断面詳細図

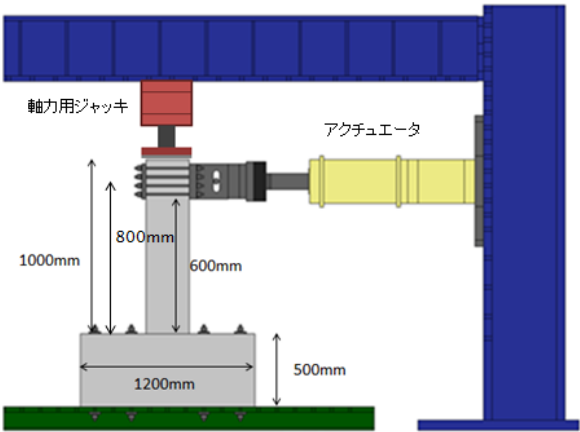


図-2 試験装置概略図

3. 試験結果

(1) 荷重－変位関係

各試験体の荷重－変位関係の包絡線を図-3 に示す．横軸は水平変位を降伏変位で除した靱性率として示した．各試験体の降伏変位は、No.1：7.8mm，No.2：8.4mm，No.3：8.4mm であった．各振幅における 1 サイクル目の最大変位時の荷重が最大荷重の 80%を下回った時を終局とすると、終局変位は No.1：7 $\delta_y$ (54.6mm)，No.2：5 $\delta_y$ (42.0mm)，No.3：4 $\delta_y$ (33.7mm)であった．3 体を比較すると、降伏変位・降伏荷重に大きな差は見られなかったが、かぶり厚が大きいほど靱性が小さくなり、早期に荷重の低下を生じた．

(2) 破壊性状

載荷終了後の柱基部の損傷状況を図-4 に示す．No.1

表-1 試験体耐力の計算値

| 試験体  | コンクリート<br>圧縮強度<br>(MPa) | 曲げ耐力<br>(kN) | せん断耐力<br>(kN) |
|------|-------------------------|--------------|---------------|
| No.1 | 49.10                   | 75.20        | 225.74        |
| No.2 | 50.23                   | 82.72        | 224.71        |
| No.3 | 51.25                   | 80.06        | 218.00        |

キーワード    鉄筋コンクリート柱，耐震性状，靱性能，かぶり厚，水平正負交番載荷

連絡先        〒338-0825    埼玉県さいたま市桜区下大久保 58 ハイツ大室 105 号    TEL 070-5677-5096

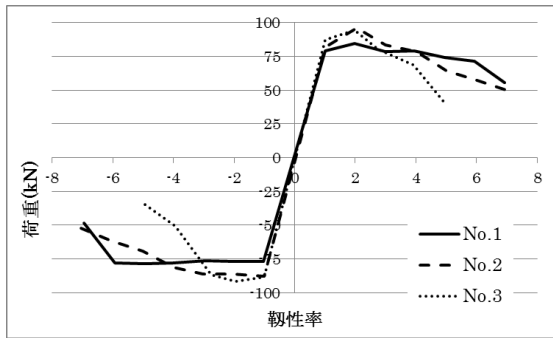


図-3 荷重－変位関係 の包絡線



図-4 載荷後の損傷状況(左:No.1 中:No.2 右:No.3)

では、 $1\delta_y$ 時に5本程度の曲げひび割れが分散して生じた。 $3\delta_y$ 時に軸方向鉄筋に沿ったひび割れが確認されたが、最終的にはかぶりコンクリートの圧壊、軸方向鉄筋の座屈を生じて荷重低下を生じた。No.2では、 $1\delta_y$ 時の曲げひび割れは2本であったが、同時に軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発生し、斜めひび割れも確認された。最終的には、中央部は小さなブロック状の破片となって破壊したが、かぶり部は大きな塊として剥離し、軸方向鉄筋の座屈も確認された。No.3では、 $1\delta_y$ 時の曲げひび割れは1本であり、No.2と同様、同時に軸方向鉄筋に沿った大きなひび割れが生じた。載荷変位の増加に伴い、新たに曲げひび割れが発生することなく1本の曲げひび割れのみがひび割れ幅を拡大しながら発達した。また、軸方向鉄筋に沿ったひび割れが発達して斜めひび割れへと進展した。これらのひび割れが連結することにより終局変位時のかぶり部のひび割れはNo.2と比べても極めて少なくなり大きなブロックとして剥離し、中央部の方がひび割れ本数は多くなった。剥離したかぶりブロックを載荷終了後に除去したところ、軸方向鉄筋は座屈していなかった。また、かぶり部に大きな斜めひび割れが生じることから、せん断補強筋が有効に働いていないことが示唆される。すなわち、No.3では純粋な曲げ破壊モードとはなっておらず、かぶりブロックの剥離が直接的に荷重低下に影響したものと考えられる。

以上の結果から、かぶり厚が大きいほど靱性能が低下する理由は次のように推察される。かぶりが大きくなるほど鉄筋の付着効果の及ぶ範囲が狭くなり、ひび割れの分散性が低下し各ひび割れの幅が大きくなる。また、軸方向鉄筋に沿ったひび割れの進展が顕著になって低変位レベルでかぶり部が大きなブロックとして剥離する。断面有効高さ内に占める剥離ブロック寸法の割合が大きいために、急激な荷重低下を生じる。

#### 4. まとめ

今回の実験では、かぶりが大きくなるとひび割れの分散性が低下することによりかぶり部が大きなブロックとして剥離することが原因で低変位レベルでの荷重の低下が起こり、靱性能も小さくなるという結果が得られた。現行基準における算定式を用いた曲げ耐力及びせん断耐力の計算値がほぼ同程度であるにも関わらず、破壊性状や靱性能に大きな差が生じることが明らかとなった。また、かぶり厚の大きい試験体では、帯鉄筋が有効に機能していないように見受けられることから、現行のせん断耐力算定式をそのまま適用すると危険側評価となる可能性が懸念される。今後の課題としては、曲げ破壊モードとしての靱性能に及ぼすかぶり厚の影響と、かぶり厚の増大に伴うせん断耐力の評価法についての検討が必要である。

#### 参考文献

- [1] 2007年制定コンクリート標準示方書，土木学会
- [2] 2012年制定コンクリート標準示方書，土木学会
- [3] 土屋智史他：過大なかぶりに対する検討，土木学会コンクリート委員会示方書連絡調整小委員会報告書，コンクリート技術シリーズ107，2015年