

京都大学工学部 学生員 ○植村 佳大 京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和

1. はじめに

現在の耐震設計では、RC 柱の耐力劣化に抵抗するために帯鉄筋を多く配置し、変形能力を高める設計が行われているが、それに伴い過密配筋問題が発生している。そこで、帯鉄筋のみに頼ることなく RC 柱の耐力劣化を改善させる方法が必要になっている。その一案として、コンクリートの付着割裂ひび割れを制御しようとするアイデアが提案されている。付着割裂ひび割れとは主鉄筋に沿った縦方向のひび割れであり、その発生により急激な付着劣化を引き起こすとされている。そして耐力劣化の進行に伴い付着割裂ひび割れが発生・進展している様子が確認されており⁽¹⁾、付着割裂ひび割れの制御による付着特性の向上が RC 柱の耐力劣化改善につながる可能性が示唆されている。

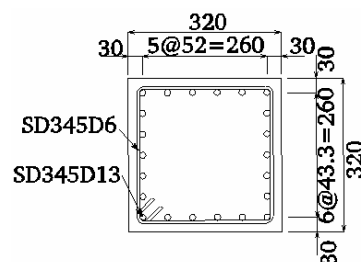
2. 実験概要

(1) 節を高くした主鉄筋

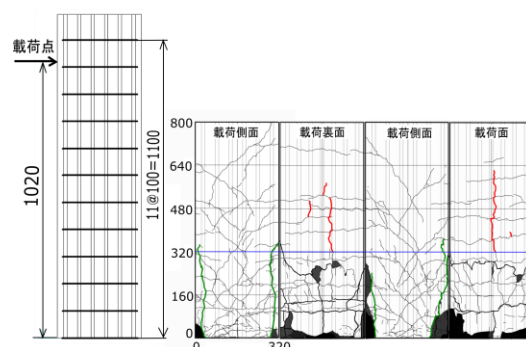
主鉄筋の節を高くすることで付着割裂ひび割れの発生が抑制されることが知られている⁽²⁾。そのため、本研究では、主鉄筋に円形中空リングを溶接することにより節を高くした。また、付着特性にのみ着目するために、非塑性ヒンジ領域にて主鉄筋の節を高くし、RC 柱の曲げ耐力を変化させないようにした。

(2) 正負交番载荷実験

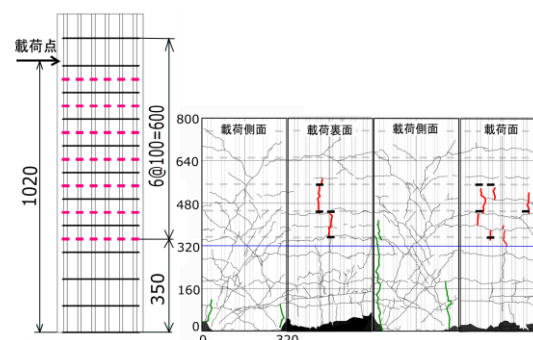
図－1 に実験供試体の断面図、図－2 に配筋図を示す。各供試体は、断面(320×320mm の正方形)、せん断スパン長 1020mm、帯鉄筋比 0.20%、主鉄筋比 2.72% で共通である。供試体間での違いは、高くした節のみである。それぞれの供試体名は[C 帯鉄筋間隔-p 高くした節のピッチ]により特徴づけた。载荷方法は正負交番载荷とし、载荷変位は主鉄筋の降伏が確認された 12mm 振幅を 3 回、その後変位振幅を 24mm にして 10 回、最後に変位振幅を 30mm にして顕著な耐力劣化が生じるまで繰り返し载荷を行った。また軸応力は 2.0MPa を与えた。



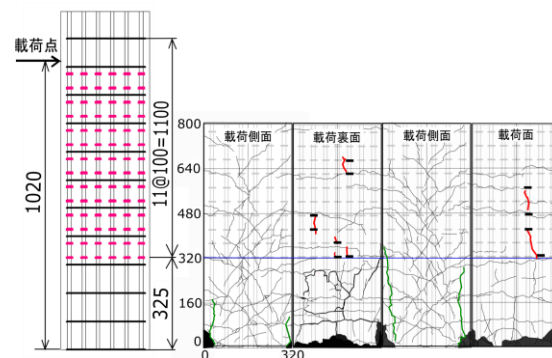
図－1 断面図(Unit[mm])



(a)C100



(b)C100-p100



(c)C100-p50

図－2 実験供試体の配筋図とひび割れ図(Unit[mm])

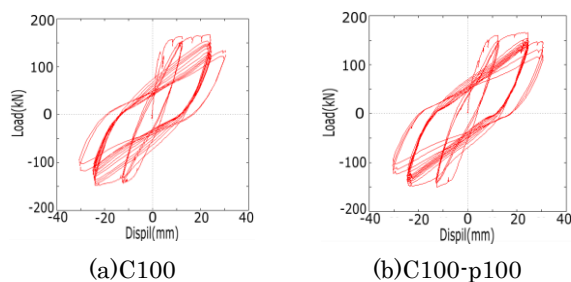


図-3 荷重－変位関係

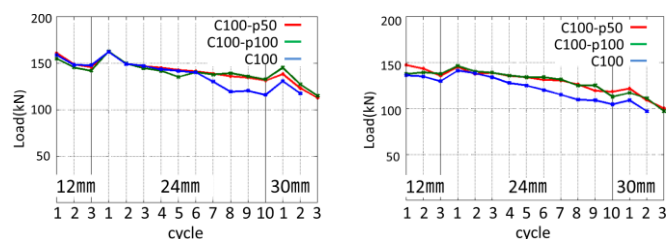
3. 実験結果及び考察

図-3に荷重変位関係を、図-4に正負最大荷重の推移を示す。これらにより、C100のみに顕著な耐力劣化が見られたことがわかる。また、図-2に24mm振幅終了時の各供試体のひび割れ状況を示す。これから、節を高くしていないC100では載荷面・裏面において付着割裂ひび割れ(赤線)が柱上部まで進展し、鉄筋全体ですべりが生じていることがわかる。一方、節を高くしたC100-p100,C100-p50では付着割裂ひび割れ(赤線)が発生はするものの、進展が節の位置で止まっていることがわかる。このことから、主鉄筋の節を高くすることで付着割裂ひび割れの進展が抑制され、鉄筋全体のすべりが防がれたことがわかる。しかし、付着割裂ひび割れの進展と耐力劣化は同じタイミングでは生じていなかった。このことから、付着割裂ひび割れによる付着劣化は耐力劣化の直接的要因ではないことがわかった。一方、載荷側面における縦方向のひび割れ(緑線)が耐力劣化の発生と対応していることがわかった。この縦方向のひび割れは、実験中の観察により主鉄筋の座屈により発生したものであることが確認されている。よって、本実験で生じた耐力劣化は主鉄筋の座屈に起因しており、主鉄筋の節を高くすることによる付着特性の変化が、主鉄筋の座屈に影響を与えたと考えられる。

4. 主鉄筋の付着劣化と座屈

ここからは、主鉄筋の付着劣化と座屈の関係について整理していく。主鉄筋の座屈の抵抗特性には主鉄筋自体の抵抗特性と、帯鉄筋及びかぶりコンクリートの抵抗特性の3つがあるとされている。この中で、主鉄筋の付着劣化は主鉄筋自体の抵抗特性に影響を与えたと考えられる。主鉄筋の抵抗特性は、オイラーの座屈理論式に由来しており、式(1)で表される。

$$\sigma_{cr} = \frac{4\pi^2 E}{(L_{cr}/r)^2} \quad (1)$$



(a)正最大荷重

(b)負最大荷重

図-4 正負最大荷重の推移

ここに、 σ_{cr} は座屈応力、 L_{cr} は有効座屈長、 r は断面二次半径、 E は弾性係数である。ここで、鉄筋とコンクリートが完全に付着しているとき、鉄筋の両端拘束条件は両端固定であり、座屈長はヒンジ長となることが知られている。しかし、C100では鉄筋全体ですべりが生じていることから、鉄筋の拘束条件が完全な両端固定でなくなり、それにより座屈長も長くなっていると考えられる。そのため、座屈応力が小さくなり、座屈しやすくなったと考えられる。一方、節を高くしたC100-p100,C100-p50では鉄筋のすべりが節の位置で止まっていることから、鉄筋の両端固定条件が維持できていると考えられる。

5. 結論

- (1) 鉄筋の節を高くすることで、RC柱の耐力劣化が改善された。
- (2) 鉄筋の節を高くすることで、付着割裂ひび割れの進展が抑制され、鉄筋全体のすべりが抑制されることがわかったが、これは耐力劣化改善の直接的要因ではないことが分かった。
- (3) 曲げ損傷で終局を迎えた本実験において、付着特性の向上が鉄筋の両端固定条件及び座屈長に影響を与え、鉄筋の座屈を抑制したことが耐力劣化を改善したメカニズムであると考えられる。

6. 参考文献

- (1) 後藤源太・高橋良和・澤田純男:帯鉄筋間隔が柱高さで変化するRC柱のせん断劣化特性に関する繰り返し載荷実験, 第67回土木学会年次学術講演会梗概集,2012.
- (2) 後藤源太・高橋良和・澤田純男:主鉄筋の節高さを変化させたRC柱の正負交番載荷実験による耐力劣化改善効果に関する研究, 第69回土木学会年次学術講演会梗概集, 2014