

第 V 部門

節の高い軸方向鉄筋が RC 柱のせん断破壊形態に及ぼす影響

京都大学工学部 学生員 ○山本 伸也
 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

付着割裂は鉄筋が引張力を受け持つことを阻害することで RC 構造物の耐力劣化に大きく影響することが一般に知られている。代表的な例としては、せん断引張破壊が挙げられる。これはせん断ひび割れをもとに生じる付着割裂により軸方向鉄筋が引張力を支持できなくなることで構造物の力学的平衡が崩れる破壊形態を指す。

本研究では、RC 構造物がそのようなせん断破壊を起こす時に生じる軸方向鉄筋の引張力低下を改善させるために、節の高い軸方向鉄筋を導入した。それを検証するために二体の RC 柱に対し正負交番載荷実験を行った。

図 1 に本研究に用いた仮定を示す。せん断破壊している RC 柱の一部を自由物体として取り出し、それに作用している力を考え、力とモーメントのつり合いを想定した。力のつり合いに於いては、軸方向鉄筋の発揮する引張力 T はせん断力である水平外力 P を受け持たないが、モーメントのつり合いに於いては、 T は P によって生じるモーメントに抵抗する方向に働くことが分かる。

2. 正負交番載荷実験

本研究では図 2 に示すような RC 柱の正負交番載荷実験を変位制御方式で行い、耐力の推移と主鉄筋と帯鉄筋のひずみを計測した。軸力として 200kN が導入された。基準振幅を 5mm とし整数倍の変位振幅での繰り返し載荷を行った。供試体として Cmix と Cmix-RA の二つの RC 柱を用意した。せん断による破壊が支配的になるように、両供試体のせん断耐力比は基部で 1.13、その他で 0.91 としてある。また付着劣化を起こすためにポストピーク領域で多くの載荷サイクルを実行した。引張力を向上することを目的として高い節は Cmix-RA にのみ取り付けられた。本研究では、高い節が付着劣化後も機械的かみ

合わせによって大きな支圧を発生させ、それにより軸方向鉄筋がより大きな引張力を支持することを狙いとした。これを図 3 に示す。高い節特に付着割裂発生下での働きを見るために、高い節は付着割裂が発生すると予測される箇所溶接された。(図 2)

3. 結果および考察

Cmix と Cmix-RA 両方で多数のせん断ひび割れが発生し、繰り返し載荷によって最終的にかぶりコンクリートが破壊され剥落した。RC 柱供試体の全長を貫通するせん断ひび割れも確認された。期待に反し耐力劣化は改善されなかった。Cmix と Cmix-RA はほぼ同一の荷重・変異関係とピーク荷重の推移を示した。(図 4、図 5)

これには二つの原因が推察される。一つは、RC 柱供試体上部に取り付けられた治具が割裂ひび割れの上方への進展を妨げたことである。治具は供試体上部に PC 鋼棒で取り付けられており、大きな圧縮力を供試体上部に対して発揮していた。これにより本来そこに生じる割裂ひび割れによる付着劣化の影響が抑えられてしまった可能性が高い。節の高い鉄筋は付着劣化後に効果を大きく発揮すると考えられる。よって、治具の拘束が結果的に節の高い鉄筋の効果を小さくしてしまい、それが両者の耐力劣化を似たものにしたと考えられる。二つ目は曲げ破壊の傾向が強くなったことである。設計ではせん断破壊により終局するはずであった。しかし上記したように治具が供試体上部での破壊を妨げたことにより破壊が基部の方に集中してしまったことが予測される。Cmix と Cmix-RA は高い節以外まったく同一の構造であり、高い節のない基部構造は両者間で共通している。よって治具の拘束により破壊箇所が基部寄りになり、両者が同一の構造で曲げ破壊を起こしたことが、両者の耐力劣化を似たものにしたと考えられる。

帯筋によるせん断抵抗 V_s をトラス理論に基づき算

出した。図 1 に示すようにポストピーク領域において **Cmix** では全体のせん断抵抗に対する帯筋のせん断抵抗の割合は約 50 から 60%で推移し続けた。一方 **Cmix-RA** では 30 サイクル目以降、全体に対する帯筋のせん断力負担の割合は減少し約 40%になった。しかし、図 4 が示すように、両供試体の全体のせん断抵抗 P は全サイクルでほぼ同一であった。したがって、前述の自由物体の考えに則つとると、力とモーメントのつり合いを保つために **Cmix-RA** に於いては帯筋の力が別の力によって補われたことが推測される。

そこで軸方向鉄筋の引張力 T をバイリニアのひずみ応力関係を仮定し算出した。図 2 にこれを示す。**Cmix** では T は付着劣化により最終的に大きく低下した。

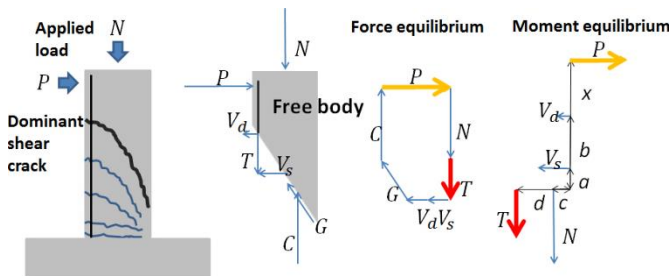


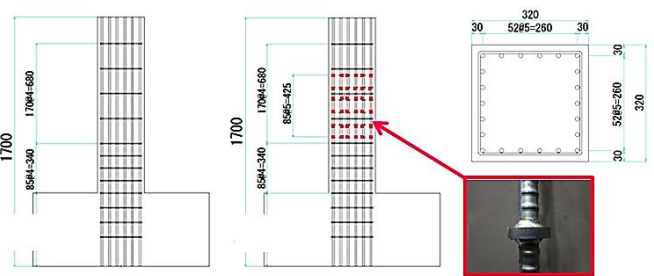
図 1 せん断破壊する RC 柱に働く力とモーメントの平衡

(P :水平荷重, N :軸力, T :軸方向鉄筋の引張力, V_d :ダウエル効果,
 V_s :帯筋のせん断抵抗, C :コンクリートの圧縮力, G :かみ合わせ抵抗)

一方、**Cmix-RA** では 30 サイクル以降 V_s の低下と同時に T が大きく増加したことが分かった。これは、高い節がコンクリートと機械的にかみ合うことにより軸方向鉄筋が付着劣化後も大きな引張力(T)を負担できた結果、**Cmix-RA** は帯筋のせん断抵抗(V_s)が弱まっても、全体のせん断力(P)を支持できたことを示唆している。

4. 結論

節の高い軸方向鉄筋は、通常の付着が破壊された後でも、高い節による機械的な噛み合わせによって大きな支圧を発揮することで引張力を受け持ち、結果的に帯筋のせん断抵抗の減少を補完した可能性がある。



(a) **Cmix** (b) **Cmix-RA**

図 2 配筋図および断面図

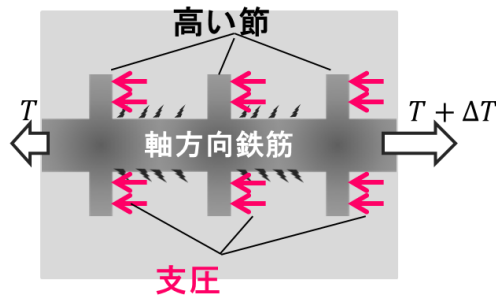
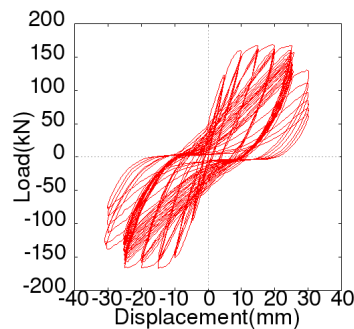
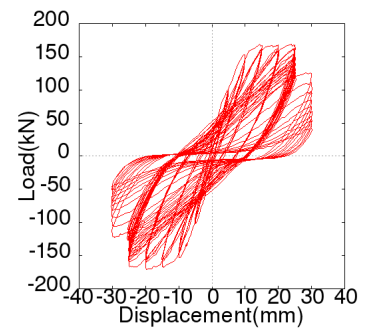


図 3 高い節の機械的かみ合わせ作用



(a) **Cmix**



(b) **Cmix-RA**

図 4 荷重-変位関係

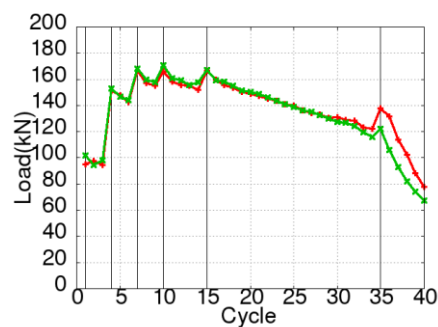
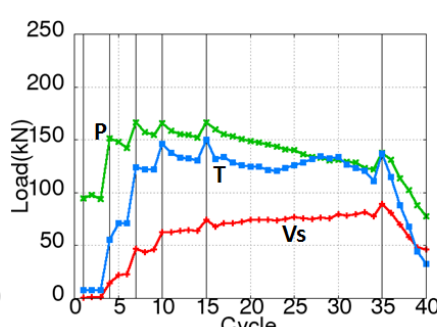
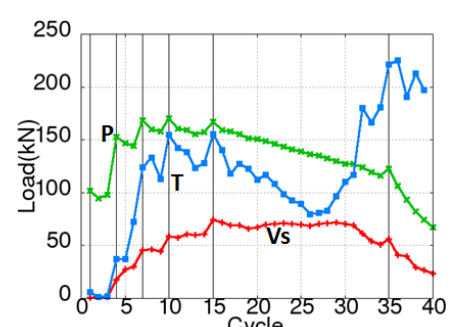


図 5 ピーク荷重の推移
 (赤:**Cmix**,緑:**Cmix-RA**)



(a) **Cmix**



(b) **Cmix-RA**

図 6 P , T , V_s の推移