

論文 超高強度せん断補強筋を用いたせん断スパン比1のRC梁のせん断・付着性状に関する実験

山川 千尋*1・大信田 竜翔*2・小林 航大*2・楠原 文雄*3

要旨： 普通強度コンクリートを用いたせん断スパン比1の鉄筋コンクリート梁の構造実験によりせん断破壊及び付着破壊に対する785級超高強度せん断補強筋の補強効果の確認と2段目主筋の影響の検討を行った。主筋を1段から2段に増やすことによる付着割裂破壊時のせん断耐力の上昇を計算値は過小評価した。2段目主筋を中央で切断すると、2段目主筋の付着応力度は増加し、(1)1段目主筋の引張応力は増加し、(2)付着割裂破壊が生じることによりせん断耐力が低下する。

キーワード： せん断スパン比, 高強度せん断補強筋, せん断破壊, 付着割裂破壊, カットオフ

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）造の高層化に伴い、鉄筋の高密度化を避けるため高強度せん断補強筋の使用が増えてきている。一方、主筋については2段目主筋を通し配筋しないカットオフ筋が用いられることが多い。せん断スパン比が小さい場合は現行の規定に従った配筋は困難であるが、カットオフ筋には圧接継手を減らすなどのメリットもある。基礎梁等の非ヒンジ部材では付着長さのとり方の見直し（例えば）などにより実現可能と考えられるが、せん断スパン比1の梁試験体に関する知見は不足している。そこで、本研究では、36 N/mm²の普通強度コンクリートと高強度せん断補強筋785級を用いたせん断スパン比1のRC梁の構造実験を行い、主筋の段数や、2段目主筋の切断の有無が、最大耐力、せん断・付着性状にどのような影響を与えるのか検討を行う。

2. 実験概要

2.1 試験体概要

図-1～図-3に全試験体の配筋図及び断面詳細図を示す。試験体は、縮尺1/3のRC梁3体である。コンクリートは梁せい方向に対し垂直に打設し、実験時の圧縮強度は37.7 N/mm²であった。

主筋には785級の異形鉄筋を焼き入れて強度を高めたものを用い、せん断補強筋にはYK785を全試験体共通で使用した。試験体形状は共通で梁幅250mm、梁せい400

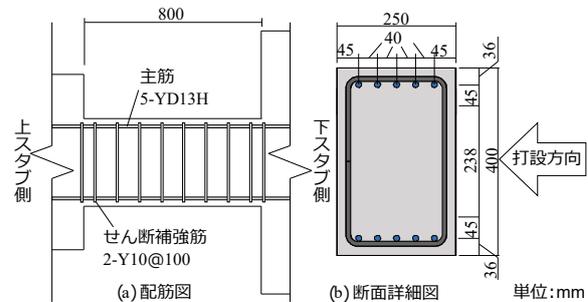


図-1 3NS-0.6-1の配筋図及び断面詳細図

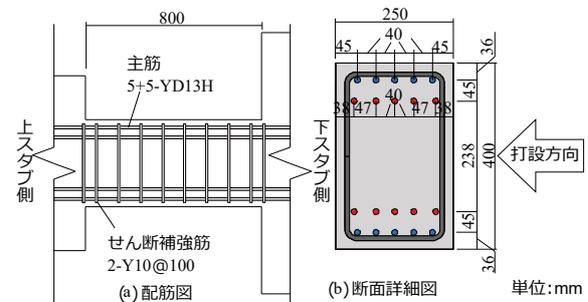


図-2 3ND-0.6-1の配筋図及び断面詳細図

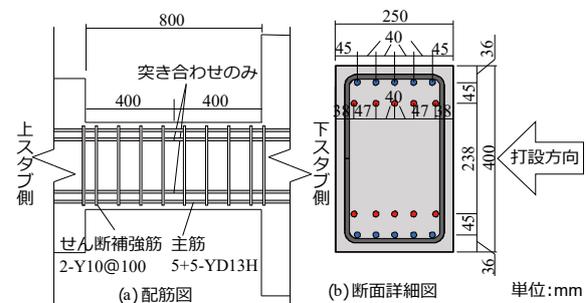


図-3 3CD-0.6-1の配筋図及び断面詳細図

表-1 試験体諸元

| 試験体名 | 梁 主筋 | 二段目主筋長さ[mm] | p_t [%] | 共通事項 |
|-----------|-----------|-------------|-----------|---|
| 3NS-0.6-1 | 5-YD13H | - | 0.70 | コンクリート強度 : 37.7[N/mm ²] 主筋降伏強度 : 1013[N/mm ²] せん断補強筋 : 2-Y10@100 せん断補強筋降伏強度 : 886 [N/mm ²] |
| 3ND-0.6-1 | 5+5-YD13H | 通し | 1.49 | |
| 3CD-0.6-1 | | $L_2=400$ | | |

*1 名古屋工業大学 創造工学教育課程 学部学生 (正会員)

*2 名古屋工業大学 博士前期課程 大学院生 (学生会員)

*3 名古屋工業大学 准教授・博(工) (正会員)

表-2 耐力計算値と予想される破壊形式

| 試験体 | Q_{mu} | せん断耐力 | | | 破壊形式 |
|-----------|----------|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------|
| | | Q_{min} (Q_{min}'/Q_{mu}) | Q_{su} (Q_{su}'/Q_{mu}) | Q_{bu} (Q_{bu}'/Q_{mu}) | |
| 3NS-0.6-1 | 535 | 330(0.62) | 475(0.89) | 337(0.63) | 付着割裂 |
| 3ND-0.6-1 | 892 | 330(0.37) | 475(0.53) | 420(0.47) | 付着割裂 |
| 3CD-0.6-1 | | | | | 付着割裂 |

Q_{mu} : 曲げ耐力時のせん断耐力[kN], Q_{min} : 荒川 min 式によるせん断耐力[kN], Q_{su} : 靱性指針式によるせん断耐力 [kN], Q_{bu} : 靱性指針式による付着割裂破壊を考慮したせん断耐力[kN]

mm, スパン 800 mm でせん断スパン比(a/D)1.0 である。主筋はスタブ内でプレート溶接し, せん断補強筋の間隔を 100 mm で配筋した。実験変数は 2 段筋の有無と, 2 段目主筋の中央部の切断の有無とした。3NS-0.6-1 は 1 段配筋, 3ND-0.6-1 は 2 段配筋で 2 段目主筋は通し配筋, 3CD-0.6-1 は 2 段目主筋が連続しないもので, カットオフ筋の長さが最大となるようスパン中央で 2 段目主筋を突き合わせた試験体である。3NS-0.6-1 と 3ND-0.6-1 により 2 段目主筋の有無の影響, 3ND-0.6-1 と 3CD-0.6-1 により 2 段目主筋が連続しないことの影響を検討する。表-1 にコンクリート, 鉄筋の材料試験の結果, 試験体諸元を示す。また, 表-2 に各耐力計算値を示す。いずれの試験体も日本建築学会の靱性指針²⁾における付着割裂強度を考慮したせん断耐力が最も小さく, 付着割裂破壊型である。

2.2 加力方法および加力サイクル

加力は正負交番繰り返し载荷とした。図-4 に加力サイクルを示す。载荷前半は, 荷重制御であり RC 規準³⁾による使用性確保のための長期許容せん断力 Q_{AL1} , せん断ひび割れを許容した長期許容せん断力 Q_{AL2} , 損傷制御のための短期許容せん断力 Q_{AS} , $1.2Q_{AS}$ の順に, 長期許容せん断力まで除荷したときの残留ひび割れが 0.2mm を超えるまで行った。载荷後半は, 最大耐力の 80%以下に至るまで部材角 R による制御で载荷した。ここで, 部材角 R とは試験体に設置した変位計で得られた上スタブの水平変位を試験体スパン 800 mm で除したものである。

図-5 に加力装置を示す。最上部の水平ジャッキにより上スタブを水平に保ちつつ, 下部 2 本のジャッキによって水平力を加えた。また治具の自重によって発生する曲げモーメントの補正のため, 上部のジャッキに 3.6kN, 中央のジャッキに 1.2kN, 下部のジャッキに 2.4kN を最初に载荷してから実験を行った。なお, 治具の自重による軸力の構造性能への影響は少ないものとして無視した。

3. 実験結果

3.1 破壊性状

写真-1 に各試験体の正载荷, 負载荷における最大耐力の 80%の耐力まで低下したときの状況を示す。

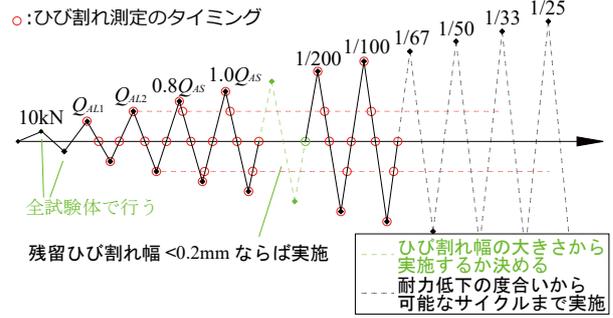


図-4 加力サイクル図

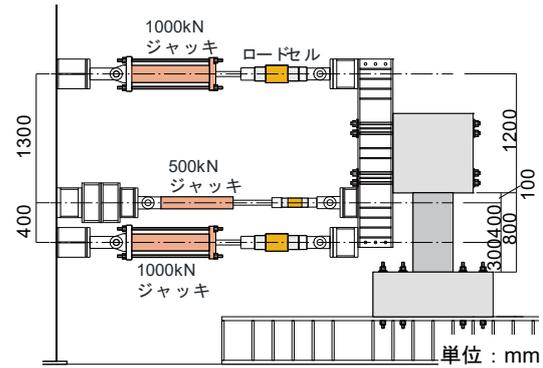


図-5 加力装置

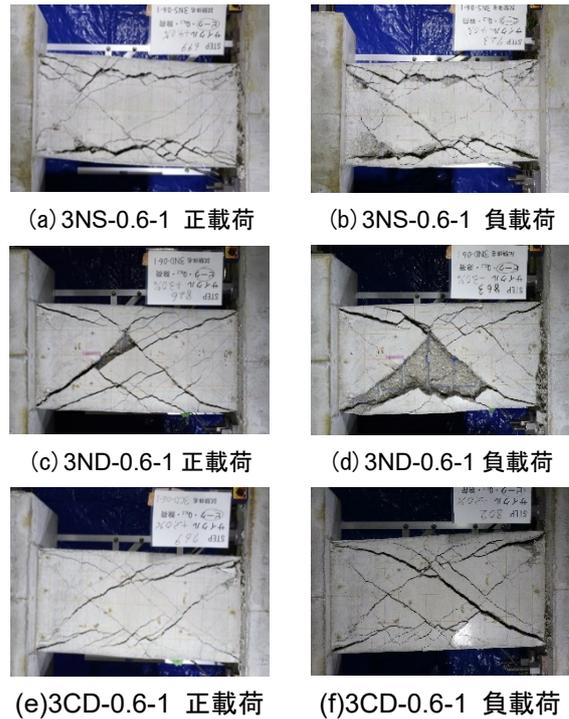


写真-1 最終破壊状況

1 段配筋とした 3NS-0.6-1 は正载荷, 負载荷ともに主筋に沿った付着割裂ひび割れが拡幅し, 付着割裂破壊した。

2 段配筋で 2 段目主筋が通し筋である 3ND-0.6-1 は, 最大耐力前にせん断補強筋が降伏し, その後, 正载荷, 負载荷ともに中央を斜めに横切るせん断ひび割れが拡幅し, せん断破壊した。

2 段配筋で 2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 は, 正载荷時に 1 段目主筋に沿った付着割裂ひび割れ拡

表-3 実験結果

| 試験体名 | 曲げひび割れ耐力[kN] | | | せん断ひび割れ耐力[kN] | | | せん断補強筋降伏時 | | 最大耐力[kN] | | | 破壊形式 | |
|-----------|--------------|-----|------|---------------|-----|------|-----------|-----------|----------|-----|------|------|------|
| | 計算値 | 実験値 | | 計算値 | 実験値 | | 部材角 [%] | せん断力 [kN] | 計算値 | 実験値 | | 計算 | 実験 |
| | | 正載荷 | 負載荷 | | 正載荷 | 負載荷 | | | | 正載荷 | 負載荷 | | |
| 3NS-0.6-1 | 69 | 80 | -60 | 116 | 125 | - | - | - | 337 | 380 | -343 | 付着割裂 | 付着割裂 |
| 3ND-0.6-1 | 74 | 80 | -100 | 106 | 140 | -146 | -1.0 | -445 | 420 | 500 | -485 | 付着割裂 | せん断 |
| 3CD-0.6-1 | | 40 | -30 | | 130 | -106 | 1.5 | 467 | | 474 | -452 | 付着割裂 | 付着割裂 |

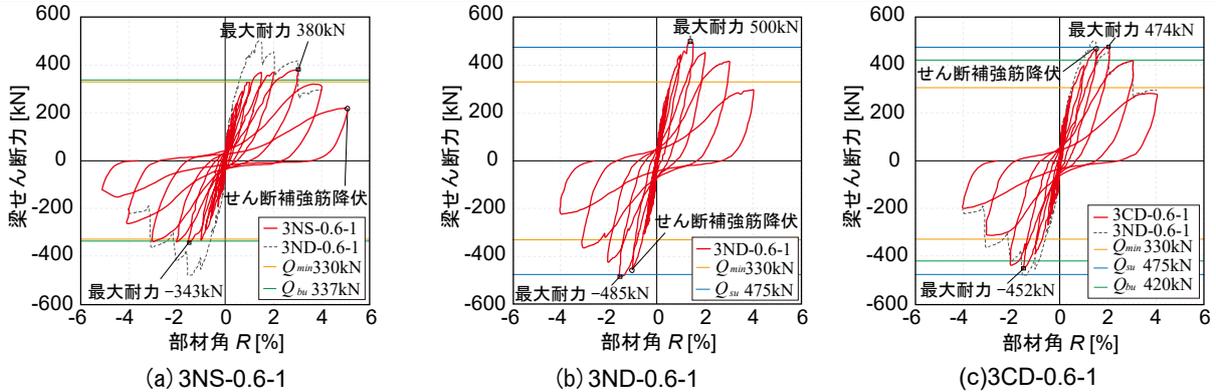


図-6 梁せん断力-部材角関係

幅した後、負載荷で中央を斜めに横切るせん断ひび割れが拡幅した。付着割裂ひび割れが先に拡幅していたため付着割裂破壊と判断した。

なお、いずれの試験体も主筋は降伏しなかった。

3.2 梁せん断力-部材角関係

表-3 に実験結果を示す。最大耐力の計算値は日本建築学会の靱性指針式による耐力のうち最小のものを表記した。図-6 に全試験体の梁せん断力-部材角関係を示す。

1 段配筋である 3NS-0.6-1 の最大耐力は、付着を考慮した靱性指針式による計算値の 1.13 倍であった。部材角 +4.0% 時に耐力が約 80% に低下し、部材角 +5.0% において試験体区間上部より 350mm の位置のせん断補強筋が降伏した。その後、部材角 -5.0% の载荷中に前述のせん断補強筋が破断した。

2 段配筋で 2 段目主筋が通し筋である 3ND-0.6-1 では、部材角 $R=+1.5\%$ のピーク前にせん断補強筋が降伏した。靱性指針による計算値では付着割裂破壊であるが、実験の破壊形式はせん断破壊であり、最大耐力は靱性指針式²⁾の付着を考慮しないせん断耐力の 1.19 倍であった。部材角 3.0% 時に耐力が約 80% に低下した。

2 段配筋で 2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 では、部材角 R が正載荷 +1.5% のピーク時に下スタブ側から 250mm のせん断補強筋が降伏した。最大耐力は付着を考慮した靱性指針式の耐力を 1.13 倍であった。部材角 $R=3.0\%$ で耐力が 80% まで低下した。

1 段配筋の 3NS-0.6-1 と 2 段配筋で 2 段目主筋が通し筋の 3ND-0.6-1 を比較すると 2 段筋にすることで耐力の増加が見られ、破壊形式も付着割裂破壊からせん断破壊に変化した。

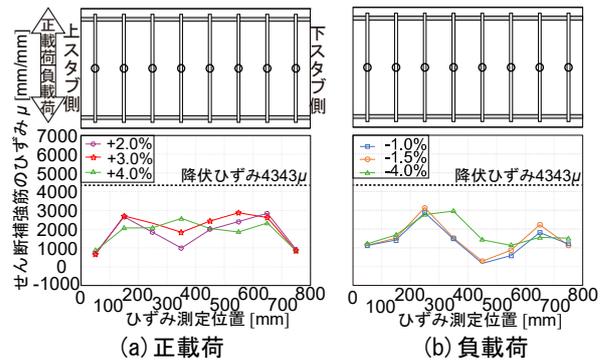


図-7 3NS-0.6-1, せん断補強筋のひずみ分布

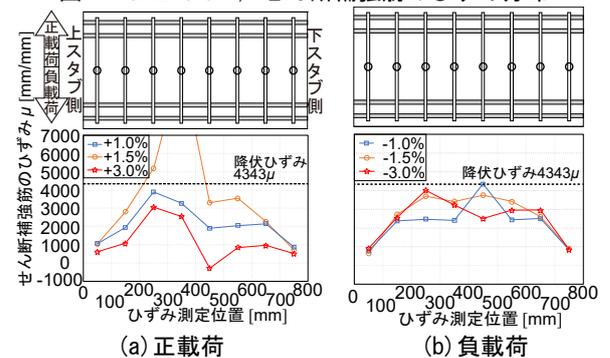


図-8 3ND-0.6-1, せん断補強筋のひずみ分布

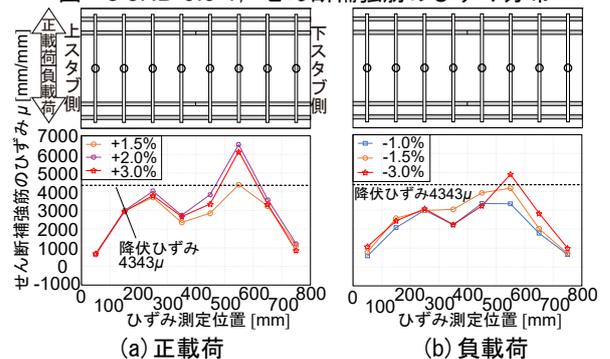


図-9 3CD-0.6-1, せん断補強筋のひずみ分布

2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 を 2 段目主筋が通し筋の 3ND-0.6-1 と比較すると、2 段目主筋をスパン中央で切断したことで 3CD-0.6-1 の耐力は 3ND-0.6-1 の 0.95 倍に低下し、破壊形式はせん断破壊から付着割裂破壊に変化した。

3.3 せん断補強筋のひずみ分布

図-7~図-9 に各試験体のせん断補強筋のひずみ分布を示す。配筋図における丸印はひずみゲージの位置、グラフ中の破線はせん断補強筋の降伏ひずみで、材料試験の結果から 4343μ である。

せん断補強筋のひずみ分布は、最大耐力直前のサイクル、最大耐力時、80%程度まで耐力が低下したサイクル時を示した。

1 段配筋である 3NS-0.6-1 では、正荷重、負荷重ともにせん断補強筋は降伏ひずみに達しなかった。また、3ND-0.6-1 と比較して部材端部より 150mm~650mm の区間でのひずみが大きくなる傾向がみられる。

2 段配筋で 2 段目主筋が通し筋である 3ND-0.6-1 では、正荷重時には部材端から 250mm と 350mm の位置のせん断補強筋が降伏ひずみに達し、急増した。負荷重の最大耐力時には降伏ひずみに達しなかった。また、80%程度まで耐力低下したサイクルにおいては、最大耐力時と比較して試験体中央部のひずみが低下した。

2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 は、正荷重では部材端から 550mm の位置のせん断補強筋が降伏とともにひずみの急増は見られ、負荷重時には同じ位置での降伏は見られたものの、急増は見られなかった。また 3ND-0.6-1 と比較すると、正荷重、負荷重ともに部材角の増大に伴ったひずみの変化が小さくなった。

3.4 主筋のひずみ分布

図-10~図-12 に全試験体の正荷重、負荷重の最大耐力時における主筋のひずみ分布と付着応力度を示す。赤色が 1 段目主筋、青色が 2 段目主筋のひずみを表す。主筋のひずみは鉄筋に挟むように貼り付けた二枚のひずみゲージの平均値とした。ただし、片側が計測不能だった場合は片側のひずみゲージの値としている。なお、中央切断部のひずみ度は 0 としている。グラフ中の破線は主筋の降伏ひずみであり、材料試験の結果は 4970μ であった。また、図中の数字は各区間の付着応力度 τ [N/mm²]、四角印は測定したひずみゲージの位置である。各区間の主筋の付着応力度 τ は以下の式で算出した。

$$\tau = \frac{d_b E_s \Delta \varepsilon}{4L}$$

ここで、 L は区間長さ、 d_b は主筋の呼び名、 E_s はヤング率、 $\Delta \varepsilon$ は主筋のひずみの区間変化量を表す。

さらに表-4 に靱性指針による主筋の付着信頼強度と実験によって得られた最大耐力時における各区間の付着

表-4 付着信頼強度と実験値の比較

| 試験体名 | 主筋 | τ_{bu} [N/mm ²] | | τ [N/mm ²] | |
|-----------|----------------------|----------------------------------|----------------|-----------------------------|------|
| | | $\alpha_2=1$ | $\alpha_2=0.6$ | 正 | 負 |
| 3NS-0.6-1 | 1 段目(τ_{bu1}) | 3.82 | | 1.99 | 2.29 |
| 3ND-0.6-1 | 1 段目(τ_{bu1}) | 3.82 | | 3.78 | 2.98 |
| | 2 段目(τ_{bu2}) | 4.44 | 2.66 | 3.26 | 2.81 |
| 3CD-0.6-1 | 1 段目(τ_{bu1}) | 3.82 | | 3.59 | 3.76 |
| | 2 段目(τ_{bu2}) | 4.44 | 2.66 | 5.44 | 5.39 |

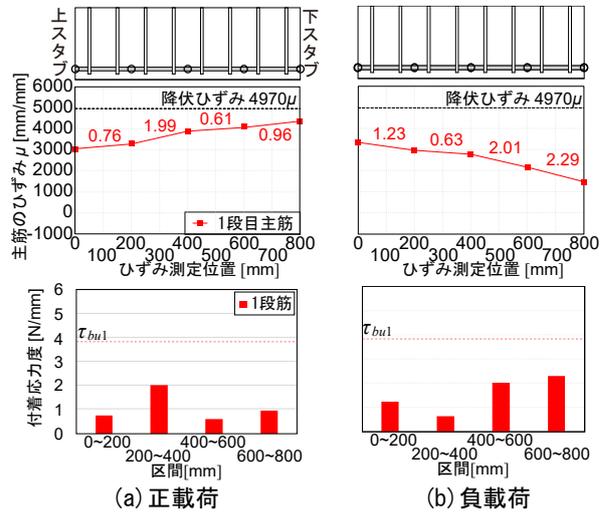


図-10 3NS-0.6-1, 主筋のひずみ分布と付着応力度

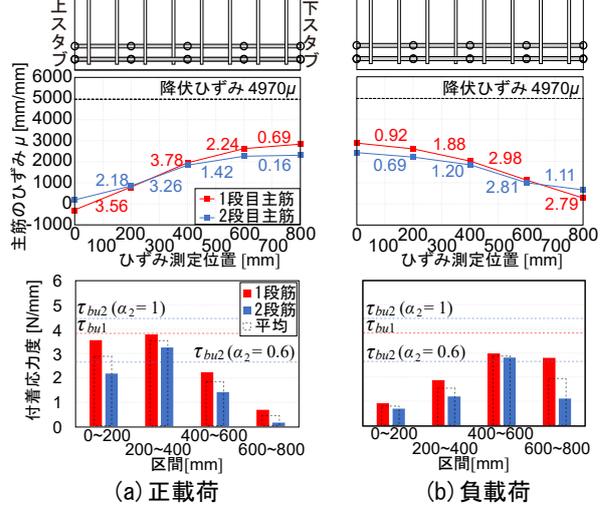


図-11 3ND-0.6-1, 主筋のひずみ分布と付着応力度

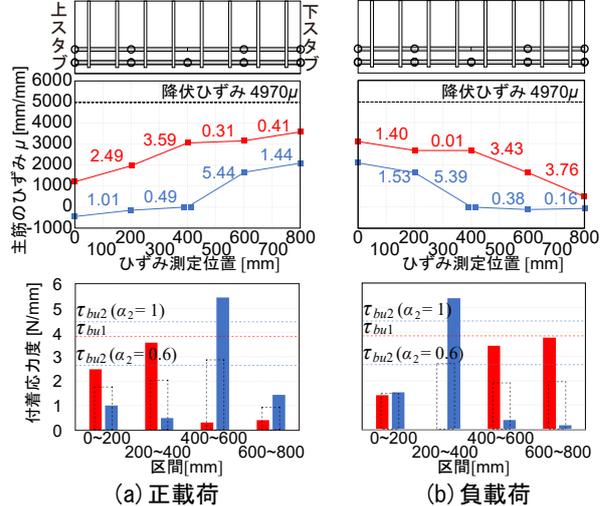


図-12 3CD-0.6-1, 主筋のひずみ分布と付着応力度

応力度 τ のうち最大のものを示す。ここで、 α_2 は 1 段目および 2 段目の主筋に生じる付着力の関係から求める 2 段目主筋の強度低減係数であり、 $\alpha_2 = 0.6$ と $\alpha_2 = 1$ とした場合について 2 段目主筋の付着信頼強度を示した。

1 段配筋の 3NS-0.6-1 では、靱性指針による付着信頼強度を正載荷、負載荷ともに全ての区間で下回ったが実際の破壊形式は付着割裂破壊であった。また、3ND-0.6-1 と比較して 1 段目主筋の付着応力度は小さい。

2 段配筋で 2 段目主筋を通し筋とした 3ND-0.6-1 では、1 段目主筋の各区間の付着応力度は正載荷、負載荷ともに全ての区間で靱性指針による主筋の付着信頼強度を下回ったのに対して、2 段目主筋の各区間の付着応力度は正載荷時、負載荷ともに圧縮側の 0.5D~1D の位置で主筋付着応力度は靱性指針による付着信頼強度を上回ったが実際の破壊形式はせん断破壊であった。また、3CD-0.6-1 と比較して、2 段目主筋の部材端部でのひずみ勾配はわずかであった。

2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 では、1 段目主筋の各区間の付着応力度は正載荷、負載荷ともに靱性指針による付着信頼強度を下回った。2 段目主筋では、3ND-0.6-1 と同様の位置での付着応力度のみが靱性指針による付着信頼強度を上回ったが、その位置に付着割裂ひび割れは見られなかった。また、3ND-0.6-1 と比較すると、2 段目主筋の切断により、1 段目と 2 段目の主筋のひずみの差が大きく、1 段目主筋の付着応力度は、引張側の 0.5D~1D の区間で小さく、圧縮側の 0.5D~1D の区間では大きくなる。2 段目主筋の付着応力度は、引張側の 0.5D~1D の区間では大きく、圧縮側の 0.5D~1D の区間では小さくなる。これは 2 段目主筋の中央部のひずみが 0 になることで付着応力度が頭打ちになり、その分を 1 段目主筋が負担することで差が生じたものと考えられる。

3.5 ひび割れ性状

図-13~図-15 に試験体が経験した最大せん断力と長期許容せん断力 Q_{AL2} まで除荷した時の残留ひび割れ幅との関係を示す。縦軸に経験した最大せん断力、横軸に残留ひび割れ幅を示す。計測したひび割れのうち、残留ひび割れ幅 0.8 mm 以下のせん断ひび割れと付着割裂ひび割れをすべて抽出し、青色がせん断ひび割れ、赤色が付着割裂ひび割れを示す。図に示した数字は計測したひび割れの番号で図-16 と対応している。図-16 は各試験体のひび割れ図で、せん断補強筋のひずみゲージの位置を○印で示し、計測したせん断ひび割れと付着割裂ひび割れを番号で示す。青色が正載荷時のひび割れで、赤色が負載荷時のひび割れである。RC 規準³⁾では、使用性確保のために長期許容せん断力時のせん断ひび割れが 0.3 mm 未満になる設計が求められる。本実験では 1/3 の縮小試験体であり、ひび割れ幅の測定値を実大スケール

と比較できるようにする必要がある。筈尾ら¹⁾を参考とし、実大の $\sqrt{1/n}$ 倍 ($1/n$: 試験体の縮尺) になると仮定して、本実験の最大ひび割れ幅の制限値を 0.2 mm 程度に決定した。その数値を超える範囲を灰色で表した。

表-3 で示した通り、曲げひび割れ耐力は、3NS-0.6-1、3ND-0.6-1 では RC 規準による曲げひび割れ耐力で良好に評価できる一方、3CD-0.6-1 では計測した曲げひび割れ発生時のせん断力は RC 規準³⁾による曲げひび割れ耐力を下回った。

1 段配筋の 3NS-0.6-1 では、正載荷、負載荷共に RC 規準における使用性確保のための長期許容せん断力 Q_{AL1} 時において、せん断ひび割れは観察されず、長期荷重によるせん断ひび割れを許容した場合の長期許容せん断力 Q_{AL2} 時には生じていた。その後、損傷制御である短期許容せん断力 Q_{AS} 時の残留ひび割れ幅は 0.2 mm を下回った。また、経験した最大せん断力が $1.2Q_{AS}$ を超えると残留ひび割れ幅が顕著に増大する傾向がみられ、負載荷時には付着割裂ひび割れも生じた。

2 段配筋で 2 段目主筋を通し筋である 3ND-0.6-1 では、1 段配筋の 3NS-0.6-1 と同様に Q_{AL1} のサイクル時にはせん断ひび割れは観察されず、 Q_{AL2} のサイクル時にて観察

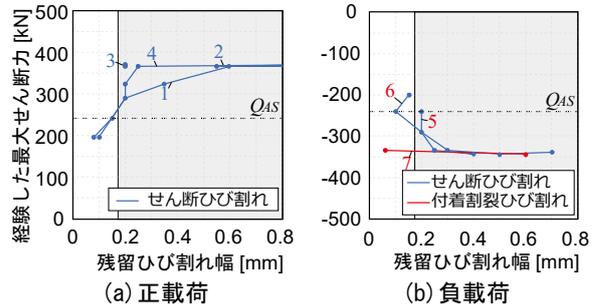


図-13 経験したせん断力とひび割れ幅 (3NS-0.6-1)

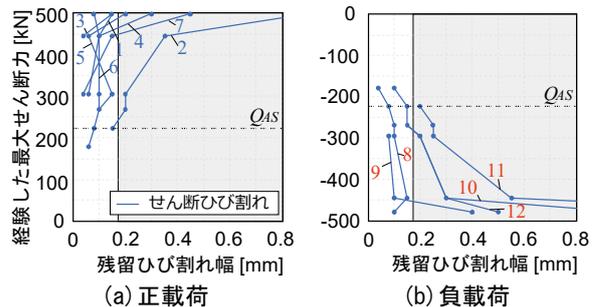


図-14 経験したせん断力とひび割れ幅 (3ND-0.6-1)

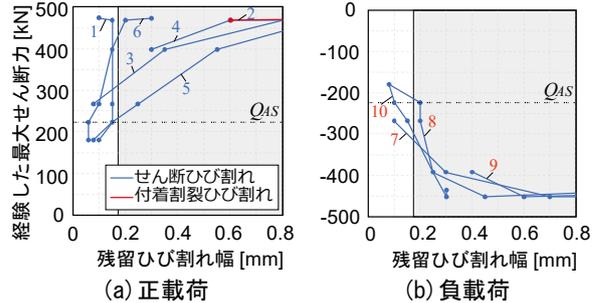


図-15 経験したせん断力とひび割れ幅 (3CD-0.6-1)

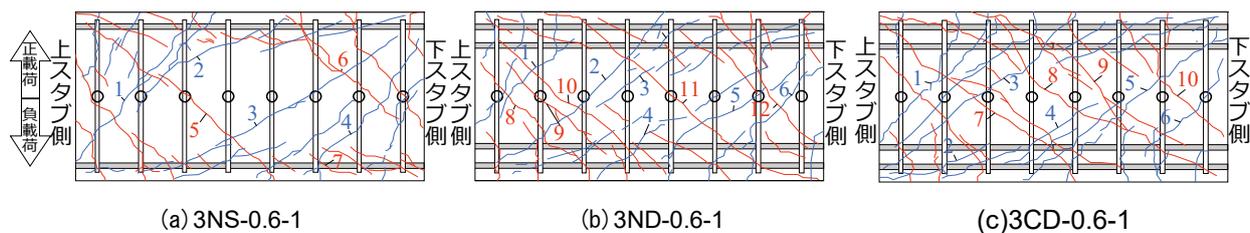


図-16 ひび割れ図

された。その後、正荷重では損傷制御のための短期許容せん断力 Q_{AS} のサイクル時の残留ひび割れは 0.2 mm を下回ったが、負荷荷では 0.2 mm を上回った。経験した最大せん断力が 450 kN を超えるとせん断ひび割れが顕著に増大し、付着割裂ひび割れは観察されなかった。

2 段配筋で 2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 では、3ND-0.6-1 と同様に Q_{AL2} のサイクル時にせん断ひび割れが計測され、正荷重では $1.2Q_{AS}$ のサイクルにおける残留ひび割れが 0.2 mm を上回ったことに対して、負荷荷では Q_{AS} のサイクル時の残留ひび割れが 0.2 mm を上回った。また、正荷重では経験した最大せん断力が $1.2Q_{AS}$ を超えるとひび割れ幅の増大が顕著にみられることに対して、負荷荷では経験した最大せん断力 400 kN を超えるとひび割れ幅の増大が顕著であり、正荷重のみ、部材角 1.5% のサイクル付近 (460 kN 付近) において付着割裂ひび割れがみられる。

3NS-0.6-1 と、3ND-0.6-1 を比較すると、2 段配筋にすることで付着割裂ひび割れの本数が減少したが、せん断ひび割れの発生が顕著で、破壊形式が大きく変わった。

3ND-0.6-1 と 3CD-0.6-1 を比較すると、 Q_{AL1} のサイクル時にはせん断ひび割れは観察されず、 Q_{AL2} のサイクル時で発生し、 Q_{AS} のサイクル時の正荷重時の残留ひび割れは 0.2 mm を下回ったが、負荷荷では 0.2 mm を上回ったというほぼ同様の推移を示したが、2 段目主筋を切断することで、正荷重時のみ、付着割裂ひび割れが発生し拡幅する傾向がみられた。

4.まとめ

高強度せん断補強筋を用いたせん断スパン比 1 の RC 梁の構造実験を行い、以下の知見を得た。

- 1) 2 段配筋で 2 段目主筋が通し配筋とした 3ND-0.6-1 は、最大耐力前にせん断補強筋が降伏し部材角 1.5% のサイクル後に中央を斜めに横切るせん断ひび割れが拡幅し、せん断破壊した。
- 2) 2 段配筋で 2 段目主筋の中央部を切断した 3CD-0.6-1 は、正荷重では付着割裂ひび割れ、負荷荷ではせん断ひび割れが顕著であった。付着割裂ひび割れが先に拡幅したため付着割裂破壊とした。
- 3) 1 段配筋とした 3NS-0.6-1, 2 段配筋で 2 段目主筋の

中央部を切断した 3CD-0.6-1 の最大耐力は、靱性指針に基づくせん断耐力で概ね評価できた。2 段配筋で 2 段目主筋を通し配筋とした 3ND-0.6-1 は、計算値と破壊形式が異なった。

- 4) 1 段配筋の 3NS-0.6-1 では、靱性指針による付着信頼強度を正荷重、負荷荷ともに全ての区間で下回ったが実際の破壊形式は付着割裂破壊であった。
- 5) 2 段配筋で 2 段目主筋を通し配筋とした 3ND-0.6-1 の主筋の付着応力度は靱性指針による付着信頼強度を上回ったがせん断破壊であった。
- 6) 付着割裂破壊した主筋が 1 段配筋の試験体から主筋を 2 段配筋にすることで耐力の増加が見られた。
- 7) 2 段目主筋を通し筋から突き合わせにする事で、耐力は通し筋にした場合の 0.95 倍に低下し、破壊形式はせん断破壊から付着割裂破壊に変化した。
- 8) 主筋が 1 段配筋の場合、2 段配筋の場合と比較して最大耐力時の 1 段目主筋の付着応力度は小さかった。
- 9) 2 段目主筋がスパン中央で突き合わせただけで連続していない 3CD-0.6-1 では、通し筋の 3ND-0.6-1 と比較して 1 段目主筋のひずみが大きかった。また、2 段目主筋の中央部付近のひずみ勾配も大きかった。

謝辞

本研究は名古屋工業大学と山口鋼業株式会社との共同研究として実施したものである。また、実施にあたり名城大学 市之瀬敏勝教授、山口鋼業株式会社 宮田英樹氏、飯島建築事務所 金子慶一氏、名古屋大学 日比野陽准教授には貴重な助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 笹尾泰智, 宮田英樹, 市之瀬敏勝, 川崎将臣, 八木茂治, 楠原文雄: 高強度の鉄筋とコンクリートを組み合わせた RC 梁に及ぼすカットオフ筋の影響, その 1~3, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 構造IV, pp225-230, 2018.
- 2) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説, 1999
- 3) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2018