

両引き試験による鋼板を介した RC 部材の力学性状に関する検討

宇都宮大学 学生員 井上淳，正会員 中島章典，齊木功
富貴沢建設コンサルタント 非会員 片柳聡，正会員 矢嶋雅雄

1. はじめに

鋼・コンクリート複合ラーメン橋の剛結部では，鋼桁フランジを鉄筋が貫通して，鋼板が RC 構造の一体性を遮断している場合がある．この鉄筋とコンクリートと鋼板とで結合されている構成要素間では，それらの相互作用が複雑に影響し合う¹⁾．そこで本研究では，鋼板の有無がひび割れおよび鉄筋ひずみに及ぼす影響に着目した RC 部材の両引き試験を行い，これら 3 つの相互作用を詳細に調べる．さらに，鋼板を介する RC 部材の目開きを抑制する方法として，鋼板にスタッドを設ける場合を想定し，そのスタッドによる目開き抑制効果について検討する．

2. 実験概要

上に述べた 3 要素の相互作用とスタッドによる目開き抑制効果を検討するため，図-1 に示すような 3 つのタイプの試験体を各 3 体ずつ作製した．

NSP：中央鋼板のない試験体

SP：中央鋼板のある試験体

SSP：中央鋼板にスタッドを取り付けた試験体

試験体 NSP では，最初のひび割れが試験体中央に発生するように，深さ 5mm の切欠きを設けた．試験体 SP の中央鋼板の厚さは 12mm とし，これを鉄筋が貫通するように穴を開けた．試験体 SSP のスタッドに関しては，本研究の両引き試験体に適する規格のスタッドがないため，長さ 188mm の丸鋼 ($\phi 9$) と正方形に加工した平鋼 (厚さ 12mm，幅 20mm) からなるスタッドを用いた．そのスタッドと鋼板との接合部は，溶接により固定した．

本研究では，鉄筋のひずみ分布を詳細に検討するため，図-2 のような鉄筋 (D16) のリブを切削した溝切り鉄筋²⁾を採用した．ひずみゲージは供試体中央から外側 100mm までを 20mm 間隔で，それより外側は 50mm 間隔で貼り付けた．切削した溝にひずみゲージを貼り付け，コーティングした後は，エポキシ樹脂で溝全体を充填した．試験体 SSP では，スタッドの挙動も知るため，スタッド中央高さにひずみゲージを貼り付けた．また，図-1 のように，試験体中央にパイ型変位計を取り付けることにより，中央ひび割れ幅および目開き量を計測した．コンクリートの圧縮強度および引張強度は 30.2N/mm^2 ， 2.12N/mm^2 である．また，スタッドに用いた丸鋼の弾性係数は 200kN/mm^2 である．

3. 実験結果および考察

各タイプの試験体の鉄筋ひずみ分布を図-3，図-4，図-5 示す．図-5 には，スタッドの先端の位置を破線で示した．ひび割れが発生すると，その位置のコンクリー

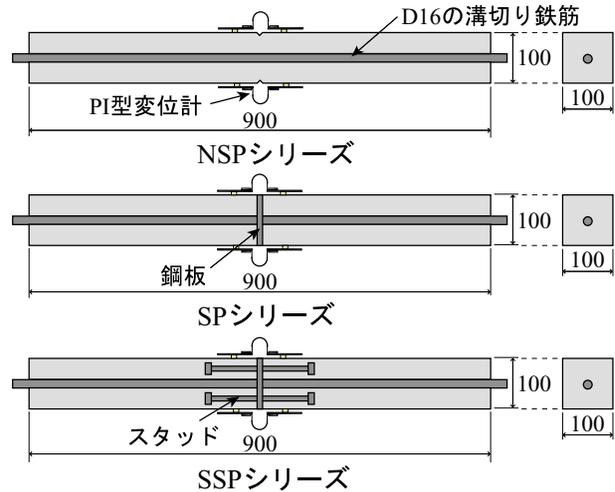


図-1 両引き試験体 (単位 mm)

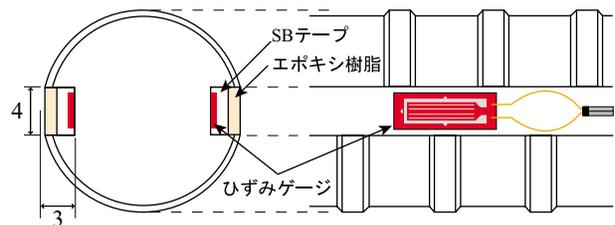


図-2 溝切り鉄筋 (単位 mm)

トの引張負担力は減少するため，鉄筋ひずみは急激に大きくなる．従って，図-5 において，荷重が 19.5kN のとき，-側 (左側) のスタッド頭部付近に，荷重が 26.5kN のとき，+側 (右側) のスタッド頭部付近にひび割れが発生したことが分かる．

PI 型変位計により計測した中央ひび割れ幅 - 荷重関係を図-6 に示すが，SP および SSP のひび割れ幅は鋼板の左右の目開き量の和である．荷重が 36.2kN になるまで，中央ひび割れ発生後の NSP は，ひび割れ発生位置の鉄筋とコンクリートとの間に付着があるので，NSP のひび割れ幅は SP に比べて小さい．しかし，荷重が 36.2kN より大きくなると，その位置の鉄筋とコンクリート間の付着がなくなり，NSP と SP のひび割れ幅はほぼ等しくなっていることが分かる．SSP に関しては，両側のスタッド頭部にひび割れが入るまで，つまり，荷重が 26.5kN になるまでは，SP と比較しても，スタッドの目開き抑制効果が出ていることが分かる．しかし，両側のスタッド頭部にひび割れが入って，その負担力が小さくなくても，中央目開き量が増大していない．ひび割れ幅は，鉄筋とコンクリートとのひずみの差をひび割れ間隔全域に渡って積分したものと解釈すれ

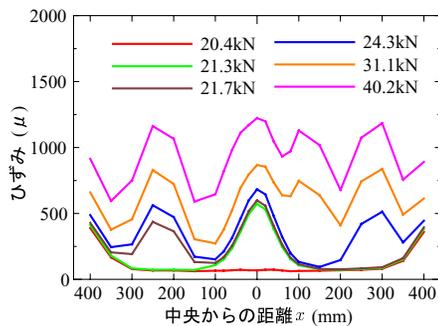


図-3 NSP の鉄筋ひずみ分布

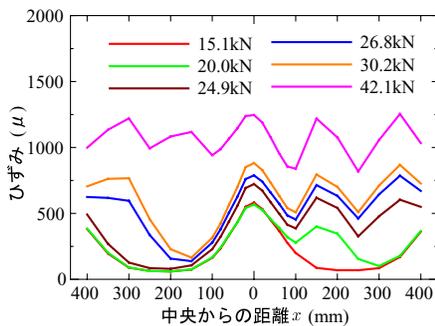


図-4 SP の鉄筋ひずみ分布

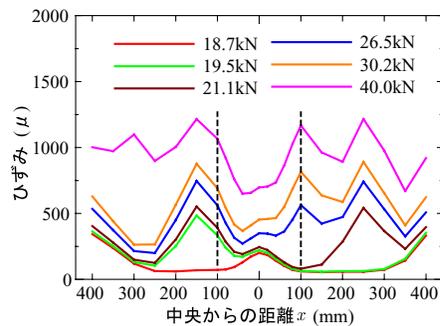


図-5 SSP の鉄筋ひずみ分布

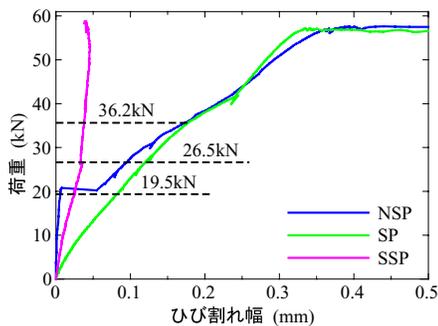


図-6 荷重 - 中央ひび割れ関係

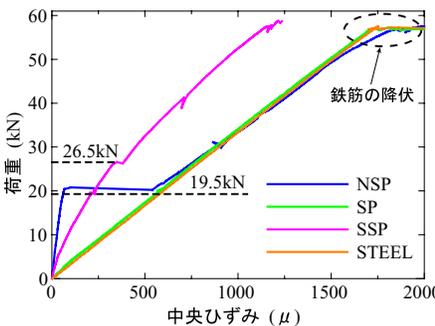


図-7 荷重 - 中央ひずみ関係

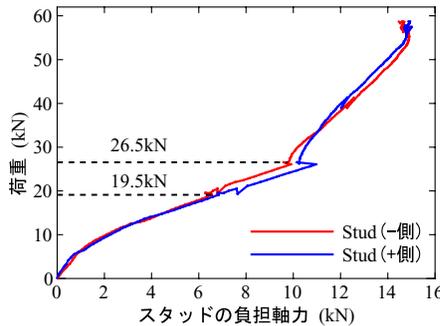


図-8 荷重 - スタッドの負担軸力関係

ば、SSP 中央部のひび割れ間隔および鉄筋とコンクリートとのひずみの差が小さかったので、中央目開き量の増加がみられなかったと考えられる。

鉄筋の中央ひずみ - 荷重関係を図-7 に示す。ここで、図-7 に併記してある STEEL とは溝切り鉄筋単体の引張試験結果で、SSP のスタッド頭部付近にひび割れが発生したときの荷重も示した。SP の中央ひずみは STEEL のひずみに等しく、NSP のひび割れ発生後の中央ひずみにもほぼ等しいということが分かる。中央ひび割れ発生直後の NSP の直線の傾きが SP と等しくなっていない原因は、上述したように、鉄筋とコンクリート間の付着が完全になくなっていないからと考えられる。また、NSP と SP の降伏荷重は鉄筋単体 (STEEL) の降伏荷重に等しいということも分かる。この要因は、中央ひび割れ発生後の NSP の中央位置では、軸荷重の全てを鉄筋が負担しており、SP の中央では、はじめから軸荷重の全てを鉄筋が負担しているので、試験体中央位置の降伏は鉄筋単体の降伏荷重に依存するからと考えられる。

SSP の中央ひずみに関しては、荷重 26.5kN を境にして、荷重 - 中央ひずみ関係の直線の傾きが小さくなっていることが分かる。つまり、荷重 26.5kN を境にして、ひずみの増加量が大きくなっているのである。この原因は、図-5 から、荷重 26.5kN の時に、+ 側のスタッドの頭部付近にひび割れが発生したため、スタッドの効果が小さくなったからと考えられる。つまり、両側のスタッド頭部付近にひび割れが発生することによって、スタッド頭部付近のコンクリートの負担力が小さくなり、合わせてスタッドの負担力も小さくなったからである。

荷重 - スタッドの負担軸力関係を図-8 に示すが、スタッドの負担軸力は、スタッドの中央ひずみと弾性係数

から算定した。図-8 にある Stud(+ 側) および Stud(- 側) とは、図-3、図-4、図-5 の + 側 (右側) のスタッドおよび - 側 (左側) のスタッドを意味し、それぞれスタッド 4 本分の軸力を表している。また、図-8 には、図-7 と同様に、スタッドの頭部付近にひび割れが発生したときの荷重を示した。スタッドの効果が大きい場合は、スタッドの負担軸力の増加量も大きくなるので、傾きは小さくなる。一方、効果が小さい場合は、スタッドの負担軸力の増加量も小さくなるので、傾きは大きくなる。従って、荷重 26.5kN 以前のスタッドに比べて、それ以降の荷重時におけるスタッドの効果は小さいと言える。

4. まとめ

本研究では、鋼板を介した RC 部材として両引き試験を行った。中央ひび割れ幅および鉄筋ひずみに着目することによって、鋼板の有無がコンクリートと鉄筋の挙動に及ぼす影響を確認した。鋼板のある試験体の中央目開きの増加量は、鋼板のない試験体に中央ひび割れが発生して、鉄筋とコンクリートとの付着がなくなった後の増加量にほぼ等しいことが分かった。また、鋼板の有無に関わらず、鉄筋の降伏荷重は変わらないが、鋼板のある試験体の中央ひずみは、鉄筋単体のひずみに等しいということも確認した。スタッドによる目開き抑制効果に関しては、鋼板を介して両側のスタッド頭部付近にひび割れが発生すると、その効果は小さくなることを確認した。

参考文献

- 1) 佐藤, 大島ら: 鋼桁と RC 柱を半剛結した構造の結合部の非線形性と応力伝達メカニズムの解析, 応用力学論文集, Vol.3, pp.415-426, 2000.
- 2) 山尾, 周ら: 付着応力 - すべり関係に関する実験的研究, 土木学会論文集, No.343, pp.219-228, 1984.