

炭素繊維シート補強 RC はりの曲げ性状に及ぼす主鉄筋の付着の影響

北海道大学大学院 学生会員 ○橋田直樹
北海道大学大学院 正会員 佐藤靖彦
日鉄コンポジット 正会員 小林朗
北海学園大学 正会員 高橋義裕

1.はじめに

戦後高度成長期に建てられた建造物の維持・補修が今後の土木の重要な役割になる。しかし、既存の建造物を一律に取り扱うことはできない。その理由の一つに鉄筋の種類がある。すなわち、昭和 40 年ごろまでは丸鋼が用いられており、異形鉄筋に比べコンクリートとの付着が小さい。しかし主鉄筋の付着の程度が、シートによる補強効果にどのような影響を与えるのかは明確にされていない。そこで本研究では、意図的に主鉄筋の付着を低減させた、炭素繊維シート補強 RC はりの曲げ試験を行い、主鉄筋の付着の有無がはりの破壊性状にどのような影響を与えるかを検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料と供試体

セメントには早強ポルトランドセメントを用い、コンクリートの目標圧縮強度を 35MPa として全長 2200mm×高さ 300mm×幅 200mm、有効高さ 250mm の供試体 (図-1 参照) を 5 体用意した (表-1 参照)。供試体 N は無補強供試体、供試体 SP1 と SP1NB はシートが 1 層、供試体 SP2 と SP2NB はシートが 2 層接着されている。

今回使用したシートは、炭素繊維ストランド 1 本ずつに樹脂を含浸して硬化させた FRP 線材をすだれ状にシート化した連続繊維補強材である。なお、シートは、はり下面のコンクリート表面をディスクサンダーでケレンした後、専用の接着剤を塗布しストランドシートを押し付けて接着した。

2.2 人工ひび割れの作製と鉄筋の付着について

供試体 SP1NB と SP2NB では 1 本の主鉄筋をビニルテープで覆うことにより付着を無くしている。これらの供試体では、ひび割れの誘発を目的として、厚さ 1mm のプラスチック板を 90mm 間隔片側せん断スパン部分

に合計 5 箇所設置した (図-2 参照)。なお、人工ひび割れのあるスパンで破壊させるため、もう一方のせん断スパンには炭素繊維シートを巻き立てた。

2.3 ひずみゲージ

人口ひび割れを用意したせん断スパン側の主鉄筋に 10 点、シート下面に 22 点、かぶりコンクリートひび割れ誘発位置中間で下面から 25mm の位置に 4 点、ひずみゲージを貼り付けた。

3.実験結果

3.1 変形挙動と終局耐力

図-3 に載荷点における荷重と変位の関係を示す。荷重-変位関係の傾き、すなわち、はりの曲げ剛性は、鉄筋の付着がある方が高く、引張剛性の高い 2 層補強の方が大きくなっている。付着を有するはりの最大荷重は 1 層補強が約 278kN、2 層補強が約 319kN であるのに対し、鉄筋の付着の無いはりの最大荷重は 1 層補強が約 230kN、2 層補強が約 200kN という結果であった。つまり、鉄筋の付着が無いはりには付着のある有る場合よりも耐力が小さくなった。また、付着が無い場合には 2 層の方が 1 層の場合より耐力が小さくなっている。主鉄筋の付着の影響と人口ひび割れの存在がはりの耐力に大きな影響を与えている可能性がある。

表-1 供試体一覧

供試体	層数	鉄筋付着	シート引張剛性 (kN)	圧縮強度 (N/mm ²)	耐力 (kN)
N	0	有	—	39.5	187.9
SP1	1	有	85.7	34.5	278.5
SP2	2	有	171.4	38.7	319.7
SP1NB	1	無	85.7	27.86	229.3
SP2NB	2	無	171.4	27.95	203.3

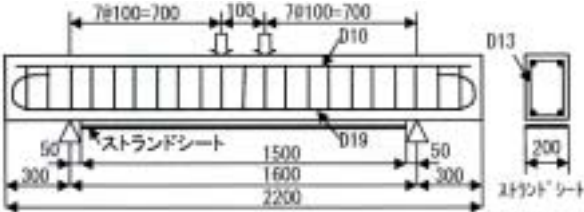


図-1 供試体

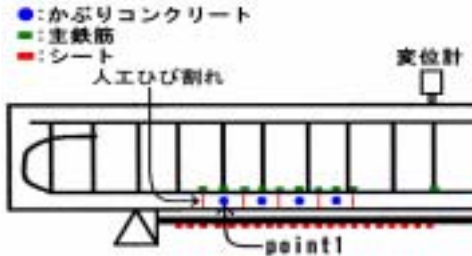


図-2 人口ひび割れ・ゲージ位置

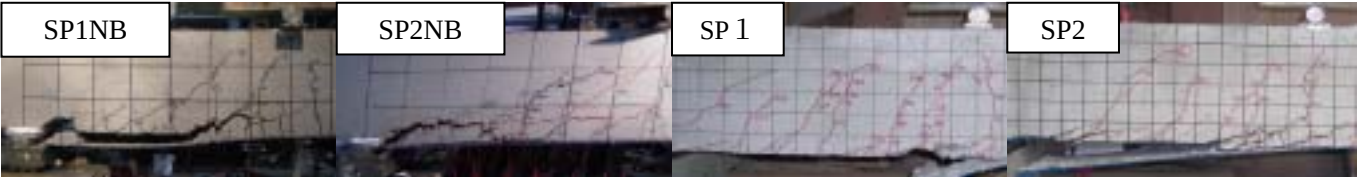


図-4 供試体破壊状況

キーワード：主鉄筋の付着，FRP ストランドシート，曲げ補強

連絡先：〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 011-706-6181

北海道大学大学院工学研究科環境創生工学専攻

3.2 ひび割れ進展状況

図-4 に供試体の破壊状況を示す。SP1NB においては、せん断スパン中央付近でコンクリート表層のモルタルがシートに薄く付着した状態で剥離が発生し、支持点側に破壊が進行した。SP2NB においては、シート端部から荷点点に向かうひび割れが形成され、そのひび割れが主鉄筋に沿って進展することによりかぶりコンクリートの付着破壊が起こった。一方、鉄筋の付着があるはりは、SP1 と SP2 共に 100kN 程度まで等曲げ区間のひび割れが集中し、それ以降せん断スパン内の曲げひび割れが発生した後、荷点直下からシート端部に向かってのシートの剥離破壊が起こった。鉄筋の付着の有無を比べると、鉄筋の付着が無い供試体にはシート端部から主鉄筋に沿って進展するひび割れが存在することが特徴的であった。

3.3 主応力の変化と主方向

図-5 と 6 に SP1NB と SP2NB のかぶりコンクリートの point1 (図-2 参照) の主応力と荷重の関係を示す。SP1NB は 170kN で最大主応力 (σ_1) が急激に増加し、最小主応力 (σ_2) に関しては圧縮から引張に転じた。一方、SP2NB は 140kN で主応力が増加するが、その後 $\sigma_1 \cdot \sigma_2$ 共に急激に減少し、 σ_2 は引張りから圧縮に変化している。SP1NB と SP2NB においてほぼ同様の挙動が見られるが、SP2NB の方が同荷重下に対する最大主応力が大きく、また応力の急激な変化も早期に起こっている。

3.4 シートの付着応力

図-7 に SP1NB と SP2NB のかぶりコンクリートの point1 直下でのシートの付着応力と荷重の関係を示す。SP1NB は 180kN から急激に付着応力が増加し、220kN でシートの剥離と共に付着応力が減少した。SP2NB は付着応力が 140kN から大きく増加したが、170kN からシート端部からのひび割れの進展とともに段階的に減少していった。シートの付着応力は SP2NB のほうが増加の傾向が早い段階から大きく現れ、付着応力も SP1NB の約半分程度で減少していった。これは破壊形

状の違いによるものと思われる。すなわち、シートの付着応力が大きいことによりかぶりコンクリートにより大きな引張応力が発生し、主鉄筋に沿うひび割れが形成されやすくなっていたものと予想される。

4.まとめ

主鉄筋の付着の有無によって破壊形式と最大荷重に違いがみられた。すなわち、破壊形式は、主鉄筋の付着が存在する場合には、はりのせん断スパン中央付近から支点に向かってシートの剥離が伝播する剥離破壊、付着が無い場合には、シート端部から発生したひび割れが進展することによるかぶりコンクリート付着破壊であった。また、最大耐力は主鉄筋の付着の無い方が低下した。

参考文献

小林朗, 佐藤靖彦, 高橋義裕, 立石昌洋: FRP スtrandシートの材料特性と RC はりの曲げ補強効果に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.3, 2008

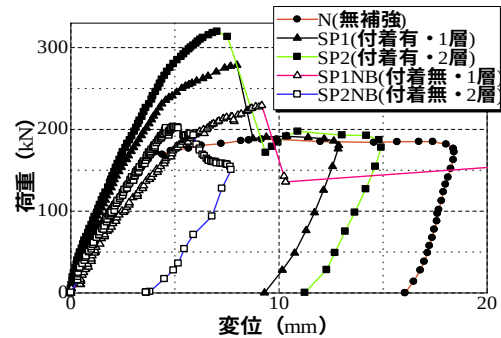


図-3 荷点の荷重-変位曲線

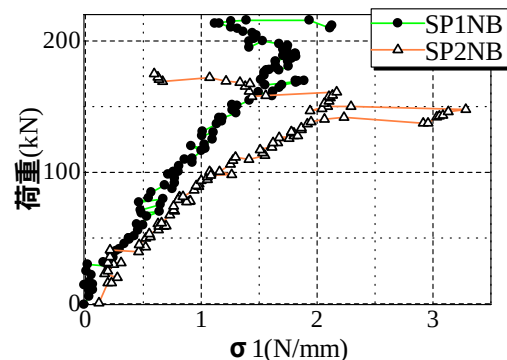


図-5 荷重と σ_1 の関係

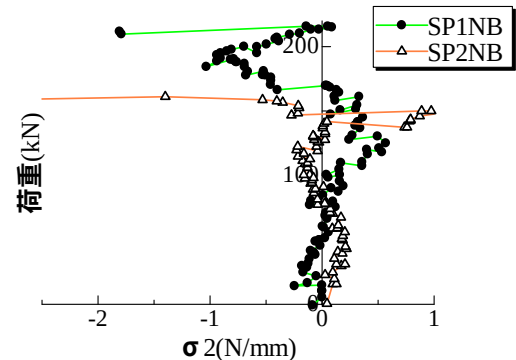


図-6 荷重と σ_2 の関係

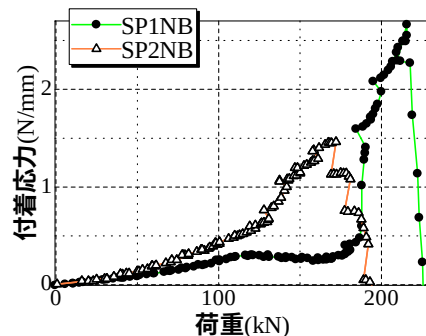


図-7 荷重とシートの付着応力の関係