

# 中央鋼板を有する RC はり部材の力学性状に関する解析的検討

宇都宮大学大学院 学生員 井上淳，正会員 中島章典  
 東北大学大学院 正会員 斉木功

## 1. はじめに

複合ラーメン橋の鋼桁とRC橋脚の剛結部では，上部構造と下部構造の一体性を高めるために，RC橋脚内の主鉄筋を鋼桁下フランジに貫通させ，中詰コンクリート内で定着した主鉄筋と鋼桁間の応力伝達を期待するような設計法が提案されている<sup>1)</sup>．このような鉄筋貫通型剛結部に関する研究は実構造物を縮尺した模型実験や解析などにより行われ，RC部材内の鉄筋を鋼板に貫通させるような鉄筋貫通型剛結構造自体に着目した研究は少ない．著者ら<sup>2)</sup>は，鉄筋貫通型剛結部の一部をはり試験体にモデル化し，中央鋼板の有無および中央鋼板のスタッドの有無に着目した載荷実験を行った．本研究では，実施したはり試験をシミュレーションするための数値解析プログラムを構築し，解析結果と実験結果を比較することで，鉄筋貫通型剛結部の力学性状について検討することを目的としている．

## 2. 解析概要

鉄筋貫通型剛結部における鋼板およびスタッドの影響を検討するため，図-1に示すような3つのタイプ（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設けた試験体）の試験体を対象として用いた<sup>2)</sup>．

本研究では，コンクリートのひび割れなどの不連続な非線形現象を再現することに適している剛体-ばねモデル解析を採用した．コンクリート，鋼板，鋼板とコンクリート間のばね要素には，軸力と曲げによる鉛直断面方向への塑性化の進展を再現するため，60本の軸ばねと1本のせん断ばねを設けた．コンクリートの圧縮領域の特性はコンクリート標準示方書に基づき，引張領域の特性はコンクリートの引張負担を考慮し，ひび割れ発生後は応力を受け持たない特性とした．鋼板の軸ばねの特性は完全弾塑性型とした．鋼板とコンクリート間の軸ばねの特性は図-2に示すような非線形弾塑性型とし，支圧力伝達性状および付着力を再現した．鉄筋およびスタッドのばね要素には軸，せん断および回転ばねをそれぞれ1本ずつ設け，軸ばねの特性は完全弾塑性型とした．鉄筋またはスタッドとコンクリート間には，水平，鉛直および回転ばねを1本ずつ設け，鉄筋とコンクリート間の水平ばねの特性は図-3に示すような特性とし<sup>3)</sup>，スタッドとコンクリート間の水平ばねの特性は線形弾性とした．なお，SPおよびSSPの鋼板と鉄筋間には，鋼板と鉄筋の軸方向の応力伝達はないと考え，鉛直および回転ばねのみを設けた．節点間距離は，せん断スパン内で50mm，載荷点から内側2区間を25mm，それより内側を12mmとした．

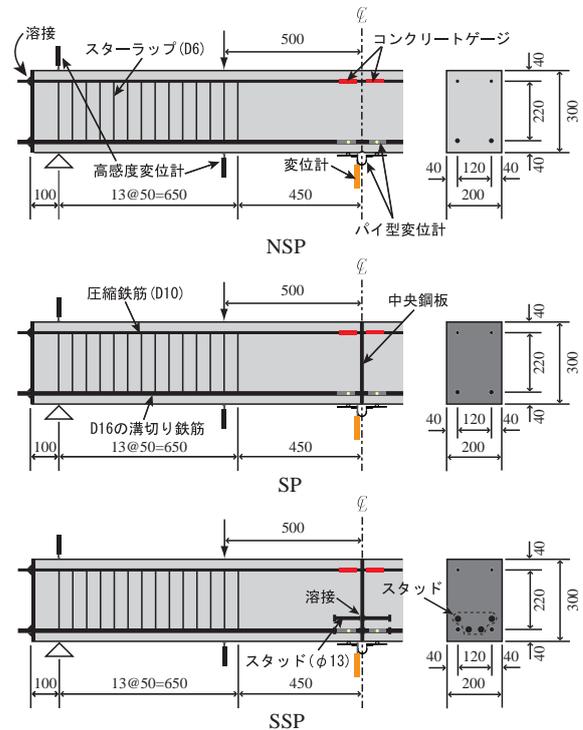


図-1 はり試験体 (単位 mm)

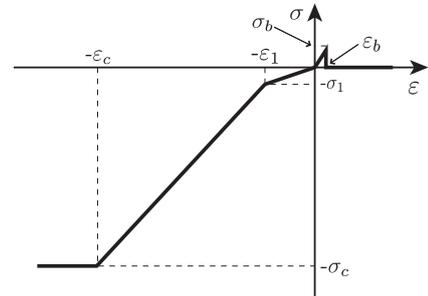


図-2 鋼板とコンクリート間の水平ばねの特性

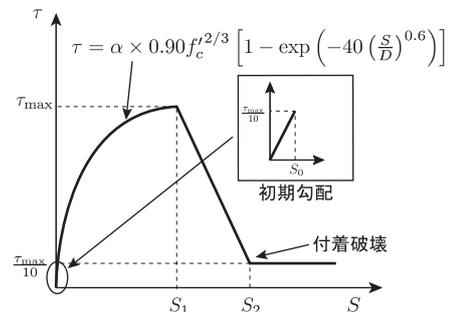


図-3 鉄筋とコンクリート間の付着ばね特性

## 3. 実験結果と解析結果の比較

図-4に，実験で安定ひび割れ状態となった約60kN時における引張鉄筋のひずみ分布を示す．ひび割れ断面

Key Words: はり試験体，剛体-ばねモデル解析，貫通鉄筋，鋼板，スタッド

〒321-8585 宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科情報制御システム科学専攻 Tel.028-689-6208 Fax.028-689-6208

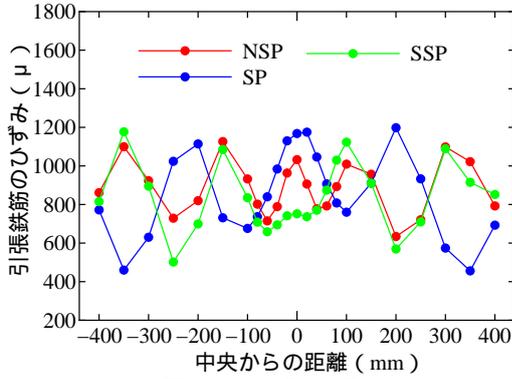


図-4-a 実験結果

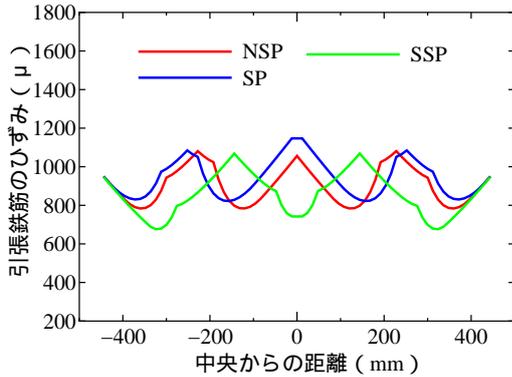


図-4-b 解析結果

図-4 引張鉄筋のひずみ分布（約60kN時）

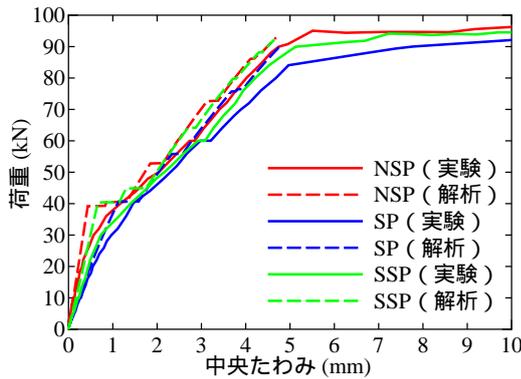


図-5 荷重 - 中央たわみ関係

では、コンクリートの引張負担がほとんど働かないので、ひび割れ発生位置の分布形状は凸になる。中央位置に着目すると、実験および解析結果から、引張鉄筋のひずみの大小関係はSSP、NSP、SPの順に大きいことが分かる。従って、中央鋼板内の引張鉄筋のひずみはひび割れ発生位置の引張鉄筋ひずみより大きく、スタッドの軸力負担により、中央鋼板内の引張鉄筋のひずみは抑制されたと言える。

図-5に荷重-中央たわみ関係を示す。試験体にひび割れが発生する荷重30kN後半までの実験および解析結果に着目すると、たわみの増加量の大小関係はNSP、SSP、SPの順に大きいことが分かる。従って、中央鋼板にスタッドを設けることにより、SSPの曲げ剛性はSPより大きくなったと言える。しかし、試験体にひび割れが発生すると、試験体の種類によらず、たわみの増加量はほぼ等しいことが分かる。

図-6に荷重-圧縮鉄筋の中央ひずみ関係を示す。荷

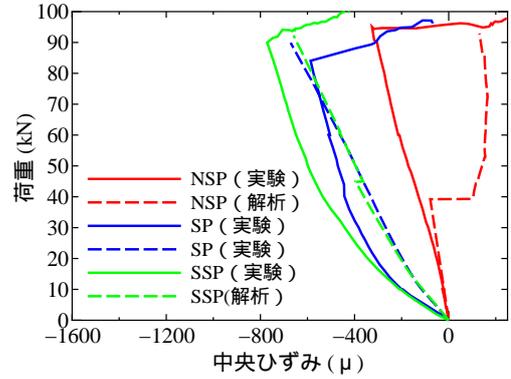


図-6 荷重 - 圧縮鉄筋の中央ひずみ関係

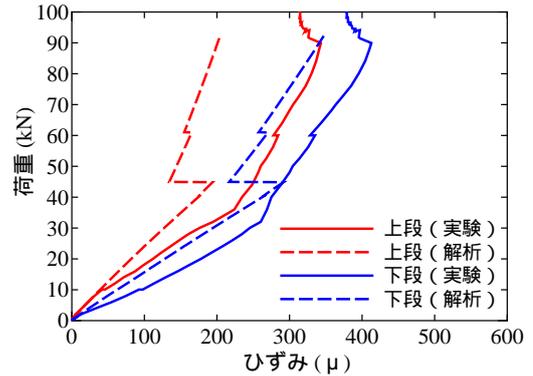


図-7 荷重 - スタッドのひずみ関係

重20kNまでの実験結果に着目すると、NSPに比べて、SPおよびSSPのひずみの増加量は大きいことが分かる。この原因を考察し、鋼板とコンクリート間の構成則を図-2のようにモデル化したところ、実験結果と同様の解析結果が得られた。つまり、初期の荷重段階では、中央鋼板とコンクリート間の支圧力伝達が十分に働かず、その分が圧縮鉄筋の負担として表れると言える。

図-7に荷重-スタッドのひずみ関係を示す。実験では約36kN時に、解析では約45kN時に中央鋼板を介して両側のスタッド頭部付近でひび割れが発生した。この荷重を境に、スタッドのひずみの増加量が小さくなっており、解析結果から、この原因はスタッド頭部付近に発生したひび割れによる影響と確認できた。

#### 4. まとめ

本研究では、鉄筋貫通型剛結部の一部を模擬したはり試験体モデルの曲げ載荷試験を再現するために、剛体-ばねモデル解析を用いた数値解析プログラムを構築し、実験結果と解析結果の比較を行った。その結果、実験結果だけでは不明確であった鋼板内における引張鉄筋とひび割れ位置の引張鉄筋の関係性、鋼板内の圧縮鉄筋およびスタッドのひずみ挙動等を調べることができた。

#### 参考文献

- 1) 佐藤徹，清水功雄，大田貞次，町田篤彦：複合ラーメン橋の接合部設計法に関する一提案，構造工学論文集，Vol.45A，pp.1431-1438，1999.3.
- 2) 井上淳，中島章典，斉木功，源寛輝，嘉無木昌之：複合構造内のRC部材を遮断する鋼板がその力学性状に及ぼす影響，構造工学論文集，Vol.51A，pp.1439-1448，2005.3.
- 3) 田辺忠顕：初期応力を考慮したRC構造物の非線形解析法とプログラム，技報堂出版，pp.242-245，2004.3.