

補強鉄筋の形状がストッパー周辺の桁端の耐力に及ぼす影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田畑 勝幸, 轟 俊太郎, 田所 敏弥

1. はじめに

熊本地震等において、鋼角ストッパー（以下、ストッパー）周辺のコンクリートである桁座、桁端に損傷が生じた。既往の研究¹⁾では、図1に示すストッパー周辺に一般的に配置されるハの字やコの字の補強鉄筋のように、その形状に折り曲げ位置を有するとき、折り曲げ位置とストッパーの位置関係 l_d/l_h によって、補強鉄筋が降伏して耐力に至る場合と、折り曲げ位置を跨ぐひび割れが生じ補強鉄筋が降伏せずに耐力に至る場合があることが明らかとなっている。そこで、本研究では、FEM 解析により、補強鉄筋の形状を円形とした場合の桁端の耐力に及ぼす影響を、折り曲げ位置を有するハの字、コの字の補強鉄筋の結果とともに比較検討した。

2. 解析概要

図1に試験体の配筋を、図2に解析モデルを示す。解析モデルは、試験体中央を対象とした3次元1/4モデルである。コンクリートの構成則は、既往の文献²⁾を参考に、引張側は Hordijk モデル、圧縮側は Parabolic モデルとした。コンクリートの引張強度と引張破壊エネルギーは土木学会コンクリート標準示方書（以下、示方書）で算出し、圧縮破壊エネルギーは、中村らによる式により算出した。ひび割れモデルは固定ひび割れモデルとし、ひび割れ後のせん断剛性と圧縮強度、ポアソン比の低減は、ひび割れ直交方向のひずみに応じてせん断剛性を低減する Al-Mahaidi モデル、圧縮強度を低減する Vecchio and Collins モデル、ポアソン比を低減する Selby and Vecchio モデルで考慮した。また、Hsieh-Ting-Chen モデルを用いて横拘束によるコンクリートの圧縮強度の増加を考慮した。ストッパーは線形とし、補強鉄筋の構成則は、完全弾塑性モデル、埋込み鉄筋要素でモデル化した。

解析パラメータは、鉄筋の折り曲げを円形とした補強鉄筋の場合には、ストッパー中心からの折り曲げ半径を $R=250\sim 400\text{mm}$ とし、折り曲げ位置を有する補強鉄筋であるハの字、コの字の場合には、 l_d/l_h の l_d を 150mm 一定として $0.36\sim 3.0$ とした。破壊面に交差する補強鉄筋の降伏耐力(以降 H_{sy})は、 $H_{sy}=f_{sy} \cdot A_s \cdot \cos\theta$ (A_s : 補強鉄筋の断面積、 θ : 補強鉄筋と載荷軸の成す角度)で計算し、 A_s を調整することで、 $290.7\sim 2805\text{kN}$ とした。なお、コンクリートの圧縮強度 f_c は 27N/mm^2 、補強鉄筋の降伏強度 f_{sy} は 345N/mm^2 、補強鉄筋の本数 n は3本とした。

3. 補強鉄筋の形状による耐力への影響

図3に、補強鉄筋の本数、径を同一としたハの字、コの字の $l_d/l_h=0.36\sim 3.0$ の耐力を、図4に図3と同一の補強鉄筋の本数、径とした円形の折り曲げ半径 $R=250\sim 400\text{mm}$ の耐力を、補強鉄筋を配置しない場合の耐力からの増分として示す。ハの字とコの字の場合、 H_{sy} の式で示されるように、ハの字は、コの字と比較して補強鉄筋と載荷軸の成す角が 45 度となるため、ハの字はコの字の耐力を下回っている。また、ハの字、コの字ともに l_d/l_h が 1.5 程度までは l_d/l_h が大きくなるほど耐力が大きくなる一方で、円形の場合、折り曲げ半径の大小による耐力への影響は確認

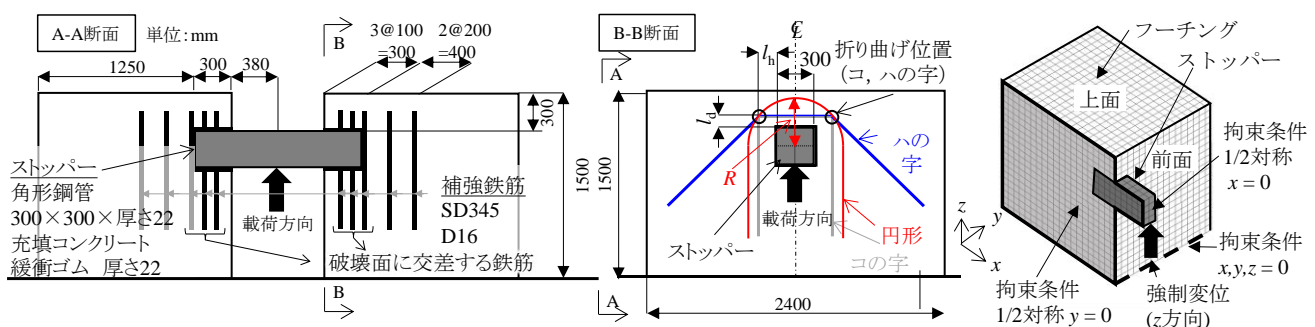


図1 試験体の配筋図

図2 解析モデル

キーワード 鉄道橋りょう, 鋼角ストッパー, 桁端, 補強鉄筋の形状, 耐力

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 Tel:042-573-7281

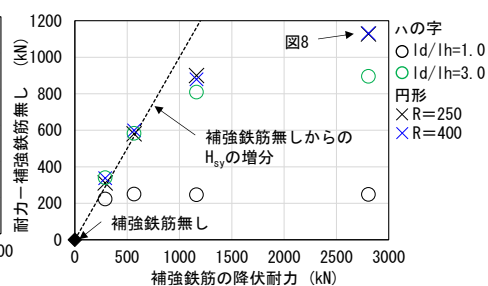
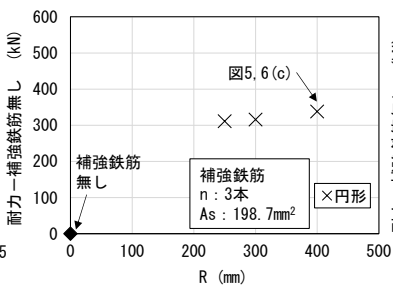
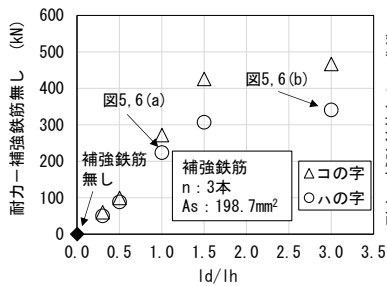
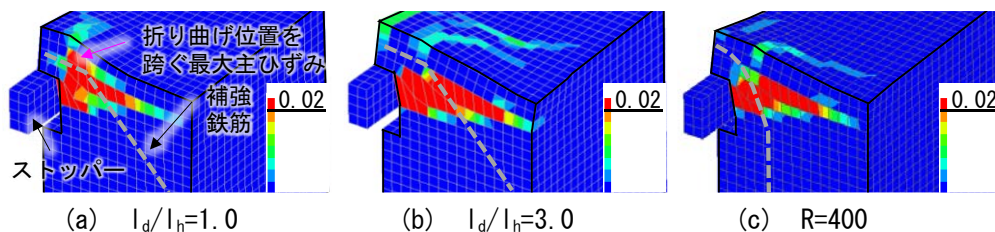
図3 l_d/l_h が耐力に与える影響

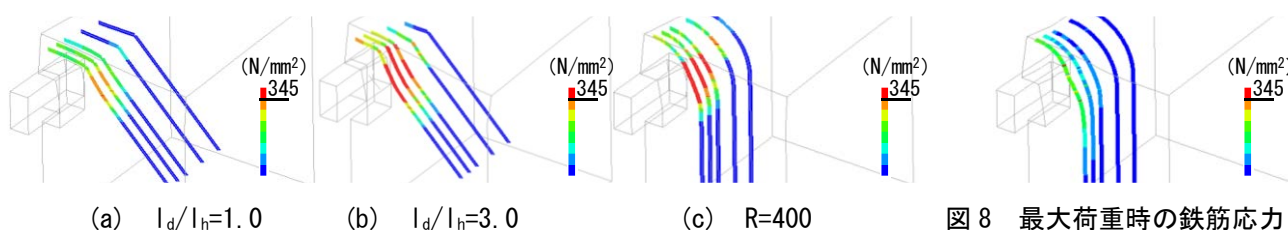
図4 Rが耐力に与える影響

図7 補強鉄筋量が耐力に与える影響

(a) $l_d/l_h=1.0$ (b) $l_d/l_h=3.0$

(c) R=400

図5 最大荷重後の最大主ひずみ分布

(a) $l_d/l_h=1.0$ (b) $l_d/l_h=3.0$

(c) R=400

(d) R=400

図6 最大荷重時の鉄筋応力

図8 最大荷重時の鉄筋応力 (R=400, $H_{sy}=2805\text{kN}$)

されない。図5にハの字および円形の最大耐力後の最大主ひずみを、図6に最大耐力時の補強鉄筋の応力コンター図を示す。ハの字の場合、 l_d/l_h が1.5程度未満では補強鉄筋が降伏せずに折り曲げ位置を跨ぐひび割れが生じ耐力に至る場合があるが、 l_d/l_h が1.5程度以上となると補強鉄筋が降伏して耐力に至るため耐力が一定となる。一方で、円形の場合、ハの字のように補強鉄筋が降伏せずに耐力に至るひび割れが生じる折り曲げ点がないため、折り曲げ半径によらず補強鉄筋が降伏して耐力に至っていることが確認できる。また、円形の耐力の値は、ハの字の補強鉄筋が降伏して耐力に至る $l_d/l_h=1.5\sim 3.0$ と概ね同様の値を示していることから、 H_{sy} の算出時には、ハの字の補強鉄筋と同様に、補強鉄筋と载荷軸の成す角度を考慮する必要があると考えられる。

4. 形状別の補強鉄筋量が耐力に与える影響

図7にハの字と円形の H_{sy} をパラメータとした耐力を、補強鉄筋を配置しない場合の耐力からの増分として示す。ハの字の場合、 H_{sy} を増やすとその増加量と線形の関係で耐力が増加し、 l_d/l_h によって程度は異なるが、ある H_{sy} 以上となると耐力が一定となる。円形の場合、折り曲げ半径によらず H_{sy} を増やすと耐力が増加しているが、ハの字のように、ある H_{sy} 以上となると耐力が一定となる。図8にR=400、 $H_{sy}=2805\text{kN}$ の最大耐力時の鉄筋の応力コンター図を示す。補強鉄筋は降伏せずに耐力に至っていることが確認できる。これらのことから、補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐひび割れによって耐力に至らない場合でも、ストッパー周辺に配置する H_{sy} を増加させると徐々に一部の鉄筋が降伏せずに耐力に至るようになると考えられる。

5. まとめ

補強鉄筋の形状を円形とすることで、折り曲げ位置を跨ぐひび割れが生じて耐力に至ることなく、補強鉄筋が降伏して耐力に至るようになる。ただし、その場合であっても補強鉄筋の量に比例して耐力が増加することはなく、補強鉄筋の量を増やすと徐々に一部の鉄筋が降伏せずに耐力に至ることを示した。

【参考文献】

- 1) 平野悠輔, 轟俊太郎, 田所敏弥: 実橋モデルを用いた鋼角ストッパー埋込み部の損傷に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.43, No.2, pp.679-684, 2021