

## ストッパーと主桁の間隔がストッパー埋込み部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 ○森勇樹, 轟俊太郎, 田畑勝幸, 田所敏弥

### 1. はじめに

過去の地震で、鋼角ストッパー（以降、ストッパー）埋込み部に損傷が生じた。既往の研究<sup>1)</sup>では、ストッパーに荷重が作用するとストッパーから70°のひび割れが生じた後、ストッパー埋込み部に配置される補強鉄筋の折り曲げ位置と、ストッパーの位置関係  $l_{rd}/l_{rh}$  によっては、補強鉄筋が降伏する前に補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐような角度に新たにひび割れが生じ、耐力に至ることが明らかとなっている。実橋では、主桁に近接した位置にストッパーが配置されることがあり、主桁とストッパーの位置関係によっては、主桁がストッパーから生じるひび割れ角度に影響を及ぼすことが考えられる。そこで、本研究では、FEM解析によりストッパーと主桁の間隔が桁端の耐力に及ぼす影響について検討した。

### 2. 解析概要

図-1に解析モデルを、表-1に材料特性値を示す。コンクリートの構成則は、引張側はHordijkモデル、圧縮側はParabolicモデルとした。コンクリートの弾性係数、引張強度、引張破壊エネルギー<sup>2)</sup>、圧縮破壊エネルギー<sup>3)</sup>は、コンクリートの圧縮強度から算出した。ひび割れモデルには、固定ひび割れモデルを用いた。ひび割れ後のせん断剛性の低減は、Al-Mahaidiモデルを用いた。ストッパー本体とストッパー内の充填コンクリートは線形とした。鉄筋は、完全弾塑性とし、埋込み鉄筋要素にてモデル化した。横桁とストッパー間を被覆した緩衝ゴムは、インターフェース要素にてモデル化し、既往の研究<sup>1)</sup>と同様に法線方向およびせん断方向の剛性を設定した。なお、本検討では、ストッパーと主桁の間隔がストッパー埋込み部の桁端の耐力に及ぼす影響を検討するため、主桁や横桁（桁端）は非線形、橋脚は線形とした。表-2、図-2に解析ケースを示す。解析パラメータは、ストッパーと主桁の間隔  $l_s$  である。補強鉄筋の  $l_{rd}/l_{rh}=1.25$  とし、case3、case6は、補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐようなひび割れより主桁が内側に位置するようストッパーと主桁を設定した。また、横桁に配置されるせん断補強鉄筋は桁端の耐力に影響する<sup>1)</sup>ため、せん断補強鉄筋の有無をパラメータとした。

### 3. ストッパーと主桁の間隔が桁端の耐力に及ぼす影響

#### 3.1 横桁のせん断補強鉄筋が無い場合

図-3にcase1~3の荷重-変位関係を示す。図-3より、主桁が補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐようなひび割れに影響の

表-1 材料特性値

部位	コンクリート		鉄筋・鋼材	
	$f'_c$	$E_c$	$f_y$	$E_s$
主桁	40.0	31.0	345	200
横桁	30.0	28.0	345	200
橋脚	24.0	25.0	390	200
ストッパー	24.0	25.0	-	200

$f'_c$ : 圧縮強度 (N/mm<sup>2</sup>),  $E_c, E_s$ : 弾性係数 (kN/mm<sup>2</sup>),  $f_y$ : 降伏強度 (N/mm<sup>2</sup>)

表-2 解析パラメータ

case	ストッパーと主桁の間隔 $l_s$	横桁に配置されるせん断補強鉄筋の有無
1	1035	無
2	580	
3	135	
4	1035	有
5	580	
6	135	

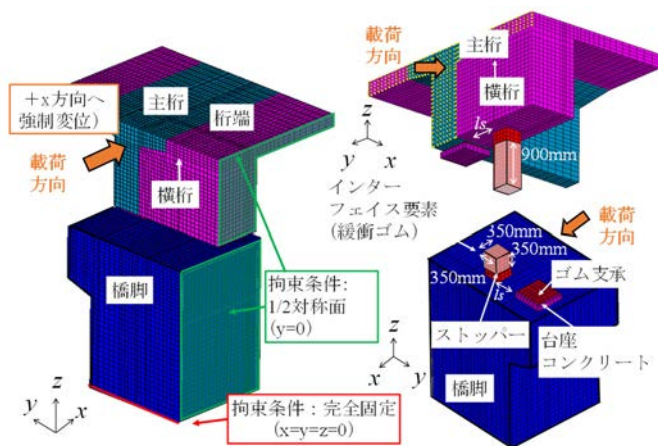


図-1 解析モデル

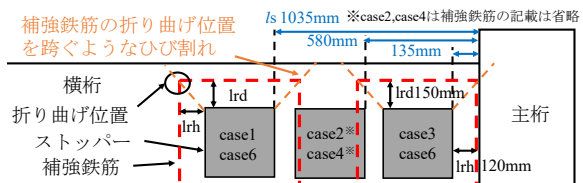


図-2 解析ケース

キーワード 鉄道橋りょう, 鋼角ストッパー, 桁端, 主桁

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

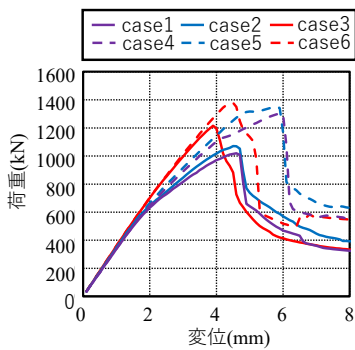


図-3 荷重-変位関係

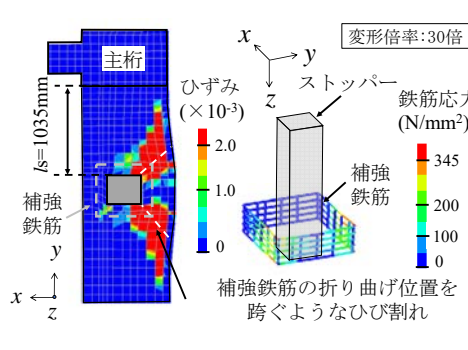


図-4 case1の最大主ひずみ, 鉄筋応力

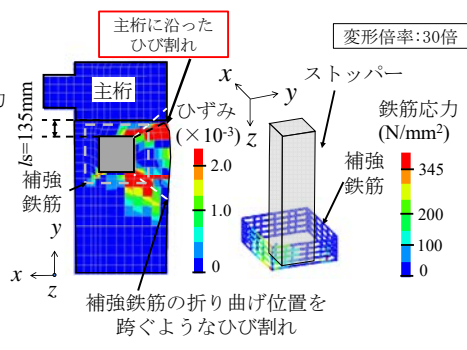


図-5 case5の最大主ひずみ, 鉄筋応力

ない位置に配置される case1, 2 は同等の耐力であるが, case3 は case1, 2 より耐力が向上している。ここで, 図-4, 図-5 に case1, 3 の最大荷重時の最大主ひずみ, 鉄筋応力のコンター図を示す。case1 は, 補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐようなひび割れが生じ, 補強鉄筋が降伏に至る前に耐力に至っていることが確認できた。これは, case2 でも同様であった。一方で, case3 は, 主桁が補強鉄筋の折り曲げ位置を跨ぐようなひび割れよりも内側に配置されているため, 主桁側のひび割れ角度が case1 よりも小さく, 主桁に沿ったひび割れが生じ, 補強鉄筋が降伏する前に耐力に至った。これより, 主桁がストッパーから生じるひび割れの角度に影響を及ぼす位置に配置されると, ひび割れ角度が小さくなり主桁に沿ってひび割れが生じ耐力が向上すると考えられる。

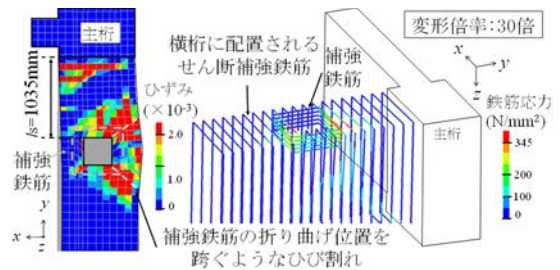


図-6 case4の最大主ひずみ, 鉄筋応力

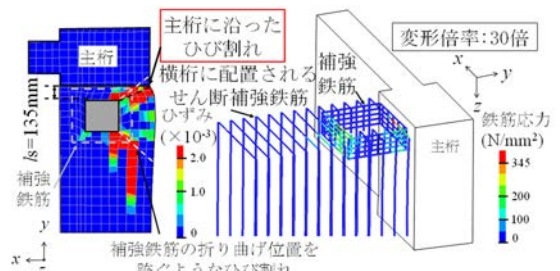


図-7 case6の最大主ひずみ, 鉄筋応力

### 3. 2 横桁のせん断補強鉄筋が有る場合

図-3 に case4~6 の荷重-変位関係, 図-6, 7 に case4, 6 の最大荷重時の最大主ひずみ, 補強鉄筋および横桁のせん断補強鉄筋の応力コンター図を示す。case6 では, case3 同様に主桁に沿ってひび割れが生じ, 補強鉄筋が降伏する前に耐力に至った。横桁のせん断補強鉄筋が有る場合と無い場合での耐力比は, case4/case1=1.26, case5/case2=1.26, case6/case3=1.12 となり既往の研究と同様にストッパー周辺に配置される横桁のせん断補強鉄筋の影響を受け, 横桁のせん断補強鉄筋がない場合に比べて耐力が向上したものと考えられる。case4/case1 と case6/case3 では, 耐力比に差が見られたが, 図-6, 7 に示すように case4 では, case6 に比べてストッパーから生じるひび割れと交差する主桁側に配置される横桁のせん断補強鉄筋が多く, これらが荷重を負担したため, より耐力が向上したと考えられる。

### 4. まとめ

ストッパーと主桁の間隔が桁端の耐力に及ぼす影響について FEM 解析を用いて検討を行った。その結果, 横桁のせん断補強鉄筋の影響があるものの, ストッパーと主桁の間隔が小さくなると, ストッパーから生じるひび割れ角度が小さくなり主桁に沿ったひび割れが生じ, 桁端の耐力が向上することを明らかとした。

本研究は, 国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施しました。

### 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
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 丸善, 2004
- 3) Hikaru NAKAMURA: Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Modeling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads, ASCE, pp. 471-487, 2001