

鋼角ストッパー周辺のコンクリートのせん断破壊性状に及ぼすストッパーの曲げ変形の影響

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○轟俊太朗 岡本大 古屋卓穂
 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 進藤良則 西恭彦 下津達也

1. はじめに

鋼角ストッパー（以降、ストッパー）は、桁に生じた地震時慣性力を橋脚に伝達する。そのため、通常、ストッパーに関する設計は、塑性域を考慮せず弾性設計とする。しかしながら、過去の地震からストッパー周辺のコンクリートにせん断ひび割れが生じた。写真1に、実桁に生じたせん断ひび割れの例を示す。一方で、ストッパー周辺のコンクリートのせん断破壊に関する検討は、兵庫県南部地震以前に実施され^{1),2)}、その検討に基づき、これまで耐力評価されてきた。ストッパーに関する設計³⁾は、ストッパーの剛体仮定が前提であるが、設計地震力の増加からストッパーに曲げ変形が生じ、剛体仮定の成立性が危惧される。そこで、過去に損傷が生じた実桁を対象として、FEM 解析からストッパー周辺のコンクリートのせん断破壊性状に及ぼすストッパーの曲げ変形の影響を検討した。

2. 解析概要

図1に、解析対象の概要を示す。解析対象は、写真1に示す桁とした。構造種別は2主 PRC 桁、スパンは24mである。ストッパーは横桁に2本配置される。解析モデルは、3次元とし、横桁中央を対称面とした1/2モデルとした。また、解析上、主桁の橋軸方向の長さは横桁端から3mとした。鉄筋は図面に通りに配置した。図2に、荷重および拘束条件を示す。荷重は主桁端面を-x方向強制変位、拘束は横桁中央の1/2対称面をy方向固定、ストッパー下端面をxyz方向完全固定とした。図3に、コンクリートの構成則を示す。コンクリートの圧縮強度は、主桁 40N/mm²、横桁 30N/mm²、ストッパーの充填コンクリート 24N/mm²とした。また、ヤング係数³⁾や引張強度³⁾、引張破壊エネルギー³⁾、圧縮破壊エネルギー⁴⁾は圧縮強度から算出した。鉄筋はバイリニア、ストッパーはリニア、ストッパーと横桁間のインターフェースは接触した場合のみ剛とするノーテンションモデルとした。

解析パラメータは、ストッパーの曲げ変形に影響を及ぼすストッパーの曲げ剛性、桁下面からストッパー下端面までの距離 l_s とした。ストッパーの曲げ剛性は、ストッパー断面寸法 350×350mm を一定とし、ストッパーの角形鋼管および充填コンクリートのヤング係数を増減し、0.1, 0.2, 0.5, 1, 5, 10 倍とした。なお、この増減範囲は、一般的な 200×200mm×角形鋼管厚 9mm~500×500mm×角形鋼管厚 22mm の曲げ剛性を想定した。1倍の場合のストッパーの角形鋼管、充填コンクリートのヤング係数は 200, 25kN/mm² である。また、桁下面からストッパー下端面までの距離 l_s は、380mm を基準とし、0.5, 2 倍とした。

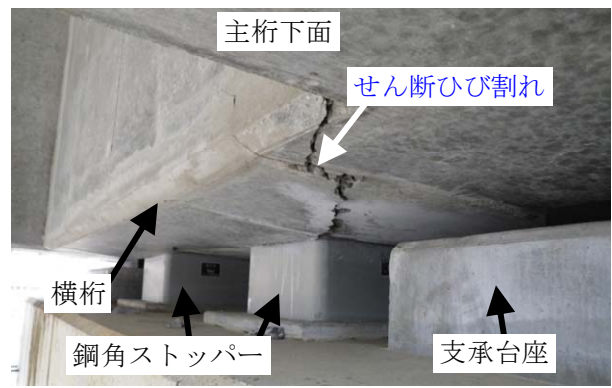


写真1 実桁に生じたせん断ひび割れの例

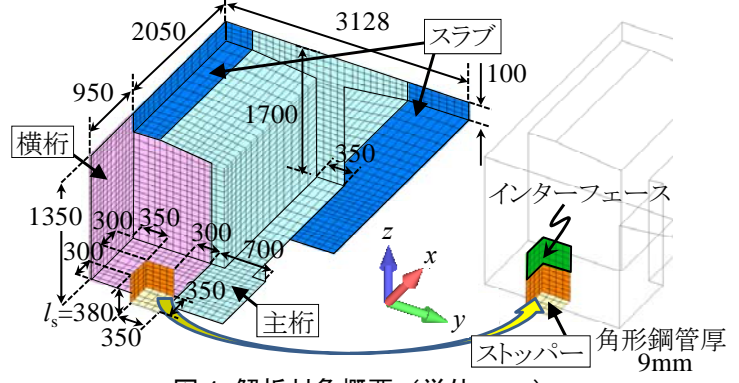


図1 解析対象概要 (単位 mm)

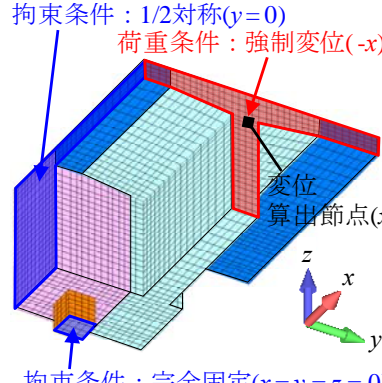


図2 荷重および拘束条件

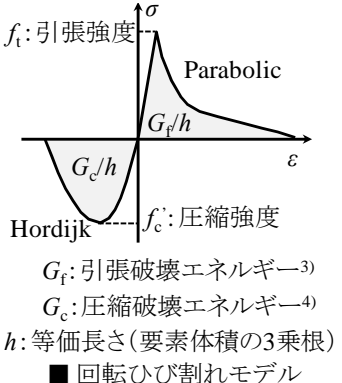


図3 コンクリートの構成則

キーワード：鋼角ストッパー、コンクリートのせん断破壊性状、ストッパーの曲げ変形の影響

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総研 構造物技術研究部 コンクリート構造, TEL: 042-573-7281

3. 解析結果

(a) 曲げ剛性の影響

図4, 図5に, 荷重-変位関係, 最大荷重-曲げ剛性関係を示す. 曲げ剛性5倍と10倍は最大荷重が同等であり, ストッパーを剛体と仮定できる剛性であると考えられる. 曲げ剛性が5倍から0.1倍に下がるほど, 最大荷重が低下する. 曲げ剛性0.1倍の最大荷重は, 曲げ剛性5倍の最大荷重の0.6倍まで低下する. 図6(a), (b)に, 曲げ剛性1倍, 0.1倍の最大荷重時の最小主応力を示す. 曲げ剛性1倍では, ストッパー前面のコンクリートが均等に支圧を受け, ストッパー上端から45°程度の破壊面が形成される. これは設計で想定する支圧応力分布, せん断破壊面に近い³⁾. 一方, 曲げ剛性0.1倍では, 桁下面に支圧が集中し, 曲げ剛性1倍と比べ, 狭い範囲で破壊面が形成される. このことから, せん断耐力を評価するには, ストッパーの曲げ剛性の影響を考慮する必要があると考えられる.

(b) 桁下面からストッパー下端面までの距離の影響

図7に, 荷重-変位関係を示す. 曲げ剛性0.5倍で l_s を1倍とした場合と, 曲げ剛性を1倍で l_s を2倍とした場合の最大荷重は同等である. また, 曲げ剛性を0.5倍で l_s を0.5倍とした場合と曲げ剛性を1倍で l_s を1倍とした場合の最大荷重は同等である. 図8(a), (b)に, 最大荷重が同等となった曲げ剛性0.5倍で l_s を1倍, および曲げ剛性1倍で l_s を2倍とした場合の最大荷重時の最小主応力を示す. 最大荷重と共に, 応力状態もほぼ同様である. このことから, 桁下面でのストッパーの曲率 $\phi = Fx/EI$ が同じ場合, 最大荷重及び応力状態は同様となると考えられる. ここで, F は最大荷重, x は桁下面からストッパー固定端までの距離, EI は曲げ剛性である. そのため, せん断耐力を評価するには, 曲げ剛性の他, 桁下面から桁座上面までの距離および橋脚側に埋め込まれたストッパーの曲げ変形を考慮する必要があると考えられる.

4. まとめ

ストッパーの曲げ剛性が大きい場合等では, 設計で想定する剛体仮定が成立すると考えられる. 一方, ストッパーの曲げ剛性や桁下面から桁座上面までの距離等によっては, ストッパーの曲げ変形がせん断破壊性状に影響を及ぼすことを明らかにした. せん断耐力を適切に評価するには, これらの影響を考慮する必要があると考えられる.

【参考文献】 1) 町田富士夫: 桁式コンクリート鉄道橋支承部の耐震設計に関する研究, 鉄道技術研究報告, No.1175, 1981.3 2) 中原繁則, 大石辰雄, 神山立男, 野々村政一: 新しい鋼角ストッパーの試験, 構造物設計資料, No.82, pp.8~12, 1985.6 3) (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, 平成16年4月 4) Hikaru NAKAMURA, Takeshi HIGAI: Compressive Fracture Energy and Fracture Zone Length of Concrete, Modeling of Inelastic Behavior of RC Structures under Seismic Loads, ASCE, pp.471-487, 2001

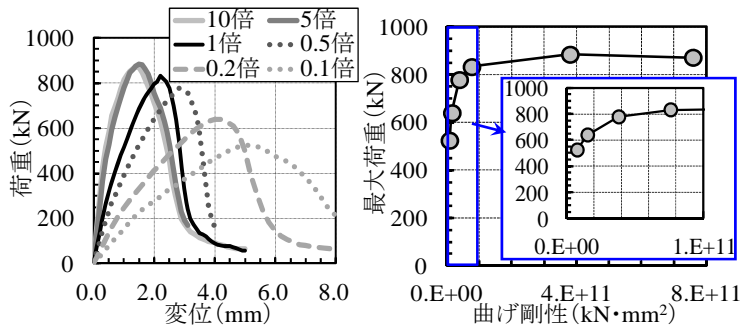


図4 荷重-変位

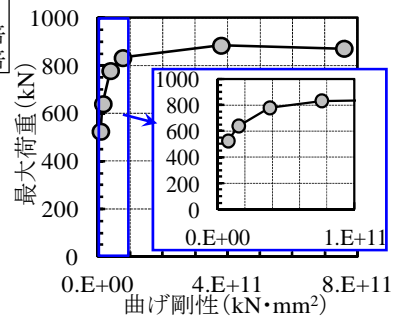
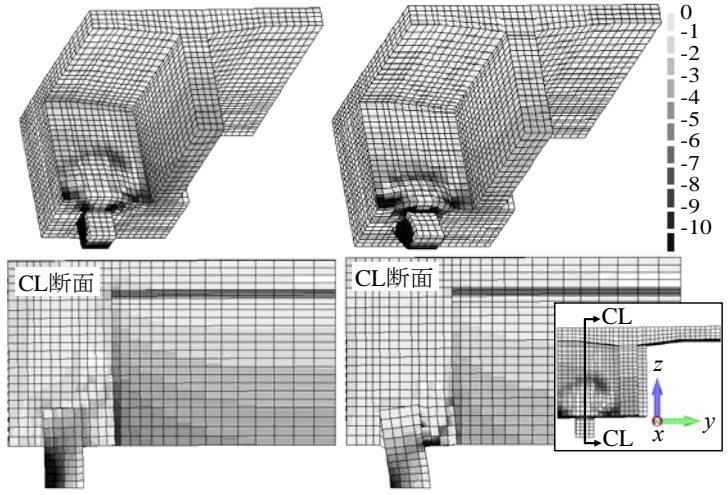


図5 最大荷重-曲げ剛性



(a) 曲げ剛性1倍

(b) 曲げ剛性0.1倍

図6 最小主応力図 (変形倍率 上図100倍, 下図20倍)

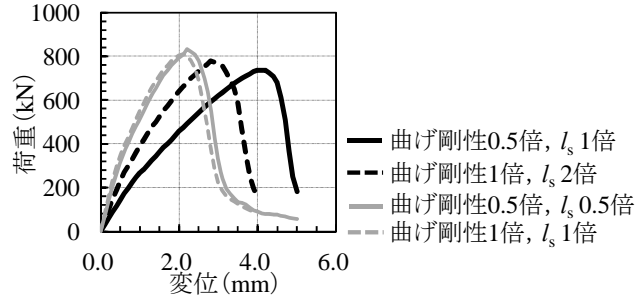
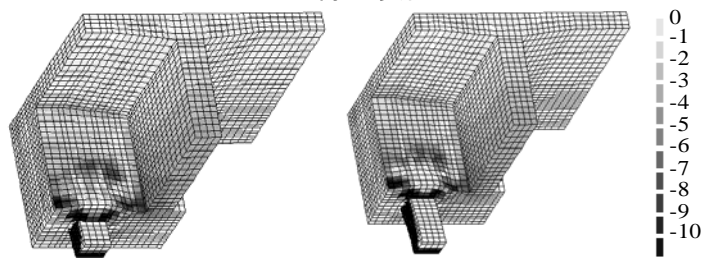


図7 荷重-変位



(a) 曲げ剛性0.5倍, l_s 1倍

(b) 曲げ剛性1倍, l_s 2倍

図8 最小主応力図 (変形倍率 100倍)