

主桁-横桁取合い部垂直補剛材上端の疲労損傷に対する連結板補強

西日本高速道路（株） 正会員 佐溝 純一、正会員 米田 幸司、佐々木 克祥

西日本高速道路エンジニアリング関西（株） 正会員 ○石原 佳典、宮本 慎也

（株）ワイ・シー・イー 正会員 松本 健太郎

1. はじめに

主桁にH形鋼等を用いた橋梁において、外主桁と横桁取付部の補剛材上端に疲労損傷が多数発見されている¹⁾。中主桁では横桁と主桁の上フランジを連結板（写真 1）で接合しており、局部的な面外変形が生じない。しかし、外主桁では横桁との連結板が無く、補剛材上端に横桁の変形や RC 床版の首振り現象により大きな面外曲げが生じていることを既報²⁾にて報告した。

本報では、外主桁の垂直補剛材上端の疲労損傷に対する新たな対策方法として、連結板を適用する場合の最適形状と対策効果について FEM 解析を用いて検証した結果を報告する。

2. 連結板形状と取付方法

主桁と横桁をつなぐ連結板の形状パラメータと取付方法を、図 1 に示す。連結板は、横桁上フランジと主桁上フランジとの隙間に差し込む。連結板の形状は、写真 1 に示す中主桁の連結板を基本形状とし、幅 X、長さ Y、板厚 t を変化させる。板厚は、横桁に勾配があるため、連結時に馴染みやすいように、9mm 以下で検討する。また、施工は道路規制が不要な桁下のみとし、主桁上フランジとの接合には片面施工が可能な TRS（Thread Rolling Screw）φ16mm を用いる。

3. 解析方法

解析モデルを、図 2 に示す。解析モデルは 3 次元モデルで、着目部はソリッド要素で作成している。RC 床版と主桁上フランジの接合を事前検討した結果、着目補剛材に面外変形が生じるようにスタッド位置のみで荷重を伝達するように設定した。解析ケースを、表 1 に示す。解析では、連結板の板厚 t や幅 X、TRS 本数を変更した最適形状検討と、主桁上フランジと横桁の離隔 D を変更した汎用性検討で、全 11 ケースを行った。なお、TRS のモデル化は比較検討の結果、本報ではソリッド要素でモデル化した。連結板と横桁および主桁の材間は、すべて接触要素を設定している。

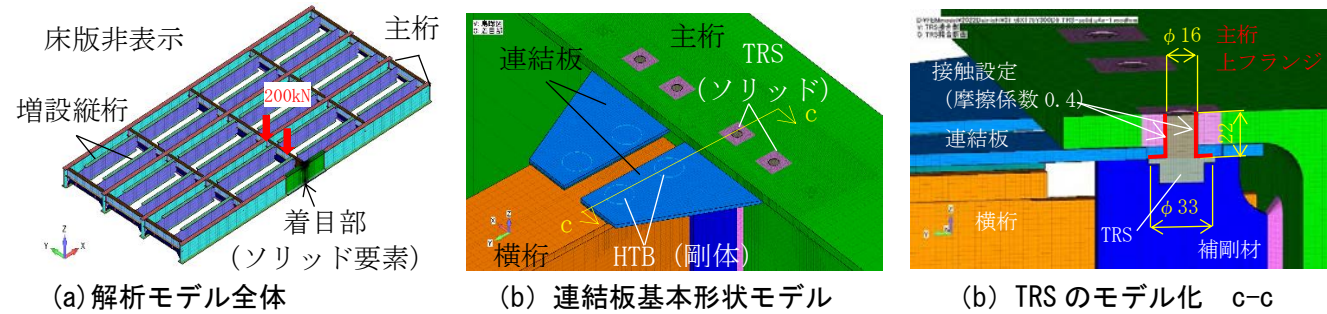


図 2 解析モデル

キーワード H 形鋼桁橋、補剛材上端、疲労、連結板補強、FEM 解析、応力低減効果

連絡先 〒567-0032 大阪府茨木市西駅前町 5-4 STD 茨木ビル 7F

西日本高速道路エンジニアリング関西（株） TEL072-631-5335

4. 解析結果

4. 1 連結板補強後の変形状況

連結板設置前後の変形図を、図 3 に示す。対策前では、主桁上フランジと横桁が離れる変形が生じているのに対し、対策後では、その変形を連結板が抑制していることがわかる。

4. 2 連結板の最適形状

連結板の板厚と板幅の違いによる応力低減効果を、図 4 に示す。同図では、対策前モデルにおいて応力集中が生じていた 3 箇所の応力（同図(a)）を比較している。

同図(b)より、連結板補強（t:6, X:175, 2-TRS）を適用することで、対策前と比べて①主桁首部の面外曲げ応力は42%（150MPaから63MPaへ）、②スカラップは44%（642MPaから281MPaへ）、③横桁Rコバは71%（65MPaから-46MPa）に低減している。また、連結板を増厚することで最大応力は低減するが、板厚を2倍にしても（例えば、板厚4.5mmと9mm）、応力低減率は最大でも5～6%程度の向上である。

次に、同図4(c)の板幅拡大に加えて TRS 本数を増やすと、最大応力が低減するが、板幅100mm TRS1本と、板幅260mm TRS3本で比べると、主桁首部やスカラップの応力低減率が1割程度の向上である。したがって、連結板の板厚や板幅を変化させても応力低減効果は同程度であることから、施工性を踏まえて、板厚 t=6mm、板幅 X=175mm を基本寸法とした。

4. 3 連結板補強の汎用性

汎用性検討として、主桁上フランジと横桁の離隔 D が変化した場合の連結板補強効果を、図 5 に示す。

対策前は、離隔 D を変化させても最大応力はほとんど変わらない。対策後は、離隔 D の変化で連結板の取付け方法が変わるため、応力低減効果にも影響し、主桁首部とスカラップで、D:0 で55～56%程度、D:9, 20 が同程度で42～45%程度である。離隔 D:9, 20 は連結板と主桁フランジを直接添接することで偏心がないことから、1割程度応力低減効果が大きいものと思われる（離隔 D:0 は連結板と主桁上フランジ下面にフィラー）。

5. おわりに

外主桁補剛材上端の疲労損傷に連結板補強を適用した場合、横桁からの力を主桁上フランジに円滑に伝達できる。連結板の最適形状は、施工性を踏まえて t=6mm, X=175mm, Y=300mm が良く、対策前の最大応力を主桁首部や補剛材スカラップ下端で4割程度まで、横桁Rコバで7割程度まで低減することが期待できる。

参考文献 1) 山本, 村越, 上仙: 橋梁点検データに基づく鋼 I 桁橋における主桁-横部材取合い部の疲労損傷事例の分析, 鋼構造論文集, 第28巻, 第112号, pp.89-100, 2021.12 2) 坂本, 佐溝, 上田, 石原, 松本: 面外曲げが支配的な主桁横桁取付部補剛材上端の疲労き裂対策, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, I-64, 2022.9.

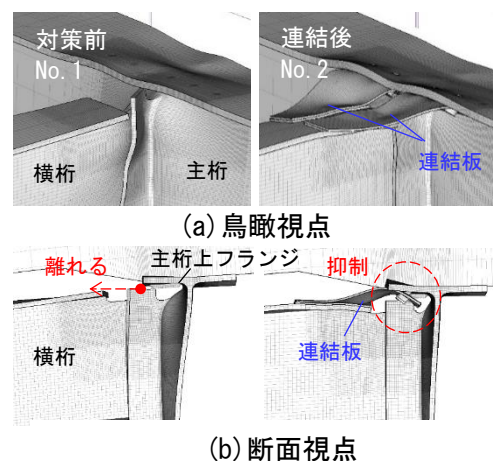


図 3 連結前後の変形図 (500)

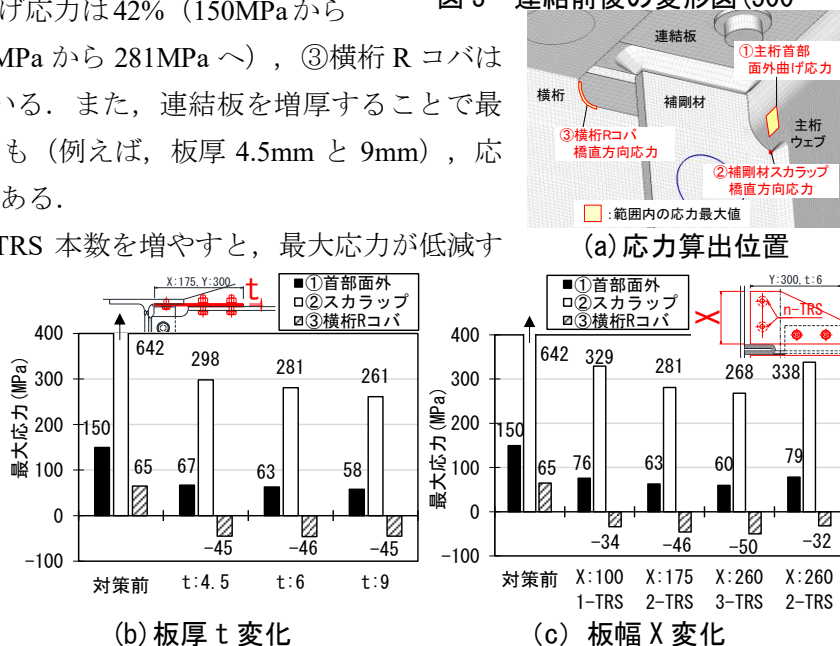


図 4 連結板形状による最大応力低減効果

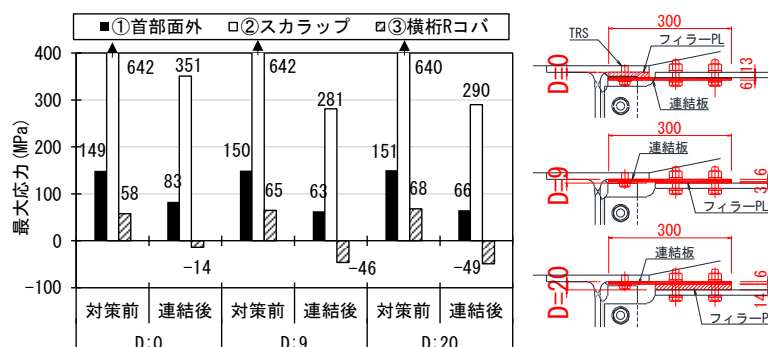


図 5 離隔変化時の連結補強効果