

鋼 I 桁の仮受け支点部のリブ補強効果に関する解析的検討

名城大学

学生会員

○田中啓太

名城大学

正会員

渡辺孝一

名城大学

学生会員

川上峻幸

1 研究の背景と目的

橋梁の支承部は上部構造の様々な荷重を下部構造に伝え、構造物の安全性を確保する上で重要な役割を担っている。平成 28 年に発生した熊本地震では、損傷により 4 割の橋梁が走行規制された^[1]。そのため、支承損傷した橋梁に対する早期対応は被災した地域の復旧・復興のために重要な課題である。また、地震等により損傷した橋梁の多くは、中小の既設橋梁である。著者らは、支点部が損傷した鋼 I 桁の早期復旧のため、ジャッキアップ時の反力推定手法の研究を行っている^[2]。本報告は、支点部近傍のジャッキアップ点に生じるウェブの局所的な応力に配慮して、簡易なアングルでリブ補強することによる応力軽減効果と復旧後に補強リブ残置の影響について解析的に検討する。

2 解析概要

図 1 に検討対象の鋼 I 桁解析モデル外観を示す。対象とするモデルは支間 32m 程度の単純非合成鋼 I 桁橋を縮小したモデルで、支間長 1,600mm の単純支持とし、支点直上および支間中央部に縦リブを設けた。断面寸法はウェブ高 $H=747\text{mm}$ 、ウェブ厚 $t_w=4.5\text{mm}$ 、フランジ厚 $t_f=9.0\text{mm}$ 、フランジ幅 $B=150\text{mm}$ 、水平補剛材厚 $t_h=4.5\text{mm}$ 、垂直補剛材厚 $t_v=5.7\text{mm}$ とし、これらはシェル要素で定義した。ソールプレートはソリッド要素を与えた。初期たわみや残留応力は考慮しない。適用する材料定数を表 1 に示し、材料構成則は二次勾配 $E/100$ のバイリニア型とした。解析に使用する FEM プログラムは Abaqus/CAE6.17 である。

図 2 に補強リブ及びジャッキ位置を示す。仮受けジャッキ位置は 250mm とし、補強リブは溶接ビードを考慮し下フランジから 5mm の間隔を空けて設置した。図 2 に示すウェブ面を「表面」として応力を抽出する。载荷は段階的に行い、死荷重相当の上載荷重 $P=169\text{kN}$ を与えた状態を Step1、ジャッキアップ中を Step2、ジャッキアップ完了時を Step3 とした。ジャッキアップ時の下フランジ接触部は 1 辺長 120mm の矩形領域を定義した。ジャッキ直上ウェブについて、リブ補強の効果を検討する。リブ補強に用いる部材は、断面 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 6\text{mm}$ の等辺アングルを用いる。表 2 に補強リブの鉛直高さの内訳を示し、補強リブ高さ h_r を 3 通り変化させ、ジャッキアップ時の応力状態を把握する。本解析では、アングルをシェル要素でモデル化し、ウェブと結合させた。

キーワード ジャッキアップ、リブ補強、FEM 解析

連絡先 〒468-8502 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1-501 名城大学 TEL052-832-1151

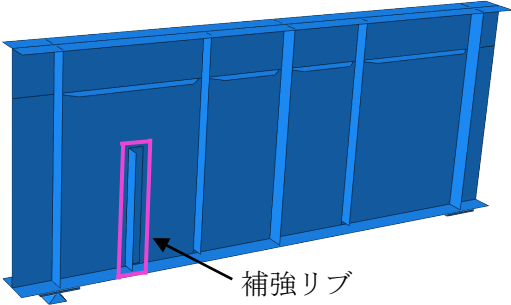


図 1 解析モデル全体図

表 1 材料定数

適用箇所	降伏点 (MPa)	ヤング率 (GPa)	ポアソン比
ウェブ	305.2	204.6	0.281
補剛材	345.0	200.0	0.300
上下フランジ	304.6	195.2	0.284

表 2 補強リブの鉛直高さ

補強リブ	I	II	III
アングル高さ h_r (mm)	195	395	595

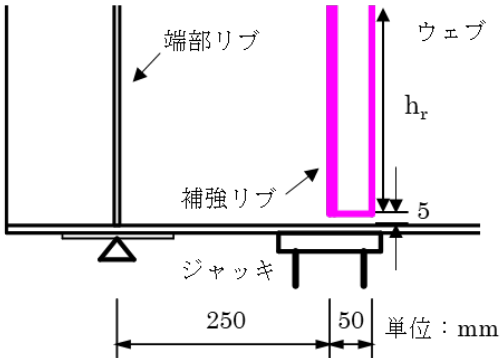


図 2 補強リブおよびジャッキ位置

表 3 各補強時のの最大ミーゼス応力

単位：MPa		
	表面	裏面
無補剛	264.3	260.3
I-片面	309.0	178.8
I-両面	209.7	187.3
II-片面	309.9	164.2
II-両面	215.1	194.2
III-片面	310.4	160.9
III-両面	209.8	202.6

3 ジャッキアップ時に生じる局所応力とリブ補強効果

支間中央部に集中荷重として死荷重を与えた桁をジャッキアップする場合の補強リブの有無による仮受け点への影響について検討する。図 3(a)は比較のための無補剛モデル、図 3 (b),(c)はリブ III を片面及び両面に設置したモデルの Step3 における Mises 応力コンターを例示する。図 3 (a)より、リブ補強のない場合ジャッキアップ板端部近傍に、局所的な応力の発生が確認された。図 3 (b)より、補強部に関してはジャッキアップ時に生じる応力の低減が見られたが、下フランジと補強リブの間に、局所的な応力集中が生じている。図 3(c)より、図 3(b)と比較して同一のアンクル高さであっても、表裏に補強リブを設置することで、約 100MPa の応力が低減されている。

表 3 に補強リブ I ~ III を設置した状態における Step3 の最大 Mises 応力をウェブ表裏で示す。両面にリブ補強を施した場合に、無補剛状態と比較して仮受け点近傍の応力低減が確認された。また、補強リブの高さの違いによる応力の低減はわずかであり、本検討対象のモデルにおいては、最小限の補強である補強リブ I ($h_r=195\text{mm}$) の両面補強で十分な補強効果が得られることが分かった。

4 補強リブの残置による影響

仮受け時に設置した補強リブを残置した状態での支承復旧後の桁の応力状態を検討する。図 4 に無補剛モデルと補強リブ I を両面に設置したモデルの上フランジに対して、分布荷重を載荷した際の荷重変位曲線を示し、図 5 に対称モデルの支点上ウェブが降伏した時点の Mises 応力コンターを示す。図 4 より、当初モデルとリブ残置モデルの剛性には差が見られなかった。図 5 より仮受けのために施したリブ補強および、ウェブ近傍に卓越した応力の発生は確認されなかった。以上のことから、本解析条件における補強リブの残置の影響は小さいと考えられる。

5 まとめ

本検討ではジャッキアップ時のウェブのリブ補強効果に着目し、リブ高さを変化させた場合の応力の影響について、解析的に検討した。安全で確実なジャッキアップのために、鋼桁に支点受け替え箇所に両面リブ補強を施すことで、ウェブに生じる局所応力が軽減することを確認した。また、支点損傷箇所の復旧後に補強リブを残置した場合の桁への影響について、残置するリブにより局所的な応力が発生しなかった。しかし、本解析モデルの場合、アンクルによるリブ補強はアンクル部材をウェブと一体化したモデルであることから、高力ボルトによりリブを施工する場合の効果を検証する実験を実施予定である。

参考文献

- [1] 日本橋梁建設協会：「熊本地震橋梁被害調査報告書」，2016.10.
- [2] 川上峻幸，渡辺孝一：鋼桁ジャッキアップ時のひずみ変化による支点反力推定手法の検討，土木学会全国大会第 76 回年次学術講演会，2021.9.

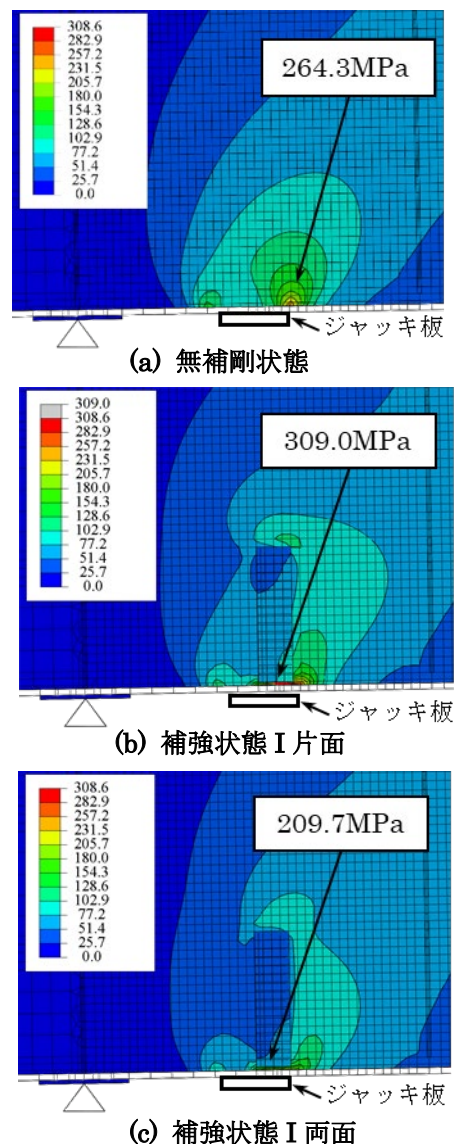


図 3 Step3 の Mises 応力コンター

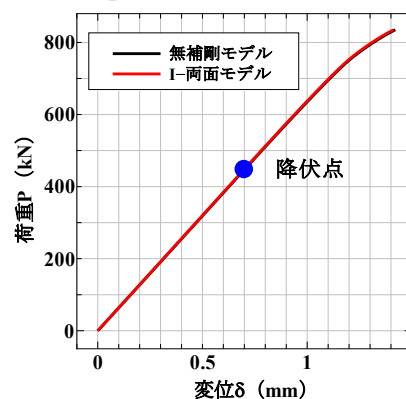


図 4 荷重変位曲線

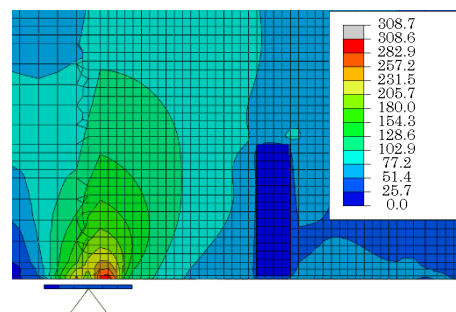


図 5 補強 I-両面の Mises 応力コンター