

# 関西国際空港連絡橋における当て板補強ボルト配置に関する解析的検討

西日本高速道路㈱関西支社  
 ㈱IHI インフラシステム

正会員 ○野田 翼 安里 俊則 西田 峻  
 吉山 純平 引口 学 中村 隆志

## 1. 工事の背景と目的

関西国際空港連絡橋(H6 開通)は、大阪府泉佐野市りんくうタウンと関西国際空港空港島(以下、空港島)を結ぶ、橋長 3,750m の道路・鉄道併用橋であり、空港島の唯一の陸上アクセスを担っている(図-1)。本橋トラス部で動的解析による評価を行った結果、既設の下弦材、垂直材および下横構等で応力超過が確認されたため、当て板により部材耐荷力の向上を図る補強方法を採用した。一方で、鋼トラス橋当て板補強は、母材から当て板への応力伝達推移と当て板に応力を伝達するために必要なボルト本数が明確でないという設計上の問題点を抱えている。また、トラス部の部材長・部材断面は大きく、一般的な設計手法では、既設部材への削孔数やボルト本数が膨大となる。そこで、FEM 解析により、母材-当て板間の応力伝達メカニズムと応力伝達に必要なボルト本数について検証し、当て板の合理的なボルト配置を検討した。

## 2. 当て板補強の設計条件

### 2.1 当て板の板厚算出方法

当て板の板厚は、動解結果と当て板後の断面による応力-ひずみ曲線の関係から、当て板後の耐力や発生するひずみ値を推定して算出する。

### 2.2 当て板への応力伝達に必要なボルト本数・配置

当て板と既設部材との連結には、ワンサイドボルト(M24)を使用する。また、ボルト配置の区間を、母材から当て板に応力を伝達するために必要なボルトを配置する当て板端部と、道路橋示方書<sup>1)</sup>に従い座屈防止および防錆に配慮してボルトを配置する当て板中間部に区分する(図-2)。当て板端部に配置する必要ボルト本数は、式(1)により算出する。

$$n_{\text{req}} = \sigma_y \times A_n / \rho_a \quad \dots \text{式(1)}$$

ここに、

$\sigma_y$  : 当て板の材料降伏応力度

$A_n$  : 当て板の純断面積 ( = (B-d×n)×t )

$\rho_a$  : 高力ワナサドボルト(M24) 1本当たりの摩擦耐力

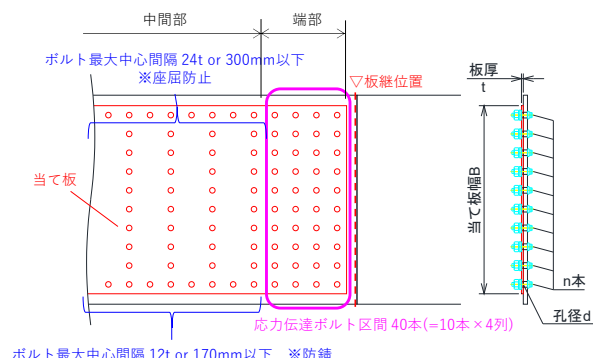
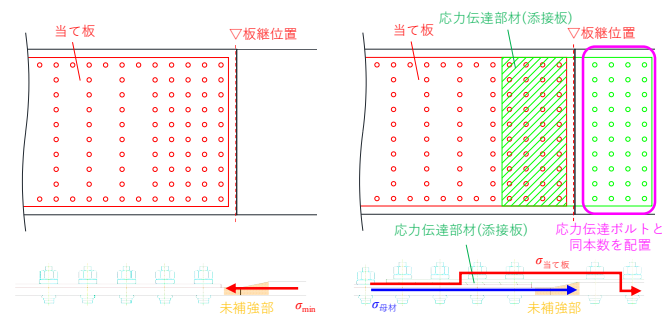


図-2 ボルトの配置方針

### 2.3 応力超過原因に応じた当て板構造(補剛・補強)

圧縮力に対しては座屈に対する許容応力度の改善(補剛)、引張力に対しては母材の作用力低減(補強)を目的に当て板構造を変更する(図-3)。



(a) 圧縮ケース(補剛) (b) 引張ケース(補強)

図-3 当て板の構造詳細

## 3. 対象部材および解析モデル

P7-P10 橋梁の動解結果で、圧縮力および引張力で応力超過となり当て板が必要な下弦材を対象とし、下弦材とその隣接部材を主にシェル要素で作成する

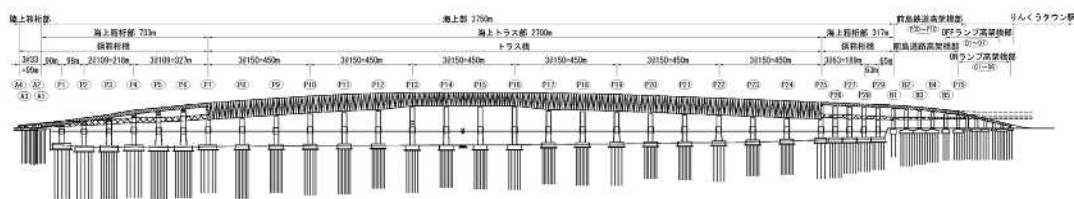


図-1 橋梁一般図および下弦材断面例

キーワード トラス橋、当て板、応力伝達、必要ボルト本数

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13 西日本高速道路㈱関西支社 TEL06-7713-5885

(図-4)．境界条件は，下弦材が X 軸方向に変位，トラス面内に回転するよう端部を拘束し，軸方向の変位を拘束する固定点を格点部に設ける．また，摩擦接合継手をモデル化するため，下弦材ウェブの当て板端部はソリッド要素，高力ワンサイドボルトは軸部梁型モデルを採用し，ソリッド要素でモデル化した範囲の母材と当て板の接触面に摩擦係数  $\mu=0.4$ ，ボルト軸部に 177kN の軸力を導入し，1 本当たりの摩擦耐力 41.6kN を再現する (図-5)．材料構成則はバイリニア則 ( $E/100$ ) とする．荷重は，死荷重時 (補強前)，ボルト軸力導入時 (補強後)，地震荷重時 (補強後) の 3 ステップで載荷し，死荷重時・地震荷重時に各部材に与える断面力は，動解で下弦材ウェブが応力超過した際の同時性を考慮する．

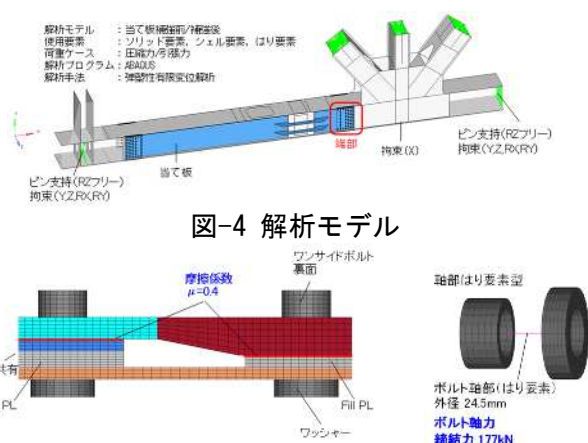


図-4 解析モデル

図-5 ボルトのモデル化

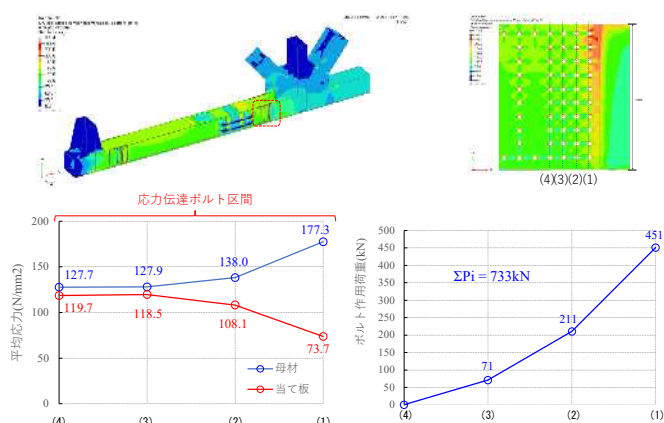
## 4. 解析結果

### 4.1 圧縮ケース (補剛)

母材と当て板の板幅方向の平均応力推移とボルト伝達荷重を示す (図-6)．図-6 より，式 (1) による必要ボルト本数を配置した区間で，母材から当て板への応力伝達が完了している．また，ボルト伝達荷重合計 ( $\Sigma P_i = 733\text{kN}$ ) は，必要ボルト本数による摩擦耐力 ( $\Sigma p_a = 41.6\text{kN} \times 40 \text{ 本} = 1664\text{kN}$ ) を超過しておらず，式 (1) の妥当性が確認できる．

### 4.2 引張ケース (補強)

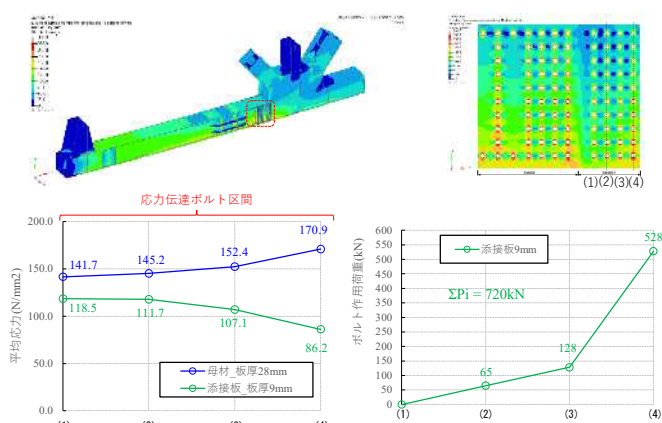
母材と当て板の板幅方向の平均応力推移とボルト伝達荷重を示す (図-7)．図-7 より，4.1 よりも母材と当て板の応力に差が認められるが，式 (1) による必要ボルト本数を配置した区間で，母材から当て板への応力伝達は完了している．また，4.1 と同様に，ボルト伝達荷重合計 ( $\Sigma P_i = 720\text{kN}$ ) は，必要ボルト本数による摩擦耐力 ( $\Sigma p_a = 1664\text{kN}$ ) を超過しておらず，式 (1) の妥当性が確認できる．



(a) 応力推移

(b) ボルト伝達荷重

図-6 地震荷重時の作用応力とボルト伝達荷重 (圧縮)



(a) 応力推移

(b) ボルト伝達荷重

図-7 地震荷重時の作用応力とボルト伝達荷重 (引張)

## 5. 結論

本件等で定めた設計条件による当て板補強方法の妥当性を FEM 解析により検証し，式 (1) の当て板最大耐力により決定した応力伝達区間の必要ボルト本数に対して，圧縮および引張の両作用力下で，必要ボルト本数区間で母材-当て板間の応力伝達は十分に完了し，ボルト伝達荷重合計は必要ボルト摩擦耐力を超過しないことが確認できた．これにより，当て板端部に応力伝達に必要なボルト本数を適切に配置すれば，道示の適用範囲内でボルト本数を低減させることができる．

## 6. 謝辞

本検討は，「関西国際空港連絡橋 大規模地震対策設計・施工検討委員会」での成果の一部である．各委員の方々には貴重なご意見をいただきました．ここに謝意を記します．

参考文献 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，2012.3