

第 I 部門

下路トラス鉄道橋縦桁端部上フランジの面外変形に関する解析的検討

関西大学 学生員 ○林 宏和 レールテック 正会員 松本 健太郎

西日本旅客鉄道 正会員 丹羽 雄一郎, 大都 亮 関西大学 正会員 坂野 昌弘

1. はじめに

リベット桁鉄道橋の疲労損傷の一つにマクラギ直下上フランジ山形鋼コーナ部に沿って発生する疲労き裂がある。本研究で対象とする下路トラス鉄道橋縦桁端部には、この種のき裂が多数発見され、現在までに様々な検討や対策を実施している。既往の研究<sup>1)</sup>では、縦桁マクラギ直下上フランジ下面の橋軸直角方向応力を測定し、桁内外ともに大きな圧縮応力が発生していることが明らかとなった。これにより縦桁上フランジには、両縁部が下方へ押し曲がる面外変形が発生していると推察しているが、発生原因は不明である。

そこで本研究では、FEM 解析を用いて下路トラス鉄道橋縦桁端部上フランジ両縁部が下方へ面外変形となる原因を推定する。

2. 縦桁上フランジ状況

縦桁上フランジ両縁部が下方へ面外変形となる原因として、マクラギの磨耗や上フランジの傾斜および上フランジのカバープレートの表面形状を考えた。本報では、カバープレートの表面形状について着目した。

図-1 に縦桁端部上フランジカバープレートの表面形状の計測値を示す。図中には、既往の研究<sup>1)</sup>で測定した上フランジ下面の橋軸直角方向応力の最大値も記載している。カバープレートの表面形状は、最大で1.5mm 程度、ウェブ直上で1.2mm 程度腐食し凹型となっている。上フランジ下面の応力は、桁内外ともに-45MPa 程度の圧縮応力が発生している。

3. FEM 解析

3.1 解析モデル

既往の研究<sup>1)</sup>と同橋梁を解析対象とし、下路トラス1連全体をモデル化した。図-2 に全体の解析モデルを示し、図-3 に縦桁上フランジの解析モデルを示す。解析モデルは、カバープレートの表面形状を平面としたフラットモデル(図-3(a))、カバープレートをウェブ直上で1.5mm 減肉した凹モデル(図-3(b))の2種類とした。また、実橋では、カバープレート両縁部が縦桁上フランジへ溶接で取り付けられているため、解析モデルも同様に溶接箇所のみ節点を共有させ再現した。なお、カバープレートと上フランジの間、マクラギとカバープレート間に鉛直方向の接触条件を設定している。

3.2 境界条件と荷重条件

図-2 に、境界条件と荷重条件を示す。境界条件は、解析モデルの支承部位置にて実橋のピンローラ沓を再現している。載荷荷重は、着目箇所縦桁上フランジが最も厳しい条件となるように、縦桁端部マクラギ直上のレールに集中荷重として80kN(M16 相当)を載荷した。

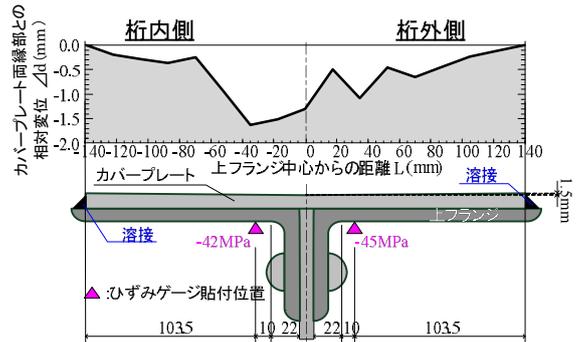


図-1 縦桁端部カバープレート表面形状

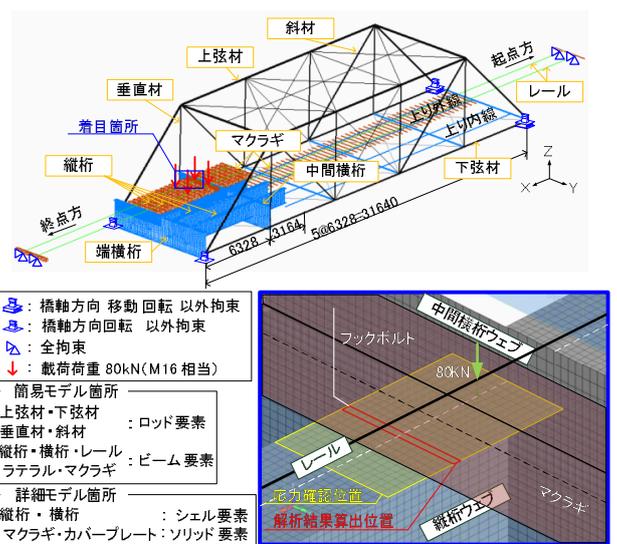


図-2 解析モデル (境界条件・荷重条件)

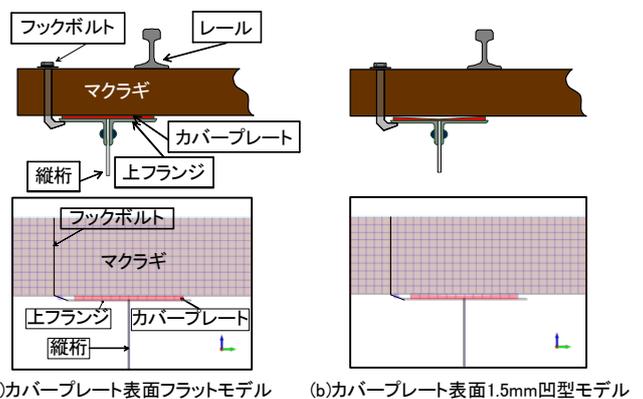


図-3 縦桁上フランジの解析モデル

#### 4. 解析結果

##### 4.1 縦桁上フランジの変形図と応力分布

図-4に、着目箇所の変形図と縦桁端部上フランジ下面の相当応力を示し、図-5に、着目箇所の上フランジ下面の主応力分布図を示す。図-4,5ともに、(a)はカバープレート表面形状がフラットモデル、(b)は1.5mm凹型モデルである。

##### (a) カバープレート表面フラットモデル

図-4(a)フラットモデルでは、上フランジが桁内側に傾斜する変形となる。

図-5(a)より、上フランジのマクラギ直下山形鋼コーナ部のフランジ幅方向の主応力は、桁内側のみ-30MPa 圧縮応力が発生し、桁外側では8MPa 引張応力が発生する。

##### (b) カバープレート表面1.5mm凹型モデル

図-4(b)凹型モデルでは、上フランジ両縁部が下方へ変形し、既往の研究<sup>1)</sup>で推察した上フランジ両縁部が下方へ面外変形と同じイメージとなる。

図-5(b)より、上フランジのマクラギ直下山形鋼コーナ部のフランジ幅方向の主応力は、桁内外ともに圧縮応力が発生している。なお、カバープレート表面1.5mm凹型モデルでは、桁内側の方が桁外側と比べて1.6倍程度(桁内側：-95MPa,桁外側：-60MPa)応力が大きく、図-1の実測応力値と傾向が異なる。これは、桁内外でカバープレート縁部に高低差をつけたモデルとすることで、桁内外の応力が同程度になると予測される。

##### 4.2 上フランジ両縁部が下方へ変形する原因

縦桁上フランジカバープレートの表面形状がフラットモデルと1.5mm凹型モデルの解析結果を比較することで、縦桁端部マクラギ直下上フランジ両縁部の下方への面外変形は、上フランジカバープレートの表面形状が凹型であることが原因のひとつとして考えられる。

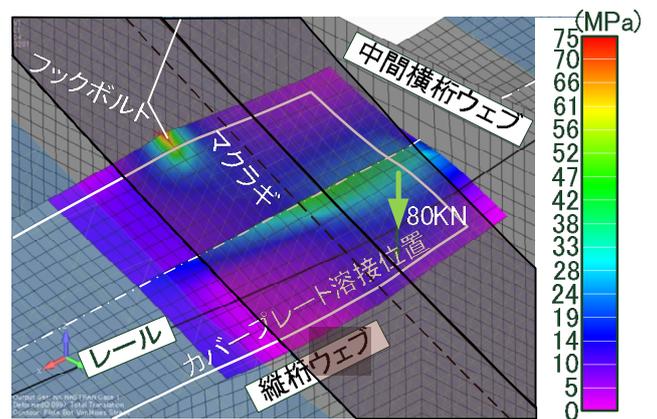
#### 5. 結論

下路トラス鉄道橋縦桁端部上フランジを対象に FEM 解析を行い、以下の結論がえられた。

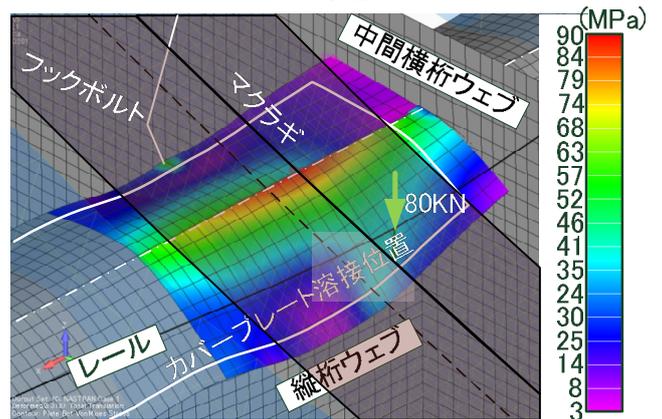
- (1) 縦桁端部上フランジカバープレートの表面形状が 1.5mm凹型の場合、上フランジ両縁部が下方へ変形し、山形鋼コーナ部桁内外側において橋軸直角方向応力が圧縮応力となることが推測される。
- (2) 縦桁端部マクラギ直下上フランジ両縁部の下方への面外変形は、上フランジカバープレートの表面形状が凹型であることが原因のひとつとして考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 大都, 松本, 丹羽, 中山, 坂野：下路トラス鉄道橋縦桁におけるマクラギ直下上フランジの面外曲げ挙動, 鋼構造年次論文集, vol.16, pp.703-710, 2008.

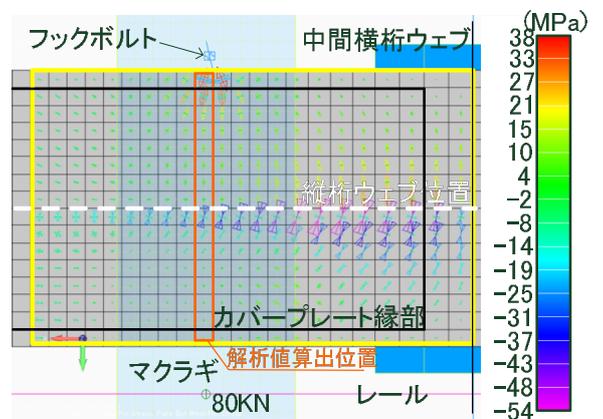


(a) カバープレート表面フラットモデル

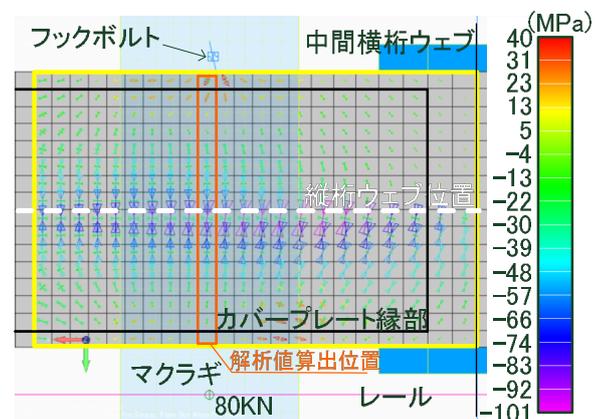


(b) カバープレート表面凹モデル

図-4 変形図と上フランジ下面の相当応力



(a) カバープレート表面フラットモデル



(b) カバープレート表面凹モデル

図-5 上フランジ下面の主応力分布図