

鉄道用トラス橋における縦桁と下横構の結合部の疲労損傷

橋梁メンテナンス 正会員 渡辺 喜紀
足利工業大学 フェロー 阿部 英彦

1. はじめに

鉄道の開床式トラス橋の設計では通常、縦桁は単純桁または連続桁として軌道から直接荷重を受けて、これを横桁に伝達するものと仮定している。しかし実際には、下横構や横桁などを介して、縦桁はトラスの弦材に作用する応力の一部を分担していることが多い。そのために縦桁に作用する応力は仮定より大きくなったり、縦桁と下横構との連結材に過剰な力が伝達されるため、実際に供用開始から 30 年たらずで連結材や下横構に疲労損傷の見られる例がある。

縦桁が応力を分担する割合は、①縦桁とトラス弦材の断面積比、②トラスの下横構の

断面積、③縦桁と下横構の結合構造、④横桁の橋軸方向の水平曲げ剛度など、種々の要因により影響を受ける。

今回の研究では③の影響に着目し、列車荷重により下横構やこれと縦桁との結合部などの変状の可能性について解析した。

2. 対象橋梁と解析方法

対象とした橋梁は、図-1 に示す様に支間 62.4m、主構間隔 4.7m の最も標準的な 7 格間下路ワーレントラス鋼鉄道橋である。線形立体骨組構造とし、有限要素法による解析を行った。縦桁と下横構との結合部の剛度の影響を調べるために、一応、両者の間に水平面内でどの方向に対しても等しいせん断剛性を持つような結

合ユニットを挿入した。即ち、橋軸方向とこれに直角方向とに等しい剛性を持つ 2 つのバネ要素から成り、解析ではこの剛性を広い範囲で変化させた。縦桁と下横構の結合部の概要とモデル化を図-2 に示す。

荷重条件は、下弦材の各格点に計算の便のために 10tf を載荷した場合 (Case1) および実際の機関車 EH10 に相当する荷重を近似して 27tf を載荷した場合 (Case2) の 2 種類とした。

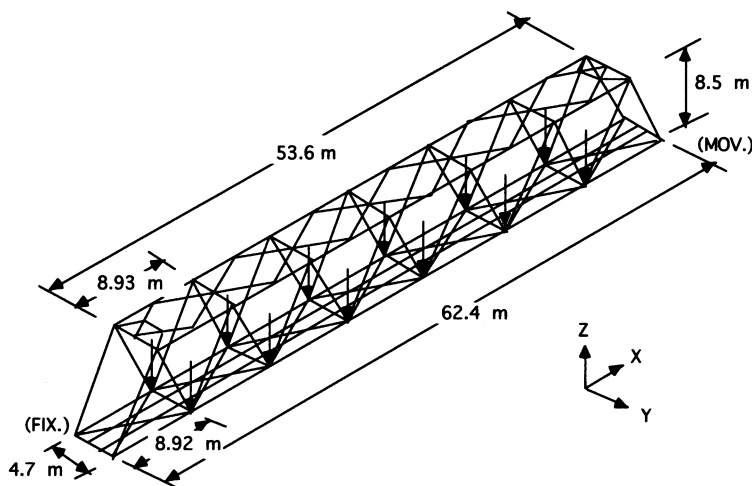


図-1 対象橋梁と解析モデル

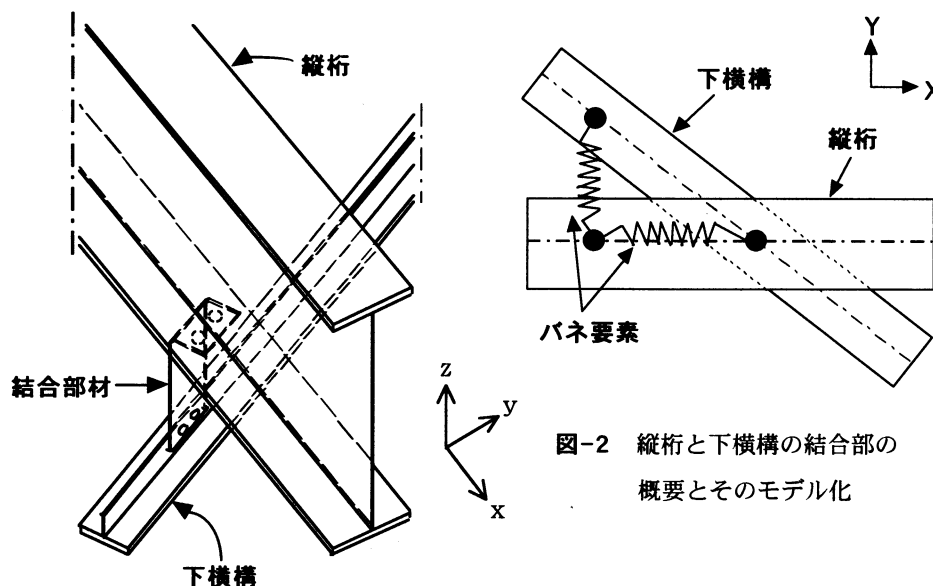


図-2 縦桁と下横構の結合部の概要とそのモデル化

キーワード：鋼鉄道橋、疲労、維持管理、構造計算、耐久性

連絡先：〒115-0055 東京都北区赤羽西 1-7-1 (パルロード 3 赤羽) TEL 03-3907-5011 FAX 03-3907-5022

3. 解析結果

図-3 は、Case1 での縦桁と下横構との結合部の剛度の影響を示す。横軸は結合部の水平せん断バネ係数、縦軸は中央下弦材の応力である。なお、下横構の剛性の影響も調べるために、下横構の断面積を実橋、その 1/4 倍、その 4 倍と 3 段階について解析した。ただしこの場合、横桁の橋軸方向の曲げ剛性は 0 とした。その結果、バネ剛性が 1 kgf/mm 程度までは、縦桁と下横構とは無結合の状態に近く、また、 10^5 kgf/mm 程度以上では剛結合の状態に近いことがわかる。実橋においては結合部の構造により、バネ剛性は 0 から無限大に近い変化があり得る。なお、下横構の断面積の影響も大きいことがわかる。また実際には、横桁の水平曲げ剛度と下横構の両方が下弦材に対する縦桁の応力分担作用に影響する。

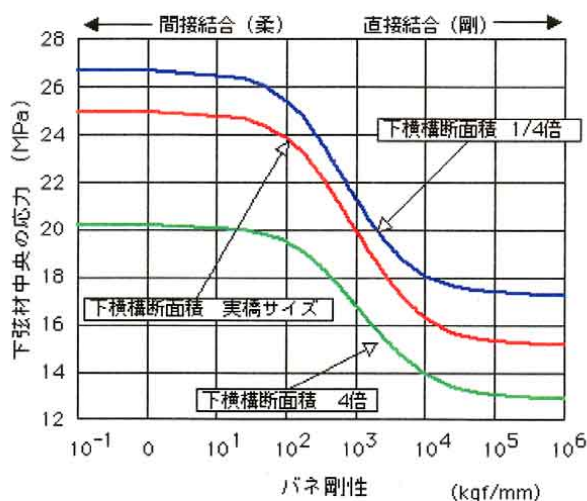


図-3 結合材のせん断ばね剛性の変化が中央下弦材の応力に及ぼす影響

次に、Case2 の場合の縦桁と下横構の結合部に作用する力を求める。ここでは、縦桁と下横構は山形鋼で結合した場合、即ち剛結合と仮定し、横桁の影響も考慮して解析した。図-4 において、結合材のリベット 2 本に作用するせん断力は

$$S1 - S2 \approx (L1 - L2) \cos \theta$$

となる。トラス端格間の下横構との結合部に最も大きなせん断力が発生するが、この場合の下横構との結合部の疲労寿命について、およその推算を試みた。まず、代表的な非仕上げ継手（両面溶接）の S-N 線図の傾向とリベットの疲労許容応力（SV34、現場リベット、文献 1）参照）を利用して、リベットのせん断と支圧の 50% 破壊の疲労強度の S-N 線図を想定した。その結果、疲労強度は下横構ではおよそ 30 万回、リベットにおいてはせん断応力で約 80 万回、支圧応力で約 110 万回となった。

4. おわりに

今回の結果から、開床式鉄道トラス橋の縦桁と下横構との結合部の構造によっては、下横構を介して縦桁に伝達する応力の影響により供用開始から 30～50 年の間で結合部や下横構に変状が生じる可能性がある事が判った。

しかし実際には、縦桁のたわみやそれに伴う結合部のずれなどの影響もあり得るので、今後この影響についても調べる必要がある。

【参考文献】

- 1) 阿部英彦著：鋼鉄道橋の設計と解説、pp.108～pp.109、現代社、1968.
- 2) 鋼構造物の疲労設計指針・同解説、日本鋼構造協会、1993.
- 3) 渡辺喜紀、阿部英彦：トラス鉄道橋における床組の弦材への影響、第 54 回土木学会年次学術講演概要集、pp.674～pp.675、1999.10.

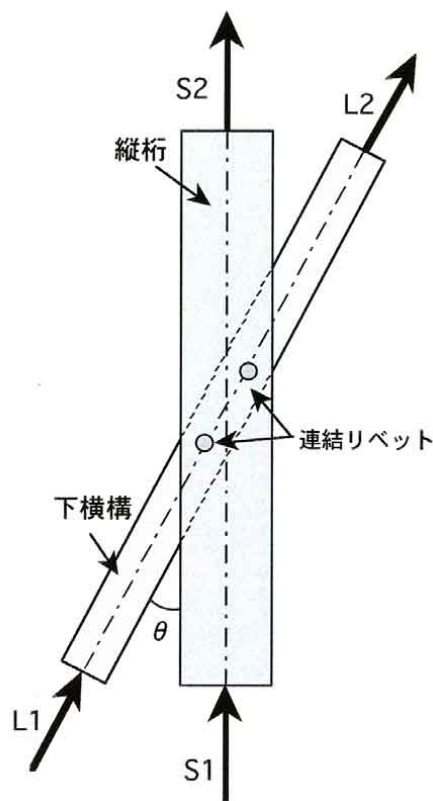


図-4 縦桁と下横構の結合部の荷重分配

表-1 下横構とリベットの疲労強度

直応力 (下横構)	313MPa (約30万回)
せん断応力 (リベット)	199MPa (約80万回)
支圧応力 (リベット)	383MPa (約110万回)

() 内 疲労寿命 N