

鉄道用トラス橋における縦桁の撓みが下横構との連結材に及ぼす影響

足利工業大学大学院 学生会員 関根 秀明
足利工業大学土木工学科 フェロー 阿部 英彦

1. はじめに

開床式の鉄道用トラス橋の設計では、一般に列車荷重は軌道→縦桁→横桁→トラス部材→支承の順に伝達されると仮定している。しかし、実際には縦桁は床組の応力分担作用により、下弦材に作用する応力の一部を分担していることが多い。そのため縦桁、下横構およびこれらの間の連結材には過大な応力が発生し、これらの部材に変状が生じる例が見られる^{1) 2) 3)}。さらに、連結材には「床組の応力分担作用の影響」に加えて、縦桁下フランジと下横構の結合の位置が縦桁の支間中央から離れている場合、列車が縦桁上を通過する際、縦桁の撓みにより、連結材は水平方向にずれようとして、せん断応力が発生する事が考えられる。本研究では、「縦桁の撓みが連結材に及ぼす影響」について検討した。

2. 解析概要

縦桁の撓みの影響が問題となる様な大きさになるのか、一応、見当を付けるために、文献3)において「床組の応力分担作用の影響」による連結材と縦桁下フランジとを結合するリベットの疲労破壊回数を推定したので、これとの比較で簡易法により「縦桁の撓みによる影響」の評価を試みたが、結果的に影響は小さかったので、差支えないと考えられる。

簡易法とは「縦桁と下横構との連結材のリベットに作用する応力」は「連結材なしと仮定して計算したその位置における橋軸方向の相対ずれ量」に比例するという仮定に基づいている。この方法によれば「縦桁の撓みの影響」に対しては次に述べる部分解析モデルにより、また「床組の応力分担作用の影響」に対しては文献3)の解析モデルの利用により容易に縦桁の撓みの影響を評価する事が出来る。

まず、「床組の応力分担作用の影響」による連結部のずれ量を求めるため、文献3)において連結材の疲労寿命の試算に用いた解析モデルにより「連結材なし」と仮定し、EH10 型電気機関車に相当する荷重を近似して各格点に 270kN の集中荷重を載せた場合のその位置における橋軸方向のずれ量を計算した。

例として用いた橋梁は図-1 に示す様な支間 62.4m、主構間隔4.7mで7格間の最も標準的な下路ワーレントラスの開床式鉄道橋である。

「縦桁の撓みによる影響」は局所的な現象なので、簡略化して橋中央部の3径間連続桁の部分構造に対して解析した。概念的には側面から見ると図-2 の様になり、支持条件は横桁の撓みを考慮してバネ支承とした。

キーワード：鉄道用トラス橋、維持管理、構造解析

連絡先：〒326-8558 栃木県足利市大前町 268-1 TEL 0284-62-0605 FAX 0284-64-1061

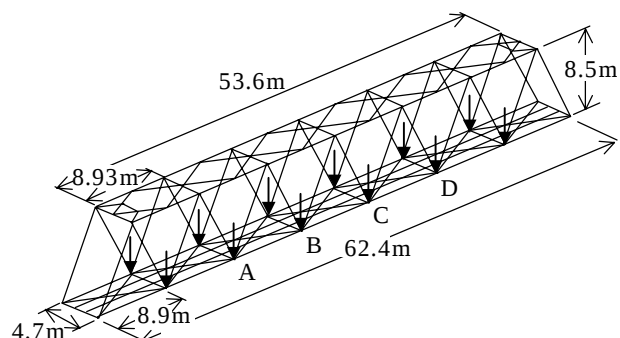


図-1 対象橋梁と解析モデル

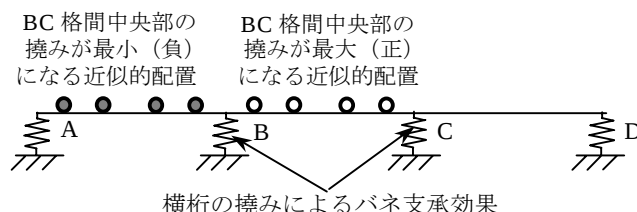


図-2 部分構造解析のモデル化

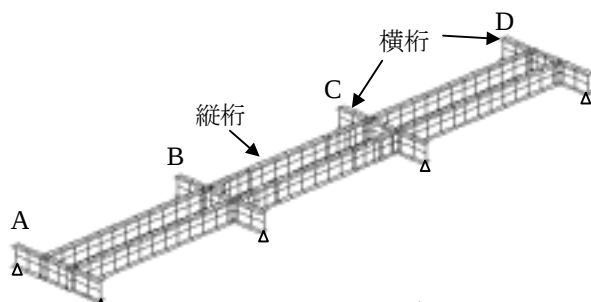


図-3 部分解析モデル

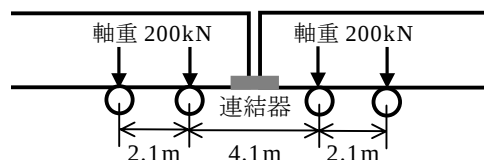


図-4 101系電車の軸配置と軸重

このトラス橋の「床組の応力分担作用の影響」の解析には棒要素による有限要素法を用いたが、縦桁の撓みによるずれ量はこれでは求められないので、**図-3**の様に線形弾性体の4辺形シェル要素の有限要素法を用いて解析した。荷重としては軸重、軸配置などから大きな影響を与える列車荷重であると判断して、標準的な101系電車を選んだ。定員の2.5倍の乗客率と平均的な動的影響（衝撃効果）を考慮して1軸当たり200kNと仮定した。なお、**図-4**に示す様に車両の連結器を挟む2ボギーを単位として正の撓みの場合および負の撓みの場合のずれ量が、各々、ほぼ最大になる様に**図-2**に示す荷重位置を選んだ。

3. 解析結果と考察

「連結材なし」とした場合に対して計算すると「床組の応力分担作用の影響」による、その位置でのずれ量は、最大、約2.07mmとなる。なお、棒要素の有限要素法により解析した場合の値は、部材の中立軸の位置でのずれ量となるが、これは縦桁に曲げ変形がない場合は下フランジの位置でのずれ量と等しい。他方、「縦桁の撓みによる影響」については正および負の最大撓みの場合のずれ量はそれぞれ、0.19mmおよび-0.17mmである。即ち、「連結材なし」の場合、電車の連結器が通過する度に合計0.36mmのずれが繰り返されることになる。

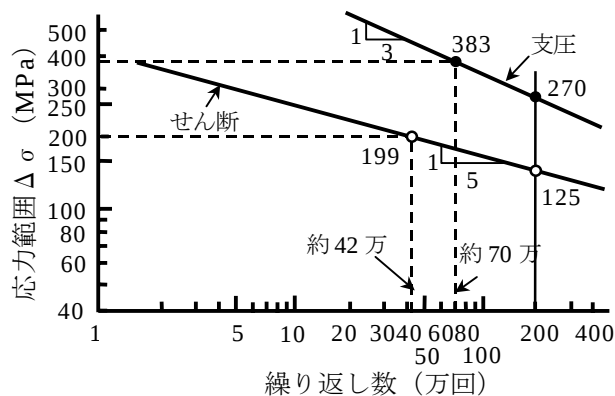


図-5 リベットの疲労破壊の回数予測
(文献3による)

先に述べた様に目安として連結材で結合した場合にもリベットに作用する応力は「連結材なし」の場合の両者のずれ量の比に近似すると仮定して、縦桁の撓みの影響によるリベット破壊の回数を推定する。**図-5**に示す様に「床組の応力分担作用の影響」ではリベットに作用するせん断応力度および支圧応力度は、それぞれ、199MPaおよび383MPaであり、推定破壊回数は、それぞれ、約42万回および約70万回である。

「床組の応力分担作用時のずれ量」:「縦桁の撓みによるずれ量」=2.07mm:0.36mm=5.75:1.00である。**図-5**に示す「リベットのせん断疲労および支圧疲労のSN線図」の傾斜は、それぞれ、-1/5および-1/3であるから破壊までの回数は、それぞれ、 $5.75^5 \approx 6300$ 倍および $5.75^3 \approx 190$ 倍となる。即ち、「床組の応力分担作用による疲労効果に対するEH10型電気機関車牽引の列車1回の通過」は「縦桁の撓みの影響による疲労効果に対しては101系電車の車両数にしてリベットのせん断および支圧に関して、それぞれ、約6300両および約190両の通過」に相当する事を意味する。

更に、実際には縦桁にはレール・枕木を介して輪重は分散される効果があり、また、レールは相当程度、縦桁と協力して撓みの低減効果を持つ事が知られている。1列車の通過により「床組の応力分担作用に影響を及ぼす荷重頻度」は、ほぼ1回に相当するのに対して「縦桁の撓みによる影響を及ぼす荷重頻度」は電車の連結数に応じて高い回数（例えば10両連結で約9回）となる事、また、電車編成の列車は本数自体が多いことなどを考慮しても縦桁の撓みによる影響は、床組の応力分担作用による影響に対して無視できる程度である事が判った。

3. まとめ

列車通過時の縦桁の撓みが縦桁と下横構との結合リベットに及ぼす影響を概略、調べるために簡易計算を行った結果、床組の応力分担作用による影響に対して無視できる程度である事が判った。

参考文献

- 1) 鋼構造委員会疲労変状調査小委員会：鋼橋の疲労変状調査、土木学会論文集、第368号、I-5、pp.1~12、1986
- 2) 渡辺、阿部：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、第55回土木学会年次学術講演概要集、2000
- 3) 阿部、渡辺：鉄道用トラス橋の床組と主構の共働作用に関する研究、足利工業大学研究収録、第31号、2000