

トラス橋の車両走行応答特性の検討

鹿児島高専 学 山下良純

鹿児島高専 正 内谷 保

1. まえがき

トラス構造を主構とするトラス橋は既設の道路橋に多用されており、その静力学的特性に関してはこれまでに数多くの実験的、理論的研究報告がなされている。しかし、地震応答特性や車両走行応答特性などの動力学的特性に関しては研究報告も少なく未だ検討の余地を残しているように思われる。特に、車両走行によるトラス道路橋の動的応答特性に関する検討は文献 1)以外にはほとんど見受けられないようである。本報告は、実橋諸元を有する上路式トラス道路橋を対象として、車両走行による動的応答のシミュレーション解析を行い、周辺環境への影響が懸念される橋梁振動の卓越振動数および各部材の設計衝撃係数に相当する動的増幅率などの検討を行ったものである。

2. 解析モデル

解析の対象としたトラス橋は、上路式単純ワーレントラス橋(支間長 77m)で、図-1 に示すような平面骨組構造にモデル化して取り扱う。床版と上弦材は別々にモデル化し、床版は節点位置で剛性無限大の要素で上弦材に剛結されているものとする。また、各節点は剛結とし、各トラス部材は全てはり要素にモデル化して取り扱う。床版および各部材の断面緒元を表-1 に示す。

車両は、図-2 に示すような 1 自由度系のバネ-質量系にモデル化して取り扱う。車両重量は 1 台走行の場合は 245kN(25tf)とし、複数台走行の場合は 245kN(25tf)車 1 台とその前後に 14m 間隔で 183.75kN(18.75tf)車が並んだ連行車両列を考える。各車両の固有振動数と減衰定数は大型車両の平均的な値である $f_0=3.0\text{Hz}$ と $h_0=0.03$ を用いる。

路面凹凸は文献 2) を参考にして、極良、良、普通の 3 種を対象とし、それぞれの路面状態に対してモンテカルロ法により得られた 40 個のサンプル波形を用いる。

橋梁一車両系の連成微分方程式は、ニューマーク β 法 ($\beta=1/4$) を用いて逐次微分して動的応答を求める。トラス橋の使用モード次数は応答値の収束状況を検討して 30 次とし、減衰定数は次数に関係なく文献 1)を参考にして 0.01 を用いる。解析において、車両は質点 1 から 15 方向へ走行させるものとし、着目質点は図-1 中の○印とし、着目部材は太線で示した部材とする。

3. 解析結果

図-3 は自由振動解析により得られた 1~6 次までの固有振動モードと固有振動数を示したものである。2 次モードと 3 次モードは似かよった形をしているが、2 次モードの方は橋軸水平方向が鉛直方向に比べて強いモードと考えられる。

図-4 は、各路面凹凸に対する車両の走行速度と卓越振動数の関係を示したものである。なお、この場合の車両台数は 1 台であり、卓越振動数は加速度応答波形より求めたものである。支点上の質点 30 以外の質点では、走行速度が 40km/h 付近までは、走行速度の増加とともに卓越振動数も大きくなる傾向を示す。しかし、40km/h 以上の通

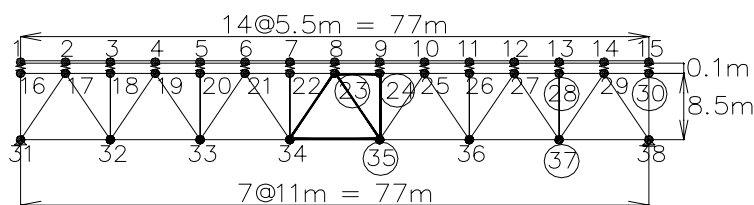


図-1 橋梁の解析モデル

表-1 断面緒元

	断面積(m ²)	断面2次モーメント(m ⁴)	重量
上弦材	0.039~0.074	0.00202~0.00564	76.93 kN/m ³
下弦材	0.032~0.064	0.00091~0.00195	
斜材	0.028~0.054	0.00074~0.00155	
垂直材	0.031~0.032	0.00075~0.00123	
床版	3.571	0.21287	87.4993 kN/m

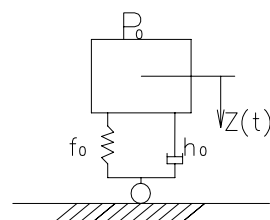


図-2 車両の解析モデル

常の走行速度になると、走行速度に関係なくほぼ一定の卓越振動数で振動し、その値はトラス橋の2～4次モード(3.0～8.0Hz)に対応している。これに対し、走行速度が10km/h付近の非常に小さい場合は、トラス橋の1次モードに対応した固有振動数に近い振動数が卓越した振動をするようである。このことは、車両走行実験において、車両を低速走行させたときの応答波形からトラス橋の1次固有振動数が推定できることを示唆している。一方、支点上の質点30では他の質点とは大きく異なり、22～23Hzとかなり高い振動数が卓越した振動をしているようである。この振動は橋台などを通して地盤に伝わると考えられる。

路面凹凸の良否による卓越振動数の変化は、この解析結果を見る限りにおいてはほとんど見受けられない。

図一5は、各路面凹凸に対する車両の走行速度と動的増幅率の関係を示したものである。なお、このときの車両台数は1台であり、動的増幅率は次式により求める。

$$\text{動的増幅率} = N_{D\max} / N_{ST\max} - 1$$

ここに、 $N_{D\max}$ は部材力の動的最大値、 $N_{ST\max}$ は静的最大値である。上・下弦材については走行速度が増加しても動的増幅率に大きな変化はなくほぼ一定の値を示している。これに対して、腹材である斜材や垂直材では走行速度の増加とともに動的増幅率も大きくなっている。また、同じ斜材でもその傾きによって動的増幅率の値はかなり異なるようである。

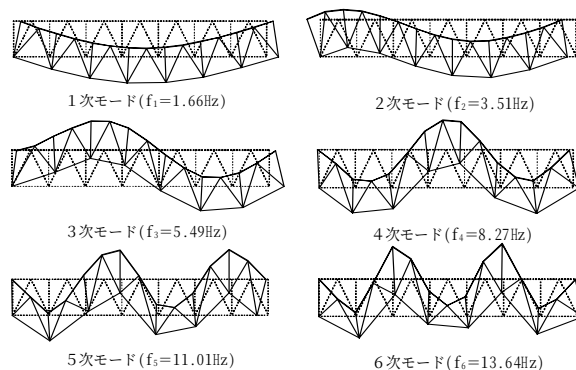
路面凹凸の良否に対しては、当然ではあるが路面の凹凸状態が悪くなる程動的増幅率の値は大きくなっている。特に斜材ではその影響が他の部材に比べて顕著に現われるようである。また、現行の道路橋示法書に規定されている設計衝撃係数値と比較してみると、上・下弦材および垂直材では現行の設計衝撃係数は、過大評価気味であるのに対して、斜材では路面状態が悪くなると過小評価の恐れが伺える。ここに示したのは1台走行の場合であるが、複数台走行の場合も1台走行の場合と大きな差は見られなかった。

4. あとがき

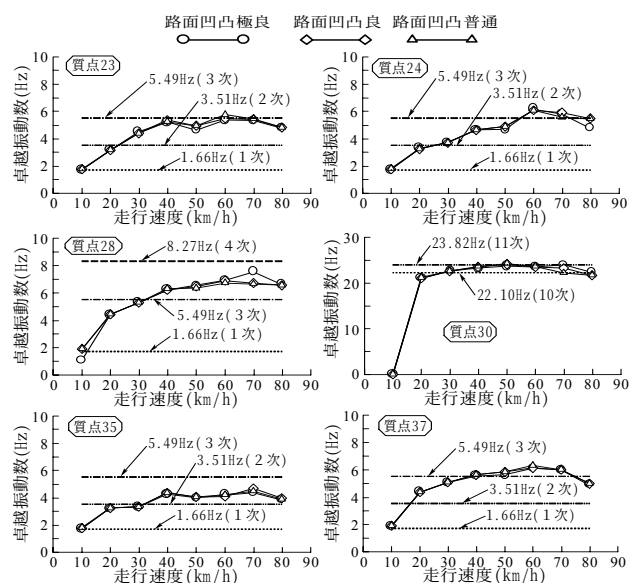
トラス橋の車両走行応答解析を行い上述のような結果が得られた。しかし、これは一解析例であり、今後さらに実験結果等もふまえた異なる種類のトラス橋を対象とした検討が必要である。

[参考文献]

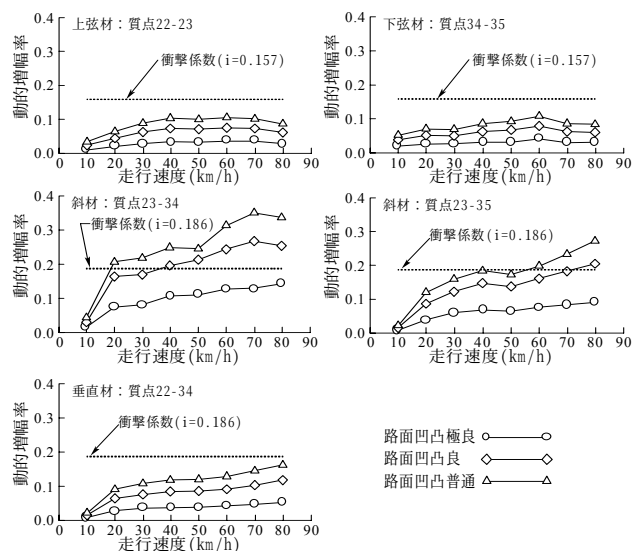
- 1)小堀他：平面的に折ったトラス橋の振動特性—東山橋—、橋梁と基礎、vol.14, No12, pp.19～25, 1980
- 2)本田他：道路橋の路面凹凸パワースペクトル密度に関する調査、土木学会論文報告集、No315, pp.149～155, 1981



図一3 モード図



図一4 走行速度と卓越振動数の関係



図一5 走行速度と動的増幅率の関係