

山梨大学工学部 正会員 ○杉山 俊幸
 山梨大学大学院 五嶋 浩一
 山梨大学工学部 正会員 岡村 美好
 (株) コミヤマ工業 深沢 且典

1. まえがき

トラス橋を解析する際各節点をヒンジ結合として計算するが、実際のトラス橋は各節点が剛結合となっているためヒンジトラスとして求めた軸方向力による一次応力の他に、曲げモーメントによる二次応力が生ずる。本研究では動的応答においてこの二次応力がどの程度影響してくるかを把握するために、ヒンジトラスと剛結トラスに対して走行荷重による振動について検討した。また、橋梁端部の段差によって、走行荷重が着地する際にトラスに与える衝撃力の影響についても検討した。

2. トラス橋および車両の諸元

解析の対象としたトラス橋を図-1に示す。トラス橋の諸元は、鋼材の弾性定数及び単位体積重量がそれぞれ $2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$, 7.85 tf/m^3 , 部材の断面積は上弦材, 下弦材, 斜材でそれぞれ 0.0285 m^2 , 0.0181 m^2 , 0.0117 m^2 , 断面2次モーメントは上弦材, 下弦材, 斜材でそれぞれ $5.1822 \times 10^{-4} \text{ m}^4$, $3.8239 \times 10^{-4} \text{ m}^4$, $0.9392 \times 10^{-4} \text{ m}^4$, 床版の自重は 3.325 tf/m である。車両は、図-2に示したような1軸2自由度モデルを用いる。

3. 解析方法

本解析は、ヒンジトラスと剛結トラスについて有限要素法を用いて解析を行い、剛結トラスははり要素を用いて一部材を五等分した。なお、粘性減衰定数 $= 0.01$, 構造減衰定数 $= 0.0023$ とした。また、応答解析はニューマークの β 法を用い、 $\beta = 0.25$, 時間刻み $= 0.01 \text{ sec}$ として解析を行った。

段差は、図-1に示すようにトラスの両端部に設けた。荷重モデルは図-3のモデル1と図-4のモデル2を用いた。モデル1は衝撃力を考慮しないモデルである。モデル2は車両の着地位置および衝撃力を考慮したモデルであり、運動量と力積の関係より、衝撃力を求める。ここで、 m = 車両質量, t_1 = 衝撃時間である。また、左端の段差部を出てから着地するまでに、車両は放物運動すると仮定し、着地直前の車両鉛直速度は $v = \sqrt{2gh}$ (g : 重力加速度, h : 段差) である。

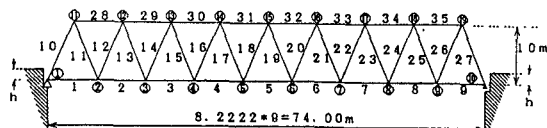


図-1 トラスモデル

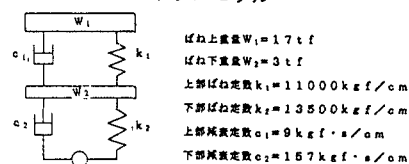


図-2 車両モデル

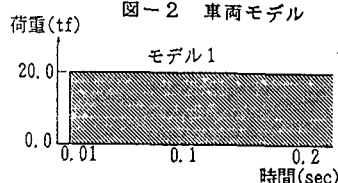


図-3 衝撃力を考慮しない荷重モデル

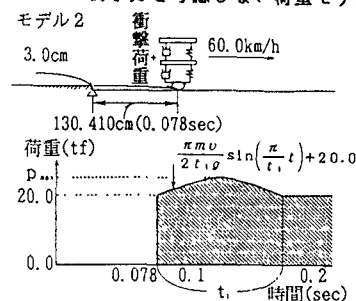


図-4 着地位置と衝撃力を考慮したモデル

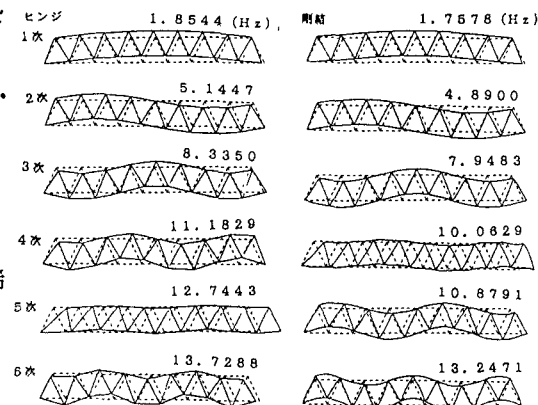


図-5 固有振動モード

4. 解析結果および考察

1) 固有振動解析

固有振動数と固有振動モードをヒンジトラスと剛結トラスで比較した結果を図-5に示す。ここで、ヒンジトラスの4次モード、5次モードはそれぞれ剛結トラスの5次モード、4次モードに対応している。ヒンジトラスと剛結トラスの差が最大になるのは5次モードで、剛結トラスはヒンジトラスより約15%小さくなり、1次モードから3次モードでは5%程度とあまり差はない。固有振動モードに関してヒンジトラスは曲げを受けないために各節点間は直線だが剛結は曲げの影響を受けて曲線となり、3次モード以降にその差が顕著に表れている。

2) 動的解析

剛結トラス上を図-2に示すような20tfの1軸2自由度系車両モデルがモデル1の載荷状態で60km/hで左から右に走行したときの節点5（支間中央付近）の段差別鉛直振動速度応答を図-6に示す。ここに示したのは段差が0cm, 1cm, 2cm, 3cmの場合であるが、段差が大きくなるほど振幅が大きくなっているのが分かる。ヒンジトラスは波形についてはあまり差がないが振幅が剛結トラスよりも大きくなった。表-1に振動速度の最大値をヒンジトラスと剛結トラスで比較したものを示す。段差が大きくなるほど増減率も大きくなっている。ここで、増減率は次式で定義する。 $f = \frac{|v_h - v_r|}{v_h} \times 100(\%)$ (v_h : ヒンジトラス, v_r : 剛結トラス)。

次に図-4のモデル2を用いて衝撃時間を0.20sec、段差を3cmとした時の節点5の振動速度応答を図-7に示す。これを図-6と比較するとあまり差がみられない。また、衝撃時間を変化させ、最大振動速度をモデル1と比較したものを図-8に示すと衝撃力の作用時間に関係なくモデル1の方が大きくなっている。これより、着地位置や衝撃力を考慮しない従来の荷重モデルで十分対応できることが分かった。

5. まとめ

本解析では、低次における固有振動数と固有振動モードはヒンジトラスと剛結トラスで差はあまり見られなかった。支間中央付近の鉛直振動速度の最大値は段差が大きくなるほどヒンジトラスと剛結トラスの差が大きくなった。また、衝撃力による影響はあまり見られなかったが、衝撃力の入力方法にはまだ検討の余地があると思われる。

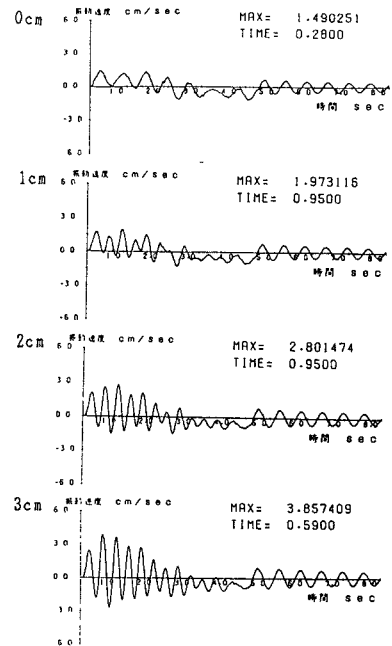


図-6 剛結トラスの段差別振動速度応答（モデル1）

表-1 段差別最大振動速度

段差 (cm)	ヒンジ (cm/s)	剛結 (cm/s)	増減率 (%)
0	1.490	1.490	0.000
1	1.990	1.973	0.854
2	3.138	2.801	10.739
3	4.645	3.857	16.964

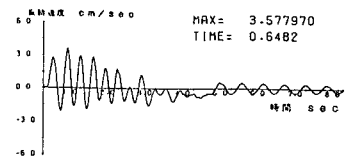


図-7 段差3 cmの振動速度応答（モデル2）

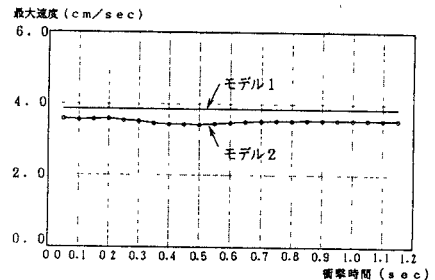


図-8 衝撃時間別最大振動速度