

北見工業大学 正員 大島 俊之  
同 同 三上 修一  
北大工学部 同 能町 純雄

### 1. まえがき

著者らはこれまで、橋梁振動により放射される低周波空気振動の問題を対象として研究を進めてきた。実橋走行試験による音圧レベルの実測、および理論解析結果との比較などを通じて、ほぼ放射音圧レベルの絶対量の評価はいくつかの定量化のためのパラメータを媒介として計算し得る式を得た。本稿ではさらにこれらの理論解析モデルの改良を試み、これまで計算に考慮しなかった項目のいくつかを追加して、これらの項目が最終的に放射音圧レベルの値にどのように影響するかを調べることを目的として行った解析について報告する。

### 2. 橋面凹凸による連成振動を考慮した場合の解析

橋面凹凸や圧雪路面による走行車両と橋梁との連成振動を考慮して得られた橋体の振動から、放射音圧レベルを計算し、橋面凹凸の状態によってどの程度音圧レベルが変化するかについて調べた結果を図2と図3に示した。この結果は図1のように橋体をモデル化した単純梁上を2自由度系の車両モデルが走行する場合の動的応答解析結果から得られた支間中央点の橋体の振動速度を用いて放射音圧レベルの応答値を比較したものである。計算に用いている数値は車両全重量22tf、走行速度40km/h、車両は通常のダンプトラックの諸元である。

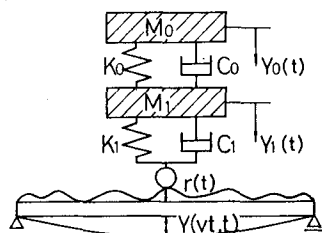


Fig. 1 解析モデル

また橋面凹凸のパワースペクトル分布  $S(\omega)$  は

$$S(\omega) = S_0 / (\omega^2 + a^2) \quad (1)$$

$$a = 0.08 \text{ cm}^2 / (\text{m} \cdot \text{s}^{-1}),$$

$$S_0 = 0.0098 \text{ cm}^2 / (\text{c} \cdot \text{m}^{-1}),$$

図2には橋面凹凸がある場合とない場合の比較を示したが、橋面凹凸がある場合には全体的に包絡線的応答結果となっている。また図3には  $S_0$  を約4倍にした場合の結果との比較を示しているが、これによればほぼ6dB程度音圧が増加する結果となっている。

### 3. 帯板要素法による連成振動解析

図4のような構造は帯板要素法によりモデル化するのが適切である。橋軸方向に単純支持を仮定すると、図5のような帯板要素を用いて橋梁全体の振動方程式を求めることができる。まず車両-橋梁系の振動について運動エネルギー  $T$  と位置エネルギー  $V$  は

$$T = \sum_m \frac{1}{2} \{ \dot{U}_m \}^T [M] \{ \dot{U}_m \} \quad (2)$$

$$- \sum_i \frac{1}{2} M_i (x_i^2 + z_i^2)$$

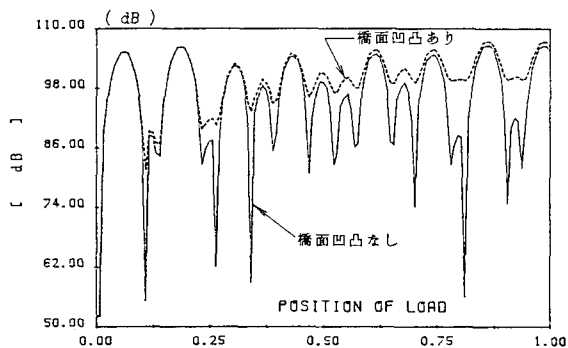


Fig. 2 橋面凹凸の有無の比較

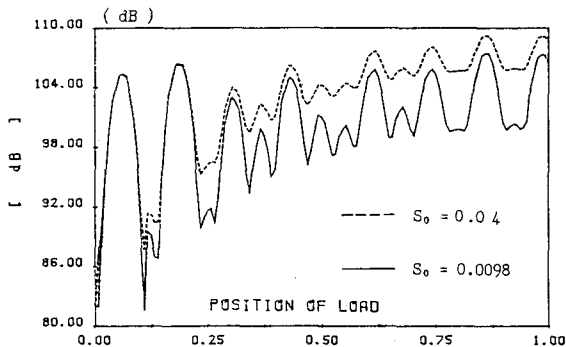


Fig. 3 橋面凹凸の大小の比較

$$V = \sum_m \frac{1}{2} \{U_m\}^T [K_m] \{U_m\} - \sum_i M_i g z_i^0 \quad (3)$$

ただし  $[M]$  は橋体の質量マトリックス、 $[K_m]$  は剛性マトリックス、 $\{U_m\}$  は変位像関数ベクトル、 $M_i$  は車両各部の質量である。

また Lagrange の方程式は

$$\frac{d}{dt} \left( \frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial V}{\partial q_i} = Q_i \quad (4)$$

$q_i$  は一般化座標、 $Q_i$  は一般化外力である。

また自由振動に対する変位像関数ベクトルとして

$$\{U_m\} = [\Phi_m] \{A_m\} \quad (5)$$

のように求まるものとする。ただし  $[\Phi_m]$  は固有ベクトルで Normalize (正規化) されたものとする。したがって帯板要素で表現された構造の橋軸方向に  $m$  次、横断面方向に  $n$  次の振動方程式は次式となる。

$$A_{mn} \ddot{A}_{mn} + \omega_{mn}^2 A_{mn} = P_{mn} \quad (6)$$

ただし  $\omega_{mn}$  は固有円振動数、 $P_{mn}$  はタイヤ接地幅から橋体に導入される数個の部分分布荷重のフーリエ積分値である。また  $P_{mn}$  は車両モデルの構造によって図 6 (ダンブトラック) や図 7 (トレーラトラック) などの構造の運動方程式を組み立て、連立に解いて得られる。

#### 4. Trailer-Tractor (TT) 車両のモデル

図 7 および図 8 のようなトレーラー車両は駆動車とけん引車がそれぞれ独立した回転慣性  $I_A$ ,  $I_B$  を有する質量と考える。また横断面方向にはローリングの影響を考慮するため、車輪の走行位置に相当する線を節線とする帯板要素を新たに設定し考慮する。これらにより得られた連立微分方程式の解析は Newmark の  $\beta$  法により数値計算した結果について示す。またこれらの結果を用いて計算した音圧レベルの TT 荷重による結果も示す。

#### 参考文献

- 1) N. L. Mulcahy: Bridge Response with Tractor-Trailer Vehicle Loading, Earthquake Eng. and Structural Dyn., Vol. 11, 1983
- 2) 河島(右男): 動的応答解析: コンピュータによる構造工学講座、培風館、1972
- 3) 大島俊之、能町純雄: 走行車両により橋梁から放射される低周波空気振動の解析、日本音響学会誌、第 39 巻 1 号、1983

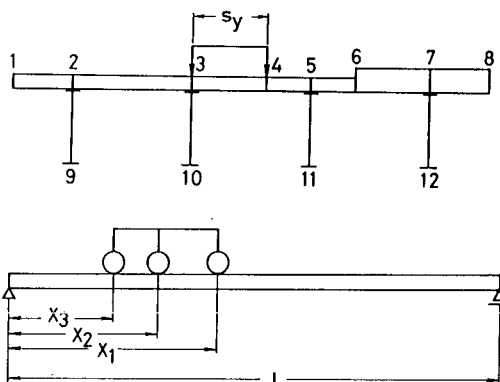


Fig. 4 単純支持合成桁橋

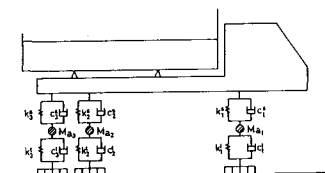


Fig. 6 トラックモデル

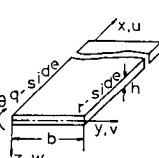


Fig. 5 帯板要素

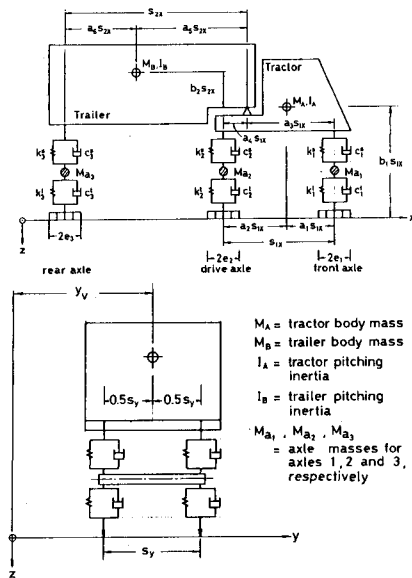


Fig. 7 トレーラ車両モデル

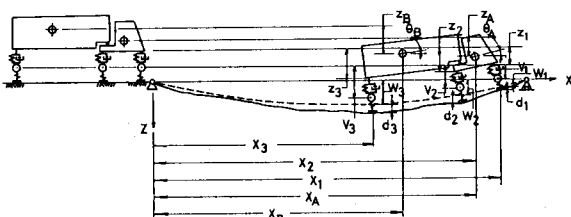


Fig. 8 移動荷重の座標系