

## 単純桁橋の自動車走行による動的応答の周波数特性

大阪大学工学部 正員 川谷 充郎

大阪大学工学部 学生員 ○西山 誠治

1. まえがき 道路橋の走行荷重による動的応答は、これまで、衝撃係数との関連から振幅特性について調べられたものが大半である。ところで、筆者らによって行われた単純桁橋における試験車走行実験結果によれば、走行速度が変化すると、主桁の動的応答の周波数が変化していた<sup>1)</sup>。本研究では、主桁の動的応答特性を調査し、実験結果の検証を行うために、不規則な路面凹凸を含めた橋梁と走行車両の連成振動の理論解析を行う。この場合曲げとねじりの連成振動を考慮する<sup>2)</sup>。さらに、車両の周波数を変化させた場合の主桁応答の変化についても調べる。

## 2. 試験車走行による現地実験結果

対象橋梁は梅田入路橋の支間長 40.4m の単純桁である。試験車は総重量約 20t のダンプトラックであり、目標速度を10, 20, 30km/hとして追い越し車線を逆行して実験を行った。支間中央の主桁のひずみを測定し、これより動的増幅率 DIFならびに周波数を求めた。

(1) 走行速度とDIFの関係をFig.1に示す。速度が上がると共に DIFの小さくなる傾向がみられる。外桁と内桁を比較すると内桁の DIFの方が小さく、また速度による変化も少なかった。

(2) 走行速度と主桁の周波数の関係を

Fig.2 に示す。走行速度の変化に伴い、Fig.1 走行速度とDIFの関係 Fig.2 走行速度と主桁周波数の関係  
桁の周波数がほぼ3.0~4.5Hz付近では

らつき、これは試験車との連成振動によるものと推定される。外桁と内桁の周波数の比較を行うと、外桁において周波数 3.6Hz以上のケースが多く現れている。本橋の起振機実験において、曲げとねじりの1次固有振動数はそれぞれ 2.33Hz, 3.86Hzであったことから、外桁においては明かにねじり振動の影響が現れている。

3. 桁橋の走行荷重による動的応答解析<sup>2)</sup> 曲げ振動およびねじり振動について、それぞれ3次モードまで考慮して連成振動方程式を誘導する。さらに走行車両を前輪1軸ならびに後輪2軸を考慮した2自由度振動系にモデル化する。これより得られる、偏心走行荷重による橋の曲げねじり連成振動の微分方程式を Newmark- $\beta$  法を用いて逐次積分し、橋の動的応答を求める。

4. 解析モデル 対象橋梁の解析モデルをFig.3に示す。本橋は橋軸方向に少し曲がっており、従って断面が非対称でせん断中心も内桁上にはない。動的応答解析では橋長にわたって直線の等断面と仮定し、断面諸量は橋軸方向の長さにはわたる平均値とする。橋梁モデルの構造諸元

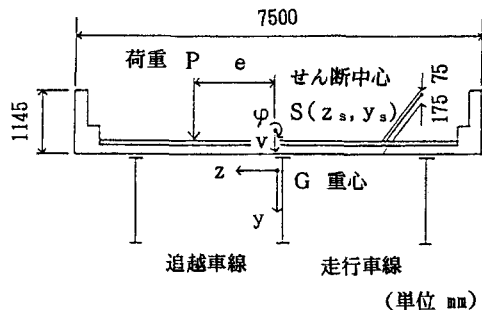
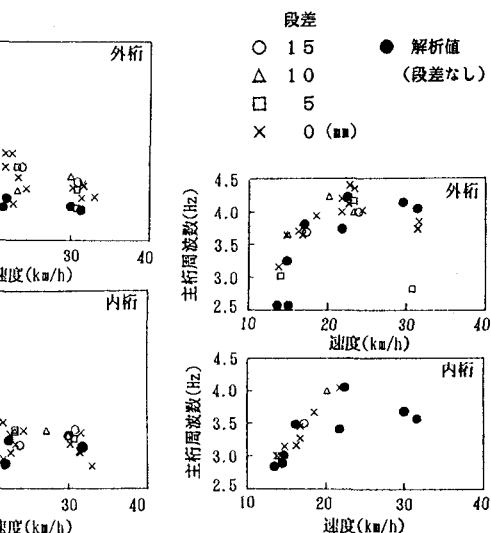


Fig.3 対象橋梁の解析モデル

をTable 1 に示す。これらの値を用いて曲げとねじりの固有振動数を求めた結果を Table 2に示す。これより、曲げに対する断面諸量は妥当であると考えられるが、ねじりに関する断面諸量については、幾分解析モデルの剛性が低めであると考えられる。そこで動的応答解析では、起振機実験より得られたねじり固有振動数に合うように、ねじり抵抗、曲げねじり抵抗ともに1.46倍したものをを用いることにする。

試験車の前・後輪重量の測定値は、4.88、14.59 t であった。また実験時に車両の固有振動数を測定していなかったため、2.7~3.9Hzの間で変化させて、動的応答解析を行った。走行車両モデルの諸元を Table 3に示す。

### 5. 理論解析結果

(1) 車両の固有振動数とDIFの関係をFig.4に示す。これより、車両の固有振動数が高くなると DIFは小さくなる傾向がみられる。また車両の固有振動数が 3.3Hz および 3.6Hzの場合で、走行速度が20~30km/hの場合を除くと、速度の増加と共に DIFの大きくなる傾向がみられる。これは、走行速度と DIFの一般的な傾向であるが、今回の実測値は逆の傾向を示した。

(2) 車両の固有振動数と桁の周波数の関係を Fig.5に示す。これより、車両の固有振動数が高くなると桁の周波数も高くなる傾向がみられる。また走行速度 10km/hが比較的高い周波数を示しているが、これを除けば20~30km/hでは、速度が増加すると桁の周波数は高くなる傾向がみられる。

(3) 実験値との比較 試験車である大型ダンプトラックの固有振動数は、過去の測定値から 3.0Hz強と考えられる。試験車の固有振動数を 3.3Hzとすると、動的応答の解析値と実験値は速度が20km/h以下の場合を除いて、比較的良好一致する。この場合の解析値をFig.1, Fig.2に実験値と共に示す。

### 参考文献

- 1) 難波宗行・川谷充郎・林 秀侃・中村一平・西星匡博：各種短支間道路橋における自動車走行実験，土木学会第45回年次学術講演会講演概要集，I-375，1990.9.
- 2) 川谷充郎・小松定夫・佐々木孝：走行自動車荷重を受けるプレートガーダー橋の動的応答特性に関する研究，土木学会論文集，第392号/I-9，pp.351-358，1988.4

Table 1 橋梁モデルの構造諸元

|           |                         |                         |
|-----------|-------------------------|-------------------------|
| スパン長      | $l$ (m)                 | 40.4                    |
| 単位長あたり質量  | $m$ (kg/m)              | $7.708 \times 10^2$     |
| ヤング係数比    | $n$                     | 9.516                   |
| せん断弾性係数比  | $n_s$                   | 8.568                   |
| 断面積       | $A$ (m <sup>2</sup> )   | 0.1415                  |
| 断面2次モーメント | $I_x$ (m <sup>4</sup> ) | 0.2122                  |
| 極慣性モーメント  |                         |                         |
| × 単位体積質量  | $m_l$ (kg/m)            | $8.0303 \times 10^3$    |
| ねじり抵抗     | $J$ (m <sup>4</sup> )   | $0.3843 \times 10^{-1}$ |
| 曲げねじり抵抗   | $C_w$ (m <sup>9</sup> ) | 0.7900                  |

Table 2 対象橋梁および解析モデルの固有振動数

|       | 実測値<br>(Hz) | 解析値 (Hz) |          |
|-------|-------------|----------|----------|
|       |             | 舗装の剛性を考慮 | 舗装の剛性を無視 |
| 曲げ振動  | 2.33        | 2.314    | 2.312    |
| ねじり振動 | 3.88        | 3.233    | 3.030    |

Table 3 車両モデルの構造諸元

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| 総重量(t)                    | 19.47   |
| 自由度                       | 2       |
| 固有振動数(Hz)                 | 2.7~3.9 |
| 慣性モーメント(tm <sup>2</sup> ) | 58.22   |
| 減衰定数                      | 0.03    |

車両速度

○ 30

△ 20

□ 10 (km/h)

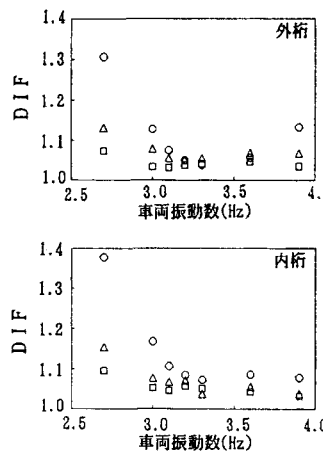


Fig.4 車両の固有振動数とDIFの関係

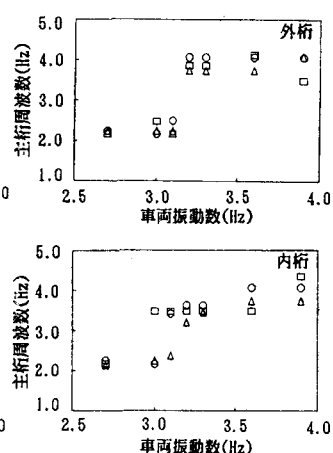


Fig.5 車両の固有振動数と桁の周波数の関係