

九州大学工学部 学生員 ○池田延良
〃 〃 正員 彦坂 照
〃 〃 〃 内谷 保

1. 緒言

走行車両による道路橋の振動には数多くのパラメーターが影響を及ぼすが、振動性状を正しく把握しうる範囲内で、解析モデルと解析手法を簡易化することが望ましい。本論では特に、(1)車両を2自由度系および1自由度系の Sprung-mass にモデル化した場合の応答、および(2)定常不規則振動論および非定常理論による応答、の2点に注目してパラメトリック解析を行った結果を報告する。走行車両は1台のみとし、路面の不規則凹凸および車両-橋梁系の連成振動を考慮した確率論的手法^{(1),(2)}を用いた。橋梁は表-1の単純桁橋を対象とし、支間中央点のたわみおよび速度について、それぞれ応答の平均値(路面が完全に滑らかな場合の応答)からの標準偏差 $O_y(t)$, $O_{\dot{y}}(t)$ により結果を整理した。

表-1. 単純桁橋の諸元

支間 l	総重量	1次固有振動数 f_1	減衰定数 δ_1
20 m	96.8 ton	6.23 Hz	0.01
30 m	155.2 ton	3.79 Hz	0.01
40 m	213.6 ton	2.94 Hz	0.01
50 m	272.0 ton	2.45 Hz	0.01
60 m	330.4 ton	2.11 Hz	0.01

又. 2自由度系車両モデルによる応答のパラメトリック解析

車両の総重量 $P_0=13.6$ ton, 1次固有振動数 $f_0=2.45$ Hz, 走行速度 $v=12$ m/sec は固定し、懸架部とタイヤ部の質量比 M_s/M_T , ばね定数比 k_T/k_s および減衰定数 δ_s, δ_T をパラメーターとして、支間 $l=50$ m の橋梁に対する非定常ランダム応答の $O_y(t)$ と $O_{\dot{y}}(t)$ を求めた。

図-2は質量比 M_s/M_T のみを変化させた場合の応答例を示し、 $M_s/M_T=2, 6, 10$ に対し、車両の2次固有振動数はそれぞれ 8.28 Hz, 14.01 Hz, 17.94 Hz と変化するが、橋梁の応答にはほとんど差異が無い。また、ばね定数比 k_T/k_s のみを変化させた図-3の結果から、車両の2次固有振動数が橋梁の応答に及ぼす効果は小さいことがわかる。

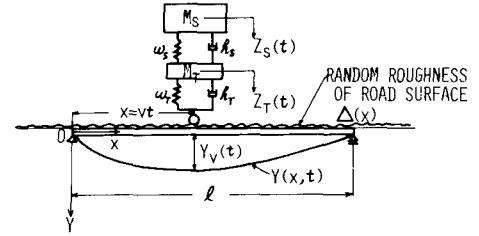


図-1. 車両-橋梁系の解析モデル

図-4は、タイヤ部の減衰定数を $\delta_T=0.03$ に固定し、 δ_s のみを変化させた場合の応答を比較したものであり、当然ながら δ_s が小さいほど橋梁の応答は大きくなる。図中の破線と細い実線の応答がほぼ一致していることは、この場合 $\delta_s=0.03$, $\delta_s=0.04$ の2自由度系車両が、固有振動数 $f_0=2.45$ Hz, 減衰定数 $\delta_0=0.03$ の1自由度系車両モデルで置き換えられることを示している。

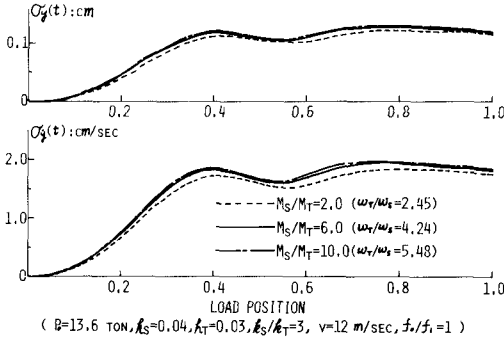


図-2. 質量比 M_s/M_T の影響

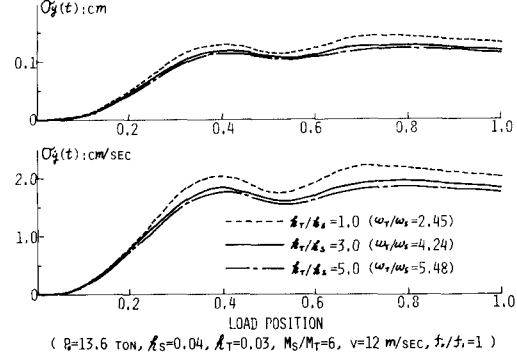


図-3. バネ定数比 k_T/k_s の影響

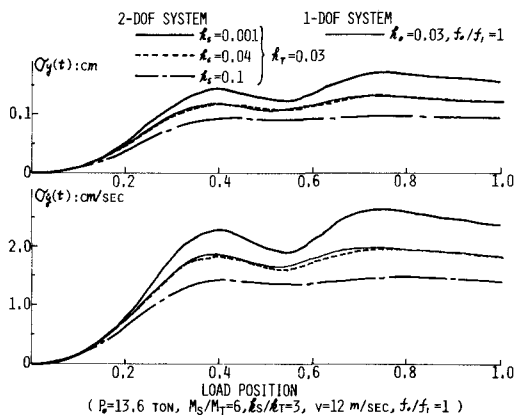


図-4, 減衰定数 ξ_r の影響

3. 定常および非定常ランダム応答のパラメトリック解析

路面の不規則凹凸を考慮した橋梁の単一走行車両によるランダム応答は当然非定常となるが、単純桁橋の支間中点の応答に関する限り、1自由度系車両が支間中点を通過した後の応答の非定常性はそれほど顕著ではない。そこで、車両の載荷位置を支間中点に固定し、車両と橋梁の連成を考慮した定常不規則振動論により求められる応答の標準偏差 $\sigma_y, \sigma_{\dot{y}}$ と、非定常応答における $\sigma_y(t), \sigma_{\dot{y}}(t)$ の最大値とをパラメトリック解析により比較した。図-5~図-8に結果の一部を示すが、橋梁の支間 l を変化させた図-7を除いては $l=50$ mの橋梁に対するものである。

図-5より、振動数比パラメーター β に及ぼす効果は極めて顕著であることがわかり、 f_0/f_1 が1より小さくなるにつれて応答は急激に減少している。車両の固有振動数 f_0 を固定し、橋梁の支間を変化させた図-7もパラメーター f_0/f_1 の効果を示したものと考えられる。

すべてのパラメーターについて、定常応答値はつねに非定常応答値より大きく、特に f_0/f_1 が1より大きいとき(図-5)、車両の減衰定数 ξ_0 が小さいとき(図-6)および車両の走行速度

が大きいとき(図-8)に両者の差が大きくなっている。橋梁の走行荷重応答を定常不規則振動論により解析することは、時間領域の計算を要しないので都合であるが、ここに示した解析例から明らかなように非定常解に比して極めて過大な応答を与えることがあるので注意を要する。

[参考文献] 1). 吉村他; 単一走行車両による道路橋の非定常ランダム応答の解析, 土木学会論文報告集, No. 258, 1977-2

2). 内谷他; 道路橋の走行ランダム応答解析における外力モデルについて, 第32回土木学会年次学術講演概要集(第1部), 1977-10

3). 山田他; 活荷重に対する道路橋の動的応答-衝撃係数-に関する研究, 土木学会論文集, No. 148, 1967-12

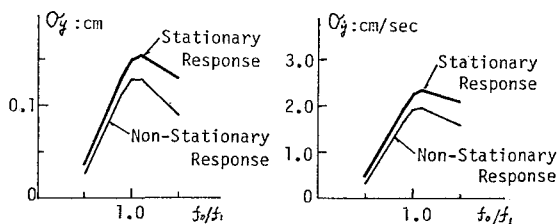


図-5, 固有振動数比 f_0/f_1 の影響

($f_1=2.45$ Hz, $P_0=13.6$ ton, $v=12$ m/sec, $\xi_0=0.03$)

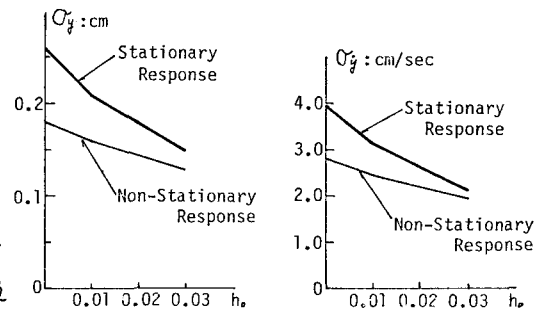


図-6, 減衰定数 ξ_0 の影響

($f_1=2.45$ Hz, $f_0/f_1=1$, $P_0=13.6$ ton, $v=12$ m/sec)

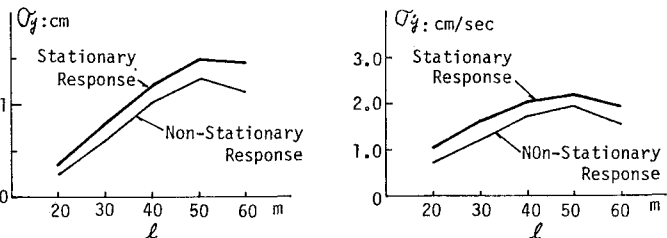


図-7, 橋梁の支間 l の影響

($P_0=13.6$ ton, $f_0=2.45$ Hz, $\xi_0=0.03$, $v=12$ m/sec)

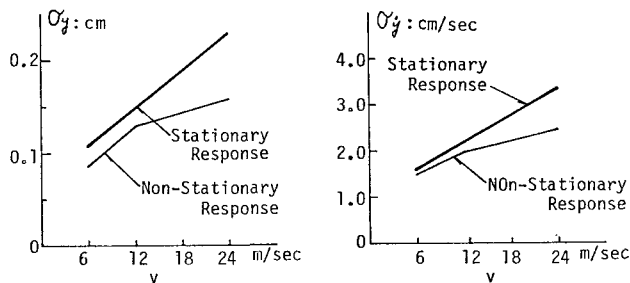


図-8, 車両の走行速度 v の影響

($f_1=2.45$ Hz, $f_0/f_1=1$, $\xi_0=0.03$, $P_0=13.6$ ton)