

新日本製鉄 (株) 正員 田 中 慎一郎
 北海道大学工学部 正員 渡 辺 昇
 北海道大学工学部 正員 林 川 俊 郎

1. まえがき

車両の大型化、および橋梁の長大化と軽量化の傾向が高まるにつれて、自動車荷重による橋梁の動的応答が重要視されるようになった。本研究では、自動車荷重による多径間連続桁の動的応答を数値解析し、D.A.F. (動的増加率) を求め、それによって現行道路橋示方書の衝撃係数について検討を行なった。橋桁の動的応答は、車両と橋梁のパラメータによって影響されるが、パラメータの数が非常に多く、全てのパラメータの影響を掌握することは困難である。ここでは、車両の速度、重量、バネ定数、減衰係数、および橋梁の径間数、スパン長、橋桁上の不規則路面凹凸をパラメータとして、それぞれのD.A.F.に対する影響を調べた。

2. 解析方法の概要

橋桁の動たわみ $Y(x, t)$ は、一般座標 $Q_k(t)$ と第 k 次の固有関数 $\phi_k(x)$ を用いると、次式で表わされる。

$$Y(x, t) = \sum_{k=1}^{\infty} Q_k(t) \cdot \phi_k(x) \quad (1)$$

橋桁の動たわみを式(1)のように仮定して、図-1の解析モデルの基礎微分方程式を Lagrange の運動方程式により求めると、第 k 次に関しては次のようになる。

$$\ddot{Q}_k(t) + 2n \cdot \dot{Q}_k(t) + \omega_k^2 \cdot Q_k(t) - \left\{ C_t \cdot \left\{ \dot{Z}_t - \dot{Z}(t) \right\} + K_t \cdot \left\{ Z_t - Z(t) \right\} \right\} \cdot \frac{\phi_k(x_v)}{N_k^2} = (M_s + M_t) \cdot g \cdot \frac{\phi_k(x_v)}{N_k^2} \quad (2)$$

$$M_s \cdot \ddot{Z}_s + C_s \cdot (\dot{Z}_s - \dot{Z}_t) + K_s \cdot (Z_s - Z_t) = 0 \quad (3)$$

$$M_t \cdot \ddot{Z}_t + C_s \cdot (\dot{Z}_t - \dot{Z}_s) + K_s \cdot (Z_t - Z_s) + C_t \cdot \left\{ \dot{Z}_t - \dot{Z}(t) \right\} + K_t \cdot \left\{ Z_t - Z(t) \right\} = 0 \quad (4)$$

ここで、 $Z_t(x_v)$: 路面の不規則凹凸量, n : 桁の減衰の円振動数, ω_k : 桁の非減衰固有振動数, g : 重力加速度, $W_i \cdot EI_i \cdot l_i$: i 径間目の桁の単位長さあたりの重量、曲げ剛性、スパン長, x_v : 自動車の橋梁における通過距離

$$Z(t) = Y(x_v, t) + Z_t(x_v), \quad N_k^2 = \int_0^l W \cdot \phi_k^2(x) \cdot dx$$

このモーダルアナリシスで、固有関数を N 次まで考えるならば、 $(N+2)$ 元連立2階常微分方程式を解くことになる。本研究では、初期値問題として、数値計算により解を求めた。数値計算には、収束性のよい Hamming 法を用いた。

3. 数値計算例

3. 1. 橋梁のパラメータによる応答

自動車荷重が、図-2の不規則路面凹凸¹⁾を有する橋桁上を一定速度で走行する場合を考える。自動車荷重諸元は表-1に示す。ここでは、桁のスパン長をパラメータとしたが、桁の曲げ剛性、単位長さあたりの重量は図-3によって決定した。図-4は、単純桁、2径間連続桁、3径間連続桁のス

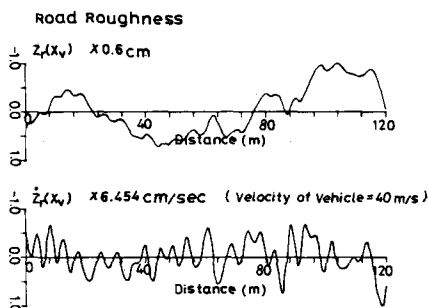


図-2

自動車荷重諸元

$v = 40 \text{ m/sec}$
$M_s = 8.4 \text{ ton}$
$M_t = 1.2 \text{ ton}$
$K_s = 2.8 \times 10^2 \text{ ton/m}$
$K_t = 4.4 \times 10^2 \text{ ton/m}$
$C_s = 1.2 \text{ ton} \cdot \text{sec/m}$
$C_t = 0.9 \text{ ton} \cdot \text{sec/m}$

※図-1参照

表-1

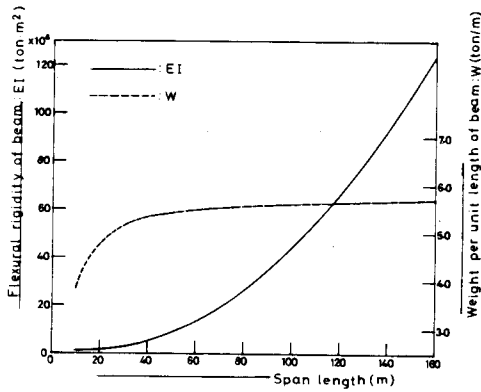


図-3

ン長をパラメータとして、それぞれの第1径間について、D.A.F. - λ 曲線を描いたものである。

3. 2. 車両のパラメータによる応答

ここでは、自動車荷重の各パラメータが、橋梁の動的応答にどのような影響を与えるかを調べた。札幌市内の実在橋(豊水橋)を計算例に取り上げ、その諸元は表-2に示す。橋桁上の不規則路面凹凸は図-2に示したものを使用した。

図-5は、車両の重量をパラメータとした場合のD.A.F.を示したものである。ここでは、パネ下重量とパネ上重量の比を一定として車両重量を変化させた。

図-6は、車両の走行速度をパラメータとした場合のD.A.F.を示したものである。

4. まとめ

以上のように、本研究では数値計算により、橋梁と車両の各パラメータが橋桁のD.A.F.にどのような影響を与えるかを調べた。計算において、自動車荷重の走行速度を40m/secと大きな値に設定したが、20m/sec程度に設定した場合は、D.A.F.は多少減少する傾向がある。図-4では、径間数、スパン長をパラメータとしたが、ここでわかることは、スパン長が大きくなれば、D.A.F.は減少する傾向にあるということと、単純桁に比べて連続桁の方がD.A.F.は小さい傾向があるということである。また、図-5では車両重量はそれほど、D.A.F.に影響しないことがわかる。つまり非線形的要素は小さいと思われる。また、図-6では、走行速度がD.A.F.の値を大きく左右していることがわかる。

数値計算結果として、走行速度、桁のスパン長、径間数がD.A.F.にかなり影響しているといえる。

なお計算には HITAC-M180を使用した。

(参考文献)

- 1) 吉村、彦坂、内容：単一走行荷重による道路橋のランダム解析(土木学会論文報告集 258号)
- 2) 渡辺、林川、田中：自動車荷重による道路橋の振動性状(土木学会北海道支部論文報告集 36号)

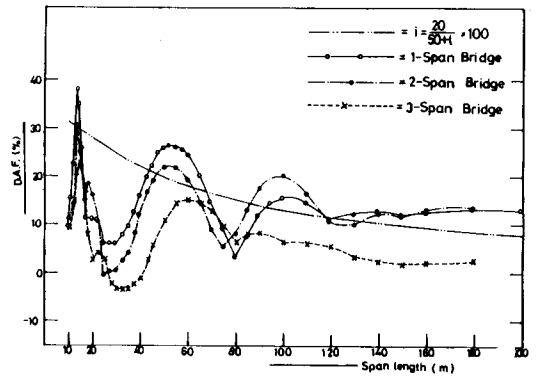


図-4

豊水橋(札幌市) 諸元

形式	三径間連続桁
径間割	60.0 m + 76.0 m + 60.0 m
桁の曲げ剛性	$EI_1 = EI_3 = 6.75 \times 10^6 \text{ ton m}^2$ $EI_2 = 8.5 \times 10^6 \text{ ton m}^2$
桁の単位長さあたりの重量	13.5 ton/m
※添字は、径間の順番	

表-2

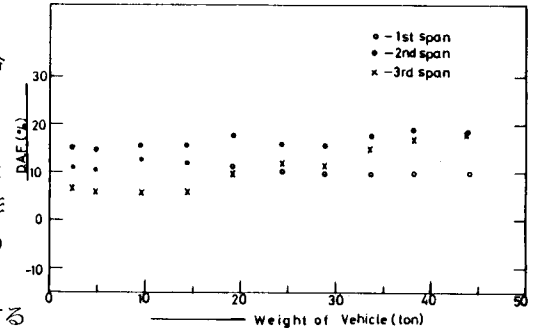


図-5

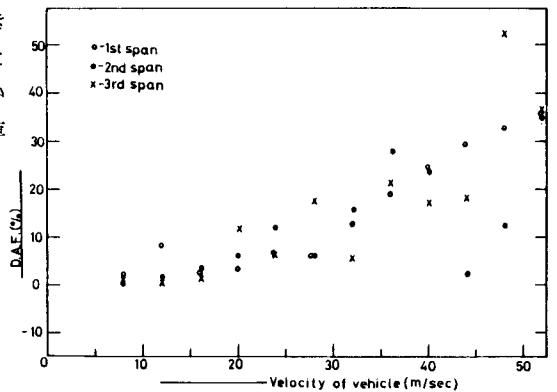


図-6