

長崎大学工学部 正員 岡林 隆敏

川田工業(株) 正員 山野 長弘

1. はじめに 走行車両による道路橋の振動の主要な原因として、路面凹凸と伸縮継手部凹凸が考えられる。路面凹凸に起因する道路橋の振動については、多くの研究が実施されその実態⁽¹⁾が明らかにされつつあるが、継手部凹凸による振動の評価⁽²⁾は十分であると言えない。最近、継手部凹凸の実測⁽³⁾がなされ、その統計的特性を明らかにすることが可能になった。本報告では、伸縮継手部凹凸を非定常確率過程でモデル化し、継手部を通過する車両による橋梁の不規則振動解析の手法を提案する。さらに、実測データによるシミュレーションにより継手部凹凸モデルの妥当性を検討すると共に、段差位置、車両モデル等の橋梁振動に及ぼす影響について考察を行う。本解法により衝撃係数の算定を行い、継手部凹凸と衝撃係数の関係について述べる。

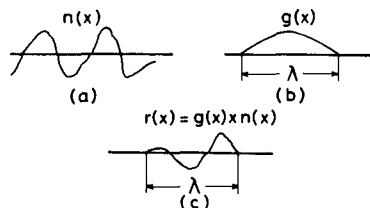


図-1 継手部凹凸の非定常確率過程モデル

2. 継手部凹凸の非定常確率過程によるモデル化 継手部凹凸を、図-1に示すように任意のパワースペクトル密度を有する定常確率過程 $n(x)$ と、その空間的变化を表す確定関数 $g(x)$ との積で表されるものと仮定する。

$$r(x) = g(x) \cdot n(x) \quad (1)$$

(a) 継手部凹凸の分散 図-2の実線は実測データ 340本の標準偏差の変化を示したものである。ここでは、モデルを簡単にするために、次の正弦関数で近似する。

$$g(x) = A \sin(\pi x / \lambda) \quad (2)$$

この場合、 $A = 0.87$ となる。また、凹凸の平均値は、ほとんど0に近い値を示した。

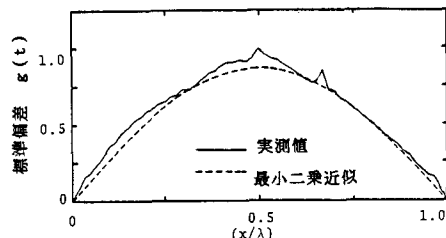


図-2 継手部凹凸の標準偏差

(b) 定常過程のパワースペクトル密度 非定常過程 $r(x)$ は次式により定常化できる。

$$n(x) = r(x) / g(x) \quad (3)$$

$n(x)$ を周期 π で表されるフーリエ級数で表す。

$$n(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \{ a_k \cdot \cos \frac{k\pi}{\lambda} x + b_k \cdot \sin \frac{k\pi}{\lambda} x \} \quad (4)$$

図-3の実線はこれより求めたパワースペクトル密度である。このパワースペクトルを次式で最小二乗近似する。

$$S_n(\Omega) = 2\alpha \cdot S_0 / (\Omega^2 + \alpha^2) \quad (5)$$

このとき、 $\alpha = 0.243$ 、 $S_0 = 0.190$ となり、図の点線はこの結果を示したものである。さらに、速度 V で走行する車両から観測すると、この定常過程は時間関数 $n(t)$ となり、次の確率微分方程式の解過程で表される。

$$\dot{y}(t) + \beta y(t) = w(t) \quad (6)$$

ここに、 $w(t)$ は平均値0、パワースペクトル密度 S_w を有する白色雑音。

$$\beta = 2\pi V \alpha, S_w = 2\pi V (2\alpha S_0)$$

$$\sigma_w^2 = 2\pi S_w$$

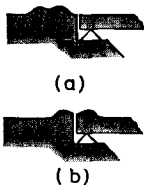


図-5 段差位置モデル

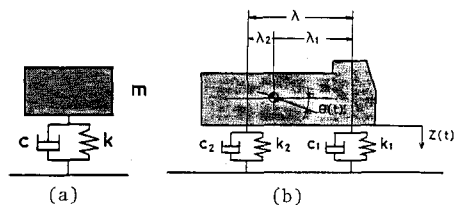


図-4 車両の力学モデル

3. 橋梁の不規則応答解析

橋梁ははりモデルとして1次振動のみを考える。車両の力学モデルは図-4に示したように、1自由度系と剛体ばね系モデル化した2自由度系を考える。さらに、段差位置は、段差を道路側に移した場合と、実際の道路と橋梁の両方にある場合である。段差を(a)のようにモデル化すると、車両の1自由度系モデルの解析が、かなり簡単になる利点がある。不規則応答解析は文献(1)で提案した共分散方程式による方法を適用する。

車両の諸元を表-1、2に橋梁の諸元を表-3に示した。

4. 数値計算と考察

段差モデルの妥当性を検討するために、シミュレーションを実施する。実測データ340本を入力して、それぞれの応答の標本を数値計算より求め、応答の標準偏差を得る。

図-6と図-7は、支間

長50mの橋梁について、解析解とシミュレーションの結果を替たわみの最大値で規格化して示したものである。

Case 1とCase 2は段差モデル(a)(b)に対応している。なお走行速度は $V=10$ (m/sec)である。

解析解とシミュレーションと比較すると両者は良い一致を示し、段差モデルの妥当なことが確認された。車両の1自由度系モデルと2自由度系モデルによる解析では顕著な差が現れている。また、段差位置のモデルについては、余り差は生じないことがわかる。この計算結果に基づいて衝撃係数を算定した。衝撃係数を次式で定義する。

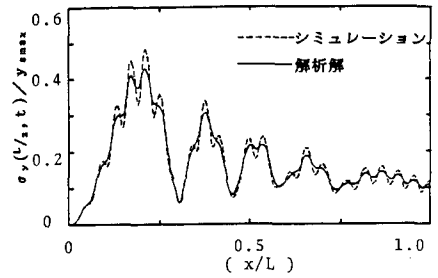
$$\beta = \sigma(L/2) / y_{s \max} \quad (7)$$

$\sigma(L/2)$ ；車両の支間中点に達した時の、支間中点のたわみの標準偏差、 $y_{s \max}$ ；支間中点の静的たわみ

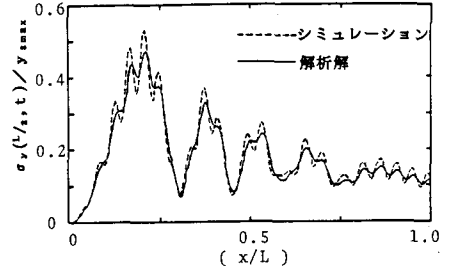
図-8は継手部凹凸のみによる衝撃係数を示したものである。継手部凹凸の影響は短区間の橋梁において著しく大きく、支間長が長くなると急激に減していることがわかる。また、車両モデルにより明らかな差が表れている。

最後に、この研究に用いたデータは金沢工業大学本田先生より提供されたものであり、ここに深く感謝の意を表します。

[参考文献](1)国鉄土木学会論文報告集 16, 286, 1979の文献
(2)野口 他: 道路1967-3 (3)本田 他: 土木学会論文報告集 16, 224, 1982年

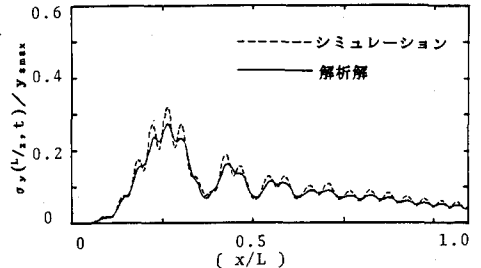


(a) case 1

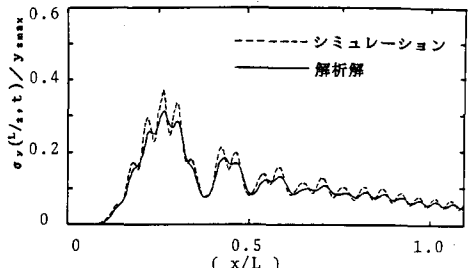


(b) case 2

図-6 1自由度モデルによる応答



(a) case 1



(b) case 2

図-7 2自由度モデルによる応答

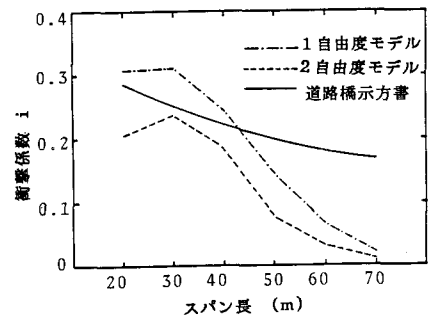


図-8 衝撃係数