

I-30 ランダム連行荷重による橋桁の動的応答に関する研究

京都大学工学部 正員 山田善一
金沢大学工学部 正員 小堀為雄

本研究は、主として道路橋の衝撃問題を究明する目的で行つたものである。一般に道路橋に載荷する連行自動車荷重列は、その荷重の重さ、車頭間隔は at random である。また道路の線形、信号等の爲に自動車はある群をなして走行してゐる。この車群の分布もまた確率的要素をもつてゐるであらう。われわれはこのことに注目して、このようなランダム連行荷重による道路橋の振動問題を高速電子計算機の中で数学的実験を試み、その過程及び現在までに得られた結果について報告する。用いた電子計算機は金沢大学電子計算機 (NEAC 2220) である。

1 プログラム作成の過程

今回は研究の第一段階として、

(a) スパン 1 なる等断面単純桁橋を対象とする。(b) 自動車荷重は図-1 に示すようなバネ上質量とスプリングからなる 1 自由度系とする。(c) 自動車

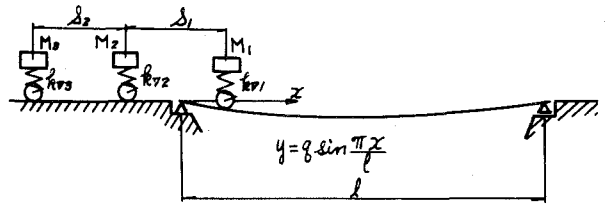


図-1 荷重と橋桁の振動模型

車のバネ下荷重をなわちタイヤ部にある部分に橋桁の動たわみ曲線にそつてなめらかに走行するものとする。(d) 単純桁橋において振動中の 2 次以上のモードの項は省略する。

以上の主な 4 つの仮定を用い、さらに連行荷重列については交通流に関するこれまでの研究と実際の交通調査から得られた結果にもとづき、その車群 (平均 5 台)、荷重の分布 (大型車平均 τ_{01} , 小型車平均 τ_{02})、車頭間隔 (平均 10m) を確率変数として計算機の中で模型を作成している。橋の模型については建設省土木研究所の標準設計書の活荷重合成桁橋の死荷重をよび、換算断面 2 次モーメントから近似的に各スパンに対する値を算出している。プログラムのフローチャートも簡単に図-2 に示す。

2. 数値計算に用いた関係式

$$\frac{d^2 \bar{Y}_{n+1,i+1}}{d\tau^2} = -\frac{l^2}{2} \mu g \left\{ \bar{Y}_{n+1,i} - \sum_j \bar{g}_{n+1,j} \sin \pi \left(\tau - \frac{l}{2} \tau_m \right) \right\}$$

$$\frac{d^2 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^2} = \frac{2R_0}{\alpha^2} \left[-\frac{\Delta m}{\Delta_0} \bar{g}_{n+1,i+1} + N \alpha \left\{ 1 + \Delta m \mu \left(\bar{Y}_{n+1,i} - \sum_j \bar{g}_{n+1,j} \sin \pi \left(\tau - \frac{l}{2} \tau_m \right) \right) \right\} \right]$$

$$\bar{Y}_{n+1,i}^* = \bar{Y}_{n+1,i} + \frac{d\bar{Y}_{n+1,i}}{d\tau}(\alpha\tau) + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{Y}_{n+1,i}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2, \quad \bar{g}_{n+1,i+1}^* = \bar{g}_{n+1,i+1} + \frac{d\bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau}(\alpha\tau) + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2$$

$$V_{n+1,i}^* = \frac{d\bar{Y}_{n+1,i}}{d\tau}(\alpha\tau) + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{Y}_{n+1,i}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2, \quad V_{n+1,i+1}^* = \frac{d\bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau}(\alpha\tau) + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2$$

$$\bar{Y}_{n+1,i+1} = \bar{Y}_{n+1,i}^* + \frac{1}{6} \frac{d^3 \bar{Y}_{n+1,i}}{d\tau^3}(\alpha\tau)^3, \quad \bar{g}_{n+1,i+1} = \bar{g}_{n+1,i+1}^* + \frac{1}{6} \frac{d^3 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^3}(\alpha\tau)^3$$

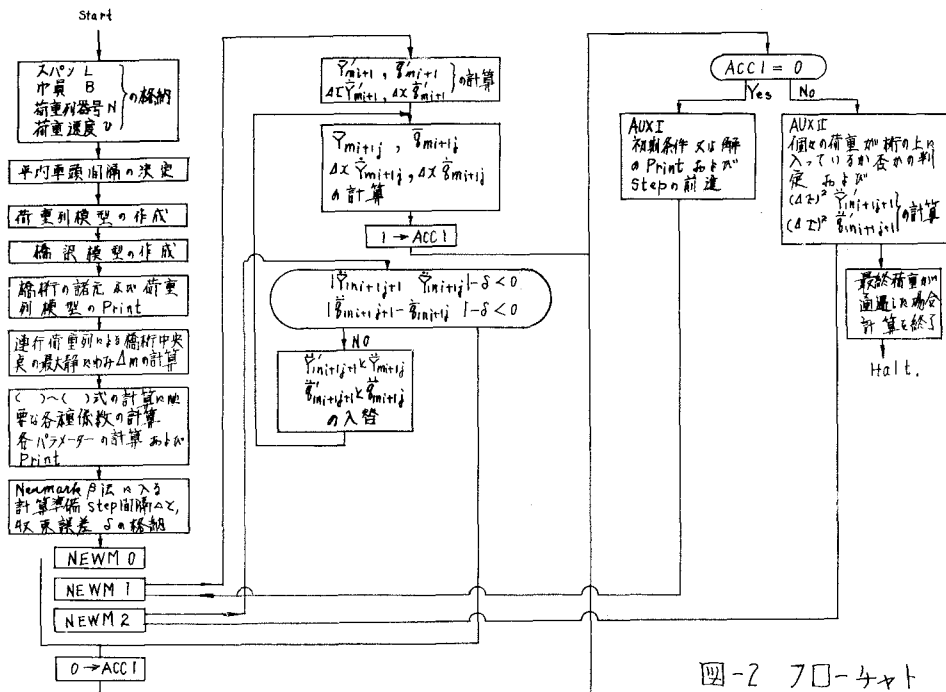
$$(\alpha\tau) \frac{d\bar{Y}_{n+1,i+1}}{d\tau} = V_{n+1,i+1}^* + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2, \quad (\alpha\tau) \frac{d\bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau} = V_{n+1,i+1}^* + \frac{1}{2} \frac{d^2 \bar{g}_{n+1,i+1}}{d\tau^2}(\alpha\tau)^2$$

ここで、 $\mu = \frac{k_{12}}{M_1 g} = \frac{k_{23}}{M_2 g} = \frac{k_{30}}{M_3 g} = \dots = \frac{k_{v0}}{M_v g}$ ----- stiffness parameter

$R_0 = \frac{M}{m l} = \frac{\text{標準自動車質量}}{\text{全桁の質量}}$ ----- weight parameter

$\alpha = \frac{v}{l} \sqrt{\frac{\Delta m}{g}}$ ----- Velocity parameter

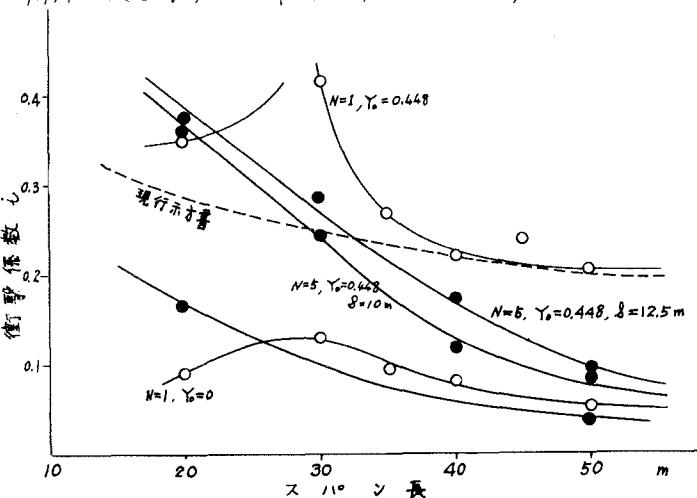
$\tau = \frac{vt}{l}$, $\bar{Y}_n = \frac{Y_n}{\Delta_m}$, $\bar{g}_n = \frac{g_n}{\Delta_m}$, Δ_m : スパン中央部の最大静たわみである。



四-2 フローチャート

3. 数値計算とその結果

われわれは、今回は主としてスパンと衝撃係数について、連行荷重列による橋桁中央梁の振動性状および荷重が橋桁に入る時の初期条件によってどうかわるかにについて究明する目目で、スパンを 20m, 30m, 40m, 50m について数値計算を行って見る。その結果は図-3 のとおり。これらの結果から現在まで得られてきたことは、(1) 荷重の質量およびスプリングの影響は無視出来ない。(2) 橋桁に入る時の自動車荷重のもっている初期条件は短スパンの橋の衝撃係数に相当影響をあたえる。(3) 単一荷重による衝撃係数より連行荷重によるものは一般に小さい、連行荷重の分布、連行荷重の車頭間隔の分布の影響は大きい。連行荷重列の車群、荷重の重さ、車頭間隔について統計的に処理された数十種の連行荷重を走行させその衝撃係数は正規分布となり、確率的に検討できるよう研究を続けている。本研究は文部省科学研究費の援助を受けた。



四-3 計算結果