

I-66 ヒンジにおける衝撃とその効果に関する研究

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

われわれは、昨年第17回年次学術講演会および関西支部研究発表会において、走行荷重によるヒンジの衝撃についての研究成果の一部を発表して来た。この衝撃の重要な要素の一つとして、ヒンジにおいて桁のたわみ角が不連続であるために、移動荷重の持っている運動量が、この点で急激に変化することによる衝撃作用が上げられる。本研究ではこのことに注目して、その理論解析を行ない、KDC-1(京都大学電子計算機)で数値計算を行ったのでその結果について報告する。

まず、われわれは、ヒンジでの衝撃作用を究明する目的で、桁および移動荷重をつぎのように仮定した。(1) 桁は、両端固定スパン中央にヒンジを有する桁とし、各断面の剛度 EI および断面積は一定とする。(2) ヒンジは完全なピン接合とし、水平方向にのみ桁を拘束しないものとする。(3) 移動荷重(以下ボール)は質量 m を有する一質点とし、ボールの慣性力を無視する。(4) ボールは常に桁のたわみ曲線に沿って移動するものとする。さて、ボールが図-1のA点からヒンジに達する期間では、桁はボールが走行することによるたわみ振動を行う。いまこの期間の任意の時刻 t におけるボールの x 方向と y 方向の変位は、展開中の高次の微小量を無視すると、

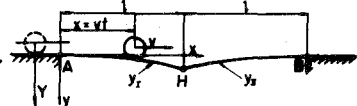


図-1

$$x_b(t+\Delta t) = \frac{dx}{dt}t + \frac{dx}{dt}\Delta t = vt + v\Delta t \quad (v: \text{constant}) \quad (1)$$

$$y_b(t+\Delta t) = \sum_{n=1}^{\infty} q_n(t+\Delta t) \phi_n(x+\Delta x) = \sum_{n=1}^{\infty} \{q_n(t) + \dot{q}_n(t)\Delta t\} \{\phi_n(x) + \phi'_n \Delta x\} \quad (2)$$

であらわされ、これよりボールが持っている速度の components は、

$$v_{bx} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{x_b(t+\Delta t) - x_b(t)}{\Delta t} = v = \text{constant} \quad (3)$$

$$v_{by} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{y_b(t+\Delta t) - y_b(t)}{\Delta t} = v \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=vt} + \left(\frac{dy}{dt} \right)_{t=t} \quad (4)$$

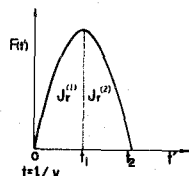


図-2

となる。(4)式の t を l/v (ボールがヒンジに達した瞬間の時刻) とすると、第一項 $(\frac{dy}{dx})_{x=l}$ は、この時刻のI桁のヒンジでのたわみ角 θ_1 をあらわし、第二項 $(\frac{dy}{dx})_{x=l, t=l/v}$ は、この時刻のヒンジ点の桁の鉛直方向の速度をあらわす。さて、ボールはこのような速度をもってI桁からII桁に移る。この瞬間においてボールの速度は、次式のようにII桁のたわみ曲線の接線方向と法線方向に分解される。

$$v_r^{(0)} = v \sin \theta_2 + \left\{ v \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=l} + \left(\frac{dy}{dt} \right)_{t=l/v} \right\} \sin \theta_2 \quad (5)$$

$$v_T^{(0)} = v \cos \theta_2 + \left\{ v \left(\frac{dy}{dx} \right)_{x=l} + \left(\frac{dy}{dt} \right)_{t=l/v} \right\} \cos \theta_2 \quad (6)$$

ここで、 $v_r^{(0)}$ は桁の表面の摩擦を無視すれば、衝撃期間中に変化しない。それ故に衝撃に關与するのは、 $v_T^{(0)}$ のみである。いま衝撃力 $F(t)$ を図-2のようにあらわされるものとする、ボールの V 方向の速度は、

$$v_r^{(0)} = v \sin \theta_2 + \left\{ v \theta_1 + \dot{\theta}_1 \right\} \cos \theta_2 - \frac{1}{m} \int_0^t F(t') dt' \quad (7)$$

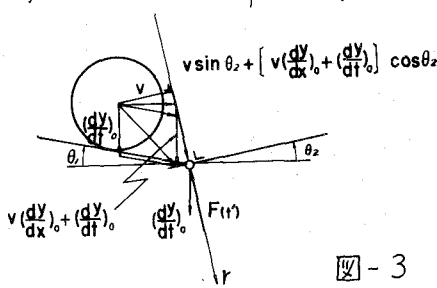


図-3

となる。さらに衝撃力の力積は、 $J_r^{(1)} = \int_0^{t_1} F(t') dt'$, $J_r^{(2)} = \int_{t_1}^{t_2} F(t') dt'$ ----- (8)
となり、ボールおよび桁は完全な弾性体として $J_r^{(1)} = J_r^{(2)}$ であるとする。さらに、衝撃期
間 $0 \sim t_2$ は桁の規準振動周期に比較して短いかう、この期間中桁は動かないものと考えら
れる。しかも、 $t' = t_1$ においてボールとヒンジ点の V 方向の相対速度は等しいことから、
ボールと桁との間につきの衝撃に関する運動方程式を得る。

$$\left. \begin{aligned} m_1(\dot{v}_r^{(t_1)} - \dot{v}_r^{(0)}) &= -J_r^{(1)} & m_1(\dot{v}_r^{(t_2)} - \dot{v}_r^{(t_1)}) &= -J_r^{(2)} \\ 2ml(\dot{\phi}_n^{(t_1)} - \dot{\phi}_n^{(0)}) &= \phi_n(x=l) \cos \theta_2 J_r^{(1)} & 2ml(\dot{\phi}_n^{(t_2)} - \dot{\phi}_n^{(t_1)}) &= \phi_n(x=l) \cos \theta_2 J_r^{(2)} \\ \dot{v}_r^{(t_1)} &= \dot{y}^{(t_1)} \cos \theta_2 = \sum_{n=1}^{\infty} \dot{\phi}_n^{(t_1)} \phi_n(x=l) \cos \theta_2 \end{aligned} \right\} (10)$$

(10) 式より、衝撃を終った $t' = t_2$ における桁の速度は、

$$\dot{y}^{(t_2)} = \sum_{n=1}^{\infty} \dot{\phi}_n^{(t_2)} \phi_n(x) \quad (11)$$

$$\dot{\phi}_n^{(t_2)} = \frac{2R_1 \phi_n(x=l) \cos \theta_2}{R_1 \sum_{n=1}^{\infty} \phi_n^2(x=l) \cos^2 \theta_2 + 1} \left\{ - \sum_{n=1}^{\infty} \dot{\phi}_n^{(0)} \phi_n(x=l) \cos \theta_2 + \dot{v}_r^{(0)} \right\} + \dot{\phi}_n^{(0)}$$

となる。ところで、一般に衝撃期間にはボールが桁を通過するに要する時間に比較して非常に小さいと考えられるから、ボールがヒンジを通過した瞬間において桁は(11)式であらわされる速度となっているものと考えられる。ヒンジ通過後の桁の振動は、この衝撃による振動が大きく、これにボールが走行することによる桁の振動が重ねあわされるものと考えられる。われわれは、速度パラメータ α および重量パラメータ R_1 を用いて、ヒンジ点における動たわみに関する履歴曲線を KDC-1 を用い、Newmark's β Method ($\beta = 1/6$) で数値計算を行ったその一例を図-4に示す。つぎに α と動倍率 I との関係を図-5に示す。

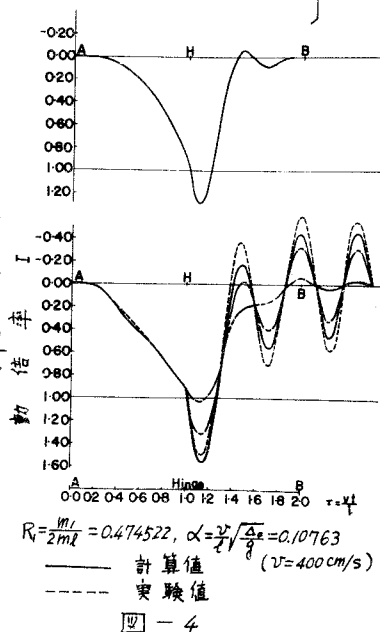


図-4

以上、われわれは、(1) このようにヒンジを有する桁にあっては、ヒンジにおいて移動荷重の運動量が急激に変化することによる衝撃作用がこの種の桁の振動性状を特長づける重要な要素であることを立証した。かかる場合は、もはや従来の研究のように移動荷重の質量の影響を無視することはできない。(2) 図-5に見られるように、この種の桁にあっては、移動荷重の速度と動倍率とは、直線的な関係ではなく、その桁特有の関係が存在するものと考えられる。

以上のことから、この種の橋梁の衝撃係数の決定にあたっては、ヒンジでの衝撃効果および設計速度をも十分考慮するは要があろう。

本研究は、ヒンジにおける衝撃とその効果に関する基礎的研究を行なったものであるが、今後さらに、種々の型式の桁についても研究を進める予定である。

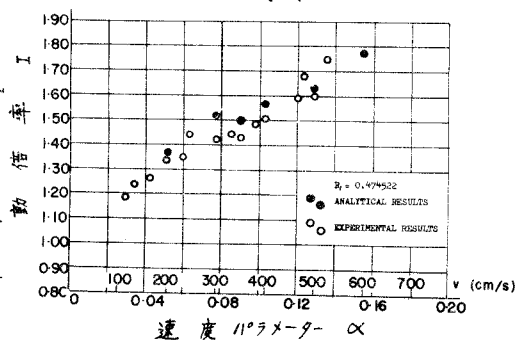


図-5