

走行荷重によるつり橋の振動性状に関する研究

京都大学	工学部	正 員	小西 一郎
京都大学	工学部	正 員	白石 成人
建設省		正 員	○大石 久和
京都大学	工学部	学生員	永田 智康

I. まえがき

つり橋は、その低い剛性に特徴を有しており、列車荷重などの集中的かつ巨大な荷重をうける場合には、その安全性が問題となる。列車走行による荷重の作用の形式としては平滑走行による速度の効果、平滑走行による荷重質量の慣性力効果 (Zimmermann効果) 蒸気機関車の場合は動輪の hammer blow の効果、さらにレールと車輪とのくるいによる効果などが考えられるが、本研究では、平滑走行による速度の効果と Zimmermann 効果を外力として考慮して、それらの影響をたわみの衝撃係数の形でまとめた。

II. 基礎方程式

つり橋の各スパンについてたわみを次のように仮定する。

$$\eta_n(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} g_{n,i}(t) \cdot \sin \frac{i\pi x}{l_n} \quad (1)$$

n ; スパン名 l_n ; スパン長

これよりエネルギーを求め Lagrange の運動方程式に入れて整理すると次の方程式がえられる。

$i=2, 4, 6 \dots$ のとき

$$\ddot{g}_{n,i} + \epsilon_{n,i}^2 g_{n,i} = \frac{2}{m_n l_n} Q_{n,i} \quad (2)$$

$i=1, 3, 5 \dots$ のとき

$$\ddot{g}_{n,i} + \epsilon_{n,i}^2 g_{n,i} + \frac{\alpha_i^2}{i} \sum_{j=1,3,5}^{\infty} \frac{g_{n,j}}{j} + \frac{\alpha_i^2}{i} \sum_{j=1,3,5}^{\infty} \frac{g_{n,j} + g_{3n,j}}{j} = \frac{2}{m_n l_n} Q_{n,i} \quad (3)$$

$$\begin{cases} n=1, 2, 3 \\ \epsilon_{n,i}^2 = EI_n / m_n \cdot (i\pi / l_n)^4 + H_n / m_n \cdot (i\pi / l_n)^2 \\ \alpha_n^2 = 8 l_n A_c E_c / (m_n \pi^2 \rho_n^2 L E) \quad \rho_n = l_n^2 / 8 f_n \end{cases}$$

(2), (3) 式において $Q_{n,i}$ は一般力であるがこれは 次のようにかくことができる。

$$Q_{n,i} = \left(P - \frac{P}{g} \frac{d^2 \eta_n}{dt^2} \right) \cdot \sin i \eta_n t \quad (4)$$

(4) 式の $d^2 \eta_n / dt^2$ をそのまま計算に用いることはさわめて繁雑となります。そこで Schallenkamp のようにこの項を、 η_n 方向のみの加速度で近似すると走行速度と時間のみの関数となり この項を計算に用いることが可能となる。

Ⅲ. 計算結果と考察

計算に用いたつり橋は、主径間 860 m、単径間つり橋で、荷重は単一集中荷重 500 トンを用いた。

Ⅲ-1 速度による変化

Zimmermann 効果を見捨てた場合と、考慮した場合の $1/2$ 点の変位を示したものが右図である。図であきらかなように最大たわみは荷重直下でおこるとは限らない。低速走行の時は、最大たわみは荷重の通過直後に生じ、高速走行になるにつれて最大たわみは、荷重の通過前に生じるようになる。この最大たわみと荷重点とのずれは、補剛桁の質量の慣性力の効果と考えることができる。

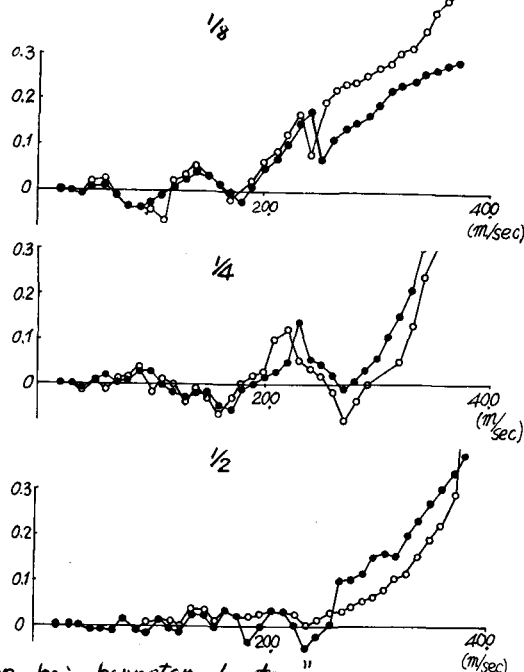
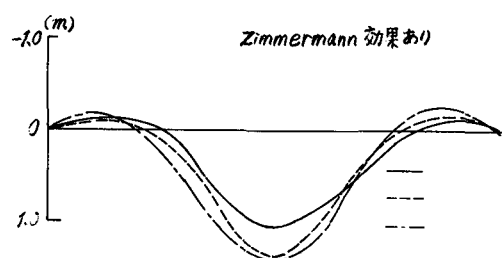
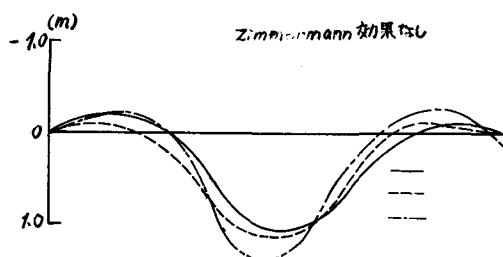
Zimmermann 効果のある場合とない場合については、この変位図からは顕著なる特徴を見出すことができない。ただこの図からも、この効果がつねに危険側に作用するとは限らないことはわかる。

Ⅲ-2 たわみの衝撃係数

この場合の衝撃係数は速度が 0 のときのある点の荷重走行による最大たわみを η_0 としある速度のときのその点の最大たわみを η_v とし

$$i = \eta_v / \eta_0 - 1$$

として定義した。右図は、 $1/2$ 、 $1/4$ 、 $1/8$ の各点の衝撃係数である。これによると $1/8$ の i は、低速時からかなり高いが、速度の増大に対して急激には増加しない。 $1/2$ 、 $1/4$ 点については、ほぼ逆のことがいえる。また Zimmermann 効果のある場合の衝撃係数は、 $1/8$ 点では、ない場合に比して大きい、 $1/2$ 、 $1/4$ 点では、Zimmermann 効果を考えて時の方がいって低くなることも認められる。



参考文献

Schallenkamp, A "Schwingungen von Trägern bei bewegten Lasten"
 平井敦・伊藤学 "長径間つり橋の活荷重による変形と衝撃" 昭和41年