

腹材変形の影響を考慮に入れた桁としての等断面平行弦単純トラス橋の強制振動について

—旧利根橋の計算並びに実測例—

正員 安部 清 孝*

准員 手塚 薫*

ON THE FORCED VIBRATION OF TRUSS OF PARALLEL CHORD WHICH HAS EQUAL SECTION-AREA TAKEN THE DEFORMATION OF WEB MEMBER INTO CONSIDERATION.

(JSCE Sept. 1951)

Kiyotaka Abe, C.E. Member, Kaoru Tezuka, C.E. Assoc. Member.

Synopsis The convenient method of treating the vibration of truss which is hitherto known is the method of treating the vibration of equivalent girder which has the same moment of inertia as that of the chord members of the truss.

This is known as the method proposed by Pro. Muller-Breslau.

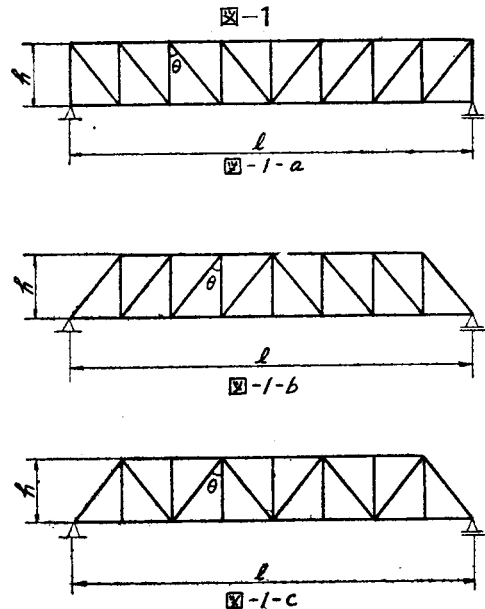
But this method has an obvious inconsistency. The influence of deformation of web member is neglected in this method, namely the influences of arrangement, dimension and modulus of elasticity of web member are all neglected in this method.

The error caused by this method becomes conspicuous when the height of truss is comparatively high and the section-area of web member is comparatively small.

要旨 トラスの振動を取扱う近似的便法として今迄知られていた方法は上下弦材の断面のみを考えた桁の振動としての取扱いであった。しかしこの方法では桁の曲げによる振動のみしか考えられず、桁の剪断並びに廻転慣性の影響は必然的に無視しなければならない。この事はトラスの如く径間長に対して高さの割合高い橋の振動に対しては相当誤差をもたらすものと思われる。実際問題として、トラスの振動の状態は腹材の形式(プラット型、ワーレン型等)により異なる筈であるのに、旧来の方法によるとこの相異が表わされず、トラスの高さ、弦材の構成が全く同一であればトラスの形式に無関係に振動の状態が決定されてしまつていくと云う難点が残されている。よつて筆者はトラスを曲げモーメント並びに廻転慣性の影響を取る上下弦材と剪断力の影響を取る腹材とよりなる桁と考え、もつてトラスへの桁の理論の適用を試みると同時に上記難点を幾分でも除去しようとするものである。

I 使用記号の説明(図-1 参照)

- h : トラスの高さ l : トラスの径間長
- λ : トラスの格間長
- y : 任意点の任意時刻におけるトラスの振動変位
- y_m : 曲げモーメントによる y
- y_s : 剪断力による y



- x : トラスの任意点の左支点よりの距離¹⁾
- ξ : x の l に対する比, すなわち x/l
- Q : x 点における剪断力
- M : x 点における曲げモーメント
- A_u : トラスの上弦材の断面積

* 建設技官 建設省土木研究所勤務

¹⁾ 今は左支点を原点に取る

- A_1 : トラスの下弦材の断面積
- A_a : トラスの斜材の断面積
- A_v : トラスの垂直材の断面積
- θ : 斜材の垂直材に対する傾斜角
- I : トラスの上下弦材断面による断面2次率
- J : A_u 及び A_l の夫々の重心軸に関する断面2次率の和
- E : トラスを構成する材のヤング弾性係数
- ρ : トラスの単位長当りの質量
- ν_n : トラスの第 n 次の固有円振動数
- ν : トラスに作用する強制力の作用円振動数
- T_n : トラスの第 n 次の固有振動週期
- T : トラスに作用する強制力の作用週期
- η_n : トラスの振動の第 n 次の正則型に対応する正規函数

ブラットトラス及びハウトラスに対して

$$\Theta = \left(\frac{1}{A_a \sin \theta} + \frac{1}{A_v \tan \theta} \right)$$

ワーレントラスに対して $\Theta = \frac{1}{A_a \sin \theta}$

$$F = A_u + A_l, \quad \beta_n = \frac{\rho l^4}{EI} \left\{ 1 + \frac{n^2 \pi^2 I}{l^2} \left(\Theta + \frac{1}{F} \right) \right\}, \quad \gamma_n = n^4 \pi^4 \quad \dots(1)$$

$$\eta = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \eta_n, \quad \text{茲に } n=1, 2, 3, \dots, \infty,$$

a_n は任意常数

尚トラスの単位長当りに任意点に作用する強制力は

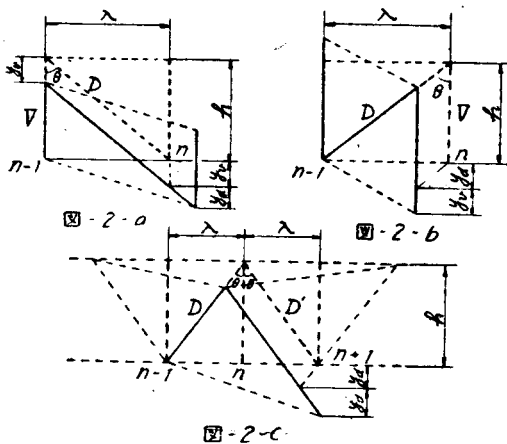
$$Y = V_0 \sin \nu t \quad \dots\dots\dots(2)$$

と仮定する。茲に Y_0 は ω のみの函数とし、 t は時間の変数とする。

II 腹材の変形による撓みと剪断力との関係

トラスの両端支点が下弦材端に存在するのが普通で

図-2



あり、この場合には 図-2 に示す如く腹材が引張材であるか圧縮材であるかに拘わらず腹材の変形は下弦材、すなわちトラスに下向きの撓みを与えるものである。腹材の廻転を考慮すれば考慮しない場合よりも一層トラスに下向き撓み(正の撓み)を増すであろう事は明らかであるが、この部材廻転の影響に対する検討は今後の研究に残す事にしてここでは腹材の廻転の影響は考慮しない事にする。

今 $n-1, n$ 格間の剪断力を Q とし、ブラット、ハウ、ワーレントラスの各場合に対する腹材変形と剪断力との関係式を求める事にする。トラスは下弦材を載荷弦とする。

(1) ブラットトラスの場合 (図-2-a)

$$D = Q \sec \theta \quad V = -Q$$

斜材の ds 部分の伸びは $\delta ds = \frac{D ds}{EA_a} = \frac{Q \sec \theta ds}{EA_a}$ である。この伸びの鉛直方向の投影量は $dy_a = \frac{Q ds}{EA_a \sin \theta}$ $= \frac{Q dx}{EA_a \sin \theta}$ で与えられる。よつて $\frac{dy_a}{dx} = \frac{Q}{EA_a \sin \theta}$ となる。

次に $n-1$ 格点の垂直材の全変形の n 格点に与える撓み量は $y_v = -\frac{Vh}{EA_v} = \frac{Qh}{EA_v}$ である。ここで不連続性なトラスを連続性な桁と考える事を一応黙認する事にして、この y_v は格間長 λ 間に一様分布するものとする、 dx 部分における y_v による下弦材の撓みは $dy_v = \frac{Qh}{EA_v \lambda} dx = \frac{Q dx}{EA_v \tan \theta}$ よつて $\frac{dy_v}{dx} = \frac{Q}{EA_v \tan \theta}$ となる。

よつて剪断力 Q とこれによる腹材変形に基づくトラスの撓み y_s との間には次の関係が存在する事を知る。

$$\frac{\partial y_s}{\partial x} = \frac{dy_a}{dx} + \frac{dy_v}{dx} = \frac{Q}{E} \left(\frac{1}{A_a \sin \theta} + \frac{1}{A_v \tan \theta} \right)$$

$$\therefore \frac{\partial y_s}{\partial x} = \frac{\Theta Q}{E} \quad \text{又は} \quad Q = \frac{E}{\Theta} \frac{\partial y_s}{\partial x},$$

$$\Theta = \left(\frac{1}{A_a \sin \theta} + \frac{1}{A_v \tan \theta} \right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

(2) ハウトラスの場合 (図-2-b)

$$D = -Q \sec \theta \quad V = Q$$

$$\delta ds = -\frac{D ds}{EA_a} = \frac{Q \sec \theta ds}{EA_a}, \quad dy_a = \frac{Q ds}{EA_a} = \frac{Q dx}{EA_a \sin \theta}$$

$$\frac{dy_a}{dx} = \frac{Q}{EA_a \sin \theta}, \quad y_v = \frac{Vh}{EA_v} = \frac{Qh}{EA_v}$$

$$dy_v = \frac{Q dx}{EA_v \tan \theta}, \quad \frac{dy_v}{dx} = \frac{Q}{EA_v \tan \theta}$$

$$\frac{\partial y_s}{\partial x} = \frac{\Theta Q}{E}, \quad Q = \frac{E}{\Theta} \frac{\partial y_s}{\partial x}, \quad \Theta = \left(\frac{1}{A_a \sin \theta} + \frac{1}{A_v \tan \theta} \right)$$

$$\dots\dots\dots(3')$$

(3) ワーレントラスの場合 (図-2-c)

$$D = -Q \sec \theta \quad D' = Q' \sec \theta$$

$$\delta ds = -\frac{D ds}{EA_a} = \frac{Q \sec \theta ds}{EA_d}, \quad dy_a = \frac{Q ds}{EA_a} = \frac{Q dx}{EA_a \sin \theta}$$

$$\frac{dy_a}{dx} = \frac{Q}{EA_a \sin \theta}$$

$$\delta ds' = \frac{D' ds}{EA_a} = \frac{Q' \sec \theta ds}{EA_a}, \quad dy_a' = \frac{Q' ds}{EA_a} = \frac{Q' dx}{EA_a \sin \theta}$$

$$\frac{dy_a'}{dx} = \frac{Q'}{EA_a \sin \theta}$$

一般に $\frac{\partial y_s}{\partial x} = \frac{Q}{E} \frac{1}{A_a \sin \theta}$

$\therefore \frac{\partial y_s}{\partial x} = \frac{\Theta Q}{E}, \quad Q = \frac{E}{\Theta} \frac{\partial y_s}{\partial x}, \quad \Theta = \frac{1}{A_a \sin \theta} \dots (3)''$

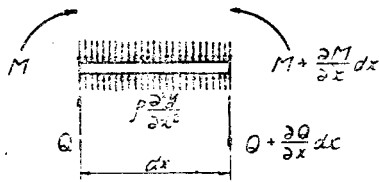
よつてトラスの形式に拘わらず次の関係式が得られる。

$$Q = \frac{E}{\Theta} \frac{\partial y_s}{\partial x} \dots (4)$$

III 振動の基礎微分方程式の誘導

ダランベルの原理を適用すれば 図-3 より鉛直方向

図-3



の場合式は次の如く与えられる。

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + Y = \rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \dots (5)$$

又廻転運動の場合式は次の如く与えられる。

$$\frac{\partial M}{\partial x} - Q = -\frac{\rho I}{F} \frac{\partial^3 y_m}{\partial x \partial t^2} \dots (6)$$

上式の M 及び Q は夫々任意点 x における曲げモーメント及び剪断力とする。又 y_m は曲げによる任意点 x におけるトラスの撓みとする。M と y_m の間には一般に次の関係が存在する。

$$M = -EI \frac{\partial^2 y_m}{\partial x^2} \dots (7)$$

こゝでトラスは本来不連続なものであると云う考えに基きトラスの本質を利用すれば、振動の全変位と y_m, y_s との間には次の関係が存在する事を知る。

$$y = y_m + y_s$$

併しこの考えは垂直材のあるトラスにおける Θ を出す時の考えと幾分矛盾するのであるが、この仮定に基づいて立てられた理論の正否は実験によつて確かめ

るべきものである。2)

(4), (5), (6), (7), (8) 式より M, Q, y_m, y_s を消去すれば、等断面平行弦トラスの強制振動に対する一般基礎微分方程式が次の如く得られる。

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\rho}{EI} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\rho}{E} \left(\frac{1}{F} + \Theta \right) \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\Theta \rho^2}{E^2 F} \frac{\partial^4 y}{\partial t^4}$$

$$= \frac{Y}{EI} + \frac{\Theta \rho}{E^2 F} \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} - \frac{\Theta}{E} \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} \dots (9)$$

IV 振動の正則型並びにそれに対応する固有円振動数

固有振動の方程式は (9) より次の如く与えられる。

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{\rho}{EI} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\rho}{E} \left(\frac{1}{F} + \Theta \right) \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2}$$

$$+ \frac{\Theta \rho^2}{E^2 F} \frac{\partial^4 y}{\partial t^4} = 0 \dots (10)$$

固有振動変位は次の如く与えられるとしよう。

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \eta_n \sin(\nu_n t + \epsilon_n) \dots (11)$$

茲に ϵ_n, a_n は任意常数とする。

(11) を (10) に代入すれば η_n に関する次の常微分方程式を得る。

$$\frac{d^4 \eta_n}{dx^4} + r_n \frac{d^2 \eta_n}{dx^2} - q_n \eta_n = 0 \dots (12)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{茲に } q_n &= \frac{\rho \nu_n^2}{E} \left(\frac{1}{F} - \frac{\Theta \rho \nu_n^2}{EF} \right)^2 \\ r_n &= \frac{\rho \nu_n^2}{E} \left(\frac{1}{F} + \Theta \right)^2 \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

(12) 式の一般解は

$$\eta_n = A_n \cosh k_n \xi + B_n \sinh k_n \xi + C_n \cos k_n' \xi + D_n \sin k_n' \xi \dots (14)$$

茲に A_n, B_n, C_n, D_n は任意常数にして、 k_n, k_n' は次式にて与えられる数値である。

$$k_n = \sqrt{\frac{\sqrt{r_n^2 + 4q_n} - r_n}{2}}, \quad k_n' = \sqrt{\frac{\sqrt{r_n^2 + 4q_n} + r_n}{2}} \dots (15)$$

単純トラスの支点条件を満足する様に η_n を決定すれば $A_n = B_n = C_n = 0, D_n \neq 0$ となり、

$$k_n' = n\pi \text{ となり} \dots (16)$$

$$\eta_n = \sin n\pi \xi \dots (17)$$

を得る。上式にては任意常数 D_n は省略してある。

又 (16) 式より固有円振動数 ν_n に関する次の方程式を得る。

$$\alpha \nu_n^4 - \beta_n \nu_n^2 + \gamma_n = 0 \dots (18)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{茲に } \alpha &= \frac{\Theta \rho^2 l^4}{E^2 F}, \quad \beta_n = \frac{\rho l^4}{EI} \left\{ 1 + \frac{n^2 \pi^2 I}{l^2} \left(\frac{1}{F} + \Theta \right) \right\}, \\ \gamma_n &= n^4 \pi^4 \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

(18) 式より得られる最小の正根を取れば求める ν_n

$$\text{となる。よつて } \nu_n = \sqrt{\frac{\beta_n - \sqrt{\beta_n^2 - 4\alpha\gamma_n}}{2\alpha}} \dots (20)$$

2) この仮定は利根橋の振動測定により正しい事が確かめられた

が求める ν_n となる。

以上よりして固有振動の一般解は次の如く求められる。

$$y = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin n\pi \xi \sin(\nu_n t + \epsilon_n) \quad \dots\dots\dots(21)$$

V 任意の強制力に対する強制振動の一般解

強制力 Y は一般に次の形に与えられる。

$$Y = \sum_{n=1}^{\infty} p_n \sin n\pi \xi \sin \nu t \quad \dots\dots\dots(22)$$

上式にて p_n は強制力の単純トラスの全長にわたる正弦フーリエ級数展開の係数である。

(22) 式の Y を (9) 式に代入すれば強制振動の微分方程式は次の如く与えられる。

$$\frac{\partial^4 y}{\partial \xi^4} + \frac{\rho l^4}{EI} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} - \frac{\rho l^2}{E} \left(\frac{1}{F} + \Theta \right) \frac{\partial^4 y}{\partial x^2 \partial t^2} + \frac{\rho^2 l^4 \Theta}{E^2 F} \frac{\partial^4 y}{\partial t^4} = \frac{1}{E} \sum_{n=1}^{\infty} p_n (l^4 / I + n^2 \pi^2 l^2 \Theta - \rho l^4 \Theta \nu^2 / EF) \times \sin n\pi \xi \sin \nu t \quad \dots\dots\dots(23)$$

$t=0$ の時 $y = \frac{\partial y}{\partial t} = 0$ なる初期条件を満足する(23)

式の解を求めると次の如くなる。

$$y = \frac{1}{EI} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n \varphi_n \nu_n^4 / \nu^4}{\psi_n (1 - \nu_n^2 / \nu^2)} \sin n\pi \xi \times \left(\sin \nu t - \frac{\nu}{\nu_n} \sin \nu_n t \right) \quad \dots\dots\dots(24)$$

$$\left. \begin{aligned} \varphi_n &= (1 + n^2 \pi^2 I \Theta / l^2 - \rho I \Theta \nu^2 / EF) \\ \psi_n &= \{ \beta_n \nu_n^2 - \gamma_n (1 + \nu_n^2 / \nu^2) \} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(25)$$

次に φ_n, ψ_n の特別な場合に対する値を示して置こよう。

一次の代数曲線で与えられる分布荷重若くは集中荷重として Y_0 が与えられる時は

$$\varphi_n = 1 - \rho I \Theta \nu^2 / EF \quad \dots\dots\dots(26)$$

となり、尚 Y による廻転慣性の項に及ぼす影響をも無視すれば

$$\varphi_n = 1 \quad \dots\dots\dots(27)$$

となる。廻転慣性の影響を無視すれば

$$\psi_n = - \frac{\rho}{EI} (1 - \nu_n^2 / \nu^2) (1 + n^2 \pi^2 I \Theta / l^2) \nu_n^4 / \nu^2 \quad \dots\dots\dots(28)$$

となり、更に剪断力の影響を無視すれば

$$\psi_n = - \frac{\rho}{EI} (1 - \nu_n^2 / \nu^2) \nu_n^4 / \nu^2 \quad \dots\dots\dots(29)$$

となる。最も簡単な (27), (29) の場合、すなわち廻転慣性並びに剪断力の影響を無視した場合には普通によく見られる単桁の強制振動の方程式

$$y = \frac{1}{\rho} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{p_n}{\nu_n^2 - \nu^2} \sin n\pi \xi \left(\sin \nu t - \frac{\nu}{\nu_n} \sin \nu_n t \right) \quad \dots\dots\dots(30)$$

が得られる。

強制力 Y_0 の桁全長上のフーリエ級数展開の係数 p_n は容易に求まるので紙数の関係上説明を省略する事にする。

次に群馬県前橋市内の利根川に架設されている旧利根橋の振動実測結果と理論結果との比較をして見よう。

VI 利根橋の固有振動週期の実測結果と理論値との比較

本橋は 図-4 に示す如き等断面平行弦ブラットトラスである。其の各部材の断面積は 表-1 に示す如くである。

(1) 理論的固有振動週期の算定 斜材の断面積 A_s としては全体(端柱も含む)の平均値を採用する事にして $A_s = 54.93 \text{cm}^2$ を採用する。以下必要な諸量を列記すれば

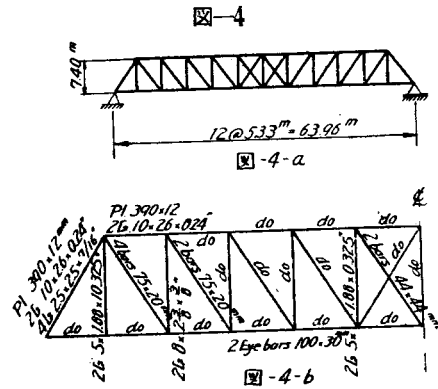


表-1

Member	Area (cm ²)
Upper Chord	164.48
Lower Chord	60.00
Vertical (a)	61.42
Vertical (b)	33.94
Diagonal (a)	60.00
Diagonal (b)	30.00
Counter Bar	38.72

$$A_o = 61.42 \text{cm}^2 \quad A_u = 104.48 \text{cm}^2, \quad A_l = 60, \\ F = 164.48 \text{cm}^2, \quad \rho = 0.00569694 \text{kgsec}^2/\text{cm}^2 \\ \sin \theta = 0.58866, \quad \tan \theta = 0.72027,$$

$$\Theta = \frac{1}{A_u \sin \theta} + \frac{1}{A_o \tan \theta} = 0.05353064 \text{cm}^{-2}$$

$$I = 20870591 \text{cm}^4, \quad h = 740 \text{cm}, \quad E = 2100000 \text{kg/cm}^2$$

$$l = 6396 \text{cm}$$

$$\alpha = \frac{\Theta \rho^2 l^4}{E^2 F} = 4.00837072 \times 10^{-6} \text{sec}^4$$

$$\beta_n = \frac{\rho l^4}{EI} \left\{ 1 + \frac{n^2 \pi^2 I}{l^2} \left(\theta + \frac{1}{F} \right) \right\}$$

$$= (0.2175309 + 0.06529204n^2) \text{sec}^2$$

$$\gamma_n = n^4 \pi^4 = 97.409091n^4$$

最も一般的な場合に対する固有円振動数 ν_n 及び固有振動週期 T_n は次式によつて与えられる。

$$\nu_n = \sqrt{\frac{\beta_n - \sqrt{\beta_n^2 - 4\alpha\gamma_n}}{2\alpha}}, \quad T_n = \frac{2\pi}{\nu_n} \dots\dots(31)$$

回転慣性の項の中の剪断の影響を無視せる場合、すなわち $\alpha=0$ とせる場合の ν_n' 及び T_n' は次式によつて与えられる。

$$\nu_n' = \sqrt{\frac{\gamma_n}{\beta_n}}, \quad T_n' = \frac{2\pi}{\nu_n'} \dots\dots(32)$$

回転慣性及び剪断の影響を完全に無視せる場合の ν_n'' , T_n'' は次式によつて与えられる。

$$\nu_n'' = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho}}, \quad T_n'' = \frac{2\pi}{\nu_n''} \dots\dots(33)$$

$n=1, 2, 3$ に対する ν_n, ν_n', ν_n'' 及び T_n, T_n', T_n'' , $\frac{T_n - T_n''}{T_n} \times 100\%$ の値を求めたのが表-2である。

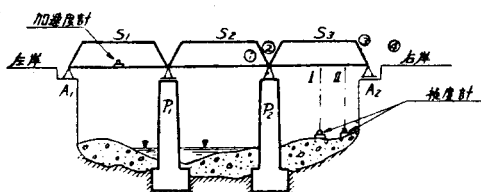
この表より判る事は T_n' は T_n の値に殆んど一致しているので今後の近似計算には $\alpha=0$ とせる場合の ν_n' 若しくは T_n' を考えれば充分であると云う事である。更にこの表より判る事は T_n'' の T_n に対する誤差は n の数が増大するにつれて増加し、 $n=1$ の場合には 12.1% の誤差が見られるのに、 $n=3$ にもなると 46.6% もの誤差が見られる様になると云う事である。これよりしてスパンの割に高さの高いトラスの場合には、固有振動週期の算定には T_n 若しくは T_n' を使用すべきであつて、 T_n'' は使用すべきでないと言ふ結論が得られる。

表-2

n	ν_n	ν_n'	ν_n''	T_n	T_n'	T_n''	$\frac{T_n - T_n''}{T_n} \times 100\%$
1	18.604	18.558	21.161	0.3377	0.3386	0.2969	12.1
2	57.877	57.059	84.644	0.1086	0.1101	0.0742	31.6
3	101.641	98.992	190.450	0.0618	0.0635	0.0330	46.6

(2) 固有振動週期の実測 旧利根橋の補強対称となつた箇所は第3径間 S_3 と第2橋脚 P_2 とであつたの

図-5



で、 S_3 の中点 I、及び 1/4 点 II に撓度振動計を据え、参考迄に大体健全と推定される第1径間の中点に加速度計を据えて測定する事にした。

本橋振動測定に使用せる交通車輛としては前橋市役所のトラックに砂利を積んで全重量を 5ton にしたものであり、これを表-3に示す予定速度で走行させる場合の振動記録を取る事にした。

表-3 トラック走行速度

走行番号	予定速度 (km/hr)	進行方向	(2)(3)の通過時間(秒)	実測速度 (km/hr)
1	5	左 → 右	26.65	8.639
2	5	右 → 左	25.15	9.155
3	10	左 → 右	15.5	14.855
4	10	右 → 左	16.3	14.126
5	15	左 → 右	10.4	22.140
6	15	右 → 左	12.2	18.873
7	20	左 → 右	7.5	30.701
8	20	右 → 左	8.5	27.089
9	25	右 → 左	6.3	36.549
10	30	右 → 左	5.8	39.699
11	max speed	右 → 左	4.75	48.375

表-4、表-5には第3径間 S_3 における撓度振動計による測定結果が示してあり、表-6には第1径間 S_1 における加速度計による測定結果が示してある。

これ等の表より、第3径間 S_3 の平均の固有振動週期は $T_e = 0.3546\text{sec}$ であり、第1径間 S_1 の平均固有振動週期は $T_e' = 0.3382\text{sec}$ である事が分る。

表-4 測点 I における測定結果

走行番号	最大静的撓み δ_0 (mm)	衝撃による最大撓み δ_1 (mm)	$(\delta_1 - \delta_0)$ (mm)	最	衝	振動週期 (sec)
				大	撃	
				巾	率	
				e (mm)	(%)	
1	1.70	1.80	0.10	1.20	5.9	0.33
2	1.92	2.00	0.08	0.70	4.2	0.34
3	1.70	1.84	0.14	1.20	8.2	0.35
4	1.70	1.96	0.20	0.76	11.9	0.35
5	1.60	1.74	0.14	0.84	8.8	0.35
6	1.56	1.82	0.26	0.96	16.7	0.35
7	1.40	1.64	0.24	1.16	17.0	0.36
8	1.54	2.06	0.52	1.30	33.7	0.35
9	1.44	1.64	0.20	1.10	14.5	0.43
10	1.40	1.80	0.40	1.10	28.6	0.37
11	1.20	1.64	0.44	1.00	36.6	0.36
					mean	0.3582

表-5 測点Ⅱにおける測定結果

走行番号	最大静的撓み δ_0 (mm)	衝撃による最大撓み δ_2 (mm)	$(\delta_1 - \delta_0)$ (mm)	最大振巾 e (mm)	衝撃率 (%)	振動週期 (sec)
1	1.56	1.68	0.12	0.72	7.7	0.36
2	1.68	1.96	0.28	0.64	16.7	0.33
3	1.60	2.00	0.40	1.04	25.0	0.37
4	1.60	1.82	0.32	0.88	20.0	0.39
5	1.60	1.80	0.20	0.76	11.1	0.35
6	1.72	2.20	0.48	1.08	27.9	0.35
7	1.68	1.84	0.16	1.88	9.5	0.34
8	1.56	2.36	0.80	2.44	51.3	0.32
9	1.68	2.24	0.56	1.20	33.4	0.35
10	1.90	2.60	0.70	2.60	36.8	0.36
11	1.84	2.72	0.88	1.72	32.4	0.34
					mean	0.3509

表-6 測点Ⅱにおける測定結果
一方厳密計算による振動週期及び曲げのみを考えた場合の計算による振動週期の第1次のもは夫々

走行番号	振動週期 (sec)
1	0.35
2	0.34
3	0.36
4	0.33
5	0.22
6	0.35
7	0.33
8	0.33
9	0.34
10	0.33
11	0.34
mean	0.3382

$T_1 = 0.3377\text{sec}$, $T_1'' = 0.2969\text{sec}$ である。

以上よりして、割合健全と思われた第1径間 S_1 の実測週期 T_e' は T_1 に殆んど近く極く僅か大きくなっている程度であるから、 S_1 は殆んど強度低下していない事が分つた。そして第3径間 S_3 の実測週期 T_e は T_1 より大きくなっているの、 S_3 は幾分強度低下を来している事が分つた。これを数量的に示すと

$$\frac{T_e - T_1}{T_1} \times 100\% = 5.0\%$$

$$\frac{T_e - T_1''}{T_1} \times 100\% = 17.1\%$$

$$\frac{T_e^2 - T_1^2}{T_1^2} \times 100\% = 10.3\%$$

$$\frac{T_e^2 - T_1''^2}{T_1^2} \times 100\% = 33.0\%$$

であるから、 S_3 の実測週期は T_1 に対して 5.0%、 T_1'' に対して 17.1% 延びており、 S_3 は T_1 の理論値に対して 10.3%、 T_1'' の理論値に対して 33.0% の強度低下を来している事が分る。

健全な橋 S_1 に対して我々の厳密計算値が殆んど完全に適合している事が確められた以上、不健全な橋 S_3 の検討には我々の厳密計算値が使用すべきであつて、今迄の曲げによる理論値は使用すべきでないと言ふ結論が得られる。それで S_3 は 10.3% の強度低下を来していると考えらるべきであつて、33.0% の強度低下を来していると考えらる事は約 23% の誤ちを犯す事になる。

V 結 語

腹材の変形に関する基礎的考察に対しては未だ多分の考究の余地が残されている事及び腹材の変形によるトラスの撓み y_s と弦材の変形によるトラスの撓み y_m との和がトラスの全撓み y であると考えた事に対しては多分の考究の余地が残されている事を断つて置く。併し乍ら今迄トラスを桁として取扱う場合に腹材の影響を無視していたために起る矛盾、すなわち腹材がどんなに丈夫に出来ていてもどんなに弱く出来ていても理論的結果に何の影響も与えないと言ふ実際の現象に対する矛盾は我々の考察によつて一応解消したものと思う。

この方面の研究は今後大いに進める積りであり、今回のものは途中の段階のものである事を断つて筆を置くものである。この詳細は建設省土木研究所報に記載する積りである。

(昭. 25.11.50)

新 刊 紹 介

正子重三著 圧縮空気潜函作業

日本道路協会発行 A.5 66頁 図42 附図3 定価100円
著者は米国のワシントン大学土木工学科を卒業した米国通で、真面目な技術者であり、帰朝後は関東大震災後の帝都復興事業の一部である隅田川の永代橋、清洲橋等の基礎潜函工事を初めとし、その後白石基礎工

事会社の技師長として十数年に亘り圧縮空気潜函工事の計画設計及び施工に従事した真のエキスパートである。

本書は氏の蘊蓄を傾けて、一般専門外の人の理解を深めるために、わかり易く、平易に面白く書かれてあるが、同時に専門技術者に対しても好箇の指導書であるから土木技術者は一読の要があると思う。

(中川一美)