

表-1

節点	1	2	3	4	5	6
0.01A ₁	0.6	0.4	-0.5	-0.3	+0	0.6
-0.5 A ₂	-23.9	-23.0	+16.8	+8.0	+3.2	-27.2
A ₃	50.4	49.5	-35.3	-15.5	-7.8	58.6
0.5 A ₃	25.2	24.8	-17.7	-7.8	-3.9	29.3
A	52.3	51.7	-36.7	-15.6	-8.5	61.3

チェック

1. 節点方程式

① 節点

$$\Sigma M = 126.9 - 225.4 + 95.7 = -2.8 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

② 節点

$$\Sigma M = 297.4 - 35.5 - 213.4 - 49.0 = -0.5 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

③ 節点

$$\Sigma M = 180.0 - 110.4 - 67.2 = 2.4 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

④ 節点

$$\Sigma M = 122.4 - 120.2 = 2.2 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

⑤ 節点

$$\Sigma M = 304.4 - 309.4 + 4.4 = -0.6 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

⑥ 節点

$$\Sigma M = -136.7 + 134.8 = -1.9 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

2. 層方程式

1. 第2層

$$\Sigma M = 134.8 + 126.9 + 4.4 - 35.5 - 120.2 - 110.4 = 0 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

2. 第1層

$$\Sigma M = 95.7 + 57.3 - 49.0 - 14.0 - 67.2 - 23.1 = -0.3 \text{ t}\cdot\text{cm}$$

以上の計算で明らかなように誤差は僅小である。

3. 本推定公式(私案) 応用上の注意

本公式は、A₁、A₂ 及び A₃ が同符号のとき、最もよく実際と適合するが(大部分のラーメンは、ほとんど同符号の場合が多い)、もしこれらのうち異符号が存在する場合は次のごとくして、A を推定する。

1. A₁ のみ異符号のとき

$$A = -0.54 A_2 + 1.53 A_3 \dots\dots\dots(a)$$

または

$$A = -0.5 A_2 + 1.5 A_3 \dots\dots\dots(b)$$

2. A₂ のみ異符号のとき

$$A = A_3 \dots\dots\dots(a), (b)$$

とするか、または (M+A) を (a), (b) 式によつて推定する。すなわち

$$M + A = 0.01(M + A_1) - 0.54(M + A_2) + 1.53(M + A_3) \dots\dots\dots(a)$$

または

$$M + A = 0.01(M + A_1) - 0.5(M + A_2) + 1.5(M + A_3) \dots\dots\dots(b)$$

とする。

4. 結 語

二見公式を批判することをゆるされるならば、その難点は2つの公式を使い分けることと、分数式であることである。筆者の私案をもつてすれば、この難点は解消し、かつ1次式であるから使用も簡単であると思う。

本研究は、昭和27年度文部省科学研究費助成によつてなされ、また本研究に際し九州大学教授村上正先生より種々御助言と御忠告をうけた。厚く感謝の意を捧げる次第である。

(昭. 28.1.16)

UDC 624.21:534.134

橋梁上下部構造の固有周期に関する一近似計算法¹⁾

准員 後藤 尙 男*

ON AN APPROXIMATE SOLUTION ON THE NATURAL PERIODS OF THE SUPER-AND SUBSTRUCTURES OF THE BRIDGE

(JSCE June 1953)

Hisao Gotō, C.E. Assoc. Member

Synopsis In this paper, an approximate method on the natural periods of the super- and substructures of the multi-span bridges investigated taking the flexibility of the foundation ground into consideration. The natural periods of the bridge, observing the substructure, as a whole is also dealt with. Applying these results to the Nakatsuno Bridge, the computed values and the measured values of the natural periods are compared with each other and discussed.

要旨 本文は橋梁基礎地盤の可撓性を考慮に入れた

* 京都大学講師, 工学部土木工学教室

多径間橋梁上下部構造の固有周期を近似的に算出する

1方法について述べたものである。下部構造を特に重

視して橋梁全体の固有周期をも取扱ひ、中角橋に適用して実験値と計算値とを比較検討した。

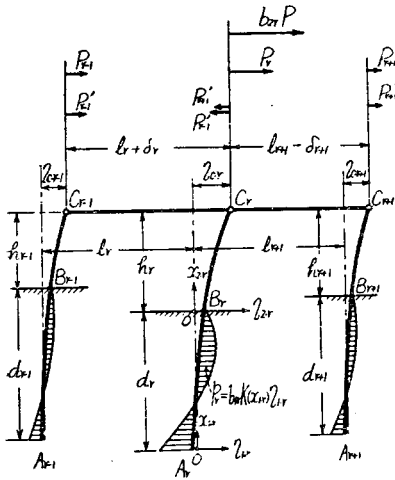
1. 緒言

橋梁上部構造の振動学的研究は従来から非常に数多く行われてきたが、下部構造を同時に考慮した研究は割合少ないようである。岡本舜三教授は橋脚をバネで置換して橋の上下振動エネルギーの散逸を論ぜられ²⁾、安部清孝氏は直交函数系を用いて橋脚を考慮した単行橋水平横方向の地震時定常振動を取扱われている³⁾。筆者は橋梁耐震機構の根底をなす基礎地盤の可撓性を考慮し、しかも多径間橋梁を対象とするが、この場合振動理論の厳密解は複雑至難となるので、本文では一応 Rayleigh 法によつてその固有周期を取扱うことにする。

2. 水平縦方向の固有周期

(I) 2 径間橋梁 簡単のためまず 2 径間橋梁を取扱う。図-1 で AB, BC はそれぞれ橋梁下部構造根入部及び地上部を表わし、頂部 C と上部構造 C_{r-1} C_r, C_r C_{r+1} とが相互にヒンジで結合されているとする。いま A_r B_r C_r を対象として固有周期を求める。Rayleigh 法を用いるので静撓み曲線 η を決定する。このため点 C_r に荷重 b_{2,r}P を作用させる (b_{2,r}P

図-1



$$\left. \begin{aligned}
 V_r &= \frac{b_{2,r}P}{2} \eta_{0,r} \cdot q_t^2 = \frac{\beta_r}{2\alpha_r} P_r^2 \cdot q_t^2 = \lambda_r P_r^2 \cdot q_t^2, \\
 V_r' &= \left\{ \frac{\beta_r}{2\alpha_r} P_r^2 + \sum_{r=r,r\pm 1} \frac{b_{1,r}K A_r \delta_r^3}{6} \phi_{A_r} P_r^2 \right\} \cdot q_t^2 = (\lambda_r P_r^2 + \sum_{r=r,r\pm 1} \lambda_r' P_r^2) \cdot q_t^2, \\
 T_r &= \frac{1}{2g} \sum_{r=r,r\pm 1} \left\{ w_{1,r} a_{1,r} \int_0^{d_r} \eta_{1,r}^2 dx_{1,r} + w_{2,r} a_{2,r} \int_0^{h_r} \eta_{2,r}^2 dx_{2,r} + W_r \eta_{0,r}^2 \right\} \\
 &\quad \times P_r^2 \cdot \dot{q}_t^2 = \sum_{r=r,r\pm 1} \mu_r P_r^2 \cdot \dot{q}_t^2.
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (5)$$

ここに、 $\eta_{0,r} = \beta_r P_r$; 式 (2), q_t = 時間函数: 式 (9*), $\eta_{1,r} = P_r$, $\eta_{2,r} = P_r$, $\eta_{0,r} = \eta_{1,r}$, $\eta_{2,r}$, $\eta_{0,r}$:

※: B_r C_r の奥行巾)。この場合 η 方向の基礎反力 p_r のほかに厳密には α 方向の反力も生ずるがこれを無視する。また現地橋梁の実験から上部構造 C_{r-1} C_r, C_r C_{r+1} の α 方向の変形は無視でき⁴⁾、かつ微振動を対象としてヒンジ支承, スベリ支承両端は滑動しないと考える。そうすると b_{2,r}P の作用によつて橋梁は図-1 のように変形し, C_{r-1} C_r は δ_r 伸び, C_r C_{r+1} は δ_{r+1} 縮み, C_{r-1}, C_r, C_{r+1} は η_{0,r-1}, η_{0,r}, η_{0,r+1} 変位する。この場合各橋脚頂部に分布される荷重 P_{r-1}, P_r, P_{r+1} は橋脚頂部に注目して P_{r-1}', P_{r+1}' を図示のように考えて計算する。A_r B_r C_r を考えると前論文⁵⁾によつてその撓み曲線は次式,

$$\left. \begin{aligned}
 \eta_{1,r} &= \{ A_{1,r} f_1(x_{1,r}) + A_{2,r} f_2(x_{1,r}) \\
 &\quad + A_{3,r} f_3(x_{1,r}) + A_{4,r} f_4(x_{1,r}) \} P_r \\
 \eta_{2,r} &= (B_{1,r} x_{2,r}^3 + B_{2,r} x_{2,r}^2 \\
 &\quad + B_{3,r} x_{2,r} + B_{4,r}) P_r
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

で表わされる。式 (1) で特に K(x₁) が x₁ について 1 次変化のときはその詳細を式 (6*), (7*)⁶⁾ に示す。式 (8*) のように 常数 A, B が決定されるので, η_{0,r} は下部構造の形状寸法と基礎係数 K(x₁) で決定される。η₀, δ を次のようにおく。

$$\left. \begin{aligned}
 \eta_{0,r} &= (B_{1,r} h_r^2 + B_{2,r} h_r^2 \\
 &\quad + B_{3,r} h_r + B_{4,r}) P_r = \beta_r P_r, \\
 \eta_{0,r-1} &= (\beta_r P_r)_{r=r-1} = \beta_{r-1} P_{r-1}, \\
 \eta_{0,r+1} &= (\beta_r P_r)_{r=r+1} = \beta_{r+1} P_{r+1}, \\
 \delta_r &= \frac{l_r P_{r-1}'}{E a_r} = \frac{l_r P_{r-1}}{E a_r} = \gamma_r P_{r-1}, \\
 \delta_{r+1} &= \frac{l_{r+1} P_{r+1}'}{E a_{r+1}} = \gamma_{r+1} P_{r+1}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (2)$$

しかし、 $\delta_r = \eta_{0,r} - \eta_{0,r-1}$, $\delta_{r+1} = \eta_{0,r} - \eta_{0,r+1}$ …… (3)

が成立つから式 (2), (3) より次式をうる。

$$\left. \begin{aligned}
 \gamma_r P_{r-1} &= \beta_r P_r - \beta_{r-1} P_{r-1}, \\
 \gamma_{r+1} P_{r+1} &= \beta_r P_r - \beta_{r+1} P_{r+1}, \\
 P_r &= b_{2,r} P - P_{r-1} - P_{r+1}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots (4)$$

γ, β は式 (2) で与えられるので式 (4) の 3 式から P_{r-1}, P_r, P_{r+1} が決定される。これより位置及び運動のエネルギーが式 (10*) に相当して次のようにかける。

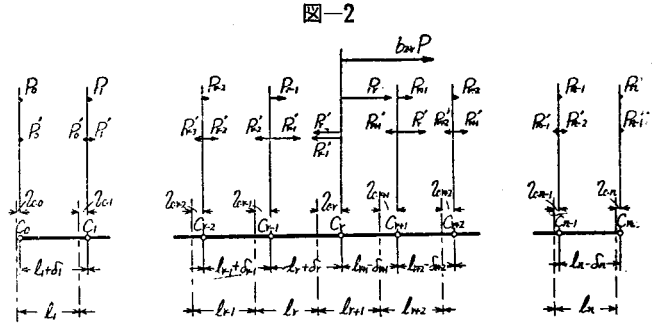
式 (1), (2), また b_{2,r}P = P_r/α_r とおく。V' は前回⁵⁾同様井筒基礎 (A_r) の底面反力エネルギー追加の

場合である。これより固有周期が次式で計算される。

$$T_r = \frac{2\pi}{n_r} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{r=r, r\pm 1} \mu_r P_r^2 / \lambda_r P_r^2}{\lambda_r P_r^2}}, \quad T_{r'} = \frac{2\pi}{n_{r'}} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{r=r, r\pm 1} \mu_r P_r^2 / (\lambda_r P_r^2 + \sum_{r=r, r\pm 1} \lambda_{r'} P_{r'}^2)}{\lambda_r P_r^2 + \sum_{r=r, r\pm 1} \lambda_{r'} P_{r'}^2}} \dots\dots (6)$$

式(5), (6)の λ_r, μ_r の値は式(11*), $\lambda_{r'}$ の値は式(12*)に詳細を示している。式(6)で P_{r-1}, P_r, P_{r+1} の2乗が T, T' に対する軽重率に相当していることは言うまでもない。

(2) 多径間橋梁 2径間を n 径間に拡張する。図-1で $\eta_{0,r}$ が下部構造ABC及び基礎係数 $K(x_1)$ を代表したので、図-2には図-1の C_{r-1}, C_r, C_{r+1} が左右に連続して C_0-C_n の場合を $\eta_{0,r}$ を用いて簡単に表わす。式(6)は第 r 下部構造の T_r を C_r に $b_{2,r}P$ を作用させた静撓み曲線から計算した。これを一般的に拡張して第 $0-n$ 下部構造の T_0-T_n はそれぞれ C_0-C_n に $b_{2,0}P-b_{2,n}P$ ※



※を作用させて計算する。いま図-2に示した第 r 下部構造の場合を代表的に取扱い、図-2で次のようにおく。

$$\left. \begin{aligned} \frac{P_r}{b_{2,r}P} = \alpha_r, \quad \frac{P_{r'}}{b_{2,r}P} = \alpha_{r'}, \quad \delta_r = \frac{l_r P_{r-1}'}{E a_r} = \gamma_r P_{r-1}' = \gamma_r \alpha_{r-1}' b_{2,r} P, \\ \eta_{0,r} = \beta_r P_r = \alpha_r \beta_r b_{2,r} P, \quad \beta_r : \text{式(2)}, \quad r=0, 1, 2, \dots, r, \dots, n. \end{aligned} \right\} \dots\dots (7)$$

図-2より, $P_0 = P_0', P_1 = P_1' - P_0', \dots, P_{r-1} = P_{r-1}' - P_{r-2}', P_r = b_{2,r}P - P_r' - P_{r-1}' \dots\dots (8)$
 $P_{r+1} = P_r' - P_{r+1}', \dots, P_{n-1} = P_{n-1}' - P_{n-2}', P_n = P_n'$

式(8)に式(5)の関係を入れて,

$$\left. \begin{aligned} \alpha_0 = \alpha_0', \quad \alpha_1 = \alpha_1' - \alpha_0', \dots, \alpha_{r-1} = \alpha_{r-1}' - \alpha_{r-2}', \quad \alpha_r = 1 - \alpha_r' - \alpha_{r-1}' \\ \alpha_{r+1} = \alpha_r' - \alpha_{r+1}', \dots, \alpha_{n-1} = \alpha_{n-2}' - \alpha_{n-1}', \quad \alpha_n = \alpha_n' \end{aligned} \right\} \dots\dots (9)$$

また $\delta_1 = \eta_{0,1} - \eta_{0,0}, \delta_2 = \eta_{0,2} - \eta_{0,1}, \dots, \delta_{r-1} = \eta_{0,r-1} - \eta_{0,r-2}, \delta_r = \eta_{0,r} - \eta_{0,r-1} \dots\dots (10)$
 $\delta_{r+1} = \eta_{0,r} - \eta_{0,r+1}, \dots, \delta_{n-1} = \eta_{0,n-2} - \eta_{0,n-1}, \delta_n = \eta_{0,n-1} - \eta_{0,n}$

これより式(10)に式(7)を入れたのち式(9)を ※をうる。

用いて $\alpha_0 - \alpha_n$ を消去して整理すると次の連立方程式※

$$\left. \begin{aligned} (\gamma_1 + \beta_0 + \beta_1)\alpha_0' - \beta_1\alpha_1' = 0, \quad -\beta_1\alpha_0' + (\gamma_2 + \beta_1 + \beta_2)\alpha_1' - \beta_2\alpha_2', \\ \dots\dots\dots, \\ -\beta_{r-1}\alpha_{r-2}' + (\gamma_r + \beta_{r-1} + \beta_r)\alpha_{r-1}' + \beta_r\alpha_r' = \beta_r, \quad \beta_r\alpha_{r-1}' + (\gamma_{r+1} + \beta_r + \beta_{r+1})\alpha_r' - \beta_{r+1}\alpha_{r+1}' = \beta_r \\ \dots\dots\dots, \\ -\beta_{n-1}\alpha_{n-2}' + (\gamma_n + \beta_{n-1} + \beta_n)\alpha_{n-1}' - \beta_n\alpha_n' = 0, \quad -\beta_n\alpha_{n-1}' + (\gamma_{n+1} + \beta_n + \beta_{n+1})\alpha_n' = 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots (11)$$

式(11)の $n+1$ 箇の式から $\alpha_0' - \alpha_n'$ の $n+1$ 個の未知数が決り、式(9)より $\alpha_0 - \alpha_n$ が計算され、従つて式(8)から $P_0 - P_n$ が計算できる。(1)の場合※

※と同様に式(5)のエネルギーが求められ式(6)に相当して $T_r, T_{r'}$ が次式で表わされる。

$$T_r = \frac{2\pi}{n_r} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{r=0}^n \mu_r P_r^2 / \lambda_r P_r^2}{\lambda_r P_r^2}}, \quad T_{r'} = \frac{2\pi}{n_{r'}} = 2\pi \sqrt{\frac{\sum_{r=0}^n \mu_r P_r^2 / (\lambda_r P_r^2 + \sum_{r=0}^n \lambda_{r'} P_{r'}^2)}{\lambda_r P_r^2 + \sum_{r=0}^n \lambda_{r'} P_{r'}^2}} \dots\dots (12)$$

実際には C_0 及び C_n は橋台に相当するので橋台背面の地盤反力を考慮すると $b_{2,r}P$ の作用方向(図-2は右向)で $P_0 - P_n$ の各値が異なる。このときはすでに筆者が取扱つたように右向: T_R , 左向: T_L の平均値をとればよく、(13)式となる。※

$$\left. \begin{aligned} T_r = \pi \left(\frac{1}{n_R} + \frac{1}{n_L} \right) = \frac{1}{2} (T_R + T_L) \\ T_{r'} = \pi \left(\frac{1}{n_{R'}} + \frac{1}{n_{L'}} \right) = \frac{1}{2} (T_{R'} + T_{L'}) \end{aligned} \right\} \dots\dots (13)$$

(3) 橋梁全体の固有周期 (1), (2) では個々の下

部構造を取扱つたが、次に橋梁全体の固有周期 T_s を求める。この場合はあたかも地震動によつて C_0-C_n が同時にそれぞれ水平荷重 $kW_0-kW_n^*$ をうけたときの撓み曲線を用いる。(2) の $b_{2,r}P$ をそのまま kW_r ※

$$T_s = 2\pi \sqrt{\sum_{i=0}^n \sum_{r=0}^n \mu_{ri} P_{ri}^2 / \sum_{i=0}^n \lambda_{ri} P_{ri}^2}, \quad T_s' = 2\pi \sqrt{\sum_{i=0}^n \sum_{r=0}^n \mu_{ri} P_{ri}^2 / \sum_{i=0}^n (\lambda_{ri} P_{ri}^2 + \sum_{r=0}^n \lambda_{ri}' P_{ri}^2)} \dots\dots\dots (14)$$

$$T_s = \frac{1}{2}(T_{sR} + T_{sL}), \quad T_s' = \frac{1}{2}(T_{sR}' + T_{sL}') \dots\dots\dots (15)$$

3. 水平方向の固有周期

図-3 (1) で ABC は下部構造、 $C_{r-1}C_rC_{r+1}$ は上部構造を表わす。縦方向では 図-1, 2 に示すように上部構造相互はヒンジ結合としたが、上下部構造の連結構造から 図-3 (1) に示すような横方向の変形に対しては

上部構造相互はヒンジ結合より剛と考えられる。本文では一応 $C_{r-1}C_rC_{r+1}$ は完全な連続体でこの連続上部構造が下部構造とは図示のようにヒンジ

で結合されているとして取扱う。この場合も第 r 下部構造は C_r に荷重 $b_{2,r}P$ を作用させた撓み曲線を用いる。図-3 とは別に $A_r B_r C_r$ のみが単独に存する場合、外力荷重 $b_{2,r}P$ による作用点 C_r の変位を $\eta_{c,r}'$ と

$$\begin{aligned} \Sigma M = 0 \text{ より, } & M_0 = 0, \quad M_1 = P_0 l_1, \quad M_2 = P_0(l_1 + l_2) + P_1 l_2, \\ & \dots\dots\dots, \quad M_r = P_0(l_1 + \dots + l_r) + P_1(l_2 + \dots + l_r) + \dots + P_{r-1} l_r, \\ & \dots\dots\dots, \quad M_n = P_0(l_1 + \dots + l_r) + \dots + (P_r - b_{2,r}P)(l_{r+1} + \dots + l_n) + \dots + P_n l_n = 0 \end{aligned}$$

次に C_1, \dots, C_{n-1} に 3 連モーメントの定理を適用して,

$$\left. \begin{aligned} \frac{l_r}{I_r} M_{r-1} + 2 \left(\frac{l_r}{I_r} + \frac{l_{r+1}}{I_{r+1}} \right) M_r + \frac{l_{r+1}}{I_{r+1}} M_{r+1} - 6E \left(\frac{\eta_{c,r} - \eta_{c,r-1}}{l_r} - \frac{\eta_{c,r+1} - \eta_{c,r}}{l_{r+1}} \right) &= 0, \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (19)$$

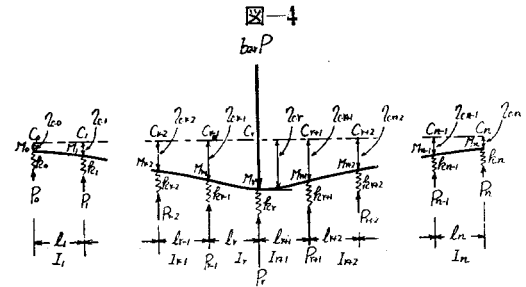
$r = 1, 2, \dots, n-1$

式 (17): $n+2$ 箇, 式 (18): $n+2$ 箇, 式 (19): $n-1$ 箇の合計 $3(n+1)$ 箇の条件式から $3(n+1)$ 箇の $P_r, M_r, \eta_{c,r}$ が決定される。実際には式 (17) の $\eta_{c,r}$, 式 (18) の M_r を式 (19) に入れて P_r のみの $n-1$ ※

$$T_r = \frac{2\pi}{n_r} = 2\pi \sqrt{\sum_{r=0}^n \mu_r' P_r^2 / \lambda_r' P_r^2}, \quad T_r' = \frac{2\pi}{n_r'} = 2\pi \sqrt{\sum_{r=0}^n \mu_r' P_r^2 / (\lambda_r' P_r^2 + \sum_{r=0}^n \lambda_r'' P_r^2)} \dots\dots\dots (20)$$

* W_0-W_n はそれぞれ C_0-C_n に載荷される上部構造の重量, k は震度。

※と考えると P_0-P_n は (2) と全く同様に求まるので、 C_0-C_n にそれぞれ単独に kW_0-kW_n が作用した結果を重合すればよい。これより結局式 (12), (13) に対して次式をうる。



※すると, $k_r = b_{2,r}P / \eta_{c,r}' = b_{2,r}P / \beta_r P = b_{2,r} / \beta_r \dots\dots\dots (16)$

で表わされる k_r はバネ常数に相当し, β_r は式 (2) をすべて横方向にかきなおした値に相当する。2. と同様下部構造 ABC 及び基礎係数 $K(w_{1,r})$ は $\eta_{c,r}$ のみで代表されるので式 (16) よりまた k_r のみで代表される ($\eta_{c,r}$ と $\eta_{c,r}'$ とは相似)。したがつて 図-3 (1) は式 (16) の k_r を考えることによつて 図-3 (2) のようにバネ支点を有する連続梁におきかえられる。これをさらに一般的に n 径間の場合をかくと 図-4 となる。図-4 で I_r は上部構造平均断面 2 次モーメントとする。図-4 で未知数は $P_r, M_r, \eta_{c,r}$ ($r = 0, 1, \dots, n$) の合計 $3(n+1)$ 箇である⁹⁾。これに対して $\Sigma V = 0$ より,

$$\left. \begin{aligned} b_{2,r}P &= \sum_{r=0}^n P_r, \quad P_0 = k_0 \eta_{c,0}, \\ P_1 &= k_1 \eta_{c,1}, \quad P_2 = k_2 \eta_{c,2}, \\ \dots\dots, P_r &= k_r \eta_{c,r}, \dots\dots, P_n = k_n \eta_{c,n} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (17)$$

$$\dots\dots\dots (18)$$

※箇と式 (17) 第 1 式の計 n 箇の連立 1 元方程式を P_r について解けばよい。このようにして P_r が計算されると縦方向の式 (5), (6), (12), をすべて横方向の各値を用いて T_r, T_r' が次式で与えられる。

$$\dots\dots\dots (20)$$

式 (20) で $\lambda_r', \lambda_r'', \mu_r'$ は式 (12) の $\lambda_r, \lambda_r', \mu_r$ を横方向に計算した値である。なお上部構造 W によ

る運動エネルギーの計算では上部構造自身の変形の影響は無視して、単に $W_0 \sim W_n$ がそれぞれ $C_0 \sim C_n$ に集中作用するとした。 \ast

$$T_s = 2\pi \sqrt{\sum_{i=0}^n \sum_{r=0}^n \mu_{ri}' P_{ri}^2 / \sum_{i=0}^n \lambda_{ri}' P_{ri}^2}, \quad T_s' = 2\pi \sqrt{\sum_{i=0}^n \sum_{r=0}^n \mu_{ri}' P_{ri}^2 / \sum_{i=0}^n \lambda_{ri}' P_{ri}^2 + \sum_{r=0}^n \lambda_{ri}'' P_{ri}^2} \quad \dots\dots (21)$$

4. 数値計算

本文理論の $K(x_1)$ 分布は目下実験研究中であり、しかも京福電鉄中角橋梁⁹⁾の実験値¹⁰⁾並びにこれに対する計算値^{7),10)}と比較するため、ここでは一応 $K(x_1) = K = \text{const.}$ として数値計算する。しかし $K(x_1)$ のときでも本文式 (2) の $n_{o,r}$ さえ算定すれば以後は $K = \text{const.}$ と全く同様である。

(1) 振動実験 福井地震後中角橋で表-1のように表-1 中角橋梁振動実験 周期記号表 (走行電車の加振による)

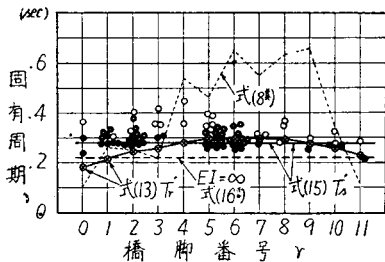
実験 電 車 荷 重	中2次 組23.11.20-30	中3次 組24.9.11-18
	電気式振動計 $\bar{b}_0 = 0.55 \text{ sec}$	高橋式振動計 $\bar{b}_0 = 0.50 \text{ sec}$
橋梁上にない	●	●
直接反力及ぼす	○	●

走行電車が通過後完全に橋梁上にないとき、橋梁上にあるも当該橋脚に直接反力を及ぼさないときの振動記録から固有周期をよみ、同表-1の記号に従つて

各橋脚ごとの実験値を図-5, 6に記入した ($r=0, n$ は左及び右岸橋台)。

(2) 縦方向資料 1) 橋脚: 横断面形状は全橋脚同一, $E_1 I_1 = E_2 I_2 = 87.99 \times 10^5 \text{ tm}^2$, $a_1 = a_2 = 10.20 \text{ m}$, $b_1 = b_2 = 4.84 \text{ m}$, $s = 1.18 \text{ m}$, $w = 2.3 \text{ t/m}^3$, $h_r, d_r =$ 参考文献 (7) の図-5。2) 基礎係数: 根入 AB 全区間一様に $K = 6.0 \text{ kg/cm}^3$, 参考文献 (7) p. 66。3) 橋桁: 第1, 11連, KS-12, $l = 19.20 \text{ m}$, $a = 87.184 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, 第2, …, 10連, KS-10, $l = 22.30 \text{ m}$, $a = 113.014 \times 10^{-3} \text{ m}^2$, 各橋脚に載荷される上部構造の重量 $W_0, W_{11} = 9.60 \text{ t}$, $W_1, W_{10} = 22.28 \text{ t}$, $W_2, \dots, W_9 = 25.40 \text{ t}$ 。

図-5 中角橋梁固有周期実験値と計算値 (水平横方向: 橋軸方向)



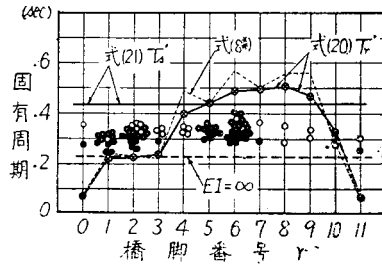
(3) 横方向資料 1) 橋脚: $E_1 I_1 = E_2 I_2 = 349.629 \times 10^5 \text{ tm}^2$, $b_1 = b_2 = 2.35 \text{ m}$, $s = 2.42 \text{ m}$, $a, w, h_r, d_r =$ (2) と同一。2) 基礎係数: 根入部橋脚側面積の影響 ((2) より小) を考慮して $K = 10 \text{ kg/cm}^3$, 3) 橋

\ast 次に橋梁全体の固有周期を算える場合は縦方向と同様に kW_r を $C_0 \sim C_n$ に単独に作用させた結果を重合することにより式 (14) と同様の結果をうる。

\ast 桁: 第1, 11連, $I = 80.159 \times 10^{-8} \text{ m}^4$, 第2, …, 10連 $I = 101.454 \times 10^{-8} \text{ m}^4$ (I : スパン中央), $l, W =$ (2) と同一。

(4) 計算結果 上記 (2), (3) の資料による縦方向計算値は図-5, 横方向計算値は図-6に示す。図-2, 6中式 (8**), 式 (16**) は本文文献 (7) の式番号をそのまま表わす。

図-6 中角橋梁固有周期実験値と計算値 (水平横方向: 橋軸直角方向)



- 1) 図-5 で各橋脚をそれぞれ独立した単体と考えた式 (8**) 及び橋桁の伸縮を無視した式 (16**) よりも本文の T_r' : 式 (13) または T_s' : 式 (15) の方がはるかに実験値に近い。
- 2) しかも固有周期として一層重要な実験値 ●● がほとんど計算値 T_r' ないし T_s' と合致することは本文の取扱いが一応妥当であるといえる。
- 3) 図-6 では式 (8**) より T_r' : 式 (20) が若干実験値に近いが実験値は T_s' : 式 (21) と $EI = \infty$ とのほぼ中央にある。
- 4) 図-6 の結果は図-3 で橋桁相互はヒンジ結合よりも完全連続と考えたことが実際に近く合理的であるといえる。

5. 結 言

筆者は参考文献 (7) 及び (10) の図-2, 3, 4 で本文図-5, 6の実験値は基礎の弾性固定を考慮しないと、とても説明できないことを明示して式 (8*), (16**)の数値計算を行った。ところが図-5, 6のとおり実験値は式 (8**) と式 (16**) の中間にあり、しかも中角橋一般図⁹⁾で各橋脚の h_r, d_r が非常に異なるにもかかわらず実験周期が各橋脚ともほとんど一樣である。こうしたことから本文の計算を行った。本文では基礎を考慮しその上多径間橋梁の上下部構造を対象にしたので非常に多くの仮定をして近似的な取扱い

を行った。すなわち (1) Rayleigh 法によるため静撓み曲線の決定に重点をおき時間の観念を一応無視した, (2) AB, BC, C_r, C_{r+1} の各部を全体として一自由度に限定して各区分ごとの自由度, 振動数, 位相差等を論外とした, (3) 連結条件を単純化した (中角橋は橋桁がアンカーボルトで橋脚に固定されており本計算例には好都合である), (4) 特に横方向振動は検討すべき点が多い, (5) 前計算と比較のため $K = \text{const}$ で数値計算を行ったが $K(x_1)$ でも全く同様である¹¹⁾。これらの点はなお今後検討したいと思う。

厳密な理論解析が實際上ほとんど不可能な基礎を取入れた多径間橋梁水平振動周期をごく近似的に取扱ったが, 実験値と計算値とを比較するとき本解法は一応工学上有用であると思われる。本研究は文部省昭和27年度科学研究助成費により本学教授小西博士の御指導によつて行つたものであり, 数値計算は学生佐々木綱君の御助力をえた。ここに深謝する次第である。

参考文献その他

- 1) 後藤尚男：橋梁上下部構造の固有振動について, 昭和27年度関西工学連合講演会で講演, 昭27.10.18.
- 2) 岡本舜三：橋の振動エネルギーの隣接径間への逸散について, 土木学会第8回年次講演会で講演, 昭.27.5.25.
- 3) 安部清孝：橋脚の振動を考慮せる単桁橋の強制振動, 土木学会誌, 36-3, 昭.26.3, p.18-23.
- 4) 国鉄東海道本線瀬田川橋梁(鋼鉄 11 径間橋梁,

- 昭.26.5.26. 完成) で第9号橋脚頂部を振動器で水平縦方向に加振した場合, 橋脚頂部の水平縦振動に対して隣接橋桁中央部の上下及び水平横振動はほとんど無視できた, 昭和26年度関西工学連合講演会で講演, 昭.26.10.13.
- 5) 後藤尚男：橋梁下部構造の振動性状について, 土木学会第8回年次講演会で講演, 昭.27.5.25 土木学会誌投稿中の論文を指す。
 - 6) 以下式番号に * 印を付けたものはすべて上掲文献 (5) に記入の式番号をそのまま指すものとする。
 - 7) 小西一郎・後藤尚男：橋梁橋脚の震害に関する動力学的考察, 土木学会論文集, 第6号, 昭.26.8, 図-3 参照。
 - 8) 図-4 で l_r, I_r, k_r が全区間 C_0-C_n にわたつてすべて等しいときは軌道力学の問題と同一となる。
 - 9) 同橋梁の一般図は上掲文献 (7), 図-5 に示した。
 - 10) 第2次試験の結果のみは縦横両方向を一括して土木学会誌, 35-8, 昭.25.8, p.26, 図-4 に示した。
 - 11) $K = \text{const}$, $K = K(x_1)$ の両場合とも, 参考文献 (7), 図-5 で橋台及び橋脚 1, 2, 9, 10 が橋脚 3-8 よりも一般に h_r, d_r が小であるが, 前者が後者より一層軟地盤上にあることが, 本文図-5.6 の各橋台橋脚の実験周期がほぼ一定であるという事実をよく説明できるものと思われ, 数値計算によりこの点を解明したいと思っている。

(昭.28.1.17)

第3回応用力学連合講演会のお知らせ

日本学術会議及び力学研究連絡委員会の主催による第3回応用力学連合講演会が例年のとおり行われます。本年は期日が非常に早くなりました。講演希望者は6月30日(前号会誌に9月30日とあるは誤り)までに所属学会に必着するよう講演原稿をお送り下さい。

記

- (1) 開催期日：9月8日(火), 9日(水) 10日(木)の3日間
- (2) 開催場所：東京大学工学部2号館
- (3) 講演申込：6月30日までに所属学会に必着するよう講演原稿をつけて申込むこと (詳細については38巻5号“お知らせ”欄を参照して下さい)。