

彙 報

第26卷第12號 昭和15年12月

ソ 聯 鐵 道 橋 の 衝 撃 係 數

會 員 原 田 干 三*

要 旨 本稿はソ聯最近の出版になる「橋梁振動論」中の一部を摘出譯出せるものである。ソ聯の土木工學、殊に橋梁工學の技術的レベルの判定上の一資料として紹介する次第である。

目 次

- | | |
|----------------------|-----------------------------------|
| 1. 動的係數の實驗的-理論的公式の決定 | 8. 荷 重 |
| 1. 概 説 | 9. 機關車不均衡部の作用に因る動的附加 |
| 2. 軌條繼目に因る衝擊 | 10. 軌條繼目に因る衝擊及機關車のバネ上方車體の振動に對する補正 |
| 3. バネ上方車體の振動 | 11. 水平振動の計算 |
| 4. 機關車の不均衡部の作用 | 12. 結 論 |
| 5. 動的係數式 | 13. 動的係數計算例 |
| 6. 増加係數 | 2. 動的係數新規準 |
| 7. 載荷状態に在る上部構の振動數の計算 | |

1. 動的係數の實驗的-理論的公式の決定

1. 概 説

橋梁を動力學的に計算するに當り、先づ第一に上部構に振動を生起すべき根本的且不可避的諸原因に就いて考察しなければならぬ。

動荷重の走行する際動的作用を生起せしめる原因は次の如し。

- | | |
|-------------------|---------------|
| 1) 軌條繼目に因る衝擊; | 2) バネ上方車體の振動; |
| 3) 機關車の不均衡性; | 4) 荷重の進行速度; |
| 5) 線路の不整及輪轉材料の缺陷; | |

上記で最初の4要因は、現時の鐵道運轉状態に照應し萬已むを得ざるものである。然し之等を數學的に、實用上の目的に十分な程度の近似さを以て計算を行ひ得る。

第5の要因は偶然的な不規則なものであるから、計算上考慮に入れ難い。でソ聯邦では斯かる缺陷を考慮し規定化してゐないが、ソ聯邦の鐵道運営上の基本規則たる「ソ聯邦鐵道の技術的運營規則」には、橋梁に有害なる作用を生起せしめざる様十分線路及輪轉材料を整正補修すべし、と規定されてはゐる。尙既述せる如く、線路及輪轉材料の整正補修は高速度運轉上特に重要性を有してゐるのである。

橋梁を運行する荷重の速度に就いては、動力學的に十分完全に解決せられてゐるのであつて、例としてエス・ア・イリヤセヴィチ技師の著書「鉸桁の動力學的計算法」を挙げ得る。イ技師は速度の影響を理論的に攻究し、且該著書の末尾に動的係數の計算例を擧げて詳解してゐる。例へば支間 $L=55.1\text{m}$ なる橋梁に $v=100$ 浬/時なる速度で走行する荷重 $q=8.76\text{t/m}$ に因つて生ずる動的係數を見出してゐる。同技師は、減衰を無視して、其の結果は動的係數は過大になるのであるが、1.01 を得てゐる。

之等の結果よりして、同技師は次の如く述べてゐる。「動的係數は、たゞ運行速度だけから述べれば、其の結果が示す如くその影響は僅少であつて、従つて普通速度で運行する列車の速度は動的係數に對し、たいして重要な要素でない。云々」。

* 工學士 南滿洲工業專門學校教授兼滿鐵工務局

斯かるが故に計算を行ふ際、運行速度が動的係數に及ぼす影響は考慮せずとも實際上差支なし。で結局、最初の3つの要因を考慮すればよい事となる。即ち

- 1) 軌條繼目に因る衝撃;
- 2) バネ上方車體の振動;
- 3) 機關車の不均衡部の作用;

既述せし如く、上記の各要因を圖に書き例示せるものが圖-1であつて、曲線Iは(軌條繼目)、曲線IIは(機關車の不均衡性)に對するものである。

總曲線IVの最大縦距は、動荷重に因り生起する振動の最大半振幅 h_{max} を與ふ。

斯かる場合の動的係數は次式に據り求め得る。

$$1 + \mu = 1 + \frac{h_{max}}{h_s}$$

茲に

$$h_{max} = h'_{gr} + h''_{gr} + h'''_{gr}$$

h_s ——該荷重の靜的作用に因る支間中央の撓み

2. 軌條繼目に因る衝撃

計算を行ふ場合、車輪の軌條繼目に因る 衝擊力は運行速度の自乗に即ち機關車側輪の 回轉數の自乗に比例すると假定する。即ち

$$P_h = A \cdot N^2 \quad (\text{kg}),$$

茲に

A ——車輪、軌條繼目及線路に依據する係數;

N ——1 秒間に於ける車輪の回轉數

若しも機關車の側輪間隔が同一であれば、繼目に因る衝撃は、脈動力 Q の作用と同類視得べし。

斯かる場合の上部構の半振幅が衝擊數に對する關係は、次式により示し得べし。

$$h''_q = \frac{2P_h \cdot \alpha_1^2}{c \sqrt{(1 - \alpha_1^2)^2 + \Delta^2 \alpha_1^2}}$$

式中

P_h ——共振時に於ける車輪の衝擊力;

c ——上部構の剛性;

$$\alpha_1 = \frac{N}{n_1}$$

n_1 ——共振振動數

作成せる最大縦距 h''_{gr} 、即ち側輪の回轉數 n_0 の場合の h''_q の値は、計算上必要なのであつて、此の比を次の如く置く。

$$\alpha_1^0 = \frac{n_0}{n_1}$$

既知の如く、車輪が軌條繼目を通過する際の衝撃に基因して共振を惹起する速度は、次式から求められる。

$$v = \frac{b}{T} = b n_0$$

茲に

b ——軸距;

$$T = \frac{1}{n_0}$$

——載荷状態にある上部構の固有振動周期

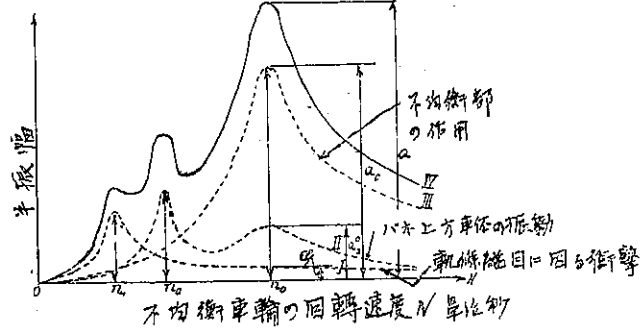
然るに

$$v = \pi D n_1$$

$$b n_0 = \pi D n_1;$$

$$n_1 = \frac{b}{\pi D} \cdot n_0 = \frac{b}{S} n_0;$$

圖-1.



上式中 $S = \pi D =$ 車輪の周長

α_1^0 の値は次の如くなる。即ち

$$\alpha_1^0 = \frac{n_0}{n_1} = \frac{n_0}{\frac{h}{S} n_0} = \frac{S}{h}$$

實用上、衝擊力 P_h は 300~600 N^2 kg の範圍に在ると考へてよい。

計算上次の如く採る：

$$2 P_h = 1000 n_1^2 \text{ kg}$$

所要値 h''_{gr} は下の如く書き得る。

$$h''_{gr} = \frac{1000 \frac{h^2}{S^2} n_1^2}{c} \cdot \frac{\frac{S^2}{h^2}}{\sqrt{\left(1 - \frac{S^2}{b^2}\right)^2 + \Delta^2 \frac{S^2}{b^2}}}$$

或は
$$h''_{gr} = \frac{1000}{c} B n_0^2 \text{ mm}$$

茲に
$$B = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{S^2}{b^2}\right)^2 + \Delta^2 \frac{S^2}{b^2}}}$$

實用上は B を次式に據り決定して差支なし。

$$B = \frac{1}{\left(\frac{S}{b}\right)^2 - 1}$$

實際上、機關車エフ・デエ型に對し B の値は次の如し。即ち支間 $L = 33.6$ m にして減衰を考慮せる場合……

$$B = \frac{1}{7.45}$$

支間 $L = 158.4$ m にして減衰を考慮せる場合…… $B = \frac{1}{7.42}$

減衰を考慮せざる場合は、 B の値は凡ての支間に對し同一にして…… $B = \frac{1}{7.41}$

斯くの如き B の値を各種型式の機關車に對し求め表示すれば 表-1 の如し。

表-1.

機 關 車 の 型 式	エフ・デエ	テ	エス・オ; イエ; エ	シチエ	オ	イ・エス	エス	エリ	エム	カウ	エヌウ
凡ての支 間に對し	0.135	0.127	0.139	0.145	0.131	0.127	0.129	0.133	0.143	0.122	0.161

3. バネ上方車體の振動

バネ上方車體が振動する際生起する周期力は、また上部構に作用を及ぼすのであるが、此の周期力を方程式にて示せば次の如し。

$$Q_3 = c_3 \frac{h_3 \alpha_3^2}{\sqrt{(1 - \alpha_3^2)^2 + \Delta_3^2 \alpha_3^2}}$$

茲に c_3 — バネの剛性 ($c_3 = \sum c$ — 個々のバネの剛性の和)

h_3 — 共振振動時生起する力の静的作用に基因するバネ上方車體の低下量;

$\alpha_3 = \frac{N}{n''_0}$ — 振動數の比;

n''_0 — バネ上方車體の固有振動數;

Δ_3 — バネの振動減衰因子。

周期力 Q_3 に因る上部構の振動半振幅方程式は:

$$h'''_q = \frac{h'''_s}{\sqrt{(1 - \alpha^2)^2 + \Delta^2 \alpha^2}}$$

又 $h'''_s = \frac{Q_3}{c}$, であるから、但し茲に c — 上部構の剛性,

故に
$$h'''_g = \frac{\frac{c_1}{c} \cdot h_g \alpha_3^2}{\sqrt{[(1-\alpha^2)^2 + \Delta^2 \alpha^2][(1-\alpha_3^2)^2 + \Delta_1^2 \alpha_3^2]}}$$

必要とする h'''_{gr} なる値は、次の条件即ち $\alpha = \frac{N}{n_0} = 1$ 及 $\alpha_3 = \frac{N}{n_0'''} = \frac{n_0}{n_0'''}$ なる場合求められ:

$$h'''_{gr} = \frac{\frac{c_1}{c} \cdot h_g \left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2}{\Delta \sqrt{\left[1 - \left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2\right]^2 + \Delta_1^2 \left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2}} \dots \dots \dots (1)$$

上式中に含まる Δ 値を夫々次の如く置く。即ち

$$\frac{c_1}{c} \cdot h_g = h_{np} \text{ (上部構撓み値)}$$

$$\frac{1}{\Delta} = k_r \text{ (共振時の増加係数)}$$

及
$$\frac{\left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2\right]^2 + \Delta_1^2 \left(\frac{n_0}{n_0'''}\right)^2}} = K_n \text{ (強制振動時の増加係数); 方程式 (1) は次の如くなる。}$$

$$h'''_{gr} = k_r \cdot h_{np} \cdot K_n$$

凡て機關車は、そのバネ上方車體の固有振動數として約 2 の値を持つてゐる。而してバネの振動の減衰因子 Δ_1 は 0.10~0.15 に採られる。

之等データより、種々の n_0 に對し K_n の値を計算する。其の計算結果を 表-2 に掲ぐ。

表-2. K_n の値

n_0	n_0''' の値					
	$\Delta_1=0.10$			$\Delta_1=0.15$		
	1.9	2	2.1	1.9	2	2.1
1.5	1.63	1.27	1.040	2.21	1.265	1.038
1.6	2.35	1.78	1.37	2.77	1.725	1.365
1.7	3.68	2.50	1.87	3.99	2.472	1.84
1.8	6.52	3.85	3.29	6.55	3.790	3.24
1.9	10.00	6.72	4.05	8.945	6.270	4.42
2.0	7.25	10.00	7.00	6.88	8.945	6.55
2.1	4.96	7.58	10.00	4.84	7.140	8.945
2.2	3.39	5.12	7.60	3.94	4.980	7.24
2.3	3.03	3.96	5.26	3.07	3.840	5.12
2.4	2.61	3.16	3.97	2.59	3.14	3.92
2.5	2.34	2.76	3.26	2.33	2.72	3.23
2.6	2.12	2.41	2.86	2.12	2.40	2.82
2.7	1.97	2.18	2.50	1.96	2.18	2.49
2.8	1.84	2.02	2.25	1.83	2.02	2.24
2.9	1.74	1.89	2.07	1.74	1.895	2.07
3.0	1.655	1.79	1.95	1.65	1.800	1.97
3.1	1.59	1.70	1.82	1.59	1.70	1.82
3.2	1.54	1.64	1.75	1.54	1.63	1.75
3.3	1.49	1.58	1.68	1.49	1.57	1.67
3.4	1.45	1.53	1.62	1.45	1.53	1.60
3.5	1.42	1.48	1.56	1.41	1.48	1.50
3.6	1.39	1.45	1.50	1.40	1.44	1.50
3.7	1.36	1.41	1.47	1.40	1.40	1.47
3.8	1.33	1.38	1.43	1.30	1.38	1.33
3.9	1.31	1.35	1.40	1.30	1.35	1.40
4.0	1.29	1.33	1.37	1.30	1.32	1.37

4. 機關車の不均衡部の作用

機關車車輪の過平衡對重が上部構に及ぼす作用を攻究する。

脈動力 $Q \sin \omega t$ の作用する爲に生起する振動は次式の如く求められる。

$$h'_{gr} = \frac{\frac{Q_r \alpha^2}{c}}{\sqrt{(1-\alpha^2)^2 + \Delta^2 \alpha^2}}$$

最大半振幅 h'_{gr} は $\alpha=1$ なる場合既述式より求められる。即ち

$$h'_{gr} = \frac{Q_r}{\Delta c} = \frac{k_r Q_r}{c};$$

茲に

k_r — 共振時の増加係數;

Q_r — 限界速度で進行する機關車の總脈動力;

c — 上部構の剛性;

但し Q_r は機關車が v_{kp} なる速度で進行せる際其の兩側の脈動力として求められる。

機關車一側の釣合錘の位相が他の側へ對して 90° の割合で以て變動してゐる結果、脈動力と等作用をなす Q_r は次式に據り近似的に計算し得べし。即ち

$$Q_r = \sqrt{2} \cdot Q_0 v_{kp}^2 = 1.41 Q_0 v_{kp}^2.$$

茲に Q_0 — 速度 $v=1$ 籽/時 なる場合の機關車一側の總脈動力、單位 kg; 此の Q_0 の値を種々の機關車に對し求めしものが表-1 にあり;

v_{kp} — 限界速度、單位 籽/時

若しも機關車の不均衡車輪の直徑 D が米で測られて居り、又 n_0 が之等車輪の 1 秒間に於ける共振回轉數であるとすれば、速度 v_{kp} は次の如く示さる。

$$v_{kp} = 3.6 \pi D n_0 = 3.6 \cdot S_1 n_0$$

Q_r を n_0 で表はせば:

$$Q_r = 1.41 Q_0 (3.6 \cdot S_1 \cdot n_0)^2 \approx 18.3 \cdot Q_0 S^2 n_0^2 \quad \text{kg}$$

所要の半振幅 h'_{gr} は次の如く書き得。

$$h'_{gr} = \frac{18.3 k_r Q_0 S^2 n_0^2}{c}$$

上式中の $18.3 Q_0 S^2$ は種々の型式の機關車に對し一定であるから、之を Q で以て示せば次の如くなる。

$$h'_{gr} = \frac{k_r Q n_0^2}{c}$$

表-3. 種々の機關車に對し $n_0=1$ 回轉/秒 なる場合の Q 値 ($Q=18.3 Q_0 S^2$ に據る)

No.	機關車の型式	働輪の直徑 D 單位 m	働輪の周長 $S=\pi D$	不均衡力 Q_0	$Q = 18.3 Q_0 S^2$ 單位 kg
貨 物 機 關 車					
1.	エフ・デエ	1.50	4.71	1.788	725
2.	エゲ, エウ, エシチ, エエチ	1.32	4.15	0.630	198
3.	イエエフ	1.32	4.15	2.28	716
4.	シチエ	1.30	4.08	1.574	480
5.	エス・オ	1.32	4.15	0.630	198
6.	オウエ	1.20	4.77	2.805	542
旅 客 機 關 車					
7.	エヌ・エヌ	1.85	5.81	0.77	446
8.	エヌウ	1.85	5.81	0.452	280
9.	カウ	1.90	5.96	0.863	560
10.	エヌウ	1.90	5.96	0.530	345

此の式は機關車の不均衡作用を受ける上部構の最大振動である。表-3 は現下ソ聯邦鐵道を運行する機關車の種々型の式のものに對し Q 値を算出表示せるものである。

$$\Sigma Q = Qn_0^2$$

5. 動的係數式

h'_{qr} , h''_{qr} , h'''_{qr} の各値を知れば、半振幅 h_{max} は次式の如くなる。

$$h_{max} = h'_{qr} + h''_{qr} + h'''_{qr} = \frac{k_r Q n_0^2}{c} + \frac{1000}{c} B n_0^2 + k_r \frac{c_2}{c} h_s K n \quad \dots (2)$$

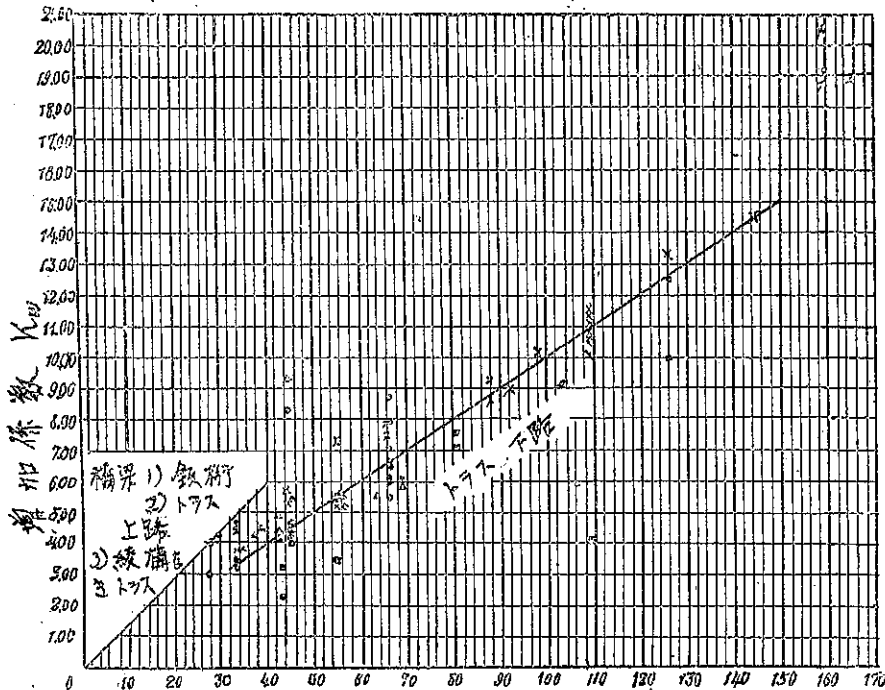
今若し垂直振動の最大半振幅 h_{max} が動荷重に因る静的撓み h_s と比例するならば、垂直に作用する周期力に基因する動的附加値は次の如く得らる。

$$\mu = \frac{h_{max}}{h_s} = \frac{\frac{k_r Q n_0^2}{c} + \frac{1000}{c} B n_0^2 + k_r \frac{c_2}{c} h_s K n}{h_s}$$

本式を實用的に設計々算に適用せんが爲には、下記の諸値を檢し簡單化せねばならぬ。即ち

- 1) 増加係數 k_r ;
- 2) 共振々動數 n_0 ;
- 3) バネの低下量 h_n ;
- 4) 剛性 c_1, c_2 及動荷重に因る撓み h_s

圖-2.



共振時の増加係數

- ソ聯橋梁； 1937 年試驗
- × ソ聯橋梁； AREA の研究による
- ▲ 米國橋梁； 米國鐵道協會資料による
- ソ聯橋梁； エネルギー的減衰係數資料による
- ソ聯橋梁； 表-2 による

次に之等の諸値を求め、然る後動的附加値決定へ進まう。

6. 増加係數

上部構の振動減衰係數は、總て實驗資料に基づいて決定せるものであつて、圖-2 に示す。

圖上に實驗諸點に相應して直線 $0.15L$ 及 $0.10L$ が記入されてゐる。

直線 $0.15L$ は下記諸上部構に對する増加係數を示す。即ち

- 1) 鈹桁; 2) 上路トラス; 3) 綫構なきトラス;

直線 $0.10L$ は下路トラスに對する増加係數値である。而して本直線は支間 $30\sim 150m$ に對する實驗データである。支間 $185m$ に對して計算する場合は、増加係數を $0.12L=19$ に採る。

こゝに引用せる増加係數は、主ガーダ部材に $800\sim 1200kg/cm^2$ なる應力を生ずるが如き載荷状態にある上部構に對するものである。上部構の結構は三角形綱をなし吊材及支柱或は斜材を有す; 大支間のものにあつては上下に綫構を有す。

小支間橋梁の上下弦は平行であり; 大支間の上弦は多邊形をなす。

7. 載荷状態に在る上部構の振動數の計算

若しも上部構が靜荷重 p t/m, 動荷重 q t/m を荷ふならば、上部構中央の撓みは次の如く表し得べし。

$$h_{p+q} = h_p + h_q = \frac{5}{384} \frac{(p+q)L^4}{EJ} = \frac{5}{8} (p+q)L \cdot \frac{L^3}{48 \cdot EJ}$$

剛性 c は次の條件から求めらる。即ち

$$\frac{J^3 c}{48 \cdot EJ} = 1$$

此の方程式から次の如くなる。

$$\frac{J^3}{48 \cdot EJ} = \frac{1}{c}$$

従つて、

$$h_p + h_q = \frac{5(p+q)L}{8 \cdot c}$$

及
$$c = \frac{5(p+q)L}{8(h_p + h_q)} \dots \dots \dots (3)$$

載荷状態に在る上部構の振動數は、次式より十分詳細に定めらる。

$$n_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{\frac{17}{35g}(p+q)L}} = \sqrt{\frac{5 \cdot 35 \cdot 981}{4\pi^2 \cdot 8 \cdot 17} \cdot \frac{1}{h_p + h_q}} = \sqrt{\frac{31.6}{h_p + h_q}}$$

本計算に於ては、 n_0 の値を次の如く採つた。

$$n_0 = \sqrt{\frac{31}{h_p + h_q}}$$

n_0 の値を決定する爲に 1896, 1907, 1921, 1923, 1925 及 1930 の各年度の規準により設計されたる橋梁に對し試験を行ひ其の結果より算出した。之等古い橋梁より採つて以て最も完全な而も現代的な構造の橋梁を得んとした。之等橋梁に關するデータ及計算値を表-4 に示す。

8. 荷 重

- 1. 機關車型式エフ・デエ及貨車荷重 $7.2t/m$ を有する列車。
- 2. 標準列車荷重として 1930 年のエヌ₃ なる列車。

列車 1 を荷ふ上部構の振動數を算出圖示すれば、次の曲線を以て十分良く該振動數を示し得る。即ち

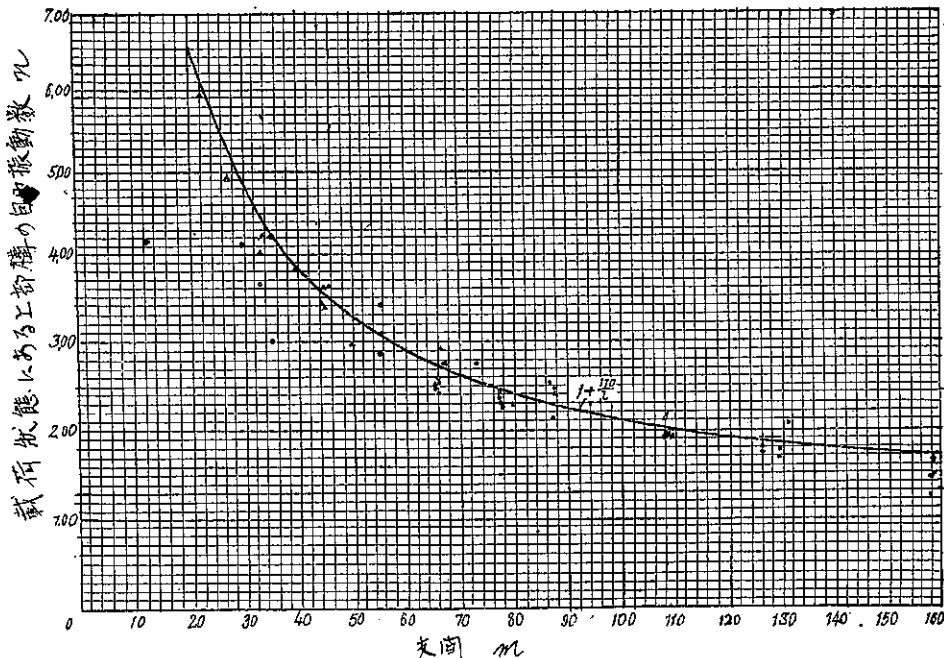
$$n_0 = 1 + \frac{100}{J}$$

之を圖示せるものが圖-3 である。

表-4.

支間群	支間	設計規準	桁間距	動荷重				試驗	得られた積み		I _p +I _q +I _p Q				I _q =I _q		ΣI		備考
				上T ₁	下T ₁	上T ₂	下T ₂		上T ₁	下T ₁	上T ₂	下T ₂	上T ₁	下T ₁	上T ₂	下T ₂	上T ₁	下T ₁	
I 100-120m	1514	1907	10.0	73.24	8.64	117.70	19.04	4.14	3.56	1.85	15.05	16.70	6.72	7.94	2.00	1.98	1.06	1.06	上部桁多歩形、下部桁直橋
	1544	1907	10.0	73.24	8.64	117.70	19.04	3.96	4.60	1.16	20.05	22.70	8.95	9.78	1.86	1.86	1.29	1.29	
	1564	1907	10.4	73.24	8.64	117.70	19.04	4.14	3.67	0.84	18.95	16.80	6.48	7.25	2.16	2.00	1.47	1.47	
	148.0	1740730	8.61	13.71	8.64	11.83	17.75	3.91	3.00	1.86	7.85	8.50	4.47	2.70	2.44	1.64	1.62	1.62	
	150.0	1925	9.00	73.24	8.64	11.77	18.66	6.37	5.00	0.784	13.00	14.10	5.73	4.76	2.76	2.71	1.50	1.50	
	149.6	1876	8.7	73.24	8.64	12.07	14.00	4.12	3.72	0.403	11.30	12.05	6.65	8.60	2.84	2.62	1.65	1.65	
	129.6	1876	5.2	73.24	8.66	12.07	12.09	3.04	1.93	0.94	11.10	11.83	7.03	3.22	2.88	1.71	1.64	1.64	上部桁多歩形、下部桁直橋
	126.0	1907	6.6	70.06	8.96	12.006	15.25	4.78	3.04	0.72	10.25	11.70	5.33	4.06	3.00	2.85	1.74	1.68	
	126.0	1907	6.6	70.06	8.96	12.006	15.25	4.61	3.16	0.695	9.56	10.86	5.62	4.16	3.00	2.87	1.74	1.68	上部桁多歩形、下部桁直橋
	107.5	1846	5.11	70.72	9.78	12.282	14.30	4.72	3.57	0.705	10.91	12.05	5.25	4.65	3.92	3.05	1.90	1.70	

圖-3.



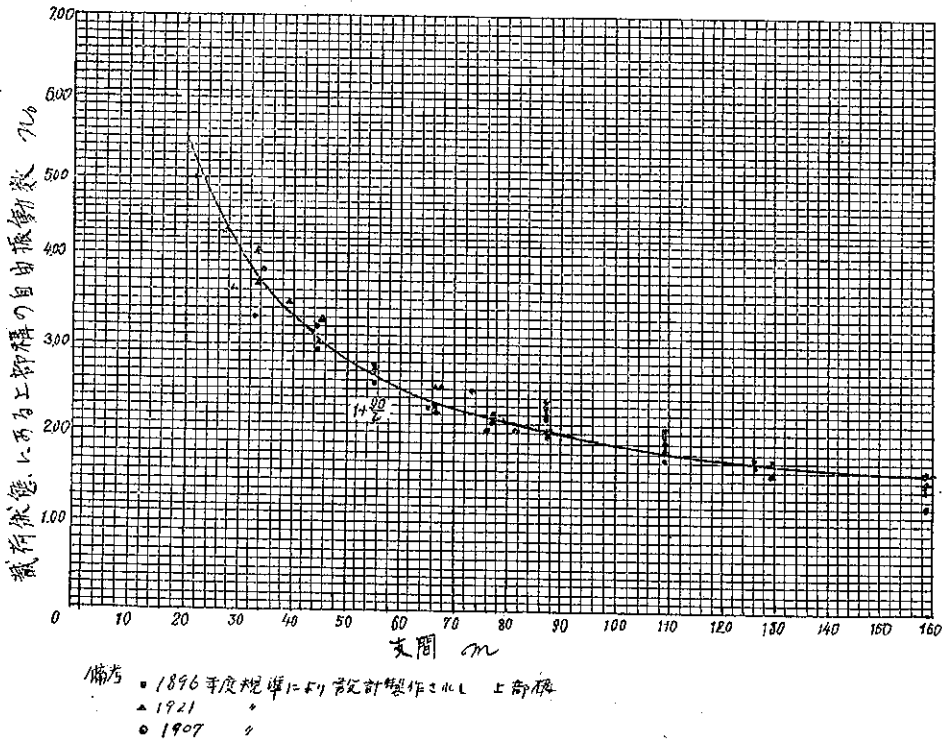
備考：
 □ 1896 年度規準により設計製作されたる上部構
 ○ 1807 年度
 △ 1921, 1923, 1925, 1930 各年度

列車 2 即ち荷重 Q に對しては次の式で示さる。

$$n_0 = 1 + \frac{90}{L}$$

圖-4 が之を示す。

圖-4.



上式中 L は支間にして單位は米である。

9. 機關車不均衡部の作用に因る動的附加

機關車不均衡部の作用に因る動的附加は公式 (2) の第 1 項により表はさる。

$$h'_{qr} = \frac{k_r Q n_0^2}{c} \dots \dots \dots (4)$$

剛性 c は公式 (3) により、次の如く荷重支間及撓みの要素で以て表はさる。

$$c = \frac{5(p+q)L}{8(h_p+h_q)} = qI \cdot \frac{5\left(\frac{p}{q}+1\right)}{8h_q\left(\frac{h_p}{h_q}+1\right)} = \frac{5qL}{8h_q}$$

c を (4) 式に代入して:

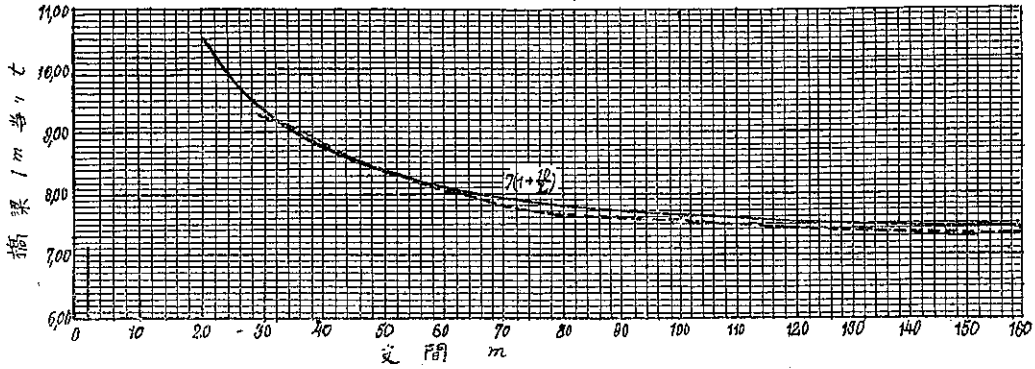
$$\frac{h'_{qr}}{h_q} = \frac{k_r Q n_0^2}{\frac{5qL}{8h_q}} = \frac{8h_r Q n_0^2}{5qL} = 1.6 \frac{k_r Q n_0^2}{qL}$$

列車 1 なる荷重を受ける、20~160 m なる支間に對し、當値荷重は $q = 7\left(1 + \frac{10}{L}\right)$ なる式で近似的に表し得べく、之を圖示せるが 圖-5 である。

斯かる場合之等支間に對し:

$$\frac{h'_{qr}}{h_q} = 1.6 \frac{k_r Q n_0^2}{qL} = 1.6 \frac{0.1 \cdot L \cdot 0.735 \left(1 + \frac{10}{L}\right)^2}{7\left(1 + \frac{10}{L}\right)L}$$

圖-5.



之を簡略して:

$$\frac{h'_{gr}}{h_q} = 0.0165 \frac{L}{L+10} \left(1 + \frac{110}{L}\right)^2 \dots\dots\dots (5)$$

列車 2 (1930 年 標準列車 エヌ₂) なる荷重に對しては、圖-6 で以て、當値荷重

$$q = 8 \left(1 + \frac{18}{L}\right)$$

の變化を近似的に示されてゐる。

荷重 エヌ₂ に對する計算脈動力は $Q=1t$ に採られた。

斯く、計算機關車の不均衡性は、實在機關車エフ・デエ型の夫よりも

$$\left(\frac{7}{8 \cdot 0.725} - 1\right) \cdot 100 = 20\%$$

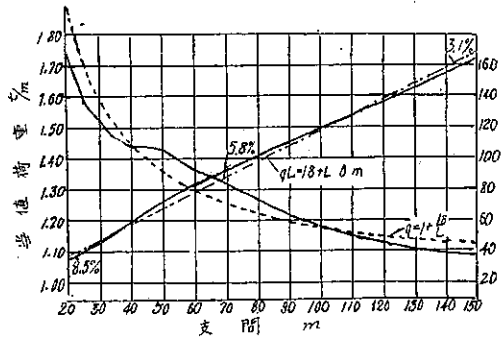
だけ大に採られた。

荷重 エヌ₂ に對して

$$\frac{h'_{gr}}{h_q} = 1.6 \frac{0.1 \cdot L \cdot 1 \left(1 + \frac{90}{L}\right)^2}{8 \left(1 + \frac{18}{L}\right) L}$$

或は
$$\frac{h'_{gr}}{h_q} = 0.02 \frac{L}{L+18} \left(1 + \frac{90}{L}\right)^2 \dots\dots\dots (6)$$

圖-6.



10. 軌條繼目に因る衝擊及機關車のバネ上方車體の振動に對する補正

軌條繼目に因る衝擊及機關車のバネ上方車體の振動を考慮して前節に於て求めたる (5) 及 (6) 式を補正する事に就て述べる。

上述せるところより既知なる如く、

$$\frac{h''_{gr}}{h_q} = \frac{1}{ch_q} \cdot B n_0^2 \dots\dots\dots (7)$$

此の式は軌條繼目に於ける衝擊に基因する動的附加を考慮せるものである。

公式 (3) に基づき (7) 式は次の如く表はさるべし。

$$\frac{h''_{gr}}{h_q} = 1.6 B \frac{n_0^2}{qL}$$

B 値の表から明かなる如く、此の値は實在機關車に對し 0.12~0.16 の範圍に變化する。計算上 $B \approx 0.15$ と採る。

斯くて、軌條繼目の衝擊を考慮せる場合の公式 (8) 及 (9) は次の如く書き得べし。

$$\frac{h'_{gr}}{h_q} + \frac{h''_{gr}}{h_q} = 1.6 Q \frac{n_0^2}{qL} \left(k_r + \frac{B}{Q}\right) = 1.6 Q k_r \frac{n_0^2}{qL} \left(1 + \frac{B}{Q k_r}\right)$$

エフ・デエ列車に對し:

$$\frac{h'_{qr}}{h_q} + \frac{h''_{qr}}{h_q} = 1.6 \cdot 0.725 \cdot \left(0.1 \cdot L + \frac{0.15}{0.725}\right) \cdot \frac{\left(1 + \frac{110}{L}\right)^2}{7(L+10)},$$

或は
$$\frac{h'_{qr}}{h_q} + \frac{h''_{qr}}{h_q} = 0.0165 \frac{L+2}{L+10} \left(1 + \frac{110}{L}\right)^2 \dots\dots\dots (8)$$

1930 年エヌ。列車に對し:

$$\frac{h'_{qr}}{h_q} + \frac{h''_{qr}}{h_q} = 0.02 \frac{L+1.5}{L+18} \left(1 + \frac{90}{L}\right)^2 \dots\dots\dots (9)$$

次にバネ上方車體の振動によつて、次の如き動的附加を生起する。

$$\frac{h'''_q}{h_q} = \frac{k_r \frac{c_n}{c} h_q k_n}{h_q},$$

上式を簡單な形で表示するは極めて困難である。

假令 K_n なる値を、實際値とは甚だ異つてゐるのであるが、 $K_n = 0.06 L$ (圖-7 参照) に従つて變化するものであると採つても、上部構の撓み値 $h_{np} = \frac{c_n}{c} h_q$ が支間と如何なる關係にあるかなほ不明瞭である。

故に計算を行ふ場合に、實驗データに適應して、動的附加値を増加すべき或る係數を導入して以て補正する事とする。20m より 100 m 迄は支間の増加に伴ひ此の係數も増加すると確認して先づ差支ない。

機關車のバネ上方車體の振動が動的係數に及ぼす影響を $1.1 + \frac{L}{300}$ なる乘數で以て示すのは妥當なる事であると思ふ。

斯くして機關車エフ・デエ型に牽引さるゝ列車に對して動的附加は次式の如く表はさる。

$$\frac{h'''_q}{h_q} = 0.0165 \left(1.1 + \frac{L}{300}\right) \frac{L+2}{L+10} \left(1 + \frac{110}{L}\right)^2$$

1930 年のエヌ。列車に對しては:

$$\frac{h'''_q}{h_q} = 0.02 \left(1.1 + \frac{L}{300}\right) \frac{L+1.5}{L+18} \left(1 + \frac{90}{L}\right)^2$$

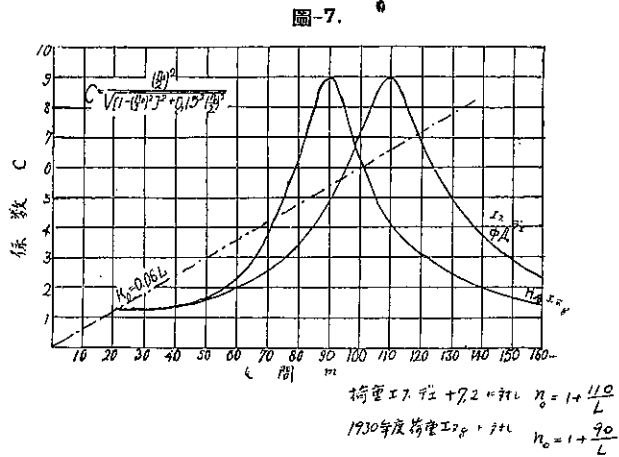
11. 水平振動の計算

今迄、動的係數公式を決定するに當り、垂直振動のみを取扱つた。然し橋梁を動荷重が通行する場合には水平振動も生起するものであり、従つて動的係數の規準を制定する際之をも考慮せねばならぬ。此の振動は主として次の 2 原因より生起するのである。即ち

- 1) 機關車の不均衡性の爲: 2) 線路の直線状態より偏よる爲

總て機關車は水平平面内に周期的慣性力を、周期的モーメントの形で線路から上部構へ傳達進展するのである。水平モーメントの値は、機關車の運行速度及其の水平の釣合ひに依存する。

垂直に働く慣性力より類推して、理論上水平力は機關車の速度が一定なる場合水平振動の共振を生ぜねばならぬ。然し實驗資料の示すところに據れば、共振速度の場合、水平振動は若干上昇はするが、垂直振動の場合の如く顯著な圖を與へない。因に斯く若干上昇するのは水平振動周期の變化する爲及僅少であるが限界速度の變化が結果する爲である。



ギブスマン技師は、其の著者「橋梁の横振動」(科學技術部叢書 88 號, 1929 年發行)に支間 $L=66.5\text{ m}$ なる橋梁を採り水平振動の共振に就いて攻究し、次の如き結論を下してゐる。即ち「橋梁に横振動の共振が生起するのは餘程稀な事であつて、共振を生ずるに都合の良い状態と云へば、大なる支間の橋梁に列車を牽引しないたゞ 1 つ丈の機關車が走行する場合である。又列車の先頭にあつて之を牽引する機關車が支間橋梁に進入(退出)する際にも生起するのである」此の事實は實驗結果よりも十分よく容認するところである。

本問題を解明すべき現時最も完全なる方法と云へば、測定の際得たる水平振動振幅の實驗資料より攻究する事である。

イ・エム・ラビノヴィチ技師の提唱により 1926 年實驗データを基礎として、種々なる橋梁の弦材の應力係數と上部構の支間との關係圖が作られた。

圖-8.

支承にモーメント M の課せられたる梁を考へる。之は機關車が橋梁から進出する場合橋梁に及ぼす影響に相應する。即ち横振動の共振が最も生じ易い場合に相當する(圖-8 参照)。

此のモーメントの作用により生ずる支間中央の撓みは次の如し。

$$f = \frac{MI^2}{24EJ}$$

従つて、

$$M = \frac{24EJ}{L^2} f$$

弦材中央断面の應力は、若しも橋梁の幅が b であるならば、次の如し。

$$n_0 = \frac{M \cdot b}{4J}$$

或は
$$n_0 = \frac{6Eb}{L^2} f$$

ア・ベ・ツヴェトコフ技師の論文(「走行列車による橋梁の横振動振幅の研究」科學技術部叢書 35 號, 1926 年發行)には應力係數:

$$\gamma = \frac{Eb}{L^2} \cdot a$$

を圖示してゐる。但し上式に於て、 a —水平振動振幅。

圖-9 は 1907 年以前に建造されたる下路橋梁弦材の應力係數圖である。

圖より明かなる如く、ツ技師により提唱されたる $\gamma L = 1050$ なる應力係數の變化を示す雙曲線は、良く實驗データと合致する。

圖-10 は 1907 年以後に建造されたる下路橋梁弦材の應力係數圖である。

こゝに應力係數と支間との關係は; $\gamma L = 1000$ 及 $\gamma L = 800$ なる曲線で以て示されてゐる。上式の L は勿論支間で單位は米である。

ツ技師の上記論文には、一般に應力は

$$\gamma = \frac{A}{L}$$

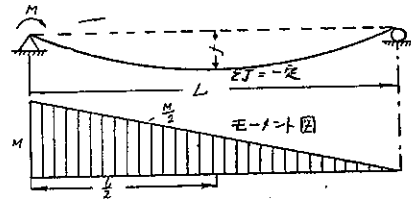
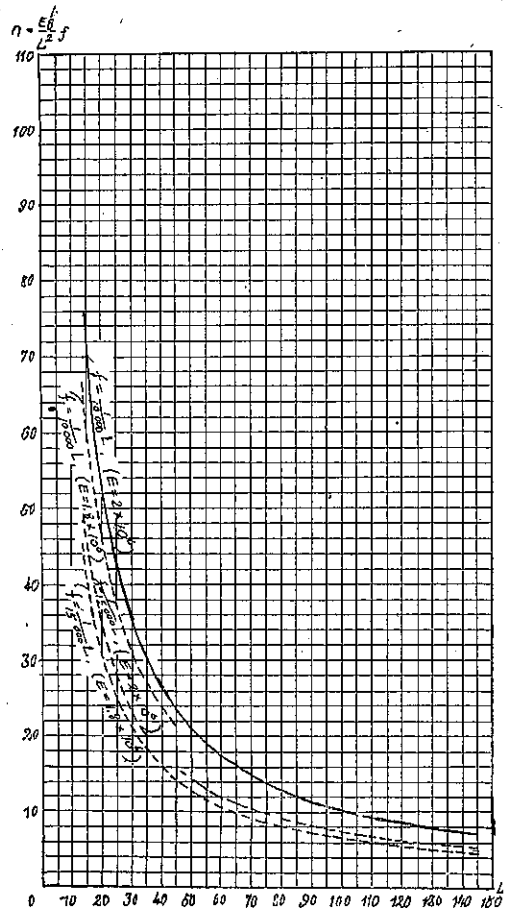


圖-9.



備考. ソ聯 76 橋梁の實驗結果による

なる形にて表し得るとしてゐるが、之は實驗資料によつて十分確認される。但し上式中の A は構造物建設規準及橋梁路床規定に依據するパラメータである。之等規定を基礎に採り、更に次の攻究を行はん。

若しも計算應力 $\Sigma\sigma$ が靜荷重應力 σ_p と動荷重應力 σ_q とより成るならば、即ち

$$\Sigma\sigma = \sigma_p + \sigma_q$$

であるならば、次の如くなる。

$$\Sigma\sigma = \sigma_q \left(\frac{\sigma_p}{\sigma_q} + 1 \right) = \sigma_q \left(\frac{n}{q} + 1 \right)$$

動荷重應力は次の如く表はし得る。

$$\sigma_q = \frac{\Sigma\sigma}{\frac{n}{q} + 1}$$

横振動に因る弦材應力の動的附加は次の如くなる。

$$\frac{h''''\sigma}{h} = \frac{n\sigma}{\sigma_q} = \frac{n\sigma}{\Sigma\sigma} \left(\frac{n}{q} + 1 \right)$$

而して

$$\frac{n\sigma}{\sigma} = \frac{3 \cdot Fh}{\frac{J^2 f}{Eb} a} = 3 \frac{f}{a}$$

であるから(上式に於て $\frac{f}{a} = \frac{1}{2}$, 何んとなれば f は横振動の半振幅であり、 a は振幅であるからである)次式を得る。

$$\frac{h''''\sigma}{h\sigma} = \frac{3 \cdot A}{\Sigma\sigma} \left(\frac{n}{q} + 1 \right)$$

A なる値を表-5 に掲ぐ。之はツ技師の論文より摘出せるものである。

表-5.

路床の位置	パラメータ A の値		計算に採用せる値
	橋梁建設年度		
	1907年以前	1907年以後	
下路橋梁	1050	1000~800	850 路床の位置に拘はらず
上路橋梁	600	550	

$\Sigma\sigma = 1300 \text{ kg/cm}^2$ とすれば、次の如くなる。

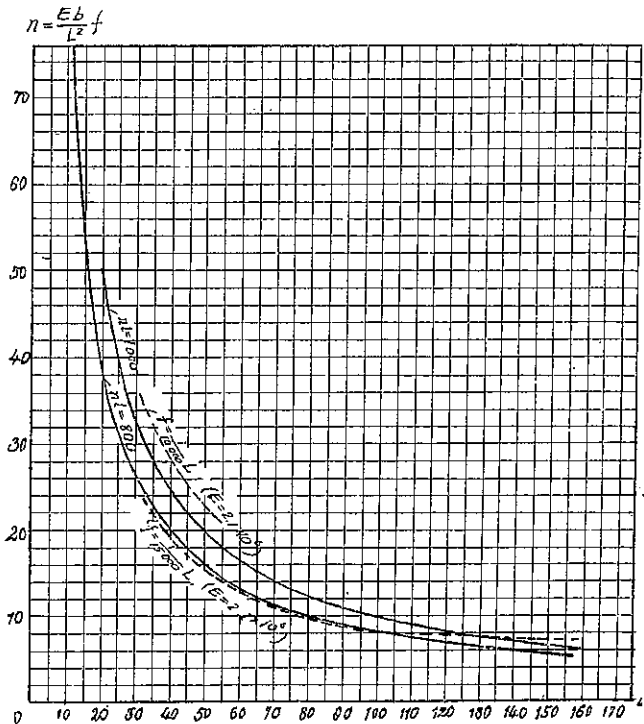
$$\frac{h''''\sigma}{h\sigma} = 2 \frac{n}{q} \frac{1}{L}$$

簡単にする爲、橋梁の自重を 圖-11 に示せるが如き

$$p = 1 + \frac{J}{20} \text{ t/m}$$

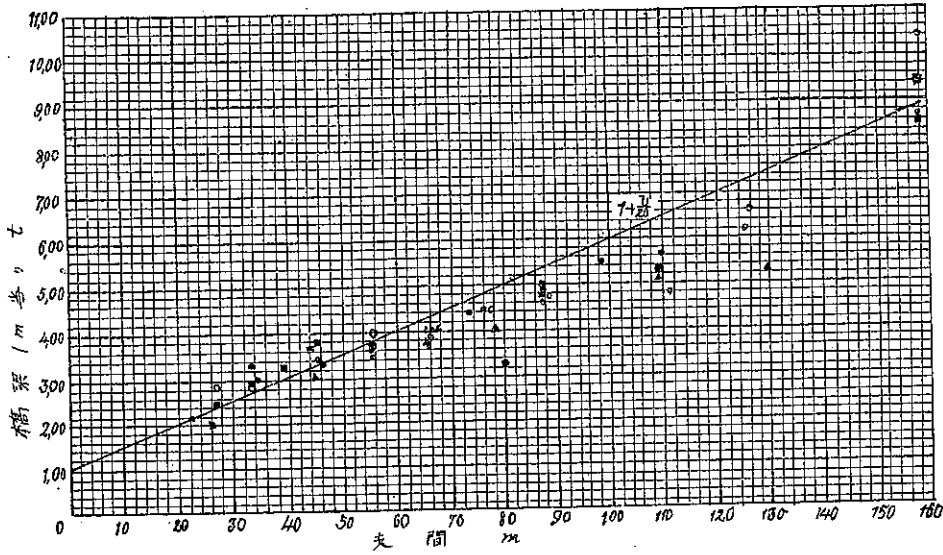
なる直線變化をなすものとする。

圖-10.



備考: ソ聯38橋梁の實驗結果による

圖-11.



備考: ■ 1896年度規程より製作された橋梁
 ● 1907 " "
 ▲ 1921, 1923, 1925, 1930各年度 "
 ○ エス7荷重に對し製作された橋梁
 ◇ エ2 " "

斯くて、支間 25~160 m なる橋梁に對し、水平衝擊に因る動的附加は:

エフ・デエ型機關車 +7.2 t/m なる列車に對し次の如し。

$$\frac{h''''_{gr}}{h_q} = 2 \cdot \frac{1 + \frac{L}{20} + 1}{7 \left(1 + \frac{10}{L}\right)} = \frac{L}{20} + 8 + \frac{70}{L} = \frac{7(L+10)}{7(L+10)}$$

1930 年エヌ。列車に對し、

$$\frac{h''''_{gr}}{h_q} = 2 \cdot \frac{1 + \frac{L}{20} + 1}{8 \left(1 + \frac{18}{L}\right)} = 2 \cdot \frac{L}{8(L+18)} + 9 + \frac{144}{L}$$

12. 結 論

上述せしところより、支間 25~160 m なる橋梁に對する動的係數値は、橋梁の路床の位置如何に關せず次式より求め得らる。

荷重エフ・デエ +7.2 t/m に對し (脈動力 Q=725 kg なる場合)

$$1 + \mu = 1 + \left[0.0165 \left(1.1 + \frac{L}{300}\right) \frac{L+2}{L+10} \left(1 + \frac{110}{L}\right)^2 + 2 \frac{L}{7(L+10)} + \frac{L}{10} + 8 + \frac{70}{L} \right]; \dots\dots\dots (10)$$

1930 年エヌ。荷重に對し (脈動力 Q=1000 kg の場合)

$$1 + \mu = 1 + \left[0.02 \left(1.1 + \frac{L}{300}\right) \frac{L+1.5}{L+18} \left(1 + \frac{90}{L}\right)^2 + 2 \frac{L}{8(L+18)} + 9 + \frac{144}{L} \right] \dots\dots\dots (11)$$

他の荷重に對する動的係數もまた、橋梁上に生起せらるべき荷重強度、機關車、及側輪の動的性質を知れば算定し得べし。

次に例を以て貨物機關車オヴ型に牽引される、列車の動的係數を算出せう。

13. 動的係數計算例

荷重はオヴエ+エヌ (エヌは標準積載貨車にして 23.5t なり)

1. 當值荷重: $M = \frac{gL^2}{8}$ — 支間中央のモーメント; $q = \frac{8M}{L^2}$ — 支間中央のモーメントに對する當值荷重。

表-6.

L	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110
M	287.3	435.9	597.1	771.1	594.3	1363	1818	2335	2909	3563	4286	5096
q	5.74	5.58	5.31	5.03	4.77	4.36	4.03	3.81	3.64	3.52	3.43	3.37

備考: 上記 M 値はイ・オ・バトン氏著「木橋及鋼橋設計表」1923 年發行 243 頁より摘出せしものなり。

2. 限界速度の決定:

表-7.

l	γ	p	q	$h_p + h_q = \gamma(h_p + h_q)$	$\frac{31}{h_p + h_q}$	$n_0 = \sqrt{\frac{31}{h_p + h_q}}$	$T_p = (47 - 0.10D) \cdot 10^{-1}$	$\frac{p}{p+q}$	$\sqrt{\frac{p}{p+q}}$	$n = \frac{1}{T_p} \sqrt{\frac{p}{p+q}}$
23	0.035	2.10	5.66	0.65	49.2	7.01	0.1026	0.28	0.528	5.15
28	0.143	2.30	5.74	1.105	28.9	5.37	0.1233	0.267	0.545	4.4
33.6	0.164	3.10	5.17	1.355	23.6	4.85	0.1465	0.375	0.612	4.18
45	0.221	3.50	4.53	1.78	18.	4.24	0.1912	0.434	0.658	3.44
55	0.300	3.70	4.20	2.37	13.5	3.67	0.228	0.468	0.683	3.00
66	0.401	4.00	3.92	3.18	10.05	3.17	0.2662	0.505	0.71	2.77
76.8	0.455	4.40	3.70	3.69	8.67	2.94	0.3008	0.543	0.737	2.46
87.6	0.470	4.85	3.57	3.96	8.08	2.84	0.3350	0.576	0.759	2.27
109	0.606	5.75	3.37	5.52	5.8	2.41	0.3940	0.63	0.793	2.01
158.4	0.877	10.	3.	11.4	2.8	1.67	0.494	0.77	0.877	1.78

L が 2.0~160 m に對する限界振動數の式は:

$$n_0 = 1 + \frac{140}{L} \quad (\text{圖-12 參照})$$

若しも機關車オヴエ型の最大許容速度を $v_{max} = 60$ 軒/時 とするならば、共振は下記値より大なる支間に生起すべし。

$$L = \frac{140}{\frac{v}{3.6\pi D} - 1} = \frac{140}{\frac{60}{3.6 \cdot 3.77} - 1} = \frac{140}{3.42} = 41 \text{ m}$$

$v_{max} = 70$ 軒/時 なる場合には、

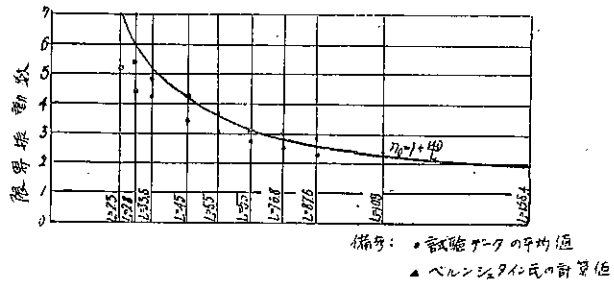
$$L = \frac{140}{4.15} = 33.7 \text{ m}$$

動的係數式は支間 33.6~160 m なる橋梁に對し作成すべし。

3. 共振時の増加係數は次式を用ふ:

$$k^0_r = \frac{n_0}{n} \cdot k_r$$

圖-12.



茲に k_r 及 n_0 及荷重 $\sigma^{\pm} + \varepsilon$ に關聯する。

k_r 及 n は荷重 $\varepsilon \cdot \text{デエ} + 7.2$ に關聯する。

$$k_r = \frac{1 + \frac{110}{L}}{1 + \frac{140}{L}} \cdot 0.1L = \frac{L+110}{L+140} \cdot 0.1L;$$

$$k_r = 0.1L$$

平均値 k_r は支間 $L_c = \frac{40+160}{2} = 100\text{m}$ に對して採る。

$$k_r = \frac{210}{240} = 0.875; \quad k_r = 0.0875L$$

4. 當値荷重式:

$$q = 3 \left(1 + \frac{22}{L} \right) \quad (\text{圖-13 參照})$$

5. 不均衡部の作用に因る動的附加:

$$\frac{h'_{qr}}{h_q} = 1.6 \frac{k_r \cdot n_0^2}{qL} = 1.6 \frac{0.0875 \cdot L \cdot 0.542}{3 \left(1 + \frac{22}{L} \right) L} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2 = 0.0253 \frac{L}{L+22} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2$$

6. 軌條縫目に因る衝擊の計算:

$$\frac{h'_{qr} + h''_{qr}}{h_q} = 0.0253 \frac{L}{L+22} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2 \left(1 + \frac{0.131}{0.542 \cdot 0.0875 \cdot L} \right) = 0.0253 \frac{L+3}{L+22} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2$$

7. バネ上方車體の振動の計算:

$$\frac{h'_{qr}}{h_q} + \frac{h''_{qr}}{h_q} + \frac{h'''_{qr}}{h_q} = 0.0253 \left(1.1 + \frac{L}{300} \right) \frac{L+3}{L+22} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2$$

8. 横振動に因る動的係數:

$$\frac{h'''_{qr}}{h_q} = 2 \frac{p+1}{L} = 2 \frac{\frac{L}{20} + 1 + 3 + \frac{66}{L}}{3(L+22)} = 2 \frac{\frac{L}{20} + 4 + \frac{66}{L}}{3(L+22)}$$

9. 荷重 $\sigma^{\pm} + \varepsilon$ に因る總動的係數:

$$1 + \mu = 1 + \left[0.0253 \left(1.1 + \frac{L}{300} \right) \frac{L+3}{L+22} \left(1 + \frac{140}{L} \right)^2 + 2 \frac{\frac{L}{20} + 4 + \frac{66}{L}}{3(L+22)} \right]$$

ε と比較; $L=50\text{m}$

$$\sigma^{\pm} + \varepsilon, \quad 1 + \mu = 1 + \left(0.0253 \cdot 1.26 \cdot 0.735 \cdot 14.4 + 2 \frac{2.5+4+1.32}{3 \cdot 7.2} \right) = 1 + 0.338 + 0.073 = 1.411$$

$$\varepsilon, \quad 1 + \mu = 1 + \left(0.02 \cdot 1.26 \cdot 0.758 \cdot 7.8 + 2 \frac{2.5+9+2.88}{8.68} \right) = 1 + 0.149 + 0.053 = 1.202$$

1931 年規準に據り、動的係數として:

$$1 + \mu = 1 + \frac{27}{30 + \lambda} = 1.337$$

2. 動的係數新規準

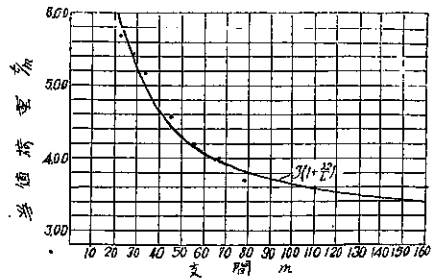
動的附加値を表はす前記 (10) 及 (11) 式は複雑なる爲利用上不便である。

圖-14 は公式 (10) 及 (11) に據り算出する代りに、算定値と十分良く一致する實驗曲線を求めたのである。

支間 25~160m なる橋梁が荷重 ε を荷ふ時の動的係數は、十分精確に次式により表はさるべし。

$$1 + \mu = 1.080 + \frac{6}{L-7}$$

圖-13.



支間 30~160 m なる橋梁が荷重エフ・デエ + 7.2 t/m を荷ふ時の動的係數は、次の實驗公式により表はさる:

$$1 + \mu = 1.030 + \frac{10}{L-7}$$

茲に L —載荷長

25~30 m 以下の支間に對しては、現在何等動的計算上新理論を提唱し得ない。之は今後の研究に俟つべきである。

従つて 1931 年の規準に用ひてゐる動的係數の極限值 1.9 は何等根據があるものでない。

たゞ筆者は此の部分に曲線を用ふる代りに、極限值即ち $L=0$ の時 $(1+\mu)=1.9$ なる直線を入すべき事を提唱することゝせよう。

従つて、25 m 以下の支間の場合荷重エフ・デエに對して、動的係數を次式により求むべき事を提唱する。

$$1 + \mu = 1.9 - 0.0L$$

同様に支間 30 m 以下の場合、荷重エフ・デエ + 7.2 に對しては:

$$1 + \mu = 1.9 - 0.0167L$$

圖-15 に上記總括として諸外國で採用してゐる

圖-14.

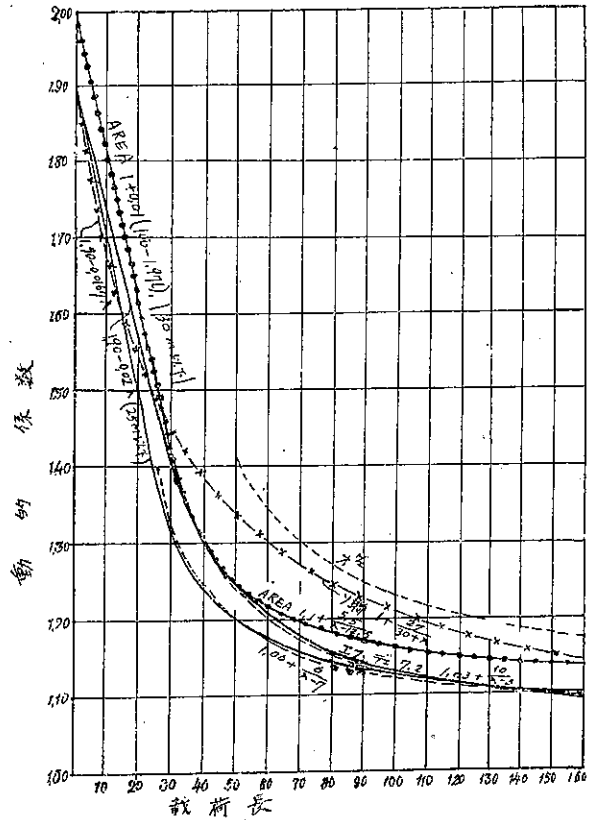
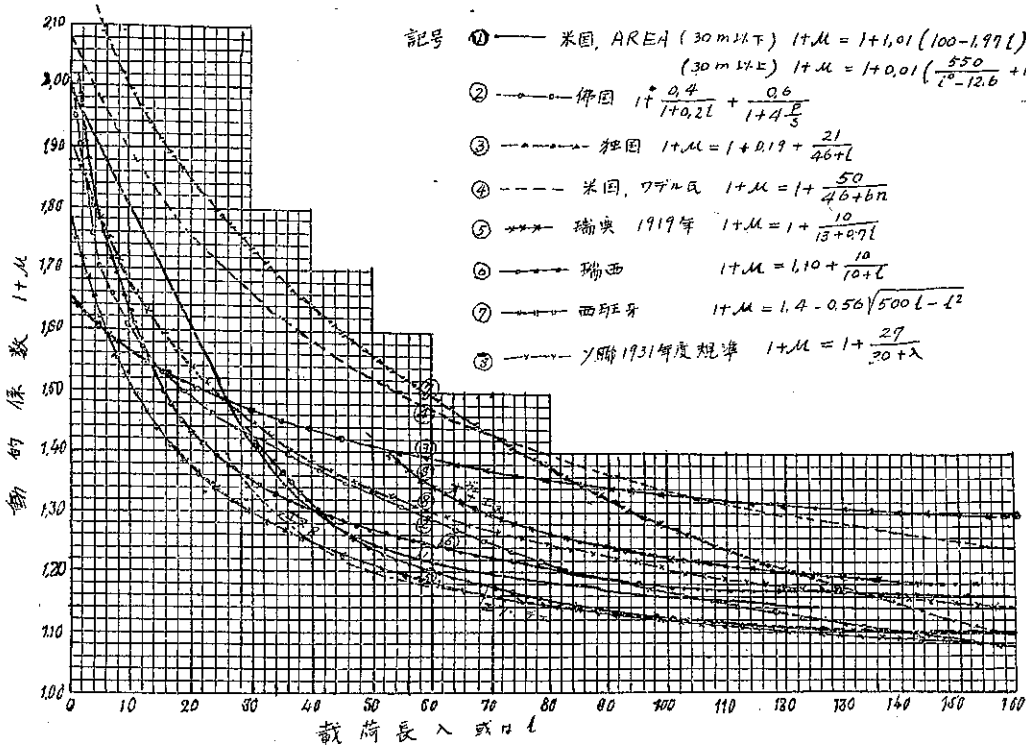


圖-15.



動的係数曲線を掲げ比較に便せん。

圖は比較的少數の規準しか圖示してゐないけれども、圖より分明なる如く動的係数を判定すべき曲線は種々雑多である。之は荷重の動的作用に關する解法が未だ十分完全の域に達してゐない証左であらう。

參考表-1. ソ聯鐵道橋の増加係數 k_r

No.	支間 (m)	ϑ	$\Delta = \frac{\vartheta}{\pi}$	$k_r = \frac{1}{\Delta}$
1	55.10	0.61	0.1945	5.15
2	65.90	0.59	0.188	5.32
3	87.60	0.26	0.0827	12.1
4	103.20	0.30	0.0354	10.5
5	123.00	0.16	0.0509	19.6

參考表-2. ソ聯鐵道を運行する機關車の不均衡性に關する資料

No.	種別	車 間									
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11
1	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
2	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
3	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
4	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
5	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
6	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
7	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
8	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
9	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
11	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
13	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
15	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
19	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
21	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
22	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
23	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
24	機関車	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

實施試験中の並枕木廻生方法に就て

會員 高 田 福 次*

緒 言

支那事變と併行して大東亞建設に邁進しつつある我國の現況は、各方面に物資難、勞力難の叫び聲が甚大であるが、之れを克服してこそ初めて昭和維新の大業が遂行されるのである。我國有鐵道は物資難に反比例して、輸送量は益々増大し、幹線の強化及支線の完全なる保守が目下の急務である。勞力難の緩和は保線の機械化となり、現に實行されつつある地方も有りと聞く。軌道の保守作業の40%を超ゆる搦固め作業も枕木が不完全なものでは、楯に釘の例への通り無駄な作業に勞力を冗費するに過ぎず、愚の骨頂と云ふべきである。わが成田保線區の擔當料は本線 85 k 500 m 側線 18 k 257 m にして布設並枕木の總員數は 136 243 挺にて、昭和 14 年度に於ける現場調査による更換並枕木要求數は 9 700 挺にして、腐朽其他種別に分類すれば表-1 の通りである。

上記の要求數に對し、査定の結果實際配給された員數は、9 120 挺にして約 6.5% の配給不足を生じ居る現況なり。斯かる状態が年々反覆され、長期間に亙るときは、何時かは一時に大量の配給を絶對に必要となる時機に到

* 鐵道局技手 成田保線區