

4. 計算例

$l=8$ (m), $h=4$ (m), 水平版上の等分布荷重=800 (kg/cm²), $\sigma_{oa}=40$ (kg/cm²), $\sigma_{sa}=1200$ (kg/cm²) であるとき, 図-5 を用いて, 門形ラーメンの経済的な部材断面寸法を求めてみる。

- 1) (4) 式によつて $C=0.411$, また $d'=4$ (cm) とすれば $w=896$ (kg/m²)
- 2) (6) 式によつて $W=2.3$, また $l/h=2$
- 3) 図-5 によつて $k=0.314$ をうる。(10) 式によつて $D=0.94$
- 4) (5) 式, (10) 式によつて $d=30.5$ (cm), $d_n=35.6$ (cm), 従つて, 水平版の厚さ=34.5 (cm), 鉛直版の厚さ=40 (cm) となる。
- 5) この場合, 主鉄筋は, 水平版のスパン中央及び鉛直版の上端断面で, コンクリート及び鉄筋の最大応

力度がそれぞれ σ_{oa} 及び σ_{sa} に達するように配置する。

参考文献

- 吉田徳次郎: 鉄筋コンクリート設計法
 福田 武雄: ラーメン
 Taylor, Thompson & Smulski: Reinforced Concrete Bridges.
 Taylor, Thompson & Smulski: Concrete Plain and Reinforced (Vol.1, Vol.2)
 W.M. Wilson & R.W. Kluge: Tests of Rigid Frame Bridges. (Journal of A.C.I. 5/6 1938)
 Richard Guldan: Rahmentragwerke und Durchlaufträger.
 Dunham: The Theory and Practice of Reinforced Concrete.

(昭.28.2.17)

鋼上路道路橋の縦桁の曲げモーメントの計算について

正員 成岡昌夫*

ON THE CALCULATION OF BENDING MOMENT OF STRINGERS OF DECK TYPE STEEL HIGHWAY BRIDGES

(JSCE 1953 July)

Masao Naruoka C. E. Member

Synopsis In our Specification of Steel Highway Bridges, coefficient is regulated for design of stringers which support reinforced concrete slab, considering only the continuity of slab over several spans.

From the view of rationalization of bridge design, the relative stiffness of stringers, compared to that of slab must be taken into consideration for the calculation of bending moment of stringer under wheel loads on slab. The author has proposed the table and diagram useful to rational design of stringers.

1. 緒言

福田博士は本誌の第38巻第1号において, わが国の道路橋の設計法の不合理な点の数々を指摘しておられる。この点に関し著者もかねてより注目し, 鉄筋コンクリート床版についてわが国の鋼道路橋設計示方書(1939)——以下示方書と言う——に規定されている輪荷重分布有効巾の規定の是非を論じ, 主鉄筋が車両進行の方向に直角な場合には, 合理的に計算された床版の曲げモーメントは示方書の有効巾の規定によつて計算された値より小さくなることを示した。さらにここでは鋼上路プレートガーダー道路橋の床組の縦桁の曲げモーメントについて論じたいと思う。

鋼道路橋で輪荷重が床版をへて曲げ剛さの同一な縦桁に及ぼす反力を計算することは, その実情がかなり

複雑であるので, はなはだむづかしいことである。わが国では A. A. S. H. O. の示方書規定に準じ, 示方書第26条のごとく規定されている。すなわち, 反力係数を規定し, 床版を単純梁と仮定して計算した反力反力係数を乗じ, 事実上連続性のある床版によつて生ずる反力と等しいようなものに近似させようとする趣旨で条文がつけられている。ただしこの反力係数の規定に関係あるものは, 自動車荷重の寸法と縦桁間隔のみである。

ここでただちに疑問となるのは, 曲げ剛さ同一な縦桁と言うだけで, 床版の版剛度は反力係数に関係しないであろうか, と言う点である。縦桁の直上に作用する集中荷重を考えよう。縦桁の曲げ剛さが版剛度に比較して大きければ, 縦桁の撓みは少く, 縦桁上の輪荷重はそのまま縦桁に伝えられることになろう。これと

* 京都大学助教授, 工学部土木工学教室

反対に縦桁の曲げ剛さが小さければ、縦桁は容易に撓み、従つてそれにつれて床版も撓むであろう。従つて縦桁上に作用する荷重も全部縦桁に抵抗されることなく、床版も縦桁とともに撓むことによつて一部を床版が受け持つと考えてさしつかえなからう。これらの分担比は縦桁の曲げ剛さと床版の版剛度との比によつて大いに支配されるはずである。示方書にはこれに足らない。

もつともこの考え方は A. A. S. H. O. の規定にも入れられてなく、比較的最近の研究により明らかになつたものである。この研究に先鞭をつけたのは N. M. Newmark である。この研究は工桁橋を対象としているので、その考え方はともかく、普通の上路プレートガーダー橋の床組にはただちに利用できない。従つてここに普通の上路プレートガーダー橋の床組構造の縦桁に注目し、その曲げモーメントを求めたいと思う。

2. 計算の仮定および方法

以下述べる計算では次のような仮定を用いる。

a. 解析の対象とする連続版は等方等質性であつて、周辺を主桁および横桁によつて支えられ、中間においては等間隔に配置された3本の縦桁によつて、弾性的に支持されているものとする。連続版は4スパンにわたつて等断面すなわち等版剛度とする。

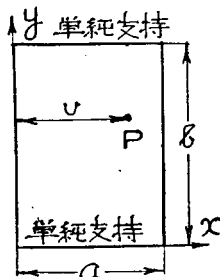
b. 主桁および横桁は撓まないものとする。

c. 縦桁は曲げ剛性のみ考慮し、振り剛性を無視する。普通の床組では、縦桁は横桁上で連続するか、あるいは横桁に山形鋼で連結されるか、溶接される。このように考えると、理論的解析は不可能であるから、縦桁は横桁に単純支持されるものと仮定する。

すなわち連続版は周辺で単純支持、中間の弾性梁である縦桁上で弾性梁支持され、この縦桁はその両端で単純支持とする。このように仮定すれば、著者の平板の撓角法公式を用いて、解析することができる。

このような構造の床組は、かつて牧野喬氏が、鋼プレートガーダー上路橋のスパン 20 m 以上のものに対して提案せられた標準設計案中にみることができる。

図-1



ここではまず2本主桁の場合の縦桁の曲げモーメントの計算法のみを示し、20 m 以下のものに対して提案された3本主桁の場合の縦桁については、計算結果のみを図で示そう。

さて床版の辺長比であるが、牧野氏の提案された標準案では、縦桁の間隔と縦

桁のスパンの比は、おおむね 1/2 となつている。従つて床版の辺長比も 1/2 として解析しよう。

著者の提案した撓角法式は次のようである。図-1 のような、相対する2辺で単純支持された矩形板では

$$M_{AB, m} = \frac{N \cdot \beta_m}{c_m^2 - s_m^2} \{c_m \theta_{A, m} + s_m \theta_{B, m} - \beta_m (j_m \delta_{B, m} - i_m \delta_{A, m})\} + C_{M, AB, m}$$

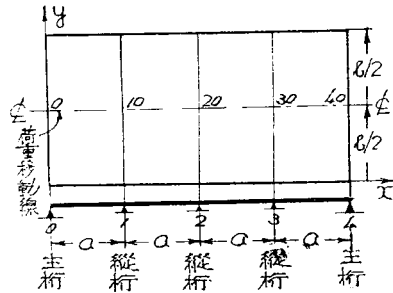
$$M_{BA, m} = \frac{N \cdot \beta_m}{c_m^2 - s_m^2} \{s_m \theta_{A, m} + c_m \theta_{B, m} - \beta_m (i_m \delta_{B, m} - j_m \delta_{A, m})\} + C_{M, BA, m}$$

$$V_{AB, m} = \frac{-N \cdot \beta_m^2}{c_m^2 - s_m^2} \{i_m \theta_{A, m} + j_m \theta_{B, m} - \beta_m (h_m \delta_{B, m} - l_m \delta_{A, m})\} + C_{R, AB, m}$$

$$V_{BA, m} = \frac{-N \cdot \beta_m^2}{c_m^2 - s_m^2} \{j_m \theta_{A, m} + i_m \theta_{B, m} - \beta_m (h_m \delta_{B, m} - l_m \delta_{A, m})\} + C_{R, BA, m}$$

ただし $N = Eh^3/12(1-\nu^2)$ で、版剛度と称せられるものであり、 $c_m, s_m, \dots, h_m, l_m$ は辺長比 $\alpha_m = \beta_m a = m\pi a/b$ によつて定義される函数である。

図-2



上の仮定を用い、図-2 における曲げ剛さ EI の縦桁支承における版の曲げモーメントの釣合条件式および縦桁のの撓みに関する条件式は次のようになる。

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{c} + \frac{c}{c^2 - s^2} \right) \theta_1 + \frac{s}{c^2 - s^2} \theta_2 \\ & - \left(\frac{i'}{c^2 - s^2} - \frac{i}{c^2 - s^2} \right) \delta_1 - \frac{j}{c^2 - s^2} \delta_2 = A \\ & \frac{s}{c^2 - s^2} \theta_1 + \frac{2c}{c^2 - s^2} \theta_2 + \frac{s}{c^2 - s^2} \theta_3 \\ & + \frac{j}{c^2 - s^2} \delta_1 - \frac{j}{c^2 - s^2} \delta_3 = B \\ & \frac{s}{c^2 - s^2} \theta_3 + \left(\frac{c}{c^2 - s^2} + \frac{1}{c} \right) \theta_3 \\ & + \frac{j}{c^2 - s^2} \delta_2 - \left(\frac{i}{c^2 - s^2} - \frac{i'}{c^2 - s^2} \right) \delta_3 = C \\ & \left(\frac{i'}{c^2 - s^2} - \frac{i}{c^2 - s^2} \right) \theta_1 - \frac{j}{c^2 - s^2} \theta_3 \\ & - \left(\frac{h'}{c^2 - s^2} + \frac{h}{c^2 - s^2} + \gamma \right) \delta_1 + \frac{l}{c^2 - s^2} \delta_3 = D \end{aligned}$$

$$\frac{j}{c^2-s^2} \theta_1 - \frac{j}{c^2-s^2} \theta_3 + \frac{l}{c^2-s^2} \delta_1 - \left(\frac{2h}{c^2-s^2} + \gamma \right) \delta_2 + \frac{l}{c^2-s^2} \delta_3 = E$$

$$\frac{j}{c^2-s^2} \theta_2 - \left(\frac{i}{c^2-s^2} - \frac{i'}{c^2-s^2} \right) \theta_3 + \frac{l}{c^2-s^2} \delta_2 - \left(\frac{h}{c^2-s^2} + \frac{h'}{c^2-s^2} + \gamma \right) \delta_3 = F$$

ただし上式では簡単のために、 θ は実際の θ の $N \cdot \beta$ 倍、 δ は実際の δ の $N \cdot \beta^2$ 倍の値を表わし、添字 m は便宜上省略している。右辺の各項は

$$A = -(H_{M,10} + C_{M,12}), B = -(C_{M,21} + C_{M,23}),$$

$$C = -(C_{M,32} + H_{M,34}), D = -(H_{R,10} - C_{R,12})/\beta,$$

$$E = -(C_{R,21} - C_{R,23})/\beta, F = (C_{R,32} - H_{R,34})/\beta$$

である。また $\gamma_m = m\pi EI/Nb$ とする。

さて $a/b=1/2$ として左辺の各係数の数値を与え、上式を解いて、 δ_1, δ_2 および δ_3 を $A \sim F$ の値で表わすことができる。さて支持弾性梁である縦桁上の版の撓みはすなわち縦桁の撓みである。くわしく書けば、縦桁の撓みは $\delta = \sum \delta_m \sin(m\pi y/b)$ で表わされ、その $\delta_m(\delta_{1,m}, \delta_{2,m}, \delta_{3,m})$ の値を求めたものである。

一方縦桁の曲げモーメントを $M = \sum M_m \sin(m\pi y/b)$ で表わせば、一般に曲げモーメント M と撓み y との間には、 $M = -EI(d^2y/dx^2)$ の関係があるので、

$$M = -EI d^2 \{ \sum \delta_m \sin(m\pi y/b) \} / dy^2 = EI \sum \delta_m (m\pi/b)^2 \sin(m\pi y/b)$$

となり、縦桁中点の曲げモーメントは、 $y=b/2$ において、

$$(M)_{y=b/2} = EI \sum \delta_m (m\pi/b)^2 \cdot \sin(m\pi/2)$$

いま $EI/Nb = k$ とおくと、

$$(M)_{y=b/2} = Nb k \sum \delta_m (m\pi/b)^2 \cdot \sin(m\pi/2)$$

上式の $Nb k (m\pi/b)^2 = N\beta^2 m \delta_m$ はさきの計算ですでに求められている。従つてこの値を bk 倍することにより、ただちに縦桁の曲げモーメントが求められるはずである。

図-1 のように $P(v, u)$ の作用する矩形板では

$$C_{M,AB,m} = -C_M(2P/b) \alpha \sin(m\pi u/b)$$

$$C_{R,AB,m} = C_R(2P/b) \sin(m\pi u/b)$$

であるから、 $u=b/2$ 上の集中荷重のみを考え、 $a/b=1/2$ とすれば、

$$C_{M,AB,m} = -C_M \cdot P \cdot \sin(m\pi/2),$$

$$C_{R,AB,m}/\beta_m = (C_R/\alpha_m) \cdot P \cdot \sin(m\pi/2)$$

となる。これらより $H_{M,AB,m}, H_{R,AB,m}$ も容易に計算できる。 C_M, C_R, H_M, H_R の値は v/a の値に対し、表で与えられている(ここでは省略する)。

さて図-2 の第1スパンの $y=b/2$ 上にある集中荷重による縦桁中点の曲げモーメントの影響線の値を求

めよう。第1スパンの荷重による値は、 A, D のみをとる、他は0とおき、荷重位置(v/a)を $a/10$ ずつ変えて、これに応ずる H_M, H_R の値より δ_1, δ_2 の値を求め、これを k 倍する。第2スパンにある荷重による

表-1 図-2のごとく $y=b/2$ 上にある集中荷重 P による縦桁1の中点の曲げモーメント(単位 Pb)

荷重位置	$k=1$	$k=10$	荷重位置	$k=1$	$k=10$
0	0.00000	0.00000	21	0.02267	0.00657
1	0.01018	0.02393	22	0.01885	-0.00013
2	0.02037	0.04777	23	0.01563	-0.00434
3	0.03061	0.07142	24	0.01290	-0.00664
4	0.04091	0.09464	25	0.01057	-0.00755
5	0.05131	0.11736	26	0.00858	-0.00740
6	0.06188	0.13931	27	0.00688	-0.00660
7	0.07273	0.16024	28	0.00545	-0.00537
8	0.08394	0.17983	29	0.00424	-0.00400
9	0.09762	0.19774	30	0.00326	-0.00270
10	0.11014	0.21324	31	0.00248	-0.00171
11	0.09798	0.19544	32	0.00186	-0.00098
12	0.08763	0.17544	33	0.00138	-0.00048
13	0.07824	0.15413	34	0.00101	-0.00014
14	0.06946	0.13204	35	0.00072	0.00005
15	0.06116	0.10976	36	0.00050	0.00014
16	0.05331	0.08786	37	0.00034	0.00017
17	0.04570	0.06593	38	0.00021	0.00015
18	0.03902	0.04754	39	0.00010	0.00008
19	0.03275	0.03043	40	0.00000	0.00000
20	0.02725	0.01656			

影響線の値は、 A, B, D, E のみ考え、 C, F を0とし、 $a/10$ ずつ荷重位置を変えて、これに応ずる C_M, C_R の値を用いて、 δ_1, δ_2 を求め、これを k 倍する。このようにして求めた、 $y=b/2$ 上にある集中荷重による、縦桁1および2の中点の曲げモーメントの影響線の値を、表-1,2 に示してある。なお y/b の種々の位置にある集中荷重による縦桁の任意の断面の曲げモーメントも同様にして求められるが、これらは省略する。

表-2 図-2のごとく $y=b/2$ 上にある集中荷重 P による縦桁2の中点の曲げモーメント(単位 Pb)

荷重位置	$k=1$	$k=10$
0	0.00000	0.00000
1	0.00177	-0.00228
2	0.00359	-0.00437
3	0.00551	-0.00612
4	0.00757	-0.00760
5	0.00985	-0.00760
6	0.01240	-0.00679
7	0.01530	-0.00480
8	0.01865	-0.00288
9	0.02257	0.00049
10	0.02725	0.01657
11	0.03285	0.03053
12	0.03922	0.04768
13	0.04624	0.06709
14	0.05380	0.08660
15	0.06188	0.10981
16	0.07046	0.13189
17	0.07961	0.15364
18	0.08928	0.17445
19	0.10045	0.19376
20	0.11340	0.21053

3. 周辺を単純支持され、中間において縦桁によつて弾性的に支えられる連続版の縦桁の曲げモーメントに関する等価集中荷重

さて縦桁は両端を単純支持としているので、縦桁自身に直接集中荷重がかかるならば、その集中荷重によつては、 $M=Pb/4$ である。すなわち $P=4M/b$ である。しかし連続版の場合には、縦桁のところの左右の版の反力差が縦桁にかかる荷重である。従つて表-1,2 の値を利用して、 $y=b/2$ 上の任意の位置の集中荷重によ

縦桁の曲げモーメント M を、縦桁の中心に集中荷重 P が直接載る場合の $M = Pb/4$ と等値として、逆に等値集中荷重を求めることができる。これを表-3, 4, 図-3 に示す。

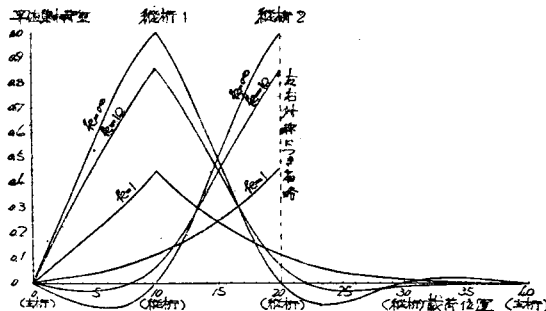
表-3 図-2のごとく、 $y=b/2$ 上にある集中荷重 P の縦桁1の中心の曲げモーメントに関する等値集中荷重 (単位 P)

荷重位置	$k=1$	$k=10$	$k=\infty$	荷重位置	$k=1$	$k=10$	$k=\infty$
0	0.0000	0.0000	0.0000	21	0.0707	0.0263	-0.0451
1	0.0407	0.0757	0.1177	22	0.0752	-0.0005	-0.0709
2	0.0815	0.1720	0.2341	23	0.0625	-0.0174	-0.0821
3	0.1224	0.2657	0.3488	24	0.0516	-0.0266	-0.0826
4	0.1636	0.3786	0.4525	25	0.0423	-0.0302	-0.0752
5	0.2053	0.4672	0.5725	26	0.0342	-0.0294	-0.0625
6	0.2475	0.5572	0.6759	27	0.0275	-0.0284	-0.0457
7	0.2909	0.6410	0.7750	28	0.0223	-0.0215	-0.0268
8	0.3358	0.7193	0.8547	29	0.0170	-0.0189	-0.0136
9	0.3848	0.7710	0.9158	30	0.0130	-0.0068	-0.0002
10	0.4405	0.7750	1.0000	31	0.0099	-0.0039	-0.0095
11	0.3919	0.7018	0.9158	32	0.0074	-0.0019	0.0183
12	0.3505	0.6165	0.7690	33	0.0055	-0.0006	0.0190
13	0.2778	0.5282	0.5950	34	0.0040	0.0002	0.0181
14	0.2047	0.4390	0.4750	35	0.0029	0.0006	0.0158
15	0.1332	0.3514	0.3514	36	0.0020	0.0007	0.0115
16	0.1336	0.2677	0.2552	37	0.0013	0.0006	0.0088
17	0.1561	0.1902	0.1549	38	0.0008	0.0003	0.0045
18	0.1310	0.1317	0.0681	39	0.0004	0.0000	0.0000
19	0.1090	0.0862	0.0000	40	0.0000	0.0000	0.0000

表-4 図-2のごとく、 $y=b/2$ 上にある集中荷重 P の縦桁2の中心の曲げモーメントに関する等値集中荷重 (単位 P)

荷重位置	$k=1$	$k=10$	$k=\infty$
0	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.0071	-0.0091	-0.0231
2	0.0144	-0.0176	-0.0451
3	0.0220	-0.0245	-0.0650
4	0.0303	-0.0281	-0.0815
5	0.0394	-0.0304	-0.0932
6	0.0494	-0.0312	-0.0994
7	0.0612	-0.0300	-0.0997
8	0.0746	-0.0271	-0.0936
9	0.0893	-0.0220	-0.0800
10	0.1070	0.0663	0.0724
11	0.1314	0.1227	0.1637
12	0.1569	0.1907	0.2678
13	0.1849	0.2684	0.3803
14	0.2152	0.3520	0.4970
15	0.2475	0.4392	0.6140
16	0.2818	0.5276	0.7273
17	0.3184	0.6146	0.8328
18	0.3579	0.6978	0.9253
19	0.4018	0.7750	1.0000
20	0.4536	0.8421	1.0000

図-3 縦桁1および2の中央断面の曲げモーメントに関する等値集中荷重の影響線 (載荷線は図-2の $y=b/2$ とする)



すなわち P が直接縦桁に作用するならば、荷重は P そのものである。しかし版をへて縦桁に作用するので、版上の P は縦桁に対しては P でない。たとえば縦桁直上の版に作用する P は、縦桁1に対しては、 $k=1$ の場合 $0.44 P$ 、 $k=10$ の場合 $0.85 P$ 、縦桁2に対しては、 $k=1$ の場合 $0.45 P$ 、 $k=10$ の場合 $0.84 P$ であり、決して版上の P がそのまま縦桁に作用するものではない。この表によれば、 $y=b/2$ の任意の位置において版に作用する集中荷重が、縦桁に作用する場合、これがどんなに減少してゆくかがすぐわかる。なおこの表には $k=\infty$ の場合も示してある。これは縦桁1については

$(V_{12} - V_{10}) \sin(m\pi y/b) y=b/2$ 、縦桁2については $(V_{23} - V_{21}) \sin(m\pi y/b) y=b/2$ によつて求めたものである。この V の求め方はかつて本誌第 37 巻第 11 号に述べたとおりである。

この理由を縦桁上に作用する集中荷重について考えよう。 k の値の小さいのは縦桁の EI が小、従つて撓みやすいことを示し、従つてこの場合版は大いに撓曲し、集中荷重の大部を受け持つのである。 k が大きくなれば縦桁は撓みにくくなり、版の撓曲が少なく、版で集中荷重を受持つ割合が小さくなる。 $k=\infty$ となれば、縦桁上で版は撓みを生ぜず、 P はそのまま縦桁に伝わることになる (この場合縦桁は主桁となり、主桁並列型式の場合に相当する)。表-3, 4 によれば、この辺の事情が明らかである。

4. 2主桁、3縦桁の床組の縦桁の曲げモーメント計算に対する反力係数に関する考察

以上のようにして等値集中荷重の影響線が求められると、これらを利用して、自動車荷重が載る場合の集中荷重を求め、 $M = Pb/4$ として、縦桁の曲げモーメントを求めることができる。従つて実際上はこれで充分であるようであるが、示方書に反力係数の公式があるので、表-3, 4 を利用して、この規定を検討しよう。さて設計に採用している自

図-4

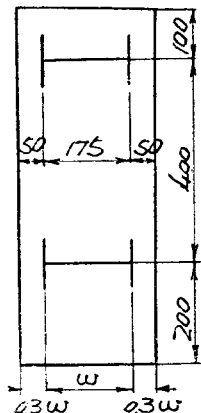


表-5 1車線の場合の反力係数表

1) 縦桁 1

w/a	Q	Case A			Case B			Case C		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.441	0.853	1.000	0.450	0.707	1.052	0.550	0.717	1.000
0.9	1.94	0.438	0.862	1.016	0.443	0.711	1.056	0.520	0.886	0.971
0.8	2.19	0.435	0.871	1.028	0.438	0.705	1.060	0.477	0.871	0.962
0.7	2.50	0.433	0.876	1.038	0.434	0.701	1.060	0.480	0.876	0.966
0.6	2.92	0.432	0.880	1.045	0.431	0.698	1.060	0.467	0.880	0.975
0.5	3.50	0.431	0.882	1.048	0.430	0.693	1.055	0.457	0.882	0.986
0.4	4.38	0.430	0.881	1.048	0.427	0.692	1.051	0.447	0.881	0.977
平均		0.434	0.872	1.032	0.436	0.701	1.056	0.487	0.885	0.980

2) 縦桁 2

w/a	Q	Case D			Case E		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.563	0.708	1.000	0.475	0.877	0.974
0.9	1.94	0.532	0.877	0.975	0.481	0.877	1.010
0.8	2.19	0.509	0.861	0.970	0.470	0.877	1.023
0.7	2.50	0.491	0.854	0.975	0.462	0.879	1.032
0.6	2.92	0.478	0.853	0.986	0.455	0.878	1.039
0.5	3.50	0.467	0.854	0.978	0.450	0.875	1.040
0.4	4.38	0.460	0.856	1.007	0.447	0.872	1.041
平均		0.500	0.866	0.988	0.466	0.877	1.026

3)

w/a	Q	縦桁 1 Case F			縦桁 2 Case G		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.550	0.718	1.000	0.563	0.708	1.000
1.1	1.57	0.531	0.877	0.955	0.544	0.668	0.951
1.2	1.46	0.516	0.852	0.927	0.528	0.841	0.920
1.3	1.35	0.503	0.856	0.918	0.515	0.824	0.905
1.4	1.25	0.492	0.826	0.918	0.508	0.815	0.902
1.5	1.17	0.483	0.823	0.925	0.493	0.812	0.907
1.6	1.10	0.475	0.823	0.938	0.484	0.814	0.919
1.7	1.03	0.468	0.827	0.953	0.476	0.818	0.935
1.8	0.97	0.462	0.832	0.970	0.468	0.825	0.935
1.9	0.92	0.458	0.837	0.986	0.461	0.833	0.977
2.0	0.88	0.454	0.842	1.000	0.454	0.842	1.000

註 輪荷重 A, B はそれぞれ自動車右左の車輪を意味する。

- Case A 輪荷重 B が 縦桁 1 の上にある 載荷状態
- B A-B の中間が " "
- C 輪荷重 A が " "
- D 輪荷重 B が 縦桁 2 の上にある 載荷状態
- E A-B の中間が " "
- F 輪荷重 A が 縦桁 1 の上にある 載荷状態
- G 輪荷重 B が 縦桁 2 の上にある 載荷状態

表-6 1車線, a ≥ 1.75 m の場合の反力係数総括表

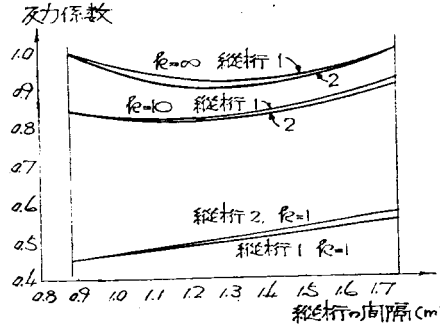
桁番号	縦桁 1				縦桁 2		
	A	B	C	平均	D	E	平均
1	0.434	0.436	0.487	0.453	0.500	0.466	0.483
10	0.872	0.901	0.885	0.886	0.866	0.877	0.872
∞	1.032	1.056	0.980	1.023	0.988	1.026	1.007

自動車荷重の巾は 50+175+50=275cm であるが、このままでは計算に不便であるから、図-4 のように、w=175cm をそのままとして、両側には 0.3w だけ出ているものとする。

1. 1車線の場合 a) 車輪間隔 w がスパン a より小さい場合：表-3.4 を用いて、車輪の縦桁 1 および 2 に及ぼす等値集中荷重の値の合計を求め、これと、床版を単純梁とした場合の縦桁に及ぼす反力の値との比を計算すると、これがいわゆる反力係数であつて、表-5, 1) および 2) のようである。この表の値を総括すると、表-6 となる。まず縦桁 1 および 2 とも反力係数は、k=1 の場合 0.48, k=10 の場合 0.88, k=∞ の場合 1.02 ぐらいとなる。

b) スパン a が車輪間隔 w より小さい場合：表-3.4 を用いて、両輪の縦桁 1 および 2 に及ぼす等値集中荷重の値の合計を求め、これより上と同様にして反力係数を求めると、表-5, 3) のようである。これを図示したのが図-5 である。この場合には a) と違って、ほぼ一定した値をとらない。

図-5



2. 2車線以上の場合 a) 車輪間隔 w がスパン a より小さい場合：表-3.4 を用いて、橋梁に載り得、かつ縦桁中央断面に正の曲げモーメントを生ずるような車輪荷重をできるだけ多く載せて、等値集中荷重を求め、これより前と同様にして反力係数を求めると、表-7, 1), 2) のようになる。これらをもとにして、

表-7 2車線以上の場合の反力係数表

1) 縦桁 1

w/a	a	縦桁 1, Case A			縦桁 1, Case B		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.577	0.880	0.978	0.495	0.877	0.974
0.9	1.94	0.555	0.857	0.914	0.685	0.974	0.972
0.8	2.19	0.540	0.858	0.925	0.614	0.886	0.884
0.7	2.50	0.585	0.875	0.959	0.609	0.847	0.876
0.6	2.92	0.612	0.898	0.976	0.560	0.870	0.915
0.5	3.50	0.583	0.867	0.945	0.406	0.915	0.975
0.4	4.38	0.577	0.868	0.952	0.377	0.893	1.005
		0.577	0.875	0.943	0.395	0.895	0.952

2) 縦桁 2

w/a	a	縦桁 2, Case C			縦桁 2, Case D		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.586	0.919	1.000	0.551	0.928	1.052
0.9	1.94	0.560	0.886	0.971	0.560	0.961	1.056
0.8	2.19	0.560	0.869	0.962	0.529	0.904	1.002
0.7	2.50	0.569	0.862	0.980	0.519	0.886	0.972
0.6	2.92	0.523	0.892	1.006	0.521	0.890	0.980
0.5	3.50	0.510	0.884	0.991	0.544	0.913	1.030
0.4	4.38	0.517	0.902	1.029	0.517	0.907	1.053
		0.547	0.888	0.972	0.534	0.913	1.021

3)

w/a	Q	縦桁 1, Case E			縦桁 2, Case F		
		k=1	k=10	k=∞	k=1	k=10	k=∞
1.0	1.75	0.586	0.919	0.953	0.577	0.880	0.978
1.1	1.57	0.556	0.877	0.925	0.566	0.858	0.903
1.2	1.46	0.516	0.852	0.929	0.557	0.847	0.890

註

- Case A 輪荷重 A が 縦桁 1 の上にある 載荷状態
- B A-B の中間が " "
- C 輪荷重 B が 縦桁 2 の上にある 載荷状態
- D A-B の中間が " "
- E 輪荷重 B が 縦桁 1 の上にある 載荷状態
- F 輪荷重 B が 縦桁 2 の上にある 載荷状態

表一8 2車線以上、 $a \geq 1.75$ m の場合の
反力係数総括表

桁 場合 k	縦桁 1			縦桁 2		
	A	B	平均	C	D	平均
1	0.579	0.595	0.587	0.547	0.534	0.541
10	0.875	0.895	0.885	0.888	0.913	0.901
∞	0.943	0.952	0.948	0.992	1.021	1.007

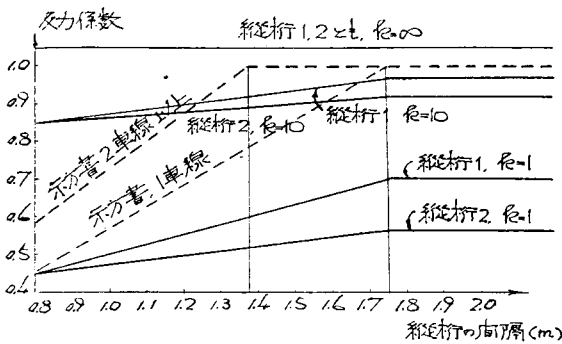
平均値を整理すると表一8 のようである。概括的に言
つて $k=1, 10, \infty$ の場合に対して反力係数は 0.56,
0.89, 0.98 となり、1車線の場合よりやや大きいよう
である。

b) スパン a が車輪間隔 w より小さい場合：4ス
パン連続床版の場合を対象としたが、2車線以上を載荷
しうるのはごくわずかの場合に限られ、これ以外は1
車線の場合と同様である。これを表一7, 3) に示す。

以上の解析よりわかるとおり、反力係数は示方書に
示されたものと全然異なる。示方書の反力係数は床版
の連続性のみを考慮しているが、なおこの縦桁と床版
の曲げ剛性の比（相関剛比とも名づけられる）を考慮
する必要がある。また示方書の反力係数の値は $a \geq$
1.75 m に対しては、 $k=\infty$ の場合に相当し、これは
主桁並列型式の場合であつて、縦桁のある場合ではな
い。

以上の計算は $k=1, 10, \infty$ の3つの場合に対する計
算にすぎない。かりに反力係数の表のうちから最大値
のみをとつて、新しい反力係数を提案すると、図一
6 のようになる。 k の他の値に対しては、3つの場合
の値より内挿法によつて求めるとよい。

図一6



さて以上では $k=1, 10, \infty$ の3つの場合を考えたの
であるが、実際の橋梁では k の値はどんなになつて
いるであろうか。牧野喬氏の設計案中標準国道鈎橋の
活荷重第1種、有効巾員 7.5 m, スパン 20 m (30 m)
のものは、縦桁間隔 $a=1.65$ m に対し、 $b=3.33$ m
(3.40 m) となつており、縦桁にはともに、 $I-350 \times$
 150×9 を用いている。この縦桁に対し、床版厚さ $h=$

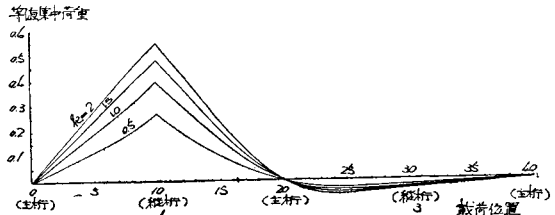
15~20 cm, $b=3.33$ m の場合の k の値を求めると次
のようになる。

床版の厚さ (cm)	15	16	7	18	19	20
k	1.6	1.4	1.1	0.9	0.8	0.7

従つてわれわれが実際に用いている床版の厚さおよび
縦桁では、まず $k=1.0$ とみなしてさしつかえない。
この点から、いかに従来の反力係数が大きく、従つて
縦桁の曲げモーメントを過大にとつていたかがわかる
と思う。従つて反力係数の撰定にあつては、必ず k
の値を吟味することを忘れてはならない。

正しい縦桁の設計は、縦桁の断面の仮定 $\rightarrow k$ の仮定
 \rightarrow 反力係数の決定 \rightarrow 縦桁の曲げモーメントの計算 \rightarrow 縦
桁の断面決定の順序に計算を行う。従つてちようど不
静定構造物の設計と同一順序に計算を行うことが必要
となり、従来の簡単な計算法の数倍の手数を要するこ
とになるが、正しい計算のためには、少しぐらいの労
力を惜しんでならないと思う。

図一7 縦桁1の中央断面の曲げモーメントに関
する等値集中荷重の影響線
(載荷線は図一2の $y=b/2$ とする)



5. 3主桁, 2縦桁の床組の縦桁の曲げモーメント

この場合は、図一2 に対する計算式において、
 $\gamma_2 = \infty$ すなわち $\delta_2 = 0$ とおいた場合に相応し、
等値集中荷重の計算結果のみ示すと、図一7 のよ
うである。この場合については、特に $k=1.0$ の
附近の4つの値に対する結果を示してある。この
ように k の小さい場合に対しては、 k を考慮する
必要性がいちじるしい。

6. 結 論

以上は縦桁の曲げモーメント計算に対し、相関
剛比 k の導入の必要なことを述べ、これを数値例
をもつて示したものである。上にみるごとく、実際の
構造物では、 $k=1.0$ の程度のことが多く、従つて特
に k を考慮した反力係数の必要が痛感される。この目
的に対しこの研究はなんらか役立つと思う。

なお、あらゆる場合に妥当な反力係数の提案は容易
でないので、不便でも表一3, 4 および図一3, 7 のよ
うな表あるいは図をみずから誘導しつつ、計算を進めた

方がよいと思う。

以上は単に理論的研究にすぎないが、著者の研究室では、菅鳩橋の縦桁応力の実測値の理論的検討に k の値を用いた比較的理論的な研究を行い、好成績を収めている。これからしても k を考慮した縦桁応力の曲げモーメントの計算の必要性がわかると思う。

文 献

- 1) N.M. Newmark and C.P. Siess: University of Illinois Bulletin, No. 336(1942)
- 2) 平井 敦: 鋼橋 I, p. 300 (昭 26)
- 3) 成岡昌夫: 土木学会論文集, 第3号, p.1(昭24)
- 4) 大村 裕: 土木学会誌, 第38巻 第6号, p. 8 (昭 28) (昭.28.2.19)

土木学会刊行物一覽

土木工学論文抄録 第3集	A 4判 230頁	実費 500円 (送料 60円)
” 第4集	A 4判 173頁	” 450円 (” 60円)
土木学会論文集 第3号	B 5判 183頁	” 160円 (” 30円)
” 第4号	B 5判 134頁	” 200円 (” 30円)
” 第5号	B 5判 140頁	” 250円 (” 30円)
” 第6号	B 5判 140頁	” 250円 (” 30円)
” 第7号(仁杉博士)	B 5判 33頁	” 60円 (” 10円)
” 第8号(国分博士)	B 5判 24頁	” 50円 (” 10円)
” 第9号(小西博士)	B 5判 9頁	” 20円 (” 10円)
” 第10号(岡本博士 久保慶三郎)	B 5判 18頁	” 40円 (” 10円)
” 第11号(林 泰造)	B 5判 ^{英文} 11頁	” 50円 (” 10円)
” 第12号(沼田・丸安・黒崎)	B 5判 26頁	” 60円 (” 10円)
” 第13号	B 5判 54頁	” 80円 (” 10円)
” 第14号	B 5判 53頁	” 120円 (” 10円)
” 第15号(結城博士)	B 5判 ^{英文} 7頁	” 60円 (” 10円)
” 第16号	B 5判 66頁	” 120円 (” 10円)
コンクリート標準示方書(昭和26年度)	B 6判 266頁	” 180円 (” 20円)
コンクリート標準示方書解説	B 5判 167頁	” 300円 会員特価240円 (” 30円)
水 理 公 式 集	A 5判 167頁	” 200円 (” 20円)
最 新 土 質 工 学	B 5判 118頁	” 150円 (” 30円)
第6回年次学術講演会講演概要	B 5判 100頁	” 150円 会員特価100円 (” 20円)
第7回 ”	B 5判 120頁	” 200円 会員特価150円 (” 20円)
第8回 ”	B 5判 103頁	” 150円 (” 20円)
第9回 ”	B 5判 116頁	” 150円 (送料共)
昭和26年 夏季講習会パンフレット I コンクリートとダム	B 5判 66頁	” 150円 会員特価120円 (”)
II 橋 梁	B 5判 92頁	” 200円 会員特価150円 (”)
昭和26年土木学会名簿	A 5判 397頁	” 会員特価100円 (” 35円)
昭和27年 夏季講習会パンフレット 建設機械化	B 5判 176頁	” 300円 (” 30円)
土木製図基準 (I)	B 5判 46頁	” 200円 (” 30円)