

単純箱桁橋の近似解析法*

正 員 星 治 雄**

要 旨 単純支持の鋼床版箱桁橋の変形および応力を立体的に解析して、その近似解法を提示し、模型実験によってその信頼性を確かめ、さらに荷重配分に対する床版の協力作用を考察したものである。

1. 緒 言

著者は従来より桁橋骨組の立体的解析を試み、その解法ならびに性状について考究してきた。ところが実際の橋梁は骨組と床版とが一体化して荷重に抵抗するため、骨組のみの解析では、不十分であることはいまでもない。しかし、その変形の大勢を支配するのは骨組または骨組と考えられる部分であるから、骨組自身の性状を知ることが重要であることも事実である。このような考慮の上に立って骨組に床版を合成した場合、どのような影響が現われるかという観点からこの問題をとりあげた。

主桁がI形断面のように巾を有しない場合は、これをその位置において集中した弾性ばりと仮定し、そのような弾性ばりによって弾性固定支持された板を解けば、近似的に問題は解決される¹⁾。しかし箱桁のように相当な巾を有する構造では、このような取り扱いは事実と相違する結果を得ることは明らかである。そこで著者は主として鋼床版の箱桁橋を対象として、次に述べるような解析法を適用し、簡単な実験を試み、両者の良好なる一致を得たので、ここに取りまとめることにした。なお本解法は鉄筋コンクリート箱桁橋の場合にも適用され得るものと考えられる。

2. 解法の概要および仮定

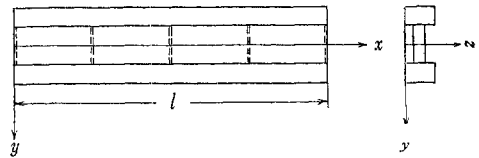
2 箱桁を並列し、 m 本の横桁および鋼床版で連結されたような、ねじり固定の単純支持箱桁橋について考察する。そのため横桁を有しないで、鋼床版によって連結された箱桁並列構造を基本系にとり、まずこれを解析する。次に横桁を有する場合については、横桁の支間中央に断面を設定して、そこに不静定量を作用せしめれば、基本系が支間中央のところで切断された横桁を有する場合を解くことに帰することができる。

解法を誘導するために、次のような仮定を設ける。

- 1) 箱桁部分の断面形状はその荷重のいかにかわらなくともその形状を保持するものとする。
- 2) 箱桁はその両支点においてねじり固定の単純支持されているものとする。

- 3) 両箱桁の間にある鋼床版の部分は等方性板とする。
- 4) 床版部分は両支点のところで単純支持されているものとする。
- 5) 横桁は床版とは無関係にあり、そのねじり剛性はこれを無視する。
- 6) 応力計算の際の中立軸は全断面により決定する。
- 7) 座標系その他は図-1のとおりとする。

図-1



3. 使用記号

おもな使用記号は次のとおりである。

- EI_1 : 主桁の曲げ剛性
- EI_2 : 横桁の曲げ剛性
- GJ : 主桁の単純ねじり剛性
- EC_w : 主桁の曲げねじり剛性
- D : 板の曲げ剛度
- ν : ポアソン比
- w : 板のたわみ
- δ : 主桁のせん断中心のたわみ
- ϕ : 主桁のねじれ角

A_n, B_n, C_n, D_n : 板のたわみの方程式をあらわす未定係数

L_n : 荷重を Fourier 級数展開したときの係数

R_n : δ を Fourier 級数展開したときの係数

S_n : ϕ を Fourier 級数展開したときの係数

l : 主桁支間, l_1 : 主桁格間 (横桁間隔)

l_2 : 横桁支間

X : 横桁切断面における不静定せん断力

\bar{X} : 横桁切断面における不静定モーメント

$$\alpha_n = \frac{n\pi}{l}, K_{1n} = \frac{D}{EI_1} \alpha_n^{-1}, K_{2n} = \frac{D}{GJ} \alpha_n^{-1},$$

$$K_{3n} = \frac{EC_w}{GJ} \alpha_n^2, \tau_n = \frac{1}{1 + K_{3n}}$$

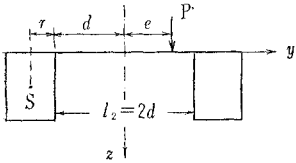
4. 基本系

全構造は橋軸に関して左右対称であるから、図-2 において y の正の部分、すなわち橋軸より右の部分について

* 土木学会 第 15 回年次学術講演会 (昭.35) で一部発表

** 工学博士 徳島大学教授 工学部土木工学教室

図-2



でのみ考える。

図において S は箱桁部分のせん断中心を示す。この場合箱桁部分は矩形であるから、それは断面の図心と一致する。他の記号は図上に示す通りである。

さて荷重位置およびその作用状態によって、次のような6つの場合が取り扱われることになる。

(a) 荷重位置 $0 \leq e \leq d$ の場合

- ① 対称荷重 ② 逆対称荷重

(b) 荷重位置 $d \leq e$ の場合

- ① 対称荷重 ② 逆対称荷重

(c) 不静定量が作用する場合

- ① 不静定量 \bar{X} ② 不静定量 X

以上の各場合について順次述べる。

(a) 荷重位置 $0 \leq e \leq d$ 床版部分を $y=e$ のところ

で2分して考え、板のたわみの方程式をそれぞれ

$0 \leq y \leq e$

$$w = \sum_n L_n (A_n \cosh \alpha_n y + B_n \sinh \alpha_n y + C_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D_n \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \times \sin \alpha_n x \dots\dots\dots (1)$$

$e \leq y \leq d$

$$w' = \sum_n L_n (A_n' \cosh \alpha_n y + B_n' \sinh \alpha_n y + C_n' \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D_n' \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \times \sin \alpha_n x \dots\dots\dots (2)$$

とする。ここで未定係数は $L_n A_n \sim L_n D_n'$ の総計8個で、これらを決定するために必要な境界条件および連続条件を対称および逆対称荷重の場合について示すと次のようである。

	y	対称荷重の場合	逆対称荷重の場合
1	0	$\frac{\partial w}{\partial y} = 0$	$w = 0$
2	0	$\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = 0$	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$
3	e	$w - w' = 0$	同 左
4	e	$\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial w'}{\partial y} = 0$	"
5	e	$D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \nu \frac{\partial^3 w}{\partial x^2} \right) - D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + \nu \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2} \right) = 0$	"
6	e	$D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right) - D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2 \partial y} \right) = -p$	"
7	d	$w' = -\phi r + \delta$	"
8	d	$\frac{\partial w'}{\partial y} = \phi$	"

以上において、条件7,8にふくまれる ϕ および δ はそれぞれ次の通りである。

$$-EC_w \frac{d^4 \phi}{dx^4} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = D \left(\frac{\partial^2 w'}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2} \right)_{y=d} + D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r \dots\dots (3)$$

$$EI_x \frac{d^4 \delta}{dx^4} = D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \dots\dots (4)$$

ここで $\phi = \sum_n L_n R_n \sin \alpha_n x$, $\delta = \sum_n L_n S_n \sin \alpha_n x$ と Fourier 級数展開されるものとして、それぞれ x で微分すると

$\frac{d^4 \phi}{dx^4} = \sum_n L_n R_n \alpha_n^4 \sin \alpha_n x \dots\dots\dots i)$

$\frac{d^2 \phi}{dx^2} = -\sum_n L_n R_n \alpha_n^2 \sin \alpha_n x \dots\dots\dots ii)$

$\frac{d^4 \delta}{dx^4} = \sum_n L_n S_n \alpha_n^4 \sin \alpha_n x \dots\dots\dots iii)$

ゆえに

$$-EC_w \frac{d^4 \phi}{dx^4} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = -\sum_n GJ L_n R_n \alpha_n^2 (1 + K_{3n}) \sin \alpha_n x \dots\dots iv)$$

となる。また式(3),(4)における右辺の各項はそれぞれ次のようになる。

$$D \left(\frac{\partial^2 w'}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w'}{\partial x^2} \right)_{y=d} + D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r = \sum_n D L_n \alpha_n^2 \left[A_n' (1-\nu) (\cosh \alpha_n d - \alpha_n r \sinh \alpha_n d) + B_n' (1-\nu) (\sinh \alpha_n d - \alpha_n r \cosh \alpha_n d) + C_n' [2 - \alpha_n d \alpha_n r (1-\nu)] \cosh \alpha_n d + \{ \alpha_n d (1-\nu) + \alpha_n r (1+\nu) \} \sinh \alpha_n d + D_n' [2 - \alpha_n d \alpha_n r (1-\nu)] \sinh \alpha_n d + \{ \alpha_n d (1-\nu) + \alpha_n r (1+\nu) \} \cosh \alpha_n d \right] \sin \alpha_n x \dots\dots v)$$

$$D \left(\frac{\partial^3 w'}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w'}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} = -\sum_n D L_n \alpha_n^3 \{ A_n' (1-\nu) \sinh \alpha_n d + B_n' (1-\nu) \cosh \alpha_n d - C_n' \{ (1+\nu) \sinh \alpha_n d - (1-\nu) \alpha_n d \cosh \alpha_n d \} - D_n' \{ (1+\nu) \cosh \alpha_n d - (1-\nu) \alpha_n d \sinh \alpha_n d \} \} \sin \alpha_n x \dots\dots vi)$$

以上式(1)~(4), i)~vi)を用い、条件1~8より、未定係数に関する連立1次方程式を対称荷重および逆対称荷重の場合について得る。これらを解けば求める未定係数はそれぞれ次のようになる。

この際、荷重関数は荷重位置 $0 \leq e \leq d$ に対しては

$\frac{p}{D} = \sum_n L_n \sin \alpha_n x \dots\dots\dots vii)$

と Fourier 級数展開されるものとする。従って例えば

$$\left. \begin{aligned} L_n &= \frac{2q}{D \alpha_n^4 l} (n=1,3,5,\dots) \text{線荷重} \\ L_n &= \frac{P}{D \alpha_n^3 l} \sin \alpha_n x_0 (n=1,2,3,\dots) \text{集中荷重} \end{aligned} \right\} vii)$$

である。ただし x_0 は左端から荷重までの距離を示す。

- ① 対称荷重

$$A_n = A'_n - (\sinh \alpha_n e - \alpha_n e \cosh \alpha_n e) \dots (5)$$

$$B_n = 0 \dots (6)$$

$$C_n = C'_n + \sinh \alpha_n e \dots (7)$$

$$D_n = 0 \dots (8)$$

$$N_n A'_n = (\cosh \alpha_n e - \alpha_n e \sinh \alpha_n e) [2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \cosh^2 \alpha_n d + \{ 1 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r \nu + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu^2) \} \sinh^2 \alpha_n d + 2 \{ K_{1n} + K_{2n} \tilde{r}_n (1 + \alpha_n^2 r^2) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d - \cosh \alpha_n e [\alpha_n^2 d^2 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n (d+r) - \alpha_n d \alpha_n^2 r^2 - \alpha_n^2 d^2 \alpha_n r (1-\nu) \} - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n \{ 2(1+\nu) + \alpha_n^2 d^2 (1-\nu) \} - 2 K_{1n} \alpha_n d] \dots (9)$$

$$B'_n = -(\cosh \alpha_n e - \alpha_n e \sinh \alpha_n e) \dots (10)$$

$$N_n C'_n = (\cosh \alpha_n e - \alpha_n e \sinh \alpha_n e) \{ 1 - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n \times (1-\nu)^2 - 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} - \cosh \alpha_n e \times [2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \sinh^2 \alpha_n d + \{ 1 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r \nu + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu^2) \} \times \cosh^2 \alpha_n d + 2 \{ K_{1n} + K_{2n} \tilde{r}_n (1 + \alpha_n^2 r^2) \} \times \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d] \dots (11)$$

$$D'_n = \cosh \alpha_n e \dots (12)$$

$$N_n S_n = 2 K_{1n} \{ \cosh \alpha_n e [\{ \alpha_n d + 2 K_{2n} \tilde{r}_n - K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n d \alpha_n r (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d + \{ 1 + K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n d (1-\nu) + K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1+\nu) \} \sinh \alpha_n d - \alpha_n e \sinh \alpha_n e [K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu) \cosh \alpha_n d + \{ 1 - K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d] \} \dots (13)$$

$$N_n R_n = -2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n \{ \cosh \alpha_n e [\{ \alpha_n d \alpha_n r + K_{1n} \alpha_n d (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d + \{ \alpha_n (d+r) - K_{1n} (1+\nu) \} \sinh \alpha_n d] - \alpha_n e \sinh \alpha_n e [\cosh \alpha_n d + \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d] \} \dots (14)$$

上式中

$$N_n = 2 (K_{1n} + K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n^2 r^2) \sinh^2 \alpha_n d + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \cosh^2 \alpha_n d + \{ 1 - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n \times (1-\nu)^2 - 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} \alpha_n d + \{ 1 + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (3+\nu) (1-\nu) + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1+\nu) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \dots (15)$$

② 逆対称荷重

$$A_n = 0 \dots (16)$$

$$B_n = B'_n + (\cosh \alpha_n e - \alpha_n e \sinh \alpha_n e) \dots (17)$$

$$C_n = 0 \dots (18)$$

$$D_n = D'_n - \cosh \alpha_n e \dots (19)$$

$$A'_n = \sinh \alpha_n e - \alpha_n e \cosh \alpha_n e \dots (20)$$

$$N'_n B'_n = -(\sinh \alpha_n e - \alpha_n e \cosh \alpha_n e) [2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \sinh^2 \alpha_n d + \{ 1 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r \nu + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu^2) \} \cosh^2 \alpha_n d + 2 \{ K_{1n} + K_{2n} \tilde{r}_n (1 + \alpha_n^2 r^2) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d] \dots (21)$$

$$- \sinh \alpha_n e [\alpha_n^2 d^2 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n (d+r) - \alpha_n d \alpha_n^2 r^2 - \alpha_n^2 d^2 \alpha_n r (1-\nu) \} - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n \{ 2(1+\nu) + \alpha_n^2 d^2 (1-\nu) \} - 2 K_{1n} \alpha_n d] \dots (21)$$

$$C'_n = -\sinh \alpha_n e \dots (22)$$

$$N'_n D'_n = (\sinh \alpha_n e - \alpha_n e \cosh \alpha_n e) \{ 1 - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n \times (1-\nu)^2 - 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} + \sinh \alpha_n e [2 K_{2n} \tilde{r}_n \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \times \cosh^2 \alpha_n d + \{ 1 + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r \nu + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu^2) \} \sinh^2 \alpha_n d + 2 \{ K_{1n} + K_{2n} \tilde{r}_n (1 + \alpha_n^2 r^2) \} \times \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d] \dots (23)$$

$$N'_n S'_n = 2 K_{1n} \{ \sinh \alpha_n e [\{ \alpha_n d + 2 K_{2n} \tilde{r}_n - K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n d \alpha_n r (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d + \{ 1 + K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n d (1-\nu) + K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1+\nu) \} \cosh \alpha_n d - \alpha_n e \cosh \alpha_n e [K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu) \sinh \alpha_n d + \{ 1 - K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d] \} \dots (24)$$

$$N'_n R'_n = -2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n \{ \sinh \alpha_n e [\{ \alpha_n d \alpha_n r + K_{1n} \alpha_n d (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d + \{ \alpha_n (d+r) - K_{1n} (1+\nu) \} \cosh \alpha_n d - \alpha_n e \cosh \alpha_n e [\sinh \alpha_n d + \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d] \} \dots (25)$$

上式中

$$N'_n = 2 (K_{1n} - K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n^2 r^2) \cosh^2 \alpha_n d + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \sinh^2 \alpha_n d - \{ 1 - K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (1-\nu)^2 - 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1-\nu) \} \alpha_n d + \{ 1 + K_{1n} K_{2n} \tilde{r}_n (3+\nu) (1-\nu) + 2 K_{2n} \tilde{r}_n \alpha_n r (1+\nu) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \dots (26)$$

(b) 荷重位置 $d \leq e$ 板のたわみの方程式を

$$w = \sum_n L_n (A_n \cosh \alpha_n y + B_n \sinh \alpha_n y + C_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D_n \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \sin \alpha_n x \dots (27)$$

とすると、境界条件および連続条件は対称および逆対称荷重に対して次のようになる。

	y	対称荷重の場合	逆対称荷重の場合
1	0	$\frac{\partial w}{\partial y} = 0$	$w = 0$
2	0	$\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} = 0$	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$
3	d	$w = -\phi r + \delta$	同 左
4	d	$\frac{\partial w}{\partial y} = \phi$	同 左

以上において、条件 3, 4 にふくまれる ϕ および δ はそれぞれ次の通りである。

$$-ECw \frac{d^3 \phi}{dx^3} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)_{y=d}$$

$$+ D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r + p(d+r-e) \dots\dots\dots(28)$$

$$EI_1 \frac{d^4 \delta}{dx^4} = D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} + p \quad (29)$$

ここで (a) の場合と同じようにして、連立1次方程式を作成して、これらを解けば、対称および逆対称荷重の場合に対して、求める未定係数はそれぞれ次のようになる。この際、荷重関数は荷重位置 $d \leq e$ に対しては

$$\frac{p}{EI_1} = \sum_n L_n \sin \alpha_n x \dots\dots\dots \text{viii)}$$

と Fourier 級数展開されるものとする。従って例えば

$$\left. \begin{aligned} L_n &= \frac{4q}{EI_1 \alpha_n^3 l} \quad (n=1, 3, 5, \dots) \text{線荷重} \\ L_n &= \frac{2P}{EI_1 \alpha_n^4 l} \sin \alpha_n x_0 \quad (n=1, 2, 3, \dots) \text{集中荷重} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots \text{viii')}$$

となる。

① 対称荷重

$$\begin{aligned} N_n A_n &= [\alpha_n(d+r) + K_{1n}(1+\nu)] \sinh \alpha_n d \\ &+ [\alpha_n d \alpha_n r + K_{1n} \alpha_n d(1-\nu)] \cosh \alpha_n d \\ &\times \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} \\ &+ [1 + K_{2n} r n \{ \alpha_n d(1-\nu) + \alpha_n r(1+\nu) \}] \\ &\times \sinh \alpha_n d + [\alpha_n d + K_{2n} r n \{ 2 - \alpha_n d \alpha_n r \\ &\times (1-\nu) \}] \cosh \alpha_n d \dots\dots\dots(30) \end{aligned}$$

$$B_n = 0 \dots\dots\dots(31)$$

$$\begin{aligned} N_n C_n &= -[\alpha_n r + K_{1n}(1-\nu)] \sinh \alpha_n d + \cosh \alpha_n d \\ &\times \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} \\ &- [1 - K_{2n} r n \alpha_n r(1-\nu)] \sinh \alpha_n d \\ &+ K_{2n} r n(1-\nu) \cosh \alpha_n d \dots\dots\dots(32) \end{aligned}$$

$$D_n = 0 \dots\dots\dots(33)$$

$$\begin{aligned} N_n S_n &= [\alpha_n d(1-\nu) - (1+\nu) \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &- 2 \alpha_n r \sinh^2 \alpha_n d] \{ K_{2n} r n \alpha_n (d+r-e) \} \\ &+ [2 K_{2n} r n (\alpha_n^2 r^2 \sinh^2 \alpha_n d + \cosh^2 \alpha_n d) \\ &+ \{ 1 + 2 K_{2n} r n \alpha_n r(1+\nu) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &+ \{ 1 - 2 K_{2n} r n \alpha_n r(1-\nu) \} \alpha_n d] \dots\dots\dots(34) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n R_n &= -\alpha_n \{ \alpha_n d + \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &+ 2 K_{1n} \sinh^2 \alpha_n d \} \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} \\ &+ K_{2n} r n \alpha_n [- (1-\nu) \alpha_n d + (1+\nu) \sinh \alpha_n d \\ &\times \cosh \alpha_n d + 2 \alpha_n r \sinh^2 \alpha_n d] \dots\dots\dots(35) \end{aligned}$$

② 逆対称荷重

$$A_n = 0 \dots\dots\dots(36)$$

$$\begin{aligned} N_n' B_n &= [\alpha_n(d+r) - K_{1n}(1+\nu)] \cosh \alpha_n d \\ &+ [\alpha_n d \alpha_n r + K_{1n} \alpha_n d(1-\nu)] \sinh \alpha_n d \\ &\times \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} + [1 + K_{2n} r n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\times \{ \alpha_n d(1-\nu) + \alpha_n r(1+\nu) \} \cosh \alpha_n d \\ &+ [\alpha_n d + K_{2n} r n \{ 2 - \alpha_n d \alpha_n r(1-\nu) \}] \\ &\times \sinh \alpha_n d \dots\dots\dots(37) \end{aligned}$$

$$C_n = 0 \dots\dots\dots(38)$$

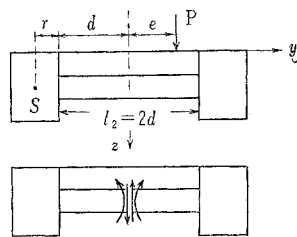
$$\begin{aligned} N_n' D_n &= -[\alpha_n r + K_{1n}(1-\nu)] \cosh \alpha_n d \\ &+ \sinh \alpha_n d \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} \\ &- [1 - K_{2n} r n \alpha_n r(1-\nu)] \cosh \alpha_n d \\ &+ K_{2n} r n(1-\nu) \sinh \alpha_n d \dots\dots\dots(39) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n' S_n &= -[\alpha_n d(1-\nu) + (1+\nu) \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &+ 2 \alpha_n r \cosh^2 \alpha_n d] \{ K_{2n} r n \alpha_n (d+r-e) \} \\ &+ [2 K_{2n} r n (\alpha_n^2 r^2 \cosh^2 \alpha_n d + \sinh^2 \alpha_n d) \\ &+ \{ 1 + 2 K_{2n} r n \alpha_n r(1+\nu) \} \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &- [1 - 2 K_{2n} r n \alpha_n r(1-\nu)] \alpha_n d] \dots\dots\dots(40) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_n' R_n &= \alpha_n \{ \alpha_n d - \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\ &- 2 K_{1n} \cosh^2 \alpha_n d \} \left\{ \frac{K_{2n} r n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r-e) \right\} \\ &+ K_{2n} r n \alpha_n [\alpha_n d(1-\nu) + (1+\nu) \sinh \alpha_n d \\ &\times \cosh \alpha_n d + 2 \alpha_n r \cosh^2 \alpha_n d] \dots\dots\dots(41) \end{aligned}$$

(c) 不静定量が作用する場合 箱桁並列構造が m 本の横桁を有する場合には、前述のように、横桁の支間中央のところに断面を設定して、そこに不静定量を作用せしめる。この際、仮定により、横桁のねじり剛性は無視されるから、横桁 i について考えれば、その不静定量と

図-3



しては、断面に作用するせん断力 X_i および曲げモーメント \bar{X}_i であって、その正方向は図-3に示す通りである。

そこで、切断された横桁の断面に、それぞ

れ力およびモーメントが作用するような基本系について解式を誘導する。

原構造系に対称荷重が作用する場合は、横桁中央でのせん断応力は0となり、 $X=0$ であって \bar{X} のみ作用する。これに対し逆対称荷重が作用する場合は、横桁中央での曲げモーメントは0となり、 $\bar{X}=0$ であって X のみか作用する。すべての荷重状態は対称荷重と逆対称荷重とに分けることができるから、以上の2つの場合について説明すればよいことになる。

① 不静定モーメント \bar{X}_i が作用する場合：この場合一對の \bar{X}_i は基本系に対して対称荷重として作用する。

いま板の方程式

$$\begin{aligned} w &= \sum_n L_n (A_n \cosh \alpha_n y + B_n \sinh \alpha_n y \\ &+ C_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y \\ &+ D_n \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \sin \alpha_n x \dots\dots\dots(42) \end{aligned}$$

において、未定係数を決定するための境界条件は次の通りである。

1	$y=0$	$\frac{\partial w}{\partial y}=0$
2	$y=0$	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x^2 \partial y}=0$
3	$y=d$	$w = -\phi r + \delta$
4	$y=d$	$\frac{\partial w}{\partial y} = \phi$

以上において、条件 3, 4 にふくまれる ϕ および δ , すなわち、箱桁部分のねじれ角およびたわみは次式より求められる。

$$-ECw \frac{d^4 \phi}{dx^4} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)_{y=d} + D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r - \sum_{i=1}^m \bar{X}_i U_I(x-x_i) \dots (43)$$

$$EI_1 \frac{d^4 \delta}{dx^4} = D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \dots (44)$$

ここで、 ϕ および δ は前述のように Fourier 級数展開され、不静定量 \bar{X}_i に関しては、

$$\sum_{i=1}^m \bar{X}_i U_I(x-x_i) = \sum_n \sum_{i=1}^m \frac{2}{l} \bar{X}_i \sin \alpha_n x_i \cdot \sin \alpha_n x \quad (n=1, 2, 3 \dots) \dots \text{ix}$$

と Fourier 級数展開されるものとする。ただし $U_I(x-x_i)$ は unit impulsive function である。

以上より、前述のように未定係数を決定すべき連立 1 次方程式を作成し、これらを解けば次のようになる。ただし荷重関数は

$$L_n = \frac{-r_n}{GJ \alpha_n^3} \sum_{i=1}^m \frac{2}{l} \bar{X}_i \sin \alpha_n x_i \quad (n=1, 2, 3 \dots) \dots \text{x}$$

とする。

$$N_n A_n = \{ \alpha_n (d+r) - K_{1n} (1+\nu) \} \sin \alpha_n d + \{ \alpha_n d \alpha_{nr} + K_{1n} \alpha_n d (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d \quad (45)$$

$$B_n = 0 \dots (46)$$

$$N_n C_n = - \{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d - \cosh \alpha_n d \dots (47)$$

$$D_n = 0 \dots (48)$$

$$N_n S_n = K_{1n} \{ \alpha_n d (1-\nu) - (1+\nu) \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d - 2 \alpha_n r \sinh^2 \alpha_n d \} \dots (49)$$

$$N_n R_n = - \alpha_n \{ \alpha_n d + \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d + 2 K_{1n} \sinh^2 \alpha_n d \} \dots (50)$$

② 不静定力 X_i が作用する場合：この場合、一對の X_i は基本系に対して逆対称荷重として作用する。

いま板の方程式

$$w = \sum_n L_n (A_n \cosh \alpha_n y + B_n \sinh \alpha_n y + C_n \alpha_n y \sinh \alpha_n y + D_n \alpha_n y \cosh \alpha_n y) \sin \alpha_n x \dots (51)$$

において、境界条件は次の通りである。

1	$y=0$	$w=0$
2	$y=0$	$\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0$
3	$y=d$	$w = -\phi r + \delta$
4	$y=d$	$\frac{\partial w}{\partial y} = \phi$

以上において、 ϕ と δ とは次式によって決定される。

$$-ECw \frac{d^4 \phi}{dx^4} + GJ \frac{d^2 \phi}{dx^2} = D \left(\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \nu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} \right)_{y=d} + D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} \cdot r - \sum_{i=1}^m X_i (d+r) \cdot U_I(x-x_i) \dots (52)$$

$$EI_1 \frac{d^4 \delta}{dx^4} = D \left(\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + [2-\nu] \frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} \right)_{y=d} - \sum_{i=1}^m X_i \cdot U_I(x-x_i) \dots (53)$$

ここで ϕ および δ は前述のように Fourier 級数展開され、不静定量 X_i に関しては

$$\sum_{i=1}^m X_i (d+r) \cdot U_I(x-x_i) = \sum_n \sum_{i=1}^m \frac{2}{l} \times X_i (d+r) \sin \alpha_n x_i \cdot \sin \alpha_n x \quad (n=1, 2, 3 \dots) \dots \text{xi}$$

$$\sum_{i=1}^m X_i \cdot U_I(x-x_i) = \sum_n \sum_{i=1}^m \frac{2}{l} X_i \sin \alpha_n x_i \cdot \sin \alpha_n x \quad (n=1, 2, 3 \dots) \dots \text{xii}$$

と Fourier 級数展開されるものとする。

以上より、未定係数を決定すべき連立 1 次方程式を導き、これを解けば次のようになる。ただし、荷重関数は

$$L_n = - \frac{1}{EI_1 \alpha_n^4} \sum_{i=1}^m \frac{2}{l} X_i \sin \alpha_n x_i \quad (n=1, 2, 3 \dots) \dots \text{xiii}$$

とする。

$$A_n = 0 \dots (54)$$

$$N_n' B_n = [\{ \alpha_n (d+r) - K_{1n} (1+\nu) \} \cosh \alpha_n d + \{ \alpha_n d \alpha_{nr} + K_{1n} \alpha_n d (1-\nu) \} \sinh \alpha_n d] \times \left\{ \frac{K_{2n} r_n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r) \right\} + \{ [1 + K_{2n} r_n \{ \alpha_n d (1-\nu) + \alpha_n r (1+\nu) \}] \cosh \alpha_n d + [\alpha_n d + K_{2n} r_n \times \{ 2 - \alpha_n d \alpha_{nr} (1-\nu) \}] \sinh \alpha_n d \} \dots (55)$$

$$C_n = 0 \dots (56)$$

$$N_n' D_n = - [\{ \alpha_n r + K_{1n} (1-\nu) \} \cosh \alpha_n d + \sinh \alpha_n d] \times \left\{ \frac{K_{2n} r_n}{K_{1n}} \alpha_n (d+r) \right\} - [[1 - K_{2n} r_n \alpha_{nr} (1-\nu)] \cosh \alpha_n d + K_{2n} r_n (1-\nu) \sinh \alpha_n d] \dots (57)$$

$$N_n' S_n = - [\alpha_n d (1-\nu) + (1+\nu) \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d + 2 \alpha_n r \cosh^2 \alpha_n d] \{ K_{2n} r_n \alpha_n (d+r) \}$$

$$\begin{aligned}
 &+[-\{1-2K_{2n}r_n\alpha_n r(1-\nu)\}\alpha_n d \\
 &+ \{1+2K_{2n}r_n\alpha_n r(1+\nu)\}\sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\
 &+ 2K_{2n}r_n(\sinh^2 \alpha_n d + \alpha_n^2 r^2 \cosh^2 \alpha_n d)] \quad (58) \\
 N_n' R_n = &K_{2n}r_n \alpha_n [(\alpha_n d - \sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\
 &- 2K_{1n} \cosh^2 \alpha_n d) \left\{ \frac{1}{K_{1n}} \alpha_n (d+r) \right\} \\
 &+ \{\alpha_n d(1-\nu) + (1+\nu)\sinh \alpha_n d \cosh \alpha_n d \\
 &+ 2\alpha_n r \cosh^2 \alpha_n d\}] \dots\dots\dots (59)
 \end{aligned}$$

5. 釣合条件式

以上基本系に対して、対称および逆対称の実荷重ならびに不静定量が作用する場合について、たわみの方程式の未定係数を決定した。これらの結果を使用して、横桁切断面における連続条件から、釣合条件式を立てることができる。まず上記の各場合について、横桁切断面における変形量を求めると、それぞれ次の通りである。

(1) 対称荷重

- a) 不静定量 \bar{X}_i による切断点のたわみ角 $\theta_{xi}^{\bar{X}_i}$
 $(\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^{\bar{X}_i} R_n^{\bar{X}_i} \sin \alpha_n x_i$
 $+ \frac{\bar{X}_i}{2EI_2} l_2 = -(\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=-0} \dots\dots (60)$
- b) $0 \leq e \leq d$ にある実荷重による切断点のたわみ角 $\theta_{xi}^{L_i}$
 $(\theta_{xi}^{L_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^L R_n^L \sin \alpha_n x_i = -(\theta_{xi}^{L_i})_{y=-0} \dots\dots (61)$
- c) $d \leq e$ にある実荷重による切断点のたわみ角 $\theta_{xi}^{L'_i}$
 $(\theta_{xi}^{L'_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^{L'} R_n^{L'} \sin \alpha_n x_i = -(\theta_{xi}^{L'_i})_{y=-0} \quad (62)$

(2) 逆対称荷重

- a) 不静定量 X_i による切断点のたわみ $\delta_i^{X_i}$
 $(\delta_i^{X_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^{X_i} S_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i$
 $- \sum_n L_n^{X_i} R_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r)$
 $- \frac{X_i l_2^3}{24EI_2} = -(\delta_i^{X_i})_{y=-0} \dots\dots (63)$
- b) $0 \leq e \leq d$ にある実荷重による切断点のたわみ $\delta_i^{L_i}$
 $(\delta_i^{L_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^L S_n^L \sin \alpha_n x_i$
 $- \sum_n L_n^L R_n^L \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r)$
 $= -(\delta_i^{L_i})_{y=-0} \dots\dots (64)$
- c) $d \leq e$ にある実荷重による切断点のたわみ $\delta_i^{L'_i}$
 $(\delta_i^{L'_i})_{y=+0} = \sum_n L_n^{L'} S_n^{L'} \sin \alpha_n x_i$
 $- \sum_n L_n^{L'} R_n^{L'} \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r)$
 $= -(\delta_i^{L'_i})_{y=-0} \dots\dots (65)$

次に釣合条件式は

(1) 対称荷重

- a) 荷重位置 $0 \leq e \leq d$ に対して
 $(\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=+0} + (\theta_{xi}^{L_i})_{y=+0} = (\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=-0} + (\theta_{xi}^{L_i})_{y=-0}$
 $\therefore \sum_n L_n^{\bar{X}_i} R_n^{\bar{X}_i} \sin \alpha_n x_i + \frac{\bar{X}_i l_2}{2EI_2}$
 $+ \sum_n L_n^L R_n^L \sin \alpha_n x_i = 0 \dots\dots (66)$

b) 荷重位置 $d \leq e$ に対して

$$\begin{aligned}
 &(\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=+0} + (\theta_{xi}^{L'_i})_{y=+0} = (\theta_{xi}^{\bar{X}_i})_{y=-0} + (\theta_{xi}^{L'_i})_{y=-0} \\
 \therefore \sum_n L_n^{\bar{X}_i} R_n^{\bar{X}_i} \sin \alpha_n x_i + \frac{\bar{X}_i l_2}{2EI_2} \\
 &+ \sum_n L_n^{L'} R_n^{L'} \sin \alpha_n x_i = 0 \dots\dots (67)
 \end{aligned}$$

(2) 逆対称荷重

a) 荷重位置 $0 \leq e \leq d$ に対して

$$\begin{aligned}
 &(\delta_i^{X_i})_{y=+0} + (\delta_i^{L_i})_{y=+0} = (\delta_i^{X_i})_{y=-0} + (\delta_i^{L_i})_{y=-0} \\
 \therefore \sum_n L_n^{X_i} S_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i - \sum_n L_n^{X_i} R_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r) \\
 &- \frac{X_i l_2^3}{24EI_2} + \sum_n L_n^L S_n^L \sin \alpha_n x_i \\
 &- \sum_n L_n^L R_n^L \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r) = 0 \dots\dots (68)
 \end{aligned}$$

b) 荷重位置 $d \leq e$ に対して

$$\begin{aligned}
 &(\delta_i^{X_i})_{y=+0} + (\delta_i^{L'_i})_{y=+0} = (\delta_i^{X_i})_{y=-0} + (\delta_i^{L'_i})_{y=-0} \\
 \therefore \sum_n L_n^{X_i} S_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i - \sum_n L_n^{X_i} R_n^{X_i} \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r) \\
 &- \frac{X_i l_2^3}{24EI_2} + \sum_n L_n^{L'} S_n^{L'} \sin \alpha_n x_i \\
 &- \sum_n L_n^{L'} R_n^{L'} \sin \alpha_n x_i \cdot (d+r) = 0 \quad (69)
 \end{aligned}$$

以上の釣合条件式 (66)~(69) は各横桁ごとに成立するが、未知量 X_i は逆対称荷重の場合、 \bar{X}_i は対称荷重の場合のみにそれぞれふくまれているから、2群の m 元連立1次方程式を解くことになる。

上式中の右肩の添字はその原因を示し、 L は荷重位置 $0 \leq e \leq d$ の場合、 L' は荷重位置 $d \leq e$ の場合である。

(例) 横桁が1本で支間中央にある場合 ($m=1, x_i = \frac{l}{2}$) について具体的に不静定量を求めると次のようである。

1. 対称荷重

$$L_n^{\bar{X}} = -\frac{\gamma_n}{GJ\alpha_n^3} \cdot \frac{2}{l} \cdot \bar{X}_1 \cdot (-1)^{n-1/2} \quad (n=1,3,5\dots)$$

荷重位置 $0 \leq e \leq d$ に対して

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_n L_n^L R_n^L (-1)^{n-1/2}}{\sum_n \frac{2\gamma_n}{GJ\alpha_n^3 l} \cdot R_n^{\bar{X}} - \frac{l_2}{2EI_2}} \quad (n=1,3,5\dots)$$

荷重位置 $d \leq e$ に対して

$$\bar{X}_1 = \frac{\sum_n L_n^{L'} R_n^{L'} (-1)^{n-1/2}}{\sum_n \frac{2\gamma_n}{GJ\alpha_n^3 l} \cdot R_n^{\bar{X}} - \frac{l_2}{2EI_2}} \quad (n=1,3,5\dots)$$

2. 逆対称荷重

$$L_n^X = -\frac{1}{EI_1 \alpha_n^4} \cdot \frac{2}{l} \cdot X_1 \cdot (-1)^{n-1/2} \quad (n=1,3,5\dots)$$

荷重位置 $0 \leq e \leq d$ に対して

$$X_1 = \frac{\sum_n L_n^L \{S_n^L - R_n^L(d+r)\} (-1)^{n-1/2}}{\sum_n \frac{2}{EI_1 \alpha_n^4 l} \{S_n^X - R_n^X(d+r)\} + \frac{l_2^3}{24EI_2}} \quad (n=1,3,5\dots)$$

荷重位置 $d \leq e$ に対して

$$X_1 = \frac{\sum_n L_n^{L'} \{S_n^{L'} - R_n^{L'}(d+r)\} (-1)^{n-1/2}}{\sum_n \frac{2}{EI_1 \alpha_n^4 l} \{S_n^X - R_n^X(d+r)\} + \frac{l_2^3}{24EI_2}} \quad (n=1,3,5\dots)$$

6. 応力²⁾

以上のように w の一般式が求まれば、各部分の応力を決定することができる。その際、次のような考慮のもとに行なう。

箱桁部分については

- a) 曲げによる垂直応力は箱桁の回転の影響を加味して計算し、中立軸は全断面によって決定する。
- b) 曲げねじりによる応力を加算する。
- e) せん断応力は薄肉閉断面についてのせん断流理論を適用する。

板の部分（両箱桁の中間部分）については

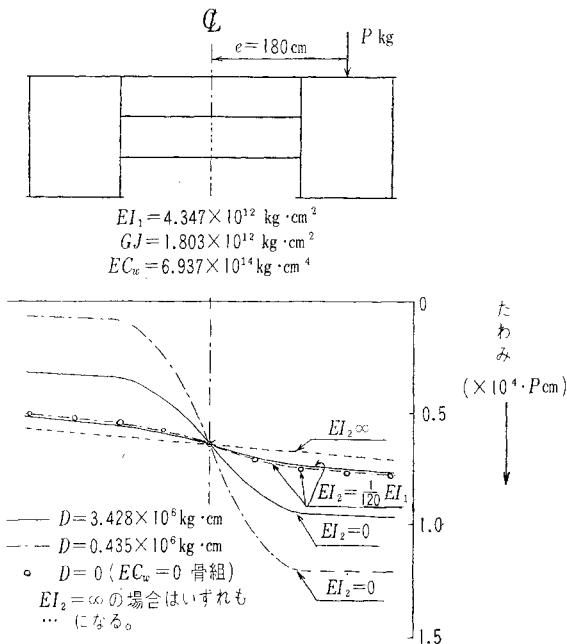
- a) 垂直応力は板自身の中立軸に対する応力の他に、橋軸方向の曲げに対しては、箱桁および床版を含む全断面の中立軸を考え、これによる曲げ応力を加算する。
- b) せん断応力は通常の板の式による。

7. 荷重配分に対する床版の影響

格子骨組における横桁の荷重配分作用についての定性的性質については、すでに発表した³⁾ように、横桁がある程度以上の曲げ剛性（主桁の曲げ剛性の $1/50 \sim 1/100$ 程度以上）があれば、それ以上曲げ剛性を大にしても、またその数を増やしても、荷重配分は大してよくなるいのである。これは箱桁を格子骨組の主桁と考えた場合にも成り立つ。この事実から、普通に用いられる程度の曲げ剛度をもつ鋼床版のみでは、荷重配分効果はあまり期待できないことが予想され得る。そこでその実状を、いま簡単な例について、横桁がない場合の床版のみによ

図-4

支間中央に載荷したときの支間中央断面のたわみ



る効果および横桁を使用した場合の効果にわけて示す。

考察の対象とした構造は、2箱桁並列の支間 30 m の単純橋であって、その主横桁および床版の剛性諸元を変化させて比較した。その結果は図-4の通りであって、この図からわかるおもな事項としては

- a) 横桁のない場合は床版の曲げ剛度 D の大小によって、荷重配分に相当の差異が認められる。
- b) 横桁が存在すれば、それが軽易な断面のものである（図では $EI_2 = \frac{1}{20} EI_1$ ），床版のみのときにくらべて、荷重配分効果は格段とよくなる。
- c) 横桁が存在すれば、 D の大小による荷重配分の差異はごく微小となり、床版を除いた場合、すなわち、骨組のみの場合とほとんど変わりなくなる。
- d) この事実から、横桁のある場合には床版による荷重配分効果は無視しても差し支えない。
- e) 閉断面の場合は曲げねじり剛性 EC_w の影響は荷重配分に対して無視され得る。

8. 実験的考察

箱桁に床版を結合した場合の荷重配分、変形および応力の状態の概要を知る目的のため、支間 1.20 m のアクリライト模型桁を、原構造系・基本系・骨組の3種につき作成し、単一集中荷重を作用せしめて、その変形および応力を測定した。模型桁の寸法および載荷状況は図-5および写真-1の通りである。実験に関する詳細は省略するが、その結果については図示する通りであって、図-6は箱桁骨組、図-7は基本系、図-8は原構造系についてそれぞれ支間中央の一方の主桁中心に 11 kg の集中荷重を載荷したときの支間 1/4 の断面におけるたわみおよび垂直応力を記し、実測値と計算値とを比較したものである。これらの図において見られるように、たわ

図-5

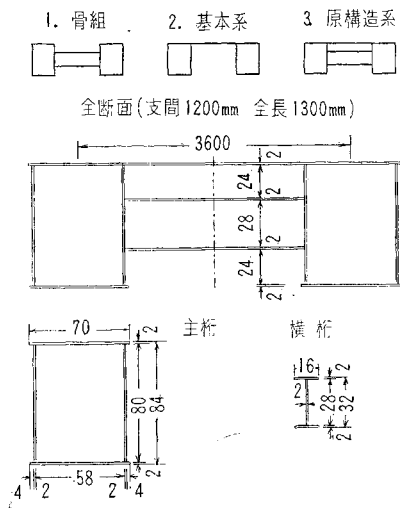


写真-1

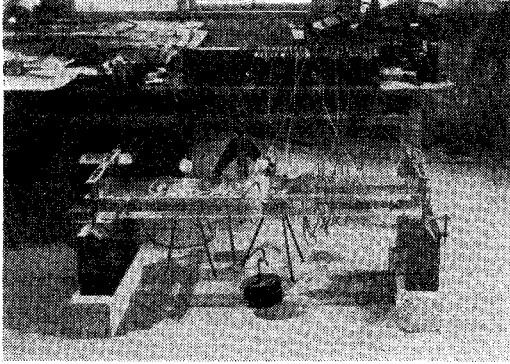
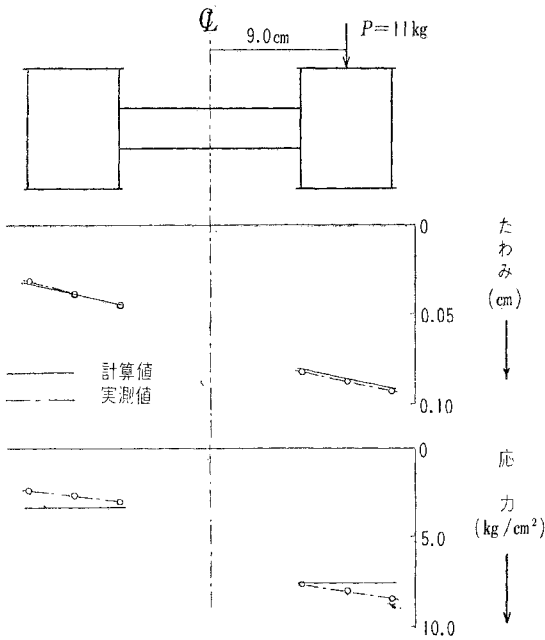


図-6



みについては理論値と実験値との良好な一致が見られ、応力についてもその傾向は一致しており、本計算方法がほぼ妥当であることがうかがわれる。

9. 結 言

以上比較的簡明な解析方法によって、曲げねじり剛性を考慮に入れて、単純箱桁橋の近似解法を提示するとともに、それが実験結果と良好な一致を示すことを明らかにし、本計算法の信頼性を確かめた。

さらに荷重配分に対する横桁と床版との協力作用を究明した結果、横桁が存在する場合、床版の作用は僅少であって、横桁の作用が支配的であり、従って、変形の大勢を支配するのは、骨組または骨組と考えられる部分であることを明らかにした。

参 考 文 献

1) 著者はそのような板の解法を導き、簡単な実験によって、理論と実際の一致につき良好な結果を得ている。理論

図-7

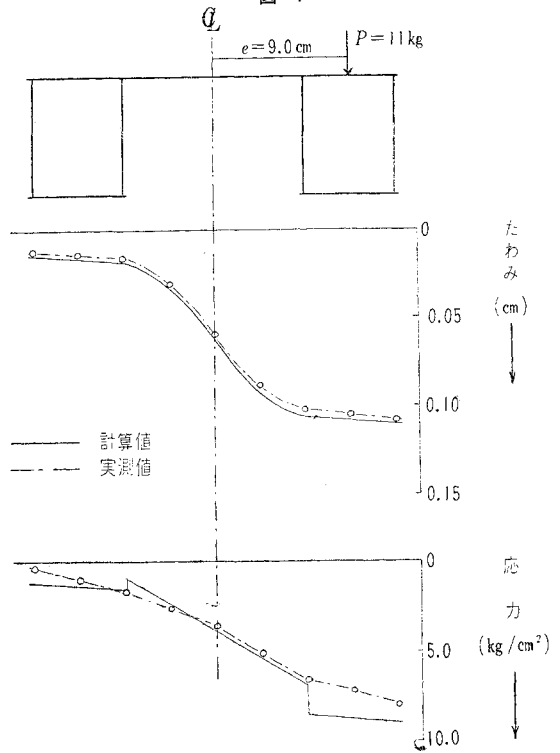
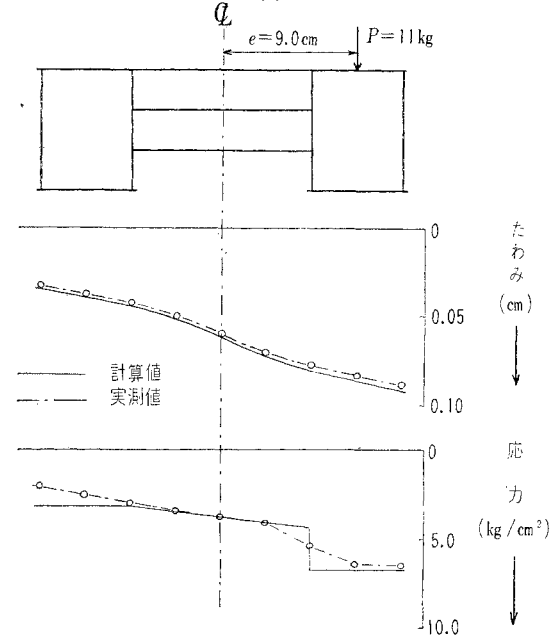


図-8



については土木学会中四国支部研究発表会(昭.33.11.26)において、“横桁をもつ弾性固定支持梁によって2辺を支持された矩形板の近似解法”と題して発表した。

2) 詳細は省略し、その方針のみ述べる。具体的の式については、土木学会第15回年次学術講演会において一部発表したのが、改めて詳細を発表する予定である。

3) 星 治雄：梯子桁の荷重配分について；土木学会論文集 35号, pp 1-5, 1956. (原稿受付：1960.8.14)