

満載荷重のときは慣用法と上述の理論値では大差ないが、半載荷重の場合ではかなりの差を生じ後者が実測値と類似した傾向を有している。

これはさらに集中荷重の場合には一層いちじるしくなることがその影響線からうかがわれる。

現在橋梁の一大課題である limit load を論ずる場合には上述の方法を用いることがきわめて合理的であり、かつ経済的であると思われる。

参考文献

- 1) E. Müller : Bauing., 1923
- 2) 大村 裕 : 土木学会誌 第 39 卷第 1 号 (昭.29.1) (昭.30.2.21)

漸変断面を有する三径間連続バリ橋の設計について

正員 深谷 俊 明*

DESIGN OF A THREE-SPAN CONTINUOUS BEAM BRIDGE WITH GRADUALLY VARIED CROSS SECTIONS

(Trans. of JSCE, No. 29, Dec. 1955)

Toshiaki Fukaya C.E. Member

Synopsis A three-span continuous beam bridge can be designed most reasonably if considered as a beam of gradually varied cross sections. But it is designed in most cases, as a beam of a uniform section, because of the complexity of general equations determining bending moments of beam of gradually varied cross sections, indicated in bibliographies. In this paper the author proposes, as an aid to designing bridges, a simplified method to calculate bending moments of a three-span continuous beam of gradually varied cross sections by using nomograms.

要旨 三径間連続バリ橋は、漸変断面のハリとして設計するのが合理的である。しかし、文献で紹介されている漸変断面バリの計算法が、あまりに複雑なため、三径間連続バリ橋は、一般に、一様断面のハリとして設計されている。ここに本文は、漸変断面を有する三径間連続バリにおこる曲げモーメントを、ノモグラムによつて求める簡単な計算方式を提示して、設計上の参考資料とする。

1. 緒 論

三径間連続バリ橋の支承部におけるハリ断面は、負の曲げモーメントの関係で大きくなるのが普通である。この支承部の断面変化にともなつて曲げモーメントも変化するのであるが、断面変化が少ないときは曲げモーメントに与える影響も少ないので、一般に、三径間連続バリ橋は一様断面のハリとして設計される場合が多い¹⁾。著者もこの仮定にもとづき、一様断面の三径間連続バリを検討し、その結果を数回にわたり発表した^{1), 2), 3), 4), 5), 6), 7)}。しかし、径間比が小さく、断面二次モーメント比や死・活荷重比が大きいつき⁸⁾、または、T形断面を有する鉄筋コンクリートの連続バリ橋が支承部に大きい負の曲げモーメントをうけるときは、支承部の断面変化が大きくなる傾向がある。このような連続バリ橋は一様断面バリとして設計するよりも、漸変断面バリとして設計するのが有利な場合があり、また、長径間の三径間連続バリ橋においては、経済・交通・美観・等の関係でこれを漸変断面バリとして設計する場合がある。しかし、従来文献で紹介されている漸変断面の三径間連続バリにおこる曲げモーメントを求める計算方式は、あまりに複雑で^{8), 9), 10), 11), 12)}、実際の設計に利用できないものが多い。

図-1

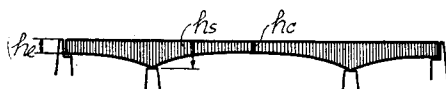


図-2



* 国鉄技師，施設局特殊設計室

ここに本文は、漸変断面の三径間連続バリにおける曲げモーメントを、Clapeyron の定理から求める簡単な計算方式を提示するとともに、中央径間の中央点・側径間の端部・支承部におけるハリ高さを、それぞれ、 $h_c \cdot h_d \cdot h_e$ 、とするとき（図-1 参照）、これらの選定が曲げモーメントに及ぼす影響を検討したものである。

なお、本文は計算を簡単にするため、ハリ高さは2次放物線に変化するものとし、活荷重を等分布荷重と仮定し、死荷重はハリ断面に比例した荷重強度 w_d をとらないで、径間ごとの平均荷重強度 $w_d^{(1)} \cdot w_d^{(2)}$ をとることとした（図-2 参照）。

2. 一般式

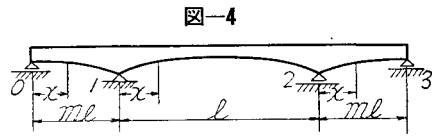
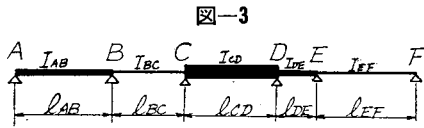
図-3 において、Clapeyron の定理から¹³⁾

$$\left\{ \frac{1}{I_{AB}^2} \int_0^{LAB} \frac{x(L_{AB}-x)}{I_{AB}} dx \right\} M_A + \left\{ \frac{1}{I_{AB}^2} \int_0^{LAB} \frac{x^2}{I_{AB}} dx + \frac{1}{I_{BC}^2} \int_0^{LBC} \frac{(L_{BC}-x)^2}{I_{BC}} dx \right\} M_B + \left\{ \frac{1}{I_{BC}^2} \int_0^{LBC} \frac{x(L_{BC}-x)}{I_{BC}} dx \right\} M_C = - \left\{ \frac{1}{I_{AB}} \int_0^{LAB} M_{x,0} \frac{x}{I_{AB}} dx + \frac{1}{I_{BC}} \int_0^{LBC} M_{x,0} \frac{L_{BC}-x}{I_{BC}} dx \right\} + E(\theta_{AB} - \theta_{BC}) \dots\dots\dots (1)$$

ここに $M_A \cdot M_B$: 部材 AB の両端における曲げモーメント

$M_{x,0}$: AB を単純バリと仮定するとき、これに直接作用する荷重による曲げモーメント

θ : 部材角



が得られる。図-4 において、漸変断面を有する三径間連続バリが左右対称で、その支点が変位しなければ、部材角 θ はすべて0となるので、支承 0・1・2 および 1・2・3 について、(1) 式よりつぎの2式が成立する。

$$\left\{ \int_0^{ml} \frac{x^2}{I_x^{(1)}} dx + m^2 \int_0^l \frac{(l-x)^2}{I_x^{(2)}} dx \right\} M_1 + \left\{ m^2 \int_0^l \frac{x(l-x)}{I_x^{(2)}} dx \right\} M_2 = -ml \left\{ \int_0^{ml} M_{x,0}^{(2)} \frac{x}{I_x^{(1)}} dx + m \int_0^l M_{x,0}^{(2)} \frac{(l-x)}{I_x^{(2)}} dx \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\left\{ m^2 \int_0^l \frac{x(l-x)}{I_x^{(2)}} dx \right\} M_1 + \left\{ \int_0^{ml} \frac{(ml-x)^2}{I_x^{(1)'}} dx + m^2 \int_0^l \frac{x^2}{I_x^{(2)}} dx \right\} M_2 = -ml \left\{ \int_0^{ml} M_{x,0}^{(1)' } \frac{ml-x}{I_x^{(1)'}} dx + m \int_0^l M_{x,0}^{(2)} \frac{x}{I_x^{(2)}} dx \right\} \dots\dots\dots (3)$$

上式において

$$Y_1 = \int_0^{ml} \frac{x^2}{I_x^{(1)}} dx = \int_0^{ml} \frac{(ml-x)^2}{I_x^{(1)'}} dx$$

$$Y_2 = \int_0^l \frac{(l-x)^2}{I_x^{(2)}} dx = \int_0^l \frac{x^2}{I_x^{(2)}} dx$$

$$Y_3 = \int_0^l \frac{x(l-x)}{I_x^{(2)}} dx$$

$$Z_1 = \int_0^{ml} M_{x,0}^{(1)} \frac{x}{I_x^{(1)}} dx$$

$$Z_2 = \int_0^l M_{x,0}^{(2)} \frac{l-x}{I_x^{(2)}} dx = \int_0^l M_{x,0}^{(2)} \frac{x}{I_x^{(2)}} dx$$

$$Z_1' = \int_0^{ml} M_{x,0}^{(1)' } \frac{ml-x}{I_x^{(1)'}} dx$$

とおけば (2), (3) 式は

$$(Y_1 + m^2 Y_2) M_1 + m^2 Y_3 M_2 = -ml (Z_1 + m Z_2) \dots\dots\dots (2')$$

$$m^2 Y_3 M_1 + (Y_1 + m^2 Y_2) M_2 = -ml (Z_1' + m Z_2) \dots\dots\dots (3')$$

となり、 $M_1 \cdot M_2$ はつぎのように求められる。

$$M_1 = - \frac{ml \{ (Z_1 + m Z_2) (Y_1 + m^2 Y_2) - m^2 Y_3 (Z_1' + m Z_2) \}}{(Y_1 + m^2 Y_2)^2 - (m^2 Y_3)^2} \dots\dots\dots (4)$$

$$M_2 = -\frac{ml\{(Z_1' + mZ_2)(Y_1 + m^2Y_2) - m^2Y_3(Z_1 + mZ_2)\}}{(Y_1 + m^2Y_2)^2 - (m^2Y_3)^2} \quad (5)$$

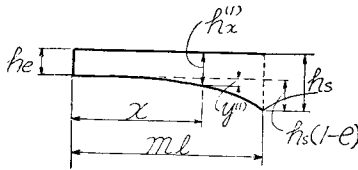
なお、荷重が左右対象の場合(4)・(5)式は次式で示される($Z_1 = Z_1'$)。

$$M_1 = M_2 = -\frac{ml(Z_1 + mZ_2)}{Y_1 + m^2Y_2 + m^2Y_3} \quad (6)$$

3. 側径間・中央径間におけるハリ高さ $h^{(1)}$ ・ $h^{(2)}$ および断面二次モーメント $I^{(1)}$ ・ $I^{(2)}$

側径間の端部におけるハリ高さ h_e ・中央径間の中央部におけるハリ高さ h_c と支承におけるハリ高さ h_s との比を、つぎのように、 e ・ c で示すとき(図-5.6 参照)

図-5



$$h_e/h_s = e \quad 0 < e \leq 1$$

$$h_c/h_s = c \quad 0 < c \leq 1$$

ハリ高さが2次放物線に変化するものと仮定すれば、側径間の x 点におけるハリ高さ $h_x^{(1)}$ は(図-6 参照)

$$h_x^{(1)} = \left\{ e + \frac{(1-e)}{(ml)^2} x^2 \right\} h_s \quad (7)$$

中央径間の x 点におけるハリ高さ $h_x^{(2)}$ は(図-6 参照)

$$h_x^{(2)} = \left\{ 1 - \frac{4(1-c)}{l} x + \frac{4(1-c)}{l^2} x^2 \right\} h_s \quad (8)$$

となる。なお、側・中央径間のハリ断面の横方向寸法が一定で、縦方向寸法がケタ高さの関数で示される場合、ハリ高さ h_x と断面二次モーメント I_x との間には、次式が成立するから^{2),4)}

$$I_x = Kh_x^3 \quad (9)$$

ここに K : ハリの断面形状から定まる係数^{2),4)}

側径間の x 点における断面二次モーメント $I_x^{(1)}$ は(7),(9)式より

$$I_x^{(1)} = Kh_s^3 \left\{ e + \frac{(1-e)}{(ml)^2} x^2 \right\}^3 \quad (10)$$

中央径間の x 点における断面二次モーメント $I_x^{(2)}$ は(8),(9)式より

$$I_x^{(2)} = Kh_s^3 \left\{ 1 - \frac{4(1-c)}{l} x + \frac{4(1-c)}{l^2} x^2 \right\}^3 \quad (11)$$

で示される。

4. 一般式の解

側径間に W_1 ・ W_3 、中央径間に W_2 の等分布荷重が載荷するとき(図-7 参照)、前項3より Y_1 ・ Y_2 ・ Y_3 ・ Z_1 ・ Z_2 ・ Z_1' は

$$f(e) = \sqrt{\frac{1-e}{e}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{1-e}{e}} \quad M_{x,0}^{(1)} = \frac{W_1 x}{2} (ml - x) \quad M_{x,0}^{(2)} = \frac{W_2 x}{2} (l - x)$$

$$f(c) = \sqrt{\frac{1-c}{c}} \tan^{-1} \sqrt{\frac{1-c}{c}} \quad M_{x,0}^{(1)'} = \frac{W_3 x}{2} (ml - x)$$

とおいて、それぞれ、つぎのように求められる。

$$Y_1 = \frac{1}{Kh_s^3} \int_0^{ml} \frac{x^2}{\left\{ e + \frac{1-e}{(ml)^2} x^2 \right\}^3} dx = \frac{(ml)^3}{16 Kh_s^3} \left[\frac{2}{e(1-e)^2} \{ f(e) + (1-e)(1-2e) \} \right] = \frac{(ml)^3}{16 Kh_s^3} E_1$$

$$Y_2 = \frac{1}{Kh_s^3} \int_0^l \frac{(l-x)^2}{\left\{ 1 - \frac{4(1-c)}{l} x + \frac{4(1-c)}{l^2} x^2 \right\}^3} dx$$

$$= \frac{l^3}{16 Kh_s^3} \left[\frac{(3-2c)}{2c^2(1-c)^2} \left\{ f(c) + \frac{(3-4c^2)(1-c)}{(3-2c)} \right\} \right] = \frac{l^3}{16 Kh_s^3} C_1$$

$$\begin{aligned}
 Y_3 &= \frac{1}{Kh_s^3} \int_0^l \frac{x(l-x)}{\left\{1 - \frac{4(1-c)}{l}x + \frac{4(1-c)}{l^2}x^2\right\}^3} dx \\
 &= \frac{l^3}{32Kh_s^3} \left[\frac{3-4c}{c^2(1-c)^2} \left\{ f(c) + \frac{(3-2c)(1-c)}{(3-4c)} \right\} \right] = \frac{l^3}{32Kh_s^3} C_2 \\
 Z_1 &= \frac{W_1}{2Kh_s^3} \int_0^{ml} \frac{x^2(ml-x)}{\left\{e + \frac{(1-e)}{(ml)^2}x^2\right\}^3} dx = \frac{(ml)^4 W_1}{128Kh_s^3} \left[\frac{8}{e(1-e)^2} \{f(e) - (1-e)\} \right] = \frac{(ml)^4 W_1}{128Kh_s^3} E_2 \\
 Z_2 &= \frac{W_2}{2Kh_s^3} \int_0^l \frac{x(l-x)^2}{\left\{1 - \frac{4(1-c)}{l}x + \frac{4(1-c)}{l^2}x^2\right\}^3} dx \\
 &= \frac{l^4 W_2}{128Kh_s^3} \left[\frac{3-4c}{c^2(1-c)^2} \left\{ f(c) + \frac{(3-2c)(1-c)}{(3-4c)} \right\} \right] = \frac{l^4 W_2}{128Kh_s^3} C_2 \\
 Z_1' &= \frac{(ml)^4 W_3}{128Kh_s^3} E_2
 \end{aligned}$$

従つて (4)・(5) 式はつぎのように示される。

$$M_1 = -\frac{l^2}{4} \left[\frac{2m^3 E_2 (mE_1 + C_1) W_1 + C_2 \{2(mE_1 + C_1) - C_2\} W_2 - m^3 C_2 E_2 W_3}{4(mE_1 + C_1)^2 - C_2^2} \right] \dots\dots\dots (4')$$

$$M_2 = -\frac{l^2}{4} \left[\frac{2m^3 E_2 (mE_1 + C_1) W_3 + C_2 \{2(mE_1 + C_1) - C_2\} W_2 - m^3 C_2 E_2 W_1}{4(mE_1 + C_1)^2 - C_2^2} \right] \dots\dots\dots (5')$$

なお、荷重が左右対称の場合は ($W_1 = W_3$)

$$M_1 = M_2 = -\frac{l^2}{4} \left\{ \frac{m^3 E_2 W_1 + C_2 W_2}{2(mE_1 + C_1) + C_2} \right\} = -\frac{1}{8} \left\{ \frac{m^3 E_2 + C_2 \omega}{mE_1 + C_3} \right\} l^2 W_1 \dots\dots\dots (6')$$

ここに $C_3 = C_1 + \frac{C_2}{2} = \frac{3}{C^2(1-C)} \left\{ f(c) + \frac{(1-c)(3+2c)}{3} \right\} \quad \omega = \frac{W_2}{W_1}$

5. $M_1 \cdot M_2$ を求めるノモグラム

図-8

左右対称で、漸変断面を有する三径間連続バリの、側径間に $W_1 \cdot W_3$ 中央径間に W_2 が載荷するとき (図-7 参照)、支承 1・2 に生ずる負の曲げモーメント $M_1 \cdot M_2$ は、(4')・(5')・(6') 式から求められる。この計算を簡単にするため、図-8 は $[2(mE_1 + C_1)]^2 - C_2^2 = A$ を、図-9 は $[2m^3 E_2 (mE_1 + C_1)] = B$ を、図-10 は $[C_2 \{2(mE_1 + C_1) - C_2\}] = D$ を、図-11 は $[m^3 C_2 E_2]$

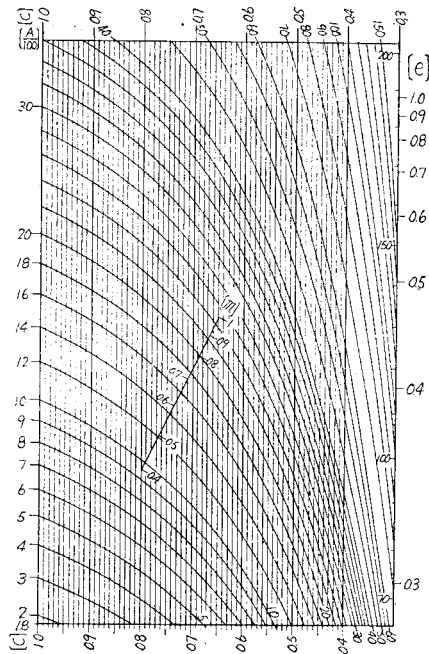
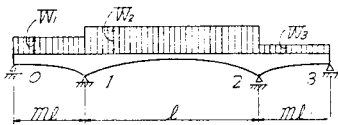


図-9



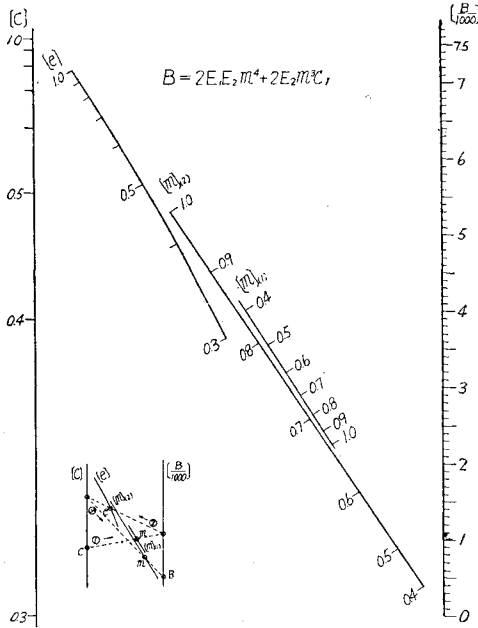
$= F$ を、図-12 は $[(m^3 E_2 + C_2 \omega) / 8(mE_1 + C_3)] = \lambda$ を、それぞれ、ノモグラム化したものである。 $M_1 \cdot M_2$ は (図-13 参照)、荷重が不对称であれば (4')・(5') 式が示すように複雑で、図-8~12 のノモグラムを使用しなければならないが、荷重が対称であれば (6') 式が示すように、図-12 から簡単に求めることができる。これらのノモグラムの利用法については、各図に示してあるが、7. 例題 においてこれを説明する。

6. $M_{\max}^{(1)}$ および $M_{\max}^{(2)}$

側・中央径間におこる正の最大曲げモーメント $M_{\max}^{(1)}$ ・ $M_{\max}^{(2)}$ は (図-13 参照)、(6') 式から $M_1^{(1)} \cdot M_2^{(2)}$ を求めることにより、次式^{3)・4)} からこれを計算することができる。

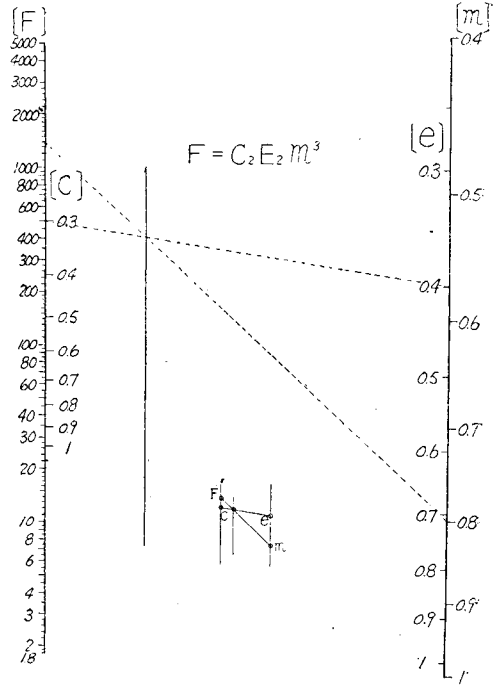
$A = [2(mE_1 + C_1)]^2 - C_2^2$
 $e = 0.4, C = 0.3, m = 0.8$ の時 $e = 0.4, m = 0.8$ と結び最も端の直線との交点より直線を立て $C = 0.3$ との交点より $A = 1280$ を得る。

図-9



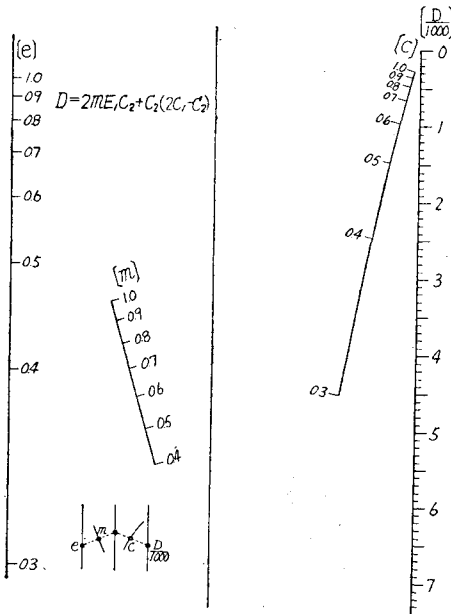
$m=0.8, C=0.4, e=0.3$ の時 $C=0.4, m=0.8$ (m を用い) を結び $\frac{B}{1000}$ との交点をさめ、その交点と $e=0.3$ を結び $[C]$ との交点をさめ、その交点と $m=0.8$ (m を用い) を結べば $B=2370$ を得る。

図-11



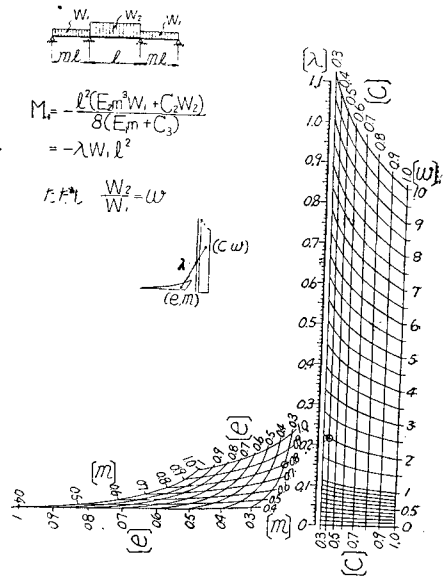
$m=0.8, C=0.3, e=0.4$ なる時 $C=0.3, e=0.4$ を結び、それと補助線との交点と $m=0.8$ とを結べば $F=1380$ を得る。

図-10



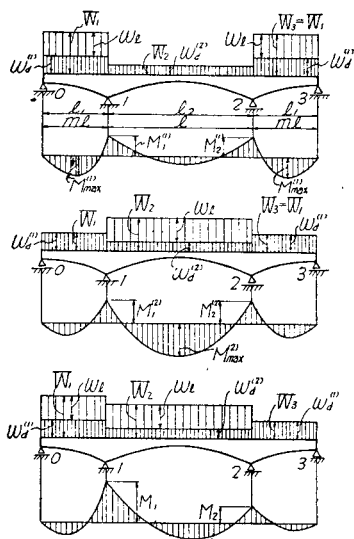
$e=0.4, C=0.3, m=0.8$ の時 $e=0.4$ と $m=0.8$ を結び中央の直線との交点と $C=0.3$ を結べば $D=5100$ を得る。

図-12



$m=0.8, C=0.4, e=0.3, w=2$ のとき左の網目の $e=0.3, m=0.8$ の交点と、右の網目の $C=0.4, w=2$ の交点を結べば $\lambda=0.197$ を得る。

図-13



$w_r=0$ の場合

w_l (衝撃を含む) = 9.1 t/m w_r (軌道重量・道床重量・排水コンクリート重量) = 3.1 t/m, $b=4.0$ m, $b_0=2.5$ m $t/h=0.14$ の場合, ハリに生ずる正・負の最大曲げモーメント $M_{\max}^{(1)}, M_{\max}^{(2)}, M_1$ を求む (図-13 参照)。

解

側・中央径間における平均高さ $h_{(1)}, h_{(2)}$ は

$$h_{(1)} = \frac{1}{3} (h_s + 2h_e) = \frac{1}{3} (2.0 + 2 \times 0.6) = 1.067 \text{ m}$$

$$h_{(2)} = \frac{1}{3} (h_s + 2h_c) = \frac{1}{3} (2.0 + 2 \times 1.4) = 1.600 \text{ m}$$

となるので, 各径間における死荷重 1 m 当りの平均重量 $w_d^{(1)}, w_d^{(2)}$ は

$$w_d^{(1)} = q \mu h_{(1)} = 2.4 \times 2.71 \times 1.067 = 6.94 \text{ t/m}$$

$$w_d^{(2)} = q \mu h_{(2)} = 2.4 \times 2.71 \times 1.600 = 10.40 \text{ t/m}$$

となる。また, $e \cdot c$ は

$$e = 0.6/2.0 = 0.3 \quad c = 1.4/2.0 = 0.7$$

であるので, 図-8~11 より $e=0.3$ $c=0.7$ $m=0.6$ にたいし

$$\{2(mE_1 + C_1)\}^2 - C_1^2 = 2360 \quad (\text{図-8})$$

$$2m^3 E_2 (mE_1 + C_1) = 475 \quad (\text{図-9})$$

$$C_2 \{2(mE_1 + C_1) - C_2\} = 470 \quad (\text{図-10})$$

$$m^3 C_2 E_2 = 120 \quad (\text{図-11})$$

が求められる。

(i) M_1

$$W_1 = w_l + w_r + w_d^{(1)} = 9.1 + 3.1 + 6.94 \approx 19.1 \text{ t/m}$$

$$W_2 = w_l + w_r + w_d^{(2)} = 9.1 + 3.1 + 10.40 \approx 22.6 \text{ t/m}$$

$$W_3 = w_r + w_d^{(1)} = 3.1 + 6.94 \approx 10.0 \text{ t/m}$$

であるので, M_1 は (4') 式およびノグラムから求めた諸値から, つぎのように得られる。

$$M_1 = - \frac{475 \times 19.1 + 470 \times 22.6 - 120 \times 10}{2360} \times \frac{20^2}{4} = -780 \text{ tm}$$

(ii) $M_{\max}^{(1)}$

$$M_{\max}^{(1)} = \frac{W_1 m^2 l^2}{8} - \frac{M_1^{(1)}}{2} \left\{ 1 + \frac{M_1^{(1)}}{W_1 m^2 l^2} \right\} \dots \dots \dots (12)$$

$$M_{\max}^{(2)} = \frac{W_2 l^2}{8} - M_1^{(2)} \dots \dots \dots (13)$$

ここに $M_1^{(1)}, M_1^{(2)}$: $M_{\max}^{(1)}, M_{\max}^{(2)}$ が生ずるとき, 支承 1 における負の曲げモーメント

$W_1 \cdot W_2$: 側・中央径間に載荷される $w_l \cdot w_r \cdot w_d^{(1)} \cdot w_d^{(2)}$ の組み合わせ荷重

w_l : 活荷重

w_r : ハリ断面に関係ない死荷重 (舗装・道床・軌道重量・等)

$w_d^{(1)}, w_d^{(2)}$: 側・中央径間における平均死荷重で, q を材料の単位重量, μ を断面形状より定まる定数とし $w_d^{(1)} = q \mu h_{(1)}$, $w_d^{(2)} = q \mu h_{(2)}$ で表わす。ただし $h_{(1)}, h_{(2)}$ は側・中央径間におけるハリの平均高さで $h_{(1)} = \frac{1}{3} (h_s + 2h_e)$, $h_{(2)} = \frac{1}{3} (h_s + 2h_c)$ とおく。

7. 例題

漸変断面を有する鉄筋コンクリート造三径間連続バリの KS-15 鉄道橋において, $l_2=20$ m, $m=l_1/l_2=0.6$, $h_e=0.6$ m, $h_s=2.0$ m, $h_c=1.4$ m

$$W_1 = w_1 + w_r + w_d^{(1)} \doteq 19.1 \text{ t/m}$$

$$W_2 = w_r + w_d^{(2)} \doteq 13.5 \text{ t/m}$$

$$\omega = \frac{13.5}{19.1} \doteq 0.707$$

図-12 より

$$\frac{m^3 E_2 + C_2 \omega}{8(mE_1 + C_3)} \doteq 0.074$$

(6') 式から $M_1^{(1)}$ は

$$M_1^{(1)} = -0.74 \times 19.1 \times 20^2 \doteq -560 \text{ tm}$$

従つて, $M_{\max}^{(1)}$ は (12) 式から, つぎのように計算できる。

$$M_{\max}^{(1)} = \frac{19.1 \times (0.6 \times 20)^2}{8} - \frac{560}{2} \left\{ 1 - \frac{560}{19.1 \times (0.6 \times 20)^2} \right\} \doteq 120 \text{ tm}$$

(iii) $M_{\max}^{(2)}$

$$W_1 = w_r + w_d^{(1)} \doteq 10.0 \text{ t/m}$$

$$W_2 = w_1 + w_r + w_d^{(2)} \doteq 22.6 \text{ t/m}$$

$$\omega = \frac{22.6}{10.0} = 2.26$$

図-13 より

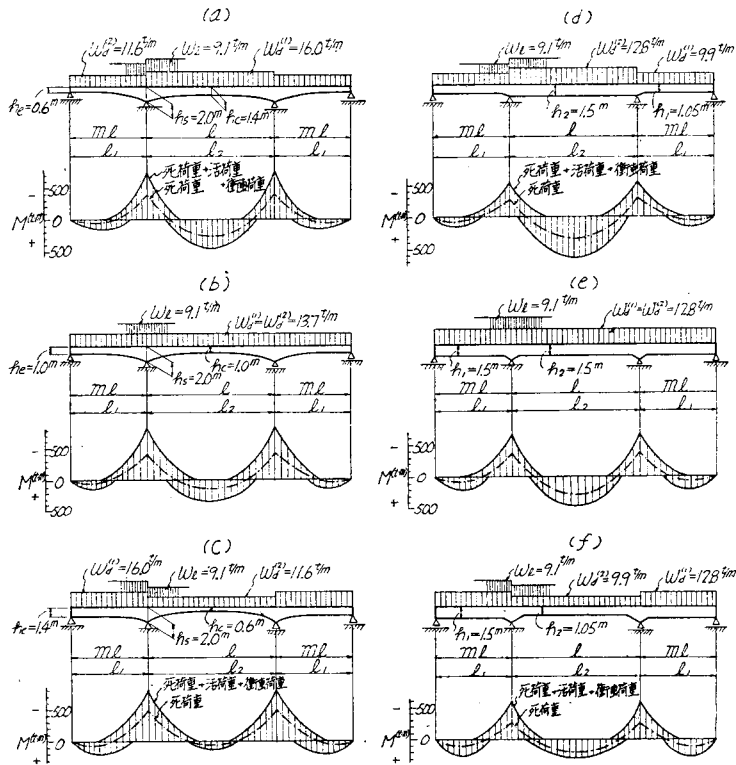
$$\frac{m^3 E_2 + C_2 \omega}{8(mE_1 + C_3)} = 0.153$$

(6') 式から $M_2^{(2)}$ は

$$M_2^{(2)} = -0.153 \times 10 \times 20^2 = -610 \text{ tm}$$

従つて, $M_{\max}^{(2)}$ は (13) 式からつぎのように計算できる。

図-14



$$l_1 = m l_2 = 0.6 \cdot 20^m = 12^m \quad l_2 = 20^m$$

$$M_{\max}^{(2)} = \frac{22.6 \times 20^2}{8} - 610 = 520 \text{ tm}$$

8. $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ と $c \cdot e$ との関係

漸変断面を有する三径間連続バリ橋を設計するには $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ と $c = (h_c/h_s) \cdot e (= h_e/h_s) \cdot m (= l_1/l_2) \cdot r (= w_d/w_l)^{2,3,4)}$ との関係を知らなければならない。設計にあたり、 m は一般に与えられ、 r は仮定できるものと考えて、 $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ と $c \cdot e$ との関係を明らかにする。図-14 (a)・(b)・(c) は、7. 例題と同じ設計荷重のもとに $h_s = 2.0 \text{ m}$ を一定とし、 $c \cdot e$ の値として

- (i) $e = 0.3$ $c = 0.7$
- (ii) $e = 0.5$ $c = 0.5$
- (iii) $e = 0.7$ $c = 0.3$

を選び、 $c \cdot e$ によつて $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ が変化する状態を示したものである。図において、 e が大きく、 c が小さいほど、 $M_{\max}^{(2)}$ は小さく、 $M_{\max}^{(1)} \cdot M_1$ は大きくなる傾向が見られる。また、図-14 (d)・(e)・(f) は漸変断面におこる曲げモーメントと一様断面におこる曲げモーメントとは、その傾向が異なることを示すため、(a)・(b)・(c) と同じ設計荷重を用い、 h_1 と h_2 との比の値として

- (iv) $h_1 : h_2 = 0.7 : 1.0$
- (v) $h_1 : h_2 = 1.0 : 1.0$
- (vi) $h_1 : h_2 = 1.0 : 0.7$

を選び、 h_1/h_2 によつて $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ が変化する状態を示したものである。図-14 から、漸変断面バリにおこる曲げモーメントは、一様断面バリにおこる曲げモーメントに比較して、一般に、 $M_{\max}^{(2)}$ は小さく、 M_1 は大きくなる傾向が見られる。

9. 漸変断面を有する三径間連続バリ橋の設計方針

漸変断面を有する三径間連続バリ橋において、 $h_e \cdot h_c \cdot h_s$ あるいは $e \cdot c \cdot h_s$ が与えられ場合は、7. 例題のようにして、図-8~12 に示すノグラムから曲げモーメントが求められるから、以下所要の計算をすればよい。しかし、一般には上記の値は未知と考えなくてはならない。この場合、ハリ高さ h_s と曲げモーメントとの間には、つぎの関係がある^{2,4)}。

$$h_{\max}^{(1)} = \alpha \sqrt{M_{\max}^{(1)}} \dots\dots\dots (14a)$$

$$h_{\max}^{(2)} = h_c = \alpha \sqrt{M_{\max}^{(2)}} \dots\dots\dots (14b)$$

$$h_s = \alpha' \sqrt{M_1} \dots\dots\dots (14c)$$

ここに $h_{\max}^{(1)} \cdot h_{\max}^{(2)} : M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)}$ のおこる位置におけるハリ高さ

h_s : 支承のハリ高さ

$\alpha \cdot \alpha'$: 正・負の曲げモーメントにたいし、断面の形状および許容応力度から定まる係数

また、 $h_{\max}^{(1)}$ は (7) 式より、つぎのように求められる。

$$h_{\max}^{(1)} = \left\{ e + (1-e) \left(\frac{x_{\max}}{ml} \right)^2 \right\} h_s = \left\{ 4e + (1-e) \left(1 - \frac{2m_1}{m^2 W_1} \right)^2 \right\} \frac{h_s}{4} \dots\dots\dots (15)$$

ここに
$$x_{\max} = \frac{W_1(ml)^2 + 2M_1^{(1)}}{2W_1 ml}$$

$$M_1^{(1)} = -m_1 l^2$$

なお、8. $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ と $c \cdot e$ との関係で述べたように、漸変断面バリにおいては、 $c \cdot e$ の値が曲げモーメントに大きく影響するから、設計にあたり、まず、 $c \cdot e \cdot h_s$ を適当に仮定すれば、適切な h_s が (14c) 式から求められるが、同時に (14a)・(14b) 式も満足しなければならない。それで、 h_s は (14a)・(14b)・(14c)・(15) 式から求められる次式から、その最大値を選べば、それがあつた $c \cdot e$ について適切な h_s を与えることになる。

$$h_{s1} = \alpha \left\{ \frac{4\sqrt{M_{\max}^{(1)}}}{4e + (1-e) \left(1 - \frac{2m_1}{m^2 W_1} \right)^2} \right\} \dots\dots\dots (16a)$$

$$h_{s2} = c h_{\max}^{(2)} = \alpha \left\{ c \sqrt{M_{\max}^{(2)}} \right\} \dots\dots\dots (16b)$$

$$h_{s0} = \alpha' \sqrt{M_1} \dots\dots\dots (16c)$$

ここに $h_{s1} : M_{\max}^{(1)}$ から定まる支承のハリ高さ

$h_{s2} : M_{\max}^{(2)}$ から定まる支承のハリ高さ

$h_{s0} : M_1$ から定まる支承のハリ高さ

10. 結 論

三径間連続バリ橋におこる曲げモーメントは、影響線からこれを求めるのが原則であるが、漸変断面バリの場合には、特に計算は複雑である。従つて、設計にあたり、仮定断面について、複雑な計算を数回繰り返さずには、相当の労力が必要である。このよりに多くの労力を要しては、漸変断面バリ橋が経済的であつても、その普及をはかることはできない。ここに著者は、計算を簡易化するため、ハリ断面が(9)式の関係にあり、かつ、ハリ高さが2次放物線で変化し、活荷重を等分布荷重と仮定して、 $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ を求める(4)・(5)・(6)・(12)・(13)式を誘導するとともに、図-8~12に示すノモグラムを作製したのである。なお、ノモグラムから計算した曲げモーメントと影響線から求めた値とを、二、三の実例について比較計算を行つたが、換算等分布荷重の選定が適当であれば、その精度は97~106%であつて、ノモグラムによる計算がきわめて簡単で、十分実用的であることは明らかにされている。これらの計算結果ならびに漸変断面を有する連続バリ橋の経済性については、他日発表の予定である。

漸変断面の三径間連続バリ橋を設計する場合は、 h_s を適当に仮定するとともに、 $c \cdot e$ と $M_{\max}^{(1)} \cdot M_{\max}^{(2)} \cdot M_1$ との関係を知つて設計しなければならない。これは、一様断面バリのとき、断面二次モーメント比 $n(=I_2/I_1)$ および $m(=l_1/l_2)$ の値を考慮して^{2),3),4),5),6),7)}、設計しなければならないと比較して、対照的である。

本研究は、特殊設計室長友永和夫博士の指導をうけ、斎藤 昇君の協力を得たことを付記する。

参 考 文 献

- 1) 深谷：ハリ断面の一様な三径間連続バリ橋における径間比について，土木学会誌，第38巻，第9号（昭28.9）
- 2) 深谷：三径間連続バリ橋の経済的設計について，土木学会誌，第38巻，第9号（昭.28.9）
- 3) 深谷：断面を異にする三径間連続バリにおける曲げモーメントの一般的傾向，土木学会誌，第39巻，第4号（昭.29.4）
- 4) 深谷：断面二次モーメント比の影響を考慮した三径間連続バリ橋の設計について，土木学会誌，第39巻，第11号（昭.29.11）
- 5) 深谷：三径間連続バリ橋におこる上揚力について，土木学会誌，第40巻，第3号（昭.30.3）
- 6) 深谷：三径間連続バリ橋におけるタワミについて，土木学会誌，第40巻，第9号（昭.30.9）
- 7) 深谷：三径間連続バリ橋の支承沈下が曲げモーメントに与える影響について，土木学会誌，投稿中
- 8) Bleich：Die Berechnung statisch unbestimmter Tragwerke nach der Methode des Viermomentensatzes.
- 9) Richard Guldán：Rahmentragwerke und Durchlaufträger.
- 10) Taylor, Thompson, Smulski：Reinforced-Concrete Bridges.
- 11) Cross, Morgan：Continuous Frames of Reinforced Concrete.
- 12) 横道：鉄筋コンクリート橋
- 13) 福田：構造力学