

三径間連続バリ橋の経済的設計について

正員 深谷 俊 明*

ON THE ECONOMICAL DESIGN OF A 3-SPAN CONTINUOUS BEAM BRIDGE

(JSCE Aug., 1954)

Toshiaki Fukaya, C.E. Member

Synopsis On designing a 3-span continuous beam bridge, bending moments and shearing forces are usually obtained by using influence lines for properly assumed cross section. But, in this case, there remain many unsatisfactory results, in spite of repetition of complicate calculation.

In this paper the author explains the fundamental principle relating to the economical design of 3-span continuous beam bridge, under the assumption of a uniform load equivalent to live load and homogeneity of beam material, for the purpose of simplicity of calculation.

要旨 三径間連続バリ橋を設計する場合、断面仮定および径間割に関する設計資料が乏しいため、設計者は、適宜、断面を仮定し、影響線を用いて、曲げモーメントおよびせん断力を求めている。しかし、この場合、複雑な計算を繰返えしながらも、なお、計算結果に満足できない場合が多い。

ここに、本文は活荷重を等分布荷重と仮定し、また、材料を均等質と考えて、三径間連続バリ橋の経済的設計に関する基本方針を明らかにしたものである。

1. 緒言

使用材料が均等質の三径間連続バリ橋においては、各径間のハりに生ずる最大応力が許容応力度に等しくて、使用材料が最小であれば、これを最も経済的な設計と考えることができる。これらの条件を満足するためには、i) 側径間および中央径間における正の最大曲げモーメント $M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$ が等しくなるような径間比を求めて、ハリ断面を一樣に設計するか¹⁾、または、ii) 側径間および中央径間におけるハリの断面比および径間比を適宜仮定して、 $M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$ によるそれぞれの最大応力が許容応力度に等しくなるように設計して、これらのうちから使用材料が最小となるものを選ばなければならない。支承部分のハリの断面は、負の最大曲げモーメント M_1 によつて設計されている場合が多いが、厳密には、ハリ断面の変化が曲げモーメントに与える影響を考えなければならない^{2), 3)}。本論文においても、支承における断面変化の影響を検討すべきであるが、断面比および径間比が曲げモーメントに及ぼす影響を明らかにし、かつ、

計算を簡易化するため、断面変化が曲げモーメントに与える影響を無視するとともに、活荷重を等分布荷重と仮定し、各径間のハりに生ずる最大応力が許容応力度に等しくて、使用材料が最小となる β, r, n および q の関係を求めて、全径間長を L とする三径間連続バリ橋の経済的設計に関する基本方針を明らかにする(図-1 参照)。

ここに

$\beta = w_1/w_2$ w_1, w_2 : 側径間および中央径間における死荷重

$r = w_2/w$ w : 活荷重

$n = I_2/I_1$ I_1, I_2 : 側径間および中央径間の断面二次モーメント

$q = l_1/L$ L : 全径間長

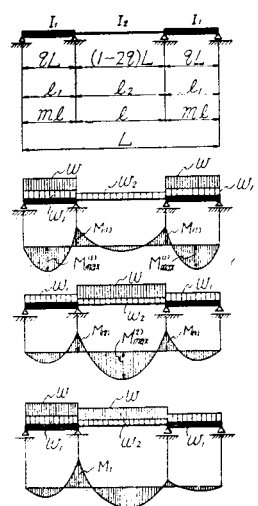
$= \frac{m}{1+2m}$ l_1 : 側径間長

$m = \frac{l_1}{l_2} = \frac{l_1}{L-2l_1}$

2. 三径間連続バリに生ずる正・負の最大曲げモーメント $M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$ および M_1

三径間連続バリの曲げモーメントは、一般に径間比 $m (= l_1/l_2)$ の函数として表わされる場合が多く、著者も、これに関する曲げモーメントの公式およびその一

図-1



* 日本国有鉄道施設局特殊設計室

一般的な傾向について発表しているが^{1),3)}、全径間長を L とする三径間連続バリ橋の経済性を究明するため、本文では、図-1 に示す正・負の最大曲げモーメント

$M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$ および M_1 を Clapeyron の定理から $q(=l_1/L)$ の函数として、(1), (2), (3) 式のように求め、これを検討する。

$$M_{\max}^{(1)} = \frac{(\beta r + 1)wq^2L^2}{8} + \frac{M_{(1)}}{2} \left\{ 1 + \frac{M_{(1)}}{(\beta r + 1)wq^2L^2} \right\}$$

$$= \frac{1}{8} \left[(\beta r + 1)q^2 - \frac{\{(1-2q)^3 + n\beta q^3\}r + nq^3}{2q(n-3)+3} \left\{ 1 - \frac{\{(1-2q)^3 + n\beta q^3\}r + nq^3}{4\{2q(n-3)+3\}(\beta r + 1)q^2} \right\} \right] wL^2$$

$$= m_{\max}^{(1)} wL^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$M_{\max}^{(2)} = \frac{(r+1)(1-2q)^2wL^2}{8} + M_{(2)}$$

$$= \frac{1}{8} \left\{ (r+1)(1-2q)^2 - \frac{2\{[(1-2q)^3 + n\beta q^3]r + (1-2q)^3\}}{2q(n-3)+3} \right\} wL^2$$

$$= m_{\max}^{(2)} wL^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$M_1 = -\frac{1}{4} \left[\frac{2\{nq^2(\beta r + 1) + (1-2q)^3(r+1)\}(nq + 1 - 2q) - (1-2q)\{(1-2q)^3(1+r) + nq^3\beta r\}}{4\{nq + (1-2q)\}^2 - (1-2q)^2} \right] wL^2$$

$$= -m_{(1)} wL^2 \dots\dots\dots (3)$$

ここに $M_{(1)}$, $M_{(2)}$: $M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$ が生ずる場合、支承部におこる負の曲げモーメント

3. $M_{\max}^{(1)}$, $M_{\max}^{(2)}$, M_1 に関する係数 $m_{\max}^{(1)}$, $m_{\max}^{(2)}$

$m_{(1)}$

一般に、断面二次モーメント I とハリ高さ h との間には

$$I = Kh^r \dots\dots\dots (a)$$

ここに K : 断面の形状から決る定数

r : 断面の形状に関する指数

なる関係があるので、断面二次モーメント比 n は、次式で示される。

$$n = \frac{I_2}{I_1} = \frac{K_2 h_2^{r'}}{K_1 h_1^{r'}} \dots\dots\dots (b)$$

側径間および中央径間におけるハリ断面の形状寸法が、一定の比で変化する場合、たとえば、表-1 に示すようなとき、定数 K および指数 r は

$$K_1 = K_2 = K.$$

$$r' = r'' = r$$

となり、従つて (b) 式は

$$n = (h_2/h_1)^r \dots\dots\dots (c)$$

で示され、また、死荷重 β は

$$\beta = w_1/w_2 = (h_1/h_2)^{r-2} \dots\dots\dots (d)$$

で示されるので、(c), (d) 式から次の関係が成立つ。

$$\beta = n^{-\frac{r-2}{r}} \dots\dots\dots (e)$$

なお、連続バリの断面としては、一般に、次の三つ場合が考えられる (表-1 参照)。

- (i) ハリの断面が上下に分割され、その断面積が一定で、断面の厚さが高さに比較して十分小さく、かつ、腹部の断面積を無視した場合 (①型断面)
- (ii) 横方向の寸法が一定で、縦方向の寸法がハリの高さに比例して変化する場合 (②型断面)
- (iii) 縦および横方向の寸法が、それぞれハリ高さに比例して変化する場合 (③型断面)

なお、これらの断面における n, β, r および h の関係は、表-1 のように示すことができる。

表-1

	①	②	③
断面 および 記号			
$I = Kh^r$	$I_1 = K_1 h_1^2, I_2 = K_2 h_2^2$	$I_1 = K_1 h_1^3, I_2 = K_2 h_2^3$	$I_1 = K_1 h_1^4, I_2 = K_2 h_2^4$
$n = \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^r$	$\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^2$	$\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^3$	$\left(\frac{h_2}{h_1}\right)^4$
$\beta = \frac{w_1}{w_2} = \left(\frac{h_1}{h_2}\right)^{r-2}$	1	$\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$	$\left(\frac{h_1}{h_2}\right)^2$
r	2	3	4
$r_0 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(1)}}$	$r_1 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(1)}}, r_2 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(2)}}$	$r_0 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(1)}}, r_1 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(2)}}$	$r_1 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(1)}}, r_2 = C \sqrt[3]{M_{\max}^{(2)}}$

また、 n と β との関係は、(e) 式から次のように示すことができる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{①型断面にたいし} \quad \beta = 1 \\ \text{②型断面にたいし} \quad \beta = n^{-\frac{1}{3}} \\ \text{③型断面にたいし} \quad \beta = n^{-\frac{1}{2}} \end{array} \right\} \dots\dots (f)$$

従つて、(f) 式の関係を断面の形状に応じて、(1)、(2)、(3) 式に入れると、曲げモーメントに関する係数 $m_{\max}^{(1)}$ 、 $m_{\max}^{(2)}$ および $m_{(1)}$ を、 q 、 r および n の函数として示すことができる。連続バリ橋のハリ断面としては、表-1 に示す③型断面が用いられる場合が多いから、これについて検討することとする。いま、 $q = 0.25 \sim 0.50$ にたいし、実用的な値と考えられ

図-2

$n = 0.5$

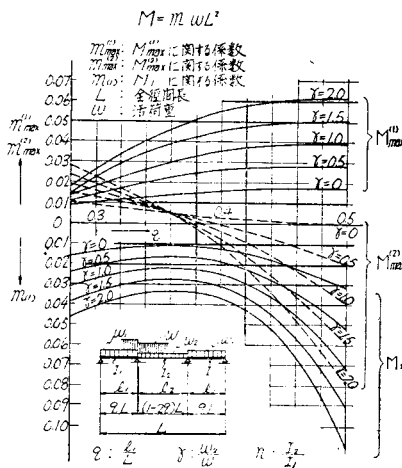


図-3

$n = 1.0$

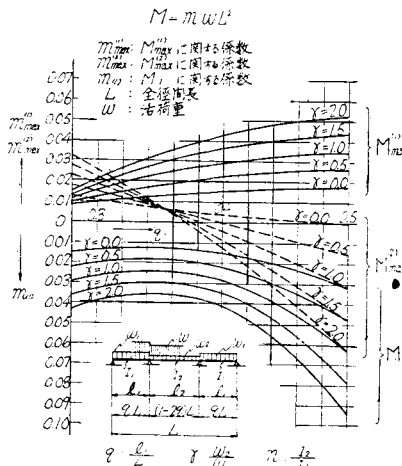


図-4

$n = 1.5$

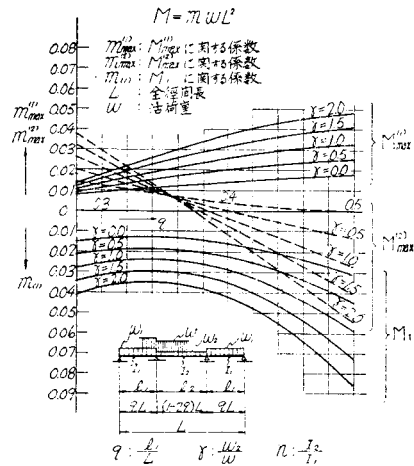
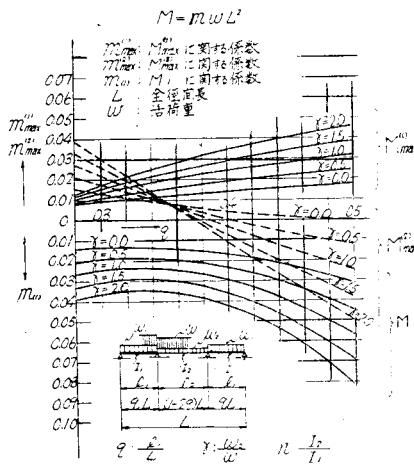


図-5

$n = 2.0$



る $n = 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ $r = 0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$ をとり、また、(f) 式から $\beta = n^{-\frac{1}{3}}$ の関係を、それぞれ (1)、(2)、(3) 式に入れて、 $m_{\max}^{(1)}$ 、 $m_{\max}^{(2)}$ および $m_{(1)}$ を求め、これを図表化したものが 図-2, 3, 4, 5 である。

4. 三径間連続バリの各径間に生ずる最大応力が許容応力度に等しい場合における $M_{\max}^{(1)}$ と $M_{\max}^{(2)}$ との関係

ハリの断面二次モーメント I 、ハリ高さ h 、許容応力度 σ_a および曲げモーメント M_{\max} の間には、一般に次の関係がある。

$$\frac{M_{\max}}{I} \eta h = \sigma_a \dots\dots (g)$$

ここに ηh : ハリ断面の重心軸から縁維までの距離

(g) 式を書き換えれば

$$\frac{I}{h} = C' M_{\max}$$

ここに $C' : \eta/\sigma_a$

上式に (a) 式を入れると

$$h^{r-1} = C'' M_{\max}$$

ここに $C'' : C'/K$

従つて $h^* = CM_{\max}^{\frac{1}{r-1}}$ (h)

ここに $C : (C'')^{\frac{1}{r-1}}$

側径間および中央径間におけるハリ断面が、表一1に示すような関係があり、かつ、各径間のハリに生ずる最大応力が許容応力度に等しいとき、 I_1, I_2 は、(a), (h) 式より

$$\left. \begin{aligned} I_1 &= KC' (M_{\max}^{(1)})^{\frac{r}{r-1}} \\ I_2 &= KC' (M_{\max}^{(2)})^{\frac{r}{r-1}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (i)$$

で示されるから、 n は次式のように表わすことができる。

$$n = \frac{I_2}{I_1} = \left(\frac{M_{\max}^{(2)}}{M_{\max}^{(1)}} \right)^{\frac{r}{r-1}} \dots\dots\dots (j)$$

従つて、側径間および中央径間のハリに生ずる最大応力が許容応力度に等しいためには、次式が満足されなければならない。

$$M_{\max}^{(2)} = n^{\frac{r-1}{r}} M_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (4)$$

また、(1), (2) および (4) 式から次式の関係が成*

$$F = f_6(n, r)q^6 + f_5(n, r)q^5 + f_4(n, r)q^4 + f_3(n, r)q^3 + f_2(n, r)q^2 + f_1(n, r)q + f_0(n, r) \dots\dots\dots (7')$$

ここに

$$\begin{aligned} f_6(n, r) &= \{9(n-4)^2 n \beta^2 + 16(4n-15)n\beta - 64(n^2-5n+3)\beta r^2 \\ &\quad + 2r\{9(n-4)^2 \beta^2 + 8(n-12)\beta - 32(n-1)(n-3)\} + 9n(n-4)^2 \beta - 64(n-1)(n-3) \\ f_5(n, r) &= 4[\beta r^2\{9(n-4)\beta^2 + 2n(51-9n)\beta + 16(n^2-9n+6)\} \\ &\quad + 2r\{9n(n-4)\beta^2 - (n^2-3n-48)\beta + 8(n^2-6n+6)\} + 9n(n-4)\beta - 16(6n-6-n^2)] \\ f_4(n, r) &= 4[\{9n\beta^2 + 9(n-\beta)n\beta - 4(n^2-27n+18)\}\beta r^2 \\ &\quad + \{18n\beta^2 + (5n^2-24n-72)\beta - 4(n^2-12n+18)r\} + \{9n\beta - 4(n^2-12n+18)\}] \\ f_3(n, r) &= -2\{3\{n(n-16)\beta + 16(2n-1)\}\beta r^2 + \{(3n^2-32n-48)\beta + 16(n-3)\}r + 16(n-3)\} \\ f_2(n, r) &= 12[\{(5n-1) - n\beta\}\beta r^2 - \{1 + (1+n)\beta\}r - 1] \\ f_1(n, r) &= -12n\beta r^2 \\ f_0(n, r) &= n\beta r^2 \end{aligned}$$

となり、(7') 式に (f) 式の関係を入れ、また、 n および r に適当な値を与えれば、⑩型断面における n および r の組合わせに応じた q が求められ、また、これらの n, r および q を (2) 式に入れると、 $m_{\max}^{(2)}$ が

* 鉄筋コンクリートでは $h \equiv d$ ここに d : ハリの有効高さ

*立する。

$$m_{\max}^{(2)} = n^{\frac{r-1}{r}} m_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (4')$$

$\frac{r-1}{n^{\frac{r-1}{r}}}$ は、(e) 式から

$$\begin{aligned} \frac{r-1}{n^{\frac{r-1}{r}}} &= \left(\beta - \frac{r}{r-2} \right)^{\frac{r-1}{r}} \\ &= \beta^{\frac{r-1}{r-2}} \\ &= \beta^{\frac{1}{r-2}} \cdot \frac{r}{r-2} \\ &= n\beta^{\frac{1}{r-2}} \end{aligned}$$

となるので、(4), (4') 式は、また、次式のように示すことができる。

$$M_{\max}^{(2)} = n\beta^{\frac{1}{r-2}} M_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (5)$$

$$m_{\max}^{(2)} = n\beta^{\frac{1}{r-2}} m_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (5')$$

従つて、①型断面にたいし

$$m_{\max}^{(2)} = n m_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (6_1)$$

④型断面にたいし

$$m_{\max}^{(2)} = n\beta m_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (6_2)$$

⑩型断面にたいし

$$m_{\max}^{(2)} = n\beta^{\frac{1}{2}} m_{\max}^{(1)} \dots\dots\dots (6_3)$$

いま、一般に多く用いられる⑩型断面を検討するため、(6₂) 式を次式のようにおき

$$F = n\beta m_{\max}^{(1)} - m_{\max}^{(2)} \dots\dots\dots (7)$$

(7) 式に (1), (2) 式をいれ、 q について整理すれば

求められる。図-6 は、この計算結果をまとめて図表化したものである。

なお、 $m_{\max}^{(1)}$ は、図-6 から求めた $m_{\max}^{(2)}$ を、(4') 式または (5') 式に入れて求めることができる。

5. 三径間連続バリ橋の経済的設計

三径間連続バリ橋における材料の使用量 V は、次

図-6

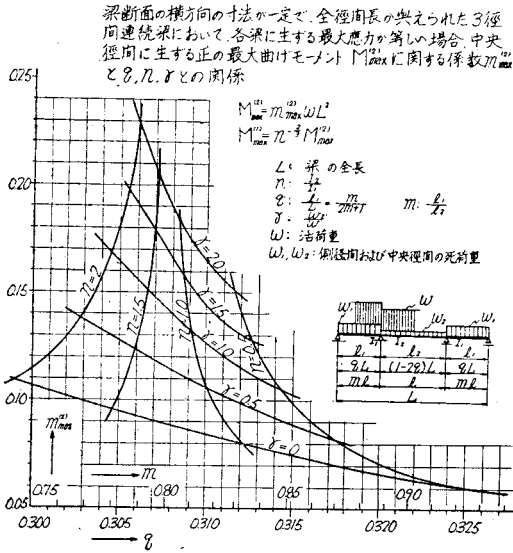
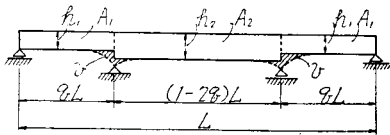


図-7



式で示すことができる (図-7 参照)。

$$V = 2 A_1 q L + A_2 (1 - 2 q) L + 2 v \dots \dots \dots (8)$$

ここに A_1, A_2 : 側径間および中央径間におけるハリの断面積

v : 支根部における体積の増加量 (ハンチ)

従つて、表-1 に示す各断面に関する V は、 v を無視する場合、次のように示すことができる。

(i) ①型断面の場合

$$V_I = AL \dots \dots \dots (9_1)$$

(ii) ②型断面の場合

(1), (2), (h) 式および表-1 から

$$\begin{aligned}
 V_{II} &= 2 h_1 \mu b q L + h_2 \mu b (1 - 2 q) L \\
 &= \{2 (m_{max}^{(1)})^{\frac{1}{2}} q + (m_{max}^{(2)})^{\frac{1}{2}} (1 - 2 q)\} w^{\frac{1}{2}} C \mu b L^2 \\
 &= \{2 n^{-\frac{1}{2}} q + (1 - 2 q)\} (m_{max}^{(2)})^{\frac{1}{2}} w^{\frac{1}{2}} C \mu b L^2 \\
 &\dots \dots \dots (9_2)
 \end{aligned}$$

ここに $\mu b h$: ハリの断面積

b : 突縁の幅

μ : 断面積に関する係数

w : 活荷重

C : 許容応力度および断面形状からきまる定数

表-2 は、鉄筋コンクリートの設計に用いる C の値を示し、表-3 は、I 形断面に関する C の値を示す。

表-2 C の値

	単鉄筋矩形断面	複鉄筋矩形断面	単鉄筋T形断面	複鉄筋T形断面
C の値	$\frac{1}{11} \frac{6ca}{ca} \sqrt{\frac{6\pi}{2716ca + 36ca}}$	$\left\{ \frac{6ca}{2} \left[\frac{1}{3} \left(\frac{6ca}{(1-b)ca} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$ $\dots \dots \dots \frac{1}{11} \frac{6ca}{ca} \sqrt{\frac{6\pi}{2716ca + 36ca}}$	$\left\{ \frac{6ca}{11} \left[\frac{1}{3} \left(\frac{6ca}{(1-b)ca} \right) \right] \right\}^{\frac{1}{2}}$ $\dots \dots \dots \frac{1}{11} \frac{6ca}{ca} \sqrt{\frac{6\pi}{2716ca + 36ca}}$	$\left\{ 6ca \left(1 - \frac{1}{2} \right) - 6ca \left(\frac{1}{2} \right) \right\}^{\frac{1}{2}}$ $\dots \dots \dots \frac{1}{11} \frac{6ca}{ca} \sqrt{\frac{6\pi}{2716ca + 36ca}}$
決まる条件	b, ca, ca	$b, ca, ca, \frac{b}{d}, \frac{d}{d}$	$b, ca, ca, \frac{1}{2}$	$b, ca, ca, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}, P, P'$

(註) この表においては $n = \frac{L}{2}$
 * 栗田達光氏著「モルタルによる鉄筋コンクリートの計算」より引用

表-3 I 断面における C の値

断面			
断面係数の係数	$K = \frac{1}{12} [b_2^3 + b_1^3 - (b_2 - t)(b_1 - a_2)^3 - (b_2 - t)(b_2 - a_2)^3]$	$K = \frac{1}{12} [b_2^3 + b_1^3 - (b_2 - t)(b_1 - a_2)^3 + (b_2 - a_2)^3]$	$K = \frac{1}{12} [b_2^3 - (b_2 - t)(b_2 - a_2)^3]$
係数	$\eta_1 = \frac{t + (b_2 - t) \frac{b_2^2 + (b_2 - t)(b_2 - a_2)}{2(b_2 - t)a_2 + (b_2 - t)a_1}}{ca + ca}$ $\eta_2 = 1 - \eta_1 = \frac{ca}{ca + ca}$	$\eta_1 = \frac{t + (b_2 - t) \frac{b_2^2 + (b_2 - t)(b_2 - a_2)}{2(t + (b_2 - t)(a_1 + a_2))}}{ca + ca}$ $\eta_2 = 1 - \eta_1 = \frac{ca}{ca + ca}$	$\eta_1 = \eta_2 = \frac{1}{2}$
C の値	$C = \sqrt{\frac{\eta_1}{K b_2}} = \sqrt{\frac{\eta_2}{K b_1}} = \sqrt{K (ca + ca)}$		$C = \sqrt{2 \delta K}$ 但し $ca = ca = ca$

(iii) ㊦型断面の場合

$$\begin{aligned}
 V_{III} &= 2h_1\varphi h_1qL + h_2\varphi h_2(1-2q)L \\
 &= \{2(m_{\max}^{(1)})^{\frac{2}{3}}q + (m_{\max}^{(2)})^{\frac{2}{3}}(1-2q)\}w^{\frac{2}{3}}C^2\varphi L^{\frac{5}{3}} \\
 &= \{2n^{-\frac{1}{3}}q + (1-2q)\}(m_{\max}^{(2)})^{\frac{2}{3}}w^{\frac{2}{3}}C^2\varphi L^{\frac{5}{3}} \\
 &\dots\dots\dots(9_3)
 \end{aligned}$$

ここに φh^2 : ハリの断面積

いま、最も多く用いられる㊦型断面について、 V_{II} の極小を求めるため、(9₃)式を r, n および q の函数で示し、これを次式のように書き換えれば

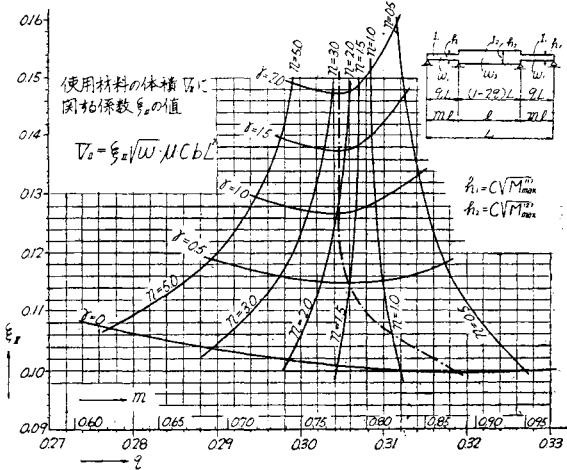
$$V_{II} = \xi_{II} w^{\frac{2}{3}} C \mu b L^2 \dots\dots\dots(10)$$

ここに

$$\xi_{II} = \{2n^{-\frac{1}{3}}q + (1-2q)\} \left\{ \frac{1}{8}(r+1)(1-2q)^2 \frac{2[\{(1-2q)^2 + n^{\frac{2}{3}}q^2\}r + (1-2q)^3]}{2q(n-3)+3} \right\}^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(10a)$$

となり、(10)式において w, C, μ, b, L は、あらかじめ与えられる値であるか、または、仮定すべき値であるので、これらの値は体積計算では定数となり、 V_{II} は ξ_{II} のみの函数と考えることができる。従つて㊦型断面を有する三径間連続バリ橋の経済的設計は、 ξ_{II} の極小値を求めればよいこととなる。図-8 は、(7')式から求めた n, q および r を (10a) 式に入れて ξ_{II} を計算し、図表化したものである。なお、図-8 において、一点鎖線で示した曲線は、仮定した r にたいして

図-8



$$\xi_{II} = \{2n^{-\frac{1}{3}}q + (1-2q)\} \left\{ \frac{1}{8}(r+1)(1-2q)^2 \frac{2[\{(1-2q)^2 + n^{\frac{2}{3}}q^2\}r + (1-2q)^3]}{2q(n-3)+3} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

- w : 活荷重
- b : 断面の幅
- L : 梁の全径間長
- C : 形状及び許容応力度から定まる係数
- μ : 断面積 A に関係係数 $A = \mu b h$
- r : $\frac{h_1}{h_2}$
- n : $\frac{h_1}{h_2}$
- z : 側径間 L_1 の全長 L の比

最小の ξ_{II} を与える q および n の組合わせを示したものである。

仮定した r にたいして ξ_{II} が極小となる n および q (または m) は、図-8 から求められ、これらの値を図-6 に入れることにより $m_{\max}^{(2)}$ が求められる。なお、 $M_{\max}^{(2)}$ は、 $m_{\max}^{(2)}$ を次式に入れることにより求められ、経済的設計を満足する中央径間のハリ断面は、この $M_{\max}^{(2)}$ から簡単に決定することができる。

$$M_{\max}^{(2)} = m_{\max}^{(2)} w L^2$$

ここに w : 活荷重

また、 $M_{\max}^{(1)}$ は、上式から求めた $M_{\max}^{(2)}$ を (5) 式に入れて求めることができる。

6. 経済的設計における径間割およびハリ断面の寸法割合

表-1 に示す㊦型断面を有する径間連続バリ橋の設計にあたり、 r を仮定すれば、図-8 から経済的設計を満足する n および q を求めることができる。この場合、 r の仮定が適切でなければならない。 r に関しては、その資料が乏しく目下調査研究中であるが、単純支承橋における資料から^{5), 6)} r を表-4 のように仮定して、㊦型断面における $m, n, q, h_2/h_1$ および h_0/h_1 の値を検討する (図-9 参照)。

図-9

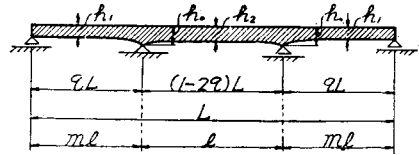


表-4 r の値

種類	中央スパン (m)	$r = w_2/w$
鉄道橋 (KS-15)	コンクリート桁	30~50
	鋼桁	30~70
道路橋 (1等橋)	コンクリート桁	40~70
	鋼桁	50~100

表-4 に示す r を用いて、図-8 から ξ_{II} が極小となる q, n および m の値を求めて、まとめたのが表-5 である。

表-5 ハリ断面を異にする場合の q, m および n の値

種類	q	m	n	
鉄道橋 (KS-15)	コンクリート桁	0.304	0.779	1.950~2.400
	鋼桁	0.315~0.308	0.850~0.803	0.810~1.200
道路橋 (1等橋)	コンクリート桁	0.304	0.778	1.840~2.100
	鋼桁	0.304	0.778	2.100~2.400

なお, $n=1$ すなわち, ハリ断面を一樣に設計する場合, q および m の値は, 図-8 から 表-6 のように示すことができる。

表-6 ハリ断面が一樣な場合における q および m の値

種 類		q	m
鉄道橋 (KS-15)	コンクリート桁	0.309 ~ 0.308	0.808 ~ 0.803
	鋼 桁	0.312 ~ 0.311	0.828 ~ 0.820
道路橋 (1等橋)	コンクリート桁	0.3095 ~ 0.309	0.810 ~ 0.806
	鋼 桁	0.309 ~ 0.308	0.806 ~ 0.803

また, 表-4, 5, 6 に示す r および n にたいする $M_1/M_{\max}^{(2)} = \epsilon$ は, 図-2, 3, 4, 5, 6 から, 表-7 のように示すことができる。

表-7 $\epsilon \left(= \frac{M_1}{M_{\max}^{(2)}} \right)$ の値

種 類		ハリの断面を異にする場合	ハリの断面が一樣な場合
鉄道橋 (KS-15)	コンクリート桁	1.600 ~ 1.770	1.440 ~ 1.570
	鋼 桁	1.210 ~ 1.464	1.300 ~ 1.392
道路橋 (1等橋)	コンクリート桁	1.600 ~ 1.560	1.560 ~ 1.550
	鋼 桁	2.000 ~ 1.780	1.560 ~ 1.570

なお, ハリ高さの比と n との間には, 表-1 および (c) 式から次式の関係がある。

$$h_2/h_1 = n^{1/3} \dots\dots\dots(11)$$

また, $h_0 = KM_1^{1/3}$

であるから, 表-1 および (h) 式から

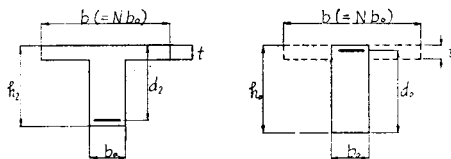
$$\frac{h_0}{h_2} = \left(\frac{M_1}{M_{\max}^{(2)}} \right)^{1/3} = \epsilon^{1/3} \dots\dots\dots(12)$$

従つて, (11), (12) 式から h_0/h_1 は

$$\frac{h_0}{h_1} = n^{1/3} \epsilon^{1/3} \dots\dots\dots(13)$$

で示すことができる。しかし, 鉄筋コンクリートT形バリにおけるハリ高さは, 正の曲げモーメントにたいしては 図-10 に示すT形断面 (A), また, 負の曲

(A) 図-10 (B)



げモーメントにたいしては矩形断面 (B) として求めなければならない。いま, (A), (B) 断面に, それぞれ $M_{\max}^{(2)}$, $M_1 (= \epsilon M_{\max}^{(2)})$ が作用し, 両断面における鉄筋およびコンクリートに生ずる最大応力が, 許容応力度に等しい場合, ハリの有効高さの比 d_0/d_2

は, 鉄筋比が等しく, かつ, $t=0.2d$ の場合は次式で示すことができる。

$$d_0/d_2 = \sqrt{1.029 \epsilon N}$$

ここに $N = b/b_0$

従つて $h_0/h_2 = \sqrt{1.029 \epsilon N} \dots\dots\dots(14)$

図-11 は, (14) 式の関係を図表化したものである。

表-11

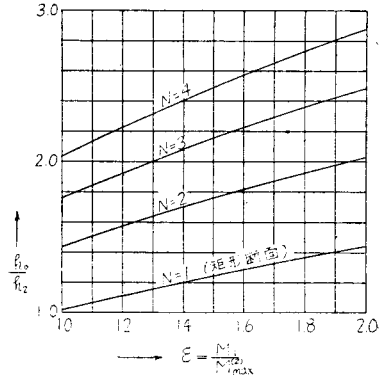


表-5, 6, 7 の数値を (11), (12), (13), (14) 式に入れると, 表-4 に示す r にたいする h_2/h_1 および h_0/h_1 が求められ, これをまとめたのが表-8 である。

7. 結 論

三径間連続バリ橋の設計にあたり,

- 1) 活荷重を等分布荷重とし, 2) ハリの支承部における断面変化が曲げモーメントに及ぼす影響を無視し, 3) ハリの断面は曲げモーメントによつて決定され, 4) 材料を均等質とし, 5) 材料の使用量が最小の場合が最も経済的である

と仮定し, また, 側径間および中央径間におけるハリの断面二次モーメント比が $I_2/I_1 = (h_2/h_1)^r$, また, 死荷重比とハリ高さの比が $w_1/w_2 = (h_1/h_2)^{r-2}$ で示される場合について, 経済的設計に関する基本方針を検討すれば, 次の結論が得られる。

(1) 各径間のハリに生ずる最大応力が許容応力度に等しいためには, $M_{\max}^{(1)}$ と $M_{\max}^{(2)}$ との間には (4), (5) 式に示す次の関係が成立しなければならない。

$$M_{\max}^{(2)} = n \frac{r-1}{r} M_{\max}^{(1)}$$

または $M_{\max}^{(2)} = n \beta \frac{1}{r-2} M_{\max}^{(1)}$ ただし $r \neq 2$

(2) 使用材料の量を極小にするためには, (9) 式を検討して, これを満足する β, r, n および q の関係を求めればよい。表-1 に示す⑩型断面を有する連続バリ橋においては, 図-8 から仮定した r にたい

する ϵ_{II} の極小値を求めることにより、設計が最も経済的となる n , q および m の値を求めることができる。また、 r および q (または、 m) が与えられる場合は、図-8 から q (または、 m) にたいして、経済条件を満足する n を求めることができる。

(3) r の値は、実際の荷重体系について検討中であるが、表-1 に示す⑩型断面を有する鉄道橋 (KS-15) および道路橋 (1等橋) における値を、表-4¹⁾ のように仮定する場合、大体の標準として、 q , m , h_2/h_1 および h_0/h_1 の値を、表-8 のように示すことができる。

表-8 連続バリ橋における $n, m, q, h_2/h_1$ および h_0/h_1 の値

種類	径間	r	h_0/h_1	h_2/h_1	橋脚	
					径間比	橋脚高
鉄道橋 (KS-15)	1.00	0.868-0.883	0.309-0.308		1.00	1.703-1.753
					1.00	1.728-1.802
					1.00	2.119-2.208
	1.950-2.400	0.779	0.304		1.00	2.440-2.540
					1.00	1.579-1.789
					1.00	1.310-1.916
道路橋 (1等橋)	1.00	0.824-0.838	0.311-0.312		1.00	1.163-1.180
					1.00	1.192-1.210
					1.00	1.192-1.780
	1.940-2.100	0.775	0.304		1.00	1.249-1.245
					1.00	2.132-2.190
					1.00	2.502-2.530
2.100-2.400	0.806-0.803	0.309-0.3085	1.28-1.337	1.00	1.579-1.623	
				1.00	1.740-1.820	
				1.00	2.193-2.272	

(4) $h_2/h_1, h_0/h_1$ の値は、表-8 に示すように、コンクリート橋では大きく、鋼橋では小さい。鋼鉄道橋において、特にその傾向が見られる。

(5) 図-8 に示すように、連続バリ橋を一樣な断面で設計するのは、一般に経済的ではなく、 r の値に応じて n の値を適当に選ばなければならない。

(6) 影響線を用いて、曲げモーメントおよびセン

断力を求める場合、図-8 から経済的な n および q を求め、これについて影響線を画いて計算するのが、実際的と考えられる。

なお、本文に掲載する図表を用いて、 $M_{max}^{(1)}, M_{max}^{(2)}$ および M_1 を求める場合、換算等分布荷重 w の値が適正でなければならない。これについては、他日発表の予定であるが、影響線から求めた二、三の精密計算の実例と、中央径間における換算等分布荷重を用いて掲載図表から求めた値とを比較した結果、その精度は 94~105% となっている。従つて、簡易計算の場合は中央径間における換算等分布荷重を用いて、掲載図表から計算しても、差支えないように考えられる。

また、与えられた径間比 q (または m) が小さく、かつ、ハリの断面変化の影響を考えた経済的設計については、別に発表する予定である。

本研究は特殊設計室長友永和夫博士の指導をうけ、計算は斎藤昇君の協力を得たことを附記する。

参考文献

- 1) 拙著：ハリ断面の3径間連続橋における径間比について、土木学会誌、第38巻、第9号。
- 2) Richard Guldán: Rahmentragwerke und Durchlaufträger.
- 3) Karl-Heinz Roik: Zur Berechnung von Durchlaufträger, Der Stahlbau, Heft. 1, 1951
- 4) 拙著：断面を異にする3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。
- 5) 鉄道橋は、鉄筋コンクリート桁は国鉄標準図、鋼橋は橋梁研究会編「鋼鉄橋梁設計資料」を参考。
- 6) 道路橋は、内務省土木試験所報告、昭和16年、8、昭和18年、1、を参考。

(昭.29.3.18)

港湾における沿岸流及び最大波高の推定について

正員 真 嶋 恭 雄*

ESTIMATION OF THE COASTAL CURRENT AND THE MAXIMUM WAVE HEIGHT IN HARBOURS

(JSCE Aug. 1954)

Yasuo Mashima, C.E. Member

Synopsis In this report, the author introduced some properties of the mean wind velocity, its direction and its duration from the data of the meteorological observatory.

He described one method of estimation of the velocities of coastal currents, their directions and the maximum wave height during the wind observation period using the wind properties which he had discussed in this paper.

* 北海道大学助教授、工学部土木教室