

# 木橋の經濟的徑間に就て

福 田 弘

## 概 説

橋梁の設計に當り、其徑間割を如何に決定すべきやは經濟的に最も考慮を要すべき點なるは論を俟たない。故に鐵橋其他の高級なる橋梁に在りては、識者間に於ても相當研究せられつゝある處なれども、木橋にありては往々にして此問題を輕視するの傾向あり。徒に從來の慣例に囚れ又は輕卒なる自己判斷に依り、是れを決定し去らむとするもの多きの感あるを遺憾とする、蓋し地方道路に在りても漸次永久的橋梁計畫の傾向を招來しつゝあるけれども、地方財政の現況は猶ほ木橋時代を脱する事の出来ない實情にありこれに對して相當の考慮を要すべきは當然の事である。

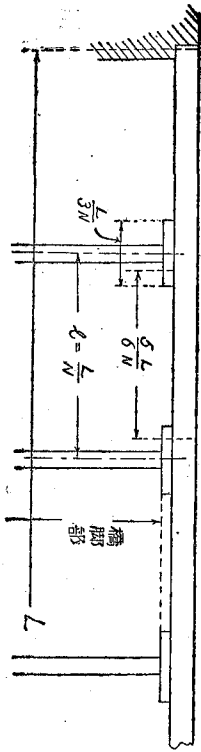
## 説 明

木橋にありて橋梁長一定し其の間數個の橋脚を有する場合に於ては各徑間長を増加するに従ひ橋脚數は減ぜられ、之れに反し各徑間長を短縮するに従ひ橋脚數は増加せらるゝ事となる。即ち各徑間長の増減は橋體竝に橋脚の各工費に影響を及ぼし而も其の工費は反對に増減するものであるから此の間に於て橋體及橋脚の合計工費を最小となすべき一つの經濟的徑間の存すべきは明かである。而して橋梁工費の内、橋臺の工費竝に橋體部中敷並木以上の部分（敷並木、杉皮、置土、高欄、親柱等）の工費は、徑間長の増減に對して關係を有しないから敢て考慮するの要は無い。

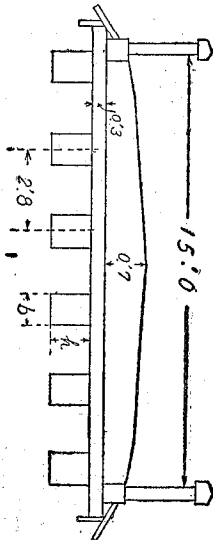
故に此處に研究を要すべき範圍は橋桁（副桁を含む）並に橋脚の二者に限らるゝ事となる。

本問題は各種橋幅に付き研究すべきを至當なりと思ふけれども、大體に於て各種橋幅を通して桁間隔は二尺八寸内外であるから、茲には府縣道として幅員十五尺の土橋に就き圖示の通り桁間隔を二尺八寸と假定し、單桁橋並に方杖橋の二種に對し研究の歩を進めんとする、尙ほ活荷重の事に付き一言斷つて置きたい、該荷重に付いては勿論道路構造令に依り群衆荷重並に車輛等の荷重に關し各段の場合に應じ別々に研究すべきを本旨とするけれども、是れは徒ら

橋幅拾五尺土橋の場合（單桁式）



に問題を製雜にするばかりでなく、土橋の場合にありては死荷重は各種活荷重に比し比較的大であるから、荷重全體よりすれば桁に及ぶ各種活荷重よりの影響の差異は割合に小であるから計算の便宜上此處には群衆荷重（車輛荷重に對し當量等布負荷重の意味にて多少割増をして）のみを考へて研究する事とする。而して永久的施設に非ざる木橋に在りては、此の程度の荷重を以てしても、實際的には其の結果に大なる支障のない事を信じ得るのである。勿論市街橋其他特に重量荷物の通過激しき箇處に對しては、本研究の結果に對し照査の要を認むるのである。



計 算

假 定	總 橋 長	徑 間 數	徑 間 長	副 桁 長	有 効 徑 間 長	桁 間 隔	桁 數	桁 幅	副 桁 高	副 桁 幅	木材一立方尺の重量	置土一立方尺の重量	砂利一立方尺の重量
	L 尺		N 尺	(L/N)	$\frac{5L}{6N}$	2尺8	6	b尺	h 尺	但シ P=1.33ト假定す	120*100*40*		
									但シ P=1.33ト假定す				

桁一本の重量(一尺當)

(桁の重量は徑間の大小に依りて變化すべきも其の重量は全死荷重に比し比較的些少なるを以て便宜上此處には幅一尺一寸高一尺五寸四分の木材の重量として六十八封度と假定す)

死荷重(桁一本一尺當)

$$W_1 = (0.3 \times 40 + 0.7 \times 100 + 0.3 \times 120) \times 2.8 + 68 = 118. \times 2.8 + 68 = 330 + 68 = 398*$$

活荷重(桁一本長一尺當)

$$W_2 = 2.8 \times 100 = 280*$$

木材の抗力(封度每平方尺)

$$f = 900 * \times 1.44 = 129,600 * \%$$

木材一立方尺の價格

1.33 圓

(橋桁は總て米松材を使用するものとし一立方尺を一圓三十三錢ト假定す)

橋脚一基の工費

〇 圓

$$\text{最大應力} = B.M. = \frac{(W_1 + W_2) \times \left(\frac{5L}{6N}\right)^2}{8}$$

$$= \frac{(398 + 280) \times 25L^2}{8 \times 36N^2} = \frac{16950}{288} \times \left(\frac{L}{N}\right)^2$$

$$\begin{aligned} \text{抵抗力率} = R.M. &= \frac{16L^2}{6} = \frac{129,600 \times b \times (1.4b)^2}{6} \\ &= 42336b^3 \end{aligned}$$

$$B.M. = R.M. = \frac{16950}{288} \times \left(\frac{L}{N}\right)^2 = 42336b^3$$

$$\frac{L}{N} = \sqrt{\frac{42336b^3 \times 288}{16950}} = 26.8b^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (1)$$

$$N = \frac{L}{26.8b^{\frac{3}{2}}} \dots \dots \dots (2)$$

橋桁の工費は其材料費及加工費の二種であるけれども加工費は桁の大小に依りては殆ど關係しないから本問題の研究にはこれを考慮せらるゝの要がない。

$$\text{橋桁及副桁の総材料費} = \left\{ b \times 1.4b \times L + \left(\frac{L}{3N} \times b \times 1.12b\right) \times (N-1) \right\}$$

$$\times 6 \times 1.33 = \left\{ 1.4b^2L + 0.37b^2L - 0.37b^2 \frac{L}{N} \right\} \times 6 \times 1.33$$

$$= 11.17b^2L + 2.95b^2L - 2.95b^2 \frac{L}{N}$$

$$= 14.12b^2L - 2.95b^2 \frac{L}{N}$$

橋脚一基の工費 = C圓

橋桁副桁 } 總工費 = F = C(N-1) + 14.12b^2L - 2.95b^2 \frac{L}{N}

及橋脚の } 總工費 = F = C(N-1) + 14.12b^2L - 2.95b^2 \frac{L}{N}

$$F = C \left( \frac{L}{26.8b^{\frac{3}{2}}} - 1 \right) + 14.12b^2L - 2.95b^2 \times 26.8b^{\frac{3}{2}}$$

$$= \frac{CL}{26.8b^{\frac{3}{2}}} - C + 14.12b^2L - 79.06b^{\frac{7}{2}}$$

$$= \frac{CLb^{-\frac{3}{2}}}{26.8} - C + 14.12b^2L - 79.06b^{\frac{7}{2}}$$

(4) の値を最小にする (4) の値の算出から (4) の値を最小にする

を (4) に関し微分する時は次の如し。

$$\frac{dF}{db} = \frac{CL \times \left(-\frac{3}{2}\right) \times b^{-\frac{5}{2}-1}}{26.8} + 14.12 \times 2 \times L \times b^{-\frac{2}{2}-1}$$

$$\times \frac{7}{2} \times b^{\frac{7}{2}-1}$$

$$= -\frac{CL \times 3}{26.8 \times 2 \times b^{\frac{7}{2}}} + 28.24Lb - 276.71b^{\frac{5}{2}}$$

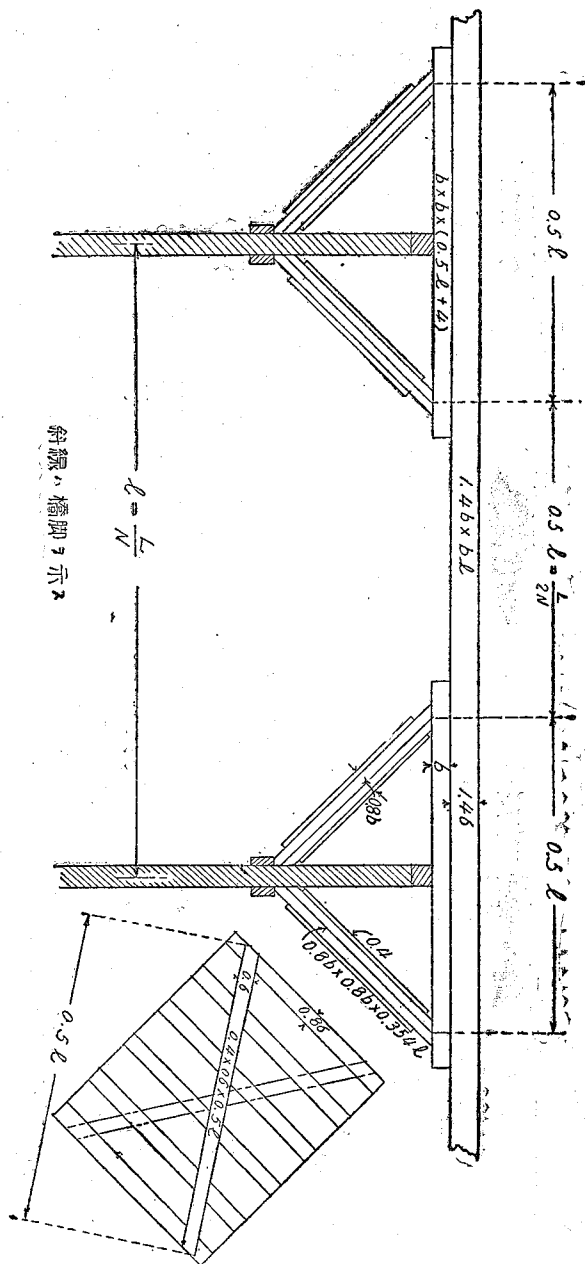
$$= -\frac{0.056CL}{b^{\frac{7}{2}}} + 28.24Lb - 276.71b^{\frac{5}{2}} \dots \dots \dots (3)$$

(3) の値を最小にする (3) の値を (4) の値を最小にする

を (3) に関し微分する

$$-\frac{0.056CL}{b^{\frac{7}{2}}} + 28.24Lb - 276.71b^{\frac{5}{2}} = 0 \dots \dots \dots (4)$$

木橋土橋方杖式幅員拾五尺



斜線ハ橋脚ヲ示ス

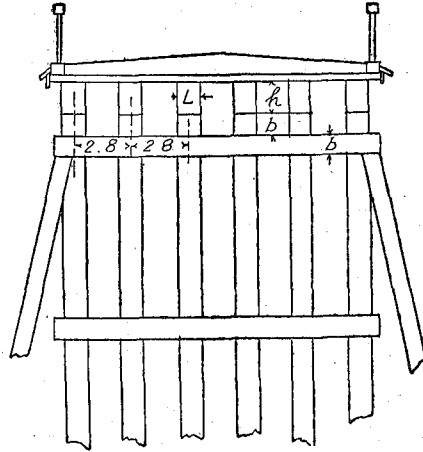
斜線ハ橋脚ヲ示ス

(4)式中L及Cに相當値を代入する時はbの値を算出する事が出来る、經濟的徑間長は(2)式に依り次式の如し。

$$\text{經濟的徑間長} = l = \frac{L}{N} = \frac{L \times 26.8b^2}{L} = 26.8b^2 \dots\dots(5)$$

$$\text{桁高} = h = 1.4b$$

$$\text{副桁高} = d = 1.12b$$



(4)式は割合に複雑であつて實際使用上に不便であるから別圖の如く圖表を作製して實用上の便宜を計る事とせり

假定

研究

總橋長	L尺
徑間數	N
徑間長	l尺 (L/N)
有効徑間長	$\frac{l}{2}$
桁間隔	6 2.8尺
桁幅數	b 尺
桁高	h尺
副桁幅	$\frac{4}{3}h = 1.4b$ 假定す
副桁高	b 尺
方杖幅	0.8b
方杖厚	0.8b
桁一本の重量(一尺當)	68*

(桁の重量を幅一尺一寸、高一尺五寸四分の木材の重量と假定し六十八封度とす)

死荷重(桁一本長一尺當)

W<sub>1</sub>

$$W_1 = (0.3 \times 40 + 0.7 \times 100 + 0.3 \times 120) \times 2.8 + 68 = 398*$$

活荷重(桁一本長一尺當)

$$W_2$$

$$W_2 = 2.8 \times 150^{\#} = 420^{\#}$$

(方杖橋の場合は有効徑間が比較的短小であるから車輛荷重よりの影響も亦大なり車輛荷重の當量等布荷重(イケイウアレントロード)の意味に於て群衆荷重を每平方尺に百五十磅と假定す)

$$\text{最大彎曲力率} = B.M. = \frac{(W_1 + W_2) \times (0.5)^2}{8}$$

$$= \frac{(398 + 420) \times 0.25^2}{8} = \frac{304.5}{8} \times \left(\frac{L}{N}\right)^2$$

$$\text{抵抗力率} = R.M. = \frac{fbl^2}{6} = \frac{129,600 \times b(1.4b)^2}{6} = 42336b^3$$

$$B.M. = R.M. = \frac{304.5}{8} \times \left(\frac{L}{N}\right)^2 = 4.386b^3$$

$$l = \frac{L}{N} = \sqrt{\frac{42336b^3 \times 8}{:04.5}} = 40.693b^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

$$N = \frac{L}{40.693b^{\frac{3}{2}}} \dots\dots\dots(2)$$

前述單桁橋の場合と同一方法に依りて經濟的桁幅bを表す方程式は次の如くなる。

$$\{(37.554L - 63.84)b^2 + 0.392L - (1088 - 2b^2 + 39b)\}^2 = 0.08696CL \dots\dots\dots(4)$$

經濟的徑間長は(1)式により次の如し。

$$\text{經濟的徑間長} \quad l = 40.693b^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots(1)$$

桁 高  $h = 1.4b$

副桁高及幅  $= b$

方杖材副及厚  $= 0.8b$

即ち(4)式を満足する(b)の値を見出し其の上にて經濟的徑間其他を算出すべきものである然し(4)式は複雑であつて實用に適しないから別圖の如く圖表を作製して便宜を計る事とせらる。

注 意

上記の各式及圖表は前述の通り橋梁幅拾五尺にして桁六本を使用したものに付き算出したる結果である之れを橋幅の異なる橋梁に對し應用せんとするには先づ今必要とする橋幅に對する橋脚を設計し該橋脚工費を桁數の比(必要橋幅に要する桁數と拾五尺幅に要する桁數六との比)に依り拾五尺幅に對する假定橋脚工費を算出し之れを以つて前

記各計算式又は圖表の(C)の價に代入して經濟的徑間に對する(l)(b)(h)(d)等を算出し是れを今必要とする橋幅のものに適用しても實用的には差支がないと思ふ勿論何れの場合でも桁間隔は二尺八寸内外に設置する事を條件とするは言ふ迄でもない、猶ほ架橋すべき河川の横斷面が不規則にして例へば洪水敷と低水敷との如く二段三段等に區別せられてゐる場合には橋長全體を其の區別に従ひ別々に長さを決定し是れを個々の橋長と假定し各々橋脚の工費を定め各別に經濟的徑間其他を算出して橋梁全體の徑間割を定めても實用上大なる不都合は無いと思ふ、更に塵除工を各橋脚毎に設置する場合に於ては該塵除工費を橋脚工費の中に含有せしめて經濟的徑間を求むる事は適當なる處置なりと思ふ、圖表に於て見る如く方杖橋は一定橋脚工費に對して何れも經濟的徑間長大である従つて一般に架橋地點の狀況洪水位等の關係に於て許すならば方杖式を採用する方が經濟的である然しながら徑間の小なるものに對しては其の工費の差格僅小であるから複雑なる方杖橋に依らず單桁式

に依るを普通とする其の限度は大體に於て徑間三拾尺内外を以て適當であると認めらるゝのである。

### 例題

(一)橋 長 三百六十尺 の場合

橋脚一基の工費 五百五十圓

先づ第一圖表に於てL線の處にて三百六十尺の點を求め其の縦線上にてCの五百五十圓の場所(1)曲線中五百圓線と六百圓線の中間)を求め其の點より横線を辿り1の値二十八尺二寸を求むる事が出来る。

$$N = \frac{360}{28.2} = 12.76 \div 13$$

$$\text{經濟的徑間} = \frac{360}{13} = 27.70$$

圖表に於て1の値二十七尺七寸の點より横線を辿りCの値五百圓(四百圓線にてもよし)線との交叉點より縦線に沿ひbの値一尺〇寸一分六厘を求むる事が出来る猶ほ正確を期する爲め次式によりbの値を求めらるゝのである。

$$l = 26.8b^3 \quad b = \sqrt[3]{\frac{l}{26.8}} = \sqrt[3]{\frac{27.7}{26.8}} = 1.016$$



$$h = 1.4b = 1.4 \times 1.016 = 1.42^R$$

$$d = 1.12b = 1.12 \times 1.016 = 1.14^R$$

(C) 橋 總長 六百尺 洪水敷幅 二百四十尺

低水敷幅 三百六十尺 橋 幅 十八尺

洪水敷部分橋脚一基工費 六百圓

低水敷部橋脚一基工費 壹千圓

低水敷部塵除工一基工費 百九十三圓

$$\text{洪水敷部橋脚十五尺幅換算工費} = \frac{600 \times 6}{7} = 514 \text{圓}$$

第一圖表中L線中二百四十尺の縦線上に於てCの五百十  
四圓に相當點に於ての二十七尺六寸を求むる事が出来る

$$N = \frac{240}{27.6} = 8.7 \div 9$$

$$\text{經濟的徑間長} = \frac{240}{9} = 26.67$$

第一圖表中Lの二十六尺六寸七分の點より横線に沿ひC  
の四百圓線との交叉點より縦線に沿ひb曲線のCの値四百  
の點に於て九寸九分五厘を得、猶ほ値の正確を期する上に  
於て次式によりbを求むれば

$$l = 26.8b^2 \quad b = \sqrt[3]{\left(\frac{l}{26.8}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{26.67}{26.8}\right)^2} = 0.997^R$$

$$h = 1.4b = 1.4 \times 0.997 = 1.4$$

$$d = 1.12b = 1.12 \times 0.997 = 1.12$$

$$\text{低水敷部橋脚十五尺幅換算工費} = \frac{1000 \times 6}{7} = 857 \text{圓}$$

$$\text{橋脚工費} + \text{塵除工工費} = 857 + 133 = 1090 \text{圓}$$

第二圖表に於てL線中三百六十尺の縦線上にてCが千五  
拾圓に相當する點に於ての値四十二尺八寸の點を求め得  
即ち

$$N = \frac{360}{42.8} = 8.41 \div 8$$

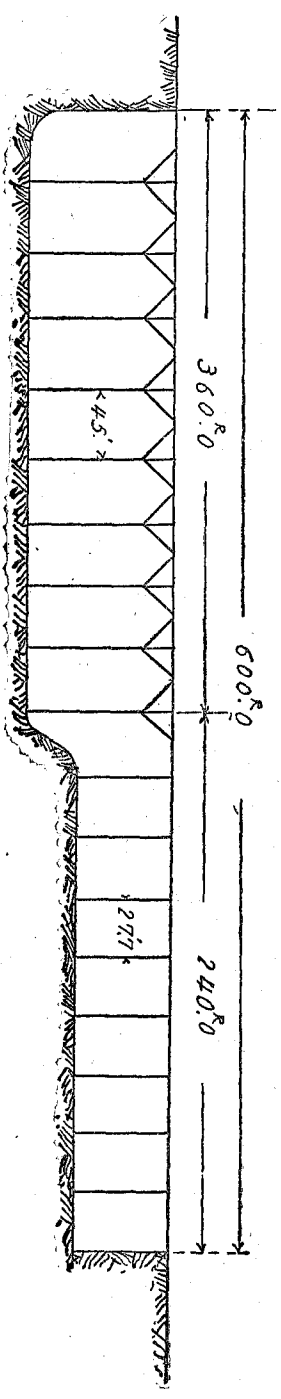
$$\text{低水敷部經濟的徑間長} = \frac{360}{8} = 45.0^R$$

第二圖表中Lの四十五尺の點より横線を辿りCの千百圓  
線（千圓線にてもよし）との交叉點より縦線に沿ひb曲線  
中のCの千百圓の線（千圓線にてもよし）との交叉點より横  
線に沿ひbの價一尺六分八厘を求め得べし。猶ほ正確を期  
する上に於て次式によりdを求むれば

$$l = 40.696b^2 \quad b = \sqrt[3]{\left(\frac{l}{40.696}\right)^2} = \sqrt[3]{\left(\frac{45}{40.696}\right)^2} = 1.069^R$$

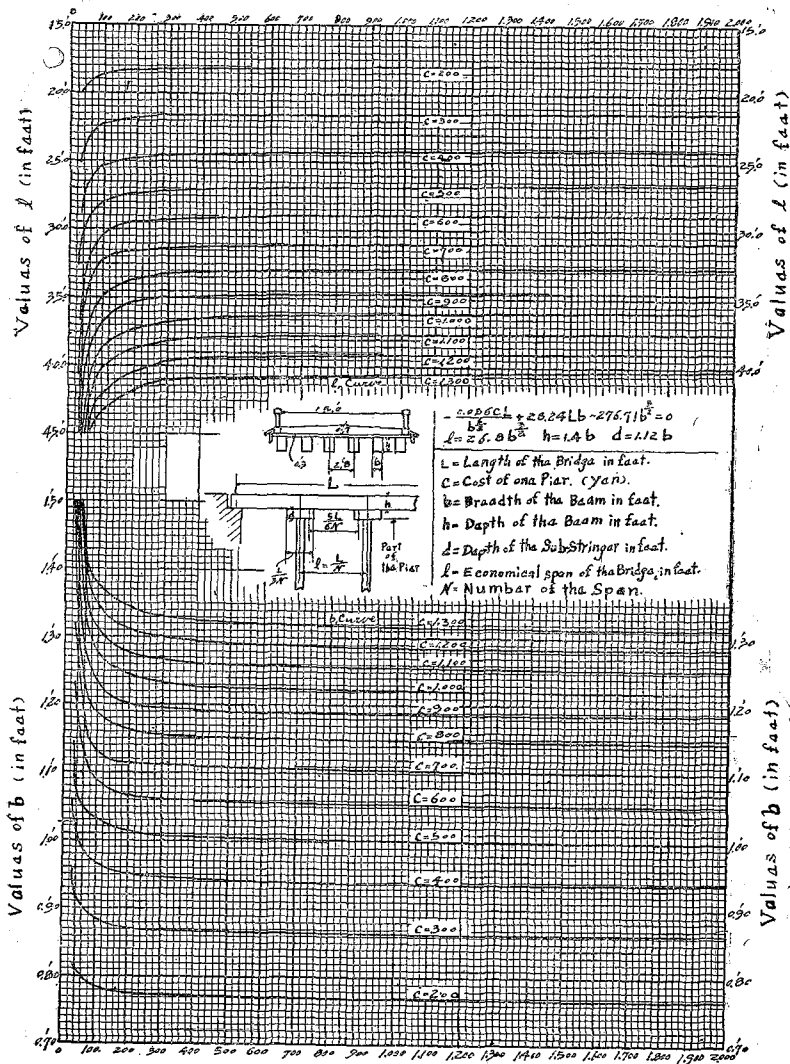
$h = 1.4b = 1.4 \times 1.069 = 1.5^R$   
 副桁の厚及幅  $= b = 1.07^R$

方柱の厚及幅  $= 0.8b = 0.8 \times 1.069 = 0.86^R$   
 筋違木の厚及幅  $= 0.4 \times 0.6^R$



# DIAGRAM 1'

## Diagram of the Economical Span and Beam of the Wooden Bridge ~ (The Simple Beam)

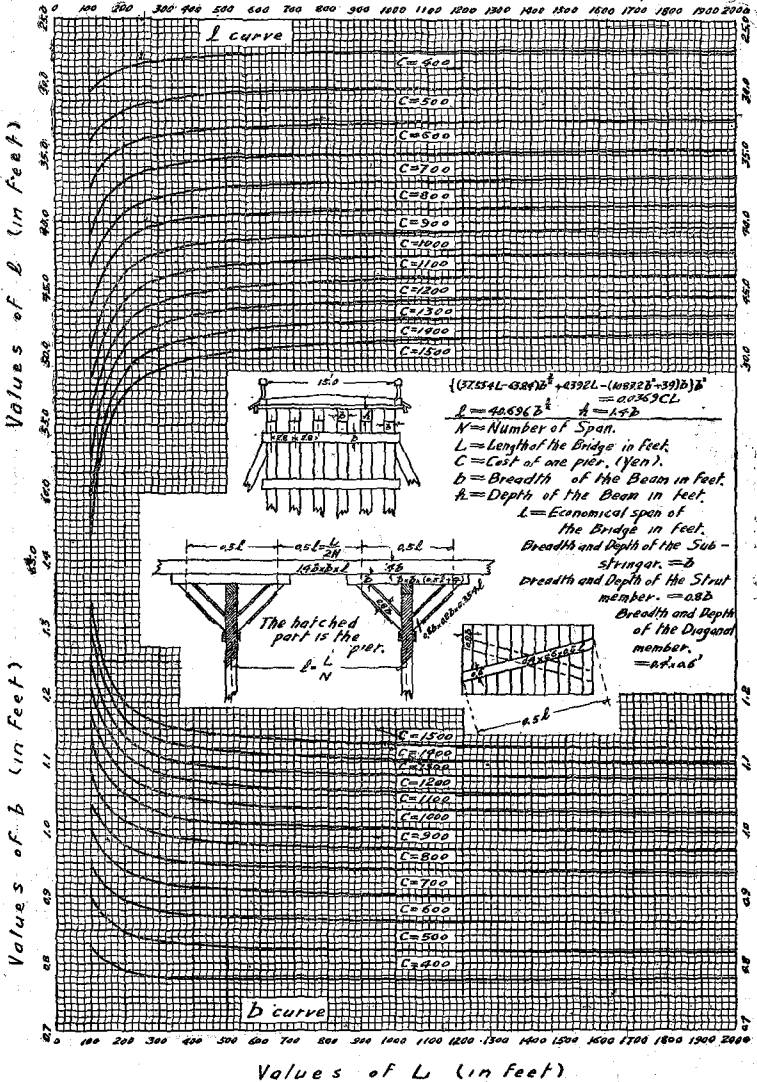


Values of L (in feet)

備 及此幅負拾五尺・橋脚工費・梁工費・桁架工費・桁架比(必要幅)要スル桁数・拾五尺幅・要スル打  
 考 敷(下比)ニ依リ拾五尺幅・對スル必要橋脚工費・梁工費・桁架比(必要幅)要スル桁数・拾五尺幅・要スル打  
 出シ額數(直)ニ必要中橋脚工費・應用スル實用桁架比(桁間隔)何レ場合モ二尺中内外(上)也

## DIAGRAM II

### Diagram of the Economical Span and Beam of the Wooden Bridge (The Simple Beam with inclined strut) Values of L (in Feet)



(備考は DIAGRAM I へ同じ)