

論説及報告

いんふりうゑんすらいん (Influence line) ニ就テ (承第二百五十七卷)

井 上 清 介 君

○ 法線ト肱木形橋 (Cantilever bridge)

○ 法線法ニ依テ肱木形橋應力計算法ヲ述フル前該橋結構ノ大軀ヲ第一圖ニ就キ説明シ次ニ本論ニ入ルベシ

○ 肱木形橋ハ結構上分ツテ二種トス第一種ハ純靜重學範圍ニ屬スルモノ (Statistical determined)

第二種ハ該學ノ範圍ニ屬セサルモノ (Statistical undetermined) 等ナリトス

十九世紀以前ノ構造ニ係ル此ノ種ノ橋梁ハ多ク前記第二種ニ屬スルモノ多シ然ルニ本世紀ハ學術ノ進歩ヨリシテ第二種ノ構造ヲ採用スル者極メテ稀ニシテ其多數ハ第一種ヲ採用スルニ至レリ其第一種ノ結構ハ學理上實際上兩ツナガラ堅牢ナル構造ナルコトハ已ニ學者ノ定論アレバ茲ニ喋々セズ

○ 第一圖中ノ模型ニ就キ前記ノ種別ヲ擧グレバ (1) (2) (3) (5) (7) (9) ノ六種ハ第一種ノ結構ニ屬シ他ハ悉ク第二種ノ結構ニ屬ス今是等ノ種別ヲ識別センニハ三力率ノ原理ヨリシテ公式

(1) $\frac{H}{L} = \frac{P}{W}$ ニ依テ知ルコトヲ得ベシ式中 (n) ハ支點ノ數、(h) ハ蝶鉸ノ數ヲ代表ス縱令バ第一圖 (1) ハ七箇ノ支點ト五箇ノ蝶鉸ヲ有ス是ハ $\frac{H}{L} = 5$ ノ式ニ適合シ第一種ナルヲ知ル次ニ同

圖(4)ハ四箇ノ支點ト四箇ノ蝶鉸ヲ有シ(フービニ)ノ式ニ適合ナルヲ以テ第二種ニ屬スルヲ知ルベシ

○第一圖中(1)(2)(3)ハ共ニ第一種ニ屬スル模型ヲ示ス是等ハ今日世ニ廣ク用ヒラル、所ノ模型ナリトス、全圖中(7)ハ原來第二種ニ屬スル模型ナリト雖モ該橋ノ橋脚上ニ於ケル桁構中ノ對角柱材ヲ悉ク除キ以テ第一種ニ屬セシメタルモノナリ其理ハ靜重學ノ原理ヨリシテ該對角柱材ヲ除クトキハ $M_1 = M_2$, $M_2 = M_1$ トナリ (a)(b)ニ脚上ノ各支柱ニ起ル力率ハ共ニ相等シカルベシ故ニ此ノ構造ハ第一種ニ變スルヲ知ルベシ(第一圖(7)ノ左方橋脚上ニ於テテ見ル) 同圖中(4)(6)(8)(10)(11)ハ共ニ第二種ニ屬スル模型ナリ就中(4)(8)ノ二型ハ極メテ危險ナル構造方ニシテ若シ該橋ノ左端ノ徑間ニ荷重ヲ置クトキハ圖中(a)蝶鉸點ノ右方ニ前荷重ニ等シキ重量ヲ置キ其平均ヲ取ル設備ヲナサザル限リハ此橋梁ハ顛覆スベシ

(11)圖ハ世界中ノ最大橋タル英國(ほうす)橋ノ模型ヲ示スモノニシテ其結構ハ第二種ニ屬ス此ノ橋梁ハ英國大家ノ設計ナレバ其構造ニ付キ間然スベキ所ナキハ勿論ナリト雖モ卓絶ナル技術家ニアラザレバ此種ノ模型ヲ採ラザルヲ安全ナリトス

○法線圖例

第貳圖ハ第壹圖中ニ示ス(2)ニ係ル法線圖例ニシテ圖中(e)徑間ハ(ce)(fh)ナル二肱木桁ノ各末端ニ於テ支ヘラレタル單一ノ徑間ニシテ普通ノ橋桁ニ異ナラズ本徑間上ノ壹點(a)ニ荷重アリトスレバ該荷重ニ對スル反應力ハ(e)及(f)ノ貳點ニ分力シテ反働スベシ是等ノ貳反應力ハ本橋梁ノ結構上其結果ヲ(ce)(fh)ナル二肱木桁上ニ及ボシ各々肱木桁上ノ荷重ニ等シキ

いんよりうゑんすらいんニ就テ

効力ヲ有スベシ然レドモ今若シ一ツノ荷重ガ單ニ一舷木桁上ニ在ル場合ハ其荷重ニ對スル結果ハ他徑間ニ波及セスシテ其荷重ヲ置カレタル壹舷木桁上ノミニ止ルベシ

○第三第四圖ハ第一圖中ノ(3)第一圖中ノ(7)ニ對スル法線圖例ヲ示ス

○前記第二圖ヨリ第四圖ニ至ル法線圖例ハ舷木形橋上任意點即テ (a) (a') 等ノ諸點ニ於テ單位荷重ニ對スル剪斷力率、ノ法線ヲ示スニ過ギスシテ其橋梁各部諸材ノ最大正負剪斷力率ハ如何ナル荷重ノ配置ニ依テ起ルヤ又桁腹材 (モロ) ノ應力ハ如何ナル方法ニ依テ法線圖ヨリ知ルコトヲ得ベキヤ等ハ單ニ圖上ノ考察ノミニ依テ了知スルハ稍々困難ナルベキヲ以テ次ニ第五第六ノ二圖ニ付キ少シク説明スベシ

○第五圖ハ極メテ單純ナル舷木形橋ノ圖例ニシテ圖中 (a) ハ對角柱材 (a) ニ對スル法線ヲ示ス圖中 EF 徑間上ニ一ツノ荷重アリトシ其一部分ガ E 點ニ於テ支ヘラレタルトキハ (E) 點ノ支力 (Supporting force) ハ該徑間ノ一端 F 點ヨリ荷重所在點迄ノ距離ニ比例シ増減スベシ故ニ單位荷重ガ (E) 點ニアル時ハ (C) 點ニ於ケル反應力ノ方向ハ下向ニシテ該力ノ縱線ハ $\frac{1}{2}$ トナルベシ而シテ此ノ反應力ハ (a) 材ニ於ケル剪斷ヲ代表スベシ以上ノ理ニ依テ $G = \frac{1}{2} W$ 、 $H = \frac{1}{2} W$ 、 $B = \frac{1}{2} W$ 等ノ縱線ヲ得ベシ、法線 B'H'、G'E' ハ相共ニ平行スル直線ナリ又 A'B'、F'E' モ前同様ナリトス(第三圖參照) 前記 (a) 材ノ最大應張力ヲ求メンニハ先ヅ徑間 AC ノ全部并ニ CD 徑間中 D 點ヨリ格間 HG 中ノ或點迄此ノ貳部分ニ荷重ヲ置カサル可カラズ、又 (a) 材ノ最大壓力若クハ該材ノ扣材ニ於ケル最大應張力ヲ知ラント欲セバ橋梁全部ヨリ前記貳部分ヲ控除シ其殘部ニ荷重ヲ置クベキモノトス

○前述ノ荷重ガ等布荷重ナル場合ハ左式ニ依テ應力ヲ算知シ得ベシ

$$\text{Maximum tension in } a = \frac{[(g+p)(A_1+A_2) - g(A_2+A_3)]}{h} \cdot \frac{1}{h}$$

$$\text{Maximum compression in } a = \frac{[(g+p)(A_2+A_4) - g(A_1+A_3)]}{h} \cdot \frac{1}{h}$$

式中……………p=活重(長延量尺ニ對スル屯數或ハ寸度數)

g=死重(" ")

A=容積(立方呎) I=對角柱ノ長(呎數) h=桁樑ノ高サ(呎數)

○第五圖例聚合荷重ノ場合

(a)材ノ最大應張力ヲ知ラント欲セバ聚合荷重ノ内最大重量ヲ以テG點ニ近接セシメテ一連ノ聚合荷重ヲD'K'間ニ置キ又同時ニA'C'徑間ニモ全部等布荷重ヲ荷ハセザル可カラズ但此ノ場合ハC'K'間ニハ荷重ヲ置カサルモノト知ルベシ如斯シテ得タル結果次ニ前記ト反對ニA'C'徑間ニ聚合荷重ヲ置キD'K'ニ等布荷重ヲ置キ得タル結果是等二者ヲ比較シ何レガ(a)ニ材ニ最大應力ヲ與フルヤヲ試ムベシ

今A'C'徑間ニ聚合荷重ヲ置キD'K'ニ等布荷重ヲ置キ(a)材ノ應力ヲ求ムレバ左式ニ示スガ如クA'C'徑間ノ活重ニ對スル(a)材ノ應力ハA'C'徑間中ノ(B)點ニ最大力率ヲ起サシムル様聚合荷重ノ配置ヲナシ得タル該點ノ力率Mノ百六十分之一ニ相當スルヲ知ルベシ

單位荷重ヲ(B)點ニ置キ力率ヲ求ムレバ

$$M = \frac{100' \times 200'}{300'} = 66\frac{2}{3}$$

然ルニ $\frac{a}{h} \times \frac{1}{\sqrt{2}}$ ナリ (第五圖(a)參照)

依テ式ヲ得ベシ Stress : $M = \frac{1}{\sqrt{2}} : 66\frac{2}{3}$

いんふりうゑんすらいんニ就テ

六十四

$$\therefore \text{Stress} = \frac{F_2}{A_2} \times r_0^2, M = r_0^3 M.$$

故ニ前記ノ荷重ニ對スル (a) 材ノ全最大應張力ノ垂直分力ハ次ノ如クナルベシ

$$V.C. = gA_1 + (g+p)A_2 - g/A_2 + A_1 + r_0^3 M.$$

以上ノ結果ト聚合荷重ヲ D'K' 上ニ等布荷重ヲ A'C' 上ニ置キ前記ト同一ナル方法ヲ以テ得タル結果ヲ比較シ其大ナル方ヲ採リ以テ (a) 材ノ最大應力ヲ斷定スルモノトス此ノ方法ハ總テ CD 徑間内ノ對角柱本材同扣材、垂直柱材、等ノ應力算定ニ適用シ得ベキモノトス

○第五圖 (b) ハ圖中 DE ナル横突部ニ於ケル對角柱材 (b) ノ法線剪斷圖ヲ示ス其 (E') 及ビ (L') 二點ニ於ケル縱線ハ共ニ法ニ依テ單位ナリ、今如何ナル荷重ノ配置ニ依テ (b) 材ニ最大應力ヲ與フルヤト云フニ、縱合バ G₁ G₂ G₃ 等ノ荷重ヲ各々 EF EL KL 上ニアル總荷重ト見做シ若シ此等一連ノ荷重ガ右ヨリ左ニ最微距離 dx ヲ移動スルモノトセバ (b) 材ニ於ケル剪斷ハ次ノ式ニ依テ増加スベシ

$$G \tan \alpha_2 > G_3 \tan \alpha_2 \quad \text{或ハ} \quad \frac{G_1}{EF} > \frac{G_3}{KL}$$

如斯シテ (b) 材ノ剪斷ヲ求ムレバ余ハ己ニ前段ニ於テ詳述シタル方法ニ依テ材ノ實應力ヲ容易ニ知ルコトヲ得ベシ

○第五圖 (c) ハ圖中ノ上臥材 (a') ノ應力ヲ法線ニ依テ求ムル法ヲ示ス

總テ上下臥材共其應力ヲ計算スルニ當テ格間ニ對角柱扣材 (Counter) ノ有無ニ依テ其算法ヲ異ニス今格間ニ扣材アリトスレバ先ツ對角柱本材、同扣材ノ内何レガ荷重ニ對シ働ヲ受クルヤヲ定メ而シテ後臥材ノ應力ヲ算知スルモノトス故ニ法線ハ前者後者ノ場合ヲ區別

シテ畫クモノトス其大線ハ本材 T'G ガ働ヲ受クルトキ其虚線ハ扣材 SH ガ働ヲ受クル場合ヲ示ス是等二者ノ場合ニ於テ應力計算ニ必要ナル力率ノ原点ハ共ニ等シカラザルベシ前記 (a') 材ノ最大應張力ヲ求メントセバ該材所在徑間左右貳徑間全部ニ荷重ヲ置キ所在徑間ニハ一切荷重ヲ置カザルモノトス且又前記所在左右貳徑間ノ内 AC 徑間中ノ (B) 點ニ尤モ接近シテ荷重中ノ最重量ノ者ヲ置クトキハ該點ノ縦線ハ他ニ比シ大ニシテ隨テ a' 材ニ一層大ナル張力ヲ與フルモノナレバ若シ荷重ガ聚合荷重ナル場合ハ差向キ同荷重中ノ最大重量ヲ (B) 點ニ置ク様同荷重ノ配置ヲナシ等布荷重ヲ他徑間ノ DF ニ置キ以テ AC 徑間 (B) 點ノ最大力率 M ヲ求メ次ニ是等ノ荷重ガ對角柱本材同扣材ノ内何レニ働キヲ及ホスヤヲ斷定スベシ今本荷重ニ就キ考フルニ對角柱本材ガ働ヲ受クルガ如シ依テ (B) 點ノ縦線ヲ求ムレバ

$$\frac{40}{12} P \cdot \text{ヲ得ク。今若シ法線 AB'C' ガ假リニ B 點ノ力率ヲ代表スルモノトセバ (B) 點ノ縦線ハ}$$

$$\frac{100 \times 200}{300} = 66\frac{2}{3} \text{。トナルベシ 故ニ AC 徑間ノ荷重ニ對スル } d' \text{ 材ノ應力ハ次ノ如クナルベシ}$$

$$M_{12h}^{40P} = \frac{M}{20h} \cdot \frac{P}{66\frac{2}{3}}$$

$$\therefore \text{Max. tension in } d' = gA_1 - gA_2 + ig + p) A_s + \frac{M_P}{20h} \cdot$$

次ニ若シ法線 C'GD' ガ G' 點ノ力率ヲ代表スルトセバ G' 點ノ縦線ハ 32 P ナルベシ

$$\text{今 } M_1 \text{ ヲ G' 點ノ最大力率トセバ } \frac{M_1}{h} \text{ 材ノ應力ハ } \frac{M_1}{h} \text{ ナルベシ}$$

依テ本荷重ノ場合ハ對角柱本材 T'G ガ働キヲ受クルモノトシ d' 材ノ最大應力ヲ求ムレバ次ノ如シ

いんふりうゑんすらいんニ就テ

$$\text{Max. compression in } \overline{\overline{d'}} = g(A_2 - A_1 - A_3) + \frac{M_1}{h}$$

總テ CD 徑間内ニ在ル臥材ノ應力ハ概テ前記ノ方法ニ依テ算知シ得ベキモノトス

○第五圖(d)ハ上臥材(b')ノ法線ヲ示ス、若シ該法線ガ E 點ノ力率ヲ代表スルモノトセバ該點ノ縱

線ハ $\frac{3p}{30p}$ ナルベシ、今 M_2 ヲ LF 徑間中 E 點ノ最大力率トスレバ (b') 材ノ最大應張力ハ次ノ如クナルベシ、(本材ハ單ニ張力ヲ受ケ壓力ヲ受ケサルモノナレバ扣材ヲ要セザルモノト知ルベシ)

$$\text{Max. tension in } \overline{\overline{b'}} = M_2 \frac{3p}{h} \times \frac{13}{30p} = 1.3 \frac{M_2}{h}$$

○第六圖(a)ハ圖中横突シタル舷木部 BC 中ノ對角柱材(b)ノ法線ヲ示ス、是ハ第五圖ノ DE 部ト全ク同一ニシテ六圖(a)(b)ハ第五圖ノ(b)(d)ニ該當ス、第六圖(c)ハ對角材(a)ニ對スル法線ヲ示ス、圖中ノ A'H' G'C' ハ共ニ直線ニシテ相平行ス、本例ノ荷重ガ聚合荷重ナルトキハ(c)點ニ於テ最大力率ヲ起ス様 BD 徑間上ニ該荷重ノ配置ヲナシ同時ニ HG 格間ニ最大剪斷ヲ生セシムル様等布荷重ヲ AG ニ置クベシ、如斯シテ得タル結果ト BD ニ等布荷重 AG ニ聚合荷重ヲ置キ得タル結果ト二者比較シ其大ナルモノニ付キ、(a)材ノ最大應力ヲ知ルモノトス、第六圖(d)ハ上臥材 a'ニ對スル法線ヲ示ス、是ハ第五圖(c)ニ示シタルモノト全ク同一ナルヲ以テ茲ニ其説明ヲ省ク

○實例第壹

第七圖ニ示セル實例ニ付キ等布荷重ニ對スル對角柱材(a)ノ應力ヲ法線法ニ依テ計算スル方法ヲ示ス

Reactions.

- R_1 - a load unity at $E = \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$.
 R_1 - " " " " $H = \frac{40}{80} = \frac{1}{2}$.
 R_2 - " " " " $G = \frac{10}{80} = \frac{1}{8}$.
 R_3 - " " " " $F = \frac{20}{80} = \frac{1}{4}$.

Ordinates.

$$E = \frac{1}{4} \times \frac{60}{80} = \frac{3}{16}, \quad H = \frac{3}{4} \times \frac{60}{80} = \frac{9}{8}.$$

$$G = \frac{1}{8} \times \frac{12}{80} = \frac{3}{160}, \quad F = \frac{1}{4} \times \frac{12}{80} = \frac{3}{80}.$$

Max. tension in bar a

$$V, C \text{ of bar } \underline{a} = (g+p)A_2 - g(A_1 + A_3)$$

$$A_1 = 1,552 \text{ sq. ft.} \quad A_2 = 31.03 \text{ sq. ft.} \quad A_3 = 8,793 \text{ sq. ft.}$$

$$V, C. = (1,000 + 2,000)31.03 - 1,000(1,552 + 8,793) = 82,745.*$$

$$\text{Max. tension in bar } \underline{a} = 82,745 \times \frac{3}{160} = 89,364.*60.$$

$$\text{Max. compression in bar } \underline{a} = [(g+p)(A_1 + A_3) - gA_2] \frac{1}{8}$$

$$= [3,000(1,552 + 8,793) - 1,000 \times 31.03] \frac{1}{8}.$$

$$= 5. \times 1.08 = 5.40.*$$

(未完)