

構造強弱學

下 卷

第七章 結 構

(Framed Structures)

第一節 平衡ノ根本原則

物體ニ働ク所ノ力 (Forces) 或ハ力系 (System of forces) ニ因ツテ其物體ノ運動ノ状態 (State of motion) ガ變ラナケレバ夫等ノ力ハ平衡 (Equilibrium) ニアルト稱セラレル、而シテ運動ハ之ヲ二種類即チ直動 (Translation) ト廻旋 (Rotation) トニ分チ得ルガ故ニ平衡モ亦同様ニ二種類ニ分チ得ル、曰ク直動ノ平衡及廻旋ノ平衡之デアル、物體ガ完全ニ平衡ニアル爲メニハ此二種ノ平衡ヲ滿タサナケレバナラナイノデアツテ一方ダケデハ不完全デアル、此事實ニ就イテハ既ニ第一章第五節ニ説明シタ所デアツテ茲ニ更ニ之ニ就イテ考察ヲ進メヤウ。

今若シ一ツノ構造物ガ外力ノ作用ヲ受ケテ平衡ヲ保ツモノトスレバ是等外力(反カヲ含ム)ノ間ニハ次ノ三ツノ平衡條件 (Condition of Equilibrium) ガ成立セネバナラヌ。

1. 是等ノ力ノ垂直分力 (Vertical component) ノ總和ハ零ニ等シ、即

$$\Sigma V=0$$

2. 是等ノ力ノ水平分力 (Horizontal component) ノ總和ハ零ニ等シ、即

$$\Sigma H=0$$

3. 是等ノ力ノ作用面 (Plane of action) 内ニアル任意ノ點ニ關スル

是等ノ力ノ力率ノ總和ハ零ニ等シ、即 $\Sigma M=0$

構造物全體トシテ此三條件ガ成立ツト同時ニ其結構内ノ任意ノ一點例ヘバ接合點 (Joint) (第二節參照)ニ就イテモ亦同様ニ其接合點ニ働ク外力ト其接合點ニ集マル部材 (Member) ノ内力即チ應力トノ間ニ此三ツノ平衡條件ガ成立スベキデアリ更ニ平衡ニアル構造物ヲ任意斷面ニテ切斷シテ考ヘテ見ルト其斷面ノ左右何レノ側ノ部分ニ就イテ考フルモ其側ノ構造物ニ働ク外力ト其斷面デ切ラレタ部材ノ内應力トノ間ニ同様ノ三條件ガ成立スベキデアル、若シ此條件ガ成立タナケレバ前述ノ接合點ノ場合デアレバ此接合點ガ移動スル如キ不都合ヲ生ズベク又斷面ニ就イテ考フレバ其切斷セラレタ構造物ノ片側ガ移動シ又ハ廻轉スベク斯クノ如キ事ナク平衡ニ存在スル爲メニハ此三條件ガ成立タナケ

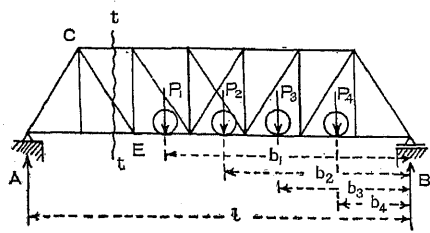


Fig. 418.

レバナラヌ、今此原則ヲ説明スル爲メニ Fig. 418 ヲ採ツテ考ヘテ見ルニ圖示ノ橋梁結構全體ニ就イテ平衡條件ヲ示セバ

$$\Sigma V=A+B-P_1-P_2-P_3-P_4=0$$

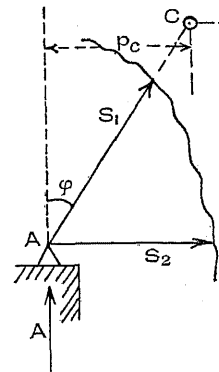
$$\Sigma H=0$$

及力率ノ任意中心ヲ支點Bニ採リ此Bニ對スル外力ノ力率ヲ計算シ

$$\Sigma M=A l-P_1 b_1-P_2 b_2-P_3 b_3-P_4 b_4=0$$

コレガ平衡ノ三條件デアル。

次ニ接合點ニ於ケル平衡ノ條件ヲ示ス例トシテ前掲結構ヲ採リ其接合點(支點)Aニ作用スル内力ト外力トノ間ノ平衡ヲ考ヘンニ Fig. 419 ニ示ス如ク反力A、部材應力S₁及S₂ノ三力ガ存在スル



ノデアルカラ(部材應力ガ部材ノ方向ト一致スル事ハ第二節ニ述ベル)平衡條件ハ

$$\Sigma V=A+S_1 \cos \varphi=0$$

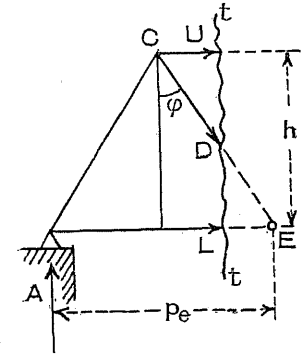
此式ヲ立テル時ニハ應力ハ正負何レトモ不明デアルカラ便宜上假ニ正ト假定シテ式ヲ立テル、同様ニ

$$\Sigma H=S_1 \sin \varphi+S_2=0$$

Fig. 419. Cニ對スル力率ヲ採リ

$$\Sigma M=A p_c-S_2 h=0$$

次ニ任意ニ假定シタル一ツノ斷面ニ於ケル平衡條件ヲ説明スル例トシテ Fig. 420 ニ於テttナル斷面ヲ假定スレバ其左右何レノ側ヲ考ヘテモ上述三條件ガ成立タネバナラヌ、假ニ其左側ニ於ケル平衡ヲ式示スルニ



$$\Sigma V=A-D \cos \varphi=0$$

$$\Sigma H=U+D \sin \varphi+L=0$$

力率中心ヲEニ採レバ

$$\Sigma M=A p_c+U h=0$$

Fig. 420.

以上立テタ數式ハ未知ノ部材應力ヲ算定

スルニ充分デアアル。

第二節 平面結構ノ理論

(Theory of Plane Framed Structures)

(1) 結構解法ニ於ケル假定

平面結構ト云フハ一平面内ニアル多クノ部材 (Member or Piece) ノ結合體デアツテ其部材ノ軸ハ其部材ノ交點即チ接合點 (Joint) ニ於テ摩擦ナキ鉸 (Frictionless pin or hinge) ニヨツテ結合セラル、如キモノヲ云フ、而シテ斯クノ如キ平面結構ニ働ク總テノ外力ガ其接合點ノミニ作用シテ居ルモノト假定スレバ其場合ニ此部材ニ呼起サレル應力ハ總テ其軸ノ方向ニ沿フ應力即チ直應力 (Normal stress) ノミデアツテ應張力デアアルカ應壓力デアアルカノ二ツヲ出ヅル事ハ無イノデアアル、而シテ此結構ノ總テノ部材ノ軸及外力ガ何レモ同一平面内ニアル如キ平面結構ヲ取扱フニ際シ次ノ如キ假定ノ下ニ理論ヲ進メテ行クモノトスル。

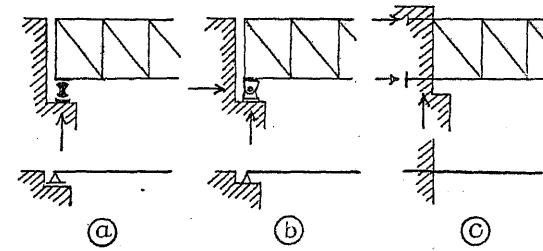
「外力ガ夫レ自身相互ニ平衡ニアリ同時ニ又外力ト内應力トデ平衡ヲ保チ又此構造物ヲ組織スル材料ノ彈性變形 (Elastic deformation) 并ニ其構造物ヲ支持スル物體ノ彈性變形ハ何レモ極メテ小ナル故ニ之ヲ無視シテモ差支ナキモノトス」

即チ結構ガ荷重ヲ受ケタ後モ其部材ノ軸及接合點ハ其位置ヲ變ジナイモノト假定スルノデアアル。

(2) 反力條件 (Reaction condition)

既ニ第六章第六節ニ述ベタ如ク支點ハ其構造ニヨツテ之ヲ可動 (Movable), 鉸 (Hinged) 及固定 (Fixed) ノ三種ニ分チ得ル、Fig. 421

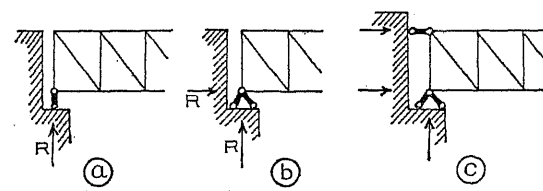
之ヲ示スモノデ①ハ所謂可動支點 (Movable support) デアツテ反力



ハ垂直ノ方向ノミニ向ヒ
①ハ鉸支點 (Hinged support)
デアツテ垂直及水平反力
ヲ出シ得②ハ固定支點
(Fixed support) デアツテ垂

Fig. 421.

直水平ノ直壓及廻轉力ニ對スル抵抗ヲ發揮シ得ル、之等ノ支點ノ状態ハ靜力的 (Statically) ニ考ヘテ①ハ一反力條件 (One reaction condition) ヲ有シ②ハ二反力條件ヲ生ジ③ハ三反力條件ヲ與ヘルト稱セラレル、尙此反力條件ハ考ヘ方ヲ變ヘテ兩端ニ鉸ヲ有スル支點部材 (Support member) トシテ之



ヲ表ス事ヲ得ル、即チ Fig. 422 ①ニ一本ノ太キ線ニテ示シタル支點部材ハ R ナル反力條件ノ一ツヲ示ス爲メノ一カト考ヘレバ

Fig. 422.

可動端①ハ一本ノ支點部材即チ一個ノ反力ヲ有シ鉸端②ハ二本ノ支點部材即チ二個ノ反力ニヨツテ表サレ、固定端③ハ三本ノ支點部材即チ三個ノ反力ヲ有スルモノト考ヘル事ガ出來ル。

今一ツノ單構 (Simple truss or Frame) ガ二支點ヲ有シ一方ガ可動端ヲ有シ他方ガ鉸端ヲ有スル場合ニハ此反力條件ハ可動端 = 1, 鉸端 = 2, 合セテ三ツノ條件ヲ有スル (Fig. 423 ①参照), 又同圖②ノ如ク兩端共鉸トセル拱 (arch) 即チ二鉸拱 (Two hinged arch) ノ反力條件ハ左右二個宛合セテ四個ヲ有スル、更ニ兩端ガ共ニ固定端トナ

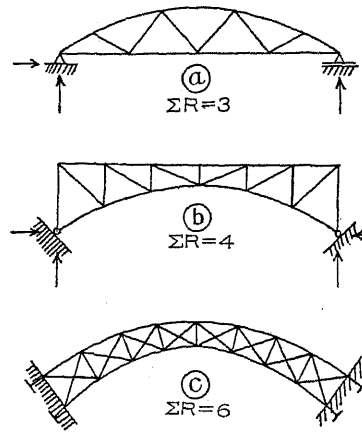


Fig. 423.

レル拱即チ固定拱 (Fixed arch) 或ハ無
 鉸拱 (Hingeless arch) ハ全ク同理ニテ六
 個ノ反力條件ヲ有スルヲ知ル。

一般ニ構造物ハ之ヲ靜力的ニ考ヘ
 テ靜定 (Statically determinate) ト不靜定
 (Statically indeterminate) トニ區別シ得ル、
 コレハ其構造物支持ノ方法ニヨリ又
 其構造物ヲ作ルニ用ヒラレタル部材
 ノ配置ニヨツテ區別ヲ生ズルノデア

ル、茲ニ再ビ之ニ就イテ詳述シヤウ。

構造物ガ單構デアツテ其反力條件ガ三個以上アル如キ場合ニ
 ハ其構造物ハ外的不靜定 (Externally statically indeterminate) デアルト
 云ヒ上述二鉸拱無鉸拱ノ如キハ $\Sigma R > 3$ デアルカラ之ニ屬スルノ
 デアル、又反力ハ靜定デアルトスルモ其結構ガ靜的平衡ニ對シテ
 必要以上ノ部材ヲ有スル時ニハ之ヲ内的不靜定 (Internally statically
 indeterminate) デアルト云ヒ冗材 (Redundant member) ヲ有スルヲ意味ス
 ル、更ニ構造物ハ其支點ノ狀態、部材ノ配置ニヨツテハ外的ニモ内
 的ニモ同時ニ不靜定デアリ得ル。

構造物全體トシテ靜的平衡ニ對スル條件ハ前節ニ述ベタル如
 ク $\Sigma H=0, \Sigma V=0, \Sigma M=0$ ノ三條件ヲ出デナイノデアルカラ此三條
 件ダケヲ以テシテ外力(支點反力ノ如キ)ガ求メラレナケレバコレ
 ハ外的不靜定トナリ更ニ此三條件デハ其部材ノ應力ガ求メ得ラ
 レナイ様ニ部材ガ配置サレテ居レバ内的不靜定トナルノデアル、
 次ニ外力ノミガ平衡ニ無キ時又ハ外力ト内力トノ間ニモ平衡ノ

成立シナイ時アツトセバ其場合此構造物ハ不安靜定 (Statically un-
 stable or Statically underdeterminate) デアルト云フ。

以上ノ説明ヨリ明カナル如ク構造物ガ若シ靜的平衡ノ三條件
 ノミヲ以テ反力ヲ決定シ得テ然カモ不安靜定デ無イ時ニハ外的
 靜定デアル、又内的ニ云ヒテ或一ツノ結構ニ於テ其一點ニ結合サ
 ル、一對即チ二部材宛ヲ順次除去シテ行ケバ最後ニ一個ノ三角
 形ガ殘ル如ク三角網ガ配置サレテ居ツタナラバ此構造物ハ内的
 靜定デアル、即チ三角形ハ靜定結構ニ對スル要素 (Primary element)
 ト見得ルノデアル。

構造物ガ溫度ノ變化及支點ノ極ク僅カノ移動等ニ影響サレズ
 シテ唯外部ヨリ作用サレタ荷重ノ函數トシテ支點反力及部材應
 力ガ表ハサレ得ル場合ニハ此構造物ハ如何ナル意味ニ於テモ靜
 定デルア、次ニ簡單ニ不靜定構造物ニ就イテ冗材ノ數ヲ求ムル方
 法ヲ説明シヤウ。

(3) 冗餘ノ算定 (Test for structural redundancy)

- 今 j = 結構ニ於ケル接合點ノ數
- m = 之ヲ組織スル部材ノ數
- ΣR = 反力條件ノ數
- e = 其構造物ニ於ケル單構ノ數
- n = 冗餘條件ノ總數
- n_e = 外的冗餘條件ノ數
- n_i = 冗材(内的冗餘條件)ノ數

トスレバ靜定構造物ニ於テハ

$$\Sigma R + m = 2j \dots\dots\dots(314)$$

若シ $\Sigma R + m < 2j$ (315)

ナル場合ニハ此構造物ハ不安靜定デアル、之ニ反シ若シ

$\Sigma R + m > 2j$ (316)

ナル時ハ此構造物ハ外的又ハ內的冗餘條件ヲ有スル事ヲ知ル、從ツテ總冗餘條件ノ數ハ

$n = \Sigma R + m - 2j$ (317)

既ニ二支點ヲ有スル單構ノ平衡ニ對シ必要ナル反力條件ノ數ハ $\Sigma R = 3$ ナル事ヲ説明シタ、若シ構造物ガ多數ノ單構ヨリ成ル時其數ヲ e トセバ各單構ガ各々二又ハ二以上ノ支點ニテ支ヘラルル時ハ不靜定トナルガ故ニ此構造物ガ靜定デアル爲メニ必要ナル反力條件ノ數ハ

$\Sigma R = 3 + e - 1 = e + 2$ (318)

從テ外的冗餘條件ノ數ハ

$n_e = \Sigma R - (e + 2)$ (319)

內的冗餘條件即チ冗材ノ數ハ

$n_i = n - n_e$ (320)

茲ニ一二ノ例ヲ採ツテ冗餘條件ヲ吟味シヤウ。

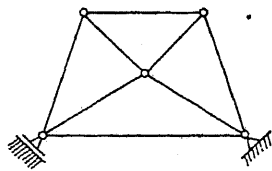


Fig. 424.

Fig. 424 ノ如キ結構アリトセバ

$\Sigma R = 3, m = 8, j = 5, e = 1$ (單構ナル故 $e = 1$)

故ニ (317) 式ニヨリ

$n = \Sigma R + m - 2j = 3 + 8 - 2 \times 5 = 1$

故ニ一個ノ冗餘條件ヲ有ス、コレガ外的ナル

カ內的ナルカヲ求メンニハ (319) 式ニヨリ

$n_e = \Sigma R - (e + 2) = 3 - (1 + 2) = 0$

$n_i = n - n_e = 1 - 0 = 1$

故ニ一次內的不靜定ナル事ヲ知ル、此構造物ノ部材應力ハ靜的平衡ノ三條件ノミデハ解キ得ナイノデアル。



Fig. 425.

Fig. 425 ニ就イテハ

$\Sigma R = 5, m = 3, j = 4, e = 3$

故ニ (317) 式ニヨリ

$n = \Sigma R + m - 2j = 5 + 3 - 2 \times 4 = 0$

故ニ靜定ナル事ヲ知ル。

第三節 靜定結構ニ於ケル內應力ノ算定

(1) 切斷法 (Method of section)

Fig. 426 ニ示ス屋背構 (Roof truss) アリテ各接合點ニ荷重 P_0, P_1, \dots, P_6 ヲ有スルモノトス、此場合ノ荷重即チ P_0, P_1, \dots ト支點反力

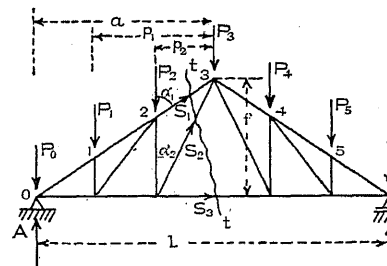


Fig. 426.

A, B トハ平衡ニアリ且是等外力ト部材內力トノ間ニモ平衡ノ存スルモノト假定スル、先ヅ反力ヲ求メンニハ $\Sigma V = 0$ ナル平衡ノ條件カラ

$A + B = \Sigma P$ (a)

又 $\Sigma M = 0$ ナル條件ヲ B 點ヲ原點ト

シテ式示スレバ

$A \cdot l - \Sigma \{P \times (B \text{ 點ヨリノ距離})\} = 0$

$\therefore A = \frac{1}{l} \Sigma \{P \times (各 P \text{ ノ B 點ヨリノ距離})\}$

全ク同様ニ

$B = \frac{1}{l} \Sigma \{P \times (P \text{ ノ A 點ヨリノ距離})\}$

又ハ簡單ニ (a) 式ヨリ

$$B = \Sigma P - A.$$

次ニ内應力ヲ決定スル爲メニ此結構ヲ任意斷面 tt ニテ三部材ヲ切斷シ其切ラレタ部材ノ應力ヲ S_1, S_2 及 S_3 トシテ此應力ト等シキ力ヲ夫々其切斷點ニ作用セシメレバ此斷面カラ何レカ一方ノ部分ヲ取去ルモ殘リノ部分ハ其位置ニ於テ平衡ヲ保ツベキ筈デアアル、今圖上 tt 斷面ニヨリ切斷サレタ結構ノ左側部分ヲ考フルニ外力ハ反力 A 及荷重 P_0, P_1 及 P_2 ノ四力デアリ内應力ハ S_1, S_2 及 S_3 ノ三力デアツテ是等七ツノ力ガ靜的平衡ヲ保ツベキ筈デアアル、而シテ平衡ノ條件ハ前述ノ如ク三個デアアルカラ見出すベキ應力ノ數ガ三個ヨリ多カラザル場合ニハ容易ニ之ヲ求メ得ラレル斷面 tt ヨリ左側ノ結構部分ニ對シ $\Sigma V=0$ ナル條件ヲ式示スレバ

$$A - P_0 - P_1 - P_2 - P_3 + S_1 \cos \alpha_1 + S_2 \cos \alpha_2 = 0 \dots\dots\dots(a)$$

更ニ $\Sigma H=0$ ナル條件カラ

$$S_1 \sin \alpha_1 + S_2 \sin \alpha_2 + S_3 = 0 \dots\dots\dots(b)$$

次ニ $\Sigma M=0$ ナル條件ヲ用ヒテ式ヲ立テル場合ニ力率ノ中心ヲ S_1 ト S_2 トノ交點即チ接合點 3 ニ擇ベバ S_1 ト S_2 トノ此點ニ對スル力率ハ零トナルヲ以テ式ガ簡單ニナル、即チ此斷面 tt ノ左側ニ於ケル力ノ力率ヲ探リ $\Sigma M=0$ ヲ書ケバ

$$A \cdot a - P_0 \cdot a - P_1 \cdot p_1 - P_2 \cdot p_2 - S_3 \cdot f = 0 \dots\dots\dots(c)$$

此 (a), (b) 及 (c) ノ三式ヲ用ヒテ三ツノ未知數 S_1, S_2 及 S_3 ヲ求メル事ハ極メテ容易デアアル、而シテ此事實ハ何レノ斷面ニ對シテモ同様ニ當儀マル。

此式ヲ立テル時ニハ未知應力ハ總テ之ヲ張力ト考ヘ斷面ニ向

ツテ作用スルモノトシテ式ヲ立テ其數值ヲ計算シタ結果其値ガ正デアレバ其假定シタ所ガ正シク應力ガ張力デアツタ事ヲ示シ若シ求メタ數值ガ負ト表ルレバ其假定ハ反對デアツタノデ即チ應力ハ壓力デアツタ事ヲ示スノデアアル。

例題第三十二 Fig. 427 = 示ス屋背構ノ各部材應力ヲ求ム。

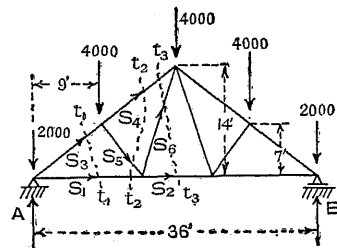


Fig. 427.

(答) 部材 S_1, S_2, \dots, S_6 ガ垂直線ト爲ス角ヲ $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_6$ トスレバ

$$\begin{aligned} \sin \alpha_1 &= \sin \alpha_2 = 1, & \cos \alpha_1 &= \cos \alpha_2 = 0, \\ \sin \alpha_3 &= \sin \alpha_4 = 0.790, & \cos \alpha_3 &= \cos \alpha_4 = 0.614, \\ \sin \alpha_5 &= 0.614, & \cos \alpha_5 &= 0.790, \\ \sin \alpha_6 &= 0.247, & \cos \alpha_6 &= 0.969 \end{aligned}$$

今 S_1 及 S_3 チ切斷スル如キ斷面 $t_1 t_1$ チ作り此斷面ヨリ左側ノ結構ニ對スル平衡式ヲ立テレバ次ノ二

式ヲ得ル。

$$S_1 + S_3 \sin \alpha_3 = 0 \text{ 及 } A - 2000 + S_3 \cos \alpha_3 = 0$$

$A=8000$ チ挿入シテ之ヲ解キ

$$S_3 = -9770 \text{ lbs (壓力) 及 } S_1 = +7710 \text{ lbs (張力) ヲ得。}$$

次ニ S_1, S_5 及 S_4 チ切ル斷面 $t_2 t_2$ チ假定シ同様ニシテ

$$S_1 + S_5 \sin \alpha_5 + S_4 \sin \alpha_4 = 0$$

及

$$8000 - 2000 - 4000 - S_5 \cos \alpha_5 + S_4 \cos \alpha_4 = 0$$

ヲ得、コレニ既知ノ S_1 チ挿入シテ解ケバ

$$S_4 = -7315 \text{ lbs (壓力) 及 } S_5 = -3160 \text{ (壓力) ヲ得}$$

更ニ S_2 及 S_6 チ求メル爲メニ S_2, S_6 及 S_4 チ切ル $t_3 t_3$ 斷面ヲ假定シ

$$S_2 + S_6 \sin \alpha_6 + S_4 \sin \alpha_4 = 0$$

及

$$8000 - 2000 - 4000 + S_6 \cos \alpha_6 + S_4 \cos \alpha_4 = 0$$

ヲ得、之ヲ解キテ

$$S_2 = +5140 \text{ lbs (張力) 及 } S_6 = +2570 \text{ lbs (張力) ヲ得。}$$

(2) 力率法 (Method of moment)

本法ハ第三ノ平衡條件 $\Sigma M=0$ ノミニ據ツテ解カントスル法デアツテ力率中心ヲ適當ニ擇ビ此方法ノミヲ順次適用シテ總テノ

部材ノ應力ヲ見出スノデアアル、此場合モ前ト同ジク未知應力ハ總テ張力ト假定スル、Fig. 426ニ於テ求メタ(c)式ヲ見レバ此式ハ單ニ S_3 ナル未知項ノミヲ有スル故ニ此一式ノミニヨツテ S_3 ガ求メ得ラレル事ハ明カデアアル、全ク同様ニ同圖ニ就イテ S_2 ノミヲ含ム式ヲ立テヤウト思フナラバ力率中心ヲ S_3 ト S_1 トノ交點デアアル支點Aニ選ババヨイ、此場合ニハ S_1 ト S_3 トノA點ニ對スル力率ハ何レモ零トナルカラデアアル。

一般ノ方法ヲ述ベシニ先ヅ三部材ヲ切ル如キ斷面ヲ假定シ其部材ノ内何レカ應力ヲ求メントスル以外ノ二部材ノ交點ニ力率ノ中心ヲ選ビ未知應力ヲ張力ト假定シテ此斷面ノ左右何レカノ側ニアル外力ト今求メントスル應力トノ力率方程式ヲ立テレバヨイノデアアル。

今若シ作ツタ斷面ガ二部材ノミヲ切ル如キ場合ニハ力率中心ハ今應力ヲ求メントスル部材ノ上ニ非ザル限リ他ノ部材ノ上ノ何處ニ探ツテモ差支ナク唯挺率(Leverage)ノ長ノ明カナル所ヲ選ババヨイ。

若シ作ツタ斷面ガ未知ノ三部材以上ヲ切ル如キ場合ニハ此方法ハ用ヒ得ラレナイノデアアル。

力率ノ式ヲ立テル時ニ力ガ力率中心ニ對シテ右廻リ(Clockwise)ヲ爲ス如キ場合ニハ之ヲ正ト考ヘ之ニ反スル場合ニハ負ト考ヘル事ハ一般ノ通則デアアル。

此方法ヲ用フル困難ハ挺率長ノ決定及外力迄ノ距離ノ決定ガ困難ナル事ニ存スル、コレヲ求メルニハ幾何學的ニ又ハ三角術的ニ行ハレ得ルノデアアルガ其計算ガ場合ニヨツテ面倒デアアル、即チ

如何ナル結構ニモ用ヒラルベキ一般的方法ガ無イノデアツテ其最モ廣ク推奨ナル、方法ハ先ヅ結構圖ヲ精密ニ紙上ニ畫キ其圖上デ挺率長ヲ測ルノデアアル、別ニ計算カラ之ヲ求メタ場合ニモ斯ク圖式的ニ照査スルガ宜シイ、斯クノ如キ困難アル爲メニ普通ハ挺率長ガ容易ニ求メラレテ簡單ニ力率法ノ適用出來ル部材ニ對シテノミ此法ヲ用ヒ他ノ部材デ挺率ノ求メ難キモノニハ切斷法其他ヲ適用スルガ最モ當ヲ得タ方法ト思ハレル。

例題第三十三 頂點ニ荷重 15,000 lbsヲ有スル三角單構(Fig. 428)アリ、水平抗張材 ABノ應力ヲ求ム。

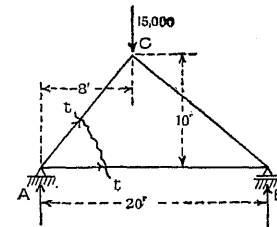


Fig. 428.

(答) 支點反力ハ

$$A = \frac{1}{20} \times (15,000 \times 12) = 9,000 \text{ lbs.}$$

$$B = 15,000 - 9,000 = 6,000 \text{ lbs.}$$

斷面 ttノ左側ニ就イテ頂點 Cニ對スル力率ヲ採リ

$$A \times 8 - AB \times 10 = 0$$

$$\therefore AB = \frac{A \times 8}{10} = \frac{9000 \times 8}{10} = 7,200 \text{ lbs (張力)}$$

例題第三十四 Fig. 429ニ示ス如キ荷重ヲ受クル單斜屋背(Lean-to roof)アリ、部材 AEノ應力ヲ求ム。

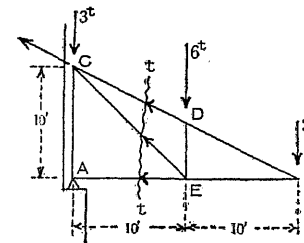


Fig. 429.

(答) 此場合ニハ支點反力ヲ求メルノ要ナク tt斷面ノ右側ヲ考ヘ CDト CEトノ交點 Cヲ力率ノ中心ニ採レバ

$$3 \times 20 + 6 \times 10 + AE \times 10 = 0$$

$$\therefore AE = -\frac{120}{10} = -12 \text{ tons. (壓力).}$$

例題第三十五 Fig. 430ノ屋背構部材ノ應力ヲ求ム。

(答) 荷重ハ對稱的ナル故ニ

$$A = B = \frac{16000}{2} = 8000 \text{ lbs.}$$

1) S_2 ヲ求メンニハ斷面 t_1t_1 ヲ作り S_2 、 S_6 及 S_4 ヲ切り力率中心ヲ S_4 ト S_6 トノ交點デアアル屋頂 Cニ採レバ斷面ノ左側ニツイテ

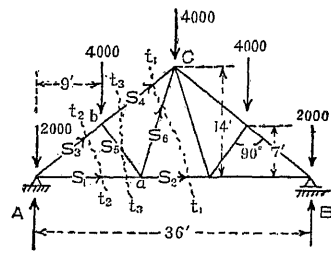


Fig. 430.

$$(8000-2000) \times 18 - 4000 \times 9 - S_2 \times 14 = 0$$

$$S_2 = +5140 \text{ lbs. (張力)}$$

2) S_1 を求ムル爲メニハ断面 t_2 を作り S_1 及 S_3 を切り b 點ヲ力率中心トセバ

$$(8000-2000) \times 9 - S_1 \times 7 = 0 \quad \therefore S_1 = +7710 \text{ lbs(張力)}$$

3) S_4 = 對シテハ S_4, S_5 及 S_1 を切り断面 t_3 を作り a 點ヲ力率中心トシテ其挺率長ヲ計算シタル後

$$(8000-2000) \times 14,44 - 4000 \times 5,44 + S_4 \times 8,87 = 0$$

$$\therefore S_4 = -7315 \text{ (壓力)}$$

4) S_3 を求メルニハ t_2 断面ヲ採リ a 點ヲ中心トシテ

$$(8000-2000) \times 14,44 + S_3 \times 8,87 = 0 \quad \therefore S_3 = -9770 \text{ lbs. (壓力)}$$

5) S_5 = 對シテハ t_3 断面ヲ S_5, S_4 及 S_1 を切り支點 A 中心トシ

$$4000 \times 9 + S_5 \times 11,4 = 0 \quad S_5 = -3160 \text{ lbs. (壓力)}$$

6) S_6 を求メンニハ(1)ト同様 S_2, S_6 及 S_4 を切り断面 t_4 断面ニ就イテ力率中心ヲ支點 A = 採リ

$$4000 \times 9 - S_6 \times 14,0 = 0 \quad \therefore S_6 = +2570 \text{ (張力)}$$

(3) 分解法 (Method of resolution of forces)

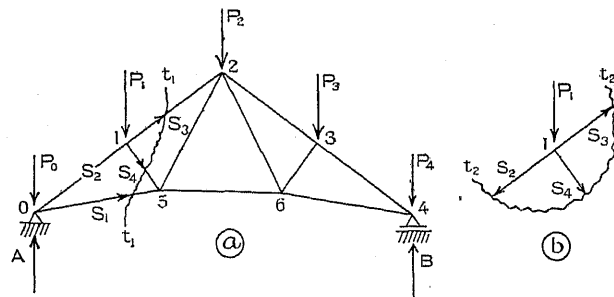


Fig. 431.

S_4 及 S_3 トシ其各部材ノ垂直ト爲ス角ヲ α_1, α_4 及 α_3 トスル然ル時ハ平衡條件カラ

$$\Sigma H = S_1 \sin \alpha_1 + S_4 \sin \alpha_4 + S_3 \sin \alpha_3 = 0$$

此方法ハ平衡條件ノ第一及第二ノミヲ應用セントスルノデアアル, Fig. 431 = 示ス断面 t_1 ヲ以テ三部材ヲ切り其未知應力ヲ $S_1,$

$$\Sigma V = A - P_0 - P_1 + S_1 \cos \alpha_1 - S_4 \cos \alpha_4 + S_3 \cos \alpha_3 = 0$$

尙⑥圖ニ示ス如ク接合點 1 ノ周圍ニ断面 t_2 を考ヘ其部材 S_2, S_4 及 S_3 を切ル時之等ヲ張力ト假定シ

$$S_3 \sin \alpha_3 + S_4 \sin \alpha_4 - S_2 \sin \alpha_2 = 0$$

$$S_3 \cos \alpha_3 - P_1 - S_4 \cos \alpha_4 - S_2 \cos \alpha_2 = 0$$

此何レノ場合ニ於テモ皆三未知項ヲ有スルモ若シ其内何レカ一ツノ應力ガ他ノ方法——例ヘバ力率法等——デ發見セラレテ居ツタナラバ殘リノ二力ハ此二ツノ方程式デ解キ得ル譯デアアル然ルニ結構ニ於テ其兩端ノ支點ヨリ解キ始ムレバ支點ニハ二部材ガ存スルノミデアアルカラ二方程式ヲ立テ、其應力ガ決定セラルベク此點ヨリ始メ順次上述ノ方法ヲ應用シテ進メバ未知三力ノ内ノ一ツハ既知トナリ其結果平衡條件ノ第一及第二式ヲ用ヒルノミデ別ニ第三式ヲ用ヒズシテ殘リノ二未知應力ヲ求メ得ル事トナル。

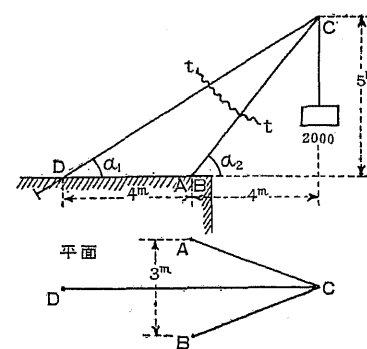


Fig. 432.

例題第三十六 Fig. 432 = 示ス合掌起重機 (Shcar legs) ガ 2000 kgs. ノ荷重ヲ受ケタル時抗張材及抗壓材ニ於ケル應力ヲ求ム。

(答) 荷重及部材配置ハ抗張材 CD ヲ含ム垂直面ニ對シテ對稱的デアアル故ニ断面 tt ヲ假定シテ其ノ上方ヲ考ヘ次ノ二方程式ヲ得ル。

$$\Sigma V = 2000 + CD \sin \alpha_1 + 2AC \sin \beta \sin \alpha_2 = 0$$

$$\Sigma H = CD \cos \alpha_1 + 2AC \sin \beta \cos \alpha_2 = 0$$

然ルニ部材長ヨリ

$$\sin \alpha_1 = \frac{5}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = 0.602, \quad \cos \alpha_1 = \frac{3}{\sqrt{3^2 + 5^2}} = 0.848$$

$$\sin \alpha_2 = \frac{5}{\sqrt{4^2 + 5^2}} = 0.781, \quad \cos \alpha_2 = \frac{4}{\sqrt{4^2 + 5^2}} = 0.625$$

$$\sin \beta = \frac{\sqrt{4^2 + 5^2}}{\sqrt{4^2 + 5^2 + 1.5^2}} = 0.974 \text{ (AB線とAC材との間ノ實角ヲ}\beta\text{トス)}$$

之等ノ値ヲ挿入シテ

$$2000 + 0.602 CD + 1.520 AC = 0$$

$$0.848 CD + 1.216 AC = 0$$

二式ヲ解キ

$$AC = BC = -3045 \text{ (壓力), } CD = +4367 \text{ (張力).}$$

第四節 結構應力ノ圖式算定

(Graphical Solution of Framed Structures or Trusses)

第二節ニ説明シタ如ク結構ガ其接合點(Joint)ニノミ荷重ヲ受ケタ時ニ各部材ニ生ズル應力ハ張力又ハ壓力ヲ出デル事ハ無イノデアツテ從ツテ結構ノ部材ハ抗張材(Tie)カ然ラズンバ抗壓材(Strut)デアル。

結構ノ上側線即チ一方ノ支點カラ他方ノ支點ニ及ブ上側線ヲ構成スル部材ヲ上弦材(Upper chord)ト云ヒUデ表シ同様ニ一支點カラ他支點ニ及ブ下側線ヲ下弦材(Lower chord)ト云ヒLデ表ス事トシテ置ク、次ニ上弦ノ格點ト下弦ノ格點トヲ結合スル部材ヲ腹材(Web member or Brace)ト云ヒ其垂直ナルカ傾斜セルカニヨツテ垂直材(Vertical member)又ハ斜材(Diagonal member)ト云ヒV又ハDニテ表ス。

結構部材ノ應力ヲ求ムル圖式的方法ヲ列舉シヤウ。

(1) 「クールマン」氏法 (Culmann's method)

本法ハ前節ニ説明シタ切斷法ニ相當スルモノデアツテ Fig. 433ニ示ス結構ニ於テ任意斷面 *tt* デ三部材 U, D, Lヲ切ツタモノトシ其應力 U, D, Lヲ求メントス。

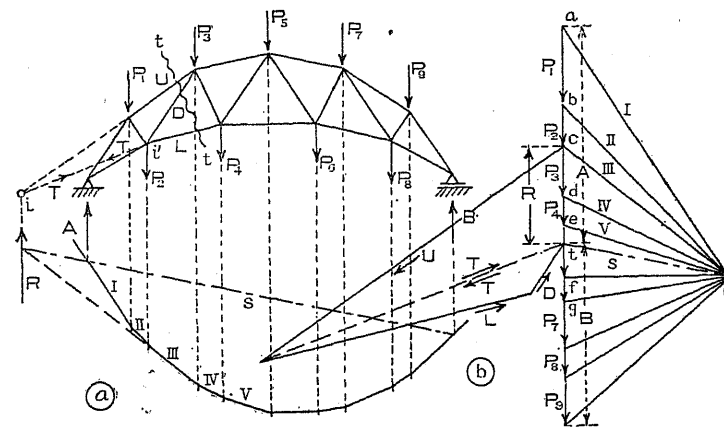


Fig. 433.

此斷面 *tt* ヨリ左ニ働ク外力ノ合成力ヲ *R* トセバ此 *R* ナル合成力ガ此三部材ノ應力 *U, D, L* ト平衡ヲ保タナケレバナラヌ、而シテ *tt* 斷面ヨリ左ニ存在スル外力ノ合成力ハ圖式的ニ容易ニ求メラレル、即チ外力ニ相當スル示力線 (Force line) *abcd*…… 及平衡多邊形 (Equilibrium polygon) I II III IV…… ヲ作圖シ其閉合線 *s* ヲ得レバコレニ平行ニ極 *O* カラ *Ot* (即 *s*) ヲ引ク事ニヨツテ *A* ナル反力 *ta* ヲ知リ更ニ此斷面ヨリ左ニ働ク荷重 *P₁* 及 *P₂* ヲ差引イテ合成力 $R = A - P_1 - P_2 = te$ ヲ得其方向ハ上向ナル事ヲ知ル、而シテ其作用點ハ平衡多邊形ニ於テ合成力 *R* ニ對スル兩端邊 (Extreme sides) III 及 *s* ノ交點ヲ通ジテ働ク事ヲ知ル、斯クノ如ク量、方向及位置ガ既知デアル *R* ト此 *U, D, L* ノ三カトガ平衡ヲ保タナケレバナラヌノデアツテ此三カヲ求メルノ解法ハ既ニ第一章第三節 (IX) ニ於テ力ノ分解ト題シテ説明シタ所デアル、茲ニ再ビ之ヲ繰返サンニ Fig. 433ニ於テ此四力 *R, U, D* 及 *L* ノ内ノ何レカニツ宛例ヘバ *R* ト *U* 及 *D* ト *L* トヲ交ラシメ其交點 *i* 及 *i'* ヲ *TT* ナル直線即チ力ニ

テ結合シ先ツRヲTトUトニ分解シ更ニ-TヲDトLトニ分解スル事 Fig. 433 ⑥ ノ如クスレバヨイノデアアル、圖示ノ場合Uハ壓力トナリD及Lハ張力ヲ示ス。

此解法ヲ多クノ断面ニ就イテ行ヘバ總テノ部材應力ガ求メ得ラレル事トナル。

(2) 「リッター」氏法 (Ritter's method)

力率法ニ相當スル圖式解法デアツテ Fig. 434 ニ於テ任意断面

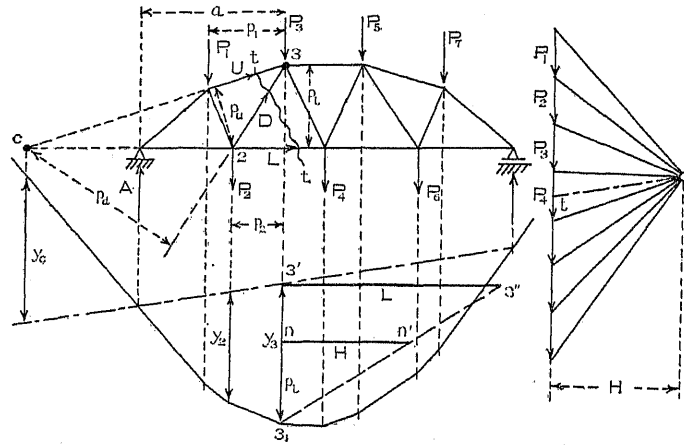


Fig. 434.

ttニテ三部材ヲ切斷シ其應力U,D及Lヲ求メル爲メニ力率ヲ利用シテ之ヲ解カントスルノデアアル、力率ノ原點ヲ選擇スルニ當ツテ今切ラレタ三部材ノ何レカニツノ交點ヲ原點トシ此断面カラ左ニアル外力並ビニ断面デ切ラレタ三部材ノ應力ガ此原點ニ對シテ有スル力率ノ式ヲ書ケバ其式ニハ未知數ハ一個ノミトナルカラ容易ニ之ヲ解キ得ル、例ヘバUトDトノ交點3ヲ原點トシ外力迄ノ距離ハA迄ヲa, P₁迄ヲp₁, P₂迄ヲp₂, L迄ヲp_iトスレバ

$$A \cdot a - P_1 \cdot p_1 - P_2 \cdot p_2 - L \cdot p_i = 0$$

此式ノL・p_iノ符號ヲ負トシタノハLヲ張力ト假定シタカラデア
ル、上式カラ

$$L = \frac{A \cdot a - P_1 \cdot p_1 - P_2 \cdot p_2}{p_i} = \frac{M_3}{p_i}$$

式中 M₃ = A · a - P₁ · p₁ - P₂ · p₂

= 格點3ニ對スル外力ニヨル彎曲力率。

此式ヲ圖式的ニ解釋シ格點3ニ對スル外力ノ力率即チ彎曲力率ヲp_iデ割ル作圖ヲ行ヘバLヲ得ルノデアアル。

Fig. 434ニ於テ先ツ平衡多邊形ヲ作圖シ其格點3ノ下デ測ツ
タ縦距ヲy₃トスレバ

$$M_3 = H \cdot y_3$$

$$\therefore L = \frac{H \cdot y_3}{p_i}$$

$$\frac{L}{H} = \frac{y_3}{p_i}$$

此四量間ノ比例關係ニヨツテ相似三角形ヲ用ヒテ此Lナル未知
應力ヲ求ムル事ガ出來ル、即チ Fig. 434ニ於テ3₁3'線上ニ3₁n=
p_iヲ測ツテn點ヲ作りnヲ通ジテ任意方向ニHヲ取ツテn'ヲ作
リ3'ヲ通ジテ此Hニ平行線ヲ引キ其3₁n'ヲ結ンダ線トノ交點ヲ
3''トスレバ3'3''ハ求ムルLナル應力デアアル。

同様ニ切斷サレタ三部材ノ他ノ一ツ例ヘバDトLトノ交點2
ヲ原點ニ採リ力率ノ式ヲ書ケバUナル上弦材應力ガ未知數トシ
テ容易ニ求メラレ

$$M_2 + U \cdot p_u = 0$$

$$\therefore U = -\frac{M_2}{p_u} = -\frac{H \cdot y_2}{p_u}$$

茲ニ負號ヲ生ジタノハ Uヲ張力ト假定スル事ノ誤レルヲ示シ U
ガ壓力ナル事ヲ知ル,其量ヲ求メンニハ

$$\frac{U}{H} = \frac{y_2}{p_u}$$

此式ニ相當スル相似三角形ヲ作圖スレバヨロシイ。

更ニ U ト L トノ交點 c ヲ原點トセバ

$$M_c - D p_d = 0$$

然ルニ c 點ニ相當スル縦距ハ $-y_c$ トナルカラ

$$M_c = -H \cdot y_c$$

$$\therefore D = -\frac{H \cdot y_c}{p_u} \text{ (壓力)}$$

全ク同様ノ相似三角形ヲ用ヒテ應力ヲ求メ得ル。

(3) 「クレモナ」氏應力圖 (Cremona's stress diagram)

結構ノ或接合點ニ働ク外力ト其接合點ニ集マル部材ノ内力ト
ハ必ズ平衡ヲ保ツモノデアツテ從ツテ圖式的ニハーツノ閉多邊
形 (Closed polygon) ヲ形成シナケレバナラヌ事ハ既ニ第一章ニ於テ
説明シタ所デアアル,故ニ茲ニ作用スル内力外力ノ數ガ幾ツアラウ
トモ未知應力ガ二ツヨリ多クナケレバ圖式的ニ容易ニ之ヲ決定
シ得ルモノデアアル。

例ヘバ Fig. 435 ニ示ス接合點 a ニ於テ五ツノ力ガ働ク場合ヲ
考ヘ其内 S_1, S_2 ハ既知應力デアリ P ハ此接合點ニ働ク外力ノ合成
力トセバ此既知三力 S_1, S_2, P ヲ其方向及量ヲ正シク圖示シテ示力
圖 ABCD ヲ得其示力圖ノ始點 A 及終點 D ヲ通ジテ未知應力 S_3, S_4

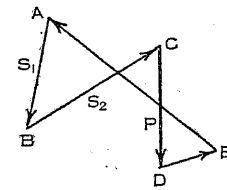
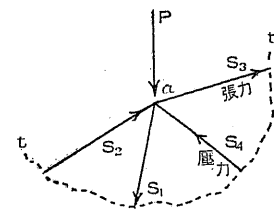


Fig. 435.

ニ平行線 AE 及 DE ヲ引ク事ニヨツテ閉
多邊形 ABCDEA ヲ得ベク此多邊形ニ沿フ
テ同ジ方向ノ矢ヲ附ケル事ニヨツテ各應
力ノ正負ヲ知り得ル,此場合ニハ $S_3 = DE$
ガ張力, $S_4 = EA$ ガ壓力デアアル。

以上ハーツノ接合點ニ就イテノ説明デ
アルガ今若シ三角網ヨリ成ルーツノ結構
ヲ考ヘレバ先ヅ其結構ニ於テ二材ノミノ
集合セル格點 (Panel point) カラ始メテ上述
ノ解法ヲ進メテ行ケバ總テノ部材ノ應力

ガ連續的ニ知り得ラレルノデアアル。

Fig. 436 ニ就イテ上掲「クレモナ」應力圖作圖ノ例ヲ示サウ,先ヅ

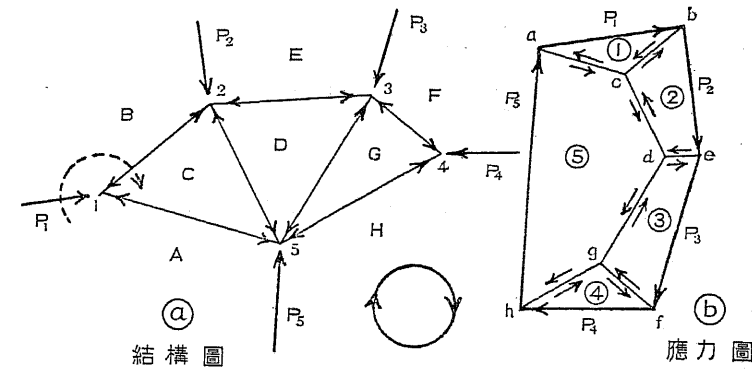


Fig. 436.

各部材ハ Bow-Henricci 兩氏ノ方式ニ從ヒ其部材ノ兩側空間ニ記入
シタ文字ヲ以テ表ハスガ便デアツテ部材 1-2 ハ BC 或ハ CB, 部材
5-1 ハ CA 又ハ AC ト稱シ外力 P_1 ハ AB 又ハ BA ニテ表ハス, ②

圖ニ示ス結構圖 (Truss diagram) ニ對スル⑥ノ應力圖 (Stress diagram) ヲ引クニハ格點1カラ始ムレバヨイノデアツテ此點デハ未知部材ハ BC 及 CA ノ二ツノミデアリ外力 $P_1=AB$ ハ既知デアル、故ニ此未知力ハ示力三角形ノ作圖ニヨツテ直チニ求メ得ベク先ヅ⑥圖ニ於テ $ab=P_1=AB$ ヲ置キコノ b ト a トカラニツノ未知部材 BC 及 CA ニ平行線ヲ引キ出來タ二邊 bc 及 ca ハ部材 BC 及 CA ノ應力ヲ示スモノデアリ三角形 abc ハ格點1ニ對スル平衡條件ヲ表ハスモノデアツテ其三邊ニ沿フテ(其内側ニ)記入セラレタ矢ニヨツテ BC, CA ノ未知應力ノ方向即チ正負ガ決定サレ共ニ格點1ニ向ツテ働クガ故ニ其壓力ナル事ヲ知ル。

次ニ格點2ニテハ CB ノ應力ハ既知デアリ $P_2=BE$ ハ外力デアツテ既知、故ニ求メル未知數ハ ED ト DC デアル、コノ内 CB ハ⑥圖ニ於テ cb ニテ表ハサレテ居ル故ニ $be=P_2$ ヲ置キコノ始點 c ト終點 e トカラ CD 及 ED ニ平行ニ cd 及 ed ヲ引キ出來タ閉多邊形 $cbed$ ハ格點2ニ對スル平衡ヲ示シ ed 及 dc ハ ED 及 DC ノ量及方向ヲ表ハシ共ニ壓力ナル事ヲ知ル。

次ニ3ノ格點ニ於テ DE ハ既ニ de ニテ表ハサレ居ル故ニ $P_3=EF$ ヲ ef ニテ方向及量ヲ正シク表ハシ其終點 f ト始點 d トカラ FG 及 GD ノ二部材ニ平行ニ fg 及 gd ヲ引キ出來タ多邊形 $defg$ ハ格點3ノ平衡ヲ示シ $fg=FG$, $gd=GD$ ハ共ニ壓力ナル事ヲ知ル。

更ニ格點4ニ移ルニ $GF=gf$ トシテ既知デアリ $FH=P_4$ ヲ fh ニ量及方向ヲ正シク置キ h ト g トヲ結ベバ HG ニ平行ナル線 hg ヲ得ル、コレガ HG ノ應力デアル。

次ニ格點5ニ至レバ其五力ハ何レモ既知トナツテ居ル故ニ

$AC=ac$, $CD=cd$, $DG=dg$, $GH=gh$ ノ終點 h ト始點 a トヲ結ブ線 ha ハ外力 $HA=P_5$ ト一致シナケレバナラヌ筈デアル。

此應力圖ニ於テ外側線 $abefha$ ナル多邊形ハ此結構ニ作用スル外力ノミニヨツテ閉多邊形ヲ作り其平衡ニアル事ヲ示シ更ニ其内部ニ記入シタ内應力ニ對スル閉多邊形ハ各格點ニ於ケル應力ノ平衡ヲ示スモノデアル。

此作圖ニ於テ一點ニ働ク多數ノ外力及部材ヲ圖上ニ示ス順序ニ對シテハ終始一貫シタ方向ヲ採ラナケレバナラヌノデアツテ Fig. 436 ニ於テハ常ニ其順序ヲ其格點ノ周リニ時針方向 (Clockwise) ニ採用シテ居ル、例ヘバ1格點ニ對シ AB, BC, CA ト書下シテ BA, AC, CB ト進マザルガ如キ又格點2ニ對シ CB, BE, ED, DC ト進ミテ BC, CD, DE, EB ト採ラナカッタ如キデアル。

此應力圖カラ明カナル如ク此應力圖ヲ作ル各三角形又ハ多邊形 abc , $cbed$, $defg$, …… ハ各接合點ニ働ク力ニ相當シテ居ル、故ニ應力圖ト結構圖トハ互ニ相反圖 (Reciprocal figure) ヲ形成スルモノデアル。

以上説明シタ三方法「クルマン」, 「リッター」及「クレモナ」ノ何レカヲ應用セバ結構ノ部材應力ハ容易ニ求メラレルノデアツテ其内「クレモナ」應力圖ガ最モ簡單デアリ殊ニ部材全部ノ應力ヲ求メントナラバコレガ最モ便利デアル、然シ何レカ一部材ノミノ應力ヲ求メンニハ他ノ方法ニヨルガ便デアリ又「クレモナ」應力圖ノ作圖中ニ未知三部材ニ遭遇シテ作圖ガ不可能ニ陥ツタ時ニ他ノ何レカノ方法デ其應力ヲ決定シテ作圖ヲ展開セシムル如キニハ極メテ便利デアル。

第五節 屋背構 (Roof Truss)

屋背構ハ建築物ノ外壁ニ其兩端ガ支ヘラレタ平面結構デアツテ其外壁ノ間隔ノ大小即チ徑間ニ應ジテ種々ノ形ノ結構ガ用ヒラレル、其何レニアツテモ屋背被覆 (Roof covering) ノ重量及其上ニ來ル荷重例ヘバ雪、風等ガ總テ母屋 (Purlin) ヲ經テ結構接合點ニ働ク事トナル、其簡單ナル一例ハ Fig. 437 ニ示ス雄柱屋背構 (King-post roof truss) デアル。

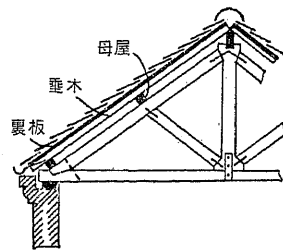


Fig. 437.

屋背構應力ヲ求ムル爲メニハ先ヅ其荷重ヲ知ラネバナラス、コレニハ四種アツテ

- (1) 結構自重
- (2) 屋背被覆重量
- (3) 雪荷重
- (4) 風荷重

是等荷重ニ就イテ更ニ説明ヲ進メヤウ。

(1) 結構自重

結構重量ハ其徑間、間隔(結構ト結構トノ)及用ヒラル、被覆及結構ノ材料ノ種類其他設計ノ他ノ要素ニ左右セラレルモノデアアル、其大體ハ經驗實例カラ推定シ得ルモノデアアルガ概數トシテ實驗上得タル一般關係ヲ次式ニ示ス。

木材結構 $W = \frac{1}{2}al(1 + \frac{1}{10}l)$

鋼材結構 $W = \frac{3}{4}al(1 + \frac{1}{10}l)$

式中 $l =$ 徑間 (ft.)

$a =$ 隣接結構ノ間隔 (ft.)

$W =$ 一結構ノ近似重量 (lb.)

此重量ハ適當ニ分割サレテ各格點ニ働クモノト假定スル。

(2) 屋背被覆重量

被覆材ノ配置ハ Fig. 437 ノ如クスルガ普通デアツテ其垂木及母屋ノ重量ハ之ヲ單桁又ハ連續桁トシテ計算スル事ガ容易デアアル、然シ一々其計算ヲ行ハズ單ニ概數ヲ得ルノ目的ニ對シテハ次掲ノ値ガ參考トナルデアラウ、但シ何レモ屋根面ノ一平方呎ニツキテノ重量デアアル。

| | | |
|--------------------|-----------|-------|
| 葺板 (Shingling) | 錫飯 | 1 # |
| | 木板 | 2-3 |
| | 鐵飯 | 1-3 |
| | 石盤 | 10 |
| | 瓦 | 12-25 |
| 裏板 (Sheathing) | 木版 (厚 1") | 3-5 |
| 垂木 (Common rafter) | | 1.5-3 |
| 母屋 (Purlin) | 木 | 1-3 |
| | 鋼 | 2-4 |
| 總被覆材料 | 合計 | 3-55 |

(3) 雪荷重 (Snow load)

雪ハ其地方ニヨリテ大差アリ、多年ノ經驗ニヨルカ測候所觀測ノ結果ニヨリテ何程ノ深サノ雪ヲ見込ムベキカラ決定スレバ雪ノ重量ヲ 6-12 #/cu. ft. ト看做シテ雪荷重ガ決メラレル。

以上述ベタ自重及雪荷重ニヨリテ結構上弦材ノ格點 (Panel Point) ニ働ク垂直荷重ガ決定サレタ事トナル、斯ク荷重ガ決メラレバ結構部材ノ應力ハ前節ニ述ベタ方法デ容易ニ求メラレル。

Fig. 438 ニ示スツノ屋背構ヲ採リ其應力圖作製ノ順序ヲ説

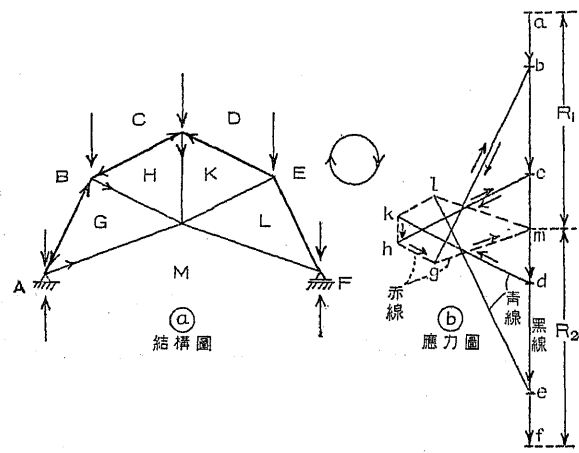


Fig. 438.

明シヤウ,先ツ荷重ヲ左右對稱トスレバ示力線中點 m カラ上下ニ反力ガ決定セラレ(對稱デナケレバ平衡多邊形ノ作圖カラ反力ヲ求メル)次ニ左支點又ハ右支點カラ始メテ所謂二未知部材ノミヲ生ズル如キ格

點ヲ追フテ順次ニ「クレモナ」應力圖ヲ作圖スルモノトス,今左支點ヨリ始メルモノトセンニ MA ナル支點反力ト AB ナル荷重トハ既ニ示力線上ニ ma, ab デ表サレテ居ル故ニ其終點 b ト始點 m トカラ BG, GM ニ平行ニ bg, gm ヲ引イテ各其應力ガ決定セラレル,斯クノ如クニシテ各格點ニ就イテ未知部材應力ヲ求メテ行ケバ遂ニ全部材ノ應力ノ量及性質ガ決定セラレ⑥圖ヲ得ルノデアアル,總ジテ④圖ガ左右ニ對稱デアレバ⑥圖ハ上下ニ對稱トナル.

一般ニ作圖上ノ規約 (Convention) トシテ次ノ如クスル.

- 結構圖ニ於テ 抗壓材ハ 太キ線
- 抗張材ハ 細キ線ニテ表ハシ
- 應力圖ニ於テ 與ヘラレタル外力ハ 黒線
- 應壓力ハ 青線
- 應張力ハ 赤線ニテ引ク.

求メ得タル結果ハ次ノ如ク表示スル.

| 部 材 | 抗 壓 材 | 抗 張 材 |
|-----|---------------|-------|
| BG | tons | tons |
| GM | | |

斯クノ如クシテ死荷重及雪荷重ニ因リ生ズル應力ハーツノ圖表上ニ求メル事ガ出來ル,然シ場合ニヨツテハ此二種ノ荷重ニヨツテ生ズル應力ヲ別々ニ求メルノ必要アル事ガアル,此場合ニハ總荷重ニ對スル應力ヲ荷重比ニ按分スルカ又ハ死荷重ノミノ應力ヲ作圖計算シテ置イテ雪荷重ニ對スル應力ハ荷重比ニヨツテコレカラ算出スルノデアアル,斯クノ如キ必要ハ部材ニ起ル最大應力及最小應力ヲ求ムル場合ニ起ルノデアツテ雪荷重ハ活重ニ屬シ其作用セザル状態ガアリ得ルカラデアアル.

應力圖ノ作圖ニ當ツテ注意スベキ事項ヲ擧ゲンニ結構圖ノ作圖ハ特ニ精密ナル事ヲ要スル,コレ僅カノ歪ヒテモ應力圖ノ精度ニ影響スルカラデアアル,從テ結構圖ノ寸法小ナル場合ニハ適宜各線ヲ延長記載シテ置イテ之ヲ用ヒテ製圖スベキデアアル,最モ應力圖ノ精度ヲ左右スルモノハ平行線ノ作圖デアツテ結構圖カラ應力圖ヘ平行線ヲ移ス時ニ三角定規ノ不精確其他ニ煩サレテ作圖ガ不精密トナルヲ免レナイ,故ニ定規ノ檢查及手入ハ特ニ留意スベキ事柄デアアル.

(4) 風荷重

風ガ屋根面ニ作用スル壓力ハ風ノ方向,速度及屋根面ノ傾斜ニ因ツテ變化スルモノデアアル,風ノ吹ク方向ハ水平又ハ水平ト 10° ノ角ヲ爲スモノト考ヘラレルノデアツテ風速ト風壓トノ關係ハ實驗的ニ多クノ人々ニヨツテ研究サレテ居ル,茲ニ其二三ヲ紹介シ

ヤウ。

(a) 「スミートン」氏 (Smcaton) 公式

$$p = \frac{v^2}{200} \dots\dots\dots(321)$$

式中

$v =$ 風速 (mile/hour)

$p =$ 風向ニ直角ナル面ニ於ケル風壓 (lbs/ft²)

此公式ハ英國テ廣ク用ヒラレル。

(b) 獨逸ニ於ケル多クノ式ノ平均ニ當ルモノ

$$p = 0.13 v^2 \dots\dots\dots(322)$$

式中

$v =$ 風速 (m/sec)

$p =$ 風壓 (kg/m²)

(c) 英國國立物理實驗所 (National physical laboratory) 及佛國「エツ

フェル塔」ニ於ケル實驗ヨリ得タルモノ

$$p = 0.0032 v^2 \dots\dots\dots(323)$$

式中

$v =$ 風速 (mile/hour)

$p =$ 風壓 (lb/ft²)

以上列擧シタ公式ヲ用ユレバ風速ガ判リサヘスレバ風壓ハ計算出來ルノデアツテ風速ハ其地方ノ測候所ノ觀測カラ得ラルルガ故ニ風ノ方向ニ直角ナル面ニ對スル最大風壓ハ求メ得ラレル。

尙實際ニ於テ採用セラル、風壓ハ風向ニ直角ナル面ニ對シ

中央歐大陸ニ於テ 150~200 kg/m²

英國ニ於テ 40 #/sq'

特ニ高イ建物ニ對シテハ 50 #/sq'

第一表ニヨリ

$$1 \text{ #/sq}' = 4.88 \text{ kg/m}^2 \text{ ナルガ故ニ}$$

$$40 \text{ #/sq}' = 195.2 \text{ kg/m}^2 = \text{相當ス。}$$

我國ニテハ英國ノ例ニ倣ヒ 40—50 #/sq' ヲ採用シテ居ル、此兩極限值ノ何レヲ採ルベキカハ構造物ノ重要度ニ應ジテ適當ニ判斷シナケレバナラス。

茲ニ風速ヲ與ヘテ風壓ヲ計算シ其結果ヲ表示スル時ハ第十三表ヲ得ル。

第十三表 風速ト風壓トノ關係 (上側數字 kg/m² 下側數字 #/sq')

| 風 速 | m/sec | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 |
|--|--------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|----|
| 風 壓 | kg/cm ² | | | | | | |
| (a) 式, $p(\text{#/sq}') = \frac{v^2}{200}$ | 78 (16 #/sq') | 112 (23) | 151 (31) | 195 (40) | 249 (51) | 307 (63) | |
| (b) 式, $p(\text{kg/m}^2) = 0.13 v^2$ | 81 (17) | 117 (24) | 159 (33) | 208 (43) | 263 (54) | 325 (67) | |
| (c) 式, $p(\text{#/sq}') = 0.0032 v^2$ | 49 (10) | 68 (14) | 98 (20) | 127 (26) | 156 (32) | 195 (40) | |

以上ハ風壓ニ直角ナル平面ニ於ケル壓力デアアルガコレガ傾斜面ニ吹キツケタ時ノ垂直壓力ヲ知ル事ハ重要ナ問題デアアル。

Fig. 439 ニ於テ屋根面ノ一部 AB ガ水平面ト a ヲ爲スモノト

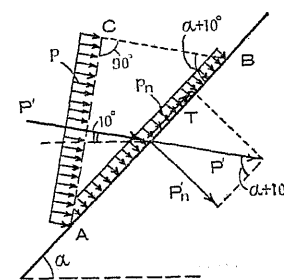


Fig. 439.

シ此面ニ作用スル風壓ニ就イテ吟味シヤウ、Aヲ通ジテ風ノ方向ニ直角ニ AC ヲ引キ此平面へ AB 面ヲ投影シテコレヲ AC トス、コノ屋根面ノ奥行ヲ b トスレバ傾斜面積 b.AB ニ對スル風壓ハ明カニ p.b. AC デアル、然ルニ

$$b \cdot AC = b \cdot AB \cdot \sin(\alpha + 10^\circ)$$

故ニ總風壓ハ

$$P' = p \cdot b \cdot AC = p \cdot b \cdot AB \sin(\alpha + 10^\circ)$$

コノP'ヲ圖示ノ如ク屋根面ニ垂直ト平行トノ二分力P'n及Tニ分解スル時ハ切線分力Tノ屋根面ニ對スル影響ハ之ヲ無視シテ(即チ風ノ屋根面ニ對スル摩擦抵抗ヲ無視シ)

$$P'_n = P' \sin(\alpha + 10^\circ) = p \cdot b \cdot AB \cdot \sin^2(\alpha + 10^\circ)$$

コレ傾斜面ニ生ズル全垂直風壓デアル故ニ風壓度ニ換算スル爲メニ面積ヲ割リ

$$p_n = \frac{P'_n}{b \cdot AB} = p \sin^2(\alpha + 10^\circ) \dots \dots \dots (324)$$

時トシテハ風ガ傾斜面ニ働ク時ニ其屋根面ニ對スル垂直分力ガ直接ニ風壓トシテ屋根ニ働クモノト考ヘル事ガアル、即チFig. 440

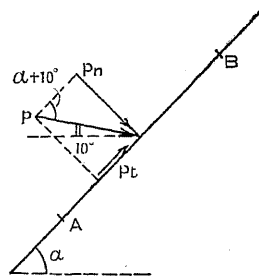


Fig. 440.

ニ示ス如ク傾斜風壓pヲ屋根面ニ垂直ト平行トノ二分力ニ分解シ其p'nノミガ働クモノトシテ垂直風壓度ヲ得

$$p_n = p \sin^2(\alpha + 10^\circ) \dots \dots \dots (325)$$

此公式ハ「レスル」氏(Lössl)公式トシテ獨逸建築界ニ於テ廣ク用ヒラレテ居ル、コレ此式ニ據ルガ(324)式ニヨリ與ヘラル、數値ヨリ大

ナル値ヲ與ヘルガ故ニ生ズル誤差ハ常ニ安全側デアラカラデアル。尙經驗式トシテ數多アル内ノ二式ヲ例示ス。

「デュシュマン」氏(Duchemin)公式

$$p_n = p \frac{2 \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha} \dots \dots \dots (326)$$

「ハトン」氏(Hutton)公式

$$p_n = p (\sin \alpha)^{1.842 \cos \alpha - 1} \dots \dots \dots (327)$$

式中 p_n = 傾斜面ニ垂直ニ作用スル風壓度

p = 風向ニ直角ナル面ニ於ケル風壓度

次記論文ハ風壓ニ關スル參考トシテ一讀ニ値スル。

Wind Pressure Formula and their Experimental Basis

R. Fleming, Eng. News, Jan. 28th. 1915, p. 160.

(324)式乃至(327)式ニ於テ α ヲ變化シテ p_n ヲ計算シ第十四表ヲ得ル、表中ニ明カナル如ク傾斜角 α ガ60°以上ノ時ニハ殆ソド變化ヲ生ジナイガ角 α ノ小ナル時ニハ相當著シイ差違ヲ認メ得ル。

第十四表 傾斜面ニ於ケル風壓度係數

($\frac{p_n}{p}$)ノ値

| 傾斜角 α | 0° | 5° | 10° | 15° | 20° | 25° | 30° | 35° | 40° | 45° | 50° | 60° | 70° | 80° |
|---|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 公 式 | | | | | | | | | | | | | | |
| $\frac{p_n}{p} = \sin^2 \alpha$ | 0 | 0.01 | 0.03 | 0.07 | 0.12 | 0.18 | 0.25 | 0.33 | 0.41 | 0.50 | 0.59 | 0.75 | 0.88 | 0.97 |
| $= \sin \alpha$ | 0 | 0.09 | 0.17 | 0.26 | 0.34 | 0.42 | 0.50 | 0.57 | 0.64 | 0.71 | 0.77 | 0.87 | 0.94 | 0.98 |
| $= \frac{2 \sin \alpha}{1 + \sin^2 \alpha}$ | 0 | 0.17 | 0.34 | 0.49 | 0.61 | 0.72 | 0.80 | 0.86 | 0.91 | 0.94 | 0.94 | 0.99 | 1.00 | 1.00 |
| $= \sin \alpha^{1.842 \cos \alpha - 1}$ | 0 | 0.13 | 0.24 | 0.35 | 0.46 | 0.56 | 0.66 | 0.75 | 0.84 | 0.90 | 0.95 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |

次ニ結構ハ支點ノ構造ニ依ツテ二大別セラレル、其各々ニ就イテ反力ノ状態ヲ吟味シヤウ。

(a) 固定端ヲ有スル結構 (Trusses with fixed ends)

短徑間ノ屋背構殊ニ木造ニ於テハ普通兩端共支壁上ニ緊定(Fix)スル、此場合ノ反力ノ決定ハ其反力ノ方向ガ風壓ノ方向ト一致スルモノト假定シテ Fig. 441ニ示ス如ク容易ニ求メル事ガ出來ル、其作圖ノ詳細ニ就イテハ第一章第三節 (IX)ヲ參照セラレタ

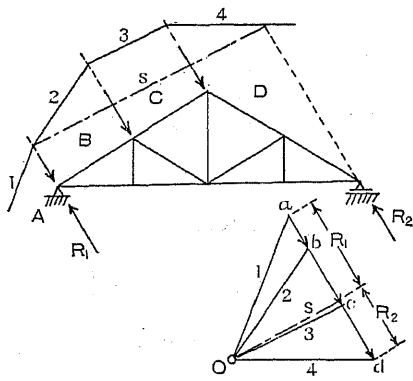


Fig. 441.

イ、斯クテ外力が決定サルレバ夫
以上ノ内應力解法ハ「クレモナ」氏
應力圖ヲ適用シテ解キ得ラル、
事再述ヲ要セナイデアラウ。

(b) 一端可動ナル結構 (Trusses
with one end movable)

溫度ノ變化ニ因ツテ鐵材結構
ニハ伸縮ヲ生ズルモノデアアルガ
故ニ其兩端ヲ緊定シテ置ケバ伸

縮ノ自由ハ束縛サレテ溫度應力ヲ受ケル事トナル、此溫度ニ因ツ
テ起コル應力ヲ避ケルタメニハ一端ヲ支壁上ニ緊定スルモ他端
ヲ單ニ休止セシメ自由ニ動キ得ル様ニ構造シナケレバナラス、コ
ノ目的ニ構造サル、自由端ノ最モ簡單ナル裝置ハ單ニ滑カナ平
面上ニ休止セシメ容易ニ滑リ得ル様ニスルノデアアルガ如何ニ滑
カデアツテモ尙幾分ノ摩擦抵抗ノ生ズルヲ免レナイ、殊ニ重イ結
構ニ於テ其支點ガ銹ビタ場合ヲ想像スレバ相當ナ摩擦抵抗ノ存
在ヲ否ム事ハ出來ナイ、此抵抗ニ打勝ツテ伸縮ヲ爲スタメニハ結
構ハ相當ナ溫度應力ヲ受ケル事トナル、從ツテ更ニ完全ニ可動ナ

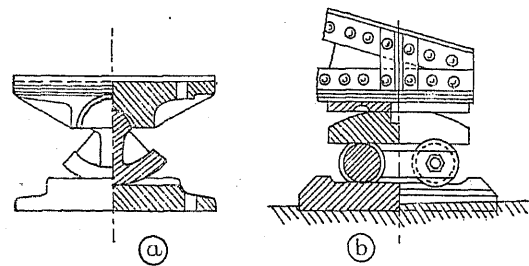


Fig. 442.

ル支點トシテ Fig. 442 (a)
ノ如キ搖子 (Rocker) ヲ用ヒ
ルカ又ハ同圖 (b) ノ如キ輾
子 (Roller) ヲ挿入スルノデ
アル。

斯クノ如ク一端可動他

端固定サレタ結構部材ノ風ニ對スル應力ヲ求ムルニハ二ツノ作
圖ガ必要デアアル、其一ツハ風ガ固定側カラ吹ク場合他ノ一ツハ風
ガ可動側カラ吹ク場合デアアル。

Fig. 443 ニ就イテ其詳細ヲ説明センニ (a) 圖ハ風ガ鉸端側 (Hinged end side) A カラ吹イタ

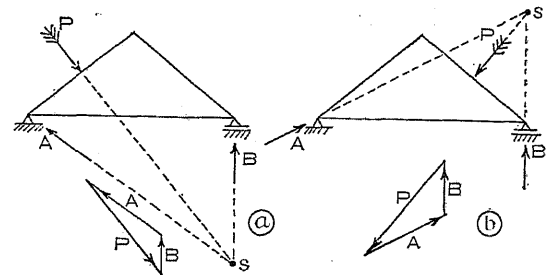


Fig. 443.

場合 (b) 圖ハ風ガ可動側 B
カラ吹イタ場合ニ對スル
作圖デアツテ何レノ場合
ニ於テモ B ナル可動支點
ノ反力ハ常ニ垂直ニ向フ
ベキデアアルガ故ニ A 及 B

ノ支點反力ト風荷重トノ三力ガ平衡ニアル爲ニ此三力ガ一點ニ
交ル事ヲ必要トスル、從ツテ B ナル反力ノ作用線ト P ナル風壓合
成力ノ作用線トノ交點 S ヲ鉸點 A ニ結ンダ方向ガ A 反力ノ方向
ニ外ナラス、斯クテ A ノ方向サヘ決定シタナラバ其大サヲ求メル
事ハ力ノ分解ノ作圖ニ依ツテ容易ニ行ヒ得ベク、外力ガ全部決定
サレタナラバコレヲ用ヒテ屋背構各部材ノ相當應力ハ普通ノ「ク
レモナ」應力圖デ求メ得ラル。

一端可動ノ屋背構ニ於ケル應力圖ハ以上説明シタ所ヲ總括シ
テ全部デ三通リ必要トナルノデアツテ

- (1) 死荷重及雪荷重ニ對スル應力圖,
- (2) 左側ヨリノ風荷重ニ對スル應力圖,
- (3) 右側ヨリノ風荷重ニ對スル應力圖,

是等ノ三應力圖ヨリ求メタ應力ヲ適當ニ結合シテ各部材ノ受ク

ル最大最小應力が決定サレルノデアリ、前述ノ如ク(1)ノ圖即チ死雪兩荷重ニ對スル應力ハコレヲ荷重比ニ分チ死荷重應力ト雪荷重應力トニ分タレルガ故ニ各部材ニハ四通リノ應力ヲ生ズル事ヲ知ル、尤モ死荷重ト雪荷重トノ荷重比ガ一定デナイトキニハ(1)ノ應力圖トシテニツノ圖ヲ作ラネバナラス、次ニ應力表ノ一例ヲ記載シテ各部材ノ最大最小應力ヲ算出スル方法ヲ示サウ

| 荷 重 \ 部 材 | AB | BC | |
|-----------|--------|--------|-------|
| 死 荷 重 | -14.75 | -14.09 | |
| 雪 荷 重 | -11.21 | -10.71 | |
| 固定側ヨリノ風壓 | -12.08 | + 5.81 | |
| 可動側ヨリノ風壓 | - 5.31 | + 2.31 | |
| 最 大 應 力 | -38.04 | -24.80 | |
| 最 小 應 力 | -14.75 | - 8.28 | |

表示シタル如ク AB 部材ノ最大應力ハ全荷重ニ對スル應力(何レモ負ナルガ故ニ)ノ和デアリ、最小應力ハ死荷重應力ニ外ナラス、BC 部材ノ最大應力ハ死雪荷重ニ對スル負應力ノミノ和デアリ、最小應力ハ死荷重應力ト之ヲ消殺スル最大風壓應力トノ差デア

第六節 特種屋背構

[I] 「ポロンソー」屋背 (Polonceau Roof)

Fig. 444ニ示ス如キ屋背構ハ之ヲ「ポロンソー」屋背ト云フ、コノ結

構ヲ普通ノ方法即「クレモナ」應力圖ヲ用ヒテ左支點1カラ始メテ解法ヲ進メテ行ケバ同圖ニ於テ接合點 1, 2, 3 迄ハ差支ナク解キ得ルガ次ニ 4ニ行ツテモ 5ニ行ツテモ其接合點ニハ未知應力ガ三個アツテ解キ得ナイ、コレヲ解ク特種方法ヲ説明シヤウ。

(a) 「リッター」氏解法 (Ritter's method)

Fig. 444ニ於テ tt 断面ヲ假定シ平衡多邊形ヲ用ヒテ接合點 7

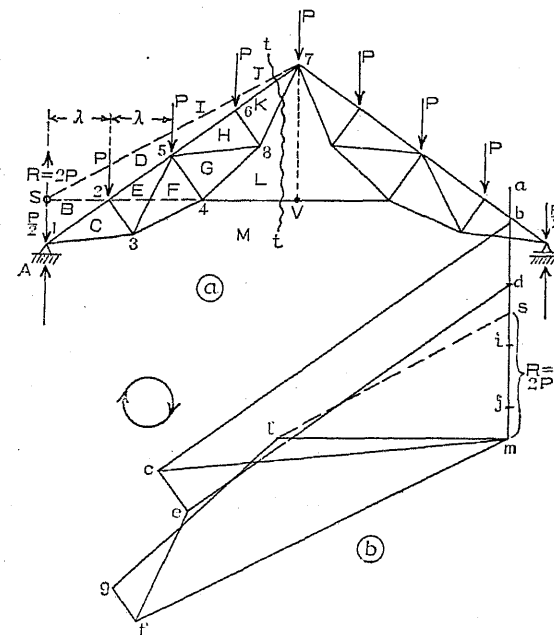


Fig. 444.

ニ對スル此断面ヨリ左ニ働ク外力ノ力率ヲ求メコレヲ水平材 LM ノ接合點 7ヨリノ垂直距離 \bar{v} デ割ツテ LM 部材ノ應力ヲ解析的ニ又ハ圖式的ニ解イタナラバ接合點 4ニ於ケル未知應力ハ二個トナリ其解法ヲ行フ事ハ容易デアリ、斯クテ FG 部材ノ應力が求メラレタナラバ次ニ接合點 5ニ進ミテ未知應力ハ二個トナリ之ヲ

解ク事ガ出來ル。

(b) 別法

Fig. 444ニ於テ tt 断面ヲ假定シ其左側ニ働ク力ノ接合點 7ニ對スル力率ノ式ヲ書ケバ

$$A \cdot 4\lambda - P \left(\frac{1}{2} \cdot 4\lambda + 3\lambda + 2\lambda + \lambda \right) - LM \cdot \bar{v} = 0$$

然ルニ $A = \frac{8P}{2}$ ナルガ故ニ

$$LM \cdot 7v = 2P \cdot 4\lambda$$

$$\therefore LM = \frac{2P \cdot 4\lambda}{7v}$$

此結果ヲ見ルニ 4λ ハ接合點 7 カラ A 支點迄ノ水平距離デアルカラ $R=2P$ ナル量ノ反力又ハ合成力ガ接合點 7 カラ 4λ ノ距離即支點 A ヲ通ズル垂直線ニ沿フテ働クモノト考ヘタナラバ其力ノ接合點 7 ニ對スル力率ハ $2P \cdot 4\lambda$ トナル, コレヲ接合點 7 カラ LM 迄ノ垂直距離デ割ルノデアルカラ此支點ノ垂直線ニ沿フテ働ク $2P$ ナル力ガ此断面 tt デ切ラレタ三部材ノ應力ト平衡ヲ保ツ爲メノ條件ニ據ツテ解法ヲ行ヒ得ルノデアツテ $2P$ ヲ此三力ニ分解スレバヨイノデアル, 即チ先ヅ A 支點ヲ通ズル垂直線ト LM 部材ノ延長線トノ交點 s ヲ求メコレヲ頂點 7 ニ結ビ斯クテ $2P$ ナル力ヲ s ニ會スル LM ト $s7$ トノ二力ニ分解スレバ所要ノ LM ガ求メラレル, 其爲メニ Fig. 444 (b) ニ於テ示力線 $ms=R=2P$ ニ採リ此 $2P$ ヲ @ 圖ノ s ニ出會フ二力 LM 及 $s7$ ニ平行ニ m ト s トカラ線ヲ引キ l 點ガ求メラレル, 然ル時ハ $lm=LM$ トナリ LM サヘ既知トナレバ接合點 4 ノ解法ヲ進メル事ガ出來ルノデアル。

(c) 試算法 (Method of trial)

コレハ接合點 1, 2, 3 ヲ解イタ後接合點 5 ニ移リ三未知應力ノ内ノ何レカーツ例ヘバ FG 部材ノ應力ヲ任意ノ値 f_1 ト假定スル, 此假定ヲ以テ接合點 5 ニ於ケル力邊形ヲ作圖スレバコレハ Fig. 445 ニ於テ $g_1 f e d i h_1 g_1$ トナル, 此多邊形デ見出シタ値ヲ用ヒテ接合點 6 ニ於テ $h_1 j k_1 l_1$, 接合點 8 ニ於テ $g_1 h_1 k_1 l_1 g_1$ ヲ得ル, 次ニ前ニ假定

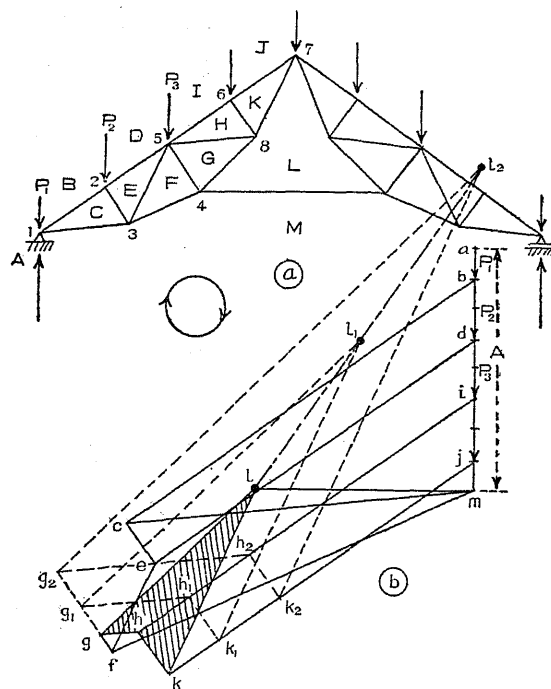


Fig. 445.

シタ FG ノ應力ヲ f_2 ナル他ノ任意ノ値ニ假定シテ前同様ニ作圖ヲ進メルト接合點 8 ニ於テ $g_2 h_2 k_2 l_2 g_2$ ナル多邊形ヲ得ル, 而シテ接合點 8 ニ對スル真力邊形ニ於ケル正シキ l 點ノ位置ハ是非共此應力圖ノ m ヲ通ジテ LM ニ平行ニ即チ水平ニ引イタ線上ニ存在シナケレバナラヌノデアツテ其真ノ位置ハ此水平線ト前ニ任意ノ假定ニ依ツテ求メタ l_1, l_2 ノ二點ヲ結ンダ線トノ交點 l ニ依ツテ與ヘラレル, 何トナレバ前ニ試作シタ力邊形 $ghklg$ ニ於ケル g, h, k 等ノ點ハ皆何レモ fg, ih, jk 等ノ定マリタル直線ノ上ニ動イテ居ル故ニ l モ亦一ツノ直線上ニ動カネバナラヌノデアル, 故ニ l_1, l_2 ノ線ト m ヲ通ジテ LM ニ平行ニ引イタ線トノ交點ガ l ノ正シキ位置デナケレバナラヌ, l サヘ求メラレタナラバ接合點 4 カラ始メテ容易ニ全部ノ解決ヲ得ル事ガ出來ル。

[II] 「ボロンリー屋背ノ他ノ形

Fig. 446 ニ示ス屋背構ハ 4, 10, 9, 8 ノ接合點ガーツノ直線上ニ存在スル時デアツテ此場合モ (I) ニ於ケルト同様ニ 1, 2, 3 ノ接合

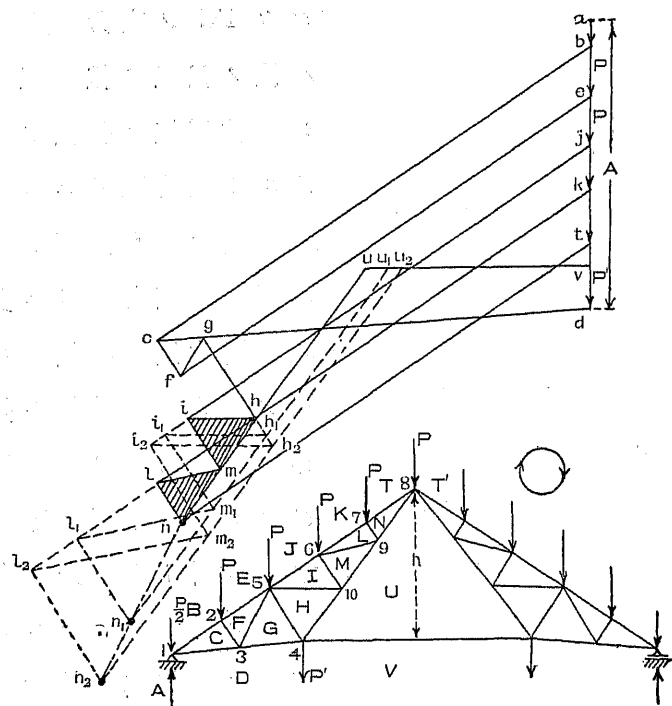


Fig. 446.

點ヲ解イタ後 4, 5 ノ接合點ノ何レニ進ムモ三ツノ未知部材ニ遭遇スル故ニ次ノ如キ解法ニ據ラネバナラス。

(a) 「リッター」氏解法ニテ接合點 8 ノ左側ニ一ツノ断面ヲ假定シ其左側ニ働ク外力ノ此接合點 8 ニ對スル力率ヲ

求メ之ヲ頂點 8 カラ UV ナル水平抗張材ニ至ル距離 h デ割ツテ其應力ヲ求メコレニヨツテ解法ヲ進メル。

(b) Fig. 444 ニ就イテ [I] (b) ニ説明シタト全ク同理ニヨリ

$$UV = \frac{2.5P \times 5\lambda}{h}$$

A 支點ヲ通ジテ垂直ニ働ク $2.5P$ ナル力ヲ二ツノ方向即チ UV ノ延長線ト A 點ヲ通ズル垂直線トノ交點ヲ頂點 8 ニ結ンダ線ノ方向及ビ UV 部材ノ方向ニ分解スレバ其後者ニヨツテ UV 部材ノ應力ヲ求メル事ガ出來ル。

(c) 前ニ [I] (c) ニ説明シタ如ク接合點 5 ニ於ケル GH 部材ノ應力ヲ或一ツノ値例ヘバ $GH = gh_1$ ナリト假定シ次ニ更ニ他ノ値

$GH = gh_2$ ナリト假定シテ此假定値ヲ以テ相當力邊形ヲ接合點 5, 4, 10 及 9 ニ對シテ作レバ接合點 10 ニ於ケルモノハ $h_1 i_1 m_1 u_1 l_1$ 及 $h_2 i_2 m_2 u_2 l_2$, 接合點 9 ニ於ケルモノハ $m_1 l_1 n_1 u_1 m_1$ 及 $m_2 l_2 n_2 u_2 m_2$ トナル, 然ルニ是等ノ圖形ニ於テ力邊形 $himuh$ ノ各點 h, i, u ハ夫々 gh, ji, vu ノ直線上ニ動クラ見ルガ故ニ m モ亦一ツノ直線上ニ動カナケレバナラス事ヲ知ル, スクテ $mlnum$ ノ多邊形ニ於テ m, l, u ノ各點ガ直線上ニ動クガ故ニ今一ツノ n 點モ亦直線上ニ動ク事ヲ知ル, 其直線ハ n_1 ト n_2 トヲ結ンダ直線ニ外ナラナイ, 更ニ一面カラ n 點ハ TN ナル部材ニ平行ニ t カラ引カレタ tn ナル直線ノ上ニ存在シナケレバナラスノデアルカラ $n_1 n_2$ 線ト tn 線トノ交點ガ n ノ正シキ位置トナル事ヲ知ルノデアル。

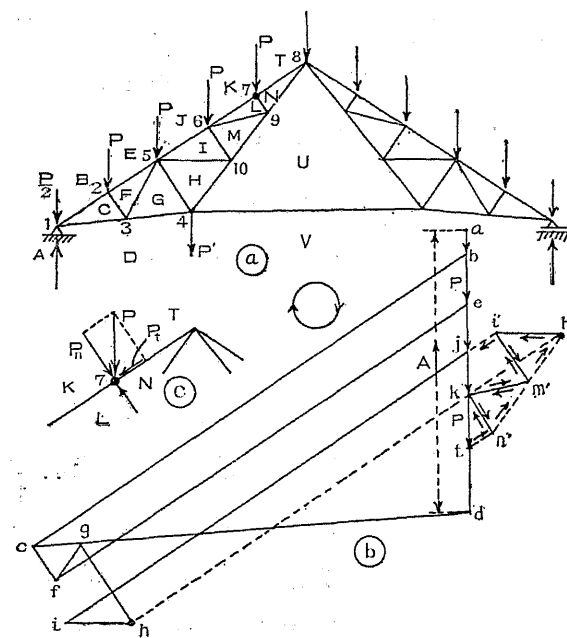


Fig. 447.

(d) 接合點 1, 2 及 3 ヲ解イタ後 4 及 5 ハ共ニ解ケナイカラ中止シテ接合點 7 ニ移ル, 此點ニ相當シタ力邊形ハ Fig. 447 (b) ノ垂直示力線ノ右側ニ記入シタ如ク接合點 7 ニ對シ ktn' トナル, 此三角形ニ於テ n/k ハ部材 NL ノ應力デアリ tn' ハ部材 KL ト NT トノ應力ノ差デアル, 而シテ茲ニ働ク外力 P ヲ上弦材ニ垂直及平行ニ分解シ

テ見レバ Fig. 447 ©ニ示ス P_n ガ NL 部材ノ應力ト等シクシテ平衡ヲ保チ P_i ガ LK 部材ニ傳ヘラレテ LK 部材ト TN 部材トノ應力ノ差ニ等シイモノトナルノデアアル,斯クテ NL 部材ノ應力ガ既知トナツタ譯デアアルカラ接合點 9 へ移ツテ考ヘルト茲ニハ LN = kn' トシテ既ニ圖上ニ表ハレテ居ルガ故ニ未知部材ハ二ツノミト考ヘラレシカ三角形 $kn'm'$ ヲ得ル,茲ニ $m'k$ ハ ML 部材ノ應力デアリ $n'm'$ ハ NU 及 UM 部材ノ應力ノ差ニ外ナラヌ,更ニ接合點 6ニ移リ茲デハ今見出シタ應力 LM ト垂直外力 JK トガ既知デ未知應力ハ二個ノミトナリ作圖ニヨツテ之ヲ求ムル事ヲ得ル,即チ接合點 6ニ對スル力邊形 $jkml'i'j$ ニ於テ $m'i'$ ハ MI 部材ノ應力トナリ $i'j$ ハ IJ 及 KL 兩部材ノ應力ノ差トナル,次ニ接合點 10ニ移リ同様ニシテ圖示ノ如ク $i'm'h'$ ナル力邊形ヲ得ル,茲ニ $h'i'$ ハ HI 部材ノ應力ニ外ナラナイ,斯クテ IH 部材ノ應力ガ既知トナレバ接合

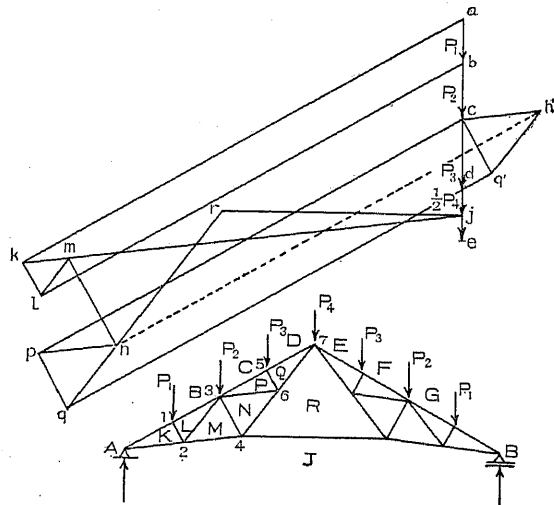


Fig. 448.

點 5ニ於テハ未知部材ハ JI 及 HG ノミトナルカラ此點ニ對スル眞ノ力邊形ハ容易ニ作圖シ得ベク $ejihgfe$ ヲ得ル,斯クテ接合點 5ノ各部材應力ヲ求メタル後再ビ後戻リシテ接合點 4ヨリ順次ニ 10, 6, 9, 7ニ作圖ヲ進ムレバ容易ニ全部ヲ解キ得ルノデアアル。

此解法ハ 4ヨリ 8迄ノ接合點ガ一直線上ニアル事ヲ利用シ其部材應力ノ差ヲ適用シテ解法ヲ行ツタノデアアル,從ツテ Fig. 444ニ示ス様ナ結構ニ對シテハ此解法ヲ用フル事ハ出來ナイ。

Fig. 448 ハ一層簡單ナ形ノ「ボロンソー」屋背デアツテ上述ノ解法ヲ適用シタ例デアアル。

[III] 頂構 (Head truss) ヲ有スルボロンソー結構

Fig. 449ニ示ス結構モ亦 [II]

(d)ニ説明シタ解法ニ據ルガ便デアアル,即チ同圖ニ於テ接合點 1, 2, 3ヲ解イタ後ハ接合點 4ニ行クモ 5ニ行クモ未知數三個ニ遭遇シテ行詰マル,此場合上述ノ如ク接合點 9ニ移レバ茲ニハ二ツノ未知部材ヲ有スルノミデアアルカラ其應力ガ求メラレ斯クテ接合點 8, 6, 7ノ如ク進ンデ行ク,其各接合點ニ

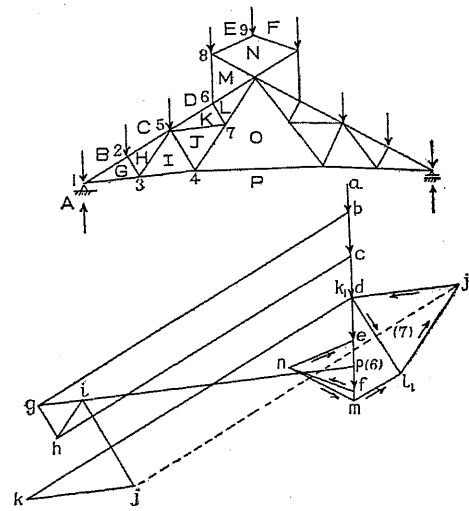


Fig. 449.

於ケル力邊形ハ

接合點 9ニ於テ $efne$

接合點 8ニ於テ $denmd$

接合點 6ニ於テ $dml_1(k_1) d(ml_1)$ ハ ML 部材ト KD 部材トノ應力差)

接合點 7ニ於テ $k_1l_1j_1(k_1) (l_1j_1)$ ハ LO 部材ト OJ 部材トノ應力差)

斯クテ接合點 5ニ於テハ KJ 部材ノ應力ガ既知トナルガ故ニ未知部材ハ DK 及 JI ノ二ツノミトナリ從ツテ力邊形ハ容易ニ閉合

セシメ得ベク $ihcdkji$ ラ得ル、爾後順次接合點 4, 7, 6, 8 = 就イテ解法ヲ行ヘバヨイ。

[IV] 單斜屋背 (Lean-to Roof)

單斜屋背ハ其構造上之ヲ二種ニ分チ得ル、一ツハ主要建物ニ一端ガ取付ケラレ他端ガ自由ナル場合、他ハ一端ガ主要建物ニ取付ケラレタ外ニ其徑間ガ長イ爲メ他端ガ柱ニ支ヘラレテ居ル場合デアツテ Fig. 450 及 451 ハ其一端 A 及 C ニテ建物ニ取付ケラレタモノ Fig. 452 及 453 ハ其他端 B ニ於テ抗壓材又ハ抗張材 BD ヲ以テ建物ニ取付クルモノ Fig. 454 ハ B ニ別ノ支點(柱)ヲ有スルモノデアル。

何レノ構造ニ於テモ其解法ハコレ迄ニ説明シタモノト同様ニ先ヅ支點反力ヲ求メテ其支點端カラ作圖ヲ始メテモヨク又柱支點或ハ抗壓抗張材ヲ有シナイ場合ナラバ自由端カラ始メテモヨロシイ。

Fig. 450 ハ C 支點ガ上弦材 (Upper chord) ノ方向ニ壁體內ニ取付

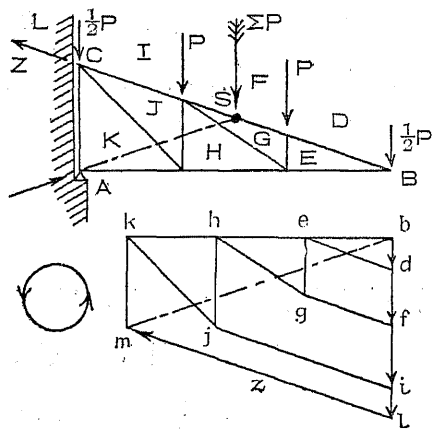


Fig. 450.

ケラレタノデアツテ自由端 B カラ直チニ應力圖ヲ作り得ラレル、又若シ反力ヲ求メントナラバ荷重ノ合成力 ΣP ト C 支點ノ反力 Z トノ交點 s へ他ノ支點 A ヲ結び其反力ノ方向ヲ決定シ得ルノデアル、斯クテ bl ノ示力線ヲ此ニツノ方向ヘ分解スレバ lm ガ C 點ノ反力 Z ヲ

示シ mb ガ A 點ノ反力ヲ示スノデアル。

Fig. 451 ハ C 支點ガ水平ニ壁體內ニ取付ケラレタモノデアツ

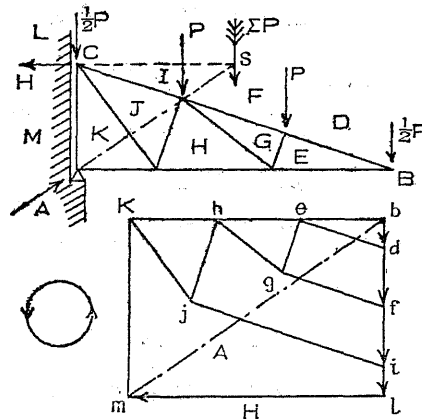


Fig. 451.

テ此場合ニモ同様ニ自由端 B カラ始メテ解法ヲ行ヒ得ル、若シ支點反力ヲ先ヅ求メントナラバ荷重ノ合成力ト C 點ノ水平反力 H トノ交點 s ヲ求メ A 點ノ反力ガ此 s ニ向フモノトシテ荷重 bl ヲ $lm=H$ ト $mb=A$ トニ分解シコレヲ用ヒテ支點 A カラ解法ヲ始メテモヨロシイ。

Fig. 452 ハ右端 B ガ抗壓材 BD ニテ支ヘラル、場合デアツテ

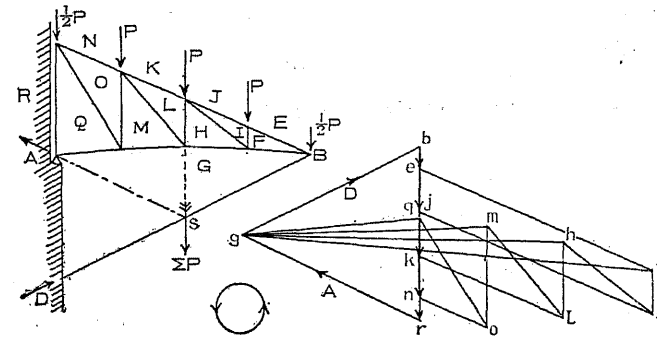
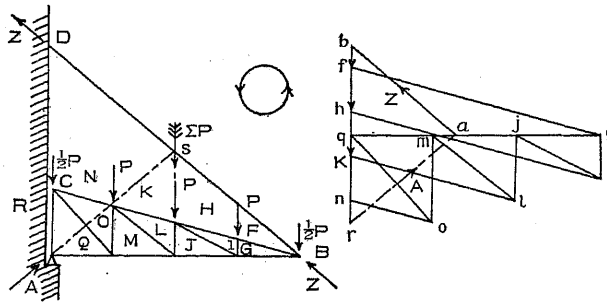


Fig. 452.

此場合ニハ是非最初ニ反力ヲ求メナケレバナラヌ、即チ荷重合成力 ΣP ト應力方向ノ既知ナル抗壓材 BD トノ交點 s ヲ支點 A ニ結び此線ト抗壓材

BD ノ方向トヘ荷重 ΣP ヲ分解スレバヨロシイ、斯クテ A 及 D ノ反力ヲ知ツタ後 A 又ハ B カラ解法ヲ始メルノデアル。

Fig. 453 ハ B ヲ抗張材 BD デ釣ル場合デアツテ先ヅ反力ヲ求メル爲メニ B ニ於ケル反力即チ BD ノ應力ハ其方向既知デアル



453.Fig.

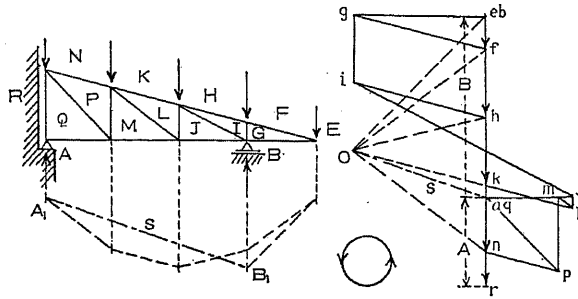


Fig. 454.

故ニ荷重 ΣP トノ交
 點 s ヲ求メ之ヲ A 支
 點ニ結ンデ A ノ方向
 ガ判リ、コレニ平行ニ
 力邊形ヲ作圖シテ其
 反力ノ量ガ判リ、コレ
 ヲ用ヒテ解法ヲ進メ
 得ル。

Fig. 454 ハ普通結構
 ヲ A 及 B ニテ支ヘタ
 ル場合デアツテ示力
 線 er ヲ採リ極 O ヲ假
 定シテ平衡多邊形ヲ
 作圖シ其兩端邊ガ A

及 B カラノ垂直線トノ交點 A_1 及 B_1 ヲ求メコレヲ結ブ閉合線 s ニ
 平行ニ極 O カラ、 Oa ヲ引キ A 及 B 支點ノ反力 ra 及 ab ヲ決定シ斯
 クテ普通ノ解法デ全部ガ解ケルノデアル。

例題第三十七 Fig. 455 = 示ス徑間 30 ft. 高 12 ft. ノ屋背構ガ圖示ノ如キ非對稱
 的荷重ヲ受ク各構材ノ應力ヲ圖式的ニ求ム。

(答) Fig. 455 = 示ス應力圖ニ於テ先ヅ與ヘラレタ荷重ヲ示力線ニ排列シ任意
 ノ極 O ヲ假定シテ極射線及平衡多邊形ヲ作圖シ反力 R_1 及 R_2 ヲ得コレヨリ順
 次應力圖ヲ作ツテ行クノデアル。最後ニ求メタル應力ヲ表示シテ Fig. 455 ヲ
 完結スル。 RQ, QP ノ二荷重ハ對稱ナル故最初ノ示力線ニハ之ヲ省略シテ其
 他ノ荷重ヲ q 點ニ分割シテ反力 $R_1 = qa + p_1 = pa$, $R_2 = oq + qr = or$ ヲ得、但シ $pq = qr$
 = 2.0 tons.

例題第三十八 Fig. 456 = 示ス徑間 30 ft. ノ屋背構ノ各部材ノ應力ヲ求ム。

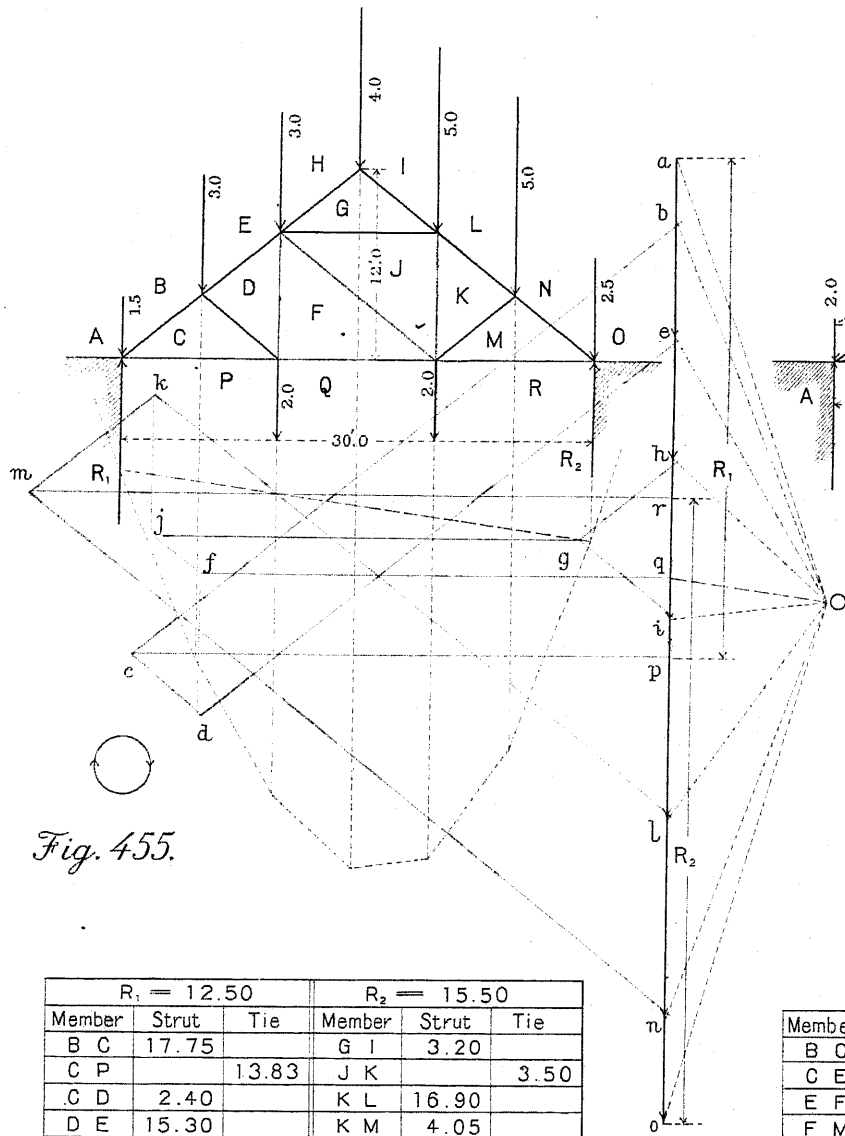


Fig. 455.

| $R_1 = 12.50$ | | | $R_2 = 15.50$ | | |
|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| Member | Strut | Tie | Member | Strut | Tie |
| B C | 17.75 | | G I | 3.20 | |
| C P | | 13.83 | J K | | 3.50 |
| C D | 2.40 | | K L | 16.90 | |
| D E | 15.30 | | K M | 4.05 | |
| D F | | 3.50 | M N | 20.90 | |
| F J | | 1.60 | M R | | 16.50 |
| J G | 10.80 | | F G | | 12.10 |
| G H | 3.20 | | | | |

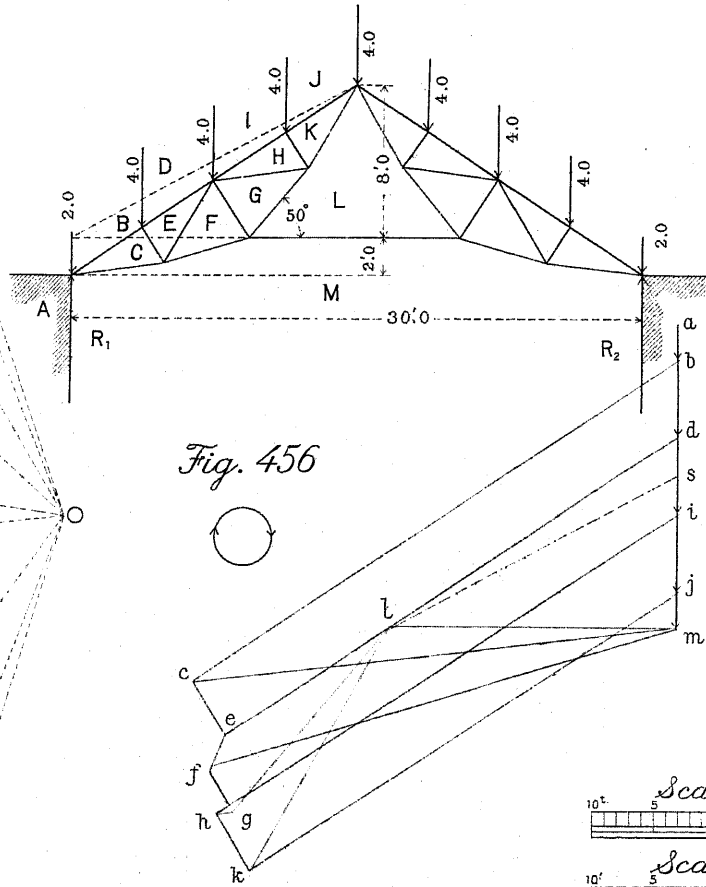
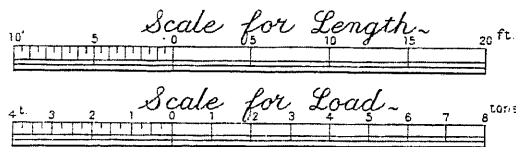


Fig. 456

| Member | Strut | Tie | Member | Strut | Tie |
|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| B C | 30.20 | | L M | | 15.00 |
| C E | 3.25 | | G H | | 0.95 |
| E F | 2.05 | | H I | 28.80 | |
| F M | | 25.65 | H K | 3.50 | |
| E D | 28.20 | | K L | | 14.70 |
| F G | 2.70 | | K J | 26.50 | |
| G L | | 12.60 | C M | | 25.50 |
| $R_1 = 16.00$ | | | $R_2 = 16.00$ | | |

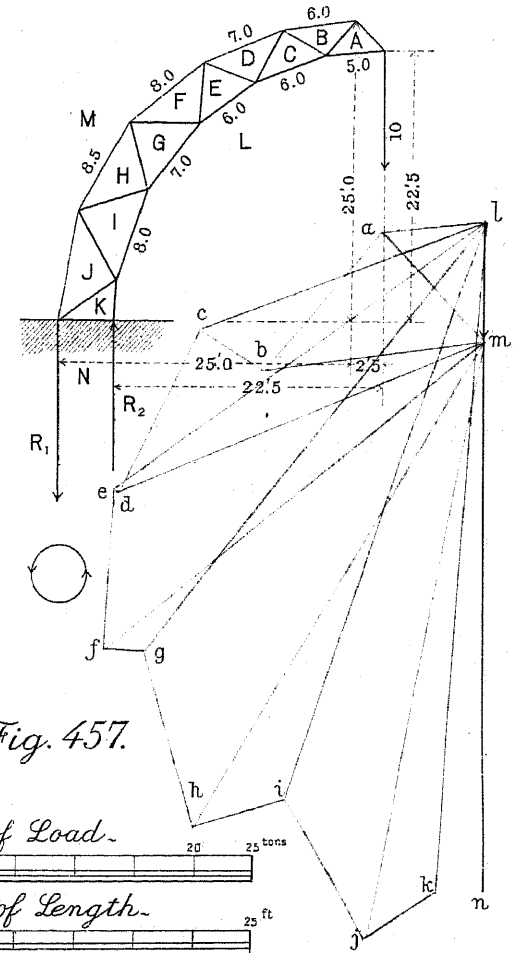
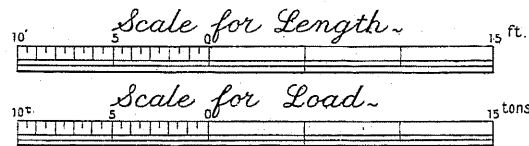
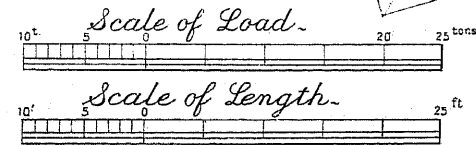


Fig. 457.

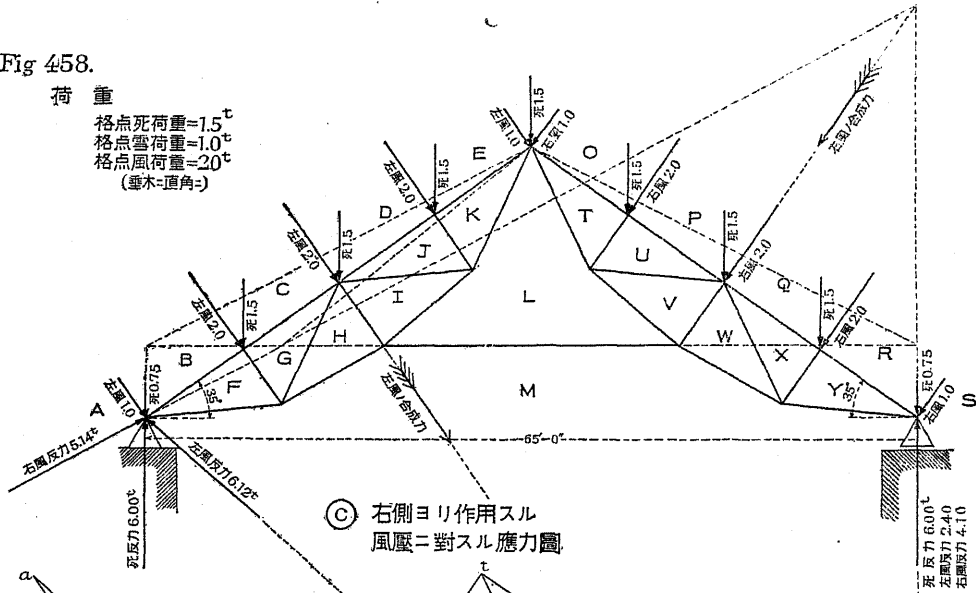


| Member | Strut | Tie | Member | Strut | Tie |
|---------------|-------|-------|---------------|-------|-------|
| A M | | 12.65 | F G | 3.50 | |
| A L | 8.88 | | G L | 45.40 | |
| A B | 15.00 | | G H | 15.35 | |
| B M | | 18.70 | H M | | 47.00 |
| B C | | 6.20 | H I | 8.00 | |
| C L | 25.30 | | I L | 51.00 | |
| C D | 15.05 | | I J | 13.60 | |
| D M | | 33.00 | J M | | 50.70 |
| D E | | 0.45 | J K | 7.02 | |
| E L | 38.05 | | K L | 55.65 | |
| E F | 13.63 | | K N | 3.70 | |
| F M | | 41.00 | | | |
| $R_1 = 45.70$ | | | $R_2 = 55.70$ | | |

Fig 458.

荷重

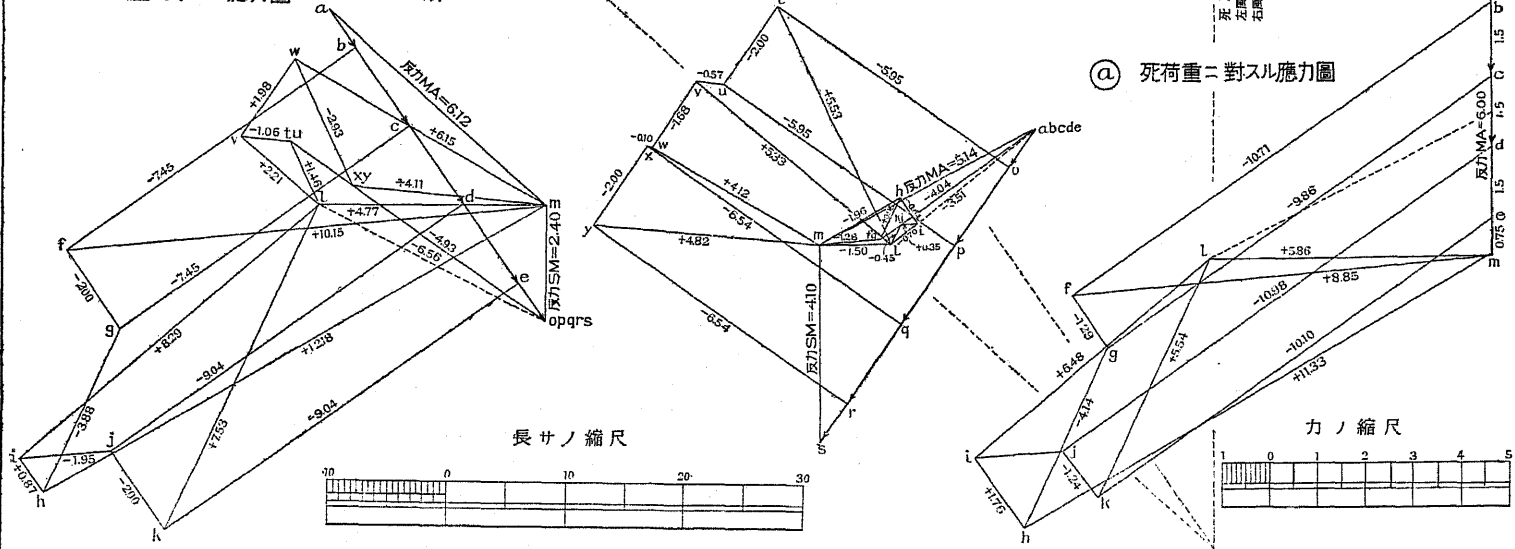
格点死荷重=1.5t
 格点雪荷重=1.0t
 格点風荷重=20t
 (垂木=直角=)



(b) 左側ヨリ作用スル風壓ニ對スル應力圖

(c) 右側ヨリ作用スル風壓ニ對スル應力圖

(a) 死荷重ニ對スル應力圖



(答) 「ボロンソー」屋背構ナルヲ以テ

$$\begin{aligned} LM &= \frac{1}{h} (R_1, 4\lambda - 2, 0.4\lambda - 4, 0.3\lambda - 4, 0.2\lambda - 4, 0, \lambda) \\ &= \frac{1}{h} \cdot (16, 0.4\lambda - 32\lambda) = \frac{1}{h} \cdot 8, 0.4\lambda \end{aligned}$$

示力線上 = $ms = 8.0t$ ヲ採リ LM 材ノ延長線ト反力 R_1 トノ交點ヲ屋頂點ニ結ビコレニ平行ニ sl ヲ引イテ l 點ヲ決定ス、斯クテ $LM = ml$ ヲ得バ殘餘ノ作圖ハ容易ニ了解セラレ得ト信ズ。

例題第三十九 Fig. 457ニ示ス二個ノ圓弧ヨリ成ル起重機アリ、詳細ナル寸法ヲ與ヘテ荷重 $10t$ ヲ懸垂シタルトキノ應力ヲ求ム。

(答) 圖式解法ハ桁木式單斜屋背同様極メテ簡單ニ行ヒ得ル。

例題第四十 徑間 $65ft$ 屋背勾配 35° ナル「ボロンソー」屋背構ガ次ノ荷重ヲ受ケタルトキノ最大及最小應力ヲ求ム、但シ支點ハ一端鉸他端可動トス。

荷重: 格點死荷重 = $1.5t$
 格點雪荷重 = $1.0t$
 格點風荷重(垂木ニ直角ニ) = $2.0t$

(答) Fig. 458 參照

本題ニ對スル圖式解答ニハ次ニ列擧スル三個ノ應力圖ガ必要ナル、即チ

(a) 死荷重ニ對スル應力圖(雪荷重ハ全徑間ニ等布スルモノト假定シテ居ルガ故ニ死荷重ニ對スル應力圖ヨリ求メタ應力ニ荷重比 $\frac{1.0}{1.5}$ ヲ乘ズレバ雪荷重ニ對スル應力ガ求メラレル、從ツテ雪荷重ニ對スル應力圖ヲ別ニ作ルニ及バヌ)

(b) 左側即チ固定端側ヨリ作用スル風壓ニ對スル應力圖

(c) 右側即チ可動端側ヨリ作用スル風壓ニ對スル應力圖

此三ツノ應力圖及ビ求メタル應力ノ大サハ Fig. 458ニ明示シタ通りデアツテ此死荷重、雪荷重、左側風壓、右側風壓ノ四種荷重ニ因ル應力ヲ表示シ其同時ニ起リ得ル應力ヲ適宜取捨シテ最大及最小應力ヲ計算スルトキハ次表ヲ得ル。表中正ハ張力、負ハ壓力ナルコト勿論デアツテ單位ハ ton デアル。

| 部 材 | BF | CG | DJ | EK | MF | FG | GH | MH | HI |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 死 荷 重 | -10.71 | - 9.86 | -10.98 | -10.10 | + 8.85 | - 1.29 | - 4.14 | +11.33 | + 1.76 |
| 雪 荷 重 | - 7.14 | - 6.57 | - 7.32 | - 6.73 | + 5.90 | - 0.86 | - 2.76 | + 7.56 | + 1.17 |
| 左側風壓 | - 7.45 | - 7.45 | - 9.04 | - 9.04 | +10.15 | - 2.00 | - 3.88 | +12.18 | + 0.87 |
| 右側風壓 | - 4.04 | - 4.04 | - 3.51 | - 3.51 | - 1.28 | 0 | + 0.95 | - 1.96 | - 0.64 |
| 最大應力 | -25.30 | -25.88 | -27.34 | -25.87 | +24.90 | - 4.15 | -10.78 | +31.07 | + 3.80 |
| 最小應力 | -10.71 | - 9.86 | -10.98 | -10.10 | + 7.57 | - 1.29 | - 3.19 | + 9.37 | + 1.12 |

| 部 材 | LI | IJ | JK | KL | LM | LT | TU | UV | LV |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 死 荷 重 | + 6.48 | - 1.88 | - 1.24 | + 5.54 | + 5.86 | + 5.54 | - 1.24 | - 1.88 | + 6.48 |
| 雪 荷 重 | + 4.32 | - 1.25 | - 0.83 | + 3.70 | + 3.91 | + 3.70 | - 0.84 | - 1.25 | + 4.32 |
| 左側風壓 | + 8.29 | - 1.95 | - 2.00 | + 7.53 | + 4.77 | + 1.46 | 0 | - 1.06 | + 2.21 |
| 右側風壓 | - 0.70 | + 0.35 | 0 | - 0.45 | - 1.50 | + 5.53 | - 2.00 | - 0.57 | + 5.33 |
| 最大應力 | +19.09 | - 5.08 | - 4.07 | +16.77 | +14.54 | +14.77 | - 4.07 | - 4.19 | +16.13 |
| 最小應力 | + 5.78 | - 1.53 | - 1.24 | + 5.09 | + 4.36 | + 5.54 | - 1.24 | - 1.88 | + 6.48 |

| 部 材 | VW | MW | WX | XY | YM | OT | PU | QX | RY |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 死 荷 重 | + 1.76 | +11.33 | - 4.14 | - 1.29 | + 8.85 | -10.10 | -10.98 | - 9.86 | -10.71 |
| 雪 荷 重 | + 1.17 | + 7.56 | - 2.76 | - 0.86 | + 5.90 | - 6.73 | - 7.32 | - 6.57 | - 7.14 |
| 左側荷重 | + 1.98 | + 6.15 | - 2.93 | 0 | + 4.11 | - 6.56 | - 6.56 | - 4.93 | - 4.93 |
| 右側荷重 | - 1.68 | + 4.12 | - 0.10 | - 2.00 | + 4.82 | - 5.95 | - 5.95 | - 6.54 | - 6.54 |
| 最大應力 | + 4.91 | +25.04 | - 9.83 | - 4.15 | +19.57 | -23.39 | -24.86 | -23.97 | -24.39 |
| 最小應力 | + 0.08 | +11.33 | - 4.14 | - 1.29 | + 8.85 | -10.10 | -10.98 | - 9.86 | -10.71 |

第七節 橋 構 (Bridge Trusses)

(I) 概 説

橋梁ヲ架設スルニ當ツテ例ヘバ鐵道橋(Railway Bridge)デアツテ其徑間が大ナラズ約20m以下デアレバ工字鋼桁(I Beam)又ハ鋼鈹桁(Plate girder)ヲ用ヒテ經濟的ニ架設サレ得ルノデアアルガ徑間ガ夫レ以上ニナレバ經濟的ニモ亦施工上ニモ結構ヲ用ヒネバナラナクナル。鐵道橋ノミナラズ公道橋(Highway bridge)水路橋(Aqueduct)等ニ於テモ同様デアアル。單純橋構ヲ其形ニ依ツテ類別セバ

(a) 平行弦橋構(Bridge trusses with parallel chords)

(b) 傾斜弦橋構(Bridge trusses with inclined chords)

ノニツトナリ其數例ヲ Fig. 459 及 460 ニ示ス。其何レノ場合ニ於テモ道床(Floor)即チ荷重ノ加ヘラル、弦材ノ位置ニ應ジテ下路橋(Through bridge)及上路橋(Deck bridge)ノ區別ヲ生ズル。

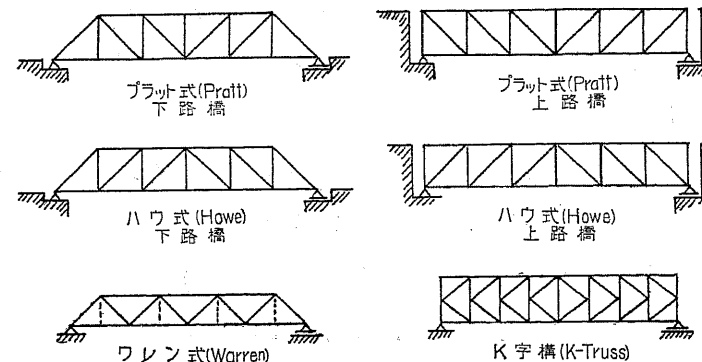


Fig. 459.

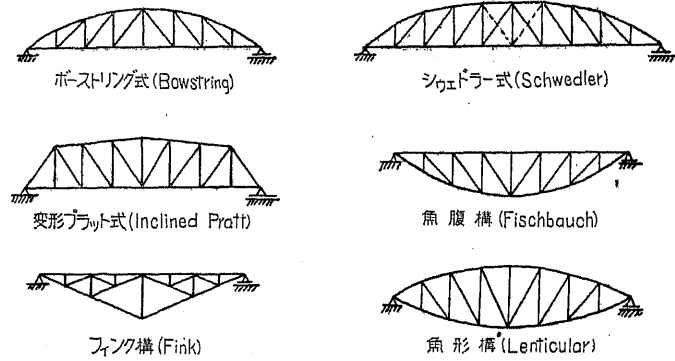


Fig. 460.

(II) 橋梁荷重

橋梁ニ作用スル荷重トシテ考ヘナケレバナラヌモノハ次ノ數種デアル。更ニ其詳細ナル數値トシテ本邦ニ採用サル、モノニ就キテハ附録第一及第二内務省及鐵道省橋梁設計規定ヲ參照セラレタイ。

(a) 死荷重 結構主要部材道床構造道床ヲ支フル縦横桁并ビニ風壓ニ耐エシムル耐風補材 (Wind bracing) 等ノ重量ヲ云フ。死荷重ハ部材寸法其他ガ豫メ推定サレ得ナケレバ之ヲ計算スル事ハ出來ナイモノデアルガ一般ニハ經驗ヲ基礎トシ實際ニ存在スル實例ヲ參考シテ大體ノ推算ヲ爲スノデアツテ次ニ與ヘル公式モ此推算ニ對スル一助トナルデアラウ。

公道橋 (Waddell 及 Hedrick 兩氏提唱)

$$w = 34 + 22b + 0.16bl + 0.7l \dots \dots \dots (328)$$

式中 w = 橋梁長 1 ft. = 付重量 (lbs.)

b = 橋幅 (歩道ヲ含ム) (ft.)

l = 徑間 (ft.)

鐵道橋 (Cooper E 40 = 對シ米國協會仕様ニ從フ)

$$\text{標準軌隔單線 } w = 620 + 7.9l \dots \dots \dots (329)$$

同 上 複線 單線ノ場合ノ 80~90% 増

更ニ軌條枕木等ニ對シテ 400~600 lbs/ft ヲ見込ム事ヲ要ス、我國ニ於ケル狹軌ニ對シテ軌條枕木重量ハ 400 lbs/ft (600 kg/m) ト見込マレル。

(b) 活荷重 公道橋ニ於ケル活荷重トシテハ一般ニ電車、輾壓機 (Road roller) 及ビ群集ヲ採用シ鐵道橋ニ於テハ標準機關車荷重ヲ採用シテ居ルノデアツテ其橋梁ノ重要度ニ應ジテ適當ニ假定セラレル。

(1) 群集荷重 群衆ノ重量ハ其稠密度ニ應ジテ種々ニ採ラレルガ其徑間ノ大ナルトキニハ全徑間ガ最大荷重ニ滿タサル、事ハ稀デアルノデ徑間ノ大トナルニ應ジテ群集荷重ノ數値ヲ減少セシメルノガ普通デアル。次ノ値ハ徑間ヲ異ニスルトキ荷重程度ヲ如何ニ採用スベキカヲ示ス一例デアル。

| | 街路橋 | 公道橋 |
|---------------------------|--|--|
| 徑間 50' (15 m) 以下 | 100 lbs/ft ² (490 kg/m ²) | 90 lbs/ft ² (440 kgs/m ²) |
| 50' (15 m) - 125' (40 m) | 90 " (440 ") | 80 " (390 ") |
| 125' (40 m) - 200' (60 m) | 80 " (390 ") | 70 " (340 ") |
| 200' (60 m) 以上 | 70 " (340 ") | 60 " (290 ") |

獨乙ニ於テ一般ニ指定サル、群衆荷重ハ平方米ニ 6—7 人ニ相當シテ 400—500 kgs/m² ト採ラレルガ群衆ガ停滯スルト想像サル、所ニテハ 550 kgs/m² ト見込マレル。

我國ニ於テ内務省規定ニ與ヘラレタル群衆荷重ハ次式ニ依リ算出スベシトセラレル。

| | 一等橋 | 二三等橋 |
|----|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 車道 | $p = \frac{120\,000}{170+l} \leq 600$ | $p = \frac{100\,000}{170+l} \leq 500$ |
| 歩道 | $p = \frac{100\,000}{170+l} \leq 500$ | $p = \frac{80\,000}{170+l} \leq 400$ |

.....(330)

式中 p =群衆荷重(kg/m²) l =徑間(m)

(2) 電車、貨物自動車、輾壓機及砲車荷重 是等ハ其橋梁ノ位置、重要度其他ニ應ジテ種々ニ假定サレル。何レモ現存スル荷重ニ規準シテ將來ノ變化ヲ想像シ夫レヨリヤ、大ナル荷重ヲ採用スルガ普通デアアル。

(3) 機關車荷重 機關車荷重ニ就イテハ既ニ第六章第十三節ニ於テ詳述シタル如ク荷重ノ大サ及ビ間隔ヲ不變トスル標準荷重ヲ假定シ其聯行荷重(Travelling load)ノ通過スル場合ニ生ズベキ最大應力ヲ求メルノデアアル。

聯行荷重ヲ採用スル時ハ其計算ノ手段ガ煩雜トナルガ故ニ之ニ代フルニ之ト同一ノ彎曲力率ヲ生ズベキ等値等布荷重(Equivalent uniform load)ヲ採用スル事ガアル。茲ニ其計算方法ヲ説明センニ聯行荷重ガ桁ノ上ヲ通過スルトキニ其桁上ノ各點ニ生ズル最大彎曲力率ノ値ヲ表シタモノハ即チ最大彎曲力率圖デアツテ既ニ第六章第十五節ニ説明シタル如ク其形ハ大約拋物線ニ似タ曲線トナリ之レヲ真ノ拋物線ト比較スレバ Fig. 461ニ示ス如ク最大彎曲力率圖ノ方ガ拋物線ヨリモ中央ニ於テ稍平ラトナリ兩端ニテ急ナル曲線ヲ爲スノデアアル。而シテコレト平均縱距ガ等シクナル様ナ拋物線ヲ假定スレバ其拋物線ト最大彎曲力率圖トハ大約徑間四分ノ一ノ點ニテ相交スルヲ見ル。故ニ實際聯行

荷重ヲ採ツテ計算シタ最大彎曲力率ト等シイ平均彎曲力率ヲ與ヘル如キ等布荷重ハ徑間四分點ニ於テ同一彎曲力率ヲ生ズルモノデアアル事ヲ知ル。

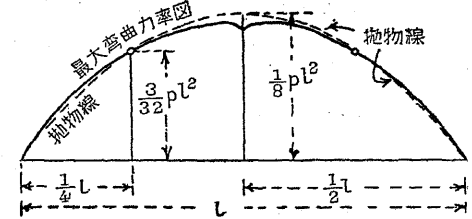


Fig. 461.

斯クノ如キ等値等布荷重ヲ求

メンニハ先ヅ與ヘラレタ聯行荷重ガ徑間四分點ニ生ズル最大彎曲力率ヲ求メコレヲ $M_{\frac{1}{4}}$ ニテ表ハストキハ求ムル等値等布荷重 p ガ徑間四分點ニ生ズル最大彎曲力率ハ $\frac{1}{2}pl \cdot \frac{l}{4} - \frac{1}{4}pl \cdot \frac{l}{8} = \frac{3}{32}pl^2$ デアアルガ故ニ次ノ關係式ヲ得ル。

$$\frac{3}{32}pl^2 = M_{\frac{1}{4}}$$

$$p = \frac{32}{3} \frac{M_{\frac{1}{4}}}{l^2} \dots\dots\dots(381)$$

コレ求メタル等値等布荷重デアツテ聯行荷重ヲ以テ最大彎曲力率ヲ計算スル代リニ此等布荷重 p ヲ以テ徑間各點ノ彎曲力率ヲ計算スレバヨイノデアアル。

[III] 應力圖ニ依ル應力算定法

近似的計算法トシテ一般ニ用ヒラル、解法ハ先ヅ死活兩荷重ヲ格間荷重ニ換算シテ「クレモナ」應力圖ヲ作り各部材ノ最大應力ヲ求メルノデアツテ活荷重ハコレヲ等布荷重(等値等布荷重ノ如キ)ニ換算シテ用ヒラレル。尙死荷重ハ其全部ガ道床ヲ有スル弦ノ分格點ニ働クト假定スル場合ト其 $\frac{2}{3}$ ヲ道床アル弦格點ニ $\frac{1}{3}$ ヲ道床ナキ弦格點ニ働クト假定スル場合トガアル。此二ツノ假定ノ差ハ垂直材アル橋構ニ於テハ單ニ垂直材應力ニ影響スルノミ

デアツテ其他ノ弦材及斜材ニハ影響ハ無イ。

(1) 弦材. 弦材ノ應力ハ此弦材ヲ一邊トスル三角形ニ於テコレニ相對スル分格點ニ於テ生ズル彎曲力率ヲ構高(或ハ此分格點カラ此弦材ニ至ル垂直距離)デ割ツテ求メラル、ガ故ニ弦材ニ最大應力ノ生ズル荷重位置ハ此橋構ヲ單桁ト看做シタルトキ此分格點ニ最大彎曲力率ヲ生ズル荷重位置ト一致スル。從ツテ全徑間最大負荷ノトキニ最大應力ヲ生ズル事ハ明カデアル。

(2) 腹材. 腹材ニ於テ最大應力ノ生ズル荷重位置ハ其腹材ノ位置ニヨツテ大差ヲ生ズルモノデアツテ其荷重ノ位置ヲ研究センニハ先ヅ格間活荷重ガ各格點ニ一ツ一ツ別々ニ働クモノトシテ各部材ノ應力ヲ解析的又ハ圖式的ニ計算シテ表ニ作ツテ置ケバコノ應力ノ正負大小ニ應ジテ最大應力ナルタメノ荷重位置ヲ求メル事ガ出來ル。斯ク應力ヲ算定スルニ當リ Fig. 462 ㉑ニ示ス格點 1ニ荷重アルトキニ夫レヨリ右方ノ腹材ニ生ズル應力ハ同圖 ㉒ニ示ス格點 2ニ荷重アルトキニ夫レヨリ右方ノ腹材ニ生ズル應力ニ比シ丁度 $\frac{1}{2}$ トナル事ヲ知ル。故ニ格點 1ニ對スル應

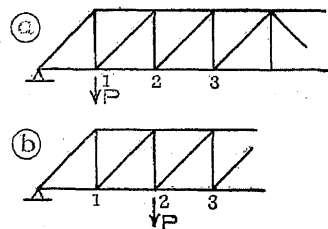


Fig. 462.

力圖一個サヘ作圖シテ置ケバ其縮尺ヲ異ナルモノト假定スル事ニヨツテ此作圖ヲ其儘他ノ任意格點ニ作用スル場合ニ換算スル事ガ出來ルノデア

ル。斯クテ先ヅ全徑間荷重サレタ場合ノ應力圖カラ弦材最大應力ガ求メラレ次ニ格點 1ニノミーツノ格間荷重ガ作用スルモノトシテノ應力カラ他ノ格點ニ作用シタ

場合ニ相當スル腹材應力ヲ求メ、コレヲ表記シテ腹材最大應力及ビ荷重配置ヲ決定スル事ガ出來ル。

例題第四十一 Fig. 463ニ示ス「ワレン型公道橋構アリ。其一格間ニ對シ作用スル死荷重ヲ一結構ニツキ 13.0t, 同ジク活荷重ヲ 3.0tトシテ各部材ニ生ズル最大應力ヲ求ム。

答。本題ヲ「クレモナ」應力圖ニヨツテ解カンニ其弦材最大應力ハ全徑間最大荷重ヲ受ケタルトキニ又腹材最大應力ハ死荷重ガ全徑間ニ活荷重ガ其一部ニ作用シタルトキニ生ズル事ヲ知ル。其解法ヲ行フ順序次ノ如シ(Fig. 463 參照)。

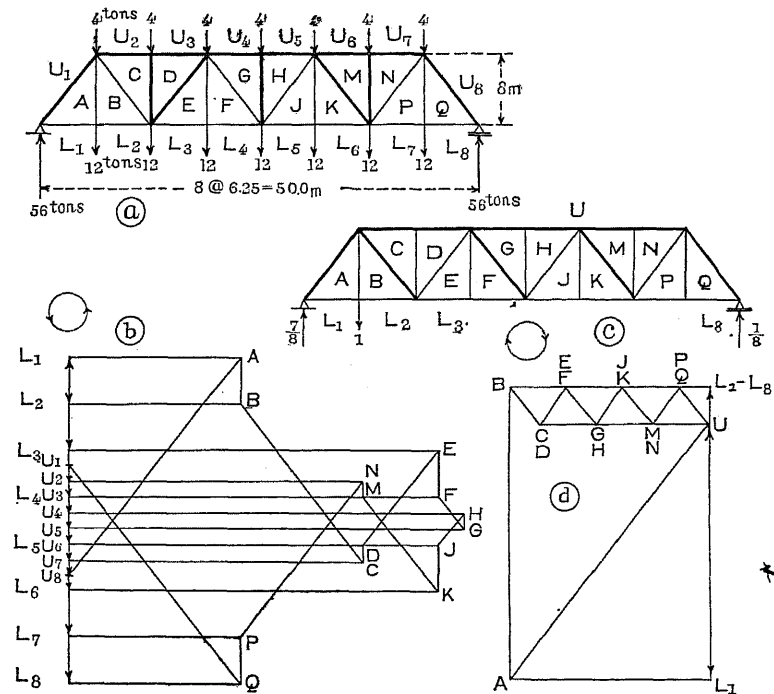


Fig. 463.

(1) 弦材應力. 總荷重ノ作用スル場合ヲ假定スルノデアツテ㉑圖ニ示ス如ク死荷重 13.0tノ内上弦格點ニ働クモノ 4.0t, 下弦格點ニ働クモノ 9.0t, 活荷重(下弦ニ働ク) 3.0tヲ合シテ合計上弦格點ニ 4.0t, 下弦格點ニ 9.0+3.0=12.0tガ作用スル場合ニ對スル「クレモナ」應力圖ヲ㉒ニ示ス。コレハ弦材最大應力ヲ與ヘルモ

ノデアツテ其結果ヲ示セバ次ノ通りトナル。

| 上 弦 材 | | | 下 弦 材 | | | | 端 斜 材 |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| U ₂ C | U ₃ D | U ₄ G | L ₁ A | L ₂ B | L ₃ E | L ₄ F | U ₁ A |
| -75.00 | -75.00 | -100.00 | +43.75 | +43.75 | +93.75 | +93.75 | -71.10 |

(2) 斜材應力。㊦圖ノ荷重即チ左端支點ヨリ第一ノ格點=荷重1(L₁L₂=1)ノ作用シタルトキノ「クレモナ」應力圖ハ㊦圖ニ示ス如クナリ其圖上斜材應力ヲ求メタル結果ハ之ヲ表示シテ次表ノ欄(1)ヲ得ル。欄(2), (3)……ハ荷重ガ格點2, 3…ニ作用シタルトキニ各斜材ニ生ズル應力デアツテ是等ハ欄(1)ニ與ヘラレタ數値カラ次ノ如ク誘導計算スルコトガ出來ル。今此計算ノ方法ヲ示ス例トシテ欄(2)即チ荷重1ガ第二格點ニ作用シタルトキノ腹材應力ヲ求メル場合ヲ説明セン=荷重ガ此格點ニ作用シタルトキニ左支點ニ生スル反力(U₁L₁)ハ荷重1ガ第一格點ニ作用シタルトキノ反力ノ $\frac{6}{7}$ 倍デアリ右支點ニ生ズル反力(U₃L₃)ハ丁度2倍トナル理デアアル。此6, 7, 2等ノ數字ハ荷重格點ガ支點カラ隔ツテ居ル格間數デアアル事ニヨツテ上述ノ理ハ自ラ明カデアアラウ。扱支點反力ガ $\frac{6}{7}$ 倍及2倍トナレバ生ズル剪力モ $\frac{6}{7}$ 倍及2倍トナリ、從ツテ腹材應力モ $\frac{6}{7}$ 倍及2倍トナル。換言スレバ欄(1)ニ記入シテアル數字ノ内荷重格點ヨリ左ニアル數字ヲ $\frac{6}{7}$ 倍シ右ニアル數字ヲ2倍シテ記入シタモノガ即チ欄(2)デアアル。全ク同様ノ理ニヨツテ欄(3)ハ欄(1)ノ $\frac{5}{7}$ 倍及3倍デアリ欄(4)ハ欄(1)ノ $\frac{4}{7}$ 倍及4倍デアアル。欄(5), (6), (7)即チ荷重1ガ右半徑間格點ニ作用シタルトキニ生ズル應力ハ欄(1)(2)(3)ニ於テ右半徑間ニ對シ求メタル數値ヲ其儘轉載シテ得ラレル。以上求メタ結果ヲ合計シテ得タル欄(8)ハ全徑間格點ニ1ノ働イタ場合ニ生ズル應力デアアリ欄(9)ハ正ノミノ場合欄(10)ハ負ノミノ場合ヲ合計シタ應力デアアル。

格間死荷重13.0t, 格間活荷重3.0tデアアル故ニ欄(8)ノ數値ニ13.0ヲ乗ジタモノガ死荷重應力トナリ欄(9)及欄(10)ノ數値ニ3.0ヲ乗ジタモノガ活荷重正負應力トナル、コレヲ欄(11), (12)及(13)ニ示ス、從ツテ欄(11)ト欄(12)トノ和ニヨツテ最大應力、欄(11)ト欄(13)トノ和ニヨツテ最小應力ガ求メ得ラレル事ハ明カデアアル。

| 荷 重 | 斜 材 | | | | | | | |
|--|------------------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-----------------|
| | U ₁ A | BC | DE | FG | HJ | KM | NP | QU ₃ |
| (1) L ₁ L ₂ =1 ノ場合 | -1.110 | -0.159 | 0.159 | -0.159 | 0.159 | -0.159 | 0.159 | -0.159 |
| (2) L ₂ L ₃ =1 ノ場合 | -0.952 | 0.952 | 0.317 | -0.317 | 0.317 | -0.317 | 0.317 | -0.317 |
| (3) L ₃ L ₄ =1 ノ場合 | -0.793 | 0.793 | -0.793 | -0.476 | 0.476 | -0.476 | 0.476 | -0.476 |
| (4) L ₄ L ₅ =1 ノ場合 | -0.635 | 0.635 | -0.635 | 0.635 | 0.635 | -0.635 | 0.635 | -0.635 |
| (5) L ₅ L ₆ =1 ノ場合 | -0.476 | 0.476 | -0.476 | 0.476 | | | | |
| (6) L ₆ L ₇ =1 ノ場合 | -0.317 | 0.317 | -0.317 | 0.317 | | | | |
| (7) L ₇ L ₈ =1 ノ場合 | -0.159 | 0.159 | -0.159 | 0.159 | | | | |
| (8) (1)+(2)+……+(7) | -4.442 | +3.173 | -1.904 | +0.625 | | | | |
| (9) 正ノミノ和 | 0 | +3.332 | +0.476 | +1.587 | | | | |
| (10) 負ノミノ和 | -4.442 | -0.159 | -2.380 | -0.952 | | | | |
| (11) 死荷重應力 (8)×13.0 | -57.75 | -41.25 | -24.75 | +8.26 | | | | |
| (12) 正活荷重應力 (9)×3.0 | 0 | +10.00 | +1.43 | +4.76 | | | | |
| (13) 負活荷重應力 (10)×3.0 | -13.33 | -0.48 | -7.14 | -2.86 | | | | |
| (14) 最大正應力 (11)+(12) | — | — | — | +13.02 | | | | |
| (15) 最大負應力 (11)+(13) | -71.08 | -41.73 | -31.89 | — | | | | |

[注意] 端斜材 U₁A=-71.08ハ前掲弦材應力ノ表ニ附記シタル-71.10ト一致ス。

(3) 垂直材應力。計算ノ順序方法ハ全ク斜材ニ對スルモノト同ジデアアル。其異ナル點ハ「クレモナ」應力圖ニヨリ明カナ如ク本題ノ如キ「ワレン」橋樑ニ於テハ其應力ガ極メテ簡單ニ求メ得ラレル事デアツテ即チAB, EF, ……ノ如ク懸垂材ヲ構成スルモノハ直接ニ下弦格點ニ作用スル最大格間荷重ダケノ張力ヲ受ケCD, GH, ……ノ如キ抗壓材ハ直接ニ上弦格點ニ作用スル最大格間荷重ダケノ壓力ヲ受ケルノデアアル。即チ其結果ヲ表記スレバ次ノ如シ。

| 荷 重 | 垂 直 材 | | | | | | |
|----------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| | AB | CD | EF | GH | JK | MN | PQ |
| 下弦荷重 12t | +12.00 | | +12.00 | | +12.00 | | +12.00 |
| 上弦荷重 4t | | -4.00 | | -4.00 | | -4.00 | |

[IV] 平衡多邊形ニヨル解法

(A) 平行弦橋構

彎曲力率圖及剪力圖ヲ應用シテ部材應力ヲ計算スル方法デアツテ一般ニ廣ク採用セラル、所デアル。先ヅ平行弦橋構ニ就イテ説明シヤウ。

(1) 弦材. Fig. 464 第 m 格間ニ tt 断面ヲ假定シ m 格點ニ對シテ荷重ニヨリ生ズル彎曲力率ヲ M_m トスレバ tt 断面ニ於テ内應力及外荷重ニヨリ m 點ニ關シ生ズル力率ノ總和ノ平衡條件カラ

$$U_m h + M_m = 0$$

$$\therefore U_m = -\frac{M_m}{h}$$

同様ニ

$$L_m = +\frac{M_{m-1}}{h} = -U_{m-1}$$

.....(332)

圖式作圖ニヨツテ彎曲力率 M_m ヲ求ムル場合ナラバ極距 H ラシテ結構高 h ノ或倍數ナラシメ

$$H = mh \dots \dots \dots (333)$$

ナル如ク極距ヲ採ルモノトスレバ (332) 式ヨリ

$$U_m = -\frac{M_m}{h} = -\frac{mh y_m}{h}$$

$$= -m y_m \dots \dots \dots (334)$$

但シ此計算ハ Fig. 464 ニ示ス如キ右下リ斜材ヲ有スル格間ニ對スルモノデアツテ右上リノ斜材ヲ有スル格間

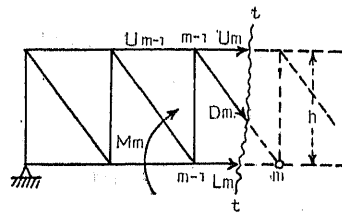


Fig. 464.

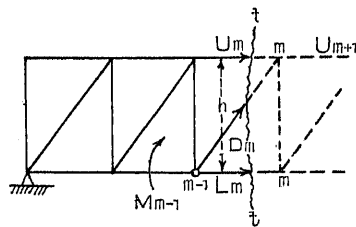


Fig. 465.

ニ對シテハ Fig. 465 ニ示ス如ク tt 断面ニ於テ $m-1$ 格點ニ關スル力率ノ平衡條件カラ

$$U_m = -\frac{M_{m-1}}{h} = -m y_{m-1}$$

$$L_m = +\frac{M_m}{h} = -U_{m+1} = +m y_m$$

.....(335)

上述シタル如ク弦材應力ハ其斜材ガ右下リナルト右上リナルトニヨツテ差ヲ生ズルモノデアアルガ此レヲ一括シテ次ノ如ク云フ事ガ出來ル。

平行弦橋構ノ或弦材ノ應力ハコレガ一邊ヲ爲シテ構成スル三角形ノ對頂點ニ對スル彎曲力率ヲ求メ之レヲ構高 h ニテ割リテ求メ得ラレルモノデアツテ其對頂點ガ右方ニアルト左方ニアルトヲ問ハズ此點ニ對スル最大彎曲力率ヲ求メテコレヲ構高ニテ割レバ弦材最大應力(上弦ハ應壓力, 下弦ハ應張力)ガ得ラレル(計算例 Fig. 471. 乃至 474 參照)

(2) 斜材. Fig. 466 任意格間 m ニ斜材 D_m ヲ切ル如キ一ツノ断面 tt ヲ假定シテ此断面ニ於ケル剪力ヲ Q_m トシ平衡條件 $\Sigma V = 0$ ヲ式示スルニ

$$Q_m - D_m \sin \varphi = 0$$

$$\therefore D_m = Q_m \operatorname{cosec} \varphi \dots \dots (336)$$

但シ $Q_m = A - P_1 - P_2 - \dots - P_{m-1}$

(336) 式ニ見ル如ク斜材應力ハ此格間ノ剪力ニ比例スルモノデアツテ剪力ハ荷重ノ働ク格點ノ上下ナルニ拘ラズ變化ナキガ故ニ道床ノ位置即チ死活荷重ガ上弦ニ働クカ下弦ニ働クカニ因ツテ

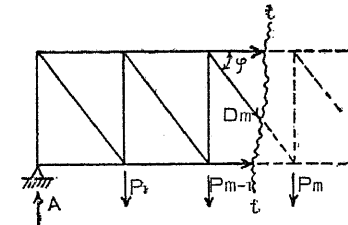


Fig. 466.

斜材應力ハ影響セラレナイ事ヲ知ル。

更ニ(336)式ニ見ル如ク斜材應力ノ符號ハ剪力ノ符號ト一致スル (Fig. 466ニ示ス如キ右下リ斜材ナルトキニ限ル。若シ斜材ガ右上リナルトキハ正負符號ヲ反對トス)。左支點ニ近ク剪力正ナルバ斜材ハ張力ヲ受ケルノデアアルガ右支點ニ近ク剪力負ナルトキハ右下リノ斜材ニハ壓力ヲ受ケル事トナル。換言スレバ常ニ斜材ガ張力ヲ受ケル爲メニハ剪力ノ正ナル部分ニハ右下リノ斜材ヲ用ヒ剪力ノ負ナル部分ニハ右上リノ斜材ヲ用フレバヨイノデアツテ荷重ノ移動スルニ從ツテ剪力ガ正負相反向スル部分ニハ二重ノ斜材ヲ用フル事ヲ要スル。 Fig. 467ハ聯行荷重ニ依

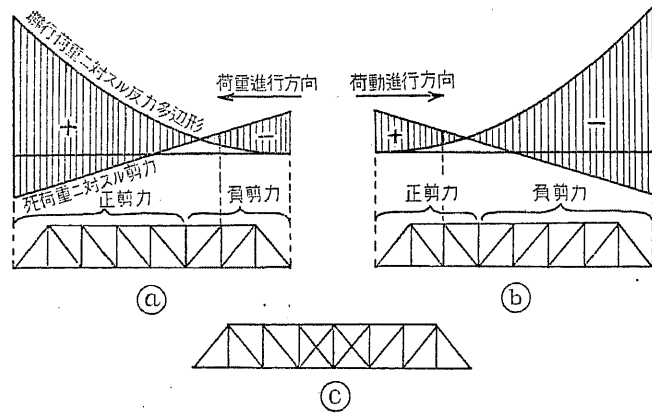


Fig. 467.

リ生ズル最大剪力ノ分布ヲ示シ (a)圖ハ右ヨリ聯行荷重列ノ進行スル場合 (b)圖ハ同ジク左ヨリ進行スル場合、剪力ノ變化ト斜材ノ配置トヲ示スモノデアツテ此二ツノ條件ヲ満足セシムル (c)圖ノ結構ノ中央部ニハ複斜材(Double diagonal)ヲ備フル事トナル。

(336)式ニ從ツテ與ヘラレタル Q_m ヨリ D_m ヲ圖式的ニ算出スルニハ角 ϕ ヲ含ム直角三角形ヲ作圖スレバ足ルノデアツテ兩端斜材 (End diagonal)ノ最大應力モ同様最大剪力圖即チ支點反力圖カラ

圖式的ニ算定セラレル。詳細ハ例題第四十二ニ Fig. 470 ヲ以テ更ニ説明シヤウ。

(3) 垂直材. Fig. 468 右下リ斜材ヲ有スル「ブラット」式橋構 (Pratt truss)ニ於テ V_m ヲ切ル斷面ヲ假定セバ

$$Q + V_m = 0$$

$$V_m = -Q \dots \dots \dots (337)$$

Fig. 468 (a)ノ如ク此橋構ニ於テ荷重ガ全部下弦ニ作用スル如キ場合(下路橋)

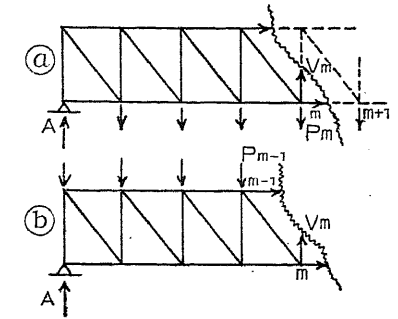


Fig. 468.

$$V_m = -Q_{m+1} \text{ (Pratt through)} \dots \dots \dots (338)$$

但シ $Q_{m+1} = A - P_1 - P_2 - \dots - P_m$

Fig. 468 (b)ノ如ク荷重ガ上弦ニ作用スル場合ニハ(上路橋)

$$V_m = -Q_m \text{ (Pratt deck)} \dots \dots \dots (339)$$

$$Q_m = A - P_1 - P_2 - \dots - P_{m-1}$$

右上リ斜材ヲ有スル「ハウ」式橋構 (Howe truss)ニ於テ Fig. 469 (a)ノ如ク荷重ガ下弦ニ働ケバ

$$V_m = +Q_m \text{ (Howe through)} \dots \dots (340)$$

Fig. 469 (b)ノ如ク荷重ガ上弦ニ働ケバ

$$V_m = +Q_{m+1} \text{ (Howe deck)} \dots \dots \dots (341)$$

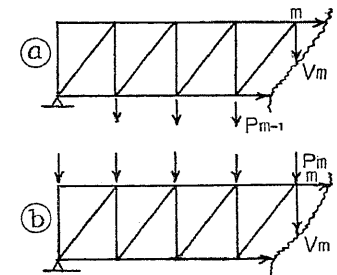


Fig. 469.

例題第四十二 徑間36.0mノ複線鐵道橋アリ、高3.6mノ平行弦ヲ有シ分格數10. 型式ハ「ブラット」式 (Pratt) 及ヒ「ワレン」式 (Warren)ノ二種トシテ上路下路ノ兩型ニ

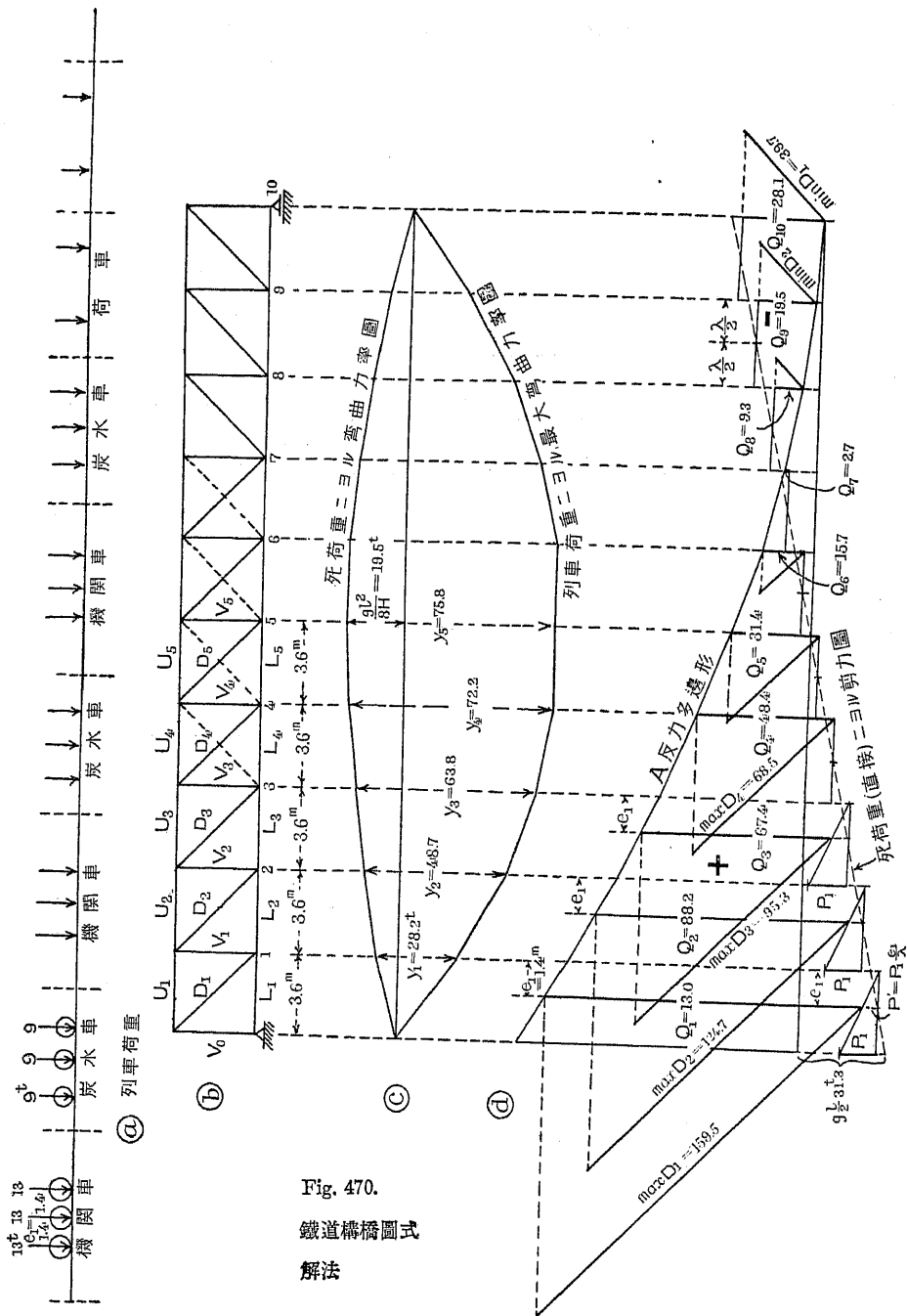


Fig. 470.
鐵道橋構圖式
解法

ツキ部材最大應力ヲ求ム。但シ動荷重ハ Fig. 470 (a) = 示ス列車荷重トシ死荷重 1.74 t/m ノ内道床ヲ有スル弦ノ分格點 = 1.29 t/m 道床ナキ弦 = 0.45 t/m 作用スルモノトス。

答。圖式的ニ本題ヲ解カンニハ先ヅ與ヘラレタ列車荷重ニ對スル最大彎曲力率圖及最大剪力圖ヲ作圖シナケレバナラヌ。最大彎曲力率圖ノ作圖ニ就イテハ既ニ第六章第十六節 (II) (A) = 於テ更ニ最大剪力圖即チ反力多邊形ニ就キテハ同節 (II) (B) = 於テ詳細ニ之ヲ説明シタガ故ニ茲テハ之ヲ反覆スルノ勞ヲ避ケ單ニ作圖ノ順序ヲ示スニ止メル事トスル。

(1) 弦材。既ニ Fig. 234 = 示シタル如ク最大彎曲力率圖ヲ作ランニハ先ヅ與ラレタル聯行荷重ヲ示力線ニ配列シ任意ノ極ヲ定メテ極射線及平衡多邊形ヲ作り各分格ニ就キテ最大彎曲力率ノ生ズベキ荷重配置ヲ決定シ之レニ相當シテ閉合線ヲ平衡多邊形上ニ記入シテ其分格點ニ於ケル縱距ヲ測ツテ最大彎曲力率ヲ得ベクコレヲ各分格點ニ縱距トシテ圖示スレバ最大彎曲力率圖ガ得ラレル。本題ノ作圖ニ當ツテハ既ニ (333) 式ニ於テ説明シタル如ク最初ノ極距ヲ定ムルニ之ヲ構高ノ倍数ニ採ルテ便トスルガ故ニ今假ニ $m=4$ ト採リ

$$H = mh = 4h = 4 \times 3.6 = 14.4 \text{ m}$$

ト採リテ平衡多邊形ヲ作用スルモノトシ基線ノ下側ニ動荷重ニ對スルモノヲ同上側ニ死荷重ニ對スルモノヲ畫キ足シコレヲ一絡ニ測ツテ縱距 y_m ヲ得ル、死荷重ニ對スルモノハ拋物線デアツテ其中點最大縱距ハ

$$\frac{ql^2}{8H} = \frac{1.74 \times 36^2}{8 \times 14.4} = 19.575 \text{ t}$$

斯クテ「プラット」式橋構ニ於テ

$$U_m = -\frac{M_m}{h} = -\frac{Hy_m}{h} = -my_m$$

$$L_m = -U_{m-1} = +my_{m-1}$$

「ワレン」式橋構ニ於テハ斜材ガ右上リト右下リトアリ共右下リノ格間ハ前掲「プラット」式ト同様ナルモ右上リノ格間ニ對シテハ

$$U_m = -my_{m-1}, \quad L_m = +my_m$$

作圖ノ結果ハ Fig. 470 (c) ヲリ縱距 y ヲ測リ求メテ之ヲ表示シ次ノ如クナル。

| 弦 材 應 力 (m = 4 ト 採 ル) | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|----------------|-------|----------------|-------------|----------------|-------|----------------|-------|
| 格 間 m | 縦 距 y | 「 プ ラ ッ ト 」 式 | | | 「 ワ レ ン 」 式 | | | | |
| | | 上 弦 材 | 下 弦 材 | | 上 弦 材 | 下 弦 材 | 上 弦 材 | 下 弦 材 | 上 弦 材 |
| 1 | 28.2 | U ₁ | -113 | L ₁ | 0 | U ₁ | 0 | L ₁ | +113 |
| 2 | 48.7 | U ₂ | -195 | L ₂ | +113 | U ₂ | -195 | L ₂ | +113 |
| 3 | 63.8 | U ₃ | -255 | L ₃ | +195 | U ₃ | -195 | L ₃ | +255 |
| 4 | 72.2 | U ₄ | -289 | L ₄ | +255 | U ₄ | -289 | L ₄ | +255 |
| 5 | 75.8 | U ₅ | -303 | L ₅ | +289 | U ₅ | -289 | L ₅ | +303 |

Fig. 471 及 472 = 「 プ ラ ッ ト 」 式 Fig. 473 及 474 = 「 ワ レ ン 」 式 橋 構 = 就 キ テ 得 タ ル 上 掲 弦 材 應 力 テ 記 シ テ 置 ク。 弦 材 應 力 ハ 上 路 橋 ナ ル ト 下 路 橋 ナ ル ト = 差 違 ナ キ テ 見 ル Fig. 473 ト Fig. 474 ト ノ 弦 材 應 力 差 違 ハ 斜 材 配 置 ノ 同 シ カ ラ ザ ル = 因 リ テ 生 ズ ル。

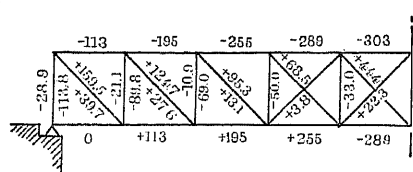


Fig. 471. Pratt through.

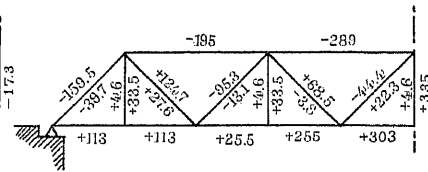


Fig. 473. Warren through.

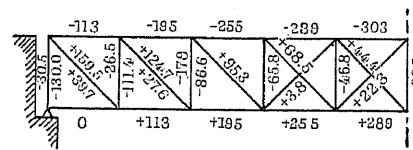


Fig. 472. Pratt deck.

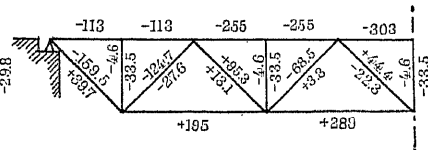


Fig. 474. Warren deck.

反力多邊形ノ作圖方法ノ詳細ハ既ニ Fig. 235 = 就 キ テ 之 テ 證 明 シ タ。 其 例 題 第 二 十 一 = 於 テ 示 シ タ ル ト 全 ク 同 様 ノ 方 法 テ 以 テ 動 荷 重 = 對 ス ル 反 力 多 邊 形 テ 求 メ タ ル テ Fig. 470 ㊟ = 示 ス。 コ レ = 死 荷 重 = ヨ ッ テ 生 ズ ル 剪 力 圖 テ 加 算 シ テ 各 分 格 點 = 於 ケ ル 最 大 剪 力 ガ 求 メ 得 ラ レ ル ノ テ ア ッ テ 分 格 點 = ヨ ッ テ ハ (例 ヘ バ 1, 2, 3 ノ 如 キ) 荷 重 ノ 正 規 位 置 (Normal position) ヨ リ モ 第 二 位 置 (Second position)

ノ 方 ガ 大 ナ ル 剪 力 テ 生 ズ ル。

(2) 斜 材. $D_m = Q_m \operatorname{cosec} \varphi$ ナ ル 式 = 從 ツ テ 作 圖 シ 之 テ 求 メ タ ノ テ ア ッ テ 即 チ Fig. 475 = 於 テ a' テ 求 ム ル 格 間 λ_m = 對 ス ル 最 大 剪 力 $\max Q_m$ ト セ バ a 點 ヨ リ 斜 材 = 平 行 = ac テ 引 キ 其 b 點 ヨ リ 引 キ タ ル 水 平 線 bc ト ノ 交 點 c テ 求 ム レ バ

$$ac = ab \operatorname{cosec} \varphi = Q_m \operatorname{cosec} \varphi = D_m$$

斯 ク ノ 如 ク シ テ Fig. 470 ㊟ ヨ リ 求 メ タ 最 大 剪 力 及 斜 材 應 力 テ 表 示 ス レ バ

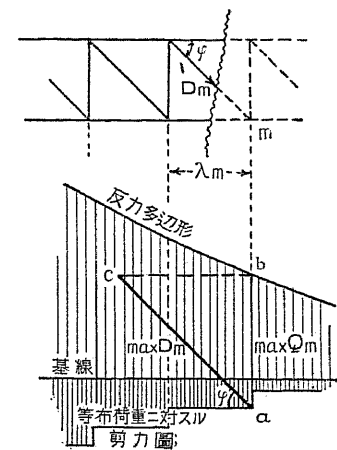


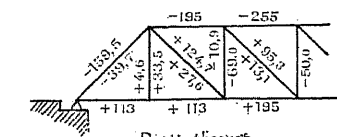
Fig. 475.

| 格 間 | 最 大 剪 力 | 最 小 剪 力 | 斜 材 應 力 | |
|-------|---------|---------|-------------------------|-------------------------|
| | | | 最 大 應 力 | 最 小 應 力 |
| 1, 10 | + 113.0 | + 28.1 | D ₁ + 159.5* | D ₁₀ + 39.7* |
| 2, 9 | + 88.2 | + 19.5 | D ₂ + 124.7 | D ₉ + 27.6* |
| 3, 8 | + 67.4 | + 9.3 | D ₃ + 95.3 | D ₈ + 13.1* |
| 4, 7 | + 48.4 | - 2.7 | D ₄ + 68.5 | D ₇ + 3.8 |
| 5, 6 | + 31.4 | - 15.7 | D ₅ + 44.4 | D ₆ + 22.3 |

* 反 對 方 向 即 右 上 斜 材 ノ 應 力。

※ D₁ = 於 ケ ル 最 大 應 力 ハ Fig. 470 = 示 ス 右 下 リ ノ 場 合 = 對 ス ル 應 力 テ ア ッ テ 若 シ Fig. 476 ノ 如 キ 右 上 斜 材 ナ ル ト キ ハ 應 力 ノ 方 向 逆 ト ナ リ 壓 力 テ 受 ク ル 事 ト ナ ル。

(3) 垂 直 材. 垂 直 材 應 力 ハ (337) 乃 至 (341) 式 = 據 ツ テ 求 メ ラ レ 斜 材 方 向 = ヨ リ テ 應 力 = 正 負 テ 生 ズ ル 事 ハ 勿 論 同 時 = 上 路 橋 ナ ル カ 下 路 橋 ナ ル カ = ヨ ッ テ 著 シ ク 應 力 = 差 テ 生 ズ ル モ ノ テ ア ッ テ 斜 材 方 向 ト 荷 重 作 用 點 ト 相 俟 テ 各 種 ノ 場 合 テ 生 ズ ル。 Fig. 470 ㊟ = 於 テ 求 メ ラ レ タ ル 所 即 チ 「 プ ラ ッ ト 」 式 斜 材 テ 有 シ 死 活 兩 荷 重 共 下 弦 格 點 = 働 ク ト 假 定 ス ル 場 合 = ハ



Pratt through
Fig. 476.

| 格 點 | 最大剪力 | 最小剪力 | 垂 直 材 應 力 | | | |
|----------|----------|--------|----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
| | | | 最 大 應 力 | | 最 小 應 力 | |
| 支點 0, 10 | + 130.8* | + 28.1 | V ₀ | - 113.0 ^t | V ₁₀ | - 28.1 ^t |
| 1, 9 | + 113.0 | + 19.5 | V ₁ | - 88.2 | V ₉ | - 19.5 |
| 2, 8 | + 88.2 | + 9.3 | V ₂ | - 67.4 | V ₈ | - 9.3 |
| 3, 7 | + 67.4 | - 2.7 | V ₃ | - 48.4 | V ₇ | 0 |
| 4, 6 | + 48.4 | - 15.7 | V ₄ | - 31.4 | V ₆ | - 2.7 |
| 5 | + 31.4 | | V ₅ | - 15.7 | | |

*最大支點反力(死活兩荷重 = ヨル)

又死活兩荷重共 = 上弦格點 = 働クト假定スルトキニハ

| 格 點 | 最大剪力 | 最小剪力 | 垂 直 材 應 力 | | | |
|----------|----------------------|---------------------|----------------|----------------------|-----------------|----------|
| | | | 最 大 應 力 | | 最 小 應 力 | |
| 支點 0, 10 | + 130.8 ^t | + 28.1 ^t | V ₀ | - 130.8 ^t | V ₁₀ | - 31.3* |
| 1, 9 | + 113.0 | + 19.5 | V ₁ | - 113.0 | V ₉ | - 28.1 |
| 2, 8 | + 88.2 | + 9.3 | V ₂ | - 88.2 | V ₈ | - 19.5 |
| 3, 7 | + 67.4 | - 2.7 | V ₃ | - 67.4 | V ₇ | (-35.1)* |
| 4, 6 | + 48.4 | - 15.7 | V ₄ | - 48.4 | V ₆ | - 15.7 |
| 5 | + 31.4 | | V ₅ | - 31.4 | | |

*最小支點反力(死荷重ノミニ因ル)

$$g \frac{l}{2} = 1.74 \times \frac{36}{2} = 31.3$$

* Fig. 477 説明参照 (28.9 + 1.74 × 3.6 = 35.1 t)

以上ノ計算ハ死活兩荷重共何レカ一方ノ弦ニ働クト假定シタルモノデアアル。然ルニ本題最初ニ與ヘラレタル所ニ據レバ死荷重 1.74 t/m ノ内 1.20 t/m ハ道床ヲ有スル弦ニ殘餘 0.45 t/m ハ道床ヲ有セザル弦ニ作用スル事トナリ居ル故コレニ相當スル死荷重應力ノ補正ヲ加ヘナケレバナラヌ。即チ下路橋ノ場合ニハ上弦分格點ニ働ク死荷重ノ量ハ

$$g_u \lambda = 0.45 \times 3.6 = 1.6 t$$

コレダケ垂直材ノ死荷重應力ニ變化ヲ生ズル理デアアル。且ツ此量ハ兩端垂直

材 V₀ = 對シテハ格間長ノ半バニ相當スルモノ即チ

$$g_u \frac{\lambda}{2} = 0.8 t$$

ダケノ變化ヲ生ズル事トナル。此變化ハ下路橋ノ場合ニハ負剪力ヲ増加シ上路橋ノ場合ニハ負剪力ヲ減少スル。以上ノ補正ヲ施シタル垂直材應力ハ次表ノ如ク Fig. 471-474ニ記入シタル數字ハ則チ此結果デアアル。

「ブラット」式橋構垂直材應力 (Fig. 471, 472 参照)

| 下 路 橋 | | | | | 上 路 橋 | | | | |
|----------------|---------|--------|-----------|-----------|----------------|---------|---------|-----------|-----------|
| | 最大應力 | 最小應力 | 補正シタル最大應力 | 補正シタル最小應力 | | 最大應力 | 最小應力 | 補正シタル最大應力 | 補正シタル最小應力 |
| V ₀ | - 113.0 | - 28.1 | - 113.8 | - 28.9 | V ₀ | - 130.8 | - 31.3 | - 130.0 | - 30.5 |
| V ₁ | - 88.2 | - 19.5 | - 89.8 | - 21.1 | V ₁ | - 113.0 | - 28.1 | - 111.4 | - 26.5 |
| V ₂ | - 67.4 | - 9.3 | - 69.0 | - 10.9 | V ₂ | - 88.2 | - 19.5 | - 86.6 | - 17.9 |
| V ₃ | - 48.4 | 0 | - 50.0 | - 1.6 | V ₃ | - 67.4 | (-35.1) | - 65.8 | (-33.5) |
| V ₄ | - 31.4 | - 2.7 | - 33.0 | - 4.3 | V ₄ | - 48.4 | - 15.7 | - 46.8 | - 14.1 |
| V ₅ | - 15.7 | - 15.7 | - 17.3 | - 17.3 | V ₅ | - 31.4 | - 31.4 | - 29.8 | - 29.8 |

Fig. 473 及 474 ノ如キ「ワレン」橋構 (Warren truss) ニ於ケル垂直材ハ其作用全ク「ブラット」式橋構ニ於ケル垂直材トハ異ナリ後者ガ剪力ヲ負擔シテ之レニ耐ユルニ反シ前者ハ單ニ其左右格間ニ來ル死活荷重ヲ受ケテ弦材ヲ支フルノ役目ヲ爲スダケデアツテ Fig. 473ニ於ケル垂直材ハ張力ヲ示シ Fig. 474ノ夫レハ壓力ヲ表ハス。其最大應力ヲ求メンニハ簡單ニ二個ノ單桁(其徑間ハ格間長)ノ支點ノ最大反力トシテ求メラレ得ベク此最大反力ハ明カニ Fig. 477ニ示ス如ク機關車荷重ノ中央車輪ガ此垂直材直下ニ來リ左右對稱的ニ最大荷重ヲ受ケタルトキニ生ジ

$$V_p = 13 + 2 \times 13 \times \frac{2.2}{3.6} = 28.9 t$$

同時ニ死荷重ガ道床ヲ有スル弦ニ對シ(コレ則チ垂直材最小應力デアアル)

$$1.29 \times 3.6 = 4.6 t$$

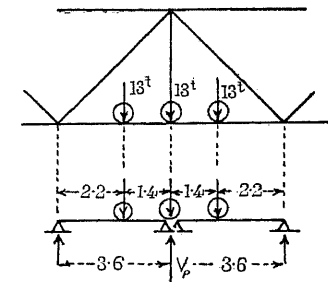


Fig. 477.

此兩者ヲ加ヘテ

$$\text{垂直材最大應力} = 28.9 + 4.6 = 33.5t$$

即チ垂直材應力トシテ Fig. 473 及 474 = 之ヲ記載シタ。

(B) 傾斜弦橋構

上下弦材平行ナラズシテ其何レカー方又ハ兩方共任意ノ傾斜ヲ爲ストキニハ其應力ニ多少ノ變化ヲ生ズルモノデアツテ弦材ノ應力ハ上下弦共平行弦ノ場合ニ於ケルト同様ニ相對スル弦格點ヲ力率中心トシテ最大彎曲力率ヲ求メコレヲ其分格點カラ此弦材ニ至ル垂直距離(平行弦ノトキナラバ構高トナル)ニテ割レバ求メ得ラレルニ反シ腹材即チ斜材垂直材ノ應力ハ平行弦ノ場合ニ於ケル如ク其格間ノ剪力ヨリ直チニ求ムル如キ事ハ出來ナイ。コレ弦材ガ傾斜シテ居ル爲メニ剪力ノ一部ハ弦材ニ依リテモ負擔セラレル故デアツテ例ヘバ Fig. 466 = 於テ斷面 tt = 於ケル平衡條件 $\Sigma V = 0$ ヲ立テル場合ニ弦材ノ傾斜シテ居ルトキハ此式ノ中ニ弦材應力ノ項ガ入ツテ來ルガ故デアル。從ツテ腹材ニ於ケル最大應力ハ其格間ノ最大剪力ノ場合ニ生ズルノデハナクコレト全ク異ナツタ或荷重状態ニ生ズルノデアル。腹材ニ最大應力ノ生ズル荷重状態ニ就キ少シク研究ヲ進メテ見ヤウ。

Fig. 478 = 示ス一ツノ結構ヲ假定シ其 tt 斷面ニテ切ラレタ上下弦材 U 及 L ノ延長線ガ徑間外ノ一點 s = 於テ交叉スル場合トシ此斷面ニ表レタ右下リノ斜材 D ノ應力ニ就イテ吟味シヤウ。今此下路橋全徑間ヲ三ツノ部分ニ分チ (1) F_2 ト B トノ間, (2) A ト F_1 トノ間及ビ (3) F_1, F_2 ノ格間内ノ三ツニ分類センニ先ヅ荷重 P ガ F_2, B 間即チ問題ノ格間ノ右ニ作用シタ場合ニハ斷面 tt ノ左側ノ平衡ヲ

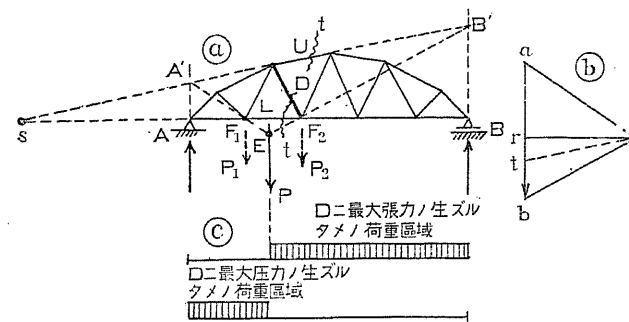


Fig. 478.

考ヘテ見ルニ左側ニ作用スル外力ハ反力 A ノミデアツテ其力率中心 s (上下弦材ノ交點) = 對スル力率ハ反時計ノ方向ヲ有ス、則チ

之レト平衡ニアルタメニハ反對ニ D ノ應力ハ時計方向ノ力率ヲ有セネバナラヌ故其張力デアル事ヲ知ル。全く同様ニ荷重ガ A, F_1 間ニ作用シタトキニハ斷面ヨリ右側部分ニ働ク内外力ノ力率中心 s = 對スル力率ノ平衡ヲ考ヘ斜材 D ノ應力ハ壓力デアル事ヲ知ル。扱荷重ハ常ニ下弦ニ働クモノトシテ F_1, F_2 格間内ニ働ク荷重 P ハ橋梁構造上二ツノ格點 F_1 及 F_2 = 分力 P_1 及 P_2 トナリテ作用スルモノトセバ P_1 ハ D = 壓力ヲ生ジ P_2 ハ張力ヲ生ズベク此格間内ノ或特定位置ニ P ガ作用シタ場合ニ相當シテ $D = 0$ ナルトキガ起リ得ル理デアル。此特定位置ヲ限界トシテ其右ニ働ク荷重ニヨリテ D ハ張力ヲ受ケ其左ニアル荷重ニヨリテ D ハ壓力ヲ受ケル。今弦材 U ヲ左右ニ延長シ其支點垂線トノ交點ヲ A', B' トシ $A'F_1$ 及 $B'F_2$ ヲ結ビテ生ズル二直線ノ交點 E = 此 $D = 0$ トナル荷重 P ノ位置ニ外ナラヌ。此事實ノ證明ハ (b) ノ作圖ヲ爲シテ次ノ如ク行ハレル。先ヅ $ab = P$ ト置キ $aO \parallel A'E$, $bO \parallel EB'$ ヲ引キテ極 O ヲ求メ極射線 $Or \parallel F_1F_2$, $Ot \parallel A'B'$ トスレバ $A'F_1F_2B'$ ヲ平衡多邊形ト考ヘル事ニヨツテ $ar = P_1$, $rb = P_2$ トナリ $A'B'$ ヲ此平衡多邊形ニ對スル閉合線ト考ヘル事ニヨツテ $bt = B$, $ta = A$ トナル。斯ク考ヘ

ルトキハ此平衡多邊形ハ四ツノ力 A, P_1, P_2, B ニ對スル平衡多邊形ト看做ス事ガ出來從テ斷面 tt ノ左ニ働クニ力 A ト P_1 トノ合成力ハ此二力ニ對スル平衡多邊形ノ兩端邊 L ト U トノ交點 s ヲ通シテ作用スル事ヲ知ル。斯クテ荷重 P ガ E 點ニ働イタトキニハ斷面 tt ノ左側部分ニ於ケル外力 A 及 P_1 或ハ其合成力(合成力ハ s 點ヲ通ル)ガ中心 s ニ對スル力率ノ零ナル事ヨリ直チニ斜材 D ノ應力ガ $D=0$ デナケネバナラヌ事トナル。即チ E 點ハ荷重境界點(Point of division)デアツテ此點ヨリ右ニ働ク荷重ニ對シテ D ハ張力ヲ受ケ左ニ働ク荷重ニ對シテ壓力ヲ受クル事トナル。 Fig. 478

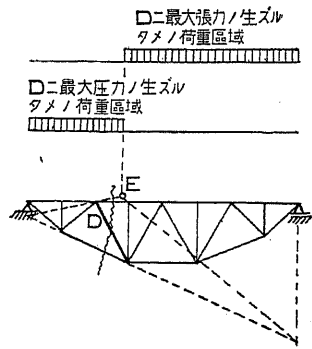


Fig. 479.

ニ上路橋ノ場合ニハ如何ト云フニ全體ノ理論ニハ何等差ガナク唯荷重ガ上弦格點ニ作用スルタメ Fig. 479 及 480 ニ示ス如ク下弦材ヲ延長シテ支點垂線トノ交點ヲ求メ作圖ヲ行ヘバヨイ。

以上述べた所ハ上下弦材ノ延長線ガ徑間外ニテ相交ル場合デアツタガ若シ

◎ニ示シタルトコロハ斜材最大應力ヲ生ズル爲メノ荷重區域ヲ示シタモノデアツテ荷重ガ EB 間ニ滿載シタ時 D ハ最大張力ヲ受ケ同ジク AE 間ニ滿載シタトキ最大壓力ヲ受ケル。

Fig. 478 ニ説明シタルハ下路橋ノ場合デアツテ荷重 P ハ P_1 及 P_2 トナリテ下弦格點 F_1, F_2 ニ作用シタノデアアルガ次

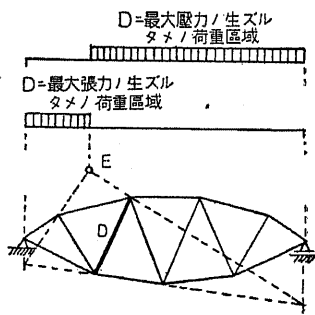


Fig. 480.

然ラズシテ Fig. 481 ノ如ク徑間内ニテ交ルトキニハ此境界點ハ存在セズ腹材應力ハ全徑間ガ荷重ヲ受ケタトキ生ズル事ヲ知ル。其推論ハ上掲一般傾斜弦橋構ニ就キテナシタルト全ク同様デア

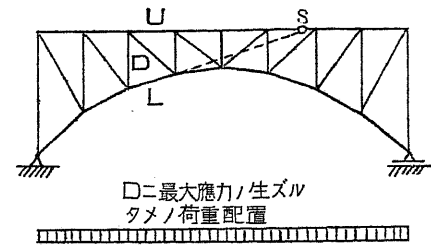


Fig. 481.

[V] 「チンメルマン」氏解法 (Zimmermann's method)

此方法モ亦彎曲力率圖ヲ用ヒテ行フ解法ノ一デアアルガ格間長 λ ノ一定ナル場合特ニ便利ニ用ヒラレル。 Fig. 482 ニ示ス結構ニ

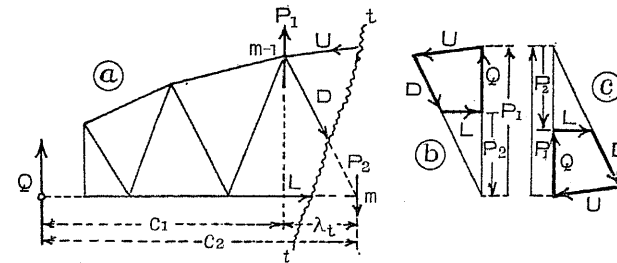


Fig. 482.

tt 斷面ヲ假定シ其左側外力ニ因ル剪力ヲ Q トシ圖示ノ位置ニ作用スルモノト假定シヤウ。

今 Q ヲ分解シテ格點 $m-1$ 及 m ニ働クニ力 P_1 及 P_2 トスレバ $m-1$ 及 m ニ對スル力率ノ式カラ

$$\begin{aligned} P_2 \lambda_t &= Q c_1 = M_{m-1} = \text{格點 } m-1 \text{ ニ於ケル彎曲力率} \\ P_1 \lambda_t &= Q c_2 = M_m = \text{格點 } m \text{ ニ於ケル彎曲力率} \\ P_1 - P_2 &= Q. \end{aligned}$$

$$\therefore \left. \begin{aligned} P_1 &= \frac{M_m}{\lambda_t}, \quad P_2 = \frac{M_{m-1}}{\lambda_t} \\ Q &= \frac{M_m}{\lambda_t} - \frac{M_{m-1}}{\lambda_t} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (342)$$

既ニ第一章第三節 IX ニ於テカヲ方向ノ與ヘラレタ三力ニ分解スル方法ヲ説明シタ。コレト全ク同理ニ依ツテ断面 tt ノ左側ニ働ク四ツノ力ガ平衡ニアルタメ即チ Q (又ハ P_1 及 P_2 ヲ以テ代用シ得) ト U, D, L トノ四力ガ平衡ニアルタメノ條件カラ U, D, L ノ三力ガ求め得ラレルノデアツテ先ヅ P_1 ヲ U ト D トノ方向ニ分解シ P_2 ヲ D ト L トノ方向ニ分解スレバ ⑥ 圖又ハ ⑦ 圖ニ示ス如ク Q, U, D 及 L ノ四力ヨリ成ル力邊形ヲ得且ツ力邊形ニ於ケル D ノ延長線ハ Q ノ線上ニ P_1 ヲ切ル筈デアアル。此 ⑥ 圖又ハ ⑦ 圖ノ作圖ハ直接結構圖 ⑧ ノ上ヘ記入スル方ガ便デアツテ既ニ作圖サレテ居ル結構圖ノ D 材ノ上ニ D ヲ採リ格點 m 又ハ $m-1$ ヲ通ズル垂直線上ニ P_1, P_2 ヲ測リ置クトキハ Fig. 483 ④ 又ハ ⑤ ノ如クナル。各部材應力ノ方向ハ剪力 $Q = \frac{M_m}{\lambda_t} - \frac{M_{m-1}}{\lambda_t}$ ガ上向キナルカ下向キナルカニ從ツテ Q ヨリ始メ閉力邊形 $QUDL$ ノ周邊ニ沿フテ進メバ明カニ之

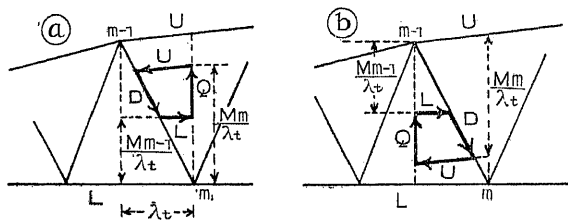


Fig. 483.

ヲ知ル事ガ出來ル。尙作圖上必要デアアル M_m, M_{m-1} ノ如キ彎曲力率ハ別ニ彎曲力率ニ對スル平衡多邊形

ヲ畫キテコレヨリ求めラレル。格間長ノ一定シテ λ ナルトキハ其極距 H ヲ豫メ定ムルニ當リ格間長 λ ノ整數倍トシテ置ケバ平衡多邊形ノ縱距ヲ y トシテ

$$\frac{M}{\lambda} = \frac{Hy}{\lambda} = \frac{m\lambda y}{\lambda} = my \dots\dots\dots (343)$$

尙力邊形作圖ニ當ツテハ my ヲ用フル代リニ y ヲ其儘用ヒルガ

望マシイノデアツテ此場合ニハ夫レニ相當シテ力ノ縮尺ヲ變更スレバヨイ。例ヘバ $1\text{ cm} = n\text{ tons}$ ノ縮尺ニテ平衡多邊形ガ畫カレテ居ルナラバ求め得タ力邊形ノ力ノ縮尺ハ $1\text{ cm} = mn\text{ tons}$ デアル。

(1) 弦 材

弦材ノ最大應力ハ最大彎曲力率ノトキニ生ズル故ニ Fig. 484 ニ示ス如ク先ヅ聯行荷重ニ對スル各格點ノ最大彎曲力率圖ヲ作り(極距 $H = m\lambda$ トシテ)コレニ死荷重ニ因リテ生ズル彎曲力率圖(拋物線ニシテ中央縱距 $\frac{gl^2}{8H}$ トナル)ヲ加ヘ合セテ總縱距 y ヲ得ル。

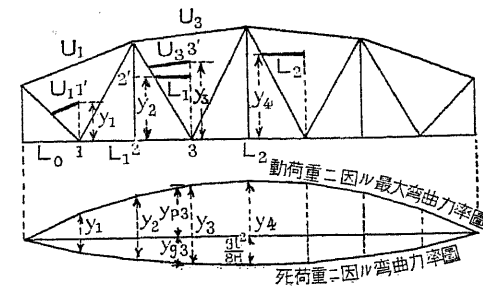


Fig. 484.

然ルトキハコレノ求めタル縱距 y ヲ結構圖中ニ記入シ

$11' = y_1, 22' = y_2, 33' = y_3, \dots$ トスレバコレニヨツテ前掲ノ作圖ヲ行ヒテ弦材最大應力 U 及 L ヲ得ル事 Fig. 484 ニ示ス如クナル。

尙橋構兩端ニ於ケル構材ノ最大應力ヲ求めンニ弦材 U_1 ノ最大應力ト腹材 V_0 及 D_1 ノ最大應力トハ同時ニ起ルモノデアツテコレハ點 0 ニ於ケル示力多邊形ヲ畫ク事ニ依ツテ求めラレル(Fig. 485 参照)。

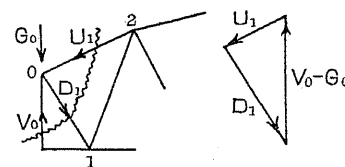


Fig. 485.

Fig. 486 ニ示ス下路橋ニ於テ上弦格點ガ下弦格點(橫桁ノ設ケラレタル點)ノ中間ニ挿マレ居ル場合ニ死荷重 g ノ一部 g_i ガ下弦格點ニ、一部 g_u ガ上弦格點ニ働クモノトスルトキニハ死荷重ニ對スル彎曲力率圖ハ二ツニ分チテ作ル

事ヲ要シ上弦格點ニ働ク死荷重ニ對スル彎曲力率圖(中央縱距 $\frac{g_u l^2}{8H}$)及ビ下弦格點ニ働ク死荷重ニ對スル力率圖(中央縱距 $\frac{g_l l^2}{8H}$)ノニツ之デアツテ何レモ拋物線ニ內接スル多邊形ヨリ成ルモノデアアル。動荷重ニ因ル最大彎

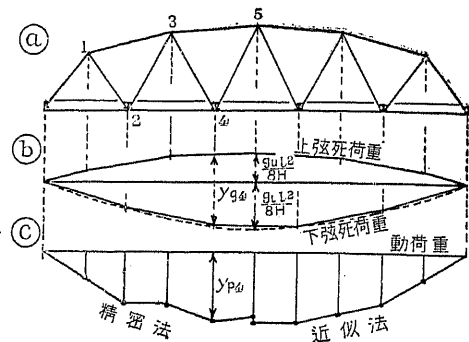


Fig. 486.

曲力率圖ヲ作圖スルニ當ツテハ第六章第十六節[II]ニ説明シタ方法ニ據ツテ與ヘラレタ聯行荷重ニ對シ各格點ノ最大彎曲力率ヲ求ムベキデアツテ次ノ如ク精粗二通りノ求メ方ガアル。一ツハ上下各弦分格點ニツキテ一々最大彎曲力率ヲ求メル精密ナル方法デアリーツハ單ニ活荷重ヲ受クル(道床ヲ有スル)弦ノ分格點ノミニツキテ之ヲ求ムル近似的ノ方法デアアル。Fig. 486 © 左半徑間ニ對スル力率圖ハ前者ヲ示シ右半徑間ニ對スル力率圖ハ後者ヲ示ス。茲ニ其前者即チ精密ナル解法ニ就キテ更ニ一言センニ Fig. 487 ニ於テ $m-1$ 及 m ヲ道床ヲ有スル下弦ノ分格點トシ

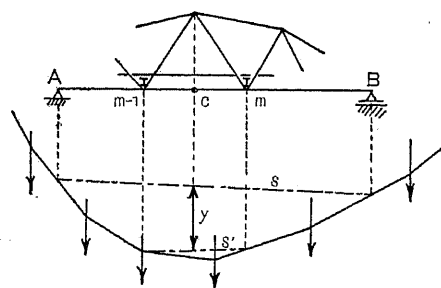


Fig. 487.

其中間點 c (コレガ丁度上弦格點ニ當ル)ノ最大彎曲力率ヲ求メンニハ與ヘラレタル荷重列ノ内最大ナルモノノ一ツガ $m-1$ 格點又ハ m 格點ニ來ル如ク橋構ノ位置ヲ定メ此時ニ生ズル閉合線 s (全徑間ニ對スル)

及 s' (其格間ニ對スル)ノ間ニ挿マレタル縱距 y ノ最大ナルモノヲ探レバヨロシイ。是レ一ツノ格間ニ生ズル彎曲力率ハ直線的ニ變化シ s' ナル閉合線ニテ與ヘラル、ニ因ルノデアツテ其理由ハ既ニ第六章第十節ニ之ヲ説明シタ。

(2) 斜 材

Fig. 488 ニ示ス橋構ノ斜材 D_3 ニ於テ假ニ聯行荷重正規位置 (Normal position) ガ最大應力ヲ生ズルモノトシテ其解法ヲ説明シヤウ。此場合斜材 D_3 ニ對スル正規荷重ハ荷重先頭ガ分格點 3 ニアリソレヨリ支點 B 迄ノ間ニ荷重ガ滿載シタルト

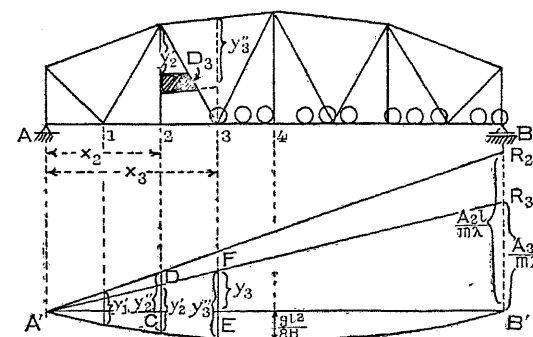


Fig. 488.

キヲ指スノデアツテ此場合ノ左支點 A ノ反力ヲ A_3 トスレバ

$$M_3 = A_3 x_3, \quad M_2 = A_3 x_2$$

故ニ此場合ノ彎曲力率圖ノ縱距ハ (343) 式ニヨリ

$$\left. \begin{aligned} y_3 &= \frac{M_3}{m\lambda} = \frac{A_3 x_3}{m\lambda} = \frac{A_3 l}{m\lambda} \frac{x_3}{l} \\ y_2 &= \frac{A_3 l}{m\lambda} \frac{x_2}{l} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (344)$$

今右支點上ニ $B/R_3 = \frac{A_3 l}{m\lambda}$ ヲ置キ A/R_3 ヲ結ベバ此直線ハ格點 2 及 3 ノ垂線上ニ $CD = y_2$, $EF = y_3$ ヲ與ヘル事トナル。コレニ死荷重ニ因ル彎曲力率縱距ヲ加ヘタルモノ y_2' 及 y_3'' ハ既ニ本節[V]ノ當初ニ於テ説明シタ「チンメルマン」氏圖式解法ニ據ツテ斜材 D_3 ノ應

力ヲ求ムル爲メニ分格點上ニ縦距トシテ置クベキ數値デアル。
 即チ此縦距ヲ結構圖上ニ測リ採リ其終點カラ上下弦材ニ平行線
 ヲ引ケバ斜材線上ニ斜材最大應力ガ求メ得ラレル。全ク同様ニ
 シテ $B/R_2 = A_2 \frac{l}{m\lambda}$ ヲ右支點垂線上ニ採リテ斜材 D_2 ノ最大負應力
 ガ求メ得ラレル。

前ニ述べタ最大弦材應力圖ト茲ニ述べタ最大斜材應力圖トハ
 便宜之ヲ同一結構圖上ニ格間一ツ置キニ記入スレバ一目シテ其
 變化ノ模様ヲ知ル事ガ出來ル。

Fig. 488 支點垂線上ニ立テタ $\frac{Al}{m\lambda}$ ノ値ヲ得ルタメニハ次ノ如
 キ作圖法ヲ用フルガ便デアル、即チ正規位置ニ相當スル左支點ノ
 反力多邊形ハ Fig. 235 ニ示ス方法ニテ極距 l ヲ用ヒテ行ハル、
 ノデアルガ此場合ニ極距ヲ l デナクシテ $H = m\lambda$ ト採レバ求メタ
 反力多邊形ノ第一荷重下ノ縦距ハ明カニ $A \frac{l}{m\lambda}$ トナル。コレ即
 チ求ムル支點縦距デアル。則チ此多邊形ハ $A \frac{l}{m\lambda}$ - 多邊形ト命
 名セラレル。

荷重第二位置ニ於テ D_3
 ニ最大應力ノ生ズルヤ否
 ヤヲ檢スルニハ次ノ方法
 ニ據ル。即チ Fig. 489 ニ
 明カナル如ク

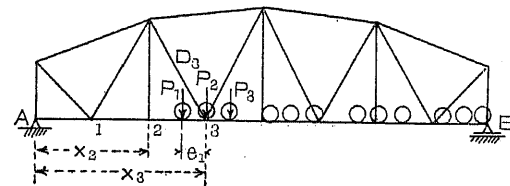


Fig. 489.

從ツテ

$$\left. \begin{aligned} M_2 &= Ax_2, & M_3 &= Ax_3 - P_1 \cdot e_1 \\ y_2 &= \frac{M_2}{m\lambda} = A \frac{l}{m\lambda} \frac{x_2}{l} \\ y_3 &= \frac{M_3}{m\lambda} = A \frac{l}{m\lambda} \frac{x_3}{l} - \frac{P_1 \cdot e_1}{m\lambda} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (345)$$

y_3 ノ式ニ於ケル第二項ヲ假ニ無キモノト考ヘテ Fig. 488 ニ行ヒ
 タルト全ク同様ノ作圖ニヨツテ y_2' 及 y_3'' ヲ求メ斯クテ求メタル
 結果ノ y_3'' ヨリ $\frac{P_1 \cdot e_1}{m\lambda}$ ノ値ヲ差引キタルモノヲ以テ求ムル格點
 3 ニ置クベキ縦距トシ別ニ求メタル y_2' ヲ格點 2 ニ置クベキ縦距
 トシテ作圖シ斜材 D_3 ノ應力ヲ求ムレバヨロシイ。此 $\frac{P_1 \cdot e_1}{m\lambda}$ ノ値
 ハ計算ニヨリ求ムルガ便デアル。

(3) 垂直材ヲ有スル場合

垂直材ヲ有スル場合ニモ前述ト大差ナク作圖スル事ヲ得ルノ
 デアツテ Fig. 490 ニ於ケル m 格間ニ

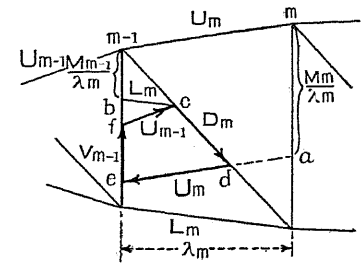


Fig. 490.

就イテ述ベシニ垂直材 V_m ニ沿ヒ上
 弦格點ヨリ $ma = \frac{M_m}{\lambda_m}$ ヲ採リ a ヨリ上
 弦材 U_m ニ平行線ヲ引キ斜材 D_m トノ
 交點 d 、垂直材 V_{m-1} トノ交點 e ヲ得次
 ニ垂直材 V_{m-1} 上ニ $(m-1)b = \frac{M_{m-1}}{\lambda_m}$ ヲ
 採リ b ヨリ L_m ニ平行線ヲ引イテ其 D_m トノ交點ヲ c トス。然ル
 トキハ明カニ弦材應力 $U_m = de$, $L_m = bc$, 斜材應力 $D_m = cd$ 。尙垂直材
 應力 V_{m-1} ヲ求メンニハ上弦分格點 $m-1$ ニ働ク四力ノ平衡條件
 ヲ用ヒルノデアツテ此四力ニ對スル示力多邊形ヲ作ル爲メ c ヨ
 リ U_{m-1} ニ平行ニ ef ヲ引ケバ示力多邊形 $cdef$ ハ分格點 $m-1$ ニ於

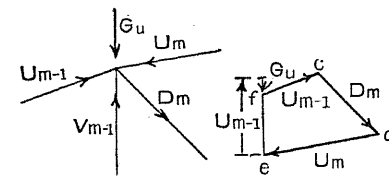


Fig. 491.

ケル平衡ヲ表ハシ $ef = V_{m-1}$ トナル。
 此作圖ニ於テハ死活兩荷重共上弦
 分格點ニハ作用シテ居ナイ事ヲ假
 定シテ居ルノデアツテ若シ上弦分
 格點 $m-1$ ニ死荷重 G_u ガ働イテ居

ル場合ナラバ Fig. 491 = 示ス如キ力邊形トナル筈デアアル。即チ上述ノ如ク求メラレタ應壓力 $V_{m-1} = cf$ ハ更ニ G_u ダケ増加セラルベキデアツテ一般的ニ $-G_u$ ダケノ量ヲ加算スベキデアアル。

上述シタル作圖ハ下路橋ノ場合デアツテ若シ上路橋ノ場合ニ下弦分格點ニ働ク死荷重 G_d ノ量ヲ補正センニハ求メタ V_m ノ應力ニ $+G_d$ ダケ加フル事ヲ要スル。

[VI] 構材應力ノ影響線

影響線ノ性質并ビニ用途ニ就イテハ既ニ第六章第十二節ニ於テ詳細ニ説明セラレタルガ故ニ茲ニハ再ビ之ヲ反覆シナイ事トシヤウ。之ヲ用ヒテ支點反力ヲ求ムル事ハ Fig. 186 ニ於テ、單桁ノ彎曲力率ヲ求ムル事ハ Fig. 187 ニ於テ更ニ剪力ヲ求ムル事ハ Fig. 192 於テ之ヲ詳カニシタ。結構殊ニ橋構ノ部材應力ヲ影響線ニ依リテ求ムル事ハ其與ヘラレタ荷重ガ等布進行荷重ナルト機關車聯行荷重ナルトニ拘ラズ極メテ有効ニ之ヲ應用セラル、ガ故ニ茲ニ之ヲ説明スル事トシヤウ。

單純結構ノ兩支點(一支點可動一支點鉸)ノ反力 A 及 B ニ對スル影響線ハ單桁ノ場合ニ於ケルト全ク同一デアアル。

弦材ノ應力ハ常ニ力率解法ニヨリテ其一般法則ガ與ヘ得ラレル、即チ弦材應力ハ此弦材ヲ一邊トスル三角形ノ此弦材ニ對スル對頂點ヲ力率中心トシテ求メタ外力ニ因ル彎力曲率ヲ此中心カラ此弦材ニ至ル挺率デ割ツテ求メラレ上弦材ハ壓力下弦材ハ張力ヲ受クルノデアアル。即チ

$$U_m = \frac{M_m}{r_m} = \frac{1}{r_m} \times M_m \dots\dots\dots (346)$$

從ツテ弦材應力ニ對スル影響線ハ對頂點ニ對スル單桁トシテノ

彎曲力率影響線ニ依ツテ與ヘラレ之レニ乘數 $\mu = \frac{1}{r}$ ヲ乘ズルカ或ハ作圖ニ當ツテ支點上ニ採ルベキ縱距ヲ此 r ニテ割リテ置ク代リニ $\frac{x}{r}$ ヲ置ケバヨイ。茲ニ r ハ此弦材ニ屬スル挺率デアアル。 Fig. 492 (b) ハ上

弦材 U_{m+1} ニ對スル、又 (c) 圖ハ下弦材 L_m ニ對スル影響線デアアル。尙 L_m ニ對スル力率中心 $m-1$ ハ荷重ヲ受クル弦(下弦)ノ分格點ノ中間ニアルガ故ニ L_m ニ對スル影響線ノ $(m-2)m$ 格間ニ相當

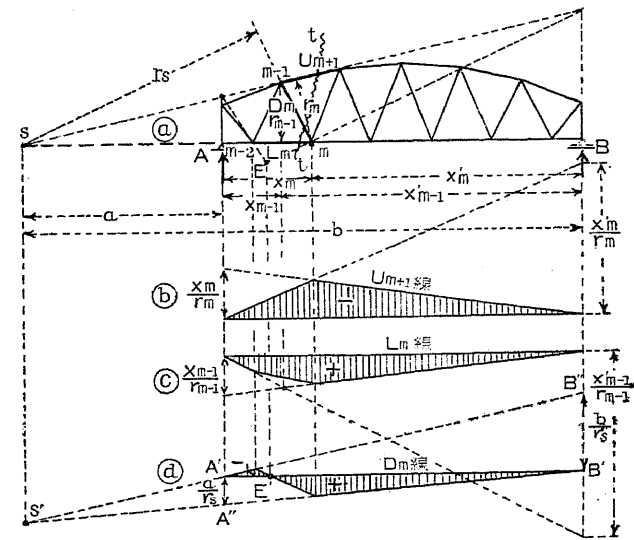


Fig. 492.

スル部分ハ一ツノ直線ニテ表ハサレルコトハ (c) 圖ニ示ス通りデアアル。

斜材ノ影響線モ前同様力率法ヲ用ヒテ行ハレル。即チ Fig. 492 (d) ニ於テ斜材 D_m ノ力率中心點(即チ斷面 tt デ切ラレタ U_m 及 L_m 材延長線ノ交點)ヲ s トスレバ荷重ガ斷面 tt ノ右側ニアルトキニハ此斷面ノ左側ニ働ク内外力ノ s 點ニ關スル力率方程式ヲ立テ

$$-A \cdot a + D_m \cdot r_s = 0$$

$$D_m = + \frac{a}{r_s} A \dots\dots\dots (347)$$

又荷重ガ斷面 tt ノ左側ニアルトキニハ其右側部分ノ平衡條件ヲ考へ

$$-B \cdot b - D_m \cdot r_s = 0$$

$$D_m = -\frac{b}{r_s} \cdot B \dots\dots\dots(347')$$

茲ニ A 及 B ハ荷重 1 ニ對スル A, B 支點ノ反力デアリ $\frac{a}{r_s}A$ 及 $\frac{b}{r_s}B$ ハ断面ノ右及左ニ於ケル荷重ニ對スル D_m ノ影響線ノ縦距ニ外ナラナイ。今 Fig. 492 ㉔ニ於テ水平線 A'B'ニ沿ヒ A 支點ノ上ニ A'A''=1, $\frac{a}{r_s}$ ヲ採リ B 支點ノ上ニ B'B''=1, $\frac{b}{r_s}$ ヲ採リ A''ト B', B''ト A'トヲ結ベバ直線 B'A'' 及 A'B''ハ夫々 B_m 間及 $(m-2)A$ 間ノ影響線ヲ與ヘルモノデアル。(m-2)m格間ニ於ケル影響線ハ㉔圖ニ示ス如ク直線トナリテ丁度荷重境界點 Eノ下ニ於テ符號ヲ變ジ零トナル。此影響線ノ特性トスベキ關係ハ A'B'' 及 A''B'ノ二直線ガ D_m ノ力率中心點 sノ直下ニ於テ交叉スル事デアツテ此關係ハ作圖ノ精粗ヲ檢スル有効ナル方便トナリ又 $\frac{a}{r_s}, \frac{b}{r_s}$ ノ何レカ一方ヲ置クノミデ作圖ヲ完成シ得ルタメノ方便トモナル。此關係ハ縦距ト距離トガ

$$\frac{a}{r_s} : \frac{b}{r_s} = a : b$$

ナル比例ニアル事カラ生ズルノデアル。全ク同様ノ關係ハ荷重境界點 E'ニ就キテモ云ヒ得ル。

尙 Fig. 492 ノ作圖ニ當ツテ㉔圖ニ於テ支點上ニ採ル $\frac{x_m}{r_m}, \frac{x'_m}{r'_m}$ ノ代リニ x_m, x'_m ヲ用ヒテ乘數 $\mu = \frac{1}{r_m}$ ヲ適用シ㉔圖ノ $\frac{x_{m-1}}{r_{m-1}}, \frac{x'_{m-1}}{r'_{m-1}}$ ノ代リニ x_{m-1}, x'_{m-1} ヲ用ヒテ乘數 $\mu = \frac{1}{r_{m-1}}$ トシ同様ニ㉔圖ノ $\frac{a}{r_s}, \frac{b}{r_s}$ ノ代リニ a, b ヲ用ヒ求メ答ニ乘數 $\mu = \frac{1}{r_s}$ ヲ乘ズル事トシテモヨロシイ。斯クノ如キ方法ニ據レバ單桁ニ於ケルト何等變

化ヲ認メナイ。

結構ノ形ニ依ツテ兩弦材ガ平行ニ近イ場合ニハ斜材應力ニ對スル影響線ヲ求ムル爲メニ必要デアツタ兩弦材延長線ノ交點 sノ位置ヲ紙上ニ決定スル事ガ出來ナイ事ガアル。此場合ニハ次ノ如キ方法ヲ用フル事モ出來ル。

Fig. 493ニ於テ支點反力 A=1トナル如キ荷重ガ B 支點ニ近キ一點ニ作用スルモノトス。例ヘバ $P=1 \cdot \frac{l}{b}$ ナル荷重ガ B 支點ヨリ bノ距離ニ作用スルモノトスレバ A 支點ノ反力 A=1トナル。

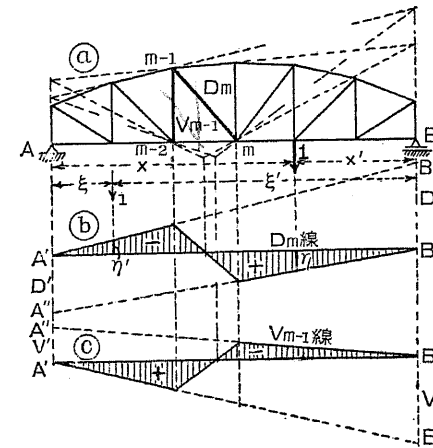


Fig. 493.

此荷重状態ニ於テ生ズル斜材應力ヲ D'垂直材應力ヲ V'トスレバ支點反力ガ 1ニ非ズシテ Aナルトキノ應力ハ夫々 AD' 及 AV'トナル。全ク同様ニ支點反力 B=1トナル如キ荷重ヲ假定シ此場合ノ斜材及垂直材ノ應力ヲ夫々 D'', V''トシヤウ。此 D', V' 及 D'', V''ノ應力ノ算定ハ「クレモナ」應力圖ノ作圖ニヨツテ容易ニ之ヲ

求ムル事ガ出來ル。

扱 m 分格點ヨリ右方ニ働ク荷重 $P=1$ ニ因ツテ生ズル左支點反力ハ $A=1 \cdot \frac{x'}{l}$ デアルガ故ニ斜材 D_m ノ受クル應力ハ $D_m=AD'=\frac{1x'}{l} \cdot D'$ トナル。同様ニ $m-2$ 分格點ヨリ左ニ働ク單位荷重 1ニ因ツテ生ズル右支點反力 $B=1 \cdot \frac{\xi}{l}$ トナリ斜材應力 $D_m=\frac{1 \cdot \xi}{l} \cdot D''$ トナ

ル。今水平線 A'B' ノ上 = A' ヨリ A'A'' = D' ヲ測リ取リ B' ヨリ B'B'' = D'' ヲ置キ(符號 = 注意シテ)斯クテ求メタル B'A'' 及 A'B'' ヲ結ベバ此二直線ハ夫々 mB 間及 A(m-2) 間ノ影響線ヲ與ヘルモノデア
ル。何トナレバ m ヨリ右方 = 働ク荷重 1 ノ下 = 於テ $\eta = D' \frac{x'}{l}$ ノ
縦距ヲ與ヘ m-2 ヨリ左方 = 於テ $\eta' = D'' \frac{\xi}{l}$ ヲ與ヘルカラデア
ル。最後 = 格間 (m-2)m = 於ケル影響線ハ斯クノ如クシテ求メタル
m-2 及 m 格點 = 於ケル縦距ヲ直線ニテ結ベバヨロシイ。

垂直材 = 對スル影響線ノ作圖モ斜材 = 於ケルト同様 V' 及 V''
ヲ支點上 = 置ク事 = ヨツテ容易 = 行ハレルノデアツテ Fig. 493 ©
= 於テ A 支點上 A'A'' = V', B 支點上 B'B'' = V'' ヲ置キ A'B'', A''B' ヲ
直線ニテ結ベバ圖上影線ニテ示シタル影響線ヲ得ルノデア
ル。

以上述べた腹材 = 對スル影響線ノ作圖ハ其兩弦ガ平行ナルト
キ = 於テ著シク簡單トナル。

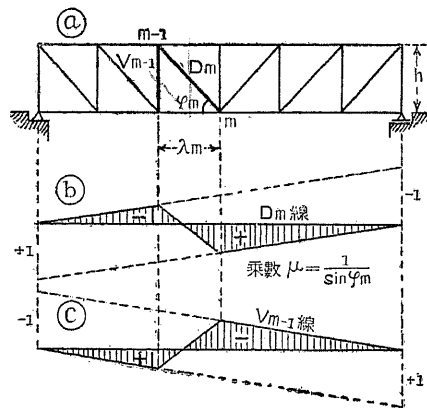


Fig. 494.

從ツテ D_m ノ影響線ハ格間 m ノ剪力 Q_m ノ影響線ト同ジモノ = 乗
數 $\mu = \frac{1}{\sin \varphi_m}$ ヲ適用スルカ (Fig. 494 © 參照) 或ハ支點上 = 立ツル
縦距トシテ 1 ノ代リ = $\frac{1}{\sin \varphi_m}$ ヲ用フレバヨイ。

Fig. 494 = 示ス平行弦下路橋々
構 = 於テ斜材 D_m ノ應力ハ

$$D_m \cos \varphi_m = \frac{M_m - M_{m-1}}{h}$$

之 = 構高 $h = \lambda_m \tan \varphi_m$ ヲ入レ

$$D_m = \frac{M_m - M_{m-1}}{\lambda_m \sin \varphi_m} = \frac{Q_m}{\sin \varphi_m} \dots (348)$$

平行弦橋構ノ垂直材應力 V_{m-1}ハ下路橋トシテ

$$V_{m-1} = -Q_m \dots (349)$$

從ツテ垂直材 V_{m-1} = 對スル影響線ハ格間 m ノ剪力影響線 = 依
ツテ與ヘラレ乘數 $\mu = -1$ ヲ適用スルカ或ハ單 = 影響線ノ符號ヲ
變ズレバヨイ (Fig. 494 © 參照)。此橋構ガ上路橋デアツテ荷重ガ
上弦分格點 = 作用スル場合 = ハ

$$V_{m-1} = -Q_{m-1} \dots (350)$$

トナルガ故 = V_{m-1} = 對スル影響線ハ格間 m-1 ノ剪力 Q_{m-1} = 對
スル影響線 = -1 ヲ乘ジタルモノ = 依ツテ與ヘラレル。

徑間ノ特ニ大ナル橋構 = 於テハ三角網ヨリ成ル主系結構ノ間
ヲ更ニ細分シテ副系結構ヲ形成セシメルモノデアツテ屋背構ノ
徑間大ナル場合 = 複雑ナル「ボロンソー」屋背構ヲ用フルト同理デ
アル。 Fig. 495 = 示スハ其一例デアツテ簡單 = 其解法ヲ示シ次イ

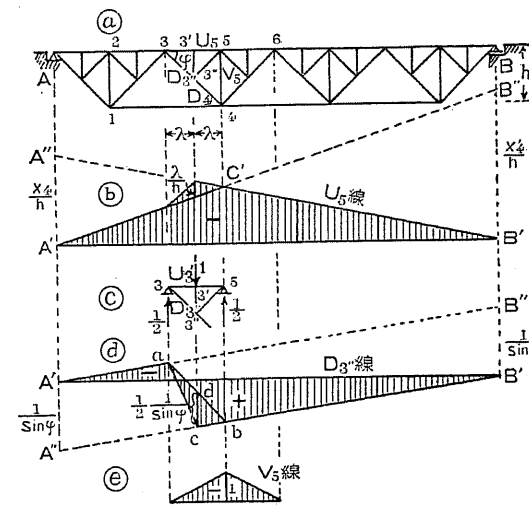


Fig. 495.

デ影響線ノ求メ方ヲ説明
シヤウ。

荷重ノ位置ガ既知ナル
トキノ部材應力ヲ求メン
ニハ「クレモナ」應力圖ヲ用
ヒテ容易 = 之ヲ求メ得ベ
ク其作圖ノ途中必要 = 應
ジ其或部材ノ應力ハ計算
ニテ求メナケレバナラヌ。
荷重ガ之ニ反シ可動ナル
場合例ヘバ機關車ノ如キ

聯行荷重ナルトキニハ影響線ニ據ル解法ヲ最モ便利トス。

Fig. 495ニ示ス上路橋構ノ上弦材 U_3 ノ影響線ヲ求メンニハ先ヅ副系構材 (Secondary system)ハ存在セザルモノト假定シ主系構材 (Main system)ノミニ對シテ既ニ説明シタル方法ニ據ツテ影響線 $A'C'B'$ ヲ作圖スル。次イテ主系結構ノ格間 3-5ノ中央ノ點 3'ノ上ニ荷重ノ存在スル場合 3-3''-5 (Fig. 495 © 參照)ナル副系結構ヲ一ツノ完全ナル結構ト考フレバ其結構ノ兩支點 3ト5トニ反力 $\frac{1}{2}$ ヲ生ジ此荷重ニヨリ結構ノ上弦材 3-5ニ生ズル應力 U' ハ分格點 3''ニ對スル力率ノ平衡式カラ求メラレ

$$\frac{1}{2} \cdot \lambda + U_3' \frac{h}{2} = 0$$

$$U_3' = -\frac{\lambda}{h}$$

式中 λ ハ格間距離 33'ヲ示シ h ハ構高ヲ示ス。然ルニ $\frac{\lambda}{h}$ ナル數値ハ $A'B''$, $B'A''$ ナル二直線ガ 3'ヲ通ズル垂線上ニ挾ム線分ナル事ヲ知ルガ故ニ且ツ格間 33'及 3'5ニ於テハ影響線ハ各々直線ナル事ヲ要スルガ故ニ求メタル影響線ハ ⑥圖ニ影線ヲ施シタル面積ナル事ヲ知ル。

下弦材應力ニ對スル影響線ハ主系結構トシテ求メタルモノト何等差違ナキ筈デアアル。何トナレバ此下弦材ハ副系結構ニ少シモ關係セザルガ故デアアル。

斜材 D_3'' ノ影響線ヲ求メンニ先ヅ前述ノ方法ヲ以テ D_4 ニ對スル影響線ヲ作り(平行弦ナレバ其作圖極メテ容易デアアル)コレニ ⑦圖ニ示シタル副系結構トシテ生ズル應力ヲ加ヘレバヨイ。コノ副系結構ニ於テ生ズル應力ハ支點 3ニ於ケル反力 $\frac{1}{2}$ ヲ U_3' 及 D_3'' ノ

方向ニ分解シテ求メラレ $D_3'' = +\frac{1}{2} \frac{1}{\sin \varphi}$ トナルベク ⑧圖ニ於テニツノ平行線 $A'B''$ 及 $B'A''$ ノ間隔ハ $\frac{1}{\sin \varphi}$ デアアル故ニ此平行線ノ間ニハ $\frac{1}{\sin \varphi}$ ノ線分ヲ挾ミ而シテ格點 3'ハ格間 35ノ中點ナルガ故ニ主系結構ニ對スル影響線 ab ガ格點 3'ヲ通ズル垂直線ヲ切ツテ生ジタ下半縦距 cd ハ $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \varphi}$ トナルベク從ツテコレダケノ縦距ヲ加ヘタル $A'acbB'$ ハ求ムル D_3'' ニ對スル影響線トナル。

Fig. 495 ©ニ垂直材 V_5 ニ對スル影響線ヲ示ス。其説明ハ之ヲ略ス。讀者就イテ研究セラレン事ヲ望ム。

尙結構ニ關スル更ニ詳細ナル理論ヲ研究セントスル讀者ニ對シ著者ハ次ノ書籍ヲ推獎セント欲ス。

Foerster—Taschenbuch der Bauingenieure II.

Kaufmann—Statik

Merriman & Jacoby—Roofs and Bridges II.

Müller-Breslau—Graphische Statik der Baukonstruktionen I.

第八節 「ゲルバー」橋構

(Bridge Truss of Gerber's Type)

既ニ第六章第三十二節ニ於テ「ゲルバー」桁 (Gerber's beam)ノ解法ヲ影響線ヲ用ヒテ行フノ方法ヲ詳述シタ。此桁ノ代リニ結構ヲ用ヒ數個ノ結構ヲ并ベテ鉸ヲ以テ連接シタル所謂「ゲルバー」結構ハ大徑間ノ橋梁トシテ數々應用セラル、モノデアツテ其解法ハ影響線ヲ用ヒテ極メテ容易ニ且ツ適切ニ行ヒ得ル。茲ニハ Fig.

344 乃至 346 = 於テ「ゲルバー」桁ニ對シテ行ヒタルト全ク同様ノ解法ヲ反覆シヤウ。

(a) 主徑間結構部材ノ應力

Fig. 345 及 346 = 於テ示シタル如ク主徑間内任意點ノ彎曲力率 = 對スル影響線ハ左右支點垂線上ニ縱距 x, x' (任意點ガ支點カラノ距離)ヲ立テ、ソノ端ヲ夫々左右反對側ノ支點ト結ビ更ニ之ヲ延長シテ作圖シ得ラレルノデアツテコノ作圖法ハ其儘結構ニ應用シ得ラレル。

Fig. 496 = 示ス「ゲルバー」上路橋構ヲ採リ其主徑間上弦材 U_{m+1} ノ應力ニ對スル影響線ヲ求メンニハ其對頂點 $m-2$ = 於ケル彎曲力率 M_{m-2} = 對スル影響線ヲ作圖シ斯クテ求メタ影響線 =

$$U_{m+1} = -\frac{M_{m-2}}{h_{m-2}}$$

ナル一般關係式ヲ適用シテ乘數 $\mu = \frac{-1}{h_{m-2}}$ ヲ用フルカ或ハ最初ニ影響線ヲ作圖スルニ當ツテ支點上ニ立テラルベキ縱距 x, x' ノ代リ $-\frac{x}{h}, -\frac{x'}{h}$ ヲ置ケバヨロシイ、 h_{m-2} ハ $(m-2)$ 點ヨリ U_{m+1} = 至ル垂直距離デアル。Fig. 496 (b) ハ此後者ニ從ツテ作圖シタル U_{m+1} 弦材ニ對スル影響線デアル。全ク同様ニシテ主徑間下弦材 L_m ノ影響線ヲ求メンニハ (c) 圖ニ示ス如ク支點垂線上ニ縱距トシテ $\frac{x_{m+1}}{r_{m+1}}, \frac{x'_{m+1}}{r_{m+1}}$ (r_{m+1} ハ對頂點 $m+1$ カラ此弦材 L_m = 至ル挺率デアル)ヲ立テコレヲ左右反對側ノ支點 B_1 及 A_1 = 結ビ延長シテ G_2' 及 G_1' = 至ラシムレバ作圖ガ出來上ル。

次ニ腹材ノ應力ニ對スル影響線ヲ求ムルタメ先ヅ斜材 D_{m+1} ヲ採ツテ之ヲ説明センニ此 D_{m+1} ヲ切ル如キーツノ斷面 tt ヲ假定シ

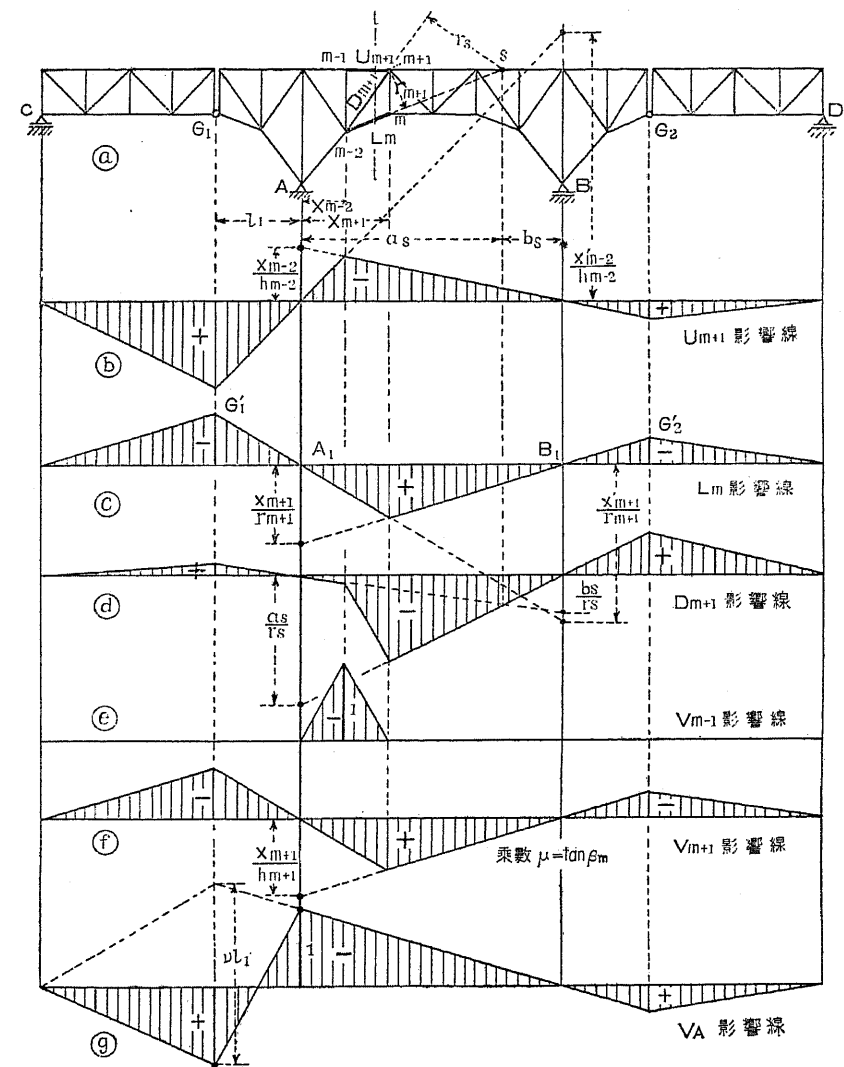


Fig. 496.

テ三部材ヲ切ラシメ tt ガ切リタル他ノ二部材 U_{m+1} 及 L_m ノ交點 s ヲ求メル。コノ s ハ D_{m+1} 材ノ應力ヲ求ムル爲メノ力率中心ニ外ナラナイガ故ニ斷面 tt ヲ右ニ荷重 1 ガ働イタ場合ニハ tt ヲ

リ左ノ部分ニツキテ平衡ヲ考ヘs點ニ對スル力率式ヲ立ツレバ
此部分ニハ單ニ支點反力 $A=1 \cdot \frac{b}{l}$ ト D_{m+1} 材應力トノミヨリ存在
シナイガ故ニ

$$A \cdot a_s + D \cdot r_s = 0$$

$$D = -A \frac{a_s}{r_s} = -1 \cdot \frac{b}{l} \cdot \frac{a_s}{r_s}$$

荷重1ガA點ニ來タ假想ノ場合ニ對シテハ $b=l$ ト置キ

$$D = -\frac{a_s}{r_s}$$

コレA點上ニ立ツベキ縦距ニ外ナラナイ。全ク同様ノ推理ニテ
B點上ニ $\frac{b_s}{r_s}$ ナル縦距ヲ立テコレヲ反對側支點ニ結ブ事 Fig. 4 6
㉔ノ如クセバ求ムル D_{m+1} ニ對スル影響線ガ得ラレルノデアアル。

以上説明シタ場合ニ於テハ弦材延長線ノ交點即チ斜材應力ヲ求
メル爲メノ力率中心點sガ徑間ABノ内側ニ存在シタノデアアル
ガ弦材傾斜ノ具合ニヨツテハ此交點sガ徑間ABノ外ニ出ル事
ガアル。斯カルトキ支點Bカラ交點sマデノ距離ヲbトセバ前
ト同様ノ推論ヲ爲スニ當ツテ $A = -1 \cdot \frac{b}{l}$ トナルガ故ニ

$$D = -A \frac{a_s}{r_s} = +1 \cdot \frac{b}{l} \cdot \frac{a_s}{r_s}$$

トナリ從ツテ影響線面積ガ Fig. 496 ㉔ニ示シタモノト正負逆ト
ナル。若シ又斜材Dノ傾斜ガ Fig. 496ニ示スト反對ニ右下リナ
ル如キ場合ナラバs點ニ對スル力率式ガ

$$A \cdot a_s - D \cdot r_s = 0$$

$$\therefore D = +A \cdot \frac{a_s}{r_s}$$

トナル事ハ單構ニ於ケルト同様デアアル。

尙特別ノ場合トシテ例ヘバs點ガ圖面ノ外ニ出ル如キトキニ

ハ此作圖法ハ應用シ難イノデアツテ此場合ニハ先キニ前節[VI]
ニ Fig. 493ヲ以テ説明シタ方法即チ支點反力 $A=1$ ナル如キ場合
ノ D_m 材ノ應力 D'_m 及ビ支點反力 $B=1$ ナル如キ場合ノ D_m 材ノ應
力 D''_m ヲ求メコレヲA及B支點ニ於ケル縦距トシテ立テル事ニ
ヨツテ影響線ヲ作圖シ得ルノデアアル。 D'_m, D''_m ハ二ツノ「クレモ
ナ」應力圖ヲ作ルコトニヨツテ容易ニ求メ得ラレル。

垂直材ノ應力ニ對スル影響線ヲ求メンニ此結構ニハ二種ノ垂
直材ノアル事ヲ知ラネバナラス。(m-1)格點カラ下降シテ居ル
垂直材 V_{m-1} ハ其第一種デアツテコレハ單ニ上弦材ニ來ル荷重ヲ
橋構ニ傳達スルダケノ役目ヲスルモノデアアルガ故ニ荷重ガ(m-1)
格點ニ隣接スル二ツノ格間ニ來タ場合ニノミ應力ヲ受ケ其他ノ
荷重ニヨリテハ應力ヲ受ケナイ。此 V_{m-1} 材ノ影響線ハ支點反力
ト同様(m-1)格點ニ縦距 -1ヲ有スル三角形ニテ與ヘラレル事
㉔圖ニ示ス通りデアアル。第二種ノ垂直材ハ(m+1)格點カラ下降
シテ居ル V_{m+1} ノ如キデアツテコレハ前述ノモノトハ趣ヲ異ニシ
全徑間ニアル荷重ノ影響ヲ受ケル。其應力ヲ求ムル爲メニ假ニ
m格點ヲ取圍ム断面ヲ假定シテ Fig. 497ノ如キ部材配置ヲ假定
スレバ $\Sigma V=0$ ナル平衡條件ヨリ

$$V_{m+1} + L_{m+2} \sin \beta_{m+2} - L_m \sin \beta_m = 0$$

$$V_{m+1} = L_m \sin \beta_m - L_{m+2} \sin \beta_{m+2}$$

然ルニ $\Sigma H=0$ ナル平衡條件ニヨリテ明カナル

如ク

$$L_{m+2} \cos \beta_{m+2} = L_m \cos \beta_m = \frac{M_{m+1}}{h_{m+1}}$$

デアアルガ故ニ此關係ヲ挿入シ

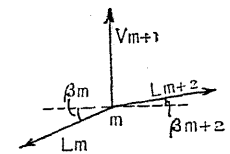


Fig. 497.

$$V_{m+1} = \frac{M_{m+1}}{h_{m+1}} (\tan \beta_m - \tan \beta_{m+2})$$

今乗數 $\mu = (\tan \beta_m - \tan \beta_{m+2})$ ヲ假定スレバ上式ハ次ノ如クナル。

$$V_{m+1} = \mu \frac{M_{m+1}}{h_{m+1}}$$

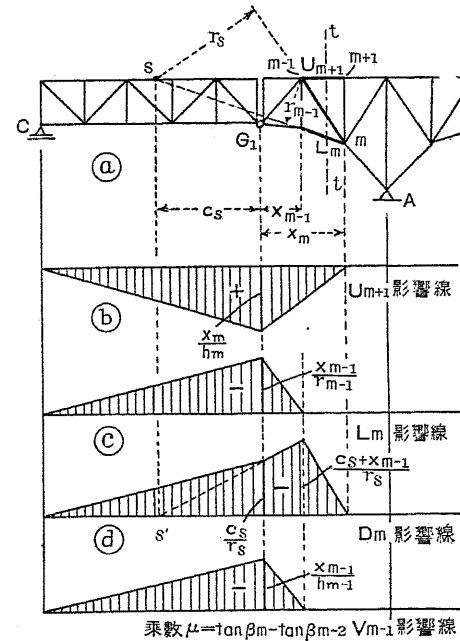
從ツテ影響線ハ $\frac{M_{m+1}}{h_{m+1}}$ ニ對スルモノヲ作圖スレバ足ルノデアツテ先ヅ左右支點上ニ $\frac{x_{m+1}}{h_{m+1}}, \frac{x'_{m+1}}{h_{m+1}}$ ヲ立テ、①圖ノ如ク之ヲ結ビ作圖ヲ完了シ得ラレル。Fig. 496 ニ示ス「ゲルバー」橋構ニ於テハ $\beta_{m+2} = 0$ ナルガ故ニ此影響線ニ對スル乗數 $\mu = \tan \beta_m$ トナル。

(b) 肱木部ニ於ケル部材應力

既ニ Fig. 344 ニ就イテ説明シタル如ク肱木部ノ或點Kニ生ズル彎曲力率ノ影響線ハ其點ガ鉸(自由端)カラノ距離 x ヲ鉸點ニ於ケル縱距トシテ之ヲ置キ其端ヲ今考ヘテ居ルK點ニ結ンデ作圖セラレルノデアツテ此方法ハ其儘茲ニ應用セラレル。

Fig. 498 ニ示ス「ゲルバー」結構肱木部ノ上弦材 U_{m+1} ニ對スル影響線ヲ求メンニハ之ニ相當スル力率中心點(對頂點) m ニ對スル彎曲力率ノ影響線ト考ヘテ鉸點上ニ $\frac{x_m}{h_m}$ ヲ縱距トシテ置キコレヲ②圖ノ如ク格點 m 及左支點 c ニ結ベバヨロシイ。下弦材 L_m ニ對スル影響線モ全ク同理ニヨリ鉸點上ニ $\frac{x_{m-1}}{r_{m-1}}$ ヲ置キテ作圖サレ得ル(③圖參照)。

斜材 D_m ハ $(m+1)$ 格點ヨリ左ニ荷重ノ働イタ場合ニ限り應力ガ生ズル事ハ明カデアアルガ故ニ影響線モ $(m+1)$ 格點ヨリ左ニノミ存在スル筈デアアル。断面 tt ヲ假定シテコレニ切ラレタ上下弦材ノ交點 s ヲ求ムレバ s ガ力率中心デアアル。今断面 tt ヲ左ノ任意點(鉸ヨリ右ヘ c ノ距離トス)ニ荷重 1 ガ働イタ場合ニ此中心 s



乘數 $\mu = \tan \beta_m - \tan \beta_{m-2}$ V_{m-1} 影響線

Fig. 493.

ニ對シ此断面ヨリ左側ニ働ク力ノ平衡條件ヲ示セバ

$$1(c_s + c) + D_m r_s = 0$$

$$D_m = -1 \frac{c_s + c}{r_s}$$

$c = 0$ ノ場合即チ鉸點ニ於ケル縱距ハ

$$D_m = -\frac{c_s}{r_s}$$

ニテ與ヘラレ $(m-1)$ 格點ニ於テハ $c = x_{m-1}$ ト置キテ

$$D_m = -\frac{c_s + x_{m-1}}{r_s}$$

斯ク求メタニツノ點ヲ通ジテ

④圖ノ如キ影響線ガ作圖サレ得ル。其影響線ノ CG_1 徑間ニ

對スル部分ハ明カニ一ツノ直線デ與ヘラレ、ガ故ニ G_1 點ニハ折點ヲ生ズベク右端ハ $(m+1)$ 格點ニ於テ 0 トナル。肱木部ニ對スル影響線ノ部分ヲ圖示ノ如ク延長スレバコレガ基線ト s' ノ點ニ於テ合スル筈デアツテ此特性ハ作圖ニ應用シテ都合ヨキ事ガ多イ。

最後ニ A 支點上ノ垂直材 V_A ノ影響線ヲ求メンニ(Fig. 496 參照) A 支點左右ニアル下弦材應力ヲ L_l, L_r トシ其水平線ト成ス傾斜角ヲ β_l, β_r トセバ前ニ Fig. 497ニ於テ V_{m+1} ニ對シテ求メタルト同様 $\Sigma V = 0$ ナル平衡條件ヨリ

$$A + V_A + L_l \sin \beta_l + L_r \sin \beta_r = 0$$

$$V_A = -\left[A + \frac{M_A}{h_A} (\tan \beta_l + \tan \beta_r) \right]$$

ヲ得ル。從ツテ今

$$\nu = \frac{1}{h_A} (\tan \beta_i + \tan \beta_r)$$

ト置ケバ A 反力ニ對スル影響線 (Fig. 342 參照) 即チ A 支點ニ 1 ヲ
縦距ニ置キテコレヲ右支點 B ト結ブコト Fig. 496 ㉔ ノ如クシタ
ル影響線ト更ニ M_A ニ對スル影響線ノ ν 倍即チ G_1 點ニ νl_1 ヲ立テ
之レヲ A 及 C 支點ニ結ビタル影響線トノ差トシテ ㉕ 圖ニ影線
ヲ施シタル如キ結果ヲ得ル、茲ニ差トシタルハ M_A ガ負ナルニヨ
ル。

第九節 結構ノ彈性變形

(Elastic Deformation of Trusses)

[I] 變位圖 (Displacement Diagram)

荷重及反力即チ外力ガ與ヘラレテ此外力ヲ受クル結構ノ任意
部材ニ生ズル應力ニ應ジテ受クル長さノ變化ハ次ノ一般公式デ
計算サレル。

$$\Delta l = \frac{P \cdot l}{E \cdot F} \dots\dots\dots \text{第三章第一節(40)式參照}$$

- 式中 P = 其部材ノ全應力
- l = 同 長
- F = 同 斷面積
- E = 彈性係數

以上ノ外力ニ因ルモノノ外ニ溫度ノ變化カラ起ル變形ヲ考慮ニ
加ヘルト Δl ノ値ハ更ニ次ノ量ダケ増加シナケレバナラス

$$\Delta l_t = \gamma t l$$

式中 γ = 線膨脹係數即チ溫度 1° ノ變化ニ對スル伸縮

t = 溫度ノ昇降度數。

總ジテ結構ハ數多ノ三角形ニヨツテ組成セラレテ居ルノデア
ルカラ各格點ガ與ヘラレタ荷重ニ因ツテ受クル變位ヲ求メルニ
ハ其ノ一ツノ三角形ヲ採ツテ其格點ノ變位ヲ求メル方法ヲ研究シ
コレヲ全體ニ及ボシテ計算スルノデアアル。從ツテ先ヅ一ツノ三
角形 abc ヲ採リ其任意格點 C = 結合スル二部材 aC 及 bC ノ伸
縮及其二部材ニ連接スル分格點 a 及 b ノ變位ガ既知ナルトキ C
點ノ變位ヲ如何ニシテ求ムルカト云フ問題ヲ解決スレバ此解法
ヲ順次各三角形ニ反覆應用シテ全結構ノ變位圖ヲ作ル事ガ出來
ル。

Fig. 499 = 於テ aC 部材ノ應力ヲ壓力トシ其全長 l_1 = 就イテ $-\Delta l_1$
ダケノ變形即チ收縮ヲ爲シ更ニ bC 部材ハ抗張材デアツテ長 l_2 =
就イテ $+\Delta l_2$ ダケノ伸長ヲ爲シタリトシ同時ニ a 及 b 分格點ノ變
位ハ既知デアツテ其量及方向ハ圖上ノ aa' 及 bb' ニテ示サル、モ
ノトスル場合分格點 C ハ如何ナル變位ヲ受クルカラ調べヤウ。

先ヅ aC 部材ノミヲ採ツテ考ヘル
ニ a ガ a' = 移動シタノデアアルカラ C
ガ自由ニ移動出來ルナラバ aC 部材
ハ夫自身ニ平行ニ $a'C_1$ ノ位置迄移動
スル筈デアアル。而シテ aC 部材ハ抗
壓材デアツテ $-\Delta l_1$ ノ收縮ヲ爲ス故ニ
C ノ點ハ C_1 カラ Δl_1 ノ長さダケ a' ノ

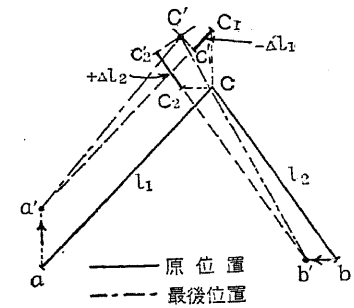


Fig. 499.

方向ニ測ツタ點 C_1' へ來ル事トナル。而シテ此端 C_1' ハ a' ヲ中心
トシテ自由ニ移動シ得ル故ニ最後ニ求ムル C ノ位置ハ a' ヲ中心

トシ $a'C_1' = l_1 - \Delta l_1$ ヲ半径トスル圓弧ノ上ニ存スル事ヲ知ル。尤モ aC 部材ノ變形ト云ヒ變位ト云フモ其量ハ極メテ僅カデアアルカラ部材長ヲ圖上ニ表シタ縮尺ニテハ殆ンド表ハレナイ事ハ勿論デアアル又端 C_1' ノ移動モ實際ハ a' ヲ中心トスル圓弧ニ沿フテ動クノデアアルガ作圖上ハ弧ノ代リニ弧ニ引カレタ切線ノ上ニ動クト考ヘテモ差支ヘナイト思ハレル。即チ部材ノ端 C_1' ニ立テラレタ垂線ノ上ニ存在スル事トナル。以上ハ C 點ガ aC 部材ノ一端ヲ爲ストシテノ考察デアアル。次ニ今 C 點ガ bC 部材ノ一端ヲ爲ストシテ考察センニ bC 部材ノ b 點ガ b' 迄動イタノデアアルカラ C 點ガ自由ニ動キ得ルナラバ bC 部材ハ $b'C_2'$ ノ位置ニ來ルデアラウシ更ニ此部材ガ抗張材トシテ $C_2C_2' = +\Delta l_2$ ダケノ伸長ヲ爲スガ故ニ結局 C 點ハ b' ヲ中心トシ部材長 $b'C_2' = l_2 + \Delta l_2$ ヲ半径トシテ書イタ弧ノ上ニ移動スル事ヲ知ル、尤モ其移動モ極メテ微小デアアルカラ弧ニ引カレタ切線ノ上ニ動クト考ヘテ差支ナイモノデアアル。斯クテ C 點ハ aC 及 bC 部材ノ何レニモ屬スルガ故ニ C 點ノ變位後ノ正シキ位置ハ上述ノ二ツノ切線 $C_1'C'$ 及 $C_2'C'$ ノ交點 C' ニ來ル事ヲ知ル、コレ求ムル C 點移動後ノ位置デアアル。

Fig. 499 ニ於テハ變形 Δl_1 及 Δl_2 並ビニ a, b 及 C 點ノ變位ハ極メテ擴大シテ作圖シテアル、若シ部材長ヲ表ハシタト同ジ縮尺デ是等ヲ精密ニ表ハシタナラバ恐ラク圖上ニ表ハレナイデアラウ。故ニ變位ノミヲ求メルタメノ變位圖(Displacement diagram)ニ於テハ部材ノ原長ヲ省略シテ變位ノミヲ書ク様ニスル。即チ Fig. 499 ニ於テ a 及 b 點ノ變位ヲ表ハス CC_1 及 CC_2 並ビニ兩部材ノ變形 Δl_1 及 Δl_2 ハ既知デアツテ其 Δl_1 及 Δl_2 ヲ置イタ端ニ立テラレタ垂

線(即チ圓弧ヘノ切線) $C_1'C'$ 及 $C_2'C'$ ニヨツテ一ツノ閉多邊形ヲ得タノデアツテコレ丈ケノ作圖ニヨツテ完全ニ C 點ノ變位 CC' ガ求メラレルノデアアル。從ツテ Fig. 500 ニ於テ C 點ノ代リニ原點 O ヲ採リ與ヘラレタ變位及變形ヲ適當ナ(擴大サレタ)縮尺ヲ以テ

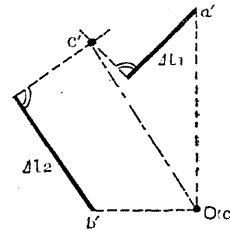


Fig. 500.

順次圖上ニ置ク時ハ C 點ニ對スル變位圖ヲ求メ得ルノデアアル。同圖ニ於テ a 點ノ變位ガ Oa' , b 點ノ變位ガ Ob' デアツテ Δl_1 及 Δl_2 ハ各部材ノ變形ヲ量及方向ヲ正シク置イタモノニ外ナラス。斯クテ此變形ヲ表ハス線ノ端カラ此線ニ垂線ヲ立ツレバ C' ヲ得ベク Oa' , Ob' 及 OC' ハ格點 a, b 及 C ノ變位ヲ表ハスモノデアアル。

斯クノ如キ圖ヲ變位圖(Displacement diagram) 又ハ「モール」及「ウイリオット」氏變位圖(Mohr and Williot's displacement diagram)ト云フ。此作圖ニ於テ特ニ注意スベキハ變形 Δl ノ値ヲ置ク時ニ其變形ノ方向ヲ誤ラザル様考慮作圖シナケレバナラヌ事デアアル。其變形ガ結構圖(Truss diagram)ニ於ケル假定的固定點ニ對シテ近ヅク如ク生ズルカ或ハ遠ザカル如ク生ズルカノ方向ヲ正シク圖示スル様注意スルヲ要ス。Fig. 499 ニ於テ Δl_1 ハ固定ト假定シタル a 點ニ對シテ近ヅキ Δl_2 ハ同ジク b 點カラ遠ザカル方向トナツテ居ルガ如キデアアル。

變位圖ノ詳細ニ就イテ更ニ研究セントスル讀者ハ下記書籍ヲ參考セラレタイ。

Merriman & Jacoby—Roofs and Bridges, Part II.

Molitor—Kinetic Theory of Engineering Structures.

[II] 結構ノ變位圖

今茲 = Fig. 501 ㉔ = 示ス如キ木造ノ雄柱構 (King post truss) フ採リ各格點ノ變位ヲ求メントス。圖示セルモノハ徑間 16 ft., 高サ 8 ft., b 點 = 働ク荷重 12000# トス。

此場合ノ變位圖ヲ作製スル爲メニ必要ナル各部材伸縮ヲ計算スル事次ノ如シ。

| 部 材 | 應 力 | 部 材 長 | 斷 面 積 | Δl | 部 材 番 號 |
|-----------|--------|--------|-------|------------|---------|
| $ab = bc$ | + 6000 | 96 | 36 | +0.0107 | 1 及 5 |
| $aB = Bc$ | - 8490 | 135.75 | 64 | -0.0120 | 2 及 4 |
| Bb | +12000 | 96 | 36 | +0.0213 | 3 |

Fig. 501 = 示ス作圖ニ於テハ便宜上左端 a ヨリ始メ格點 a ト

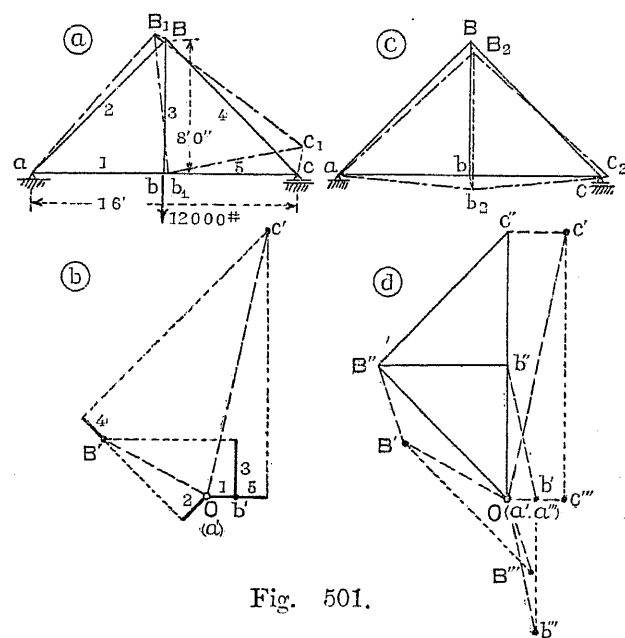


Fig. 501.

部材 ab ノ方向トガ固定シタモノト假定シタノデアアル。先ヅ Fig. 501 ㉔ニ於テ極即原點 O ガ固定點 a フ表ハスモノトセバ ab ノ方向ハ固定デアアルカラ b 點ノ變位ハ表示ノ $Ob' = +0.0107$ ノ伸長ニ因ツテ a 對シ水平ニ右方へ

即チ遠ザカル如ク動キ b' フ得。次ニ abB ナル三角形ニ於テ其二格點 a 及 b 點ノ變位ハ上述ノ如クシテ既知トナツタノデアアルカラ B 點ノ變位ハ Fig. 499 ニテ説明シタト同様ニ作圖セラレル。即チ Fig. 501 ㉔ニ於テ B 點ハ a ニ近ヅキ b ヨリ遠ザカル事 (aB ハ縮ミ bB ハ伸ビル故ニ) フ知ルガ故ニ ㉔圖ニ於テ ㉔圖ノ aB ノ方向ニ變位 2, 同ジク bB ノ方向ニ變位 3 フ置キ其端カラ各々垂線ヲ立テ、交點 B' フ得ル、即チ OB' ガ點 B ノ變位デアアル。次ニ $abBc$ ニ就イテ b 及 B ノ變位ハ既知トナツタカラ殘ル c 點ノ變位ヲ求メ得ル、即チ c 點ハ B ニ近ヅク如ク變位スルガ故ニ ㉔圖ノ B' ニ於テ c ガ B ニ近ヅク方向ニ變位 4 フ置キ更ニ c ハ b ヨリ遠ザカル如ク變位スル故ニ b' カラ右方へ 5 ノ變位ヲ置キ斯ク置イタニツノ變位ノ端カラ各々垂線ヲ立ツレバ其交點 c' ガ變位後ノ c フ示シ Oc' ガ c ノ變位ヲ示スノデアアル。以上ノ作圖ハ a 點並ビニ ab 部材ノ方向ヲ固定セルモノト假定シテ始メタノデアツテ求メ得タ各格點ノ變位ヲ圖上ニ表ハシ變形結構ヲ得シニハ各變位ヲ正シキ縮尺ニヨツテ Fig. 501 ㉔ニ移セバヨイノデアアル、即チ b ノ變位 Ob' フ bb_1 ニ、 B ノ變位 OB' フ BB_1 ニ、 c ノ變位 Oc' フ cc_1 ニ置キコレヲ鎖線デ結ベバ ㉔圖ニ示ス變形結構圖ヲ得ル。然シ實際ノ問題トシテハ c 點ハ支點上ニ水平線ニ沿フテノミ動キ得ルガ故ニ事實ノ變形結構ハ ㉔圖ニ於ケル c_1 ガ ac ナル水平線上ニ存在スル如ク全體ノ變位圖ヲ a フ中心トシテ時針ノ方向ニ廻轉シナケレバナラス。斯クテ實際ノ變形結構圖 ㉔圖ヲ得ルノデアアル。茲ニ變位圖ヲ廻轉スルノ作圖方法ヲ説明シヤウ。

Fig. 501 ㉔ニ求メ得タ各點ノ變位ヲ途中ノ作圖線ヲ省略シテ

寫シタモノガ Fig. 501 ㉔ デアツテ O ヲ極トセル Ob' , OB' , Oc' ガ ab 部材ノ方向ヲ不變ノモノト假定シテ求メタ各格點ノ變位デアル。今 a ヲ中心トシ ac_1 (㉔ 圖參照) ヲ半徑トシテ廻轉シタ爲メニ c_1 ノ畫クベキ弧ハ半徑 ac_1 ニ比シテ非常ニ小デアルガ故ニ弧ノ代リニ c_1 カラ ac 線ニ引イタ垂線ヲ以テ之ニ代フル事ガ出來ルモノトスレバ此作圖ハ ㉔ 圖ニ於テ $c'e''$ ノ如キ ac 部材ニ直角ナ線代表ハサレルノデアル。而シテ更ニ別ノ方面カラ考ヘテ上述ノ如ク c 點ハ ac 線ニ沿フテ水平ニノミ動キ得ルノデアルカラ結局 c ノ求ムル位置ハ O (即 a') ト同ジ水平線上ニ採ツタ c'' ニ外ナラナイ (若シ c 點ガ水平ニ動クニ非ズシテ或他ノ定マリタル方向ニ動クノデアレバ其方向ヘ O カラ線ヲ引イテコレニ c' カラ垂線ヲ下セバヨイノデアル)。即チ ㉔ 圖ノ作圖ニヨツテ得タ c ノ變位ハ Oc' デアツテ更ニコレニ廻轉ニヨル $c'e''$ ノ變位ヲ加ヘタ事ニナリ合成變位 Oc'' ガ實際ノ c ノ變位デアル。同ジ廻轉ニヨル B ノ變位ハ ㉔ 圖ニ於ケル $B'B''$ トナルノデアツテ其方向ハ B' カラ結構ノ aB 部材ノ方向ニ直角ニ引カレタ線デアリ其長サハ a ナル中心カラ B ガ隔ツテ居ル距離 aB ニ比例スル事ハ明カデアルカラ

$$B'B'' : c'e'' = aB : ac$$

ナル式カラ $B'B''$ ガ計算セラレ又相似三角形ノ作圖ニヨツテ圖上ニ求メル事モ出來ル。斯クテ求メタ OB'' ガ B 點ノ實際ノ合成變位デアル。同様ニシテ b 點ノ變位モ求メ得ラレル、コレハ説明スル迄モナク $ab = \frac{1}{2} ac$ デアルガ故ニ b 點ノ變位ヲ作圖スルニ必要デアル $b'b''$ ナル廻轉ニ對スル b 點ノ變位ハ

$$b'b'' = \frac{1}{2} c'e''$$

ナル事ヲ知ルベク其方向ハ結構ノ ab 部材ノ方向即チ水平線ニ直角ニナルノデアツテ求メタ Ob'' ガ b 點ノ合成變位デアル。斯クテ a ヲ除イタ三點 B, b 及 c ノ變位ガ方向、量共ニ求メラレ ㉔ 圖ニ於ケル OB'' , Ob'' 及 Oc'' ガコレヲ示スモノデアル、 a ヲ中心トスルガ故ニ a ニ對スル a'' ハ a' ト一致シ $Oa'' = 0$ デアル事ハ勿論デアル。斯クテ變形シタ結構ノ最後ノ位置ハ ㉔ 圖ニ於テ鎖線ヲ示ス如クナルノデアツテ同圖上ノ合成變位 $B'B_2$, $b'b_2$, $c'e_2$ ハ ㉔ 圖ノ OB'' , Ob'' , Oc'' ニ平行ニ且ツ縮尺ヲ變ジテ記入シタモノデアル。㉔ 圖ニ於ケル $aB_2c_2b_2$ ナル變形結構ハ ㉔ 圖ニ記入シタ $aB_1c_1b_1$ ト形狀寸法同ジカルベキ筈デアル。

Fig. 501 ㉔ ニ就イテ説明シタ $a'e''$, $a'B''$, $a'b''$ ヲ求メルノ作圖ハ次ノ如ク考ヘル事ニヨツテ更ニ簡單ナラシメ得ル。㉔ 圖ニ於テ變位ノ方向ノ既知デアル c 點ニ就イテ $c'e'$ ヲ水平ニ又 $a'e'$ ヲ ac 部材廻轉ノ方向 (即チ垂直) ニ引キ其交點ヲ c' トシ次ニ $a'e'$ ヲ結構ノ一部材 ac ニ相當スルト考ヘテ結構圖ヲ其底邊上ニ記入スル事 ㉔ 圖ニ示ス $a'B''c''b''$ ノ如クスル、然ル時ハ平行四邊形ノ關係カラ

$$c'e' = a'e'', \quad B'B'' = a'B'', \quad b'b'' = a'b''$$

トナルガ故ニ廻轉前ノ變位位置ヲ示ス c' , B' 及 b' ト前述ノ方法ヲ記入シタ結構圖 $a'B''c''b''$ ノ相當點 c'' , B'' 及 b'' トヲ直線ニテ結ブ時ハ此直線 $B''B'$, $b''b'$ 及 $c''c'$ ノ方向及長ハ求ムル廻轉後各格點ノ實際ノ變位ヲ示スモノデアル。

斯クノ如クシテ變位圖並ニ變形結構ハ作圖サレル。其實際作圖スルニ當ツテ望ム所ハ出來ル丈ケ作圖ヲ簡潔ナラシメルニア

ル。斯クスレバ交叉線ノ僅カノ不精密ニ因ル誤差ヲ少ナカラシ
メ同時ニ縮尺ヲ大ニシテ作圖シ得ル故ニ精度ヲ増ス事ガ出來
ルノデアアル。如何ニシテ簡潔ナラシメ得ルカト云フニ最初ニ假定
シタ固定點ノ位置及方向ヲ次ノ要領ニ據ツテ選定スルニアル。
即チ與ヘラレタ荷重ノ影響ニヨリテ方向ヲ變ゼザル部材又ハ方
向ヲ變ズルコト最少ナル如キ部材ヨリ始メテ變位圖ヲ作レバヨ
イノデアアル。斯クノ如キ部材ハ單純結構ニ於テ結構及荷重ガ對

稱ナル場合ニハ結構中央ニ存在ス
ル事ヲ知り得ルノデアツテ橋構
(Bridge truss) デアレバ格間數ガ偶數
デアアル場合ニ其結構ノ中央垂直材、
奇數デアアル場合ニ其中央格間ノ弦
材(Chord member)ノ如キハ之レニ相
當スルモノデアアル。Fig. 502

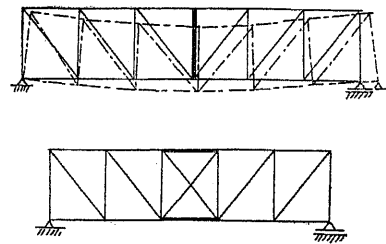


Fig. 502.

Fig. 502 ニ太キ線ニテ示ス部材ハ即チ夫レ
デアアル。
前述ノ雄柱屋構ニ就イテ之ヲ説明センニ其結構及荷重ハ對稱
デアアルガ故ニ中央ノ垂直抗張材ガ其方
向ヲ變化セザル部材ニ相當スル。今此
Bb 材ノ方向ヲ固定ト考ヘ其何レカノ
端B 又ハ b 點ヲ固定ト考ヘテ變位圖ヲ
作レバ最モ簡單ナ變位圖ガ出來ル。Fig.
503 ハ即チコレデアツテ b ヲ固定ト考
ヘレバ原點O ガ b' ト一致シB ヲ固定ト
考ヘレバO ガB' ト一致スルノデアアル。

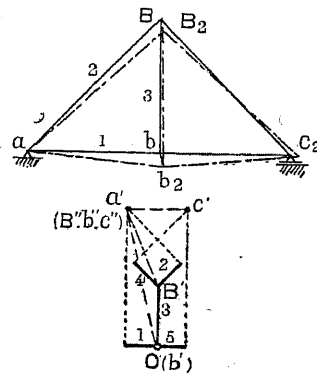


Fig. 503.

今假ニ b' ヲ原點ト考ヘテ説明スレバ部材 3 ハ抗張材デアアルカラ
伸長スベク其量ヲ 3 トシテ上方ヘ置ケバ B ノ變位位置 B' ヲ得ル。
更ニ a ヲ求メンニハ部材 1 ハ抗張材デアツテ左ニ伸長スル故ニ
b' カラ變位 1 ヲ左ヘ置キ部材 2 ハ抗壓材デアツテ a ハ B ニ向ツ
テ 2 ダケノ變位ヲスル故ニ B' カラ變位 2 ヲ右上方ヘ置キ此求メ
タ二點カラ垂線ヲ引ケバ其交線 a' ガ a ノ變位位置ヲ與ヘル。同
様ニシテ 5 及 4 ノ變位ヲ置キ垂線ヲ引イテ c' ノ變位位置 c' ヲ得
ルノデアアル。求メタ Fig. 503 ハ Fig. 501 ト同一縮尺ニテ畫イタモ
ノデアアルカラ比較シテ其簡潔ナル事ヲ知ル事ガ出來ル。

【III】 結構ノ撓度 (Deflection of Truss)

變位圖ヲ作レバ其圖ハ結構ノ面ニ於ケル各格點ノ實際ノ變位
ヲ與ヘルノデアアルガ一般ニ必要ナルハ其垂直分變位 (Vertical com-
ponent displacement) 即チ撓度 (Deflection) ノミデアアル。橋梁屋背構ノ
如キ構造物ハ其建設ニ當ツテハ必ズ多少ノ反リ (Camber) ヲ附ス
ルモノデアアルガコレハ結構ガ最大荷重ヲ受ケタ時荷重ヲ受ケタ
弦材ノ格點ガ左右ノ支點ヲ結ビツケタ線ヨリモ下ニ落ちナイ様
ニスル目的デアツテ此反リハ如何ニシテ附與スルカト云フニ其
結構部材ガ死活兩荷重ノ總計ニ因ツテ受クル彈性伸長ノ量ダケ
抗張材ヲ短ク抗壓材ヲ長ク作り置ク事ニ依ツテ反リヲ與ヘ得ル
ノデアアル。此場合ニ活荷重應力トシテハ結構ノ中央格點ニ於テ
最大彎曲力率ヲ生ズベキ荷重配置ニ對スル各部材ノ同時應力ヲ
用フベキデアアル。

斯クノ如キ彈性變形ニ相當スル部材長ヲ與ヘテ此結構ヲ平坦
ナ地盤上ニ平ラニ組合セテ見レバ Fig. 501 ノ雄柱屋構ニ就イテ

述べれば Fig. 504 (a) の様な形トナルデアラウ。其下弦材ハニツノ直線カラ成ルヲ見ル。次ニ此結構ニ對シテ死荷重ダケノ應力ニ相當スル變形ヲ以テ變位圖ヲ作り各格點ノ垂直變位ヲ調べバコレガ此屋背構ヲ唯單ニ起コシテ a ト c トヲ支ヘ死荷重ノミ

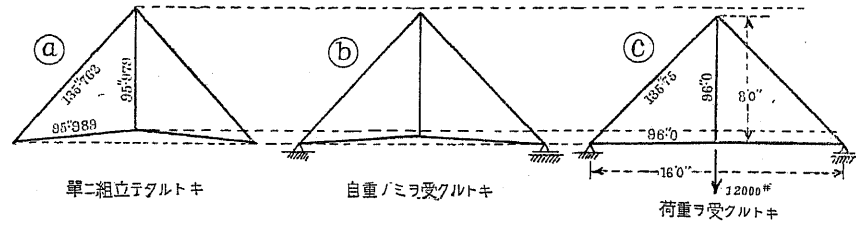


Fig. 504.

ヲ受ケシメタ時ノモノニ相當スル。斯クテ更ニ之ニ活荷重ヲ作用セシメタ時ハ其下弦材ガーツノ直線ヲ形成スル如ク撓度ヲ生ズル筈デアアル。

Fig. 505 ハ橋構ガ汽關車荷重ヲ受ケタル場合ノ變位圖カラ其撓度ヲ求メタ作圖例デアツテ其作圖ヲ行フ前ニ先ヅ中央徑間ニ最大彎曲力率ヲ生ズル荷重配置ヲ求メ此レニ相當スル各部材ノ應力ヲ求メ斯クテ部材ノ斷面積及長カラ變形 Δl ヲ計算シコレヲ表示スル時ハ次ノ表ヲ得ル。

| 部材 | 應力 | 長 | 斷面積 | Δl | 部材番號 | |
|-----|-----------|---------|-----------------|------------|----------|--------|
| 下弦材 | 單位 1000# | in | in ² | in | | |
| | $ab = bc$ | + 287.0 | 321 | 36.0 | + 0.0382 | 8, 11 |
| | cd | + 360.0 | 321 | 46.0 | + 0.0866 | 4 |
| | de | + 256.0 | 321 | 46.0 | + 0.0856 | 14 |
| 上弦材 | $ef = fg$ | + 266.5 | 321 | 36.0 | + 0.0819 | 18, 21 |
| | BC | - 369.0 | 3.9 | 65.12 | - 0.0717 | 6 |
| 腹材 | CD = DE | - 414.0 | 321 | 71.52 | - 0.0715 | 2, 12 |
| | EF | - 365.0 | 321 | 65.12 | - 0.0709 | 16 |
| | aB | - 413.0 | 464.7 | 76.44 | - 0.0666 | 10 |
| | Bb | + 140.0 | 336 | 17.52 | + 0.1033 | 9 |
| | Bc | + 106.0 | 464.7 | 23.56 | + 0.0804 | 7 |
| | Cc | - 12.5 | 408 | 30.6 | - 0.0064 | 5 |
| | Cd | + 87.5 | 519.1 | 34.0 | + 0.0514 | 3 |
| | Dd | 0 | 408 | 20.6 | 0 | 1 |
| | dE | + 94.5 | 519.1 | 34.0 | + 0.0555 | 13 |
| | Ee | - 5.0 | 408 | 30.6 | - 0.0024 | 15 |
| 材 | eF | + 130.0 | 464.7 | 23.56 | + 0.0986 | 17 |
| | Ff | + 106.0 | 336 | 17.52 | + 0.0782 | 19 |
| | Fg | - 386.5 | 464.7 | 76.44 | - 0.0903 | 20 |

求メタ Δl ヲ以テ變位圖ヲ作レバ Fig. 505 (a) ノ如キガ出來テ此圖カラ下弦材各格點ノ撓度ヲ知り得ルノデアアル。同圖ニ於テハ中央格點 d 及部材 Dd ノ方向ヲ固定ト假定シタノデアツテ Dd 部材ノ應力ハ 0 ナルガ故ニ變位圖上ノ D'ト d'トハ一致スル事トナリ此 Dd ノ方向ト D 又ハ d トヲ固定ト考ヘタ變位圖ヲ得ルノデアアル。作圖方法ノ詳細ハ Fig. 501 及 503 ニ説明シタト差違ナキガ故ニ其説明ヲ省略スル事トスル。

Fig. 505 (a) ノ如キ變位圖ヲ求メタ後 a' カラ水平線ヲ引キ結構ノ a 格點カラ下シタ垂直線トノ交點 a₁ ガ求メラレ又變位圖ノ g' カラ水平線ヲ引キ結構ノ g 格點カラ垂直線ヲ下ロシテ交點 g₁ ヲ得ル。a₁ ト g₁ トヲ結び其線上ニ下弦材ノ各格點ヲ移シタモノガ b₂, c₂, d₂,デアツテ是等ノ點カラ b₁, c₁, d₁,ガドレダケ變位スルカハ變位圖ノ相當點カラ水平線ヲ引キ結構ノ相當點カラ垂直線ヲ下シ其交點トシテ b₁, c₁, d₁,ガ求メラレ斯クテ b₁, b₂, c₁, c₂,ニヨツテ各格點ノ撓度ガ與ヘラレル。此圖ハ下弦格點ノ撓度ヲ示スノデアアルガ上弦格點ノ撓度ヲ求メンニハ下弦格點ノ撓度ヲ知レバコレカラ垂直腹材 (Vertical web member) ノ變形ダケヲ差引イテ容易ニ求メラレル。

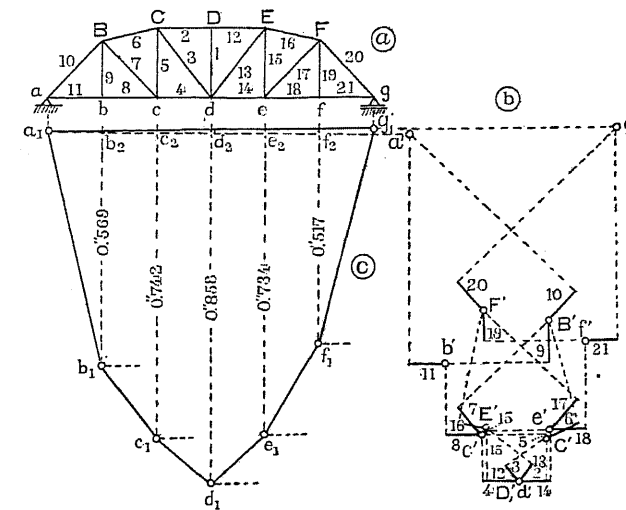
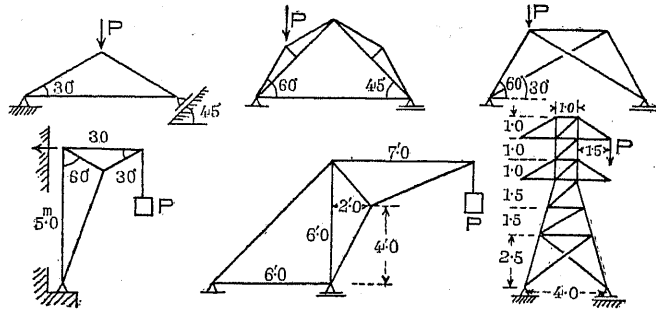


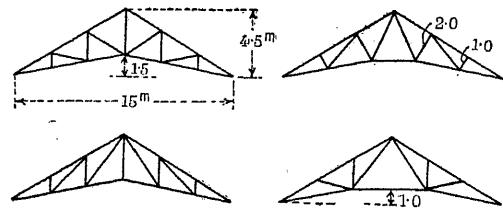
Fig. 505.

問題集第九

(1) 次ニ示ス各種結構ノ靜定度ヲ檢シ其應力ヲ求ム。

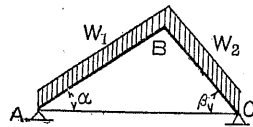


(2) 等徑間等高ヲ有スル次ノ四通リノ屋背構ニ就キ各部材應力ヲ求ム。上弦格點荷重ヲ5tトス。



(3) 徑間 20ft, 高 8ft ノ屋背構アリ。二本ノ合掌 (Rafter) ト其下端ヲ連ナル水平抗張材トヨリ成ル。荷重徑間 1ft = 付 500lbs. トシテ抗張材ノ應力ヲ求ム。若シ此抗張材ガコレヨリ 4ft. 上方ニ即チ合掌ノ中點ニ取付ケタリトセバ如何。 (答) +3125lbs; +6250lbs.

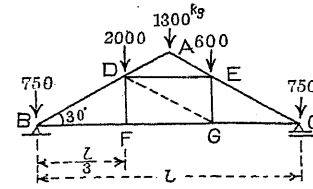
(4) 合掌 AB, BC ガ等長ナラズシテ各傾斜 α, β ヲ爲ストキ AB 上ノ荷重ヲ W_1 , BC 上ノ荷重ヲ W_2 トシテ抗張材ノ應力ヲ求ム。 (答) $\frac{W_1+W_2}{2} \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sin(\alpha+\beta)}$



(5) 前題ニ於テ徑間 10ft, $\alpha=60^\circ, \beta=45^\circ$, 合掌間隔 2'6", 屋背荷重 20#/ft² トシテ抗張材ノ應力ヲ求ム。 (答) 198#

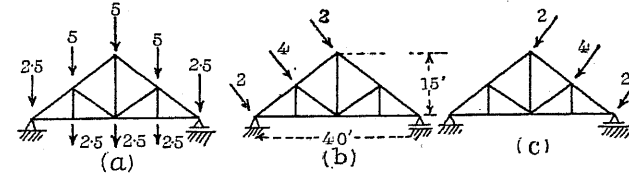
(6) 長 9 尺ノ棒三本ヲ集メテ頂點 A ヲ縛リ下端ヲ擴ゲテ地面上ニ三角形 BCD ヲ作り BC=8 尺, CD=7 尺, DB=9 尺 ナラシム。今頂點ニ 30 貫ノ荷重ヲ懸ケタルトキ各脚ニ生ズル應力ヲ求ム。 (答) AB=14.5 貫, AC=8 貫, AD=12.8 貫

(7) 圖示ノ雌柱構 (Queen post truss) ノ各部材應力ヲ求ム。



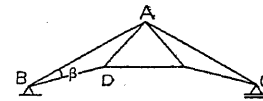
(答) $BD=5867, DA=AE=1300, EC=4933, DF=0,$
 $DE=1817\sqrt{3}, DG=933, EG=1217,$
 $BF=FG=2933\sqrt{3}, GC=2467\sqrt{3}.$

(8) 次ノ三種荷重ヲ受クル雄柱構 (King post truss) 各部材應力ヲ求ム。



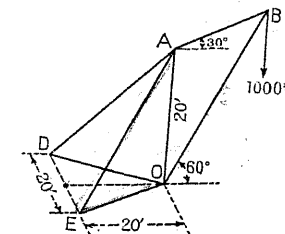
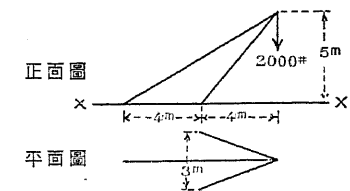
(答) (a) 上弦材 \Rightarrow 左ヨリ -18.75, -12.50; 腹材 +2.50, -6.25, +10.00; 下弦材 +15.00, +15.00
 (b) 上弦材 -3.83, -2.67, -4.17, -4.17; 腹材 0, -4.17, +2.50, 0, 0; 下弦材 +6.67, +6.67, +3.33, +3.33
 (c) 上弦材 -4.17, -4.17, -2.67, -3.56; 腹材 0, 0, +2.50, -4.17, 0; 下弦材 -1.17, -1.17, +1.87, +1.87

(9) ホロンソー屋背構 AB 上ニ荷重 W_1 , AC 上ニ荷重 W_2 ヲ受ク。 $\angle ABD=\beta$, 徑間 $BC=l, AD=BD$ ナルトキ 5 本ノ抗張材ニ要スル鋼材ノ重量ヲ求ム。



(答) $\frac{5}{6} \cdot \frac{W_1+W_2}{\sigma} w l \cot \beta$

(10) 空間力ノ分解合成ハ立體幾何學的作圖ニヨリ正面圖及平面圖ヲ用ヒテ容易ニ行ハル。圖示ノ合掌起重機各部材應力ヲ圖式解法ニヨリテ求ム。



(11) 圖示ノ動臂起重機 (Derrick crane) 頂點ニ 1000 lbs. ノ荷重ヲ懸ク, (a) 動臂ヲ含ム垂直面ガ二本ノ控材間ノ角ヲ二等分スルトキ及ビ (b) 此垂直面ガ控材ノ一本ヲ含ムトキノ各部材應力ヲ求ム。

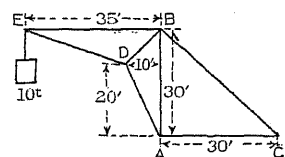
(答) (a) AB, 1000; BO, -1732; AO, -366 AD, AE+649; DO, EO, -484.

(b) AB, 1000; BO, -1732; AO, -649; AD, +1224; AE, 0; DO, -913; EO, 0.

- (12) 動臂起重機控材 AD, AE ノ水平投影長ヲ a, b , 其挾角ヲ β トシ動臂ヲ含ム垂直面 OAB ガ OD= a ト成ス角ヲ θ トスレバ柱 AO ノ最大應力ヲ生ズル場合ニハ角 θ ハ次式ニテ與ヘラル、事ヲ證明セヨ。

$$\frac{\cos(\beta-\theta)}{\cos\theta} = \frac{a}{b}$$

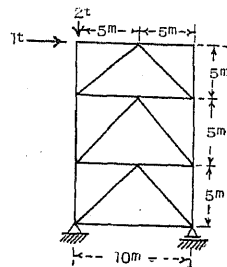
- (13) 圖示ノ起重機各部材ノ應力及ピ支點反力ヲ求ム。



(答) C=-15.14t, A=25.14
BE=25.00t, DE=26.90, BD=21.08,
DA=26.08, BA=0.24, BC=18.12.

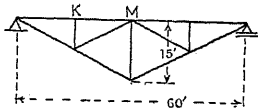
- (14) 水平荷重 1t, 垂直荷重 2t ヲ受クル圖示ノ如キ結構アリ。其各部材ニ生ズル應力及反力ヲ求ム。

(答) 左上ヨリ右へ; -1.0, 0; -2.0, +0.7, -0.7, 0;
-0.5, +0.5; -1.5, +0.7, -0.7, -0.5; -0.5,
+0.5; -1.0, +0.7, -0.7, -1.0; +0.5.



- (15) 徑間, 格間長, 構高ヲ等シクスル「ブラット」「ワレン」及「ハウ」三式ノ橋構ニ於テ格間荷重 P ヲ全徑間ニ受ケタルトキニ生ズル各材ノ應力ヲ比較セヨ。

- (16) 徑間 60ft. ノ架橋用假橋アリ。圖示ノ橋構二個ヲ用フルモノトシ幅 12ft. トシテ 50 lbs/ft² ノ荷重ニ對シ生ズル應力ヲ求ム。

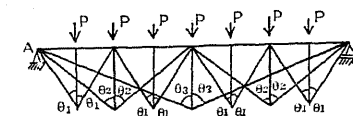


(答) 左端ヨリ上弦材 -13500, -13500;
下弦材 6750√5, 4500√5,
腹材 -4000, 2250√5, -9000.

- (17) 前題ニ於テ集中荷重 2000 lbs ガ (a) M 點ニ乘リタルトキ及ビ (b) K 點ニ乘リタルトキノ應力ヲ求ム。

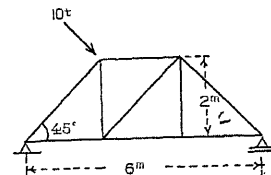
(答) (a) 上弦材 -2000, 下弦材 1000√5, 腹材 0, 0, -2000
(b) 上弦材 -3000, -3000, -1000, -1000; 下弦材 1500√5, 500√5,
500√5, 500√5, 腹材 -2000, 1000√5, -1000.

- (18) 圖示ノ「フキンク」橋構 (Fink truss) ニ生ズル各部材應力ヲ求ム。



(答) θ_1 チナス部材 $\frac{P}{2} \sec\theta_1$; θ_2 チナス部材 $P \sec\theta_2$; θ_3 チナス部材 $2P \sec\theta_3$

- (19) 傾斜荷重 10t ヲ受クル梯形構アリ。荷重斜材ノ傾斜ヲ 45° トシテ各材應力ヲ求ム。



(答) 左ヨリ上弦材 -3.33, -6.66√2, -6.66;
下弦材 1.66√2, 3.33√2, 3.33√2;
腹材 -3.33√2, 6.66, 0.

- (20) 「ワレン」下路橋構ノ斜材 60° ノ傾斜ヲナシ 6 格間アリ。死荷重ハ下弦格點ニ 3t, 上弦格點ニ 1t, 移動等布荷重ハ 1.2t/ft ニシテ格間長 10' ナルトキ各材ノ最大最小應力ヲ求ム。

(答) 端ヨリ上弦材 -46.1(-11.5), -73.9(-18.5), -83.1(-20.8);
下弦材 -23.3(6.0), 60.3(15.3), 78.7(19.9)
斜材 -46.8(-12.1), 45.6(10.9), -29.6(-6.11), 28.5(5.0),
-15.3(+2.7), +14.2(-3.8)

- (21) 「ブラット」下路橋構ニ格間死荷重 P ノ作用シタルトキ全格間數ヲ n, 左端ヨリ第 m 格間ニ對シ

$$\text{上弦材應力} \frac{m(n-m)}{2} \frac{d}{h} P, \quad \text{下弦材應力} \frac{(m-1)(n-m+1)}{2} \frac{d}{h} P$$

$$\text{斜材應力} \left\{ \frac{n-1}{2} - (m-1) \right\} P \operatorname{cosec}\theta, \quad \text{垂直材應力} \left\{ \frac{n-1}{2} - (m-1) \right\} P$$

ナル事ヲ證セヨ。

- (22) 前題ニ於テ移動荷重強度 p ガ作用スルトキ

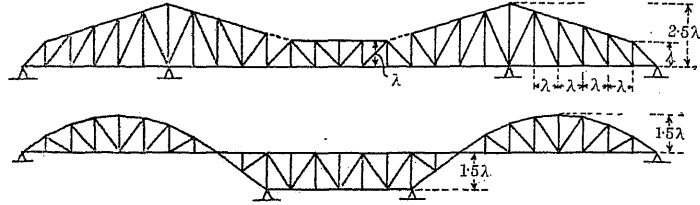
$$\text{斜材最大應力} \frac{m^2}{n(n-1)} \frac{d}{h} \frac{pl}{2}, \quad \text{垂直材最大應力} \frac{m^2}{n(n-1)} \frac{pl}{2}$$

ナル事ヲ證明セヨ。

- (23) 6 格間ヨリ成ル上路「ブラット」橋構ガ等布荷重ヲ全徑間ニ受ケタルトキ其材料ヲ最モ經濟的ナラシムルニハ斜材傾斜ガ垂直線ト 32° 36' ノ角ヲ爲ストキナル事ヲ證セヨ。

(解) 抗張抗壓材共ニ部材ノ斷面ハ應力ニ比例スルモノトシ應力長 (Stress-length) 卽チ部材應力ト其長トノ積ノ總和ノ最小ヲ求メヨ。

- (24) 圖示ゲルバー橋構任意部材應力ニ對スル影響線ヲ求ム。



- (25) 8ft. ノ間隔ニ同シ高サニ二點 A, B アリ。AC, BC ノ二本ノ鋼鉸ガ水平線ト爲ス傾斜ヲ夫々 30° 及 45° , 斷面積夫々 1.5 及 2.0 in^2 トシ C 點ニ 7 tons ノ荷重ヲ懸ケタルトキ $E=12,500/\text{in}^2$ トシテ C 點ノ垂直及水平移動ヲ求ム。

(答) 0.0252", 0.0076"

- (26) 等長部材ヨリ成ル「ワレン」橋構アリ。下弦 4 格間ニシテ徑間 24' ノ中點ニ集中荷重ヲ受ケ生ズル許容應力ハ抗張材 6 ksi , 抗壓材 3 ksi , 彈性係數 $E=12,500/\text{in}^2$ トシテ中點撓度ヲ求ム。 (答) 0.240"