

論 説 報 告

土木學會誌 第七卷第一號 大正十年二月

構桁ニ於ケル横綾構斜材ニ就テ

學生員 中原壽一郎

本論ハ構桁ニ於ケル横綾構斜材ノ副應力ニ立脚シ之カ設計方法ニ及ヘルモノニシテ本論ノ一部ニハ曩ニ本誌第四卷第六號所載工學士黒田武定氏所論一部ノ敷衍トモ見ル可キモノアリ

著者ハ自ラ菲才ヲ顧ス敢テ公紙ヲ穢シタルヲ恐ル先輩諸氏カ正確ナル御判断ト高遠ナル御教示トヲ賜ラハ幸トスルトコロ若シ又設計上之ニ留意セラル、ニ至ラハ満足之ニ過クルモノナシ

横綾構ノ目的ハ直線軌道ニアリテハ垂直動荷重ニ因ル横振れ及ヒ風壓ノ横荷重ニ應スルモノトセラルレトモ其ノ荷重ノ量ニ至リテハ嚴密ニ計上シ難ク從テ設計モ亦或ル程度迄ハ憶測ニ過キサルヘシ然レトモ横綾構ハ桁全體トシテノ横固度(Lateral stiffness)ヲ與フル點ニ於テ甚タ重要ナリト考ヘラル、カ故ニ之カ性質ヲ考究スルモ亦徒勞ニ非サル可シト信ス

横綾構ノ型式ハ多様ナレトモ茲ニ論セントスルハ從來最モ普通ニ採用セラレタル複斜型(Double diagonal system)ニ就テナリ

横綾構ハ上記ノ目的ニヨリ横荷重ニ抵抗スルハ勿論ナレトモ別ニ他トノ關係上必然的ニ或ハ構造上ヨリシテ種々ノ副應力ヲ受クルモノナリ

横綾構斜材ノ副應力一般

横綾構斜材カ受クル副應力ヲ列舉セハ大體次ノ如カル可シ

一 軸 應 力

- (a) 主構弦材ノ變形ニ因ルモノ
- (b) 通過荷重ノ加速度ニ因ルモノ
- (c) 自重ニ因ルモノ
- (d) 接合部ノ固定ニ因ルモノ
- (e) 構造ニヨリテハ縦桁トノ結合ニ因ルモノ

右ノ内彎曲應力ハ概シテ構造ニヨルモノニシテ場合ニヨリテハ頗ル大ナル値ヲ有ス可ケレトモ構造上ノ注意ニヨリテ相殺シ得ルカ或ハ全ク之ヲ除去シ得ルモノナルカ故ニ之ヲ不問ニ附ス

茲ニ主トシテ論スルハ軸應力ニシテ特ニ主構弦材ノ變形ニ因ルモノハ全ク必然的ナリト想像セラル

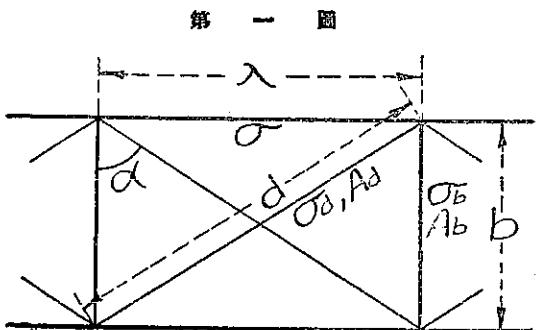
左ノ文中ニ屢々現ル、副應力ナル語ハ專ラ軸應力ニ關スルモノニシテ彎曲應力ヲ意味セナルモノト規約ス

主構弦材ノ變形ニ因ル影響

一般ニ構桁ニアリテハ上弦材ハ張力ヲ受ケ下弦材ハ張力ヲ受クルモノナリ而シテ横綾構斜材ノ受クル副應力ハ主構弦材ノ應力ト同性質ナルハ明白ニシテ弦材ニ作用スル應力カ壓力ナルトニ拘ラス或ル範圍内ニ於テハ主構弦材ノ變形ニ相應シ同一程度ノモノナリ

本論ニ入ルニ先シテ副應力ノ程度ニ關シ考究シ吟味スルヲ要ス弦材（主構ニ共通）ニ任意ノ應力ノ作用ヲ見ルトキハ弦材ト共ニ斜材及ヒ横支材モ亦變形ヲ受ク可ク從テ斜材ハ若干ノ應力ヲ受ク可キナリ

第一圖ハ横綾構ノ一格間ヲ示スモノニシテ



人間格

b
主構中心間距離

d 斜材ノ長サ

Δh Δd Δb 夫々弦材斜材及ヒ横支材ノ變形量

σ_a σ_b 夫々弦材斜材及ヒ横支材，受タル單位應力

$$d = \sqrt{\lambda^2 + b^2}, \quad dd = \frac{\partial d}{\partial \lambda} d \lambda + \frac{\partial d}{\partial b} d b = -\frac{\lambda}{\lambda^2 + b^2} d \lambda + \frac{b}{\lambda^2 + b^2} d b, \quad \therefore dd = \frac{\lambda d \lambda + b d b}{\lambda^2 + b^2}.$$

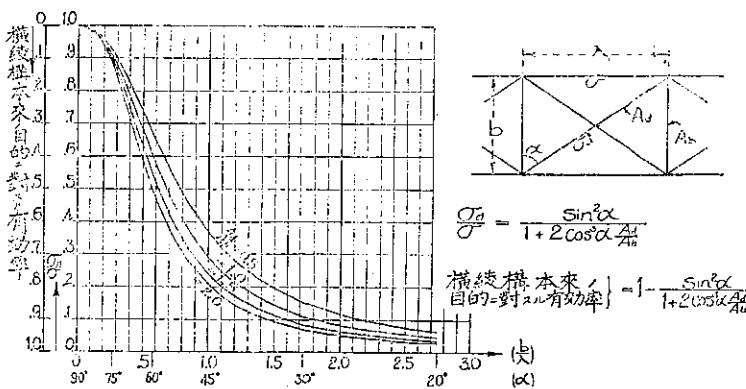
$$\text{然ルニ } \Delta d = d \frac{\sigma_a}{E}, \quad A\lambda = \lambda \frac{\sigma}{E}, \quad Ab = b \frac{\sigma_a}{E} \text{ ナルヲ以テ右式。}$$

$$d\frac{\sigma_a}{E} = \frac{k^2 \sigma}{E} + b^2 \frac{\sigma_b}{E}, \quad \sigma = \frac{k^2 \sigma + b^2 \sigma_b}{k^2 + b^2},$$

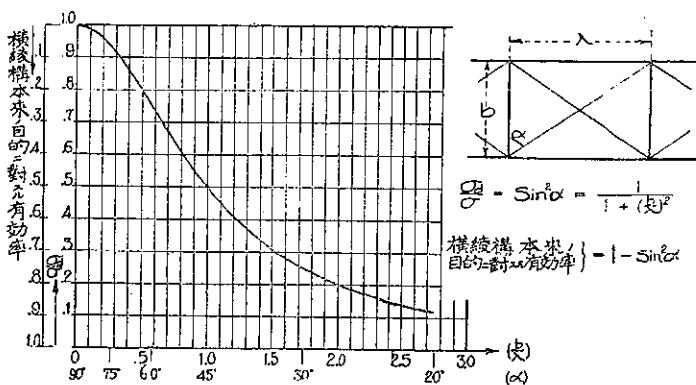
ハレニ於テ $\sigma_b = -2\sigma_a \cos \alpha \frac{A_a}{A_b}$ ナル關係ヲ代用セバ

ヲ得(1)式ハ即チ横綫構斜材ニ起ル副應力ノ密度ト主構弦材ノ應力密度 (Stress intensity) トノ比ヲ表ハスモノナリ
荷弦側ノ横支材(床桁)ノ如キハ必然變形アル可ケレトモ其ノ斷面積ノ大ナル事實ヨリ其ノ變形量ヲ棄却スルモ大差ナカ
ル可シ然ルトキハ(1)式ノ特別ナル形トシテ(2)式ヲ得

第二圖



第三回



(1) 及ヒ(2)式ニヨリ α 或ハ β ヲヲ
距 σ_a ヲヲ縦距トシテ二者ノ關係ヲ
圖示セハ夫々第二圖及ヒ第三圖ノ如
シ(1)式及ヒ(2)式ニヨリ或ハ圖示ニ於
テ一見明白ナルカ如ク主構中心間距
離ニ比シテ格間大トナルニ從ヒテ斜
材ハ其レカ副應力ヲ增加シ從テ本來
ノ目的ニ對シテ抵抗シ得ル能率ハ次
第ニ減少スルヲ見ル可シ

今の材料ノ許容應力トセハ横綾構
斜材トシテ發揮シ得ル有効應力ハ

$$\sigma_o - \sigma_a = \sigma_o \left(1 - \frac{\sigma_a}{\sigma_o} \right)$$

ニ過キス之ニ(1)式及ヒ(2)式ニヨル
 σ_a

$$\text{有効應力} = \sigma_0 \left\{ 1 - \frac{\sigma \sin^2 \alpha}{\sigma_0 \left(1 + 2 \cos^2 \frac{A_a}{A_b} \right)} \right\} \quad \& \quad \sigma_v = \sigma_0 \left\{ 1 - \frac{\sigma}{\sigma_0 \left(1 + \frac{b^2}{k^2} \right)} \right\}$$

ヲ得弦材ノ應力密度カ許容應力ニ達スル場合即チ右式中 $\sigma = \sigma_0$ ナル場合ヲ考フレハ

$$\text{有効應力 } \sigma_0 = \left\{ 1 - \frac{\sin^2 \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha \frac{A_u}{A_b}} \right\} \quad \text{及ヒ} \quad \sigma_0 = \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{b}{\lambda} \right)^2} \right\}$$

$$\text{シテ式中 } \left\{ 1 - \frac{\sin^2 \alpha}{1 + 2 \cos^2 \alpha \frac{A_u}{A_b}} \right\} \quad \text{或ヒ} \quad \left\{ 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{b}{\lambda} \right)^2} \right\} \quad \text{ハ横綫構本來ノ目的ニ對スル有效率トモ稱スヘキモノ}$$

ナリ（第一圖及ヒ第三圖參照）

拟テ吾人カ遭遇スル多クノ場合ヲ考フルニ主構弦材ノ變形ニ因ル影響ハ頗ル大ナルモノアリ從テ有效率ハ著シク減少シ副應力タリトテ輕々シク之ヲ看過シ得可カラサルモノアリト考ヘラル然モ吾人ノ想像シ得ル最モ不利ナルハ副應力ト同時ニ本來ノ應力ヲ受クル場合ナルカ故ニ横綫構斜材ノ設計ハコノ有效應力ニ準據スルヲ至當ナリト思惟ス然ラスンハ主構弦材ト横綫構斜材トノ變形率ハ異リ從テ强度ノ齊一ヲ缺キ面白カラサル結果ニ陷ルコトアル可ケレハナリ

次ニ横綫構斜材ノ設計ニ對シ從來採用セラレタル方法ヲ窺フニ對張弦側ノモノニアリテハ部材ノ質ハ之カ屬スル主構弦材ト同一トン横荷重ノ作用ニ當リテハ一格間ニ斜材ノ内只一材ノミ抵抗スルモノト考ヘ對壓弦側ニアリテハ特ニ纖細ナル部材ノ必要アリテカ或ハ單ニ其ノ固定點間ノ距離大ナルヲ以テ應壓材トスルコトニヨリ其ノ斷面積ノ餘リニ増大スルヲ恐ル、ノ故カ之ヲ應張材トシテ設計シ横荷重作用ニ當リテハ一格間ニ斜材中只一材ノミ作用スルト考ヘタルモノ多キ如シ

然ルニ上述ノ副應力ニ立脚セハ次ニ記スルカ如クヨリ合理的ニ統一スルヲ得ン即チ

横綫構斜材ハ之カ屬スル主構弦材ト同性質即チ對壓弦側ノ横綫構斜材ハ之ヲ應壓材トシ對張弦側ノソレハ應張材トシテ設計シ作用スル横荷重ハ何レニ於テモ一格間ノニ斜材ニヨリテ均等ニ分擔セラル、ト考フルニアリ

以下之ニ就キ少シク説明セントス今假ニ上ニ背キテ對壓弦側ノ横綫構斜材カ應張材トシテ設計セラレタルモノアリトシ主構弦材ニ應力作用セリトセハ弦材ノ短縮ト共ニ斜材ハ弛緩スルノ傾向アラン此狀態ニアリテ横荷重ノ作用ヲ見レハ斜材カ應張材トシテ抵抗シ初ムル迄ニハ横綫構ハ相當ノ變形ヲ見サル可カラサル可ク從テ横固度ヲ減少スルコト大ナルモノアル可シ若シ又對傾綫構ノ作用ヲ考フレハ此ノ際横荷重ニ抵抗スルモノハ主トシテ對傾綫構ニシテ横綫構ハ自然其ノ存在ノ意義ヲ失ヒ必要ヲ見サルニ至ルヘシ然ルニ上述ニ從ヒテ應壓材トシテ充分ナル設計ナリトセハ初メヨリ既ニ壓力ヲ受ケ次ニ來ルヘキ横荷重ニ對シテハ直ニ抵抗ヲ繼續シ横固度ニ關シテ何等前記ノ缺陷ナキヲ信ス

以上ハ對壓弦側ニ就テノ説明ナレトモ對張弦側ニ對シテモ略同様ノ考ヲ以テ説明シ得對張弦側ニアリテ横綫構斜材ノ性質ヲ應張材トシ横荷重作用ニ際シテ一格間ニ斜材中只一材ノミ作用スルモノト假定セル方法ハ本論ヨリ出發スルモ頗ル進歩的ニシテ斯クシテ得タル横綫構斜材ノ安定度ハ α リノ場合（即チ α カ四十五度ノ場合）ニハ全ク本論ノ結果ニ一致スルヲ見ル然レトモ其ノ他ノ場合ニアリテハ或ハ安定過度トナリ或ハ不安定ニ終リ未タ全キ理論的ノ方法ト稱スルヲ得サラン

縱荷重ノ及ホス影響

縱荷重ハ之ヲ適當ノ方法ニヨリテ主構弦材ニ傳ヘ然ル後之ヲ桁ノ支點ニ傳達セシム可キモノナリ之カ方法トシテハ大體次ノ二様ヲ通例トスルカ如シ即チ一ハ縱桁ヲ直接横綫構斜材ニ結ヒ該斜材ニヨリテ縱荷重ヲ主構弦材ニ傳フルモノニシテ他ハ斜材ヲ兼用スルコトナク別ニ水平構ヲ設ケ之ニヨリテ主構弦材ニ傳達セシメムトスルモノ之ナリ後法ニヨレハ荷弦側横綫構斜材ハ間接ニ縱荷重ノ影響ヲ受クルノミナリ構造上特別ナル事情アルニ非サレハ從來餘リ採用セラレサリシカ如シ而シテ最モ普通ニ採用セラレタルハ前法ニシテ荷弦側横綫構斜材ハ直接及ヒ間接ニ縱荷重ノ影響ヲ受ク今構造ヲ簡單ナラシメンカタメ横綫構斜材ノ一部材ニ就キテハ其ノ斷面積一定トセハ前述ノ有効率ニ支配セラレテ大ナル部材ヲ必要トス可ク又縱桁トノ結合部ニ於テ斜材ノ彎曲スル傾向アルハ免レ能ハサル可シ

以上ノ二法ヲ比較スルニ應力分布狀態ノ簡單ニシテ而モ明白ナル點ニ於テ且場合ニヨリテハ材料ノ節約ヲモナシ得ル點ニ於テ後法ハ前法ニ優レルカノ感アリ後法ノ利多キハ既ニ世人ノ認ムル處茲ニ改メテ贅言ヲ要セサレトモ副應力ニ立脚スルモノ亦該事實ヲ確メ得シヲ云フノミナリ

結論

以上ヲ要シ結論ヲナサハ

一 構桁ニ於ケル横綫構斜材ハ之カ屬スル主構弦材ト同性質ノ應力ヲ受クルモノトシ横荷重ニ對シテ一格間ニ斜材ハ等分ノ抵抗ヲナスモノト考フ可キコト（附言第一項參照）

二 構桁ニ於ケル横綫構斜材ハ之カ屬スル主構弦材ノ一部分ト考フルモ差支ナキコト

三 構桁ニ於ケル横綫構斜材ハ α 或ハ β ニヨリテ定マルヘキ横荷重ニ對スル有效應力ニヨリテ計畫スヘキコト

四 縱荷重ニ對シテハ別ニ水平構ヲ設クルヲ可トス

附言

一本論ハ固副應力ニ立脚シ初應力ヲ信賴シテ出發セルモノナレトモ事實ニ於テハ徑間ノ大小架設法横綫構斜材ノ構造等ノ如何ニヨリ該信賴事實ニ悖ルモノアル可ク本論ヲ採用スルニ際シテハ特ニ確實ナル豫定ヲ要シ考究ノ餘地ヲ存スルモノトス

二 本論ハ複斜型鐵製高塔ノ如キニ對シテモ適用シ得ルモノナリ

但シ斜材ノ構造架設法等ノ如何ニヨリ充分ナル初壓力ナキ斜材ヲ有スルモノニ對シテハコノ限ニ非ス

三 現存スル構桁横綫構斜材ノ事實目的ニ對シテ満足ナリトセハ即チ止ム然レトモ考フルニ横綫構斜材ノ構造セラル、横荷重量ヲ肯定スルニ於テハ自然本論ノ成立ヲモ認容セサル可カラザラン尤モ本論ニ從テ適當ナル結果ヲ得ルト否トハ主トシテ設計ニ際シ採用セラル、横荷重量ノ正確ノ程度ニヨルモノト考ヘラル（特ニ結論第二項ハ現今ノ狀態

論 説 報 告 橋術ニ於ケル横綫構斜材ニ就テ

八

ニアリテハ或ハ大擔ニ過クルモノナラン。元來横荷重量中垂直動荷重ノ横振 (Lateral oscillation) ニ因ルモノハ數多ノ情況ニヨリ關係セラレ從テ其ノ量ノ計上モ複雜ナルモノ、如シ若シ幸ニシテ其ノ量サマテ大ナラサル範圍ノ定值ヲ有シ而シテ何レカノ方法ニヨリテ律シ得ル性質ノモノトセハ今後ノ實驗及ヒ研究ニ依リテ其ノ量ハ明ニセラルヘク本論ニ據ル設計法ハ今後研究セラルヘキ完全ナル設計法ニ對スル參考資料タル可キヲ信ス

斯カルカ故ニ本論ノ成立上特ニ適用上至大ノ關係ヲ有スルハ横荷重量ノ真相ニシテ今後ノ研究ニ俟ツ可キモノナリ

(完)