

討

論

土木學會誌 第十八卷第六號 昭和七年六月

IMPORTANT PROBLEMS IN THE DESIGN OF REINFORCED CONCRETE FLOORS IN HIGHWAY BRIDGES

(第十七卷第十號及第十八卷第二號所載)

著者 准員 工學士 安宅 勝

會員福田武雄氏の御討議を感謝致します。以下順を追うて小生の考ふるところを述べたいと存じます。

等質にして完全弾性體なる版の解法を以て實際的價値なしと斷ぜらるゝは酷に尖すると思ひます。小生は仕事に追はれ勝ちにて諸大家の所説を比較研究するの暇もなく且又當然なすべき實驗すらその機會を得なかつたことを残念に思つて居ります。

鐵筋の影響を算入した計算に於ても假定の如何によつては相當の差あり、其の何れによるべきかは猶今後の研究に待たねばならぬとは井口博士も論じて居られます。

且版の撓度の如きは別としても彎曲率の如きは版の deflection の相互的關係によりて定まるもの故案外に信頼すべき値を生ずるのではないでせうか。殊に幅廣き版に比較的集中せる荷重を置いた場合などはかなりよく實驗の結果と一致して居るやうに思はれます。Yielding support の計算の如きもこれを均質なる版として計算することは、鐵筋の影響を無視することにより版の剛度を實際に於けるよりも大に見積ることになり、従つて支持邊沈下の影響を safe side に於て計算するわけで一種の estimation としては許されることと思ひます*。

Marcus 氏著 "Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung..." 100 頁によれば厚さ 12cm の版の一方には徑 10mm の圓棒を幅 100cm に付き 6 本、之れと直角なる方向には徑 6mm の圓棒 5 本を用ゐた場合に就き其の剛度を比較するに、假に前者を x 方向、後者を y 方向として、其の二次率 J_x, J_y を求めるとコンクリートに張力を許し得べき範圍内に於ては $J_x = 156\text{cm}^3, J_y = 146\text{cm}^3$ となり、鐵筋量の比は 4 以上であるに係らず二方向に於ける剛度は殆ど變化のないことが判ります。所でコンクリートに張力を許さぬ場合に於ては剛度は非常に減少し、且つ二方向に對する二次率の割合は大略鐵筋量の比に等しくなり $J_x = 60.2\text{cm}^3$,

* 版の剛度大ならば side support rigidity $K = \frac{E_s I_s}{2b\Delta}$ 小となり支持邊の影響は大になる。

$J_y = 14.5 \text{ cm}^3$ となる。今邊長比 $a : b = 1 : 2$, $J_x : J_y = 4 : 1$ とし此の第二の場合に就き Marcus 氏の計算した所によると

$J_x : J_y = 4 : 1 \text{ の時}$ $\bar{S}_x = N \frac{\partial^2 \zeta}{\partial x^2} = 0.45905 \text{ } pa^2$ $\bar{S}_y = N \frac{\partial^2 \zeta}{\partial y^2} = 0.08080 \text{ } pa^2$	均質なる版に對し $\bar{S}_x = 0.37522 \text{ } pa^2$ $\bar{S}_y = 0.09005 \text{ } pa^2$
--	---

となり主筋の方向に於ける彎曲率が大約 22% 増加した程度である。然も此の假定は極端で實際には更に小なるべく、鐵筋の影響を過大に見積り過ぎることは一考を要するのではないかと思ひます。受け賣りで恐縮ですが Marcus 氏は次の如く結んで居られます。Da das ungünstige Verhältnis der Trägheitsmomente nur für diejenigen Stellen gilt, in denen die Rissbildung in beiden Richtungen weit fortgeschritten ist, während ausserhalb dieses Bereiches die Verschiedenheit der Bewehrungsmengen das Steifigkeitsverhältnis kaum beeinflusst, wird es für die Beurteilung der Austregung der Platte nur in seltenen Fällen notwendig sein, die Einwirkung des Bewehrungsunterschiedes genauer zu verfolgen.

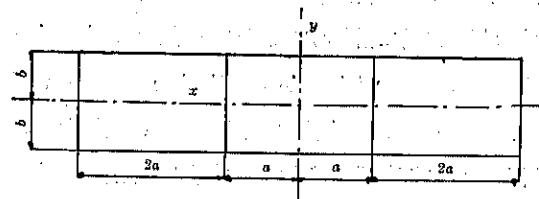
次に題目に比して内容が貧弱であるといふ御非難は甘受致します。御承知の如く版の解法に於ては四邊に於ける周邊條件は之れを邊の沈下並に $\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}$, $\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$ 等の項で現すことは容易であるが其の他の場合に於ては四邊埋立の版の解法に於けるが如く異常の困難に遭遇し、到底之れを單一なる形には現し得ないのであります。又 yielding support の場合に於ても當然四邊の沈下の影響を同時に取り扱ふべきものですが、主桁の影響は割合に少く、且拙稿 Pl. 1 (2) の如き場合に於ては特に approximate に主桁の影響を算入出来る故に徒らに計算を煩雜にすることを避けたのであります。

す。主桁の沈下は床桁に比して版の剛度に関係すること少く従つて其の影響も比較的容易に求め得られるからであります。且又版の強度を支配する彎曲率は正方形に近い版に於ては勿論床桁

の影響を受くる M_y であつて主桁の沈下は却て之れを減少する傾向があるのであります。(拙稿 p. 1001 参照)

而して主桁の影響を多少考慮せねばならぬと思はれる場合は $a : b$ の比が比較的大なるときであります。之れは四邊にて支持せる版の特性を無視したもので、あまり實際的には考へ得られないですが、兎も角も斯かる場合に於ては a の方向に於ける應力の要求が少い故に

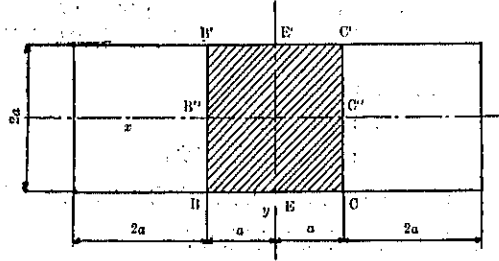
第 一 圖



或は幾分の考慮を要する場合もありませう。之れの極端な場合は縦桁の上に版のある場合で之れは大體に於て拙稿 Chap. 3 に準じて取り扱へると考へます。

次に Chap. 5 の評論に於て(第二圖参照)床桁の高さを主桁の 1/2 にとられたのは適當でないと思ひます。御承知の通り桁高は支間に對し或一定の割合を以て定むるを以て good practice となすべく、然らば此の場合に於ては桁高の比を 1/3 と取るべきであります。且又床桁と主桁との二次率の比を求むる計算に於て

第二圖



$$\sigma = \frac{M_E h}{2I} = \frac{M_{B'} h'}{2I'} \quad \text{とされたことは同意致し兼ねます。}$$

主桁は床桁に比して其の斷面を決定するに際し、公道橋に於ては死荷重の影響を受くること多く、従つて今 σ_m, σ_f を以てそれぞれ主桁並に床桁に於ける應力強度とせば $\sigma_m = K_1 \sigma, \sigma_f = K_2 \sigma$ となるべく従つて上式は

$$\sigma = \frac{M_E h}{2K_1 I} = \frac{M_{B'} h'}{2K_2 I'}$$

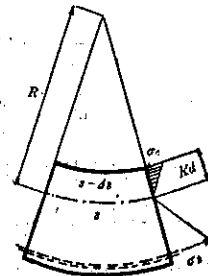
となるべく

$$\frac{I'}{I} = \frac{M_{B'} h' K_1}{M_E h K_2}$$

を得ます。

多くの場合に於て $K_2 > K_1$, 且つ K_2 は主桁の長さに無關係であるが K_1 は主桁の長さが増すと共に減少する。假に $K_1 = K_2$ としても $h' : h = 1 : 2$ の場合 $M_{B'} : M_E$ を福田氏の計算により 1 : 7 にとれば二次率の比は 21 になる。而して實際の場合に於ては K の等しからざることよりして此の値は 30 倍以上に達するのである。床桁の撓度と、主桁の二點 B', C' に對する E 點の相對撓度を比較するのも一法であるが、之れは必ずしも比較の對照にはならないと思ふ。寧ろ支持邊彎曲の割合を比較した方が當を得て居ると思ひます。之れに就て次の計算を行つて見ます。

第三圖



今 R なる曲率半徑を以て彎曲されたる鐵筋コンクリートの桁の微少部分を考へ其中立軸に於ける長さを s とする。

然らば抗壓側にて $\frac{s-ds}{s} = \frac{R-Kd}{R}$ 即ち $\frac{ds}{s} = \frac{Kd}{R}$

依て

$$\frac{1}{R} = \frac{\sigma_c}{E_c} \times \frac{1}{Kd} \dots\dots\dots (i)$$

次に之れに接して居る桁が同じ R を以て彎曲せば

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{E_s I} = \frac{1}{E_s I} \times \frac{2fI}{h} = \frac{2f}{E_s h} \dots\dots\dots (ii)$$

茲に E_s : 鐵桁の彈性係數
 I : 其の二次率
 f : 纖維應力強度を示す。

コンクリートに関しては土木學會規定の記號を準用する。

(i) 式と (ii) 式とを等しと置けば

$$\sigma_c = \frac{2fE_s Kd}{E_c h} \dots\dots\dots (iii)$$

故に supporting beam に於ける f を推定出来る場合に於ては其の上に来る版が之れと同じ R を以て一樣に彎曲すると考へて σ_c 並に σ_s を求め得るのである。(iii) 式によりて明らかなる如く支持邊彎曲の影響は支持桁の高さに逆比例する。されば $h=3h'$ の時其の影響の比も $1/3$ となるでせう。而して床桁の影響を加へた總體の應力に對する變化の割合はどうかといふに今床桁により彎曲率が 60% 増したとする。次に主桁により其の $1/3$ 即ち 20% の變化があつたとしても床桁の影響を考へた總體應力に對する割合は大して大でないことが判ります。小生としては Chap. 5 は相當に大なる支間を有する主桁の一部分を考へた積りで、貴稿に示されたのは其の殆ど最悪の場合と言ふべく、例へば支間 $12a$ を有する主桁に對しては $h=6h'$ となり其の比は $1/6$ に過ぎぬ。 a は 1m 内外と考ふるを至當とすべく然らば $12a$ とは決して長大なる支間ではない。次に數量的に其の影響を示せば

今版に於て $d=12 \text{ cm}, p=0.008$
 主桁に於て $h=90 \text{ cm}, f=1000 \text{ kg/cm}^2$ とせば

版と主桁が同様に彎曲したりとして版に生ずる σ_c を求むれば

$$\frac{E_s}{E_c} = 15, \quad K=0.384 \quad \text{より}$$

$$\sigma_c = \frac{2fE_s Kd}{E_c h} = \frac{2000 \times 0.384 \times 12}{15 \times 90} = 6.8 \text{ kg/cm}^2$$

$h=90 \text{ cm}$ とするも $\sigma_c=10.2 \text{ kg/cm}^2$ に過ぎず、主桁彎曲の影響は之れを單獨に考ふるも版の全強度に對してはさして大なる影響を與へないことが判る。

今主桁の方向の鐵筋に應力の要求が少ない場合に主桁の彎曲は如何なる結果を與へるかと言ふに

最少鐵筋量 $p=0.002, f=1000 \text{ kg/cm}^2$ に對し (iii) 式より $\sigma_c=28.9 \frac{d}{h} \text{ kg/cm}^2$ となる。今

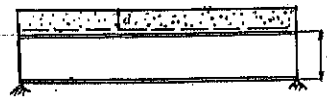
$\sigma_s = 1200 \text{ kg/cm}^2$ に対する $\sigma_0 = 22.8 \text{ kg/cm}^2$ となる故 $p = 0.002$ に対する $\frac{d}{h}$ の limiting value は

$$\frac{d}{h} = \frac{22.8}{28.9} = 0.75$$

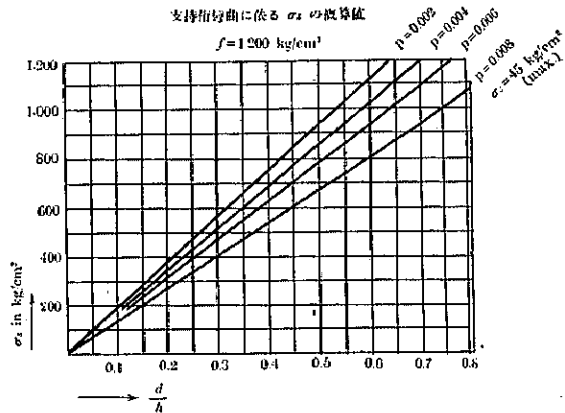
である。主桁の高さが斯かる極端なる値を取るとは實際上考へられないが、 $\frac{d}{h}$ が 0.75 を超

過する場合に於て鉄筋を増す必要がある。第四圖は $f = 1200 \text{ kg/cm}^2$ に対し σ_0 を表して居る。之れにより其の大體の傾向が判ると思ひます。 $p = 0.008$ の直線の終點に対する $\frac{d}{h} = 0.81$ なる値は版の support として桁の取り得る最少の高さを與へて居ます。具體的に云へば $d = 12 \text{ cm}$ 即ち厚さ約 15 cm の slab を支へる桁の高さは少くとも $12 + 0.81 \times 12 = 21.72 \text{ cm}$ を要することを示し、之れ以下の高さにては版の側邊は桁の沈下に伴ひ得ずして破壊すると考へられます。要するに論者の如く「主桁の影響を無視するは冒險なり」とは考へられません。

第 四 圖



支持桁彎曲に依る σ_s の計算値
 $f = 1200 \text{ kg/cm}^2$



次に著者の英文に就て御注意がありました。斯かる内容を討議することは本誌の範囲外と考へますから將來は斯かる問題には成る可く觸れない様に致さうではありませんか。要は數式多き論文の記述の便宜上英文を用ゐたままでのことで語學上の内容までを責めらるゝは小生の苦痛とする所であります。Punctuation に関しては小生實のところ自信なく、且初めて不馴の typewriter を督促に追はれて使用したゝめ思はぬ間違を來したのだらうと思ひます。猶二三醜態なる英文上の間違を發見し冷汗をかいて居ります。之れ等は何れも責は著者にあるので、特に校正に於ては著者の意をみだりに付度して加筆するは禁物とすべく、累を他の方々にまで及ぼさざる様に願ひます。猶“two side support slab”といふ語は小生としても別段適切なる expression とは存じませぬが、「英文法の語法にかなはぬ用法」とは思へません。あれは slab with two side supports の意にて斯かる場合には s は不用であります。特に side に s を付する理由はありませぬ。(side span, center span などといふ語が英語

にある以上は)。尤も slab with two sides supported の意として小生が表記の如く書いた
ものと考へられたのでせう。猶御参考までに二三の例を挙げれば

(二頭立の馬車) two horse carriage. (Concise Jap. Eng. Dict. p. 35)

(12 吋砲) 12 inch gun

(一週間巻き時計) eight-day clock 等です。妄言多謝。