

(3) 合成桁の設計図表について

大阪大学 工博 安 宅 勝
大阪大学 岡 村 宏 一

要旨 本文は、合成桁の設計に際し、種々な設計条件に応じて、最も適当且経済的な断面を容易迅速に決定するために作成した設計図表について述べたものである。尚茲に示した設計図表は死活荷重合成の場合に使用出来るものである。

1. 緒 言

合成桁の断面を決定する場合には、コンクリート床版厚、鋼桁の腹板厚並びに桁高、鋼及びコンクリートの緑応力度の諸要素が充分考慮されねばならない。従つて、床版の有効巾や鋼桁の突縁断面積、腹板厚、或は緑応力度の許容限度内で最も適当な断面を求める事は、必ずしも容易ではなく、これを迅速簡単に決定する事が出来る様に設計図表を作成した。

設計図表は次の様な特性を有している。

即ちコンクリート床版の寸法が決まれば、上記の許容限度内で作成可能なあらゆる断面と、その断面の有する抵抗モーメントが図表に依つて直ちに示される。

2. 設計図表の作図法

図-1に示される合成桁断面に於て鋼桁高を d 、床版の高さを h とする。 $N-N$ は合成桁中立軸、 $C-C$ 、 $S-S$ は夫々コンクリート及び鋼の中立軸である。

いま、 F_c : コンクリート断面積

A_s : 鋼桁断面積

A_c : 鋼桁上突縁断面積

A_t : 鋼桁下突縁断面積

$A_w = t d$: 鋼桁腹板断面積、 t は腹板厚である。

S_c : $N-N$ 軸よりコンクリート重心への距離

S_s : $N-N$ 軸より鋼桁重心への距離

$N = E_s / E_c$: ヤング率の比

I_n : 合成桁の慣性モーメント

I_c : コンクリート重心軸に関する慣性モーメント

I_s : 鋼桁の重心軸に関する慣性モーメント

とする。

$$d_c = (1-a)d, \quad d_t = ad \quad \text{とおくと、}$$

$$S_c = (h-t_0) + (1-a)d \quad \text{----- (1)}$$

但し、 a はモーメント及び合成桁断面の形状に依つて決まる変数である。

中立軸 $N-N$ に関しては次の関係がある。

$$F_c S_c = n A_s S_s \quad \text{----- (2)}$$

故に
$$F_c \{ (1-a)d + h - t_0 \} = \frac{n t}{2} d^2 (2a-1) - n A_c (1-a)d + n A_t a d,$$

結局
$$A_t = \frac{1}{a} \left\{ \frac{F_c}{n} \left(1 + \frac{h-t_0}{d} \right) + \frac{t d}{2} + A_c \right\} - \left(t_0 + A_c + \frac{F_c}{n} \right) \quad \text{----- (3)}$$

但し、 A_c はすれ止めの溶接に必要な最小限の断面を予め決めておく。何故ならば、 A_c は非常に低い応力状態にあり、理想的に云えば、 $A_c = 0$ の時に最も経済的であるからである

る。

更に、 $A_s = A_c + A_t + t d$

$$A_s = \frac{1}{a} \left\{ \frac{F_c}{n} \left(1 + \frac{h-t_0}{a} \right) + \frac{t d}{2} + A_c \right\} - \frac{F_c}{n} \quad (4)$$

緑応力度 σ_c 及 σ_s は夫々

$$\sigma_c = \frac{M x_c}{I_N}, \quad \sigma_s = \frac{n M x_s}{I_N}, \quad (5)$$

更に、 $I_N = I_{cN} + n I_{sN} = F_c S_c^2 + I_o$
 $+ n \{ A_c d_c^2 + A_t d_t^2 + \frac{1}{3} (d_c^3 + d_t^3) \} \quad (6)$

(5)式の σ_s の関係から、

$$I_N - \frac{n M a d}{\sigma_s} = 0 \quad (7)$$

I_{cN} 及 I_{sN} は $N-N$ 軸に関するコンクリート及鋼の慣性モーメントである。

変数 a を求めるために(6)式の A_t に(3)式を代入し更に(7)式を用いば

$$I_c + F_c \{ (h-t_0) + d \}^2 + n A_c d^2 + \frac{n t}{3} d^3$$

$$- a \left\{ F_c (h-t_0) d + \frac{n M}{\sigma_s} d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{2} d^3 \right\} = 0,$$

結局、

$$a = \frac{I_c + F_c (h-t_0)^2 + 2 F_c (h-t_0) d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{3} d^3}{\left\{ F_c (h-t_0) + \frac{n M}{\sigma_s} \right\} d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{2} d^3} \quad (8)$$

或は $\frac{1}{a} = \frac{\left\{ F_c (h-t_0) + \frac{n M}{\sigma_s} \right\} d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{2} d^3}{I_c + F_c (h-t_0)^2 + 2 F_c (h-t_0) d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{3} d^3}$

次に 図-1 より容易に下記の関係が得られる。

$$\sigma_c = \frac{\sigma_s}{n} \left\{ \frac{1}{a} \left(1 + \frac{h}{a} \right) - 1 \right\} \quad (9)$$

コンクリート床版厚、ハンチ高、コンクリート断面積(但し床版の有効巾はその厚さの1.2倍にとる。)並びに鋼桁の上突縁断面積が決まると、上記の諸式を用いて設計図表を作図する事が出来る。

a. σ_c 線

σ_c 及び d を仮定すれば変数 a は

$$a = \frac{\sigma_s}{n \sigma_c + \sigma_s} \left(1 + \frac{h}{d} \right) \quad (10)$$

に依り決まり、(10)式を(4)式に代入すれば、仮定した σ_c に対して、夫々 A_s 曲線が求められる。

但し、 σ_s : 鋼の許容引張応力度である。

b. モーメント線

(8)式及び(4)式を用いて、モーメントに依つて決まる A_s 曲線群を作図する事が出来る。

何故ならば

$$\frac{1}{a} = \frac{\left\{ F_c (h-t_0) + \frac{n M}{\sigma_s} \right\} d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{2} d^3}{I_c + F_c (h-t_0)^2 + 2 F_c (h-t_0) d + (F_c + n A_c) d^2 + \frac{n t}{3} d^3},$$

従つて、 $\Delta \left(\frac{1}{a} \right) = C \Delta M, \quad (8)$

但し、 α はモーメントに無関係な常数である。

いま、 $\Delta M = \text{一定}$ 、とすれば、 $\Delta = (\frac{1}{\alpha}) = \text{一定}$ 、故に、 $\Delta A_s = \text{一定}$ 、となる。
そこで、ある1つのモーメントに対して一連の曲線を作図すれば、他の曲線はモーメントの変化に対応して等間隔に引く事が出来る。

設計図表は上記2つの A_s 曲線群の組合せの形で表はされている。(図-2 参照)

C. 限界線

許容応力度、鋼桁腹板厚の制限に従つて限界線が与えられねばならない。例えば、コンクリートの許容応力度を 70 Kg/cm^2 にとれば $\sigma_c = (70)$ で示される曲線は上記の制限内で断面を決定出来る限界を示している。

次に $\alpha = 1$ に依て示される曲線は中立軸が鋼桁内に存在する限界を示している。 $\alpha > 1$ である場合にはコンクリート内に引張が生ずる。

この曲線は σ_c と α により決定出来る。

更に鋼桁下突縁断面積が零より大であるという限界は図表中に示されている $A_t = 0$ の直線が与えている。この直線は(4)式から直ちに求められる。

3. 実 例

図-2 に示されている設計図表は次の様な条件が既知の場合に使用出来る。即ち、

床版厚 : 15 cm ,

ハンチ高 : 5 cm ,

鋼桁上突縁断面積 : 13 cm^2 ,

$\sigma_c = 70 \text{ Kg/cm}^2$,

$\sigma_s = 1,300 \text{ Kg/cm}^2$

いま、利用法の1例を示すと、曲げモーメント $= 11,000,000 \text{ Kg. Cm}$ が与えられた場合には次の様な合成桁断面を直ちに決定出来る。

$\alpha = 66 \sim 144 \text{ Cm}$

$A_s = 144 \sim 165 \text{ Cm}^2$

なほ、各断面のコンクリート許容応力度も同時に与えられる。

更に最経済断面は次の様に与えられる。

$\alpha = 92 \text{ cm}$

$t = 8 \text{ mm}$

$A_s = 144 \text{ cm}^2$,

$A_c = 13 \text{ cm}^2$,

$A_t = 57.4 \text{ cm}^2$,

$\sigma_c = 55 \text{ Kg/cm}^2$,

$\sigma_s = 1,300 \text{ Kg/cm}^2$.

注 意 設計図表の曲線は、鋼桁腹板厚の市場寸法に依つて不連続になつている。

($t = 8, 9, 10, 12 \text{ mm}$ etc) 尚、桁高の制限は示方書に従い、 $t > \frac{\sqrt{A_c}}{12}$ とした。

圖-1

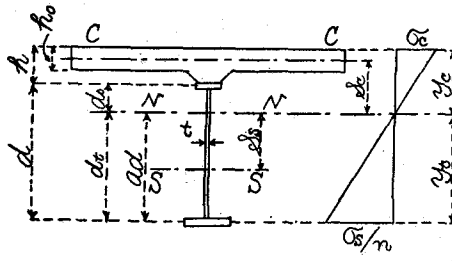


圖-2

