

コンクリート箱桁の曲げねじりにおける ハンチ等の影響について

正 員 尾 崎 訓*

1. ま え が き

コンクリート箱桁のような剛性の大きなものでは、曲げねじりは従来あまり問題にならず、これを考慮する場合でも箱の変形を無視した理論によるのが普通であった。しかし、軽量化が進むにつれて曲げねじりの問題はより重要な課題となるであろう。

著者らは数年来この種の問題を断面の変形を考慮して検討し、「断面の変形を考慮した箱桁の曲げねじり」として発表して来た^{1,2,3)}。この手法は「変位せん断方程式」と名付けた二次元応力の関係式を箱桁を構成している各辺部材に設定し、接合部における力のつり合と箱のラーメン側性による変形抵抗を利用したものである。

ところで、実際のコンクリート箱桁では、ハンチ等を有するのが普通である。この場合、箱桁の接合部では断面積は増加し、ラーメン剛性も増加するので、曲げねじりに対し、そり応力の減少、節点モーメントの減少等が予想される。これらハンチ等の影響を検討すべく、さきに発表したと同様の手法による計算を試みたので、ここに発表する。

2. 各辺部材における変位せん断方程式

箱桁を構成している一辺部材を取り出し、図-1 のように深さ方向を s 、桁の長さ方向を x とし、それぞれの方向の変位を w, u とする。また、 s, x 方向の法線断面力を p_s, p_x 、せん断力を q とし、 ζ を断面のラーメン剛性および隔壁の影響による箱桁断面の変形抵抗、 Q を隔壁の抵抗力とする。

この辺部材の微小要素に対して x 方向および y 方向の力のつり合方程式を書き、フックの法則および平面保持を仮定し、さらに 図-1 のように、法線断面力 p_s の境界値を S_{AB}, S_{BA} 、せん断力 q の境界値を $T_{AB}, -T_{BA}$ とし、 ζ_{AB}, Q_{AB} をそれぞれ AB 間における

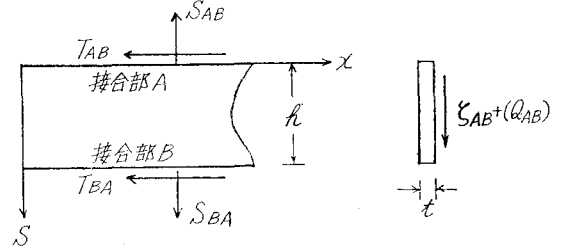


図 - 1

ζ, Q の平均値とすれば、次の変位せん断方程式と名付けた公式を得る。

$$T_{AB} = \frac{Eht}{6} (2\ddot{u}_A + \ddot{u}_B) + \frac{\bar{S}_{AB} - \bar{S}_{BA}}{h} - (\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) \quad (1-a)$$

$$T_{BA} = \frac{Eht}{6} (\ddot{u}_A + 2\ddot{u}_B) - \frac{\bar{S}_{AB} - \bar{S}_{BA}}{h} + (\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) \quad (1-b)$$

ただし、上式中 $\ddot{}$ および $\bar{}$ は $\ddot{u} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$, $\bar{S} = \int S dx$ のように x についての 2 度微分および積分を表わす。

3. s 方向の変位 w に関する仮定

二次元弾性論における、せん断応力の表示を用い、さきの (1) 式を計算する過程で求まるせん断力とそり応力の関係を適用すれば次の関係式を得る。

$$Ght\dot{w} = Gt(u_A - u_B) + \bar{S}_{AB} - \bar{S}_{BA} - h(\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) + Eht\left(\frac{h}{3} - s + \frac{s^2}{2h}\right)\ddot{u}_A + Eht\left(\frac{h}{6} - \frac{s^2}{2h}\right)\ddot{u}_B \quad (2)$$

ところで、 s 方向の変化は微小であるから、 w の値は s のどの点でも一定とみなし w_{AB} とおくと、上式は次のよう

* 室蘭工業大学 助教授 工修

に x のみの関数として表わし得る。

$$Gth\dot{w}_{AB} = Gt(u_A - u_B) + \bar{S}_{AB} - \bar{S}_{BA} - h(\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) \quad (3)$$

4. ハンチ等の断面積を考慮したせん断力のつり合

いま、図-2 のような 1 軸対称断面を考える。箱桁を構成している各辺部材の接合部、A, B 点、および片持部材の先端 E 点において次のつり合条件式が成立する。

$$T_{AB} + T_{AD} + T_{AE} + E f_A \ddot{u}_A = 0 \quad (4-a)$$

$$T_{BA} + T_{BC} + E f_B \ddot{u}_B = 0 \quad (4-b)$$

$$T_{EA} + E f_E \ddot{u}_E = 0 \quad (4-c)$$

ただし、 f_A, f_B はそれぞれ A, B 点におけるハンチ等の断面積 (換算断面積)、 f_E は E 点における地覆等の断面積である。

さきに求めた変位せん断公式を各辺部材に適用し、(4) 式に代入すれば、 S のつり合等も考慮して次のような微分方程式を得る。

$$(2ht_1 + bt_2 + 2at_4 + 6f_A) E \ddot{u}_A + ht_1 E \ddot{u}_B + at_4 E \ddot{u}_E - 12 \bar{\zeta}_{AB} + 6 \left(\frac{1}{a} + \frac{2}{b} \right) \bar{S}_{AD} + \frac{6 \bar{P}}{h} - 12 \bar{Q}_{AB} = 0 \quad (5-a)$$

$$ht_1 E \ddot{u}_A + (2ht_1 + bt_3 + 6f_B) E \ddot{u}_B + 12 \bar{\zeta}_{AB} - \frac{6 \bar{P}}{h} + 12 \bar{Q}_{AB} = 0 \quad (5-b)$$

$$at_4 E \ddot{u}_A + (2at_4 + 6f_E) \ddot{u}_E - \frac{6 \bar{S}_{AD}}{a} = 0 \quad (5-c)$$

5. 断面の回転角および変形度と変位との関係

ねじりによって箱桁断面が全体として時計回りに回転し、それと同時に接合部の直角隅角が、 $\Delta\psi$ だけひずむと考えれば、図-3 から、 s 方向の変位 w との関係が次のように表わされる。

$$\psi_{AB} = \psi - \frac{\Delta\psi}{2} = - \frac{w_{BC} + w_{DA}}{h} \quad (6-a)$$

$$\psi_{AD} = \psi + \frac{\Delta\psi}{2} = - \frac{w_{AB} + w_{CD}}{b} \quad (6-b)$$

$$\therefore \Delta\psi = \psi_{AD} - \psi_{AB} = \frac{w_{BC} + w_{DA}}{h} - \frac{w_{AB} + w_{CD}}{b} \quad (6-c)$$

さきに求めた s 方向の変位 w に関する公式 (3) を各辺部材に適用し、上記 (6-c) 式に代入すれば、次の微分方程式を得る。

$$4(\dot{u}_A - \dot{u}_B) + bh\dot{\Delta\psi} + \frac{2}{Gt_1}P + \frac{2}{Gt_2}S_{AB} - \frac{1}{G} \left(\frac{2h}{t_1} + \frac{b}{t_2} + \frac{b}{t_3} \right) (\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) = 0 \quad (7)$$

6. 片持部における変位 w の適合

片持部材の付根 A 点における変位 w の適合条件は次のように表わされる。

$$w_{AD} + w_{AE} = 0 \quad (8)$$

さきに求めた変位 w に関する公式 (3) を AD, AE 部材に適用し、上式 (8) に代入すれば、次の微分方程式を得る。

$$\left(\frac{1}{a} + \frac{2}{b} \right) \dot{u}_A - \frac{1}{a} \dot{u}_E + \frac{1}{G} \left(\frac{2}{bt_2} + \frac{1}{at_4} \right) S_{AB} - \frac{1}{Q_{t_2}} (\bar{\zeta}_{AB} + \bar{Q}_{AB}) = 0 \quad (9)$$

7. ラーメン剛性による変形抵抗係数

箱桁断面の変形抵抗力 $\bar{\zeta}$ と変形度 $\Delta\psi$ との関係は

$$\zeta = G_0 \cdot \Delta\psi \quad (10)$$

として、変形抵抗係数 G_0 で表わすことができる。

i) 各辺部材の厚さが一定な場合

各辺部材の厚さが変化せず、 t_1, t_2, t_3 がそれぞれ一定な場合の G_0 の値については、図-4 から

$$k_1 = \frac{t_1^3}{12h}, \quad k_2 = \frac{t_2^3}{12b}, \quad k_3 = \frac{t_3^3}{12b} \quad (11)$$

とおけば、たわみ角公式による節点モーメントは、例えば

$$M_{AB} = 2Ek_1(2\varphi_A + \varphi_B - 3\psi_{AB}) \quad (12)$$

のように書けるから、モーメントのつり合および断面の対称性とさきに示した $\Delta\psi = 4\psi_{AD} - \psi_{AB}$ の関係から、次式が求まる。

$$M_{AB} = \frac{18k_1k_2(k_1+3k_3)}{(2k_1+3k_2)(2k_1+3k_3)-k_1^2} E \cdot \Delta\psi \quad (13-a)$$

$$M_{BA} = \frac{18k_1k_2(k_1+3k_2)}{(2k_1+3k_2)(2k_1+3k_3)-k_1^2} E \cdot \Delta\psi \quad (13-b)$$

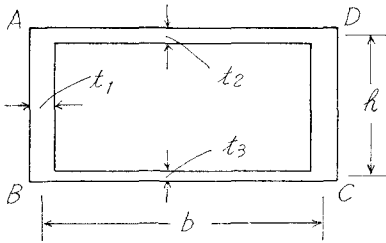


図-4

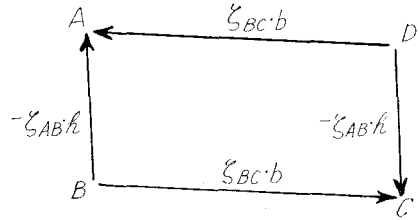


図-5

したがって、図-5 から

$$-\zeta_{AB} \cdot h = \frac{1}{b} (M_{AD} + M_{DA} + M_{BC} + M_{CB}) \quad (14-a)$$

$$-\zeta_{BC} \cdot b = \frac{1}{h} (M_{AB} + M_{BA} + M_{CD} + M_{DC}) \quad (14-b)$$

故に、変形抵抗係数はこの場合

$$G_0 = E \times \frac{36k_1 \{k_2(k_1+3k_3) + k_3(k_1+3k_2)\}}{bh \{2k_1+3k_2\}(2k_1+3k_3)-k_1^2} = E \times n_0 \quad (15)$$

ii) 各辺部材の厚さの変化を考慮した場合

ハンチ等のために各辺部材の厚さが接合部で増加すれば、変形抵抗係数 G_0 の値も大きくなり剛性が増して来る。

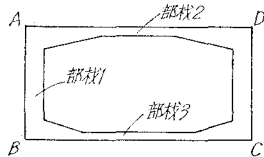


図-6・a

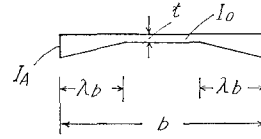


図-6・b

いま、図-6・a のような断面を仮定すると、これらの辺部材を 図-6・b のようにとり出せば、たわみ角公式として Gulden は次の式を与えている⁴⁾。

$$M_{AB} = Ek(a\varphi_A + b\varphi_B - c\psi_{AB}) \quad (16)$$

上式中、 a, b は係数 (Stabfestwerte) で、 λ および $n = I_0/IA$ の値から、変断面不静定桁の要領で計算することができる。

したがって、各辺材について変断面の場合のたわみ角式 (16) を適用し、モーメントのつり合と断面の対称性から

$$\varphi_A = \frac{c_1k_1 \{(a_1-b_1)k_1 + (a_3+b_3)k_3\} \psi_{AB} + \{a_1k_1c_2k_2 + c_3k_3(a_3+b_3)k_3 - b_1k_1c_3k_3\} \psi_{AD}}{\{a_1k_1 + (a_2+b_2)k_2\} \{a_1k_1 + (a_3+b_3)k_3\} - b_1^2k_1^2} \quad (17-a)$$

$$\varphi_B = \frac{c_1 k_1 \{(a_1 - b_1) k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \psi_{AB} + \{a_1 k_1 c_3 k_3 + (a_2 + b_2) k_2 c_3 k_3 - b_1 k_1 c_2 k_2\} \psi_{AD}}{\{a_1 k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \{a_1 k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} - b_1^2 k_1^2} \quad (17-b)$$

ただし、上式中 a_1, b_1, c_1 は部材 1・ a_2, b_2, c_2 は部材 2・ a_3, b_3, c_3 は部材 3 の係数を示す。

節点モーメントは $\Delta\psi = \psi_{AD} - \psi_{AB}$ とおけば次のように求まる。

$$M_{AB} = \frac{c_1 k_1 (a_2 + b_2) k_2 \{(a_1 - b_1) k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} \cdot E \cdot \Delta\psi}{\{a_1 k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \{a_1 k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} - b_1^2 k_1^2} \quad (18-a)$$

$$M_{BA} = \frac{o_1 k_1 (a_3 + b_3) k_3 \{(a_1 - b_1) k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \cdot E \cdot \Delta\psi}{\{a_1 k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \{a_1 k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} - b_1^2 k_1^2} \quad (18-b)$$

したがって、前と同様にこの場合の変形抵抗係数 G_0 は次のように計算される。

$$G_0 = E \times \frac{2c_1 k_1 [(a_2 + b_2) k_2 \{(a_1 - b_1) k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} + \{(a_1 - b_1) k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} (a_3 + b_3) k_3]}{bh [\{a_1 k_1 + (a_2 + b_2) k_2\} \{a_1 k_1 + (a_3 + b_3) k_3\} - b_1^2 k_1^2]} = E \times n \quad (19)$$

この場合の変形抵抗係数 G_0 をさきの等断面の場合と区別し G'_0 で表わす。

厚さが図-6・b の t なる等厚の場合の変形抵抗係数との比を ξ とし、 $G'_0 = \xi G_0$ とおけば、ハンチ等をつけることによって ξ の値は 1.5~3.5 位の値を示す。

8. 基本微分方程式

片持床版およびハンチ等を有する一室対称断面箱桁の曲げ振に関する基本微分方程式を示すと次のようになる。

$$-(2ht_1 + bt_2 + 2at_4 + 6f_A) E\ddot{u}_A - ht_1 E\ddot{u}_B - at_4 E\ddot{u}_E + 12n_0 E\Delta\psi - \left(6 + \frac{12a}{b}\right) \frac{S_{AD}}{a} = \frac{6}{h} P - 12Q_{AB} \quad (20-a)$$

$$-ht_1 E\ddot{u}_A - (2ht_1 + bt_3 + 6f_B) E\ddot{u}_B - 12n_0 E\Delta\psi = -\frac{6}{h} P + 12Q_{AB} \quad (20-b)$$

$$-at_4 E\ddot{u}_A - (2at_4 + 6f_E) E\ddot{u}_E + \frac{6}{a} S_{AD} = 0 \quad (20-c)$$

$$\begin{aligned} & \frac{2}{1+\nu} E\dot{u}_A - \frac{2}{1+\nu} E\dot{u}_B + \frac{bh}{2(1+\nu)} E\dot{\psi} \\ & - n_0 \left(\frac{2h}{t_1} + \frac{b}{t_2} + \frac{b}{t_3} \right) E\Delta\psi + \frac{2}{t_2} S_{AB} = -\frac{2}{t_1} P + \left(\frac{2h}{t_1} + \frac{b}{t_2} + \frac{b}{t_3} \right) Q_{AB} \end{aligned} \quad (20-d)$$

$$\frac{t_2}{2(1+\nu)} \left(\frac{1}{a} + \frac{2}{b} \right) E\dot{u}_A - \frac{t_2}{2a(1+\nu)} E\dot{u}_E - n_0 E\Delta\psi + \left(\frac{t_2}{t_4} + \frac{2a}{b} \right) \frac{S_{AD}}{a} = Q_{AB} \quad (20-e)$$

ただし、(20-a)、(20-b)、(20-c) の 3 ケの微分方程式は、せん断力のつり合から求まった (5-a)、(5-b)、(5-c) 式を微分したものであり、(20-d) の微分方程式は変形度と変位の関係から求まった (7) 式で、(20-e) は片持部の付根における変位 w の当合から求まった (9) 式であって、いずれも、旧式中の ζ を、さきに求めた n_0 を用いて $\Delta\psi$ で表わしたものである。

9. 両端単純支持の場合

この場合、 $x=0, x=l$ で $\dot{u}=0, w=0, \Delta\psi=0$ である。いま単一偶力 P がスパンの x_0 点に作用し、あるいは Q なる抵抗力をもった隔壁がスパンの c 点にある場合、これらを紙数に展開して

$$P = \frac{2P}{l} \sum_m \sin \frac{m\pi x_0}{l} \sin \frac{m\pi x}{l}, \quad Q = \frac{2Q}{l} \sum_m \sin \frac{m\pi c}{l} \sin \frac{m\pi x}{l} \quad (21)$$

とおくことができる。また、前記境界条件を考えれば、スパンの任意点 x のそり応力は次のように表わされる。

$$\begin{aligned} \sigma_A &= E\dot{u}_A & \sigma_B &= E\dot{u}_B & \sigma_E &= E\dot{u}_E \\ &= \sum_m A_m \sin \frac{m\pi x}{l}, & &= \sum_m E_m \sin \frac{m\pi x}{l}, & &= \sum_m E_m \sin \frac{m\pi x}{l} \end{aligned} \quad (22)$$

なお、変形度 $\Delta\psi$ および断面力 S_{AD} は便宜上次のように表わす。

$$E\Delta\psi = \sum_m K_m \sin \frac{m\pi x}{l}, \quad \frac{S_{AD}}{a} = \sum_m S_m \sin \frac{m\pi x}{l} \quad (23)$$

これらを代入し、未定係数で表わすと前記微分方程式 (20) は次のように書ける。

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11} \cdot m^2 & \alpha_{12} \cdot m^2 & \alpha_{13} \cdot m^2 & \beta_{14} & \beta_{15} \\ \alpha_{21} \cdot m^2 & \alpha_{22} \cdot m^2 & 0 & \beta_{24} & 0 \\ \alpha_{31} \cdot m^2 & 0 & \alpha_{33} \cdot m^2 & 0 & \beta_{35} \\ \beta_{41} & \beta_{42} & 0 & \alpha_{44} \cdot m^2 + \beta_{44} & \beta_{45} \\ \beta_{51} & 0 & \beta_{53} & \beta_{54} & \beta_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_m \\ B_m \\ E_m \\ K_m \\ S_m \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_1 + q_1 \\ p_2 + q_2 \\ 0 \\ p_4 + q_4 \\ q_5 \end{pmatrix} \quad (24)$$

ただし、 $\alpha_{11} = (2ht_1 + bt_2 + 2at_4 + 6f_A) \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\alpha_{12} = ht_1 \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\alpha_{13} = at_4 \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\beta_{14} = 12n_0$, $\beta_{15} = -\left(6 + \frac{12a}{b}\right)$, $\alpha_{21} = \alpha_{12}$,
 $\alpha_{22} = (2ht_1 + bt_3 + 6f_B) \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\beta_{24} = -\beta_{14}$, $\alpha_{31} = \alpha_{13}$, $\alpha_{33} = (2at_4 + 6f_E) \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\beta_{35} = 6$, $\beta_{41} = \frac{2}{1+\nu}$, $\beta_{42} = -\beta_{41}$,
 $\alpha_{44} = -\frac{bh}{2(1+\nu)} \times \frac{\pi^2}{l^2}$, $\beta_{44} = -n_0 \left(\frac{2h}{t_1} + \frac{b}{t_2} + \frac{b}{t_3} \right)$, $\beta_{45} = \frac{2a}{t_2}$, $\beta_{51} = \frac{(2a+b)t_2}{2ab(1+\nu)}$, $\beta_{53} = -\frac{t_2}{2a(1+\nu)}$, $\beta_{54} = -n_0$,
 $\beta_{55} = \left(\frac{t_2}{t_4} + \frac{2a}{b} \right)$, $p_1 = \frac{12P}{hl} \sin \frac{m\pi x_0}{l}$, $p_2 = -p_1$, $p_4 = -\frac{4P}{t_1 l} \sin \frac{m\pi x_0}{l}$, $q_1 = -\frac{24Q}{l} \sin \frac{m\pi c}{l}$, $q_2 = -q_1$,
 $q_4 = \left(\frac{2h}{t_1} + \frac{b}{t_2} + \frac{b}{t_3} \right) \frac{2Q}{l} \sin \frac{m\pi c}{l}$, $q_5 = \frac{2Q}{l} \sin \frac{m\pi c}{l}$,

これを解いて、そり応力 σ_A , σ_B , σ_E および節点モーメント M が求まるが、接合部のせん断力についても、(1) 式で示した変位せん断公式を適用して、例えば T_{AB} の場合、

$$T_{AB} = \frac{Eht_1}{6} (2\bar{u}_A + \bar{u}_B) + \frac{\bar{P}}{h} - G_0 \bar{A}\bar{\psi} - \bar{Q}_{AB} \quad (25)$$

を級数にて表わし

$$T_{AB} = \sum_m \left\{ \frac{ht_1 m \pi}{6l} (2A_m + B_m) - \frac{2P}{h\pi m} \sin \frac{m\pi x_0}{l} + \frac{n_0 l}{m\pi} K_m + \frac{2Q}{m\pi} \sin \frac{m\pi c}{l} \right\} \cos \frac{m\pi x}{l} \quad (26)$$

のように求まる。

10. 数 値 計 算

数値計算に用いた箱桁の断面寸法等の諸値は次の通りである。

スパン $l = 30$ m; 箱桁高 $h = 1.5$ m; 主桁間隔 $b = 4.0$ m; 片持部長さ $a = 1.5$ m; ウェブの厚さ $t_1 = 15$ cm, 30 cm, 45 cm; 上フランジの厚さ $t_2 = 15$ cm; 下フランジの厚さ $t_3 = 15$ cm; 片持部の厚さ $t_4 = 15$ cm; ポアソン比 $\nu = 0.2$; ハンチの断面積 $f_A = f_B = 0, 200, 400, 600, 800$ cm²; 地覆の断面積 $f_E = 0, 200, 400, 600, 800, 1000$ cm²; 断面変化による変形抵抗の増加倍率 $\xi = 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5$;

これらの計算は室蘭工業大学の電子計算機 FACOM 231 によっておこなった。

級数計算は $m = 100$ 項まで計算した。これは収斂の程度を確かめた結果、1% 以下の誤差におさえるには、この程度の項数が必要であることがわかったからである。

計算時間は、スパン上の 1 点における各節点のそり応力、モーメント、せん断力を計算するのに約 15 分を要する。しかし、5 元連立方程式を解き、その計算式で計算させることによって約 8 分に短縮できた。

11. 計算値の考察

上記の諸値によって計算した結果だけに限定して、個々の影響を調べてみると次のようになる。

i) ウェブの厚さの影響

接合部 A 点におけるそり応力 σ_A , B 点におけるそり応力 σ_B , 片持部の先端 E 点におけるそり応力 σ_E および M_A , T_{AB} のスパン上の分布図を示すと 図-7 のようになる。これらの図は、偶荷重 $P = 1$ t がスパン中央に作用した場合を例にとりて示したが、最も大きなそり応力を示す σ_B -図にのみスパンの 1/4 点に偶荷重が作用した場合 ($t_1 = 15$ cm) のそり応力図を挿入し、単純曲げによる応力の小さな位置においてそり応力の占める割合が大きくなることを示した。

図中、実線はウェブ厚さ $t_1 = 15$ cm の場合、破線は 30 cm の場合、点線は 45 cm の場合を示す。これを見ると、下フランジとの接合部 B 点以外は殆んどウェブ厚さの変化の影響を受けないことが分る。多分、片持部が上フランジに対して相当有効に働いているためであろう。

ii) ハンチ等の断面積の影響

ハンチ等の箱桁断面節点における換算断面積の影響だけを考慮すれば、ウェブの厚さに関係なく、A, B, C 断面

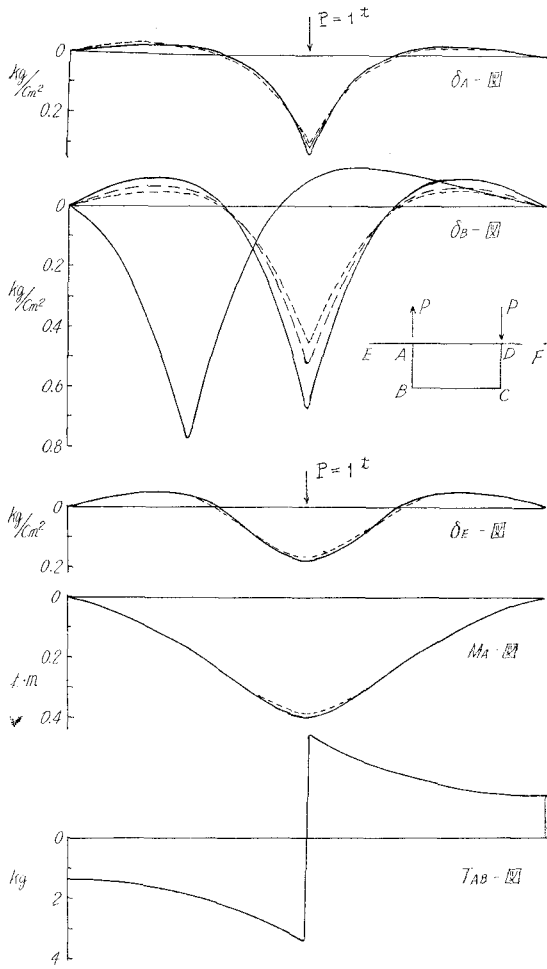


図-7

とも殆んど同じ程度のそり応力およびモーメントの減少率を示す。したがって、平均的な断面である B 断面 ($t_1=30$ cm) の場合の減少率を図-8 に示した。ただし、節点せん断力 T は荷重点からスパンの $1/100$ 、すなわち 30 cm 離れた点の値と比較したものである。

これによれば、節点におけるハンチ等の換算断面積のみを考慮した場合、普通用いられるようなハンチ断面では約 10% 程度のそり応力の減少となることがわかる。

iii) 地覆等の断面積の影響

片持部先端の地覆等の断面積の影響についてみると、当然のことながら図-9 に示したように面積の増加とともに片持部先端 E 点のそり応力 σ_E は減少するが他は殆んど影響されず、僅かに片持部の付根 A 点のそり応力 σ_A が少し減少する程度である。

iv) 厚さの変化による変形抵抗増加の影響

ハンチ等も含めて、辺部材 (一般には上下フランジ) の厚さが接合部に向かって増加している場合、変形抵抗係数 G_0 の値は大きくなる (剛性が増加する)。この影響を調べたのが図-10 である。これによれば、節点モーメントの大幅な減少のほか、片持部先端のそり応力 σ_E も大きく減少し、A, B 点のそり応力もなかり減少する。

これによれば、一般に用いられる小さなハンチの場合でも節点モーメントは約 30%、そり応力も 10% 程度減少する。また、大きなハンチ等の場合 (フランジの厚さの変化) では、節点モーメントが約 60%、そり応力も 20% 程

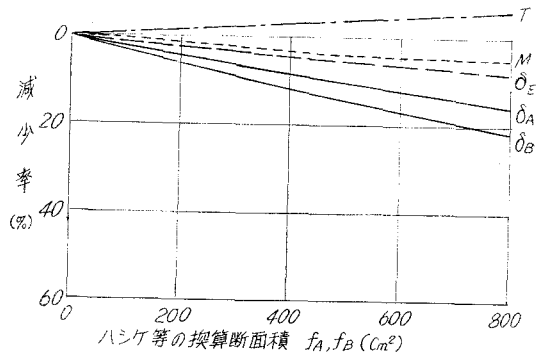


図-8

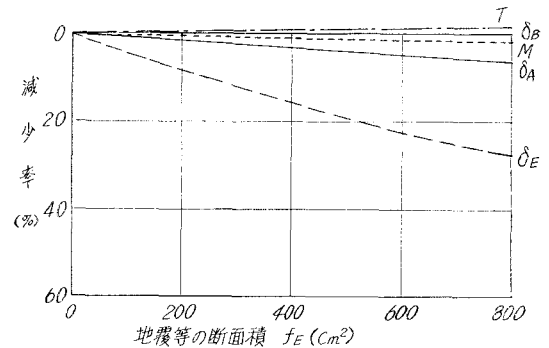


図-9

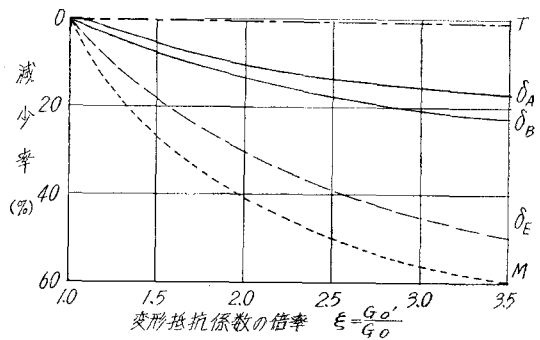


図-10

度減少することがわかった。

12. あ と が き

以上はスパン 30 m, 主桁間隔 4 m, 桁高 1.5 m, 片持部長さ 1.5 m の箱桁に対し, さきに述べたような理論によって計算した結果を示したものである。

ハンチ等によって接合部付近の厚さが増加すれば, 剛性の増大と同時に節点における換算断面積も考慮できるから, この影響は累加される。

さらに地覆等もあわせて考えられる場合にはさらに影響が累加する。これらの組あわせによってそり応力やモーメントを大幅に減少させ, かなりの効果を示す場合もあることが別におこなった具体的な計算例からもわかった。

したがって, さきに発表したような隔壁の影響に比べてむしろ効果を期待できる場合もあるので, この種の方法によって剛性を増すのも一方法であろう。

なお, 本研究は室蘭工業大学教授, 能町純雄博士の御指導によりおこなったもので, 土木学会吉田研究奨励金による研究の一部である。ここに記して深く感謝の意を表する次第である。図面の作成にあたって室蘭工大土木教室の田中功氏の援助を受けた。

参 考 文 献

- 1) 能町純雄・尾崎 昶: 断面の変形を考慮した矩形箱桁の振りについて. 土木学会北海道支部技術資料 第 22 号 (昭 41).
- 2) 能町純雄・尾崎 昶: 一室箱桁における中央隔壁の曲げ振りに対する影響. 土木学会年次学術講演会 (昭 41).
- 3) 能町純雄・尾崎 昶: 張出部を有する箱桁の断面変形を考えた曲げ振りについて. 土木学会年次学術講演会 (昭 42).
- 4) Richard Glden: Rahmentragwerke und Durchlaufträger. (Springer-verlag, 1959)