I-32　隔壁で補強された閉断面薄肉構造物の解析

早稲田大学　正員　平嶋政治
早稲田大学　学生員○矢島鈴司

1 緒言

近年構造物の長大化に伴って構造部材が薄肉化され，それに従って捩れ荷重をうける構造部材の解析において，断面の反り及び断面形状の変形を考慮する必要が生じて来た。即ち面内変形に加えて面外変形についても同時に解析を行う必要がある。従来 薄肉構造部材の取り扱いには構造部材の断面内における剪断応力の流れによる断面の反りの解析を扱った剪断流理論及び構造部材の断面を構成する板を一要素として取り出し，各板の接合部における変形の適合から解析を行う折板理論がある。薄肉構造物は断面形状により捩り剛性及び曲げ捩り剛性が，かなり左右される。即ち 開断面と閉断面との捩り剛性の差は，閉断面の場合に断面を構成する要素により囲まれた面積の自乗に依存するため開断面と比較して相当大きくなる。捩り荷重が作用した場合，特に集中捩れ荷重が載った場合に荷重点附近の反りの橋軸方向の分布は閉断面では変化が大きいと考えられる。W. S. Wlassowはこのため開断面の場合に断面を構成する部材は剛と考え，断面形状の変化は考慮せずに解いており，閉断面について，断面形状の変形は断面を構成する要素をラーメン構造として取り出し，その変形を断面形状変化として解いている。著者等はこの方法を用いて，断面形状変化に及ぼす隔壁の影響を考慮してみた。即ち 隔壁によって補強された薄肉梁の反り応力（Bimoment）及び断面形状の変形に対応する剪断力（Querbimoment）の分布等を究明する事を目的とした。

2. 基本式

W. S. Wlassowの方法は面内方向変位及び面外方向変位を各々の方向の関数の積の和の形で表わしHookeの法則及び仮想仕事の原理を使用して微分方程式を求める。ここで断面形状の変形は切り出した断面をラーメン構造とみなしてラーメンの接合部分におけるモーメントにより歪エネルギーとして求め面内方向の仮想仕事の式に入れてある。

ここで，捩れ角θ，反りU，断面の形状変化χとし捩れ荷重を受ける時の微分方程式は

$$\left.\begin{aligned} aU'' - b_1 U - b_2\theta' - b_1\chi' + p_4 &= 0 \\ b_2 U' + b_1\theta'' + b_2\chi'' + g_1 &= 0 \\ b_1 U' + b_2\theta'' + b_1\chi'' - c\chi + g_4 &= 0 \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

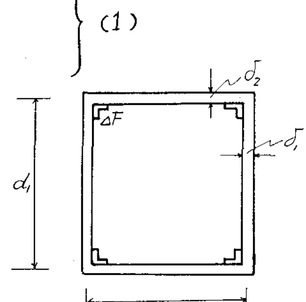
この場合

$$a = \frac{1}{24} E d_1^2 d_2^2 (F_1 + F_2 + 6\Delta F)$$

$$b_1 = \frac{1}{2} G(d_1^2 F_2 + d_2^2 F_1)$$

$$b_2 = \frac{1}{2} G(-d_1^2 F_2 + d_2^2 F_1)$$

$$C = \frac{96}{\frac{d_1}{EI_1} + \frac{d_2}{EI_2}}, \quad F_1 = d_1\delta_1,\ F_2 = d_2\delta_2$$



図－1

P_4 Binoment荷重, g_1 捩り荷重, g_4 断面変形荷重
又断面力として

$$\left.\begin{aligned} B &= -aU' && (\text{Binoment}) \\ H &= b_2U + b_1\theta' + b_2\varkappa' && (\text{Torsion Moment}) \\ Q &= b_1U + b_2\theta' + b_1\varkappa' && (\text{Quermoment}) \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

ここで $U=f'$ とおきかえて (1)より 斉次の場合に

$$f^{VI} - 2r^2 f^{IV} + \delta^4 f'' = 0 \qquad (3)$$

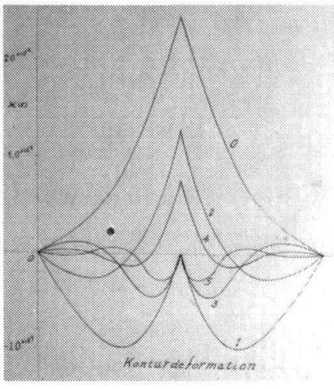
この時に

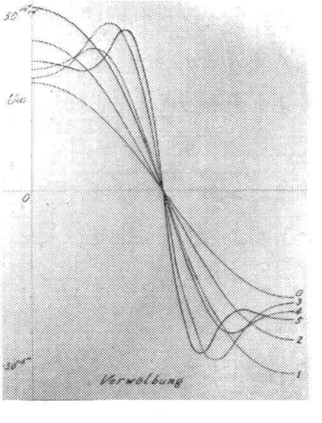
$$r^2 = \frac{b_1 C}{2(b_1^2 - b_2^2)}, \qquad \delta^4 = \frac{C}{a}$$

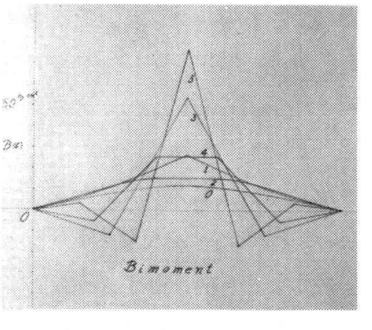
この微分方程式を解いて六個の積分定数を, $z=0$ の位置における変位 θ_0, U_0, $\varkappa_0$ 及び断面力 B_0, H_0, Q_0 即ち Anfangsparameter により Matrix 表示する。このMatrixは Reduction法のFeldmatrixに相当するので, その方法を用い, 隔壁のある位置で断面の変形 $\varkappa$ の部分を0 即ち隔壁を剪断剛性無限大として隔壁の影響を考慮する事が出来る。

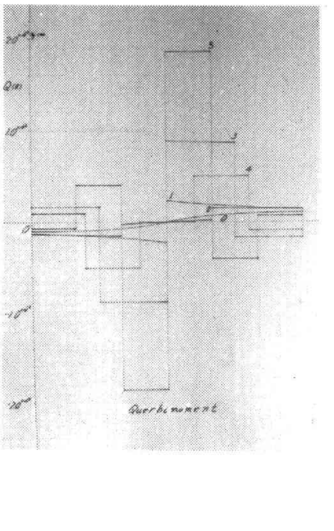
3. 数値計算例

$d_1 = 175.0$ cm　$d_2 = 160.0$ cm　$\delta_1 = 1.0$ cm　$\delta_2 = 2.0$ cm　$l = 30.0$ m　$E = 2.1 \times 10^6$ kg/cm²　$G = 0.4E$
$H = 1.0$ kg·cm　境界条件 両端で捩り角, 断面形状変化 拘束 反り自由 荷重中央載荷
なおグラフにおいて0から5の数字は中間ダイアフラムの個数を表わしている。









4. 結語

断面形状の変形を隔壁によって拘束した場合に前述した如く閉断面では曲げ捩り剛性が大きく部分的に反り分布状態が変化し即ち断面力の式(2)をfを用いて表わせば $B=-af''$, $Q=af'''$ となり $Q=-B'$ となってBinomentの変化率としてのQuerbimomentという事から反りの量の変化が断面形状の変形に依存している事、断面形状の変形の考慮を無視すると反りによる応力が大きくなる事、隔壁で補強し断面形状の変形を拘束すると反り応力が大きくなる現象が認められた。

参考文献 "Dünnwandige elastische Stäbe" W.S. Wlassow