

I-31

断面積集中心点を有する薄肉多箱多室断面の断面計算プログラム

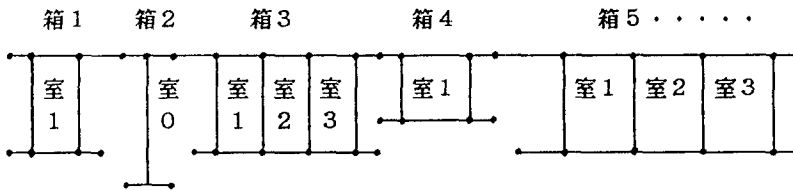
佐賀大学 学生員 山下久生

佐賀大学 正会員 井嶋克志

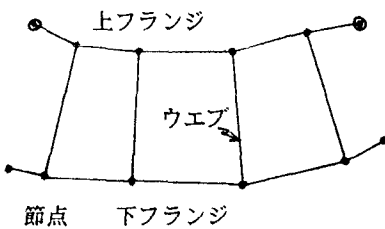
佐賀大学 正会員 後藤茂夫

1. まえがき 本文は、薄肉構造断面のせん断流理論による断面諸量の計算プログラムについて述べたもので、本プログラムは、トラス形式などの箱桁置換の場合などにも対応できるように、異種材料による混成断面や断面積集中心点の処理、また実用上、任意形状の箱桁断面への適用を考慮したものである。計算に用いた基礎理論は文献1)による。

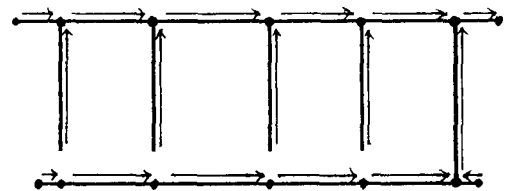
2. 適用可能断面と静定開断面の設定



1 箱の構成単位



他箱と連結可能な節点



単位箱の静定開断面と静定せん断流関数計算の場合の積分の方向

適用可能断面は、図のような多室構成の単位箱が連なった薄肉構造であり、各板の方向は任意で節点には、集中断面積を考慮することができる。

各静定せん断流関数計算の場合の静定開断面は、図のように各構成単位の最右端を残し、ウェブの下端を下フランジから切放した断面を設定し、積分計算の方向は、各開放枝から右端の他箱への連結節点に向けて行うことにした。

3. 断面積集中心点の処理 節点以外の板部分において、閉室に適当に切口を設けた開断面としての静定せん断流関数を κ^0 、不静定せん断流関数を κ^* とすれば

$$\kappa^0 = \int_0^L w t_E du + \kappa_0 \quad \kappa = \kappa^0 + \kappa^* \quad \dots\dots\dots(1)$$

のように表すことができる。ここで

w : 垂直せん断流の場合、中立軸よりの垂直距離
 水平せん断流の場合、中立軸よりの水平距離
 曲げねじりせん断流の場合、反り関数値
 u : 板厚方向距離（積分方向）

t_E : E換算板厚 $t_E = t \cdot E / E_0$
 t : 板厚
 E : 弾性係数
 E_0 : 基準材の弾性係数

であり、不静定せん断流関数は、閉室数に応じたつぎの連立方程式を解いて得られる。

$$\kappa^* \int_0^L (1/t_0) du + \sum \kappa^* \int_0^L (1/t_0) du = - \int_0^L (\kappa^0/t_0) du \quad \dots\dots\dots(2)$$

f_i : i 室について一周する積分
 f_{ij} : i, j の境界壁に関する積分
 ϕ_i : i 室について右回りに一周する積分
 Σ : j に関する集計

t_G : G 換算板厚 $t_G = t \cdot G/G_0$
 G : セン断弾性係数
 G_0 : 基準材のセン断弾性係数

断面積集中心 r においては、式(1)の κ^0 は、 r の w 値を w_r 、集中断面積を A_r と置いて

$$\kappa^0 = w_r A_r + \kappa_0 \dots\dots\dots (3)$$

のようになる。また、反り関数 W は、単純ねじりによるセン断流関数を κ_s 、積分開始点の値を W_0 とし、セン断中心より板の積分方向に下ろした垂線の長さを h として

$$W = W_0 + \int_0^h (\kappa_s / t_G - h) du \quad W_0 = \int_F W t_E du + \Sigma W_r A_r \dots\dots\dots (4)$$

より、曲げねじり抵抗は次式より求める。

$$C_w = \int_F W^2 t_E du + \Sigma W_r^2 A_r \dots\dots\dots (5)$$

4. セン断流（関数）におけるパイプ・アナロジーについて 薄肉構造断面のセン断流理論による断面諸量の算出において、各計算式自体は、難解・煩雑なものではなく、理論の理解と計算手順を間違えなければ、比較的容易であるが、往々にしてケアレミスにより計算結果のつじつまが合わず戸惑うことがあり、任意形状断面に対して実用上十分といえる本プログラムの完成はきわめて有用であった。

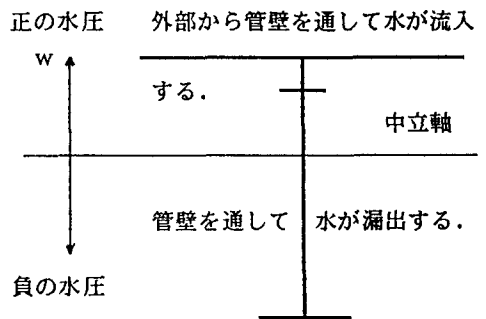
セン断流理論の理解の一助としては、パイプ・アナロジーが便利であり、以下に説明する。セン断流（関数）は、管壁からの流入、流出のある管網を流れる水流に似ていることがわかるが、ここでは薄肉構造断面を w 値に比例した地下水圧の作用する地中に埋設された多孔質の素焼のパイプと考え、セン断流（関数）は、そのパイプの内部を水圧が 0 となって流れている水流（流量）と考える。

E 換算板厚 t_E は、素焼のパイプの目（細孔）の粗さ、すなわち管壁の水に対する浸透性をあらわし、トラス形式の横構を置換した板に見られるような、セン断のみに抵抗する $t_E=0$ の部分は、完全なウォータータイトなパイプであり一定の流量となる。

また、断面積の集中する点は、パイプに開いた大きな孔と考えることができ、孔の大きさ A_r とその位置の水圧 w_r により水の流入量が定まる。

不静定セン断流関数計算の場合に必要な G 換算板厚 t_G は、流れに対するパイプ内壁の滑らかさ（抵抗の逆数）と考えることができ、回路網の電流が区間 i の電流を I_i 、抵抗を R_i として全体の消費電力 $\Sigma I_i^2 R_i$ を最小にするように配分されるのと同様に、閉室網のセン断流は $\int (\kappa^2 / t_G) du$ を最小にするように流れる。

5. 計算例 図-1の断面計算を例に、本プログラムより得られる各セン断流関数および反り関数を右に図で示す。



垂直曲げによるセン断流の場合

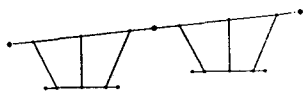


図-1



垂直せん断流関数



反り関数



単純ねじりせん断流関数



曲げねじりせん断流関数

<参考文献>

1) 土木学会編 構造力学公式集例題集, 1981, pp.5-18