I－2　中間隔壁を有する薄肉断面部材の力学的パラメータについて

早稲田大学理工学部　学生会員　○清水啓之
早稲田大学理工学部　正会員　平嶋政治
早稲田大学理工学部　正会員　依田照彦

1．まえがき

鋼箱桁においては、通常、断面形状の保持、座屈変形の防止，外力の円滑な伝達などの目的から、隔壁が設けられている。近年、中間隔壁の設計法についていくつかの提案がなされているが[1),2),3)]、必ずしも十分であるとは考えられず、改良の余地が残されていると思われる。本報告では、中間隔壁を有する薄肉箱型断面部材の力学的挙動を、Vlasov の式を基礎に調べ、Vlasov の微分方程式を解く際に生ずる力学的パラメータについて、考察を加えた。

2．数値計算手法

単一箱型断面の断面変形χ，そり$\mho$，回転θの平衡方程式は、Vlasov により次の様に定式化されている[4)]。

$$a\mho'' - b\mho - b_2\theta' - b_1\chi' = 0 \qquad (1\cdot a)$$

$$b_2\mho' + b_1\theta'' + b_2\chi'' = 0 \qquad (1\cdot b)$$

$$b_1\mho' + b_2\theta'' + b_1\chi'' - c\chi = 0 \qquad (1\cdot c)$$

である。ここで、連立微分方程式の解として

$$\mho = Ae^{\lambda z} \qquad \theta = Be^{\lambda z} \qquad \chi = Ce^{\lambda z} \qquad (2)$$

とおき、式(1)に代入すれば、A，B，Cに関する連立方程式が得られる。そこで、$A\lambda=D$，$B\lambda=E$，$C\lambda=F$と定義される定数を導入し[5)] 連立常微分方程式の特性根λを 代数方程式の根としてではなく、固有値問題の固有値として求めるべく整理すると

$$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{b_1}{a} & 0 & 0 & 0 & \frac{b_2}{a} & \frac{b_1}{a} \\ 0 & 0 & \frac{b_2c}{-b_1^2+b_2^2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-b_1c}{-b_1^2+b_2^2} & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A \\ B \\ C \\ D \\ E \\ F \end{bmatrix} \qquad (3)$$

という固有値方程式が求まり、式(3)の固有値が、式(2)の特性根となる[5)]。その結果、余関数が決定でき、ずり荷重に対して弾性的な挙動を示す中間隔壁の影響を考慮した解を、容易に求めることができる。

3．力学的パラメータの検討及び考察

式(1)より力学的パラメータを導入することは難しいので、許容される仮定として、断面変形の際に生ずるせん断変形は、無視するという仮定を設けると、式(1)より断面変形角χに対する微分方程式

$$a\chi^{IV} + c\chi = 0 \qquad (4)$$

が得られる。今、式(4)より断面変形挙動が、規定されると考えるならば、力学的パラメータとしては、a，c，K(中間隔壁の剛性)，L_D(隔壁間隔)の4つが考えられる。従って、これらの力学的パラメータより定まるある無次元量をγとおけば、γは、一般に

$$\gamma = f(a, c, K, L_D) \qquad (5)$$

と表わされる。しかも、この無次元量が、ある領域内を値域として動くならば、

$$\alpha \leqq \gamma \leqq \beta \quad (\alpha, \beta\ ;\ 定数) \qquad (6)$$

なる制限が付加されるであろう。それ故、設計条件として、何らかの制約を加えることにより、α，βの制限値

と関数 f の形を決定することができれば、設計の際に必要とされる力学的パラメータの決定が可能となる。このような観点から、これまでの研究を眺めると、a, K, L_D に注目し、無次元量 γ_S を

$$\gamma_S = K_S L_D^3 / a \qquad (7)$$

と定義し、中間隔壁の剛度の決定に際し、$30 \leq \gamma_S$ を提案した坂井らの研究[1]，また、C, K, L_D に注目し、無次元量 γ_N を

$$\gamma_N = K_N / C L_D \qquad (8)$$

と定義し、$1500 \leq \gamma_N$ を提案した中井らの研究[2]，さらに、具体的な設計法を提案するに到ってはいないが、a, C, L_D に注目し、

$$\gamma_Y = \sqrt[4]{C/a} \cdot L_D$$

を定義した矢島らの研究[3]などがある。しかるに、これらの研究では、4つの力学的パラメータのうち3つのみを使用しているので、ある1つの力学的パラメータについては、妥当な結果を与えているものの、無次元量に対する制限値を満たしつつ、他の力学的パラメータを変化させると不都合な結果をもたらすことがあり得る。その例を式(7)において、L_Dを増加させた場合(図2〜3)と、式(8)において、Cを変化させた場合(図4〜5)とについて見ることができる。

図からわかるように、無次元量の値を制限値よりも増加させたにも拘わらず、それぞれ、応力 σ，断面変形 χ の最大値が増加し、危険側の値を示している。このことより、直ちに、これまでの無次元量が、中間隔壁の設計には、不適当であると断言することはできないが、より合理的な、無次元量の定義，制約条件の決定方法があると考えられる。

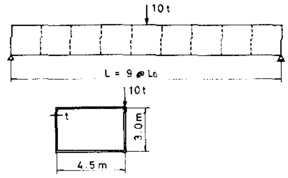

図1. 全 体 図

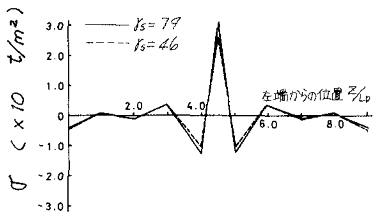

図2. 偏心荷重10t載荷時における
そり応力 σ (γ_S=46,79)

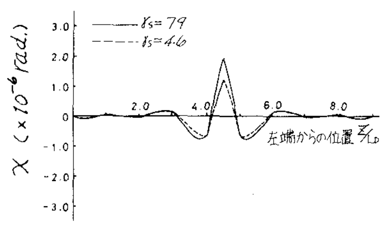

図3. 偏心荷重10t載荷時における
断面変形 χ (γ_S = 46,79)

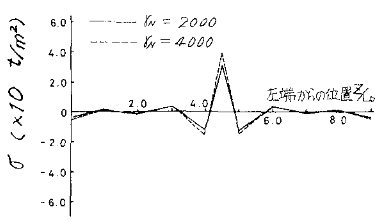

図4. 偏心荷重10t載荷時における
そり応力 σ (γ_N=2000,4000)

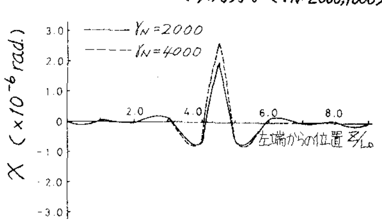

図5. 偏心荷重10t載荷における
断面変形 χ (γ_N=2000,4000)

5. あとがき

ここでは、偏心荷重を受ける中間隔壁を有する薄肉箱型断面部材の力学的挙動を Vlasov の連立常微分方程式を基礎に論じた。その際常微分方程式の特性根を、代数方程式の根として求めるのでなく、固有値問題の固有値として求め、厳密解を誘導した。

さらに、得られた厳密解を用いて、従来の中間隔壁の設計法における力学的パラメータの無次元化について若干の考察を加えた。

おわりに、本報告の数値計算手法は、東京電機大学助手 井浦雅司先生に負う所大である。記して、深謝の意を表します。

なお、数値計算は、東京大学大型電算機センターの M-200H を使用して行なった。

参考文献

1) 坂井藤一・長井正嗣；鋼箱桁箱の中間ダイアフラム設計法に関する一考察，土木学会論文報告集，第264号，1977年5月
2) 中井 博・村山泰男；ダイアフラムを有する曲線箱桁橋のそり応力の解析と設計への応用，土木学会論文報告集，第309号，1981年5月
3) 平嶋政治・矢島鉄司；薄肉箱桁における隔壁の効果に関する研究(独文)，土木学会論文報告集，第264号，1977年8月
4) Vlasov. V. Z.，奥村敏恵ほか共訳；薄肉弾性ばりの理論，技報堂，1967年
5) 井浦 雅司；非閉鎖形変断面円錐殻のフーリエ解析，昭和56年度日本建築学会大会学術講演梗概集，1981年9月