I-28　隔壁が箱桁に及ぼす影響のパラメターによる評価

新潟鉄工　正員　○五味 裕
早稲田大学　学生員　矢島鉄司
早稲田大学　正員　平嶋政治

1.　緒言

最近、薄肉箱桁の捩り剛性の高さ・経済性等が注目され、構造部材として多く用いられている。薄肉箱桁にはその断面形状を保持するため、あるいは断面変形に伴う反り応力を低減する目的で中間隔壁が配置されるが、現段階では中間隔壁の配置に関する明確な指針は存在せず、工学的判断のもとに慣習的な配置間隔を用いているにすぎない。箱桁が多く用いられはじめたのに伴い、中間隔壁の配置間隔に関する研究も進み、最近では簡略式を用いた実用算定式の提案もなされている。しかしながら、断面変形問題は箱桁の各寸法と密接に関り合っているため、断面変形問題との関連において適切な中間隔壁間隔を論じようとすると、桁の各寸法との関係が煩雑なものとなり、未だ種々の箱桁を統一的に扱い得る算定式を得るにはいたっていない。

本報告は、箱桁の断面変形問題を取り扱う際に有力な手段であると思われる剛性比パラメターを用い[1]、中間隔壁間隔の算定を、断面寸法と桁長の関係より統一的に取り扱うことを目指したものである。

2.　剛性比パラメター

Wlassow の折板理論より導びかれた[2]、断面変形に関する同次微分方程式は下記の様に表わされる。

$$EJ_\omega \gamma^{IV} - \frac{EJ_\omega}{GJ_d} C \gamma^{II} + C\gamma = 0 \qquad (1)$$

上式中 EJ_ω は Wlassow の曲げ捩り剛性、GJ_d は捩り剛性、C は箱桁より単位幅に切り出した箱型ラーメンの曲げ剛性を表わす。

(1) 式中各項に物理的意味を与えれば、第1項は箱桁を構成する四枚の板が縦方向バイモーメントを受けた際に生ずる、面内での曲げ変形（反り）からなる断面変形を表わし、第3項は構成板の面外曲げ変形（ラーメン曲げ）による断面変形を表わすと考えられる。第2項は連成項であり、主に構成板の面内曲げ及び捩りに伴う剪断変形による断面変形を表わす項である。

剛性比パラメターは、各項の係数の比より下記のごとく定義される。

$$\eta = \sqrt[4]{\frac{C}{EJ_\omega}} \cdot L, \quad \xi = \sqrt{\frac{C}{GJ_d}} \cdot L, \quad \lambda = \frac{\eta}{\xi}.$$

同じ η, λ を持つ桁は、断面変形問題では多くの場合等しい（相似な）挙動を示すので、この剛性比パラメターを導入することにより箱桁の寸法が断面変形問題に与える影響を明確かつ統一的に取り扱うことが可能となる。（ここでLは桁長である。）

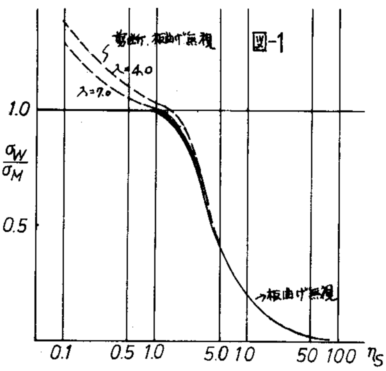
3.　パラメターを用いた隔壁間隔の取り扱い

断面変形を扱う微分方程式が弾性支承上の梁の理論と類似していることは既知である。弾性支承上の梁の理論に対応させ、(1) 式中 2・3 項目の剪断及び板曲げの項を無視し、断面変形問題を連続梁の曲げ理論で解く方法が報告され、合わせて中間隔壁間隔の簡略算定式も提案されている[3]。この方法は断面変形に伴う反り応力を曲げ応力に比して十分減少すべく隔壁間隔を定めるもので、必要間隔は桁長のみとの関係で与えられる。提案式は、明確・合理的であると見えるが、第2・3項の無視に関する妥当性の検討、また隔壁間隔が桁長との関係のみで与えられることに問題を残すと思われる。

この様な簡略式を導びく際、各項の無視にあたっては、その影響が十分に論ぜられねばならず、その影響の度合は断面の板厚比、縦横比、桁長との関係など桁の全ての寸法に依存して種々変化することを考えれば、単純に板厚あるいは桁長のみより断面変形を論ずるのでは不十分であると思われる。

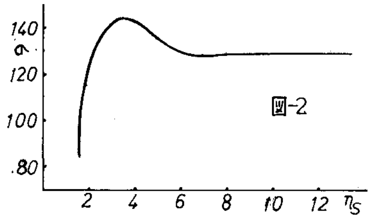
剛性比パラメターを用いれば Wlassow の微分方程式における各項の影響についても、種々の桁に対し統一的に表現することが可能である。図-[1] は中間隔壁を持つ箱桁の応力を Wlassow の微分方程式と簡略式とで計算し、その比 σ_W/σ_H と中間隔壁間隔より計算される剛性比パラメター η_S との関係を表わしたものである。η_S は隔壁間隔の一次関数であるから、この図は隔壁間隔と簡略式の誤差との関係を表しているとも言える。同じ

λ・η_s を持つ隔壁間隔に対し、$\frac{\sigma_W}{\sigma_M}$ が一義的に表示されていることが特色である。



4、 隔壁間隔の算定

中間隔壁間隔を定める要因はいくつか考えられるが、ここでは断面変形に伴う反り応力に注目して計算を行う。図-〔2〕は、箱桁に中間隔壁を配した際の隔壁間隔 η_s と最大反り応力 σ_W との関係を表わしている。



σ_W は $\eta_s = 3.5$ 付近で最大値を持ち、以後一定値に収束しており、この値は中間隔壁を持たない桁の最大反り応力と一致する。この図によれば、箱桁に中間隔壁を配置する際、その間隔が $\eta_s = 3.5$ 付近であれば、逆に桁の反り応力を増加させることになるわけで、断面変形に伴う反り応力の減少を目的として中間隔壁を配置するならば、その間隔は少くとも $\eta_s < 2.4$ とせねばその役割を果し得ないと言える。以上の事実より、中間隔壁配置間隔の上限として $\eta < 2.4$ が定められる。

隔壁間隔の下限を明確化することは困難な問題であるが、曲げ応力に比して反り応力が十分小さくなるべく下限を定めるのも有力な方法であると思える。その計算は文献〔3〕で提案された連続梁の応力算定式で行なえるが、その際その計算値は図-〔1〕に示される誤差を含んでいることに注意せねばならない。

ここではさらに断面変形に伴う反り応力を単純梁の曲げ理論で計算する方法を示す。箱桁の最大反り応力のみに注目するならば、最大応力は箱桁より中央の隔壁間隔のみを取り出して単純曲げの理論で計算すればよい。箱桁中央に偏心集中荷重Pが載荷される時、縦方向バイモーメント B_M と反り応力 σ_M は、曲げの式と同様下記の通り表わされる。

$$B_M = \frac{Q}{4} L_s \qquad Q = \frac{P}{4} d_2$$

$$\sigma_M = \frac{B}{J_w} \varphi \qquad \sigma_{M\max} = \frac{B_M}{J_w} \frac{d_1 d_2}{4}$$

φ : Wlassow の反り分布関数

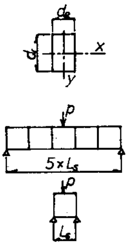
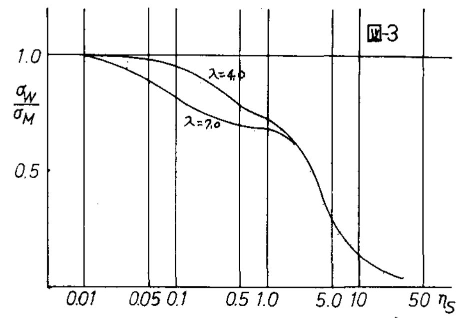


図-4

上式で計算される最大反り応力 σ_M は Wlassow の解に対し誤差を持つが、その誤差は η_s・λ を用いることにより、図-〔3〕のごとく種々の桁に対し一義的に表示され、ただちに補正することが可能である。



曲げ応力と反り応力の比は下記のごとく計算される。

$$M_B = \frac{P}{4} L \qquad \sigma_{B\max} = \frac{M}{I} \frac{d_1}{2}$$

$$\frac{\sigma_M}{\sigma_B} = \frac{d_2^2}{8} \frac{I}{J_w} \cdot \frac{L_s}{L}$$

また反り応力の比 σ_M/σ_B と隔壁間隔 L_s との関係は、

$$L_s = \frac{\sigma_M}{\sigma_B} \cdot \frac{J_w}{I} \frac{8}{d_2^2} \cdot L$$

従ってあらかじめ $\frac{\sigma_M}{\sigma_B}$ の値を決めれば、必要隔壁間隔 L_s を定めることができる。反り応力 σ_M は図-〔3〕に示される誤差を含むので、L_s は実際の必要間隔より大きく算定されているが、これは、L_s より η_s を計算し、その η_s に対応する σ_M/σ_W の値を読み取り L_s をその値で除することにより、より正確な値に補正することが出来る。この計算値を隔壁間隔の下限として定め、その時の条件により $\frac{\sigma_M}{\sigma_B}$ の値を種々変化させ、適切なる中間隔壁間隔を定めればよい。

5、 結語

従来より統一的な取り扱いが困難であった箱桁中間隔壁間隔も断面性能比パラメーターを用いることにより、統一的、かつ明確な手法で取り扱い得ることを明らかにできたと思われる。

文献 1) 安部、矢島、平嶋、第31回土木学会講演会概要集
2) Wlassow. Dünnwandige elastische Stäbe, VEB Verlag
3) 坂井藤一、長井正嗣、土木学会論文報告集 No. 261