

I - A86 局部荷重が作用する補剛された腹板の座屈問題

○ 日本車輛製造 正会員 山田忠信
 新日本技研 正会員 高尾孝二
 ヒメノコンサルタント 正会員 中村卓次

1. まえがき

鋼道路橋は、架設現場のけた下空間の制約などの理由で、送り出し工法によって架設されることがある。この場合の送り出し装置上の腹板の座屈照査には、文献[1]または W.Protte の研究を取り入れた文献[2]を用いていることが多い。この種の研究は、局部荷重が作用する板の座屈問題と耐荷力問題について行われており、最近では、弾塑性有限変位解析により終局強度に関する研究も進められている。しかし、補剛材およびフランジの剛性の影響を考慮した全体パネルの座屈問題については整理されておらず、実務の面で補剛材の配置および断面を決定する際に不都合を感じることもある。また、日本道路公団を中心に、鋼橋の省力化施工の研究が行われ、フランスなどで実績のある主げた間隔の広い2主桁橋に代表される少数主げたのI断面プレートガーダー橋が注目されている。この少数主げた橋は、使用されるフランジの板厚が厚いこと、製作の省力化から主げた腹板の水平補剛材を1段にして従来の橋梁より厚板の腹板が用いられていることから、このような腹板に組み合わせ荷重が作用する場合の座屈問題が重要視されてきている。

本稿では、局部荷重が作用する補剛材された腹板の全体パネルについてエネルギー法による弾性座屈解析について述べ、数値解析により補剛材およびフランジの剛性の影響について検討した。

2. 解析の基礎式

図-1 に示す組み合わせ荷重が作用する場合の板の座屈基本式は次式とする。

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} = - \frac{h}{N} \left(\sigma_x \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - 2 \tau_{xy} \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + \sigma_y \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) \quad (1)$$

板の座屈形状を板の周辺を単純支持として次式で仮定する。

$$w(x, y) = \sum_m \sum_n A_{mn} \sin \frac{m\pi}{a} x \sin \frac{n\pi}{b} y \quad (2)$$

ポテンシャルエネルギーは表-1 で表すことができ、座屈平衡条件式 $\delta(\delta\Pi)/\delta A_{mn}=0$ より固有値問題として板の座屈荷重を計算することができる。補剛材については曲げおよびねじり剛性を考慮した。

表-1 ポテンシャルエネルギー ($\delta\Pi$)

	内部ポテンシャル	外部ポテンシャル
板	$\frac{N}{2} \iint [(w_{xx} + w_{yy})^2 - 2(1-\mu)(w_{xx}w_{yy} - w_{xy}^2)] dx dy$	$-\frac{h}{2} \int_0^a \int_0^b \sigma_x w_x^2 dx dy - \frac{h}{2} \int_0^a \int_0^b \sigma_y w_y^2 dx dy$ $+ h \int_0^a \int_0^b \tau_{xy} w_x w_y dx dy$
水平補剛材	$\frac{1}{2} E_f \int_0^a w_{xx(y=\eta b)}^2 dx + E C_w^L \int_0^a w_{xx(y=\eta b)}^2 dx + \frac{1}{2} G J_D^L \int_0^a w_{xy(y=\eta b)}^2 dx$	$-\frac{1}{2} F^L \int_0^a \sigma_x w_{x(y=\eta b)}^2 dx - \frac{1}{2} J_P^L \int_0^a \sigma_x w_{xy(y=\eta b)}^2 dx$
垂直補剛材	$\frac{1}{2} E_f^Q \int_0^b w_{yy(x=\xi a)}^2 dy + E C_w^Q \int_0^b w_{yy(x=\xi a)}^2 dy + \frac{1}{2} G J_D^Q \int_0^b w_{xy(x=\xi a)}^2 dy$	$-\frac{1}{2} F^Q \int_0^b \sigma_y w_{y(x=\xi a)}^2 dy - \frac{1}{2} J_P^Q \int_0^b \sigma_y w_{xy(x=\xi a)}^2 dx$

stiffened plate elastic buckling plate girder web

名古屋市熱田区三本松町 1-1

TEL 052-882-3385

FAX 052-882-3615

東京都港区芝 2-1-23

TEL 03-3453-4321

FAX 03-3453-4325

名古屋市中東区東大曾根町 12-19

TEL 052-937-6648

FAX 052-937-6173

局部荷重による外部ポテンシャルは式(3)で表わされるが、この積分は容易でないために図-2 に示す領域を小区割りに分けて数値積分を行うことにした。

$$\delta^2 \Pi_o = \frac{h}{2} \iint \sigma_{,w,y}^2 dx dy = \frac{h}{2} \sum \Delta a \Delta b \sigma_{,w,y}^2 \quad (3)$$

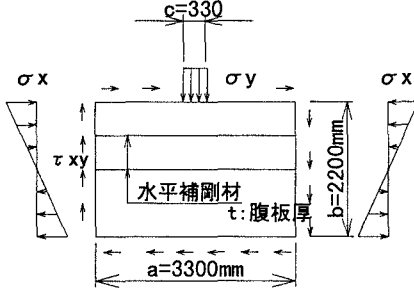


図-1 組み合わせ荷重が作用する腹板

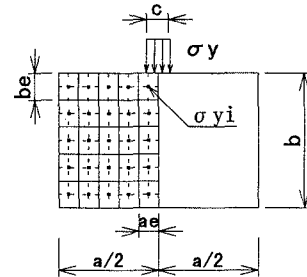


図-2 積分領域の設定

3.数値計算例

図-1 のモデルに対して局部荷重 σy が作用した場合について計算した結果を表-2 に示す。本解析方法の妥当性を確認するために文献[3]との比較を行った。次に図-3 に示す水平補剛材が1段の場合の腹板を想定して解析を行い、図-4 に示すように水平補剛材と腹板の剛比と座屈係数の関係を調べた。これにより補剛材の必要剛性についての検討が可能と考えられる。フランジのねじり剛性を考慮する場合は板の上下縁にフランジのねじり剛性に相当する補剛材を配置した。

ここに、E：鋼材のヤング係数、 J_D ：補剛材の曲げ剛性、

$(\gamma_D = EJ_D / Nb)$ ：水平補剛材と腹板の剛比

$N = Et^3 / 12(1 - \mu^2)$ ：板の曲げ剛性

4. 考察

本稿において局部荷重が作用する補剛された腹板の座屈解析を行った結果を次のことが解った。

- (1) 局部荷重が作用する場合の水平補剛材の必要剛性
- (2) フランジ断面のねじり剛性を考慮した場合の座屈荷重。

本法はFEM解析に比べて簡単にモデル化できるため実務面においては有用であると考えられる。

5. 参考文献

- [1] 荒井、前田：送り出し装置を用いた架設工法、横河橋梁技法、Vol.1, No.1, pp138～146(1972)
- [2] 伊藤：鉛直局部荷重を受けるプレートガーダー腹板のDAST 指針 O12 による座屈照査例、橋梁と基礎 1984 年 3/19823 月 P32～P39
- [3] E.Kutzelnigg, „Beulwerte nach der linearen Theorie für längsversteifte Platten unter Längsrandbelastung, DER STAHLBAU

表-2 計算結果の比較

座屈係数 γ_D	本解析	文献[3]
10	6.46	6.33
50	8.14	8.35
100	8.52	8.90

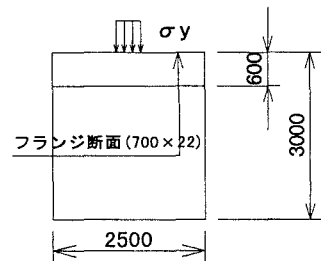


図-3 解析モデル

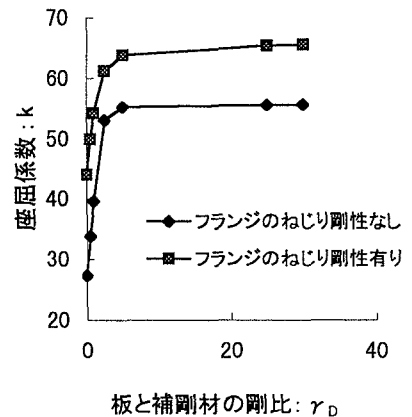


図-4 座屈係数と水平補剛材剛度との関係