

(I -11) フランジのねじり剛性がI桁腹板の座屈係数に及ぼす影響

武蔵工業大学 学生会員 安藤貴代
 武蔵工業大学 フェロー 増田陳紀
 武蔵工業大学 フェロー 西脇威夫
 武蔵工業大学 正会員 白旗弘実

1. はじめに

プレートガーダーの座屈耐力に関する研究は既に数多く行われている¹⁾が、従来、わが国の道路橋の設計においては補剛材の補剛効果として曲げ剛性のみを考慮し、ねじり剛性は無視されることが多く、またフランジのそれらも設計に反映されるには至っていない。²⁾

終局耐荷力が重要な指標である限界状態設計法の採用は急がれるべきであり、それに向かって終局耐荷力の検討が重要である。しかし、その算定には完全系の弾性座屈解析より煩雑な複合非線形解析が要求される。一方、完全系の弾性座屈荷重は実際の初期不整を有する不完全系の耐荷力に対する明瞭な下界を与える。その観点から限界状態の照査以前の設計段階においては弾性座屈荷重に関する情報は設計を進める一段階であろう。

そこで、本報告では道路橋示方書に則り設計された断面形状を有する、純曲げを受ける腹板パネルの弾性座屈強度に及ぼすフランジのねじり剛性の影響について検討を行った。以下本報告では、腹板の弾性座屈係数を単に座屈係数と称する。なお、ここではフランジのねじり剛性の影響を明確にするため、水平補剛材は配置していない。

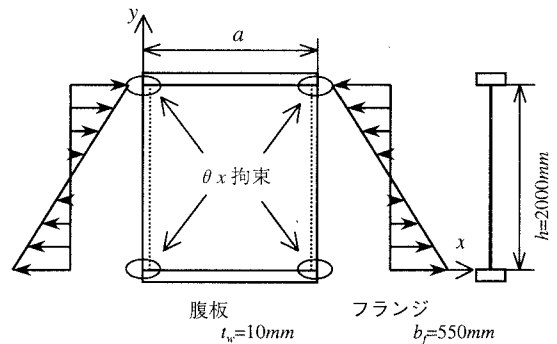


図-1 解析対象

2. 解析対象および解析方法

解析対象は図-1 に示すようなフランジを有する部分パネルである。解析には、汎用 FEM 解析コード ABAQUS を使用し固有値解析を行った。腹板は1要素4節点1節点6自由度のシェル要素 (S4R) でモデル化した。フランジは1要素2節点1節点6自由度の棒要素 (B33) でモデル化し、軸剛性、曲げ剛性およびサン・ブナンのねじり剛性を考慮して、そりねじり剛性は無視した。パネル両側の垂直補剛材は十分な面内曲げ剛性を有し、面外方向には変位しないものとして、 $x=0, a$ において単純支持されているものとした。要素数は高さ方向に等分割して48要素とし、要素のアスペクト比はパネルのア

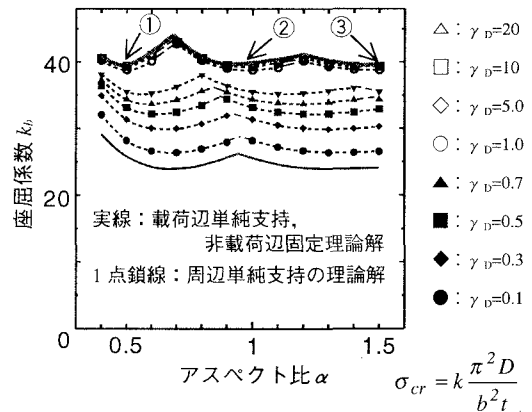


図-2 ねじり剛比をパラメータとする部分パネルのアスペクト比と座屈係数の関係

ペクト比に応じてほぼ1.0(0.87~1.14)とした。部分パネルのアスペクト比 $\alpha=a/h$ は実橋の実績を考慮して0.4~1.5を考え、またフランジのねじり剛比 $\gamma_D=GJ/hD$ はフランジの板厚を変化させる事により $\gamma_D=0.1\sim20.0$ まで変化させた。なお、ここではパネルの座屈前に圧縮フランジの座屈は生じないと仮定した。

Key Words : Elastic Buckling, Flange Torsional Rigidity, Pure Bending, Design Loads

〒158-8557 世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学土木工学科構造工学研究室 TEL 03(3703)3111(内線 3264)

3. 解析結果および考察

アスペクト比 α と座屈係数 k_b の関係を図-2 に、ねじり剛比 γ_D と座屈係数 k_b の関係を図-3 に示す。ここで図-2 中の実線は周辺単純支持無補剛板純曲げ載荷の場合の Timoshenko の解⁴⁾である。本計算例においてアスペクト比 $\alpha=0.5$ でねじり剛比 $\gamma_D=20.0$ の時の座屈係数は 39.6 であり、周辺単純支持無補剛板の理論解は 25.6 であるのでフランジのねじり剛性によって座屈係数は約 55% 上昇する。また、載荷辺単純支持、非載荷辺固定の無補剛板の理論解は 39.7 であることより、フランジのねじり剛性の効果により座屈係数は非載荷辺を固定辺とする場合の座屈係数とほぼ一致している。 $\alpha=0.5$ に限らず、ねじり剛比 $\gamma_D=20.0$ として計算を行った時の座屈係数はすべて非載荷辺を固定辺とする場合の座屈係数とほぼ一致している。図-3 より、ねじり剛比 γ_D が 0.1 から 5.0 の間で座屈係数は急激に上昇し、 γ_D が 5.0 (フランジ厚 24mm) 以上では $\gamma_D=\infty$ の場合の値にはほぼ収束している。次に、図-2 中において相対的に座屈係数が小さくなっている①点～③点での座屈モードを図-4 に示す。どの座屈モードも圧縮側フランジ付近のたわみ角がフランジのねじり剛性によって拘束されている様子が分かる。③点の座屈モードは荷重載荷方向に 1.5 波のモードとなっているが 1 半波の大きさはどれも同じ程度である。

4. おわりに

フランジを有する補剛板に純曲げを載荷した場合に、フランジのねじり剛性が座屈係数に与える影響をパラメトリックに示した。フランジのねじり剛性を考慮すると、 $\gamma_D \geq 5$ の場合非載荷辺固定の条件に近づき、座屈係数はパネルのアスペクト比に応じて周辺単純支持の理論解の 1.5～1.8 倍となる。

本報告では純曲げを受ける場合についてのみ述べた。基本的にこの結果は、長谷川ら³⁾によるものと同じであるが、ここではねじり剛比 γ_D をパラメトリックに変化させた。また、長谷川らは曲げとせん断による複合荷重の下でのフランジのねじり剛性の影響については触れていないが、この点については当日発表する。

【参考文献】

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編，丸善，1996.12.
- 2) 福本 秀士編：座屈設計ガイドライン，土木学会，pp.193～pp.219，1987.10
- 3) 長谷川彰夫・太田孝二・西野文雄：補剛された板要素の二，三の考察，土木学会論文報告集，第 232 号，1979.12
- 4) Timoshenko, S.P. and Gere, J.M.: Theory of Elastic Stability, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, 1961

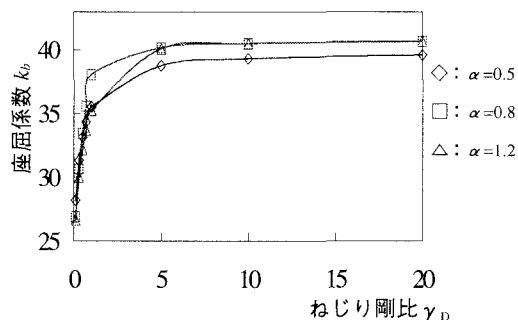


図-3 ねじり剛比が座屈係数に与える影響

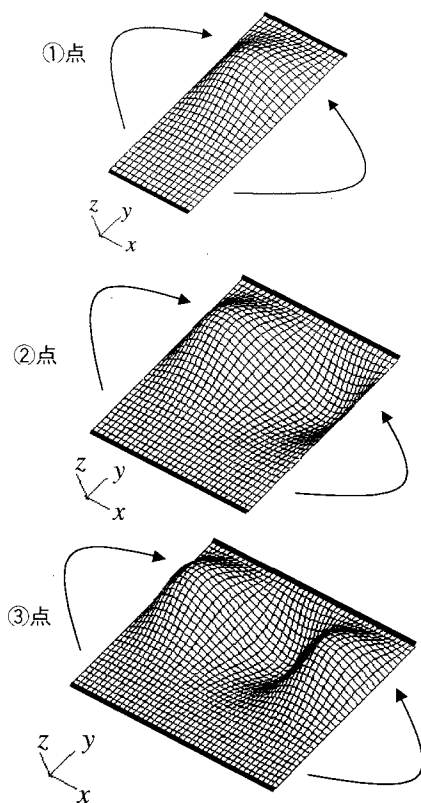


図-4 ①, ②, ③点の座屈モード