

I-33 座屈に対して十分に剛でない縦リブを有する補剛板の横方向圧縮強度の簡易計算法について

大阪市立大学工学部 学生員 中出秀之
大阪市立大学工学部 正 員 北田俊行

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博
大阪市立大学研究生 正 員 古田富保

1. まえがき

広幅員の斜張橋やアーチ橋の鋼床版は、縦（橋軸）方向の面内力以外に、横（橋軸直角）方向にも横桁の圧縮フランジとしてかなり大きい面内圧縮力を受ける。このような場合には、鋼床版を補剛板として取り扱い、座屈照査を行う必要がある。すでに、北田らは、2方向面内力を受ける補剛板の簡易計算法について取り扱っている¹⁾。しかし、その研究では、補剛板に横方向圧縮力が作用した場合、図-1(a)のように、座屈モードは、縦補剛材位置で節となると仮定している。そのため、図-1(b)に示すように、座屈モードが縦補剛材位置で節とならないような場合は取り扱えない。しかしながら、後者に対応する鋼床版もかなりの割合で存在することが、実績調査²⁾で報告されている。そこで、このような十分に剛でない縦補剛材を有する補剛板の横方向圧縮強度の簡易計算法を開発する必要がある。

本文では、弾性座屈理論および弾塑性有限変位理論を用いたパラメトリック解析を行い、このような補剛板の横方向圧縮強度の簡易計算法について検討した結果を報告する。

2. 解析モデルおよび解析法

本研究では、文献²⁾で開発された有限要素法による圧縮補剛板の弾塑性有限変位解析用のプログラムを用いて、パラメトリック解析を行った。この解析においては、実績調査³⁾をもとに、解析モデルのアスペクト比 α 、幅厚比 b_1/t 、鋼材の降伏点 σ_y 、および補剛材の剛比と必要最小剛比との比 γ_1/γ_1^* の範囲を設定した⁴⁾。なお、一本の閉断面補剛材は、ねじり剛性を無視し、断面積と断面2次モーメントとの値を、1/2にした2本の開断面補剛材に理想化し、近似的に取り扱った。

具体的には、図-2に例示するような補剛板モデルを対象とし、解析モデルの長さ b_0 は、弾性座屈解析により求まる座屈モードの1半波長に相当するパネル（1.5パネル、2パネル、および、3パネルを対象）の長さとした。また、縦補剛材間の板パネルを取り出した周辺単純支持の板モデルも解析の対象とした。なお、縦補剛材が必要最小剛比 γ^* 以上の剛比を有している補剛板でも、初期たわみや弾塑性を考慮した場合、図-1(b)に示すように、座屈モードが縦補剛材位置で節とならない場合のほうが、低い横方向圧縮強度を与える可能性もある。このような場合を想定し、補剛材の剛比 γ_1 が γ_1^* より大となる場合には、板モデル以外に、1.5パネルモデルについての解析も行った。

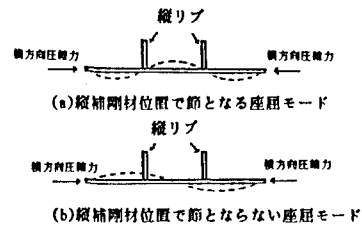


図-1 横方向圧縮応力を受ける補剛板の座屈モード

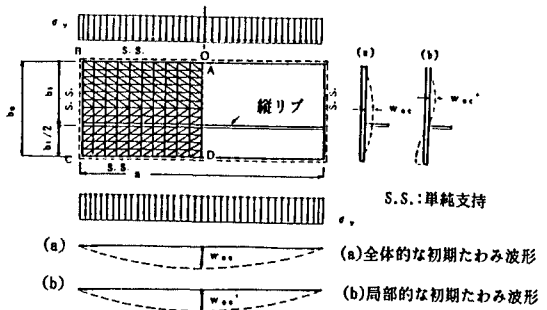


図-2 1.5パネルの補剛板モデルと初期たわみモード

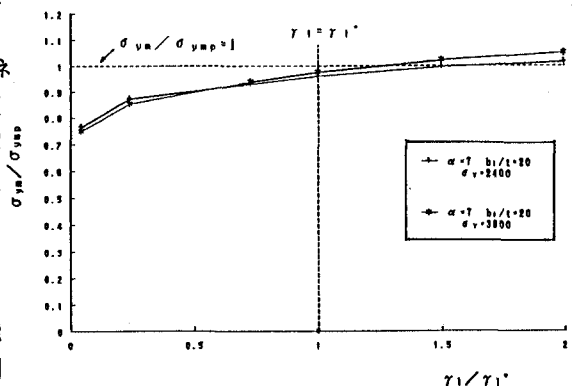


図-3 σ_{yb}/σ_{ybp} と γ_1/γ_1^* との関係

3. 解析結果

補剛板モデルの横方向圧縮強度 σ_{ym} を縦補剛材間の板パネルの横方向圧縮強度 σ_{ynp} で無次元化した値 σ_{ym}/σ_{ynp} と補剛材剛比 γ_1 の必要最小剛比 γ_1^* に対する比 γ_1/γ_1^* との関係の一例を図-3に示す。補剛材の剛比 γ_1 が $0.3\gamma_1^*$ 以上あれば、 γ_1/γ_1^* と σ_{ym}/σ_{ynp} との関係は、ほぼ直線で表せる。

4. 横方向圧縮強度の簡易計算法

弾塑性有限変位解析の結果を用いて、パラメトリック解析した範囲で回帰分析を行い、安全側の値を評価する以下の近似式を求めた。

$$\bar{\sigma}_{ym}/\sigma_{ynp} = 0.839 - \frac{\alpha}{120} + \frac{b_1/t}{885} + \frac{\sigma_y}{120,000} + 0.1047(\gamma_1/\gamma_1^*) \quad \dots\dots(1)$$

式(1)によって求めた $\bar{\sigma}_{ym}/\sigma_{ynp}$ と弾塑性有限変位解析による σ_{ym}/σ_{ynp} とを比較して、図-4に示す。この図から、ここに提案する式(1)が安全側の実用的な結果を与えることがわかる。また、式(1)は、残留応力を考慮せずに導いたものであるが、板パネルの横方向圧縮強度 σ_{ynp} に、文献1)に示されている残留応力を考慮した値を用いることによって、残留応力および初期たわみを有する実際的な補剛板にも適用できる。この妥当性については、以下で検討する。

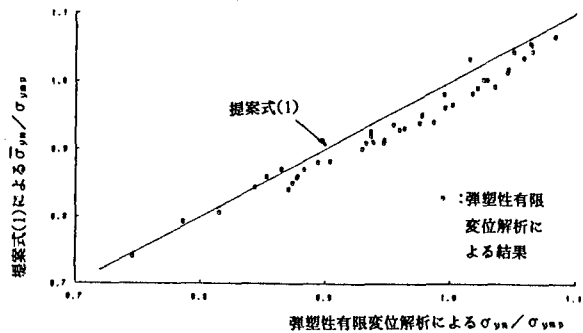


図-4 簡易計算法による結果と弾塑性有限変位解析による結果との比較

5. 十分に剛でない縦リブを有する補剛板（残留応力を含む）の横方向圧縮強度の計算例

本研究で提案した式(1)を用いれば、十分に剛でない縦補剛材を有する補剛板に2方向面内力が作用した場合の極限強度も、文献1)に準じて求めることができる。すなわち、このような補剛板の横方向圧縮強度は、縦補剛材間の板パネルの極限強度を文献1)によって求め、この強度を提案式(1)により低減すれば得られる。この簡易計算法の妥当性を検討するために、アスペクト比 $\alpha=7$ 、幅厚比 $b_1/t=20$ 、補剛材剛比 $\gamma_1=0.73\gamma_1^*$ 、および材質SS41の補剛板（横方向の圧縮残留応力 $\sigma_{ro}=0.3\sigma_y$ ）の横方向圧縮強度を、簡易計算法により計算してみた。表-1には、式(1)を用い

た簡易計算法による補剛板の横方向圧縮強度 $\bar{\sigma}_{ym}$

表-1 補剛板の横方向圧縮強度 σ_{ym}

と残留応力を考慮した弾塑性有限変位解析による横方向圧縮強度 σ_{ym} の値とを比較して示す。

解 析 方 法	式(1)を用いた簡易計算法 $\bar{\sigma}_{ym}(\text{kgf/cm}^2)$	弾塑性有限変位解析 $\sigma_{ym}(\text{kgf/cm}^2)$
横方向圧縮強度	1,805.8	1,652.7

6. まとめ

簡易計算法を残留応力を有する補剛板に適用した場合の結果は、弾塑性有限変位解析による結果に対して誤差2.93%の安全側となり、かなり精度のよい結果となった。このことから本簡易計算法は、十分、実用的な方法であるといえる。

<参考文献>1) 北田俊行・中井 博・古田富保・鈴木宏昌：2方向面内力を受ける補剛板の極限強度に関する研究，構造工学論文集，Vol. 34A，昭和63年3月，pp.203～214

2) 小松定夫・北田俊行：補剛された圧縮板の弾塑性有限変位挙動の一解析手法，土木学会論文報告集，第296号，昭和55年4月，pp.1～12

3) 大阪市立大学工学部橋梁工学研究室・阪神高速道路公団工務部設計課：トラフリブを有する鋼床版の実績調査報告，平成元年3月

4) 北田俊行・中井 博・古田富保・中出秀之：十分に剛でない縦補剛材を有する補剛板の横方向圧縮強度の簡易計算法，平成2年度土木学会関西支部年次学術講演会概要集，平成2年6月，1-38