

第7章 構造のシンプル化 —補剛板の設計とシンプル化—

我が国においては港大橋や本州四国連絡橋をはじめとする長大橋の設計において、終局強度に基礎を置く鋼部材の座屈設計法が徐々に取り入れられてきた。特に我が国の終局強度に関する研究成果は国際的に見てもめざましく、幅厚比や補剛材剛比などの断面パラメータおよび初期不整と極限強度の関係が理論と実験の両面から明らかにされ、実橋の設計に役立てられてきた。これらの研究において明らかにされた限界幅厚比の重要性は設計基準に反映され、設計の実務においては限界幅厚比を用いて鋼材の許容応力度いっばいの設計を行うことが合理的、経済的であった。すなわち、材料の強度を十分活かし、局部座屈が生じない断面を設計することが補剛設計の基本的考え方と捉えて良い。豊かな研究成果に裏付けされた補剛設計法が長大橋建設の推進に大きな役割を果たしたことは事実であるが、一方では第3章でも述べたごとく中小スパンの橋梁の耐久性向上と建設コスト低減に対しては必ずしも合理的な設計方法を与え無くなってきたことも否めない。

これまでの座屈設計法を、本WGでめざしている構造自体のシンプル化を軸として耐久性の向上を主眼とした橋梁の設計に適用するときの問題点を整理すると、以下の2点に集約される。

- (1) 補剛設計が疲労強度低下に及ぼす影響
- (2) 疲労設計が座屈強度低下に及ぼす影響

すなわち、疲労設計と座屈設計の整合性が重要な課題と考えられる。疲労強度の観点からは、補剛材の取り付け溶接部の多くが比較的疲労強度が低いことから補剛材を省略したり補剛材の取り付け終始端をできるだけ低応力変動範囲に配置することが望ましい。しかし、現状の座屈設計法では、このような対処に対し座屈強度上の問題点の有無が明らかでないことや、当該ケースを前提とした補剛設計法が見あたらないこと等が問題と考えられる。以上の観点から終局強度を確保するために局部座屈が生じない断面を検討することにのみ主眼をおいた設計から脱皮することが補剛設計法に求められている。

座屈設計法の長期耐久設計橋梁、即ちロングライフ橋梁へ合理的に適用を図るためには、幅厚比や剛比が自由に選択できる柔軟な補剛設計法の開発が望まれる。具体的には、

- (1) 断面パラメータや初期不整が局部座屈に及ぼす影響の定量的評価法
- (2) 作用応力度の下で局部座屈を起こさない断面の選択法
- (3) 補剛材を省略するための新材料の活用法

などの検討が必要である。

本章では、以下の2つの課題について解析的検討を行いロングライフ橋梁を具現化するための座屈設計法を提案した。

- (1) 鋼桁腹板の幅厚比と垂直補剛材長さの検討

支点上を除く垂直補剛材の取り付けは、垂直補剛材と引張フランジと適当な間隔を設けて設置している。現状では35mm程度の間隔を設けており疲労設計の観点からはこれ以上の間隔を設けることが望ましいが、座屈設計の観点からは腹板のせん断座屈を考慮すると引張フランジと垂直補剛材で枠組を形成するようにながちりと補剛することが望ましい。そのため、垂直補剛材下端と引張フランジとの間隔、すなわち垂直補剛材の長さを変えて

腹板の座屈強度の変化を調査し定量的な評価を行った。

図-7. 1に最大せん断応力度を降伏せん断応力度で無次元化した強度パラメータ;
 τ_{max}/τ_y と、せん断座屈パラメータ R_s の関係を示す。ここに、 s は垂直補剛材長、 b は
腹板高さを示す。また、図中の破線は、道路橋示方書の製作誤差を有する腹板の極限せん
断強度を示す。この図より、

- ・ せん断強度の低下を適切に見込むことにより垂直補剛材長を変えて設計することが
可能であること、
- ・ $s/b \geq 0.75$ であれば特に幅厚比の大きい領域を除いて強度低下は高々5%程度
であること、

などが分かる。すなわち、疲労設計上必要であれば、座屈強度の低下を考慮することによ
り垂直補剛材下端の位置を自由に設定可能であることを具体的に示した。

(2) テーパープレートを用いた鋼桁腹板に用いることによる水平補剛材の省略

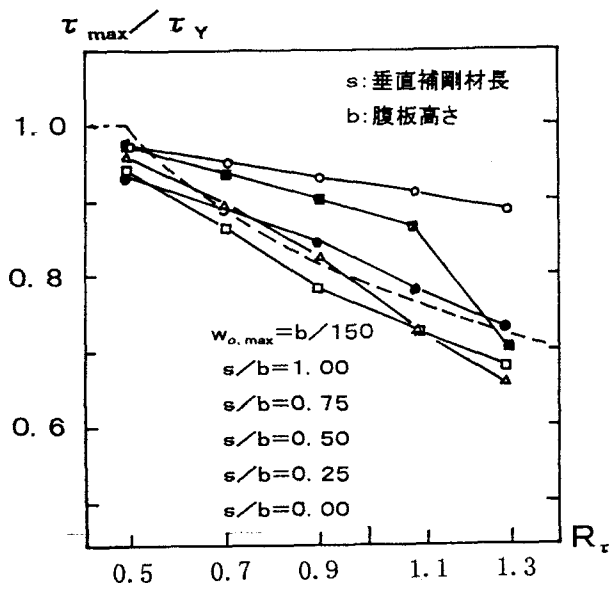
腹板にテーパープレートを用いる利点として、以下のことが考えられる。

- ・ 極限面内曲げ強度が高くなることにより、腹板高を大きくできる。あるいは、水平
補剛材の省略が可能である。
- ・ 変形性能が高くなることにより大きなひずみに抵抗でき、腹板の座屈の先行を防ぐ
ことができる。

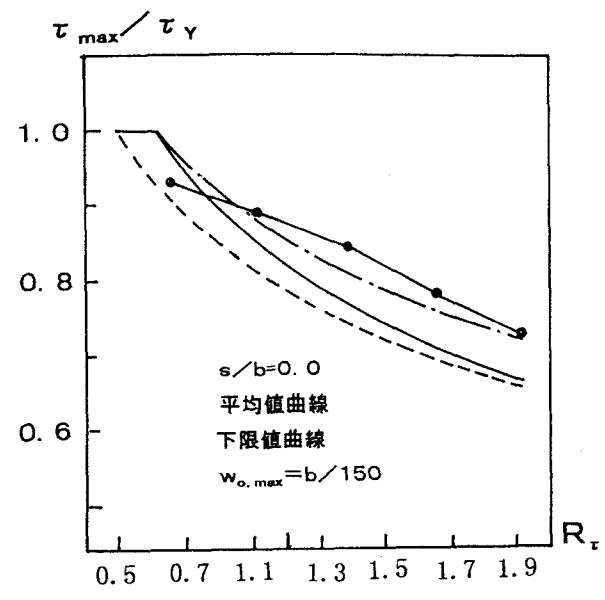
ここでは、圧縮縁の板厚が引張縁の2倍となるテーパープレートを用いた腹板の極限面
内曲げ強度を、テーパープレートの平均板厚に等しい等厚鋼板を用いた腹板のそれと対
比して定量的に検討した。図-7. 2は面内極限曲げ強度; M_u と平均板厚を用いて得ら
れる面内曲げ座屈パラメータ; R との関係を示す。ここに、 M_u^* は等厚鋼板を用いた腹
板の降伏モーメントである。この図から、

- ・ 残留応力の有無により程度は異なるものの、テーパープレートを用いることにより
極限強度が改善されること、
- ・ 極限面内曲げ強度; M_u に到達したときの回転変位; θ_u についても R の小さい領
域で特に改善効果が期待できること、

などが分かる。

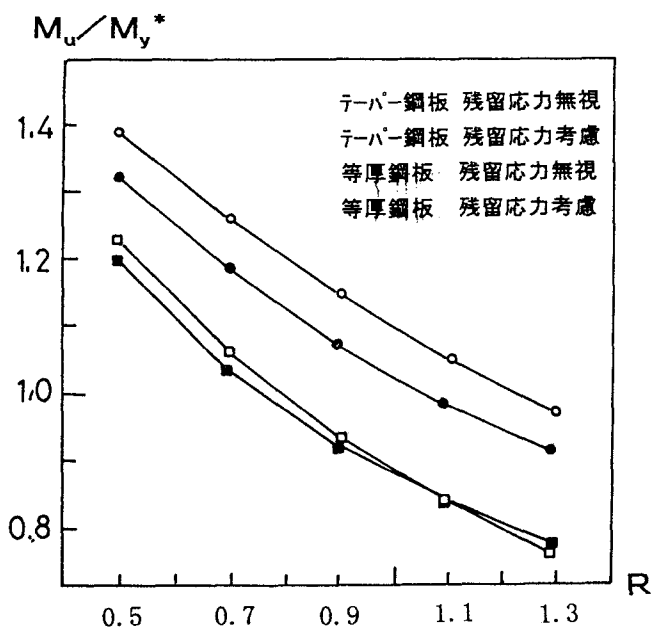


(a) 垂直補剛材長が変化する腹板の極限せん断強度

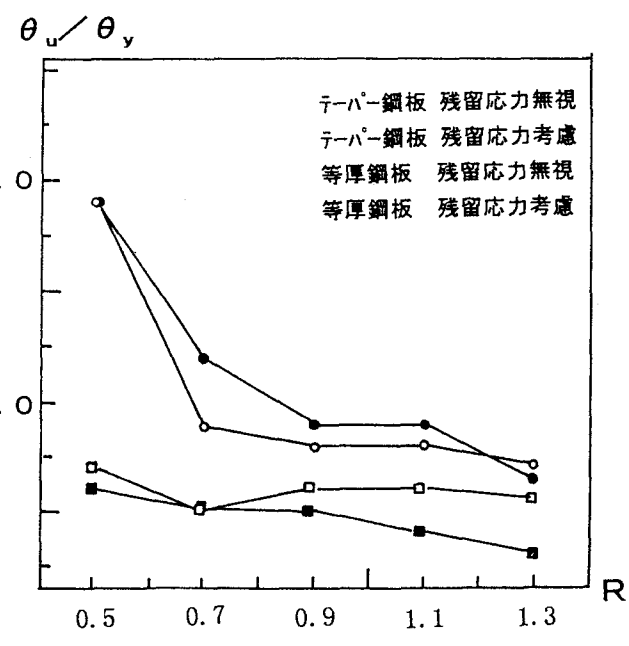


(b) 垂直補剛材のない腹板の極限せん断強度

図-7. 1 垂直補剛材長と腹板の極限せん断強度の関係



(a) 極限面内曲げ強度曲線



(b) 極限面内回転変位

図-7. 2 腹板にテーパプレートと等厚板を用いた場合の面内極限曲げ強度と回転変位