

鋼部材の局部座屈強度に関する基準耐荷力曲線の一検討

(独) 土木研究所 正会員 ○赤松 伸祐 (独) 土木研究所 正会員 金田 崇男
 (独) 土木研究所 正会員 村越 潤 大阪大学大学院 正会員 小野 潔

1. はじめに

鋼道路橋設計における部分係数設計法の導入に向けて、鋼桁橋を対象に部分係数の設定方法について検討が進められている¹⁾。本稿では、局部座屈を考慮する部材を対象として、現行設計基準における基準耐荷力曲線で考慮している安全余裕について整理するとともに、それを踏まえた抵抗強度における鋼部材等に関する部分係数の設定方法の考え方を示した。その上で、合理化及び適正化の観点から、既往の実験及び解析データを幅厚比パラメータに応じて整理・分析し、設計に用いる基準耐荷力曲線について検討した。

2. 局部座屈強度の基準耐荷力曲線の現状

現行設計基準においては、局部座屈を考慮する自由突出板（圧縮フランジ等）、両縁支持板（柱のフランジ・ウェブ等）、補剛板（箱桁の圧縮フランジ等）に対して、図-1に示すように幅厚比パラメータ R に応じた安全余裕を考慮した基準耐荷力曲線が設定されている。これは、最大耐荷力（最大強度）を超える荷重や変形を受けたときの挙動を考慮し、 R に応じて安全余裕を確保したものであり、 R が大きい板の場合には、最大耐荷力以降に急激に強度が低下し、ねばりのない構造となることに配慮したものである²⁾。

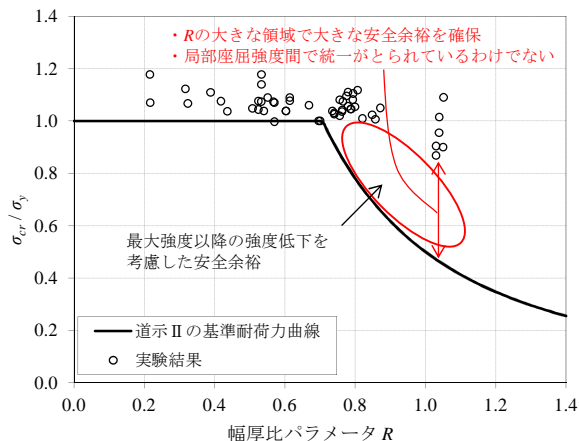


図-1 基準耐荷力曲線と実験データとの関係

一方、この安全余裕については、局部座屈の強度規定間で必ずしも統一がとられているわけではないため、部分係数設計法への移行に合わせて、部分係数として明示化することにより、合理的かつ信頼性の高い基準耐荷力曲線の設定が行えるようにしていく必要があると考えられる。本稿では現行設計基準との整合を図り、同程度の安全余裕を確保することを前提として、部分係数設計法における局部座屈強度の基準耐荷力曲線の検討を行った。

3. 最大耐荷力以降の強度特性を考慮した抵抗強度書式の検討

部分係数設計法の導入を想定し、局部座屈強度の基準耐荷力曲線で考慮している安全余裕を踏まえた抵抗強度式を検討した。設計抵抗強度である設計限界値 R_d を式 (1) に示す。抵抗係数 ϕ_R は、表-1に示すように3つの部分係数として設定することにした。ここでは、局部座屈強度の基準耐荷力曲線において、幅厚比パラメータに応じて確保されている最大耐荷力以降の強度特性を考慮した安全余裕を ϕ_n としている。 ϕ_M 、 ϕ_n 及び荷重側の安全余裕とは別に確保しておくべき安全余裕 ψ については、荷重側と抵抗側の離れとして現行設計基準で考慮している安全余裕を意図した部分係数である。

$$R_d = \phi_R \cdot R_k = \phi_M \cdot \phi_n \cdot \psi \cdot R_k \quad \dots\dots\dots \text{式 (1)}$$

ここに、 R_d ：設計限界値、 ϕ_R ：抵抗係数、 R_k ：部材等の抵抗強度の特性値（強度の下限値を基本に設定。以下、強度特性値）

表-1 鋼部材の抵抗強度において確保すべき安全余裕の内訳(案)

部分係数	安全余裕	設定方法
ϕ_M	材料強度、部材耐力に応じた安全余裕	材料、モデル、及び幾何学的な不確実性(材料強度の特性値からの望ましくない方向への変動、部材耐力の算定上の不確実性、部材寸法のばらつきの影響等)を考慮して設定
ϕ_n	限界状態に応じた安全余裕	部材等の最大強度以降の強度特性を考慮して設定
ψ	ϕ_M 、 ϕ_n 及び荷重側の安全余裕とは別に確保しておくべき安全余裕	橋全体系として確保しておくべき安全余裕や上記部分係数には含まれない不確実要因を考慮して設定

キーワード 構造合理化、部分係数設計法、抵抗係数、基準耐荷力曲線、座屈強度

4. 強度特性値 R_k の設定

局部座屈強度の強度特性値 R_k は、既往の実験データのうち、現行設計基準を満たすものを対象に整理し、実験データの下限值（幅厚比パラメータ別の平均値 $-2\times$ 標準偏差）を基本として、解析データも参考に設定した。図-2 に補剛板の強度特性値の設定例を示す。実験データは、道示規定の根拠とされている実験³⁾、西野ら⁴⁾、小松ら^{5),6)}によって実施された実験の中から、道示における規定の諸元を満たす実験データのみを抽出した。強度特性値は、限界幅厚比を0.5とし、これらの実験データのほぼ下限値に相当する曲線とした。

5. 安全余裕 ϕ_n 及び基準耐荷力曲線の設定

限界幅厚比以降の座屈領域における安全余裕 ϕ_n は、強度特性値と現行設計基準の基準耐荷力曲線との差となる。これは各強度間で異なっており、3つの局部座屈強度のうち、この差が最も小さいのは補剛板である。本稿においては現行の補剛板が有するこの安全余裕を、 ϕ_n として妥当な値と考えて、統一的に確保すべき安全余裕とし、他の局部座屈強度にも付与した。本稿で検討した基準耐荷力曲線の設定例を図-3～図-5 に示す。安全余裕 ϕ_n に相当するのは図の網掛け部であり、補剛板の場合には現行設計基準と同じ基準耐荷力曲線としている。また、図中の右軸には現行の許容応力度設計法における安全率と R の関係を示している。現行設計基準では基準耐荷力曲線に対して安全率1.7を確保しているが、補剛板においてこの安全率に安全余裕 ϕ_n 相当を考慮すると、常時における幅厚比制限値 ($R=1.0$) で1.9、施工時における幅厚比制限値（鋼種別の最大値 $R=2.0$) で2.6となる。

6. まとめ

本稿では、3つの局部座屈強度における基準耐荷力曲線について、既往の実験及び解析データを基に、実験データの下限值相当である強度特性値を設定することにより、現行設計基準において最大強度以降の強度特性を考慮して確保されている安全余裕 ϕ_n を明らかにした。

また、補剛板において考慮されている安全余裕 ϕ_n を自由突出板、両縁支持板で考慮した場合の基準耐荷力曲線を示した。なお、ここに示した抵抗強度式及び抵抗係数の設定方法については現時点での考え方を整理したものであり、今後変わる可能性がある。

参考文献

- 1) 土木研究所：鋼道路橋の部分係数設計法に関する検討，土木研究所資料，第4141号，2009.3.
- 2) 金井道夫：道路橋示方書Ⅱ鋼橋編改訂の背景と運用 第2回，橋梁と基礎，Vol15, No3, 1981.
- 3) 土木研究所：補剛板の限界状態，土木研究所資料，第1779号，1982.2.
- 4) 長谷川，長浜，西野：圧縮を受ける補剛された板の座屈強度，土木学会論文報告集，第236号，1975.4.
- 5) 小松，牛尾，北田：補剛材を有する圧縮板の極限強度に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第255号，1976.11.
- 6) 小松，牛尾，北田，奈良：縦横に補剛された圧縮板の極限強度に関する実験的研究，土木学会論文報告集，第288号，1979.10.

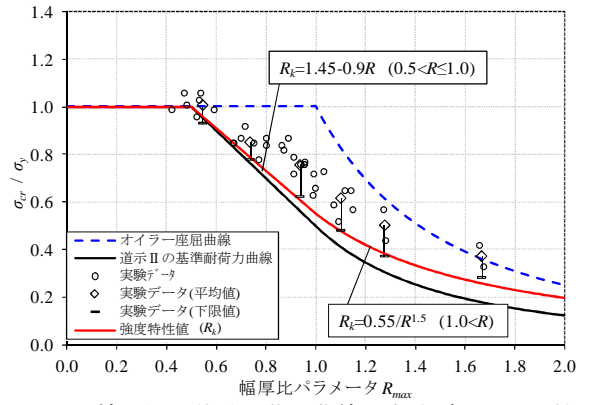


図-2 補剛板の基準耐荷力曲線と実験データの比較

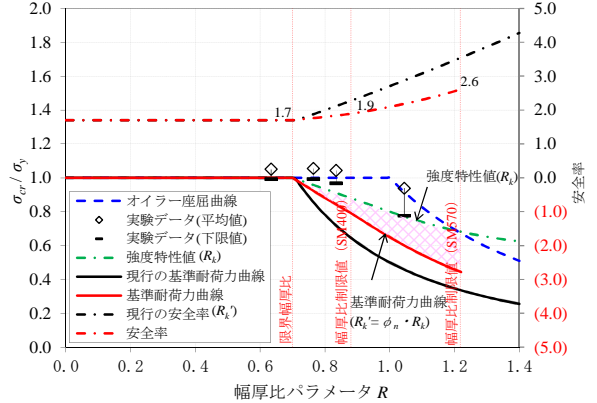


図-3 自由突出板としての局部座屈強度

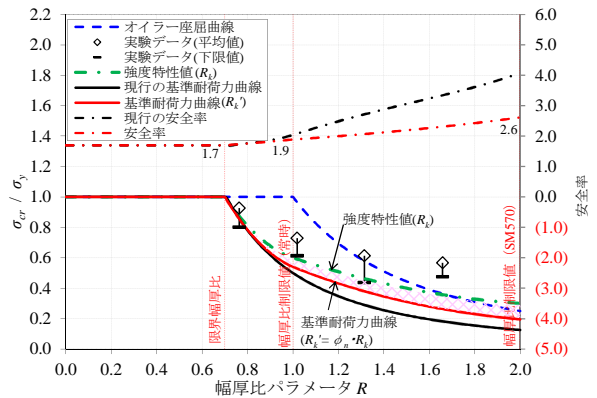


図-4 両縁支持板としての局部座屈強度

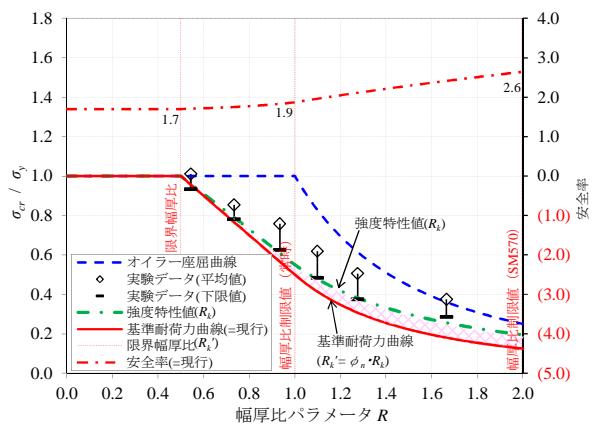


図-5 補剛板としての局部座屈強度