

送出し架設時の腹板座屈照査における基準の違いによる補強量差に関する考察

鉄道・運輸機構 正会員 藤原良憲 正会員 横山秀喜
川田工業(株) 正会員 大野克紀, 有若友章

1. はじめに 鋼橋において、道路・河川等の交差条件のある架橋地点では一般に送出し工法を採用することが多い。本工法を採用する場合、架設系を踏まえた応力照査を設計に反映して補強を行う必要があり、主な照査項目に曲げ・せん断および鉛直圧縮力を受ける腹板パネルの座屈照査がある。この照査式は国内外に数種あり、わが国では明確な技術基準が存在せず照査式の選択は設計者に委ねられる。文献 1) では、これら照査式の合理化と統一化を目的とし、各照査式の比較・分析を踏まえ新しい照査式を提案している。一方、設計実務者は、現存する照査式のうち電算プログラム化されている DAsT012 指針²⁾(以下、DAsT)および、鋼構造架設設計施工指針 2012³⁾(以下、新指針)、道路橋では鋼道路橋施工便覧⁴⁾(以下、便覧)を加えた 3 種類のいずれかを任意に採用しているのが現状である。

本報告では、実際に送出し工法を採用する鉄道橋の補強設計を通じて、DAsT および新指針の両照査式で補強を行った場合の安全性・経済性を比較し、その考察を報告する。

2. 対象橋梁の架設概要 今回対象とした鉄道橋は、3 径間連続の箱桁橋で、跨道部となる中央径間 72m に送出し工法を採用している。支点部の送出し装置には受幅 700mm のエンドレスローラーを設置する(図-1)。なお腹板の材質は、基本設計で中間支点部付近に SM490Y、それ以外は SM400 を適用している。

3. 照査式の比較と分析 両照査式により補強設計を行った結果、新指針では補剛材の追加に加えて腹板の材質および板厚の変更が必要となり、DAsT の約 3 倍の補強量となった。この補強量差の原因について両照査式の検証を行う必要がある。検証には送出し時の最大鉛直反力 2,466kN を受ける腹板に着目し、補剛形式別に安全率を算出する(表-1)。なお基本設計での当該腹板は、厚さ 15mm、高さ 3,600mm、幅 1,200mm、材質 SM400、上下段に 1 段ずつ水平補剛材を設置した状態で 1,356kN の耐力を有している。

(1) 補剛形式による安全率の比較 表-1 に示すとおり、DAsT は補剛材の追加により所定の耐力を確保できるが、新指針では耐力が一定以上向上せず、補剛材のみでの対応はできない。また図-2 に示す腹板パネルの縦横比と安全率との関係では、全てのパネルで DAsT の安全率が大きく、縦横比の小さい範

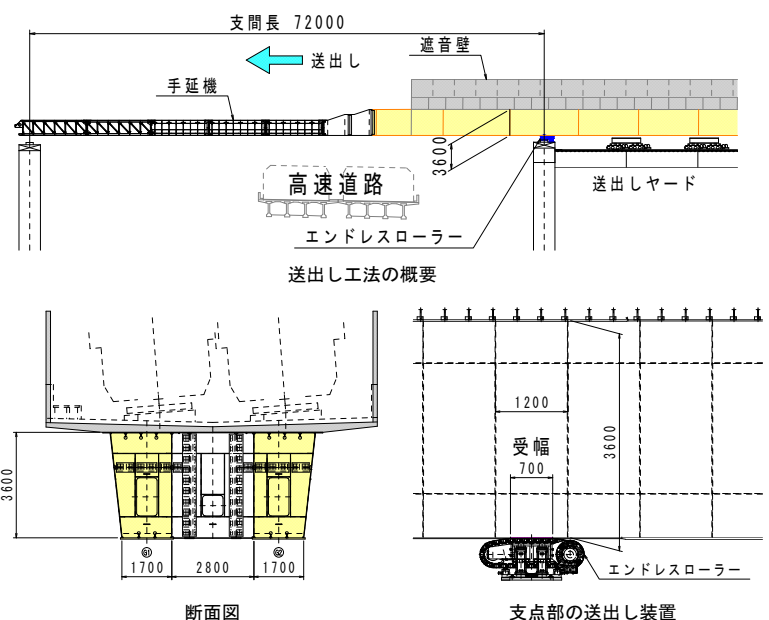


図 - 1 架設概要

表 - 1 補剛形式別の安全率

補剛形式				DAsT	新指針
水平	上段 1段		<2>	1.12	0.47
	下段 2段		<2>	0.73	0.43
	垂直 なし		<1>	0.73	0.43
水平	上段 1段		<3>	1.77	0.54
	下段 2段		<2>	1.19	0.55
	垂直 なし		<1>	0.92	0.54
水平	上段 1段		<3>	2.94	0.85
	下段 2段		<2>	1.82	0.70
	垂直 なし		<1>	1.29	0.64
水平	上段 1段		<3>	3.45	0.89
	下段 2段		<2>	2.10	0.74
	垂直 なし		<1>	1.43	0.64

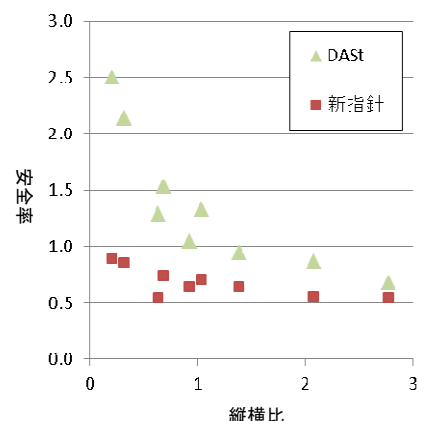


図 - 2 縦横比と安全率の関係

着色部は各照査式で耐力不足であることを示す。

キーワード：送出し架設、腹板座屈、照査式

連絡先：〒550-0013 大阪市西区新町 2-4-2 TEL 06-6532-4898

囲では DAST と新指針で乖離があることがわかる。

(2) 鉛直圧縮応力度に着目した分析 図-3に縦横比と作用応力度 σ および強度 σ_{cr} の関係を示す。なお σ 、 σ_{cr} は降伏強度 F で除し無次元化している。直接反力を受ける下部パネル<1>は、補剛材が密実に配置されるため、降伏強度 F で耐力が決定する。DASTは降伏強度に対して抵抗係数を考慮しないが、新指針では抵抗係数 $\phi=0.92$ を乗ずるため、今回の作用応力度の比(σ/F)が0.93であることから新指針では補剛材での対応が不可能と判定されたと考える。一方、上部のパネル<2><3>に着目すると DAST は新指針と比べて作用応力度の減少傾向が著しいことがわかる。

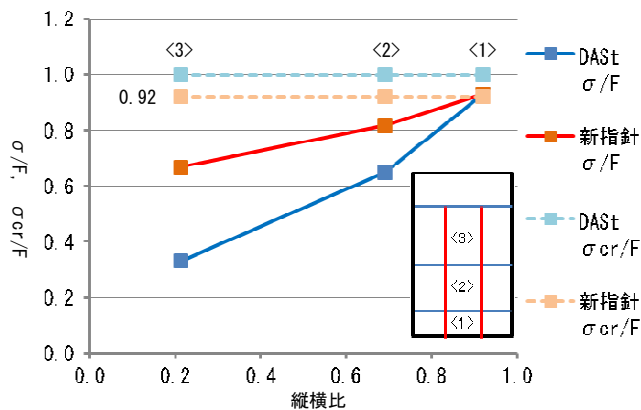


図-3 縦横比と作用応力度の比 σ/F および強度比 σ_{cr}/F の関係

4. 分析結果の考察 鉛直圧縮応力度に着目した分析より、DAST と新指針では①降伏強度に対する安全率、および②鉛直圧縮応力度の伝達式に差異があることが分かった。それぞれの考察を考察①および考察②に示す。

考察①：降伏強度に対する安全率 DAST の判定基準は実計算安全率 $\nu_{orh} \nu^* > \text{所要安全率 } \text{erf } \nu^*$ であるが、 $\text{erf } \nu^*$ が概ね 1.1 程度であることにに対して新指針では各応力(鉛直圧縮、水平圧縮、純曲げ、せん断)の合成後の所要安全率が $\nu=1.36$ である。加えて新指針では各応力項目で抵抗係数 $\phi=0.92$ を考慮しており、これも安全率の一種と捉えると $1.36 \times 1/0.92 = 1.47$ と 2 重のカウントとも捉えらえる。架設設計における鋼材の安全率は少なくとも 1.36 を確保する必要があるが、DAST はこれを確保していないことから、今回の補強では安全率 1.36 の逆数として作用応力度の比(σ/F)が $1/1.36 = 0.735$ 以下となるよう材質を SM490Y に変更した。

考察②：鉛直圧縮応力度の伝達式

各照査式の鉛直圧縮応力度の伝達式を図-4に示す。新指針のみ直線式であり、腹板の中間部では他の照査式と比較して 2 倍の差異がある。ここに便覧は実橋測定等で妥当性が確認⁵⁾⁶⁾された式で、DAST はこれより若干安全側ではあるが近似している。また FEM 解析の結果とも近似しており DAST の妥当性が確認できる。

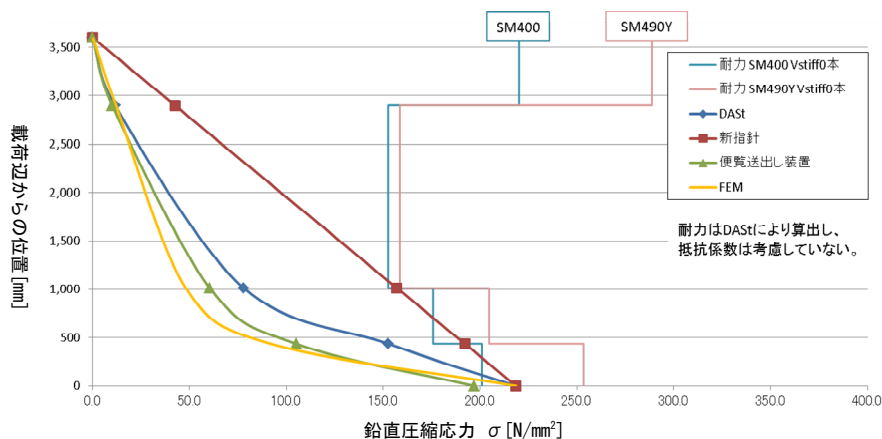


図-4 鉛直圧縮応力の伝達式の比較

5. おわりに 腹板座屈照査式のうち、DAST と新指針で安全率および鉛直圧縮応力度の伝達式の比較、分析を行った。DAST では降伏強度に対して所要安全率を小さく評価する傾向があり鋼材の安全率 1.36 を確保しない可能性がある。そのため本橋においては材質を変更することで対応した。また新指針を適用する場合、腹板中間部の鉛直圧縮応力度を大きく評価する傾向があり、補強量が増える可能性があることが分かった。今後、本橋とは主桁形式、桁高等の条件が異なる橋梁においても、比較考察を実施し、現存する照査式を用いて安全かつ合理的な補強設計を実施していく必要がある。

参考文献 1) 野上, 平山, 清水, 古田: 鉛直局部荷重を受ける鋼桁腹板の安定照査法に関する一提案, 構造工学論文集 Vol. 59A, pp56-69, 2013. 3 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 012 による座屈照査例, 橋梁と基礎, Vol. 18, No3, pp. 32-39, 1984. 3 3) 土木学会: 鋼構造架設設計施工指針, 2012 4) 日本道路協会: 鋼道路橋施工便覧, 2015. 3 5) 白石, プレートガーダーを補剛材のない点で支えた場合に腹板に生ずる応力, 鉄道技術研究所, 中間報告, 6-126, pp. 1-23, 1955. 9 6) 奈良, 田中: 縦取架設のローラー支点のチェック, 構造物設計資料, No2, pp. 65-68, 1965. 6