

送り出し装置上の鋼桁照査式の比較検討

信州大学 学生会員 ○清水 洸祐
信州大学 正会員 清水 茂

1、研究の背景と目的

鋼橋の架設工法の一つとして、送出し工法がある。この工法の特徴は、架設中に、桁が本来支点ではない部分で支持されるという点がある。この時、送り出し装置上の腹板パネルはせん断力と曲げモーメントに加えて、支点反力である局所荷重が複合的に作用するため、厳しい条件下に置かれる事となる。このような事から、腹板の座屈には十分な注意が必要である。

過去に我が国では、この送出し架設される桁の腹板の座屈強度について規定化されていなかった。そのため橋梁施工会社は、送出し架設する際の腹板パネルの座屈強度について、各社の独自の照査方法によって照査していた経緯がある。

現在、局所荷重を受ける桁の設計に関して、「鋼構造物の終局強度と設計」¹⁾、また「座屈設計ガイドライン」²⁾などの基礎資料がある。また指針として、鋼構造架設設計施工指針³⁾があり、設計者はこれらを参考にし、設計を行っている。

一方、清水の論文⁴⁾で送り支承上の腹板の座屈係数推定式が提案されている。文献⁴⁾ではより現実に近い状態で、送り支承上の腹板の座屈問題を評価することを目的としている。また送り出し装置上の腹板パネルに作用する力の状態を図-1(b)のように規定している。

1)、2)、3)の従来の方法では作用する力の状態を図-1(a)のように考えている。しかし、4)で述べられているように、送り支承上の腹板パネルに作用する力の状態は図-1(b)と考えることが自然である。本研究では腹板パネルに作用する力の状態を図-1(a)としている従来の方法と図-1(b)としている文献⁴⁾の推定式を用いる場合を比較し座屈応力・安全率にどのような違いがでるかを見ることを目的としている。

2、計算に用いるモデル

計算に用いるモデルは 5)で用いられているモデル

(図-2、図-3)を使用する。断面諸元は表-1 のとおりとする。

このモデルに対し、清水、吉川の論文⁴⁾の推定式を用いて計算を行い、座屈応力を求める。

3、計算

送り支承上の腹板に働く局所荷重による支点反力による応力は、

$$\sigma_r = \frac{R}{c \times t} = \frac{986600}{700 \times 12} = 117.452 \text{ N/mm}^2$$

と算出される。

座屈係数を求めるために 4)の座屈係数推定式を用いる。

$$k_r = \frac{b_4}{\beta^4} + \frac{b_3}{\beta^3} + \frac{b_2}{\beta^2} + \frac{b_1}{\beta} + b_0$$

各係数は

$$b_0 = -19.355\alpha^3 + 89.862\alpha^2 - 136.979\alpha + 76.399 = 12.546$$

$$b_1 = 2.379\alpha^3 - 18.734\alpha^2 + 35.100\alpha - 21.844 = -3.936$$

$$b_2 = -2.844\alpha^3 + 15.539\alpha^2 - 25.751\alpha + 14.653 = 2.148$$

$$b_3 = 0.332\alpha^3 - 1.954\alpha^2 + 3.354\alpha - 1.928 = -0.272$$

$$b_4 = -0.013\alpha^3 + 0.084\alpha^2 - 0.149\alpha + 0.086 = 0.011$$

以上から腹板が局所荷重によるせん断力のみを受ける場合の座屈係数: k_r は

$$k_r = \frac{0.011}{0.560^4} + \frac{-0.272}{0.560^3} + \frac{2.148}{0.560^2} + 12.546 = 10.938$$

となる。

座屈係数: k_r とオイラーの座屈応力: σ_e を用いて、送り支承上の腹板の座屈応力 (鉛直反力のみを考える場合) を求める。

$$\sigma_{cc} = k_r \times \sigma_e = 10.938 \times 16.642 = 182.037 \text{ N/mm}^2$$

求めた座屈応力から座屈荷重を求める。座屈荷重は座屈荷重に反力が作用する部分の面積をかけることによって求める。

$$\text{座屈荷重} = 182.037 \times (700 \times 12) = 1.529 \times 10^6 \text{ N}$$

そして座屈荷重より安全率を求める。安全率は座屈荷重を鉛直反力で除すことで求める。

$$\text{安全率} = \frac{1529110.8}{986600} = 1.55$$

4、まとめ

日本道路協会の鋼道路橋施工便覧を用いて求めると座屈応力は 33.6 N/mm²、安全率 0.21 となる。土木学会の鋼構造架設設計指針を用いて求めると座屈応力は 117.3 N/mm²、安全率は 0.39 となる。土木学会の鋼構造物の終局強度と設計を用いて求めると座屈応力は 141 N/mm²、安全率は 0.77 となる。

今回、4)の推定式を用いて計算した結果、座屈応力は 182.037 N/mm²、安全率は 1.55 となった。従来の方法と新たな方法を比較すると新たな方法のほうが座屈応力、安全率ともに従来の方法よりも大きく出ていることがわかる。

以上のことから清水、吉川の論文 4)の推定式を用いることによって今までより補剛材を減らし設計することが可能である。また補剛材を減らすことでコスト削減効果も期待できる。

この設計法が実際に使えるかどうかを確認するために同じモデルで解析を行う。解析を行い結果が同じであれば実際にも同じ座屈応力であるということがわかる。解析は現在進めている。

5、参考文献

- 1) 土木学会：鋼構造シリーズ 6, 鋼構造物の終局強度と設計, 1994, pp122-127 および pp177-186,
- 2) 土木学会：座屈設計ガイドライン[2005 年版], pp201-204, 第 12 編 2.4 局所荷重を受ける桁の耐荷力, 2005
- 3) 土木学会：鋼構造架設設計施工指針[2001]
- 4) 清水茂、吉川薫：送り支承上の腹板の座屈係数推定式、鋼構造論文集第 6 巻第 2 巻
- 5) 日本橋梁建設協会：工法別架設計算例題集シリーズ(2), 送出し工法, pp.2-23~pp.2-2-27, 平成 21 年 3 月

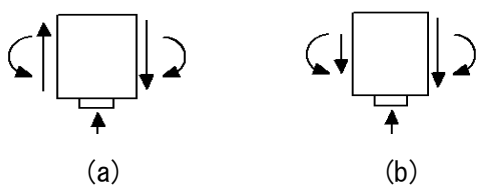


図-1 腹板パネルに作用する力の状態

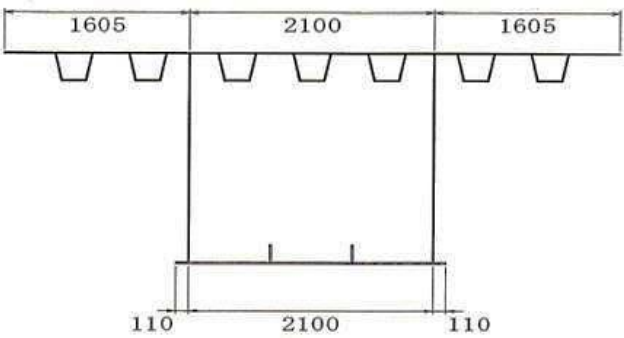


図-2 モデル断面図

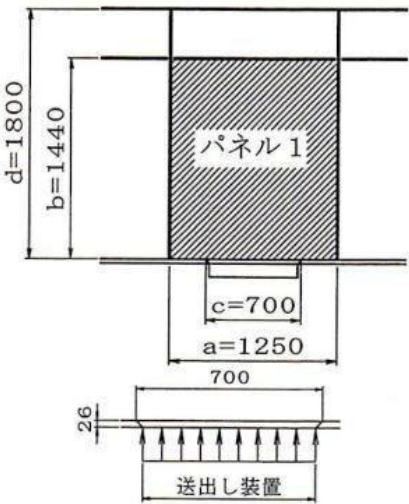


図-3 モデル側面図

腹板高さ	1800	mm
腹板板厚	12	mm
パネル幅:a	1250	mm
パネル高さ:b	1440	mm
アスペクト比: α	0.868	
支承幅比: β	0.560	
反力受幅:c	700	mm
下フランジ厚	26	mm
断面二次モーメント	1.318E+11	mm ⁴
腹板下縁～図心距離	998	mm
ヤング係数:E	200000	N/mm ²
ポアソン比: ν	0.3	
降伏応力度	355	N/mm ²
オイラーの座屈応力: σ _e	16.642	N/mm ²
反力:R	986.6	kN
曲げモーメント	-23644	kNm
せん断力	495.6	kN
曲げ応力(上縁): σ ₁	79.292	N/mm ²
曲げ応力(下縁): σ ₂	-179.034	N/mm ²
せん断応力	28.681	N/mm ²

表-1 断面諸元