

局所荷重と曲げモーメントが作用する腹板の設計方法の提案

日本車輛製造	正会員	○ 荒川慎平
日本車輛製造	正会員	蔣 立志
日本車輛製造	正会員	山田忠信

1. まえがき

一般的に、鋼道路橋の架設は、架設現場の桁下空間の制約等がない場合は、トラック・クレーンベント工法で行われている。しかし、鉄道および道路上の立体交差により、桁下空間に制約がある場合は、送り出し工法によって架設されることがある。この場合は、本来、支点でない部分で支持されるという特徴があり、補剛材がまったく存在しない箇所には支点反力が作用することとなり、腹板の座屈には十分な注意が必要である。わが国では、局所荷重を受ける腹板の座屈安全性照査方法として、日本道路協会刊行の鋼道路橋施工便覧¹⁾や土木学会刊行の鋼構造架設設計施工指針²⁾、等が適用されている。これらの照査方法は1970年から1980年代に規定されたものであり、各応力度に対する単一パネルの弾性座屈強度に基づいた、強度相関式で表現されている。

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xcr}/\gamma}\right)^{\alpha_1} + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{ycr}/\gamma}\right)^{\alpha_2} + \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{xycr}/\gamma}\right)^{\alpha_3} \leq 1.0 \quad \text{式(1)}$$

これらの方法では、局所荷重と曲げモーメントの連成や、全体パネルとしての評価があいまいであり、実際の終局状態を踏まえた安全性の照査になっておらず、補剛材の剛性も正確には評価されていないのが現状である。そこで、補剛材も含めた全体パネルの座屈強度を評価する設計方法を提案する。すでに、山田らは文献³⁾で補剛材の剛性を考慮した座屈問題の解法を提案している。

2. 弾塑性有限変位解析による終局状態の把握

限界状態設計法を視野に入れた組合せ応力が作用する場合の設計方法についてアプローチするために、全体パネルに着目した弾塑性有限変位解析を実施し、荷重 - 変位関係と最高荷重を計算する。解析モデルは、図3に示すように、桁および手延機もモデル化し、着目する腹板、フランジについては材料の非線形特性を考慮する。使用材質はSM490Yとし、応力 - ひずみ関係は図2に示すトリリニアとして等方硬化則を適用する。また、図5に示す初期不正を考慮した解析も実施し、この影響による耐荷力の低減についても検討する。



写真1 鋼橋の架設状況

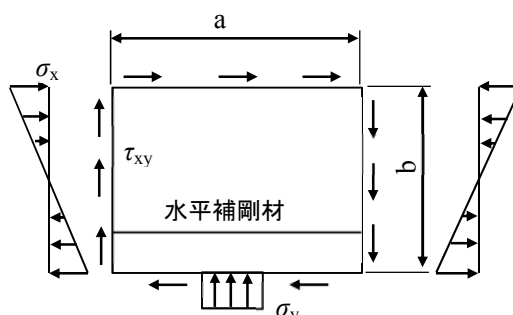


図1 組合せ応力が作用する腹板

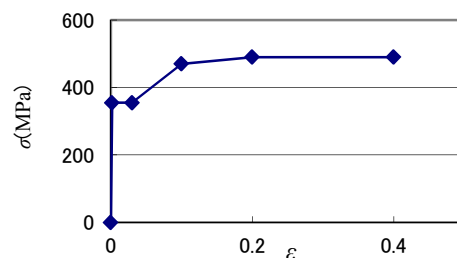


図2 応力 - ひずみ関係

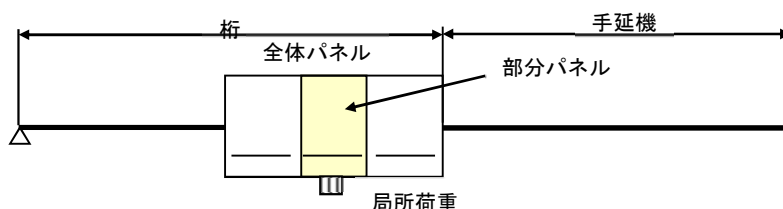


図3 解析モデル

キーワード stiffened plate elastic buckling plate girder web

連絡先 愛知県半田市 11 号地 20 番地

TEL 0569-22-7511

FAX 0569-22-3615

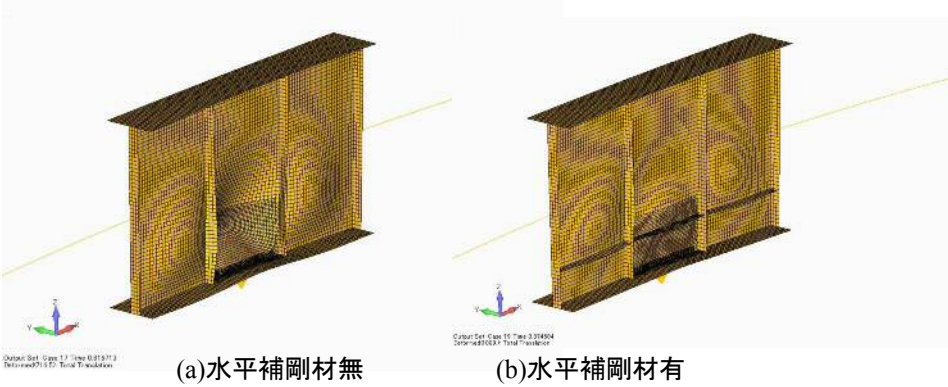


図 4 全体パネルモデルと変形図

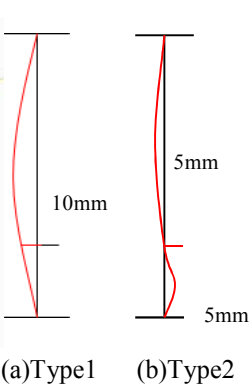


図 5 初期たわみ形状

表 1 解析結果と照査結果

	フランジ 断面 (mm)	水平 補剛材	作用応力度 (MPa)				α_{cr}		α_a	既存照査式		提案 照査式
			σ_x	σ_y	τ	σ_x/σ_y	部分	全体		①	②	
Case1	700×25	無	47.2	58.9	8.5	0.80	2.40	2.43	4.90	0.60	0.88	0.69
Case2	500×16		83.6	58.9	8.5	1.42	1.49	1.62	3.23	0.91	1.11	1.13
Case3	700×25	有 9×130	39.9	47.2	8.5	0.85	4.85	5.16	7.00	0.30	0.34	0.36
Case4	500×16		50.1	47.2	8.5	1.06	3.39	4.51	4.38	0.48	0.36	0.49
腹板断面: 2,500×11 α_{cr} : 弾性座屈荷重係数 α_a : 最高荷重係数 既存照査式: ①鋼道路橋施工便覧, ②鋼構造架設設計指針												

表 2 初期たわみの影響

フランジ 断面 (mm)	初期たわみ Type	α_{cr}	α_a	初期たわみ による低減
700×25	無	5.16	7.00	---
	Type1	6.44	6.66	0.95
	Type2	6.55	4.92	0.70
500×16	無	4.51	4.38	---
	Type1	5.68	4.15	0.95
	Type2	5.48	3.85	0.87

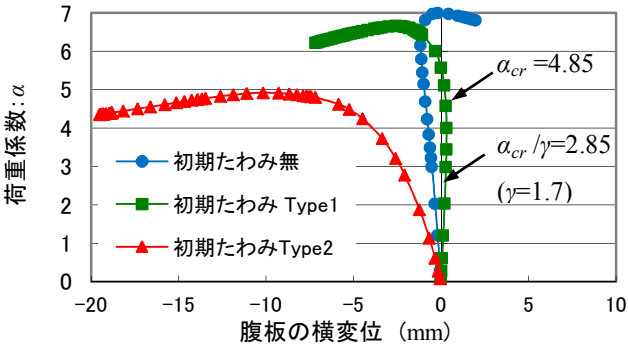


図 6 荷重 - 変位曲線(700×25)

解析結果を表 1, 表 2 および図 6 に示す. Case3 では, 座屈モードと同形状となる初期たわみ Type2 の場合の最高荷重は, 初期たわみを考慮しない場合の弾性座屈荷重を下回ったが, 荷重係数 $\alpha=3$ 以下では線形挙動を示している.

3. 設計方法の提案

部分パネルの弾性座屈強度を基本に, 局所荷重と曲げモーメントが作用する腹板の設計照査式を式(2)のように提案する. 所要安全率は, $\gamma=1.7$ とする.

$$\gamma/\alpha_{cr} < 1.0 \quad \text{式(2)} \quad (\gamma: \text{安全率 } 1.7, \alpha_{cr}: \text{弾性座屈係数})$$

参考に, 既存の照査式と提案照査式の結果を表 1 に示す. Case3 では, $\alpha_{cr}/\gamma=2.85$ となり図 6 の初期たわみ Type2 の線形挙動範囲内になり, 十分な安全性が確保されている.

4. まとめ

提案式は, 既存の照査式のような相関式ではなく, 弾性座屈荷重から直接的に評価するものである. 限界状態設計法に準じた書式であり, フランジ, および補剛材の剛性も考慮した実状にあった設計方法となっている.

5. 参考文献

- 1) 日本道路協会: 鋼道路橋施工便覧, 丸善, 1985, 2) 土木学会: 鋼構造架設設計施工指針, 2001
- 3) 山田, 高尾, 中村: 局所荷重が作用する補剛された腹板の座屈問題, 土木学会第 52 回年次学術講演会概要集 1997