

さらなる合理化を目指した合成桁腹板の座屈耐荷力評価式の提案と試設計

東洋技研コンサルタント（株）

正会員 ○井上 晴雄

大阪市立大学大学院

正会員 北田 俊行

川田工業（株）

正会員 栗田 康弘

1. 研究背景と目的

現在、公共工事のコスト縮減の要請から、合理化橋梁が数多く建設されている。中でも、少数 I 桁橋に代表されるプレートガーダー橋は数多く建設されている。しかし、今もなお、従来タイプの橋梁形式が数多く発注されているのが現状であり、本研究では従来タイプのプレートガーダー腹板に着目し、さらなる合理化を図った薄肉少補剛によるプレートガーダーの設計法を提案することを目的とする。

2. 研究方法

合成前の架設時におけるプレートガーダーを想定し、弾塑性有限変位解析により、曲げ耐荷力、腹板の変形、疲労、せん断耐荷力および組合せ荷重（曲げ荷重＋せん断荷重）下での相関曲線から腹板の薄板化について検討を行う。そして提案する合理化設計に基づいた試設計を行い、その安全性と経済性について議論する。

設計モデルには、水平補剛材が無いモデル（桁高 1100mm～1800mm）、および水平補剛材を 1 段配置したモデル（桁高 2100mm～2900mm）を用い、それぞれアスペクト比 α を 2/3, 1, 1.5 とした。腹板厚は、道路橋示方書¹⁾（以下道示とする）の腹板の幅厚比規定に従わない、製作性から決定される最小板厚、9mm（水平補剛材無し）、および 11mm（水平補剛材 1 段）とした。解析には、弾塑性有限変位解析プログラム USSP²⁾を用いた。解析では、SM490Y 材の応力-ひずみ関係を完全弾塑性と仮定し、降伏点は 355N/mm^2 とした。初期たわみは正弦波で表し、最大値は道示に従って腹板で 桁高の 1/250、フランジでフランジ幅の 1/150 になるように設定をした。残留応力は考慮していない。

3. 腹板の合理化設計方法

図-1 には曲げモーメントと腹板のたわみの関係を示す。図-2 には腹板の残留たわみの関係を示す。図-3 にはせん断耐荷力を示す。曲げ耐荷力は、図-1 に示す架設時における安全率の割増（ M/M_y （降伏曲げモーメント） $\cdot 1.25$ ）を基準ライン b とし評価する。腹板のたわみについては、図-2 に示す W_i （初期たわみ）と W_R （残留たわみ）との和が架設時において、めっき桁のたわみ制限値 $b/150$ を満足するかを照査する。疲労については、Eurocode prEN³⁾ の「Web Breathing」の提案式(1)により照査する。

$$b/t_w \leq 30 + 4L \quad \dots (1)$$

その結果、疲労および変形については、水平補剛材を 1 段配置したモデルが、上述した照査を満足していることがわかった。曲げ耐荷力については、全てのモデルにおいてライン b 以上であることがわかった。

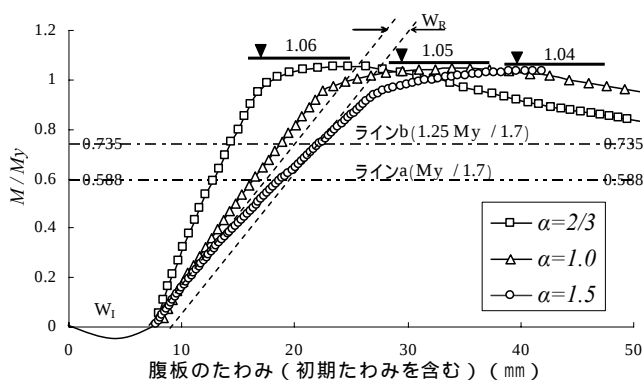


図-1 M/M_y - 腹板のたわみ曲線（桁高 2100mm）

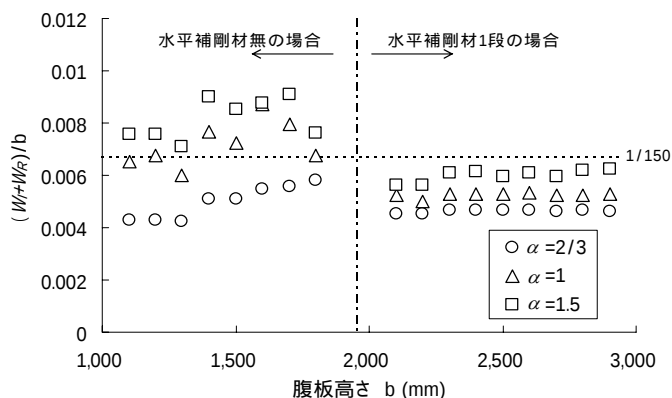


図-2 腹板高さと残留たわみの関係

キーワード : 合理化設計, 相関曲線, 試設計

連絡先 : 〒558-8585 大阪市住吉区杉本 3-3-138 大阪市立大学大学院工学研究科 TEL(06)6605-2765

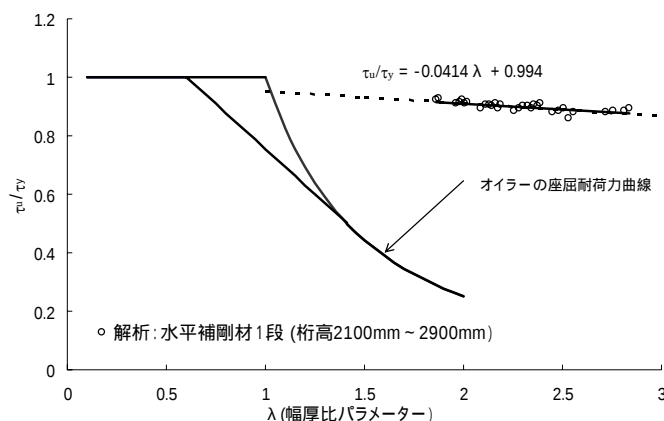


図-3 セン断耐力（解析結果と耐力曲線との比較）

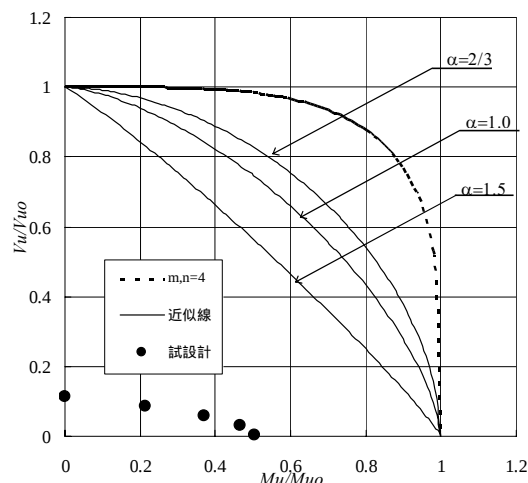


図-4 相関曲線（桁高 2500mm）

表-1 コスト試算

諸 元	桁 高	(mm)	2,300		2,400		2,500		2,600			2,700		
	支 間	(m)	39.1		40.8		42.5		44.2			45.9		
	タイプ	-	合理化	従来	合理化	従来	合理化	従来	合理化	従来1	従来2	合理化	従来1	従来2
	水平補剛材	-	1段	1段	1段	1段	1段	1段	1段	1段	2段	1段	1段	2段
	ウェブ厚	(mm)	11	12	11	12	11	12	11	13	11	11	13	11
経済性	材 料 費	(千円)	6,332	6,561	6,793	7,080	7,226	7,533	7,776	8,365	7,855	8,414	9,032	8,453
	製 作 費	(千円)	7,052	7,235	7,442	7,673	7,813	8,059	8,277	8,748	8,432	8,809	9,304	8,936
	工場製作費	(千円)	13,384	13,796	14,235	14,753	15,040	15,591	16,053	17,113	16,288	17,223	18,336	17,389
	比 率	-	1.00	1.03	1.00	1.02	1.00	1.03	1.00	1.07	1.01	1.00	1.06	1.01

また、せん断耐力についても、オイラーの耐力曲線を上回っていることから、十分な耐力があることが確認できる。

図-4 に組合せ（曲げ＋せん断）荷重による相関曲線を作成している。図中の実線が本研究で得られた相関曲線であり、点線が式(2)による相関曲線である。

$$\left(\frac{M_u}{M_{u0}}\right)^n + \left(\frac{V_u}{V_{u0}}\right)^m = 1 \quad \dots (2)$$

桁高の違いによる耐力の相関曲線に及ぼす影響は認められない。また、腹板のアスペクト比が大きくなると、せん断耐力への影響が大きくなっていることがわかる。

4. 試設計による検討

図-4 に示す組合せ荷重による相関曲線を用いて、試設計で得られた断面力と比較した結果、水平補剛材を1段設置している場合、十分に耐力を有している。また、道示の腹板のアスペクト比の規定である $\alpha=1.5$ を越えた、 $\alpha=2.0$ についても十分に耐力を有している。

提案した腹板の薄板化が、工事費へ及ぼす影響を検討するためにコスト比較を行った。その結果を表-1 に示す。その結果、直接工事費で約1～7%程度の低減することがわかった。したがって、水平補剛材を適切に配置し、腹板厚をできるだけ薄くすることでコスト縮減が可能である。

5. 結論

以上の考察より、アスペクト比 $\alpha=2/3 \sim 1.5$ の間で、道示の幅厚比規定にとらわれない腹板厚を設定する、水平補剛材1段のプレートガーダーの設計が、さらなる合理化を図った薄肉少補剛設計に適していることを示した。

参考文献

- 1) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 鋼橋編，丸善，2002,3
- 2) USSP 研究会：ユーザーズ・マニュアル，理論編，Ver.3.0，JIP テクノサイエンス，1996,10
- 3) Eurocode prEN，1993-2 :2003