

曲線プレートガーダーの疲労強度に関する実験的研究

大阪市立大学工学部 正員 中井 博 大阪市立大学工学部 正員 北田 俊行
○(株)横河橋梁製作所 正員 明橋 克良

1. まえがき

鋼曲線桁の疲労強度に着目した研究は少なく、著者らの知るかぎり、米国のCURT¹⁾(Consortium of University Research Teams)によって提案された曲線桁腹板の幅厚比規定(AASHTO)²⁾を、疲労の面から検討した研究³⁾があげられるだけである。著者らも曲線桁腹板の非線形解析を行い、鋼曲線桁腹板の幅厚比について提案しているが、その基本となっている腹板の限界状態は疲労特性を考慮したものとなっていない。曲線プレートガーダーでは、疲労強度が問題になると思われる箇所が多々見うけられるが、本研究では、腹板の面外たわみに起因する面外曲げ応力が腹板とフランジの隅肉溶接部の疲労強度に及ぼす影響に着目し、模型疲労実験を行ったので、ここにその結果を報告する。

2. 実験供試体と載荷方法

曲線プレートガーダーの腹板に働く面外曲げ応力について、実橋における最も厳しい状態は、腹板とフランジとの接合線上に働く最大面外曲げ応力 $\sigma_{tb\max}$ が最大垂直応力度 $\sigma_{ln\max}$ に等しくなる状態である^{4)~5)}。このような状態を再現できるように、図-1(a)に示すような実験供試体を5体製作した。フランジと腹板との隅肉溶接は、1.2mmの溶接棒を用い、脚長4mm、電圧200V、電流32A、速度450mm/minの自動溶接で行った。また、この内の2体には、付随的なデータを入手する目的で、図-1(b)~(d)に示すようなガセットプレート、水平補剛材および足場用金具を設け、それらの取付部にも着目した疲労実験を行った。

疲労実験は、2点
載荷により、単純曲
線プレートガーダーの
試験パネルに純曲げ
の状態を与えて行っ
た。実橋の応力レベ
ルでは若干大きめで
はあるが、実験桁の
腹板に作用する最大

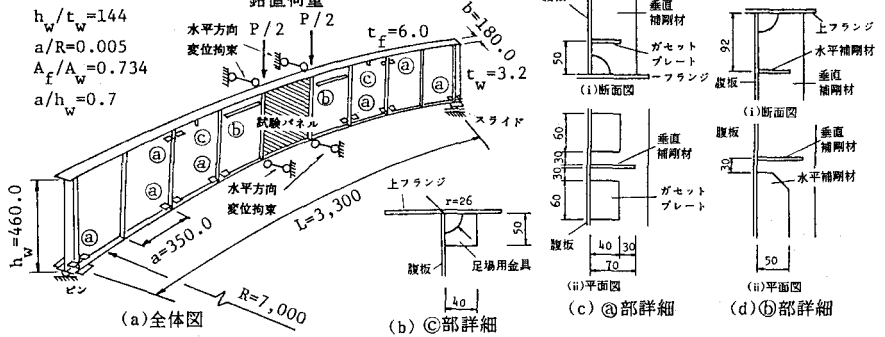


図-1 実験供試体と載荷・支持方法

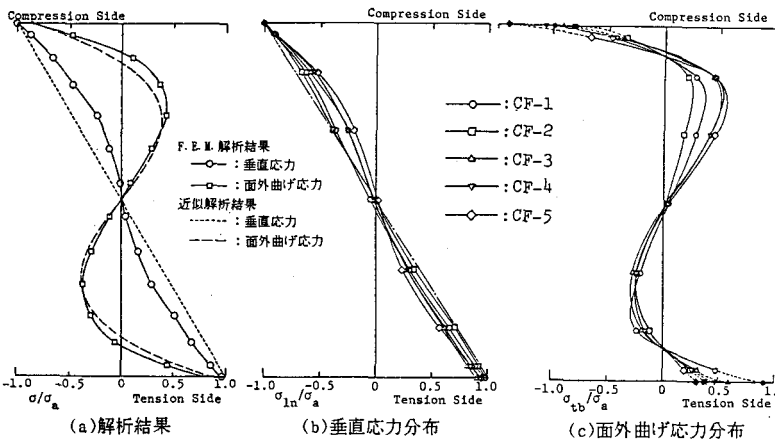


図-2 腹板の応力分布

表-1 最大面外曲げ応力と初期たわみ量

項目 供試体	最大面外曲げ応力		初期 たわみ
	引張側 ($\times \sigma_a$)	圧縮側 ($\times \sigma_a$)	
CF-1	0.944	-1.044	1/920
CF-2	0.394	-0.845	-1/3067
CF-3	0.618	-0.945	1/278
CF-4	0.478	-1.058	-1/1314
CF-5	0.316	-1.393	1/836
F.E.M. 解析 ⁴⁾	0.839	-0.924	1/250
簡易解析法 ⁵⁾	0.860	-0.860	1/∞

Hiroshi NAKAI, Toshiyuki KITADA and Katsuyoshi AKEHASHI

垂直応力 σ_{1nmax} が、許容応力 $\sigma_a = 1,400 \text{ kgf/cm}^2 (137.3 \text{ MPa})$ になるように、片振りの正弦波による変動荷重を与えた。したがって、最大面外曲げ応力 σ_{tbmax} の応力振幅も、 $1,400 \text{ kgf/cm}^2 (137.3 \text{ MPa})$ 近い応力を発生させることを、目標とした。

3. 静的載荷実験 疲労実験を行う前に、静的載荷実験を行い、供試体の静的挙動を把握した。スパン中央断面の垂直応力および面外曲げ応力分布の実験値と、有限変位解析⁴⁾ および簡易計算法⁵⁾ による分布を、図-2に示す。

この図から、垂直応力分布および面外曲げ応力分布とも供試体によって多種多様な形状を示しているが、ほぼ期待する応力状態が再現できていることがわかる。これらの差異は、試験パネルの初期たわみ量や形状の影響によるものと思われる。したがって、これらの結果から、各供試体の面外曲げ応力の変動量は、表-1に示した、実験値から最小自乗法により求めた値を用いることとした。

4. 破壊状況 すべての供試体に200万回以上の繰返し荷重を載荷したが、本研究の着目点である腹板とフランジとの隅肉溶接接合線においては、疲労亀裂は確認されず、その他の箇所の疲労亀裂により実験供試体は、破壊に至った。

供試体CF-4.5は、ガセットプレートなどを取り付けたが、それらの取付部から亀裂は確認されなかった。一般に、それらの取付部の損傷は、主桁間の変位差による横構部材なども原因となると思われ、板厚や溶接条件が実際とは異なることもあるので、ここでは疲労強度の評価は避けたい。

5. 面外曲げ応力による疲労強度の評価 腹板とフランジとを連結する溶接線に関する疲労実験結果を図-3に示す。この図には、前田・大倉⁶⁾が行ったT型試験片による曲げ疲労試験のS-N曲線も併記する。

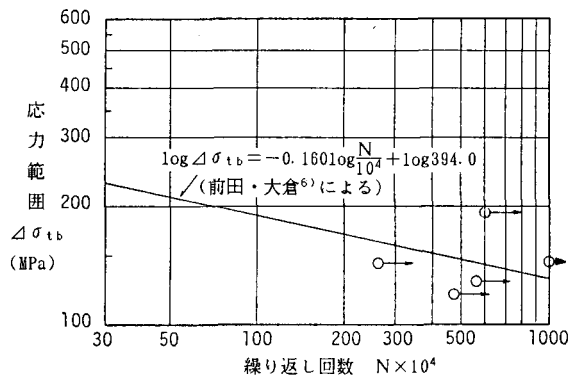


図-3 曲線桁腹板の面外曲げに関するS-N線図

この図から、本実験の供試体は、実橋においては最大と思われる面外曲げ応力が腹板に作用するにもかかわらず、200万回強度には影響を与えず、曲げ疲労試験によるS-N曲線も満足していることがわかる。

6. まとめ 曲線プレートガーダーの腹板とフランジとの結合部は、疲労強度の面から考えると、腹板厚や溶接条件によって種々検討の余地はあるが、今のところ安全であるものと思われる。今後は、垂直補剛材、横桁、対傾構・横構との取付部など、曲線桁橋全体の力学的挙動を考慮した疲労強度の評価を行う必要があると考える。

本研究は、文部省科学研究費一般研究(B)：曲線プレートガーダーの疲労強度からみた限界状態設計法に関する研究(代表 中井博)の一部として行っているものである。

参考文献 1)CURT:Tentative Design Specifications for Horizontally Curved Highway Bridges, Part of Final Report, Research Project HPR2-(111)"prepared for U.S. D.O.T. by CURT, March 1975

2)AASHTO:Guide Specifications for Horizontally Curved Highway Bridges, 1983

3)FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION:Fatigue of Curved Steel Bridge Elements -Design Recommendations for Fatigue of Curved Plate Girder and Box Girder Bridges, FHWA-RD-79-131~138, August 1980

4)中井博・北田俊行・大南亮一・川井正：曲げを受ける曲線桁腹板の解析と設計に関する一研究、土木学会論文集、第368号/1-5、pp. 235~244、1986年4月22。

5)K. Akehashi, H. Nakai, T. Kitada and H. Ishizaki:An Experimental Study on Fatigue Strength of Web Plate for Horizontally Curved Plate Girders, The Second East Asia-Pacific Conference on Structural Engineering and Construction, Vol. 1, pp. 627~632, January 1989

6)前田幸雄・大倉一郎・西山六朗：T型隅肉溶接継手の横曲げ疲労に関する研究、第33回土木学会年次学術講演会講演概要集、I-336、1978年11月。