

I-144 曲線プレートガーダーの疲労実験

大阪市立大学工学部 正員○明 橋 克良 大阪市立大学工学部 正員 北田 俊行
 大阪市立大学工学部 正員 中 井 博 阪神高速道路公団工務部 正員 石 崎 浩

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応力は疲労特性を考慮したものとなっていない。そこで、本研究では、曲線桁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との隅肉溶接部に及ぼす疲労強度について焦点を絞り、解析と実験とを行った結果を報告する。

2. 曲線プレートガーダーの解析

まず、引張あるいは圧縮フランジと腹板との接合線に発生する腹板の面外曲げ応力の大きさを調べる。そのために、有限変位挙動を考慮するアイソパラメトリック・シェル要素を用いた有限要素法⁴⁾により、曲線プレートガーダーの実績調査結果⁵⁾に基づいた実際の曲線桁について、多数のパラメトリック解析を行った。

図-1は、腹板に発生する最大面外曲げ応力 σ_{bm} を許容応力 σ_a で無次元化したものと幅厚比 h_w/t_w との関係を、垂直補剛材間の中心角 a/R をパラメータにしてプロットしたものである。この図は、腹板の最大垂直応力が許容応力 σ_a に達したときの面外曲げ応力を示している。いずれの場合にも、 a/R が大きくなるに伴って、 σ_{bm} も大きくなるが、幅厚比 h_w/t_w を小さくすると、 σ_{bm} は低減できることがわかる。

実橋を対象としたパラメトリック解析結果によると、 σ_{bm}/σ_a の最大値は、ほぼ1に達することがわかる。すなわち、最大の垂直応力に等しい最大の面外曲げ応力の発生する状態が、実橋では最も厳しい状態であることがわかる。このような状態を再現できるようなパラメータを抽出し、実験供試体の製作を行った。図-2には、実験供試体の略図とパラメータを示す。

3. 載荷荷重

本実験では、両端が単純支持された曲線プレートガーダーに2点に鉛直荷重載荷して、試験パネルに純曲げの状態を再現できるようにした。そして、上述のように、腹板に作用する最大垂直応力が、許容応力 $\sigma_a (=1,400 \text{ kgf/cm}^2)$ となる片振りの正弦荷重を与えた。したがって、腹板の最大面外曲げ応力 σ_{bm} の応力振幅も、 $1,400 \text{ kgf/cm}^2$ 程度発生させることを目標とした。

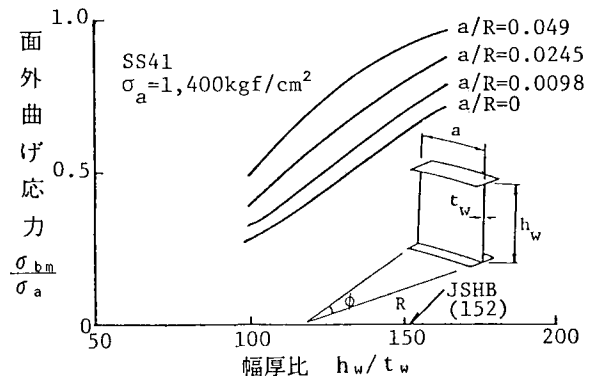


図-1 曲線桁腹板の最大面外曲げ応力と曲率および幅厚比との比較

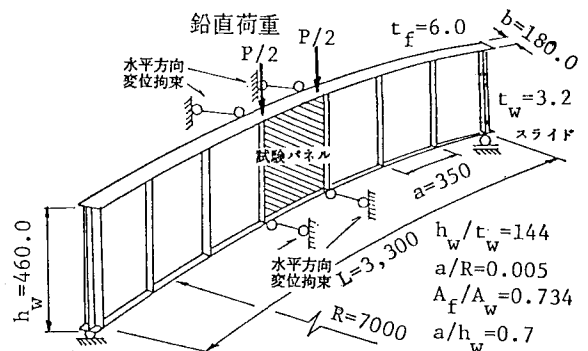


図-2 実験供試体と載荷・支持方法

4. 実験結果

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。図-3は、スパン中央断面の腹板に発生する垂直応力および面外曲げ応力分布の実験値を解析結果とを示したものである。この図から、解析および実験結果は、良好に一致した分布を呈しており、期待どおりの応力状態が再現できていることがわかる。

腹板の面外曲げ応力に起因する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-4に示す。この図の中には、前田・大倉⁴⁾によって行われたT型試験片による曲げ疲労試験のS-N曲線も併記してある。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ないことがわかる。また、実験値は面外曲げ応力と面内曲げ応力が連成したものであるが、曲げ応力のみによって求められたS-N曲線を満足していることがわかる。

5. まとめ

本実験で意図した曲線プレートガーダーの供試体は、実橋において最も厳しいと思われる面内曲げ応力と同等な面外曲げ応力が作用するものであった。それにもかかわらず、疲労の面からは十分な安全性を確保していると思われる。したがって、疲労強度の面から考えても、著者らによって提案された曲線プレートガーダーの腹板の設計法が有効ではないかと考える。しかしながら、今後、垂直補剛材、横桁、対傾構・横構との取付部など、構造細部の疲労についてはまだ調査すべき箇所が多いと考える。

<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、土木学会論文誌、第368号/I-5, pp. 235~244, 1986年4月22。
- 5) 中井博・松村駿一郎・吉川紀・北田俊行・大南亮一: 曲線桁橋の実績調査、橋梁と基礎、Vol. 15, No. 4, pp. 38~43, 1981年5月。
- 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。

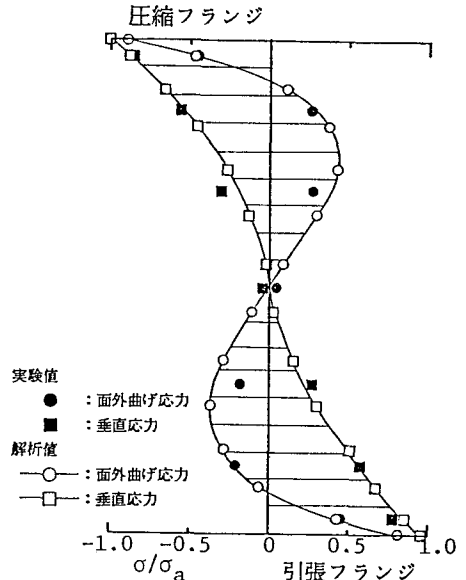


図-3 腹板の応力分布の解析および実験結果

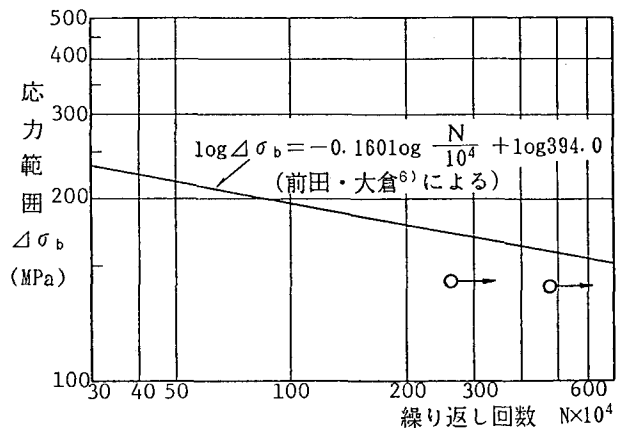


図-4 曲線桁腹板の面外曲げに関するS-N線図