

東京工業大学 正会員 三木 千寿
東京工業大学 妹尾賢一郎
東京工業大学 正会員 森 猛

1. はじめに 近年、道路橋の各部に疲労損傷が発生しはじめている。図-1に示す支承部のソールプレート端の損傷も複数の路線の複数の橋に生じており^{1) 2)}、一般的な損傷になりつつあるといえよう。多くの場合疲労きれつはソールプレートの前面すみ肉溶接のウェブ直下近傍位置から発生し、フランジ方向に進展するものであり、原因や対策を考える上で、この溶接部近傍の局部的な応力が重要である。

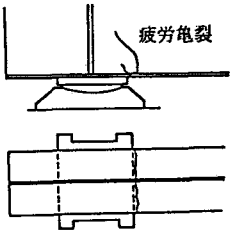


図1 ソールプレート端の疲労損傷

本研究では有限要素法解析と実験から、ソールプレート端の局部応力挙動を調べるとともに、ソールプレートの取付け方、ソールプレートの厚さ、端補剛材および垂直補剛材の配置や板厚など、局部応力に影響をおよぼすであろう構造ディテールの変更策について検討した。

2. 解析対象および解析のモデル化 解析対象は図-2に示す合成プレートガーダー橋とし、建設省の昭和46年版標準設計図を参考として諸元を与えている。有限要素法解析は汎用プログラムCOSMOS/Mを用いて実施しており、SHELL要素で全体をモデル化した。ソールプレートと下フランジ間のすみ肉溶接はすみ肉溶接ののど厚と同じ板厚を有する板でおきかえている。またソールプレートと下フランジはバネ要素で接続し、解析により引張り力の生じたバネ要素は取り除き、すべての接触面での反力が圧縮力となるまで、解析を繰り返している。表-1に解析を行った構造ディテールの一覧を示す。試験体に対しても同様な解析を行っている。

3. 解析結果 図-3に標準設計のディテールに対する解析結果を示す。疲労きれつ発生点にははり理論で計算される応力よりかなり高い応力が生じており、またフランジに局部的な曲げが生じていることがわかる。この標準ディテールを変更した場合の下フランジの局部応力の変化は以下の通りである（表-1参照）。

- (1) ソールプレートを側方のすみ肉溶接のみで取付けた場合：ウェブ直下の応力は高くなるが、疲労が問題となる側面すみ肉溶接端部の応力は低下する。
- (2) 端補剛材の板厚を11mmから22mmにした場合：下フランジ下面ウェブ直下の応力はかなり低下する。フ

表1 解析条件および結果

ケース	構造詳細	溶接	応力 (kgf/cm ²)	
			ウェブ直下	溶接端
1	標準	全面	2.57	1.74
2	標準	側面	(2.63)	1.61
3	A	側面	(2.13)	1.12
4	A, B	側面	(2.20)	1.04
5	A, B, C	側面	(2.22)	0.65
6	D	全面	2.06	2.38
7	E	側面	(2.62)	1.80
8	F	側面	(2.53)	1.18
9	A, B, C, E	側面	(2.13)	0.17

A：スティフナー厚 24mm（標準 12mm）
B：ソールプレート厚 32mm（標準 22mm）
C：ソールプレート幅 490mm（標準 300mm）
D：スティフナーを追加 寸法：厚さ12 幅175 長さ967
（ソールプレート端より支点側 100mmの位置）
E：スティフナーを追加 寸法：厚さ12 幅175 長さ967
（ソールプレート端より中央側 100mmの位置）
F：水平リブを下フランジに取り付ける

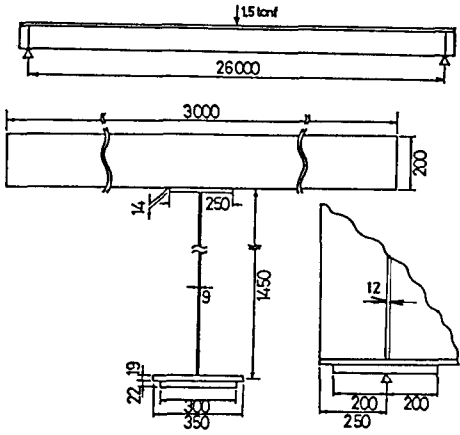


図2 解析対象

ランジ内の応力分布は均一化する傾向がある。

- (3) ソールプレートの寸法を変えた場合：ソールプレートの厚さを22mmから32mmにすると下フランジ下面のウェブ直下の応力は低下する。ソールプレートの幅を185mmから290mmに大きくするとフランジ端部の応力が低下する。
- (4) 補剛材を追加した場合：補剛材を取付ける位置によって下フランジの応力は大きく変化する。一般的に補剛材を取付けた位置より支点側で応力は高くなり、反対側では応力は低下する。

4. 実験 有限要素法解析にはそのモデル化の段階で種々の仮定を含んでいるため、図-4に示す試験体に対する載荷試験により構造ディテールの変更がソールプレート端部の局部応力におよぼす影響を確認した。

図-5にソールプレートを全周溶接で取付けた場合のウェブ直下の位置での応力を示す。標準ディテールの場合に比べてここで試みた構造ディテールのいずれの変更によってもこの位置の応力は低下しており、解析で得られた傾向と一致している。

図-6にソールプレートを側面溶接のみで取付けた場合の溶接端での応力の測定結果を示す。この方法によると溶接による収縮によりソールプレートとフランジ間にすき間ができ、実測値には大きなばらつきや非線形性が認められる。しかし疲労が問題となる溶接端の応力は全周を溶接した場合に比べてまた補剛材を追加した場合を除いて低く、解析で得られた傾向と一致している。

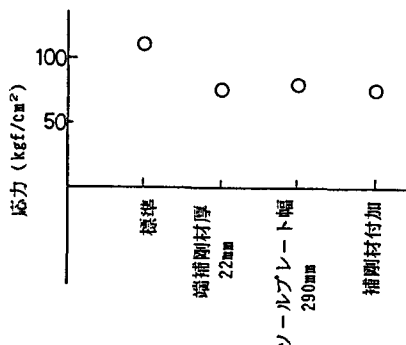


図5 ウェブ直下の応力（全面溶接）

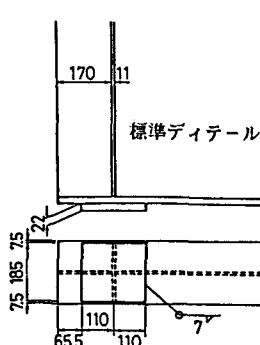


図6 側面溶接端での応力

5. おわりに ソールプレート端のすみ肉溶接止端に沿ってフランジ内に発生する疲労き裂は桁が板を溶接により組み合わせた三次元的な構造であることに起因する応力集中によるものである。このような疲労損傷を防止するには、ソールプレートを溶接で取付ける場合は側面すみ肉溶接のみとする、端補剛材を厚くするなどのディテールの変更が好ましい。もちろん鉄道橋で標準としている高力ボルトによる取付けの方がさらに良いであろう。全周をすみ肉溶接する場合には端補剛材を厚くするとともに、前面すみ肉溶接よりも支点側にもう1本高さがウェブの2/3程度の補剛材を追加するとよい。

本研究は文部省科学研究費総合研究A（代表：中井 博 大阪市大教授）の補助をうけた。

参考文献

- 1) 明石重雄：溶接部疲労の現状と研究、土木学会論文集、No.350, pp.1-7, 1984.
- 2) 三木千寿、坂野昌弘、館石和雄、福岡良典：鋼橋の疲労損傷事例のデータベースの構築とその分析、土木学会論文集、No.392, pp.403-410, 1988

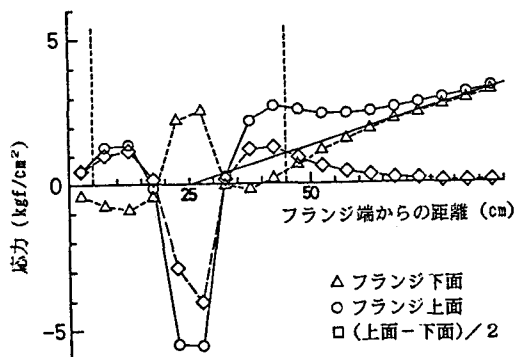


図3 解析結果（標準ディテール）

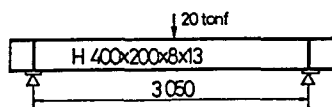


図4 試験体