

## カバープレート端部の形状変化と応力集中係数

名城大学大学院 学生会員 島田信行  
名城大学 正会員 近藤明雅

### 1. まえがき

鋼橋において、I型桁やボックス桁の上下フランジ、デッキプレート上面などに取り付けられるアタッチメントやソールプレートなど、すみ肉全周溶接の止端部は断面剛性の急変部となるため、応力集中を受けやすく疲労損傷の原因となることが知られている。ところが、これらのディテールは構造設計が終了した後に、施工やメンテナンスあるいは、損傷断面の補強のために取り付けが決まるものであるため、たとえ橋梁全体が疲労照査された場合でも、この継手部位では疲労損傷が発生する可能性がある。過去、本研究室では、I型桁などに取り付けられているアタッチメントの部分を取り出したことを想定し引張疲労試験を行ってきた。本研究では、図1に示すカバープレートをもつ I 型桁について、溶接止端部の応力集中をカバープレート端部の形状を変えることによって緩和させることを目的とし、有限要素法(FEM 解析)により応力解析し、応力集中を算定、比較、検討した。

### 2. 解析モデル

実構造の左右対称を考慮し、全体の 1/2 カットモデル(図2)を用いた。I型桁の寸法は、長さ 6,000mm、モデル寸法は、上下フランジが長さ 3,000mm × 幅 200mm × 厚さ 10mm、ウェブは長さ 3,000mm × 高さ 500mm × 厚さ 10mm とし、カバープレートは、長さ 350mm × 幅 170mm × 厚さ 12mm とし溶接長さは 6mm とした。

図3モデル A に示す矩形のアタッチメントを用いたものを基準モデルとして、溶接部の脚長比は端部の形状のみを考えたので1:1を用いました。(通常は1:2~2.5)次に示すようにカバープレート端部の形状を変化させて解析した。モデル B はカバープレート端部の形状を中央から両端に向かってなめらかな曲線としたモデル、モデル C, D, E は端部の形状を中央は凹にし、両端に向かってなめらかな凸としたモデルであり、窪みの大きさを順に 50mm、20mm、10mm とした。フランジ板幅方向の窪みの幅は、C, D, E どのモデルも 110mm とした。次に、窪みの幅を小さくしたモデルも試した。窪みの幅は 60mm とし、窪みの大きさはモデル F が 10mm モデル G が 5mm である。さらに基準モデル A の端部の中央のみを凹としたモデルをモデル H, I とし、くぼみの大きさ 10mm をモデル H、15mm をモデル I とした。なお、モデル寸法は一定である。

### 3. FEM解析

モデル解析には、汎用有限要素プログラム MSC/NASTRAN により 8 節点ソリッド要素を用い図4に示すメッシュ分割とした、図5は図4のカバープレート端部を拡大した図である。要素の最小寸法は 1mm × 5mm × 1mm とした。なお、実構造を想定し、フラ

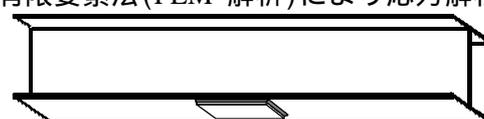


図1 カバープレートを有する I 型桁

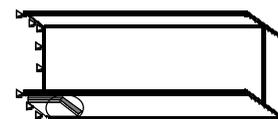


図2 解析モデル

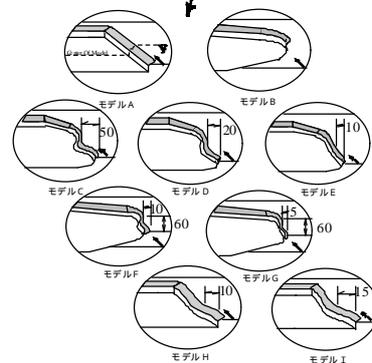


図3 カバープレート端部の形状

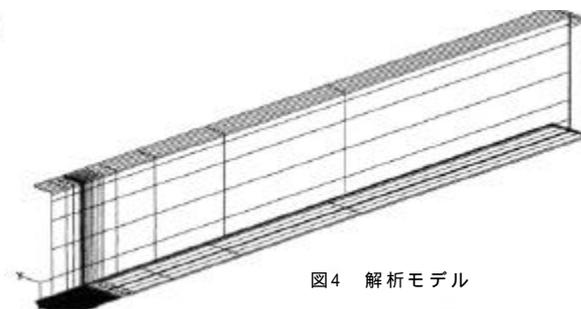


図4 解析モデル

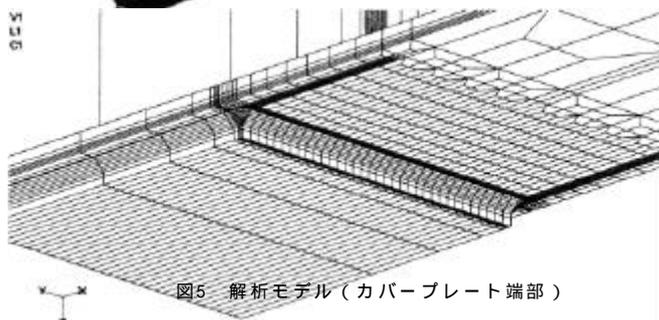


図5 解析モデル(カバープレート端部)

ンジとカバープレートの肌すきとして 0.1mm の隙間を設けた。拘束条件は実構造の中央である 1/2 カット面の X 軸方向の変位を拘束し、支点部で Z 軸方向の変位を拘束した。荷重は 2 点载荷とした。中央から 1,000mm の位置に载荷した。

4. 解析結果

図6, 7, 8, 9にカバープレート端部を形状変化させた場合の止端の Y 座標に対する応力集中係数を示す。横軸にはフランジ板幅方向に、端を 0 とした中央までの溶接止端の Y 座標を、縦軸には最大主応力の応力集中係数を示す。図6に示されるモデル A の結果より、溶接止端部の応力集中はフランジと腹板の交差部で最大となり、端に向かって小さくなった。このモデル A の応力集中係数を基準として以下、最大値を比較検討する。

図6でモデル A、モデル B について応力集中係数の最大値を比較すると、モデル B はモデル A に比べ増加した。中央より離れたところではモデル A よりモデル B が減少した。次に中央を凹にした 3 種類のモデル C, D, E とモデル A について比較した。

図7に示すモデル C の最大応力集中係数は A に比べ、2.5 % 減少し、モデル C より窪みの小さいモデル D はモデル A に比べ 5.6 % 減少した。さらに窪みの小さいモデル E は、モデル A に比べ最大値が 9.1 % 減少した。次にモデル C, D, E に比べ、2 凸間の距離を小さくした（窪みの幅を小さくした）モデルについて比較した。

図8に示すモデル F はモデル A に比べ最大値は増加した。モデル F より窪みの小さいモデル G はモデル A に比べ最大値は 2.1 % 減少した。

図9は示す最大値はモデル H が 10.3 %、モデル I が 13.5 % 減少した。

図10には各モデルの最大主応力の最大応力集中係数を比較した。基準モデルとしたモデル A とそれぞれを比較すると、端部の形状を中央で凸にしたモデル B は応力集中が改善されるどころか 5% ほど増加してしまった。図に三角で示す中央を窪ませたモデルでは窪みの大きさが小さいほど改善が見られた。なかでもモデル E は 9.1% 改善した。四角で示す窪みの幅を小さくしたモデルでは改善はあまり見られなかった。モデル F では増加を示した。基準モデルの中央を窪ませたモデル H, I では最大応力集中がともに 1 割以上改善した。

5. まとめ

- ・ 矩形のモデルで示されるようにフランジと腹板の交差部で応力集中が高くなった。
- ・ 中央を凸にすると応力集中が高くなった。
- ・ フランジと腹板の交差部を窪ませると応力集中は小さくなった。
- ・ くぼみの大きさは応力集中の範囲が止端部に広く分布する大きさがよい。
- ・ くぼみの幅を広くしたものが応力集中は小さかった。

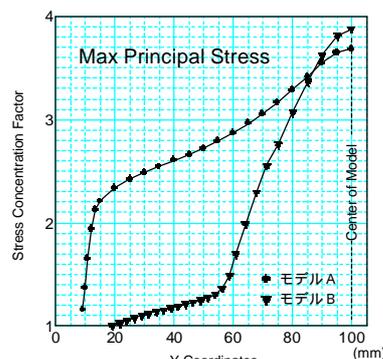


図6 止端のY座標に対する応力集中係数

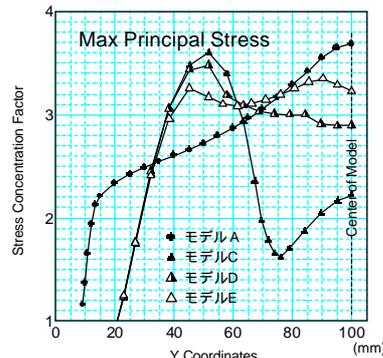


図7 止端のY座標に対する応力集中係数

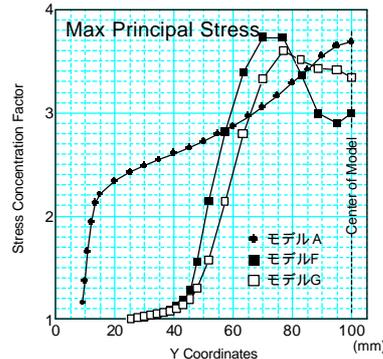


図8 止端のY座標に対する応力集中係数

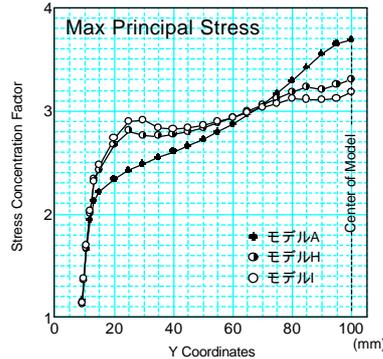


図9 止端のY座標に対する応力集中係数

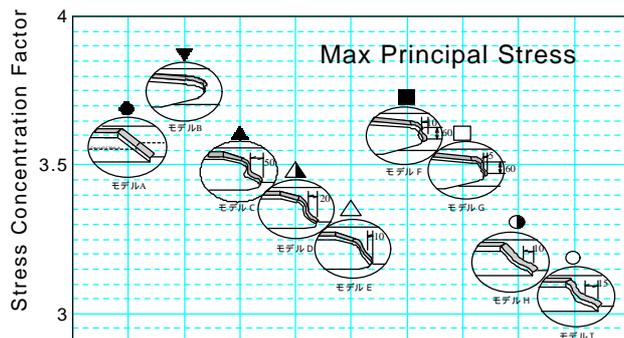


図10 各モデルの最大応力集中係数の比較