

1.研究の背景, 目的

鋼構造物の疲労強度評価手法として, Hot Spot Stress (以下, HSS) 法を用いた疲労照査法がある. 鋼構造物の疲労設計指針 (以下, 「JSSC 指針」) では, HSS を FEM 解析により求める場合, 「3次元解析にソリッド要素を用い, 溶接ビードもモデル化することを原則とする」と規定している. しかし, 図1に示す実桁 FEM モデルを全て Solid 要素とする場合, 大容量のメモリを要することになる. 従って, 実構造物をモデル化するには, Solid 要素モデルの合理的且つ信頼性のある疲労照査モデルが必要である.

そこで本研究では, 荷重伝達型十字溶接継手を対象に, 合理的且つ信頼性のある疲労照査モデルを検討した. その後, モノレール鋼軌道桁の主桁・横桁交差部の疲労強度評価に適用した.

2.十字継手での疲労照査モデルの検討

(1) 解析概要

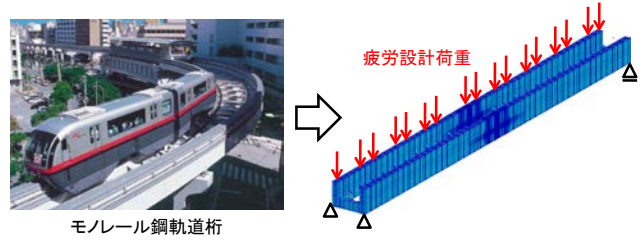
対象の十字溶接継手モデルを図2に示す. 解析モデルは図3に示す4ケースとした. Case2~Case4 のモデル化は, Shell 要素を用いることで計算負荷の低減を図り, 溶接ビードのモデル化をパラメータとした. 解析モデルの概要を以下に示す.

- 1) Solid モデル: 全て Solid 要素で作製した基準. Case2~4 と解析結果比較を行う.
- 2) Shell, Solid 混合モデル: 溶接ビードから十分に離れた位置で Shell 要素と Solid 要素を結合させたモデル. 両要素の結合は図4に示すように, Shell 要素 (板厚 13mm) を Solid 要素軸方向へ1要素, 挿入することで剛結合のモデル化とした.
- 3) Shell モデル: 溶接ビードを考慮せず, 板を交差させた最も簡易なモデル.
- 4) Shell 溶接モデル: 図5に示すように, 溶接部の板厚を増すことで溶接ビードを考慮したモデル.

(2) 解析結果

応力分布を図4に, 溶接止端近傍の拡大を図5に示す. 応力は軸方向応力を用いた.

解析結果を以下に示す.



モノレール鋼軌道桁

図1 実桁 FEM モデルの例

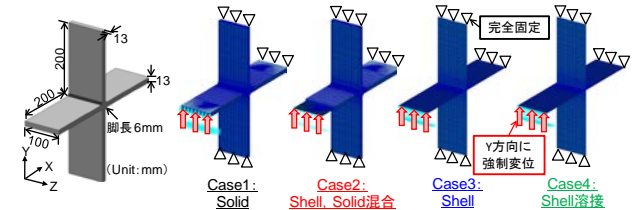


図2 対象継手

図3 解析モデル

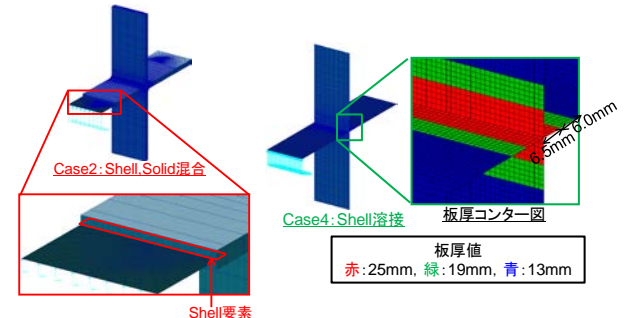


図4 Case2 モデル化手法

図5 Case4 モデル化手法

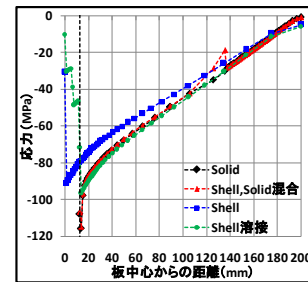


図6 応力分布

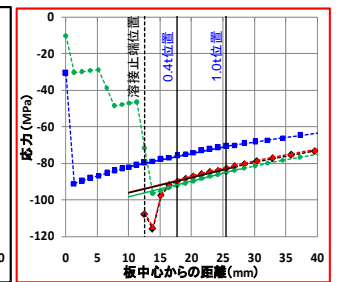


図7 応力分布

(溶接止端近傍拡大)

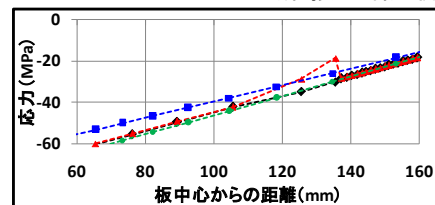


図8 応力分布 (Shell, Solid 結合部近傍拡大)



図9 解析モデル (平面)

- A) Shell, Solid 混合モデル：図 6 より，板中心から 140mm 位置（Shell, Solid 結合位置）で応力の乱れが見られるものの，結合部の前後では Solid モデルの応力と概ね一致した。また応力，HSS 値がそれぞれ概ね一致した，
- B) Shell モデル：Solid モデルの応力値より小さく，溶接止端付近での応力差が顕著である。
- C) Shell 溶接モデル：溶接止端付近応力，HSS 値に差異がみられる。

以上から，Shell, Solid 混合モデルを合理的且つ正確な疲労照査モデルとした。

3.実桁 FEM モデルでの疲労強度評価

(1) 解析概要

モノレール鋼軌道桁の主桁・横桁交差部を対象に Shell, Solid 混合モデルを適用し，疲労強度評価を行った。解析モデルを図 7，図 9 に示す。Shell, Solid の結合は結合部で応力が乱れることを踏まえ，溶接止端から十分離れた位置で結合した。荷重条件は主桁が最大曲げとなるように車輛軸重を配置し，単線荷重とした。

疲労照査は JSSC 指針に基づいて行った。応力解析により最大 HSS 応力範囲を求め，疲労限の照査，繰返し数を考慮した照査をもとに，疲労強度評価を行った

(2) 解析結果 HSS と疲労照査

着目する十字溶接継手の最小主応力コンターを図 11 に，応力分布を図 12，図 13 に示す。現状モデルの応力分布より最大 HSS 範囲を算出し，耐用年数を 100 年として照査した結果，主桁 Web 溶接止端部において照査を満足しなかった。

(3) 疲労強度向上法の検討

十字溶接継手部に図 14 に示す R=200mm のフィレットを追加し，解析を行った。解析条件，疲労照査手法は現状モデルと同様である。図 15，図 16 の応力分布を用いて照査した結果，照査を満足した。

4 まとめ

本研究では，Shell, Solid 混合モデルを合理的且つ正確な疲労照査モデルとして提案した。また，Shell, Solid 混合モデルは結合部で応力が乱れることから，溶接止端から十分離れた位置で結合する必要がある。

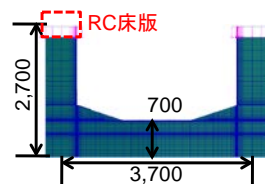


図 10 解析モデル（断面）

表 1 材料特性

材料	ヤング率 (MPa)	ポアソン比
鋼	2.0×10^5	0.3
コンクリート	3.3×10^4	0.167

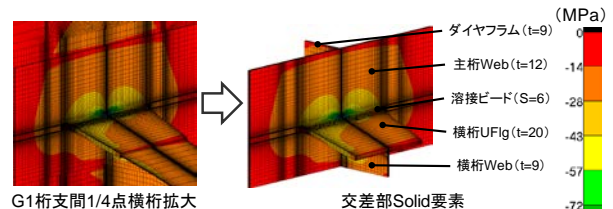


図 11 現状モデル最小主応力コンター

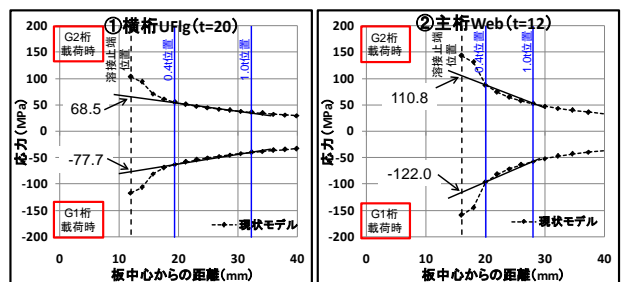


図 12 横桁 UFlg 応力分布 図 13 主桁 Web 応力分布

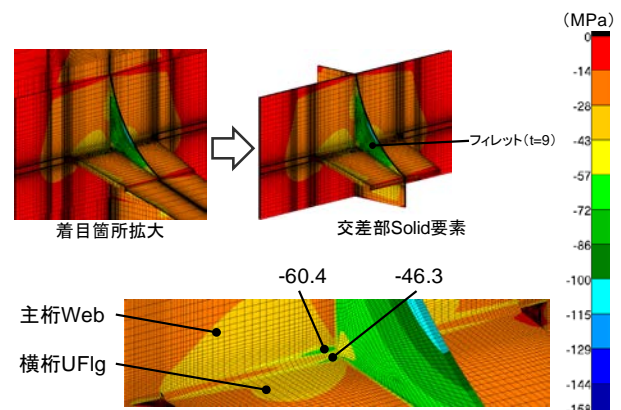


図 14 フィレット追加モデル最小主応力コンター

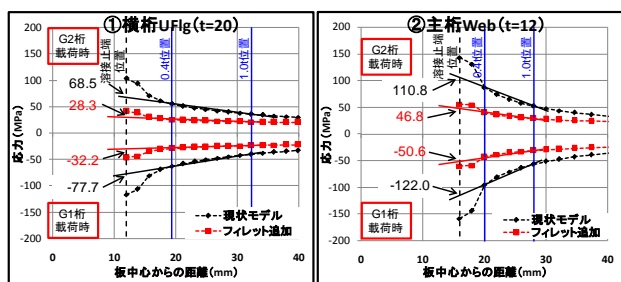


図 15 横桁 UFlg 応力分布 図 16 主桁 Web 応力分布

参考文献

- 1) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説，丸善，2012。