

Structural Hot Spot Stress 法を用いた跨座式モノレール鋼軌道桁の疲労強度評価

琉球大学 学生会員 ○塚原 雄介, 琉球大学 正会員 下里 哲弘, 有住 康則
 木更津工業高等専門学校 正会員 田井 政行
 沖縄県 土木建築部 都市計画・モノレール課

1. 研究の背景, 目的

鋼構造物の疲労強度評価手法として, Structural Hot Spot Stress (以下, SHSS) 法を用いた疲労照査法がある. 鋼構造物の疲労設計指針¹⁾(以下, JSSC 指針)では, SHSS を FEM 解析により求める場合, 「3次元解析に Solid 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, 多大な計算時間と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の構築が必要である.

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も適用している.

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.

- Case1: 全て Solid 要素で作製した基準.
- Case2: 図4に示すように, 溶接ビードから 100mm 程度離れた位置で Shell 要素と Solid 要素を結合したモデル. 両要素の結合は 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とした.
- Case3: 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.
- Case4: 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.

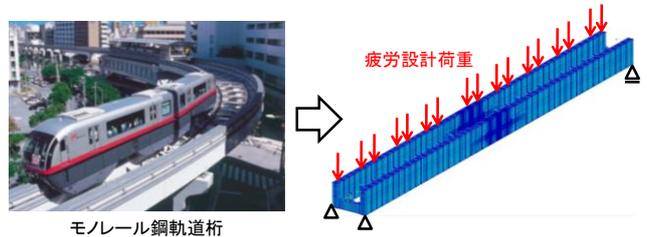


図1 実桁 FEM モデルの例

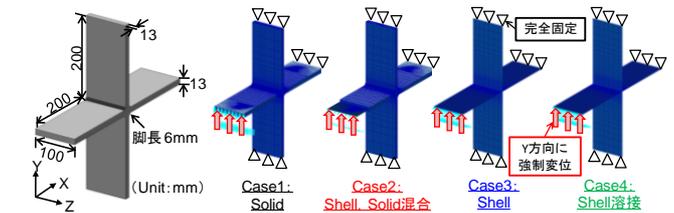


図2 対象継手

図3 解析モデル



図4 Case2 モデル化手法

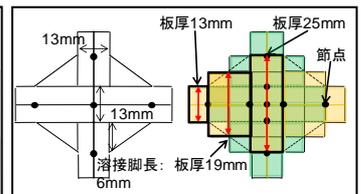


図5 Case4 モデル化手法

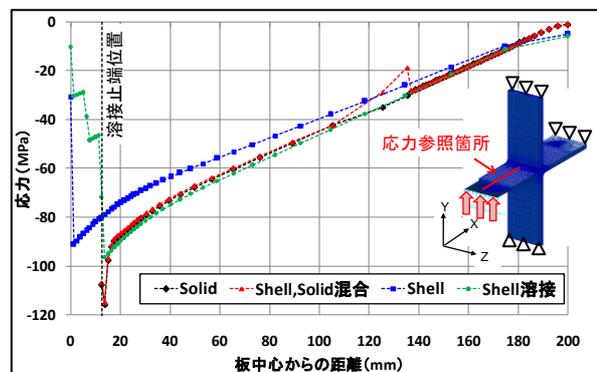


図6 解析結果 応力分布

表1 解析結果 SHSS 値

解析モデル	Solid	Shell,Solid混合	Shell	Shell溶接
SHSS値 (MPa)	-94.6	-93.7	-79.2	-97.1

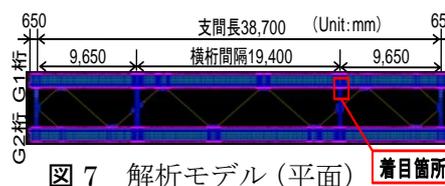


図7 解析モデル (平面)

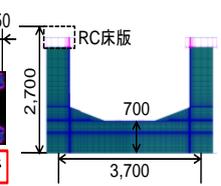


図8 解析モデル (断面)

キーワード Structural Hot Spot Stress, FEM 解析, 疲労強度評価
 連絡先 〒903-0213 沖縄県中頭郡西原町字千原 1 番地
 国立大学法人 琉球大学 工学部 環境建設工学科

TEL : 098-895-8666
 FAX : 098-895-8677

(2) 解析結果

応力参照箇所、応力分布を図6に、応力分布より算出したSHSS値を表1に示す。応力は曲げを受けるため、板表面の軸方向応力を用いた。

Case1との解析結果の比較を以下に示す。

図6と表1より、Case2の応力分布、SHSS値はCase1と概ね一致した。Case3はCase1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。Case4は溶接止端付近応力、SHSS値に差異がみられる。

以上から、Case2のShell, Solid混合モデルを合理的かつ信頼性のある疲労照査モデルとして採用した。

3. 実桁FEMモデルでの疲労強度評価

(1) 解析方法

従来の跨座式モノレールより横桁の本数を大幅に削減し、耐すべり抵抗の大きいRC床版と合成させたモノレール合成合理化鋼軌道桁の主桁・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8に示す。载荷条件はモノレールの設計基準に準じてモノレール車輦が満載となるように軸重を配置し、単線载荷とした。

疲労照査はJSSC指針に基づき、疲労限の照査、繰返し数を考慮した照査を行った。繰返し数を考慮した照査は耐用年数を100年と仮定し、100年間における累積損傷度を考慮した照査とした。

(2) 解析結果 SHSS と疲労照査

着目する主桁-横桁交差部の最小主応力コンター、応力分布を図9, 図10, 図11に示す。現状モデルの応力分布より最大SHSS範囲を算出し、耐用年数を100年として疲労限及び累積損傷度を考慮した照査を行った結果、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

主桁-横桁交差部に図10に示すR=200mmのフィレット部材を追加し、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11に示すSHSSを用いて照査した結果を表2, 表3に示す。照査の結果、変動振幅応力が打切り限界以下となり、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かつ信頼性のある疲労照査モデルの1つとなることを示

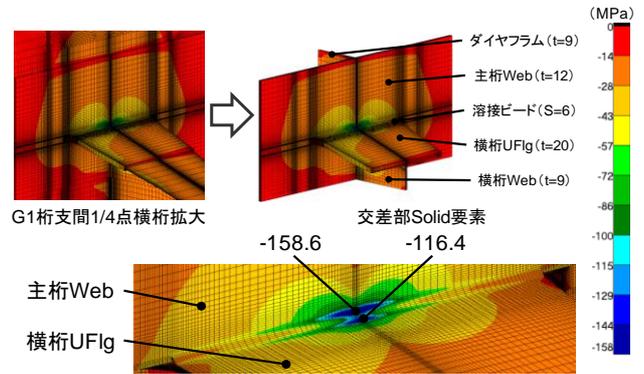


図9 現状モデル最小主応力コンター

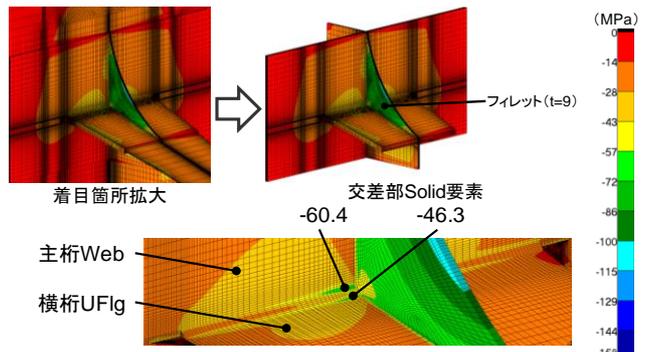


図10 フィレット追加モデル最小主応力コンター

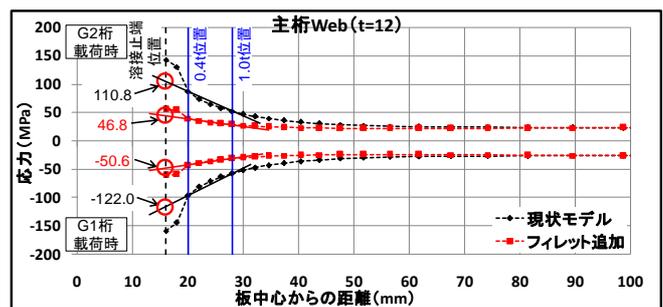


図11 主桁 Web 応力分布

表2 疲労限の照査結果

項目	照査位置	現状モデル		フィレット追加	
		主桁Web	主桁Web	主桁Web	主桁Web
垂直応力度	最大値	σ max	110.8	46.8	
	載荷ケース		Case18-G2	Case18-G2	
最小値	σ min	-122.0	-50.6		
	載荷ケース		Case18-G1	Case18-G1	
継手強度等級 E					
補正した応力範囲の打切り限界 (一定振幅応力)		Δσ cod	62.0	62.0	
設計最大応力範囲		Δσ fud	232.8	97.4	
照査/判定		Δfud/Δcod	NG	NG	

表3 繰返し数を考慮した照査結果

照査位置	項目	現状モデル		フィレット追加	
		主桁Web (G1桁載荷時)	主桁Web (G2桁載荷時)	主桁Web (G1桁載荷時)	主桁Web (G2桁載荷時)
設計応力範囲	Δσ id	104.9	95.3	43.5	40.2
	補正した応力範囲の打切り限界 (変動振幅応力)	Δσ vod	45.5	45.5	45.5
耐用期間中の繰返し数	ni	3,905,500	3,905,500	3,905,500	3,905,500
	疲労寿命	Ni	887,102	1,183,099	12,440,338
(累積)疲労損傷度	D	4.40	3.30	-	-
	照査/判定(疲労限)	D ≤ 1.0 -OK	NG	NG	OK

した。また、モノレール合成合理化鋼軌道桁において、耐用年数100年を満足する構造を示した。

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。