

モジュラー型伸縮装置のサポートビーム溶接部の疲労強度

法政大学大学院 正会員 ○山崎 信宏
 法政大学 フェロー 森 猛
 (株)復建エンジニアリング 中平 泰樹

1. はじめに

道路橋に用いる伸縮装置は、走行車両の輪荷重を繰返し直接支持することから、鋼床版やコンクリート床版と同様に損傷しやすく、疲労耐久性が問題となる場合がある。荷重支持型に分類される伸縮装置のうち、ミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置(図1参照)の場合、その溶接接合部には、様々な疲労き裂の生じる恐れがある。当該溶接部は、当初、すみ肉溶接により接合されていたが、平成14年に生じたルート破壊を契機として、完全溶込溶接に変更されている。しかし、平成24年、完全溶込溶接部においても疲労き裂が確認されており、その疲労耐久性を評価する手法の確立が求められている。

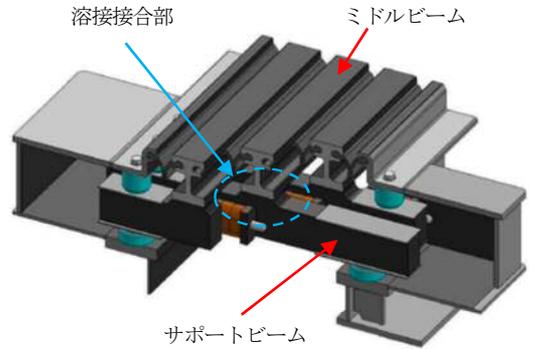
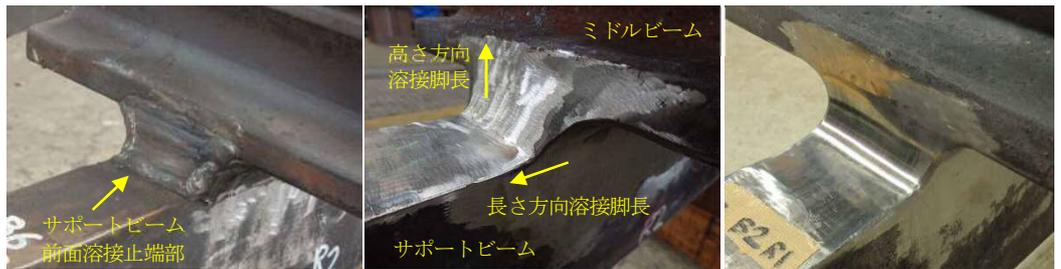


図1 溶接タイプのモジュラー型伸縮装置

本研究では、モジュラー型伸縮装置の溶接部に発生する疲労き裂のうち、サポートビームに生じる疲労き裂を対象とし、溶接形状や寸法が疲労強度に及ぼす影響を明らかにする目的で、疲労試験と有限要素応力解析を行う。

2. 疲労試験

供試鋼材は、ミドルビームで欧州統一規格(EN規格)の非合金構造用鋼材 S355J2+AR・(N)、サポートビームで SM490C である。試験体は、ミドルビームにサポートビームを溶接したままの AW 試験体、AW 試験体の溶接部を整形した WF 試験体、AW 試験体の溶接部を止端を含めて円弧状に仕上げた RF 試験体の3種類(写真1参照)である。試験体数は各5である。試験体の形状と寸法を図2に示す。サポートビームは、幅60mm、高さ110mmの矩形断面であり、その長さは800mmである。サポートビーム長手方向中央部に長さ260mmのミドルビームを溶接で接合している。



(a) AW 試験体 (b) WF 試験体 (c) RF 試験体

写真1 試験体溶接部の形状

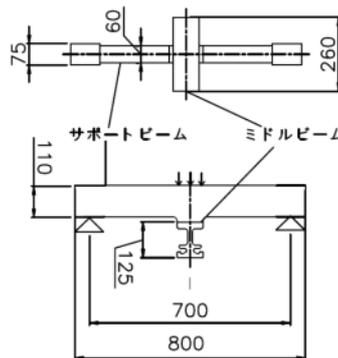


図2 試験体の形状と寸法



写真2 疲労試験の状況

溶接部の形状、寸法の測定結果を表1に示す。サポートビーム前面溶接止端部の曲率半径の平均は AW 試験体で4.6mm、WF 試験体で1.6mm、RF 試験体で17.9mmであった。また、サポートビーム前面溶接の長さ方向の溶接脚長の平均は AW 試験体で25.1mm、WF 試験体で11.7mm、RF 試験体で18.5mm、高さ方向の溶接脚長の平均は AW 試験体で30.3mm、WF 試験体で18.4mm、RF 試験体で18.7mmであった。

疲労試験は、写真2に示すように、動的能力500kNの電気油圧サーボ式材料試験機を用いて、応力比をほぼ0とした三点曲げで実施した。支点には、溶接タイプのモジュラー型伸縮装置に用いられるベアリングを使用した。

キーワード：伸縮装置、モジュラー型、サポートビーム、曲率半径、疲労強度

連絡先：〒184-8584 東京都小金井市梶野町3-7-2 法政大学大学院デザイン工学研究科 TEL：042-387-6287

疲労試験の結果を図3に示す。図中には、日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に規定される疲労設計曲線も示している。各試験体の疲労強度は、疲労試験結果の下限より、AW試験体でD等級、WF試験体でE等級、RF試験体でC等級と判断される。なお、AW試験体の疲労強度は、AW3試験体を除いて判断した。AW3試験体で疲労強度が低くなった原因は、AW試験体の止端部の曲率半径の標準偏差が1.7mmと他の試験体に比べ大きく、AW3試験体の止端部の曲率半径が1.8mmと小さかったためと考えられる。疲労強度は、曲率半径が大きいほど高い傾向にあり、RF試験体が一番高く、順にAW試験体、WF試験体となった。

3. 有限要素応力解析

止端部の曲率半径が応力集中係数に及ぼす影響を確認するため、有限要素応力解析を行った。試験体溶接部の寸法、形状計測結果より設定した解析モデルの形状を表2に示す。AW試験体とWF試験体は、止端部の曲率半径のばらつきが大きいため、その値を変化させた。解析ケースは、AW試験体で3ケース、WF試験体で2ケース、RF試験体で1ケースである。要素分割図の例を図4に示す。ソリッド要素の最小要素寸法は0.2mm、鋼材の弾性係数は $2.0 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ 、ポアソン比は0.3とした。

有限要素応力解析より求めた各試験体モデルの応力集中係数と曲率半径の関係を図5に示す。ここで示す応力集中係数は、サポートビーム幅方向中心位置の応力解析値を止端部位置公称応力で無次元化した値である。応力集中係数は、止端部の曲率半径と溶接脚長の小さいWF試験体が高く、次いで、AW試験体、RF試験体の順となっている。このように、各試験体モデルの応力集中係数は、疲労強度と反比例の関係にある。

4. まとめ

サポートビームの疲労強度は、RF試験体、AW試験体、WF試験体の順に高い。すなわち、止端部の曲率半径が大きいほど、疲労強度は高くなる。今後、ミドルビームに生じる疲労き裂を対象とした疲労試験ならびに有限要素応力解析を行い、ミドルビームの疲労強度を評価する。そして、荷重についても検討し、ミドルビームとサポートビームの接合に溶接を用いるモジュラー型伸縮装置の疲労耐久性の照査手法を確立する。

表1 溶接部の寸法、形状計測結果

試験体名称	サポートビーム前面溶接部			
	止端部の曲率半径 (mm)	長さ方向溶接脚長 (mm)	高さ方向溶接脚長 (mm)	
AW試験体	AW1	4.7	24.5	31.8
	AW2	6.7	24.5	28.5
	AW3	1.8	27.5	31.5
	AW4	3.9	23.0	29.5
	AW5	5.7	26.0	30.3
	平均	4.6	25.1	30.3
	標準偏差	1.7	1.5	1.2
WF試験体	WF1	2.0	12.0	17.8
	WF2	2.1	11.5	18.3
	WF3	1.1	10.3	19.0
	WF4	1.8	12.5	17.5
	WF5	1.2	12.3	19.3
	平均	1.6	11.7	18.4
	標準偏差	0.4	0.8	0.7
RF試験体	WF1	17.7	19.5	18.5
	WF2	16.9	17.5	18.3
	WF3	18.8	18.8	19.5
	WF4	18.5	19.0	19.5
	WF5	17.6	17.8	17.8
	平均	17.9	18.5	18.7
	標準偏差	0.7	0.8	0.7

表2 解析モデルの形状

試験体名称	サポートビーム前面溶接部		
	止端部の曲率半径 (mm)	長さ方向溶接脚長 (mm)	高さ方向溶接脚長 (mm)
AW試験体	1	25	30
	3		
	5		
WF試験体	1	12	18
	2		
RF試験体	18	19	19

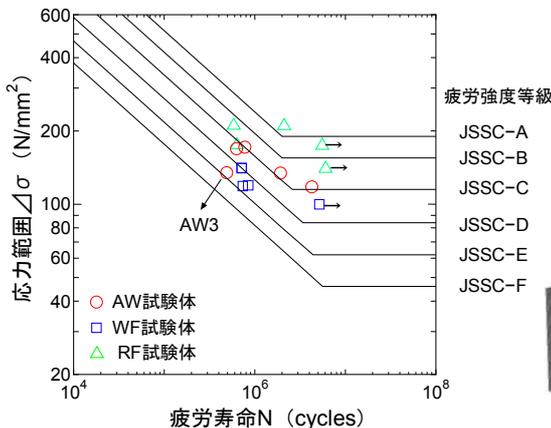


図3 応力範囲と疲労寿命の関係

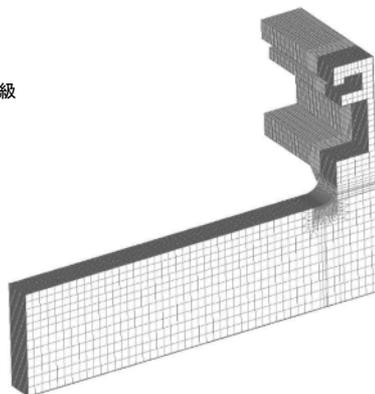


図4 要素分割図の例 (RF試験体)

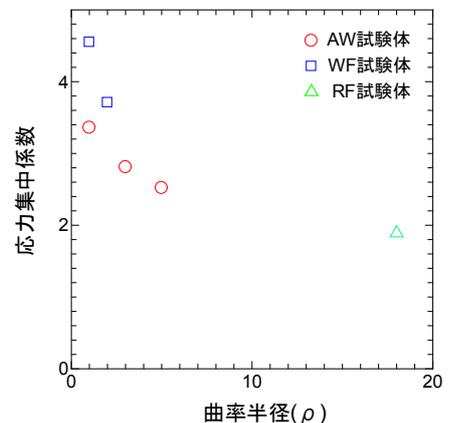


図5 応力集中係数と曲率半径の関係