

モジュラー型伸縮装置のミドル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  
 独立行政法人都市再生機構 菊地 広祐

1. はじめに

道路橋伸縮装置は、走行車両の輪荷重を繰返し直接支持することから、疲労耐久性に問題があるとされている。これらの伸縮装置のうち、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)には、いくつかの疲労き裂の発生事例があり、疲労耐久性の評価手法の確立が求められている。

昨年度は、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、その疲労強度を明らかにした。本研究では、ミドルビームに生じる疲労き裂を対象とし、疲労強度に影響するとされている溶接形状や寸法の異なる2種類の試験体を対象として疲労試験と有限要素応力解析を行い、疲労耐久性評価に不可欠な疲労強度を明らかにする。

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、溶接部のみを整形した WF 試験体、溶接止端を含めて円弧状に仕上げた RF 試験体の2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。ミドルビームは、幅 90mm、高さ 125mm、長さは 1000mm である。ミドルビーム長さ方向中央部に長さ 290mm のサポートビームを完全溶け込み溶接で接合している。

試験体溶接部の形状、寸法の測定結果を表1に示す。ミドルビーム前面溶接止端部の曲率半径は、WF 試験体で平均 2.1mm、RF 試験体で平均 16.9mm であった。また、ミドルビーム長さ方向の溶接脚長の平均は、WF 試験体で 11.6mm、RF 試験体で 18.0mm、高さ方向の溶接脚長の平均は、WF 試験体で 19.4mm、RF 試験体で 18.1mm であった。

疲労試験は、写真2に示すように、動的能力300kNの電気油圧サーボ式材料試験機を用いて、三点曲げで行った。支点には、溶接タイプのモジュラー型伸縮装置に使用されるベアリングを用いた。

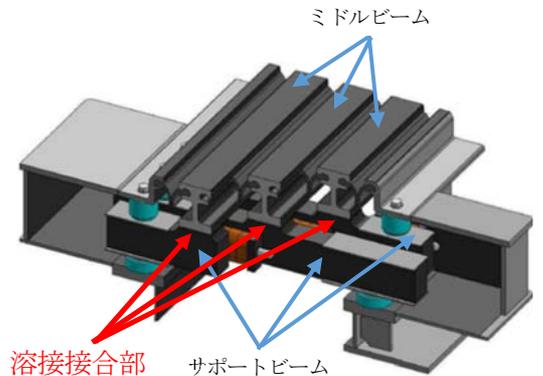
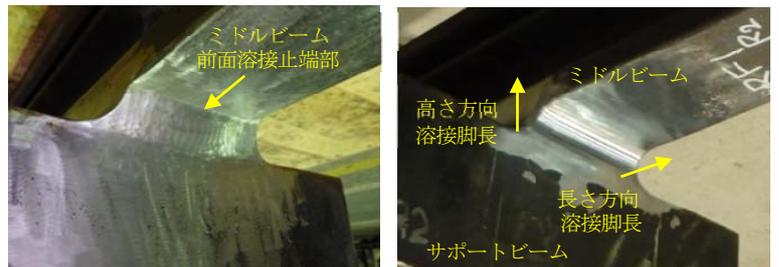


図1 溶接タイプのモジュラー型伸縮装置



(a) WF 試験体 (b) RF 試験体  
 写真1 試験体溶接部の形状

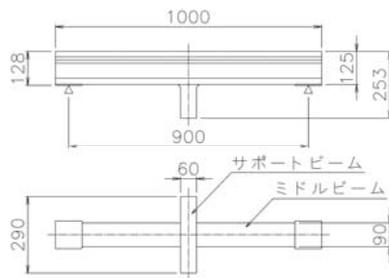


図2 試験体の形状と寸法



写真2 疲労試験の状況

表1 溶接部の寸法、形状計測結果

試験体名称	ミドルビーム前面溶接部			
	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)	
WF 試験体	WF1	1.8	11.5	19.0
	WF2	2.3	11.4	20.0
	WF3	2.4	12.0	18.8
	WF4	1.8	11.6	19.1
	WF5	2.2	11.5	20.3
	平均	2.1	11.6	19.4
	標準偏差	0.25	0.21	0.60
RF 試験体	WF1	17.3	18.1	18.8
	WF2	16.9	18.0	18.3
	WF3	16.5	17.7	17.8
	WF4	17.0	17.5	17.5
	WF5	17.0	18.9	18.3
	平均	16.9	18.0	18.1
	標準偏差	0.26	0.48	0.45

キーワード：伸縮装置、モジュラー型、ミドルビーム、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

疲労試験により得られた溶接止端部の公称応力範囲と疲労寿命の関係を図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・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WF試験体でD等級、RF試験体でC等級と判断される。なお、RF試験体の疲労強度は、RF3試験体を除いて判断した。RF3試験体の疲労強度が低くなった原因は、き裂発生位置が溶接止端部から6mm程度離れたミドルビーム下フランジであったためと考える(写真3参照)。この位置の表面は、ほかの試験体に比べて粗くなっていたことを粗さ測定試験により確かめている。

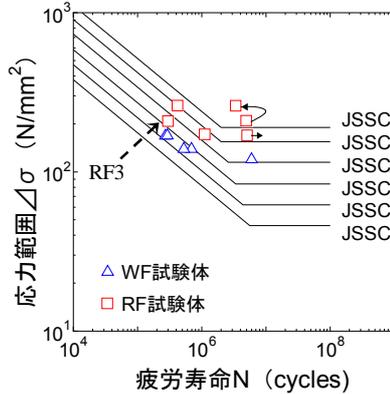


図3 応力範囲と疲労寿命の関係

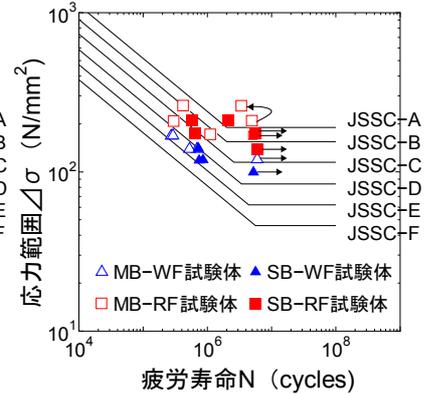


図4 MBとSBの疲労強度



写真3 RF3試験体のき裂

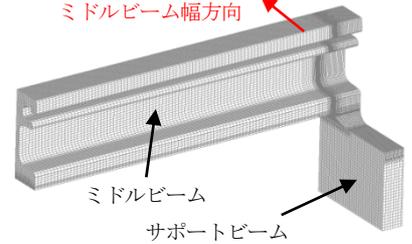


図5 要素分割図の例

今回得られたミドルビーム(MB)と昨年度示したサポートビーム(SB)の疲労試験結果を図4に示す。ミドルビームとサポートビームのいずれにおいても、RF試験体の疲労強度等級は、WF試験体より高い。

3. 有限要素応力解析

溶接止端部の曲率半径が応力集中係数に及ぼす影響を明らかにするため、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、要素分割図の例を図5に示す。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、溶接止端近傍のソリッド要素の寸法は、最小で0.2mmとした。

表2 解析モデルの形状

試験体名称	ミドルビーム前面溶接部		
	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)
WF試験体	1	12	19
	2		
	3		
RF試験体	17	18	18

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6に示す。ここで示す応力集中係数は、ミドルビーム幅方向中心位置の応力解析値を止端部位置の公称応力で無次元化した値である。溶接止端部の曲率半径が大きくなるにしたがって、応力集中係数は小さくなる。疲労試験結果から、ミドルビーム前面溶接止端部の曲率半径の大きいRF試験体は、WF試験体よりも疲労強度が高く、応力集中係数と反比例の関係にある。

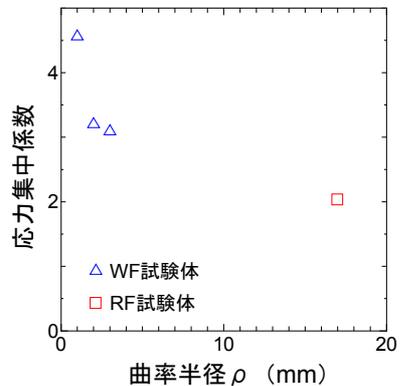


図6 試験体モデルの解析結果

4. 溶接脚長と溶接止端部の曲率半径が応力集中に及ぼす影響

ミドルビーム前面溶接部の脚長と止端部の曲率半径が応力集中に及ぼす影響を明らかにするため、有限要素応力解析を行った。各解析モデルのミドルビーム前面溶接部の応力集中係数と曲率半径の関係を図7に示す。曲率半径が小さくなるにしたがって、脚長15mmモデルの応力集中係数は、脚長10mmモデルより若干高い傾向を示したものの、いずれの脚長においても、曲率半径が大きくなるにしたがい、応力集中係数は低くなっている。このように、曲率半径が大きいほど、疲労強度は高い。それに比べて、溶接脚長が疲労強度に及ぼす影響は小さい。

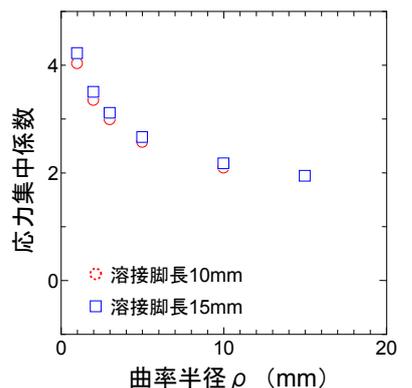


図7 溶接脚長と曲率半径の関係

5. まとめ

ミドルビームの疲労強度は、表面仕上げをした試験体でE等級、R仕上げをした試験体でC等級である。サポートビームの疲労強度も同様に表面仕上げをした試験体でE等級、R仕上げをした試験体でC等級であり、RF試験体の疲労強度等級は、WF試験体より高い。今後、これらの疲労強度に基づき、荷重の大きさや車両走行位置などを考慮し、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予定である。