

ビーム型伸縮装置の疲労試験と強度等級の評価

中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) 正会員○伏屋和樹,竹市雅人
 中日本高速道路(株) 瀧澤快人

1. 目的

ビーム型伸縮装置(例えばマウラージョイント,マゲバジョイント)は,大きな伸縮量に追従することから,橋長の長い橋梁に用いられている. 高速道路のマウラージョイントの溶接部に供用開始から10年も満たない期間でき裂が見つかった. そこで小型梁構造物の曲げ疲労試験機により,このマウラージョイントの疲労試験を行い,き裂の発生位置や進展方向を把握し,溶接継手の強度等級を評価した.

2. 疲労試験体

マウラージョイントは,橋軸直角方向に長尺のミドルビーム,橋軸方向にサポートビームを用い,それらをすみ肉溶接や完全溶込溶接で連結された構造を持つ. 図-1に3種類の試験体を製作した概略を示す.すみ肉溶接試験体(4体製作)は,2002年頃まで用いられた溶接形状であり,ミドルビームとサポートビームの上面と下面ですみ肉溶接している.完全溶込溶接試験体(2体製作)は,それ以降の形状で,サポートビームに開先を設け,ミドルビームと完全溶込溶接されている.補修試験体(2体製作)は,すみ肉溶接型ビームの補修を模した試験体であり,補修ピースを使用して周囲を現場すみ肉溶接している.

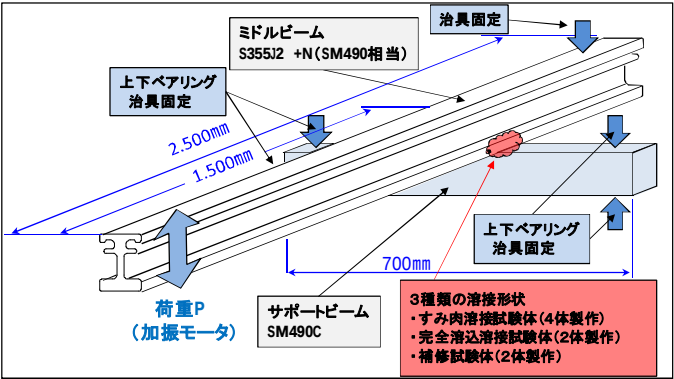


図-1 試験体の概略図

実験は,サポートビームを治具固定または,専用のベアリングを使用し,ミドルビームは,一端を治具固定,他端に加振機を取付けた.すみ肉溶接試験体は,サポートビームの固定方法を固定治具を使用して完全に固定した方法.上下ベアリングを使用した方法.上下ベアリングに遊間異常を想定した方法の3種類で比較した.③の条件は,供用されるジョイントの一部で,サポートビームとベアリングに遊間が発生し,車輛通過時の衝撃音が問題となっている.これを再現するために片側のベアリングの取付けを緩めた状態で実験した.完全溶込溶接試験体,補修試験体は,サポートビームを上下ベアリングで締付けている.

実験は,サポートビームを治具固定または,専用のベアリングを使用し,ミドルビームは,一端を治具固定,他端に加振機を取付けた.すみ肉溶接試験体は,サポートビームの固定方法を固定治具を使用して完全に固定した方法.上下ベアリングを使用した方法.上下ベアリングに遊間異常を想定した方法の3種類で比較した.③の条件は,供用されるジョイントの一部で,サポートビームとベアリングに遊間が発生し,車輛通過時の衝撃音が問題となっている.これを再現するために片側のベアリングの取付けを緩めた状態で実験した.完全溶込溶接試験体,補修試験体は,サポートビームを上下ベアリングで締付けている.

載荷条件は,一定振幅,応力比=1(完全両振り)で試験を実施した.ひずみゲージの基本貼付け位置は,溶接止端から5mm離れた箇所(CH:2~4)に3枚,応力集中の影響が無い箇所(CH:1)に1枚,CH:1から直線外挿により,溶接近傍に発生したき裂のひずみ値を算出した.

3. 疲労の発生位置と進展状況

疲労試験結果の一覧を表-1,疲労き裂の発生位置と進展方向を図-2に示す.き裂が発生し,検出された時点をも N_c (疲労き裂発生寿命),き裂が進展して試験を終了した時点をも N_f (疲労寿命),き裂が進展して N_f に至るまでの期間をも N_p (疲労き裂進展寿命)と定義した.

すみ肉溶接試験体:上下ベアリングを使用した場合は,ミドルビーム下面と溶接部の溶接止端からき裂が発生し(N_c :29mm,39万回),その後,ミドルビームのウェブ面を上方向に進展した(N_f :98mm,104万回).上下ベアリン

表-1 き裂発生,破断時の一覧表

溶接形式	サポートビーム 支持方式	応力範囲 $\Delta\sigma$ (MPa)	き裂発生時 N_c			破断時 N_f		
			発生位置	き裂タイプ 延長 (mm)	繰返し数 (回)	発生位置	き裂タイプ 延長 (mm)	繰返し数 (回)
すみ肉-1	治具固定	103.6	ミドルビーム下面	toe 33	15万	ミドルビーム下フランジ面	base metal 126	80万
すみ肉-2	治具固定	76.0	ミドルビーム下面	toe 14	140万	ミドルビーム下フランジ面	base metal 27	255万
すみ肉	上下ベアリング	101.0	ミドルビーム下面	toe 29	39万	ミドルビームウェブ面	base metal 98 1	104万
	遊間異常	80.0	ミドル側面(切欠部)	toe 32	515万	ミドルビーム下フランジ面	base metal 115	1032万
完全溶込	上下ベアリング	62.2	サポートビーム側	bead 6	230万	サポートビーム断面	base metal 140	830万
補修-1	上下ベアリング	99.3	ミドルビーム下面	toe 24	394万	ミドルビームウェブ面	base metal 64	594万
		86.8	ミドルビーム下面	toe 11	394万	ミドルビーム下フランジ面	toe 15 2	594万
		42.4	サポートビーム側	root 14	294万	サポートビームビード側	bead 40 2	594万
補修-2	上下ベアリング	97.0	-	-	-	ミドルビーム下フランジ面	base metal 69	511万

※1…き裂がミドルビームウェブ面まで進展し測定不能のため,直近のき裂延長を記載

※2…他面所に発生したき裂がミドルビームウェブ面に進展したため,実験を終了した時点に記載

キーワード 疲労, 溶接, 継手, 疲労き裂, 疲労試験, ビーム型伸縮装置

連絡先 〒491-0824 愛知県一宮市丹陽町九日市場字竹の宮 204 中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋(株) TEL0586-77-9335

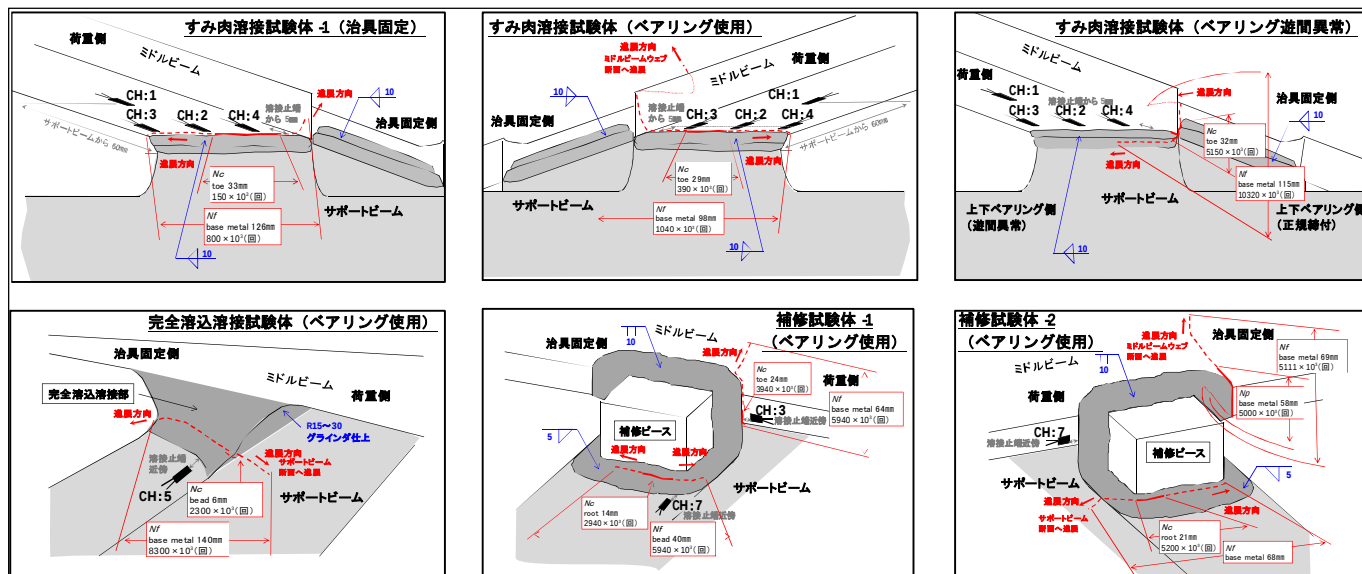


図-2 き裂発生位置と進展

グに遊間異常を想定した場合は、ミドルビーム側面（切欠部）と溶接部の溶接止端（始端）からき裂が発生し（ N_c : 32 mm, 515 万回）、ミドルビームの下フランジ面の溶接ビードを水平方向に進展した（ N_f : 115 mm, 1032 万回）。

完全溶込溶接試験体：グラインダ仕上げ溶接部からき裂が発生し（ N_c : 6 mm, 230 万回）、サポートビームの断面方向へと進展した（ N_f : 140 mm, 830 万回）。

補修試験体：2体の試験体は、サポートビームと補修ピースの溶接部からき裂が発生した（ N_c ）。補修試験体-2では、き裂がサポートビーム断面方向へと進展している。当該箇所は、補修の際に現場すみ肉溶接が実施されるが、作業箇所が狭隘であり、すみ肉溶接の脚長が 5 mm のため、十分なのど厚が確保されていない。また、補修ピースとサポートビームの両間は、隙間が発生し易く、それらの影響によりき裂が発生した。その後、新たにミドルビーム側面と溶接部の溶接止端からき裂が発生し、このき裂がミドルビームのウェブ面へと進展した（ N_f ）。

4. 強度等級の評価

疲労試験結果と評価を S-N 曲線（図-3）に示す。図内の黒矢印は、き裂が発生しなかったことを示す。赤破線の矢印は、き裂が発生しなかったため、応力範囲を上げて再試験し、き裂が発生したことを示す。一部の補修試験体は、疲労寿命 N_f を明記していない。これは、他箇所が発生したき裂が破断し、実験を終了したためである。

今回の疲労試験の実施により、各溶接形状の試験体から、疲労き裂を発生させ、進展方向を把握することが出来た。実橋に近い荷重伝達を再現したことで、ミドルビームやサポートビームが破断する時点より、初期の段階で発生した疲労き裂への対策が必要と考え、強度等級の評価は、 N_c （疲労き裂発生寿命）で評価した。

5. 謝辞

疲労試験は、中日本高速道路㈱の橋梁保全検討委員会の一環として実施した。池田尚治委員長（横浜国立大学名誉教授）ならびに関係者、試験体を製作した日本鋳造㈱に多大な助力を得た事を付記して感謝の意を表す。

参考文献 1) 山田聡, 渡辺直起, 山田健太郎, 小塩 達也: 簡易型振動疲労試験機の開発と適用試験, トピー鉄構技報 No.24(2008), 2) 八木貴之, 山田健太郎, 小塩 達也: 道路橋伸縮装置の疲労耐久性評価法の検討, 土木学会論文集 A Vol.63, pp486-495, 3) 伏屋和樹, 竹市雅人, 山田健太郎: 小型梁構造物の曲げ疲労試験機の開発と疲労試験, 土木学会第 67 回年次学術講演会, I-270, pp539-540

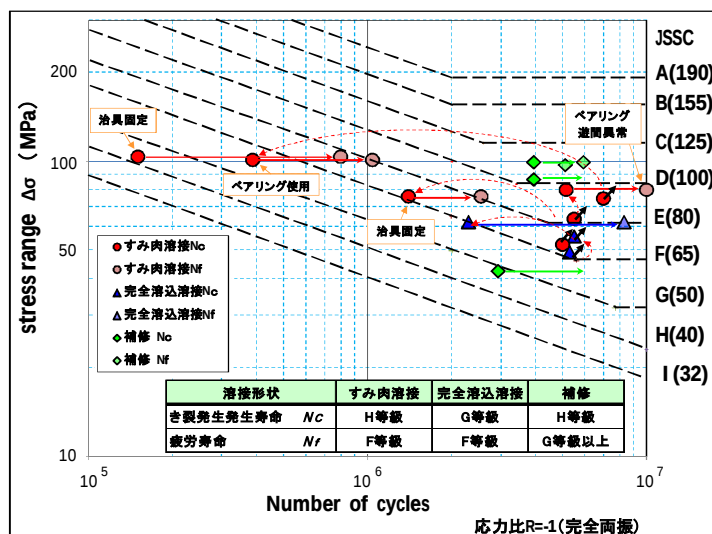


図-3 S-N 曲線