

SBHS700 を用いた突合せ溶接継手の疲労強度

岐阜大学 学生会員 ○高橋 雅宗 学生会員 小野 友暉 正会員 木下 幸治

1. はじめに

鋼橋の橋梁用高降伏点鋼板として近年開発された SBHS は降伏点が高いほか、溶接性、加工性に優れた鋼材であり、鋼橋への適用によって軽量化や製作コスト低減など、極めて大きな効果が期待されている¹⁾。しかし、高強度鋼である SBHS の鋼橋への適用に関して断面の薄肉化に伴う応力範囲の増大による疲労問題が挙げられるが、圧縮残留応力導入や止端形状改善などの既往研究²⁾により改善され、かつその疲労強度向上効果に関して鋼材強度依存性が確認されている。特に高強度鋼である SBHS700 は高い疲労強度向上効果が期待されることから、SBHS700 に関する疲労強度を把握することを目的に小野ら³⁾は、SBHS700 鋼母材の疲労強度に関する検討を行い、判治ら⁴⁾は、SBHS700 を用いた面外ガセット溶接継手の疲労特性に関して検討を行った。こうした基礎的データの蓄積は鋼橋への SBHS700 の適用において有益である。

本研究では、SBHS700 を用いた突合せ溶接継手の疲労強度を明らかにすることを目的に、突合せ溶接継手の疲労試験を実施し、従来鋼の疲労試験結果との比較を行った。また、溶接材料を軟質化した溶接継手試験体においても併せて疲労試験を行った。

2. 疲労試験概要

2. 1 供試鋼材と疲労試験体

表-1 にミルシートに示された供試鋼材の機械的性質と化学成分を示す。供試鋼材は、板厚 12mm の橋梁用高降伏点鋼板 SBHS700 と従来鋼として溶接用圧延鋼材 SM490A とした。図-1 に試験体の形状と寸法を示す。試験体は長さ 400mm の突合せ溶接継手試験体とした。試験体は鋼板からガス溶断を用い

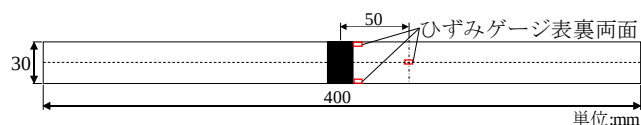


図-1 試験体形状と寸法

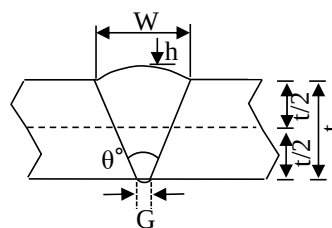


図-2 溶接断面



図-3 疲労試験機

表-2 断面寸法

板厚t (mm)	溶接幅W (mm)	余盛高h (mm)	ルートギャップG (mm)	開先角度 θ
12	17.9	2	8	45°

て切り出し、図-2 に示す溶接断面形状の加工をし、表-2 に示す寸法で半自動ガスシールドアーク溶接により溶接を行った。溶接材料は、SBHS700 母材の降伏強度に対して溶接材料の降伏強度が同程度である 780MPa 級高張力鋼用の溶接材料 MG-S80(JIS Z 3312 G 78 A 4 M N5CM3T)及び、軟質化の効果を検証する目的で溶接材料の降伏強度の低い 590MPa 級高張力鋼用の溶接材料 MG-60 (JIS Z 3312 G 59J A 1) を使用した。また、従来鋼 SM490A 母材には降伏強度に対して溶接材の降伏強度が同程度の 550MPa 級鋼用の溶接材料 MG-50 (JIS Z 3312 YGW11) を使用した。

2. 2 疲労試験方法

図-3 に疲労試験機を示す。疲労試験は 200kN 材料疲労試験機を用いて繰返し一軸引張载荷で行った。载荷繰返し速度は 10Hz、荷重波形は正弦波とし

表-1 供試鋼材および溶接材料の機械的性質と化学成分

鋼種		機械的性質			化学成分(%)										
		降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	伸び (%)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
母材	SBHS700	823	846	24	0.06	0.25	1.37	0.004	0.002	0.98	0.98	0.34	0.3	0.04	0.0003
	MG-50	490	570	31	0.08	0.51	1.10	0.01	0.01	-	-	-	-	-	-
	MG-60	590	670	26	0.08	0.51	1.39	0.012	0.009	-	-	-	0.29	-	-
	MG-S80	770	850	18	0.09	0.32	1.05	0.008	0.01	-	2.71	0.24	0.49	-	-

表-3 試験体一覧と疲労試験結果

試験体名	鋼種	溶接材料	公称応力範囲(MPa)	繰り返し回数
SM490-even-1	SM490	MG-50	161	1085620
SM490-even-2			146	$>2\times 10^6$
			174	$>2\times 10^6$
			196	$>2\times 10^6$
			221	578710
SM490-even-3			133	$>2\times 10^6$
			208	769100
SBHS700-even-1	SBHS700	MG-S80	185	$>2\times 10^6$
			211	1045320
SBHS700-even-2			307	149700
SBHS700-even-3			213	428370
SBHS700-under-1		MG-60	192	997200

※SM490-even-1

鋼種 継手構成 試験体番号

た. 表-3 に試験体の一覧とその公称応力範囲を示す. 試験体名は左から順に, 鋼種, 継手構成, 試験体番号とした. 図-1 に示すように試験体中央で溶接部から長手方向に 50mm 離れた位置の表裏にひずみゲージを貼付した. なお, 鋼板表裏に貼付したひずみゲージの計測結果より, 試験体製作時の溶接変形のために試験中に面外曲げ応力が発生していたことから, JSSC 疲労設計指針の面外方向の曲げ応力の取り扱いに従い, 表裏に貼付したひずみゲージより求めた曲げ応力範囲に 4/5 を乗じて求めた応力範囲を軸方向の応力範囲に加算して公称応力とした. また, 試験開始より 200 万回繰り返し回数によりき裂が発生しない場合は, 応力範囲を上げて試験を再開した. 疲労試験中の応力比はほぼ 0 とした. また, ビーチマーク試験を併せて行った.

3. 疲労試験結果

図-4 に疲労試験結果を示す. 図中には JSSC の疲労強度曲線⁵⁾を併記した. また, 図中の矢印は 200 万回の繰返しによりき裂が発生しなかったデータを示す. 疲労試験結果より, 等質継手とした SM490-even 及び SBHS700-even の試験結果では, 試験体母材の鋼材によらず概ね C 等級を示す結果となった. 既往の研究成果⁶⁾と同様に突合せ溶接継手においても, 溶接部の疲労強度は鋼材強度に依存しないことが示された. SBHS700 を用いた等質継手とした SBHS700-even 及び軟質継手とした SBHS700-under の疲労試験結果より, 継手構成によらず疲労強度等

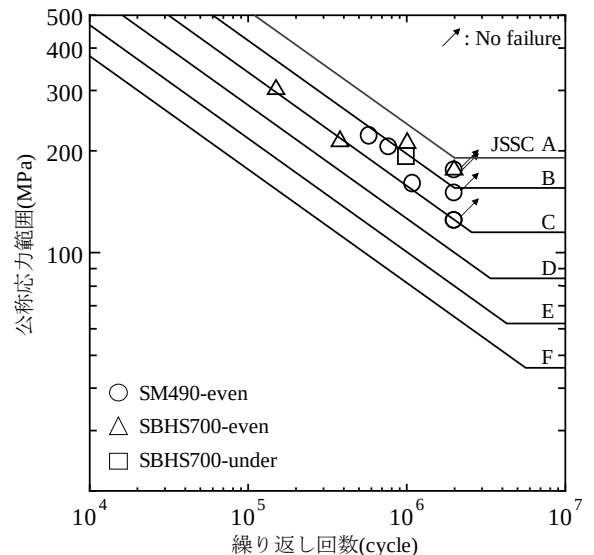


図-4 疲労試験結果

級はともに C 等級程度であることが確認された. また, 全ての試験体の試験結果において JSSC 疲労設計指針にて規格される D 等級を満足した.

4. 結論

- 従来鋼 (SM490A) 等質継手及び SBHS700 等質継手の疲労試験結果より, 疲労強度等級はともに C 等級程度を示す結果となり, 突合せ溶接継手においても溶接部の疲労強度は鋼材強度に依存しないことが示された.
- SBHS700 等質継手及び SBHS700 軟質継手の疲労試験結果より, SBHS700 を用いた軟質化した突合せ溶接継手の疲労強度は等質継手の疲労強度と同程度であり, その疲労強度等級は D 等級を満足する結果となった.

<参考文献>

- 1) 小野友暉, 木下幸治: SBHS700 鋼母材の疲労強度と疲労き裂進展特性, 鋼構造年次論文集, 第 25 巻, pp648-652, 2017.
- 2) 森猛, 島貫広志, 田中睦人: 面外ガセット溶接継手の UIT 疲労強度改善効果に対する鋼材静的強度の影響, 土木学会論文集, Vol.70.No.2, pp210-220, 2014.
- 3) 小野友暉, 木下幸治: SBHS700 鋼母材の疲労強度に関する検討, 日本材料学会東海支部, 第 11 回, pp41-42, 2017.
- 4) 判治剛, 館石和雄, 小野秀一, 段下義典: 橋梁用高降伏点鋼板 (SBHS) を用いた溶接継手の疲労特性, 構造工学論文集, Vol.60A, pp587-595, 2014.
- 5) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, 平成 29 年 11 月.
- 6) 日本鋼構造協会テクニカルレポート, 溶接継手の新たな疲労強度等級分類のための技術資料, 2013