

低温時における橋梁用高降伏点鋼（SBHS）溶接部のシャルピー衝撃試験

鉄道・運輸機構 正会員 ○横山 秀喜 鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲 鉄道総研 正会員 齊藤 雅充

1. はじめに

寒冷地に架設する鋼橋は、低温時のじん性を確保させる必要があるため、架設地点の最低気温に対して鋼材および溶接材料のシャルピー吸収エネルギーは47J以上が要求される。橋梁用高降伏点鋼（以下、「SBHS」と呼ぶ）は、高強度と高じん性が両立可能であり、寒冷地への適用が期待されているが、極寒冷地（-40℃）におけるSBHSと溶接継手の性能に関しては、これまで検証されていない。そこで、SBHSの極寒冷地への適用を念頭に、低温向けのSBHSと溶接材料を用いた溶接部について、低温時（-40℃）でのじん性の評価（47Jの有無）を目的として、シャルピー衝撃試験を行った。

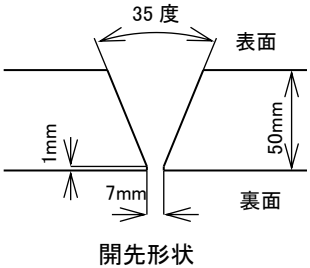
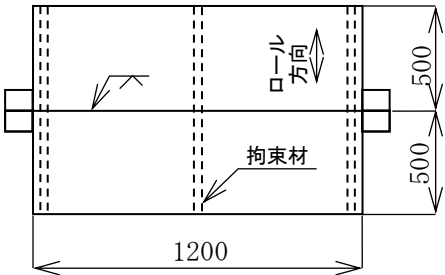
2. 試験体と試験条件

2-1. 溶接施工試験 溶接施工試験に用いた鋼材は、-40℃の低温時においてもシャルピー吸収エネルギー（以下、「衝撃値」と呼ぶ。）を100J確保できる「SBHS500 特（低温仕様）」の厚さ50mmを用いた。溶接材料は、低温仕様（YM-3N：80%Ar+20%CO₂）および常温仕様（YM-60C：CO₂）の2種類について実施した。なお、常温仕様の溶接材料は、比較の対象として用いたものであるが、どの程度の低温までじん性が確保できるかについても着目した。溶接試験に用いた材料の化学成分等を表1に示す。

表 1. 溶接試験に用いた材料の金属成分 単位% (値は×10⁻²)

化学成分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	N	Nb	Ti	衝撃値
SBHS500 特	10	21	156	1.1	0.3	1	2	13	0	6	0	0.37	2		184J(-40℃)
YM-3N	4	40	101	0.4	0.7	30	352	0							172J(-60℃)
YM-60C	5	69	195	0.8	1.5	31			38					14	130J(-5℃)

溶接は、V開先の裏波溶接（多層盛り：16層）とし、自動機を用いた半自動アーク溶接により行った。試験体の形状を図1に示す。溶接条件は、入熱量を4,000J/mm以下とし、パス間温度をYM-3Nの場合は150℃以下、YM-60Cの場合は230℃以下にて行った。



開先形状

2-2. シャルピー衝撃試験

図 1. 試験体形状

溶接施工試験後、「JIS Z 2242 金属材料のシャルピー衝撃試験方法」に基づき、試験体を加工した。切り出し位置は、試験体の中央部付近とした。試験片の採取位置および試験温度を表2に示す。

表 2. シャルピー衝撃試験 試験体一覧

溶接材料	ノッチ位置		試験体No(試験温度) ※各試番につき3体実施し、結果を平均	試験体写真
	横方向	板厚方向		
低温仕様 (YM-3N)	Depo	1/4t	1D11(-40℃), 1D12(-60℃), 1D13(-80℃)	
		3/4t	1D2(-40℃)	
	Bond	1/4t	1B(-40℃)	
	HAZ	1/4t	1H11(-40℃), 1H12(-60℃), 1H13(-80℃)	
		1/2t	1H2(-40℃)	
常温仕様 (YM-60C)	Depo	1/4t	2D11(-5℃), 2D12(-20℃), 2D13(-40℃)	
		3/4t	2D2(-5℃)	
	Bond	3/4t	2B(-5℃)	
	HAZ	1/4t	2H11(-5℃), 2H12(-100℃), 2H13(-40℃)	

キーワード：溶接，SBHS，寒冷地，シャルピー衝撃試験，シャルピー吸収エネルギー

連絡先：神奈川県横浜市中区本町 6-50-1（横浜アイランドタワー） TEL045-222-9082

3. シャルピー衝撃試験結果

各規格温度でのシャルピー衝撃試験結果を図2に示す。低温仕様(YM-3N)の衝撃値は、 -40°C のDepo(溶接金属)の1/4tで149.3J, 3/4tで144.4Jが得られた。常温仕様(YM-60C)の衝撃値は、 -5°C のDepoの1/4tで83.3J, 3/4tで67.7Jが得られた。いずれの仕様も1/4tと3/4tでは値に差は少ないものの、3/4tの方が小さい値となった。また、Bond(境界部)やHAZ(熱影響部)はどちらの仕様においても、Depoに比べ大きな衝撃値が得られた。

Depoに着目して整理する(図3)と、いずれの仕様も温度が低くなると衝撃値が低くなることが確認できた。低温仕様は、 -80°C においても55.6J確保する事ができた。また、常温仕様は、 -20°C で68J, -40°C で41.4Jとなり、常温仕様の溶接材料では極寒冷地(-40°C)の適用が難しい事が分かった。また、衝撃値の低下勾配に着目すると、常温仕様の方がゆるくなる結果となった。

HAZは、一般的に母材(鋼材)の熱影響部であることから溶接材料の影響は生じないと考えられる。そのため、試験温度は規格温度の他、溶接材料にとらわれず、 -60°C , -80°C , -100°C を設定した。その結果を図4に示す。ここで、 -40°C の2H13(常温仕様)と1H11(低温仕様)を比べると、同様の衝撃値が得られた。これは、前述した「HAZは一般的に溶接材料の影響が生じない」という結果を示している。また、 -5°C の衝撃値は、 -40°C に比べ低い値となっているが、その原因は不明である。HAZの -60°C での衝撃値は159.7J, -80°C で66.5J, -100°C で27.6Jであり、SBHS500特(低温仕様)は、 -80°C でも47Jを満足する結果であった。

4. まとめ

極寒冷地(-40°C)への適用に向け、低温時のじん性の評価を目的として溶接部の衝撃試験を行った。その結果、低温向けのSBHSと低温仕様の溶接材料を用いることにより、 -80°C までは47J以上の衝撃値を確保できることが確認できた。また、常温仕様の溶接材料を用いた場合は、 -40°C において47J以上の衝撃値を確保できないが、 -20°C までは47Jの衝撃値を確保できることが確認できた。

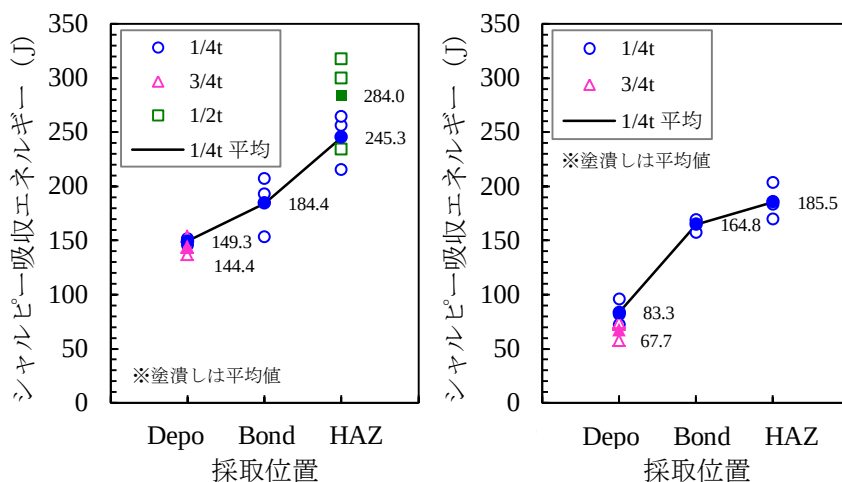
(a) 低温仕様 (YM-3N) : -40°C (b) 常温仕様 (YM-60C) : -5°C

図2. 規格温度でのシャルピー衝撃試験結果

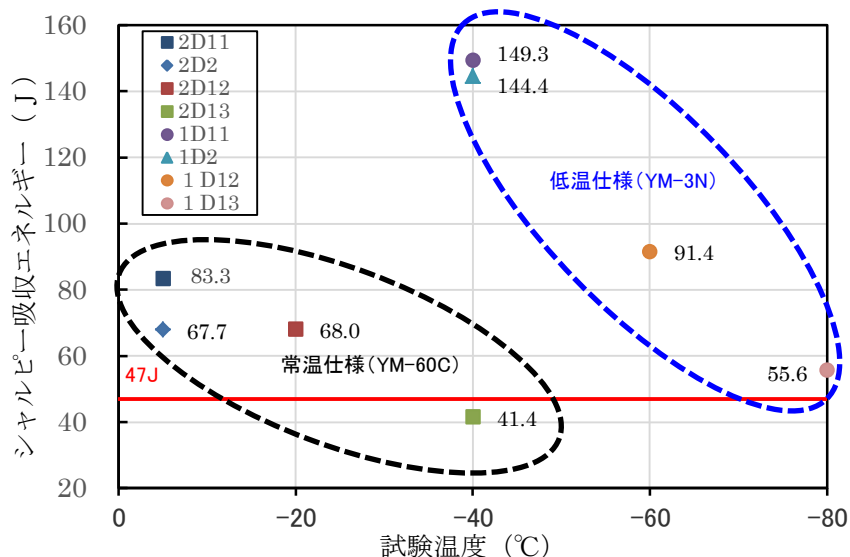


図3. Depoのシャルピー衝撃試験結果

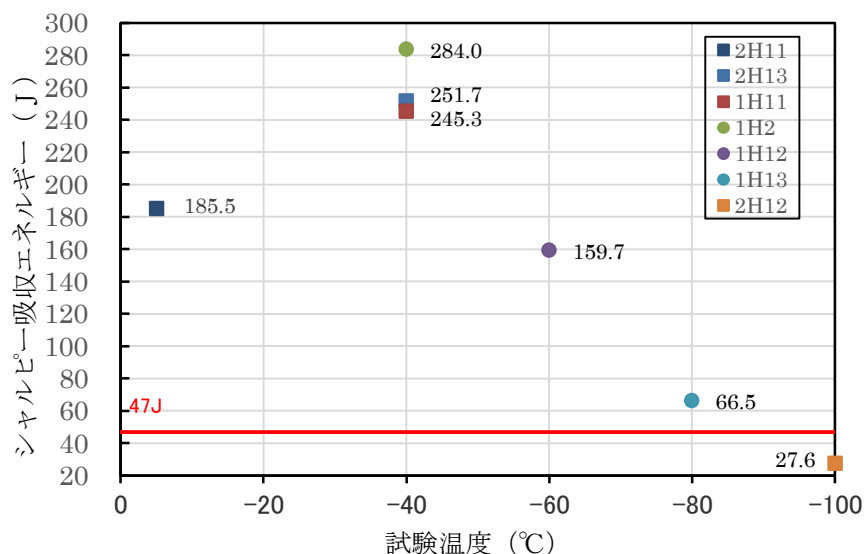


図4. HAZのシャルピー衝撃試験結果