

橋脚として使用する溶接後熱処理した電気抵抗溶接鋼管のシャルピー吸収エネルギー特性

J F E シビル (株) 正会員○尾添 仁志 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 学生員 北爪 大貴
J F E シビル (株) 正会員 神田 恭太郎 早稲田大学 創造理工学部 正会員 小野 潔

1. はじめに

山岳地で施工条件の制約が大きい場合に採用されることがある図-1に示すような栈道形式の道路構造物では、橋脚として外径 $\phi 500$ 程度のSKK400及びSKK490の鋼管杭 (JIS A 5525) が用いられており、製造方法別の分類としては電気抵抗溶接鋼管 (以下、「電縫鋼管」という) が適用される。ここで、一般の円形鋼製橋脚に用いられる製作管は、道路橋示方書・同解説 (以下、「道示」という) II鋼橋・鋼部材編¹⁾において素材の材質と板厚に応じてシャルピー吸収エネルギーが規定されるとともに、溶接部についても溶接施工法に応じて素材鋼板と同等のシャルピー吸収エネルギーが規定されている。一方、当該橋脚に用いられるSKKの鋼管杭は、JIS規格としてシャルピー吸収エネルギーが規定されていない。また、本構造に適用する鋼管杭の板厚は最大で20mm程度であり、SM400およびSM490の鋼製橋脚の素材鋼板でシャルピー吸収エネルギーが規定される最小板厚より薄い。しかしながら、橋脚という重要な部材については、大規模地震時に脆性的な破壊が生じないことを確実にすることが望ましい。こうした背景のもとに、本稿では、橋脚として適用する溶接後熱処理した電縫鋼管のシャルピー吸収エネルギーについて硬さ試験と併せて報告する。

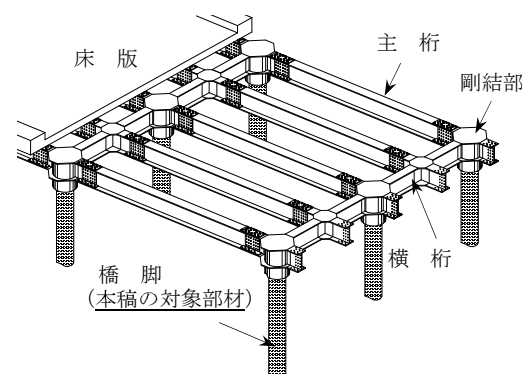


図-1 構造概念図

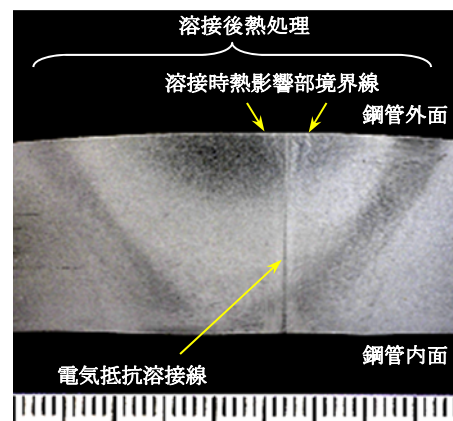


図-2 電気抵抗溶接部マクロ写真

2. 試験概要

試験片を採取する電縫鋼管の寸法諸元は、外径 $\phi 508$ 、板厚19mmであり、表-1に示すJISに規定される化学成分を満足するSKK490の鋼管杭 (JIS A 5525) である。電気抵抗溶接部には、製造ラインで図-2に示す溶接後熱処理 (ポストアニーリング) を施している。造管後の引張試験結果は、ミルシートに記載の5号試験片 (円周方向試験片) は降伏応力度が423MPa、引張強さが575MPaであり、別途、実施した12C号試験片 (管軸方向試験片) は降伏応力度が464MPa、引張強さが572MPaであり、降伏比は81%である。これらの鋼管杭の仕様および材料試験値は、本構造に適用する鋼管杭の性能を満足しているものである。

シャルピー試験片は、道示IIに規定されるJIS Z 2242のVノッチ試験片である。シャルピー試験片の採取位置は図-3に示し、硬さ試験片も同一条件で採取した。採取方向について、溶接部は、道示IIの規定に準じて溶接線に直交する管周方向に加えて管軸方向からも採取した。ノッチ面は全試験片に共通して鋼管板厚面とした。ノッチと溶接線の位置関係は、管周方向試験片では溶接線位置と図-4に示す硬さ試験結果を基に電気抵抗溶接による熱影響範囲のなかで硬度が高い位置 (図-3(c)に示す溶接線から1mmずれた位置であり、以下、「ERW+1mm」という) とし、管軸方向試験片ではノッチ底をERW+1mmとした。母材部は、シャルピー吸収エネルギーが規定される建築構造用炭素鋼管 (JIS G 3475) の規格に従い管軸方向から採取し、溶接部と比較できるように管周方向からも採取した。

表-1 試験鋼管の JIS 化学成分

	化学成分(%)				
	C	Si	Mn	P	S
JIS規格 上限値	0.18	0.55	1.65	0.035	0.035
本鋼管	0.16	0.19	0.83	0.022	0.004

キーワード：電気抵抗溶接鋼管、鋼管杭、溶接後熱処理、シャルピー衝撃試験、硬さ試験

連絡先：〒111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4 JFE シビル株式会社 社会基盤事業部 TEL 03-3864-7317

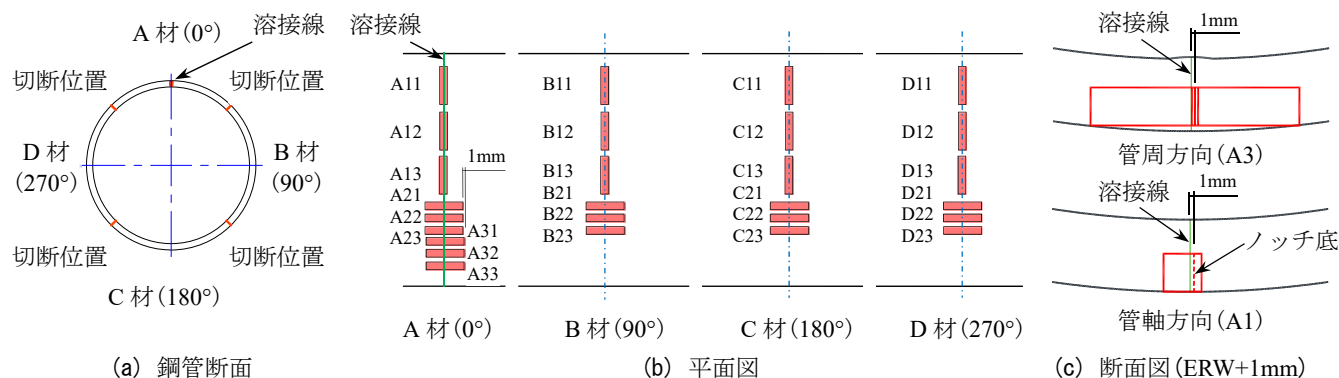


図-3 シャルピー試験片の採取位置

3. 試験結果

各グループ3本のシャルピー吸収エネルギー vE_0 の平均値は表-2に示しており、母材部および溶接部の全試験体において、道示ⅡのB材における規定値である27J以上を満足する。管周方向の値は管軸方向より小さく、母材部と溶接部では採取方向によらず溶接部の値が大きく、溶接による低下は見られない。硬さ試験結果と文献2)に示される後熱処理しない場合の硬さ試験結果の参考値を図-4(a)に併記しており、溶接後熱処理により溶接部の硬度は低下し、さらに、溶接部は母材部より低下する。このことより、溶接部の vE_0 は母材部より向上したと考えられる。また、溶接部管軸方向の硬さは図-4(b)に示すとおりであり、母材部と比べて値のばらつきが小さい。溶接部管周方向の vE_0 は、ERW+1mm(A3)のほう溶接線位置(A2)と比べて僅かに小さかったが、溶接後熱処理により硬さが低下した範囲におけるばらつきの可能性が考えられる。

これらより、溶接後熱処理した溶接部は、母材部と比べてじん性が向上し、溶接部管周方向の vE_0 は、道示Ⅱに示される溶接施工試験の規定を満たすことができると考えられる。

4. 結論

電縫鋼管は、溶接部を熱処理することにより、母材部および溶接部ともに橋脚としての所要のじん性が確保される可能性が明らかとなった。電縫鋼管の機械的性質について、得られた知見は、下記のとおりである。

- ・ シャルピー吸収エネルギーは、母材部および溶接部とも、試験片の採取方向によらず、道示Ⅱに規定される試験温度0℃における27Jを満足する。
- ・ 溶接部および母材部のシャルピー吸収エネルギーは、管軸方向より管周方向が小さい。
- ・ 後熱処理した溶接部の硬さは、管周方向、管軸方向ともに母材部と比べて低下する。

【参考文献】 1)(社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編,2017.11. 2)松尾登,上杉斉,柴田富士雄：中径ハイテストラインパイプの製造について,pp.149-166,川鉄技報,1974.10.

表-2 シャルピー衝撃試験結果

		管周方向				管軸方向			
		Group	No.	vE_0 (J)	Ave.	Group	No.	vE_0 (J)	Ave.
溶接部	A材 0°	A2	A21	85.66	92.51	A1	A11	156.38	159.04
			A22	107.13			A12	161.87	
			A23	84.74			A13	158.87	
	A3	A31	97.70	90.02					
		A32	77.46						
		A33	94.90						
母材部	B材 90°	B2	B21	66.74	63.81	B1	B11	147.93	141.19
			B22	62.34			B12	142.00	
			B23	62.34			B13	133.65	
	C材 180°	C2	C21	64.97	67.63	C1	C11	112.37	111.39
			C22	65.86			C12	93.04	
			C23	72.07			C13	128.77	
D材 270°	D2	D21	69.40	67.94	D1	D11	172.89	135.28	
		D22	61.47			D12	138.06		
		D23	72.96			D13	94.90		

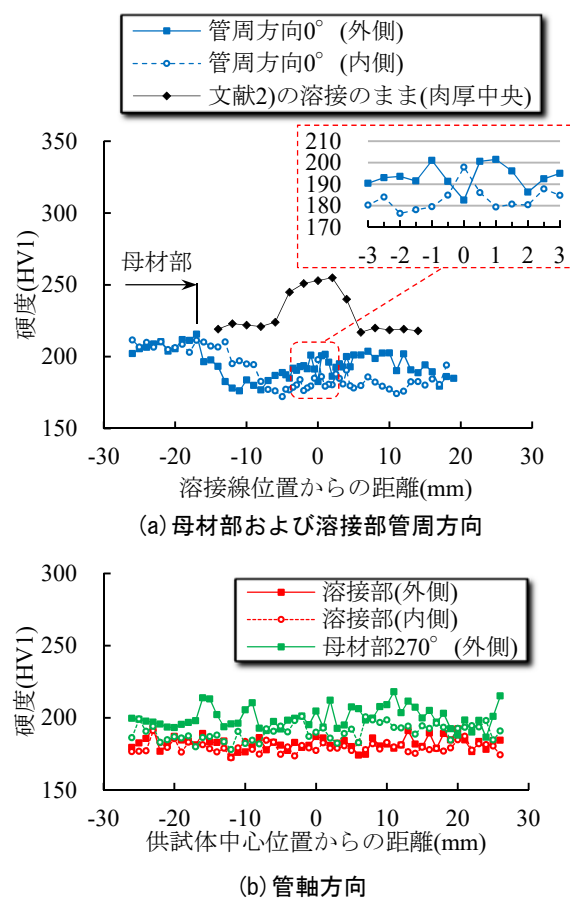


図-4 硬さ試験結果