

鋼鉄道橋経年鋼材に対する溶接補修継手の健全性評価

JR 西日本 正会員 近藤拓也 正会員 村田一郎
 大阪大学 正会員 金 裕哲 李 相亨

1. はじめに

鋼鉄道橋の補修に用いる接合方法は高力ボルトが基本である。ところで、鋼鉄道橋は経年橋梁が多く、補修補強における溶接の適用性に不明な点もあり、溶接接合を避けているのが現状である。しかしながら、今後ますます増える鋼橋の維持管理において、高力ボルトによる補修が困難な箇所が増大するものと考えられる。そのため、溶接接合の適用条件を再整理することを踏まえ、溶接適用性を検証した結果を報告する。

2. 実験

2.1 供試鋼材

供試鋼材は、1898年(明治31年)に架設された橋梁に使用されていた鋼材(以下、高経年材と記す)であり、継手の各種性能を評価するに際し、比較材として溶接構造用圧延鋼材 SM400A を用いる。

2.2 溶接方法および溶接条件

引張試験片、ビッカース硬さ試験片、曲げ試験片、衝撃試験片(溶接金属)については、突合せ溶接の両面溶接で、開先形状はレ形、開先角度は 50° とした。表側および裏側は2層で仕上げた。(図-1)

熱影響部から採取する衝撃試験片はルートギャップ6mmの裏波溶接とした。開先形状はレ形、開先角度は 35° 、片面3層で仕上げた。(図-2)

溶接ワイヤーは、高経年材および SM400A 共に、軟鋼・50キ口級高張力鋼用(JIS Z 3312)を用いた。溶接方法はマグ溶接とした。

3. 実験結果

3.1 成分分析

成分分析結果を表-1に示す。高経年材は SM400A に比べ、P や S などの不純物が多いことがわかる。当時、脱硫技術が現在ほどではなかったためと考えられる。P や S は鋼材の靱性を損なわせるばかりでなく、高温割れの原因となる成分である。SM400A では S は 0.007% にまで低減されている。これに対し、高経年材は 0.051% と非常に高い値となっている。このことより、高経年材を溶接する際、高温割れに対する注意が必要となる。

3.2 引張特性

JIS Z 2201 5号試験片により引張試験を行った。応力-ひずみ曲線を図-3に示す。全て母材部で延性破断した。

高経年材は SM400A に比べ、母材および溶接継手試験片共に、降伏点は約 20%、引張強さは約 5%低い値となっている。

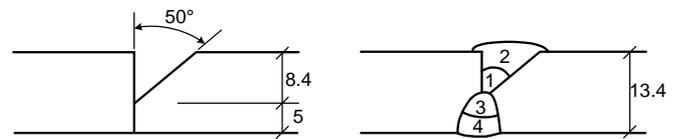


図-1 開先条件(1)

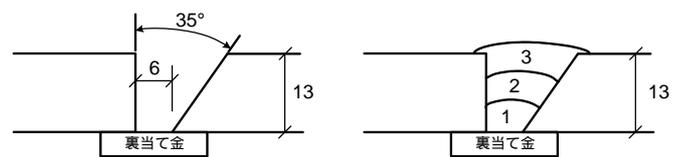


図-2 開先条件(2)

表-1 成分分析結果

	化学組成 ($\times 10^{-1}$) (%)												
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	V	Mo	B	P _{CM}	C _{eq}
高経年材	28.7	6.0	50.0	6.0	5.1	5.0	1.0	0.5	0.3	1.0	0.01	31.8	37.7
SM400A	15.0	10.0	69.0	2.4	0.7	1.0	2.0	2.0	0.1	0.5	0.1	19.5	27.5
Remarks	$P_{CM}(\%) = C + Mn/20 + Si/30 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$ $C_{eq}(\%) = C + Mn/6 + Si/24 + Ni/40 + Cr/5 + Mo/4 + V/14$												

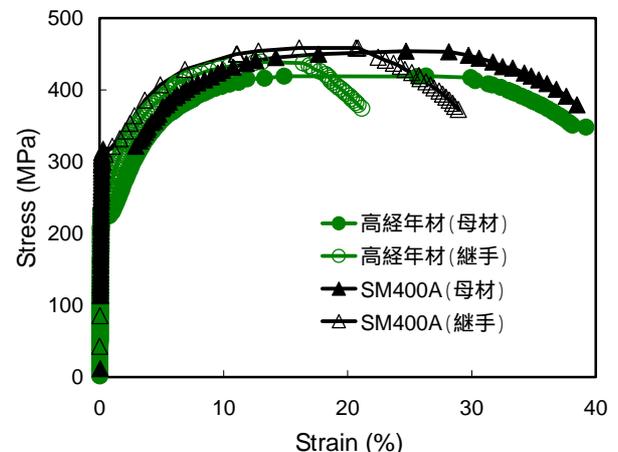


図-3 鋼材の応力-ひずみ曲線

キーワード：高経年材、溶接、補修補強

連絡先：西日本旅客鉄道(株)施設部 〒530-8341 大阪市北区芝田2-4-24 TEL.06-6385-2192

3.3 ビッカース硬さ試験

試験片の形状および載荷点を図 - 4、試験結果を図 - 5 に示す。高経年材の溶接金属および熱影響部は SM400A に比べてやや軟化しているものの、全体としては、著しい硬化や軟化は見られない。

3.4 曲げ試験

溶接欠陥の有無および継手の変形性能を調査するため、曲げ試験を行った。試験片は JIS Z 2204 の 1 号試験片、180° 曲げとした。結果の一例を図 - 6 に示すが、変状は見られない。

3.5 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験片は溶接金属部(WM)、熱影響部(HAZ)および母材(BM)の 3ヶ所から採取し、それぞれの吸収エネルギー値および脆性破面率を求めた。なお、試験温度は -40、-20、0、+20 () の 4 条件とし、試験片は JIS Z 2202 で実施した。

シャルピー吸収エネルギーを図 - 8 に示す。高経年材のシャルピー吸収エネルギーは、溶接金属(WM)、熱影響部(HAZ)、母材(BM)の順に、小さくなっている。中でも、母材のシャルピー吸収エネルギーは、0 で約 18J と最も低い。一方、熱影響部は 0 で約 80J であり、母材ほど小さくない。SM400A 溶接金属の吸収エネルギーから類推するに、これは、溶着金属が希釈し、熱影響部が母材に比べ、高い結果になったものと考えられる。

脆性破面率を図 - 9 に示す。SM400A は、母材(BM)の脆性破面率が最も低く、熱影響部(HAZ)、溶接金属(WM)の順に大きくなっている。これに対し、高経年材は、母材(BM)の脆性破面率が最も高く、続いて、溶接金属(WM)、熱影響部(HAZ)の順に低下しており、SM400A とは逆に、母材よりも溶接金属および熱影響部の方が良い結果となっている。次に、各部位を比べてみると、SM400A は母材において 0 で脆性破面率 10% に満たないが、高経年材は 0 で約 90%、全ての温度で 80% 以上という極めて高い値となっている。また、同じ溶接ワイヤーを用いたにもかかわらず、20 における高経年材の溶接金属の脆性破面率は、SM400A に比べ、小さくなっている。

4. まとめ

実験の範囲内ではあるが、高経年材も特別な処置を施すことなく、欠陥や割れなどない健全な継手を得ることができた。一連の実験結果によれば、高経年材溶接継手は SM400A 溶接継手と比べ、十分な継手特性を有していた。

一方、シャルピー衝撃試験では、SM400A に比べ、高経年材の吸収エネルギーは低く、かつ、脆性破面率が高い。しかし、溶接金属部および熱影響部は、母材よりも悪くなることはなかった。

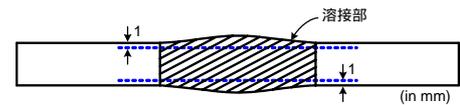


図 - 4 硬さ試験片

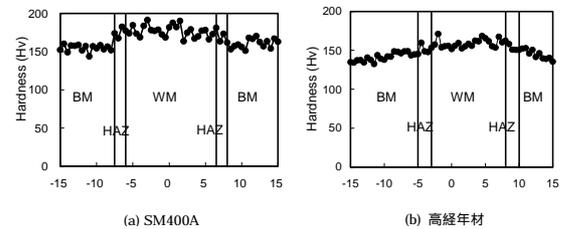


図 - 5 硬さ試験結果



図 - 6 曲げ試験結果

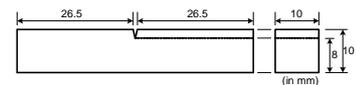


図 - 7 シャルピー試験片

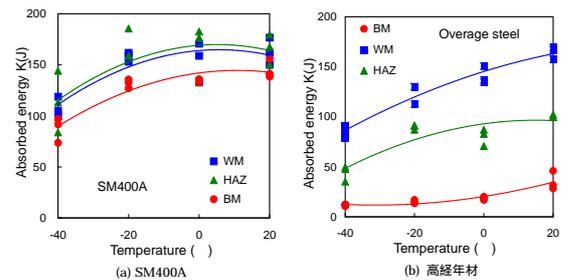


図 - 8 シャルピー試験結果

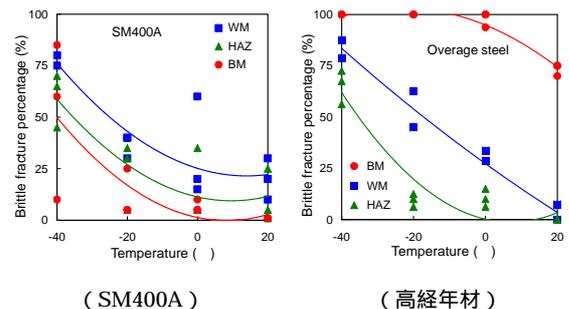


図 - 9 脆性破面率