軌條の電弧熔接について*

中 川 清** 戸 田 宗 夫***

On Arc Welbing of Rail*

by K. Nakagawa,** M. Toda***

Abstract

We studied a newtype of weld groove named "Fusion type", which may be used for elimination of rail joints by arc welding. Using a ordinary mild steel electrode, the D. C. arc welding process was applied under condition similar to that of field welding. Preheating as a preparatory measure for welding was not allowed.

The result of the experiment were as follows.

- (1) "Fusion type" proved a suitable welded joint, which may be used for field welding of rail.
- (2) Bevel cut of railend by machining or flame cutting as preparatory step for arc welding, was not necessary.
- (3) As the color of rail become light red by arc fusion without preheating, the rail could be welded with good weldability.
- (4) Perfect annealing was found to be a desirable heattreatment for eliminating the residual stress and the hardened structure at the heat affected zone.
- (5) Penetration of rail base was found to be more important than that of other portion of the rail as regards statcal bending strength.
- (6) Required bending strength of rail joints was a obtained by a skillfull and careful operation.

1 序

1) 2) 3) 4) 5)
 熔接軌條の研究は多く行われたが、最終的結論を下していない。軌條の継目には第1図に示す形状があり、その1部は実用されている。熔融型継目は軌條敷設状態のまま自然游間を熔断削稜することと特徴とする新しい現場施行向接手である。この研究は東鐵施設部保線課指定要項に基く熔融型熔接軌條試験体の製作にかかり、軌條の電気熔接性と施行上の対策について実験し一應の考察を試みたものである

2 供試体製作要項

供試体の製作についてつぎの指定を受けた。

- 1) 軌條は支給せる軌條を使用のこと
- 2) 熔接棒は支給品を使用のこと
- 3) 軌條の熔接状態は敷設のままの状態のこと

* 原稿受付 昭和24年 8 月

** *** 正員。横河橋梁製作所技師Member, Engineer of Yokogawa Bridge Works,

第1図 軌條継目の形状

継目の型式		形	状
不 削 稜 型	自然游間型
	平塚型 (A 型)
削 稜 型	新鶴見型 (B 型)
	宇佐美型
	成田型 (X 型)
	熔融型

第 1 表 軟鋼熔接棒の化学的組成 (%)

	C	Mn	Si	P	S	Cu	他 元 素			
JES 金属3523	0.10～0.15	0.30～0.60	0.04以下	0.030以下	0.030以下	0.30以下	—			
心 線	0.11	0.35	0.03	0.002	0.025	0.21	—			
フラックス	Co ₂ 4.46	SiO ₂ 32.50	Fe ₂ O ₃ 23.97	MgO 4.31	MgO 1.71	CaO 5.96	Al ₂ O ₃ 2.78	MnO ₂ 19.89	K ₂ O 1.44	Na ₂ O 2.99

- 4) 軌條の継目形状は熔融型のこと
- 5) 軌條の通りを整正し、1m につき 3~4 mm の逆歪を附し、しかる後に熔接すること
- 6) 軌條は予熱しないこと
- 7) 供試体は焼鈍しないこと
- 8) 供試体曲試験強度は支間 1 m において 50t 以上のこと

3 熔 接 方 法

1) 予熱——軌條鋼の熔接性は熱影響部の金属組織とビード割れに影響され、常温ことに寒冷時期において良くない。熔接した母材は Ar₃, Ar₁, 変態が完了するような緩徐冷却と、容易に塑性変形を生じて内力を減少するとき粘性の保有が必要である。有効な処置は母材を予熱することであるが供試体にはそれを許さないから熔断熱の利用を工夫した(結果的には局部的の予熱である)

- 2) 熔接——軟鋼熔接棒は直径 4 mm にして第 1

第 2 表 熔着鋼の機械的性質

	抗張加kg/mm ²	伸 %	シャルピー kgm/cm ²
JES基本9001	41以上	26以上	9 以上
熔 着 鋼	48.3	—	14.1
	47.7	31.1	12.9

第 2 図 軌條の規格寸法 (50kg)

表の化学的組成と第 2 表の機械的性質を有した。母材は 50 kg 古軌條長さ 1.6 m に切断せる規格品にして、その形状(新品の場合)は第 2 図、化学的組成は第 3 表、機械的性質は第 4 表の値をそれぞれ有するものとする。

軌條は自然游間を 6 m に開いて衡合し、全長 3.8 m の敷設状態として台盤上に締

第 3 表 軌條の化学的組成 (%)

(J. E. S. 90号 類別24)

C	Mn	Si	P	S
0.45~0.60	0.60~0.90	0.20以下	0.055以下	0.050以下

第 4 表 軌條の機械的性質

(JES 90号 類別24)

抗張力kg/mm ²	*伸 %	硬度 Hv	重量 kg/m
65以上	12以上	200~300	50.396

* 伸 (%) $\times 2.5 + \text{抗張力 (kg/mm}^2\text{)} > 110$ なること
JES 4号試験片によること

付け指定要項に従った。このままでは熔接不十分であるから、熔接可能なる程度に熔断削稜を実施し開先を 55~60° に流した。熔断は被覆熔接棒を使用する金属電弧熔断にして、軌條頭の上角部より充分に緩徐に行い、両軌條端が一樣に加熱すると共に試みた。ほぼ暗赤色に温度の上昇するを待つて第 5 表ならびに第 3 図に示すごとく熔接を行つたがビード割れは認められなかつた。熔断より熔接に移る間の時間は清掃に費されるため迅速に行動した。軌條頭の喰違いを防止するために頭部より熔接を行つた。

電弧熔接機は直流 7.5kW 容量を使用し、正極を軌條に接続した。歪の状態に注意し狂いはビード方向と肉盤量をもつて加減することができた。軌條の頭と腹、腹と底の不連続部は入念に作業を行い欠点の除去に努めた。

- 3) 仕上——熔接部は完全に冷却したのちに頭部

第 3 図 軌條の熔接順序

第5表 軌條の熔断および熔接の諸数値

記 号	熔 断					熔 接					合計時間 min
	電 流 A	電 圧 V	熔 接 棒*		時 間 min	電 流 A	電 圧 V	熔 接 棒*		時 間 min	
			本	Kg				本	Kg		
Y 1	200	48	21	1.103	22	120	31	37	1.961	109	131
Y 2	200	45	37	1.961	18	115	33	44	2.332	137	155
Y 3	200	45	22	1.166	18	125	31	48	2.544	152	170
平均値			27	1.410	20			43	2.279**	133	152

* 直径=4mm 長さ=400mm 被覆の厚さ=25%

** 頭部=1.780kg (78.1%), 腹部=0.223kg (9.8%), 底部=0.276kg (12.1%)

の上面と両側面の餘盛を母材の面に合せて充分に丁寧なる研削仕上げを行つた。焼鈍は行わなかつた。

4 試験結果

1) 歪の測定——供試体の熔接歪は Y3 において水平方向にのみ 34.6sec の曲りを生じたが、これはそのまま使用するも支障なき程度のものではあつた。他の供試体 Y1, Y2 においてはほとんど歪を認めなかつた。

2) 硬度の測定——供試体の熔接部表面の硬度を長さ方向に測定した Y1, Y3 の軌條頭の中央部のシヨアー硬度の分布図は第4図になつた、熱影響部

の硬度は42~70、母材の硬度は30~43、熔着鋼の硬度は低く21~30であつた。融合部附近の硬度の山は66~73を示した。

各供試体は通常の予熱方法を行つた場合と異り、局部的に加熱されたために温度勾配が急になり、変態を完了するに充分な緩徐冷却速度が得られなかつた。その結果一部分に急冷硬化組織を生じたが、この組織はつぎに熔着せる上層ビードの熱により部分的に焼鈍または焼戻されたとはいえ、それだけに硬化組織の除去に充分でないことを示している。硬化組織は Ac_3 よりやや高い温度にて焼鈍すれば容易に軟化組織に変わる、焼鈍の効果はつぎの曲試験

において撓量の増加となつて現われている。

2) 曲試験——供試体 Y1, Y2, Y3 は、鍛冶焼において約850°C に焼鈍した後曲試験を行つた。支間を1mとしオルセン材料試験機200tにより中央部の継目に負荷してそれぞれ第5図, 第6図, 第7図を求めた。軌條

第5図 Y1の荷重—撓量曲線と破断面
(850°C焼鈍)

第6図 Y2の荷重—撓量曲線と破断面
(850°C焼鈍)

第7図 Y3の荷重—撓量曲線と破断面
(850°C 焼鈍)

底の熔着不良部は軌條頭の熔着不良部に比較し、曲強度に大きい影響を有し Y1とY2がY3より強度の低いのはそのためである、軌條の完全なる熔着がいかに重要であるかは S3 と S4 の曲試験の結果第8図と第9図によつても明らかである。この継目は軌條

第8図 S3 の荷重—撓量曲線と破断面 (底板熔接)

第9図 S4 の荷重—撓量曲線と破断面 (底板熔接)

頭を熔接し、軌條底裏側に軟鋼の底板700×190×12 mmを側面隅肉にて添接したものにして、軌條は腹

第10図 A1 の荷重—撓量曲線と破断面 (850°C 焼鈍)

第11図 A2 の荷重—撓量曲線と破断面 (850°C 焼鈍)

と底とに衝合熔接はないのである。

Y1, Y2, Y3 供試体と同じ要領をもつて熔接せる供試体を焼鈍した A1, A2 A3, の曲試験の結果⁽¹¹⁾、⁽¹²⁾、⁽¹³⁾、⁽¹⁴⁾、⁽¹⁵⁾ 第11図、第12図と、焼鈍しない S1 S2 の曲試験の結果⁽¹⁴⁾、⁽¹⁵⁾ 第13図および第14図とを比較して注目されることは、熔接技術が優

第12図 A2 の荷重撓量曲線と破断面 (850°C焼鈍)

第13図 S1 の撓量曲線と破断面 (焼鈍せず)

第14図 S2 の荷重撓量曲線と破断面 (焼鈍せず)

秀なる場合には所要強度の低下は認められぬが、撓量すなわち変形量に大差が現れ、焼鈍供試体の方が優れていることである。

割れ、不熔着、気泡存在、スラグ巻込み等の熔接部欠陥は軌條の静的曲強度に与える影響が小さい場合においても、車輛の通過時に生ずる繰返應力のために、疲労破壊を促進する起点になるから防止しなければならない。

5. 結 言

東京鐵道局施設部保線課供試体製作要項にしたがい、敷設状態のまま 50kg 軌條の電弧熔接を実験した。少数の供試体の静的試験結果のみを基にして結論を断定することは危険であるが、この実験によりつぎの事項が導かれた。

- 1) 軌條は熔融型継目を使用すれば予め削稜するを要しない。
- 2) 軌條は熔断熱を利用して加熱すれば、予熱を行わなくとも熔接性がよくなる。第1層の熔着は充分に肉厚に盛ることを要する。
- 3) 屋外作業にては適当な防風装置を使用し軌條の温度降下を防止することを要する。

- 4) 熔接部の諸欠陥は曲強度に影響がなくとも、軌條の疲労破壊の起点になるから防止することを要する。軌條腹、軌條底と軌條底の不連続部は不熔着を生じやすい。
- 5) 曲強度はほとんど熔接工の技倆にて決定せられ、軌條底の不熔着による影響がきわめて大きい。優秀なる技倆に対しては要求強度の1.50t以上を期待できるに反し、普通の技倆に対しては45~50tが漸く期待できるにすぎない。
- 6) 母材熱影響部の硬化組織を消滅し撓量を増加するために高温焼鈍は効果がある。應力除去のための低温焼鈍は期待できない。(高温焼鈍の実用價值についてはさらに研究を要する)。
- 7) 熔接棒は優秀なる軟鋼熔接棒を使用することができるが硬度は低い。表面層に18~8合金鋼、Mn鋼等を盛金して軌條面の硬度を得ることも考えられる。
- 8) 軌條頭裏側および軌條底裏側の熔込みは完全に行わなければならない。
- 9) 歪は熔接中に整正することができる。
- 10) 軌條頭の仕上げは充分丁寧に行うことを要する。
- 11) 熔融型継目は現場接手として有効である。

この研究は前熔接研究所長田中豊博士ならびに東

鐵施設部保線課篠崎冬茂運輸技官の懇切なる御教示のもとに行われた。またデータの一部は鐵道技術研究所大谷碧技官の御厚意によるものである。附記して感謝の意を表する次第である。

- ① 鐵道省大宮工場：軌條の電氣熔接，熔接協会誌1，5 (1935)
- ② 三浦：軌條の Flush Butt Welding に就て，熔接協会誌，9，10 (1940)
- ③ 岡田，水野，山下：軌條の電弧熔接継目に関する実験，熔接学会誌，12，15 (1946)
- ④ H. C. Drake; Flush Butt Weld, Jul, Oct. 17 (1938)
- ⑤ D. B. Hunt; Elimination of Rail Joints from Steam and Electric Railway Track by arc Welding. Weld. Jul.
- ⑥ 東鐵施設部保線課
- ⑦ 鋼標準組織のロックアップ硬度はつぎのごとくである (機械工学便覧P1792) オーステナイト=9 (一)，パーライト=26 (35)，ソルバイト=34 (42) トルースタイト47 (61)，マルテンサイト=68.5 (95)，() 内はショアー換算値を示す
- ⑧ 東鐵新橋管理部新橋鍛冶場にて施行した。
- ⑨~⑮ 大谷碧技官による。

資 料

日本熔接技術發達史

[XK]

佐々木新太郎*

以上が罐胴の熔接が始まつて以來、開先き及び溶着鐵の盛り方の変遷を記したものである。

尙熔接棒と其運筆法の変遷等に就ては已に記した所である。斯々の如く汽罐の熔接が發展せる結果之を重化学工業の高圧容器の製作に應用し大なる功獻を果したたのであるが之は近代の事に属するから後に項を改めて記すことにする。尙汽罐自身の熔接も近代に及んで尙改良された所も多いのであるが之れ又後に譲ることにして一應此辺で汽罐熔接の發達史を打ち切ることにする。

* 名譽員，日本斷接工業株式会社

汽罐の熔接が発達した以上は此汽罐で作られた高温、高压蒸汽を蒸汽タービン其他の用途に向つて輸送する蒸汽管の接手を熔接すると云ふ問題が自然に起つて來なければならぬ。蒸汽が高压、高温になると管接手をフランザ接手にして居てはパッキングが耐え切れないのとボルトの締め付けが緩むとかの爲に接手が蒸汽漏洩を來たして故障頻出するので之を熔接で接ぐ必要を痛切に考へるに至り、次第に此方面の研究が進められたのである。

只、弁と管との接手を熔接することに就ては蒸汽が高压、高温になると弁自身に故障が起つて之が修理又は取換への爲に弁の取りはづしを屢々行はなければならぬので其便宜上フランザ接手を採用すると云ふ考へ、又弁は普通鋼或は合金鋼の鑄造品で管は圧延鋼で材質なり管端の厚味の相違のあるものを熔接で接ぐことの困難が色々考へられたりして弁と管とを熔接で接ぐことは管と管とを熔接で接ぐのに比べて採否を決定するのに余程躊躇された。然し蒸汽が高压、高温に上るに従ひフランザ接手の弱点を認識するに至り、弁と管との接手も万止むを得ざる場合を除き熔接