

I-229 変動応力下の補修溶接棒の開発（第1報） — 供用中の補修溶接施工 —

IHI（株） 正員○井元 泉 ・中西 保正・中村 義隆
川崎製鉄（株） 正員 川井 豊 ・佐藤 功輝・西山 昇 ・山口 忠政

1. 緒言 橋梁などの既存構造物の補修、補強、改造工事を供用下で行う場合には、自重による静的応力のほかに変動応力および振動下での溶接施工となることがある。とくに、変動応力により開先面が相対的に変動する継手では溶接割れが生じるおそれがある¹⁾ため、本研究では変動応力下の耐溶接割れ性に優れた被覆アーク溶接棒の開発を行った。（注）¹⁾：中西、中村他：IHI技報、Vol.25、No.1(1985)

2. 試験方法

2.1 供試溶接棒（表1参照） 変動応力下で発生した割れは高温割れであった¹⁾ため、市販溶接棒および化学組成（合金元素および不純物量）を適宜変化させて試作した溶接棒を用い、割れ感受性を調査した。

2.2 割れ感受性評価試験 溶接棒の高温割れ感受性の評価にはTrans-Varestraint試験を行った（試験方法：図2参照）。試験片は予め溝内を所定の溶接金属で埋めておき、TIGアークにより再溶融させながら表面に曲げひずみを付与した。割れ感受性の最終確認は、疲労試験機を用いて変動応力を負荷しながら溶接を行う「変動応力下の溶接割れ試験」により行った（試験方法：図1参照）。試験片はスリットタイプであり、変位繰返速度は5.5 Hzおよび0.33 Hzとした。ともに供試鋼材は市販HT60、入熱は23kJ/cmである。

2.3 性能確認試験（引張特性、じん性） JISによる溶着金属性能確認試験のほかに、市販HT60のV開先の初層を試作溶接棒で裏波溶接後に残層を市販D-5816溶接棒で溶接した溶接継手性能試験も行った。

4. 試験結果

4.1 Trans-Varestraint試験（図2参照） 試作棒はC、Siおよび不純物（P、S）を低減したためにMn/SおよびMn/Si比が高く、割れ感受性は大きく低下した。また、Niは割れ感受性を高め、Bの添加も好ましくなかった。Moは、試験の範囲ではとくに割れ感受性に影響はみられなかった。

4.2 変動応力下の溶接割れ試験結果（図3参照） 試作溶接棒は変位繰返速度：5.5 Hz、同：0.33 Hzの場合ともに、従来の市販溶接棒と比較して割れ発生限界のルートギャップ開口変位変動範囲（ $\Delta \delta_{cr}$ ）は大きく、変動応力下の耐溶接割れ性が非常に優れていることが確認できた。

4.3 溶接継手性能（表2参照） 試-15溶接棒は490MPa以上の強度を確保することができ、降伏点、伸びおよびシャルピー衝撃特性ともSM50、SM50YおよびSM53の規格を満足した。また、初層のみに試-15を使用し、残層を鋼材（HT60）と同強度レベルのD-5816で溶接すると、継手強度は鋼材の規格値を上回った。したがって、変動応力下の溶接施工でもっとも割れが発生しやすい初層に今回開発した専用溶接棒を適用し、残層に一般溶接棒を使用する施工法を採用すればよいと判断された。さらに、本溶接棒は仮付溶接や治具類の拘束溶接にも有効と推定される。

表1 試作溶接棒および比較市販溶接棒の溶着金属化学組成の例（wt%）

種類	溶接棒	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	B	Mn/S	Mn/Si
市販棒	D-4316	.04	.43	.06	.008	.005	.02	tr	.0003	12	.1
	D-5016	.03	.53	.59	.011	.006	.02	tr	.0003	98	1.1
	DL-5016	.08	.37	1.25	.012	.003	.51	tr	.0014	417	3.2
	D-5816	.06	.52	1.10	.014	.007	.62	.23	—	157	2.1
試作棒	試-10	.04	.22	1.13	.118	.003	—	tr	—	377	5.1
	〃-14	.05	.10	1.08	.006	.002	—	tr	—	540	10.8
	〃-15	.03	.22	1.44	.008	.001	—	tr	—	1440	6.5

（注）1. 棒径：4mmφ

2. 試作溶接棒の規格：D-XX16

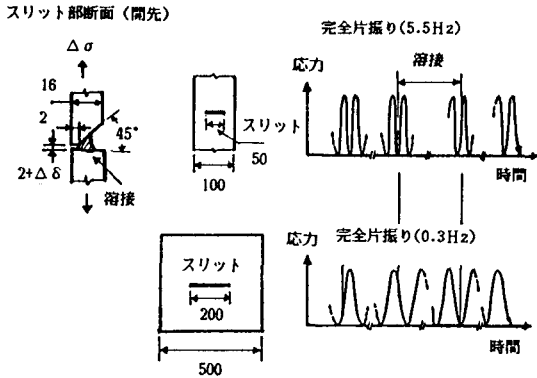


図1 変動応力下の溶接割れ試験方法

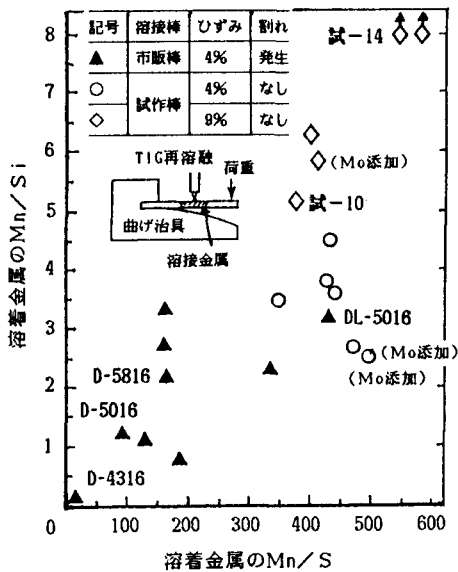


図2 Trans-Varestraint試験結果

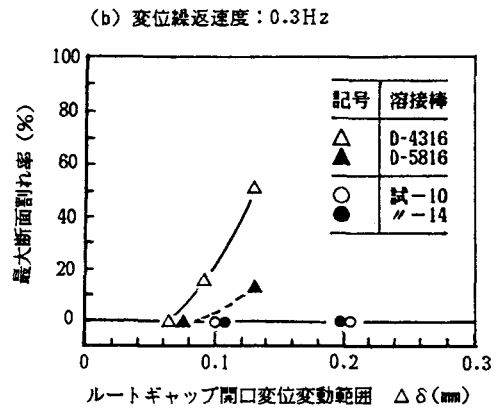
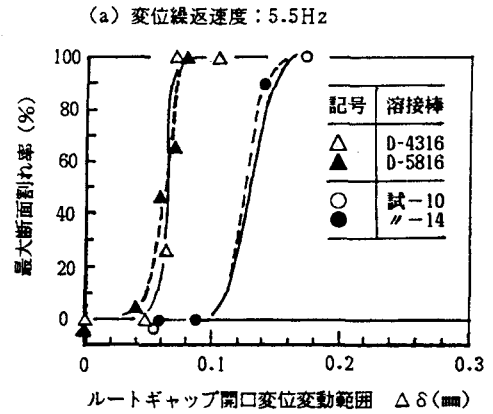


図3 変動応力下の溶接割れ試験結果

表2 試作溶接棒の性能確認試験結果

溶接棒	性能確認 試験項目	引張特性				シャルピー衝撃特性				曲げ性能		備考
		σ_y (MPa)	σ_B (MPa)	El (%)	破断 位置	vE_{40} (J)	vE_{20} (J)	vE_0 (J)	$vTrs$ (°C)	裏曲げ	側曲げ	
試-15	溶着金属	472	527	29	—	71.5	209	321	-32	—	—	母材 σ_B =676MPa
	溶接継手	—	622	—	WM	44.1	132	151	-29	無欠陥	無欠陥	

(注) 1. 溶接継手性能試験における残層の溶接棒：D-5816
2. vE 、 $vTrs$ ：3個の平均

5. まとめ

橋梁などの既設構造物の供用下における変動応力下の溶接に適用するための、耐割れ性に優れ、良好な継手性能が得られる専用被覆アーク溶接棒を開発することができた。

なお、本研究の遂行にあたり、大阪大学溶接工学研究所助教授堀川浩甫博士から有益な御助言および御指導を賜った。ここに、深甚なる謝意を表する次第である。