

CO₂アーク溶接ロボットによる角形鋼管 溶接部の力学的性能の検討

斎藤 修・清水 誠司・中山 信一

Study on Mechanical Properties of Butt Welding Joints Welded by CO₂ Arc Welding Robot

Osamu SAITOH, Seiji SHIMIZU and Shin-ichi NAKAYAMA

要 約

角形鋼管多層全周溶接用ロボット、「R勘助」¹⁾の溶接継手性能を把握するため、熟練溶接工と「R勘助」による溶接継手部に対し、力学的性能について比較実験を行なった²⁾。

その結果、ロボットによる溶接部は、硬度試験、シャルピー衝撃試験、三点曲げ実験において熟練溶接工による半自動溶接部と同等の性能を有することが明らかとなった。

1. はじめに

当センターでは、建築鉄骨業界の溶接の省力化を目的として、多層溶接ロボット「勘助」¹⁾を開発し、その製造技術を県内企業に技術移転した。

その後技術移転先企業では、「勘助」とワーク回転装置を組み合わせることにより、角形鋼管の多層全周溶接を可能とした溶接ロボット「R勘助」を開発し、「勘助」とともに製造販売を開始している。「勘助」については、一昨年その溶接継手性能の検討を行ない、十分な性能を有することを確認している²⁾が、「R勘助」についても同様の検討を行なうこととし、熟練溶接工の行なったCO₂半自動溶接部と、「R勘助」による溶接部について、力学的性能の比較実験を行なったので報告する。

2. 実験方法

ロボット溶接とCO₂アーク半自動溶接による角形鋼管溶接部の力学的性能を比較するため、溶接部のシャルピー衝撃試験、硬度試験、また実物大実験として、角形鋼管多層全周溶接部を含む三点曲げモデル実験を行なった。使用鋼材は、すべて

SS41とした。その機械的性質と化学成分を表1、2に示す。図1は、衝撃試験、および硬度試験用の試験体である。ロボット溶接、半自動溶接により、それぞれ4体の試験体を製作した。図2に三点曲げ試験体を示す。プレートとコラムの溶接は、片側を半自動溶接で、もう片側をロボット溶接で行なった。表3にこれらの試験体製作の溶接条件を示す。

表1 使用鋼材の機械的性質

	降伏点 (kgf/mm ²)	引張強さ (kgf/mm ²)	伸び (%)
SS41 □-250×250×12.0	32	45	42
SS41 □-300×300×16.0	35	45	41
SS41 P32	27	44	30
SS41 P36	28	45	26

表2 使用鋼材の化学成分 (wt%)

	C	Si	Mn	P	S
	×100			×1000	
SS41 □-250×250×12.0	17	1	68	18	9
SS41 □-300×300×16.0	16	5	58	16	5
SS41 E32	17	20	65	18	10
SS41 E36	17	16	57	24	15

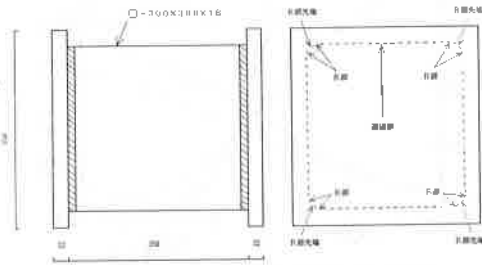


図1 シャルピー試験片採取位置

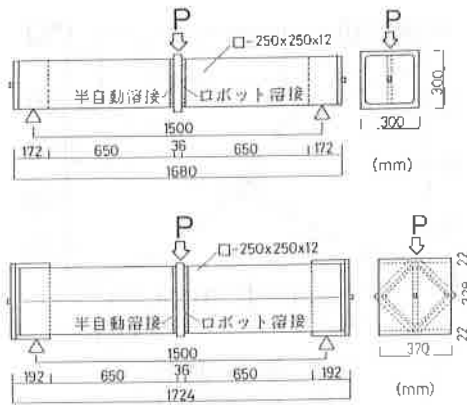


図2 三点曲げ試験体

表3 溶接条件

		電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (m/min)	CO ₂ 流量 (l/min)	溶接ワイヤ
半自動溶接	内縁部	260~280	38	2.4~7.3	3.0	YH28 1.2φ
	ロボット溶接	240~300	32~36	6.0	>2.5	
ロボット溶接	R部	140~180	30	9	3.0	
	ロボット溶接	190~240	26~30	8~11	>2.5	

2-1 シャルピー衝撃試験

試験片は、JIS 4号Vノッチ試験片としR部、直線部からは、ノッチ先端が溶接金属部、熱影響部、BOND部となる試験片を各16本ずつ採取した。これらの試験片に対し、試験温度を変えてシャルピー衝撃試験を行ない、吸収エネルギー、脆性破面率を測定した。

2-2 硬度試験

マイクロピッカース硬度計を用い、荷重は1kgfとした。測定は熱影響部で0.5mmピッチ、その他では1mmピッチとし、母材のt/4の位置でビードを横断するよう測定した。なお、試験片は図1に示す試験体のR部、直線部より採取した。

2-3 三点曲げモデル実験

試験体は図2に示す2体で、1体は加重方向が2面に垂直で他の2面に平行になるように、他の1体は加重方向が各面に対し45度方向となるように製作した。載荷は、層間変形角を考慮した変位制御とし、図3に示す載荷計画に従って行なった。

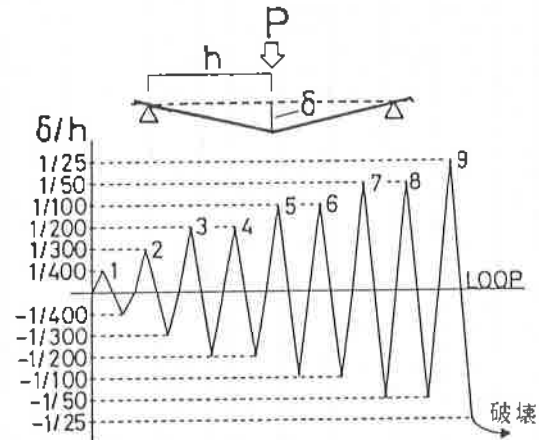


図3 載荷計画

3. 結果と考察

3-1 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験結果を、最小二乗法により式(1)、(2)に関数近似した結果を表4に示す。表5には0℃における吸収エネルギー、脆性破面率を、図4~7にR部およびR部先端溶接部の遷移曲線を示す。ロボット溶接BOND部の脆性破面率が、低温側で半自動溶接に比べ高くなっているが、他は大差ない結果となった。また、ロボット溶接の

直線部とR部の比較においても、明確な差は認められなかった。

$$vE = \frac{vE_{shelf}}{2} \{1 + \tanh \alpha (T - vTre)\} \quad (1)$$

$$B = 50 \{1 - \tanh \beta (T - vTrs)\} \quad (2)$$

ただし

vE ; 吸収エネルギー (kgf・m)

B ; 脆性破面率(%)

vEshelf ; シェルフエネルギー (kgf・m)

α ; エネルギー係数 vTrs ; 破面遷位温度(°C)

vTre ; エネルギー遷移温度 β ; 破面係数

表4 シャルピー諸係数一覧 表5 吸収エネルギー
脆性破面率(OC)

	エネルギー遷移温度 (°C)	脆性破面率 (%)	シェルフエネルギー (kgf・m)	エネルギー係数	破面係数
RI	16.5	48.8	10.3	0.0137	0.0719
RII	0.3	4.1	15.4	0.0093	0.4953
RIV	-5.4	0.3	11.3	0.0125	0.0272
RIII	7.7	-0.0	20.7	0.0081	0.0381
RIV	20.4	12.0	11.0	0.0430	0.0152
RIV	6.6	-0.1	13.1	0.0130	0.0188
RIII	22.2	-5.3	11.5	0.0141	0.0171
RIII	-6.8	-10.5	17.8	0.0187	0.0300
RIV	11.9	17.6	11.0	0.0174	0.0132
RIV	10.0	20.2	12.6	0.0230	0.0251
RIV	10.2	1.3	13.2	0.0170	0.022

	吸収エネルギー (kgf・m)	脆性破面率 (%)
RI	6.0	30.2
RII	7.7	60.9
RIV	6.0	59.3
RIII	10.1	46.5
RII	5.7	51.5
RII	5.0	50.7
RII	7.5	45.4
RIII	9.3	53.2
RIV	4.6	63.4
RIV	7.7	28.4
RIV	8.4	57.4

R: ロボット溶接(R部) M: 半自動溶接(R部)
 ICF: ロボット溶接(H部先端) MCF: 半自動溶接(H部先端)
 RSL: ロボット溶接(直線部) H-HAZ H-BOND
 W: WELDED METAL

3-2 硬度試験

図8、9にロボット溶接、半自動溶接によるR部の硬度試験結果を示す。両者ともほぼ一致した傾向を示し、割れを生じない基準値Hv=350を越えていない。溶接金属部で最高硬さを示しているが、これは50kg級のワイヤーを使用したことに起因している。

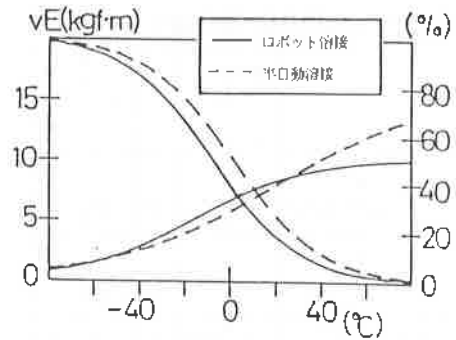


図4 遷移曲線 (R部 HAZ)

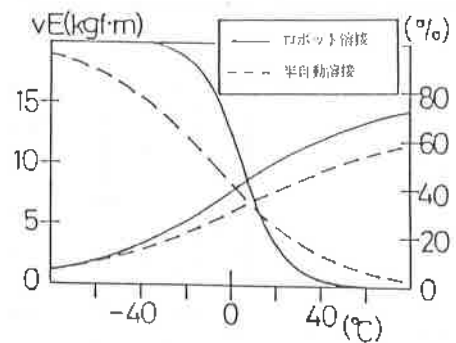


図5 遷移曲線 (R部 BOND)

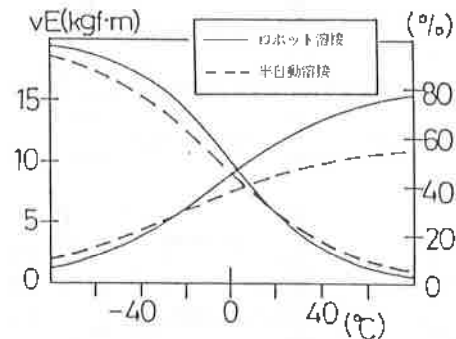


図6 遷移曲線 (R部 W. METAL)

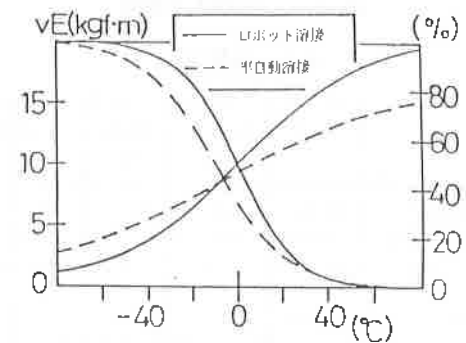


図7 遷移曲線 (R部先端 BOND)

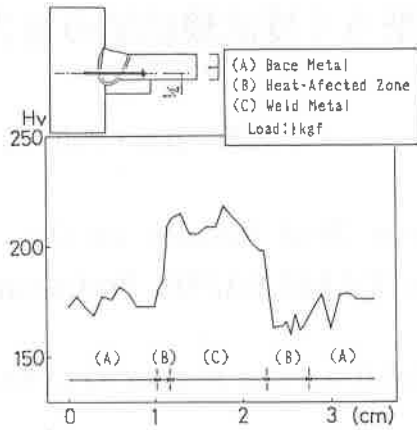


図8 硬度分布 (ロボット溶接)

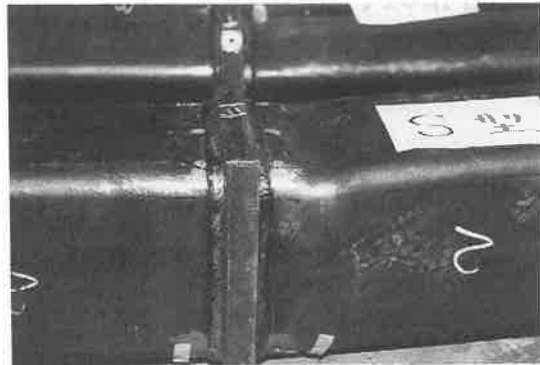


写真1

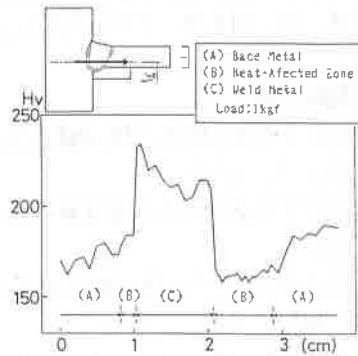


図9 硬度分布 (半自動溶接)

3-3 三点曲げモデル実験

荷重一変位関係を図10に示す。2体とも溶接部では破壊せず、角形鋼管部で局部座屈を起こした。写真1にその状況を示す。層間変形角1/25まで変形させた後も、溶接部には何ら異常は認められないことから、半自動溶接部、ロボット溶接部とも十分な継手性能を有しているといえる。

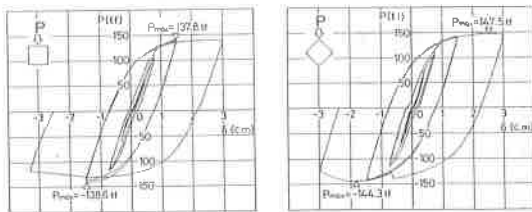


図10 荷重一変位関係

4. おわりに

溶接ロボット「R勘助」による角形鋼管溶接部の力学的性能は、溶接部の衝撃特性、硬度、三点曲げ強度等の点で、熟練溶接工による溶接部と同等の性能を有することが確認できた。

最後に、本研究を行なうにあたり御指導、御協力をいただいた信州大学教授中込忠男氏に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 齊藤修他；溶接技術、35、71~75 (1987)
- 2) 青木博文他；昭和62年度建築学会梗概集、1037~1038 (1987)
- 3) 青木博文他；昭和61年度建築学会梗概集、817~818 (1986)