

CO₂アーク溶接ロボットによる突合せ溶接部の力学的性能の検討

X 2. 溶接施工 Y 7. 突合せ溶接

正会員 青木博文^{※1} 同 中込忠男^{※2} 古屋重彦^{※3} 齊藤修^{※4}
清水誠司^{※4} 中山信一^{※4} 山本成治^{※5} 同○土橋博明^{※6}

1 序

現在、自動車産業や住宅産業ではスポット溶接ロボットの実用化がなされている。建築鉄骨においても生産性の向上、溶接部の品質の安定化のために、安価で性能の良い溶接ロボットの実用化が望まれている。そこで、溶接ロボットの実用化のための基礎資料を提示することを目的として、CO₂アーク溶接ロボットとCO₂アーク半自動溶接の溶接部の力学的性能について比較実験を行なったので報告する。

2 溶接ロボットの仕様

本実験では建築鉄骨で最も使用されているCO₂アーク溶接を対象としたロボットを使用した。このロボット(写真1)は、タッチ式のセンサーにより次層の溶接トーチの制御を行ないながら溶接を重ねてゆく。図1に今回の実験で行なった溶接各層の形状とトーチの狙い位置を示す。ロボットの作動範囲は溶接方向 450mm、前後方向 100mm、上下方向 100mmである。

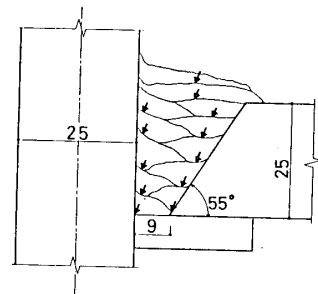
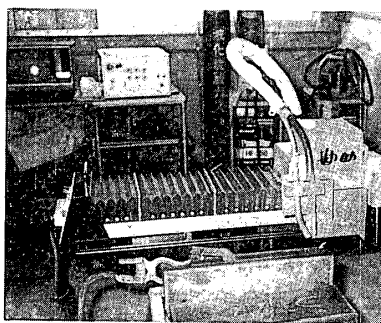


写真1 溶接ロボット

図1 積層状態及びトーチ位置

3 溶接条件

CO₂アーク溶接ロボットとCO₂アーク半自動溶接の力学的性能を比較するために、突合せ溶接を行ない溶接十字引張試験を行なった。また、素材試験としてシャルピー試験、硬度試験、Jic試験を行なった。供試鋼板はSM50Aとし、R25を用いて溶接十字引張試験、シャルピー試験、硬度試験を、R50を用いてJic試験を行なった。その機械的性質、化学成分を表1、表2に示す。

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 (%)
SM50A R25	35	53	30
SM50A R50	34	54	33

表2 使用鋼材の化学成分

	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
	×100			×1000		×100	
SM50A R25	16	35	145	19	6	15	15
SM50A R50	18	38	148	23	7	—	—

表3 溶接条件

	電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	溶接ワイヤ	バス間温度 (℃)	CO ₂ 流量 (l/min)	予熱 (℃)
半自動溶接	300~350	25~39	50~70	1.2φ	230~250	30	50
ロボット溶接	200~300	28~36	50	1.2φ	200~250	>25	50

4 実験方法と実験結果

4.1 シャルピー試験

試験片は4号Vノッチ試験片を用いた。表4に0℃における試験結果を示す。表5は(1),(2)式に遷移曲線を最小二乗法により関数近似した結果を示したものである。また図2~図4は各溶接部について遷移曲線を示したもので、BOND部でロボット溶接の遷移温度が高いが、他はロボット溶接の方が良好となっている。

表4 シャルピー試験結果

	吸収エネルギー (kgf-m)	脆性破面率 (%)
MH	11.63	17.5
MB	8.96	17.5
MW	13.29	47.5
RH	10.55	7.5
RB	11.69	30.0
RW	17.01	27.5

M:MANUAL R:ROBOT H:Heat-Affected Zone
B:Bond W:Weld Metal

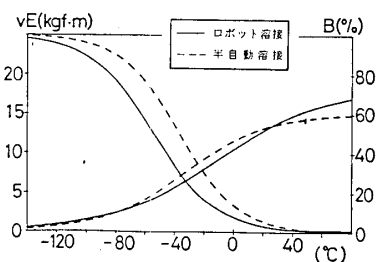


図2 シャルピー遷移曲線 (HAZ)

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

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

ただし

vE_{shelf} ; シェルフエネルギー α ; エネルギー係数

vE ; 吸収エネルギー $vTre$; エネルギー遷移温度

B ; 脆性破面率 β ; 破面係数

$vTrs$; 破面遷移温度

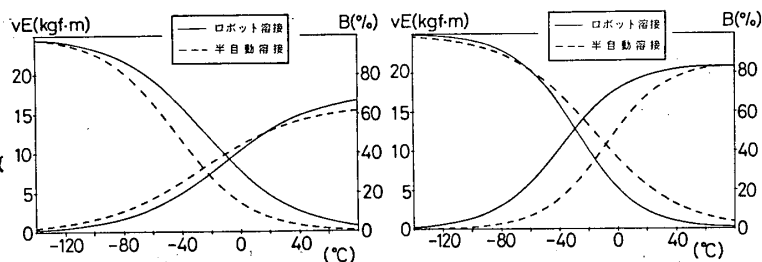


図3 シャルビー遷移曲線 (BOND) 図3 シャルビー遷移曲線 (W. M.)

4.2 硬度試験

ビッカースかたさ試験機を用い、使用荷重を1(kgf)として行なった結果を図5(a),(b)に示す。溶着金属部でロボット溶接の硬度がやや高いが、両溶接とも他の傾向は一致している。

4.3 溶接十字引張試験

図6に溶接十字引張試験体の形状を示す。標点間距離を45mmとして、標点上にスタッド溶接を施して変位を測定した。載荷速度は弾性範囲で0.03%/min、最大荷重時の平均で0.2%/minとした。全試験体とも母材で破断したため、表6に示す最大強度と破断荷重には差がみられないが、ロボット溶接の方が溶着金属部の硬度が高いため溶着金属部の変形が少なく、図7に示すように伸びが小さい結果となった。

4.4 Jic試験

Jic試験体は図8に示す形状とし、予亀裂は溶接ルート部をそのまま亀裂先端としたものである。載荷速度は荷重点変位で1.3mm/minとした。試験結果を表7に示す。Jiはロックインアンプを用いて交流電位差法により求めた。また、低温実験はアルコールとドライアイスを用いて行なった。ロボット溶接のJ値が低い値を示しているが、一般の溶接部と比べ特に問題ないといえる。

5 結び

CO₂アーク溶接ロボットによる突合せ溶接部の力学的性能をCO₂アーク半自動溶接のものと比較した結果、ここで用いた溶接ロボットによる溶接部の力学的性能は半自動溶接と比べて十分な性能を有していることが確認できた。

表5 シャルビー諸係数一覧

	エネルギー 遷移温度(°C)	係数 α	シェルフ エネルギー	破面遷移温度 (°C)	係数 β
MH	-32.4	0.0178	15.2	-36.4	0.0252
MB	-26.6	0.0180	16.0	-43.6	0.0200
MW	-8.8	0.0240	21.2	-16.7	0.0170
RH	-39.3	0.0174	12.9	-54.2	0.0234
RB	-11.4	0.0162	17.5	-23.8	0.0168
RW	-39.0	0.0220	21.0	-28.7	0.0234

M: MANUAL R: ROBOT

H: Heat-Affected Zone B: Bond W: Weld Metal

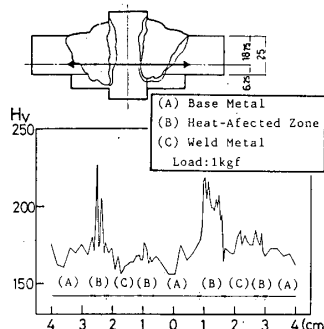


図5(a) 硬度分布 (半自動溶接)

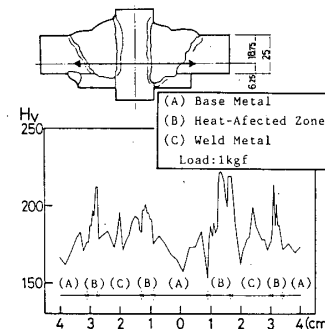


図5(b) 硬度分布 (ロボット溶接)

表6 溶接十字引張試験結果

	降伏点 (kgf/mm ²)	最大強度 (kgf/mm ²)	伸び (%)	破断荷重 (tf)
M-1	39.6	55.6	9.73	91.8
M-2	36.7	55.2	9.41	91.8
M-3	36.0	54.6	9.64	89.3
R-1	38.2	55.6	6.48	89.1
R-2	45.5	55.4	5.45	89.5
R-3	45.8	55.6	5.42	90.3

M: MANUAL R: ROBOT

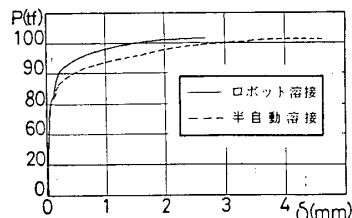


図7 荷重-変位関係

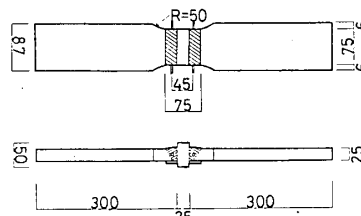


図6 溶接十字試験体

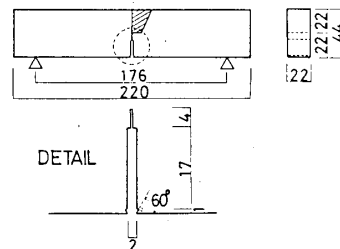


図8 Jic試験体

表7 Jic試験結果

	Jic (kgf/mm)				Ji (kgf/mm)
試験温度	-70°C	-45°C	-20°C	15°C	
半自動溶接	7.0	87.4	56.0	9.9	
ロボット溶接	5.0	8.2	88.7	7.4	

Jc値(脆性破壊時のJ値): Ji値(亀裂進展開始時のJ値)

参考文献 ※1 藤本他2名; 交流電位差法によるSM50A鋼の破壊靱性Jiと溶接部の靱性試験について 日本建築学会学術講演梗概集(昭和60年)

※1 横浜国立大学教授 工博

※2 信州大学助教授 工博

※3 山梨県商工振興課

※4 山梨県工業技術センター

※5 ネジ武精工(株)

※6 信州大学大学院