

V-13 太径鉄筋の炭酸ガスアーク溶接に関する実験的研究(その2)

大成建設 正員 ○田村三郎

§1 目 的 第28回年次学術講演会に提出された本研究(その1)では、太径鉄筋の炭酸ガス半自動アーク溶接法による突合せアーク溶接継手の可能性を検討し、D51と称する太径鉄筋のSD30級およびSD35級について直径1.6mmの実体ワイヤーおよびフラックス入り複合ワイヤーを組合せて使用してこの接合方法が充分に高い信頼度で全引張強度を伝達し得ることを示した。

本実験ではさらにSD40の継手について溶接のまゝのものと、焼ならしたのものについて冶金的・機械的に問題点の検討を行ない高強度太径鉄筋への本接合方法の可能性を追求する。

§2 実 験 1 SD35・D51横継手 - SD40との比較

2.1 実験方法および試験結果

2.1.1 材 料 表1参照。 母材はSD35・D51、溶接ワイヤーは60キロ級フラックス入り複合ワイヤー(直径1.6mm)を使用した。

2.1.2 供試体の作製 表2参照。 供試体は60ヶ作製し表示の試験に用いた。溶接条件は代表的条件を示す。溶接後の外観の一例を図1に示す。

2.1.3 機械的試験 引張試験および曲げ試験を行なった。前者はJIS Z 2241に、後者はJIS Z 2248(押曲げ法)による。ただし曲げ直径は4D、曲げ角度は90°である。破断例外観を図2に示す。試験結果は表3に示す。

2.1.4 金相試験 金属顕微鏡組織試験、硬さ試験、マクロ組織試験、X線透過探傷試験を行なった。X線写真を除きそれぞれの結果を図3、4および5に示す。

§3 実 験 2 SD40・D38横継手

3.1 実験方法および試験結果

3.1.1 材 料 表1参照。 母材はSD40・D38、溶接ワイヤーは60キロ級実体ワイヤー(直径1.6mm)を使用した。

表1 材料の化学成分と機械的性質

材 料	規 格	化 学 成 分							機 械 的 性 質			
		C %	Mn %	P %	S %	Si %	Mo %	C+ Mn 6 %	降伏点 kg/mm ²	引張強さ kg/mm ²	伸び %	曲げ
鉄 筋	SD35・D51	0.21	1.27	0.027	0.028	0.39		0.42	37.5	56.2	30.0	—
	SD40・D38	0.26	1.38	0.032	0.023	0.37		0.49	44	62	26	OK
	〃(焼準し材)								42.5	60	27	OK
溶 接 ワ イ ヤ	60キロ級複合ワイヤ	0.08	1.84	0.016	0.024	0.42	0.26	0.37	58	67	27	
	60キロ級実体ワイヤ	0.08	0.98	0.014	0.015	0.38		0.24	62	69	26	—

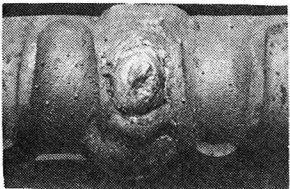


表2 供試体の作製条件および箇数

グ ル ー プ			供 試 体				代 表 的 溶 接 条 件						
			引張	曲げ	金相	合計	開先形状	姿勢	CO ₂	電気条件		アーク	
										電流	電圧	タイム	
実験1	SD35・D51× 60キロ級複合ワイヤ	溶接のまゝ	ヶ	ヶ	ヶ	ヶ	I型15mm	下向	25分	380 ^A	33 ^V	3'00"	
実験2	SD40・D38× 60キロ級実体ワイヤ	〃	37	13	2	52	〃 〃	〃	〃	300	27	2'30"	
		焼準し処理	14	13	2	29	〃 〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃
合 計			97	36	8	141	抵抗器は直流定電圧特性(棒プラス) 溶接工は技量JIS Z 3801 基本級A-2F 所有						

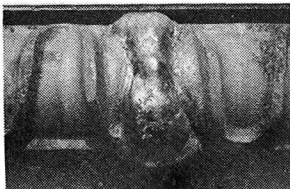


図1 溶接部外観

上: 溶接終了側
下: 溶接開始側

3.1.2 供試体の作製 表2参照。供試体は81ヶ作製し、52ヶは溶接のまま、29ヶは高周波電気加熱により850～900℃で5分間焼準して、空冷した。代表的焼準条件を図6に示す。

3.1.3 機械的試験 実験1に同じ。結果を表3に示す。引張試験での代表的な応力・歪み曲線を図7に示す。

3.1.4 金相試験 実験1に同じ。結果を図8～10に示す。

§4 実験1および実験2の考察

実験1については強度上とくに問題は認められない。伸び率については母材破断のものは全て正常な絞りが生じ、30%前後で母材と同程度であるが熱影響部破断および溶着金属破断のものは全てぜい性破断的な性状を示し、伸び率も6～9%に低下している。曲げ試験については裏曲げ、表曲げそれぞれ5本ずつ行ない全て90°まで正常に湾曲している。金相試験ではミクロ的またマクロ的に溶接部の融合状況は良好である。熱影響部の金属組織の粒大化は被覆アーク溶接棒直径3.2mmを用いた場合と同程度である。硬さ試験についてはビッカース硬さで母材部160～180、熱影響部170～180、溶着金属部170～190であり、通例問題とされる下限の数値250に比較しても問題はない。X線検査については2箇の供試体の溶接金属部をたいこ状に切り取り、その端面からX線透過したものでは、欠陥検出能力0.5mmにおいて一箇所は無欠陥、他の一箇所は一部に直径2～3mm程度の若干のワームホール（虫食い状の気泡）が存在した。

表3 機械的試験結果
AW:溶接のまま(as weld)
NM:焼ならし(normalized)

グループ		引 張 り							曲 げ		
		本 数	降伏強度	引張強度	伸び率	破 断 位 置			本 数	合格率	
			応力度 kg/mm ²	応力度 kg/mm ²	合格率 (%)	%	母材	熱影響部			溶着金属
実験 1		46	36.6 (98)	55.4 (99)	46/46 [100]	23.1 (77)	38/46 [83]	2/46 [4]	6/46 [13]	10	10/10 [100]
実験 2	AW	37	46 (105)	64 (103)	37/37 [100]	17.0 (66)	15/37 [41]	19/37 [51]	3/37 [8]	13	12/13 [92]
	NM	14	44 (100)	61 (98)	13/14 [93]	15.5 (60)	7/14 [50]	5/14 [36]	2/14 [14]	13	13/13 [100]

()内；各グループの母材諸元に対する百分比

[]内；各グループの供試体数に対する百分比

註 (1)；引張強度はJ I S引張強度を越えるものを合格とする。

註 (2)；90°以上曲がつてひび割れないものを合格とする。

註 (3)；不合格強度とJ I S降伏強度との比率
 $\frac{56.2}{40} \times 100 = 140\%$

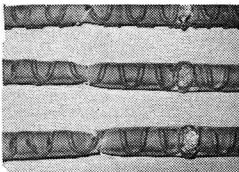
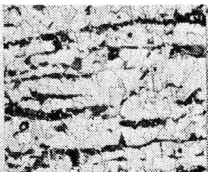
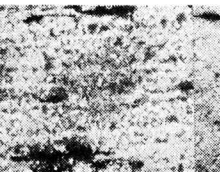


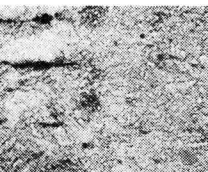
図2 破断外観



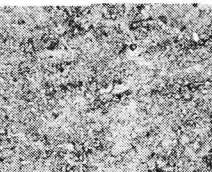
① 母材部



② 熱影響部



③ 融合部



④ 溶接金属部

図3 ミクロ組織写真

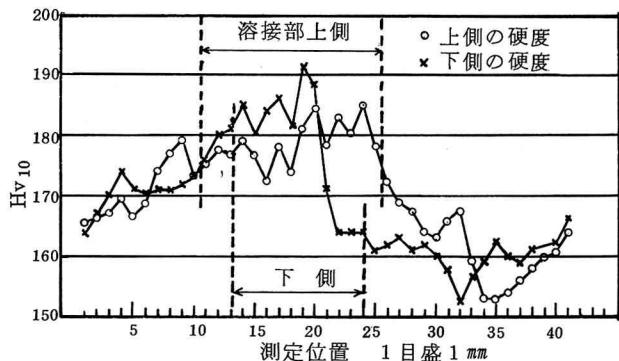


図4 溶接部硬さ

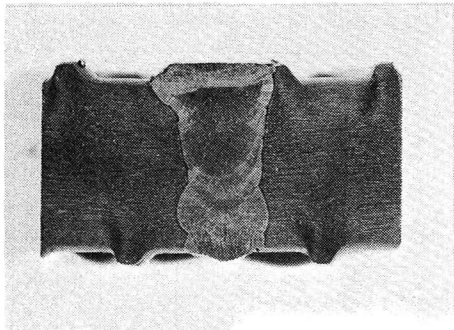


図5 マクロ組織写真

実験 2 については、溶接のまゝのグループ (AW 群) および焼ならしグループ (NM 群) の引張り供試体合計 51 本の内、NM 群の 1 本を除き全て J I S 規格降伏強度および引張強度も上廻っている。NM 群の不合格品 1 本の引張強度は表 3 の註 (ハ) に示すように J I S 規格降伏強度の 140% となっている。AW 群に較べて NM 群は降伏引張強度ともに約 5% 低下しているが、いずれも母材強度のほぼ 100% になっている。図 7 に示すように応力・歪み曲線は、溶接しない母材そのものと溶接供試体の間に何ら特徴的な差異は現われていない。破断位置については実験 1 と実験 2 との間に大きな差異が見られる。すなわち前者では母材破断率が 80~90% のところ、後者では AW 群 40%, NM 群 50% と低下しており、熱影響部および融合部破断が増加している。

伸率については両群の母材破断の例で調べると、AW で平均 28%, NM 群で 21% となり、NM 群が焼ならし効果を受けているように思われる。これは破断部の絞りのくびれにも指摘される。すなわちくびれは

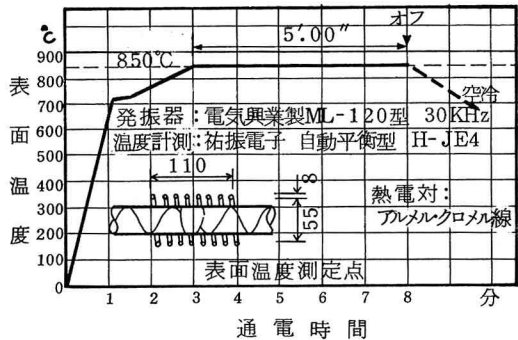


図 6 焼ならし温度計測記録

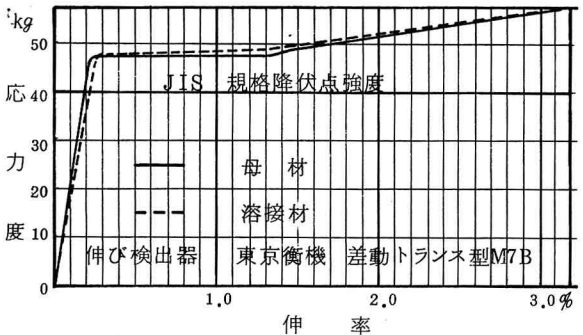


図 7 応力・歪み曲線 (支点間距離 4×38mm)

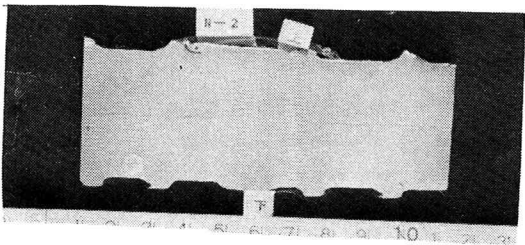


図 8 マクロ組織写真
上側は溶接終端
下側は溶接開始端 (その硬度→)
(その組織↓)

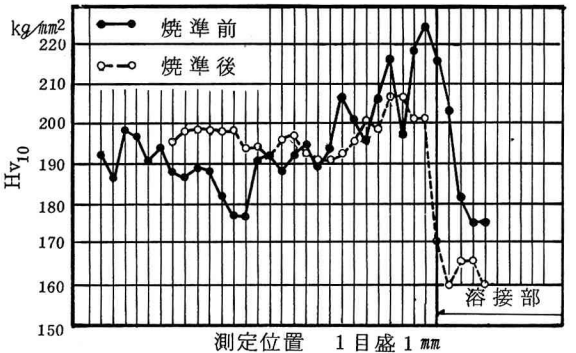
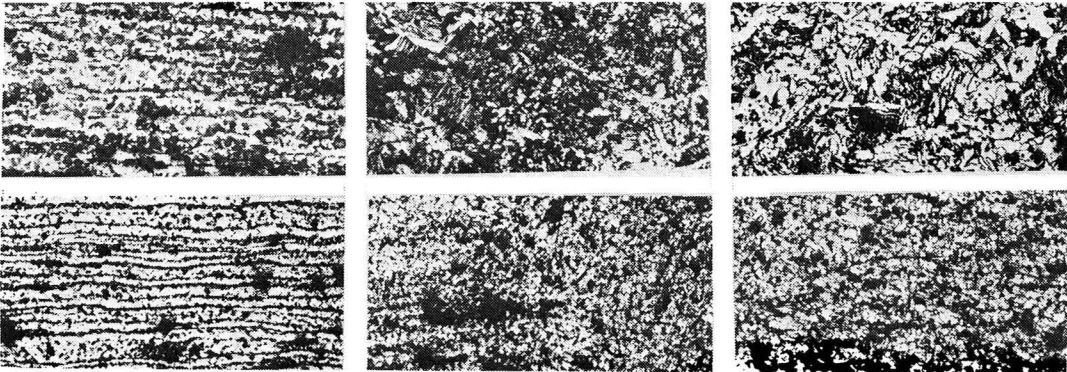


図 10 溶接部硬さ



母材部 融合部 溶着金属部
図 9 ミクロ組織写真 上段 焼ならし前 下段 焼ならし後

A W群よりもN M群の方が急激である。曲げ試験についてはほとん半数ずつ裏曲げ表曲げを行ない、合格率はA W群で92%、N M群で100%である。金相試験では溶接部の融合状況はミクロ的またマクロ的に良好である。図9に示すように熱影響部の組織の粒大化の程度は実験1と同程度であり、N M群では焼ならしによって内部まで微細化されている。この焼ならし効果は図10の溶接部硬さの変化からも認められる。ただ母材破断の割合から言うと、この実験ではA W群と、N M群との間には焼ならしによって母材破断の割合が大きく上昇しているとは言い難く、焼ならしの効果はあまり現われてはいないと言えよう。

§5 結 論 本研究(その1)および(その2)から次の特徴が指摘された。

1. 強 度 D51、D38おしなべて横継手の合格率は98%(114本中112本)で極めて高い。また2本の不合格供試体の破断強度はJIS降伏強度の140~152%であり、継手の平均強度はJIS規格破断強度を上廻るばかりでなく、強度の偏差の小さいことが示された。

2. 伸率および応力・歪み曲線 JIS降伏値の125%までにつき応力歪み曲線を記録し検討した結果、溶接しない鉄筋と溶接した鉄筋の間には異常や傾向的な差異は認められない。

3. 冶金性状 融合状況はマクロ的にもミクロ的にも良好である。アーク止端にもひび割れは無く、また冷却に伴う収縮による拘束亀裂も微視的に検査しているがこれまで認められていない。熱影響部の組織の粒大化は、横継手ではD51、D38とも材種に関らず予想に反して比較的小さく、直径3.2mm溶接棒の被覆アーク溶接による連続溶接の場合と同様である。熱影響部の最高硬度はSD35材で190、SD40材で220前後であり、一般に危険値の最下限値とされる250を比較的大きく下廻っている。溶着金属部の介在物は、X線検査また破断時の目視検査からは大きい介在物は認められず、小さいものもほとんど認められていない。気泡X線検査から直径2~3mm程度のワーム・ホールが認められる場合があるが、強度に影響したと思われる例はない。

4. 焼ならし 冶金的には高周波加熱によればD51までの直径の鉄筋は内部まで所要の温度範囲で焼ならし得ることが、組織試験、硬度試験から結論づけられた。ただ本実験では強度試験に対する焼ならしの効果は、期待したものとはならなかった。すなわち降伏破断強度は2~5%程度低下することになり、母材部破断の割合の上昇率は10%程度で予想に反して低かった。なお確認のためにはさらに実験を拡大する必要がある。

5. 溶接速度 アークタイム(溶接開始から溶接終了までの所要時間)については、この工法の溶着速度は平均10~12cm/分であるのでD29材で1分余、D38で2分前後、D51で3分余である。

6. 継手強度の信頼性 この継手では外部に当金がなく溶接部外観から融合状況や外部欠陥の有無を直接確認することが可能であり、内部欠陥については、エレクトログラス溶接的な上進一層溶接であるために、介在物や気泡の実績が定性的にも定量的にも実質的に少ない。また外観検査結果と引張強度合格率の相関性は高く、一般的に安全側の結果を示した。上記1に示したように継手は強度的に高く、強度偏差は小さく、外観検査の信頼性は高く、継手の信頼性が安定的であることが示された。

この継手では、開先は最も加工しやすいI型であり、アークタイムは比較的高電流を用いた狭開先連続アーク溶接のため手溶接の連続溶接に較べて1/4~1/6に短縮される。また継手では鉄筋両端の軸のずれやルート間隔の変動に対応し易く、組立鉄筋やプレキャスト鉄筋の現場接合に適していることが結論された。なお高サイクル疲労強度についてさらに実験的に検討する必要があるものと理解している。

謝 辞 溶接継手の疲労につき御教示いただいた都立大学村田二郎教授、本実験を御指導下さった大成技研生産技術研究部長山田武氏に感謝の意を表明します。