

2 電極エレクトロガスアーク溶接によるボックス柱角継手溶接の施工 (その2) 実施工構造物の事前調査

小林 光博^{※1}, 白井 嘉行^{※2}

前報告(駒井技報 Vol. 27/2008 2電極エレクトロガスアーク溶接によるボックス柱角継手溶接の施工)において2電極エレクトロガスアーク溶接をボックス柱の角継手溶接に適用するにあたり、溶接条件等の影響を調査した結果を報告した。

本報告では、施工予定構造物のボックス角継手における2電極エレクトロガスアーク溶接施工法の採用に関して、前報告を基に溶接部の性能確認を行った。併せて、施工性や溶接変形等の調査を行い、溶接施工時に起こりえる因子の調査を行った。

キーワード：エレクトロガスアーク溶接、ボックス柱、角継手溶接

1. 序

2電極エレクトロガスアーク溶接をボックス柱角継手の施工に適用することを計画し、施工予定構造物の溶接金属の機械的性質に関する調査を行った。

本溶接工法は1パスでの立向上進溶接となるため、比較的大きな入熱となる。本施工実験は溶接金属が母材 TMCP325C の機械的性質を満足することの確認を目的としている。

2. 試験体

試験体は板厚 80mm の国土交通大臣認定 TMCP325C 鋼をスキムプレートに用い、開先形状は施工予定構造物のボックス溶接部に合わせてT継手と角継手2種類の試験体とした。図1に試験体形状を、図2に開先形状および電極配置を示す。T継手試験体および角継手試験体共にルートギャップ 10mm、開先角度 15° とし、予熱は行わず、前報告を基に電流 380A、電圧 42V を標準条件として設定した。溶接上下端部に板幅 150mm、板厚 80mm のエンドタブを取付けた。表1に使用鋼材の機械的性質を示す。溶接材料は JIS Z 3313 YFW-C60EM 1.6Φを用いた。表2に溶接材料の化学成分を示す。表3に施工時溶接記録を示す。溶着速度は約 440g/min の値であった。

前報告において確認された開先内フランジ側の溶込み不良についてはオシレート電極側のストローク距離およびサイクルタイムを調整することにより改善を行った。

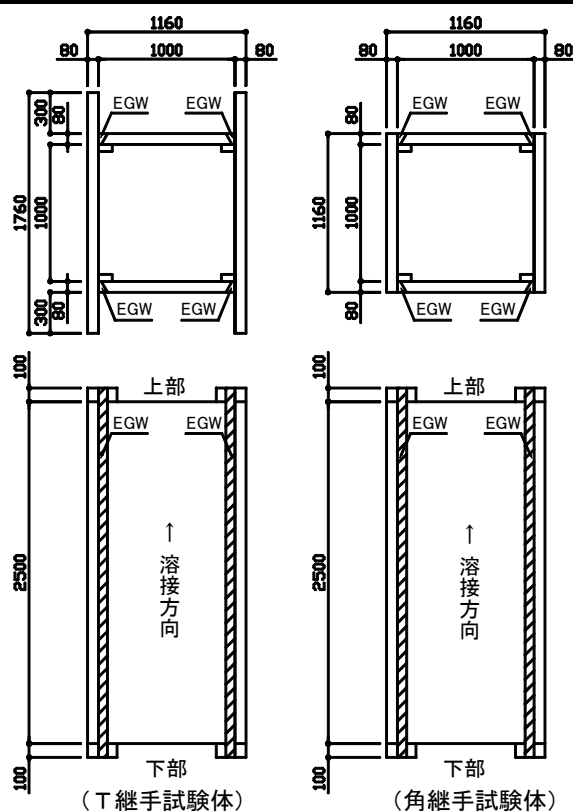


図1 試験体形状 (単位:mm)

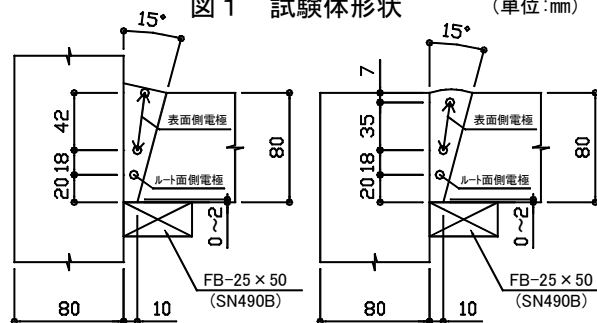


図2 開先形状および電極配置図 (単位:mm)

※1 鉄構事業部 鉄構富津工場 技術課長

※2 鉄構事業部 鉄構富津工場 技術課係長 修士(工学)

表 1 使用鋼材の機械的性質および化学成分（ミルシート）

試験体	材質	機械的性質				化学成分(%)						
		YP (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	EL (%)	YR (%)	C	Si	Mn	P	S	Ceq	P _{CM}
T継手試験体	TMCP325C	393	544	33	72	0.14	0.34	1.24	0.01	0.002	0.37	0.22
角継手試験体	TMCP325C	391	541	34	72	0.15	0.35	1.26	0.008	0.001	0.38	0.23

表 2 溶接材料の化学成分（ミルシート）

単位 (%)

電極	銘柄	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Ti	Mo
F側電極	DW-S60GTF	0.05	0.16	1.31	0.010	0.007	0.02	2.35	0.03	0.09
R側電極	DW-S60GTR	0.05	0.14	1.26	0.011	0.006	0.02	0.03	0.03	0.98

表 3 施工時溶接記録

試験体	電流 (A)		電圧 (V)		溶接速度 (cm/min)	入熱 (kJ/cm)
	F側電極	R側電極	F側電極	R側電極		
T継手試験体	380~400	380~400	42~48	42~45	3.4~3.9	513~600
角継手試験体	400~420	360~380	40~43	40~43	2.8~3.3	599~691

YP:降伏点、TS:引張強さ、EL:伸び、YR:降伏比
 $C_{eq} = C + Mn/6 + Si/24 + Cr/5 + Ni/40 + Mo/4 + V/14$
 $P_{CM} = C + Mn/20 + Si/30 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + B$

F側電極：表面側電極
 R側電極：ルート側電極

3. 試験結果および考察

(1) 超音波探傷試験

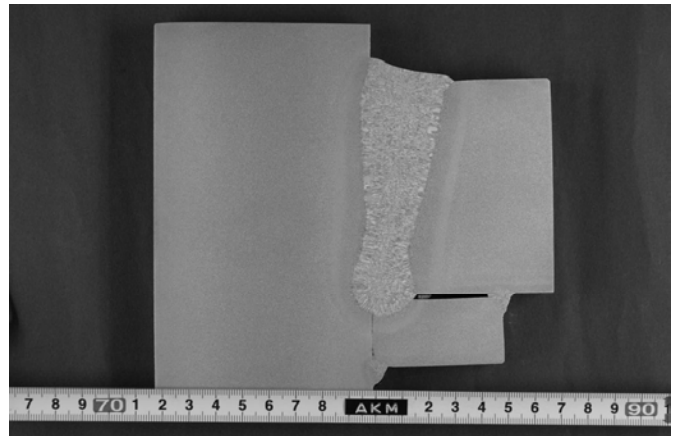
日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」の「溶接部に引張応力が作用する場合」により、溶接部の内部欠陥を検査した。その結果、アーク始端より上側 50mm およびアーク終端より下側 50mm の箇所を除く探傷範囲において溶接部の欠陥は検出されなかった。

(2) 溶接外観検査

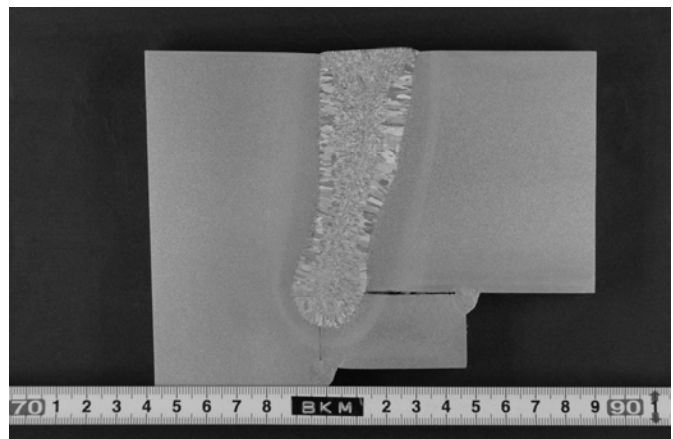
T継手試験体および角継手試験体共に溶接金属表面の割れ、ピット等の表面欠陥は見られなかった。T継手試験体のフランジ側溶接止端部にアンダーカットが生じた箇所が一部あった。ただし、これらのアンダーカットは溶接止端部がやや丸みを帯びた形状で凝固した結果であり、形状的に鋭角で深いものではなかった。

(3) マクロ試験

図3にマクロ試験結果を示す。T継手試験体および角継手試験体共に溶接金属内部の割れ、ブローホール等の欠陥は見られなかった。電極間の融合不良は見られず溶接金属が一体となっており、また、ルート側の溶込み不良も見られず、母材に対する良好な溶込みが確認できた。



(T継手試験体)



(角継手試験体)

図3 マクロ試験片写真

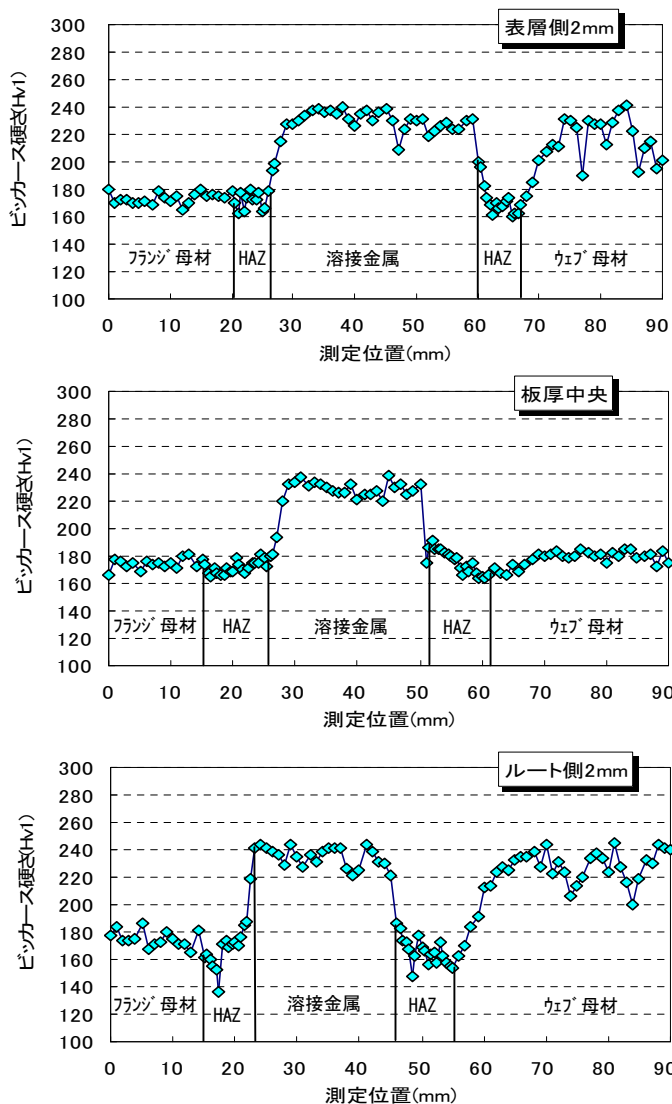


図4 ビッカース硬さ試験結果
(T継手試験体)

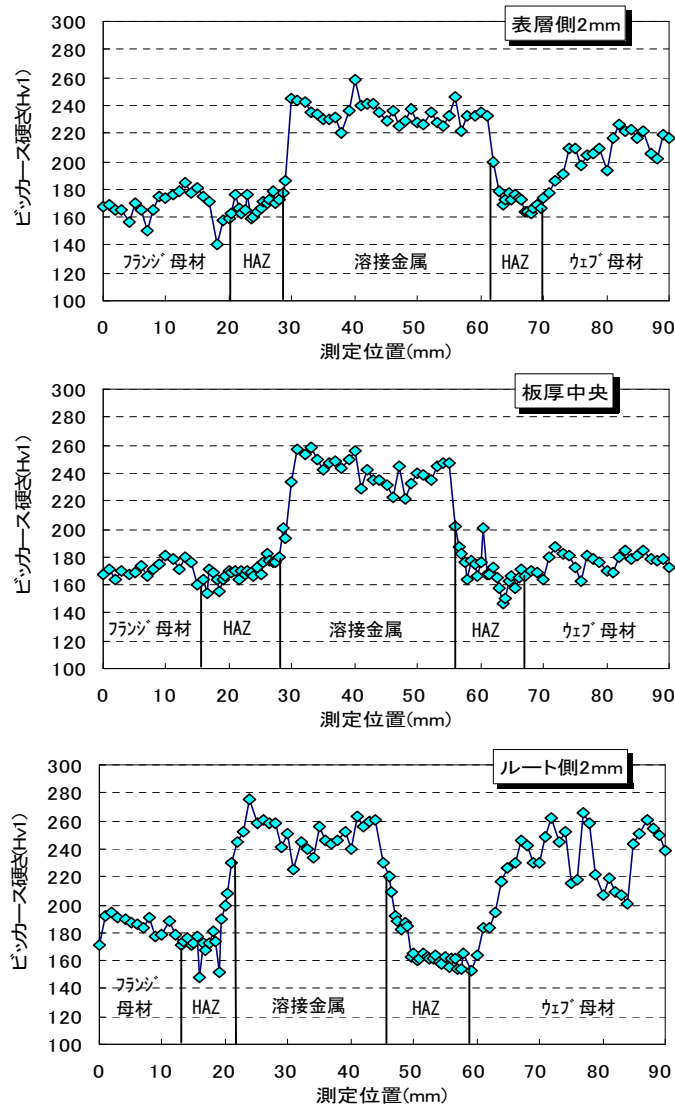


図5 ビッカース硬さ試験結果
(角継手試験体)

(4) ビッカース硬さ試験結果

図4および図5にビッカース硬さ試験結果を示す。試験力は9.8Nで表層側2mm、板厚中央、ルート側2mmについて測定した。打点ピッチは母材および溶接金

属は1.0mm、熱影響部は0.5mmで行った。各部位のビッカース硬さの値は母材 約 160Hv、溶接金属 約 240Hv であり、試験片全体では約 140~270Hv の値を示し極端な軟化部および硬化部は確認できなかった。

(5) 溶接金属引張試験

図6に溶接金属引張試験片採取位置を示す。試験片は平行部の径 12.5mm の JIS Z 3111 A1 号とし、1/4T、1/2T、3/4T の各位置より採取した。表4に溶接金属引張試験結果を示す。試験結果は降伏点、引張強さ共に母材の規格下限値を満足した。降伏点および引張強さはT継手試験体の方が角継手試験体より高い値であった。試験片採取箇所の入熱および試験体形状による冷却速度の相違が影響として考えられる。

(6) シャルピー衝撃試験

図7にシャルピー衝撃試験片採取位置を示す。JIS Z 2242 V ノッチ試験片を用い、試験温度は0℃とした。ノッチ位置はHAZ、BOND、DEPO 中央とし、1/4T および 1/2T は表面側ノッチ、3/4T は裏側ノッチとした。また、1/4T、1/2T 位置については DEPO 端部 2 箇所を追加した。表5にシャルピー衝撃試験結果を示す。表の値は同一箇所の試験片 3 本の平均である。試験結果は母材の規格下限値 27J を満足した。図8に0℃吸収エネルギー採取位置関係を示す。0℃吸収エネルギーはHAZ 部で高い値を示したのに対し、T継手試験体はDEPO 中央部、角継手試験体はウェブ側の BOND 部において比較的低い値を示した。断面部位による冷却速度の差異によるものと思われる。一方、DEPO 端部の0℃吸収エネルギーはBOND および DEPO 中央部より大きな値を示した。

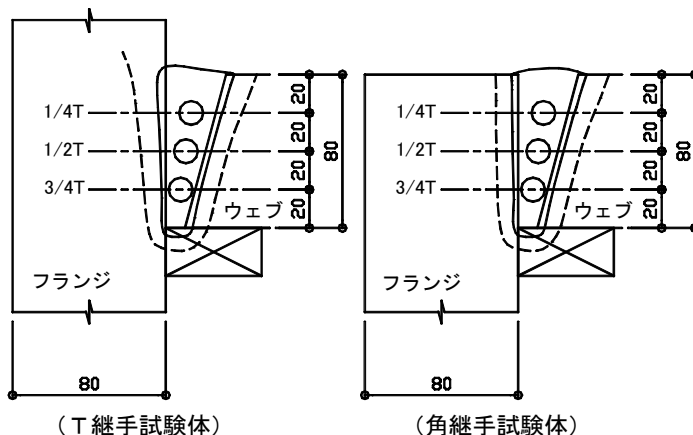


図6 溶接金属引張試験片採取位置

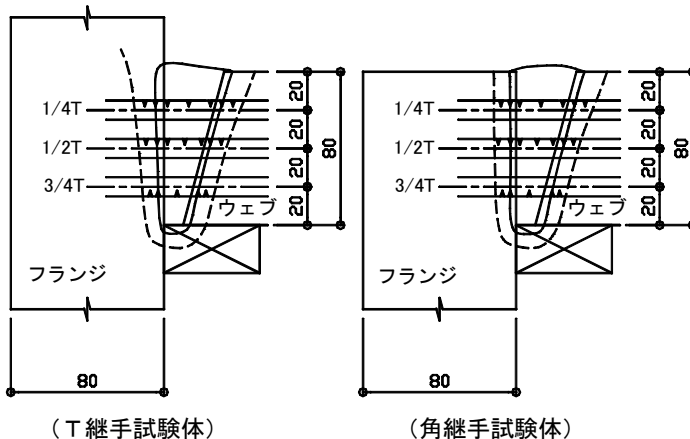


図7 シャルピー衝撃試験片採取位置

表4 溶接金属引張試験結果

採取位置		YP (N/mm ²)	TS (N/mm ²)	EL (%)	YR (%)	RA (%)	
T継手 試験体	1/4T	1本目	520	671	24	77	64
		2本目	529	669	23	79	65
	1/2T	1本目	547	683	24	80	65
		2本目	561	687	24	82	65
	3/4T	1本目	536	678	24	79	61
		2本目	538	676	24	80	51
角継手 試験体	1/4T	1本目	482	655	20	74	64
		2本目	470	638	16	74	67
	1/2T	1本目	493	691	16	71	60
		2本目	472	598	16	79	57
	3/4T	1本目	499	648	20	77	67
		2本目	488	619	18	79	60

YP:降伏点、TS:引張強さ、EL:伸び、YR:降伏比、RA:絞り

表5 シャルピー衝撃試験結果一覧

(単位: J)

採取位置		HAZ (フランジ側)	BOND (フランジ側)	溶接金属端部 (フランジ側)	溶接金属 中央部	溶接金属端部 (ウェブ側)	BOND (ウェブ側)	HAZ (ウェブ側)
T継手 試験体	1/4T	226	168	174	46	120	96	267
	1/2T	189	125	185	41	162	112	246
	3/4T	213	95	-	42	-	69	271
角継手 試験体	1/4T	202	141	203	111	149	47	233
	1/2T	211	133	137	93	142	81	217
	3/4T	224	70	-	89	-	57	241

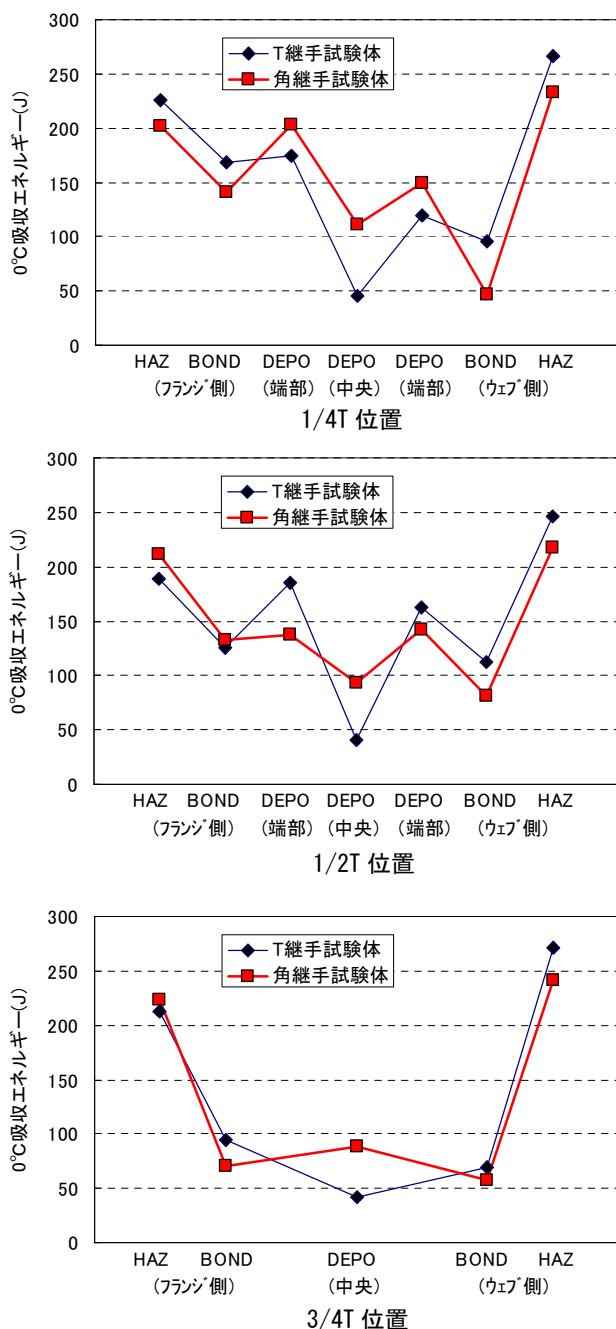


図8 0°C吸収エネルギー試験片採取位置関係

4. 溶接変形

図9にT継手試験体のボックスフランジの角変形計測結果を示す。試験体の上部、中央部、下部に対して計測を行った。ボックスフランジ端部の拘束等は行わず、溶接施工を行った結果である。角変形は試験体下部より上部の方が大きな値であった。全長、柱頭・柱脚のせいおよびねじれに関しては溶接による寸法の変化は特に変化は見られなかった。

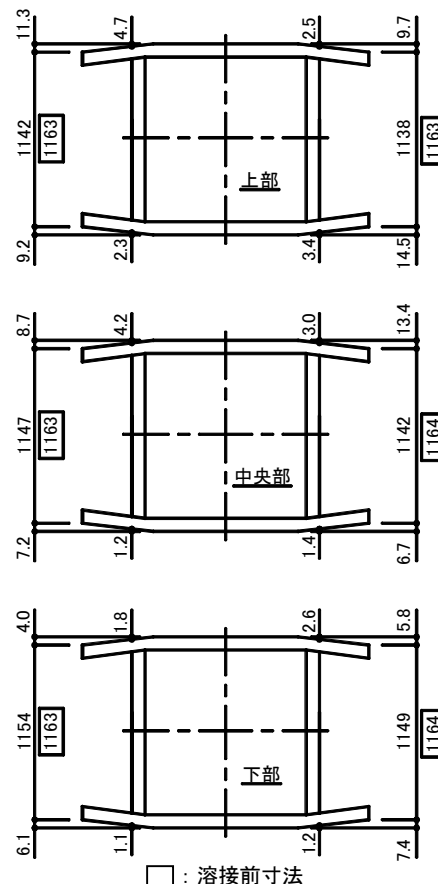


図9 角変形計測結果 (T継手試験体)

5. まとめ

2電極エレクトロガスアーク溶接をボックス柱の角継手溶接に適用するにあたり、溶接金属引張試験、シャルピー衝撃試験、断面マクロ組織観察およびビッカース硬さ試験を行い、溶接部の調査を行った。その結果、スキンプレート板厚 80mm のTMCP325C 鋼に対し、母材の規格を満足する結果を得ることができた。本実験の成果を生かし、実施工を進める。

参考文献

- 1) 小林光博・白井嘉行：2電極エレクトロガスアーク溶接によるボックス柱角継手溶接の施工, 駒井技報 Vol. 27/2008
- 2) 日高武史・笹倉秀司・橋本哲哉・長谷薫：2電極エレクトロガスアーク溶接法および溶接材料の開発, 溶接学会全国大会講演梗概 2003