

# 溶接組立箱形断面柱に偏心した梁が取付く 溶接継手部の構造性能

## STRUCTURAL BEHAVIOR OF ECCENTRIC BEAM FLANGE-TO-BUILT-UP BOX COLUMN JOINTS

小林 光博\* 吉村 鉄也\*\*  
Mitsuhiro Kobayashi Tetsuya Yoshimura

溶接組立箱形断面柱（以下、BOX 柱と記す）の製作には、内ダイアフラムにはエレクトロスラグ溶接（以下、ESW と記す）、角継手には2電極サブマージアーク溶接（以下、SAW と記す）という2種類の大入熱溶接法が適用されている。その結果、内ダイアフラムのコーナー部には、ESW の2溶接線と角継手 SAW の1溶接線の3溶接線が交差（以下、三線交差部と記す）することになる。三線交差部は、大入熱による熱影響を繰り返し受けており、機械的性質が変質している可能性があるが、その部分の構造性能を確認した文献は少ない。また、最近柱幅と梁幅が近い、柱に対して偏心した梁が取付く等、三線交差部に過大な応力が生じるディテールも見受けられ、同部位の機械的性質を把握することは重要であると考えられる。今回、実物大の試験体を用いて実施した三線交差部の構造性能確認試験の結果を報告する。

**キーワード：BOX柱、三線交差部、エレクトロスラグ溶接、サブマージアーク溶接、偏心梁**

### 1. はじめに

建築鉄骨のデザインが多様化する昨今、柱梁接合部のディテールも多様化しており、柱芯に対し梁フランジが偏心するディテールや拡幅梁等の適用により、柱幅と梁幅が近いディテールが見受けられるようになってきた。この場合、柱の角部に梁フランジが取り付けることになる。BOX柱の場合、梁フランジが取り合う柱の角部は、ESW の二溶接線と角継手部のSAWが交差する三溶接線交差部となっており、これら大入熱溶接の影響を繰り返し受けている箇所に梁フランジが溶接されることになる。このことから、この部位における溶接部の品質を確認することは重要と考えられる。

本研究は、このような SAW と ESW の三線交差部に梁フランジが炭酸ガスシールドアーク溶接（以下、CO<sub>2</sub> 溶接）される実物大の試験体を製作し、溶接部の

機械的性質および三線交差部を含む継手の引張破壊性状を確認することを目的とする。

### 2. 試験体形状

図-1 に試験体の形状および寸法を示す。試験体は、試験体 K と試験体 S の2体を2つの異なる工場で作成した。試験体 K は当社で、試験体 S は BOX 柱を柱専門に製作する協力業者で作成したものである。BOX 柱の寸法は、□-1000x1000x70 で長さ 2500mm、スキンプレートのフラ

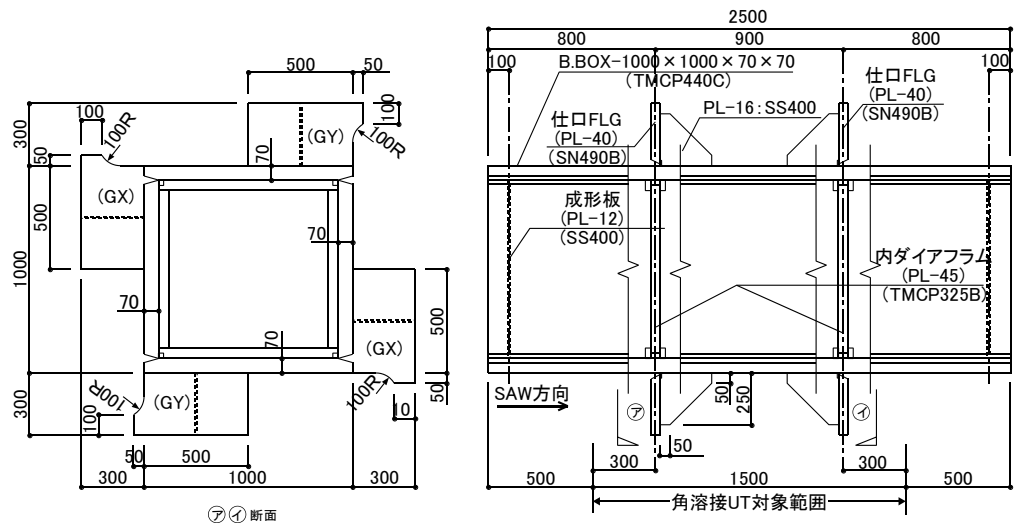


図-1 試験体形状および寸法

\* 製造本部 富津工場 生産技術部

\*\* 製造本部 富津工場 鉄構設計部 技術課

表-1 使用鋼材の機械的性質および化学成分

鋼種	板厚 (mm)	降伏点/耐力 (N/mm <sup>2</sup> )	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	降伏比 (%)	衝撃値 (J) Ave	化学成分(%)					P <sub>CM</sub> (%)	Ceq (%)	適用 試験体	適用部位
							C	Si	Mn	P	S				
							× 100			× 1000					
TMCP440C-S	70	506	633	29	80	269	8	6	153	5	2	0.19	0.46	K	柱スキンPL
TMCP440C-S	70	486	619	29	78	279	8	6	150	4	2	0.19	0.45	S	柱スキンPL
TMCP325B	45	398	537	33	74	256	13	21	126	12	2	0.20	0.36	K	内ダイアフラム
TMCP325B	45	403	554	35	73	276	12	34	133	3	1	0.20	0.36	S	内ダイアフラム
SN490B	40	347	516	27	67	198	16	27	140	18	4	0.24	0.42	K, S	仕口フランジ

ンジおよびウェブの鋼種は 590N/mm<sup>2</sup> 鋼 (TMCP440C-HAZ) とし、内ダイアフラムは板厚 45mm で鋼種を 490N/mm<sup>2</sup> 鋼 (TMCP325B) とした。また、BOX 柱に偏心して取付く梁をイメージして幅 500mm、板厚 40mm の梁フランジに相当する鋼板を BOX 柱の四辺に CO<sub>2</sub> 溶接した。梁フランジの鋼種は 490N/mm<sup>2</sup> 鋼 (SN490B) である。表-1 に使用鋼材の機械的性質および化学成分を示す。

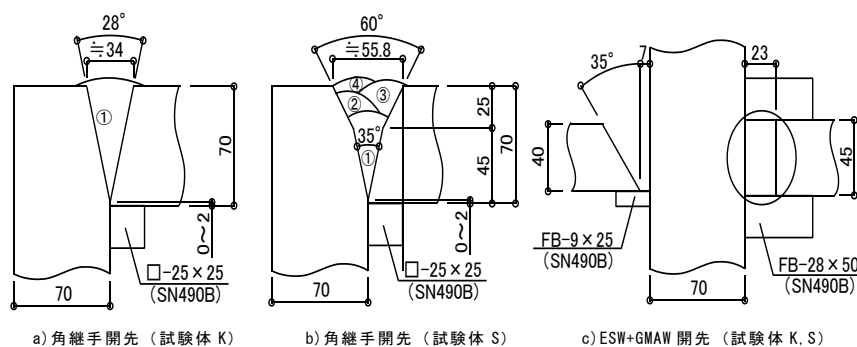


図-2 開先形状

また図-2 に BOX 柱に適用した開先の形状を示す。試験体 K と試験体 S では、SAW 部の開先形状は異なるが、ESW 部および CO<sub>2</sub> 溶接部の開先形状は共通である。SAW 部の開先形状は、試験体 K は 28°V 形開先の 1 パス SAW 施工、試験体 S は 2 段 V 形開先 (初層 35°表層 60°) の 4 パス SAW とした。CO<sub>2</sub> 溶接部は溶接材料に YGW18 (1.2φ) を用いて横向き姿勢により梁フランジを取付けている。なお、BOX 柱は SAW 部を先行して施工し、その後 ESW 部を施工している。表-2 に SAW と ESW に用いた溶接材料および溶接施工条件を示す。

表-2 溶接材料および溶接施工条件

a) 溶接材料							
適用試験体	溶接法	使用溶接材料					
		JIS 規格	ワイヤ銘柄	ワイヤ径	フラックス銘柄	メーカー	
K	1 パス SAW	JIS Z 3183	S623-H1	US-49	6.4φ	PF-I53ES	神戸製鋼所
S	4 パス SAW	JIS Z 3183	S624-H4	KW-101B	6.4φ	KB-551M	神戸製鋼所
K	ESW	JIS Z 3353	YES501-S	YM-55S	1.6φ	YF-15I	日鐵住金溶接工業
S	ESW	JIS Z 3353	YES562-S	YM-55HF	1.6φ	YF-15I	日鐵住金溶接工業

b) 溶接施工条件							
適用試験体	溶接法	溶接施工条件					
		電極	電流(A)	電圧(V)	速度(cm/min)	入熱(kJ/cm)	パス間温度(°C)
K	1 パス SAW	L	2300	38	17	654	-
		T	2000	49			
S	4 パス SAW	L	1350~1800	35~36	21~50	108~396	91~100
		T	1200~1600	42~46			
K	ESW	-	380	52	1.45~1.62	733~818	-
S	ESW	-	380	52	1.65	719	-

3. 機械試験計画および試験結果

機械試験は表-3 に示す内容とし、機械試験片は、内ダイアフラム 2 枚に対し、図-3 に示す三線交差部より採取した。なお、継手引張試験 ST2 は変位計トラブルにより荷重-変位曲線のデータが採取できなかったため、予備試験片 ST2A で継手引張試験を実施した。

3.1 シャルピー衝撃試験

試験片は柱のフランジ、ウェブそれぞれの梁フランジ仕口部に対し、図-4 に示す位置よりフェイスノッチの試験片を採取した。

表-3 機械試験実施項目

試験項目	部位	数量	試験片記号	
			試験体 K	試験体 S
引張試験	柱 WEB 部 ESW+CO <sub>2</sub> 半自動 (横向) (幅広十字継手引張試験片)	1 体+予備 1 体	KT1 予備 KT1A	ST1 予備 ST1A
	柱 FLG 部 ESW+CO <sub>2</sub> 半自動 (横向) (幅広十字継手引張試験片)	1 体+予備 1 体	KT2 予備 KT2A	ST2 予備 ST2A
シャルピー 衝撃試験	柱 WEB 面付仕口 仕口 FLG 端部柱側 BOND	各 3 本	KC1-1,2,3	SC1-1,2,3
	柱 WEB 面付仕口 ESW+CO <sub>2</sub> 部柱側 BOND	各 3 本	KC2-1,2,3	SC2-1,2,3
	柱 FLG 面付仕口 仕口 FLG 端部柱側 BOND	各 3 本	KC3-1,2,3	SC3-1,2,3
	柱 FLG 面付仕口 ESW+CO <sub>2</sub> 部柱側 BOND	各 3 本	KC4-1,2,3	SC4-1,2,3
マクロ 硬さ試験	柱 WEB 部 ESW+CO <sub>2</sub> 半自動 (横向)	1 体	(KM1) *KT1A より採取	(SM1) *ST1A より採取
	柱 FLG 部 ESW+CO <sub>2</sub> 半自動 (横向)	1 体	(KM2) *KT2A より採取	(SM2) *ST2A より採取

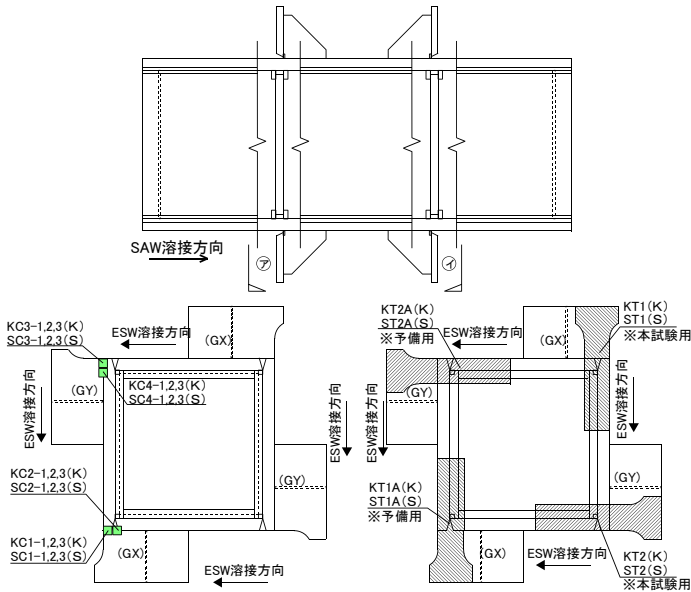


図-3 試験片採取位置

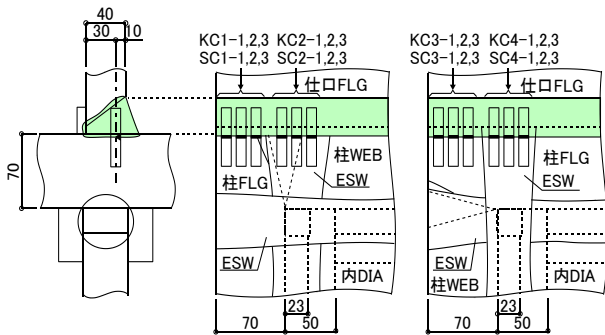


図-4 シャルピー衝撃試験片採取位置

表-4 シャルピー衝撃試験結果 (試験温度 0℃)

試験片記号	吸収エネルギー(J)	平均値(J)	試験片記号	吸収エネルギー(J)	平均値(J)
KC1-1	51	175	SC1-1	124	118
KC1-2	234		SC1-2	178	
KC1-3	240		SC1-3	52	
KC2-1	98	124	SC2-1	147	144
KC2-2	109		SC2-2	152	
KC2-3	164		SC2-3	133	
KC3-1	56	172	SC3-1	187	218
KC3-2	150		SC3-2	227	
KC3-3	309		SC3-3	240	
KC4-1	126	117	SC4-1	243	170
KC4-2	129		SC4-2	134	
KC4-3	96		SC4-3	132	

衝撃試験片はJIS Z 2242 Vノッチ試験片を用い、試験温度は0℃で行った。試験結果を表-4に示す。シャルピー吸収エネルギーは今回の採取位置、ノッチ方向では、117J～218Jと全ての試験片で梁端接合部に要求される70J以上を満した。

3.2 マクロ・硬さ試験

マクロ写真を図-5に、ビッカース硬さ試験における最高硬さおよび最低硬さの結果を図-6に、試験片KM1および

SM1のESW部の硬さのグラフを図-7に示す。図-7の0点は図-6に示すESW溶接金属の交点としている。

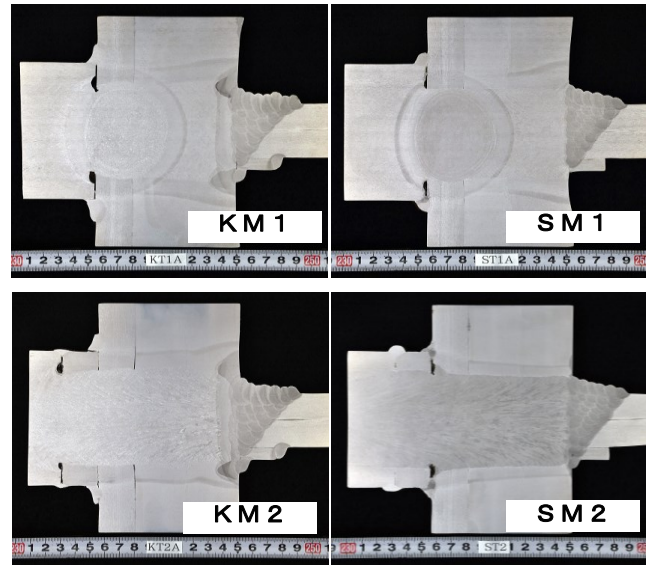
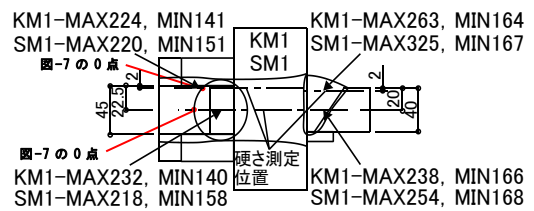
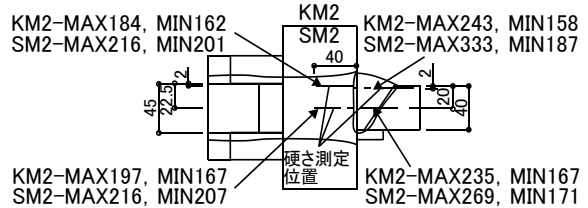


図-5 マクロ写真



a) KM1, SM1



b) KM2, SM2

図-6 ビッカース硬さ試験最高および最低硬さの結果

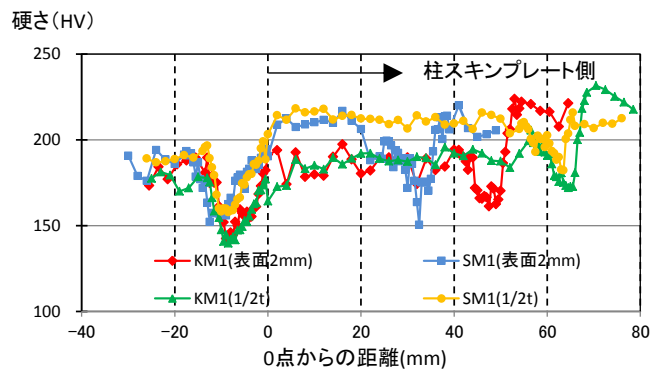


図-7 ビッカース硬さ試験結果 (KM1, SM1)

マクロ試験結果は、いずれの試験片からも有害な欠陥は検出されなかった。硬さ試験の結果は、最高硬さに関しては、350HV (HV10) を超えるような極端な硬化は見られず、割れを誘発する傾向はないものと考えられる。

### 3.3 三線交差部を含む継手の引張試験

継手試験片形状を図-8 に示す。継手の両端部には、つかみ材として PL-50 (TMCP325B) を取り付けた。継手数は、試験体 K と試験体 S の柱フランジ付仕口および柱ウェブ付仕口それぞれから各 1 体採取した。载荷は、単調引張とし、破壊に至るまで载荷した。また変位測定は、図-8 に示す標点距離区間の伸びを変位計にて測定した。図-9 に荷重-変形関係を、図-10 に継手引張試験の破断状況例 (KT2) を示す。いずれの試験体も仕口フランジの母材が十分に伸び、延性的に破壊した。図-9 中の荷重は引張試験における最大荷重、括弧内数値は最大耐力を示している。すべての試験片において、引張強さは仕口フランジ母材 (SN490B) の規格値 (490N/mm<sup>2</sup> 以上) を満足した。三線交差部には、外観上特に変形などは認められなかった。

### 4. まとめ

BOX 柱三線溶接交差部の機械的性質および継手の引張試験を行った。試験体各位置のシャルピー吸収エネルギー (vE<sub>0</sub>) は、今回の採取位置、ノッチ方向では 117J ~ 218J と高い値を示した。マクロ・硬さ試験も有害な欠陥はなく、硬さも 350HV を下回った。また継手引張試験は梁フランジの延性破断で十分な伸び性能を示し、BOX 柱三線溶接交差部に外観上損傷は認められなかった。

### 謝辞

本研究は(株)日本設計、JFE スチール(株)、(株)駒井ハルテック 3 社の共同研究として実施したものであります。ここに紙面を借りて、両社の関係者に厚く御礼申し上げます。

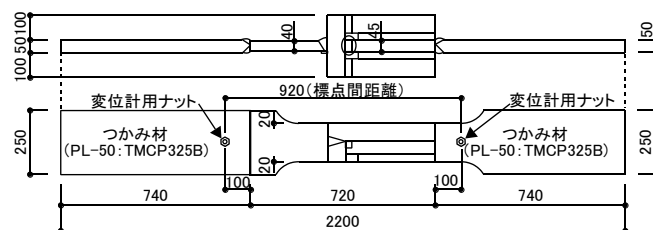
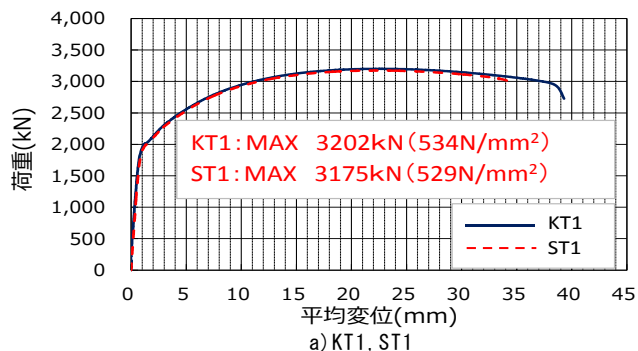
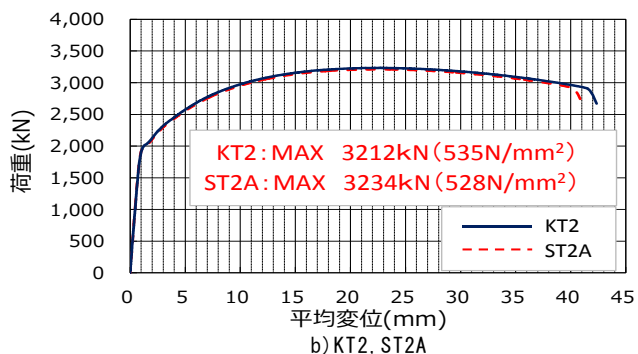


図-8 継手形状・寸法 (KT1, ST1)



a) KT1, ST1



b) KT2, ST2A

図-9 荷重-変形関係



図-10 継手引張試験片破断状況例 (KT2)