

広幅平鋼の溶接性試験

田中一男*
高橋 正**

1. はじめに

最近、各鉄骨工事において、柱・梁のフランジ材として「広幅平鋼」を用いるケースが増えており、その溶接性を確認するために本試験を行った。

2. 試験の種類

一般的なプレート構造のL、 \boxplus 形柱の仕口部分の略図を図-1に示す。

柱シャフトフランジ及び仕口（梁）フランジそれぞれに使用するケースについて、鋼板と平鋼の組み合わせは3種類が考えられる。更に梁フランジへの使用を考慮した十字すみ肉試験、板厚方向の性能試験としてZ方向引張り試験を計画した。

上記に母材材料試験と突合わせ溶接試験を加えて試験の種類を表-1の通りとした。

3. 試験材料

本試験には下記の材料を使用した。

- ① 広幅平鋼 WF25~19（関西製鋼）、DF16（大三製鋼）
 - ② 鋼板 PL-25、PL-16（新日鐵）
- 材質はいずれもSM50Aとした。

4. 試験要領

試験体の形状、寸法、試験片の採取要領については、日本建築学会「鉄骨工事技術指針・同解説」付則2サブマージアーク自動溶接を実施する工場の承認手続き、同付則3消耗ノズル式エレクトロスラグ溶接を実施する工

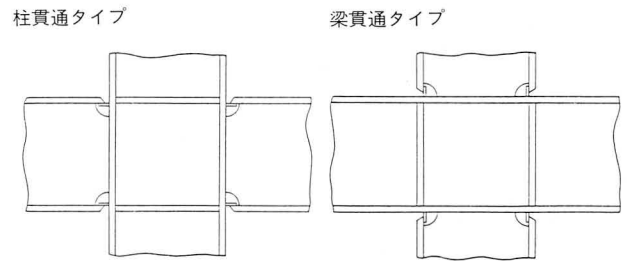


図-1 柱・梁仕口例

表-1 試験の種類

NO	試験	形状	試験	溶接方法	姿勢	鋼材		
						種類	板厚	
1	母材材料試験		T(引張) B(曲げ) S(シャルピー) 分析			WF	25mm	
2	突合せ		UT M(マクロ)硬さ SB(側曲げ) FB(自由曲げ) T S	サブマー ジ溶接	F	WF	25	
3								
4								
5	十字形突合せ		UT M硬さ 十字形曲げ 十字形引張 S T	CO ₂ 半 自動溶接	F	a RL	25	
6						b WF	25	
7						a WF	25	
8						b RL	25	
9						a WF	25	
9						b WF	25	
10	十字すみ肉			サブマー ジ溶接	F	a WF	25	
11						b RL	16	
12	Z方向引張試験		T	圧接		a WF	32 28 25 22 19 16	
						b RL	25	

材質はSM50Aとする

* 松本工場製造部副部長

** 松本工場製造部生産技術課

表-2 溶接条件

NO	図	姿勢	層	電流(A)	電圧(V)	NO	図	姿勢	層	電流(A)	電圧(V)
②		F	1	750	34	⑦		H	<R>	320	38
			2	750	34				<L>	320	38
			3	750	34					320	38
③		F	1	350	38	⑧		F	<R>	340	32
			9	350	38				<L>	340	32
③		F	1	340	38	⑨		H	<R>	310	36
			9	340	38				<L>	310	36
④		F	<R>	320	39	⑩		F	1	750	34
			10	320	39				2	750	34
			<L>	320	39				3	750	34
			10	320	39				4	750	34
⑤		H	<R>	320	38	⑪		F	1	280	
			15	320	38				2	280	
			<L>	320	38				3	280	
			15	320	38				4	280	
⑥		F	<R>	340	32				1	340	32
			8	340	32				2	340	32
			<L>	340	32				3	340	32
			8	340	32				4	340	32

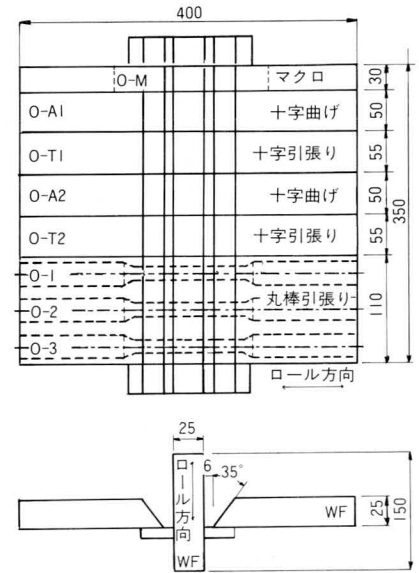


図-2 試験体形状、寸法及び試験片採取要領(No.6, 7)

場の承認手続きを参考とした。

図-2 に試験体と試験片採取要領の一例を示す。

5. 溶接条件

表-2 に溶接条件を示す。尚、溶接前の母材のUT試験を行ったが結果は良好であった。(JIS G0801による)

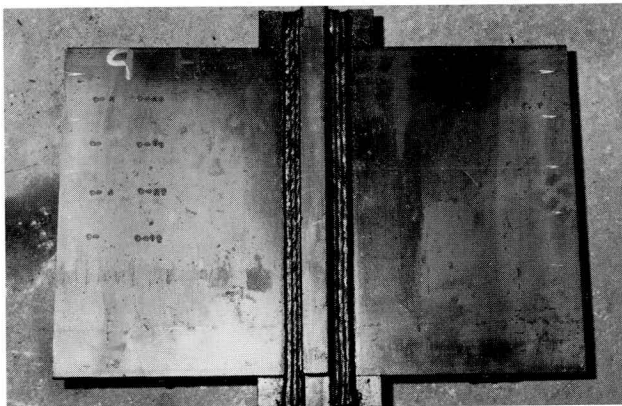


写真-1 溶接完了試験体

6. 試験結果

表-3、4 に機械試験の結果を、表-5 に分析試験結果を示す。

試験NO.4 (十字形突合わせ) の硬さ試験結果を図-3 に示す。

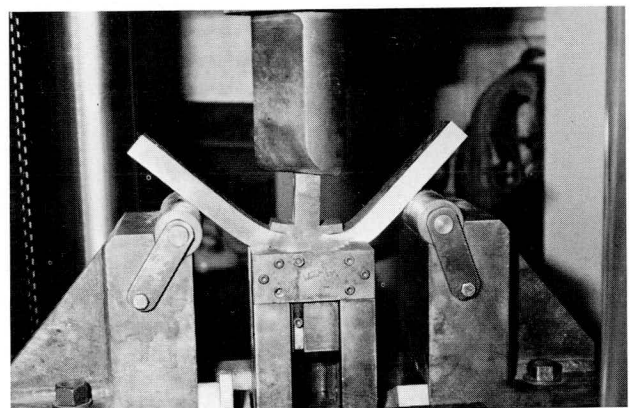


写真-2 十字曲げ試験

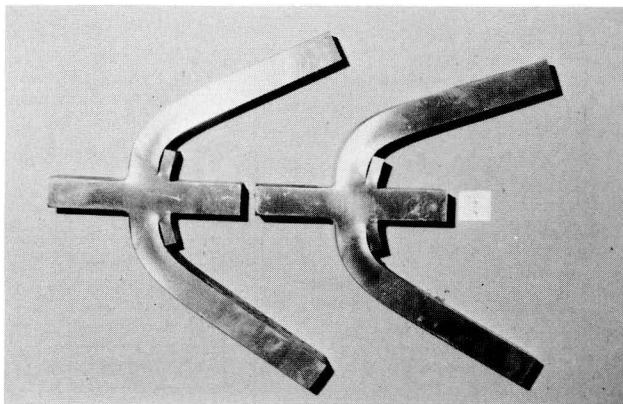


写真-3 十字曲げ試験片

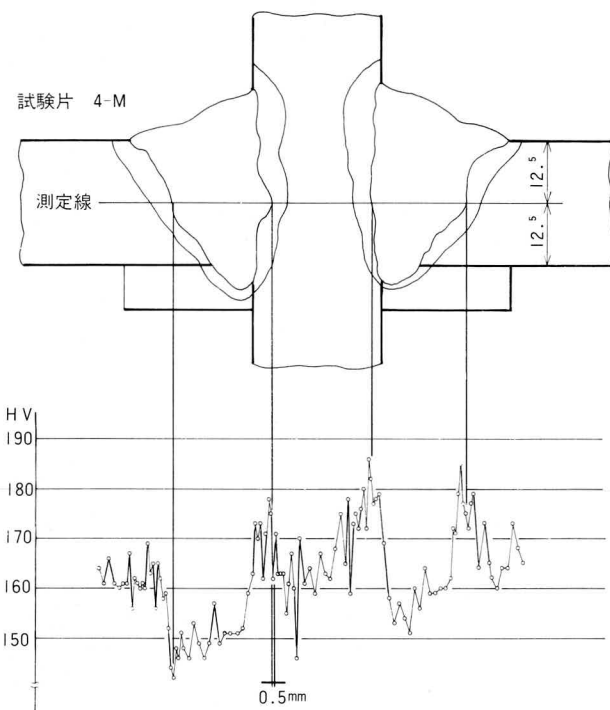


図-3 十文字突合せ硬さ試験結果

7. まとめ

(1) 母材

表-6 に母材材料試験結果をミルシートの値と比較して示す。

ミルシートの試験値と今回の試験結果を比較すると、降伏、引張り強度は大体一致し、伸びは若干上回った結果となっている。

シャルピー値はSM50A材については、JIS規定がないが、本試験においては3.9とSM50B規格を満たす結果が出た。しかし、これも決して高いといえる値ではない。

表-3 機械試験結果(1)

試験項目	試験No	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	
U T		良	良	—	良	良	良	良	良	—	—	
マクロ		良	良	—	良	良	良	良	良	良	良	
引張(十字)	T1	52.0	55.3	—	55.6	59.6	56.3	59.1	57.2	57.1	60.2	39.4
	T2	51.6	56.3	—	56.1	60.5	56.5	59.0	56.3	57.6	59.7	39.3
十字曲げ	A1	—	—	—	良	良	良	良	良	良	良	良
	A2	—	—	—	良	良	良	良	良	良	良	不良
側曲げ	SA1	良	良	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	SA2	良	良	—	—	—	—	—	—	—	—	—
自由曲げ	FA1	良	良	—	良	—	—	—	—	—	—	—
	FAI	良	良	—	良	—	—	—	—	—	—	—
丸棒引張	1	—	—	53.6	—	—	54.2	55.6	—	—	—	—
	2	—	—	53.1	—	—	54.0	56.9	—	—	—	—
	3	—	—	53.7	—	—	54.4	56.0	—	—	—	—
	4	—	—	54.2	—	—	—	—	—	—	—	—
シャルピー	Depo	—	9.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	HAZ	—	16.6	—	7.0	5.6	—	—	3.2	2.0	—	—
	はきみ板部	—	—	—	1.0	1.5	—	—	1.3	1.2	—	—
備考												

表-4 機械試験結果(2)

No.	マーク	径mm	降伏荷重 kgf	降伏強度 kgf/mm ²	引張荷重 kgf	引張強度 kgf/mm ²	伸び %	絞り %	備考
12	32-1	10	2700	34.4	4400	56.1	8.1	8.0	
	32-2	10	2645	33.7	4430	57.1	12.2	13.0	
	32-3	10	2700	34.4	4430	57.1	11.2	13.5	
	28-1	10	3270	41.7	4035	51.4	6.8	13.5	
	28-2	10	3270	41.7	4250	54.1	11.8	16.0	
	28-3	10	3290	42.0	4375	55.7	11.9	15.0	
	25-1	10	2930	37.3	4475	57.0	13.8	21.0	
	25-2	10	2680	34.1	4495	57.3	11.1	15.0	
	25-3	10	3375	43.0	4095	52.2	6.1	8.0	
	22-1	10	2950	37.6	4965	63.2	11.3	12.5	
	22-2	10	3020	38.5	4230	53.9	4.4	1.5	
	22-3	10	2930	37.3	4870	62.0	10.7	12.5	
	19-1	10	2830	36.1	4260	54.3	5.9	4.5	
	19-2	10	2860	36.4	3980	50.7	4.0	3.5	
	19-2	10	2845	36.2	4170	53.1	5.0	6.5	
	16-1	8	2030	40.4	3255	64.8	9.2	43.8	鋼板部で破断
	16-2	8	1820	36.2	3265	65.0	9.6	13.8	
	16-3	8	2060	41.0	3330	66.3	13.3	38.8	鋼板部で破断

表-5 分析試験結果

		C	Si	Mn	P	S	Cu	Sn	Ni	Cr	Al
WF	ミルシート	0.14	0.34	1.32	0.021	0.018	—	—	—	—	—
	分析値	0.15	0.39	1.29	0.022	0.018	0.16	0.011	0.066	0.13	0.018
R	ミルシート	0.17	0.32	1.31	0.023	0.007	—	—	—	—	—
	分析値	0.18	0.33	1.30	0.022	0.006	0.011	<0.001	0.016	0.028	0.028

表-6 ミルシート値と試験結果 (母材)

	降伏強度	最大強度	伸 び	シャルピー値	曲 げ
ミルシート値	35kgf/mm ²	55kgf/mm ²	23%	—	良
機械試験結果	35. ³	54. ¹	29. ⁸	3. ⁹	良
	(34. ⁸ , 35. ⁶ , 35. ³)	(53. ⁴ , 54. ⁶ , 54. ³)	(27. ⁹ , 30. ⁶ , 30. ³)	—	

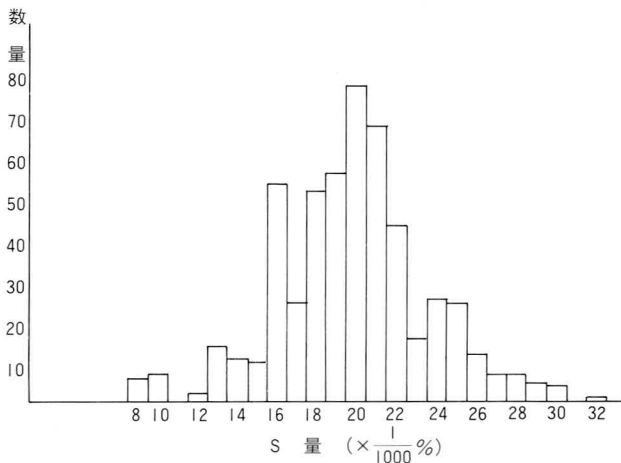


図-4 S(サルファ)量の分布

成分分析の結果は表-5に示す通りであり、S(サルファ)も特に問題とされる程の差は見受けられない。Cu、Sn、Ni、Crの値が鋼板に比べてやや高い傾向にあるが、これも溶接上、成分的に問題となる程ではない。

ここで広幅平鋼のS量について調べてみると、図-4の結果が得られた。調査したのは3メーカーのSM50A材、サイズはt=9~36の10種類、539ヶである。ヒストグラムから解るように、0.016~0.022%の間に71.6%が集中している。今回使用した平鋼は0.018%であり、上記と比較して一般的な数値といえる。

(2) 溶接試験

(a) UTマクロ試験の結果は良好であった。

(b) 硬さ試験は試験NO.2、3、4の3体について行った。最高硬さはNO.2(2-M)が189HV、NO.3(3-M)が203HV、NO.4(4-M)が186HVであり、母材部で160~170HV程度であった。

(c) 引張り試験

NO.11のT1、T2については39.3、39.4kgf/mm²と母材値を下回ったが、これは脚長(のど厚)の不足によるものであった。他のそれぞれの試験片の試験結果の数値は特に問題はない値を示している。

NO.4、5およびNO.6、7の結果から、それぞれ横向姿勢(H)で溶接を行った場合の方が若干高い値となる傾向

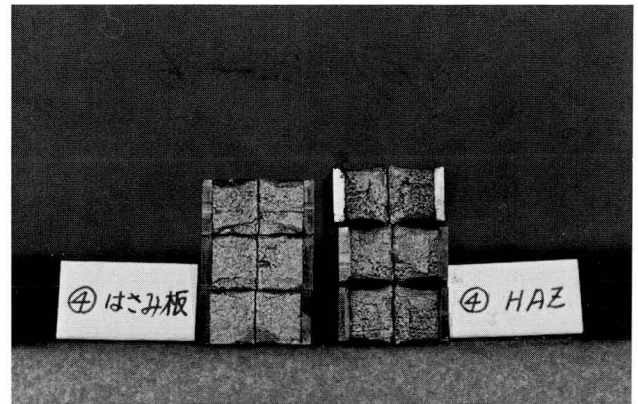


写真-4 衝撃試験片

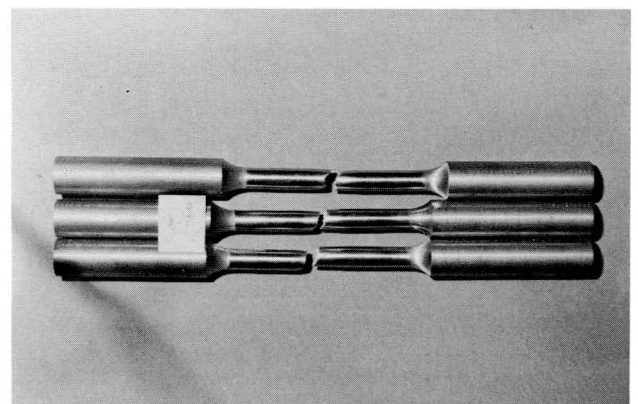


写真-5 丸棒引張試験片

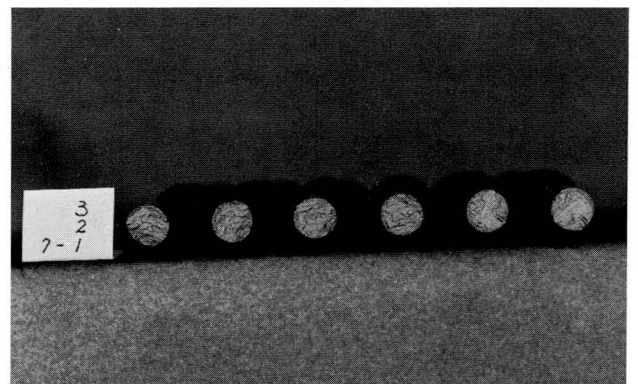


写真-6 丸棒引張試験破断面

がうかがえる。

(d) 曲げ試験

NO.11の曲げ試験において35°でワレが発生したが他は良好な結果であった。

(e) 丸棒引張り試験

NO.2、3、NO.6、7共、引張り試験の値とはほぼ一致する。NO.6、7を比較すると十字引張り試験と同じく横向姿勢(NO.7)の値の方が若干高い。

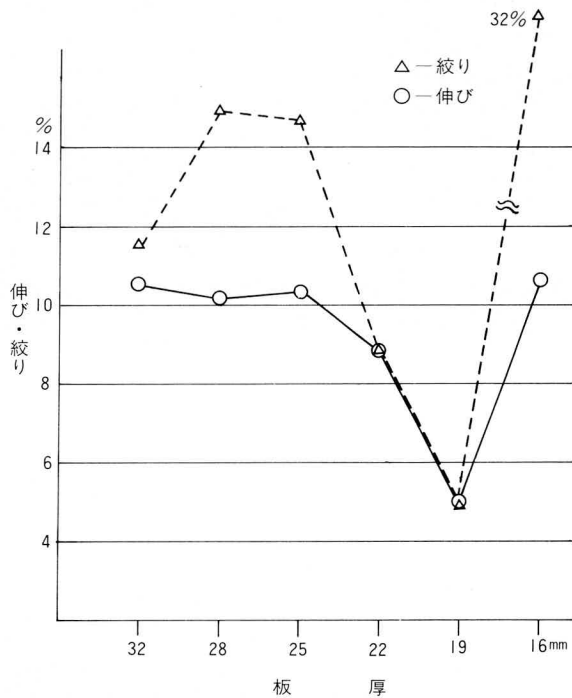


図-5 板厚による伸びと絞り

(f) シャルピー値は表-7に示す通り、はさみ板部の中心（Z方向）において鋼板、広幅平鋼共に1.0~1.5と低く、HAZ（熱影響部）部分では鋼板が7.0~5.6に対し、広幅平鋼が3.2、2.0と低い数値であった。

表-7 シャルピー値

試験No.	位置	Dep	H _{az}	板厚中心	備考
③-1		9. ¹	16. ⁶	—	I形突合せ ロール方向
④		—	7. ⁰	1. ⁰	十字突合せ はさみ板部(R)
⑤		—	5. ⁶	1. ⁵	// // (R)
⑧		—	3. ²	1. ³	// // (WF)
⑨		—	2. ⁰	1. ²	// // (WF)

(g) Z方向引張り試験

Z方向の性能に注目して、圧接、切削加工を行って、丸棒試験片を作成し、引張り試験を行った。結果は表-4の通りである。

降伏強度…荷重が小さい為に測定しにくいことも加わった為か若干バラツキがある。

引張強度…ミルシート値と比較して特に低い数値は認められず、逆にJIS規格値を超えて高いものがあつた。(t=22,16mm)

伸び及び絞りの値を板厚別に表すと図-5の通りとなる。板厚が薄くなるに従って、伸び・絞り共に減少する傾向がみえる。t=16mmについては鋼板部分で破断した。これは圧接の熱影響による硬化、あるいは試験片の形状効果（径と標点距離の関係）等による影響が現れていると考えられ、一概に結論づける事はできない。

以上、試験NO.2~11については溶接性、NO.12についてはZ方向の引張り強さに注目して試験をおこなったわけであるが、以下にまとめると、

- 1) 今回使用した広幅平鋼はL方向シャルピー値が3.9とSM50B規格を一応満足している。成分的には鋼板に比べ、Cu、Sn、Ni、Crの値がやや高いものであつた。
- 2) 溶接後の最高硬さも186~203HVと問題は無い。
- 3) その他、UT、マクロ、各種機械試験の結果からも、溶接施工上特に問題となる事項は認められなかった。
- 4) 但し、表-7に示すように、十字突合せ溶接のはさみ板部分のシャルピー値が、板厚中心において鋼板、広幅平鋼共1.0~1.5と低く、HAZ部分では鋼板が7.0、5.6に対し、広幅平鋼が3.2~2.0と低い値を示している。
- 5) Z方向引張り試験においては板厚の違いによる機械的性質の内、降伏強度及び引張強度のバラツキは無く規格値を満足している。しかし、シャルピー値及び伸び、絞りが少なく多少の問題が残る。(但し、SM50A規格では規定されていない)

8. おわりに

以上、溶接性については特に問題とすべき点は無かつた。しかし、現在、構造物への使用の際に問題とされるZ方向の機械的性質は充分満足するものとはいえず、実際の使用に当たっては、使用する個所、あるいは板厚について一考を要する。

尚、今回の一連の試験において試験の数量が充分でなかつた事、及びZ方向引張り試験片の寸法が適切でなかつたと考えられる事から、今後この点を考慮した調査、研究も必要であろうと思われる。