

高性能60キロ鋼の溶接性能試験（その2）

Material and Weldability Test of 60kgf/mm² High Performance Steel (Part II)

中野 秀二*¹ 本多 忠吉*² 清水 達也*³
 Syuji NAKANO Tadayoshi HONDA Tatsuya SHIMIZU

Summary

Locations where 60 kgf/mm² high performance steel is to be used often have very often thick plates and require accordingly large input of welding heat. Double wire submerged arc welding and double wire electroslag welding with large heat input were attempt for this application. (No report of this investigation appeared previously in this journal.) The joints created by these two different types of welding were subjected to various tests, such as tension and impact tests, and both types of joints produced good results.

1. はじめに

高性能60キロ鋼を用いた溶接性能試験の内、前11号で報告されていない、大入熱の溶接方法により溶接した試験結果について報告する。

2. 試験計画

溶接の種類については、本鋼が溶接入熱の大きい溶接方法で用いられることを想定して、ボックス柱の角溶接には二電極サブマージアーク溶接と、ダイヤフラムには二電極エレクトロスラグ溶接を行った。

試験に用いた鋼材は、柱主材に高性能60キロ鋼50mm、ダイヤフラムにTMCP鋼325、70mmを用いた。ミルシートの値を表-1に示す。

溶接継手部の各種試験の判定基準は、60キロ高性能鋼溶接施工指針の目標値によって行うこととする。

表-1 ミルシートの値

板厚	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V
	×100			×1000		×100				
50	6	36	147	10	1	91	52	24	11	2
70	14	35	127	7	2	1	1	1	0	2
板厚	YP	TS	EL	YR	VE0	PCM	CEQ			
	N/mm ²		%		J	×100				
50	490	637	30	77	228	22	41			
70	348	512	35	68	293	22	37			

50mm : 高性能60キロ鋼 (BT-HT440 II) A社製
 70mm : TMCP鋼 (325) B社製

表-2 溶接部性能目標値

溶接部位	性能目標値	
	TS (N/mm ²)	vEO (J)
BOX角継手	≥ 590	≥ 20
ダイヤフラム	≥ 590	≥ 15
仕口	≥ 590	≥ 47
突合せ	≥ 590	≥ 47

表-3 溶接部入熱制限

溶接部位	溶接方法	入熱量 (KJ/cm)
BOX角継手	サブマージアーク溶接	≤ 400
	ガスシールドアーク溶接	≤ 70
ダイヤフラム	ガスシールドアーク溶接	≤ 70
	エレクトロスラグ溶接	≤ 1000

(1) サブマージアーク溶接

ボックス柱の角溶接を想定して二電極サブマージアーク溶接を行った。試験体の形状は300×1,000の2枚の鋼

*¹松本工場製造部生産技術課長
 *²松本工場製造部生産技術課

*³松本工場製造部生産技術課

板に開先加工を行い裏板付きで溶接を行った。図-1に試験体形状を示す。溶接試験体より以下に示す種々の試験片を採取した。

- ① 継手引張試験
- ② 溶接金属引張試験
- ③ 側曲げ試験
- ④ 表曲げ試験
- ⑤ 裏曲げ試験
- ⑥ 衝撃試験
- ⑦ マクロ試験
- ⑧ 硬さ試験

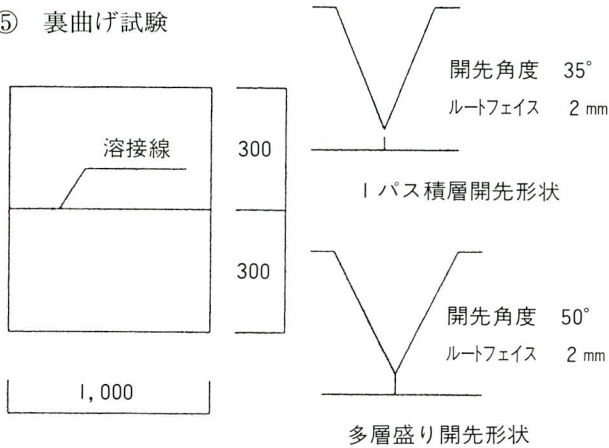


図-1 サブマージアーク溶接試験体形状

また、溶接入熱の違いによる、溶接部の機械的性質の相違を見るため、溶接方法は1パス積層と多層盛りの二種類を行った。

(2) エレクトロスラグ溶接

ボックス柱の極厚ダイヤフラム溶接を想定して二電極エレクトロスラグ溶接を行った。一電極エレクトロスラグ溶接の溶接可能な板厚が60mmであるのに対して、二電極エレクトロスラグ溶接は60mmを越える板厚の溶接が可能であり、現在100mmまでの溶接条件が確認されている。

今回使用する二電極エレクトロスラグ溶接機は、現在普及している非消耗式のセスネット溶接機（日鐵溶接工業製）のノズル本数を2本にしたタイプである。溶接状況を写真-1に示す。溶接条件は、一電極に比べ電流、電圧ともやや低く設定し、2本の電極から供給されるワイヤ送給速度を、合致させる必要がある。板厚70mmにおいては、ノズルを開先内で揺動（オシレート）させる必要はない。

試験体は高性能60キロ鋼50mmを柱主材に、ダイヤフラムには表-3の入熱制限から1,000KJ/cm以下になる条件として、70mm (TMCP鋼325) を用いた。図-2に試験体形状を示す。溶接試験体より以下に示す種々の試験片を採取した。

- ① 溶接金属引張試験
- ② 溶接熱影響部を含む部位の引張試験
- ③ 衝撃試験
- ④ マクロ試験
- ⑤ 硬さ試験
- ⑥ 溶接金属部の化学成分分析試験

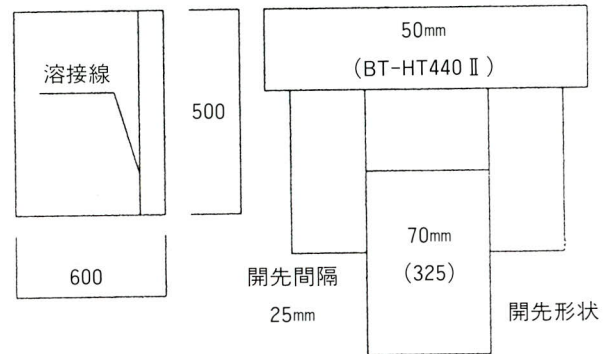


図-2 エレクトロスラグ溶接試験体形状

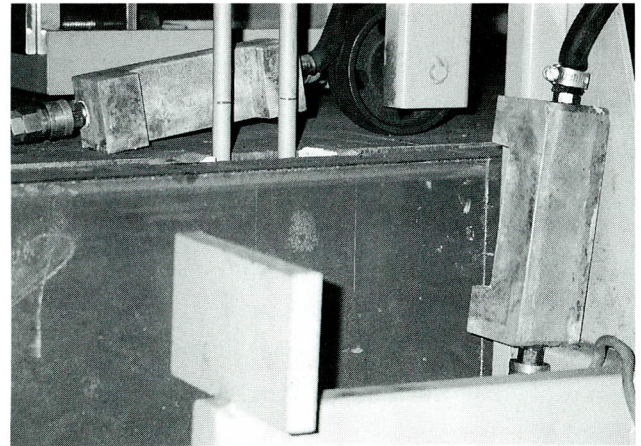


写真-1 二電極エレクトロスラグ溶接

3. 試験結果

以下に試験結果を述べる。

(1) サブマージアーク溶接

溶接材料を表-4に、溶接条件を表-5に示す。

機械試験の結果の内、1パス積層溶接の結果を表-6、多層盛り溶接の結果を表-7に示す。衝撃試験片は板厚中心部より採取した。

硬さ試験の結果を図-3、図-4に示す。測定部位はいずれも板厚中心部である。

表-4 溶接材料

	規 格	銘 柄	サイズ
ワイヤ	JIS Z 3351 YS-S6	Y-DL	6.4φ
フラックス	JIS Z 3352 FS-BT I	NSH-60	12×100 メッシュ

表-5 溶接条件

	パ ス	電 極	電 流 A	電 圧 V	速 度 Cpm	入 熱 kJ/cm
1パス溶接	1	L	1,950	35	21	409
		T	1,500	50		
多層盛り 溶接	1	L	1,600	36	27	217
		T	1,000	40		
	2	L	1,400	38	25	222
		T	1,000	42		
	3	L	1,200	40	40	135
		T	1,000	42		
4	L	—	—	30	80	
	T	1,000	40			

電極 L：先行極 T：後行極

(2) エレクトロスラグ溶接

溶接材料を表-8に、溶接条件を表-9に示す。

衝撃試験の結果を表-10、図-5に、引張試験の結果を表-11、図-6に示す。

4. まとめ

(1) サブマージアーク溶接

引張試験における破断位置は、多層盛り溶接、1パス溶接いずれも、溶接金属で同一であるが、1パス溶接の

表-6-1 1パス積層溶接の結果

試験の種類	試 験 結 果			
	試験片 記 号	引張強さ N/mm ²	伸び %	備 考
継手引張 試験	T 1	645	25	破断Depo
	T 2	630	26	破断Depo
全溶接金属 引張試験	AD 1	630	25	絞り59%
	AD 2	630	25	絞り59%
曲げ試験	側曲げ、表曲げ、裏曲げ 欠陥なし			

表-6-2 1パス積層溶接の結果

試験の種類	試 験 結 果		
	試験片 記 号	採取部位	吸収エネルギー J
衝撃試験 試験温度 0℃	S 1	Depo	87
	S 2	Bond	100
	S 3	HAZ	58

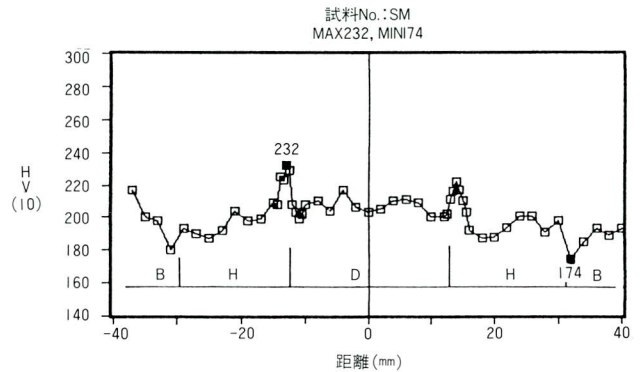
方が強度が高い結果である。図-3、図-4の硬さ分布図を見ても、1パス溶接の方が高い値を示し、引張試験の結果と一致している。多層盛り溶接は層数を重ねることにより、1パス溶接に比べ幾分、硬度が低下しているものと思われる。反面、このことにより衝撃試験の結果は、多層盛り溶接の方がやや上回る結果となっている。マクロ試験、曲げ試験いずれも良好な結果である。今回試験に用いた、二電極サブマージアーク溶接の多層盛り溶接は、欠陥の発生率、作業能率を考慮すると実作業では用いる可能性は低いが、サブマージアーク溶接の結果は、いずれも良好な結果である。

表一 7 多層盛り溶接の結果

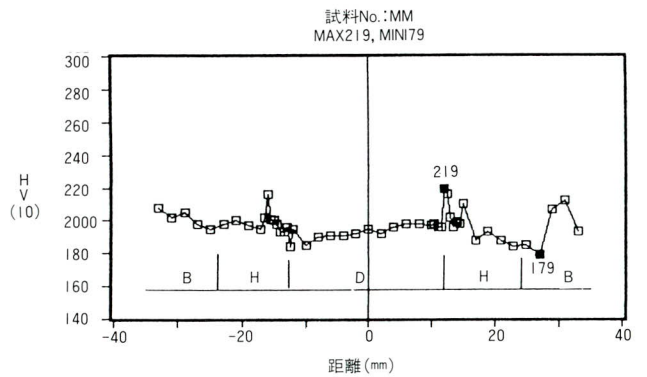
試験の種類	試験結果			
継手引張試験	試験片記号	引張強さ N/mm ²	伸び %	備考
	T 1	625	29	破断Depo
	T 2	620	28	破断Depo
全溶接金属引張試験	AD 1	600	25	絞り60%
	AD 2	600	26	絞り61%
曲げ試験	側曲げ、表曲げ、裏曲げ 欠陥なし			
衝撃試験 試験温度 0℃	試験片記号	採取部位	吸収エネルギー J	
	S 1	Depo	94	
	S 2	Bond	131	
	S 3	HAZ	171	

(2) エレクトロスラグ溶接

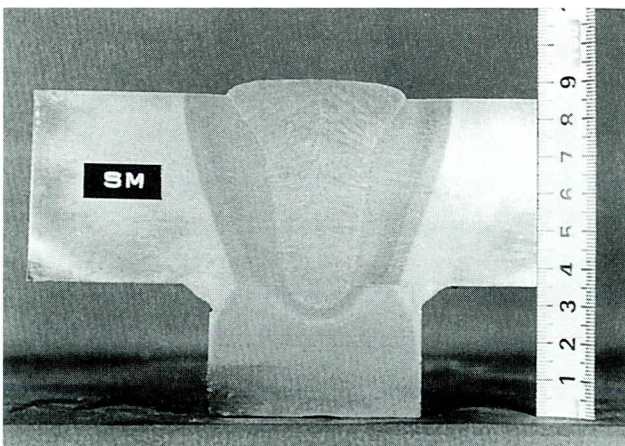
溶接金属引張試験の判定基準は、ダイヤフラムがTMCP鋼325のため490N/mm²である。引張強さが540~570N/mm²であり良好な結果である。エレクトロスラグ溶



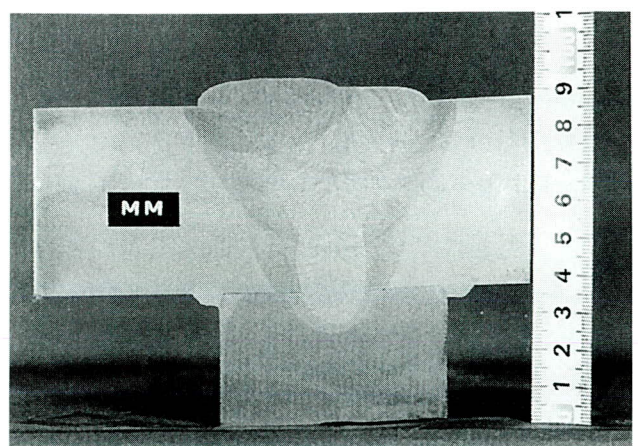
図一 3 1パス積層溶接の硬さ分布図



図一 4 多層盛り溶接の硬さ分布図



写真一 2 1パス積層溶接のマクロ



写真一 3 多層盛り溶接のマクロ

接による熱影響部を含む部位の引張試験の結果は、前回報告した1電極エレスラ溶接の入熱が720KJ/cmであるのに比べ、2電極エレスラ溶接の入熱は950KJ/cmであり、母材強度の規格値は満足するものの、1電極エレスラ溶接に比べ低下している。衝撃試験の値が、柱主材側のボンド部、熱影響部で低い値を示すのは、これまでの試験結果と同様の傾向であり、60キロ高性能鋼溶接施工

指針に示された限界値15Jに近い値を示している。エレスラ溶接は溶込みが大きく希釈率が高いため、衝撃試験の結果は溶接材料、母材の影響が大きい。今回、試験に用いた溶接材料はダイアフラムがT M C P鋼325のため、490N/mm²のものを使用した。あえて柱主材の材質に合わせたワイヤ、例えばYM-60E等を使用することにより、向上すると思われる。ただし、指針に示された値を下回っているわけではないので、実際の使用に際しては、要求される仕様とコスト面について、十分に検討される必要があるのは当然である。

表一八 溶接材料

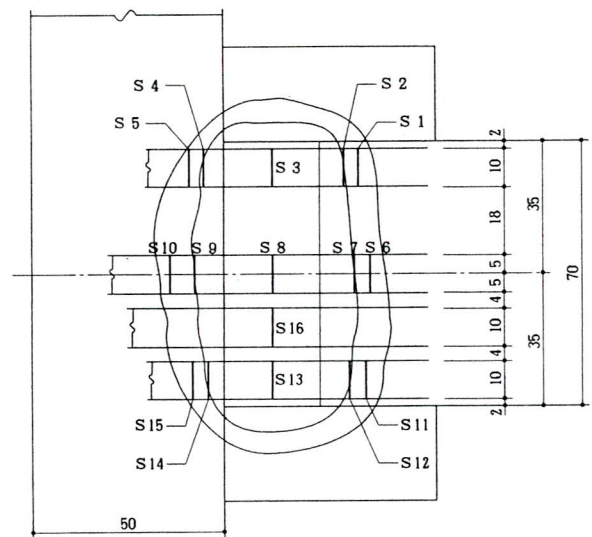
	規 格	銘 柄	サイズ
ワイヤ	—	YM-55S	1.6φ
フラックス	JIS Z 3352 FS-FG3該当	YF-15	20×D メッシュ

表一九 溶接条件

パス	電極	電流 A	電圧 V	速度 Cpm	入熱 KJ/cm
1	2	330	48	2	950

表一〇 衝撃試験の結果

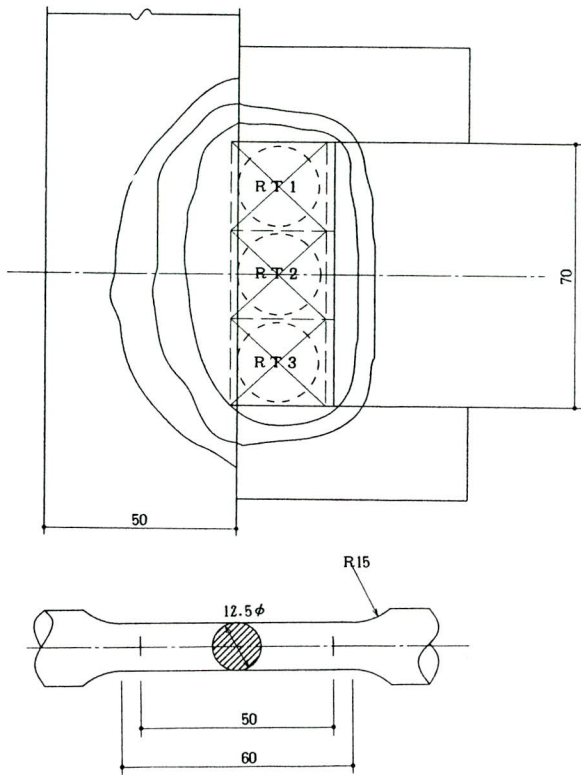
試験片 記号	吸 収 エネルギー	試験片 記号	吸 収 エネルギー	試験片 記号	吸 収 エネルギー
S 1	252	S 7	132	S 13	66
S 2	155	S 8	67	S 14	111
S 3	93	S 9	28	S 15	22
S 4	86	S 10	21	S 16	34
S 5	23	S 11	264	単位：J 試験温度：0℃	
S 6	216	S 12	136		



図一五 衝撃試験片採取要領

表一〇 引張試験の結果

	試験片 記号	引張強さ N/mm ²	伸び %	備 考
溶接金属 引張	RT 1	550	29	絞り 68%
	RT 2	540	33	絞り 68%
	RT 3	570	30	絞り 60%
溶接熱影響 部を含む 部位の引張	HAT 1	600	20	—
	HAT 2	610	20	—

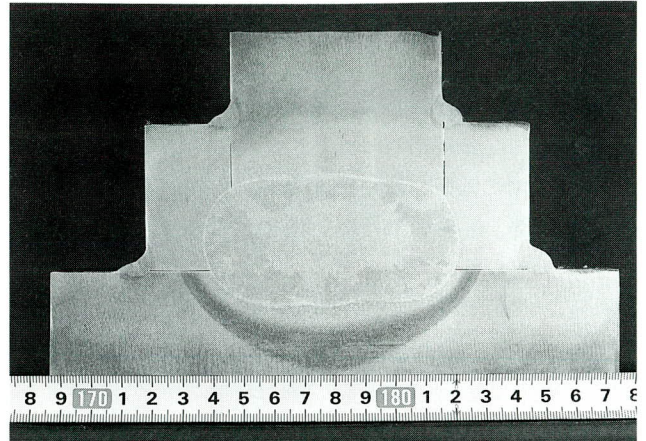


図一 6 引張試験片採取要領

5. あとがき

今回の試験では60キロ高性能鋼溶接施工指針に示された、条件の上限値に近い溶接条件で溶接されており、試験条件としては相当厳しい状態で行った。試験結果の一部は指針に示された目標値をやや上回る程度のもあったが、いずれも合格である。使用する溶接材料の検討により更に、良い結果が導き出される可能性がある。今後の追加試験等により、残されたこれらの問題を見極めて行きたいと考える。以上で試験結果の報告を終了する。

本試験でご協力頂いた、新日本製鐵株式会社日鐵溶接工業株式会社の関係各位に心より感謝申し上げます。



写真一 4 二電極エレスラ溶接マクロ

<参考文献>

- 1) 宮地技報 NO.11, 1995, 中野
- 2) BT-HT440 溶接確性試験報告書,
平成6年12月, 新日本製鐵(株)
(株)宮地鐵工所
- 3) 60キロ高性能鋼溶接施工指針, 1993年3月,
(社)鋼材倶楽部高性能鋼利用技術小委員会
サブワーキンググループ
- 4) 高性能鋼利用技術指針, 1994年1月,
建設省建築研究所 (社)鋼材倶楽部
- 5) 実大ボックス柱二電極SESNET溶接
実験結果, 平成5年10月, 日鐵溶接工業(株)

1996. 10. 31受付