

# 高張力鋼熔接の現況について

KK神戸製鋼所 木村 義雄

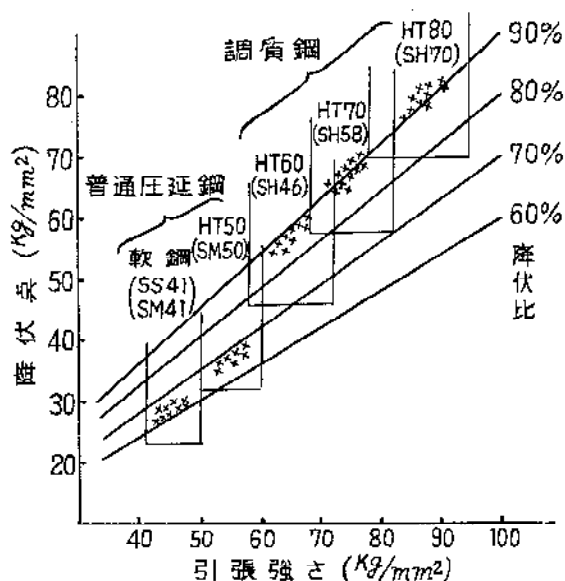
## 1. はしがき

構造物の大型化、高性能化、各種機械設備の近代化、製鋼技術の発展に伴い、高張力鋼が広く構造物に使用されるようになってきた。すなわち、橋梁、建築、タンク、圧力容器、反応機器、船舶、車両などに広く使用され、構造物の経済性、性能の面で非常な効果をあげており、今後更にその使用分野が拡大されてゆくものと考えられる。これら高張力鋼使用の構造物は特別なばあいを除いて必ず溶接構造が採用される。

そこで次に高張力鋼のアーキ溶接ならびに自動溶接の現況について簡単に説明し参考に供する。

## 2. 市販高張力鋼

構造用高張力鋼について現在 J I S 規格案ができ、審議されている段階にあるが、今口国内の製鉄メーカーより市販されているものは第1表に示すような色々な抗張力をもつたものがある。これら高張力鋼の中 50, 55 キロクラスのものは所謂 Mn-Si 系高張力鋼である。60 キロクラス以上の高張力鋼は何れも調質鋼であり、60 キロクラスのものも成分的にみて 50 キロクラスのことを調質して製造しており、従つて 60 キロの抗張力をもっているにも拘らずすぐれた溶接性と機械的性質をもっている。



第1図 各種鋼材の降伏比

また 70, 80 キロクラスの高張力鋼についても全く同様なことがいえる。調質高張力鋼のもう一つの特長は、第1図に示すように普通の圧延鋼材にくらべ降伏比が著しく高く、使用の目的によつては非常に有利になることである。高張力鋼の使用は急速に増加してきているが、今口使用されている主な用途は第2表のとおりで非常に広範囲にわたっている。

## 3. 高張力鋼の溶接法

高張力鋼の溶接については、手溶接、潜弧溶接、CO<sub>2</sub> 溶接が用いられるが何れのクラスにもすべての溶接法が現状採用されておらず、第3表のように潜弧溶接、CO<sub>2</sub> 溶接は抗張力の低い鋼材のみに使用されている。

手溶接は何れの鋼材に対しても殆んど問題点がないまでに、溶接棒も施工法もすでに検討されている。

潜弧溶接法は現在 60 キロハイテンまで使用されており、これ以上のものについて精力的に研究が進められている。従来の溶融型溶剤は、その木質的な性能より 55 キロハイテンまでおよび特別な場合の 60 キロハイテンに使用されている。しかしすぐれた性能をもつた焼結型溶剤の急速な発達により 60 キロハイテンの潜弧溶接が広く採用されるようになってきた。また 70, 80 キロハイテンについても研究が進められており、近き将来使用できる見通しがついている。

CO<sub>2</sub> 溶接法については 50 キロハイテンには既に使用されており、60 キロハイテン用のワイヤーも市販されている。また 70, 80 キロハイテン用についても研究が行なわれている。

## 4. 高張力鋼用溶接棒

高張力鋼の溶接に当つては溶接棒もそれぞれの鋼材に合つて抗張力、あるいは衝撃値のものを使用せねばならない。現在溶接棒規格として J I S では、第4表のように 60 キロまでのものを規定している。これ以上の抗張力のものに対しては規定されていないので、第5表の A S T M 規格が一般に準用されている。(70 キロクラス以上のもののみ抜粋した)。

現在市販されているこれら規格に該当する構造用高張力鋼溶接棒の性能は第6表に示すようなもので、いずれも被覆系は低水素系を採用している。かつ 60 キロハイテ

第 1 表 市 販 主

抗張力 区 分	銘 柄	メーカ-	機 械 的 性 質					板 厚 (mm)
			引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	降 伏 点 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸 び (%)		衝 撃 値 0°C (kgm/cm <sup>2</sup> )	
					GL 200	GL 50		
50	Welcon 50	日本製鋼	50~58	≥ 33	≧ 20 ≧ 22		≧ 3.5(B) ≧ 6.0(C)	4.5~12 12~50
	NK Hiten HS-1	日本鋼管	50~58	≥ 32	≧ 20		≧ 3.5(B) ≧ 6.0(C)	
	HTP-52W	川崎製鉄	≥ 52	≥ 33	≧ 20 ≧ 22		≧ 3.5	~6 6~
	FTW-52	富士製鉄	52~62	≥ 35	≧ 22 ≧ 20	≥ 24	≧ 6.0	~15 15~30 30~
	Welten 50	八幡製鉄	50~58	≥ 33	≧ 20 ≧ 22 ≧ 20		≧ 3.5(A) ≧ 6.0(B)	~15 15~30 30~
55	NK Hiten HS-2	日本鋼管	55~63	≥ 34	≧ 20		≧ 3.5	
	HTP-57W	川崎製鉄	≥ 57	≥ 36	≧ 19 ≧ 20		≧ 3.5	~6 6~
	Welten 55	八幡製鉄	55~63	≥ 36	≧ 18 ≧ 20		≧ 3.5	~15 15~
60	Welcon 2H	日本製鋼	58~70 58~68	≧ 46 ≧ 46		≧ 20 ≧ 25 ≧ 30	≧ 8.0	5~13 (13~20 20~35)
	NK Hiten 60A 60B	日本鋼管	≥ 60	≥ 46	(≧ 13) ≧ 16		≧ 6.0	(~13) (13~)
	QT 60A 60B	川崎製鉄	≧ 60 ≧ 60	≧ 48 ≧ 46	≧ 16 ≧ 16		≧ 8.0 ≧ 6.0	
	FTW-58	富士製鉄	58~68	≥ 46	≧ 16	≥ 20	≧ 8.0	~15 15~
	Welten 60A 60B	八幡製鉄	60~70	≥ 46	≧ 16		≧ 8.0	
70	Welcon 2H Super	日本製鋼	70~80	≥ 63		≧ 18 ≧ 22 ≧ 25	(≧ 8.0)	5~13 13~20 20~35
80	Welcon 2H Ultra	日本製鋼	80~95	≥ 70		≧ 18 ≧ 20 ≧ 22	(≧ 6.0)	5~13 13~20 20~35
	NK Hiten 80	日本鋼管	≥ 80	≥ 70		≧ 18 ≧ 20 ≧ 19	-10°C ≧ 6.0	6~13 13~32 32~50
	KO	川崎製鉄	80~95	≥ 70		≧ 18	≧ 6.0	
	Hi-Z	富士製鉄	80~95	≥ 70		≧ 18 ≧ 20 ≧ 22	-45°C ≧ 2.1	5~13 13~20 20~50
	Welten 80	八幡製鉄	80~95	≥ 70		≧ 18 ≧ 20 ≧ 19	-10°C ≧ 6.0	6~13 13~20 20~50

ン以上のものは、溶接時に発生する割れを押し施工を容易にするため、所謂超低水素系と呼ばれる水素量の低いものとなっている。

### 5. 高張力鋼用溶弧溶接材料

高張力鋼の溶弧溶接には溶剤として溶融型と焼結型の

両方が用いられている。現状では前者は 60キロハイテンまでに、後者は同じく 60キロハイテンにまで使用されているがそれ以上に対しても検討されている。

現在用いられている溶弧溶接材料と鋼材の組合せ、およびその溶着金属の性質は第 7 表のとおりである。60キロ以上の高張力鋼は調質鋼である実状よりみて、これに

要 高 張 力 鋼

化 学 成 分 (%)								
C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	V	Mo	B
≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 0.35						
≤ 0.18	0.30~0.60	1.00~1.30						
≤ 0.18	0.30~0.50	0.90~1.50	≤ 0.30	≤ 0.25	≤ 0.10			
≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.50						
≤ 0.18	0.25~0.45	0.90~1.30 1.10~1.50						
≤ 0.20	0.30~0.60	1.20~1.50						
≤ 0.20	0.35~0.55	1.10~1.70	≤ 0.30	≤ 0.25	≤ 0.10			
≤ 0.18	0.35~0.55	1.20~1.50						
≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.35						
≤ 0.18	≤ 0.55	≤ 1.50						
0.16	≤ 0.55	≤ 1.35		≤ 0.60	≤ 0.40	≤ 0.10 ≤ 0.15	≤ 0.30 ≤ 0.30	
0.12	0.15~0.35	0.60~1.10	≤ 0.40	0.40~0.70	0.40~0.70	0.03~0.10	≤ 0.20	
0.20	0.35~0.55	1.10~1.50	≤ 0.30					
≤ 0.17	≤ 0.55	≤ 1.50						
0.16	≤ 0.55	≤ 1.30						
0.16	≤ 0.55	≤ 1.30		≤ 0.60	≤ 0.40 ≤ 0.40	≤ 0.15 ≤ 0.15		
0.08~0.16	≤ 0.55	0.60~1.20		≤ 1.00	≤ 0.50		≤ 0.40	
0.08~0.16	≤ 0.55	0.60~1.20	0.15~0.50	≤ 1.50	≤ 0.80	(≤ 0.10)	≤ 0.70	≤ 0.006
≤ 0.18	0.15~0.35	≤ 1.00	0.15~0.50	≤ 1.00	≤ 0.80	≤ 0.10	≤ 0.60	≤ 0.006
0.10~0.20	0.15~0.35	0.60~1.00	0.15~0.50	0.70~1.00	0.40~0.80	0.03~0.08	0.40~0.60	0.002~ 0.006
≤ 0.18	0.15~0.35	0.60~1.20	0.15~0.50	0.70~1.00	0.40~0.80	0.03~0.10	0.40~0.60	0.002~ 0.006
≤ 0.18	0.15~0.35	0.60~1.20	0.15~0.50	≤ 1.50	0.40~0.80	≤ 0.10	≤ 0.60	≤ 0.006

対しては焼結型溶剤が今後とも使用されてゆくものと考  
えられる。

6. 高張力鋼用 CO<sub>2</sub> 熔接材料

今日わが国で使用されている CO<sub>2</sub> 熔接法には次のよ  
うな4種類がある。

- a. 裸線-CO<sub>2</sub> 法 (ナショナル方式)
- b. 裸線-(CO<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>) 法 (CS法)
- c. 裸線+磁性フラックス+CO<sub>2</sub> 法  
(ユニオンアーク)
- d. 複合心線-CO<sub>2</sub> 法 (ハイアーク方式)

何れの方式も50キロハイテンまでは従来から市販の材

第2表 高張力鋼の主なる用途

鋼材	主なる用途
HT 50	橋梁, 建築鉄骨, 造船, 車両, タンク, 圧力機器, ペンストックなど
HT 55	HT55の使用は比較的少いが橋梁, 鉄骨, タンク, 圧力機器に使用
HT 60	橋梁, 艦艇, ガスホルダー, LPGタンク, 圧力機器, ペンストックなど
HT 70	HT70の使用は比較的少く圧力機器に使用
HT 80	ガスホルダー, LPGタンク, 圧力機器など

第3表 高張力鋼と現在使用の溶接法

鋼材		溶接法	手溶接	溶弧溶接	CO <sub>2</sub> 溶接
HT 50	50		使用中	使用中	使用中
HT 55	55		"	"	検討中
HT 60	60		"	"	"
HT 70	70		"	検討中	"
HT 80	80		"	"	"

第4表 JIS高張力鋼用溶接棒規格 (JIS Z3212)

種類	被覆剤の系統	溶接姿勢	使用電流の種類	溶着金属の機械的性質			
				引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	シャルピー衝撃値 (kgm/cm <sup>2</sup> )
D5000 D5500 D6000	規定しない	F, V, OH, H	規定しない	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧20 ≧18 ≧15	≧4.0 — —
D5001 D5501	イルミナイト	F, V, OH, H	ACまたはDC	≧52 ≧57	≧42 ≧46	≧20 ≧18	≧4.0 —
D5010 D5510 D6010	高セルローズ	F, V, OH, H	DC(R)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧20 ≧18 ≧15	≧4.0 — —
D5011 D5511 D6011			ACまたはDC(R)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧20 ≧18 ≧15	≧4.0 — —
D5012 D5512 D6012	高酸化チタン	F, V, OH, H	DC(S)またはAC	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧15 ≧15 ≧14	— — —
D5013 D5513 D6013			ACまたはDC(S)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧15 ≧15 ≧14	— — —
D5015 D5515 D6015	低水素	F, V, OH, H	DC(R)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧22 ≧20 ≧18	≧7.0 * *
D5016 D5516 D6016			ACまたはDC(S)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧22 ≧20 ≧18	≧7.0 * —*
D5020	高酸化鉄	F, H-Fil	H-Fil: AC またはD(Ka) F: AC またはDC	≧52	≧42	≧20	≧4.0
D5025 D5525 D6025	低水素	F, H-Fil	DC(R)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧22 ≧20 ≧18	≧7.0 * *
D5026 D5526 D6026			ACまたはDC(R)	≧52 ≧57 ≧62	≧42 ≧46 ≧50	≧22 ≧20 ≧18	≧7.0 —* —*

- 註 1. 溶接姿勢の記号 F: 下向, V: 立向, OH: 上向, H: 横向, H-Fil: 水平すみ肉  
 2. 使用電流の記号 AC: 交流, DC: 直流向極性, DC(R): 直流逆極性, DC(S): 直流正極性  
 3. \* 低水素系溶接棒の衝撃試験温度および衝撃値については注文者と製造者の協定による。  
 4. 衝撃値は V 欠き, 0°C

第5表 ASTM低合金鋼用溶接棒規格(ASTM A316-58T)抜萃

種類	被覆剤の系統	溶接姿勢	使用電流の種類	溶着金属の機械的性質		
				引張強さ (psi)	降伏点 (psi)	伸び (%)
E10010-X	高セルローズ	"	DC(R)	≥ 100,000	≥ 87,000	≥ 16
E10011-X			AC または DC(R)	"	"	"
E10013-X	チタニヤ	"	AC または DC(S)	"	"	≥ 13
E10015-X	低水素	"	DC(R)	"	"	≥ 16
E10016-X			AC または DC(R)	"	"	"
E10018-X	鉄粉低水素	"	"	"	"	"
E11015-X	低水素	"	DC(R)	≥ 110,000	≥ 97,000	≥ 15
E11016-X			AC または DC(R)	"	"	"
E11018-X	鉄粉低水素	"	"	"	"	"
E12015-X	低水素	"	DC(R)	≥ 120,000	≥ 107,000	≥ 14
E12016-X			AC または DC(R)	"	"	"
E12018-X	鉄粉低水素	"	"	"	"	"

- 註 1. Xは溶着金属の成分により規定の符号を付する。高張力鋼用のものは大体 Gのグループに入る。  
 2. 試験時の予熱は Gグループでは E100 シリーズの高セルローズ、チタニヤ系は 325~375°F、それ以外は 200~225°F、焼鈍温度は 1150±25°F。

第6表 市販高張力鋼用溶接棒の性質

適用鋼	銘柄	該当規格	溶着金属の機械的性質				化学成分 (%)							
			引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	衝撃値 (kgm/cm <sup>2</sup> )	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	H	
HT50	LB-34	D5016	52~59	42~50	≥ 28	≥ 20	0.05/ 0.10	0.85/ 1.15	0.50/ 0.70					1.3
	LB-52	D5016	52~59	42~50	≥ 28	≥ 20	0.05/ 0.10	0.80/ 1.10	0.40/ 0.65					4.3
	LB-52-18	D5016 E7018	52~59	42~50	≥ 28	≥ 15	0.05/ 0.10	0.70/ 1.10	0.45/ 0.65					5.2
	LB-52-28	D5026 E7028	52~59	42~50	≥ 25	≥ 12	0.05/ 0.10	0.70/ 1.00	0.50/ 0.75					6.3
	LB-32	D5026	52~59	42~50	≥ 28	≥ 20	0.05/ 0.10	0.70/ 1.00	0.30/ 0.50					1.2
HT55	LB-57	D5516	57~64	46~54	≥ 28	≥ 20	0.05/ 0.10	0.70/ 1.00	0.40/ 0.70			≥ 0.20		4.2
	LB-76	D5516	57~66	46~55	≥ 25	≥ 18	0.05/ 0.10	1.20/ 1.45	0.50/ 0.75					4.5
HT60	LB-62	D6016	62~68	50~58	≥ 22	≥ 16	0.05/ 0.09	0.80/ 1.10	0.50/ 0.80	0.40/ 0.65			0.20/ 0.35	1.1
	LB-62F	D6026	62~68	50~58	≥ 22	≥ 16	0.05/ 0.10	0.80/ 1.10	0.40/ 0.75	0.45/ 0.75			0.15/ 0.40	1.2
HT70	LB-106	E10016-G	72~82	≥ 63	≥ 22	≥ 14	0.05/ 0.09	1.10/ 1.40	0.50/ 0.80	1.60/ 1.90			0.30/ 0.50	1.0
HT80	LB-116	E11016-G	80~88	≥ 70	≥ 20	≥ 10	0.05/ 0.09	1.30/ 1.70	0.50/ 0.80	1.50/ 1.90	0.15/ 0.35	0.35/ 0.60		1.1

第7表 高張力鋼の溶弧熔接とその機械的性質

鋼材	熔接法	溶剤	ワイヤー	機械的性質			
				引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	衝撃値 0°C (kgm/cm <sup>2</sup> )
HT 50	両面一層	G80	US49	55	43	27	3
		P FH50	US43	60	47	21	9
	多層	G80	US49	54	43	28	4
		P FH50M	US43	60	51	25	9
HT 55	両面一層	G80	US56	62	51	25	4
		P FH50	US43	62	48	20	9
	多層	G80	US56	61	50	25	4
		P FH50M	US43	62	52	24	9
HT 60	両面一層	G80	US40	64	52	24	4
		P FH60	US43	70	58	24	10
	多層	G80	US40	62	50	25	4
		P FH60M	US43	65	59	24	13
HT 70	両面一層	P FH70	US43	74	65	23	15
	多層	P FH70M	US43	75	62	23	10
HT 80	両面一層	P FH80	US43	83	71	22	15
	多層	P FH80M	US43	85	73	20	10

註 1. G80 は溶融型溶剤  
2. P FHXX は焼結型溶剤

第8表 高張力鋼のCO<sub>2</sub>熔接とその機械的性質

鋼材	熔接法	熔接材料	機械的性質			
			引張強さ (kg/mm <sup>2</sup> )	降伏点 (kg/mm <sup>2</sup> )	伸び (%)	衝撃値 0°C (kgm/cm <sup>2</sup> )
HT 50	ハイアーク ユニオンアーク ナショナル C-S	HS-50A	58	52	29	12
			54	47	28	11
			56	45	34	11
			52	45	31	11
HT 60	ハイアーク	HS-60A	64	57	25	11

註 上記熔接法の熔接機は次のメーカーより市販されている。  
1) ハイアーク：日立製作 2) ユニオンアーク：大阪変圧器  
3) ナショナル：松下電器 3) C-S：東亜精機

料で熔接されるが、60キロハイテン以上については研究の段階である。これら各種熔接法による熔着金属の性質は第8表のとおりである。

## 7. むすび

以上高張力鋼熔接の現状についてのべたが、鋼材、熔接法ならびに熔接材料の発達は一進月歩である。今日ま

だ実際使用する段階にまで至っていない70キロハイテン以上の自動熔接の分野においても、鋭意研究が進められており、その実用化は最早時間の問題である。またここでは述べなかつたがロケット関係ではすでに100キロを超える高張力鋼が使用されている。