

建築構造用高性能590N/mm²耐火鋼の母材特性および溶接施工試験報告（その1：母材特性）

Tensile and Welding Properties of High-Performance, Fire-resistant Steel for Structures with a Tensile Strength of 590 N/mm²: Part 1

武井 智彦*¹ 平林 洋*² 中野 秀二*³ 吉川 薫*⁴
 Norihiko TAKEI Hiroshi HIRABAYASHI Shuuji NAKANO Kaoru YOSHIKAWA

Summary

Recently, there have been many reports on the construction of steel-framed buildings using fire-resistant (FR) steel. Because the strength of steel used in steel-framed buildings decreases when it is heated at a fire, the Building Standards Law provides for the protection of steel by fireproofing. FR steel, however, resists high temperatures and thus can be used with little or no fireproof covering. The maximum tensile strength of FR steel has so far been 490 N/mm², which required thick FR steel walls for box columns of multi-story buildings. Therefore, new FR steel with the higher tensile strength of 590 N/mm² has been developed. This paper reports on the material and welding tests of this new FR steel before it was installed in a building.

キーワード：SA440-FR, 60キロ鋼耐火鋼

1. はじめに

最近の建築物の高層化や大規模化が進むなか、建築構造用鋼材の高強度化に対し、FR鋼はこれまで520N/mm²級までのため、FR鋼の高強度化が望まれていた。

これらの要望に対応して、新日本製鐵株式会社より優れた高性能590N/mm²耐火鋼（SA440-FR）（商品名BT-HT440-FR）が開発された。

本鋼材の特徴は

- ① 耐熱性向上のためモリブデン等の合金元素添加による成分設計で、優れた高温性能を有しかつ従来の耐火鋼と同等の良好な溶接性を確保している。
- ② 常温特性は大臣認定品である建築構造用590N/mm²（SA440）の規格に合致する。
- ③ 520N/mm²耐火鋼に比べ設計基準強度が向上し、板厚の軽減が計れる。

等である。

この度、本鋼材を採用しての実施工に先立って事前にその母材特性および溶接施工性を確認するため、各種の試験を実施した。本報告（その1）では試験の終了した母材特性の結果を報告するものである。なお、溶接施工試験の結果は次回（その2）として報告する予定である。

2. 供試材料および試験計画

(1) 材料仕様

590N/mm²耐火鋼（新日本製鐵株製BT-HT440C(SA440C)-FR)の機械的性質及び化学成分の仕様を表-1、2に示す。

表-1 機械的性質

	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	衝撃 (J)	板厚方向 特性絞り(%)
常温	440~540	590~740	≦80	≧20	≧47	≧15/25
高温	≧294	—	—	—	—	—

衝撃試験温度：0℃ 高温：600℃
 板厚方向特性絞り 15/25：Each/Av

表-2 化学成分（成分、Pcm：%）

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Pcm
≦0.18	≦0.55	≦1.60	≦0.020	≦0.008	≦0.70	0.30~ 0.90	≦0.30

*¹松本工場品質管理部品質管理課

*²松本工場製造部次長

*³松本工場品質管理課長

*⁴松本工場製造部製造一課課長代理

(2) 試験計画

本鋼材の建築鉄骨への採用が始めてであることを考慮し、試験は実工事に使用する板厚80mmの全2ロット(試験記号 No.A、No.B)を用いて以下の試験を行った。材料のミルシートの値を表-3に示す。

- ①引張試験 (常温および高温600℃)
- ②衝撃試験
- ③化学成分分析試験
- ④y形溶接割れ試験
- ⑤溶接熱影響部の最高硬さ試験

表-3 ミルシートの値

(成分, Pcm : %)

No	YP	TS	伸び	YR	Z方向 絞り	YP (600℃)	衝撃値	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Pcm
A	521	678	30	77	68	327	250	0.09	0.29	1.24	0.008	0.002	0.20	0.80	0.22
B	514	671	29	77	58	323	266	0.09	0.29	1.28	0.008	0.002	0.21	0.79	0.22

Y P・T S : N/mm² 伸び・Y R 絞り : % 衝撃値 : J
 引張試験 JIS Z 2201 4号 C方向
 衝撃試験 JIS Z 2202 Vノッチ L方向 (試験温度 0℃)

3. 試験結果

(1) 引張試験 (常温、高温)

引張試験 (常温) のL、C方向結果を表-4、Z方向結果を表-5、荷重-伸び曲線を図-1に、引張試験 (高温600℃) のL、C方向結果を表-6、荷重-伸び曲線を図-2に示す。高温引張試験片の写真を写真-1に示す。

表-5 Z方向引張試験結果 (常温)

No	採取方向	採取位置	耐力	引張強さ	伸び	絞り	
						個々	平均
A	Z	全厚	528	670	16	52	60
			530	672	18	65	
			527	671	16	63	
B			516	657	20	75	71
			517	661	22	72	
			515	653	16	66	

0.2%耐力・引張強さ : N/mm² 伸び・絞り : %
 JIS G 3199 417° b Z方向

表-4 L、C方向引張試験結果 (常温)

No	採取方向	採取位置	耐力	引張強さ	降伏比	伸び	絞り
A	L	1/4t	522	678	77	29	75
			524	676	78	28	75
	C		528	683	77	29	75
			530	684	77	28	74
B	L		516	672	77	28	75
			524	676	78	29	76
	C		523	678	77	29	74
			521	678	77	28	74

0.2%耐力・引張強さ : N/mm² 降伏比・伸び・絞り : %
 JIS Z 2201 4号 L、C方向

表-6 L、C方向引張試験結果

(高温 : 試験温度 600℃)

No	採取方向	採取位置	耐力	引張強さ	降伏比	伸び	絞り
A	L	1/4t	348	429	81	27	89
			318	418	76	27	88
	C		335	419	80	24	87
			321	413	78	22	88
B	L		315	414	76	28	90
			321	410	78	28	88
	C		315	406	78	31	90
			325	413	79	28	87

0.2%耐力・引張強さ : N/mm² 降伏比・伸び・絞り : %
 JIS G 0567 II10 L、C方向

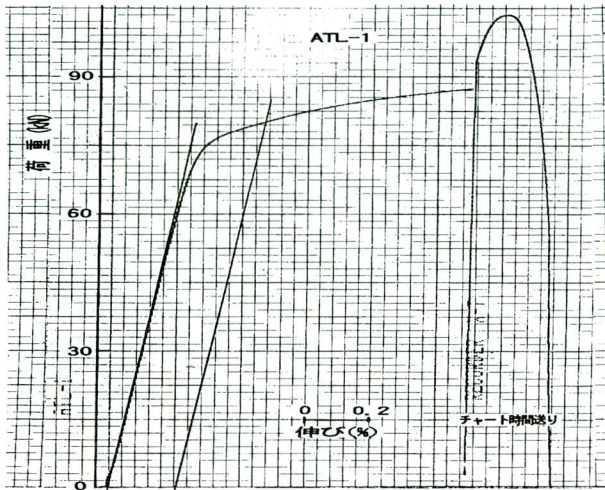


図-1 常温引張試験 荷重-伸び曲線

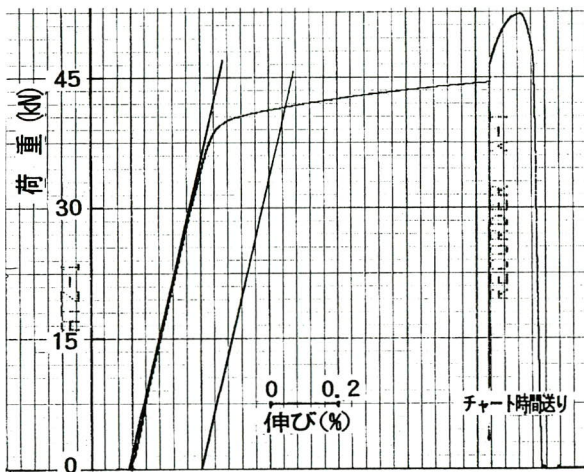


図-2 高温引張試験 荷重-伸び曲線

(2) 衝撃試験

衝撃試験の結果を表-7に示す。

表-7 L、C、Z方向衝撃試験結果

No	採取方向	採取位置	吸収エネルギー(J)	
			個々	平均
A	L	1/4t	242	270
			293	
			275	
	C		277	241
			220	
			227	
Z	1/2t	136	144	
		164		
		131		
B	L	1/4t	256	250
			216	
			291	
	C		249	255
			265	
			251	
Z	1/2t	161	140	
		157		
		103		

衝撃試験片 JIS Z 2202 Vノッチ試験片

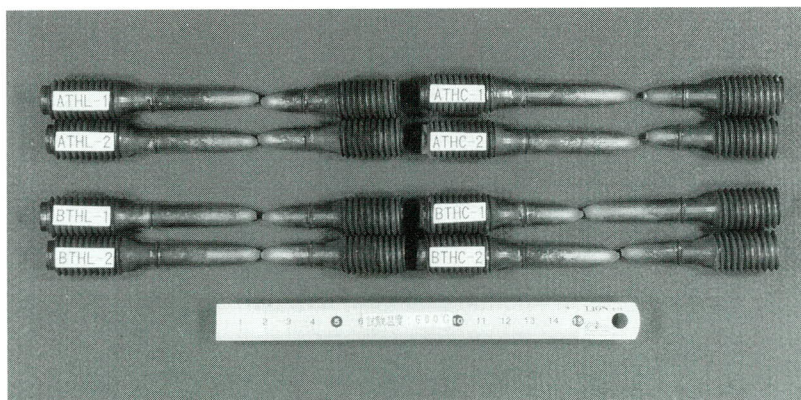


写真-1 高温引張り試験片

(3) 化学成分分析試験

成分分析試験の結果を表-8に示す。

表-8 成分分析試験結果 (成分, Pcm: %)

No	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Pcm
A	0.087	0.30	1.23	0.009	0.0016	0.21	0.81	0.22
B	0.088	0.30	1.27	0.009	0.0012	0.22	0.80	0.23

(4) y形溶接割れ試験

y形溶接割れ試験結果を表-9に示す。溶接条件を表-11に示す。

表-9 y形溶接割れ試験結果

No	予熱温度	表面割れ率	ルート割れ率	断面割れ率					
				1	2	3	4	5	平均
A	常温	0	0	0	0	0	0	0	0
	50	0	0	0	0	0	0	0	0
B	常温	0	17	0	0	0	0	78	16
	50	0	0	0	0	0	0	0	0

表面割れ率・ルート割れ率・断面割れ率: %

(5) 溶接熱影響部の最高硬さ試験

最高硬さ試験結果を表-10、図-3に示す。溶接条件を表-11に示す。

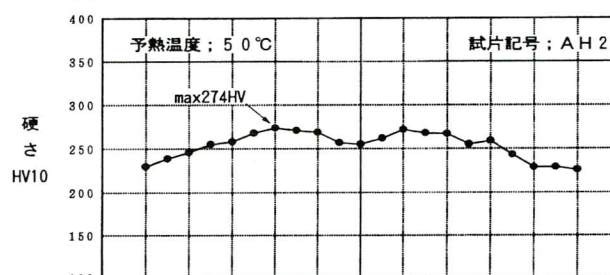
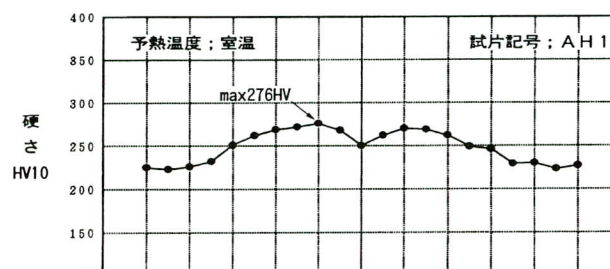
表-10 最高硬さ試験結果

No	予熱温度	最高硬さHv (10)
A	常温	276
	50	274
B	常温	282
	50	280

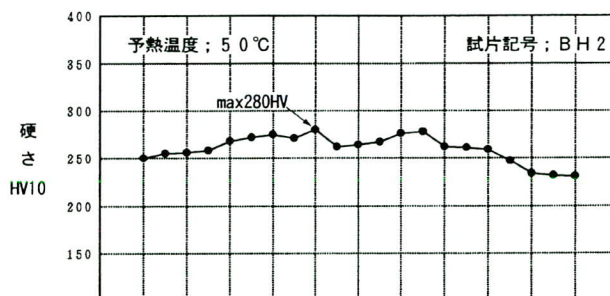
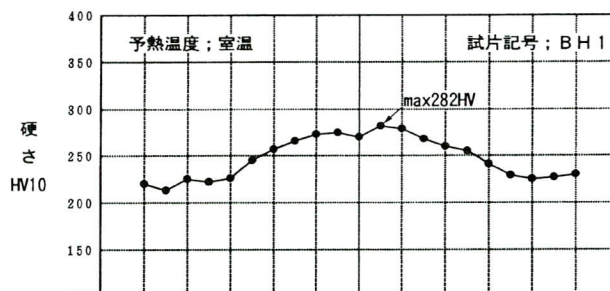
表-11 y形溶接割れ試験、最高硬さ試験溶接条件

溶接方法	CO ₂ 半自動溶接	
溶接材料	銘柄: YM-60FR*	径: 1.2mm φ
溶接条件	電流: 280A	電圧: 32V
	速度: 30cm/min	入熱: 17.9kJ/cm
気象条件	温度: 24.3°C	湿度: 72%

* 日鐵溶接工業(株)製



硬さ試験 No. A



硬さ試験 No. B

図-3 溶接熱影響部の最高硬さ試験分布図

4. 考察

以上の試験結果を試験項目に従って整理する。

(1) 引張試験 (常温、高温)

常温試験のL、C方向1/4 t採取部位および、高温試験のL、C方向1/4 t採取部位のいずれも仕様を十分満足しており、常温時、高温時ともロットによる差異はなく、ミルシートの値とよく一致している。

また、Z (板厚) 方向の常温試験の絞り値も60~70%であり十分な性能を示している。

(2) 衝撃試験

シャルピー吸収エネルギーの値は、L、C方向1/4 t採取部位のいずれも仕様を十分満足する。ミルシートの値ともよく一致し、ロットによる差異はない。また、Z (板厚) 方向1/2 t部位の値も従来鋼と同様にL、C方向に比べ低下する傾向は示すものの良好な結果である。

(3) 化学成分分析試験

化学成分分析試験の結果は仕様を満足し、ミルシートの値ともよく一致している。また、リン (P) イオウ (S) の含有率は十分低減され、溶接割れ感受性組成 (Pcm) も0.22~0.23の範囲で良好である。

(4) y形溶接割れ試験

常温 (24.3℃) においてロットによるばらつきがルート割れ、断面割れで発生しているが、予熱50℃ではいずれも割れは発生していない。

(5) 溶接熱影響部の最高硬さ試験

ロットNo.A、Bとも試験温度常温においてHv (10) 270~280程度でありHv (10) 310を十分下廻っている。

5. まとめ

今回の試験結果より本鋼材の化学成分・機械的性質は2ロットともばらつきがなく材料仕様を十分満足し、ミルシートの値ともよく一致することが確認された。また、Z (板厚) 方向の引張試験及び、参考として行なった衝撃試験の結果も極めて良好であり、板厚方向の特性にも優れていることが分かった。

また、溶接割れ感受性組成 (Pcm)、リン (P) イオウ (S) の低い含有率、y形溶接割れ試験及び溶接熱影響部最高硬さ試験の結果から、本鋼材は溶接施工性が良好であると判断される。本鋼材を溶接施工する場合の予熱温度は、y形溶接割れ試験の結果より50℃以上でよいものと思われる。

以上で報告を終了するが、実施工はこれらの試験結果を踏まえ、更に実大ボックス施工試験を実施し実施工時の予熱温度や建築基準法改正により課題になっている、溶接施工時の入熱・パス間温度等の必要なデータを採取してから行う計画である。

溶接施工試験の結果については次回、報告する予定である。

試験を実施するに当たり、御協力頂いた株式会社大林組、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。

<参考文献>

- 1) 大月真一, 鳴沢明雄, 中野秀二: FR鋼の母材特性および溶接性の研究, 宮地技報No.11, p.51-62, 1993.5
- 2) 鉄構造出版: 鉄構技術, VOL.13, No.148, p.16, 2000年9月号
- 3) 新日本製鐵(株): 建築用耐火590N/mm²級鋼の特性について, 1999.9
- 4) 日本建築学会: 鉄骨工事技術指針・工場製作編, 1996.2

2000.11.1 受付