

一般橋梁から長大橋にいたるまで建設コスト縮減に寄与する

橋梁用高性能鋼材

SBHS400, SBHS400W, SBHS500, SBHS500W, SBHS700, SBHS700W



一般社団法人 日本鉄鋼連盟
The Japan Iron and Steel Federation

橋梁用鋼材研究会

はじめに

SBHS (Steels for Bridge High Performance Structure) は、鋼橋の建設コスト削減のために産学連携研究プロジェクトの成果に基づき開発された高性能鋼材です (JIS G 3140)。

SBHS は、従来の 490N/mm^2 、 570N/mm^2 級および 780N/mm^2 級高張力鋼と比較して強度・靱性および溶接性において、より優れた性能を有しています。

SBHS の特長をご理解いただき、この新鋼材を有効に活用すれば、設計および製作の面で合理化を達成できます。

2017 年の道路橋示方書改定で、SBHS400、SBHS400W、SBHS500 および SBHS500W が使用材料として規定されました。

SBHS の特長

● 高強度と加工性・溶接性を TMCP 技術の適用により両立させた橋梁用高性能鋼材

■ 従来鋼よりも降伏強度を向上

- ・ 490N/mm^2 級 [SBHS400 (W)] : 降伏強度 10~23% アップ (+35~75 N/mm^2)
- ・ 570N/mm^2 級 [SBHS500 (W)] : 降伏強度 9~19% アップ (+40~80 N/mm^2)
- ・ 780N/mm^2 級 [SBHS700 (W)] : ほぼ同等 2~ 5% アップ (+15~35 N/mm^2)

■ 加工性・溶接性が従来鋼よりも優れ、予熱省略、予熱温度低減が可能

- ・ 490N/mm^2 級 [SBHS400 (W)] : 予熱不要
- ・ 570N/mm^2 級 [SBHS500 (W)] : 予熱不要
- ・ 780N/mm^2 級 [SBHS700 (W)] : 予熱温度低減 (100~120℃ → 50℃)

鋼重削減および施工コスト低減への寄与大

■ 東京ゲートブリッジでの効果 (関東地方整備局 テクノアングル No.38、2005.10. 6)

- 鋼材重量削減 : 約 3% ○ 材料製作費削減 : 約 12%

板厚 50mm の例

特性		490 N/mm^2 級鋼		570 N/mm^2 級鋼		780 N/mm^2 級鋼		
		SBHS400・SBHS400W	従来鋼 (SM490Y・SMA490W)	SBHS500・SBHS500W	従来鋼 (SM570・SMA570W)	SBHS700	SBHS700W	従来鋼 (HT780*)
強度	降伏点 (N/mm^2)	≥ 400	≥ 335	≥ 500	≥ 430	≥ 700	≥ 700	≥ 685
	降伏点一定	○	△	○	△	○	○	△
加工性 溶接性	高靱性	○	△	○	△	○	○	△
	予熱温度低減	○	△	○	△	○	○	△
耐食性	耐候性	○ (SBHS400W)	○ (SMA490W)	○ (SBHS500W)	○ (SMA570W)	—	○	—

○ 通常仕様で対応

△ 通常仕様では未対応

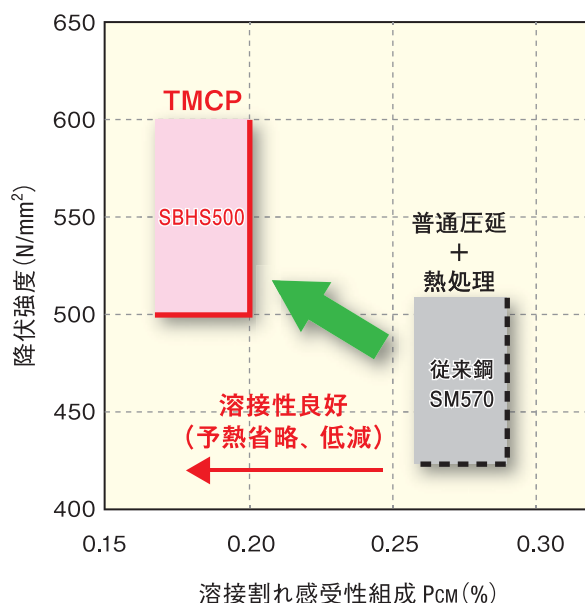
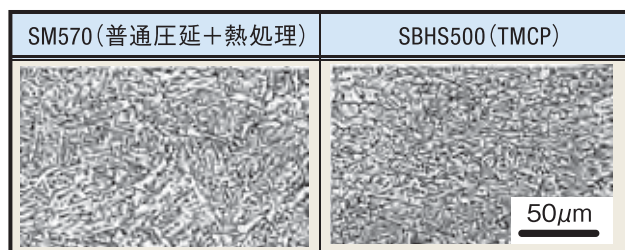
* HBS G3102 (HT780)

熱加工制御(TMCP)とは

SBHSの製造に際しては、**熱加工制御(TMCP)**技術が用いられています。

TMCPとは、Thermo-Mechanical Control Processの略で、鋼板製造時における加熱・圧延および圧延後の冷却の各プロセスを適切にコントロールする製造技術です。

この技術により良好な強度、靱性、溶接性などを鋼板に付与することができます。



SBHSの化学成分と機械的性質

● 化学成分

単位：％

種類の記号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	N
SBHS400	0.15以下	0.55以下	2.00以下	0.020以下	0.006以下	—	—	—	—	—	—	0.006以下
SBHS400W	0.15以下	0.15～0.55	2.00以下	0.020以下	0.006以下	0.30～0.50	0.05～0.30	0.45～0.75	—	—	—	0.006以下
SBHS500	0.11以下	0.55以下	2.00以下	0.020以下	0.006以下	—	—	—	—	—	—	0.006以下
SBHS500W	0.11以下	0.15～0.55	2.00以下	0.020以下	0.006以下	0.30～0.50	0.05～0.30	0.45～0.75	—	—	—	0.006以下
SBHS700	0.11以下	0.55以下	2.00以下	0.015以下	0.006以下	—	—	—	0.60以下	0.05以下	0.005以下	0.006以下
SBHS700W	0.11以下	0.15～0.55	2.00以下	0.015以下	0.006以下	0.30～1.50	0.05～2.00	0.45～1.20	0.60以下	0.05以下	0.005以下	0.006以下

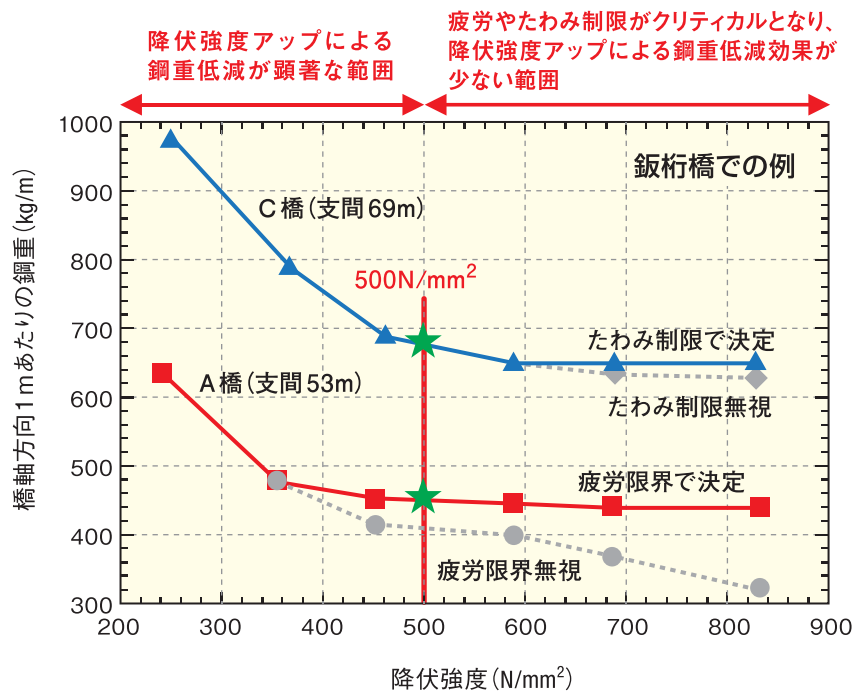
● 降伏点又は耐力、引張強さ及び伸び、およびシャルピー吸収エネルギー

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	伸び			試験温度 ℃	シャルピー吸収エネルギー J	試験片及び 試験片採取方向
			厚さ mm	試験片	%			
SBHS400 SBHS400W	400以上	490～640	6以上 16以下	1A号	15以上	0	100以上	Vノッチ 圧延直角方向
			16を超え50以下	1A号	19以上			
			40を超えるもの	4号	21以上			
SBHS500 SBHS500W	500以上	570～720	6以上 16以下	5号	19以上	－5		
			16を超えるもの	5号	26以上			
			20を超えるもの	4号	20以上			
SBHS700 SBHS700W	700以上	780～930	6以上 16以下	5号	16以上	－40		
			16を超えるもの	5号	24以上			
			20を超えるもの	4号	16以上			

降伏強度と鋼重の関係

鈑桁橋では、降伏強度 500N/mm^2 鋼材以下が経済設計に有効です。*

厚手材の板厚低減にも有効です。



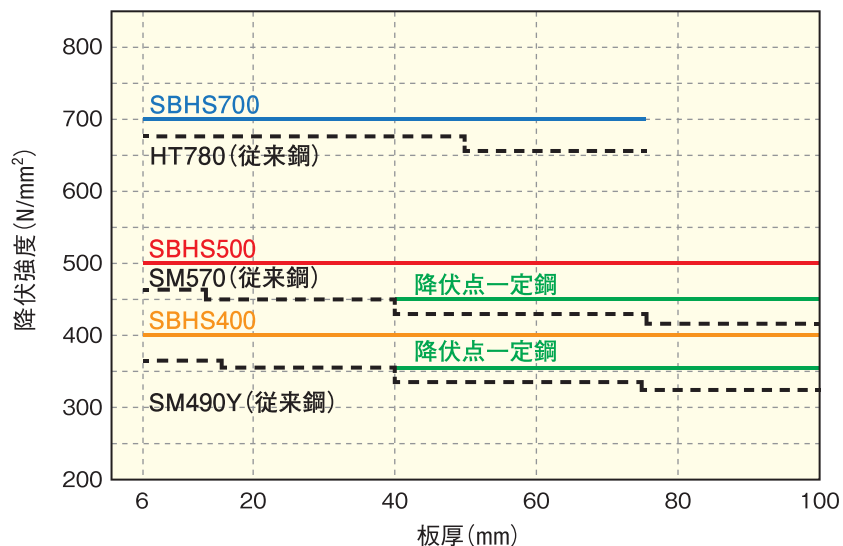
長大吊橋、斜張橋等では、降伏強度 700N/mm^2 鋼材が経済設計に有効です。

* 「小西拓洋、三木千壽他：高強度鋼の適用による鋼橋の合理化設計の可能性、土木学会論文集 No.654/1-52, 2000.7」

SBHS の降伏強度

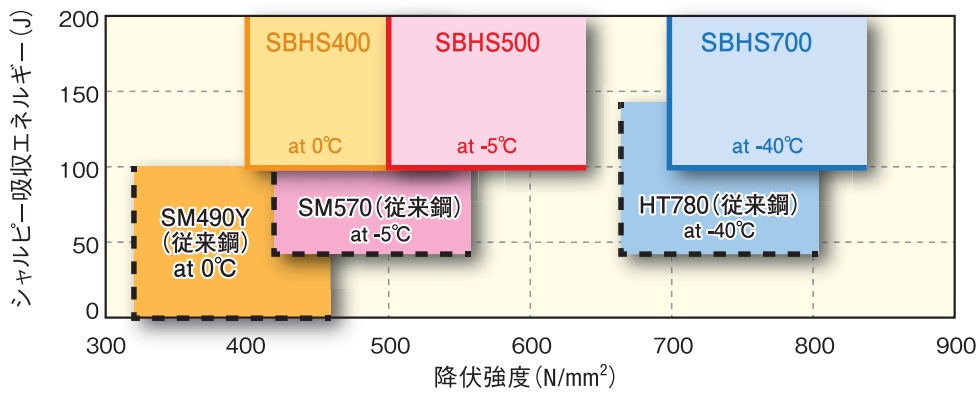
降伏強度 400 、 500 、 700N/mm^2 の3種類で、板厚によらず降伏強度一定です。

耐候性鋼仕様も同様です。



SBHS の母材靱性 (例)

SBHSは従来鋼に比べて高い靱性を有し、かつ圧延直角方向を保証しています。
耐候性鋼仕様も同様です。



予熱温度低減

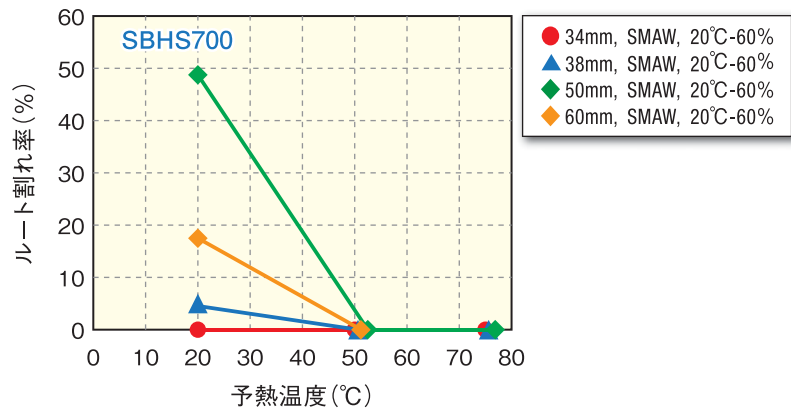
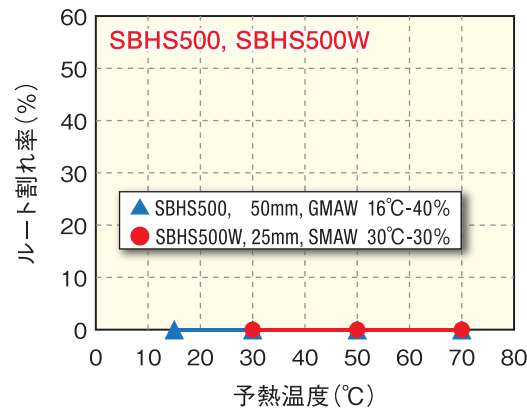
被覆アーク溶接 (SMAW) での予熱温度低減効果

強度区分	種類の記号	区 分		板厚区分 (mm)			
				t≦25	25<t≦40	40<t≦50	50<t≦100
490N/mm ² 級	従来鋼 (SM490Y SMA490W)	標準 P _{CM} (予熱温度)*	(SM490Y)	0.26 (予熱なし)		0.27 (80℃)	
			(SMA490W)	0.26 (予熱なし)	0.27 (80℃)		0.29 (100℃)
		予熱なしとなる P _{CM}		—	0.24	0.22	
	SBHS400 (W)	P _{CM} (予熱温度)		≦0.22 (予熱なし)			
570N/mm ² 級	従来鋼 (SM570)	標準 P _{CM} (予熱温度)*		0.26 (予熱なし)	0.27 (80℃)		0.29 (100℃)
		予熱なしとなる P _{CM}		—	0.24	0.22	
	SBHS500 (W)	P _{CM} (予熱温度)		≦0.20 (予熱なし)			
780N/mm ² 級	従来鋼 (HT780)	標準最小予熱温度(℃)**		100			120
	SBHS700 (W)	最小予熱温度(℃)		50 (t≦75)			

* 標準 PCM, 予熱温度の標準 (「日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅱ, 鋼橋編 平成 24 年版」より)

** 標準最小予熱温度 (「本州四国連絡橋公団：鋼橋等製作基準 1993 年 5 月」より)

y 形溶接割れ試験結果 (JIS Z 3158)

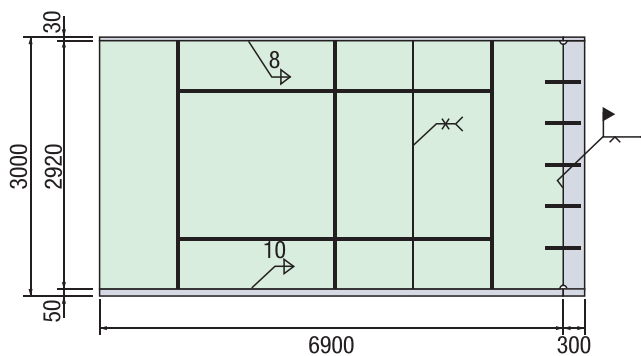


SBHS500 の製作性

● I 桁製作性試験諸元

使用鋼材	使用部位	寸法 (mm)	
		板厚	幅×長さ
SBHS500	上フランジ	30	500×6900
	ウェブ	20	2920×6900
	下フランジ	50	700×6900
SM490Y	補剛材	12	

● I 桁製作図 (側面図)



● 製作状況



製作性試験結果まとめ

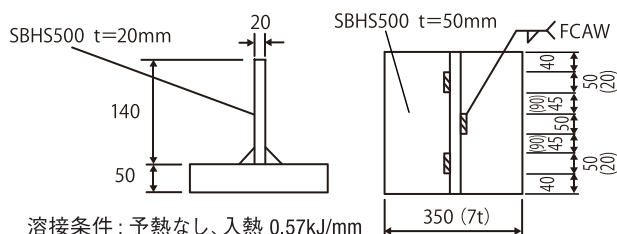
評価項目		SM490Yとの比較	評価項目 / 製作状況
切断性能	t=50mm	○	切断面粗さ
孔明け性能	t=50mm	○	孔明け精度
組み立て溶接	t=20, 50mm	◎<1>	組み立て溶接長さ20mm可能
突き合わせ溶接	ウェブ t=20mm	○	予熱なし・最大入熱6.1kJ/mm・T-SAW
	上フランジ t=30mm	○	予熱なし・最大入熱9.9kJ/mm・T-SAW
	下フランジ t=50mm	○<2>	予熱なし・最大入熱10kJ/mm・T-SAW
隅肉溶接	ウェブ-フランジ	○	予熱なし
	補剛材	○	予熱なし
歪み矯正	プレス矯正	○	
	ローラー矯正	○	
現場溶接	ウェブ t=20mm	○<3>	予熱なし・最大入熱9.7kJ/mm・EGW
	上フランジ t=30mm	○<2>	予熱なし・最大入熱4.1kJ/mm・CO ₂
	下フランジ t=50mm	○<2>	予熱なし・最大入熱4.1kJ/mm・CO ₂

◎優れる ○同等

570N/mm² 級の高強度鋼であるにもかかわらず、SM490Yと同等の製作性を有しています。

SBHS500 の製作性評価例

<1> 組立溶接性評価試験結果



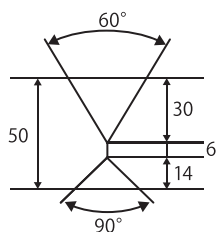
鋼材	SBHS500		従来鋼	
Pcm	≤0.20		≤0.22	一般
溶接長	20mm	50mm	50mm以上*	80mm以上
評価結果	割れなし	割れなし	道路橋示方書規定	

*: 厚い方の板厚が 12mm 以下の場合

組み立て溶接時の溶接長 20mm で割れなしを確認 (従来鋼は 80mm 以上)

<2> パス間温度の影響評価結果

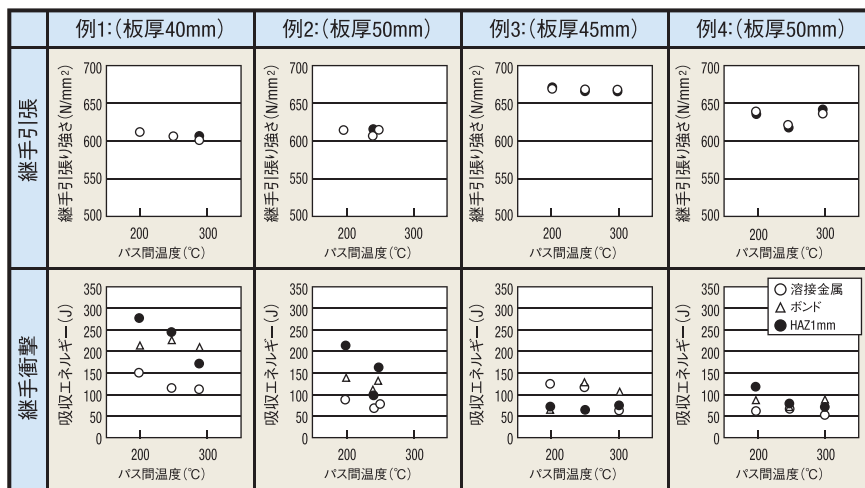
(1) X開先形状の例



(2) 溶接条件の例

溶接方法	溶接面	層 No.	電極	入熱 kJ/mm	パス間温度 ℃
SAW	1st side および 2nd side	1	—	≦ 5	3水準 ①200以下 ②250以下 ③300以下
		2～最終層	L	≦10	
			T		

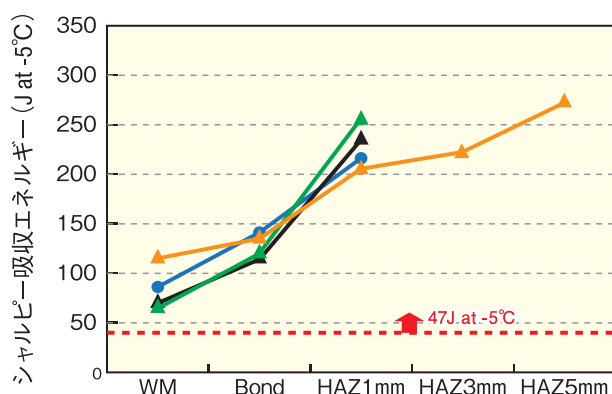
(3) 溶接継手性能評価



パス間温度 300℃ 以下で、
継手性能確保を確認
(従来鋼は 230℃ 以下*)

* HBS(本州四国連絡橋公団規格)に
記載の溶接継ぎ手の所要性能より

<3> 溶接継手靱性の評価結果



●	SBHS500	50mm	SAW	9.1kJ/mm
▲	SBHS500	40mm	GMAW	3.6kJ/mm
▲	SBHS500	50mm	GMAW	3.7kJ/mm
▲	SBHS500	100mm	GMAW	3.4kJ/mm

SM490Yと同等の大入熱溶接 (10kJ/mm 以下)
に対応可能

溶接材料

● 溶接材料の規格

溶接方法		SBHS400、SBHS500、SBHS700	SBHS400W、SBHS500W、SBHS700W
被覆アーク溶接		JIS Z 3211	JIS Z 3214
ガスシールド アーク溶接	ソリッドワイヤ	JIS Z 3312	JIS Z 3315
	フラックス入りワイヤ	JIS Z 3313	JIS Z 3320
サブマージアーク溶接		JIS Z 3351 (ソリッドワイヤ)、JIS Z 3352 (フラックス)、JIS Z 3183 (溶着金属)	

● 溶接継手の所要性能

種類の記号	継手引張強さ* N/mm ²	溶接金属のシャルピー吸収エネルギー	
		試験温度 (°C)	シャルピー吸収エネルギー** (J)
SBHS400 (W)	490 以上	0	47 以上
SBHS500 (W)	570 以上	−5	47 以上
SBHS700 (W)	780 以上	−15	47 以上

* 破断位置を規定しない

** 三個の試験片の平均値

● 適用溶接材料の例 (SBHS500 の場合)

仕 様		JIS 番号	溶接姿勢	種類および区分
SMAW		JIS Z 3211	全姿勢	E57J16-XX
GMAW	CO ₂ ガス	JIS Z 3312	下向、横向	G57JA1UCXX
	Ar+20%CO ₂ ガス		全姿勢	G57JA1UMXX
FCAW	CO ₂ ガス	JIS Z 3313	全姿勢	T57J1Tx-yCA-XX-U
			下向、横向	
			水平すみ肉	
SAW	溶着金属	JIS Z 3183	下向	S58J2-XX
	ワイヤ	JIS Z 3351		YS-XX
	フラックス	JIS Z 3352		SZXX1

(注) 「XX」は、化学成分の記号を表す。

フラックス入りワイヤの品質区分について、「Tx」は、使用特性の記号を示す。

(例：「T1」：シールドガスあり、DC (+)、ルチール系)

「y」は、適用溶接姿勢の記号を示す。(例：「0」：下向及び水平すみ肉、「1」：全姿勢)

溶接用フラックスの品質区分について、「Z」は製造方法の記号を示す。

ご注意とお願い：本資料に記載された技術情報は、製品の代表的な特性や性能を説明するためのものであり、「規格」の規定事項として明記したもの以外は、保証を意味するものではありません。本資料記載情報の誤った使用によって生じた損害については責任を負いかねますのでご了承ください。

問い合わせ先： 一般社団法人 日本鉄鋼連盟 橋梁用鋼材研究会

住所：〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10

電話：03-3669-4815 FAX：03-3667-0245

[URL] <http://www.jisf.or.jp/>