

# WES

## 溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性

Supplementary requirements for high strength steel plates  
with low susceptibility to cold cracking

R  
WES 3009 : 2025

令和 **X** 年 **X** 月 **X** 日 改正

一般社団法人 日本溶接協会

The Japan Welding Engineering Society

**WES 3009 (溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性)**  
**原案作成委員会 構成表**

	氏名	所属	種別
(委員長)	大畠 充	国立大学法人 大阪大学	中立者
(委員)	萩原 行人	元 上智大学	
	川畠 友弥	国立大学法人 東京大学	
	後藤 浩二	国立大学法人 九州大学	
	中野 達也	国立大学法人 宇都宮大学	
	三上 欣希	国立大学法人 大阪大学	
	庄司 博人	国立大学法人 大阪大学	
	中山 伸	一般財団法人 日本海事協会	
	山下 洋一	株式会社 I H I	
	京野 成利	トヨ一カネツ株式会社	
	杉村 忠士	三菱重工業株式会社	使用者
	三津谷 維基	東京ガス株式会社	
	萱森 陽一	日本製鉄株式会社	
	大川 鉄平	日本製鉄株式会社	
	米澤 隆行	日本製鉄株式会社	
	崎本 隆洋	JFEスチール株式会社	
	高木 芳史	JFEスチール株式会社	
	杵渕 雅男	株式会社神戸製鋼所	生産者
	高嶋 康人	株式会社神戸製鋼所	
	橋本 直樹	株式会社神戸製鋼所	
	大森 章夫	JFEスチール株式会社	
	中島 清孝	日本製鉄株式会社	
(関係者)	下山 哲史	株式会社神戸製鋼所	
	井上 健裕	日鉄テクノロジー株式会社	
	田川 哲哉	JFEスチール株式会社	
(事務局)	金子 謙	一般社団法人日本溶接協会	
	江端 幹夫	一般社団法人日本溶接協会	

改正年月日 : 令和 X 年 X 月 X 日

原案作成委員会 : 社団法人日本溶接協会 鉄鋼部会 WES 3009 改正原案作成委員会 (委員長 : 大畠 充)

審議委員会 : 社団法人日本溶接協会 規格委員会 (委員長 : 山根 敏)

この規格についてのご意見又はご質問は、一般社団法人日本溶接協会業務部 (〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 4-20) にご連絡ください。

## 目 次

	ページ
1 適用範囲	1
2 引用規格	1
3 用語及び定義	1
4 種類及び記号	1
5 化学成分及び溶接割れ感受性組成	1
6 検査	2
7 表示	2
8 報告	2
解説	3

RAF

## まえがき

この規格は、一般社団法人日本溶接協会（以下、協会という。）の定款及び諸規定に基づいて規格案が作成され、パブリックコメント公募を経て規格委員会の審議及び理事会によって承認された日本溶接協会規格（WES）である。これによって、WES 3009:1998 は改正され、この規格に置き換えられた。

当協会は、この規格に関する説明責任を有するが、この規格に基づいて使用又は保有したことから生じるあらゆる経済的損害、損失を含め、一切の間接的、付隨的、また結果的損失、損害についての責任は負わない。また、この規格に関連して主張される特許権及び著作権等の知的財産権の有効性を判断する責任も、それらの利用によって生じた知的財産権の侵害に係る損害賠償請求に応じる責任ももたない。そうした責任は、全てこの規格の利用者にある。

この規格の内容の一部又は全部を他書に転載する場合には、当協会の許諾を得るか、又はこの規格からの転載であることを明示のこと。このような処置がとられないと、著作権及び出版権の侵害となり得る。

WES  
RAF

## 日本溶接協会規格

## 溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性

Supplementary requirements for high strength steel plates  
with low susceptibility to cold cracking

## 1 適用範囲

この規格は WES 3001 (溶接用高張力鋼板) に規定する HW450 (耐力 450 N/mm<sup>2</sup> 以上) 及び HW490 (耐力 490 N/mm<sup>2</sup> 以上) のうち、特に溶接低温割れの発生に対する感受性 (以下、溶接割れ感受性という。) を低くした鋼板について規定する。

## 2 引用規格

次に掲げる引用規格は、この規格に引用されることによって、その一部又は全部がこの規格の要求事項を構成している。これらの引用規格は、その最新版 (追補を含む。) を適用する。

WES 3001 溶接用高張力鋼板

## 3 用語及び定義

この規格には、定義する用語はない。

## 4 種類及び記号

鋼板の種類は 2 種類とし、その記号は **表 1** のとおりとする。

表 1—種類の記号

単位 mm

種類の記号	特性を表す記号	適用厚さ
HW450	CF	6 以上
HW490	CF	75 以下

## 5 化学成分及び溶接割れ感受性組成

鋼板の化学成分はとりべ分析により、その値及び溶接割れ感受性組成 (以下 P<sub>CM</sub> という。) は **表 2** のとおりとする。

表 2-化学成分及び  $P_{CM}$ 

種類の記号	特性を表す記号	化学成分					$P_{CM}$	単位 %
		C	Si	Mn	P	S		
HW450	CF	0.09	0.04	1.60	0.030	0.025	0.20	
HW490	CF	以下	以下	以下	以下	以下	以下	

**注記 1**  $P_{CM}$  の計算式は次のとおりとする  
 $P_{CM} (\%) = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$

**注記 2** 必要に応じて、表 2 以外の元素を添加することができる。

## 6 検査

鋼板の化学成分及び  $P_{CM}$  は、箇条 5 の規定に合格しなければならない。

## 7 表示

検査に合格した鋼板の特性を表す記号は、適用する鋼板規格の種類の記号に付加して表示する。

例 HW 490 Q CF

HW 490 TMC CF

## 8 報告

製造業者は、試験の成績・製造方法・注文寸法・数量・現品納入状態・鋼材から溶解まで追跡できるような識別番号・ $P_{CM}$  の計算に関わる元素及び添加元素の含有量 のうち必要な項目を記載した検査文書を注文者に提出しなければならない。

# 溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性 解 説

この解説は、規格に規定・記載した事柄を説明するもので、規格の一部ではない。

この解説は、日本規格協会が編集・発行するものであり、これに関する問合せ先は日本規格協会である。

## 1 改正の趣旨

本規格の引用規格である **JIS G 0303** が 2000 年に廃止されたことに対応した改正を行う。

## 2 制定・改正の経緯

### 2.1 制定の経緯、背景

本規格は、溶接割れ感受性を改善した HW450, HW490 鋼板が開発・実用化されたことを受け、**WES 3001** に規定されている HW450, HW490 の C 量と  $P_{CM}$  を特に低くした規格として、1982 年に制定された。

### 2.2 1990 年の改正

SI 単位の導入に伴う改正が行われた。

### 2.3 1998 年の改正

本規格の引用規格である **WES 3001** が 1996 年に改正され、熱加工制御 (TMCP) も適用可能とすること、適用範囲を日本溶接協会の認定を受けた鋼種に適用すること等が明記された。この改正内容にしたがって、1998 年に本規格の改正が行われた。以下にその概要を記す。

- a) **適用範囲** 本規格で規定されている鋼板を製造し、その種類の記号を表示する場合には、予め日本溶接協会による鋼種認定が必要である。**WES 3001** の 1996 年の改正内容と同様に、この点を明確にするため、適用範囲を日本溶接協会の認定を受けた鋼種とした。なお、**WES 3009** の規定は、**WES 3001** の認定を受けた鋼種に対してのみ適用される。
- b) **化学成分及び溶接割れ感受性組成** **WES 3001** の 1996 年の改正にあわせ、必要に応じて **表 2** 以外の元素を添加することができることを明記した。
- c) **表示** **WES 3001** の 1996 年の改正では、熱加工制御 (TMCP) を適用することが認められた。本規格でも熱加工制御 (TMCP) の適用も可能とし、種類の記号の例に TMCP の場合を追加した。
- d) **報告** **WES 3001** の 1996 年の改正にあわせ、成績表に表示する成分元素を明確にするため、 $P_{CM}$  の計算に関わる元素及び添加元素の含有量を表示することとした。

## 3 改正点

本規格の引用規格である **JIS G 0303** が 2000 年に廃止されたため、規定内容には実質的な変更をせずに、引用されていた **JIS G 0303** の箇条 8（報告）の内容を本規格の中に記載した。

#### 4 技術的内容の解説

改正後の内容も、旧規格（1998 年版）の内容をほぼそのまま踏襲している。したがって、技術的内容の解説と改正経過内容の保存のため、旧規格（1998 年版）に掲載されている 1990 年版の解説をそのまま以下に掲載する。

RAF

## 旧規格（1990年版）の解説

**まえがき** 厚鋼板の品質は、きびしい市場の要求と経済環境の変化に対応して、製造技術の進歩と鋼板に関する基礎的研究の成果に支えられてこれまで発展してきたといえる。

厚鋼板の高強度化も、鋼構造物の大形化と呼応して進み、現在では非調質あるいは調質高張力鋼として耐力  $355\sim885\text{N/mm}^2$  (引張強さ  $490\sim980\text{N/mm}^2$ ) の強度レベルのものが市場に提供されており、WES 3001 にも溶接用高張力鋼板として耐力  $355\text{N/mm}^2$  級のものから  $885\text{N/mm}^2$  級のものまで 9 種類が規格化されている。

これら高張力鋼板を使用するに際しては、溶接施工時の低温割れを防止するため予熱が必要である。この予熱温度は鋼板の化学成分、板厚及び溶接材料に大きく影響される他、継手形式、開先形状、溶接方法、溶接条件及び溶接雰囲気などにより変化するが、実施工では、予熱温度が低いほど、溶接作業環境が良好となり、また施工管理が容易となるため、予熱温度を低めても溶接低温割れの発生しない鋼板の開発が期待されていた。

この期待に応えた高張力鋼板として、C 量及び  $P_{CM}$  を極力低く抑え、溶接低温割れ感受性を改善した HW450 及び、HW490 鋼板が開発され、種々の構造物に適用されており、今後この種鋼板の需要はますます増大していくものと判断されたので、この 2 種類の鋼板について化学成分及び  $P_{CM}$  の規格を作成した。

規格原案は、社団法人日本溶接協会・鉄鋼部会・技術委員会・WR 委員会・WR 第 1 小委員会 (WES 3001-1970 改正のための小委員会) において 15 回の審議を重ね、1982 年 6 月に作成を完了した。

規格の名称を決めるにあたっては、この規格が WES 3001 に規定されている HW450 及び HW490 の C 量と  $P_{CM}$  を特に低く規定したものであるため、その特徴を表す意味から「溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性」とした。

なお、本規格に規定していない事項は、WES 3001 「溶接用高張力鋼板」の規定によるものとする。

以下、規格の要点について解説する。

**1. 適用範囲** WES 3001 に規定された鋼板の種類は、HW355 から HW885 の 9 種類であるが、これら鋼種のうち、溶接低温割れ感受性を特に低くした鋼板として開発、実用化されている HW450 及び HW490 について規定した。なお、この規格は耐力  $450\text{N/mm}^2$  及び耐力  $490\text{N/mm}^2$  級の溶接用高張力鋼（例えば JIS SPV450, 490 及び ASTM A537 クラス 2 など）に対しても適用することができる。

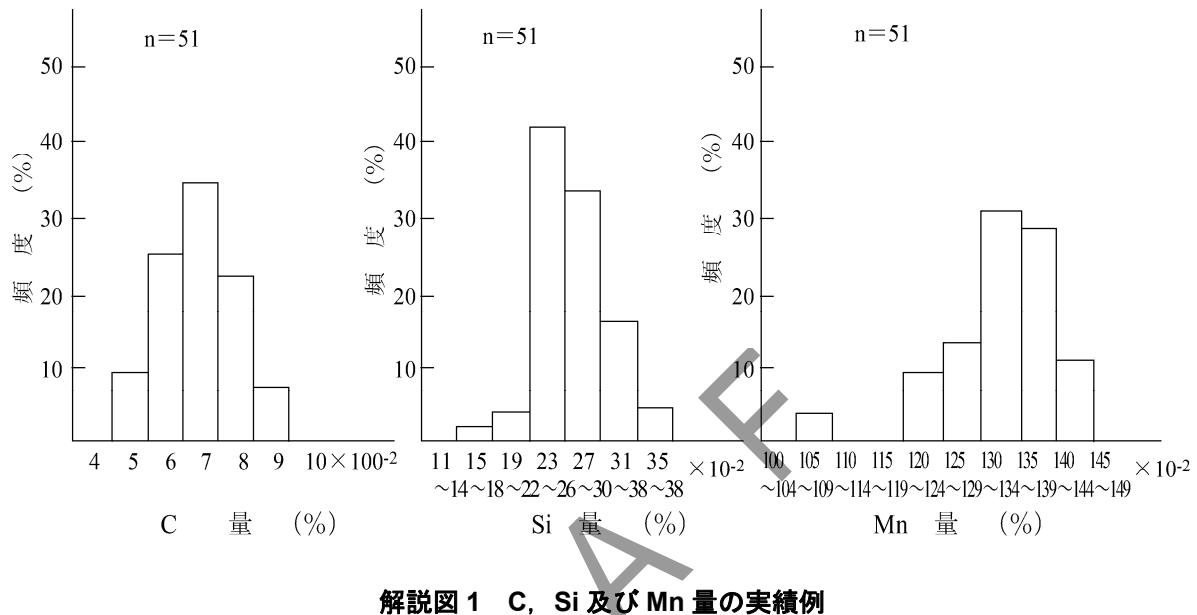
**2. 種類及び記号** 鋼板の種類は HW450 及び HW490 の 2 種類とし、末尾に記号 CF を付けて WES 3001 に規定しているものと区別することにした。

記号 CF の C はクラック (Crack) を意味し、F はフリー (Free) を意味しており、低溶接割れ感受性を表すものとする。しかし、あらゆる条件のもとで溶接割れの発生を完全に防止できることを意味している訳ではない。

### 3. 化学成分及び $P_{CM}$

- (1) **化学成分** C 量は、 $P_{CM}$  の算定式に示されているように、 $P_{CM}$  に及ぼす影響が大きく、溶接低温割れ防止には C 量を極力抑えることが望ましい。このため、溶接割れ感受性の低い高張力鋼板では、すでにこれらの鋼板を製造している鉄鋼各社の社内規格、実績等を考慮して C 量を 0.09% 以下とした。また、 $P_{CM}$  を低く抑えるには、Si 及び Mn 量もなるべく少なくすべきであるが、実績を考慮して Si 量は 0.4056 以下、及び Mn 量は、1.6096 以下とした。

解説図 1 に C、Si 及び Mn 量の実績例を示す。



解説図 1 C, Si 及び Mn 量の実績例

なお、C 量を下げたので鋼板の強度を確保するため、Cu、Ni、Cr、Mo、V 又は B 等の合金元素を必要に応じ添加する。これらの元素も  $P_{CM}$  に影響を及ぼすが、高張力鋼板は現在なお発達の途上にあり、今後も各種合金元素を種々の組合せで含有したものが出現すると考えられるため、合金元素の種類と含有量は規定しないことにした。

- (2)  **$P_{CM}$**   $P_{CM}$  は高張力鋼の溶接性を評価するもっとも重要なものの一つである。溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性として、溶接熱影響部の初層ルート割れ試験法である比較的厳しい、Y 形溶接割れ試験におけるルート割れ防止予熱温度が 50°C 以下となることを条件とし、これを実現できる鋼板の  $P_{CM}$  の上限値として 0.20% とした。

鋼板の溶接低温割れ感受性を評価する式には、 $P_{CM}$  評価式が広く実用されている。<sup>1)</sup>

$$P_C = P_{CM} + \frac{H}{60} + \frac{t}{600}$$

$$T_0 = 1440P_C - 392$$

$P_C$  : 溶接割れ感受性指数

H : 溶接金属の拡散性水素量 (cc/100g) (グリセリン法)

t : 板厚 (mm)

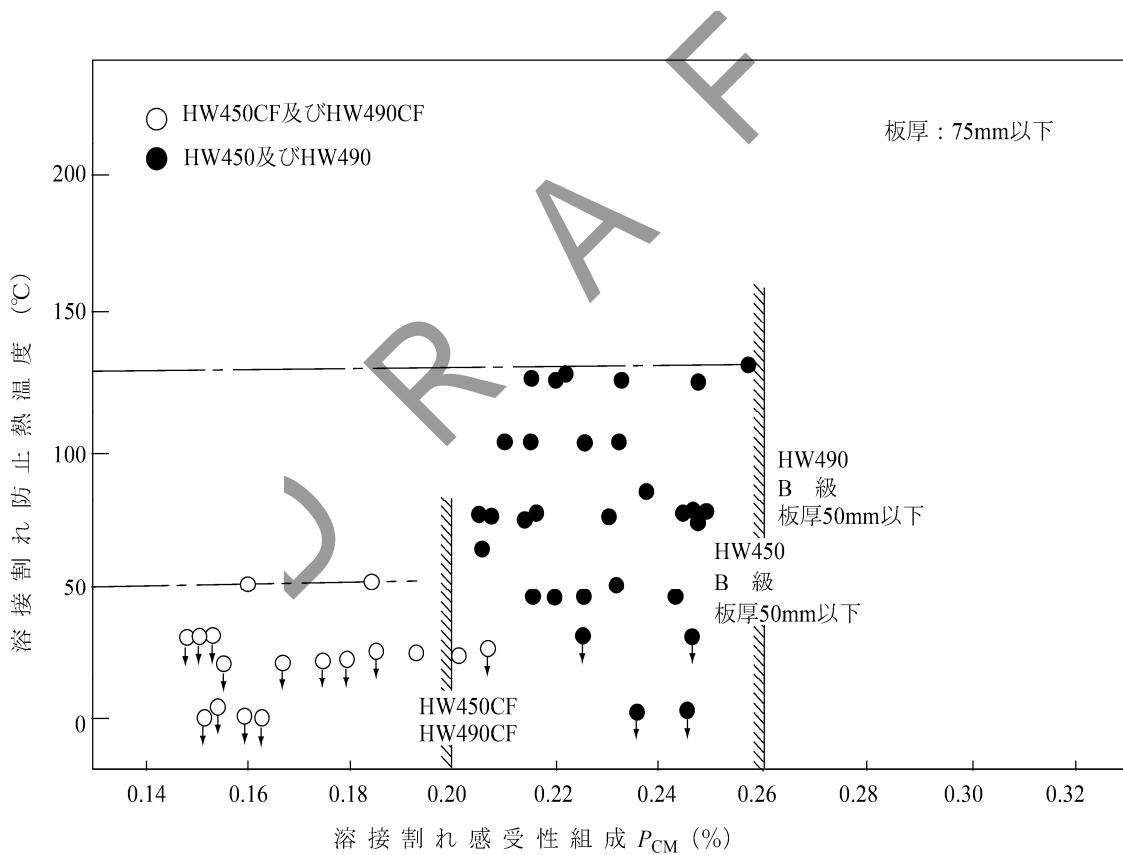
$P_{CM}$  : 溶接割れ感受性組成 (%)

$T_0$  : 溶接低温割れ防止のための予熱温度 (°C)

一例として、本式に板厚 40mm、溶接金属の拡散性水素量 2cc/100g 及び  $P_{CM}$  値 0.20%を適用した場合について示すと、溶接低温割れ防止のための予熱温度は 40°C となる。

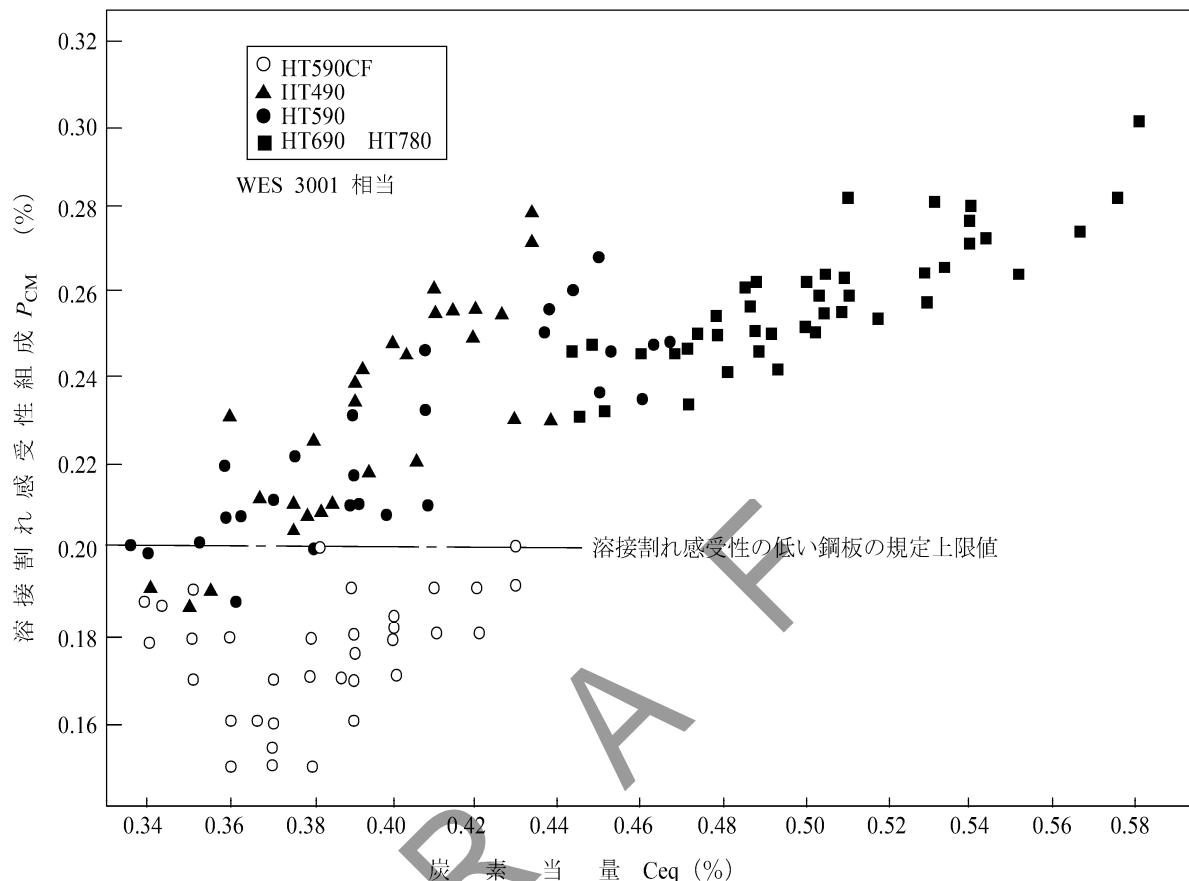
また、HW450、HW490、HW450CF 及び HW490CF の  $P_{CM}$  と斜め y 形溶接割れ試験における溶接低温割れ防止予熱温度の実績例を解説図 2 に示す。この図から明らかなように、HW450CF 及び HW490CF の溶接割れ防止温度の最大値は 50°C であるのに対し、HW450 及び HW490 の最大値は 130°C であり、両者の差は 80°C である。

上述したように、y 形溶接割れ試験は初層溶接における溶接熱影響部のルート割れ感受性を評価するための比較的厳しい試験であるが、実構造物の継手には多層溶接が用いられることが多く、社団法人日本溶接協会・鉄鋼部会・技術委員会・MWC 委員会（厚板多層溶接部割れの調査研究）の報告によると、多層溶接の場合、溶接による多重熱履歴か後熱の効果をもたらし、金属的組織を改善するとともに水素拡散を促進させ、このため、溶接低温割れ防止予熱温度は単層溶接の場合より約 50°C 低くなることが示されている。<sup>2)</sup>したがって、通常適用されることの多い多層溶接の場合には、十分な施工管理を行うことにより、初層を常温で溶接してもルート割れを防止することは可能と推定される。



解説図 2 y 形溶接割れ試験における  $P_{CM}$  とルート割れ防止予熱温度の関係の例

なお、本規格では、基本的な規格である **WES 3001** と同様に、溶接性を判定する手段として  $P_{CM}$  のみ規定し、 $C_{eq}$  は規定しないことにした。しかし、用途によっては  $C_{eq}$  を用いることもあると判断されるため、参考として耐力  $355\text{N/mm}^2$  級から耐力  $685\text{N/mm}^2$  級高張力鋼板の  $P_{CM}$  と  $C_{eq}$  の関係を **解説図 3** に示した。



解説図 3  $C_{eq}$  と  $P_{CM}$  の関係

**4. 溶接施工時の注意事項** この規格に規定する溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の溶接施工にあたっては、予熱温度を低くすることができる溶接施工は容易となるが、施工管理においては溶接方法及び溶接材料の選定等、諸条件の配慮が必要である。

#### 参考文献

- 1) 社団法人日本溶接協会・鉄鋼部会・技術委員会・JC 委員会総合報告－高張力鋼の溶接割れ感受性指数に関する調査研究－1972.
- 2) 社団法人日本溶接協会・鉄鋼部会・技術委員会・MWC 委員会報告－厚板多層溶接部割れの調査研究－1982.

日本溶接協会規格

**WES 3009 溶接割れ感受性の低い高張力鋼板の特性**

令和 **X** 年 **X** 月 **X** 日 第 1 刷発行

編 集 一般社団法人日本溶接協会 規格委員会

発行人 水沼 渉

発行所 一般社団法人 日本溶接協会

〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町 4-20

<https://www.jwes.or.jp>