

建築構造用 TMCP 鋼材 溶接施工指針

MD C R 0016－2016

建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325, TMCP355)

MD C R 0017－2016

建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385)

第 2 版

2021 年 2 月

2024 年 12 月改定

 一般社団法人 日本鉄鋼連盟

はじめに

建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325, TMCP355) 及び建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385) は、建築物の高層化・大規模化に伴う鉄骨部材の大型化に呼応して開発された鋼材であり、2016 年 9 月に日本鉄鋼連盟により製品規定化されている。高炉メーカー毎に個別に国土交通大臣認定を取得し製品化され、今日では建築分野で広く採用されている。

また、TMCP 鋼材は、国内の高炉メーカーの熱加工制御プロセス (Thermo Mechanical Control Process) により製造され、各メーカーの厚板製造工場が保有する TMCP 設備を駆使することで厚さ 40mm 超えの鋼板についても良好な溶接性を確保するとともに設計基準強度を低減することなく、適用可能である。

TMCP 鋼材の内、TMCP325・355 は旧建築基準法 建設大臣認定第 38 条の一般認定取得から 30 年ほど経過しているものの、大臣認定時に付帯された溶接施工指針がなく、また、予熱温度などの品質管理項目が日本建築学会 JASS6、鉄骨工事技術指針 工場製作編・工事現場施工編に規定がなかったため、個社保有の技術データを個別に参照する必要があるなどの課題があった。

従って、2018 年 10 月に、日本鉄鋼連盟－鉄骨建設業協会 技術交流会 WG2 において『建築構造用 TMCP 鋼材 MDCR0016－2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325, TMCP355) 溶接施工指針 初版^{0.1)}』を発行している。

TMCP385 は、大臣認定時に付帯された各社の溶接施工指針は存在するものの、個社により予熱温度、溶接管理上限などの内容が異なるため、メーカーの鋼材毎に溶接施工指針を参照する必要がある。従って、TMCP385 の利便性をより向上させることを目的として、溶接施工に関する一連の実験を行い、上記の TMCP325・355 の溶接施工指針^{0.1)}に加える形で、『建築構造用 TMCP 鋼材溶接施工指針 MDCR 0016－2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325, TMCP355) MDCR0017－2016 建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385) 第 2 版^{0.2)}』にまとめた。

今回の小改訂は、鉄骨建設業協会－日本鉄鋼連盟技術交流会で検討した、TMCP385 鋼材の補修溶接についての知見を加えた。

なお、TMCP385 は各メーカーに溶接施工指針に基づく溶接管理条件はあるが、『建築構造用 TMCP 鋼材溶接施工指針』では一連の試験結果・研究により最適と思える数値を設定した。溶接管理条件の詳細については各メーカーに確認頂きたい。

鉄連－鉄建協技術交流会 委員名簿

建築構造用 TMCP 鋼材 溶接施工指針
第 2 版 小改訂

(2024 年 8 月現在、敬称略)

主査 委員	沖	晃司	J F E スチール(株)
	大庭	諒介	J F E スチール(株)
	澤泉	紳一	日本製鉄(株)
	吉本	隼	日本製鉄(株)
	伊藤	冬樹	(株)神戸製鋼所
	井海	和也	(株)神戸製鋼所
	吉村	鉄也	(株)駒井ハルテック
	宋	勇勲	川岸工業(株)
	山田	浩二	日本ファブテック(株)
	下斗米	久	川田工業(株)
OBS	藤沢	清二	J F E スチール(株)

鉄連－鉄建協技術交流会 委員名簿

建築構造用 TMCP 鋼材 溶接施工指針
第 2 版

(2021 年 2 月現在、敬称略)

主査 委員	藤沢 清二	J F E スチール(株)
	大庭 諒介	J F E スチール(株)
	窪田 伸	日本製鉄(株)
	増田 開	日本製鉄(株)
	伊藤 冬樹	(株)神戸製鋼所
	井海 和也	(株)神戸製鋼所
	吉村 鉄也	(株)駒井ハルテック
	蓮沼 聡	川田工業(株)
	宋 勇勲	川岸工業(株)
	長久 靖典	日本ファブテック(株)
	山中 利之	大和ハウス工業(株)

鉄連－鉄建協技術交流会 委員名簿

建築構造用 TMCP 鋼材 溶接施工指針
初版

(2018 年 10 月現在、敬称略)

主査 委員	下川 弘海	J F E スチール(株)
	藤沢 清二	J F E スチール(株)
	伊藤 浩資	新日鐵住金(株)
	一戸 康生	新日鐵住金(株)
	佐々木 正道	新日鐵住金(株)
	高橋 祐二	(株)神戸製鋼所
	山口 徹雄	(株)神戸製鋼所
	井海 和也	(株)神戸製鋼所
	吉村 鉄也	(株)駒井ハルテック
	蓮沼 聡	川田工業(株)
	波川 智明	川岸工業(株)
	宋 勇勲	川岸工業(株)
	松村 一諮	高田機工(株)
	長久 靖典	日本ファブテック(株)
	大園 雄司	大和ハウス工業(株)
	山中 利之	大和ハウス工業(株)

目 次

はじめに

委員名簿

1章 総 則	1
1. 1 適用範囲	1
1. 2 MDCR 0016—2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355), MDCR 0017—2016 建築構造用高性能 550N/mm ² 鋼材 (TMCP385) の材料規格	2
2章 溶接施工	4
2. 1 適用範囲	4
2. 2 溶接材料	5
2. 3 組立て溶接	7
2. 4 予熱	8
2. 4. 1 初層溶接時の予熱	8
2. 4. 2 組立て溶接, 補修溶接の予熱	18
2. 4. 3 溶接組立箱形断面柱角継手サブマージアーク溶接の予熱	22
2. 5 入熱及びパス間温度	23
2. 6 ひずみ矯正	33
2. 7 付属金物の溶接	34
2. 8 溶融亜鉛めっき	35
付 録 (一社)日本鉄鋼連盟製品規定 MDCR 0016—2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355)	
付 録 (一社)日本鉄鋼連盟製品規定 MDCR 0017—2016 建築構造用高性能 550N/mm ² 鋼材 (TMCP385)	

1章 総 則

1.1 適用範囲

本指針は、日本鉄鋼連盟製品規定MDCR 0016－2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355), MDCR 0017－2016 建築構造用高性能 550N/mm² 鋼材 (TMCP385) の溶接施工に適用する。

ただし、特別の調査・研究に基づいて溶接施工を行う場合はこの限りでない。

[解説]

建築物の高層化・大規模化に伴う鉄骨部材の大型化に呼応して開発された建築構造用 TMCP 鋼材は、製造会社毎に個別に国土交通大臣認定を取得し製品化され、今日では広く建築分野で採用されている。

TMCP325・355 は、熱加工制御プロセス (Thermo Mechanical Control Process。以下 TMCP) による厚鋼板である。製造会社各社が厚板製造工場に保有する TMCP 設備を駆使することで厚さ 40mm 超えの鋼板についても良好な溶接性を確保するとともに設計基準強度を低減することなく、適用可能である。1989 年に建築基準法第 38 条に基づく建設大臣認定を取得し、以降、1993 年には SN 材 B 種・C 種に準拠する認定を取得した。2004 年に建築基準法改正に伴い、建築基準法第 37 条に基づく国土交通大臣認定を取得している。また、TMCP385 は上記鋼材同様に TMCP などにより、鋼材強度と靱性を確保した厚鋼板で、2002 年に国内の高炉メーカー 1 社が国土交通大臣認定を取得し、現在は計 3 社が認定を取得している。板厚は 12mm～100mm で、設計基準強度は板厚に関わらず 385N/mm²である。

日本鉄鋼連盟は、この建築構造用 TMCP 鋼材に対して共通の名称と規格を与え、更に当該鋼の利用技術を強化するとともに鉄骨製作技術の競争力向上を目的とした研究・開発を推進するために製品規定を定めた。製品規定は、製造会社各社の大臣認定を基本として、各々の認定範囲を包含するように設定したものである。従って、一部の規格値については、個社の認定内容と異なるので留意されたい。

1.2 MDCR 0016—2016 建築構造用 TMCP 鋼材(TMCP325,TMCP355), MDCR 0017—2016 建築構造用高性能 550N/mm²鋼材(TMCP385)の材料規格

MDCR 0016—2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355), MDCR 0017—2016 建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385) は、表 1.2.1 の機械的性質及び表 1.2.2 の化学成分の規格を満足するものとする。

表 1.2.1 建築構造用 TMCP 鋼材(TMCP325・355・385)の機械的性質に関する規格

種 類	板 厚 t mm	引 張 試 験 ¹⁾				シャルピー 吸収エネルギー ²⁾ J	厚さ方向 絞り ³⁾ %
		降伏耐力 ¹⁾ N/mm ²	引張強さ N/mm ²	降伏比 %	伸 び (試験片) %		
TMCP325B	40 超え 100 以下	325 以上 445 以下	490 以上 610 以下	80 以下	21 以上 (1A 号) 23 以上 (4 号)	27 以上	—
TMCP325C							25 以上
TMCP355B	40 超え 100 以下	355 以上 475 以下	520 以上 640 以下	80 以下	19 以上 (1A 号) 21 以上 (4 号)	27 以上	—
TMCP355C							25 以上
TMCP385B	12 以上 100 以下	385 以上 505 以下	550 以上 670 以下	80 以下	15 以上 (1A 号) 20 以上 (4 号) 26 以上 (5 号)	70 以上	—
TMCP385C	16 以上 100 以下						25 以上

注記 1) 降伏耐力は、降伏点又は 0.2%耐力とする。

2) 衝撃試験は、0℃、L 方向—t/4 とする。

3) 厚さ方向の絞り特性試験は、3 個行い、個々の試験値が 15%以上、かつ、3 個の試験値の平均値が 25%以上を合格とする。

備考 1) C 材は、JIS G 0901 による超音波探傷試験を実施し等級 Y に合格するものとする。

表 1.2.2 建築構造用 TMCP 鋼材(TMCP325・355・385)の化学成分に関する規格

(単位：重量%)

種 類	板 厚 t (mm)	C	Si	Mn	P	S	Ceq ¹⁾	P _{CM} ²⁾
TMCP325B	40<t≤ 50	0.18 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.030 以下	0.015 以下	0.38 以下	0.24 以下
	50<t≤100	0.20 以下					0.40 以下	0.26 以下
TMCP325C	40<t≤ 50	0.18 以下			0.020 以下	0.008 以下	0.38 以下	0.24 以下
	50<t≤100	0.20 以下					0.40 以下	0.26 以下

種 類	板 厚 t (mm)	C	Si	Mn	P	S	Ceq ¹⁾	P _{CM} ²⁾
TMCP355B	40<t≤50	0.20 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.030 以下	0.015 以下	0.40 以下	0.26 以下
	50<t≤100						0.42 以下	0.27 以下
TMCP355C	40<t≤50				0.020 以下	0.008 以下	0.40 以下	0.26 以下
	50<t≤100						0.42 以下	0.27 以下
TMCP385B	12≤t<19	0.20 以下	0.55 以下	2.00 以下	0.030 以下	0.015 以下	0.44 以下	0.29 以下
	19≤t≤50						0.40 以下	0.26 以下
	50<t≤100						0.42 以下	0.27 以下
TMCP385C	16≤t<19				0.020 以下	0.008 以下	0.44 以下	0.29 以下
	19≤t≤50						0.40 以下	0.26 以下
	50<t≤100						0.42 以下	0.27 以下

注記 1) 炭素当量： $Ceq = C + \frac{Si}{24} + \frac{Mn}{6} + \frac{Ni}{40} + \frac{Cr}{5} + \frac{Mo}{4} + \frac{V}{14}$ (%)

2) 溶接割れ感受性組成：

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \quad (%)$$

備考 1) 受渡当事者間の協定によって、炭素当量の代わりに溶接割れ感受性組成を適用することができる。

[解説]

TMCP325・355・385 は TMCP プロセスにより C 量や合金添加量を高めずに高強度化することが可能のため、炭素当量や溶接割れ感受性組成の規格上限値は JIS G3136 SN490B などと同等以下である。

また、TMCP325・355 の機械的性質は、指定建築材料である SN 材、SM 材などの JIS 鋼材では板厚が増すごとに降伏点または耐力、引張強さの下限值が低下するのに対し、板厚によらず一定である。TMCP385 も同様に、降伏点または耐力、引張強さの下限值は板厚によらず一定で、シャルピー吸収エネルギーの下限值は高強度であることを考慮して 70J に規定している。なお、指定建築材料である JIS 鋼材に同等の強度クラスのものが無いため、板厚 40mm 以下の板厚範囲も規定している。

溶接性に影響の大きい P 量や S 量は、SN 材に準拠し、主に十分な塑性化を期待する材料として B 種、加えて板厚方向に溶接熱収縮による大きな熱応力などの荷重が作用する材料として C 種を用意している。

2章 溶 接 施 工

2.1 適用範囲

本指針は、建築物及び工作物の構造上主要な部材に建築構造用 TMCP 鋼材（TMCP325・355・385）を使用する溶接工事に適用する。ただし、特別の調査研究に基づいて定められた施工方法を適用する場合には、この指針によらないことができる。

- ① 本指針に記載していない建築鉄骨工事に共通な事項及び標準仕様書については以下の指針または仕様書によるものとする。

日本建築学会：建築工事標準仕様書、JASS6、鉄骨工事、最新版

同上：鉄骨工事技術指針・工場製作編、最新版

同上：鉄骨工事技術指針・工事現場施工編、最新版

- ② 工場製作及び現場施工は、設計図書に示された要求品質が確保されるよう管理して行う。

〔解説〕

本指針は、TMCP325・355・385 を鉄骨工事に使用する場合の溶接施工について、特に必要と思われる事項に関して規定している。

TMCP325・355・385 は、圧延ままの鋼材と比較し、 C_{eq} 、 P_{CM} を抑え溶接性に配慮した鋼材である。但し、建築で一般的に使用される JIS 鋼材に比べ、TMCP325・355 は最大厚さが 100mm と大きく、また TMCP385 は JIS 鋼材と比べて強度が高いため、その品質確保に十分な配慮が必要である。そのため、設計者は、設計図書の作成に際し、確保すべき品質を仕様書として明記するとともに製作工場及び現場施工業者の管理能力・技術能力のレベルを指定する。工事管理者は、その仕様を十分に理解し、施工業者の作成する工場製作及び現場施工要領書の承認を行う。

2.2 溶接材料

- ① 溶接材料は、表 2.2.1 に示す溶接金属の要求性能を満足するものを使用する。

表 2.2.1 溶接金属の要求性能

溶接部位	引張性能	
	引張強さ (N/mm ²)	降伏点又は 0.2%耐力 (N/mm ²)
溶接組立箱形断面柱 角継手	≥ 490 (TMCP325)	≥ 325 (TMCP325)
ダイアフラム	≥ 520 (TMCP355)	≥ 355 (TMCP355)
仕 口		
突 合 せ	≥ 550 (TMCP385)	≥ 385 (TMCP385)
隅 肉		

- (注) 1.異種継手の場合の引張性能は、低強度側の規定値を適用する。
2.衝撃性能は、2.5 項「入熱及びパス間温度」表 C2.5.1 を参照。
3.溶接材料の JIS 規格強度が上記を満足しないものを使用する場合、溶接施工試験により、要求性能を満足することを確認の上、工事監理者、工事管理者の承認を得た上で使用する。

- ② 溶接材料は、原則として、溶接施工条件などに応じ表 2.2.2 に示す JIS 規格品から選定する。

表 2.2.2 溶接材料規格及び関連規格

規 格	名 称 及 び 種 別
JIS Z 3211	軟鋼，高張力鋼及び低温用鋼用被覆アーク溶接棒
JIS Z 3312	軟鋼，高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶接ソリッドワイヤ
JIS Z 3313	軟鋼，高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ
JIS Z 3183	炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶着金属の品質区分
JIS Z 3351	炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶接ソリッドワイヤ
JIS Z 3352	サブマージアーク溶接及びエレクトロスラグ溶接用フラックス
JIS Z 3353	軟鋼及び高張力鋼用のエレクトロスラグ溶接ワイヤ及びフラックス

- ③ 表2.2.2以外の溶接材料を用いる場合は、原則として施工試験を実施し、要求性能を満足することを確認しなければならない。

〔解説〕

- ① 溶接金属の要求性能は、母材及び溶接継手部の要求性能を考慮している。
② 溶接材料は、表 2.2.2 の中から表 C2.2.1 に示す品質区分のものを選定する。
また、低強度の 400N/mm²及び 490N/mm²級鋼材 (TMCP355・385 の場合)、または 520N/mm²級鋼材 (TMCP385 の場合) を接合する場合 (異種継手) においては、低強度側の規格値を満足する溶接材料を使用することができる。

表 C2.2.1 溶接材料規格と品質区分及び種類

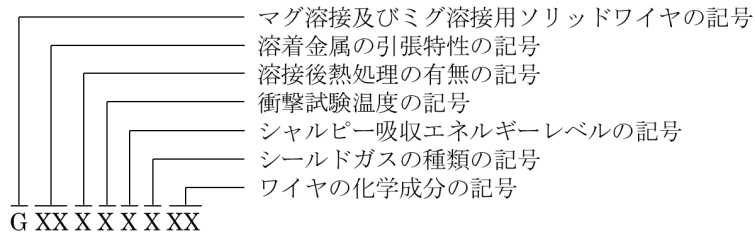
溶接方法	溶接材料規格及び関連規格	品質区分及び種類
被覆アーク溶接	JIS Z 3211 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用被覆アーク溶接棒	E49XX ^{*1} , E55XX ^{*1} E57XX ^{*1} , E57JXX ^{*1} E59XX ^{*1} , E59JXX ^{*1}
ガスシールドアーク溶接	JIS Z 3312 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用のマグ溶接及びミグ溶接ソリッドワイヤ	YGW11 ^{*2} , YGW12 ^{*2} , YGW13 ^{*2} YGW15 ^{*3} , YGW16 ^{*3} YGW18 ^{*2} , YGW19 ^{*3} G59XXXXX ^{*4} , G59JXXXXX ^{*4}
		T49XTXXXXXXX-XXX ^{*5} T49JXTXXXXXXX-XXX ^{*5}
	JIS Z 3313 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ	T55XTXXXXXXX-XXX ^{*5} T55JXTXXXXXXX-XXX ^{*5}
		T59XTXXXXXXX-XXX ^{*5} T59JXTXXXXXXX-XXX ^{*5}
サブマージアーク溶接	JIS Z 3183 炭素鋼及び低合金鋼用サブマージアーク溶着金属の品質区分	S501-HX ^{*1} , S502-HX ^{*1} , S50J2-HX ^{*1} S531-HX ^{*1} , S532-HX ^{*1} S581-HX ^{*1} , S582-HX ^{*1} , S583-HX ^{*1} S584-HX ^{*1} , S58J2-HX ^{*1} S621-HX ^{*1} , S622-HX ^{*1} S623-HX ^{*1} , S624-HX ^{*1}
エレクトロスラグ溶接	JIS Z 3353 軟鋼及び高張力鋼用のエレクトロスラグ溶接ワイヤ及びフラックス	YES501-X ^{*6} , YES502-X ^{*6} , YES500-X ^{*6} YES561-X ^{*6} , YES562-X ^{*6} , YES560-X ^{*6} YES601-X ^{*6} , YES602-X ^{*6} , YES600-X ^{*6}

*1 Xは溶着金属の化学成分を示す。

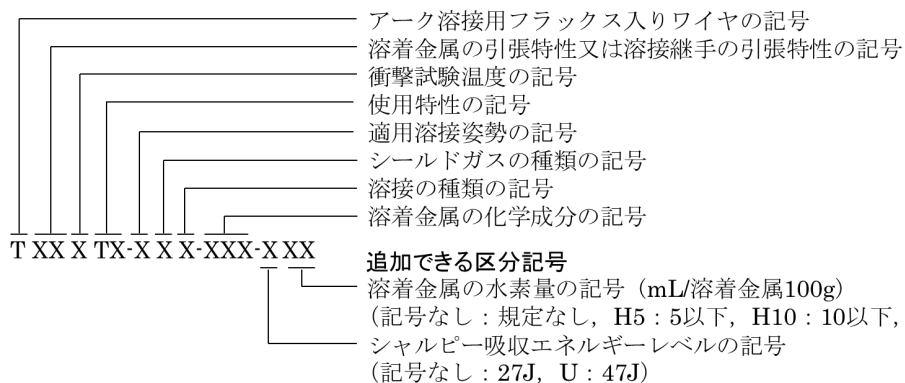
*2 炭酸ガス用ワイヤ

*3 アルゴン-炭酸ガスの混合ガス用ワイヤ

*4 「G59XXXXX」、「G59JXXXXX」の凡例は以下の通りである。



*5 「JIS Z 3313 軟鋼、高張力鋼及び低温用鋼用アーク溶接フラックス入りワイヤ」の凡例は以下の通りである。



*6 Xはワイヤの形態の記号を表す (S：ソリッドワイヤ、M：メタル系フラックス入りワイヤ)。

2.3 組立て溶接

- ① 組立て溶接はガスシールドアーク溶接か、低水素系溶接棒による被覆アーク溶接によって行う。
- ② 組立て溶接のビード長さ、脚長及びピッチは表 2.3.1 の通りとする。

表 2.3.1 組立て溶接のビード長さ、脚長及びピッチ

	本溶接を被覆アーク溶接、ガスシールドアーク溶接、セルフシールドアーク溶接で行う箇所	本溶接をサブマージアーク溶接、エレクトロスラグ溶接で行う箇所
ビード長さ	40mm 以上	70mm 以上
脚 長	4mm 以上	
ビードピッチ	400mm 程度を標準とする	

- ③ 組立て溶接の溶接位置は工作上問題となる箇所は避ける。
- ④ 組立て溶接は必要に応じ適正な予熱管理を行う。
- ⑤ 溶接材料は 490N/mm²級を使用することが出来る。
- ⑥ 組立て溶接工は本溶接と同様に有資格者であることが必要である。

〔解説〕

組立て溶接は組立部材の形状を正しく保ち、構造物の精度を確保するために部材の適切な箇所を固定する断続溶接である。

比較的短い溶接を行うために溶接部が急熱急冷されて硬化し、溶接割れが発生し易く、溶接材料の選定、予熱管理及びビード長さ・脚長・ピッチ管理が重要となる。そのため、組立て溶接は、拡散性水素量が非常に少なく割れに対して有効なガスシールドアーク溶接か、溶接金属中の拡散性水素量の少ない低水素系の溶接棒による被覆アーク溶接によって行う。

組立て溶接が終わったら必ずスラグを除去し、欠陥の有無を確認する必要がある。

組立て溶接のビード長さは、JASS6 記載の長さをベースとした。サブマージアーク溶接やエレクトロスラグ溶接のような大入熱量を使用する箇所の組立て溶接は、溶接変形によってビードに割れが生じるおそれがあるため、ビード長さを長くしている。

一方、溶接ピッチは従来同様 400mm 程度を標準とするが、組立上問題がある場合は更に密にする必要がある。

組立て溶接の溶接位置は工作上問題となる箇所は避けなければならない。特に、開先内での組立て溶接は避けなければならないが、避けられない場合は本溶接で再溶融し欠陥が残らないようにするか、あるいは本溶接前にグラインダやエアアークガウジングで組立て溶接のビードを除去しておくことが重要である。なお、組立て溶接に先立ち、ショートビードの位置決め溶接を行う場合がある。この位置決め溶接によって熱影響部が著しく硬化し、破壊の起点となることが懸念される。このため、硬化部の硬さを緩和できるように、位置決め溶接の上から適切な方法で組立て溶接あるいは本溶接を重ねることが必要である^{2.1)}。

組立て溶接の予熱は、2.4 項「予熱」の解説を参照し、適正な管理を行わなければならない。

2.4 予 熱

2.4.1 初層溶接時の予熱

- ①TMCP325・355・385の溶接施工では、溶接割れ防止が重要な課題であり、鋼材の化学成分組成、板厚、継手形状、溶接方法、使用する溶接材料の種類及び気温、天候等に応じて、必要とする予熱を行わなければならない。
- ②TMCP325・355・385の一般的予熱温度の目安は、表2.4.1による。ただし、予熱温度の確認試験等を行った場合はこの限りではない。

表 2.4.1 本溶接における一般的予熱温度

鋼種	溶接法	板厚(mm)				
		$t < 32$	$32 \leq t \leq 40$	$40 < t \leq 50$	$50 < t \leq 75$	$75 < t \leq 100$
TMCP325 TMCP355	被覆アーク溶接(低水素系)	—	—	25℃以上	25℃以上	50℃以上
	ガスシールドアーク溶接*	—	—	予熱なし	予熱なし	予熱なし
	サブマージアーク溶接	—	—	予熱なし	予熱なし	予熱なし
	エレクトロスラグ溶接	—	—	—	—	—
TMCP385	被覆アーク溶接(低水素系)	予熱なし	50℃以上	50℃以上	50℃以上	50℃以上
	ガスシールドアーク溶接*	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし
	サブマージアーク溶接	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし	予熱なし
	エレクトロスラグ溶接	—	—	—	—	—

(*) フラックス入りワイヤによる炭酸ガスシールドアーク溶接の予熱温度は、被覆アーク溶接(低水素系)に準じる。

- ③気温が5℃以下になる恐れがある場合、被覆アーク溶接、炭酸ガスシールドアーク溶接では、表2.4.1の値よりも25℃高い予熱温度を適用する。気温が－5℃未満となる場合は溶接を行わない。
- ④予熱方法は、電気抵抗加熱法、赤外線電気ヒータ、固定バーナ、手動バーナなどによる。また、バーナで予熱する場合は、開先部を直接加熱してはいけない。予熱範囲は、溶接線の両側10cmを最小範囲とし、予熱温度の測定は、表面温度計または温度チョークを用いて、溶接線から5cm離れた位置で行う。
- ⑤TMCP385の予熱温度は、各メーカーのy形溶接割れ試験（JIS Z 3158）の実績または溶接施工指針を確認した上で適用する。

〔解説〕

表 2.4.1 によらず、適切な予熱温度を確認する方法として、最も一般的に行われているのが、y 形溶接割れ試験（JIS Z3158）である。これは、図 C2.4.1 に示す試験体を実施工に使用する鋼材を用いて製作し、予熱温度をパラメータにして実施工での溶接材料及び施工条件で溶接を行い、溶接後の割れの有無を確認するものである。割れは溶接の熱収縮に対する拘束が大きいほど生じやすい。鉄骨製作時と y 形溶接割れ試験とを比較すれば、前者の方が拘束は小さいことから、割れが生じない試験温度を予熱温度として設定できる。なお、前述と同様に、サブマージアーク溶接の必要予熱温度は、フラックスの乾燥等の適切な施工管理の下で、炭酸ガスシールドアーク溶接と同じとしてよい。

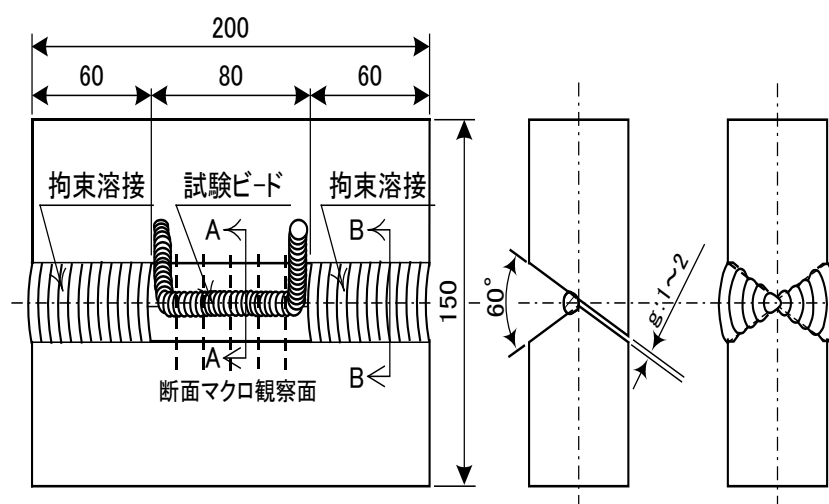
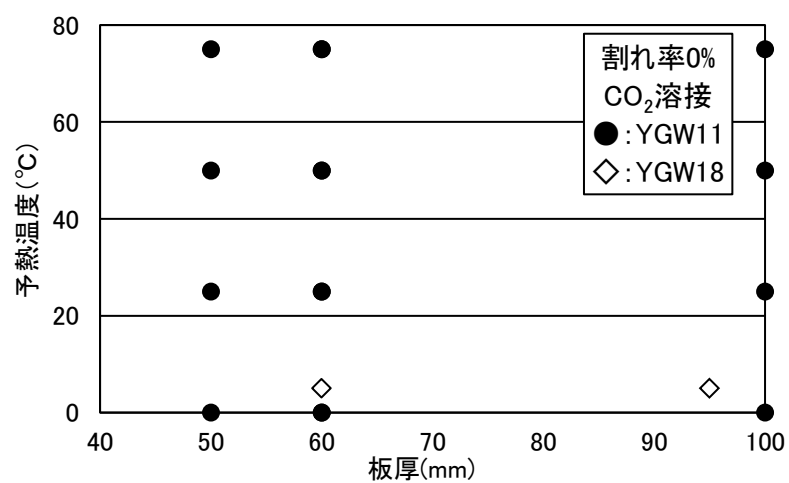
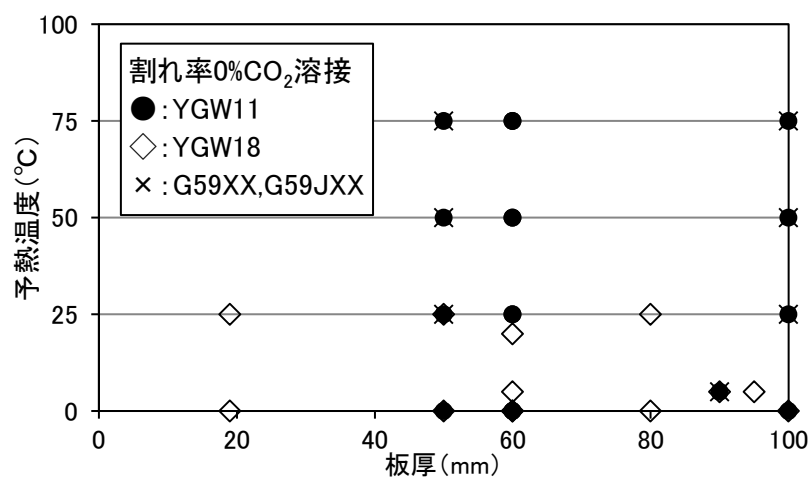


図 C2.4.1 JIS Z 3158 y 形溶接割れ試験方法

図 C2.4.2 は、TMCP325・355・385 の CO₂溶接による y 形溶接割れ試験の結果で、試験温度を縦軸に、鋼材の厚さを横軸にとり、割れ停止した組合せをプロットしている。なお、“●”は溶接材料が YGW11、“◇”は溶接材料が YGW18、“×”は溶接材料が G59XX,G59JXX である。TMCP325・355・385 の厚さの適用範囲での割れ停止温度は 0~5℃であり、予熱不要と判断できる。次に、図 C2.4.3 は、TMCP325・355・385 の手棒溶接による y 形溶接割れ試験の結果で、試験温度を縦軸に、鋼材の厚さを横軸にとり、割れ停止した組合せをプロットしている。TMCP325・355・385 の厚さの適用範囲での割れ停止温度は 25℃程度である。ただし、被覆アーク溶接材料は拡散性水素量が多いため、溶接棒の選定、管理要領の検討が必要である。

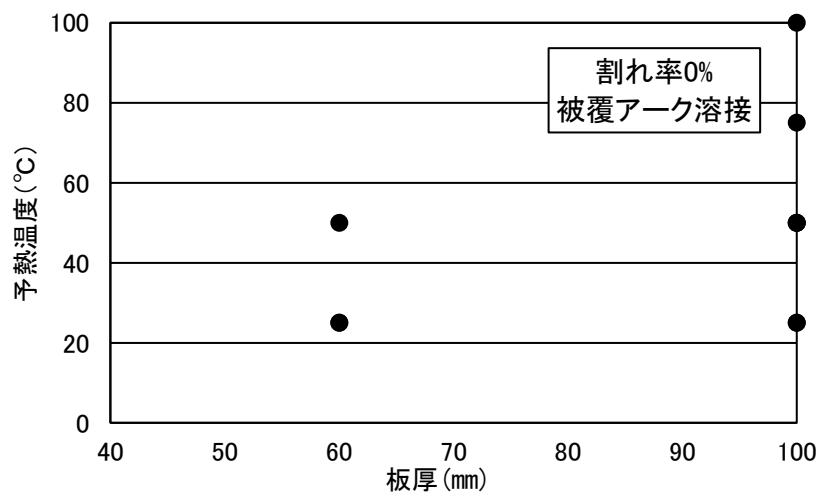


(a)TMCP325・355

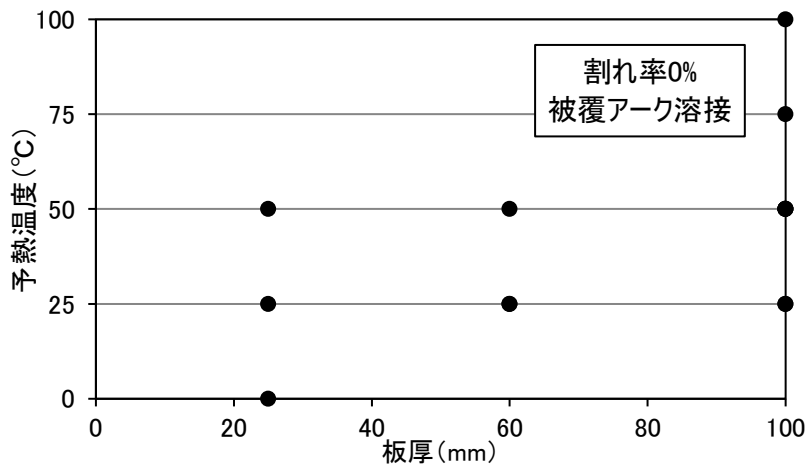


(b)TMCP385

図 C2.4.2 y 形溶接割れ試験結果 割れ率0% (炭酸ガスシールドアーク溶接)



(a)TMCP325・355



(b)TMCP385

図 C2.4.3 y 形溶接割れ試験結果 割れ率0%(被覆アーク溶接)

y 形溶接割れ試験によらず、使用する鋼材や溶接材料、溶接施工条件から、低温割れ防止予熱温度を推定する方法も提案されている。一つは鋼材の溶接割れ感受性組成 P_{CM} を用いた方法で、 P_{CM} に溶着金属の拡散性水素量と継手の拘束度の影響を考慮したパラメータ P_w から、必要予熱温度を推定するもの (P_w による方法^{2.2)}) である。もう一つは、この化学組成、水素量、拘束度に加えて、さらに溶接入熱量と溶接金属の強度の影響を考慮した方法 (CEN による方法^{2.3)}) である。いずれも、初層溶接時の鋼材の溶接熱影響部 (以下、HAZ と略す) の低温割れを対象とし、y 形溶接割れ試験の結果に基づいて構築されたものである。溶接金属での割れは、 P_w による方法、ならびに CEN による方法では、いずれも適用範囲外であるが、SA440 以下の強度クラスでは HAZ 割れが支配的になると考えてよい。また、y 形溶接割れ試験の時に行われる開先内の油や水分の除去、フラックスの乾燥やワイヤの錆発生防止等の施工管理が、実施工においても行われることが前提となる。以下に例をあげて各々の推定方法を紹介する。

(1) P_w による方法^{2.2)}

日本鋼構造協会工作基準小委員会溶接割れ研究班の「鋼構造物における溶接割れ防止のための予熱温度の選定」に関する共同研究により確立された方法で、溶接割れ防止予熱温度(T_0)と、鋼材の化学組成(P_{CM})、溶着金属の水素量(H)、継手の拘束度(K)の定量的関係式を実験的に求め、下式のように与えている。

$$T_0 = 1440P_w - 392 \quad (^\circ\text{C})$$

$$P_w = P_{CM} + H/60 + K/40000 \quad (\%)$$

$$P_{CM} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (\%)$$

H : 溶着金属の拡散性水素量 (グリセリン法) (ml/100g)

K : 継手の拘束度 (kg/mm $\cdot$ mm)

$$\begin{cases} K = 40 \times t & (t : \text{板厚} \leq 50\text{mm}) \\ K = 2000 & (\text{板厚} > 50\text{mm}) \end{cases}$$

図 C2.4.4 に示される実測例のように、実構造物における溶接継手の拘束度 K は板厚 t の 40 倍より小さいものと考えられ、建築鉄骨では $K = 40 \times t$ (板厚の 40 倍) とすれば十分安全側の設定になる。

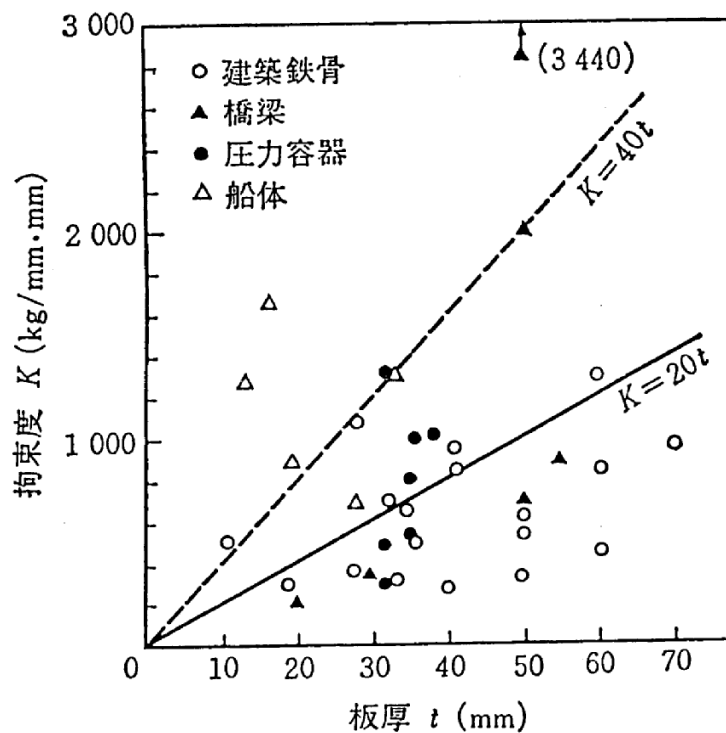


図 C2.4.4 実構造物における溶接継手の拘束度

次に予熱温度の推定手順を紹介する。

1) 例として取り上げる前提条件は次の通りとする (TMCP385 を例とする。)

a) 対象板厚 (t) : 50mm

b) 化学成分 : (単位 : %)

C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B
0.12	0.36	1.45	0.01	0.01	0.02	0.00	0.002	0.0001

c) 溶接方法 : ソリッドワイヤを使用した炭酸ガスシールドアーク溶接

d) 溶着金属の拡散性水素量H : 0.6ml/100g (グリセリン法による数値で、ガスクロマトグラフ法では約3.0ml/100gに相当する。JIS Z3118:2007、附属書JB参照)

e) 継手の拘束度K : 2000kg/mm・mm (K=40×板厚50mm)

2) 鋼材の化学成分値から P_{CM} を計算し、 P_{CM} 、H、K を用いて P_w を計算する。

$$P_{CM} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (\%)$$

$$P_w = P_{CM} + H/60 + K/40000 \quad (\%)$$

なお、 P_w 値を計算するときは P_w 式の各項について小数点以下 4 桁目を 4 捨 5 入し、少数点以下 3 桁として、その合計を求めればよい。

1) の前提条件から P_{CM} 及び P_w を計算すると、

$$P_{CM} = 0.207 \quad \%$$

$$P_w = 0.267 \quad \%$$

となる。

3) $P_w = 0.267 \quad \%$ から溶接割れ防止予熱温度 T_0 を推定すると、 0°C と与えられる。

割れ防止予熱温度と板厚の関係については、日本鋼構造協会工作基準委員会極厚高張力鋼溶接研究班の研究結果として、y 形溶接割れ試験で同一鋼板を減厚により板厚 20～150mm まで変化させた場合の割れ防止予熱温度と板厚の関係が報告されている^{2,4)}。その結果によれば、SM490、HT780 のいずれも、板厚が 50mm を超えると割れ防止予熱温度はほぼ一定になっている。また、日本溶接協会の WES 3001 規格にも、種々の成分での厚肉材の y 形溶接割れ試験の結果が示されており、板厚 75mm 以上の厚肉材の割れ防止予熱温度は、板厚 40mm として計算した結果とほぼ一致している。このことから P_w の方法では、板厚が 50mm を超える場合には板厚 50mm の拘束度としているが、いずれも y 形溶接割れ試験の拘束度での結果である。建築鉄骨の場合、板厚が 50mm を超える時の拘束度は、板厚 50mm での拘束度と等価ではなく、板厚増大に伴いやや上昇傾向にあると言われており、溶接割れに対する安全性を重視する必要がある場合には、さらに高い予熱温度とすることが望ましい。

(2) CEN による方法^{2.3)}

百合岡等により提案されている炭素当量(CEN)をベースにした割れ防止予熱温度の決定方法で、その手順は図 C2.4.5 に示す通りである。予熱温度の推定は基本的には多くの実験から求められた y 形溶接割れ試験結果と CEN 値の関係を利用して行っている。

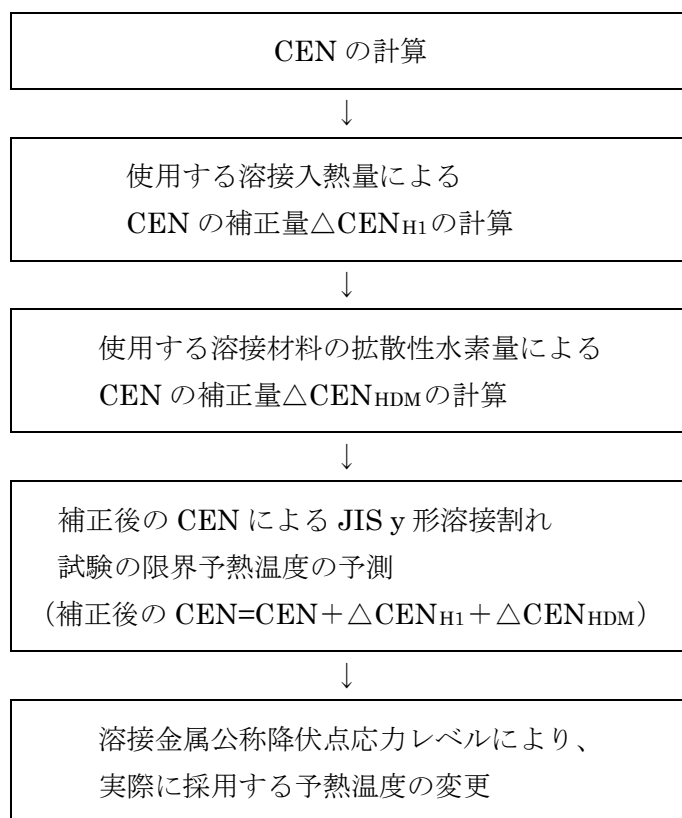


図 C2.4.5 割れ防止予熱温度の決定手順

なお、以下の説明では、文献 2.3)にしたがい「溶接金属の拡散性水素量」としている。それを、前述の P_w による方法のように、溶着金属の拡散性水素量とすれば、予熱温度を高め評価する結果となる。

1) 例として取り上げる前提条件は、次の通りとする (TMCP385 を例とする。)

a) 対象厚板：50mm

b) 化学成分： (単位：%)

C	Si	Mn	Cu	Ni	Cr	Mo	V	B	Nb
0.12	0.36	1.45	0.01	0.01	0.02	0.00	0.002	0.0001	0.02

c) 溶接方法：ソリッドワイヤを使用した炭酸ガスシールドアーク溶接

d) 溶接入熱：30kJ/cm

e) 溶接金属拡散性水素量：3.0ml/100g (ガスクロマトグラフ法による)

f) 溶接金属の公称降伏応力：550N/mm²

2) 鋼材の化学成分値から、次式により CE_{IIW} 及び CEN を計算する。

$$CE_{IIW} = C + Mn/6 + (Cu + Ni)/15 + (Cr + Mo + V)/5$$

$$CEN = C + A(C) \{ Si/24 + Mn/6 + Cu/15 + Ni/20 + (Cr + Mo + Nb + V)/5 + 5B \}$$

$$\text{ただし、} A(C) = 0.75 + 0.25 \cdot \tanh \{ 20(C - 0.12) \}$$

係数 $A(C)$ の計算が煩わしい場合は、表 C2.4.1 を利用すればよい。

本例では、 CE_{IIW} 及び CEN を計算すると、 $CE_{IIW} = 0.37\%$ 、 $CEN = 0.32\%$ となる。

3) 継手の溶接条件から溶接入熱量を計算して、図 C2.4.6 により CEN 値を補正する。

本例では、溶接入熱量 30 kJ/cm だから、 $\Delta CEN_{H1} = -0.075\%$ となる。

4) 溶接材料や開先等から入ってくる溶接金属拡散性水素量により、図 C2.4.7 を用いて

CEN を補正する。本例では、溶接金属の拡散性水素量を 3.0 ml/100g としたから、

$\Delta CEN_{HDM} = -0.05\%$ となる。

表 C2.4.1 $A(C) = 0.75 + 0.25 \cdot \tanh \{ 20(C - 0.12) \}$ の計算値

Carbon Contents (%)	0	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	0.007	0.008	0.009
0.00	0.504	0.504	0.504	0.505	0.505	0.505	0.505	0.505	0.506	0.506
0.01	0.506	0.505	0.507	0.507	0.507	0.507	0.507	0.508	0.508	0.509
0.02	0.509	0.509	0.509	0.510	0.510	0.511	0.511	0.512	0.512	0.513
0.03	0.513	0.514	0.514	0.515	0.516	0.516	0.517	0.517	0.518	0.519
0.04	0.519	0.520	0.521	0.522	0.523	0.524	0.525	0.526	0.527	0.528
0.05	0.529	0.530	0.531	0.532	0.533	0.535	0.536	0.537	0.539	0.540
0.06	0.542	0.543	0.545	0.546	0.548	0.550	0.552	0.554	0.556	0.558
0.07	0.560	0.562	0.564	0.566	0.569	0.571	0.573	0.576	0.579	0.581
0.08	0.584	0.587	0.590	0.593	0.596	0.599	0.602	0.605	0.609	0.612
0.09	0.615	0.619	0.623	0.627	0.631	0.634	0.638	0.642	0.647	0.651
0.10	0.655	0.659	0.664	0.668	0.673	0.677	0.682	0.686	0.691	0.696
0.11	0.701	0.705	0.710	0.715	0.720	0.725	0.730	0.735	0.740	0.745
0.12	0.750	0.755	0.760	0.765	0.770	0.775	0.780	0.785	0.790	0.795
0.13	0.799	0.804	0.809	0.814	0.818	0.823	0.827	0.832	0.838	0.841
0.14	0.845	0.849	0.853	0.858	0.862	0.866	0.869	0.873	0.877	0.881
0.15	0.884	0.888	0.891	0.895	0.898	0.901	0.904	0.907	0.910	0.913
0.16	0.916	0.919	0.921	0.924	0.927	0.929	0.932	0.934	0.936	0.938
0.17	0.940	0.942	0.944	0.946	0.948	0.950	0.952	0.954	0.955	0.957
0.18	0.958	0.960	0.961	0.963	0.964	0.965	0.967	0.968	0.969	0.970
0.19	0.971	0.972	0.973	0.974	0.975	0.976	0.977	0.978	0.979	0.980
0.20	0.980	0.981	0.982	0.983	0.983	0.984	0.984	0.985	0.986	0.986
0.21	0.987	0.987	0.988	0.988	0.989	0.989	0.989	0.990	0.990	0.991
0.22	0.991	0.991	0.991	0.992	0.992	0.992	0.993	0.993	0.993	0.994
0.23	0.994	0.994	0.994	0.994	0.995	0.995	0.995	0.995	0.996	0.996
0.24	0.996	0.996	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997	0.997
0.25	0.997	0.997	0.997	0.997	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998
0.26	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.998	0.999	0.999	0.999
0.27	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
0.28	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999
0.29	0.999	0.999	0.999	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.30	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

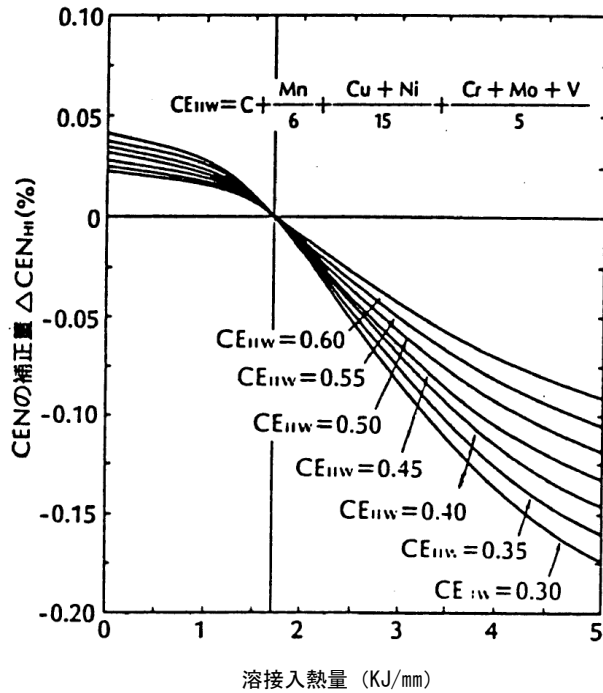


図 C2.4.6 溶接入熱量によるCENの補正

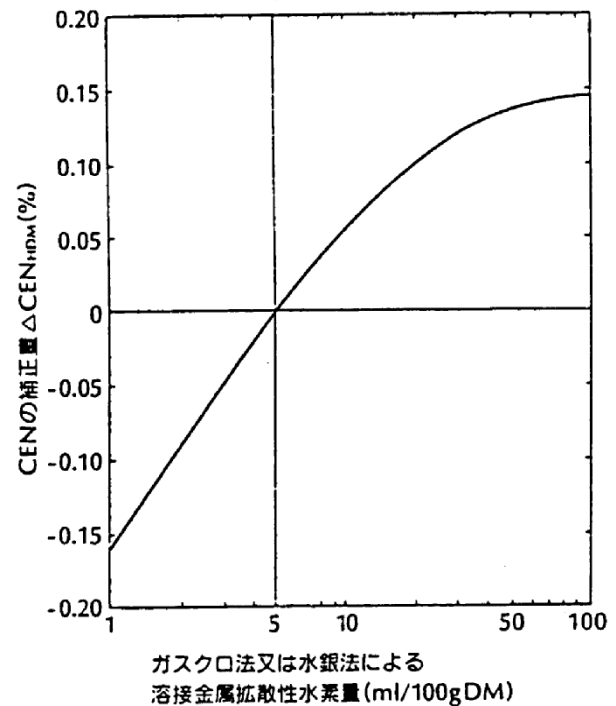


図 C2.4.7 溶接金属拡散性水素量によるCENの補正

5) 以上の結果より、補正後の $CEN = \text{元々の } CEN + CEN_{H1} + \Delta CEN_{HDM}$ となる。補正後の CEN を用いて、図 C2.4.8 により y 形溶接割れ試験での割れ防止予熱温度を求める。本例では、補正後の $CEN = 0.32 - 0.075 - 0.05 = 0.20\%$ となるから、y 形溶接割れ試験での割れ防止予熱温度は 0°C となる。

6) 最後に、y 形溶接割れ試験での割れ防止予熱温度をベースに、実際の溶接施工に必要な予熱温度、あるいは補修溶接に必要な予熱温度を、溶接金属の公称降伏応力レベルに応じ、図 C2.4.9 により補正して求める。本例では、溶接金属の公称降伏応力が 550N/mm^2 であるから、y 形溶接割れ試験での割れ防止予熱温度より、通常溶接で 37°C 、補修溶接で 12°C 低減できることになる。

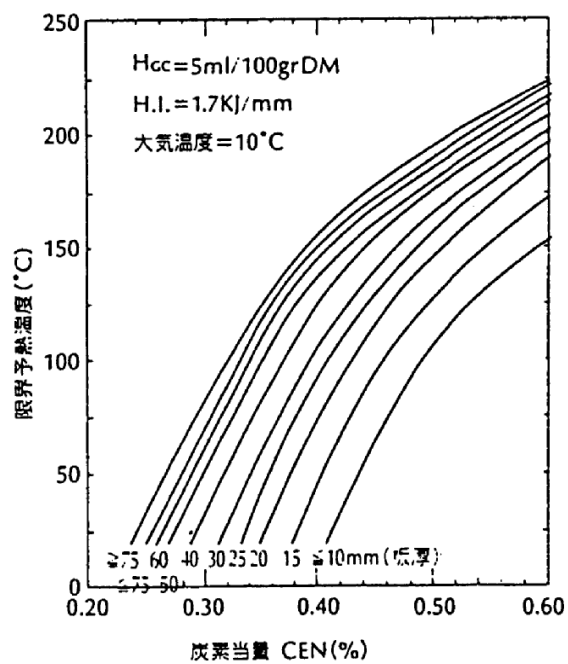


図 C2.4.8 CENとY形溶接割れ限界予熱温度

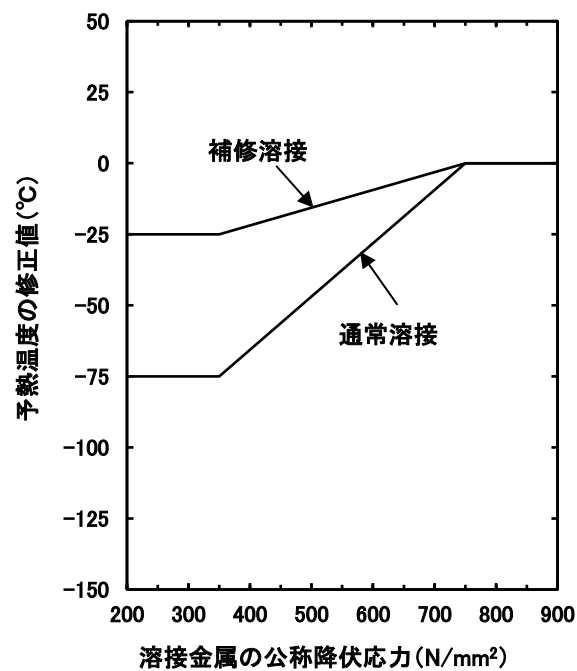


図 C2.4.9 溶接金属の公称降伏応力による予熱温度の補正

2.4.2 組立て溶接, 補修溶接の予熱

組立て溶接、補修溶接での予熱温度は、2.4.1 項で与えられる数値より 25℃高い温度とする（但し予熱なしの場合 25℃）。ただし、予熱温度の確認試験等の検討を行った場合はこの限りではない。

〔解説〕

組立て溶接、補修溶接は、溶接ビード長が短い場合が多いなど、一般に入熱量が少なく、急熱、急冷されやすい。そこで、TMCP385 鋼材の補修溶接部性能実験^{2.5)}を行い、妥当な予熱温度を検討した。具体的には、YGW18 を用いて、複数回エアアークガウジングにより内部欠陥を除去し、補修溶接を行なった場合の補修溶接部の性能確認試験を実施した。試験体概要や試験体及び開先形状を表 C2.4.2、図 C2.4.10 に示す。また欠陥除去を想定したガウジング前後のマクロ写真を写真 C2.4.1 に示す。次に、ガウジング前後の性能比較のためのシャルピー試験と硬さ試験の試験片採取要領を図 C2.4.11 に示す。性能試験は継手引張試験と溶接金属成分分析も実施した。図 C2.4.13～図 C2.4.16 にそれぞれの試験結果を示す。継手引張試験結果は鋼材規格下限値 550N/mm²以上を満足し、補修溶接の有無による引張強さの差異はみられない。本溶接部と補修溶接部における溶接金属中の炭素含有量(C 量)は、溶接ワイヤの C 量 (0.03%) に対して、本溶接部では 0.038%上昇し、補修溶接部では 0.049%の上昇がみられた。既往の研究^{2.6)}と概ね同様の傾向である。また、本溶接部と補修溶接部では C 量が上昇しているものの、概ね同水準の C 量と考えられ、補修溶接の回数による C 量の変化はない。硬さ試験結果は、母材側の Bond を含めた HAZ 部では本溶接部と補修溶接部では殆ど差異がみられず、一般的な CO₂溶接部でみられる硬度の分布と大きな差はないと考える。補修溶接の回数による硬さの変化はみられなかった。次に、0℃で実施したシャルピー衝撃試験結果は、本溶接部、補修部（1 回、2 回）ともに、すべてのノッチ位置で衝撃値の 3 本平均値が 70J 以上であり、良好な衝撃値を確認した。母材側の Bond、HAZ は“2 回補修部” < “本溶接部” < “1 回補修部”の傾向であり、補修溶接の有無による差異は確認できない。また、開先側の Bond&HAZ(B&HAZ)は本溶接部と比較して補修溶接部の衝撃値が高く、これは補修溶接の再熱効果によるものと考えられる。参考に再熱部近傍の組織の状況を写真 C2.4.2 に示す。これら試験結果より、TMCP385 の補修溶接が本溶接部及び鋼材に与える影響は少なく、熱影響部を含めた補修溶接部の性能は概ね確保できると考えられる。なお、TMCP325、TMCP355 も同様な傾向を示すと考える。

表 C2. 4. 2 化学成分及び機械的性質（ミルシート）

材質	板厚 (mm)	化学成分						機械的性能		
		C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Ceq (%)	Yp (N/mm ²)	Ts (N/mm ²)	vE ₀ (J)
TMCP385B	32	0.15	0.34	1.35	0.009	0.003	0.40	448	574	262

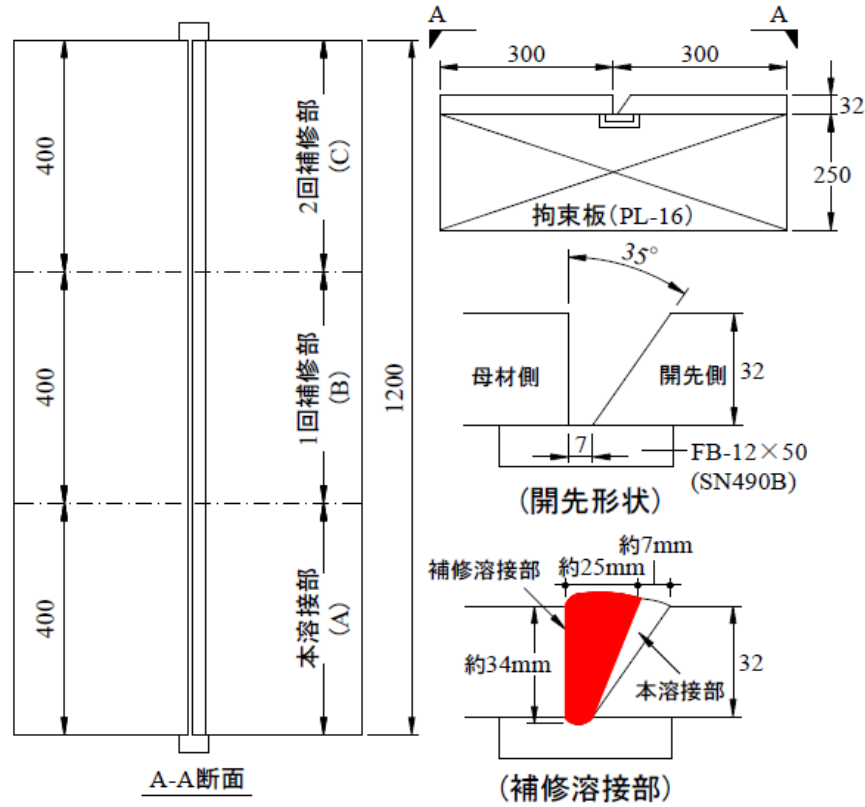


図 C2. 4. 10 試験体及び開先形状

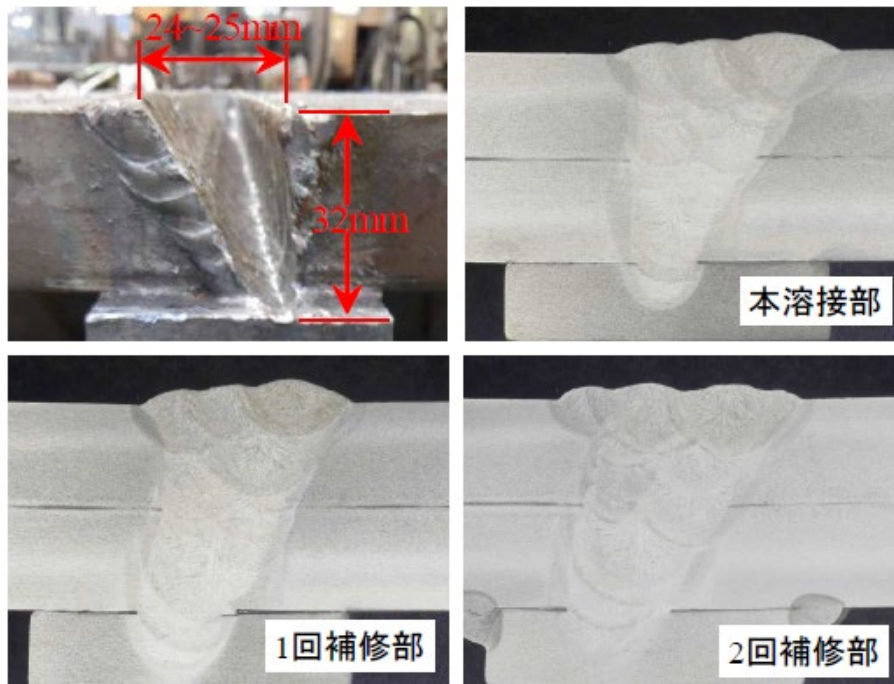


写真 C2. 4. 1 はつり後の状況（1回補修部）及びマクロ試験片

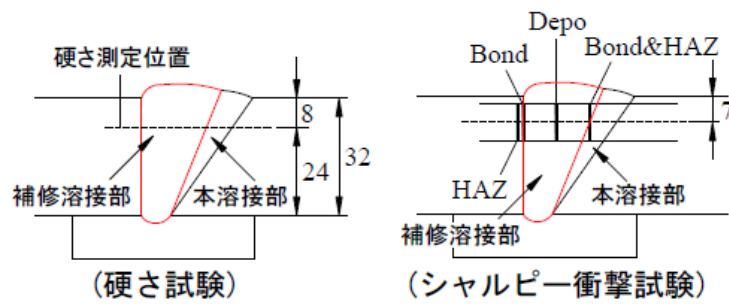


図 C2.4.11 機械試験片採取位置の一例

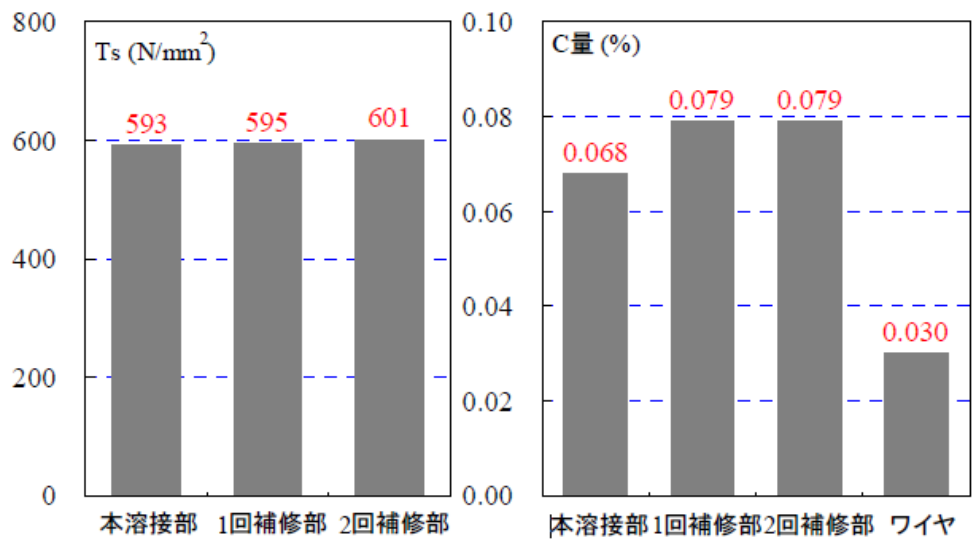


図 C2.4.12 継手引張試験結果

図 C2.4.13 化学成分分析結果 (C 量)

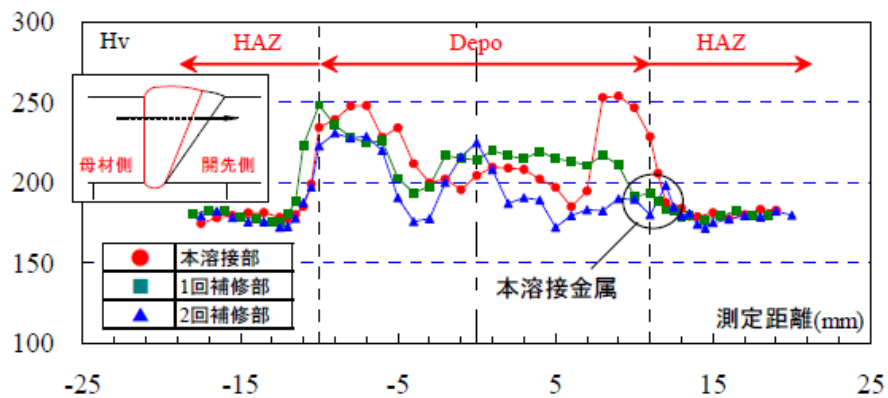


図 C2.4.14 硬さ試験結果

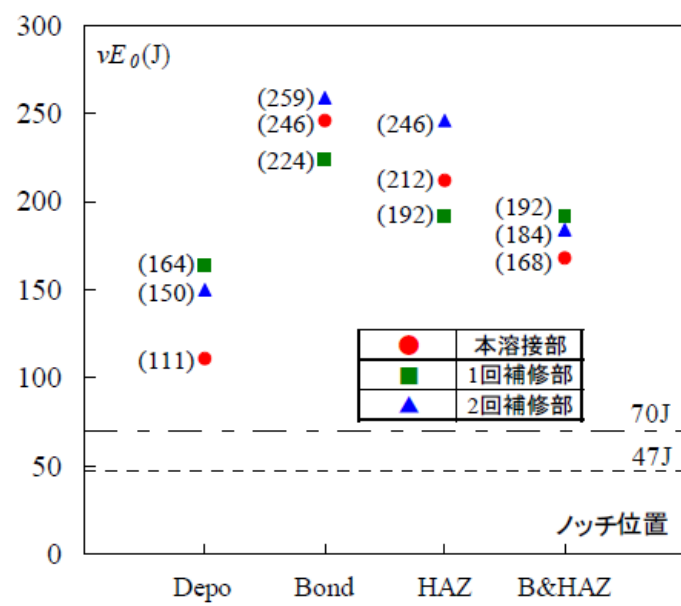


図 C2. 4. 15 シャルピー衝撃試験結果 (3 本平均値)

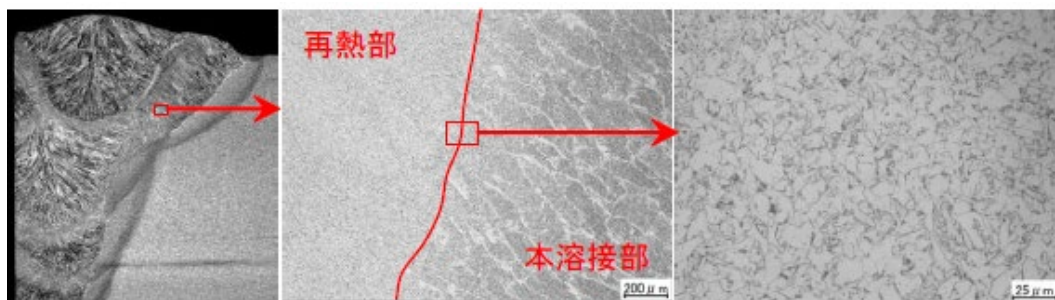


写真 C2. 4. 2 ミクロ組織観察結果 (1 回補修部)

2.4.3 溶接組立箱形断面柱角継手サブマージアーク溶接の予熱

大入熱角継手サブマージアーク溶接の施工においては、鋼材や溶接材料の種類、積層方法に応じて、溶接部からの拡散性水素の放出を促進させるために予熱等の処置を行う。ただし、溶接部に侵入する水素源を極力除去する施工管理を行う場合は、その処置を省略できる。

〔解説〕

溶接組立箱形断面柱の角継手溶接は、焼成型フラックスを用い比較的入熱量の大きいサブマージアーク溶接で施工されることが多い。この場合、使用するフラックスに含まれる水素量に起因して、ごく希ではあるが溶接部の近傍に割れ等の微小欠陥が発生することがある。490N/mm²級鋼材と鉄粉入りフラックスを使用した角継手で、母材熱影響部、場合によっては母材部にかけて水素の関与による微小欠陥が発生した事例^{2.7)}や、最近の研究で大入熱サブマージアーク溶接材料を多層盛り溶接した際に溶接金属内の水素脆化により、その部位の引張強度が不足した事例^{2.8)}がある。いずれも冷却過程で母材熱影響部や、鋼中の介在物近傍、あるいは多層盛り溶接金属に水素が集積したことにより発生したものと考えられる。

これらを防止するためには、100～150℃の予熱や、直後熱などの処置^{2.8)}を行って、溶接部及びその近傍の母材を含めた部位で、拡散性水素の放出を促進させる必要がある。しかしながら、溶接組立箱形断面柱の角継手では、溶接線が長く、ライン化された溶接装置が用いられることから、予熱等を行うには大掛かりな設備と多大な時間を要する。そこで、このような場合には、下記の項目の溶接施工管理を徹底し、溶接部に浸入する水素源を極力除去することにより、予熱等の処置を省略できることとした。その際には、使用する母材や溶接材料の実態に合わせた確認試験を実施する必要がある。

<溶接施工管理項目>

(1) 開封後の未使用フラックスの再乾燥

再乾燥条件としては、基本的には 200～ 350℃、1 時間以上、フラックスの温度むらを生じないこととするが、実施に際しては、溶材メーカー技術資料を参考にする。

(2) 開封後、大気中に放置したフラックスの再乾燥

その条件は(1) に準拠するが、放置時間等についても溶材メーカー技術資料を参考とする。

(3) 開先及び周辺の水分、錆等、水分源の除去

(4) 水冷治具等の結露防止対策の徹底

2.5 入熱及びパス間温度

TMCP325・355・385の入熱及びパス間温度は溶接部位、溶接方法に応じて表 2.5.1～表 2.5.3 の通りとする。ただし、低強度の 400N/mm²及び 490N/mm²級鋼材（TMCP355・385 の場合）、または 520N/mm²級鋼材（TMCP385 の場合）を接合する場合（異種継手）においては、入熱及びパス間温度ともに低強度側の管理上限値を適用することができる。また、入熱及びパス間温度の検討を施工試験等により行った場合はこの限りではない。

表 2.5.1 入熱及びパス間温度(TMCP325)

溶 接 方 法	溶 接 部 位	入 熱 (kJ/cm)	パス間温度 (℃)
サブマージアーク溶接	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 700	≦250
	突合せ、すみ肉	≦ 200	≦250
ガスシールドアーク溶接 *4	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 30*1	≦250
		≦ 40*2	≦350
	ダイアフラム、仕口 突合せ、すみ肉	≦ 30*1	≦250
		≦ 40*2	≦350
エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≦ 1150	—

表 2.5.2 入熱及びパス間温度(TMCP355)

溶 接 方 法	溶 接 部 位	入 熱 (kJ/cm)	パス間温度 (℃)
サブマージアーク溶接	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 700	≦250
	突合せ、すみ肉	≦ 200	≦250
ガスシールドアーク溶接 *4	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 30*2	≦300
		≦ 40*3	≦350
	ダイアフラム、仕口 突合せ、すみ肉	≦ 30*2	≦300
		≦ 20*2	≦350
		≦ 40*3	≦350
エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≦ 1150	—

表 2.5.3 入熱及びパス間温度(TMCP385)

溶 接 方 法	溶 接 部 位	入 熱 (kJ/cm)	パス間温度 (℃)
サブマージアーク溶接	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 700	≦250
	突合せ、すみ肉	≦ 200	≦250
ガスシールドアーク溶接 *4	溶接組立箱型断面柱角継手	≦ 30*2	≦250
		≦ 40*3	≦350
		≦ 30*3	≦400
	ダイアフラム、仕口 突合せ、すみ肉	≦ 30*2	≦250
		≦ 20*2	≦350
		≦ 40*3	≦350
		≦ 30*3	≦400
エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≦ 1200	—

- *1 YGW11 の場合
- *2 YGW18、YGW19 の場合
- *3 G59XX、G59JXX の場合
- *4 中間層の入熱は平均値としてもよい。

〔解説〕

溶接部の機械的性能は溶接条件に大きく左右される。特に入熱とパス間温度は重要で、それらが高過ぎると、溶接部の強度や衝撃値が低下することから、予めそれらの最大値を定め、管理する必要がある。また、溶接部の目標性能とともにそれらの最大値を定めておくことは、各溶接材料の成分設計等に有効である。

表 2.5.1～表 2.5.3 の入熱及びパス間温度は、各々の溶接工法に対して、ファブリケーターでの設備、適用溶接材料の溶接条件及び施工試験実績を勘案して定めた。なお、エレクトロスラグ溶接において、内ダイアフラムの板厚に対して柱スキンプレートが極端に薄い場合は、入熱量に対して冷却速度が通常より小さくなり、溶接熱影響部の靱性が低くなりやすいことから、溶接管理条件の設定には注意を要する。また、1 パスあるいは多層盛りサブマージアーク溶接部での拡散性水素に起因する HAZ 割れ防止のため、溶接材料（溶接棒、フラックス）の保管・乾燥及び開先面の水分付着防止・汚れ除去に特に注意する必要がある。また、初層部においては、入熱量が極端に小さい場合は溶接部が急冷され割れが発生しやすくなるため予熱管理等が重要となることがある。パス間温度が低い場合も同様である。

しかし、溶接部性能に影響を及ぼすのは入熱やパス間温度だけでなく、溶接方法、鋼種、板厚、溶接構造物の寸法などによる冷却時間の違いも影響を及ぼすことがよく知られている。ここでは、パス間温度について上限のみを目安として示したが、予熱が必要な場合には、下限温度は、2.4 項「予熱」で規定される予熱温度をキープしなければならないことは言うまでもない。状況に応じて、実態に合わせた性能確認試験を実施して、入熱・パス間温度条件を見直すことも可能である。

表 C2.5.1 に溶接部の強度及び溶接熱影響部衝撃値の目標性能を示す。引張強さの目標性能は鋼材の要求性能と同等とした。溶接熱影響部衝撃値の目標性能は、文献 2.9)で標準性能として示される 27J とした。なお、隅肉溶接は文献 2.9)で対象とする溶接組立 H 形鋼（BH）のウェーブレンジ間の隅肉溶接のみに目標値を定め、それ以外の部位は規定しない。

図 C2.5.1、図 C2.5.2 に、TMCP325・355 のサブマージアーク溶接による溶接組立箱形断面柱角継手溶接部及びエレクトロスラグ溶接によるダイアフラム溶接部のシャルピー吸収エネルギーの実績値（1 組 3 個の平均値）を示す。なお、"○"、"×"、"△"はそれぞれ DEPO、BOND、HAZ のシャルピー吸収エネルギーを表す。また、図 C2.5.3、図 C2.5.4 に、TMCP385 のサブマージアーク溶接による溶接組立箱形断面柱角継手溶接部及びエレクトロスラグ溶接によるダイアフラム溶接部のシャルピー吸収エネルギー（1 組 3 個の平均値）の実績値を示す。また、"○"、"□"、"△"はそれぞれ柱スキンプレートに一般材を用いた DEPO、BOND、HAZ のシャルピー吸収エネルギーを、"●"、"■"、"▲"はそれぞれ柱スキンプレートに高 HAZ 靱性鋼を用いた DEPO、BOND、HAZ のシャルピー吸収エネルギーを表す。表 2.5.3 のサブマージアーク溶接及びエレクトロスラグ溶接の入熱の管理上限値は、図 C2.5.3、図 C2.5.4 に示す通り、柱スキンプレートに一般材を適用し、サブマージアーク溶接ではスキンプレートの板厚が 70mm の施工試験実績を勘案し定め、エレクトロスラグ溶接では内ダイアフラムの板厚が 75mm の施工試験実績を勘案し定めている。

なお、中間層の入熱は平均値としてもよい。これは日本建築学会鉄骨工事技術指針・工場製作編の 5 章溶接において「JIS 解説（2009 年度版）より、中間層の入熱は平均値とすると記載されており、破壊の起点となりやすい溶接部の初層と表層を除く中間層については、任意のパスの入熱が管理基準値を超えて施工されていても、平均値が管理基準値以内であれば溶接部全体としての冷却速度は制御されており、溶接金属の強度と靱性は確保できるとの考えによるものである」としている。

表 C2.5.1 溶接部性能目標値

溶接部位	性能目標値	
	TS* ¹ (N/mm ²)	標準性能 vE ₀ * ² (J)
溶接組立箱形 断面柱角継手	規格下限	≥27
ダイアフラム	規格下限	≥27
仕 口	規格下限	≥27
突合せ	規格下限	≥27
隅 肉 * ³	規格下限	≥27

(注) *1 TS 目標値は継手としての性能であり、溶接熱影響部等の局部引張試験には適用しない。異種継手の場合の TS は低強度側の既定値を適用する。

*2 vE₀ 目標値は 3 個の試験片の平均値とする。

*3 文献 2.9) で対象とする BH のウェブフランジ間の隅肉溶接のみに目標値を定める。それ以外の部位は規定しない。

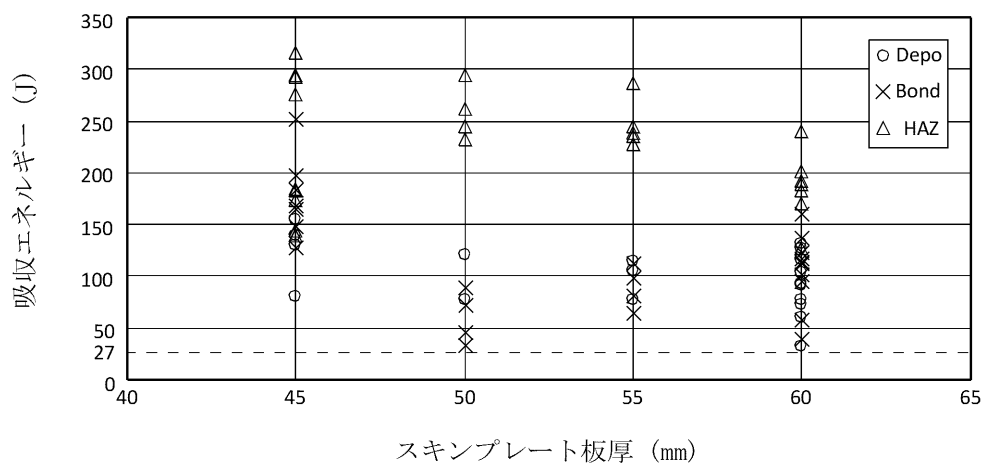


図 C2.5.1 TMCP325・355 のサブマージアーク溶接(1パス)による角継手溶接部のシャルピー衝撃試験の実績(3個の平均値)

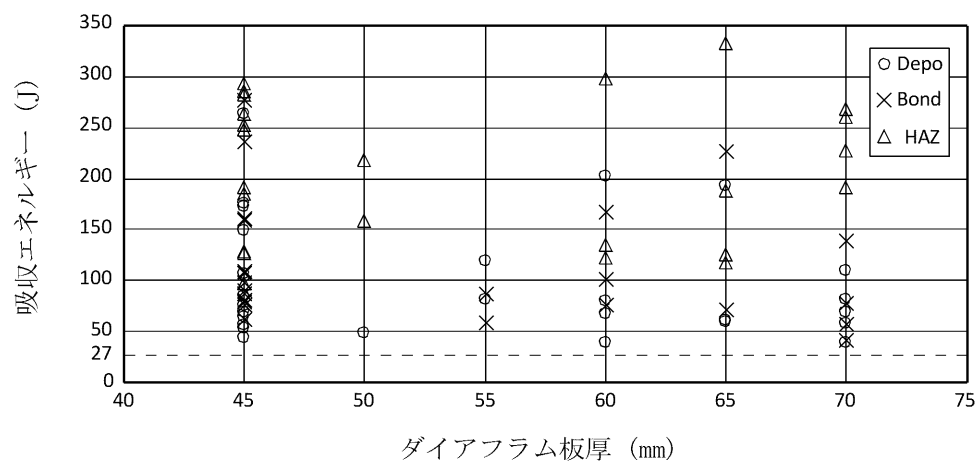


図 C2.5.2 TMCP325・355 のエレクトロスラグ溶接によるダイアフラム溶接部のシャルピー衝撃試験の実績(3個の平均値)

※一般材と高 HAZ 靱性鋼のプロットが重なる箇所は、高 HAZ 靱性鋼のプロットを右側にずらして表示

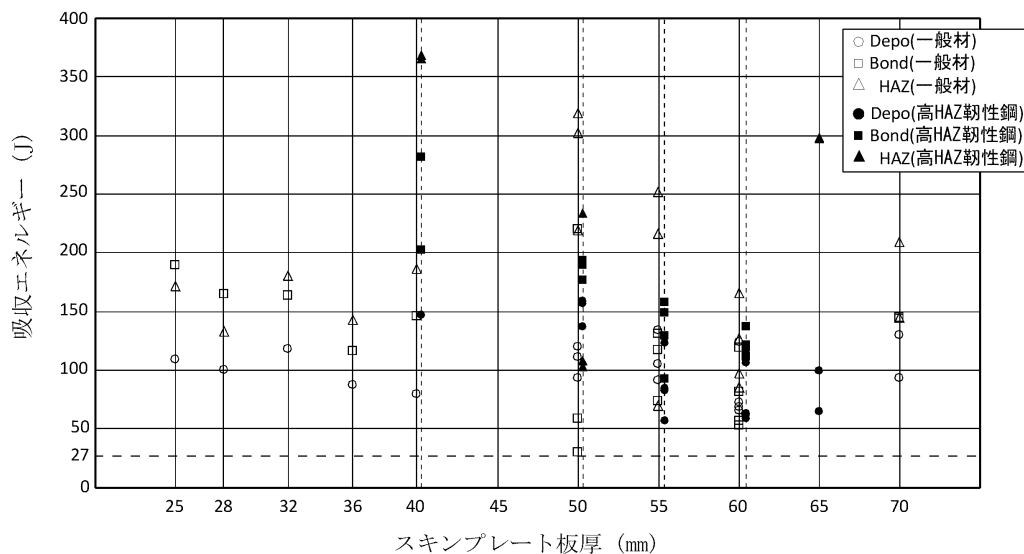


図 C2.5.3 TMCP385 のサブマージアーク溶接（1パス）による角継手溶接部のシャルピー衝撃試験の実績（3個の平均値）

※一般材と高 HAZ 靱性鋼のプロットが重なる箇所は、高 HAZ 靱性鋼のプロットを右側にずらして表示

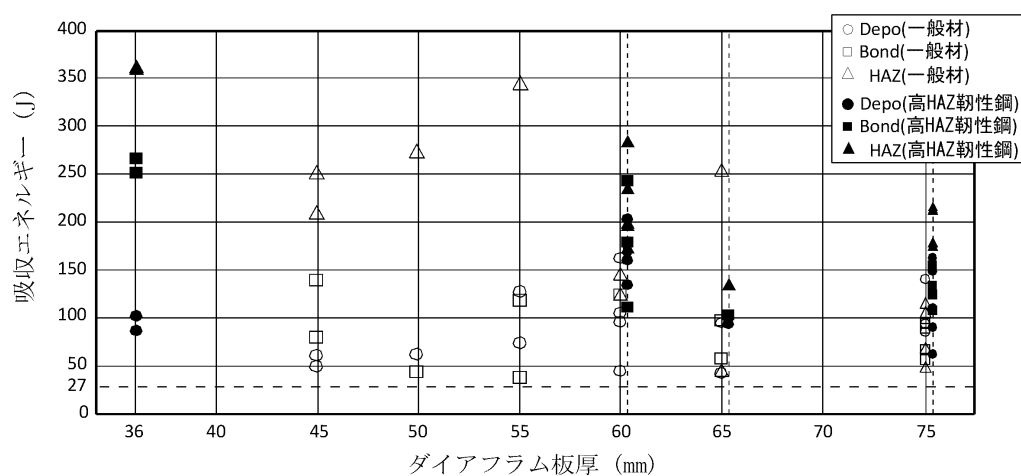


図 C2.5.4 TMCP385 のエレクトロスラグ溶接によるダイアフラム溶接部のシャルピー衝撃試験の実績（3個の平均値）

表 2.5.1 に示す TMCP385 をガスシールドアーク溶接した場合の入熱とパス間温度の管理範囲を決定する目的で、溶接金属部の室温引張及びシャルピー衝撃試験を実施した。表 C2.5.3 に使用した供試鋼板と溶接継手の形状を示す。母材は板厚 25mm の TMCP385 を使用した。表 C2.5.4 に溶接条件を示す。

図 C2.5.5、図 C2.5.6 に TMCP385 の YGW18 を用い、入熱 30kJ/cm としたガスシールドアーク溶接部の室温引張及びシャルピー衝撃試験結果を示す。図 C2.5.5 より、入熱 30kJ/cm、パス間温度 250℃のとき、室温引張の実験値は全ての溶接材料で 0.2%耐力及び引張強さの母材規格下限値を上回った。なお、入熱 30kJ/cm、パス間温度 300℃の場合には、引張強さが母材規格下限値を下回るケースがみられた。図 C2.5.6 より、全ての溶接条件範囲でシャルピー吸収エネルギーの目標性能を満足することが分かる。以上より、TMCP385 に YGW18 を用い、入熱 30kJ/cm としたガスシールドアーク溶接のパス間温度の管理上限値は 250℃とした。

図 C2.5.7、図 C2.5.8 に TMCP385 の G59XX を用い、入熱 30kJ/cm 及び入熱 40kJ/cm としたガスシールドアーク溶接部の室温引張及びシャルピー衝撃試験結果を示す。図 C2.5.7 より、入熱 30kJ/cm、パス間温度 400℃の場合に実験値は 0.2%耐力と引張強さの母材規格下限値を上回ることを確認した。図 C2.5.8 より、入熱 40kJ/cm の場合、実験値はパス間温度 350℃までは 0.2%耐力と引張強さの母材規格下限値をそれぞれ上回ることが確認された。図 C2.5.8 のシャルピー吸収エネルギーでは、実施した全ての条件で目標性能を満足した。従って、TMCP385 の G59XX を用いたガスシールドアーク溶接の管理上限値は、入熱 40kJ/cm、パス間温度 350℃、もしくは入熱 30kJ/cm、パス間温度 400℃とした。

図 C2.5.9 と図 C2.5.10 に TMCP385 の YGW18 を用い、入熱 20kJ/cm としたガスシールドアーク溶接部の室温引張及びシャルピー衝撃試験結果を示す。図 2.5.9 より溶接材料の入熱 20kJ/cm、パス間温度 350℃までは 0.2%耐力と引張強さの規格値を満足することを確認した。シャルピー吸収エネルギーは実施した全ての試験体で規格値を満足した。そのため、TMCP385 に YGW18 を用い、入熱 20kJ/cm としたガスシールドアーク溶接のパス間温度の管理上限値は 350℃とした。

ガスシールドアーク溶接部では溶接部の 0.2%耐力、引張強さ、及びシャルピー吸収エネルギーに及ぼす母材希釈の影響は小さいものと仮定し、TMCP325・355 を用いた場合の管理上限値を決定するために、TMCP385 を用いた試験結果（図 C2.5.5、図 C2.5.6、図 C2.5.9、図 C2.5.10）を用いる。具体的には、図 C2.5.5、図 C2.5.6 の通り、入熱 30kJ/cm 以下、パス間温度 300℃以下で、TMCP385 の溶接部の各種性能が TMCP355 の目標性能を上回るため、TMCP355 に YGW18 を用い、入熱 30kJ/cm としたガスシールドアーク溶接のパス間温度の管理上限値は 300℃とした。また、図 C2.5.9 の通り、入熱 20kJ/cm、パス間温度 350℃で、実験値は TMCP325・355 の 0.2%耐力と引張強さの母材規格下限値をそれぞれ上回るため、TMCP325・355 に YGW18 を用い、入熱 20kJ/cm としたガスシールドアーク溶接のパス間温度の管理上限値は 350℃とした。

なお、図 C2.5.5～図 C2.5.5 に示す溶接継手試験において、ガスシールドアーク溶接の入熱及びパス間温度が表 2.5.1～表 2.5.3 に示す管理上限値以内であれば、溶接金属部の強度及び靱性が表 C2.5.1 に示す溶接部性能目標値を満足することを確認しており、表 2.5.1～表 2.5.3 に示す管理上限値は溶接姿勢に関する適用上の制約はない。

表 C2.5.3 供試鋼板の種類と形状

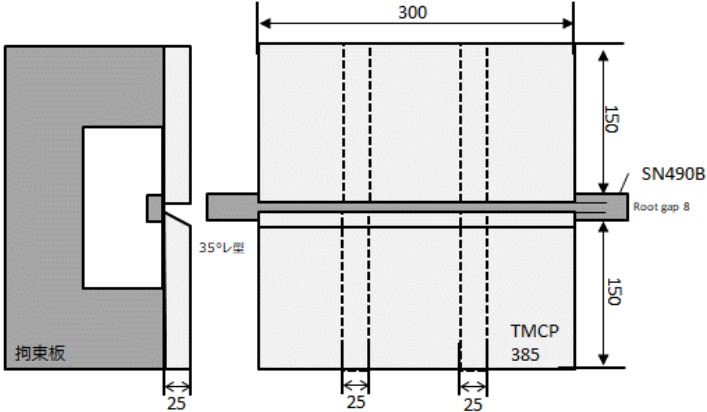
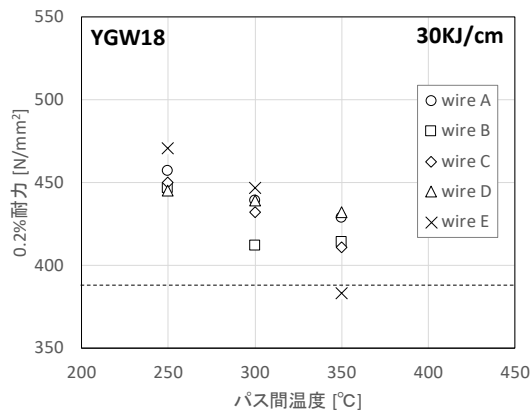
	母材	裏当金
鋼種	TMCP385	SN490B
寸法	25t × (150+150)w × 300l	9t × 25w × 400l
開先形状	35° レ型、ルート間隔 8	
継手形状		

表 C2.5.4 溶接条件

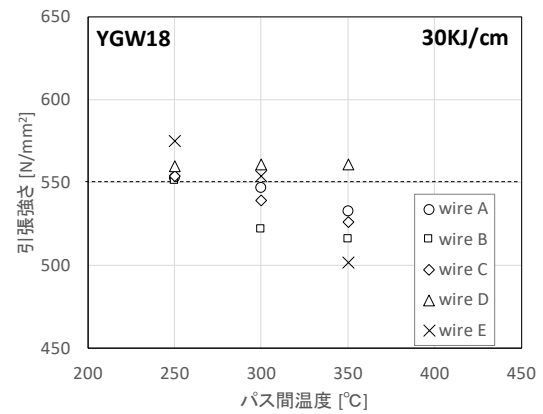
No.	入熱量 (kJ/cm) 【】：条件目安	ワイヤ *1	溶接姿勢	パス間温度(℃)	予熱	積層要領
1	30 【430A-41V-35cpm】	YGW18	下向き	250	なし	6 層 8 パス (5 層目以降 振り分け)
2				300		
3				350	あり *2	
4				400		
5	40 【450A-42V-28cpm】	G59XX		300	なし	5 層 5 パス、 6 層 6 パス (1 層 1 パス)
6				350	あり *2	
7				400		
8	20 【260A-30V-24cpm】	YGW18		横向き	300	あり *2
9			350			

*1 JIS Z 3312 準拠、ワイヤ径：1.4mm φ、シールドガス組成：100%CO₂

*2 パス間温度を上表に示す値まで上げるために初層で 250℃の予熱を実施



0.2%耐力とパス間温度の関係



引張強度とパス間温度の関係

図 C2.5.5 TMCP385 の溶接金属部の室温引張試験結果
(溶接ワイヤ YGW18, 入熱 30kJ/cm)

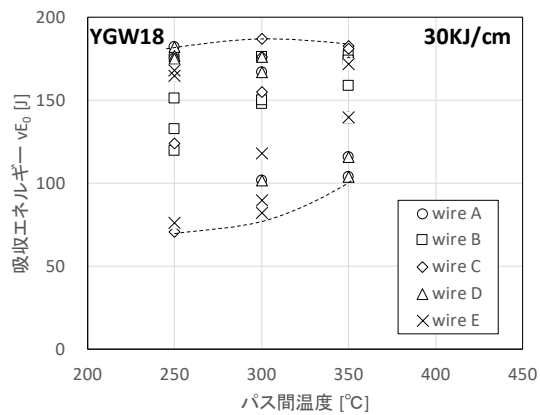
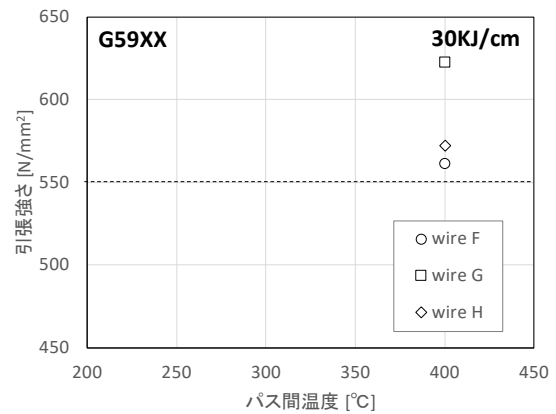
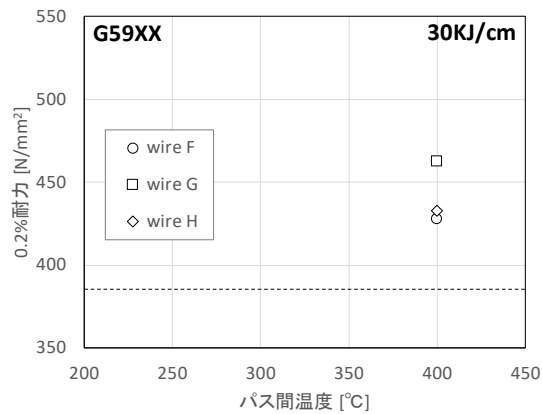
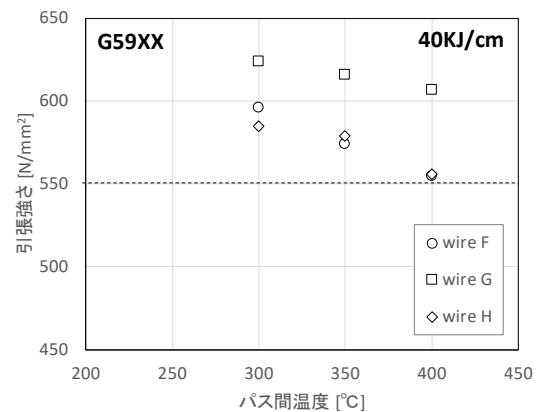
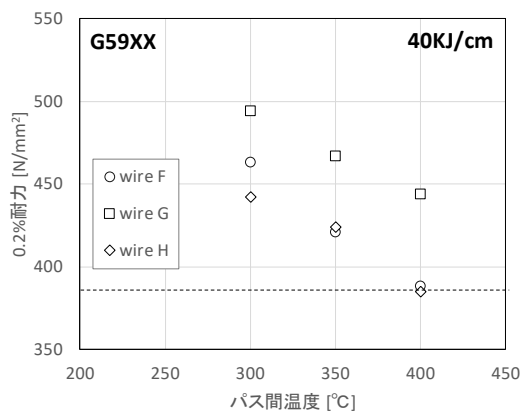


図 C2.5.6 TMCP385 の溶接金属部のシャルピー衝撃試験結果
(溶接ワイヤ YGW18, 入熱 30kJ/cm)



a 入熱 30 kJ/cm

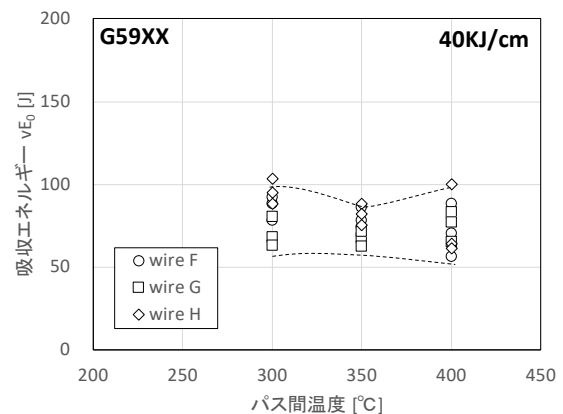
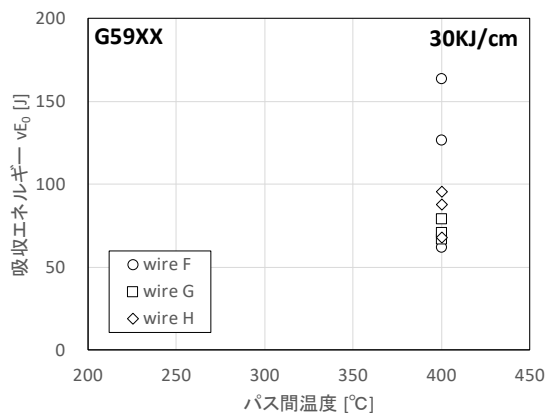


b 入熱 40 kJ/cm

0.2%耐力とパス間温度の関係

引張強度とパス間温度の関係

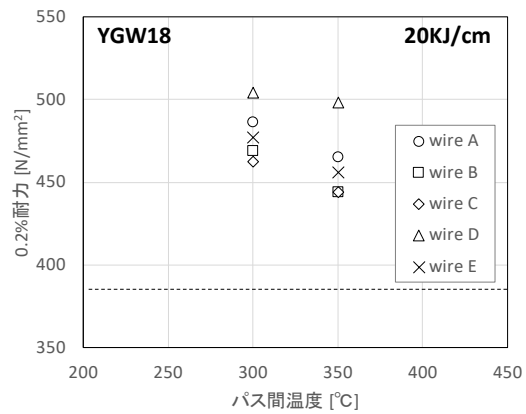
図 C2.5.7 TMCP385 の溶接金属部の室温引張試験結果（溶接ワイヤ G59XX）



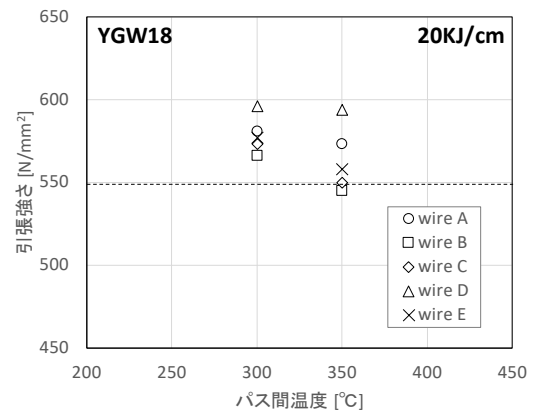
a 入熱 30kJ/cm

b 入熱 40kJ/cm

図 C2.5.8 TMCP385 の溶接金属部のシャルピー衝撃試験結果（溶接ワイヤ G59XX）



0.2%耐力とパス間温度の関係



引張強度とパス間温度の関係

図 C2.5.9 TMCP385 の溶接金属部の室温引張試験結果
(溶接ワイヤ YGW18, 入熱 20kJ/cm)

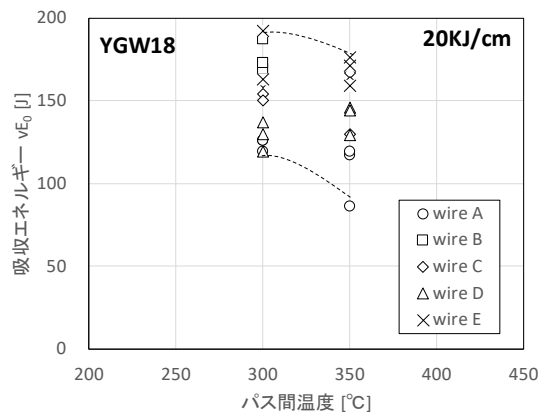


図 C2.5.10 TMCP385 の溶接金属部のシャルピー衝撃試験結果
(溶接ワイヤ YGW18, 入熱 20kJ/cm)

2.6 ひずみ矯正

① 常温矯正

部材形状によりプレスまたはローラにより矯正する。

② 加熱矯正

加熱による熱変形または加熱後の収縮を利用して矯正する。

(1) 加熱矯正は以下の条件のいずれかに従う。

- ・ 600℃まで加熱、その後水冷
- ・ 600～650℃まで加熱して直後水冷
- ・ 850～900℃まで加熱、空冷後 650℃以下から水冷

(2) 以下の条件で行う場合は厳密な管理と加熱時間、加熱範囲を最小限とすることを前提に実施しても良い。

- ・ 850～900℃まで加熱、その後空冷

(3) 以下の条件で加熱矯正を実施してはいけない。

- ・ 850～900℃まで加熱、直後水冷

(4) 加熱温度は加熱表面の温度で管理する。

〔解説〕

鉄骨部材を溶接で組み立てる場合、溶接変形が生ずる。変形が JASS 付則 6「鉄骨精度検査基準」付表 4^{2.10)}の規定値を超えた場合は、材質を損なわないように歪み矯正を行う必要がある。

矯正法には常温矯正法と加熱矯正法とがある。常温矯正法は部材の変形部を加圧し塑性変形を生じさせて矯正する方法であり、加熱矯正法は加熱による熱変形または加熱後の収縮を利用した方法である。加熱矯正法には大別して下記の方法がある。

- ・ 線状加熱法：ガスバーナを用いて矯正部を線状に加熱し、加熱部の板厚方向の温度差を利用して角変形を生じさせひずみを矯正する。
- ・ 点加熱法：わん曲状ひずみを加熱後の収縮を利用して矯正する。
- ・ くさび型加熱法：局部的に変形した部材や長尺材の曲がり矯正に利用される。

常温矯正はプレスまたはローラで行われ、この場合には著しい材質劣化を招くことは稀である。TMCP 鋼は制御圧延による微細化により靱性の改善を図り、その後加速冷却（水冷）で強度確保が行われている鋼材のため、比較的熱間加工や加熱矯正の影響を受けやすい。圧延のままの鋼材に比べ炭素当量が平均的に 0.03～0.06%程度低いいため、焼入れ性は低いが高温度での長時間加熱は局部軟化のおそれがあり、注意が必要である。

表 C.2.6.1 に TMCP325・355・385 の加熱矯正基準を示す。表 C.2.6.1 は日本建築学会；鉄骨工事技術指針・工場製作編^{2.11)}で示される加熱矯正基準を参考として定めている。

表 C2. 6. 1 TMCP325・355・385 の加熱矯正基準

加熱矯正の分類	SN400,SS400 SM400,SN490 SM490,SM520	TMCP325 TMCP355 TMCP385
850～900℃まで加熱、その後空冷	◎	○
850～900℃まで加熱、直後水冷	×	×
850～900℃まで加熱、 空冷後 650℃以下から水冷	◎	◎
600～650℃まで加熱して直後水冷	◎	◎
600℃まで加熱、その後水冷	◎	◎

注 1) ◎ 実施可

○ 厳密な温度管理と加熱時間、加熱範囲を最小限とすることを前提に実施してもよい。

× 実施不可

注 2) 上表の温度は加熱表面での温度である。

2.7 付属金物の溶接

TMCP325・355・385 への付属金物の溶接は、2.3 項「組立て溶接」、及び 2.4.2 項「組立て溶接、補修溶接の予熱」の規定を満足する状態で入念な施工を行う。

〔解説〕

表 C2.7.1 に示す付属金物の溶接は、一般にビード長さが短く、溶接部が急熱急冷され硬化する可能性があるため、2.3 項（組立て溶接）及び 2.4.2 項（組立て溶接、補修溶接の予熱）の規定を満足する状態で入念な施工を行う。

〔参考〕に日本建築学会；鉄骨工事技術指針・工場製作編^{2.11)}で示される付属金物類の種類を示す。

〔参考〕日本建築学会；鉄骨工事技術指針・工場製作編 4 章工作 付属金物類の種類

表 C2.7.1 付属金物類の種類

項 目	付属金物類の名称
仮設関係	アンカーフレーム、ゆがみ直し用ピース、エレクトションピース、建入測定用ピース、タラップ、クレーン補強材、仮設ホイスト用ピース、構台受け、切梁受け、親綱用ピース、墨出し用ピース、デッキ受け、安全手すり、吊りピース、反力受けピース、ネット受けピース、仮設 ELV 受けピースなど
設備関係	ダクトスリーブ、エレベータ用ファスナ、エスカレータ用ファスナ、避雷針用ファスナ、航空障害灯用ファスナ、電気配線用ファスナ、給排水用ファスナ、シャッター受け、ベンチレータ受け、階段受けなど
コンクリート・鉄筋関係	コンクリート止め、かんざし筋、シャーコネクタ、鉄筋類など
内・外装関係	内装用ファスナ、外装用ファスナ、耐火被覆用ピース、桶受けなど
その他（鉄骨部材への加工を要するもの）	セパレータ孔、鉄筋貫通孔など

2.8 溶融亜鉛めっき

溶融亜鉛めっきは、事前に十分な検討を行った上で施工する。

〔解説〕

TMCP325・355・385 は他の建築構造用鋼材と同様に溶融亜鉛めっきの施工性を考慮した鋼材ではない。TMCP325・355・385 を使用した構造部材に溶融亜鉛めっきする場合、亜鉛めっき割れ（溶融亜鉛脆化割れ）やめっき焼け、部材変形などを伴うことがある。日本建築学会：建築工事標準仕様書、JASS6、鉄骨工事^{2.10)}では、鉄骨構造部材全般を対象とし、部材の板厚・形状・寸法に関する留意事項などが示されており、TMCP325・355・385 を使用した構造部材に関しても同様な管理が必要である。ただし、JASS6^{2.10)}や日本建築学会：鉄骨工事技術指針・工場製作編^{2.11)}では、亜鉛めっき割れやめっき焼けに対する具体的な対処方案は示されておらず、個別に工学的・経験的な検討が必要である。文献 2.12)、2.13)では、溶融亜鉛めっきを施す部材の設計・施工方法、及び溶融亜鉛めっきの品質確保や欠陥を防止する上での留意点などがまとめられており、必要に応じてこれら文献を参照されたい。

亜鉛めっき割れを発生する要因の主なものについて、結晶粒界の性状、結晶粒界に作用する引張応力及びめっき温度であることが、研究の成果等^{2.14),2.15)}から考えられているが、結晶粒界の性状に影響を及ぼす因子については、鋼材の化学成分、鋼材製造時の熱処理と圧延履歴、溶接熱影響部の加熱冷却履歴、塑性変形を伴う冷間加工履歴などが考えられている。結晶粒界に作用する引張応力については、鋼材製造時に発生する残留応力、溶接時に発生する残留応力、冷間加工時に発生する残留応力、めっき浸漬過程と引上げ過程、めっき浸漬中における発生する熱応力や形状不連続による応力集中、部材の塑性変形や曲がり・ねじり変形から二次的に発生する二次応力が考えられる。

TMCP325・355・385 に溶融亜鉛めっきを施す場合には、以上のことを勘案し、部材寸法や溶接部等のディテールを考慮するとともに、鋼材仕様に関してメーカーと十分な事前協議を行う必要がある。

<はじめにの参考文献>

- 0.1) 一般社団法人日本鉄鋼連盟「建築構造用 TMCP 鋼材 MDCR 0016-2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355) 溶接施工指針初版 2018 年 10 月」、2018 年 10 月
- 0.2) 一般社団法人日本鉄鋼連盟「建築構造用 TMCP 鋼材 MDCR 0016-2016 建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355) MDCR 0017-2016 建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385) 溶接施工指針第 2 版 2021 年 2 月」、2021 年 2 月

<2 章の参考文献>

- 2.1) 山田 浩二 他「位置決め溶接部の性能確認」、日本鋼構造協会鋼構造年次論文報告集、Vol.27、2019.11
- 2.2) 「鋼構造物における溶接割れ防止のための予熱条件の選定について」、日本鋼構造協会技術委員会生産性分科会工作基準小委員会溶接割れ研究班、JSSC Vol.8 No.80、1972 年 8 月
- 2.3) 百合岡 信孝 他「鋼の溶接硬化性及び低温割れを評価する炭素当量」、製鉄研究、第 307 号 1982 年 3 月
- 2.4) 「大型溶接構造物の溶接割れに関する研究 その 2 斜め y 開先拘束割れ試験片の極厚板への適用に関する検討」、日本鋼構造協会技術委員会生産性分科会工作基準委員会極厚高張力鋼溶接研究班、JSSC Vol.11 No.114、1975 年 6 月
- 2.5) 宋 勇勲 他「TMCP385 鋼材補修溶接部の性能確認試験」、日本建築学会大会学術講演梗概集 (北海道)、2022 年 9 月
- 2.6) 喜多村 英司 他「補修溶接再加熱部の性能評価試験 (建築鉄骨における溶接部の欠陥及び補修方法の一考察 その 4)」、日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海)、2003 年 9 月
- 2.7) 田中 一男 他「二電極サブマージアーク溶接を用いた厚板ボックス柱角継手熱影響部の超音波探傷欠陥について (その 1)」、日本建築学会関東支部研究報告集、1991 年 1 月
- 2.8) 湯田 誠 他「極厚ボックス角継手 (SA440) への多層盛りサブマージアーク溶接の検討」、日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿)、2014 年 9 月
- 2.9) 日本鋼構造協会 建築鉄骨溶接部の機械的性質の標準試験マニュアル ～引張試験・シャルピー衝撃試験～ JSS IV 13-2016、2016 年 7 月
- 2.10) 日本建築学会 建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事、2018 年 1 月
- 2.11) 日本建築学会 鉄骨工事技術指針・工場製作編、2018 年 1 月
- 2.12) 「溶融亜鉛めっき橋の設計・施工指針」、JSSC テクニカルレポート NO.33、1996 年 1 月
- 2.13) 日本鋼構造協会 建築用溶融亜鉛めっき構造物の手引き<改訂版>、2002 年 5 月
- 2.14) 巴コーポレーション他：解説・溶融亜鉛めっき大型鋼構造物のめっき割れ現象とその防止法、2001 年 1 月
- 2.15) 小山他：鉄骨柱仕口スカラップの溶融亜鉛めっき割れに関する検討、溶接学会論文集 第 22 巻 第 3 号 2004 年

日本鉄鋼連盟製品規定
MDCR 0016－2016

建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355)

2016 年(平成 28 年)9 月

一般社団法人 日本鉄鋼連盟

建築構造用 TMCP 鋼材 (TMCP325,TMCP355)

- 適用範囲 この規格は、建築構造物に用いる熱間圧延鋼材(鋼板)について規定する。
- 種類及び記号 鋼材の種類は 4 種類とし、その記号及び適用厚さは、表 1 による。

表 1 種類の記号及び適用厚さ 単位 mm

種類の記号	適用厚さ
TMCP325B TMCP325C	40 超 100 以下
TMCP355B TMCP355C	

- 化学成分 鋼材の溶鋼分析値は、表2による。

表 2 化学成分

単位 %

種類の記号	厚さ mm	C	Si	Mn	P	S
TMCP325B	50 以下	0.18 以下	0.55 以下	1.60 以下	0.030 以下	0.015 以下
	50 超	0.20 以下				
TMCP325C	50 以下	0.18 以下			0.020 以下	0.008 以下
	50 超	0.20 以下				
TMCP355B	40 超 100 以下	0.20 以下			0.030 以下	0.015 以下
TMCP355C	40 超 100 以下	0.20 以下			0.020 以下	0.008 以下

- 備考 : 1. 必要に応じて、表2以外の合金元素を添加できる。
2. 表2以外の化学成分のうち、4.で定められた炭素当量又は溶接割れ感受性組成の計算式に含まれる成分についても溶鋼分析試験を行う。

4. 炭素当量又は溶接割れ感受性組成

鋼材の炭素当量又は溶接割れ感受性組成は、次による。

(1) 炭素当量は、表3による。炭素当量の計算には溶鋼分析値を用い、次の式による。

なお、計算式に規定された元素は、添加の有無にかかわらず、計算に用いる。

$$\text{炭素当量}(\%) = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 + \text{V}/14$$

(2) 受渡当事者間の協定によって、炭素当量の代わりに溶接割れ感受性組成を適用することができる。この場合の溶接割れ感受性組成は表3による。溶接割れ感受性組成の計算には溶鋼分析値を用い、次の式による。なお、計算式に規定された元素は、添加の有無にかかわらず、計算に用いる。

$$\text{溶接割れ感受性組成}(\%) = \text{C} + \text{Si}/30 + \text{Mn}/20 + \text{Cu}/20 + \text{Ni}/60 + \text{Cr}/20 + \text{Mo}/15 + \text{V}/10 + 5\text{B}$$

表3 炭素当量又は溶接割れ感受性組成

種類の記号	厚さ mm	炭素当量 %	溶接割れ感受性組成 %
TMCP325B TMCP325C	50 以下	0.38 以下	0.24 以下
	50 超	0.40 以下	0.26 以下
TMCP355B TMCP355C	50 以下	0.40 以下	0.26 以下
	50 超	0.42 以下	0.27 以下

5. 機械的性質

5.1 降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸び

鋼材の降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸びは、表4による。

表4 降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸び

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	降伏比 %	伸び	
				試験片 mm	%
TMCP325B TMCP325C	325～445	490～610	80 以下	厚さ 50 以下 1A 号 厚さ 40 超 4 号	21 以上 23 以上
TMCP355B TMCP355C	355～475	520～640	80 以下	厚さ 50 以下 1A 号 厚さ 40 超 4 号	19 以上 21 以上

備考：降伏比＝(降伏点又は耐力／引張強さ)×100

5.2 シャルピー吸収エネルギー

鋼材のシャルピー吸収エネルギーは、表5による。この場合、シャルピー吸収エネルギーは、3個の試験片の平均値とする。

表 5 シャルピー吸収エネルギー

種類の記号	試験温度 ℃	シャルピー吸収エネルギー J	試験片
TMCP325B TMCP325C TMCP355B TMCP355C	0	27 以上	V ノッチ試験片 圧延方向

5.3 厚さ方向特性

鋼材の厚さ方向特性は、表6による。

表 6 厚さ方向特性

種類の記号	絞り %	
	3 個の試験の平均値	個々の試験値
TMCP325C TMCP355C	25 以上	15 以上

6. 超音波探傷試験

鋼材の超音波探傷試験の適用及び判定は、表7による。

表 7 超音波探傷試験

種類の記号	適用	判定
TMCP325B TMCP355B	鋼材の受渡当事者間の協定によって JIS G 0901 を適用する。	JIS G 0901 の判定基準の等級Yによる。
TMCP325C TMCP355C	JIS G 0901 を適用する。	

7. 形状、寸法、質量及びその許容差

鋼材の形状、寸法、質量及びその許容差は、JIS G 3136(建築構造用圧延鋼材)の 9.(形状、寸法、質量及びその許容差)による。

8. 外観

鋼材の外観は、JIS G 3193(熱間圧延鋼板及び鋼帯の形状、寸法、重量及びその許容差)の 7.(外観)による。

9. 試験、検査

鋼材の試験、検査は、各社の規定によるものとする。

10. 表示

検査に合格した鋼材は、鋼材ごとに、次の項目を適当な方法で表示する。ただし、受渡当事者間の協定によって、項目の一部を省略することができる。

- (1) 種類の記号
- (2) 溶鋼番号又は検査番号
- (3) 寸法
- (4) 結束ごとの数量又は質量
- (5) 製造業者名またはその略号

11. 報告

報告は、各社の規定によるものとする。

建築構造用 TMCP 鋼材 解説

この解説は、本文に規定した事柄、及びこれらに関連した事柄を説明するもので、規定の一部ではない。

1. 制定の経緯

建築物の高層化・大規模化に伴う鉄骨部材の大型化に呼応して開発された建築構造用 TMCP 鋼材は、製造会社毎に個別に国土交通大臣認定を取得し製品化され、今日では広く建築分野で採用されている。

日本鉄鋼連盟は、この建築構造用 TMCP 鋼材に対して共通の名称と規格を与え、更に当該鋼の利用技術を強化するとともに鉄骨製作技術の競争力向上を目的とした研究・開発を推進するために本製品規定を定めた。

本製品規定は、製造会社各社の大臣認定を基本として、各々の認定範囲を包含するように設定したものである。従って、一部の規格値（降伏点または耐力の上限値）については、個社の認定内容と異なるので留意されたい。

日本鉄鋼連盟製品規定
MDCR 0017－2016

建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385)

2016 年(平成 28 年)9 月

一般社団法人 日本鉄鋼連盟

建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 (TMCP385)

1. 適用範囲 この規格は、建築構造物に用いる熱間圧延鋼材(鋼板)について規定する。

2. 種類及び記号 鋼材の種類は2種類とし、その記号及び適用厚さは、表 1 による。

表 1 種類の記号及び適用厚さ 単位 mm

種類の記号	適用厚さ
TMCP385B	12 以上 100 以下
TMCP385C	16 以上 100 以下

3. 化学成分 鋼材の溶鋼分析値は、表2による。

表 2 化学成分

単位 %

種類の記号	C	Si	Mn	P	S
TMCP385B	0.20 以下	0.55 以下	2.00 以下	0.030 以下	0.015 以下
TMCP385C				0.020 以下	0.008 以下

備考 : 1. 必要に応じて、表2以外の合金元素を添加できる。

2. 表2以外の化学成分のうち、4.で定められた炭素当量又は溶接割れ感受性組成の計算式に含まれる成分についても溶鋼分析試験を行う。

4. 炭素当量又は溶接割れ感受性組成

鋼材の炭素当量又は溶接割れ感受性組成は、次による。

(1) 炭素当量は、表3による。炭素当量の計算には溶鋼分析値を用い、次の式による。

なお、計算式に規定された元素は、添加の有無にかかわらず、計算に用いる。

$$\text{炭素当量}(\%) = \text{C} + \text{Mn}/6 + \text{Si}/24 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 + \text{V}/14$$

(2) 受渡当事者間の協定によって、炭素当量の代わりに溶接割れ感受性組成を適用することができる。

この場合の溶接割れ感受性組成は表3による。溶接割れ感受性組成の計算には溶鋼分析値を用い、次の式による。なお、計算式に規定された元素は、添加の有無にかかわらず、計算に用いる。

$$\text{溶接割れ感受性組成}(\%) = \text{C} + \text{Si}/30 + \text{Mn}/20 + \text{Cu}/20 + \text{Ni}/60 + \text{Cr}/20 + \text{Mo}/15 + \text{V}/10 + 5\text{B}$$

表 3 炭素当量又は溶接割れ感受性組成

種類の記号	厚さ mm	炭素当量 %	溶接割れ感受性組成 %
TMCP385B TMCP385C	12 以上 19 未満	0.44 以下	0.29 以下
	19 以上 50 以下	0.40 以下	0.26 以下
	50 超 100 以下	0.42 以下	0.27 以下

5. マグ溶接熱影響部靱性指標

鋼材のマグ溶接熱影響部靱性指標は、受渡当事者間の協定による。マグ溶接熱影響部靱性指標の計算には溶鋼分析値を用い、次の式による。

$$\text{マグ溶接熱影響部靱性指標(\%)} = \text{C} + \text{Mn}/8 + 6(\text{P} + \text{S}) + 12\text{N} - 4\text{Ti}$$

6. 機械的性質

6.1 降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸び

鋼材の降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸びは、表4による。

表 4 降伏点又は耐力、引張強さ、降伏比及び伸び

種類の記号	降伏点又は耐力 N/mm ²	引張強さ N/mm ²	降伏比 %	伸び		
				板厚 mm	試験片	%
TMCP385B	385～505	550～670	80 以下	40 以下	1A 号	15 以上
TMCP385C				19 以上 100 以下	4 号	20 以上
				50 以下	5 号	26 以上

備考：1. 降伏比＝(降伏点又は耐力／引張強さ)×100

2. 引張試験片を適用する板厚及び伸びの規格値については、表 4 の範囲内で各社の規定によるものとする。

6.2 シャルピー吸収エネルギー

鋼材のシャルピー吸収エネルギーは、表5による。この場合、シャルピー吸収エネルギーは、3個の試験片の平均値とする。

表 5 シャルピー吸収エネルギー

種類の記号	試験温度 ℃	シャルピー吸収エネルギー J	試験片
TMCP385B TMCP385C	0	70 以上	V ノッチ試験片 圧延方向

6.3 厚さ方向特性

鋼材の厚さ方向特性は、表6による。

表 6 厚さ方向特性

種類の記号	絞り %	
	3 個の試験の平均値	個々の試験値
TMCP385C	25 以上	15 以上

7. 超音波探傷試験

鋼材の超音波探傷試験の適用及び判定は、表7による。

表 7 超音波探傷試験

種類の記号	適用	判定
TMCP385C	JIS G 0901 を適用する。	JIS G 0901 の判定基準の等級Yによる。

8. 形状、寸法、質量及びその許容差

鋼材の形状、寸法、質量及びその許容差は、JIS G 3136(建築構造用圧延鋼材)の 9.(形状、寸法、質量及びその許容差)による。

9. 外観

鋼材の外観は、JIS G 3193(熱間圧延鋼板及び鋼帯の形状、寸法、重量及びその許容差)の 7.(外観)による。

10. 試験、検査

鋼材の試験、検査は、各社の規定によるものとする。

11. 表示

検査に合格した鋼材は、鋼材ごとに、次の項目を適当な方法で表示する。ただし、受渡当事者間の協定によって、項目の一部を省略することができる。

- (1) 種類の記号
- (2) 溶鋼番号又は検査番号
- (3) 寸法
- (4) 結束ごとの数量又は質量
- (5) 製造業者名またはその略号

12. 報告

報告は、各社の規定によるものとする。

建築構造用高性能 550N/mm²鋼材 解説

この解説は、本文に規定した事柄、及びこれらに関連した事柄を説明するもので、規定の一部ではない。

1. 制定の経緯

建築物の高層化・大規模化に伴う鉄骨部材の大型化に呼応して開発された建築構造用高性能 550N/mm²鋼材は、製造会社毎に個別に国土交通大臣認定を取得し製品化され、今日では広く建築分野で採用されている。

日本鉄鋼連盟は、この建築構造用高性能 550N/mm²鋼材に対して共通の名称と規格を与え、更に当該鋼の利用技術を強化するとともに鉄骨製作技術の競争力向上を目的とした研究・開発を推進するために本製品規定を定めた。

本製品規定は、製造会社各社の大臣認定を基本として、各々の認定範囲を包含するように設定したものである。従って、一部の規格値（例えば、伸びの規定値等）については、個社の認定内容と異なるので留意されたい。

建築構造用TMCP鋼材溶接施工指針

MDCR 0016－2016 建築構造用TMCP鋼材 (TMCP325,TMCP355)

MDCR 0017－2016 建築構造用高性能550N/mm²鋼材 (TMCP385)

第 2 版

2021年 2月 発行

2024年12月 改定

一般社団法人 日本鉄鋼連盟

〒103-0025 東京都中央区日本橋茅場町3-2-10

TEL(03)3669-4815 FAX(03)3667-0245

© 日本鉄鋼連盟