

建築構造用TMCP鋼材(TMCP325, TMCP355)、 建築構造用高性能 550N/mm²鋼材(TMCP385) および建築構造用高性能 590N/mm²鋼材(SA440)の 溶接施工指針と適用溶接材料について

技術本部 市場開発技術部 商品技術グループ 主幹 齋藤 雅哉

1 はじめに

近年では、都市再開発の活発化やインフラの老朽化対応、さらには持続可能な建築への意識の高まりなどにより、構造材料に対する需要は複雑化・多様化しています。都市部における高層ビルや大型商業施設の建設が進む中で、鉄骨造の需要が高まっています。鉄骨は高強度でありながら比較的軽量で、工場でのプレファブ化が進んでいるため、現場での施工性が高いという利点があります。また、鉄骨はリサイクル性にも優れており、環境負荷の低減にも貢献します。今後は建築のデジタル化、すなわち BIM (Building Information Modeling) や CIM (Construction Information Modeling) などの導入が進むことで、構造設計と材料選定の高度化が促進され、さらに高強度鋼材の適用による鋼材重量の削減が進むと考えられます。

しかし、高強度鋼材の溶接施工では、強度低下やじん性低下、割れなどの溶接欠陥に注意する必要があり、健全な溶接金属部を得るために、一般社団法人日本鉄鋼連盟より溶接施工指針が示されています。本稿では、それらの施工指針に関して紹介します。

2 予熱温度について

溶接施工指針では、「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。」¹⁾とされており、一般的予熱温度を表 1 に示します。

表 1 本溶接における一般的予熱温度 ^{1) 2)}

鋼種	溶接法	板厚(mm)				
		t < 32	32 ≤ t ≤ 40	40 < t ≤ 50	50 < t ≤ 75	75 < t ≤ 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	—	—	—	—	—
SA440*	被覆アーク溶接 (低水素系)	100℃以上			100℃以上	125℃以上
	ガスシールドアーク溶接	60℃以上			80℃以上	100℃以上
	サブマージアーク溶接	60℃以上			80℃以上	100℃以上
	エレクトロスラグ溶接	—			—	—

※ SA440 は板厚 19mm 以上。

「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 1 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。」¹⁾とされています。

また、「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。」¹⁾とされていますが、近年ではソリッドワイヤよりも拡散性水素量が低いフラックス入りワイヤも開発されています。そのようなワイヤを使用する場合は、鋼材の溶接割れ感受性組成と溶着金属の拡散性水素量のパラメータから予熱温度を推定する Pw による方法や、さらに溶接入熱量と溶接金属の強度の影響を考慮した CEN による方法などを用いて予熱温度を推定することが可能です。

3 溶接入熱について

溶接施工指針では、「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。」¹⁾とされており、最大入熱とパス間温度が表 2 のように規定されています。

表 2 最大溶接入熱及び最大パス間温度 ^{1) 2)}

鋼種	溶接方法	溶接部位	入熱 (kJ/cm)	パス間温度 (℃)
TMCP325	ガスシールドアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 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
	サブマージアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 700	≤ 250
		突合せ、すみ肉	≤ 200	≤ 250
	エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≤ 1150	—
TMCP355	ガスシールドアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 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
	サブマージアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 700	≤ 250
		突合せ、すみ肉	≤ 200	≤ 250
	エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≤ 1150	—
TMCP385	ガスシールドアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 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
	サブマージアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 700	≤ 250
		突合せ、すみ肉	≤ 200	≤ 250
	エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≤ 1200	—
SA440	ガスシールドアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手 ダイアフラム、仕口 突合せ、すみ肉	≤ 30	≤ 350
			≤ 40	≤ 250
	サブマージアーク溶接	溶接組立箱形断面柱角継手	≤ 650	≤ 250
		突合せ、すみ肉	≤ 200	≤ 250
	エレクトロスラグ溶接	ダイアフラム	≤ 1000	—

※ 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。

4 適用溶接材料について

各種溶接方法における鋼種ごとの当社溶接材料の使い分けを表3に示します。

表3 溶接材料の使い分け一覧

溶接方法	溶接部位	用途	TMCP325	TMCP355	TMCP385	SA440
被覆アーク溶接 (低水素系)	組立溶接 補修溶接など	全姿勢溶接	L-55 (E4916)	L-60 (E5916)	L-60 (E5916)	L-60 (E5916)
ガスシールド アーク溶接	BOX 柱角継手 ダイアフラム 仕口(梁フランジ) 突合せ(柱継)	下向溶接	YM-26 (YGW11) YM-55C (YGW18) SX-26 (T49J) SX-55 (T55)	YM-55C (YGW18) YM-60C (G59J) SX-55 (T55) SX-60 (T59J)	YM-55C (YGW18) YM-60C (G59J) YM-60C (M) (G59J) SX-55 (T55) SX-60 (T59J)	YM-60C (G59J) YM-60C (M) (G59J) SX-60 (T59J) SX-60CF (T59J)
		横向溶接	YM-26 (YGW11) YM-55C (Y) (YGW18)	YM-55C (Y) (YGW18)	YM-55C (Y) (YGW18) YM-60C (G59J) YM-60C (M) (G59J)	YM-60C (G59J) YM-60C (M) (G59J)
		立向溶接	SF-1V (T49J)	SF-55V (T55)	SF-55V (T55) SF-60V (T59J) SF-60L (T59)	SF-60V (T59J) SF-60L (T59)
		全姿勢溶接	SF-1 (T49J)	SF-60 (T59J)	SF-60 (T59J)	SF-60 (T59J)
	すみ肉	水平溶接	SM-1F (T49J) SM-1FT (T49J)	SF-60 (T59J)	SF-60 (T59J)	SF-60 (T59J)
サブマージ アーク溶接	BOX柱角継手	1パス	NSH-60S×Y-DL (S581-H)	NSH-60S×Y-DL (S581-H)	NSH-60S×Y-DL (S581-H)	NSH-60S×Y-DL・HF (S621-H4)
	BOX柱角継手	多層	NSH-60×Y-DL/Y-D (S582-H)	NSH-60×Y-DL/Y-D (S582-H)	NSH-60×Y-DL/Y-D (S582-H)	NSH-60S×Y-DL・HF (S624-H4)
	すみ肉(BH)	下向溶接	NF-800R×Y-D (S502-H) NSH-60×Y-DL (S582-H)	NF-800R×Y-D (S502-H) NSH-60×Y-DL (S582-H)	NF-800R×Y-DM (S582-H) NSH-60×Y-DL (S582-H)	NF-800R×Y-DM (S582-H) NSH-60×Y-DL・HF (S624-H4)
エレクトロ スラグ溶接	ダイアフラム	立向溶接	YM-55HF×YF-15I (YES562-S)	YM-55HF×YF-15I (YES562-S)	YM-55HF×YF-15I (YES562-S)	YM-60E×YF-15I (YES602-S)

※()内は、下記の JIS 記号とします。

溶接棒：JIS Z 3211、ソリッドワイヤ(YM)：JIS Z 3312、フラックス入りワイヤ(SF、SM、SX)：JIS Z 3313、

サブマージアーク溶接：JIS Z 3183、エレクトロスラグ溶接：JIS Z 3353

※SA440 のスキンプレートと TMCP385 の内ダイアフラムなど異なる鋼種の組み合わせの場合、溶接材料は低グレードの鋼種である TMCP385 に合わせて選定してください。

※上記一覧の適用板厚は60mmまでとします。それを超える場合は、適宜技術対応をさせていただきますので、当社ホームページより別途お問い合わせください。

5 各種機械的性質について

各種溶接材料を用いた場合の継手溶接試験における機械的性質の一例を表4に示します。

表4 継手溶接試験における機械的性質の一例

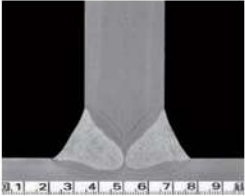
溶接方法	溶接材料	強度クラス (MPa)	特長※1	入熱 (kJ/cm)	バス間温度 (°C)	耐力 (MPa)	引張強さ (MPa)	吸収エネルギー (J)
被覆アーク溶接 (低水素系)	L-55	490	一般SMAW	≤30	≤100	483	575	233 (−5°C)
	L-60	590	一般SMAW	≤30	≤100	530	646	203 (0°C)
ガスシールドアーク溶接	SX-26	490	低スパッタFCW	≤30	≤250	485	577	95 (0°C)
	YM-55C	550	一般SW	≤30	≤250	460	557	111 (0°C)
	YM-55C(Y)	550	一般SW	≤20	≤250	481	575	158 (0°C)
	SX-55	550	低スパッタFCW	≤30	≤250	467	576	124 (0°C)
	SF-55V	550	立向用FCW	≤40	≤350	500	607	82 (0°C)
	YM-60C	590	一般SW	≤30	≤250	650	699	95 (0°C)
	YM-60C(M)	590	高じん性SW	≤30	≤250	643	712	131 (−5°C)
	SX-60	590	低スパッタFCW	≤30	≤250	643	697	88 (0°C)
	SF-60V	590	立向用FCW	≤40	≤150	556	641	74 (−5°C)
サブマージアーク溶接	NSH-60S×Y-DL	550	1バス大入熱	≤700	—	485	620	77 (0°C)
	NSH-60S×Y-DL・HF	590	1バス高HAZ	≤700	—	535	670	110 (0°C)
	NSH-60×Y-DL・HF	590	多層	≤200	≤250	569	691	97 (0°C)
	NF-800R×Y-D	520	すみ肉	≤200	≤250	485	620	69 (0°C)
	NF-800R×Y-DM	590	すみ肉	≤200	≤250	520	660	77 (0°C)
エレクトロスラグ溶接	YM-55HF×YF-15I	550	高じん性	≤1150	—	440	610	180 (0°C)
	YM-60E×YF-15I	590	高じん性	≤1150	—	520	700	170 (0°C)

※1 SMAW/溶接棒、SW/ソリッドワイヤ、FCW/フラックス入りワイヤ

※溶接継手の機械的性質は母材の成分、気候条件、溶接電源の種類、開先形状、溶接条件などによって変化するため、溶接材料はJIS Z 3111の溶着金属性能として保証されております。本結果は、継手溶接試験結果の一例であり、溶接金属の性能を保証するものではありません。

溶接金属部のマクロ写真の一例を表5に示します。

表5 マクロ写真の一例

コラム柱×通しダイアフラム		ビルトH梁		BOX柱角溶接 BOX柱×内ダイアフラム	
					
YM-60C	SX-60	NF-800R×Y-D		NSH-60S×Y-DL・HF	YM-55HF×YF-15I
					

6 おわりに

当社は、建築鉄骨向けにお客様のご要望にお応えできる溶接材料をご用意しております。今後も社会のニーズに合わせた高品質な溶接材料の開発、改良に努めてまいりますので、変わらぬご愛顧のほどよろしくお願い申し上げます。

- 引用文献 1) (一社)日本鉄鋼連盟/建築構造用 TMCP 鋼材 溶接施工指針 第2版
2) (一社)日本鉄鋼連盟/建築構造用高性能 590N/mm² 鋼材 (SA440) 設計・溶接施工指針 第3版