

立向溶接における溶接条件と溶接部の機械的性質

(その3 試験結果の分析および溶接管理条件)

正会員○加賀美安男*1 正会員 竹内秀紀*2 正会員 後藤和正*3
同 藤田哲也*4 同 米山真一郎*5 同 平井慶一*6
同 岡野昌明*7立向溶接 溶接条件 フラックス入りワイヤ
硬さ 冷却時間 入熱・パス間温度

1. はじめに

前報では、溶接金属の引張強さと硬さの関係および溶接金属の硬さと冷却時間の関係を溶接材料ごとに提示した。本報では、その結果をもとに、溶接金属の引張強さと冷却時間の関係から、フラックス入りワイヤの立向溶接における溶接管理条件を、溶接材料銘柄毎、溶接材料強度毎に報告する。

2. 冷却時間と引張強さ

前報その2表1で示した溶接金属の硬さと冷却時間の関係と前報その2で示した溶接金属の引張強さと硬さの関係(2式)を用いて、溶接金属の引張強さと冷却時間の関係を求める。

例えば、50Sの溶接金属の硬さと入熱の関係は、前報その2表1より、

$$Hv = 319 \times CT^{-0.114} \quad \dots(\text{その2表1)なので、}$$

$$Ts = 2.33Hv + 117 \quad \dots(\text{その2(3式)})$$

$$= 743 \times CT^{-0.114} + 117$$

となる関係が求められる。すべての溶接材料について同様に求めた関係式を表1に示す。

表1 溶接金属の引張強さと冷却時間の関係式

溶接材料		関係式
490N 級	50S	$Ts = 743 \times CT^{-0.11} + 117$
	50D	$Ts = 595 \times CT^{-0.10} + 117$
550N 級	55S	$Ts = 860 \times CT^{-0.15} + 117$
	55D	$Ts = 746 \times CT^{-0.13} + 117$
	55F	$Ts = 640 \times CT^{-0.11} + 117$
590N 級	60S	$Ts = 831 \times CT^{-0.13} + 117$
	60D	$Ts = 723 \times CT^{-0.10} + 117$

表1に示した関係式と各溶接材料のDEPO引張試験結果をプロットしたものを図1に示す。試験結果から求めた関係式と試験結果は良い相関関係にある。

最初に、パス間温度 250℃以下を前提に、溶接金属の引張強さが、適用鋼材の引張強さ規格下限値を満足する最長の冷却時間を管理限界冷却時間と定義し、適用鋼材に対する各溶接材料の管理限界冷却時間を考察する。管理限界冷却時間が長い程、大入熱・高パス間温度の溶接条件を許容すると言える。図1中に各溶接材料の適用鋼材に対する管理限界冷却時間を↓印で示す。

490N 級溶接材料は、試験の結果得られた冷却時間の全範囲において、50Sに対して50Dの引張強さが相対的に低

い結果となった。

50Sは、この条件下では、490N 級鋼材の引張強さの規格下限値を下回ることなく、管理限界冷却時間は250秒以上であったが、50Dの管理限界冷却時間は約110秒程度であった。

550N 級溶接材料は、55Sと55Dがほぼ同様な引張強さと冷却時間の関係を示したが、55Fはこれらに対して引張強さが相対的に低い結果となった。

490N 級鋼材に対して、55Sと55Dの管理限界冷却時間は約230秒だが、55Fのそれは約130秒であった。

550N 級鋼材に対しては、55Sと55Dの管理限界冷却時間が、それぞれ約90秒と約70秒であるのに対して、50Fのそれは約35秒であった。

590N 級溶接材料は、ほぼ同様な冷却時間と引張強さの関係を示したが、冷却時間が100秒より短い範囲では、60Sの引張強さが60Dの引張強さを若干上回っている。

490N 級鋼材に対して、試験の範囲では、いずれの銘柄も管理限界冷却時間は確認できなかった。

550N 級鋼材に対しては、いずれの銘柄もほぼ同様に管理限界冷却時間は約150秒であった。

590N 級鋼材に対しては、いずれの銘柄も管理限界冷却時間は約70秒であった。

適用鋼材に対する溶接材料の管理限界冷却時間を表2に示す。

表2 適用鋼材に対する溶接材料の管理限界冷却時間(sec)

溶接材料	適用鋼材		
	490N 級	550N 級	590N 級
490N 級	50S	250 以上	—
	50D	≤118	—
550N 級	55S	≤261	≤97
	55D	≤235	≤73
	55F	≤135	≤35
590N 級	60S	250 以上	≤150
	60D	250 以上	≤151

3. 管理限界冷却時間と入熱・パス間温度

前報その1で示した(1式)により算定される冷却時間は、入熱とパス間温度をパラメータとしている。実際の溶接条件での入熱とパス間温度は、管理限界冷却時間に対して無数の組合せがあると考えられる。図2に490N 級鋼材

に適用する各溶接材料の限界冷却温度における入熱とパス間温度の関係を示す。

本試験におけるパス間温度は、いずれの試験体も最大250℃以下であったことから、490N級鋼材に対する55S、55Dおよび55Fの最大入熱は、71kJ/cm、67kJ/cm、48kJ/cmとなる。この時のパス数は、板厚40mmに対して7~8パス目であり、ビード幅としては約30mm程度である。パス間温度を150℃で管理した場合は、計算上の入熱は大きくできるが、立向溶接のビード形状を保つなど等溶接施工可能な条件を考慮した際の入熱100kJ/cm程度が限界と考えられるので、この範囲が適用鋼材の引張強さ規格下限値を上回る引張強さを確保するための入熱・パス間温度の組合せの範囲と考えられる。550N級鋼材に対する各溶接材料のパス間温度250℃の際の最大入熱は、各々40kJ/cm、33kJ/cm、22kJ/cmであり、パス間温度を150℃とした場合は、52kJ/cm、45kJ/cm、29kJ/cmである。

表3に適用鋼材の引張強さ規格下限値以上の強度を溶接部に確保するための入熱・パス間温度を示す。

表3 適用鋼材の引張強さを満足する入熱・パス間温度

溶接材料	適用鋼材強度			
	490N級	550N級	590N級	
490N級	50S	250℃, 94kJ/cm ≤230℃, 100kJ/cm	—	—
	50D	250℃, 44kJ/cm ≤150℃, 60kJ/cm	—	—
550N級	55S	250℃, 71kJ/cm ≤130℃, 100kJ/cm	250℃, 40kJ/cm 150℃, 52kJ/cm	—
	55D	250℃, 67kJ/cm ≤100℃, 100kJ/cm	250℃, 33kJ/cm 150℃, 45kJ/cm	—
	55F	250℃, 48kJ/cm 150℃, 65kJ/cm	250℃, 22kJ/cm 150℃, 29kJ/cm	—
590N級	60S	250℃, 100kJ/cm	250℃, 52kJ/cm 150℃, 70kJ/cm	250℃, 34kJ/cm 150℃, 45kJ/cm
	60D	250℃, 100kJ/cm	250℃, 52kJ/cm 150℃, 70kJ/cm	250℃, 31kJ/cm 150℃, 42kJ/cm

4. まとめ

本研究では、フラックス入りワイヤの立向溶接の実施工における溶接条件での溶接金属の引張強さを示し、引張強さと冷却時間の関係をもとに、溶接材料強度別・銘柄別に、適用鋼材の引張強さ規格下限値を満足する溶接管理条件を提示した。

パス間温度250℃以下でJIS Z 3313解説の溶接条件を超える溶接条件を提示した。同じ強度クラスの溶接材料でも銘柄により溶接管理条件に差異があることが分かった。

また、多層盛り溶接部のマクロ断面を用いた硬さ試験において、硬さと冷却時間との関係をもとに、溶接材料の溶接条件を効率的に設定する方法を提示した。

謝辞: 本研究はAW検定協議会研究評価委員会WG24として実施した。試験に際しご協力頂いた各位に謝意を表す。

参考文献:

- 1) 溶接・接合技術概論 溶接学会編 産報出版発行
- 2) 加賀美ら; 立向突合せ溶接の溶接条件と溶接金属の性能(溶接条件と管理方法) 日本建築学会大会学術講演梗概集 2011年

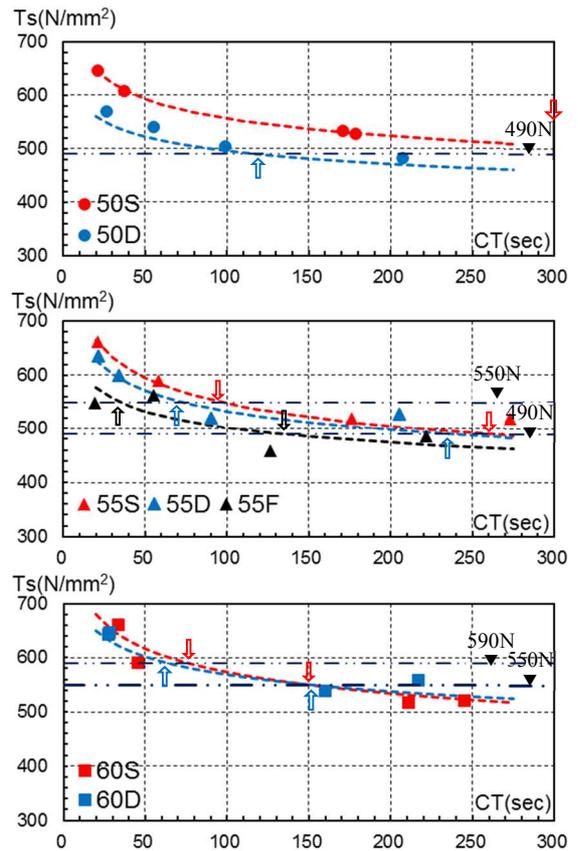


図1 溶接金属の引張強さと冷却時間

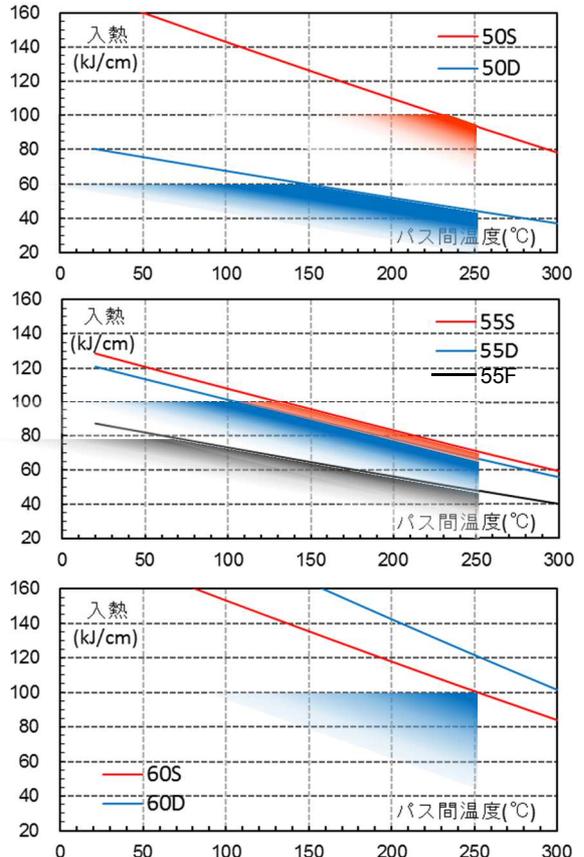


図2 490N級鋼材に適用する溶接材料の溶接条件

*1 日建設計,*2 安井建築設計事務所,*3 大成建設,
*4 日本設計*5,フジタ,*6 竹中工務店,*7 鹿島建設

*1 Nikken sekkei Ltd,*2 Yasui Architects INC,*3 Taisei Corporation,
*4 Nihon Sekkei Inc,*5 Fjita.Co.Ltd,*6 Takenaka,*7 Kajima.Co.Ltd