

TMCP 型 590N/mm² 級冷間プレス成形角形鋼管の溶接施工性に関する実験的研究

正会員 ○難波 隆行^{*1} 同 藤沢 清二^{*1}
同 廣田 実^{*1} 同 松井 和幸^{*2}
同 的場 耕^{*3} 同 西澤 淳^{*3}

予熱温度 パス間温度 690N/mm²級溶接材料
Y 形溶接割れ試験 引張試験 シャルピー衝撃試験

1. はじめに

従来型の建築構造用高性能 590N/mm² 鋼材 (SA440) と同等の機械的性質と短製造工期, 優れた溶接施工性を兼ね備えた 590N/mm² 級 TMCP 鋼材^[1] (以下, TMCP440) が開発されており, また TMCP440 鋼を原板とする冷間プレス成形角形鋼管 (以下, TMCP 型 440 プレスコラム) が, 部材変形性能において SA440 を原板とする従来型のプレスコラムと同等であることが示されている^[2].

一方, プレスコラム-通しダイヤフラム間の溶接では, 冷間加工により強度上昇した角部における溶接金属のアンダーマッチを避けるため, 690N/mm² 級鋼用の溶接ワイヤ (以下, 690 級溶材) が使用されるが, 一般に 690 級溶材起因の予熱, パス間温度の管理値は TMCP440 鋼の管理値よりも厳しい。

本研究では, TMCP 型 440 プレスコラムの溶接接合に 690 級溶材を使用する場合の溶接施工性を確認するため, Y 形溶接割れ試験 (変数: 予熱温度) と, 溶接金属の機械試験 (変数: パス間温度) を実施した。

2. 予熱温度をパラメータとした Y 形溶接割れ試験

2.1 試験概要

JIS Z 3158(1993)に従い, 斜め Y 形溶接割れ試験を実施した。50mm 厚の TMCP440 鋼と 690 級溶材(CO₂ 溶接用,

G69A2UCN2M4T, φ1.2mm) を用いた(表 1, 2)。溶接条件を表 3 に, 試験片一覧を表 4 に示す。試験パラメータは予熱温度(0℃, 5℃), およびガウジングの有無である。

2.2 結果

試験ビードの溶接後, 48 時間経過後に表面, 断面の割れの有無を調査した。試験結果を表 4 に, 予熱温度 0℃試験の試験片マクロを写真 1 に示す。ガウジング無しの試験片ではいずれも割れは生じなかった。一方, ガウジング有りの場合, 予熱温度 5℃では割れは生じなかったが, 0℃の場合一部断面に溶接金属割れが生じた。割れが生じた 0G1 試験片の個別断面の成績を表 5 に示す。

3. パス間温度をパラメータとした溶接金属の機械試験

3.1 試験概要

実大サイズ(□-700x50mm)の TMCP 型 440 プレスコラムと 55mm 厚 TMCP440 鋼板とを, 690 級溶材(2 節試験と同じ)を用いた CO₂ ガスシールドアーク多層盛溶接にて突合せ溶接(図 1, 2), 溶接金属の引張試験, シャルピー衝撃試験, 硬さ試験を実施した。使用材料の特性を表 1, 2 に示す。裏当金は SN490B 材(FB-9x25)とした。試験パラメータはパス間温度の上限(150℃, 200℃, 250℃, 無制限=連続溶接)である。入熱量は 30kJ/cm 以下とした。パス間温度の計測位置は, 溶接線中央, 開先先端から 10mm の位

表 1 使用鋼材の化学成分(重量%)

種類の記号 (mm)	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	B	Ti	Ceq	PCM
HBL440B (t=50)	0.07	0.21	1.50	0.007	0.003	0.01	0.02	0.25	0.20	0.05	0.02	0	-	0.43	0.18
HBL440B (t=55)	0.08	0.07	1.47	0.003	0.002	0.02	0.02	0.11	0.36	0.05	0.01	0	-	0.44	0.19
SN490B(FB 9x25)	0.11	0.26	1.24	0.029	0.014	0.09	0.05	0.19	0.02	0.02	-	TR	-	0.37	0.20
690級溶材:MG-70	0.06	0.78	1.97	0.009	0.009	0.22	1.03	-	0.62	-	-	-	0.1	-	-

表 3 溶接条件

シールドガス	電流 (A)	電圧 (V)	溶接速度 (cm/s)	入熱 (kJ/cm)
100% CO ₂	250 ±20	30 ±2	250 ±20	17 ±2

表 2 使用鋼材の機械的性質

種類の記号 (サイズmm)	引張試験			シャルピー衝撃試験	
	YS N/mm ²	TS N/mm ²	YR %	温度 °C	吸収エネルギー J
HBL440B (t=50)	493	623	79	0	279
HBL440B (t=55)	463	597	78	0	296
SN490B (FB 9x25)	375	531	71	-	-
690級溶材: MG-70	632	730	87	-20	91

表 4 試験片及び結果一覧

試験体記号	試験温度 (°C)	ガウジング	表面割れ率 (%)	ルート割れ率合計 (%)	断面割れ率平均 (%)
0S1	0	無し	0	0	0
0S2			0	0	0
0S3			0	0	0
0S4			0	0	0
0G1			0	17	15
0G2			0	0	0
5S1	5	無し	0	0	0
5S2			0	0	0
5S3			0	0	0
5S4			0	0	0
5G1			0	0	0
5G2			0	0	0

表 5 0G1 試験片個別断面成績

試験体記号	試験温度 (°C)	ガウジング	横断面番号	ルート割れ率個別 (%)	断面割れ率個別 (%)	備考
0G1	0	有り	1	17	74.5	WM割れ
			2	0	0	
			3	0	0	
			4	0	0	
			5	0	0	

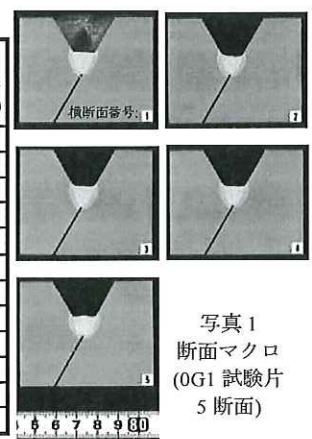


写真 1 断面マクロ (0G1 試験片 5 断面)

置とした。温度計測結果を図3に示す。

図4, 図5に示す位置から引張試験片(JIS Z 3111 A1号), 衝撃試験片(JIS Z 2242 Vノッチ), 及び図6に示す硬さ試験片をそれぞれ採取した。加工硬化するプレスコラム角部に対応する溶接部強度を確保する目的で, 引張試験の判定値を引張強度 679N/mm^2 (TMCP440 鋼の引張強度の1.15倍)以上, 降伏応力 594N/mm^2 (同じく降伏応力の1.35倍)以上に設定した。

3.2 結果

溶接金属の引張試験結果を図7に示す。パス間温度 250°C の場合でも, 判定値を上回る強度が確認された。降伏応力についてはパス間温度が高くなるにつれ低下する傾向があり, 連続溶接では判定値を下回った。

シャルピー吸収エネルギーは, いずれも個々の値がSA440 鋼の規格値 47J (試験温度 0°C)を上回った(図8)。

ビッカース硬さはいずれも $\text{Hv}350$ 未満であった。硬さ分布の一例を図9に示す。

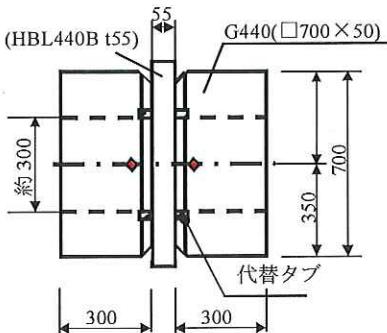


図1 供試体形状

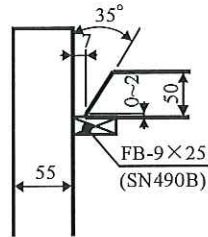


図2 供試体の開先断面図

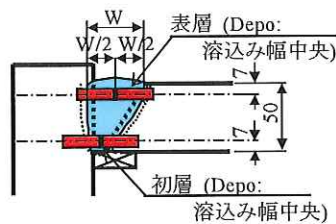


図5 衝撃試験片採取位置

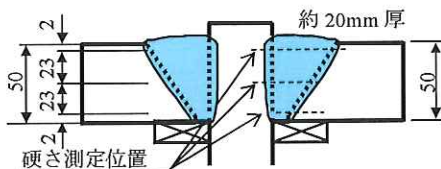


図6 硬さ試験片形状

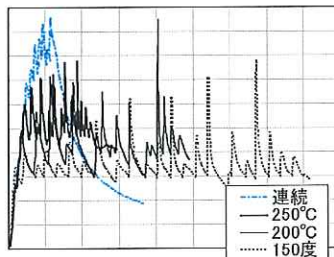


図3 フランジ中央部計測温度推移

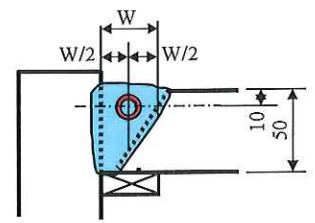


図4 引張試験片採取位置

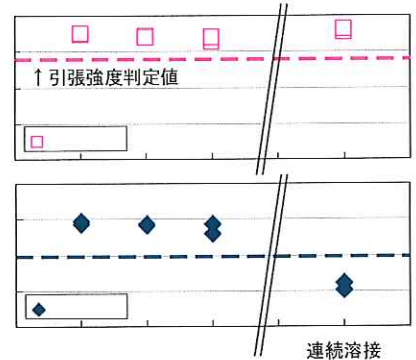


図7 DEPO 引張試験結果

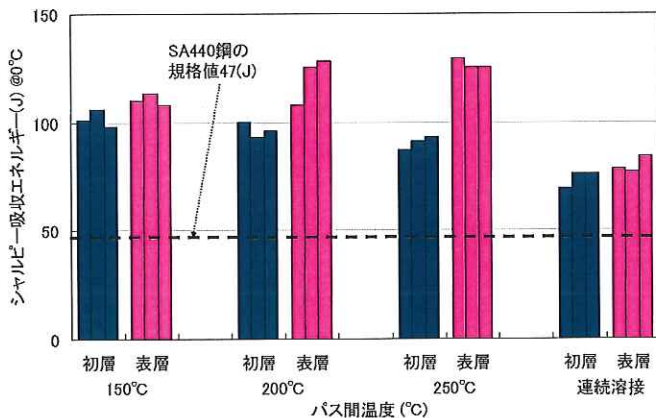


図8 シャルピー衝撃試験結果

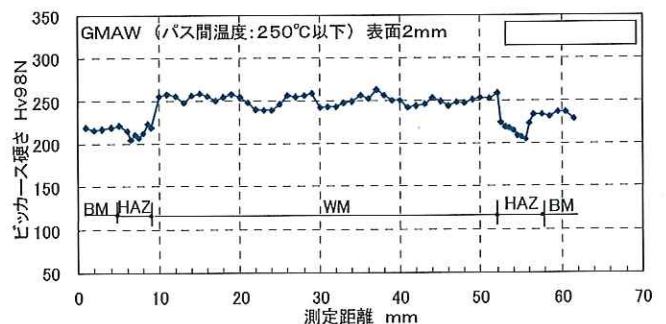


図9

4. まとめ

TMCP 型 590N/mm^2 級プレスコラムと 690N/mm^2 級溶接ワイヤの組み合わせにおける溶接施工性を確認する試験を実施した。

- ① ガウジングなしの場合, 予熱 0°C においても低温割れは確認されなかった。一方, ガウジング有りの場合, 予熱 5°C が, 低温割れが生じない予熱温度下限であった。
- ② パス間温度の上限を 250°C とした溶接施工においても, 溶接金属はプレスコラム角部の加工硬化を想定した判定値を上回る強度を有し, かつ良好な靱性を示した。また, 断面の硬さはいずれも $\text{Hv}350$ 未満であった。

【参考文献】

- [1] 植木 他: 建築構造用高性能 590Nmm^2 TMCP 鋼材の部材性能(その 1, その 2), 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 構造 III, pp.1249-1252, 2012
- [2] 沖 他: TMCP 型 590N/mm^2 級冷間プレス成形形鋼管の部材性能に関する実験的研究, 日本建築学会大会学術講演会梗概集, 構造 III, pp. 723-724, 2012
- [3] 日本建築学会: 建築工事標準仕様書 JASS 6 鉄骨工事 第9版, 2007.

*1 JFE スチール株式会社 建材開発部
*2 株式会社セイケイ
*3 株式会社角藤 工博

*1 JFE Steel Corp., Construction Materials & Business Development Dept.
*2 SEIKEI STEEL PIPE Corp.
*3 KAKUTO Corp., Dr. Eng.