

突合せ継手における溶接金属部の強度評価の検証 (その1 実験概要と使用鋼材の特性)

正会員 ○小林光博*¹ 正会員 藤田哲也*² 正会員 中込忠男*³
正会員 加賀美安男*⁴ 正会員 笠原基弘*⁵ 正会員 的場耕*⁶

溶接接合部 突合せ継手 溶接入熱
パス間温度 引張試験 衝撃試験

1. はじめに

建築鉄骨の柱梁溶接接合部は、塑性ひずみを許容して設計するため、その溶接部には強度と靱性が求められる。その検査方法のひとつとして、簡易硬さ試験で溶接金属表面のリープ硬さ HL を計測して、強度を推定する方法が提案されている。しかし、溶接部表面のみの硬さ計測で溶接金属全体の強度を推定できるか疑問が残るため、本研究では中間層と最終層で溶接条件を変化させ、積層ごとの性能を詳細に調査することを目的としている。

その検証方法は、入熱及びパス間温度を全パスで管理した場合と、最終層のみ入熱及びパス間温度を管理した場合に、溶接金属表面の検査で溶接金属全体の強度等が推測できるかを確認する。その1では、試験体の溶接条件の設定及び使用鋼材の特性について示す。

2. 試験体の形状

使用鋼材は SN490B で、ミルシートによる特性を表1に示す。試験体は突合せ継手である平継手、サイズは 25mm×200mm と 40mm×300mm とする。試験体形状は図1に示す。溶接継手は裏当て金付きレ型開先の完全溶込み溶接とし、ルートギャップは 10mm とする。エンドタブにはスチールタブを使用する。なお、溶接は冷却速度がもっとも遅くなる現場工事溶接の下フランジを想定し、試験体幅の半分のみ溶接する。

3. 溶接条件の設定

溶接は炭酸ガス半自動溶接の下向き姿勢とし、ワイヤは全て 1.4mm Φ 径で YGW11, YGW18 (Mo 無), YGW18 (Mo 有) の3種類とする。

全パスで入熱・パス間温度を管理する試験体と最終層のみ入熱・パス間温度を管理し、最終層直前までは入熱・パス間温度を管理しないで連続溶接する試験体の2種類計画する。管理する入熱は YGW11 では平均 30kJ/cm 以下、YGW18 では平均 40kJ/cm 以下とし、電流・電圧・入熱・ワイヤ突出し長さ等から最小パス数^{※文献1}を計算して、表2に示す積層計画を作成した。入熱を管理しない試験体は1層1パスとし、全試験体において最終層は板厚 25mm で2パス、板厚 40mm で3パスとして計画する。

パス間温度を管理する場合は、YGW11 では 250℃以下、

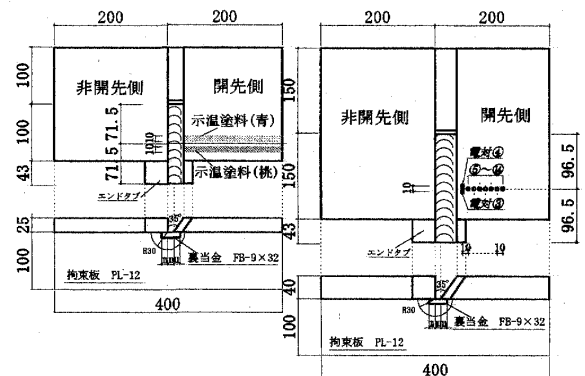
YGW18 では 350℃以下とする。

4. 使用鋼材の特性

使用する鋼材の化学成分を湿式法で分析した結果を表3に示す。各成分共にミルシート値と大きな差異はなかった。

引張試験片は JIS Z 2201 の5号試験片(幅: 25mm、厚さ: 全厚)及び図2に形状を示す板全厚のU字切欠き試験片とする。溶接金属全体の引張強度を確認するためにU字切欠き試験を行う。引張試験結果を表4に示す。図4に示す通り、5号試験片の結果はミルシート値と伸び以外は大きな差異はなかった。U字切欠き試験片は、5号試験片より降伏点は5%程度低く、引張強さは約2割高くなる傾向となっている。

衝撃試験片は JIS Z 2202 の4号のフルサイズ試験片(10mm×10mm)と図3に形状を示すサブサイズ試験片(5mm×10mm)にする。溶接金属内の1層の衝撃値を知るためにサブサイズ試験片を使用する。



t=25mm 試験体(幅 200mm) t=40mm 試験体(300mm 幅)

図1 試験体形状と寸法

表1 ミルシートによる鋼材の特性

板厚 (mm)	化学成分 (%)									
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Ceq
25	0.15	0.28	1.51	0.016	0.006	0.01	0.04	0.01	0.00	0.42
40	0.16	0.28	1.51	0.011	0.004	0.02	0.03	0.01	0.00	0.43
板厚 (mm)	引張試験(JIS Z 2201 1A号)					衝撃試験				
	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	0℃の吸収 エネルギー(J)					
25	362	536	68	28	200					
40	355	537	66	29	198					

表2 試験体記号と計画した溶接条件

タイプ	管理入熱	バス間温度	溶接電流 (A)	溶接電圧 (V)	溶接速度 (cm/min)	板厚 (mm)	バス数	接合面	試験体数	記号
YOW11	入熱30kJ/cm以下	250℃	330±20	36±2	30程度	25	11		4	121A1 121A2 121R 121G
						40	22		3	141A 141B 141G
	最終層手前まで1バス入熱制限無し:入熱は記録 最終層は入熱30kJ/cm以下	最終層手前まで連続 最終層は250℃	表層以外 390±20 表層 36±2	表層以外 42±2 表層 36±2	表層以外 制限無し 表層 30程度	25	7		4	122A1 122A2 122R 122G
						40	10		3	142A 142B 142G
YOW12	入熱40kJ/cm以下	350℃	380±20	40±2	27程度	25	9		4	821A1 821A2 821B 821G
						40	18		3	841A 841B 841G
	最終層手前まで1バス入熱制限無し:入熱は記録 最終層は入熱40kJ/cm以下	最終層手前まで連続 最終層は350℃	表層以外 390±20 表層 42±2	表層以外 42±2 表層 27程度	表層以外 制限無し 表層 27程度	25	6		4	822A1 822A2 822B 822G
						40	10		3	842A 842B 842G
YOW13	入熱40kJ/cm以下	350℃	380±20	40±2	27程度	40	18		3	841A 841B 841G
						40	10		3	842A 842B 842G

表3 鋼材の化学成分結果

板厚	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	V	Ti	B	N	Ceq	Pcm
40mm	0.15	0.27	1.51	0.012	0.004	0.01	0.03	0.001	0.01	0.003	0.002	0.0002	0.003	0.42	0.238
25mm	0.15	0.28	1.52	0.017	0.004	0.01	0.04	0.001	0.01	0.003	0.002	0.0002	0.004	0.424	0.239

Ceq=C+Mn/6+Si/24+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14
Pcm=C+Si/30+Mn/20+Cu/20+Ni/60+Cr/20+Mo/15+V/10+SB

表4 鋼材の引張試験結果

板厚 (mm)	5号試験片				Uノッチ試験片			
	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	降伏点 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)
25	365	527	69	52	357	642	56	22
40	366	539	68	55	337	662	51	30

表5 鋼材のシャルピー衝撃試験結果

板厚 (mm)	試験温度 (°C)	フルサイズ (10mm×10mm)		サブサイズ (5mm×10mm)	
		吸収エネルギー (J)	脆性破面率 (%)	吸収エネルギー (J)	脆性破面率 (%)
25	20	209	15	86 (172)	7
	0	175	25	61 (122)	23
	-20	139	48	54 (107)	35
	-40	34	78	42 (84)	60
40	20	236	15	82 (164)	7
	0	186	28	64 (127)	25
	-20	161	43	46 (93)	52
	-40	91	68	40 (79)	67

※()内はフルサイズ換算値(JIS G 3106 附属書B)である。

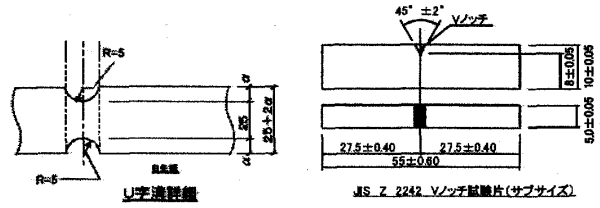


図2 U字切欠き引張試験片形状

図3 サブサイズの衝撃試験片形状

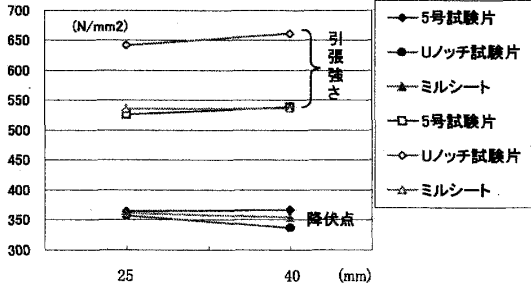


図4 引張試験結果

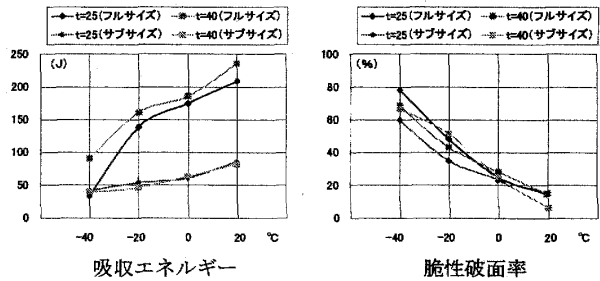


図5 衝撃試験結果

各温度における3片平均のシャルピー衝撃試験結果を表5に示す。フルサイズ試験片の0℃における吸収エネルギーの結果はミルシート値と大きな差異はなかった。図5に示す通り、サブサイズ試験片は、フルサイズ試験片より各温度において吸収エネルギーは低い傾向となっており、フルサイズ換算値においても、0℃で約30%低くなっている。また、脆性破面率は同等な傾向となっている。

5. まとめ

その1では、試験体の溶接条件の設定及び使用する鋼材の特性と試験片形状による差異を確認した。また、試験片形状における実験結果の差異に関して考察した。

その結果、JIS試験片と比較する際は、U字切欠き試験片の引張強度は30%低く、サブサイズ衝撃試験片の0℃吸収エネルギーは3倍高く、評価できる結果となっている。

※文献1: 建築鉄骨における実用的な入熱・バス間温度の管理手法: (社) 溶接学会 建築鉄骨溶接特別研究委員会, 平成14年11月, p23-p25
【この一連の研究は(社) 日本鋼構協 鉄骨溶接の内質検査ガイドライン作成委員会企画立案して行った実験である。】

- *1 駒井鉄工(株)
- *2 日本設計 博士(工学)
- *3 信州大学 工学博士

- *4 日建設計
- *5 株式会社 ジャスト 博士(工学)
- *6 株式会社 角藤 博士(工学)

- *1 Komai Tekko Inc.
- *2 Nihonsekkei Inc., Dr. Eng.
- *3 Shinshu Univ., Dr. Eng.

- *4 Nikken Sekkei
- *5 Just Corporation, Dr. Eng.
- *6 Kakuto, Dr. Eng.