



KAGAYA TECHNICAL REPORT

カガヤ技報

Vol.5 2024



株式会社

カガヤ

KAGAYA TECHNICAL REPORT

カガヤ技報
Vol.5 2024

目次

巻頭言

ものづくりに携わって..... 1

安彦 聡

工事紹介..... 2

論文・報告

490N/mm²鋼板を用いた角継手の溶接施工試験..... 4

工藤 哲也 高橋 永吉

建築構造用高性能 550N/mm²鋼板を用いた角継手の溶接施工試験..... 13

工藤 哲也 高橋 永吉

さび発生剤スーパーμ ロック A を用いたトルシア形高力ボルトのすべり係数試験..... 20

工藤 哲也

主な工事实績(2024年4月期)..... 26

ものづくりに携わって

設計部 主任
安彦 聡

ABIKO Satoshi



幼いころから絵を描くのが好きで、いつか自分が設計した製品を実際の製品として人々に届けたい。そんな夢を叶えるべく大学で工学を学び、工作機械メーカーに勤務し約 10 年間工作機械や周辺精密機器の設計に携わりました。盛岡工場の業務を縮小することになった機会に転職を考え、畑違いの当時の有限会社加賀谷鉄工所にお世話になることになりました。

入社当時は社内教育制度やマニュアルなどはなく、いい意味で自ら学ぶ機会を多く与えていただいた感があります。扱うものがマイクロからマクロに変わったものの、ものづくりへのアプローチの仕方は変わらず、試行錯誤しながら自分なりのやり方を見つけ出していくのが楽しく、学ぶことが山ほどあり大変ではありましたが、やりがいを感じながら仕事に向き合えたと思います。

「設計とは自己満足であってはいけない」これは前の会社の上司に常に言われ続けていた言葉です。製造業での設計部門はあくまでも初期段階。次工程の担当者に正確にわかりやすくかつ迅速に伝達することが大切だということです。これは今も私自身の業務に対する指標となっています。

私たちが描く図面は尺度が 1/20～1/200 の A3 サイズの世界。工場の職人が造り上げた製品は 10m を優に超える重量物です。それが現場で一つ一つ組みあがり、数 10m の建造物に姿を変えていく。入社後本格的に自分が担当した現場に出向いて目の前にそびえ立つ鉄骨群を見上げた時、心が震えたのを今でもはっきり覚えています。その一瞬の感動を味わうことができれば仕事への向き合い方も変わってくるでしょう。仕事のやりがいや生きがいを感じられない若者が増えているのが話題となっています。そんなときは是非現場に行きましょう。自分が携わった製品の完成形を見ることは自分の仕事へのモチベーションアップに繋がること間違いなしです。

働き方改革、2024 年問題、BIM、ICT 等々建築の在り方を見直すことが急務となっています。既成概念にとらわれないチャレンジングな姿勢こそ「若きカガヤ」の得意分野だと思います。還暦を過ぎた我が身には体力的になかなか厳しいですが、もう少しカガヤの進化に付き合ってみようかと思っています。

さて今回のカガヤ技報 Vol.5 も前回同様、カガヤの若き技術者がまとめ上げた研究成果を掲載しております。これらの取り組みが将来皆様のお役にたつ日が来れば幸いです。是非ご一読ください。



株式会社 カガヤ
KAGAYA-HD Co.,Ltd.

工事紹介－1

中ノ橋一丁目地区第一種市街地再開発事業施設建築物（西街区）新築工事



所在地	岩手県盛岡市中ノ橋通1丁目6-8
敷地面積	約4,700m ²
延床面積	地上4階，地下1階，塔屋1階 約12,130m ²
建築面積	約4,142m ²
最高高さ	23.268m
製作重量	全体：約2,0389t，当社製作：約2,0389t
施主	中ノ橋通一丁目地区市街地再開発組合
設計者	RIA・中居都市建築設計共同体
監理者	RIA・中居都市建築設計共同体
施工者	株式会社福田組 東北支店
構造形式	S造一部SRC造
用途	商業・業務施設，駐車場
特記事項	当社制作のB.BOX，BHを初めて適用した工事であった。 特にB.BOXは径550mm，スキンプレート25mm，内ダイアフラム最大28mmと比較的小径で薄い，組立方法や溶接継手を検討し施工試験を行い，客先の承認を得て製品の完成まで漕ぎつけることができた。

工事紹介-2

ゆめが丘大規模集客施設新築工事



所在地	神奈川県横浜市泉区下飯田町字大原 1570 番 2 他
敷地面積	約 42,932.38m ²
延床面積	① センター地区Ⅰ 商業棟：地上 4 階，独立歩廊：地上 1 階 延べ面積 61,692.02m ² ② センター地区Ⅱ 地上 3 階 延べ面積 15,913.35m ² ③ ペDESTリアンデッキ 76.05m ²
最高高さ	センター地区Ⅰ 商業棟：26.73 m ²
製作重量	全体重量：約 8,344t，当社施工重量：約 8,344t
施工主	株式会社相鉄アーバンクリエイツ
設計者	株式会社福田組 東京本社一級建築士事務所
監理者	株式会社福田組 東京本社一級建築士事務所
施工者	福田組・第一建設工業 JV
構造形式	S 造
用途	物品販売業を営む店舗，一部飲食店舗，サービス店舗，映画館，遊技場，自動車車庫，道路上空通路
特記事項	柱，大梁，小梁の合計ピース数が 9,299 台であったため，製作期間に 7 ヶ月を要した工事であった。建屋ごとに製品形状が異なるため，加工指示書発行及び加工時に混同しないように注意を払った。

490N/mm²鋼板を用いた角継手の溶接施工試験 Welding procedure test of corner joint using 490N/mm² steel

工藤 哲也, 高橋 永吉

by KUDO Tetsuya, TAKAHASHI Eikichi

キーワード : 490 N/mm²鋼, 角溶接, 溶接施工試験

Keywords : 490 N/mm² steel grade, Corner joint welding, Welding procedure test

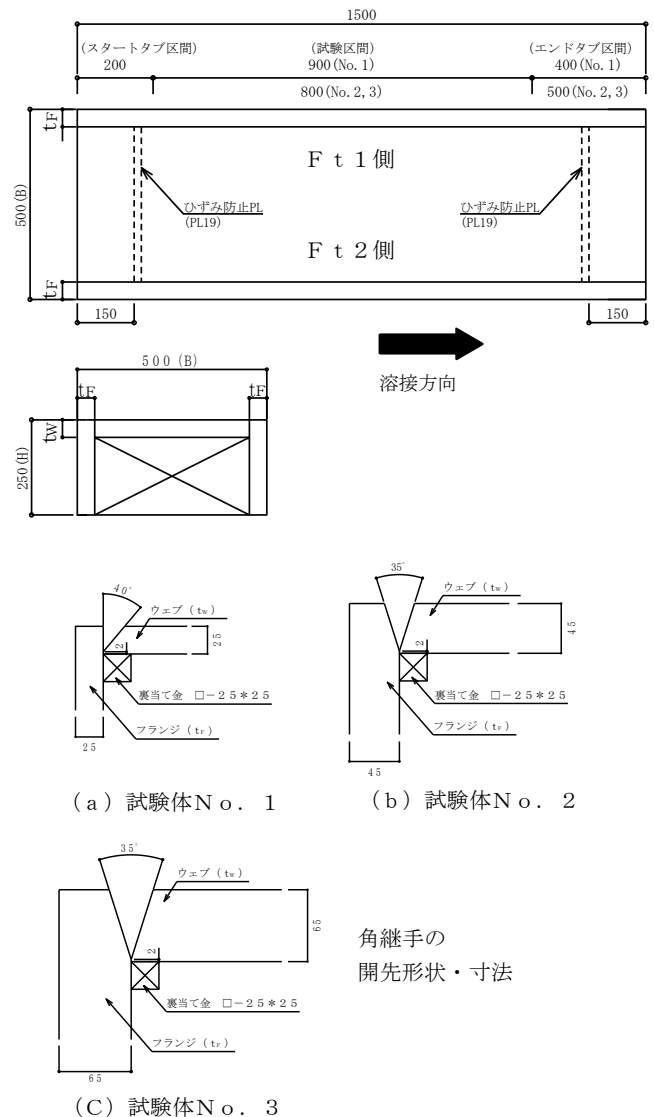
1. はじめに

2022年に導入したサブマージアーク溶接機 SMG-6000 (小池酸素工業) は, 交流垂下特性の電源 (ダイヘン) を 1500A×8 台使用し, 溶接組立箱形断面柱 (以下, B.BOX) の角継手を溶接できる溶接機で, 柱スキンプレートは最大 60 mm の板厚まで 1 パスで溶接が行える. 490N/mm² 鋼板を用いた角継手の溶接施工性や溶接部性能を確認するため, 日本建築学会「鉄骨工事技術指針・工場製作編」の付 7「サブマージアーク溶接の承認試験」完全溶込み溶接試験¹⁾を参考に, 柱スキンプレートの板厚 (t) を変えた 3 種類 (t=25 mm, 45 mm, 65 mm) の試験体を製作し, 溶接施工試験を実施した.

2. 試験体

図 1 に試験体の形状・寸法を, 表 1 に使用した鋼材の化学成分及び機械的性質 (ミルシート値) を示す. 試験体 No.1~No.3 は, 柱スキンプレートの板厚 (t) を 25 mm, 45 mm 及び 65 mm, 長さ 1,500 mm とし, それぞれ 1 体ずつ製作した. 使用した鋼材はウェブ及びフランジともに同材質とし, 試験体 No.1 は SN490B, 試験体 No.2 は TMCP325B, 試験体 No.3 は TMCP325C とした. 角継手の裏当て金は □-25×25 (SNR490B) を用いた.

試験体 No.1 と No.2 は 2 電極サブマージアーク溶接 (以下, TSAW) の 1 パス工法とし, 試験体 No.3 は溶接機の能力を考慮して, 下盛溶接を TSAW の 1 パス工法, 上盛溶接を炭酸ガスシールドアーク溶接 (以下, GMAW) の多層盛溶接とした. なお, 試験体 No.2 と試験体 No.3 のエンドタブの長さは溶接のクレータ長さを考慮して 500 mm とした.



試験体一覧

試験体 No.	断面形状・寸法	材質	溶接法 ¹⁾
	H×B×tr×tw		
1	コ形-250×500×25×25	SN490B	TSAW 1 パス工法
2	コ形-250×500×45×45	TMCP325B	TSAW 1 パス工法
3	コ形-250×500×65×65	TMCP325C	下盛 : TSAW 1 パス工法
			上盛 : GMAW 多層盛溶接

【注】1) TSAW : 2 電極サブマージアーク溶接, GMAW : 炭酸ガスシールドアーク溶接

表 1 鋼材の化学成分及び機械的性質 (ミルシート値)

試験体 No.	部位	材質	板厚 (mm)	化学成分(%)						引張試験				衝撃試験
				C	Si	Mn	P	S	Ceq	降伏点又は 0.2% 耐力(N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	吸収エネルギー vE ₀ (J)
1	ウェブ	SN490B	25	0.18	0.18	1.34	0.016	0.002	0.42	393	528	74	29	186
	フランジ	SN490B	25											
2	ウェブ	TMCP 325B	45	0.14	0.27	1.26	0.017	0.002	0.37	385	534	72	33	261
	フランジ	TMCP 325B	45											
3	ウェブ	TMCP 325C	65	0.15	0.18	1.35	0.008	0.002	0.39	415	571	73	33	296
	フランジ	TMCP 325C	65											

表 2 (a) サブマージアーク溶接 (TSAW) の溶接材料

試験体 No.	JIS Z 3183	ワイヤ(JIS Z 3351)			フラックス(JIS Z 3352)			
		種類(銘柄)	径	メーカー	種類(銘柄)	粒度	フラックスの分類	メーカー
1	S582-H 相当	YS-M1 (KW-55)	φ6.4mm	神戸製鋼所	SACG-II (KB-55IAD)	12×200	ボンドフラックス	神戸製鋼所
2	S582-H 相当	YS-M1 (KW-55)	φ6.4mm	神戸製鋼所	SACG-II (KB-55IAD)	12×200	ボンドフラックス	神戸製鋼所
3	S582-H 相当	YS-M1 (KW-55)	φ6.4mm	神戸製鋼所	SACG-II (KB-55IAD)	12×200	ボンドフラックス	神戸製鋼所

表 2 (b) 炭酸ガスシールドアーク溶接 (GMAW) の溶接材料

試験体 No.	ワイヤ (JIS Z 3312)			シールドガス	
	種類(銘柄)	径	メーカー	種類	メーカー
3	YGW18 (YM-55C)	φ1.4mm	日鉄溶接工業	CO ₂ (100%)	日本液炭

3. 溶接

使用した溶接材料を表 2 に、使用した溶接条件を表 3 に、また、設定した TSAW の溶接ワイヤ位置・間隔を図 2 に示す。

大電流、大入熱溶接となる TSAW の角継手には 550N 級鋼用の溶接材料を用い、また、試験体 No.3 の上盛溶接に使用する GMAW は 490N 級鋼用の溶接材料を用いた。

TSAW 1 パス工法による試験体 No.1, No.2 の角継手及び試験体 No.3 の角継手下盛溶接の溶接入熱量は、それぞれ 163kJ/cm, 382kJ/cm 及び 542kJ/cm となっている。試験体 No.3 の上盛溶接の GMAW では多層盛溶接となるため、パス間温度 350°C以下、入熱量 40kJ/cm 以下として溶接を行った。

表 3 (a) 溶接条件 TSAW (下盛溶接)

試験体 No.	板厚 Wt(mm)	電極位置*1	ワイヤ角度(°)	ワイヤ狙い位置(mm)	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(kJ/cm)	ワイヤ突出し長さ(mm)	極間距離(mm)	フラックス高さ(mm)	上り角度(°)
1	25	(L)	-5	2	1500±100	33±5	36±5	163	40	60	45	0.5
		(T)	+5	4	1150±100	42±5			50			
2	45	(L)	-5	中央	1950±100	38±5	23±5	382	50	70	65	0.8
		(T)	+5	中央	1450±100	50±5			60			
3*2	65	(L)	-5	中央	2050±100	38±5	19±5	542	50	90	80	0.9
		(T)	+5	中央	1800±100	52±5			60			

*1 (L) : 先行側電極, (T) : 後行側電極

*2 TSAW(下盛)

表 3 (b) 溶接条件 GMAW (上盛溶接)

試験体 No.	溶接姿勢	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	ガス流量(l/min)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(kJ/cm)	パス間温度(°C)	予熱(°C)
3	下向	280~400	25~45	20~40	20~70	40以下	350以下	なし

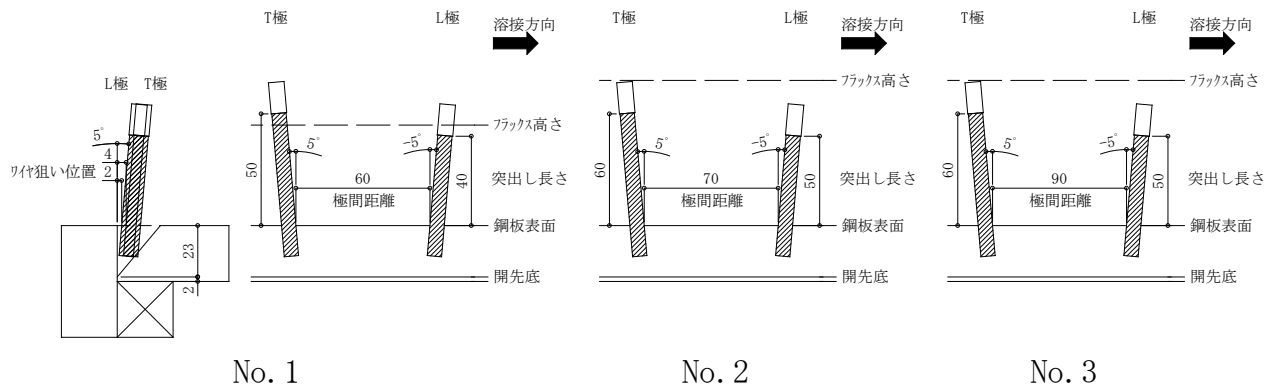


図 2 TSAW の溶接ワイヤ位置・間隔

表 試験項目及び判定基準

4. 試験項目及び判定基準

右表に試験項目及び判定基準を示す。

試験項目はサブマージアーク溶接の承認試験¹⁾と同様の試験項目(外観検査, 超音波探傷試験, 溶接金属引張試験, シャルピー衝撃試験, マクロ試験, 硬さ試験)とした。

外観検査は, 目視及び溶接ゲージにより検査を行い, 超音波探傷試験は, 日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」²⁾に従って試験を行った。その他の試験は JIS 規格を用いて試験を行った。

試験項目	試験方法	判定基準
外観検査	目視、溶接ゲージ	日本建築学会：JASS6 建設省告示 1464 号
超音波探傷試験	日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説	
溶接金属引張試験	JIS Z 2241	母材の規格値以上
シャルピー衝撃試験	JIS Z 2242	27J 以上
マクロ試験	JIS G 0553 に準拠	溶込み良好で有害な欠陥が無いこと
硬さ試験	JIS Z 2244	350HV 以下

5. 試験片採取位置

試験片採取位置を図3に示す。試験片採取位置はサブマージアーク溶接の承認試験¹⁾に準拠したが、シャルピー衝撃試験における試験片の採取は、試験体 No.2 と No.3 ではボンド部 (BOND) を中心とした BOND と熱影響部 (HAZ) の混合部 (BOND & HAZ) の位置から採取した。さらに、試験体 No.3 の溶着金属部 (WM) は初層側と表層側の2箇所から採取した。また、試験体 No.3 の溶接金属引張試験は TSAW と GMAW の境界部からも採取することとした。

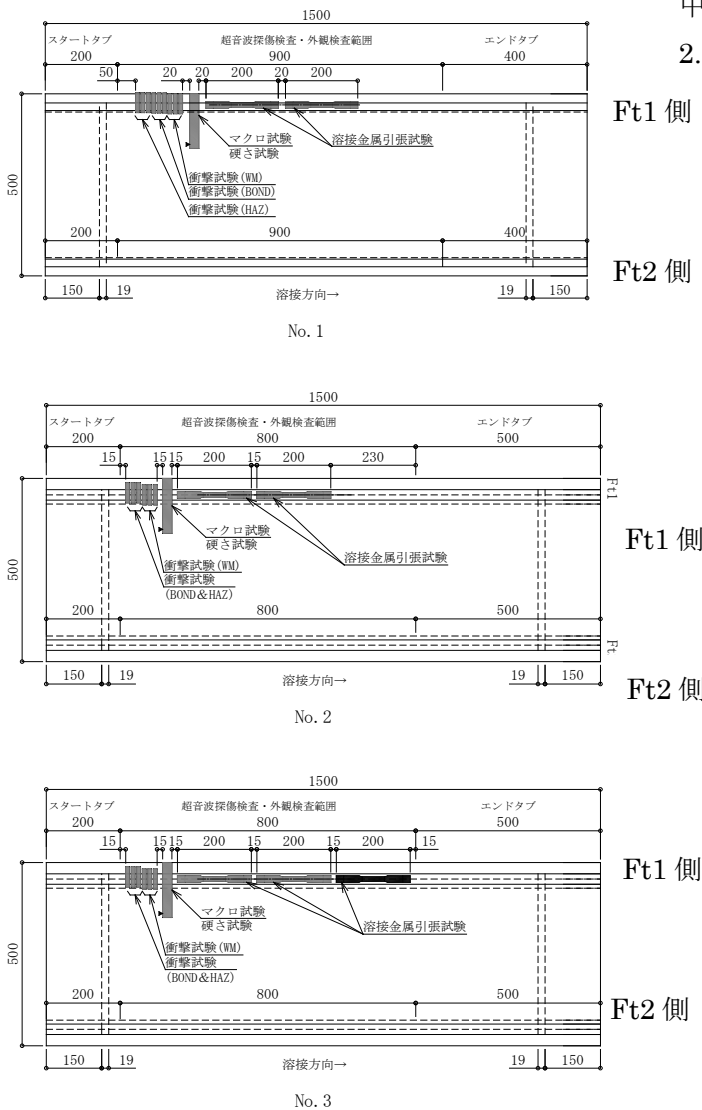


図3 試験片採取位置

6. 試験結果

6.1 外観検査

試験体 No.3 の TSAW 下盛溶接後及び GMAW 上盛溶接後の外観写真を図4及び図5に示す。

外観検査範囲はスタートタブ及びエンドタブの始末端を除く範囲とし、日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」付則6. 鉄骨精度検査基準³⁾及び建設省告示1464号⁴⁾に基づき実施した。その結果、アンダーカットやオーバーラップ、ビード不整などの外観不良は全試験体で検出されなかった。

溶接部の余盛測定結果を表4に示す。全溶接線中3箇所(始端, 中央, 終端)での余盛高さ(h)は2.0mm~5.0mmと問題無く基準を満たした。



図4 試験体 No.3 TSAW 溶接外観

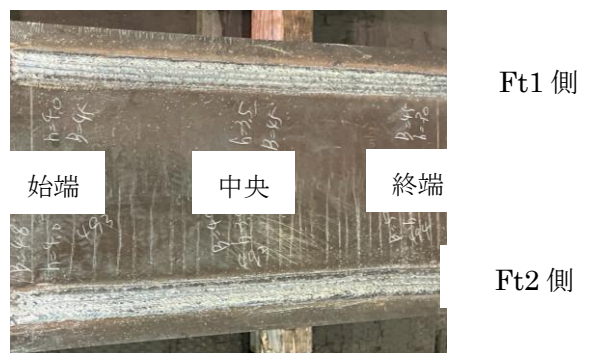


図5 試験体 No.3 GMAW 溶接外観

表4 溶接部の余盛測定結果 (単位: mm)

試験体 No.	溶接線	溶接ビード幅			余盛高さ		
		始端	中央	終端	始端	中央	終端
1	Ft1	35.0	36.0	35.0	2.0	2.0	2.0
	Ft2	35.0	36.0	35.0	3.0	3.0	3.0
2	Ft1	48.0	50.0	51.0	4.0	3.5	3.0
	Ft2	48.0	50.0	51.0	2.0	2.0	2.0
3	Ft1	55.0	58.0	60.0	5.0	4.0	3.0
	Ft2	45.0	45.0	45.0	4.5	4.0	4.5

6.2 超音波探傷試験

試験体 No.1, No.2 及び No.3 について超音波探傷試験を行った。

試験体 No.1 と試験体 No.2 は無欠陥であった。試験体 No.3 は溶接線 Ft2 側から許容欠陥 3 箇所を検出したが、欠陥評価長さの総和で領域Ⅲの 64mm であったため合格判定となった。許容欠陥 3 箇所とも溶接線の中央付近かつ深さ 33mm の位置からの検出であった。

6.3 溶接金属引張試験

図 6 に、溶接金属引張試験片の採取位置を示す。試験体 No.3 では TSAW と GMAW の境界部からも試験片 (T-3) を採取した。溶接金属引張試験は JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法) に準じて行い、試験片形状は JIS Z 3111 (溶着金属の引張及び衝撃試験方法) A1 号試験片 (φ18mm) とした。試験体 No.1~No.3 の溶接金属引張試験の結果と溶接金属引張試験後の試験片を、それぞれ表 5, 図 7 に示す。

全ての溶接金属引張試験片において、使用鋼材 490N 級鋼の降伏点又は 0.2% 耐力及び引張強さを十分満足した。

表 5 溶接金属引張試験の結果

試験体 No.	試験片	降伏点又は 0.2% 耐力(N/mm ²)	引張強さ(N/mm ²)
1	T-1	470	583
	T-2	474	581
2	T-1	407	560
	T-2	407	557
3	T-1	593	657
	T-2	509	640
	T-3	524	640

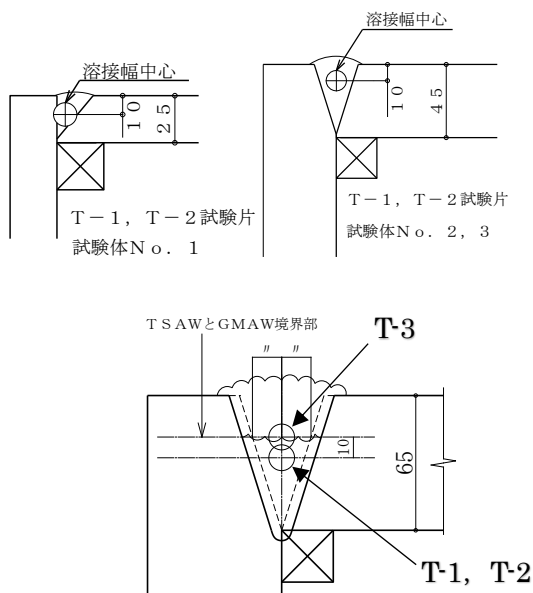


図 6 溶接金属引張試験片の採取位置

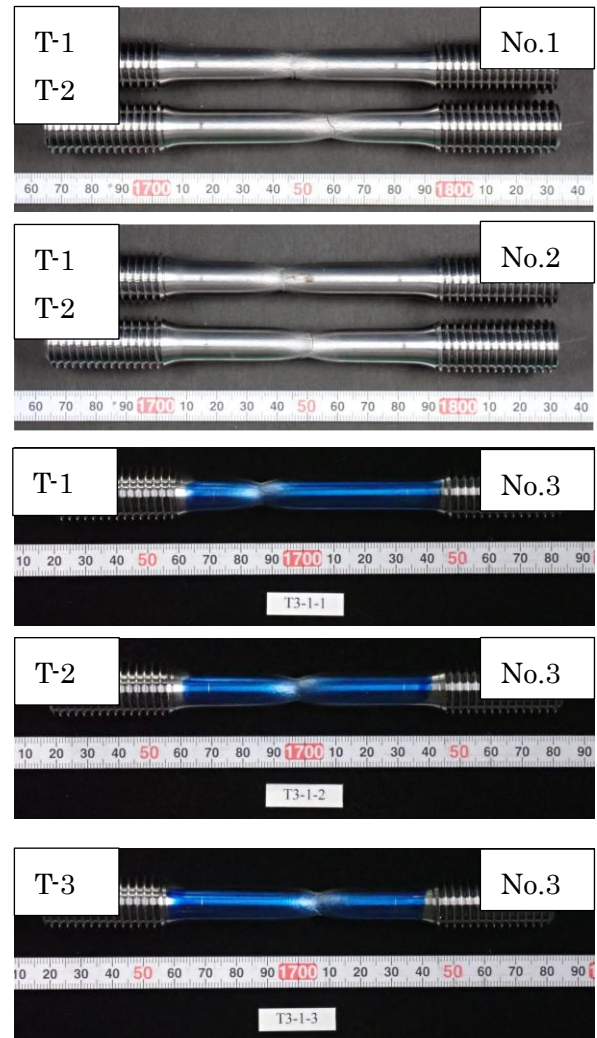


図 7 溶接金属引張試験後の試験片

6.4 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験片の採取位置を図 8 に、シャルピー衝撃試験結果を表 6 に、シャルピー衝撃試験後の試験片を図 9-1、9-2、9-3 に示す。

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242（金属材料のシャルピー衝撃試験方法）に準じた。試験片形状は JIS Z 3111（溶着金属の引張及び衝撃試験方法）より V ノッチとし、試験温度 0°C、寸法は 10mm×10mm×55mm とした。全ての試験体の吸収エネルギーが、個々値及び平均値ともに 27J を満たす衝撃性能であった。特に試験体 No.3 の溶接金属（WM）の表層試験片は、個々値が全て 130J 以上と高く、要因としては GMAW の範囲から採取しているため、使用した溶接ワイヤ（YGW18）の性能が寄与したものと考えられる。

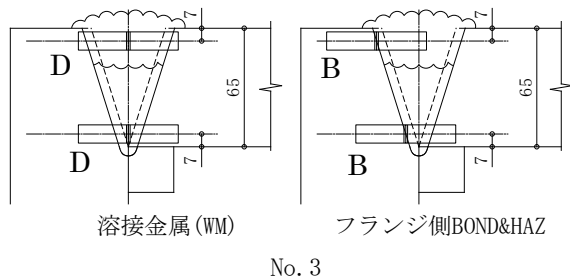
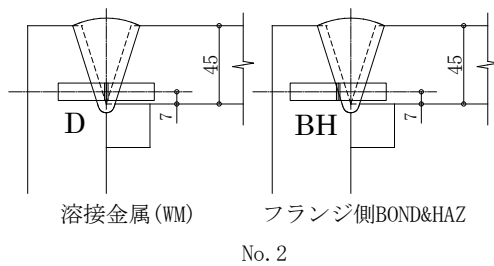
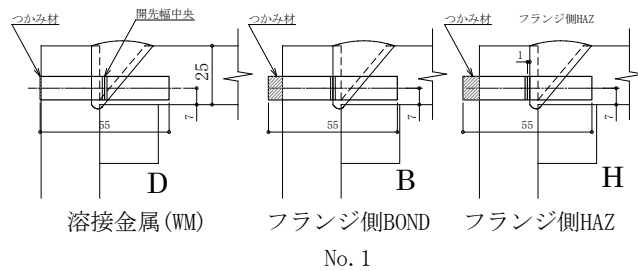


図 8 シャルピー衝撃試験片の採取位置

表 6 シャルピー衝撃試験結果

試験体 No.	部位	試験片 記号	吸収エネルギー(J)	
			個々値	平均値
1	WM	D-1	54	55
		D-2	47	
		D-3	64	
	BOND	B-1	95	116
		B-2	116	
		B-3	138	
HAZ	H-1	72	79	
	H-2	83		
	H-3	82		

試験体 No.	部位	試験片 記号	吸収エネルギー(J)	
			個々値	平均値
2	WM	D-1	60	45
		D-2	37	
		D-3	38	
	BOND & HAZ	BH-1	137	145
		BH-2	128	
		BH-3	169	

試験体 No.	部位	試験片 記号*1	吸収エネルギー(J)	
			個々値	平均値
3	WM	D-1	103	92
		D-2	78	
		D-3	94	
		D-4	138	
		D-5	136	
		D-6	146	
	BOND & HAZ	BH-1	44	111
		BH-2	105	
		BH-3	183	
		BH-4	73	
		BH-5	111	
		BH-6	164	

*1 試験片記号の 1~3 は初層側、4~6 は表層側から採取した。

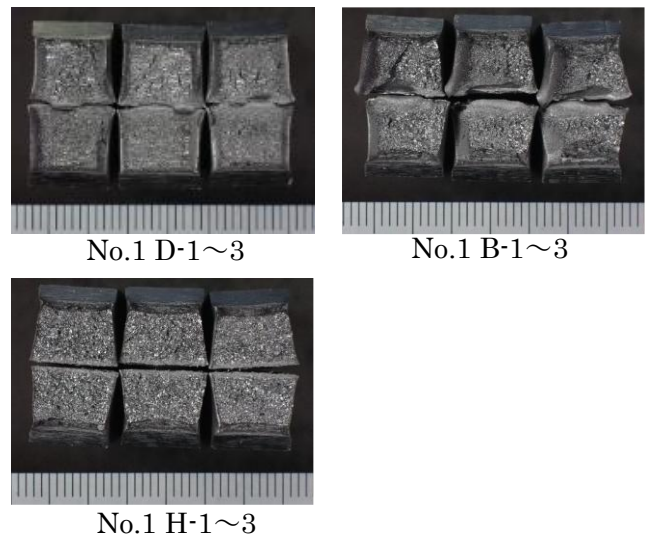


図 9-1 シャルピー衝撃試験後の試験片 試験体 No.1

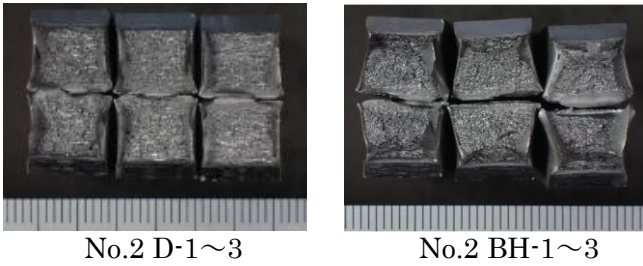


図 9-2 シャルピー衝撃試験後の試験片 試験体 No.2

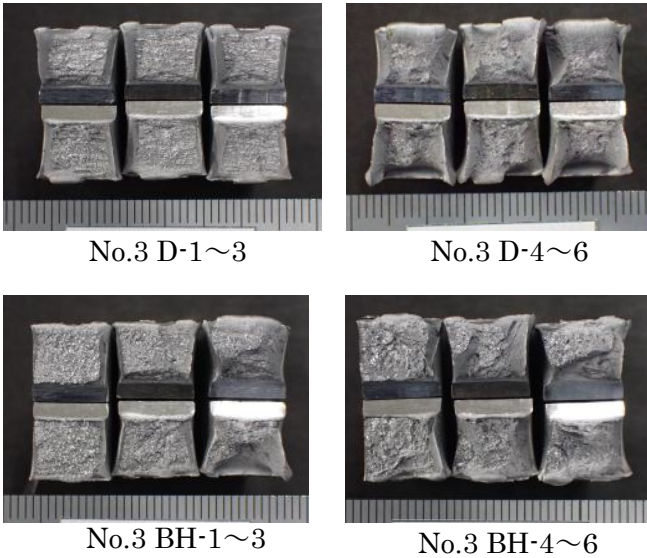


図 9-3 シャルピー衝撃試験後の試験片 試験体 No.3

6.5 マクロ試験

マクロ試験の写真を図 10 に示す。マクロ試験は 5~10%の硝酸アルコール液でエッチングした後、評価を行った。全ての試験体において、無欠陥で良好な溶込みが得られた。

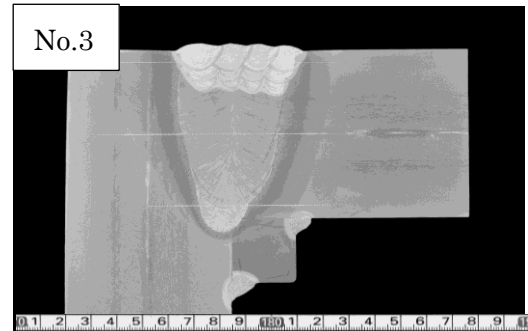
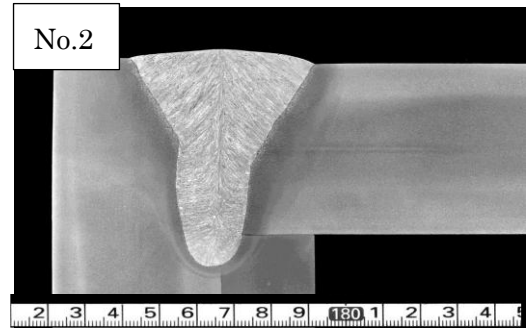
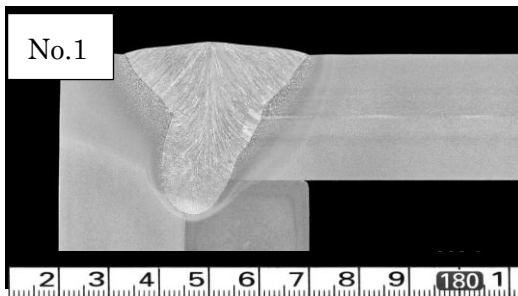


図 10 マクロ試験の写真

6.6 硬さ試験

硬さ試験の測定位置を図 11 に、硬さ試験の結果を図 12 に示す。測定位置は表面下 5mm、板厚中央及び裏面上 5mm とし、測定間隔は母材 1mm、溶接金属 1mm、HAZ 0.5mm、BOND 0.5mm とした。硬さ試験は JIS Z 2244 (ビッカース硬さ試験-試験方法) に準じて行い、試験荷重は 10kgf とした。試験体 No.1 と No.2 は、全ての測定位置に置いて HV200 以下であった。試験体 No.3 は TSAW の溶接範囲 (板厚中央と裏面上) では、最大 HV211 と他の試験体と同程度の値を示した。GMAW の溶接範囲では、HV249 以下であり、判定基準 HV350 以下に対し良好な結果が得られた。

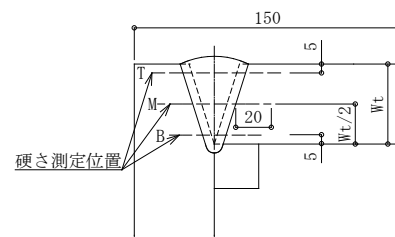
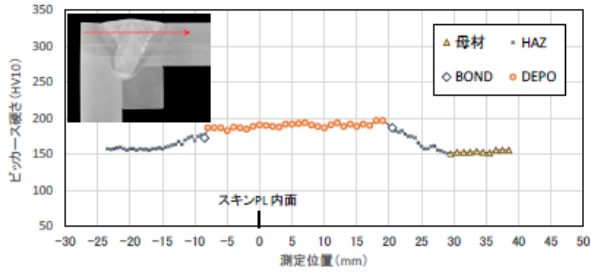
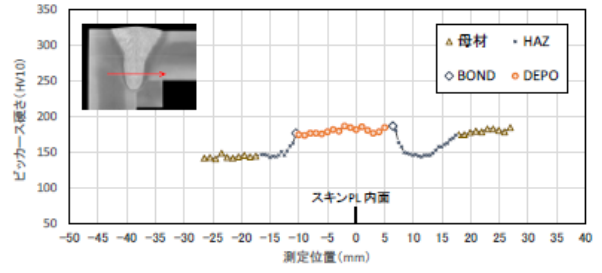


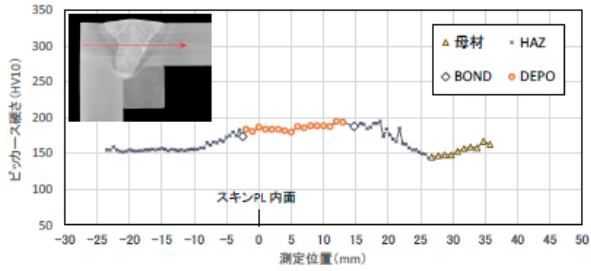
図 11 硬さ試験の測定位置



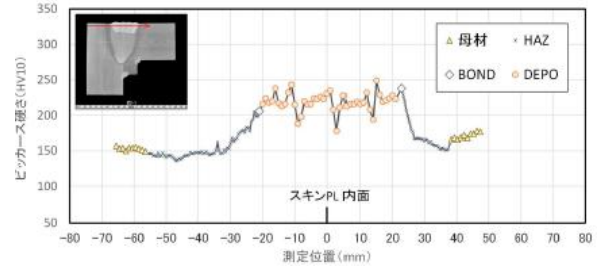
試験体 No.1 測定位置 (表面下 5mm)



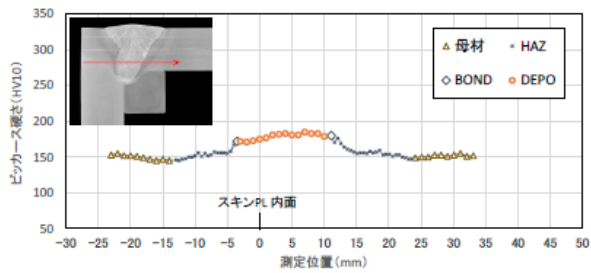
試験体 No.2 測定位置 (裏面上 5mm)



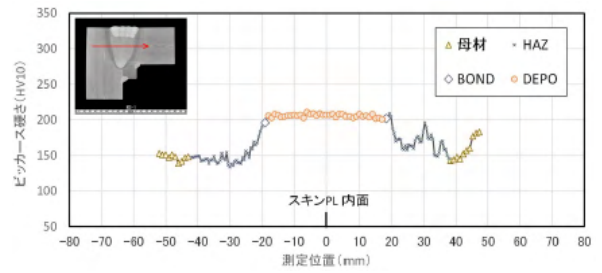
試験体 No.1 測定位置 (板厚中央)



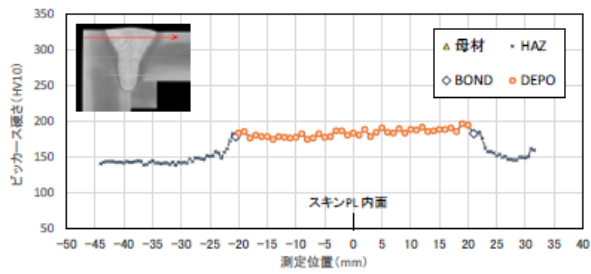
試験体 No.3 測定位置 (表面下 5mm)



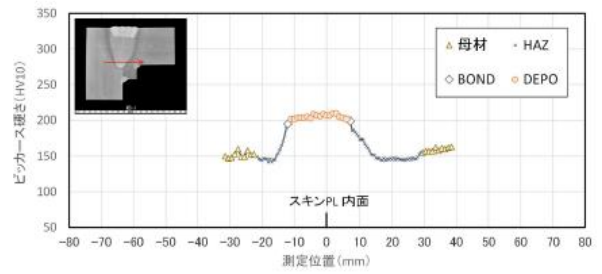
試験体 No.1 測定位置 (裏面上 5mm)



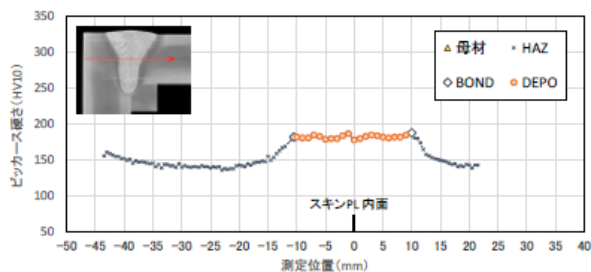
試験体 No.3 測定位置 (板厚中央)



試験体 No.2 測定位置 (表面下 5mm)



試験体 No.3 測定位置 (裏面上 5mm)



試験体 No.2 測定位置 (板厚中央)

図 12 硬さ試験の結果

4. まとめ

SAW 承認試験の完全溶込み溶接部試験を参考に、2 電極サブマージアーク溶接による角継手の溶接部の性能を調査するために、490N/mm² 鋼板を用いて板厚を変えた試験体を製作し溶接施工試験を行った。

- 1) 板厚 25 mm 及び 45 mm の角継手は 2 電極サブマージアーク溶接 1 パス工法とし、それぞれの最大溶接入熱量は 163 kJ/cm 及び 382 kJ/cm であった。板厚 65mm の角継手は、下盛を 2 電極サブマージアーク溶接 (1 パス)、上盛を炭酸ガスシールドアーク溶接の多層盛溶接する工法とした。これは溶接量を開先深さ 60mm 以上に上げようとする、溶接ビード表面の凹凸がひどくなり、それがもとでスラグの剥離が難しくなるため、溶接ビードがなるべく平坦となる開先深さ 55mm まで 2 電極サブマージアーク溶接とし、その溶接部をガウジングによる溶接ビード整形後、パス間温度 350℃以下、入熱量 40kJ/cm 以下で上盛溶接を多層多パス溶接した。板厚 65mm の角継手下盛溶接に用いた 2 電極サブマージアーク溶接の最大溶接入熱量は 542kJ/cm であった。
- 2) 全ての試験体において、非破壊試験 (外観検査及び超音波探傷試験) 及び破壊試験 (溶接金属引張試験, シャルピー衝撃試験, マクロ試験, 硬さ試験) を行った。
- 3) 外観検査においては、全ての試験体でアンダーカット等の外観不良は検出されず、余盛高さも良好であった。
- 4) 超音波探傷試験は、日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」に従って行い、全ての試験体で合格であった。
- 5) 溶接金属引張試験では、全ての試験体で使用鋼材 490N 級鋼の降伏点又は 0.2%耐力及び引張強さの規格値を十分満足した。
- 6) シャルピー衝撃試験においては、全ての試験体の吸収エネルギーは平均値 45J 以上を示し判定基準 27J 以上を満足した。

7) マクロ試験では、全ての試験体において、無欠陥で良好な溶込みが観察された。

8) 硬さ試験において、2 電極サブマージアーク溶接部の最高硬さは 200HV、炭酸ガスシールドアーク溶接部の最高硬さは 249HV となり、判定基準の 350HV 以下に対し十分な溶接性が確認された。

9) 試験結果より、今回、実施した 490N 級鋼を用いた角継手は、十分な溶接性能を有しているものと考えられる。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会：鉄骨工事技術指針・工場製作編，2018
- 2) 日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説，2018
- 3) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事 付則 6. 鉄骨精度検査基準，pp.80～101，2018
- 4) 建築基準法施行令第 67 条第 2 項における告示 (平 12 建告第 1464 号)

建築構造用高性能 550N/mm² 鋼板を用いた角継手の溶接施工試験 Welding procedure test of corner joint using high performance 550N/mm² steel plate for building structure

工藤 哲也, 高橋 永吉

by KUDO Tetsuya, TAKAHASHI Eikichi

キーワード：建築構造用高性能 550N/mm² 鋼板, サブマージアーク溶接, 角溶接

Keywords : High-performance 550N/mm² steel plate for building structure, submerged arc welding, Corner joint welding

1. はじめに

当社は、溶接組立箱形断面柱の角継手の溶接施工の検証を目的とした 490N/mm² 鋼板を使用した板厚 25mm, 45mm 及び 65mm の角継手の溶接施工試験を行い、溶接部の性能が設定した判定基準値を満足したことを確認した。板厚 65 mm では下盛溶接に 2 電極サブマージアーク溶接（以下、TSAW）を、上盛溶接に炭酸ガスシールドアーク溶接（以下、GMAW）を併用する施工手順で行った。

次のステップとして、550N/mm² 鋼板を使用した板厚 65mm の角継手の溶接施工試験を行い、溶接部の性能を評価することにした。試験は日本建築学会「鉄骨工事技術指針・工場製作編」の付 7 「サブマージアーク溶接の承認試験」完全溶込み溶接試験¹⁾を参考に、柱スキンプレートの板厚 65mm の試験体を製作し、490N/mm² 鋼板の施工試験と同様の試験項目とした。

2. 試験体

試験体の形状及び寸法を図 1 に示す。試験体は、コ形 - 500×250×65×65 の 1 体（試験体 No.1）とし、開先角度 35°，ルート面 2mm とした。

鋼材の化学成分及び機械的性質（ミルシート値）を表 1 に示す。鋼材はウェブ、フランジともに TMCP385C とした。角継手の裏当て金は、□-25×25（SNR490B）を用いた。

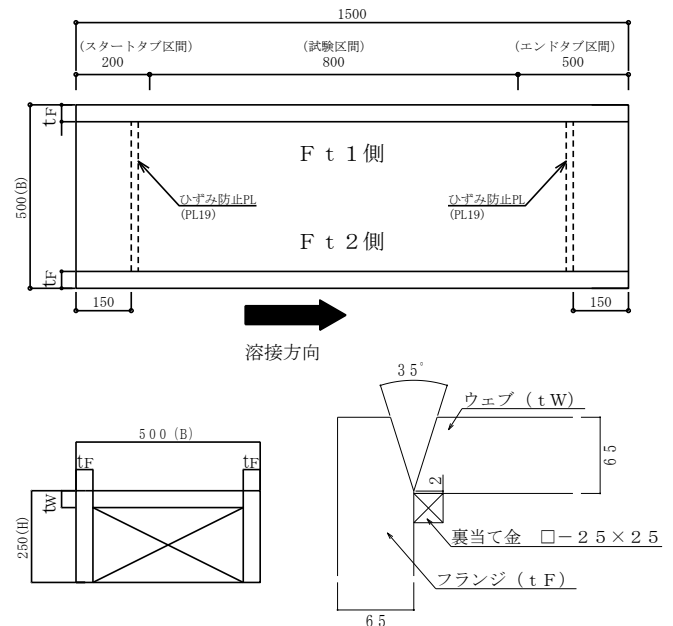


図 1 試験体 (No.1) の形状・寸法

3. 溶接

溶接条件を表 3 に、設定した TSAW のワイヤ位置・間隔を図 2 に示す。

下盛溶接 TSAW の溶接入熱量は 542kJ/cm, 上盛溶接 GMAW はパス間温度 350℃以下, 溶接入熱量 40kJ/cm 以下として溶接を行った。

溶接材料を表 2 に示す。下盛溶接の TSAW は S582-H 相当の溶接ワイヤ KW-55, フラックス KB-55IAD を使用した。また, 上盛溶接の GMAW は溶接ワイヤ YM-60C, シールドガス CO₂ (100%) を使用した。

表 1 鋼材の化学成分及び機械的性質（ミルシート値）

試験体 No.	部位	材質	板厚 (mm)	化学成分(%)						引張試験				衝撃試験 吸収エネルギー vE ₀ (J)
				C	Si	Mn	P	S	Ceq	降伏点又は 0.2% 耐力(N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	降伏比 (%)	伸び (%)	
1	ウェブ	TMCP 385C	65	0.14	0.27	1.42	0.011	0.00 3	0.39	441	587	75	31	224
	フランジ	TMCP 385C	65											

表 2(a) サブマージアーク溶接 (TSAW) の溶接材料

試験体 No.	JIS Z 3183	ワイヤ(JIS Z 3351)			フラックス(JIS Z 3352)			
		種類(銘柄)	径	メーカー	種類(銘柄)	粒度	フラックスの分類	メーカー
1	S582-H 相当	YS-M1 (KW-55)	φ 6.4mm	神戸製鋼所	SACG-I1 (KB-55IAD)	12×200	ボンドフラックス	神戸製鋼所

表 2(b) 炭酸ガスシールドアーク溶接 (GMAW) の溶接材料

試験体 No.	ワイヤ(JIS Z 3312)			シールドガス	
	種類(銘柄)	径	メーカー	種類	メーカー
1	G59JA1UC3M1T (YM-60C)	φ 1.4mm	日鉄溶接工業	CO ₂ (100%)	日本液炭

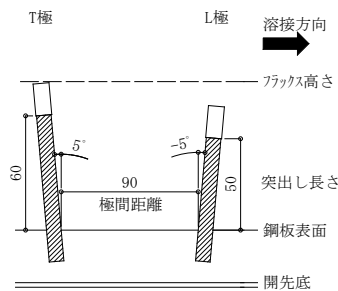
表 3(a) 溶接条件 TSAW (下盛溶接)

試験体 No.	板厚 Wt(m m)	電極位置*1	ワイヤ角度(°)	ワイヤ狙い位置(mm)	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(kJ/cm)	ワイヤ突出し長さ(mm)	極間距離(mm)	フラックス高さ(mm)	上り角度(°)
1	65	(L)	-5	中央	2050±100	38±5	19±5	542	50	90	80	0.9
		(T)	+5	中央	1800±100	52±5			60			

*1 (L) : 先行側電極, (T) : 後行側電極

表 3(b) 溶接条件 GMAW (上盛溶接)

試験体 No.	溶接姿勢	溶接電流(A)	アーク電圧(V)	ガス流量(l/min)	溶接速度(cm/min)	溶接入熱(kJ/cm)	ハス間温度(°C)	予熱(°C)
1	下向	280~400	25~45	20~40	20~70	40 以下	350 以下	なし



No. 1

図 2 TSAW のワイヤ位置・間隔

4. 試験項目及び判定基準

下表に、試験項目及び判定基準を示す。

試験項目はサブマージアーク溶接の承認試験¹⁾に準拠した試験項目(外観検査, 超音波探傷試験, 溶接金属引張試験, シャルピー衝撃試験, マクロ試験, 硬さ試験)とした。

表 試験項目及び判定基準

試験項目	試験方法	判定基準
外観検査	目視、溶接ゲージ	日本建築学会：JASS6 建設省告示 1464 号
超音波探傷試験	日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規程・同解説	
溶接金属引張試験	JIS Z 2241	母材の規格値以上
シャルピー衝撃試験	JIS Z 2242	27J 以上
マクロ試験	JIS G 0553 に準拠	溶込み良好で有害な欠陥が無いこと
硬さ試験	JIS Z 2244	350HV 以下

5. 試験範囲と試験片採取位置

試験片採取位置を図3に示す。

外観検査及び超音波探傷試験（非破壊試験）の試験範囲は、角継手 Ft1 側及び Ft2 側のスタートタブ及びエンドタブの始末端を除く溶接線範囲として試験を行った。

溶接金属引張試験、シャルピー衝撃試験、マクロ試験及び硬さ試験（破壊試験）は、角継手 Ft1 側のスタートタブ及びエンドタブの始末端を除く溶接線から試験片を採取して試験を行った。

シャルピー衝撃試験片は、溶接部の表層側と初層側の溶接金属（WM）とフランジ側のボンド部（BOND）からの採取としている。なお、ボンド部は、溶接金属と母材の熱影響部（HAZ）部を交差する位置である（BOND&HAZ）。

溶接金属引張試験は TSAW の溶接金属（WM）から採取した他に、TSAW と GMAW の境界部を中心として TSAW と GMAW の融合部からも採取した。

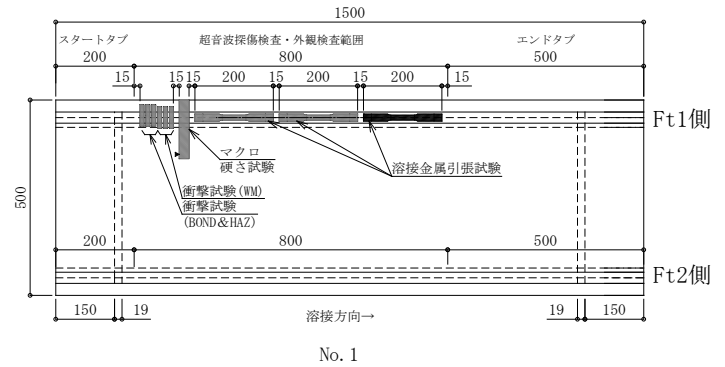


図3 試験片採取位置

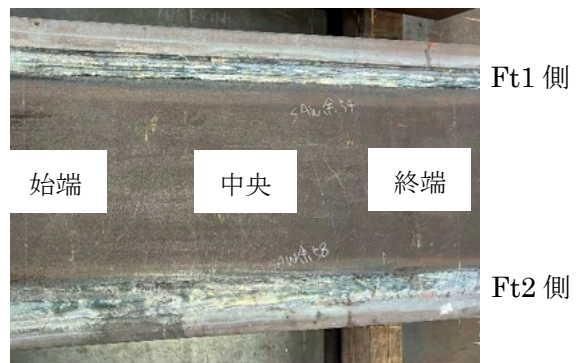


図4 試験体 No.1 TSAW 溶接外観

6. 試験結果

6.1 外観検査

試験体 No.1 の TSAW 後の溶接外観写真を図4に、GMAW 後の溶接外観写真を図5に示す。

外観検査は目視及び溶接ゲージを用いて検査を行い、日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」付則6. 鉄骨精度検査基準²⁾及び建設省告示 1464 号³⁾に準拠して判定した。その結果、溶接線 Ft1 と Ft2 の試験範囲では、割れ、アンダーカット、オーバーラップ及びビード不整などの外観不良は検出されなかった。

GMAW 後の溶接ビード幅と余盛測定結果を表4に示す。溶接線 Ft1 の方が溶接線 Ft2 に比べ、溶接ビード幅が+7mm~+13mm と広がっているが、これは下盛溶接 TSAW のビードを上盛溶接 GMAW のために整形した時のガウジングにより開先幅が多少変わったためである。なお、余盛高さ (h) は溶接線による大きな差は無かった。

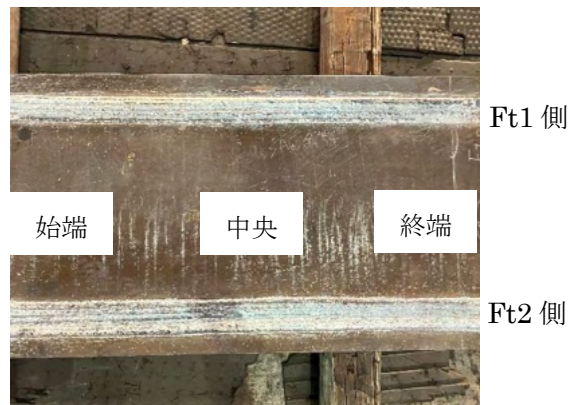


図5 試験体 No.1 GMAW 溶接外観

表4 溶接部の余盛測定結果

試験体 No.	溶接線	溶接ビード幅			余盛高さ		
		始端	中央	終端	始端	中央	終端
1	Ft1	55.0	55.0	58.0	3.0	3.5	5.0
	Ft2	45.0	48.0	45.0	3.0	3.0	4.0

(単位 : mm)

6.2 超音波探傷試験

溶接線 Ft1 側, Ft2 側を対象に, 日本建築学会「鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説」⁴⁾ に従い超音波探傷試験を行った. 超音波探傷試験結果を表 5 に, 欠陥位置図を図 6 に示す.

超音波探傷試験において, 溶接線 Ft1 から許容欠陥 3 箇所 (欠陥 No.①, ②, ③), 溶接線 Ft2 から許容欠陥 2 箇所 (欠陥 No.④, ⑤) が検出された. 欠陥の検出位置が溶接線 Ft1 では柱スキンプレート厚 65mm に対し, 深さが 31~32mm, ウェブ側の開先位置であることから, 柱スキンプレートの中央偏析に影響される欠陥指示と推測される. 溶接線 Ft2 側の欠陥の検出位置は, 深さが 63~

64 mm ウェブ側の初層からの欠陥検出であることから, 柱スキンプレートと裏当て金のすき間と溶接金属との境界に欠陥があると考えられる.

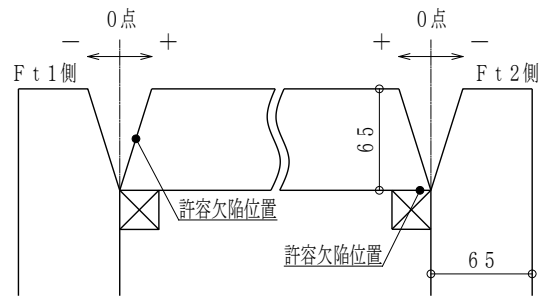


図 6 欠陥位置図

表 5 超音波探傷試験結果

溶接線	欠陥 No.	溶接長	屈折角	X*1	Y*2	W*3	d*4	k*5	領域*6	L*7	ΣL*8	判定
Ft1 側	①	800	70.0	300	102	94	32	14	III	15	29	合格
	②	800	70.0	343	102	94	32	14	III	14		
	③	800	70.0	660	96	93	31	7	III	20		
Ft2 側	④	800	70.0	210	180	184	63	7	IV	40	40	合格
	⑤	800	45.0	210	70	90	64	6	IV			

*1 溶接部左端から欠陥までの距離, *2 開先面から入射点までの距離, *3 入射点から欠陥までのビーム路程,

*4 探傷面からの欠陥深さ, *5 開先面 0 点から欠陥までの Y 方向距離, *6 欠陥エコー高さ,

*7 欠陥評価長さ, *8 欠陥評価長さの総和

6.3 溶接金属引張試験

溶接金属引張試験は JIS Z 2241 (金属材料引張試験方法) に準じた. 試験片形状は JIS Z 3111 (溶着金属の引張及び衝撃試験方法) A1 号試験片 (φ 18mm) とした. 溶接金属引張試験片採取位置を図 7 に示す. 試験片 3 体のうち 2 体 (T-1, T-2) は TSAW の溶接金属から採取し, 残りの 1 体 (T-3) は TSAW と GMAW の境界部を中心として採取した. 溶接金属引張試験の結果を表 6 に, 引張試験後の試験片を図 8 に示す.

引張強さ及び降伏点又は 0.2% 耐力については, それぞれ母材の規格値以上を満足した.

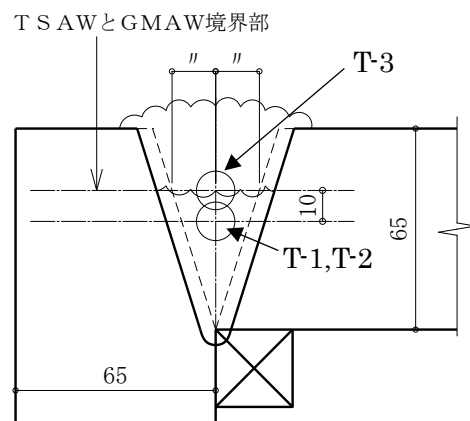


図 7 溶接金属引張試験片採取位置

表 6 溶接金属引張試験の結果

試験体 No.	試験片	降伏点又は 0.2% 耐力(N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
1	T-1	659	714
	T-2	527	642
	T-3	537	667



図 8 溶接金属引張試験後の試験片

6.4 シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242（金属材料のシャルピー衝撃試験方法）に準じた。試験片の形状及び寸法は JIS Z 3111（溶着金属の引張及び衝撃試験方法）より V ノッチとし、試験温度 0℃、寸法は 10mm×10mm×55mm とした。

シャルピー衝撃試験片の採取位置を図 9 に、シャルピー衝撃試験結果を表 7 に、シャルピー衝撃試験後の試験片破面状況を図 10 に示す。

全ての試験片の吸収エネルギーは、個々値及び平均値ともに判定基準値 27J 以上を満足した。特に溶接金属部（WM）の表層側は、個々値が全て 130J 以上と高く、要因としては GMAW の溶接部

から採取しているため、使用した溶接ワイヤ（590MPa 級）の性能が寄与したものと考えられる。

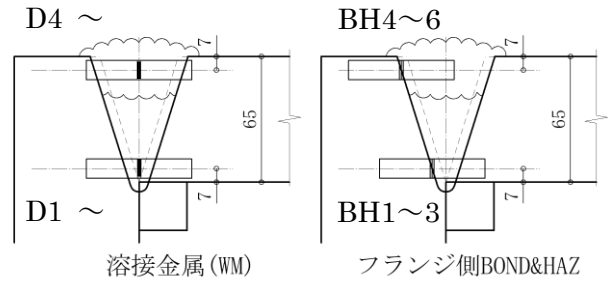


図 9 シャルピー衝撃試験片の採取位置

表 7 シャルピー衝撃試験結果

試験体 No.	部位	試験片 記号*1	吸収エネルギー(J)			
			個々値	平均値		
1	WM	初層側	D-1	103	92	
			D-2	78		
			D-3	94		
		表層側	D-4	138		140
			D-5	136		
			D-6	146		
	BOND & HAZ	初層側	BH-1	44	111	
			BH-2	105		
			BH-3	183		
		表層側	BH-4	73		116
			BH-5	111		
			BH-6	164		

*1 試験片記号の 1~3 は初層側、4~6 は表層側から採取した。

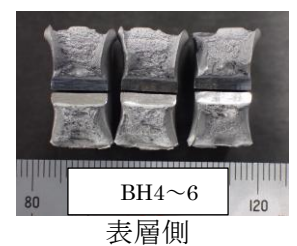
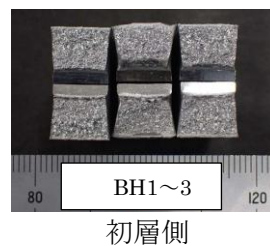
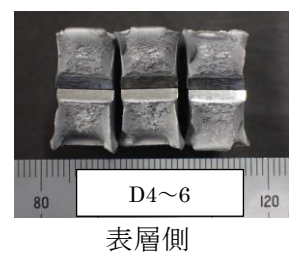
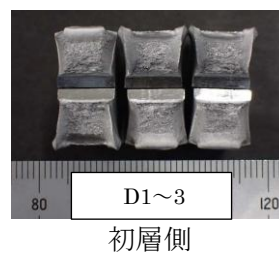


図 10 シャルピー衝撃試験後の試験片破面状況

6.5 マクロ試験

マクロ試験片の写真を図 11 に示す。マクロ試験は JIS G 0553 (鋼のマクロ組織試験方法) に準拠して 5~10% の硝酸アルコール液でエッチングした後、溶接部の断面を観察した。

溶接部の断面は、無欠陥で溶込みは良好であった。また、TSAW と GMAW の融合部も無欠陥で溶込み良好であった。

なお、超音波探傷試験に検出された許容欠陥は、マクロ試験片では確認されなかった。

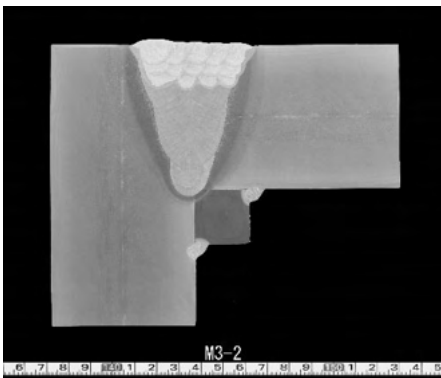


図 11 マクロ試験片の写真

6.6 硬さ試験

硬さ試験は JIS Z 2244 (ビッカース硬さ試験-試験方法) に準じて行った。

硬さ試験の測定位置を図 12 に示す。測定位置は表面下 5mm (T)、板厚中央 (M) 及び裏面上 5mm (B)、測定間隔は母材 1mm、溶接金属 1mm、HAZ0.5mm、BOND0.5mm とし、試験荷重は 10kgf とした。

硬さ試験の結果を図 13 に示す。全ての測定位置に置いて最高硬さが HV250 以下の値を示し、溶接性に問題はないと考えられる。

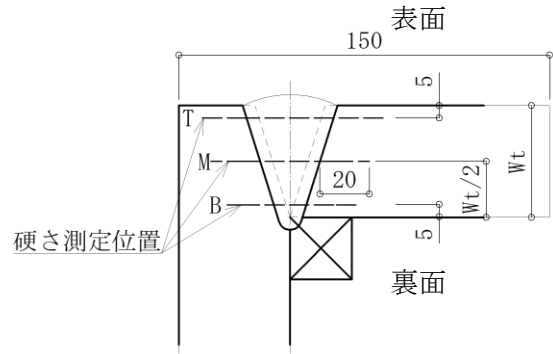
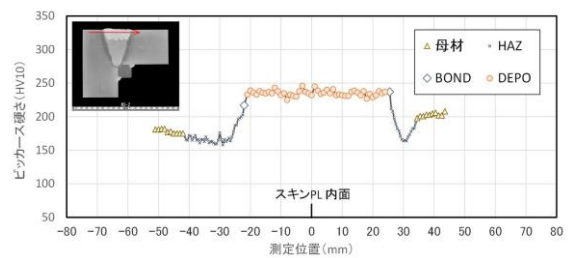
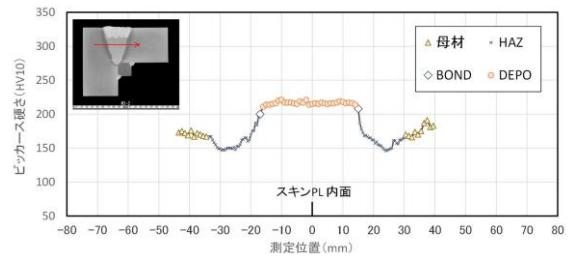


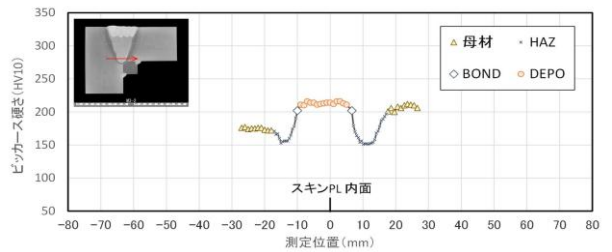
図 12 硬さ試験の測定位置



測定位置 (表面下 5mm) (T)



測定位置 (板厚中央) (M)



測定位置 (裏面上 5mm) (B)

図 13 硬さ試験の結果

7. まとめ

日本建築学会「鉄骨工事技術指針・工場製作編」の付7「サブマージアーク溶接の承認試験」完全溶込み溶接試験¹⁾を参考に、550N/mm²鋼板を使用した板厚 65 mmの角継手の溶接施工試験を行った。

その結果、以下の事が判明した。

- 1) 非破壊試験及び破壊試験ともに、溶接部の性能について良好な結果を得ることが出来た。
 - 2) 外観検査では、割れ、アンダーカット、オーバーラップ及びビード不整などの外観不良は検出されず、余盛高さも良好であった。
 - 3) 超音波探傷試験において、許容欠陥が検出されたが、判定結果は合格であった。
 - 4) 溶接金属引張試験では、母材の降伏点又は0.2%耐力及び引張強さの規格値以上を満足した。
- また、2電極サブマージアーク溶接の下盛溶接と炭酸ガスシールドアーク溶接の上盛溶接の境界部から採取した試験片も母材の規格値以上を十分満足した。
- 5) シャルピー衝撃試験では、吸収エネルギーは、個々値で44J以上、平均値で92J以上の値を示し、全て判定基準値27J以上を満足した。特に溶接金属部の表層側（炭酸ガスシールドアーク溶接部）は、個々値が全て130J以上と高い値を示した。
 - 6) マクロ試験では、溶接部は無欠陥で溶込みは良好であった。2電極サブマージアーク溶接と炭酸ガスシールドアーク溶接の融合部も無欠陥で溶込み良好であった。
 - 7) 硬さ試験では、全ての測定位置に置いて最高硬さがHV250以下の値を示し、溶接性に問題がないことが確認された。
 - 8) 今回、下盛溶接の2電極サブマージアーク溶接法、上盛溶接に炭酸ガスシールドアーク溶接法の併用施工を採用したが、試験結果から、本施工法による角継手は十分な溶接性能を発揮し、

実用化が図れると考えられる。

[参考文献]

- 1) 日本建築学会：鉄骨工事技術指針・工場製作編，pp.758～762，2018
- 2) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事 付則 6. 鉄骨精度検査基準，pp.80～101，2018
- 3) 建築基準法施行令第67条第2項における告示（平12建告第1464号）
- 4) 日本建築学会：鋼構造建築溶接部の超音波探傷検査規準・同解説，2018

さび発生剤スーパー μ ロック A を用いたトルシア形高力ボルトのすべり係数試験 Sliding Coefficient Test of Torsia Type High Strength Bolt with Rust Generator Supa myurokku A

工藤 哲也

by KUDO Tetsuya

キーワード：すべり係数試験，トルシア形高力ボルト，さび発生剤

Keywords : sliding coefficient test, torsia type high strength bolt, rust generator

1. はじめに

2018 年の日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」¹⁾ の改訂に伴い，高力ボルト摩擦接合面の発せいの処理方法に薬剤発せいの仕様が標準化された。

弊社では高力ボルト摩擦接合面の黒皮除去にショットブラスト及びグラインダを使用し，その後市販のヒットロック B ((株)イチネンケミカルズ) を塗布し発せいさせ，すべり係数を確保することとしている。昨今このヒットロック B の開発者が新商品スーパー μ ロック A ((株)ケミカル山本) を製造販売された。

これより 2 社のさび発生剤の併用又はスーパー μ ロック A への切り替えを視野に，スーパー μ ロック A を使用した高力ボルト摩擦接合面のすべり係数試験を実施し，そのすべり係数を確認することとした。写真 1 にヒットロック B を，写真 2 にスーパー μ ロック A を示す。

2. 試験計画

図 1 に試験体の形状を，表 1 に試験体一覧を示す。試験体の形状は，日本建築学会「高力ボルト接合設計施工ガイドブック」²⁾ に準拠した。

本試験の実験変数は，高力ボルトの呼び径，摩擦接合面の処理方法及び使用する高力ボルトのメーカーである。

高力ボルトの呼び径は，M16，M20，M22，M24 の 4 種類とし，摩擦接合面の処理は，ショットブラスト処理とグラインダ処理の 2 種類とした。グラインダ処理はローラサンダーを用いた。

使用した高力ボルトメーカーは，日鉄ボルテン



写真 1 ヒットロック B



写真 2 スーパー μ ロック A

と神鋼ボルトの 2 社で，使用した高力ボルトの機械的性質による等級を表 2 に示す。

中板及び側板に用いた鋼板は，SN490B (JIS G 3136) である。

摩擦接合面の処理後，接合面にスーパー μ ロック A を塗布し発せいさせた。

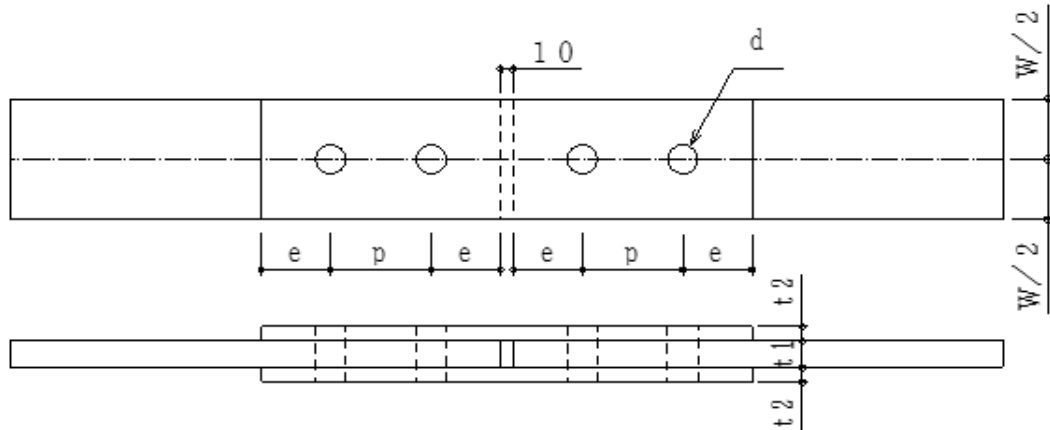


図1 試験体形状

表1 試験体一覧

試験体記号	ボルト 呼び×長さ	孔径 d(mm)	中板厚 t1(mm)	側板厚 t2(mm)	板幅 W(mm)	端あき e(mm)	ピッチ p(mm)	摩擦面処理	高力ボルトメーカー
SN16-1~3	M16×60	18	16	9	70	40	60	ショットブラスト	日鉄ボルテン
SN20-1~3	M20×75	22	19	12	90	50	70		
SN22-1~3	M22×80	24	22	12	95	55	80		
SN24-1~3	M24×95	26	25	16	100	60	90		
GN16-1~3	M16×60	18	16	9	70	40	60	ローラサンダー	日鉄ボルテン
GN20-1~3	M20×75	22	19	12	90	50	70		
GN22-1~3	M22×80	24	22	12	95	55	80		
GN24-1~3	M24×95	26	25	16	100	60	90		
SS16-1~3	M16×60	18	16	9	70	40	60	ショットブラスト	神鋼ボルト
SS20-1~3	M20×75	22	19	12	90	50	70		
SS22-1~3	M22×80	24	22	12	95	55	80		
SS24-1~3	M24×95	26	25	16	100	60	90		
GS16-1~3	M16×60	18	16	9	70	40	60	ローラサンダー	神鋼ボルト
GS20-1~3	M20×75	22	19	12	90	50	70		
GS22-1~3	M22×80	24	22	12	95	55	80		
GS24-1~3	M24×95	26	25	16	100	60	90		

表2 高力ボルトの機械的性質による等級

規格	日本鋼構造協会規格 JSS II 09 (国土交通省大臣認定品)
ボルトの機械的性質による等級	S10T
トルク係数値による種類	A (0.110~0.170 程度)
締付け方法	ピンテール破断による締付け (原理はトルクコントロール法)

3. 摩擦接合面の処理及びさび発生

さび発生剤塗布前の黒皮除去については、弊社が通常行っているショットブラストとローラサンダーの2種類とした。

写真3にショットブラスト施工後を、写真4にローラサンダー施工後を示す。

ショットブラストは主にH形鋼のラーメン接合部やガセットプレートに用い、ローラサンダーは現場溶接タイプの梁ウェブ接合部や、ブラスト機械に入らない大きな鋼板に用いている。日本建築学会「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事」¹⁾では、ショットブラスト処理にて表面粗さが $50 \mu\text{mRz}$ 以上確保できれば、赤さびを発生させなくてもよいとあるが、弊社ではさび発生剤塗布を標準としているため、ショットブラスト処理は黒皮除去手段という位置づけで使用している。

試験体の鋼板加工の際は、両方とも黒皮除去後、速やかにさび発生剤スーパー μ ロック A を接合面に塗布した。さび発生剤は原液を容器に移しハケ塗りとした。これは現在使用しているさび発生剤（ヒットロック B）と同様の施工方法である。写真5にショットブラスト施工後にさびを発生させた状態、写真6にローラサンダー施工後にさびを発生させた状態を示す。

4. 試験体の組立て

試験体の組立て手順を図2に示す。

- (1) 試験体の記号を確認し、中板と側板を組み合せる。
- (2) 組立てにあたり、摩擦接合面の浮きさび、油、じんあいなどの摩擦力を低減するものを除去する。
- (3) 試験体の組立ては、試験側（すべり側）と固定側を設け、固定側には六角ハイテンボルトを使用して増し締めを行うこととする。
- (4) 試験側（すべり側）に高力ボルト（S10T）をセットした後、トルクレンチを使用して、表3に示す1次締めトルクで締め付けを



写真3 ショットブラスト施工後



写真4 ローラサンダー施工後



写真5 ショットブラスト施工後のさび発生状態



写真6 ローラサンダー施工後のさび発生状態

行った。

- (5) 次に高力ボルト，ナット，座金，部材にわたってマーキングを行った後，本締めとして専用締め付け機でピンテールが破断するまで締め付けを行う。
- (6) 最後に試験体の側面にすべり確認用のけがき線を記入する。

5. 試験方法

試験は試験体に使用したボルトのボルトメーカー 2 社（日鉄ボルテン，神鋼ボルト）で実施した。引張試験機を使用して，すべりが発生した時点でのすべり荷重を測定した。

なお，すべり荷重は，下記のいずれかの現象が生じた場合とした。

- ① すべり音が発生したとき
- ② 引張試験機の指針が停止または降下したとき
- ③ 試験体のけがき線がずれたとき

写真 7 に引張試験機による引張試験状況を，写真 8 に試験後の摩擦接合面を示す。

6. 判定基準

(1) 式に，すべり係数を算出するための計算式を示す。全ての試験体のすべり係数が 0.45 以上の場合を合格とした。

$$\mu = \frac{P}{m \cdot n \cdot N} \dots (1)$$

ここで，

- μ：すべり係数
 - P：すべり荷重 (kN)
 - M：摩擦面の数 (この場合 m=2)
 - n：ボルトの数 (この場合 n=2)
 - N：ボルト初期導入軸力 (kN)
- (トルシア形高力ボルトの場合は，製品検査証明書の値を採用する)

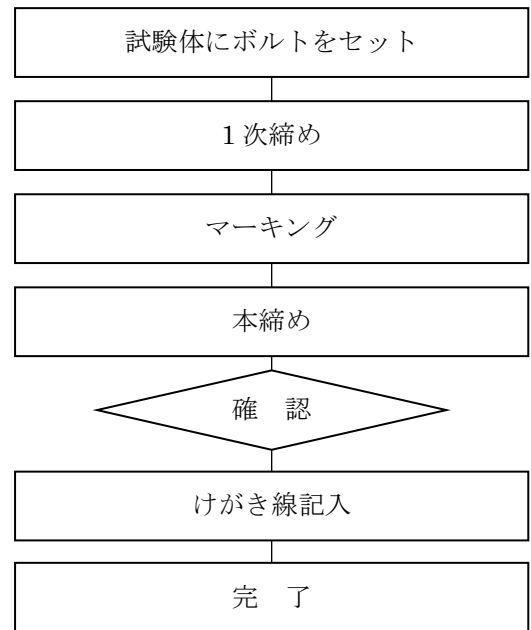


図 2 試験体の組立て手順

表 3 1次締めトルク

	M16	M20	M22	M24
1次締めトルク	約 100 N・m	約 150 N・m	約 150 N・m	約 200 N・m

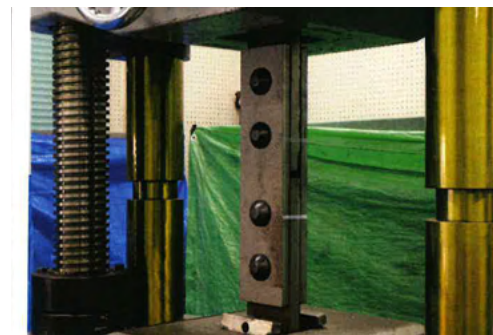


写真 7 引張試験状況

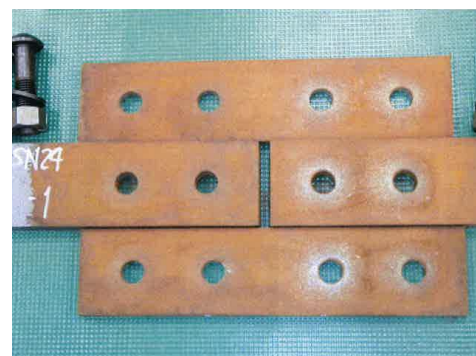


写真 8 試験後の摩擦接合面 (ショットブラスト処理)

7. 試験結果

試験結果一覧表を表4に示す。

試験結果から、全ての試験体で、すべり係数は0.59以上となり、合格の基準値0.45以上を満足した、また、高力ボルトの呼び径、ボルトメーカー及び摩擦接合面処理方法の実験変数によるすべり係数の差異は少ないものと考えられる。

なお、すべりの発生は、全ての試験体で、すべり音が発生した時点である。

8. まとめ

さび発生剤スーパー μ ロックAを用いてさび発生させた高力ボルト摩擦接合面のすべり試験を行い、実用化に向けた検討を行い、以下の結論を得た。

- (1) すべり係数は、高力ボルトの呼び径、ボルトメーカー及び摩擦接合面処理方法の相違によらず、0.59以上で合格の基準値0.45以上を十分満足した。

表4 試験結果一覧表(その1)

試験体記号	ボルト寸法	導入軸力 N(kN)	すべり荷重 P(kN)	すべり係数 (μ)	判定	備考
SN16-1	M16×60	124	295	0.595	合格	ショットブラスト
SN16-2			316	0.637		
SN16-3			306	0.617		
SN20-1	M20×75	191	472	0.618	合格	ショットブラスト
SN20-2			487	0.637		
SN20-3			470	0.615		
SN22-1	M22×80	243	580	0.597	合格	ショットブラスト
SN22-2			567	0.583		
SN22-3			573	0.59		
SN24-1	M24×95	279	690	0.618	合格	ショットブラスト
SN24-2			687	0.616		
SN24-3			706	0.633		
GN16-1	M16×60	124	324	0.653	合格	ローラサンダー
GN16-2			326	0.657		
GN16-3			313	0.631		
GN20-1	M20×75	191	508	0.665	合格	ローラサンダー
GN20-2			502	0.657		
GN20-3			506	0.662		
GN22-1	M22×80	243	617	0.635	合格	ローラサンダー
GN22-2			616	0.634		
GN22-3			622	0.64		
GN24-1	M24×95	279	724	0.649	合格	ローラサンダー
GN24-2			674	0.604		
GN24-3			690	0.618		

表 4 試験結果一覧表(その 2)

試験体記号	ボルト寸法	導入軸力 N(kN)	すべり荷重 P(kN)	すべり係数 (μ)	判定	備考
SS16-1	M16×60	125	302.7	0.605	合格	ショットブラスト
SS16-2			301.4	0.602		
SS16-3			319.7	0.639		
SS20-1	M20×75	186	504.6	0.678	合格	ショットブラスト
SS20-2			497.5	0.668		
SS20-3			501.2	0.673		
SS22-1	M22×80	233	576.4	0.618	合格	ショットブラスト
SS22-2			580.6	0.623		
SS22-3			570.6	0.612		
SS24-1	M24×95	278	748.1	0.672	合格	ショットブラスト
SS24-2			741.4	0.666		
SS24-3			731.5	0.657		
GS16-1	M16×60	125	308.8	0.617	合格	ローラサンダー
GS16-2			325.3	0.65		
GS16-3			319.9	0.639		
GS20-1	M20×75	186	515	0.692	合格	ローラサンダー
GS20-2			476.5	0.64		
GS20-3			507.1	0.681		
GS22-1	M22×80	233	598.1	0.61	合格	ローラサンダー
GS22-2			594.7	0.638		
GS22-3			581.6	0.624		
GS24-1	M24×95	278	709.7	0.638	合格	ローラサンダー
GS24-2			478.7	0.673		
GS24-3			747.6	0.672		

(2) 実験結果から、ショットブラストもしくはグライнда (ローラサンダー) 処理を行い、さび発生剤スーパー μ ロック A を用いてさび発生させた高力ボルト摩擦接合面は、十分に実用化できるものと考えられる。

{参考文献}

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 鉄骨工事 JASS6, 2018年
- 2) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工ガイドブック, 2016年

主な工事実績(2024年4月期)

年		工 事 名	設 計 事 務 所	施 工 会 社	総重量 (t)	建物規模
6	民	プロロジスパーク盛岡 プロジェクト(東棟)	西松建設(株)	西松建設(株)	5,977	3階 99,592 m ²
6	民	(仮称)安田倉庫加須市 北大桑新倉庫計画	(株)松田平田設計	前田建設工業(株)	1,527	5階 42,876 m ²
6	民	(仮称)グッドマンビジネス パーク ステージ7新築工事	(株)日本設計	五洋建設(株)	4,179	5階 30,193 m ²
6	官	NHK放送センター (屋上鉄骨のみ)	竹中工務店・ 久米設計 設計施工共同企業体	竹中工務店・ 久米設計 設計施工共同企業体	1,139	B2+10階 77,076 m ²
6	民	ロジスクエアふじみ野 AB新築工事(A棟・B棟)	西松建設(株)	西松・初雁 特定建設工 事共同企業体	1,211	4階 226,395 m ²
6	民	太陽インキ製造嵐山事業所 開発新棟建設プロジェクト	大成建設(株)	大成建設(株)	1,577	6階 10,379 m ²
6	民	STACKオークツリー 印西データセンター	(株)日建設計	(株)竹中工務店	2,799	5階 21,641 m ²
6	民	TDK北上工場新棟建設	鹿島建設(株)	鹿島建設(株)	7,264	4階 33,852 m ²
6	民	日本発条厚木工場6号館 新築工事	鹿島建設(株)	鹿島建設(株)	2,822	B1+4階 8,652 m ²
6	民	三井不動産ロジスティック パーク仙台名取1	西松建設(株)	西松建設(株)	4,274	4階 33,545 m ²
6	民	イオンレイクタウンアウトレット 2024年度増床・活性化工事	(株)福田組	(株)福田組	1,119	2階 8,822 m ²
6	民	(仮称)DPL境古河 I 新築工事	(株)フクダ・アンド・ パートナーズ (株)銭高組	(株)銭高組	1,196	4階 126,507 m ²
6	民	(仮称)DPL松戸 II 新築工事	日本国土開発(株)	日本国土開発(株)	568	4階 65,664 m ²
6	民	カレス記念病院建設工事	日揮・西松 設計共同企業体	西松・日揮・岩田地崎特 定建設工事 共同企業体	1,719	B1+8階 11,023 m ²
6	官	市原市新学校給食 共同調理場整備・運営事業	(株)久米設計	鹿島建設(株)	1,106	3階 6,914 m ²

年		工 事 名	設 計 事 務 所	施 工 会 社	総重量 (t)	建物規模
6	民	(仮称)うめきた2期地区開発 事業新築工事のうち南街区 賃貸棟工事(地上鉄骨)	(株)三菱地所設計・ (株)日建設計・(株)大林組 ・(株)竹中工務店	うめきた2期共同企業体 (株)竹中工務店・ (株)大林組)	1,986	B3+39 階 314,249 m ²
6	民	TWC Phase1 建築本体工事	(株)日建設計 (株)大林組	(株)大林組	986	B1+5 階 31,851 m ²
6	民	第8貨物ビル新築工事	成田国際空港(株)	前田建設工業(株)	4,063	2 階 2,272,378 m ²
6	民	(仮称)新宿区東五軒町 トーハン旧本社跡地計画 (オフィス棟)	鹿島建設(株)	鹿島建設(株)	1,889	B1+7 階 12,471 m ²
6	民	中ノ橋一丁目地区第一種 市街地再開発事業	RIA・中居都市建築 設計共同体	(株)福田組	2,077	B1+4 階 15,351 m ²
6	民	ゆめが丘大規模集客施設 新築工事	(株)福田組	福田組・第一建設 工業特定建設工事 共同企業体	8,481	4 階 77,682 m ²
6	民	アライプロバンス葛西A棟 新築工事	西松建設(株)	西松建設(株)	1,051	5 階 87,182 m ²
6	民	(仮称)グッドマン常総Ⅱ 新築工事	浅井謙建築研究所(株) 構造:戸田建設(株)	戸田建設(株)	1,805	5 階 160,013 m ²
6	民	(仮称)LF境古河新築計画	JFEシビル(株)	JFEシビル(株)	1,015	4 階 113,292 m ²

カガヤ技報 編集委員

工藤 哲也 伊東 香澄

カガヤ技報 Vol.5 2024

発行：2025年3月

発行所：株式会社カガヤ

〒028-4131 岩手県盛岡市芋田字武道9番地95

<https://www.kk-kagaya.co.jp>

Copyright © 2021 KAGAYA.co.,Ltd. All Rights Reserved.

