KAGAYA TECHNICAL REPORT

カガヤ技報

Vol.3　2022

株式会社カガヤ

KAGAYA TECHNICAL REPORT

カガヤ技報

Vol.3　2022

株式会社 カガヤ

カガヤ技報　Vol.3　2022

目　次

巻頭言

回想～そして未来へ～ 1

千葉　範夫

工事紹介 2

論文・報告

1. 550N/mm^2 鋼を用いた 30 度開先半自動溶接部の継手性能 6

久保　真弓　　工藤　哲也　　髙橋　永吉　　横山　幸夫*

*株式会社トラストエンジ

2. 角形鋼管柱梁接合部における内ダイアフラムの合理的溶接方法の基礎検討 ... 13

工藤　哲也

技術紹介

3. ビードスキャン装置による隅肉溶接の測定 16

工藤　哲也　　加賀谷　浩一

4. 建築鉄骨製品寸法測定への光学式 3 次元測定機の適用
（その 1　測定方法検証と適用課題） 20

藤原　好昭　　山下　達也　　福井　彩華

対外発表 26

主な工事実績 27

回想～そして未来へ～

シニアマネージャー
千葉 範夫
CHIBA　Norio

今から 55 年前、高校生の時に建築に憧れ、神奈川の大学で建築を学び、その後盛岡に戻り㈱久慈一戸建築事務所（現在の㈱久慈設計）に就職、その後 32 歳の時に有限会社加賀谷鉄工所にお世話になり 4 月で 38 年になります。その間、設計、客先窓口、工務、人事の業務に携わって参りました。

入社当時の社員は 25 名程の小さな村の鉄工所で、当時は現在のような会社になることは想像すらしませんでした。経営者始め社員一丸となって建築鉄骨の製作をおこない、小さい会社でしたがやりがいを感じたのを今でも忘れません。

また、オイルショック、リーマンショック、2011 年の東日本大震災を始め多くの自然災害、そして昨今の新型コロナウイルス感染症など多くの社会・経済等への影響を受けながらも多くの方々に支えられながら一歩一歩成長してきたのを目の当たりにしてまいりました。

会社を設立してからの 40 年間は建築鉄骨の製作である鉄構事業の一本足打法の会社でしたが、2011 年以降建設事業、不動産事業、ホテル事業、メガソーラー事業を多角的に展開しております。

私自身 60 歳の節目の時にメガソーラー事業の立ち上げに関わることができ、新規事業ではありましたが今までのスキルを活かすことができましたし、70 歳の現在でも今までのスキルを活かしてさらに新しいことに挑戦したい思いです。

今後、少子高齢化や国内市場の飽和が高い確度で予想されますし、世界情勢の変化や多くの災害が予想される中で時代の変化を先読みし、リスクヘッジを図りながら鉄構事業という大きな幹に多角的な新規事業の枝葉を付け、これからの若い社員たちがチャレンジできる新たなステージの創生に期待します。

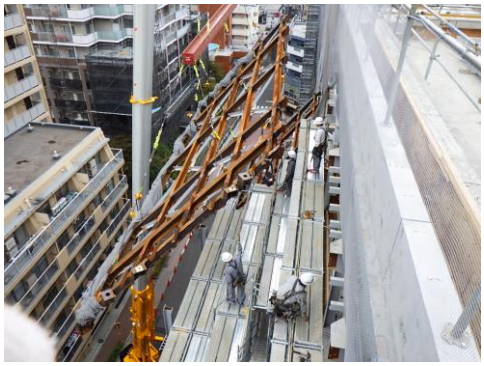
カガヤ技報 Vol.3 におきましては、前号と同様に鉄構に関する論文・報告に加え各部署の技術紹介も併せておこなう構成になっております。当技報をご覧になっていただき、皆様方に広くカガヤの取組みをお伝えできれば、今後のカガヤ技報継続の力になりますのでよろしくお願い申し上げます。

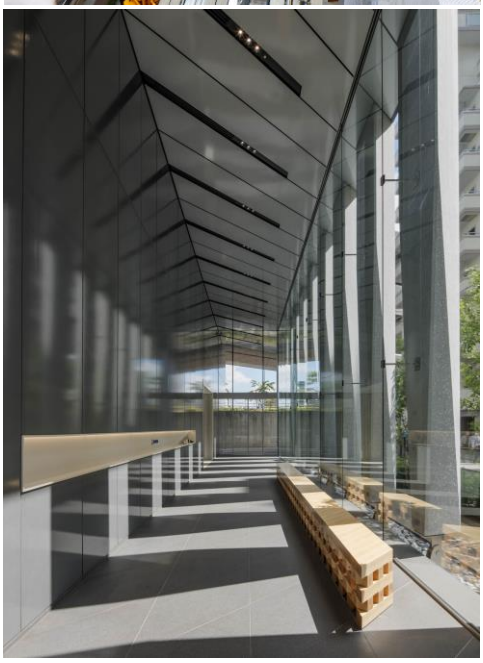
最後になりますが、55 年前に憧れた建築に今まで携われ、心から良かったと感じる今日このごろです。

株式会社 カガヤ
KAGAYA-Gr Co.,Ltd.

工事紹介―１

株式会社イシダ東京支店新築工事





所　在　地　東京都板橋区板橋 1 丁目 52
敷 地 面 積　2,105.58m^2
延 床 面 積　7,154.55m^2
建 築 面 積　1,547.80m^2
最 高 高 さ　31.2m
製 作 重 量　全体：約 1,939t，当社製作：約 1,939t
施　　主　株式会社イシダホールディングス
設　計　者　株式会社日建設計
監　理　者　株式会社日建設計
施　工　者　前田建設工業株式会社
構 造 形 式　S 造　地上 6 階+塔屋 1 階
用　　途　事務所
特 記 事 項　平面と軸方向に角度を有した納まりであり，3DCAD を用いた作図による検証を行った．また，外装受け材の形状が複雑で一般的な流れでの組立て，溶接作業が困難であったことから製作前・製作中の検討が複数回必要であった．

工事紹介―２

新本庁舎建設工事

所　在　地　青森県平川市柏木町藤山 25-6
敷 地 面 積　22,642.33m^2
延 床 面 積　8,120.25m^2
建 築 面 積　2,687.08m^2
最 高 高 さ　22.5m
製 作 重 量　全体：約 1,856t，当社製作：約 487t
施　　主　平川市
設　計　者　NASCA・八洲・構設計共同企業体
監　理　者　NASCA・八洲・構設計共同企業体
施　工　者　清水建設株式会社　東北支店
構 造 形 式　S 造・一部 RC 造　地上 4 階
用　　途　市役所
特 記 事 項　Tekla Structures（鉄骨専用 CAD）を活用し，完成モデルから一般図や単品図を作成した．板厚 75mm の板柱，B・BOX 柱（H 形鋼+カバープレート），セットバック柱，トラス梁など形状が多種であった．

工事紹介―３

宇都宮駅東口地区整備事業コンベンション施設新築工事

出典：宇都宮市

所　在　地　栃木県宇都宮市宮みらい 1 番
敷 地 面 積　9,403.31m^2
延 床 面 積　11,485.36m^2
建 築 面 積　6,639.85m^2
最 高 高 さ　22.37m
製 作 重 量　全体：約 3,014t，当社製作：約 3,014t
施　　主　野村不動産株式会社
設　計　者　AIS・RIA 設計共同企業体
監　理　者　前田・渡辺・中村・増渕建設共同企業体
施　工　者　前田建設工業株式会社
構 造 形 式　S 造・一部 RC 造　地上 4 階
用　　途　集会場
特 記 事 項　大ホールのトラス鉄骨は完全溶込み溶接で構成されたため，溶接管理の徹底と縮み，曲がり，矯正を想定した部材長さの設定など，精度管理に重点を置いた．

工事紹介―４

県・市連携文化施設建築工事

所　在　地　秋田県秋田市千秋明徳町 2-52
敷 地 面 積　17,401.55m^2
延 床 面 積　約 22,653m^2
建 築 面 積　約 8,581m^2
最 高 高 さ　35.41m
製 作 重 量　全体：約 3,200t，当社製作：約 931t
施　　主　秋田県知事 佐竹敬久，秋田市長 穂積 志
設　計　者　佐藤総合計画・小畑設計共同企業体
監　理　者　佐藤総合計画・小畑設計共同企業体
施　工　者　竹中工務店・大森建設・渋谷建設工業・加藤建設特定建設工事共同企業体
構 造 形 式　SRC 造・一部 S 造　地下 1 階+地上 6 階
用　　途　文化施設
特 記 事 項　意匠面での要求が多く，製品形状や溶接部の仕上げなど加工にひと手間加えた．劇場が 2 軒あり段床に変形 BH，屋根に 3 次元ブレースが採用された．

550N/mm^2 鋼を用いた 30 度開先半自動溶接部の継手性能

Welding Procedure Test of Application for 30 Degrees Groove Angle of Square Tubular Column and Diaphragm.

久保　真弓，工藤　哲也，髙橋　永吉，横山　幸夫*

by KUBO Mayumi, KUDO Tetsuya, TAKAHASHI Eikichi, YOKOYAMA Yukio

キーワード：30 度開先，550N/mm^2 鋼

Keywords：30 degrees grove，550N/mm^2 grade steel

1．はじめに

2018 年に改定された日本建築学会編，建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事（以下，JASS6 と称する），付則 5 における完全溶込み溶接レ形開先標準では，30 度開先が新たに加えられた [1]．これまでの 35 度開先と比較して 30 度開先にした場合，溶接量の削減により溶接作業の効率化が図られ，鉄骨製作上有効な施工法と考えられる．これまで 30 度開先を用いたレ形完全溶込み溶接部の研究が幾つか行われているが [2]，60mm を超える極厚鋼板で 550N/mm^2 鋼材を用いた 30 度開先による完全溶込み溶接部の性能評価に関する研究は少ない [3), 4)]．

当社ではこれまでに，ロボット溶接にて 30 度開先を用いて 550N/mm^2 鋼冷間成形角形鋼管と通しダイアフラムの溶接継手性能試験を行い，健全な継手性能が得られることを確認した [5)]．また，文献 2)では，ガスシールドアーク溶接の半自動溶接を用いた 30 度開先におけるルートギャップ（以下 R.G.とする）及び溶接技能者の影響について評価しており，板厚 t=32mm の SN490B において R.G.を 5mm 以上とすることで溶接技能者の熟練度を問わず良好な溶接部が得られることが明らかにされた．

本試験では将来的な極厚鋼板，高強度鋼材への 30 度開先の適用を見据え，柱スキンプレートと梁フランジの T 継手を想定した試験体（柱スキンプレート：HBL 440C，梁フランジ：HBL 385B）及び柱継手の突合せ溶接を想定した試験体（柱スキンプレート：HBL 385C）を製作し，板厚 65mm の建築構造用 550N/mm^{2}TMCP 鋼を用いた 30 度開先 CO_2 ガスシールドアーク半自動溶接部の継手性能を評価した．

2．試験方法

2.1　試験体

使用した鋼材の機械的性質及び化学成分を表 1 に示し，試験体一覧を表 2 に示す．

表 1　鋼材の機械的性質及び化学成分（ミルシート値）

材質	板厚 (mm)	引張試験					衝撃試験	化学成分(%)						
		降伏点又は 0.2%耐力 (N/mm^2)	引張強さ (N/mm^2)	降伏比 (%)	伸び (%)	絞り (%)	吸収エネルギー $_vE_0$(J)	C	Si	Mn	P	S	C_{eq}	P_{CM}
550N/mm^{2}TMCP 鋼(HBL385B)	65	451	590	76	32	-	282	0.15	0.36	0.134	0.012	0.003	0.40	0.23
550N/mm^{2}TMCP 鋼(HBL385C)	65	438	577	76	31	70	192	0.15	0.34	0.133	0.010	0.002	0.40	0.23
590N/mm^{2}TMCP 鋼(HBL440C)	70	466	620	75	29	77	335	0.08	0.09	0.152	0.004	0.001	0.45	0.19

表 2　試験体一覧

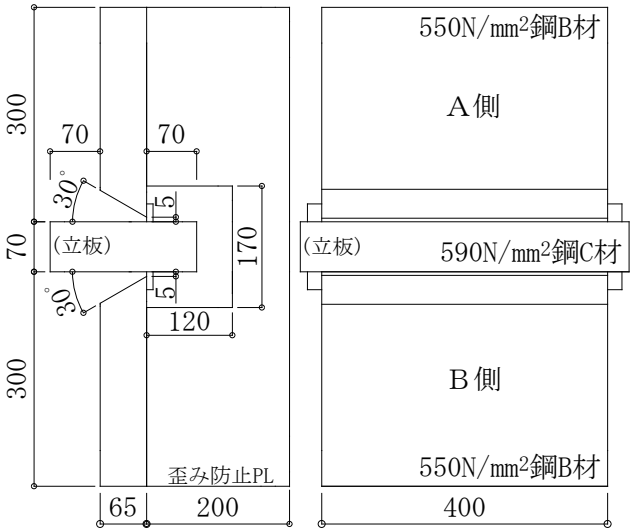
試験体 No.	想定対象	継手形式	溶接姿勢	使用部位	板厚	材質	開先角度(°)	R.G.(mm)	ルート面(mm)
1	工場溶接 現場溶接	十字継手	下向	梁フランジ	65	HBL385B	30	5	0
				柱スキンプレート	70	HBL440C			
2	工場溶接	十字継手	横向	梁フランジ	65	HBL385B	30	5	0
				柱スキンプレート	70	HBL440C			
3	現場溶接	突合せ継手	横向	柱スキンプレート	65	HBL385C	30	5	0
				柱スキンプレート	65	HBL385C			

* 株式会社トラストエンジ

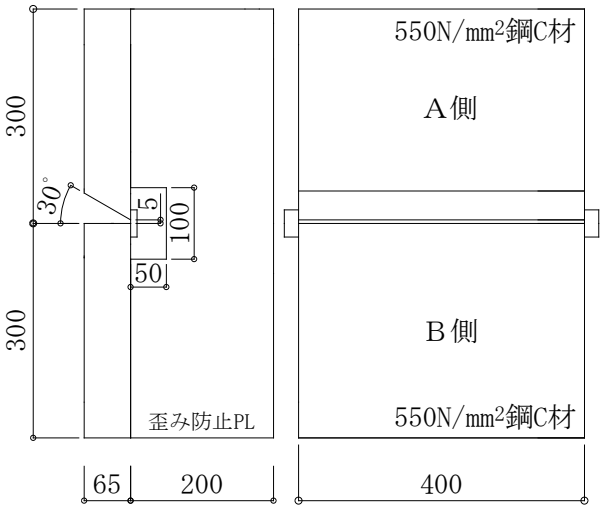
図 1 に試験体形状を示す．試験体は完全溶込み溶接レ形開先十字継手及び同突合せ継手とし，30 度開先で R.G.5.0mm とした．JASS6 付則 5 開先標準[1)]では，30 度開先における R.G.の標準値は 7.0mm であるが，生産性を考慮し R.G.5.0mm とした．試験体 No.1，2 の試験対象は A 側とし，B 側を充填溶接とした．継手引張試験時に立板で破断しないように，No.1 及び No.2 の立板の出寸法を立板の板厚以上の寸法である 70mm とした．

2.2　溶接条件

溶接条件を表 3 に示す．鋼材の溶接施工指針に基づき，溶接材料は G59JA1UC3M1T を適用し，入熱量 40kJ/cm 以下，パス間温度 350℃以下，予熱温度 25℃以上とした[6)]．試験体 No.1 は下向溶接，試験体 No.2 及び No.3 は横向溶接とし，溶接技能者は AW 検定工場溶接（代替タブ）の有資格者とした．ノズルの形状・寸法を図 2 に示す．開先内が狭隘なため母材との接触を避ける目的として，内径φ14mm のテーパー付きノズルを使用した．裏当て金（SN490B）にはテーパー加工を施しておらず，開先内に組立て溶接を行わなかった．



No. 1，No. 2



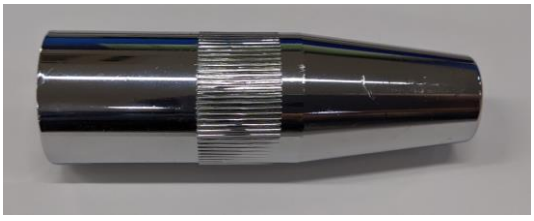
No. 3

図 1　試験体の形状・寸法

表 3　溶接条件

試験体 No.	溶接法		姿勢	溶接材料	ワイヤ径(mm)	エンドタブ
1	CO2 ガスシールドアーク溶接	半自動溶接	下向	G59JA1UC3M1T	φ1.4	固形タブ
2，3	CO2 ガスシールドアーク溶接	半自動溶接	横向	G59JA1UC3M1T	φ1.4	固形タブ

試験体 No.	溶接電流 (A)	アーク電圧(V)	溶接速度 (cm/min)	シールドガス	ガス流量 (L/min)	入熱量 (kJ/min)	パス間温度(℃)	予熱(℃)
1	250～400	25～45	15～90	100%CO_2	20～40	≦40	≦350	≧25
2，3	250～400	25～45	15～120	100%CO_2	20～40	≦40	≦350	≧25



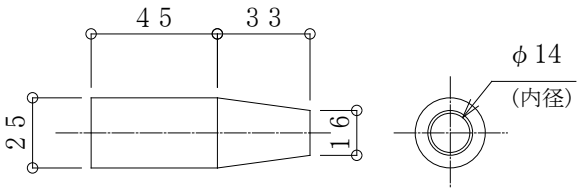


図 2　ノズルの形状・寸法

2.3　溶接記録

各試験体の溶接入熱量を図 3，パス間温度を図 4 に示す．試験体 No.1～3 すべてにおいて，溶接入熱量 40kJ/cm 以下及びパス間温度 350℃以下を満足した．No.1 及び No.2 において溶接角変形が生じたが，溶接の途中，溶接技能者と溶接の可否を確認しながら最後まで溶接を行った．

2.4　試験片採取位置

試験片採取位置を図 5 に示す．外観検査，超音波探傷検査，溶着金属引張試験，継手引張試験，シャルピー衝撃試験，裏曲げ試験，マクロ試験及びビッカース硬さ試験を行った．非破壊検査は A 側溶接部に対して行った．

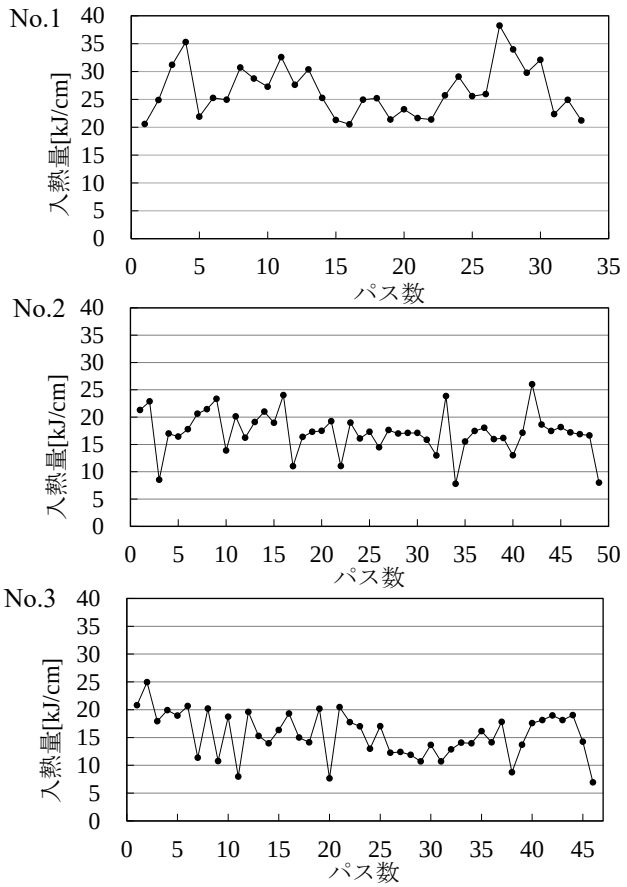


図 3　溶接入熱量

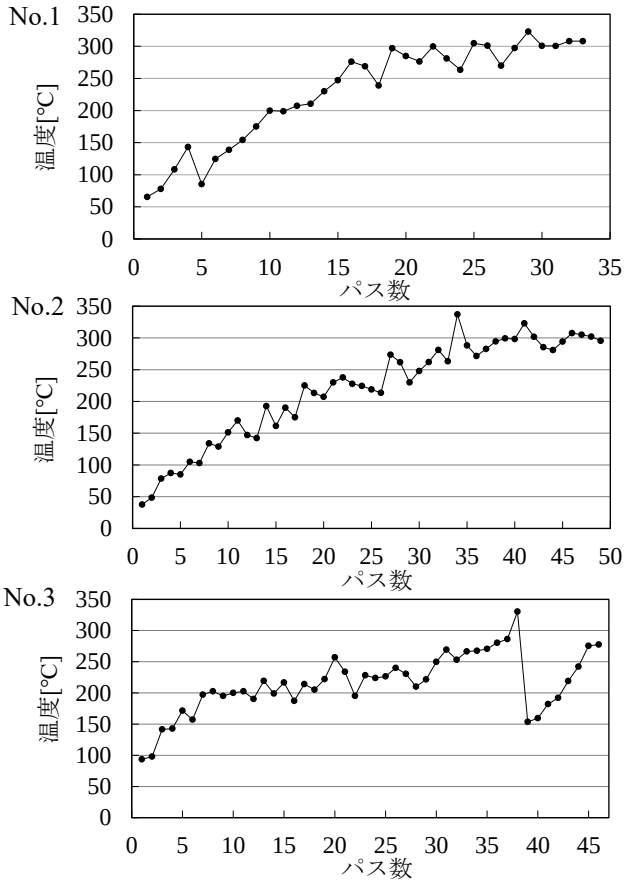


図 4　パス間温度

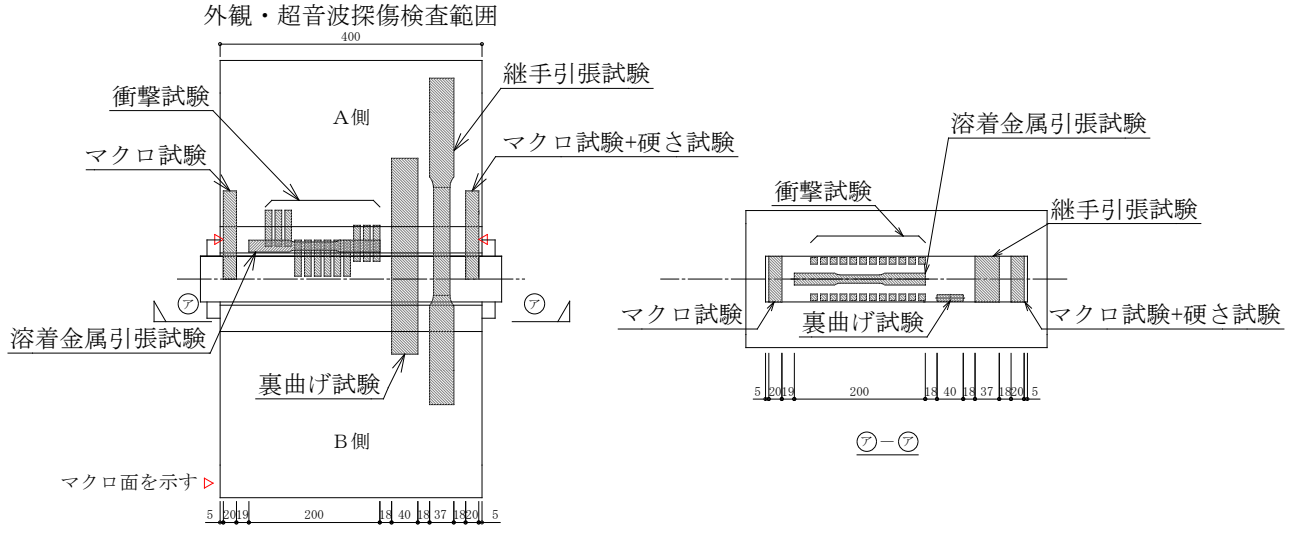


図 5　試験片採取位置

3．試験結果

3.1　外観検査

溶接部の外観検査は建設省告示第 1464 号及び JASS6 に準じた [1]．試験体 No.1～3 において基準を満たし合格であった．

3.2　超音波探傷検査

超音波探傷検査は，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」2018 年に準じて行い，試験体 No.1～3 において A 側溶接線全線において，欠陥は検出されなかった [7]．

3.3　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 6 に示す．試験温度 0℃にて V ノッチ形状の試験片（JIS Z 2242）とし，立板側 HAZ 及び BOND，DEPO，開先側 BOND&HAZ の表層側及び初層側にて評価した [6]．シャルピー衝撃試験結果を表 4 に示す．試験体 No.1～3 全てにおいて，立板側 BOND 及び HAZ，DEPO，開先側 BOND&HAZ の表層側及び初層側にてシャルピー吸収エネルギー（0℃）の 3 個平均が 70J 以上となり良好なじん性を示した [8]．No.1 及び No.2 の DEPO における吸収エネルギーは，No.3 の DEPO に比べて低い値となった．

3.4　引張試験

引張試験は JIS Z 2241 により行った．継手引張試験片形状は JIS Z 3121 1 号相当（図 8）とした．溶着金属試験片形状は JIS Z 3111 A1 号相当とし，図 7 に示す位置から採取した [8]．引張試験結果を表 5 に示す．溶着金属引張試験は各試験体とも引張強さ及び降伏点又は 0.2%耐力の母材の規格値を上回った．継手引張試験の引張強さは母材の規格値を上回り，破断位置はいずれも母材であった．（図 9）

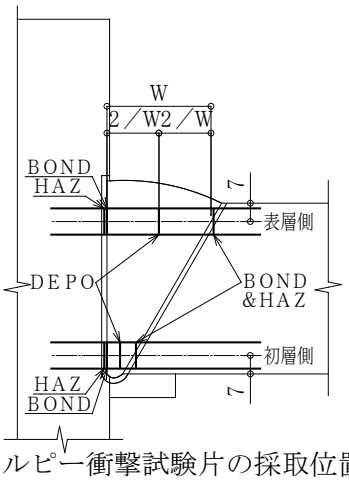


図 6　シャルピー衝撃試験片の採取位置(No.1，2)

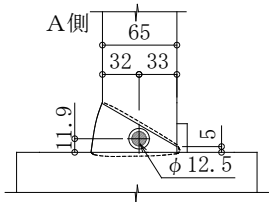


図 7　溶着金属引張試験片の採取位置(No.1，2)

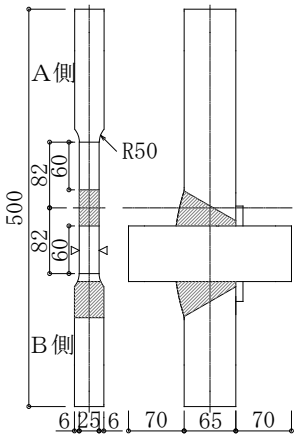


図 8　継手引張試験片形状(No.1，2)

表 4　シャルピー衝撃試験結果

採取位置		吸収エネルギー $_vE_0$[J]					
		No.1		No.2		No.3	
		個々値	平均値	個々値	平均値	個々値	平均値
立板側 BOND	表層側	250,267,286	268	225,236,241	234	269,278,269	272
	初層側	184,234,268	229	285,253,261	266	191,290,275	252
立板側 HAZ	表層側	291,273,269	278	261,272,247	260	273,284,273	277
	初層側	287,287,317	297	272,319,325	305	206,274,271	250
DEPO	表層側	94, 94, 83	90	63, 68, 87	73	151,129,142	141
	初層側	85, 73, 87	82	60, 84, 73	72	160,146,160	155
開先側 BOND& HAZ	表層側	153,189,201	181	140,194,203	179	253,240,235	243
	初層側	203,178,169	183	147,166,173	162	219,247,255	240

表 5　引張試験結果

試験項目		No.1	No.2	No.3
溶着金属引張試験	引張強さ(N/mm²)	700	738	701
	降伏点又は 0.2%耐力(N/mm²)	619	674	616
継手引張試験	引張強さ(N/mm²)	614	618	587
	破断位置	母材	母材	母材

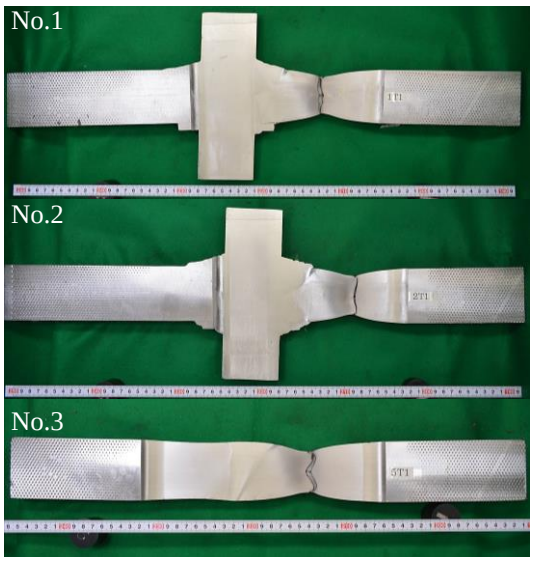


図 9　継手引張試験後の試験片

3.5　裏曲げ試験

裏曲げ試験は JIS Z 3122 により行い，図 10 に示す試験片形状とした．裏曲げ試験後の試験片を図 11 に示す．全ての試験片において有害な欠陥は見られなかった．No.1，No.2 に微小な割れが生じたが，3mm を超える割れはなかった．

3.6　マクロ試験

マクロ試験片は各試験体につき始終端部の 2 ヶ所から採取した．マクロ試験結果を図 12 に示す．始終端部において有害な欠陥はなく，溶込みも良好であった．No.2 は大きく溶け込んでいるが，抜け落ちてはいない．No.3 はスラグ巻き込みが生じたが 1mm 未満であった．また，初層側の溶接欠陥は見られなかった．

3.7　ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験は JIS Z 2244 により，図 13 に示す表層側，中間層及び初層側にて測定した．

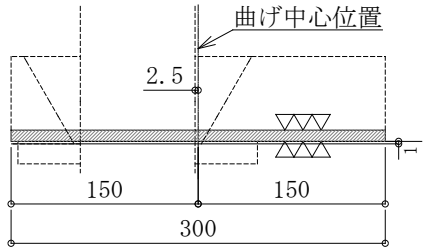


図 10　裏曲げ試験片形状(No.1，2)

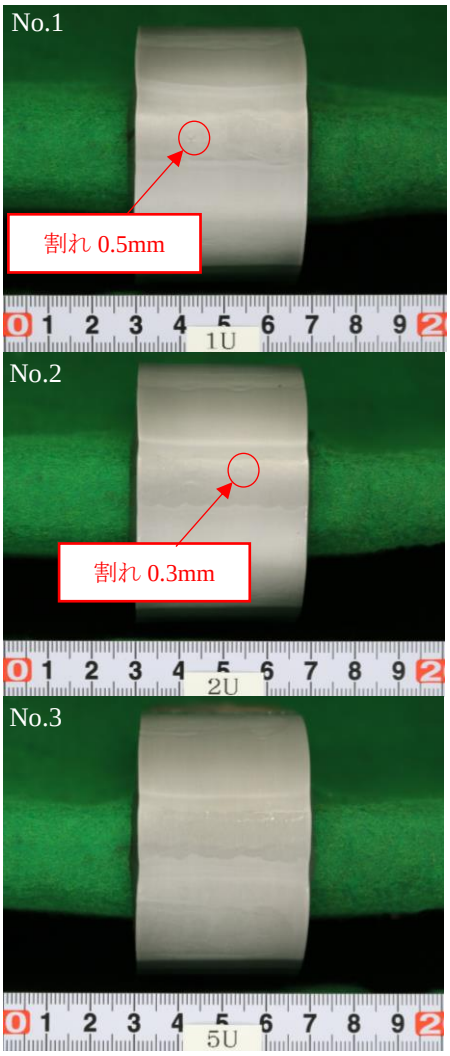


図 11　裏曲げ試験後の試験片

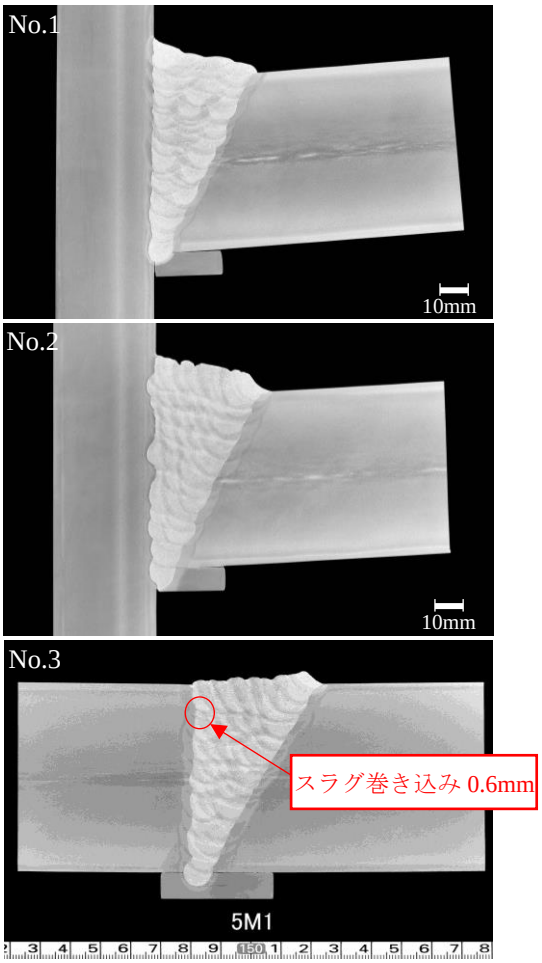


図 12　マクロ試験結果(始端側)

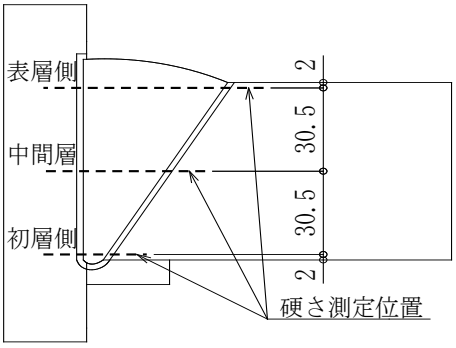


図 13　ビッカース硬さ試験測定位置

ビッカース硬さ試験結果を図 14 に示す. 試験体 No.1～3 全てにおいて，HV350 を下回り極端な硬化は見られなかった.

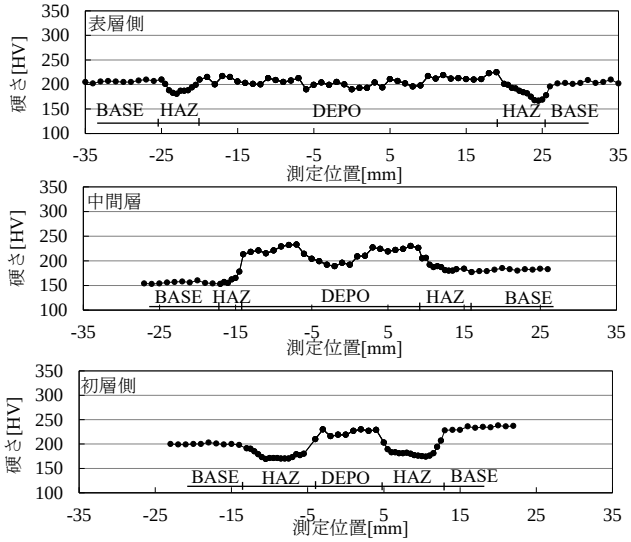


図 14　ビッカース硬さ試験結果(No.3)

4. 考察

550N/mm^2 鋼を用いた 30 度開先半自動溶接部は，非破壊試験及び破壊試験において有害な欠陥が見られず，母材の規格値を満足する良好な継手性能を示した.

十字継手（下向及び横向姿勢），突合せ継手（横向姿勢）の継手形状としたが，いずれにおいても健全な継手性能を得ることができた.

シャルピー衝撃試験では全ての試験体で平均 70J 以上を満たしたが, 試験体 No.1 及び No.2 の溶着金属部（DEPO）のシャルピー衝撃吸収エネルギーが No.3 より約 50%と低い傾向が初層側，表層側共に見られた．溶接部のシャルピー衝撃吸収エネルギーの低下の要因としては，溶接部の 800℃から 500℃への冷却時間（t8/5）の影響，溶接部の窒素含有量の影響などが考えられる. 試験体 No.1, No.2 及び No.3 は十字継手と突合せ継手の相違はあるがほぼ同形状・同寸法で，また試験体 No.2 と No.3 は同じ溶接姿勢で入熱・パス間温度も同様な値（図 3，図 4）を示していることから，t8/5 による影響は少ないと考えられる．ここでは，溶接部の窒素含有量の影響について考察を試みる．文献 9)及び文献 10)において溶接金属の窒素含有量と靭性との関係においてガスシールド性が溶接部の靭性に及ぼす影響が示されている. 文献 10)では溶接金属窒素含有量とシールドノズルの径との関係が示され（図 15）. シールドノズル内径が 14mm 程度と小さい場合は，窒素含有量が増える可能性が示されている．また，溶接金属の窒素量抑制の溶接管理として，シールドガス流量 : 25ℓ/min 以上，被溶接面とノズル先端間距離 : 30mm 以下，ウィービング幅 : 20mm 以下が示されている [11]. しかし，試験体 No.1，No.2，No.3 では，シールドノズルの径，シールドガス流量，被溶接面とノズル先端間距離（図 16），裏当て金材質，溶接技能者は同一条件であり，入熱・パス間温度にも大きな差異は見られない．試験体 No.1，2 と No.3 における大きな相違点は，角変形が大きかったことである．このようなことから，試験体 No.1 及び No.2 は角変形が大きいため開先角度が 30° より減少しており，ガスシールド性もしくはガスの流れが試験体 No.3 と異なり窒素含有量が上昇し，靭性が低下した要因のひとつと推測される．しかし，本試験では窒素含有量の化学成分分析を行っておらず，窒素含有量とじん性低下との関係を評価できないため，試験体 No.1 及び No.2 の DEPO の靭性値が No.3 に比較して低い傾向を示したことについては今後の検討課題としたい.

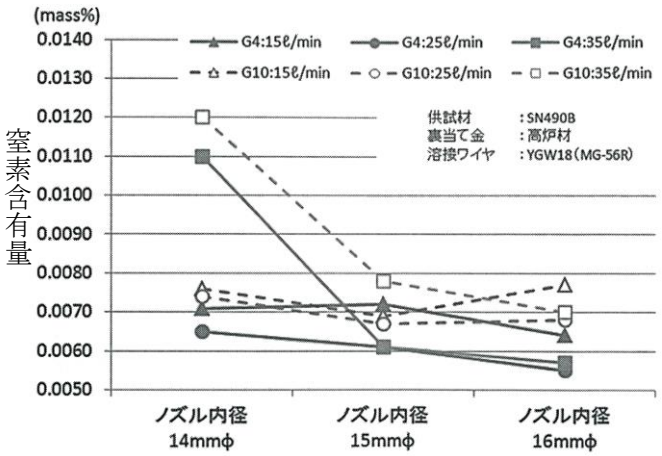


図 15　シールドノズル内径およびガス流量と溶接金属窒素含有量の関係 [10]

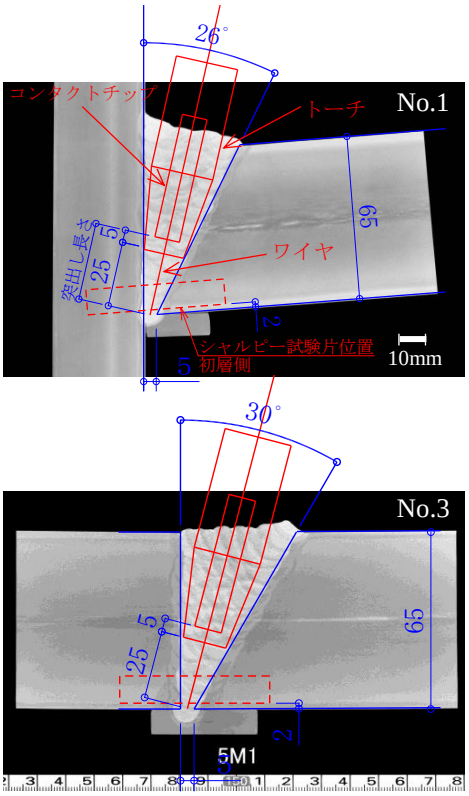


図 16　本試験における被溶接面とノズル先端間距離

5. まとめ

本実験結果により，以下の知見が得られた.

1) 550N/mm^2 鋼の 30 度開先半自動溶接部は，非破壊試験及び破壊試験において有害な欠陥が見られず，母材の規格値を満足する良好な継手性能を示した.

2) 十字継手（下向姿勢及び横向姿勢），突合せ継手（横向姿勢）の継手形状としたが，いずれにおいても健全な継手性能を得ることができた.

今回の実験結果をもとに,実施工での適用を推奨していきたい.

［参考文献］

1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事，2018

2) 櫻本ら：30 度開先の実用化に向けた炭酸ガスアーク溶接における品質確保に及ぼす影響，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.673-674, 2017.8

3) 市原ら:建築構造用高性能 550N/mm^{2}TMCP 鋼材を用いた溶接組立箱形断面柱の溶接性能，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.603-604, 2020.9

4) 森平ら:建築構造用高性能 590N/mm^{2}TMCP 鋼材を用いた溶接組立箱形断面柱の溶接性能，日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.559-560, 2021.9

5) 工藤ら:550N/mm^2 級冷間成形角形鋼管柱－通しダイアフラム 30 度開先溶接継手性能に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.549-550，2021.9

6) JFE スチール:建築構造用 550N/mm^{2}TMCP 鋼材 HBL385 溶接施工指針，2012.2

7) 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

8) 日本鋼構造協会：建築鉄骨溶接部の機械的性質の標準試験マニュアル～引張試験・シャルピー衝撃試験～，2016.7

9) 日本鋼構造協会：25 度狭開先ロボット溶接マニュアル，2013.10

10) 日本建築センター：冷間成形角形鋼管設計・施工マニュアル，p.159，2018.2

11) 日本建築センター：鉄骨梁端溶接接合部の脆性的破断防止ガイドライン・同解説　第 2 版，2003

角形鋼管柱梁接合部における内ダイアフラムの合理的溶接方法の基礎検討

Study on Reasonable Welding Method for Inner Diaphragm in Beam-to-Column Connection.

工藤　哲也

by KUDO Tetsuya

キーワード：柱梁接合部，角形鋼管，内ダイアフラム
Keywords：Beam-to-Column connection，Column，Inner Diaphragm

1．はじめに

角形鋼管と H 形鋼を用いた柱梁接合部では，方角によって梁せいが異なる場合があり，通しダイアフラムを複数枚付けて梁フランジを納めている．この場合，梁せいの差が比較的大きければ良いが，差が小さくなると通しダイアフラム間隔が狭くなり，角形鋼管の完全溶込み溶接部の超音波探傷試験の際に，探傷不能領域が発生する.そのため一部の通しダイアフラムを内ダイアフラムに変更することがある.(図 1)内ダイアフラムは開先加工を行なった鋼板に裏当て金を付け，それを角形鋼管内に取付けるものであり，角形鋼管内側と内ダイアフラムとの溶接は，35 度レ形開先の完全溶込み溶接とし，溶接後に超音波探傷試験を実施する.仮に完全溶込み溶接を隅肉溶接にした場合，裏当て金の取付け工程が無くなり，製作面において合理化が図れる可能性がある.しかしながら内ダイアフラムを完全溶込み溶接以外で溶接した柱梁接合部の施工性に関する研究事例は極めて少ない.

そこで本研究では，内ダイアフラムの合理的な溶接方法の模索を目的に，完全溶込み溶接以外の溶接方法で内ダイアフラムを溶接する場合の施工性，及び柱梁接合部の構造性能について検討する．本報では上記検討に用いた試験体の概要，及び内ダイアフラムの溶接施工性の比較について述べる．

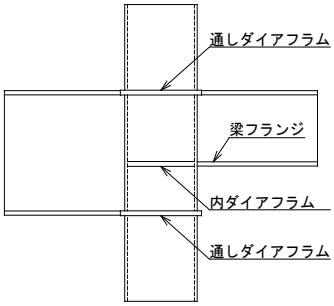


図 1　段違い柱梁接合部

2．試験体概要

図 2 に試験体形状を，表 1 に試験体一覧を示す．試験体は角形鋼管と梁接合部を模擬したものであり，サイズは角形鋼管が□-500×500×19(BCR295)，内ダイアフラムが PL-25(SN490B)とし，内ダイアフラムの 4 隅にはスカラップを設けた．また，角形鋼管外面には後に局部引張試験を行うための梁フランジ PL-50(SM490A)を取付けた．

試験対象の試験体は 3 体とし，内ダイアフラムの溶接方法をパラメータとした．表 2 に各試験体の設計断面を示す．同表には文献 1)，文献 2)に基づいて溶接部の設計断面から算定した単位長さ当たりの継ぎ目引張耐力 P_w と，単位長さ当たりの母材引張耐力 P_b の比を示しており，全ての試験体で内ダイアフラム溶接部が母材に対し全強を満足する($P_w/P_b \geqq 1$)設計仕様となっている．

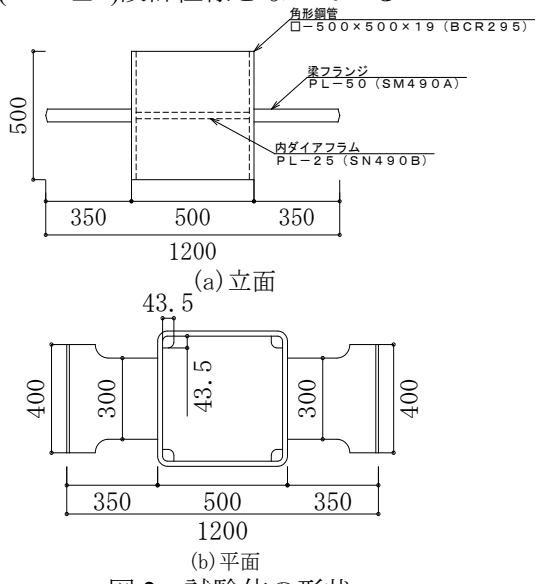
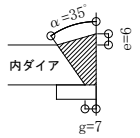
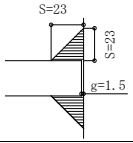
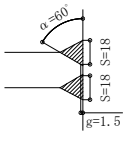


図 2　試験体の形状

表 1　試験体一覧

試験体	角形鋼管	内ダイアフラムの溶接方法	内ダイアフラム溶接部のルート間隔(mm)
FP	□500×500×19	完全溶込み溶接	7
FW		隅肉溶接	1.5
GFW		異形隅肉溶接	

表 2　内ダイアフラム溶接部の設計断面

試験体	FP	FW	GFW
設計断面			
Pw/Pb	1.00	1.04	1.10

α：開先角度，e：余盛(mm)，g：ルート間隔(mm)，S：脚長(mm)，
P_w：単位長さ当たりの継目引張耐力(例えば，FW の場合は $P_w=2\times1.4\times0.7S\times{}_d\sigma_u/\sqrt{3}$($_d\sigma_u$：内ダイアの引張強さ))
P_b：単位長さ当たりの母材引張耐力
($P_b=t_d\times{}_d\sigma_u$($t_d$：内ダイアフラムの板厚))

試験体 FW 及び GFW については，角形鋼管と内ダイアフラムとの隙間を JASS6[3]で規定される T 継手の隙間の管理許容差 e=2mm 以下とするため，$B_d=D_c-3$(B_d：内ダイアフラムの幅(mm)，D_c：鋼管の内寸法(mm)となるように内ダイアフラムの寸法を調整し，梁フランジが取付く 2 面の隙間が概ね均等となるように内ダイアフラムを配置した．内ダイアフラムの溶接はワイヤ YGW11 を使用し，表 3 に示す溶接条件に基づいて，下向姿勢の CO_2 ガスシールドアーク溶接により接合した．各試験体における溶接手順を図 3 に示す．試験体 FW 及び GFW については，内ダイアフラムの片面を溶接した後にタイコを反転させ，反対側の溶接を行った．

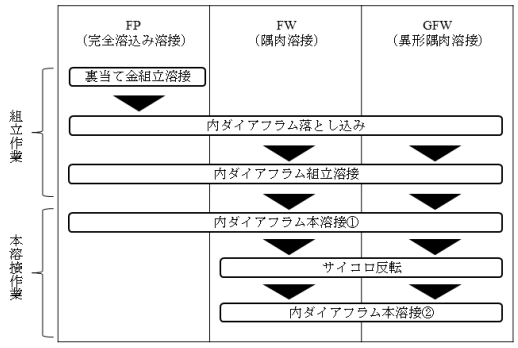


図 3　内ダイアフラムの溶接手順

表 3　溶接条件

試験体	溶接方法	層数	パス数	電流(A)	電圧(V)	パス間温度(℃)	入熱(kJ/cm)
FP	完全溶込み溶接	8	12	300	40	≦350	≦40
FW	隅肉溶接	5	16				
GFW	異形隅肉溶接	6	7				

3．内ダイアフラム溶接部の断面マクロ

図 4 に各試験体の内ダイアフラム溶接部の断面マクロを示す．マクロ試験は表 1 で示した計 3 体の試験体を同形状・同条件で製作した試験体から採取した．図 4 には断面マクロから測定した脚長 S(mm)の実測値と，その実測値を基に文献 1)及び文献 2)によって算出した継目引張耐力 P_w の比を記載している．

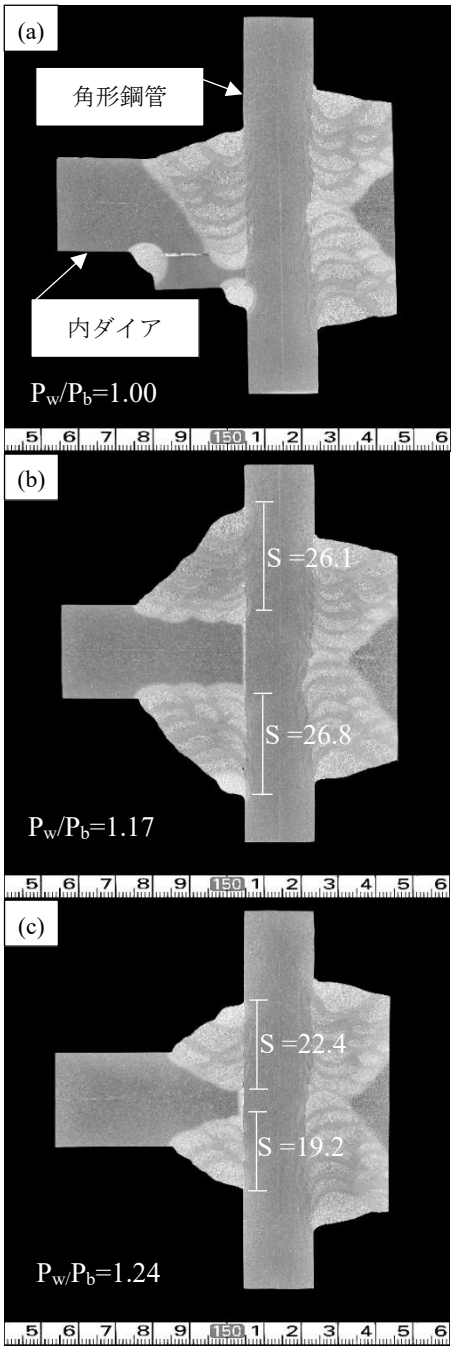


図 4　溶接部断面マクロ(a)FP，(b)FW，(c)GFW

4．内ダイアフラムの溶接施工性の比較

各試験体の内ダイアフラムの溶接量の比較を図 5 に，溶接施工時間の比較を図 6 に示す．図 6 に示す組立て時間には図 3 で示したように裏当て金の取付けや，組立て溶接に要した時間も計上している．棒グラフの頂部には，試験体 FP(完全溶込み溶接)における値を 1.00 とした時の比率を記載している．

図 5 に示す通り，溶接量は試験体 GFW が最も少なく，試験体 FP に比べて 41%程度の削減率であった．また，製作時間についても試験体 GFW が最も少ない結果となったが，その差は僅少であった．一方，試験体 FW については，溶接量は試験体 FP に比べ 10%増加となったものの，溶接施工時間については試験体 FP に比べ 182%も増加した．製作時間が大幅に増加した要因として，図 6 からわかるように組立てにかなりの時間を要していることがわかる．これは試験体 FW のみ内ダイアフラムに開先加工を行なっておらず，隙間 1.5mm の設定の中で角形鋼管の内側に引っ掛かり，その都度引き抜いてグラインダで表面を削るという行為を繰り返したためである．なお，角形鋼管内に内ダイアフラムを入れる場合，横向きで入れることが多いが，全て角形鋼管を立てて下向きで落とし込みとした．落とし込むことで隙間 1.5mm という厳しい条件が若干でも緩和されると考えたが，角形鋼管内側の凹凸により，辺部や角部付近など様々なところで引っ掛かった．

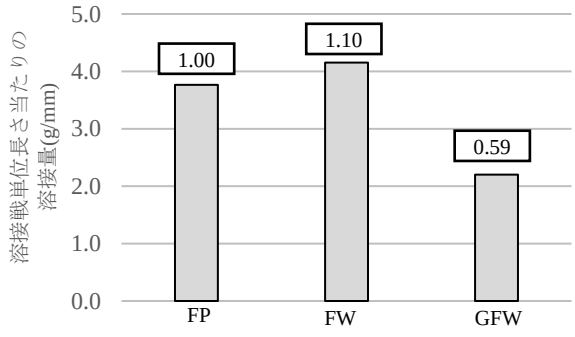


図 5　溶接量の比較

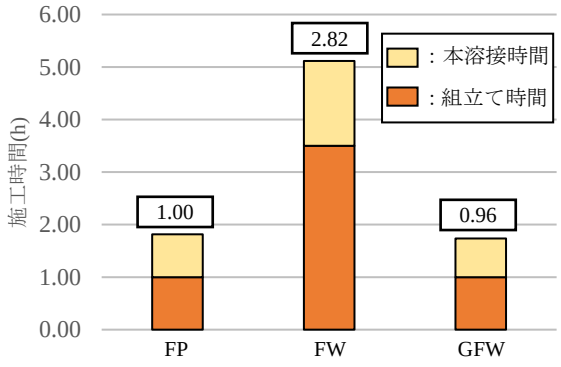


図 6　溶接施工時間の比較

5．まとめ

本報では，試験体の概要及び内ダイアフラムの溶接施工性の比較について述べた．形状の検討段階から懸念していた，角形鋼管と内ダイアフラムの隙間 1.5mm の時の入れにくさが現実となった．施工性では隙間が大きいと組立てしやすい反面，溶接がしにくく，それにより溶接量，溶込み，外観不良に影響を与える．逆の場合は，前述で報告した内容となる．組立てと溶接両方にメリットを持たせ，既存と同等の施工性を目指し，今後検討を重ねていく．

［参考文献］

1)　日本建築学会：鋼構造接合設計指針　第 4 版，2021.2
2)　森川ら：異形隅肉溶接継目の強度評価，日本建築学会大会学術講演梗概集（東北），pp.679-680，2009.8
3)　日本建築学会：建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事　第 11 版，2018.1

ビードスキャン装置による隅肉溶接の測定

Measurement of Bead Shape in Fillet Welding with Bead Scanning Device

工藤　哲也，加賀谷　浩一

by KUDO Tetsuya,KAGAYA koichi

キーワード：ビードスキャン装置，隅肉溶接，脚長測定

Keywords：3D Handy Scanner，Fillet Weld，Leg Measure

1．はじめに

隅肉溶接のビード断面形状は，図 1 に示す凸形状と凹形状に大別できる．CO_2 半自動溶接による隅肉溶接のビード断面形状は凸形状となるため，溶接ゲージにより脚長を測定することで，のど厚が設計値を満足しているかの判断が行える．これに対しサブマージアーク溶接は凹ビード形状となるため，脚長を測定しただけではのど厚が設計値を満足しているかの判断できず，のど厚を直接測定する必要がある．

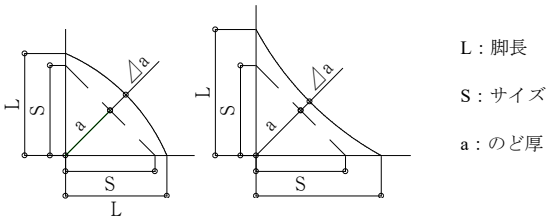


図 1　ビード断面形状

のど厚の測定方法としては溶接ゲージに付いているのど厚測定部分か，専用のゲージを製作して行うことになる．昨今ではレーザでビード形状を測定し，ビード形状からのど厚の算出が行えるスキャン装置が開発されている．また，この装置は溶接両端部のアンダーカット形状の測定も行える．

ここでは CO_2 半自動溶接による隅肉溶接ビードとサブマージアーク溶接ビードを溶接ゲージとビードスキャン装置で測定し，脚長とアンダーカットについて，両者の測定方法による測定値の相違・比較とビードスキャン装置を使用する際の留意点について調査した結果を述べることとする．

2．ビードスキャン装置

ビードスキャン装置を図 2 に，測定風景を図 3 に示す．この装置は隅肉溶接の脚長，アンダーカットなどをレーザで測定し，専用ソフトと連動してビード形状を図形と寸法で表示するものである．無開先隅肉溶接では測定・表示されたビード形状からのど厚が自動的に算出される．表示についてはユーザーが必要な情報だけ選択でき，自主チェック項目や検査報告書の項目に合わせることができる．レーザのため屋内又は日陰のもとでの使用という制限はあるが，プローブとノートパソコンがあれば簡単に測定可能である．

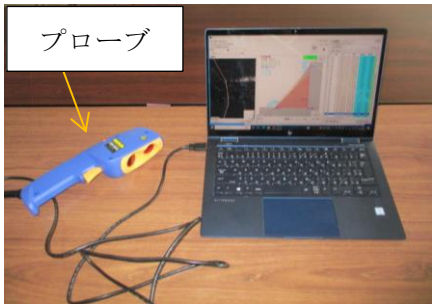


図 2　ビードスキャン装置

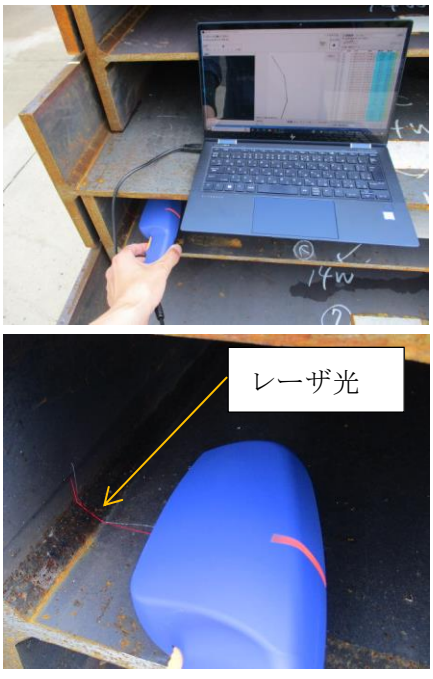


図 3　ビードスキャン装置による測定風景

3．ビードスキャン装置による測定

図 4 はビードスキャン装置を使用して溶接組立 H 形断面材(BH)のウェブとフランジのサブマージアーク溶接部を測定したビード形状・寸法である．ユーザー設定により脚長の横と縦，のど厚，アンダーカット横(UC 横)と縦(UC 縦)の寸法のみを示している．表 1 にビードスキャン装置による測定データを示す．BH はウェブ厚 12mm,フランジ厚 22mm で構成されており，板厚の組合せから設計のど厚は 6.3mm である．このビードは凹ビード形状のため，凹みの最大値をもとにした二等辺三角形として計算するので, 12.3×0.7=8.6mm となり設計値を満足していることがわかる．アンダーカットは，「0.3mm 以下，ただし，許容値を超え 1mm 以下の場合，アンダーカット部分の長さの総和が溶接長の 1/10 以下で断面が鋭角でないものは許容できる」と規定されている [1)]．0.3mm 程度以下のアンダーカットの測定は，アンダーカットゲージ等で行っているが，測定者及び測定回数によってもアンダーカット深さの測定値は相違し，また，断面形状は判別できない問題点がある．これに対し，ビードスキャン装置では隅肉溶接端部のアンダーカットの深さは 0.2mm が測定され，断面形状も確認される．

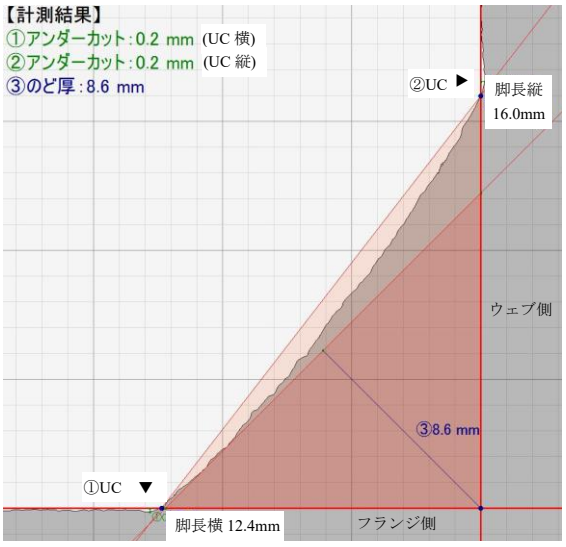


図 4　ビードスキャン装置による測定図

表 1　ビードスキャン装置による測定データ

測定項目	脚長横	脚長縦	のど厚	UC 横	UC 縦
測定値	12.4mm	16.0mm	8.6mm	0.2mm	0.2mm

4．溶接ゲージとビードスキャン装置の比較測定

CO_2 半自動溶接の隅肉溶接と，サブマージアーク溶接の隅肉溶接を，それぞれ通常の測定作業している溶接ゲージとビードスキャン装置で測定した場合のデータを比較した．

4.1　CO_2 半自動溶接の隅肉溶接の測定

図 5 はガセットプレートの隅肉溶接である．ガセットプレート厚 12mm と，コラム厚 19mm で構成されており，板厚の組合せより設計のど厚は 6.3mm,脚長は 9.0mm となる.溶接ゲージでの脚長測定風景を図 6 に示す．溶接ビードは 2 パスで形状は凸ビード形状である.溶接ゲージを使用し脚長とのど厚を測定したデータを表 2 に示す．測定データの脚長 9mm と 13mm からのど厚を算出すると 6.3mm となり，設計値 6.3mm を満足している．直接のど厚を測定した結果は 9.5mm であり，脚長から算出した数値との差が 2.7mm あるが，余盛も含んでいるためである．いずれの場合ものど厚の設計値を満足していることがわかる．次にビードスキャン装置のビード形状を図 7 に，測定データを表 3 に示す．ビードスキャン装置でのビード形状とアンダーカットの測定は，5 回測定し平均値を採用した．

図 5　ガセットプレートの隅肉溶接

図 6　溶接ゲージによるのど厚測定風景

表 2　溶接ゲージによる測定データ

測定項目	脚長横	脚長縦	のど厚	UC 横	UC 縦
測定値	13.0mm	9.0mm	9.5mm	0 mm	0 mm

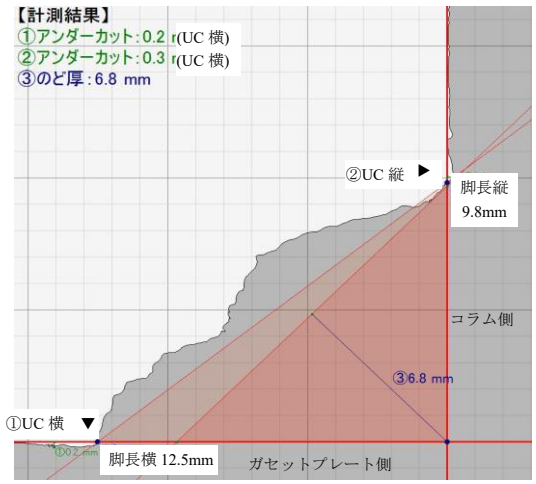


図 7　ビードスキャン装置による測定図(1 回目)

表 3　ビードスキャン装置による測定データ

測定項目		脚長横	脚長縦	のど厚	UC 横	UC 縦
測定値	1	12.5mm	9.8mm	6.8mm	0.2mm	0.3mm
	2	12.7mm	9.6mm	6.7mm	0.3mm	0.2mm
	3	12.8mm	9.7mm	6.7mm	0.1mm	0.1mm
	4	12.6mm	9.9mm	6.9mm	0.1mm	0.3mm
	5	12.5mm	9.8mm	6.8mm	0.2mm	0.2mm
	平均	12.6mm	9.7mm	6.7mm	0.2mm	0.3mm

溶接ゲージによる測定データと比較すると，脚長横は 0.4mm，脚長縦は 0.7mm 差が生じた．これはビードスキャン装置の測定単位 0.1mm に対し，溶接ゲージでは 0.1mm 単位の測定は測定者による判断になることが影響しているためと考えられる．また，溶接ゲージの目盛が 1mm 単位なので，測定者の読み方に左右されることも要因のひとつと言える．

4.2 サブマージアーク溶接の隅肉溶接の測定

BH は板厚 12mm と 22mm で構成されており，板厚の組合せにより設計のど厚は 6.3mm であり，脚長は 9.0mm となる．サブマージ溶接は凹ビード形状なので，溶接ゲージによる脚長測定値からのど厚は算出できないため直接のど厚を測定することとなり，測定結果は 9.0mm であった．溶接ゲージでののど厚測定風景を図 8 に，溶接ゲージを使用し脚長とのど厚を測定したデータを表 4 に示す．

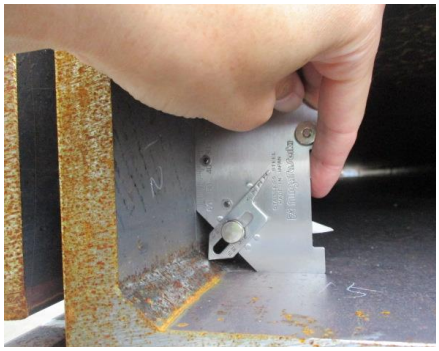


図 8　溶接ゲージによる脚長測定風景

表 4　溶接ゲージによる測定データ

測定項目	脚長横	脚長縦	のど厚	UC 横	UC 縦
測定値	12.0mm	15.0mm	9.0mm	0 mm	0 mm

次にビードスキャン装置を使用したビード形状を図 9 に，測定データを表 5 に示す．脚長横 12.2mm をもとに二等辺三角形をつくり，そのときののど厚を算出すると 8.5mm となる．溶接ゲージで測定したのど厚が 9.0mm でその差は 0.5mm であり，前述とおり余盛を含んだ測定値となるため溶接ゲージによる測定値は大きくなっていると考えられる．

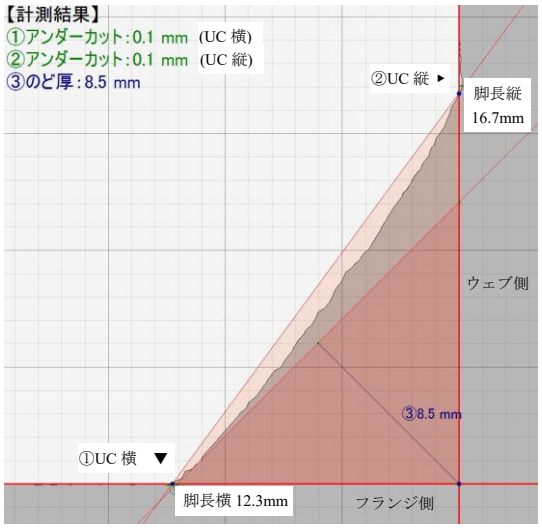


図 9　ビードスキャン装置による測定図(1 回目)

表 5　ビードスキャン装置による測定データ

測定項目		脚長横	脚長縦	のど厚	UC 横	UC 縦
測定値	1	12.3mm	16.7mm	8.5mm	0.1mm	0.1mm
	2	12.4mm	16.0mm	8.6mm	0.2mm	0.2mm
	3	12.4mm	16.3mm	8.7mm	0.1mm	0.1mm
	4	12.1mm	15.6mm	8.4mm	0.1mm	0.1mm
	5	12.1mm	16.0mm	8.5mm	0.1mm	0.2mm
	平均	12.2mm	16.1mm	8.5mm	0.1mm	0.1mm

5. まとめ

CO_2 半自動溶接とサブマージアーク溶接の隅肉溶接の溶接ビードを，それぞれ溶接ゲージとビードスキャン装置を使用して溶接部の脚長及びのど厚を測定し，その比較を行った．その結果，以下のことが言える．

(1) 脚長については溶接ゲージが母材と溶接部の境界を点(断続)で測定するのに対し，ビードスキャン装置は母材から溶接部表面全体を線(連続)で測定できること，また，ビードスキャン装置の測定単位が 0.1mm であることに対し，溶接ゲージでは 0.1mm 単位の測定は測定者による判断となることから，ビードスキャン装置の方が測定精度は高いと考えられる．

(2) のど厚について，溶接ゲージでは母材 2 つの交点の 45°位置で測定するため，余盛を含むことになり，溶接ゲージにより測定されるのど厚は余盛を加えた数値となる．

(3) 目視で合否の判断が困難なアンダーカットの深さ及び形状の測定には，ビードスキャン装置による測定方法は有効と考えられる．

(4) 今回の調査をもとに，ビードスキャン装置により隅肉溶接を測定する際の留意点は以下と思われる．

① 工場内外問わず日陰の元であれば，プローブとノートパソコンのみで測定は可能だが，レーザの当て方によってはスキャンした測定図が実形状から逸脱することがある．そのため，測定に支障のない場所を確保し，正確なレーザの当て方による測定が必要である．

② スキャンした溶接部のビード形状及びアンダーカット形状の寸法は，0.1mm 単位での測定精度であるが，同じ位置を測定しても数値が変化することがあるので，5 回程度測定を繰り返し，ばらつきを考慮して数値を使用する必要がある．

③ 凸ビード，凹ビード問わずのど厚を直接測定する際に，溶接ゲージとビードスキャン装置の測定値に差が生じる．溶接ゲージは余盛を含み,ビードスキャン装置は余盛を含まないということを理解した上で測定する必要がある．

［参考文献］

1) 建築基準法施行令第 67 条第 2 項における告示(平成 12 年建設省告示第 1464 号)

建築鉄骨製品寸法測定への光学式３次元測定機の適用
（その１　測定方法検証と適用課題）

Toward the Application of Optical 3D Measuring Machine for Dimensional Measurement of Building Steel Frame Products.

藤原 好昭，山下 達也，福井 彩華

by FUJIWARA Yoshiaki ,YAMASHITA Tatsuya ,FUKUI Ayaka

キーワード：レーザートラッカー，3 次元測定機
Keywords：Laser Tracker，Coordinate Measuring Machine

1．はじめに

従来，大型建築鉄骨製品の寸法は，鋼製巻尺，鋼製直尺及びレベルを用いて測定している．そのため，製品寸法の測定値は，検査員の技量に依存している．また，たとえば，当社ではフェーシングしたベースプレートのシャフトに対する直角度及び孔間距離の寸法測定は検査員 2 名で行っているなど，製品形状によっては 2 名以上での測定作業となっている．大型建築鉄骨製品における寸法の測定業務の省力化は生産性向上へのひとつの課題となっている。

昨今では，測定対象物を動かさず，測定機を移動させることで全体を測定可能な大型製品の測定に適している可搬型の 3 次元測定機が開発・普及しつつある．

このようなことから大型建築鉄骨製品における寸法測定の省力化を図るため、当社ではワイドエリア 3 次元測定機 WM-C3000（キーエンス製）を導入した．3 次元測定機は測定対象物を 3 次元的に測定できる測定機であり，接触型，レーザートラッカー，レーザースキャナーならびにトータルステーションなどがある．本機はレーザートラッカーで，レーザートラッカーは測定対象物に接触させたターゲットにレーザ光を照射し，ターゲットから反射したレーザ光がその光路をたどり発光源に戻ることで，ターゲットの 3 次元位置を決定する光学式測定機である [1]．精度が高く，自動車や飛行機，ロケットの製造時に使われている．他のファブリケーターでは，特殊構造物に対しレーザートラッカーを組立て作業に適用する事例が報告されている [2]．レーザートラッカーは，誰でも簡単に精度よく測定できるため，大型もしくは複雑な鉄骨製品の形状への対応，及び，従来では検査員 2 名で行っている寸法測定を 1 名で対応できる可能性がある．

本機は，カメラ，プローブ及びパソコン(PC)から構成される（図 1）．プローブはワイヤレスで持ち運び可能である．測定の模式図を図 2 に示す．プローブ側から近赤外線光が発光され，カメラで測定点をとらえる仕組みである．測定の様子を図 3 に示す．

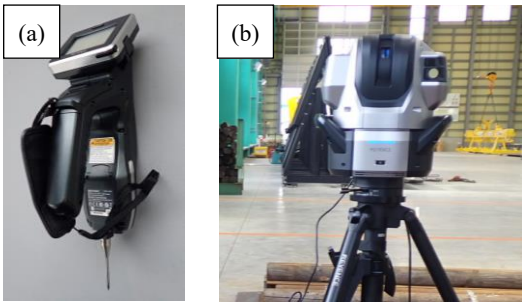


図 1　WM-C3000　(a)プローブ，(b)カメラ

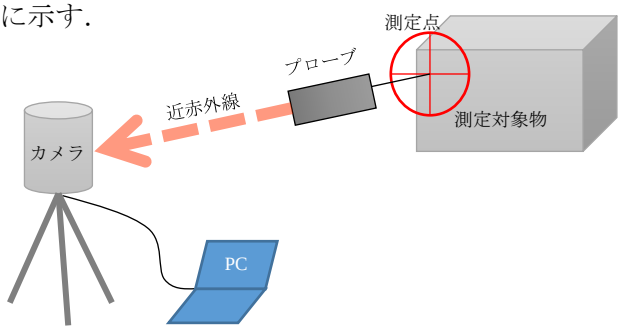


図 2　測定の模式図

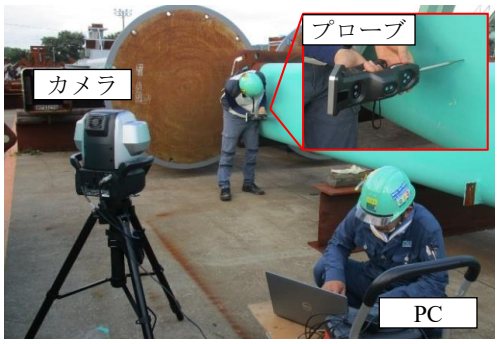


図 3　測定の様子（測定テストのため，2 名で実施）

測定機の仕様を表 1 に示す．本機はカメラが認識できる範囲で，①測定機を運ぶ，②設置する，③プローブのボタンを押すという簡単な操作で精度よく測定することができる．また，測定対象物の形状・寸法と 3 次元(3D)CAD データを比較測定することが可能である．精度保証範囲と測定可能範囲の模式図を図 4 に示す．本機は使用周囲温度+10～+35℃であるため，温度管理された測定室が不要であり，温度変化の影響を受けにくく屋外においても使用できる長所を有している．

本報は，導入した WM-C3000 を用いて短尺コラム及び柱製品の寸法測定し、その測定方法の検証と使用にあたっての課題を調査・検討したものである．

表 1　測定機の仕様

	項目	WM-C3000(キーエンス)
カメラユニット	最大測定長さ W×D×H	10,000×3,500×5,000mm
	精度保証範囲 W×D×H	3,000×1,500×1,500mm
	指示誤差精度*	±(28＋5L/1,000)μm
	繰り返し精度 2σ	±10μm
	使用周囲温度	+10～+35℃
	電源	専用 AC アダプタ
プローブ	電源	バッテリー 連続使用 8 時間

*精度保証範囲内にて使用環境 23℃±1℃のとき．

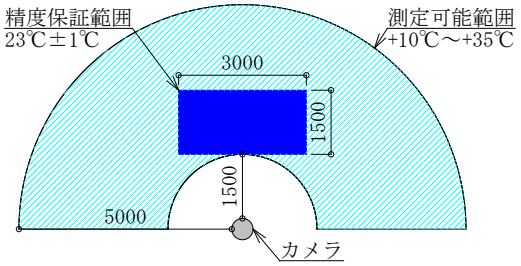


図 4　精度保証範囲と測定可能範囲の模式図

2. 予備試験　短尺コラムの心点距離測定

2.1　目的

WM-C3000 による測定方法の検討及び繰り返し測定のばらつきを確認することを目的とした．

2.2　試験方法

短尺コラム寸法と基準点を図 5 に示す．図に示す位置を基準点とし，試験体の表面にポンチをうった．試験体表面のポンチ穴を含む任意の位置に 3 次元測定機のプローブを接触させ測定した．

本試験では基準点を基に仮想心を設定しその心点と設計値の心点とのずれを比較した．図 6 に示す仮想心の設定方法は中面から心点を設定する測定方法 A と図 7 に示す円点から心点を設定する測定方法 B とした．

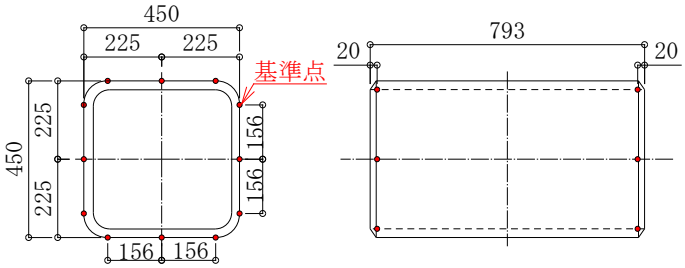


図 5　試験体形状と基準点

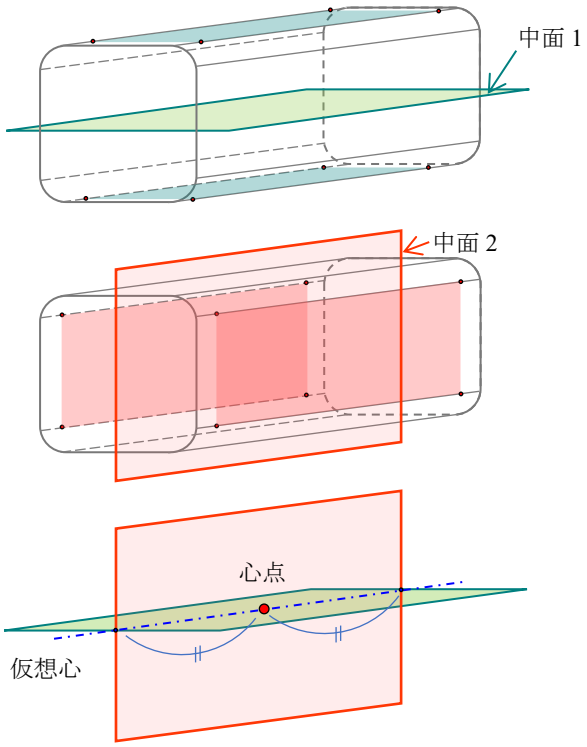


図 6　測定方法 A（中面から心点を設定）

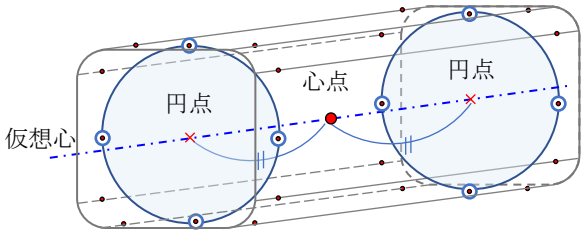


図 7　測定方法 B（円点から心点を設定）

それぞれの方法において，測定したデータから PC 上にて仮想心の心点を算出し，設計値の心点とのずれの比較を 4 回繰り返した．（図 8）

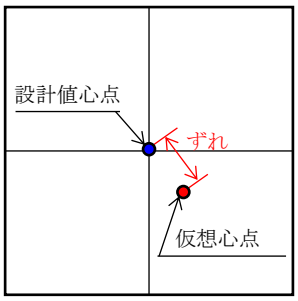


図 8　設計値の心点と仮想心の心点とのずれ

2.3　試験結果

測定結果を表 2 に示す．測定方法 A 及び測定方法 B いずれにおいても測定した心点と設計値の心点との距離の差が 1mm 以下となり，測定方法 A は平均 0.623mm，測定方法 B は平均 0.660mm であった．

表 2　心点と設計値心点との距離

	測定方法 A	測定方法 B
平均値(mm)	0.623	0.660
標準偏差(mm)	0.015	0.0462
最小値(mm)	0.60	0.62
最大値(mm)	0.63	0.70
標本数	4	4

(測定温度：22.0℃)

ばらつきも少なく，測定方法 A 及び測定方法 B ともに高い精度で測定ができることを確認した．測定機の仕様の繰り返し精度を満たしていない要因は，測定者のプローブ針の当て方（プローブ針（図 9）をポンチ穴に様々な角度から接触させる）による差が出たと考えられる．図 10 に測定の様子を示す．

図 9　プローブ針

図 10　測定の様子

注意点として，本測定機は精度保証されている測定範囲と測定可能範囲が異なる．精度保証されているのは W3000×D1500×H1500mm であり，本来は大型製品の計測には適していない [1)]．

短尺コラムの寸法及びコラムのシーム部における凹凸の大きさを考慮し，測定方法 B を全長測定に用いることとした．全長 793mm のコラムにて測定方法を確認できたため，次に長尺品全長 13,000 mm の製品における寸法測定を行った．

3．簡易座標式による製品全長測定

3.1　試験方法

試験体形状を図 11 に示す．柱脚・柱頭各測定面端部からそれぞれ 150mm, 250mm 程度の位置の各平面に 9 点基準点を設けた．3 次元測定機及び鋼製巻尺を使用してそれぞれ全長を測定した．基準点位置を図 12 示す．

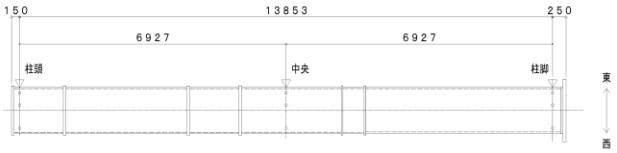


図 11　試験体形状

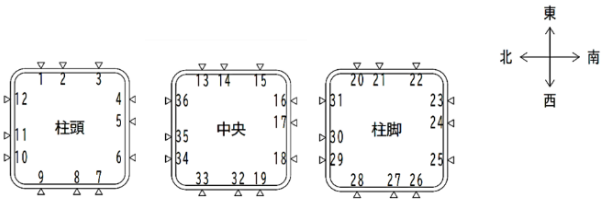


図 12　基準点位置

カメラユニットの仕様上は，測定可能範囲が図 4 に示す半径 5,000mm の位置となっており，1 度の測定では全体を網羅することができない．そのため，カメラを移動させ複数回測定し，データを合成する必要がある．

本試験体は，カメラを 5 回移動させ全体のデータを採取した．それらのデータを合成する処理は，処理速度が速く，かつ作業性の良い簡易座標式とした．測定からデータの合成までは以下の手順による．

1)　測定対象に座標(x,y,z)を指定するための座標指示用磁石を 3 個設置する．(図 13)

図 13　座標指示用磁石

2)　カメラの移動前後の測定範囲に同じ位置の座標指示用磁石が入るようにし，プローブを接触させ測定する．カメラを 5 回移動させ測定する．(図 14) 簡易座標式では，原点座標がカメラの位置にある．

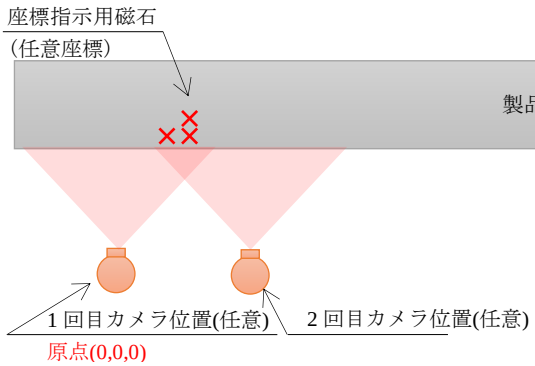


図 14　簡易座標式による
カメラ原点時の測定模式図

3)　PC 上で簡易座標として測定データを重ね合わせる．(図 15) 簡易座標式では，磁石の座標は 1 回目と 2 回目の平均値を採用している．

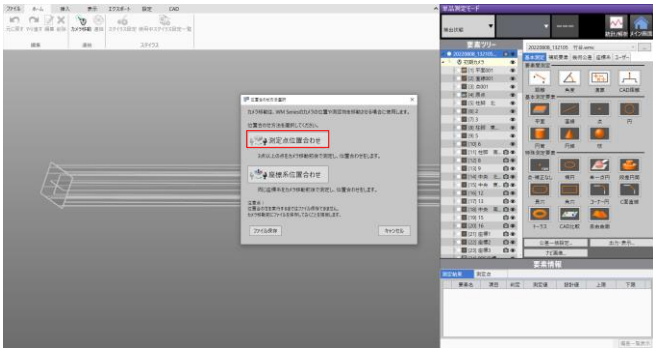


図 15　簡易座標式の設定

3.2　試験結果

測定結果を表 3 に示す．柱南面全長において 3 次元測定機と鋼製巻尺の測定値に-8.49mm という大きな差が生じた．本実験では，WM-C3000 による測定において，大型の製品を 5 回に分けて測定し，データの合成処理にはカメラに原点座標をおく簡易座標式を用いた．簡易座標式では座標指定磁石の座標が平均化されるが，その際に誤差が生じたものと考えられる．

表 3　　WM-C3000 と鋼製巻尺の差(単位：mm)

	東	西	南	北
鋼製巻尺	13856	-	13857	13853
WM-C3000	13854.60	13852.33	13848.51	13851.45
差	-1.4	-	-8.49	-1.55

(測定温度 23.6℃)

処理速度などの利点から簡易座標式を用いて測定したが，鋼製巻尺と同等の水準で測定するためには本方式では対応できないことが明らかとなった．そのため，次の試験では製品に原点座標を移す方式（以下，製品座標式とする）を用いて測定することとした．

4．製品座標式による製品全長測定

4.1　試験方法

試験体形状を図 16 に示す．柱脚・柱頭の端部からそれぞれ 50mm，100mm の位置の各平面に 9 点基準点を設けた．また，東面のダイアフラムの板厚中心に 1 点基準点を設け，その点を原点とした．基準点および原点を図 17 に示す．

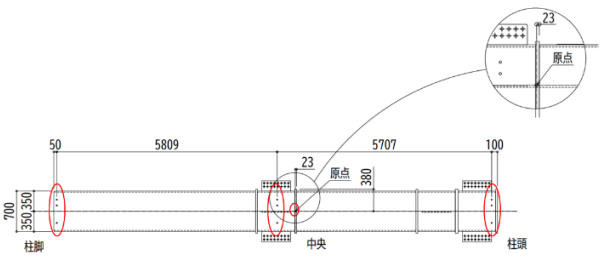


図 16　試験体形状

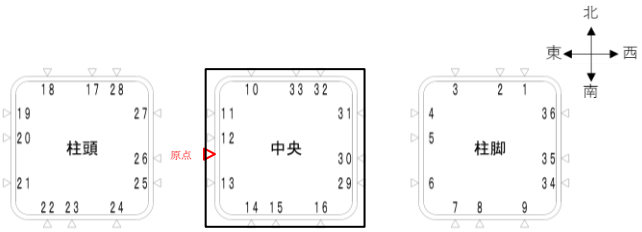


図 17　基準点及び原点

製品座標式の測定からデータの合成までは以下の手順による．

1) 測定対象に座標(x,y,z)を指定するための座標指示用磁石を 3 個設置する．
2) 製品の一部に原点座標を設定する．カメラ移動毎に座標指示用磁石と原点との誤差がないことを確認しながら測定を行う．(図 18)

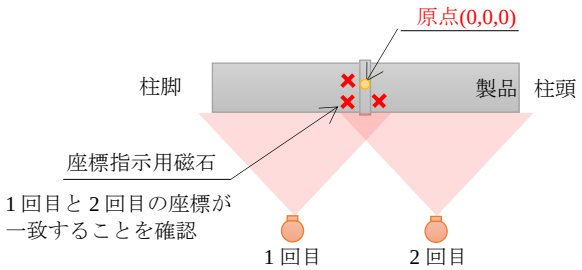


図 18　製品座標式の測定模式図

3) PC 上で製品座標として測定データを重ね合わせる．

4.2　試験結果

測定結果を表 4 に示す．WM-C3000 と鋼製巻尺の差は 0.23～-2.1mm と低減した．

表 4　　WM-C3000 と鋼製巻尺の差(単位：mm)

	東	西	南	北
鋼製巻尺	11520	11516	-	11516
WM-C3000	11519.77	11515.22	11519.51	11513.90
差	0.23	-0.78	-	-2.10

(測定温度：23.5℃)

本測定においては，PC 上のデータ合成処理を製品座標式とすることで，3 次元測定機と鋼製巻尺の測定値に極端な数値のずれが生じないことが確認できた．

鋼製巻尺の最小目盛は 1mm であるのに対し，WM-C3000 は 1μm まで測定結果を表示できる．従って，本機の運用によって分解能を向上させることができる．

5．まとめ

当社では現在，フェーシングしたベースのシャフトに対する直角度測定で WM-C3000 を試験的に使用し検証している．さらに，平面角度や勾配付きの部品が組み合わさった特殊構造物など従来の測定器具では難しい寸法測定においても活用を検討している．

導入した WM-C3000 の測定方法の検討及び使用にあたっての課題を調査することを目的とし，短尺コラム及び柱製品の測定を行った．

(1) 短尺コラムの測定結果により，WM-C3000 の指示誤差精度及び繰り返し精度を満たしてはいないが，ばらつきの少ない測定ができることを確認できた．
(2) 柱製品の測定結果により，WM-C3000 導入の課題として適切なデータの合成処理方法を選択する必要があることが分かった．これは、原点をカメラにおく簡易座標式では，データ合成時に製品の座標を平均化するため，鋼製巻尺の測定値との差が大きくなるため大型の製品への導入は困難と考えられ，他方，原点を製品に置く製品座標式での測定は，鋼製巻尺との差が低減され実施工の柱製品に適用できる可能性が判明したということである．

本報においては，WM-C3000 による対象測定数が少ないことから，今後繰り返し測定を行い WM-C3000 の運用可否を検討する必要がある．

※表現や装置の仕様は，ソフトの更新により変更されるため，本稿の装置と仕様が異なる場合があります。

［参考文献］

1) 株式会社三井 E&S マシナリー:大型構造物に関する画像情報を活用した検査の効率化，品質管理の高度化に関する調査研究成果報告会，

日本船舶品質管理協会，2021.3.9

2) 堀：レーザートラッカーを用いた製作手順の
改革，川田技報，Vol.39，2020

対外発表

1）　工藤　哲也，久保　真弓，齋藤　雅哉*，酒井　勇気**，鈴木　至**：角形鋼管柱梁接合部における内ダイアフラムの合理的溶接方法の基礎検討その 1　試験体概要及び施工性検証，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），pp.997～998，2022 年 9 月
*付：日鉄溶接工業株式会社
**付：日本製鉄株式会社

2）　酒井　勇気*，有田　政樹*，工藤　哲也，久保　真弓，齋藤　雅哉**：角形鋼管柱梁接合部における内ダイアフラムの合理的溶接方法の基礎検討その 2　局部引張試験による構造性能検証，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），pp.999～1000，2022 年 9 月
*付：日本製鉄株式会社
**付：日鉄溶接工業株式会社

3）　久保　真弓，工藤　哲也，横山　幸夫*：550N/mm^2 鋼を用いた 30 度開先半自動溶接部の継手性能，日本建築学会大会学術講演梗概集（北海道），pp.1015～1016，2022 年 9 月
*付：株式会社トラストエンジ

4）　工藤　哲也：550N/mm^2 級冷間成形角形鋼管柱－通しダイアフラム 30 度開先溶接継手性能に関する研究，第 19 回天田財団塑性加工助成研究成果発表会，2022 年 11 月

主な工事実績（2022 年 4 月期）

	工　事　名	設計事務所	施工会社	総重量（t）	建物規模
官	県・市連携文化施設 建築工事（秋田県）	佐藤総合計画・ 小畑設計 共同企業体	竹中工務店・大森建設・ 渋谷建設工業・加藤建設 特定建設工事共同企業体	931	5 階 22,653 ㎡
民	富士ソフト汐留ビルB棟	㈱竹中工務店	㈱竹中工務店	757	9 階 3,521 ㎡
民	中外製薬株式会社横浜拠点構 築プロジェクト(仮称)西側 敷地研究施設建設工事	㈱日本設計	鹿島建設㈱	8,502	B1+6 階 112,093 ㎡
民	（仮称）みなとみらい21中央 地区37街区開発計画	鹿島建設㈱	鹿島・フジタ・馬淵・ 大洋建設共同企業体	4,980	B1+28 階 121,618 ㎡
民	高田馬場駅前ビル建替計画 新築工事	鹿島建設㈱	鹿島建設㈱	1,442	B1+12 階 9,866 ㎡
民	市川塩浜物流施設開発計画	鹿島建設㈱	鹿島建設㈱	8,931	4 階 182,902 ㎡
民	次世代放射光施設建設工事 のうち基本建屋新築工事	㈱日建設計	鹿島建設・橋本店 建設工事共同企業体	897	B1+2 階 25,182 ㎡
民	宇都宮駅東口地区整備事業 コンベンション施設新築工事	AIS・RIA 設計共同企業体	前田建設工業㈱	3,014	4 階 11,485 ㎡
民	東北学院大学五橋キャンパス 新築工事（研究棟）	㈱佐藤総合計画	竹中･銭高･橋本･仙建特定 建設工事共同企業体	3,041	9 階 20,125 ㎡
民	（仮称）相模原市中央区 宮下一丁目224番326建物 新築工事	㈱日本設計	㈱長谷工 コーポレーション	3,372	4 階 28,079 ㎡
民	信越半導体白河工場 PW-D東棟増築工事	清水建設㈱	清水建設㈱	3,182	5 階 37,458 ㎡
民	プロロジスパーク草加 プロジェクト	清水建設㈱	清水建設㈱	1,780	4 階 151,518 ㎡
民	INZ1-A（SAKURA） （仮称）鹿黒ビル	鹿島建設㈱	鹿島建設㈱	5,326	6 階 101,000 ㎡
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（逆打ち鉄骨）	㈱三菱地所設計・ ㈱日建設計・㈱大林 組・㈱竹中工務店	うめきた2期共同企業体 （㈱竹中工務店・ ㈱大林組）	607	B3+39 階 314,249 ㎡
民	（仮称）DPL横浜戸塚新築工事	三井住友建設㈱	三井住友建設㈱	1,170	4 階 127,653 ㎡

民	（仮称）DPL三郷Ⅲ新築工事	三井住友建設㈱	三井住友建設㈱	1,367	5 階 86,120 ㎡
民	東京レールゲートEAST 整備事業	㈱フジタ	㈱フジタ	2,527	5 階 174,757 ㎡
官	新本庁舎建設工事（平川市）	NASCA・八州・構設計 共同企業体	清水建設㈱	494	4 階 8,104 ㎡
官	第一北上中部工業用水道 新浄水場管理棟及び 脱水機棟建築工事	岩手県企業局	三井住友建設㈱・ 岩手建設工業㈱ 特定共同企業体	424	2 階 2,318 ㎡
民	プロロジスパーク岩沼 再建プロジェクト	西松建設㈱	西松建設㈱	4,181	2 階 51,074 ㎡
民	株式会社エノモト津軽工場 第6期増築工事	㈱熊谷組	㈱熊谷組	861	2 階 15,720 ㎡
民	（仮称）流山おおたかの森B35 街区商業プロジェクト新築工事	㈱福田組	㈱福田組	3,186	3 階 32,838 ㎡
民	一蘭　関東工場新築工事	鹿島建設㈱	鹿島建設㈱	793	2 階 6,522 ㎡
民	（仮称）中央林間西物流施設 新築工事	㈱大林組	㈱大林組	1,420	5 階 114,476 ㎡
民	盛岡南公園野球場 （仮称）整備事業	環境デザイン研究所・ 清水建設・久慈設計 設計共同企業体	清水・菱和建設 工事共同企業体	283	3 階 15,347 ㎡
民	（仮称）日本梱包運輸倉庫 株式会社　岩沼営業所 建設工事	㈱久慈設計	㈱フジタ	4,849	3 階 21,810 ㎡
民	（仮称）GLP八千代Ⅳ新築工事	㈱鴻池組	㈱鴻池組	429	4 階 41,532 ㎡

注 1)　官：官公庁工事，民：民間工事

カガヤ技報　編集委員

工藤　哲也　　久保　真弓

カガヤ技報　Vol.3　2022

発　行：2023 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.

KGY
KAGAYA