

ぼうだより

Vol.506

技術がいど

2020 Spring

●技術レポート

ー 2020誌上ウエルディングショー ー

神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介



2 技術レポート

ー 2020誌上ウエルディングショー ー
神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介

9 知恵袋コーナー | 用語解説

被覆^{ほごとう}アーク溶接の保護筒

10 営業部ニュース

溶接ご法度集 -16 各種溶接材料編 (2)

11 ほっとひといき | 日本の素材百科

金属と^{かざり}鋳

13 神溶会コーナー | サポーターリレー

1- 西日本営業室
2- マーケティング企画室

15 解説コーナー | 試験・調査報告

静的試験 (引張試験、曲げ試験、硬さ試験)

18 神溶会コーナー

Mail from Netherlands



－ 2020誌上ウエルディングショー － 神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介

1. はじめに

KOBELCO — Your Best Partner、世界の展示会で当社が掲げるスローガンです。

溶接総合メーカーである当社は、顧客のベストパートナーとして、顧客の課題解決につながるソリューションをこれまで・これからも提案します。

本稿では、2020国際ウエルディングショーで展示を予定していた、当社の最新ソリューションをご紹介します。本文中でご紹介する各種ソリューションの詳細は、特設サイトのパネル・動画にてご覧ください。



【4月8日公開】特設サイトURL ▶
<https://www.kobelco.co.jp/welding/events/welding-show/index.html>



2. 最新ソリューションの概要

(1) 自動化・高能率化ソリューション

(詳細は3章、4章にてご紹介しています)

単なる自動化・高能率化を超える、高品質な自動溶接、自動化範囲の拡大、自動化の選択肢を拡げる技術を、業種別に提案します。

ポジションナ、移動装置やスラグ自動除去装置などを組合せ、高品質な連続自動溶接を実現する **ARCMAN™** ロボットシステム。6kgと軽量で持ち運び可能で場所を固定せず、オートセンシング機能による溶接の高品質化と1人複数台操作で高能率化を実現する石松。これらと当社独自の溶接材料・プロセスを組合せた新しい自動化をご紹介します。

溶接ロボットシステム、石松と独自の溶接プロセス、溶接材料、IoTによる最適な自動化提案

業種	自動化・高能率化ソリューション	コンセプト
鉄骨 (3.1)	REGARC™ 溶接システム 仕口溶接 パス間温度センサ	- 低スパッタプロセス REGARC™ を仕口溶接に初適用 - 温度測定～溶接を自動化し作業負荷軽減・データ化も可能
	【コンセプト提案】ケーブルレス仕様 REGARC™ 石松 石松 タッチパネル型新型コントローラ (2021年春販売開始予定)	- ケーブルレス化でさらにラクラク複数台操作、REGARC™ による低スパッタで高品質な高能率化提案 - Windows10対応、ラクラク操作のタッチパネル式
建設機械 (3.2)	ARCMAN™ A60×天吊りシステム ウィーピングカスタマイズ機能	- MP後継機 天吊り適用性を向上させた ARCMAN™ A60 - 特殊なウィーピングを使用した高能率・高品質な水平すみ肉溶接施工法
造船 (3.3)	【コンセプト提案】AIを活用した片面下向施工×石松 【コンセプト提案】 新エレクトロスラグ・エレクトログスアーク溶接装置×新ESW施工法 SESALA™	- AIを活用し、片面初層溶接の自動化を実現 - 新ESW SESALA™ によるシールドガス不要で、低スパッタ、低ヒュームの高品質溶接
全般 (4)	ARCMAN™ 新ラインナップ ARCMAN™ A80、A60、A40、A30/A30S	大型A80、MP・SRの後継機A60、A40、超小型A30/A30Sの新ラインナップ

(2) 業種別ソリューション

(詳細は5章にて最新アイテムをご紹介します)

建築鉄骨・造船・自動車・建設機械・エネルギー各業
種向けに、自動化・高能率化・高品質化ニーズに応える
最新ラインナップをご紹介します。

ベストセラーアイテムに加え、新ソリューションをパネル・映像で紹介しています。

3. 自動化・高能率化ソリューション

3.1 鉄骨

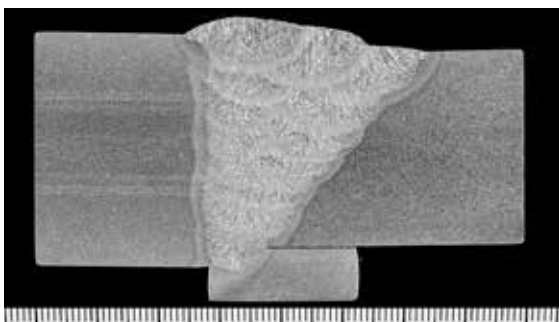
皆さまに高い評価をいただいている **REGARC™** プロセスは、当社独自の電流・電圧波形制御と専用溶接ワイヤにより、炭酸ガス溶接においても規則化されたグロービュール移行 (Regulated Globular transfer) を特長とし、スパッタ発生量を低減し、さらに高溶着、ヒューム発生量低減を実現する革新的な溶接法です。

REGARC™ プロセス搭載 **ARCMAN™** 鉄骨溶接ロボットシステムに「仕口溶接機能」が加わる予定です。

REGARC™ プロセス搭載 石松 と、ニーズ・作業環境
に合わせた選択・組合せが可能となります。



REGARC™ 仕口溶接



溶接部の溶込み例

3.1.1. **REGARC™** プロセス搭載 **ARCMAN™** 鉄骨溶接ロボットシステム による仕口溶接

REGARC プロセスを搭載した **ARCMAN™** 鉄骨溶接
ロボットシステムは、コラムおよびパイプ溶接システムにて
多くのお客様にご好評をいただいております。皆さまの
ご要望に応え、仕口溶接がラインナップに加わります。

3.1.2. ARCMAN™ 鉄骨溶接ロボットシステム パス間温度測定機能（コンセプト提案）

溶接金属の機械的性能は同じ溶接材料を用いてもパス間温度によって大きく変化します。このため、溶接部のパス間温度管理は溶接金属の強度を確保するうえで重要な指針です。

パス間温度測定機能により、パス間温度を自動測定することで作業者の負担を軽減します。本機能では、ワークの温度がしきい値*1) 以下まで下がると次パスの溶接を自動的にスタートします。また、安定生産支援ソフト AP-Support™の施工レポート機能*2) により、従来の出力データに加え、パス間温度のデータを記録し出力可能

工事内容	コア連続		作業日	2011.03.09
継手番号	継手16		コア部名称	コア連続部使用可能
材料	部位	作業量	記号	
板厚	25mm	1m ² 板厚	15m	
間隔奥度	15'	深部奥度	下奥奥度	
溶接材料	ワイヤ径			
	ノーバー			
	新橋			
	1/4円鋼線	250℃		
費用	溶接人時	20000 (円)	日割り1/4	

パス	溶接	アーク電圧(V)	溶接速度(cm/sec)	溶接人時(h)	1/4円鋼線(℃)
1	溶接	227	25.2	33.9	2032
	溶接	217	31.3	26.5	1650
	溶接	214	27.5	35.5	2413
	溶接	257	37.9	27.9	2627
2	溶接	212	27.4	32.4	2363
	溶接	257	27.9	27.9	2027
	溶接	214	26.0	30.2	2067
	溶接	210	36.0	21.7	2666
3	溶接	220	27.0	40.2	1761
	溶接	255	37.3	35.9	6350

施工レポート例*2)



パス間温度センサ測定動作
(コラム溶接) *2)

バス間温度センサ部

－2020誌上ウエルディングショー－ 神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介

となるため、お客様の施工記録を自動作成することができます。今回は、商品化した際の、本機能の利用価値をお聞きすべくご紹介しています。

＊1) 入熱40 kJ/cm以下：350℃(パイプ、SRC、仕口)

入熱30 kJ/cm以下：250℃(コラム)

＊2) 開発中のため、仕様が変更になる可能性があります。

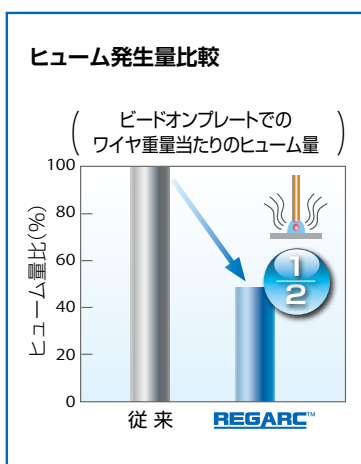
3.1.3. ケーブルレス REGARC™ プロセス搭載 石松 (コンセプト提案)

REGARC™ プロセス搭載 石松 は、REGARC™ プロセスの低スパッタ・低ヒュームで高品質な溶接と、設置場所を固定せず1人複数台操作による高能率施工を組合せたことで、前回ウエルディングショーでのデビュー以来多くのお客様にご愛用いただいています。

REGARC™ 石松 のティーチングBOXのケーブルレス化を実現することで、ケーブル重量が削減され、ロボットの搬入出・設置作業がさらに楽にできるように開発を進めています。4時間充電で最大8時間の連続使用が可能で通信範囲30mと広い範囲をカバーします。



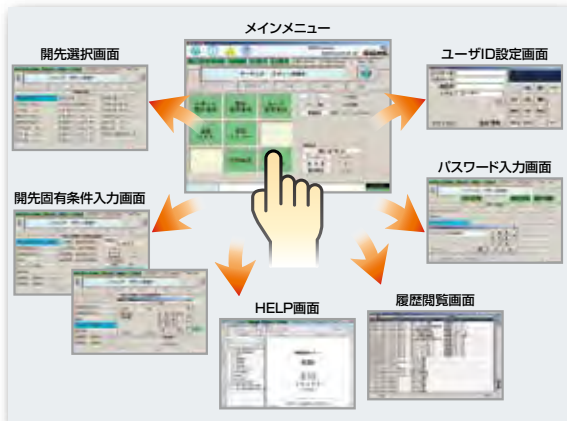
ケーブルレス REGARC™ 石松 の構成



REGARC™ と従来法とのヒューム、スパッタ発生量の比較

3.1.4 石松 新型コントローラ (2021年春 販売開始予定)

石松のコントローラがタッチパネル化され、さらに操作がラクになります。タッチボードでパラメータ変更を直接入力可能で、HELP機能も搭載、各種 石松 に対応しています。



新型コントローラのイメージ
(仕様は変更となる場合があります)

3.2 建設機械

当社は大電流MAGプロセス、タンデム溶接プロセスなど高能率溶接プロセス、ロボット移動装置やポジショナ、中厚板溶接向けロボットソフトや周辺アプリケーションを組合せた溶接システムを提供しています。

今回初登場となる、当社スタンダード機 ARCMAN™ MPの後継マニピュレータである ARCMAN™ A60はケーブル処理を簡素化したことで、天吊り姿勢でのケーブルとワークとの干渉を防止し天吊り溶接の適用範囲が広がりました。A60による天吊り溶接と高品質かつ高能率な水平すみ肉溶接を実現するウィービングカスタマイズ機能を組合せ、シンプルなシステム構成で高能率な溶接を実現します。

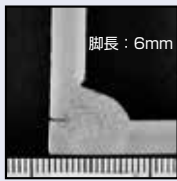
3.2.1. 高能率水平すみ肉溶接法 ウィービングカスタマイズ機能

水平すみ肉姿勢では、下向姿勢と比べ、高速溶接にて、オーバーラップ・アンダカット、ビード際の不揃いが発生しやすいことから、溶接速度アップによる高能率化がむずかしいのが現状でした。この課題を解決するために、ウィービングカスタマイズ機能を開発しました。

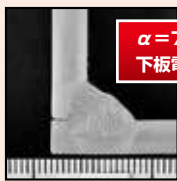
ウィービングカスタマイズ機能はウィービング形状やウィービングに同期した溶接条件変更を可能にした機能です。

本機能を適用することで、例えば水平すみ肉溶接において高能率かつ高品質な溶接を実現しました。

従来法




開発法




脚長: 6mm

$\alpha = 75^\circ$
下板電圧3%Up

鋼板	SS400 6mm ^t × 75mm ^w × 300mm ^l
ワイヤ	FAMILIARC [®] MG-50R (JIS Z 3312 YGW11)
シールドガス	80%Ar + 20%CO ₂
溶接電流	450A
ウィーピング	3mm → 4mm × 2.6Hz
溶接速度	700mm/min

ウィーピングカスタマイズ機能の適用例

3.2.2. オフラインティーチングシステム フルターンキー自動パス生成機能

オフラインティーチングシステムは、ロボット溶接をするための教示データを3Dモデルなどから作成するソフトウェアです。

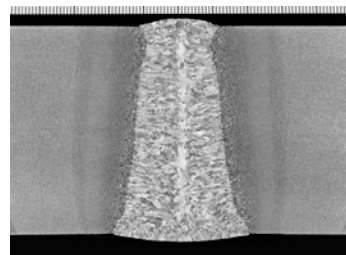
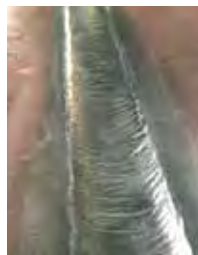
自動パス生成機能では、3Dモデルから溶接線を選択し、下向や水平すみ肉溶接などの設定ファイルを元に教示データを自動生成します。当ソフトはロボット教示操作に不慣れな方でも溶接線を指定するだけで、教示データを自動で作成することができます。また、生成した教示データを、溶接の観点をも考慮した当社独自の点数化手法を用いて自動で選択し提案いたします。

3.3 造船

当社の溶接技術は造船とともに発展してきました。これまで提供してきた片面溶接装置FCB[™]/RF[™]、水平すみ肉自動溶接プロセス TRIFARC[™]、小組立・大組立ロボットシステム、外板立向自動溶接 SEGARC[™]などに加え、新たな自動化技術を提案します。

3.3.1. 新エレクトロスラグ・エレクトロガスアーク溶接装置 +新エレクトロスラグ溶接法 SESLA[™]

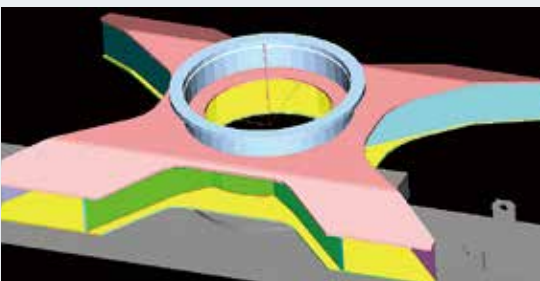
皆さまに永らく愛されてきたSEGARC[™] 2Zの後継となる新エレクトロスラグ・エレクトロガスアーク溶接装置が誕生。同装置では従来のSEGARC[™]に加え、新エレクトロスラグ溶接法 SESLA[™]での施工が可能です。SESLA[™]はシールドガスを使わずとも耐風性良好で、スパッタ・ヒュームがほとんど発生しないため、作業者にやさしい溶接が実現できます。新溶接装置にてスラグ浴制御を行うことで、安定した溶接作業性とビード形状が確保されます。また、新たに開発した溶接材料との組合せにより衝撃性能も向上し、高品質な継手が得られます。

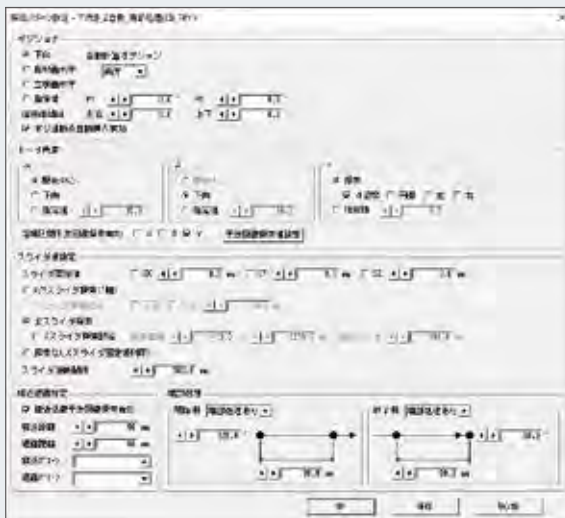


表ビード外観写真

断面マクロ写真

(板厚60mm-20°V開先-ルートギャップ10mm)



自動パス生成の手順

-2020誌上ウエルディングショー- 神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介



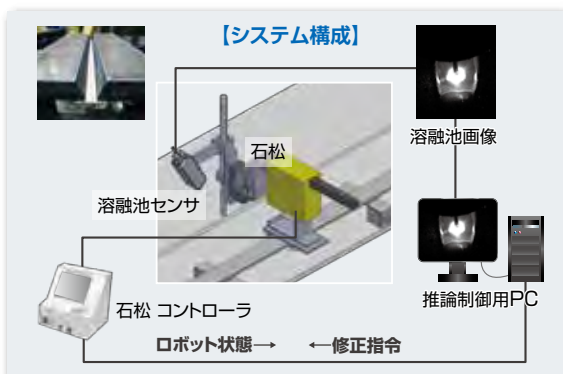
新エレクトロスラグ・
エレクトロガスアーク溶接装置

SESLA™ 専用溶接材料

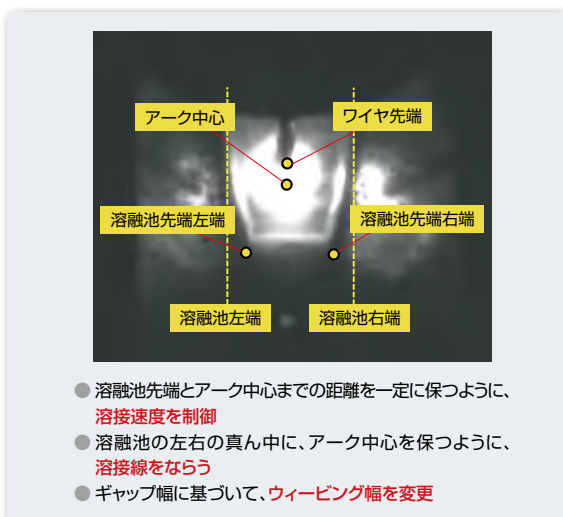
溶接ワイヤ	ES-X55E
フラックス	EF-4
裏当て材	KL-4

3.3.2. 石松によるAIを活用した自動溶接（開発中）

AIを活用した自動溶接の未来をご紹介します。外業ではフラックス入りワイヤを用いた片面溶接が多く使われていますが、ギャップ変動など開先精度の問題から初層溶接の自動化は困難でした。AIの学習機能を活用し、視覚センサを搭載したロボットが溶接条件を自動で制御しギャップ変動に追従できるようにするなど、自動化をさらに拡大すべく開発を続けています。今回はその一端をご紹介します。



システム構成



溶融池画像と制御のしくみ

4. ARCMAN™ 新ラインナップ

アーク溶接ロボット **ARCMAN™** シリーズはこれまで中厚板分野（建設機械、鉄骨、橋梁、鉄道車両など）にて数多くの溶接システムで採用され、2019年には40周年を迎えました。

2020年、**ARCMAN™** シリーズは販売開始済みの大型ロボット **ARCMAN™ A80**、超小型ロボット **ARCMAN™ A30/A30S**の2機種に、新たに中型ロボット **ARCMAN™ A60**・小型ロボット **ARCMAN™ A40**が加わり、大型から超小型まで新たなシリーズとして生まれ変わります。

ロボットの構造を見直すことで適用範囲を拡大させ、今後も需要が広がる自動化ニーズに適用しやすいラインナップになっております。



	ARCMAN A80	ARCMAN A60	ARCMAN A40	ARCMAN A30/A30S
可搬質量	10kg	10kg	8kg	5kg
最大リーチ	2735mm	1646mm	1258mm	858mm

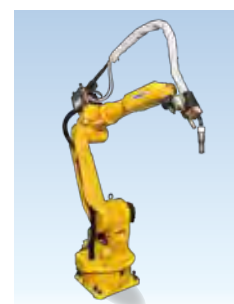
ARCMAN™ ラインナップ一覧

4.1 大型ロボット ARCMAN™ A80

ARCMAN™ A80は長いリーチを特長とするロボットになります。従来機 **ARCMAN™ XLmk II**から軽量化・スリム化をはかり、動作範囲の広さを活かした周辺軸の削減やケーブル処理の簡素化などの特長と合わせシンプルなシステム構築を可能としています。

4.2 中型ロボット ARCMAN™ A60 New

当社のスタンダード機、**ARCMAN™ MP**の後継となる、**ARCMAN™ A60**を開発しました。A60はMPと互換性があるため、周辺装置を活かしたリニューアルに対応することが可能です。A60では新たにS1中心部にケーブル類を通すことを可能とし、送給装置搭載時は溶接ケーブル類、非搭載時はトーチケーブルを通すことで姿勢を問わず従来より



ARCMAN™ A60

も省スペースなケーブル処理で、ワークとの干渉の防止と省スペース化に寄与します。

4.3 小型ロボット **ARCMAN™ A40 New**

小型ロボット **ARCMAN™** SRの後継機である **ARCMAN™** A40の発売を開始しました。小型ロボットは主にワークに対して上方向からアプローチする天吊りシステムに有利であり、装置の設置スペースと高さを抑えられます。



A40はS1軸中心部にトーチケーブルを通すことでワークとの干渉を防ぐことができ、また、S3軸が後方まで折れ曲がる逆エルボ姿勢が可能など天吊りシステムに最適な新たな特長を持たせました。さらに、可搬質量を向上させたことで大電流MAGプロセス用トーチなどのツール保持が可能となり、施工の幅が広がります。

4.4 超小型ロボット **ARCMAN™ A30/A30S**

A30/A30Sは狭あい部で使用可能な超小型ロボットとして新たにシリーズに加わりました。小型・軽量を特長としつつモータと駆動系のケーブルをすべて機体内に収め、ロボット形状の凹凸を小さくすることでトーチケーブルの干渉を回避し、当社の強みである高速センシングや高性能アークセンサも適用可能となっています。

5. 業種別展示コーナーのみどころ

鉄骨・造船・自動車・建設機械・エネルギー各業種向けに、自動化・高能率化・高品質化など多様なニーズに応える幅広いラインナップを紹介します。各商品のパネル・パンフレットはホームページにて閲覧・ダウンロードできます。(次ページのURLをご確認ください)

5.1 建築鉄骨

当社の**REGARC™**搭載鉄骨システム・天吊梁溶接システム・**REGARC™**プロセス搭載 石松 といったラインナップに加え、熟練溶接士不足の解決策として注目を集める、石松を活用した現地溶接自動化事例をご紹介します。溶接材料では、鉄骨溶接のあらゆるステージで活躍する当社のラインナップを紹介しています。

5.2 造船

自動化ニーズの高い外業での横向溶接において、石松と専用ワイヤ**FMX-100ER**による高能率な自動溶接を映

像でご紹介します。

溶接量が多く高能率化のカギとなる水平すみ肉溶接では、従来施工法と比べ気孔欠陥を大幅低減し高品質化を実現する自動化プロセスHT-MAG™、小脚長から大脚長まであらゆるニーズに応えるフラックス入りワイヤを紹介しています。

5.3 自動車

気候変動への危機感が叫ばれる中、排出ガス削減に向け自動車各社は車体軽量化に邁進しています。その手段として、超ハイテン鋼板やアルミの適用、鋼材の耐食性向上による薄板化などが検討されており、超ハイテン鋼用ワイヤ、異材接合プロセス、低スラグ化による耐食性向上や電着塗装性向上プロセスなど、これらの取り組みを促進する接合・溶接技術を提案します。

5.4 エネルギー

SDGs (持続可能な開発目標)に向けより環境に優しい天然ガスの活用が進んでいます。日々のエネルギー源として、また発電や船舶燃料として活用が進む中、当社の溶接材料はガス田開発や生産、運搬、貯蔵などあらゆる場面で活躍しています。高度化する要求仕様を満足し、かつ高能率化を実現する溶接材料を紹介します。

特にパイプラインや構造物の現地溶接材料、極低温仕様ステンレスや9%Ni鋼用溶接材料や、新製品となる610MPa級ハイテン鋼を対象としたPWHT可能なフラックス入りワイヤなど、全姿勢溶接可能で良好な溶接作業性と高品質を両立するフラックス入りワイヤをご提案します。

5.5 建設機械

ロボット化が進む中、IoTを活用した稼働状況・溶接品質の見える化、品質管理が困難で人手で施工している部材の溶接自動化、自動溶接のさらなる高能率化や高品質化が課題となっています。中厚板向け溶接ロボットシステムNo.1の当社ならではの取り組みを紹介いたします。

大型建機向けの厚板・特殊鋼の溶接の自動化に向け、予熱から本溶接に至る一連の工程の自動化を実現する予熱・溶接兼用システムを映像で紹介します。また、ロボット教示作業のオフライン・自動化を実現する**ARCMAN™** オフラインティーチングシステム、フルターンキー自動パス生成機能をご紹介します。

6. 最後に

神戸製鋼グループは顧客のベストパートナーとして、課題解決につながる製品・サービスを提案いたします。皆さまからの、当社製品・サービスへの忌憚のないご意見と、溶接に関する課題・お悩みごとをぜひお聞かせください。

引き続き、神鋼溶接材料・溶接システムをお引き立ていただけますよう、よろしくお願い申し上げます。

－2020誌上ウエルディングショー－ 神戸製鋼グループ 最新ソリューションのご紹介

業種別 展示コンセプトおよび展示内容

業種別のラインナップ、各商品の詳細は、特設サイトをご覧ください。

特設サイトURL ▶ <https://www.kobelco.co.jp/welding/events/welding-show/index.html>

業種	コンセプト	
鉄骨	高能率な溶接を実現する自動化技術・溶接材料ラインナップ	
	鉄骨向け溶接材料・自動化ラインナップ	「鉄骨にもFCWシリーズ」、送給性改良ソリッドワイヤ 梁溶接ロボットシステム（映像）+ F MX-Z200MP
	石松による現地溶接自動化	石松による現地溶接自動化事例
造船	溶接材料、機器、プロセスの組合せによる高品質な自動化実現	
	自動化装置・プロセス ラインナップ	気孔欠陥を極少化するHT-MAG™ プロセス
	脚長別最適すみ肉FCW	H-CSR適用による小～大脚長化に対応する各種FCW
	石松による横向自動化	石松×専用FCWによる高品質な横向・下向溶接自動化（映像）
	乾燥省略可能低水素系棒	タック溶接、本溶接、補修溶接用をラインナップ
建設機械	高能率な自動溶接を支える溶接プロセス、センサ機能、IoT	
	低スパッタ・深溶込みの高能率施工	大電流MAGプロセス&専用ワイヤ F MX-A100D
	少量多品種生産の自動化	オフライン自動教示ソフトーフルターンキー自動パス生成機能
	大型建機向け高能率自動化提案	自動予熱機能付き溶接システム（映像）、標準～大型ポジショナラインナップ
	安定したアークで高能率・高品質化	優れたアーク安定性で低スパッタ溶接 F MIX-50R
自動車	溶接ニーズ別ソリューション提案	
	電着塗装性向上	マツダ低スラグ溶接プロセス、防錆性向上溶接ワイヤ F MIX-1TR
	ワイヤ送給制御方式に対応	送給制御方式用溶接材料シリーズ
	車体軽量化対応	超ハイテン鋼用ワイヤ 鉄とアルミの異材接合法 エレメントアークスポット溶接
エネルギー	業種・鋼種別 高品質化・高能率化に応える新商品ラインナップ	
	LNG/高合金	LNG燃料船用タンク向け9%Ni鋼用FCW、作業性を改良した極低温用ステンレスFCW
	海洋構造物/低温用鋼	SR可能なNACE対応610MPa級低温用鋼向けFCW
	パイプライン/現地溶接	パイプライン自動溶接用全姿勢FCW
	現地溶接	衝撃性能向上 全姿勢溶接用セルフシールドワイヤ F OW-S50P

業種別 パネル一覧【4月8日公開】

※クリックすると拡大表示されます



鉄骨向け溶接材料ラインナップ



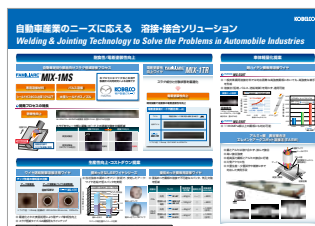
鉄骨向け自動化提案



造船



建設機械



自動車



エネルギー

※文中の商標を右記のように短縮表記しております。 **FAMILJARC™** → **F**

被覆アーク溶接の保護筒

溶接用語辞典によると、『保護筒』は『被覆アーク溶接において、溶接棒の被覆剤が心線より遅れて溶融することによって、溶接棒の先端に形成される筒状の部分』と説明されています。⁽¹⁾ また、『保護筒』は被覆アーク溶接の溶接品質に大きな影響を及ぼす因子の一つであります。

まず、溶接棒にアークが発生しているとき、溶接棒先端の保護筒の状態を判りやすく撮像した一例を図1に示します。なお、保護筒の形状は溶接を終了した後の溶接棒の先端形状からも確かめることができます。

次に、図2に示す“被覆アーク溶接の模式図”をもとに、保護筒が溶接品質に及ぼすおもな影響について、さらには、保護筒の性状に影響する被覆剤の因子について説明します。

1. 保護筒が円周方向に均一溶融する場合

保護筒長さが短すぎる場合、心線先端の溶滴揺動が不安定となり大きくなりやすく、アークの集中性・指向性は低くなります。溶込み不良やスラグ巻込みなどの溶接欠陥のリスクが高くなり、スパッタ量は増大します。

保護筒長さが適正な場合、心線先端の溶滴揺動が安定し、アークの集中性・指向性は高くなります。溶接欠陥のリスクは低くなり、スパッタ量は少なくなります。

保護筒長さが長すぎる場合、低水素系などの被覆剤の電気伝導度が低い溶接棒では、棒先端部の通電抵抗が高くなり、再アーク性が劣化します。また見かけのアーク長に対し、実際のアーク長（保護筒内部のアーク長も含

むため）は長くなるため、アーク電圧が高くなり、交流溶接ではアーク切れが発生しやすくなります。

2. 保護筒が円周方向に均一溶融しない場合

溶融池に向かって溶接棒先端の保護筒が短い側にアークが偏りやすく、溶接棒の指す方向へ直進的にアークが発生しにくくなり、アークの指向性、集中性が劣化します。この現象は“片溶け”と呼ばれ、このような現象が発生したとき、溶込み不良やスラグ巻込みなどの溶接欠陥、シールド不良による機械的性質の低下や気孔欠陥発生リスクが高くなります。また、電源極性が直流の場合には磁気吹きが発生しやすいことから、特に“片溶け”が顕著に発生しやすくなります。

3. 保護筒の性状に影響する被覆剤の因子

保護筒の長さや溶融しやすさには、被覆径・被覆剤を構成する原料の種類や粒度・固着剤として使用する水ガラスの成分組成などが影響します。溶接棒に要求される溶接金属の機械的性質や拡散性水素量などの品質も考慮したうえで、銘柄ごとに被覆剤の設計は適正化されています。

(1) 〈参考文献〉

溶接用語辞典 第2版 2015年日本溶接協会発行. 401ページ

(株) 神戸製鋼所 溶接事業部門
技術センター 溶接開発部 川本 裕晃

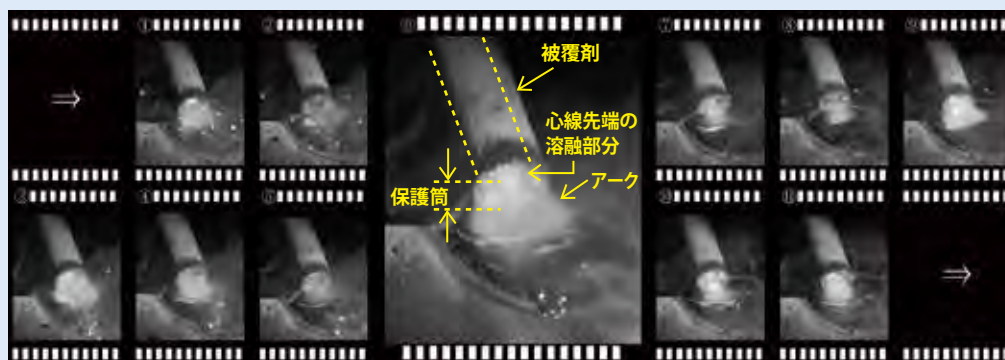


図1 イルミナイト系 被覆アーク溶接棒による溶接時の撮像一例 (3.2mmφ, AC, 115A)

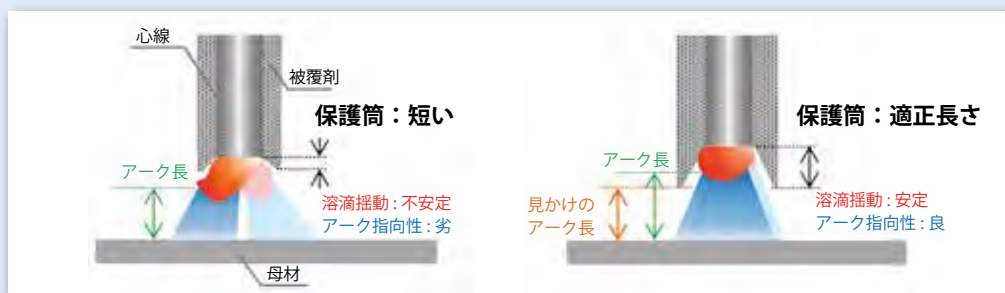


図2 被覆アーク溶接 模式図

今回はガスシールドアーク溶接その5です。

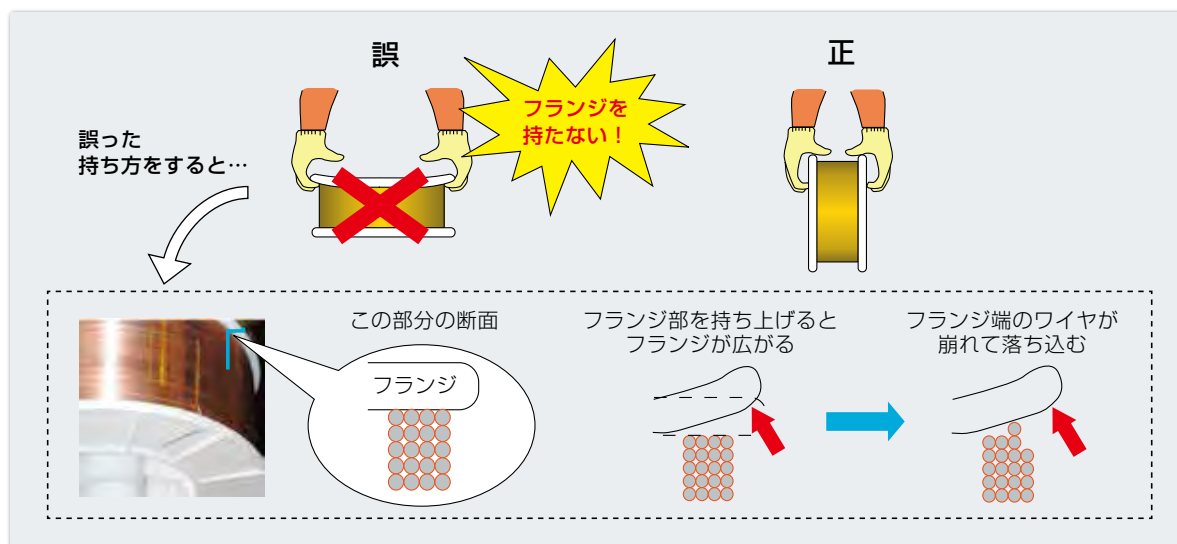
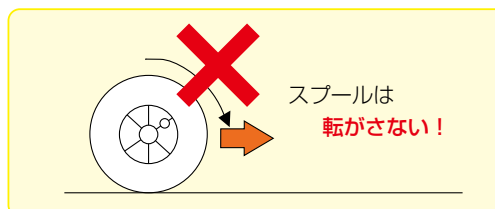
※本文中の溶接110番・119番および用語解説バックナンバーは、以下URLよりお入りください。
ぼうだより 技術がいどライブラリー <http://www.boudayori-gijutsugaido.com/library/>

ご法度77

スプールの上フランジを持つのはご法度

スプールワイヤを箱から取り出して送給装置に装着する際、スプールのフランジを持って運搬しないようにしましょう。

フランジを持つとフランジ幅が広がってしまい、使用中にワイヤが深く食い込んで送給がストップすることがあります。



ご法度78

ワイヤの先端部を持って切るのはご法度

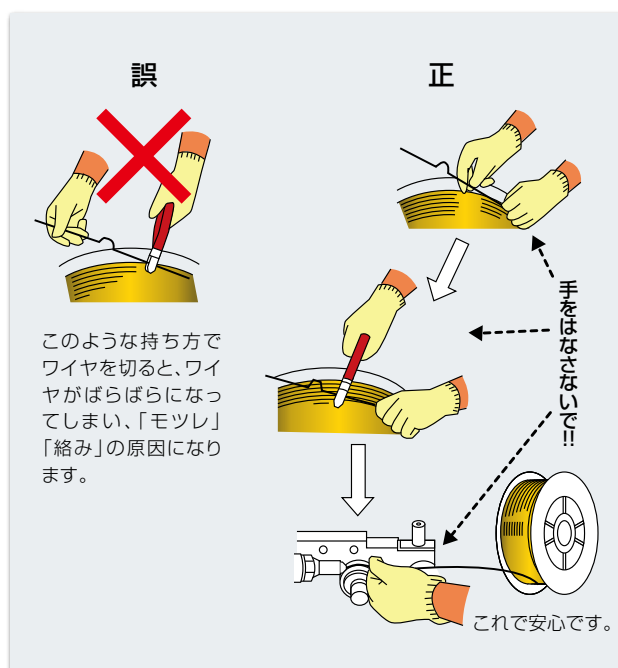
ワイヤ装着の一連の作業は、「ワイヤを送給装置にセットする→ワイヤの端止めを外す→ワイヤ先端部をペンチで切る→ワイヤを受け口（インレットガイド）に差し込む」というものです。

ワイヤ先端をペンチなどで切り取る際は、右図のように必ずワイヤのスプール側を持つようにします。誤った切り方をすると、ワイヤがバラけ、「モツレ」「絡み」の原因となります。

*YouTube【溶接講座】にて「溶接ワイヤの正しい取り付け方」を動画で紹介しております。ご法度77、78をくわしく知りたい方はぜひご覧ください。

<https://www.youtube.com/playlist?list=PL14cHfui9398jkiZuZlbEnCf-PUibvw8W>

株式会社神戸製鋼所 溶接事業部門 マーケティングセンター
マーケティング企画室 原田 和幸





【第5回】 金属と鋳（かざり）

人類の歴史の中に、最初に登場する金属といえば「銅」である。身近な例を挙げれば、銅や銅の合金は貨幣の材料として古くから利用されている。現在の日本でも、アルミニウム製の1円玉以外すべての硬貨は、それぞれ割合の異なる銅合金によるものだ。

実用向きに銅が重用される一方で、その希少性と装飾性の高さに注目され続けてきたのが、金や銀といった貴金属である。貴金属による装飾は、美術工芸品や建築に付加することで輝きを増し、重厚感を添える。これら装飾のための技法も、主に時の権力者たちの手によって、贅を競うように日本独自の発展を遂げてきた。

「銅」——加工素材としての利点

そもそも、銅や銅合金が古くから人々の暮らしに利用されてきたことには、どんな理由があるのだろうか。先に挙げた硬貨の例を、もう少し追ってみよう。

なんといっても第一の利点は、加工しやすいこと。銅はやわらかくて粘りがあり、圧延や押し出しなどの加工をしやすい金属の代表格だ。複雑なデザインの硬貨を大量製造するために、銅や銅合金ほど有用な素材はな

いのである。また、銅本来の色を呈する10円玉、金色に近い5円玉など、銅の合金は色が豊富で美しく、バリエーション豊かな硬貨を生み出すことができる。それでいて、金や銀などの貴金属よりもずっと安価で豊富に手に入る。

さらに、硬貨は長年



使用することが前提となるから、少々荒っぽい使用や保管にも耐え、簡単に摩耗せず、錆びにくいことが重要だ。

これは硬貨以外への加工用途でも同様で、たとえば建材として屋外で風雨に晒されるような状況においても、銅は、数百年もの使用に耐えるという。曲がった部分、変色した部分を整えて修理すれば、時を超えて、制作当時の姿を再び復元することもできる。

「金」による表面装飾

箔押し

金箔とは、純金にごく微量の銀や銅を加え、金槌で叩いて薄く延ばしたもの。その薄さは、およそ1万分の1～2mmとされる。約2gの金を、畳一枚分に延ばすようなイメージだ。

木や銅などで作られた下地の上に金箔をほどこすのは、箔押し師の仕事である。まずは、金箔を接着するため、漆を下地に塗る。漆に必要な粘度はその日の湿度や温度によって異なるため、日ごとに行う漆の調整が仕上がりを左右するという。四角形の金箔を1枚ずつ漆の上に置き、真綿で押さえながら、磨くように下地に密着させていく。わずかな純金で広い面積を覆うことができ、平面曲面を問わず、



また仏面のように複雑に入り組んだ面にも自在に密着させることができる。この利点から、金箔は、家具や建具類、漆器などの工芸品、神祇調度品や仏壇・仏具などの表面装飾に幅広く使われてきた。

鍍金（とぎん）

表面に水銀を塗り、その上から金箔を置くと、金箔が水銀に溶けるように混ざる。その状態に熱を加えて水銀を蒸発させると、仕上げ表面には金だけが残る。これが、古くから利用されてきた水銀メッキのメカニズムで、「鍍金」とも呼ばれてきた技術だ。電気のない時代から長く使われてきた手法で、古くは東大寺の大仏にも鍍金の形跡が残っているという。

ただし、水銀自体の有毒性と扱いづらさのほか、美しく仕上げるためには金を厚く付ける必要があるなど、現代の水銀メッキは価格面でも折り合わなくなりつつある。近年の伝統工芸においては、水銀メッキによる加工も一部を残しつつ、工業製品と同様の電気メッキが加工の大部分を占めている。

「神仏鋳金具」の世界

神祇調度品とは、神社の祭祀・祭礼に使われる道具を総称するもので、神殿や三方などの木具、和鏡、御簾、几帳、旗などが含まれる。その多くは少量生産・手作業の工芸品だ。

「神仏鋳金具」は、神祇調度品および仏具における金属製品を指す言葉で、「飾り」ではなく「鋳」という表記が使われる。明治初期～中期ごろが鋳金具の最盛期と言われるが、その背景には、明治以降に日本刀が作られなくなったことで、腕の良い刀の装飾職人が仕事にあぶれたという事情もあるようだ。当時、檀家や氏子から寄付を集め、大規模に職人を集めて作らせた寺社の鋳金物には、特別に精緻で美しく、また豪華なものが数多く残されている。

数百年の時を超える「鋳金具」 —大柳製作所—

京都市内に工房を構え、神仏鋳金具の製造を専門とする大柳製作所。祭祀に使われる道具類や神職の冠、神輿の装飾、襖の引き手や釘隠のような繊細で小さな細工から、大きなものでは神社や寺の建築金具を手掛けることもある。

静岡県磐田市にある満徳寺で2019年に新調されたばかりの破風金物も、大柳製作所によるものだ。豪華な彫刻と金箔で装飾され、神社仏閣の屋根付近に取り付けられる華やかな破風金物。そのはじめは、ただの平たい銅板一枚である。

まずは、取り付ける箇所紙などを当てて型取りをし、寸法と形を写す。この型紙を使って、墨で大きな銅板へさらに写し、まずは外形の部分に鑿を当てて余分な箇所を切りとっていく。複雑な意匠は専門の彫金師にいったん任せるが、彫刻を終えて大柳製作所へと戻った後にも、長い工程が待っている。透かしを入れたり、切ったりして形を整え、あとは膨らませたり、曲げたり、ひねったり。銅をなまして（加熱して）打ち叩き、再びなましてまた叩く。これが「鍛金（打物）」という立体成形の工程だ。

「あて」と呼ばれる道具は、樺や桜など、乾燥した堅い木の切り株に大小さまざまな孔を穿ったもので、各々の孔に合う当て金を差し込んで固定する台座である。鋳師は、当て金のカーブを使いながら銅を叩いて曲げていく。ただし、多種多様の当て金を常備



してはいても、それで全ての場合に対応できるわけではなく、鋳師自身が必要な道具を作ることもある。

成形が終わったら、銅板の上から金箔を押して表面を仕上げ、部分的に墨を差して着色し、立体感を加える。仕上げが終わった破風金物は、建物に取り付けられて完成となる。

破風金物は、屋外で時を経るうちに金箔が剥がれ落ち、汚れと酸化で変色し、変形して歪むこともしばしばだ。だが、汚れを落とし、形を整えて再び金で仕上げれば、鋳は何度でもまたよみがえる。何代もの鋳師たちの手を経ながら、鋳金具は、数百年もの時を超えていくのである。

お話をうかがった人

「大柳製作所」 大柳展也さん



大柳製作所は、もとは堀井家という鋳師の家系で、代々の当主が「堀井新兵衛」という名と「鋳新」の屋号、そして仕事を継いできた。正確な創業年はわからないが、先祖代々が出入りする神社の修復作業に出かけた折には、江戸や明治期の古い金具にも「堀井新兵衛」の銘を見つかることがあるという。

「古いものを見てると、面白いですよ。今よりずっと贅沢なつくりやなとか、これとあれは同じ職人の手やなとかね。おそらく自分が作ったものも、後の世でそうやって見られることになるんでしょうね」。

金属、特に鋳金具の土台となる銅の耐用年数は、数百年にもなる。いま、遠い先祖の手掛けた金具が、修復のために大柳さんの手元に戻ってくることがあるように、今の太柳さんが作製した金具を修復するのは、おそらく、もつと先の子孫の仕事になるだろう。

ただし、老舗とは言うものの、大柳さん自身に過度な気負いはない。今に残る多くの伝統工芸は、決して非凡な一代限りの天才が築いたものではないと考えるからだ。特別な才能に恵まれたわけでもなくとも、努力と修行次第で技術を身に付けられる仕事だからこそ、伝統は、世代を超えて繋がっていく。

「決して半端な仕事をしないこと。たった一度のことでも、崩れてしまった信頼はなかなか取り戻せないものです。たとえば、今宮神社の本殿の鋳は、昭和40年に祖父と父が手がけ、平成17年に父と私が再び修復したのですが、宮司さんは一貫して、鋳は大柳にしか触らせへんと仰る。そのお言葉に応えられるだけの安定した仕事を、こちらもお返していかなければと思います」。



サポーターリレー(西日本営業室)

こんにちは、(株)神戸製鋼所（以下神戸製鋼）西日本営業室の鹿毛^{か げ}です。今回は、当室の独自企画「関西神溶会 WELDING MEETING」についてご紹介致します。

当社、溶接材料の販売組織である「神溶会」発祥の地、関西。1952年に産声を上げ、来る2021年には発足70周年を迎えます。その前年である2020年に「神溶会会員の皆様と70周年に向けて何かできることはないか」と考え、会員の皆様との「絆を深める」をテーマに「関西神溶会WELDING MEETING」を実施致しました。

活動の概要としては、関西神溶会の地区指定商社、指定代理店、認定販売店の拠点（事業所）ごとに当室スタッフが伺いし、各拠点のご希望に沿ったテーマで「MEETING」を開催しました。具体的には、①ミニ勉強会 ②KOBELCO WELDINGアプリの紹介を含む商品紹介 ③情報交換 の3項目で、2019年11月から2020年3月の5か月間、実施しておりました。

初めての試みとして、①ミニ勉強会では「WELDING MEETING」エントリー時に神戸製鋼で用意した5項目 合計49テーマを、拠点（事業所）ごとに自由に選んでいただき、勉強会を行いました。少しご紹介しますと、「溶接用語の解説」という基礎編から「中高炭素鋼の溶接材料選定」「耐摩耗鋼板の溶接」や「溶接ロボット欠陥発生時の対応」と、溶接材料からロボットシステムまで、多岐にわたるテーマをご用意し、ご希望をお伺いしました。ご参画いただいた拠点（事業所）でのニーズに沿った勉強会を開催することができたのではないかと自負しております。

勉強会後は少しお時間をいただいて、皆様に当社商品をご紹介しやすいよう工夫致しました。例えば1年前に開設しました「KOBELCO WELDINGアプリ(スマートフォン向けアプリ)」をご紹介した際は、「こんな便利な使い方があったとは知らなかった」という声も多く、積極的に使い方を学んでいただけました。こちらのアプリでは、①溶接材料の選定 ②溶接材料所要量の算出 ③溶接用語の解説など、多彩なコンテンツをご提供しておりますので、引き続き日々の溶接ソリューション営業のツールとしてご活用いただければ幸いです。

「WELDING MEETING」を開催する中で、我々が一番大事にしたものが、3つ目の情報交換です。当社への忌憚ないご意見や、営業活動上での個々の課題など共有いただきました。「初めて使用する鋼材だが、どのワイヤが最適か？」や「お客様のお仕事の効率化を図るためのワイヤはある？」「このような自動化はで



「WELDING MEETING」の様子

きない？」など、いただいたご意見を今後の新商品の開発提案に繋げていきたいと考えております。

この「MEETING」活動を通じて、我々と神溶会会員の皆様との「絆」を少しでも深めることができたとすれば幸いです。今後も神戸製鋼 西日本営業室のスタッフ全員が「One for all, All for one」の信念で、「溶接ソリューションでモノづくりを支える」という強い気持ちと責任感をもって、神溶会会員の皆様とスクラムを組み、「溶接工程の高品質化・高能率化・省人化」にトライしていきたいと思っております。

現在日本国内では溶接技術者が少しずつ減少、不足しております。その状況下「世界で最も信頼される溶接ソリューション企業」として、アジアナンバーワンを目指している当社は、「溶接材料・溶接プロセス・溶接システム」で少しでもお役に立てるよう邁進する所存でございます。

最後になりましたが、今回ご参画いただいた神溶会会員の皆様には厚くお礼申し上げます。引き続き、神戸製鋼ならびに神溶会活動へのご理解とご協力賜りますよう、よろしくお願い致します。

(株)神戸製鋼所 溶接事業部門
マーケティングセンター 国内営業部
西日本営業室 鹿毛 信太郎



KOBELCO WELDINGアプリ勉強会



特別MEETINGで加古川製鉄所を見学

サポーターリレー(マーケティング企画室)

皆さんこんにちは！マーケティング企画室の西原と申します。

「マーケティング企画室」は、各営業拠点と比べると神溶会の皆様と直接接する機会の少ない部署ですが、見えないところで日々神溶会活動を支えております。今回は当室の業務の中で、皆様にぜひお伝えしたい業務を、いくつかご紹介致します。

◆商品企画

ユーザの皆様が抱える課題・ニーズを探求し、課題解決につながる商品の開発・市場浸透の仕掛けづくりにつながる商品企画活動を目指しております。その際、神溶会の皆様からいただく商品へのご意見・ご要望は、大変貴重な情報となります。引き続き、商品PR活動へのご支援よろしくお願い致します。

また、溶接材料/システム製品の商品企画のみならず、皆様が売りやすい環境作りにも注力しております。例えばノベルティの企画です。2018年には、神溶会での拡販キャンペーンのプロモーションツールとして、江崎グリコ(株)様のポッキーチョコレートとコラボレーション致しました。各種展示会や営業活動で配布しました際、神溶会メンバーの方々やユーザ様は溶接棒とポッキーの親和性をよくご存知なので、笑顔で受け取っていただき、お子様にも喜んでいただきました。さまざまな企画を実施し、「神溶会の皆様が売りやすい商品作り」「PRしやすい環境作り」を推進しております。

◆広告宣伝

「よりユーザに近い」広告宣伝活動によるブランド発信を掲げ、展示会企画、製品パンフレット・ホームページや、本誌「ぼうだより 技術がいど」の企画・制作も担当しております。最近では2019年4月に、タブレットやスマートフォンの普及に合わせ、KOBELCO WELDINGアプリを開発致しました。二次元コードを活用した検索機能など、神溶会の皆様より好評をいただいております。また、このアプリの特長の一つが、YouTubeを活用した製品紹介や「溶接講座」などの新ツールです。製品紹介コーナーでは、ロボットシステムに石松も加え、動画カタログとしてもご活用いただけます。2020年1月現在、4千件を超えるインストールをいただき、神溶会の皆様およびユーザ様と当社をつなぐ基盤として構築を推進しております。ぜひダウンロードをお願いします。

次に、2018年5月から活動を開始致しました、鉄骨溶接ロボットシステム搭載新キャラバンカーの「溶子」です。全国の鉄骨ファブリーケータ様よりご好評いただいております、**REGARC™** プロセス搭載省スペース型鉄骨コア・仕口溶接ロボットシステムおよび石松を搭載し、全国各地の展示会や勉強会にお伺いできる体制を整えました。先輩キャラバンカー、東の「溶太郎」・西の「溶次郎」共々、引き続きよろしくお願い申し上げます。

◆全国神溶会事務局

年に一度開催されます神溶会全国総会の企画・運営を担当しております。また、各地区の神溶会総会や月例会で使用される資料の情報提供や、神溶会溶接サポーター関連の社内外手続きも担当しております。

全国規模で実施する神溶会キャンペーンの企画も、当室が担当しております。

◆営業部員教育

「溶接ソリューションの提供」に向けて、神溶会の皆様からよりいっそう頼られる営業・デリバリー担当を育成すべく、研修・教育を企画・運営しております。

営業担当者に対しては、ユーザに密着し課題解決ができる力を身に付けるため、技術相談への対応、新商品の炊き比べ、品質に関する教育などを実施しております。

各営業拠点にて製品のデリバリー業務を担う担当者に向けた取り組みでは、円滑な製品デリバリーを実現するため、デリバリー担当者と工場との意見交換・製造工程の勉強などを企画・運営しております。日本全国のデリバリー担当者と各拠点の工場担当が日頃から意見交換ができる環境を整えることで、より円滑なデリバリー体制の構築を目指しております。

最後に、これらの活動は会員各社様の日頃からの積極的な神溶会活動への参画によって成り立っております。引き続き神溶会活動へのご協力を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



マーケティング企画室 室員(後列中央が筆者)



YouTube撮影風景



技能研修



(株)神戸製鋼所 溶接事業部門
マーケティングセンター

マーケティング企画室 西原 正裕

静的試験（引張試験、曲げ試験、硬さ試験）

1.はじめに

材料試験には大きく分けると静的試験（一方向に連続的に負荷をかけて数分間で終了する試験）、衝撃試験（約0.1秒以内で終了するような試験）、疲労試験（既定の応力を繰り返し負荷し、その応力と破断までの繰り返し数の関係を求める試験）、クリープ試験（一定の応力を連続して負荷し、付加時間と変形量の関係を求める試験）などがあります¹⁾。さらに静的試験においても何種かの試験がありますが、ここでは一般的によく使用される引張試験、曲げ試験および硬さ試験について紹介します。

2.引張試験

引張試験とは、試験片に引張荷重を徐々に加えてその荷重と試験片の変形の関係から材料の機械的性質を調べる試験です。

引張試験では所定の平行部長さ、および標点距離を持つ試験片を試験対象によって使い分けます。

軟鋼母材を例に、図1に示す応力-ひずみ線図で引張試験の概要を説明します。

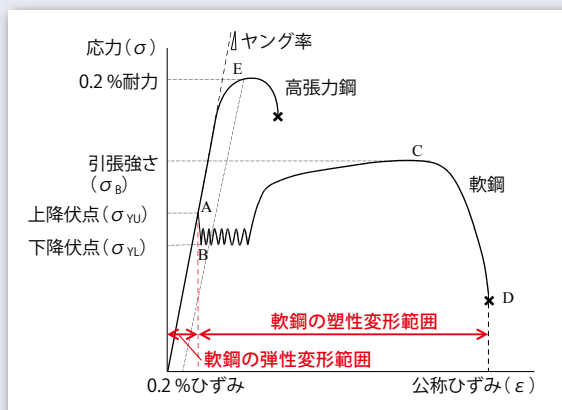


図1 応力-ひずみ線図

試験片を引張り始めると、まず荷重に比例して伸びていきます。この領域での変形状態が弾性変形です。弾性変形では応力-ひずみ線図は直線を示し、この直線の傾きがヤング率（縦弾性係数: E ）に相当します。

降伏点を超える範囲まで引張ると応力は急激に低下し、ほぼ一定の応力でひずみだけが增加します。図1中に示すA点が降伏開始の最大応力で、上降伏点 (σ_{yU})、B点を下降伏点 (σ_{yL}) といい、A点を過ぎてからは変形にしたがって試験片表面にリューダース帯と呼ばれるしわが生じます。高張力鋼など明確な降伏点を得られない材料の場合は、0.2%のひずみの位置から弾性変形の範囲の傾きと平行な線を引いて交差した点の応力を0.2%耐力 (E点) として、降伏応力に代用します。

さらに荷重を増加させていくと、除荷しても変形が残るようになり、この変形を塑性変形と呼びます。塑性変形が増加するほど変形に必要な応力が増加し、この現象を加工硬化と呼びます。

荷重を増やしていくと、やがて最大荷重点 (C点) に達し、このときの応力が引張強さ (σ_B) です。最大荷重点に達した後、試験片の一部が絞られ始め、やがて破断します (D点)。破断した試験片を直線状になるよう突合せて標点距離の増分を求め、原標点距離に対する百分率として破断伸びを得ます。また、破断後の最小断面積を求め、原断面積との差の原断面積に対する百分率として絞りを得ます。これらは、材料の延性の評価指標となります。

なお、2008年にJIS Z 3221（ステンレス鋼被覆アーク溶接棒）はISO 3581との整合化をはかり、引張試験片の標点距離が従来の試験片の径の4倍から5倍に改正され、これに伴い、すべての鋼種の伸びの要求値が改正後の試験片形状に合わせて整合されました²⁾。

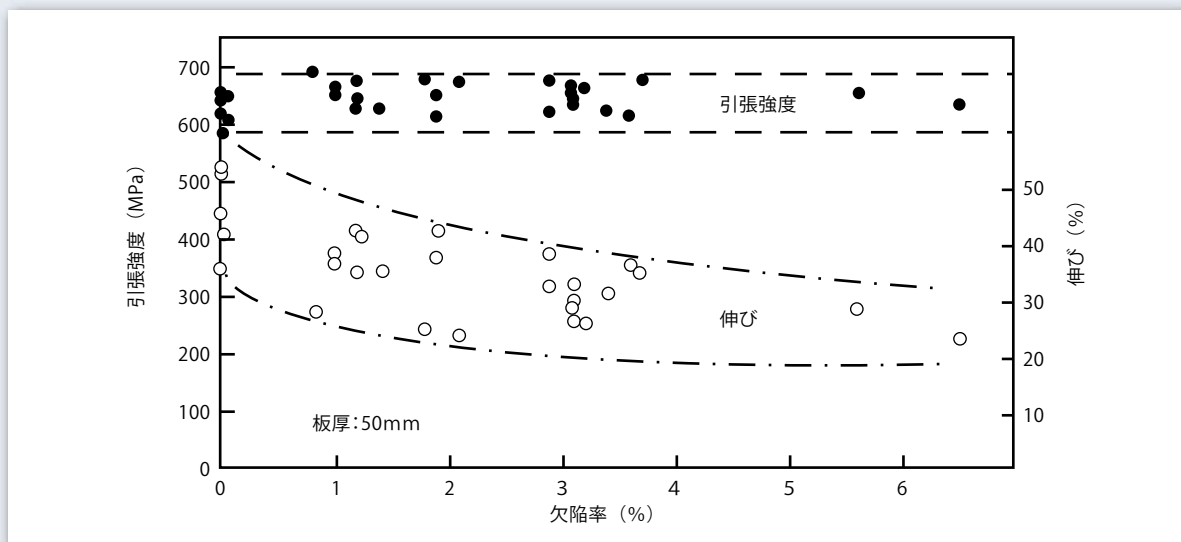


図2 欠陥率と伸び、引張強さとの関係³⁾

一方、溶接継手においては引張試験を行うことによって継手効率も得られます。継手効率とは、母材の引張強さに対する継手の引張強さの比率で、溶接金属は、多くの場合母材よりも引張強さが強くなるように設計されるため、継手効率は100 %となります。このように母材よりも溶接金属の強度が高い継手をオーバマッチ継手、逆に、溶接金属の強度が母材の強度を下回る継手をアンダマッチ継手といいます。

アンダマッチ継手に限らず、アンダカット、ブローホールなどの溶接欠陥の影響を受けて溶接部で破断し、継手効率が100 %を下回ることもあります。破断面積に対する溶接欠陥の割合を欠陥率といい、欠陥率が増加すると伸びは減少しますが、数%程度であれば引張強さの低下には繋がらないことが分かっています（図2）³⁾。

アンダマッチ継手でも、ごく一部が低強度の材料や、溶接熱影響部が軟化している材料で試験を行うと、低強度部と高強度部で変形量が異なるために低強度部が荷重軸方向の他に試験片軸の直径方向にも応力を受け、多重応力状態となります。このとき、高強度部によって低強度部に生じる拘束が塑性拘束です。低強度部の断面収縮は隣接の高強度部に拘束されるため、塑性拘束がない場合と同じ変形量を得るためにはより大きな応力が必要となります。そのため、結果的に継手の引張強度は低強度部の強度よりも大きくなります。この塑性拘束は、継手板厚に対して低強度部の幅の割合が小さいほど、また継手溶接体の板厚に対して板幅の割合が大きい広幅試験ほど強く作用し、継手としての引張強度は大きくなります。広幅継手において母材の引張強さに対する低強度部の引張強さの割合（軟質数Sr）が85～90 %以上になると、母材強度とほぼ等しくなる⁴⁾ことが分かっています（図3）。

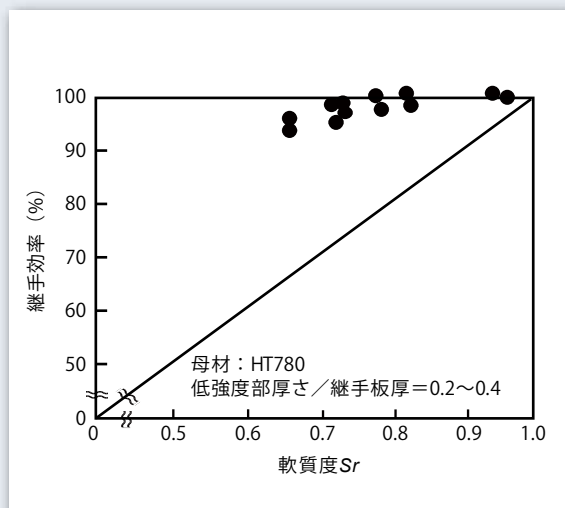


図3 低強度部を含む継手の引張強度に及ぼす軟質数の影響⁴⁾

3. 曲げ試験

曲げ試験では、板状の試験片を所定の径まで曲げて、引張応力を受けた湾曲部に生じる割れなどを観察し金属材料の変形能を調べます。溶接継手試験体の場合、前項の引張試験を行っても試験片は母材と溶接金属の性質の差異や、開先、ルートギャップ、入熱、積層など種々の溶接条件の影響を受けばつぎがあるため、材料の伸びを正確には測定できません。その欠点を補うものとして、曲げ試験が活用されます。

曲げ試験方法には、大きく分けて押し曲げ法、巻き付け法、Vブロック法の方法があります。押し曲げ法は万能試験機を用いる場合に、巻き付け法は手工具を用いた場合に、Vブロック法は材料規格の指示がある場合などにを行います。

押し曲げ法において、半径Rの押し治具を用いて、板厚hの試験片を半円形状に曲げた場合の試験面（引張応力を受ける側）の引張ひずみは以下の（1）式で算出されます。

$$\varepsilon = \frac{\pi(R+h) - \pi(R + \frac{h}{2})}{\pi(R + \frac{h}{2})} \times 100 = \frac{100h}{2R+h} (\%) \dots (1)$$

ε : 表面の引張ひずみ R : 曲げ半径 h : 試験片厚さ

ただし、硬さが不均一な試験片、つまり母材、熱影響部、溶接金属部によって硬さの変動が大きい試験片の場合は、柔らかい部分にかかる引張ひずみが（1）式の値よりも大きくなることがあります。よって溶接金属が母材に対して軟らかい溶接継手や、熱影響部が軟化する溶接継手の曲げ試験を行うと、軟らかい部分に延性的な割れが発生する可能性があります。このような割れは、軟質部が隣接部よりも過剰に伸びるため窪んでおり判断ができます⁵⁾。通常は溶接線に直角に引張応力の作用する、横曲げ試験が用いられますが、例えば、9%Ni鋼の溶接継手の溶接材料にNi合金が用いられている場合、母材と溶接部の伸びが異なるため、溶接線に平行に応力がかかる縦曲げ試験が一般的に用いられています。

溶接継手の曲げ試験では、溶接欠陥が試験面に顕在化して観察が可能になります。写真1は一例で、裏曲げ試験後の試験面の外観写真です。この試験片では、溶接金属に沿って融合不良による割れが観察されています。

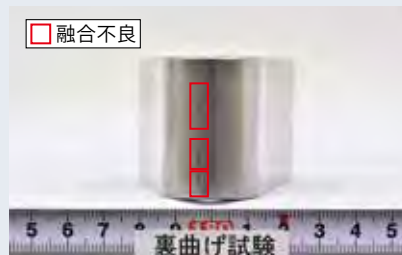


写真1 曲げ試験後の試験片外観(横曲げ)

静的試験（引張試験、曲げ試験、硬さ試験）

4.硬さ試験

金属材料の硬さ試験としてよく用いられるロックウェル硬さ試験、ブリネル硬さ試験、ビッカース硬さ試験は、硬さ試験の内でも「押し込み式硬さ試験」に分類されます。これは、先端が球や円錐などの形状をした圧子を試験片に押し込み、そこにできた圧痕の深さ、またはその面積の大小から硬さを算出する試験方法です。それぞれの硬さ試験の原理と測定方法を、以下に簡単に説明します。

(1) ロックウェル硬さ試験

ロックウェル硬さ（HR）試験は頂角120°のダイヤモンド円錐か、鋼球を先端に持つ圧子を試験片に押し込み、その押し込み深さから硬さを算出する試験法です。

算出には、圧子の種類と試験力で定義される「スケール」ごとの定数を用います。定数はスケールごとに異なりますが、まず基準荷重を加え、そこからさらに試験荷重を加え、再び基準荷重に戻した時の圧子の侵入深さの差から硬さを算出するという手順はどのスケールの場合でも共通です。

図4は、Cスケールでロックウェル硬さ試験を行った後の圧痕を、レーザー顕微鏡を用いて観察したものです。上段は圧痕を真上から見た様子、下段は圧痕から得られた深さ情報を3次元に再構築し、そのモデルを側面から見た様子です。

(2) ブリネル硬さ試験

ブリネル硬さ試験は、超合金球の圧子を用いて試験荷重と試験面に付けた圧痕の表面積から硬さを算出する試験法です。ブリネル硬さの値は、試験面に圧子を押し込んだ試験荷重を圧痕の表面積で除して算出します。

試験で用いる試験力は、規格で材質ごとに定められています。また、硬さ算出の際に図5に示すような圧痕を読み取る必要があるため、試験片の表面は圧痕の直径を0.01 mmまで読み取れる程度に平滑にしておきます。

(3) ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験では、対角面136°のダイヤモンド製四角錐圧子を試験片表面に押し込み圧痕をつけます。硬さの値は、図6に示す圧痕の対角線長さから求める表面積で圧子を押し込む試験荷重を除して算出します。

以上で述べたように、硬さ試験は種類によって測定方法や定義が異なります。それぞれの硬さの値には近似的な相関関係があることが分かっており、ある程度の換算が可能です。ASTM E140には硬さ換算表が示されています。一方で、硬さの値は引張強さとも（2）式に示す関係があることが分かっています。

$$\sigma_B = \frac{10}{3} HV (MPa) \dots (2)$$

なお、この式は軟鋼などの加工硬化の小さい材料に關してのもので、加工硬化が大きい材料では引張強さではなく0.2 %耐力について同様の相関関係が見られます。

5.おわりに

一概に材料試験といっても試験によって試験片形状や評価項目など多種多様で、目的に沿って適切に選定することも必要です。特に溶接構造物は熱の影響などから不均質な状態が生じやすく、より多くの検討が必要になります。今後試験を実施する際に、本稿が一助となれば幸いです。

<参考文献>

- 1) 須藤一：材料試験法，内田老鶴圃，p.2
- 2) 日本工業規格 JIS Z 3221（2008）
- 3) 石井勇五郎：鋼材溶接部の非破壊検査像と機械的強度の関係 高圧力 Vol.6 No.3(1968)，10-16
- 4) 大畑充：溶接継手強度の基礎，溶接学会誌 Vol.77 No.7（2008），50-56
- 5) 杉野毅：溶接継手の性能トラブルの調査方法，溶接学会誌 Vol.84 No.4(2015)，50-53

神鋼溶接サービス(株) 技術調査部技術室
奥村 博子

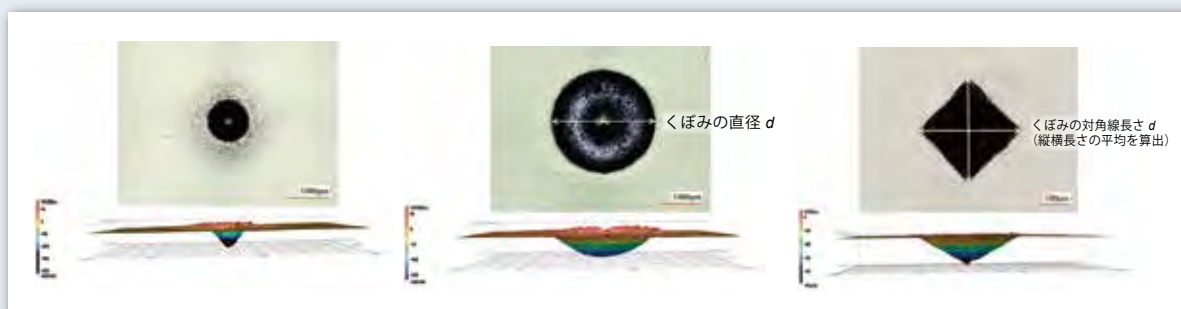


図4 ロックウェル硬さ試験の圧痕



図5 ブリネル硬さ試験の圧痕



図6 ビッカース硬さ試験の圧痕



●神溶会コーナー

Mail from Netherlands

『Goed Gedaan!!』

KOBELCO WELDING OF EUROPE B.V. 菊地 和幸

TRUSTARC™ DW-A65Ni1が適用されたパイプラインプロジェクト

読者の皆様、こんにちは。2018年1月よりオランダのKOBELCO WELDING OF EUROPE B.V.(KWE)に駐在しております菊地と申します。KWE社は、1994年6月オランダのヘルレン市に設立され、1995年10月にステンレスFCW（フラックス入りワイヤ）の生産を開始。今年で25周年という節目を迎えます。軟鋼、低合金鋼、ステンレス鋼およびNi基FCWを主な製品として製造・販売しており、販売機能を有するKWE AB社の各エリアのセールスマネージャーおよび各国の代理店の皆様とともに造船分野、エネルギー分野、建築鉄骨分野をはじめとしたお客様へ製品を供給しております。

KWE社では新たな試みとしてエネルギー分野、特にオンショアパイプラインへの参入活動を行っております。パイプライン分野はKOBELCOの高品質かつ高性能な材料が十分に力を発揮できる分野です。2019年にはKWE社の近くを横断するパイプラインプロジェクトに**TRUSTARC™** DW-A65Ni1(降伏応力550MPa級全姿勢用FCW)が適用となり、これまでの活動の成果が着実に出ております。

さて、オランダでの生活に関しても触れさせていただきます。オランダの方々は健康意識が高いのか、私の住

んでいるマーストリヒトにもこれでもかというほどフィットネスジムが存在しています。そのような恵まれた環境で、私は自転車(ロードバイク)を始めました。妻の合意を得てイタリア製ロードバイクを買うことができたのは、海外赴任して一番の大きな買い物でありました。2019年から乗り始め、会社の通勤や週末、友人たちと走るなどして健康を保とうと努力しております。天気の良い日のオランダはとても景色が良く、気分もリフレッシュでき非常に良い趣味だと思っております。また、モチベーション向上の意味も含めて、レース大会に自分のレベルを踏まえて参加しようともしております。2019年には2回レース大会に参加しました(距離でいうとどちらも100kmちょっとです)。私にとってこの距離はヘトヘトになり、ゴールできるかどうかという距離のため、完走できた時は特に嬉しかった記憶が残っております。100km近くを完走した後、会社の同僚から“Goed Gedaan!!”(オランダ語、英語でGood Job!!の意味)と労いの言葉をもらいながら、これからも愛車とともにオランダを駆け巡ろうと思っている次第です。

皆様もオランダにいらした際は、レンタル自転車などでオランダの風景を楽しむのも、ぜひ一度いかがでしょうか。



友人とのサイクリング



レース大会で友人の自転車とともに ※左が著者の自転車

表紙のこぼれ 日本風景 国立競技場-東京



緑と木のぬくもりに包まれた国立競技場 — 東京都新宿区

東京オリンピック・パラリンピックのメイン会場となる国立競技場。1964年東京大会で使われた旧国立競技場を2015年に撤去し、跡地に約1,569億円を投じて建設。2019年11月30日、3年の工期を経て完成しました。大会中は「オリンピックスタジアム」の呼称となり、開閉会式とさまざまな競技の舞台となります。

地上5階、地下2階で、建築面積は旧競技場の約2倍となる約6万9,600㎡。およそ6万席ある観客席は、木漏れ日をモチーフとした緑や茶色などの5色で構成され、空へのグラデーションになっています。緑と木にあふれた「杜のスタジアム」をコンセプトとして、日本全国47都道府県の木材が使われており、屋根部分には鉄骨と木材を組合せたハイブリッド構造が採用されています。自然に開かれ、街と調和する、日本らしいスタジアムです。

