

超高層建築を支える鉄骨製作技術の挑戦

～複雑かつ大型化がともなう鉄骨製作の効率化と品質向上に向けた技術革新～

Innovation for Improving Quality and Efficiency of Steel Structure Fabrication Being Complicated and Enlarged

堀 望智大

川田工業株式会社 鋼構造事業部
栃木工場品質管理課 課長

高橋 泰文

川田工業株式会社 鋼構造事業部
栃木工場 工場長

川田工業 栃木工場（以下、当工場）は現在、Sグレードの大臣認定工場として生産量・技術力ともに国内でトップクラスの鉄骨製作工場として高い評価を受けています。特に、超高層ビルを対象としたボックス柱製造ラインにおける独自の生産システムは、これまで専用加工機の開発や自動加工ラインの設置、溶接ロボットや3D CADなど、時代のニーズに対応した常に新しい生産技術の導入を心掛けてまいりました。労働力不足への対策として生産性向上が叫ばれている昨今、さらに高能率にラインを再構築し、2018年に運用を開始しました。また近年、生産性を上げるBIM/CIMのツールとして重要性が高まっている3D CADを、ファブリケーターとしてはいち早く取り入れてまいりました。

本特集では、近年の鉄構業界を取り巻く環境と、それに対応する当工場の取り組みとしての新ライン構築、および製作現場での3D CADの活用について、3部構成で紹介いたします。

1. 鉄鋼業界の今 —はじめに—

2008年（平成20年）に「鉄構技術の歩み PART II」が、川田技報（Vol.27）に掲載されてからこの10年間は、東日本大震災をはじめとする地震や豪雨による甚大な被害を受けた結果、常に建築構造物のあり方が問われ、建築業界全体が大きく変化した時代でありました。

社会では少子高齢化が益々進み、人手不足は建設業のみならずあらゆる業種で大きな課題になっています。国立社会保障・人口問題研究所が発表した出生中位推計の結果によれば、生産年齢人口は2013年には8000万人、2027年には7000万人、2051年には5000万人を割り、2060年には4418万人となる見込みです。

表1に当社が鉄骨製作に携わった実績を示します。震災以来の顕著な構造物として、世界一の電波塔である東京スカイツリーが2012年に竣工、その後も超高層建築が次々と建設されています。その技術力を背景に、日本の制振・免震技術も大きく飛躍し、鉄構業界は現在、かつてない安全・安心な大空間の創造を実現しています。求められる構造物はより大型化、特殊化し、それらを支える鉄骨には、一層の精度と品質が求められています。鉄構市場（図1）に着目すると、2009年度に大きく需要量が減ったあと増え続け、2016年度には約510万トン、2017年には推定約520万トンとなり、順調な成長を続けています。現在は2020年の東京オリンピック施設の建設着工が相次ぎ、2018年末に山場を迎える状況です。さらに東京五輪以降についても、鉄骨需要は続いていくと予想されています。

表1 栃木工場での主な製作実績

建物名	竣工年月
東京スカイツリー®	2012年2月
©Shibuya Hikarie	2012年3月
JPタワー	2012年5月
GINZA KABUKIZA	2013年2月
読売新聞社本社ビル	2013年11月
OOTEMORI オーテモリ	2014年4月
虎ノ門ヒルズ	2014年5月
品川シーズンテラス	2015年2月
東京日本橋タワー	2015年4月
東京ガーデンテラス紀尾井町	2016年5月
京橋二丁目西地区（再開発）	2016年10月
大手町パークビルディング	2017年1月
赤坂インターシティ AIR	2017年8月
東京ミッドタウン日比谷	2018年2月
大手町プレイス	2018年8月

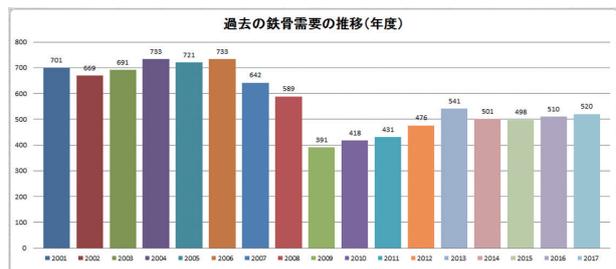


図1 過去の鉄骨需要の推移(年度)¹⁾

しかし需要が見込まれる一方で、労働者人口の減少により人材の確保が厳しくなることは避けられず、政府としては一億総活躍社会実現に向け、「働き方改革」を推進し、大手企業だけでなく、全企業の大半を占める中小企業にもその取り組みを求めています。また、建設業をはじめとして、産業界全体に生産性向上を呼び掛け、労働者人口の減少に対処していく考えを見せています。このことは、当社の生産体制にも大きく影響を与えています。

その上、材料納期の長期化や労務費・輸送費の高騰などの課題が山積し、生産現場では以前にも増してスピー

ド感が求められていると感じています。これに加え、設計と製作が並行して進められている実情から、設計承認の遅れや度重なる設計変更により、製造工程への圧迫が顕著になることも珍しくありません。

このような中、当工場では①ボックス生産の効率化、② IT を取り入れた先進技術への対応、③省力化のための取り組み、④地震に対する特殊製品への対応などが求められてきました。以降では、当工場における取り組みの一部をご紹介します。

2. ボックスラインの再構築と新たな溶接施工法の取り組み

(1) 栃木工場製作ラインの歴史とラインの再構築

当工場の歴史は、川田工業の2番目の製造拠点として1958年（昭和33年）に操業し、当初は橋梁製作を主とした工場としてスタートしました。ボックスラインは国内初のクレーンレス横流しライン（特許取得）を特徴とし、1989年に溶接工程までの設備化を1期工事として着工、その後1993年に2期工事として歪矯正プレス、NCマーキングを導入しました。1日当たりの製作本数、工程間の必要タイムなどの検討を通し、各々が最大限稼働できるラインの構築が課題でした。

このときのラインの適用能力は、適用最大せい：1 000mmで、適用最大長：16m/本、適用最大重量：20t/本です。その後、1995年に第2ボックスラインを設置し、サイズ、板厚がラインの制限を越える需要に対処してまいりました。さらに、1996年にサブマージ溶接機を入れ替え、適用板厚の拡大を図ってまいりました。これにより、適用最大せい：1 200mmで、適用最大長：16m/本、適用最大重量：20t/本、生産量：3.5本～4.0本/日（8h）となりました（表1、図2a）。

表2 川田工業栃木工場のあゆみ

年次	ボックス柱製作ラインの構築経緯	適用範囲	備考
1958年	栃木工場操業開始（当初は、橋梁製作が中心）		
1989年	1期工事：溶接工程（クレーンレス横流しライン）の設備化	ライン長：173m,	
1993年	2期工事：歪矯正プレス、NCマーキングの導入	せい：1000mm, 長さ：16m/本, 重量：20t/本,	
1995年	第2ボックスライン増設（サイズ拡大）	ライン長：173m,	適用サイズ、板厚の拡大
1996年	溶接機の入替え（板厚拡大）	せい：1200mm, 長さ：16m/本, 重量：20t/本, 生産量：3.5～4本/日	
2008年	BIMに対応する3D CADの導入		設計検討の効率化
2014年	見える化の導入		現場管理の効率化
2017年	高精度レーザー3次元測定器の導入		製造・検査の効率化
2018年	新ライン再構築 ・各工程間にストックスペースを確保 ・NC開先取り機、組立装置、SAW溶接装置、孔明け装置の増設 ・裏当て金自動溶接機、自動孔明け機の導入 ・高能率SAW法の採用	ライン長：235m, せい：1200mm, 長さ：16m/本, 重量：20t/本, 目標生産量：6本/日	省人化・製作能率の向上

ボックス素管の製作工程には切断、開先加工から溶接、マーキングまで、多くの設備が関わっておりますが、専用に設計、装置化された各設備は、96年以降大きな更新はなく、そのため効率化の観点から、以下のような課題が挙げられました。

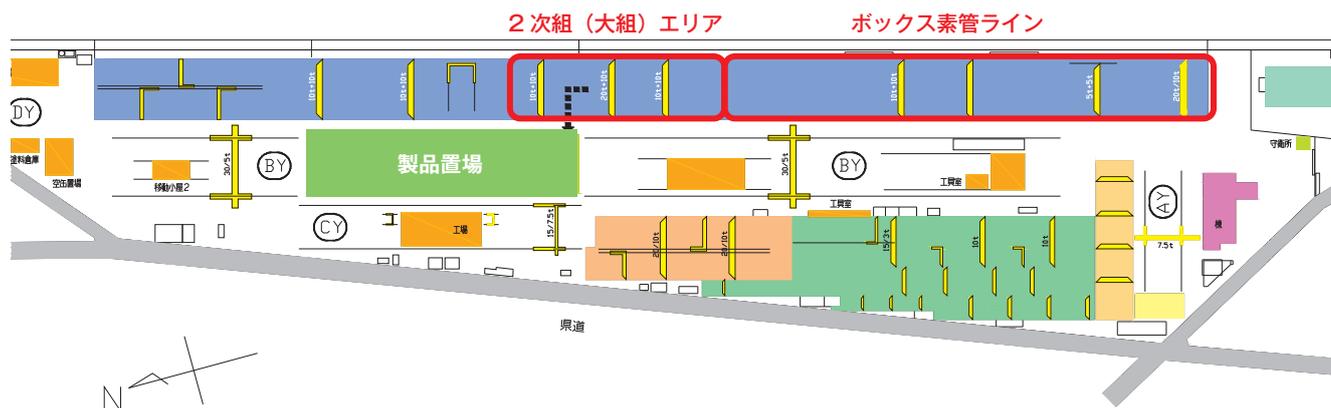
- ① ライン発足当時の想定と比べ、現在は組合せ材質、板厚、要求スペックが多岐にわたり、それに対して効率よく対応できていない。
- ② 溶接材料の種類も増え、積み替え等に手間がかかっている。
- ③ 鋼材種や板厚の組合せによっては能率の高い施工法を採用することが難しい。また、施工条件が異なる複数の物件を同時に流すことに支障がある。

また、表3に示すように60mmを越えた範囲の厚板に対する溶接を効率的に行うには、採用する溶接方法に対する課題がありました。

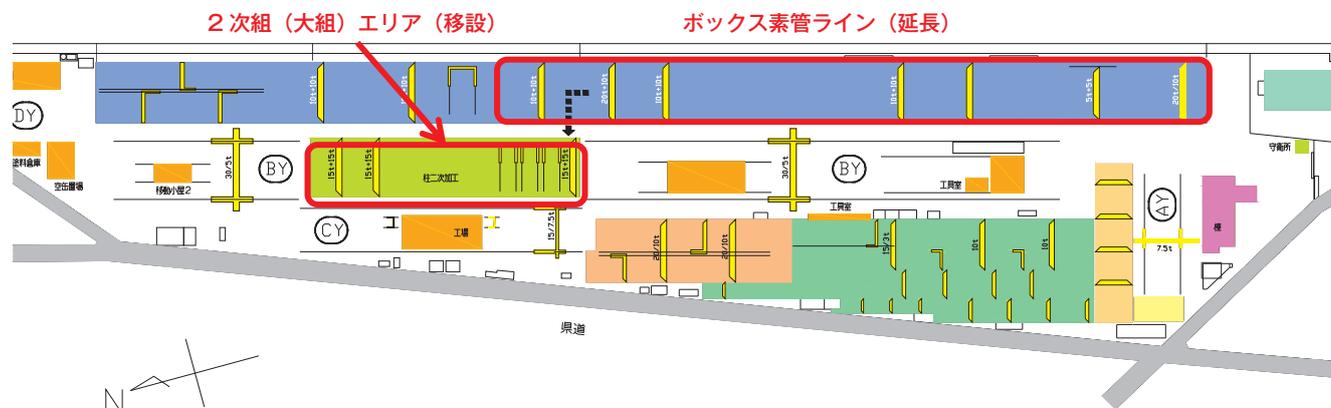
表3 栃木工場での角継手施工方法（旧）

鋼種	板厚 t (mm)					
	50	55	60	65	70	70以上
590N級	SAW1ラン	SAW2ラン	SAW2ラン	CO₂ 多層		
550N級	SAW1ラン	SAW1ラン CO ₂ 多層				
490N級	SAW1ラン					

その当初、高能率サブマージアーク溶接（以下、SAW）1ランの適用範囲を超えた板厚については、自社開発の炭酸ガスシールドアーク溶接（以下、CO₂）マニプレータ（Auwel2）による多層盛り溶接法が採用され、複数台を同時に稼働させることでアークタイム率を確保していました。しかし、多層盛りゆえの品質確保の問題や専属のオペレータ確保の面から、早急に実績のあるSAWを併用し、品質と能率を両立可能な施工法に切り替えることが求められました。



a) ライン再構築前（1996年当時）



b) ライン再構築後（2018年現在）

図2 栃木工場平面図

(2) 新ライン構想の立案

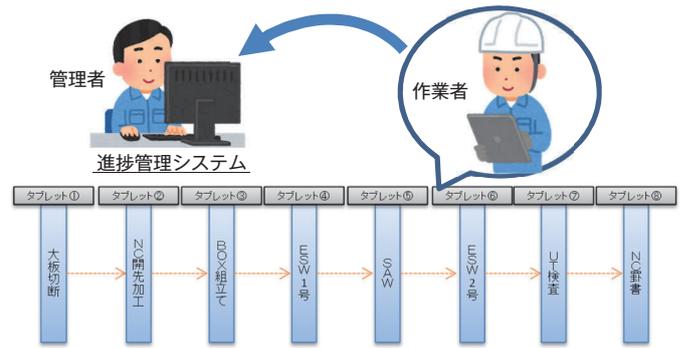
以上のことから、新たなボックス生産ラインの再構築プロジェクトを2014年から計画し(図2b)、遂行しました。新ライン構想の大方針は以下の通りです。

- クレーンレスで横持ちラインのアイデンティティは今後も継承する
- 設備を増設し、生産効率アップを図る
- 高能率溶接法を取り入れた新たな施工法を導入する

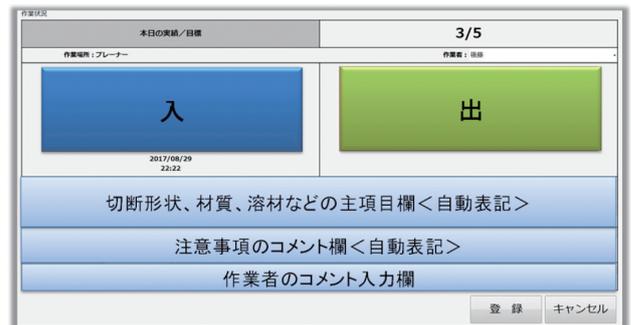
これをもとに構築した新ラインにおける能率向上のための特徴は次の通りです(図3)。

- 十分に確保された作業スペース**
現状よりラインを60m延長し、各工程間で15mのスペースを確保、作業能力の差を吸収可能とする。
- 能率向上にかかわる設備、機器の完備**
NC開先取り機、組立装置、SAW装置、孔明け装置をライン内に2台ずつ設置、処理能力をアップする(前年度4.4本/日→目標6.0本/日)。
- 省人化できる新たな自動機の導入**
スキムプレートに裏当て金の本仮付け溶接を自動で行う装置の導入。エレクトロスラグ溶接(以下、ESW)2号のための孔明けを高速自動化。
- 高能率溶接法の適用範囲拡大ができる配置**
角溶接SAW装置に対して高能率SAW法を組合せた施工法を採用。

また、工程管理の効率化の鍵となる、“工程の見える化”も同時に進めました。進捗データを作業者に直接入力してもらうことで、リアルタイムに、工程表に反映する仕組みを構築し、工場進捗状況を誰でも簡単にモニタリングできるようにしました(図4)。これにより、作業者同士のコミュニケーションも強化され、整合性の確認や調整の効率化が図れました。



a) 進捗管理システムの概略



b) 作業者入力画面

部	部材名	柱マ	SES	デボハツリSAW	孔明SES2	UT検査	デボハツリエリア
3	BOX柱主材(ストレート)	3CX7Y	準備中	準備中	準備中	準備中	準備中
5	BOX柱主材	5CS	8/8	8/9	9/1	準備中	準備中
5	BOX柱主材	5C	8/9	8/10	9/1	準備中	準備中
5	BOX柱主材	5CS	8/6	8/9	9/1	準備中	準備中
5	BOX柱主材	5C7I	8/9	8/10	8/22	準備中	準備中
5	BOX柱主材	5CSF	8/7	8/9	9/1	9/3	9/3
5	BOX柱主材	5C	8/2	8/8	8/8	準備中	準備中

c) 管理者確認画面

図4 ITを取り入れた作業者参画型の進捗管理

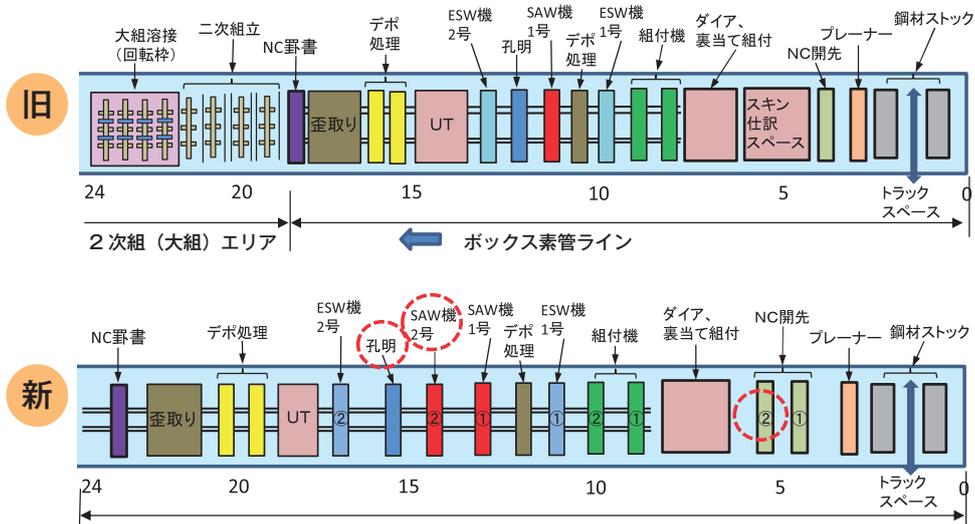


図3 新旧ライン構成

(3) ボックス柱の角継手における高能率施工方法

ラインの再構築により板厚と溶接施工方法の関係は表4の通りとなりました。

施工法を具体的に示したものが図5になります。これまで、厚板は図5左のようにレ形開先ですべてCO₂多層盛りとなっていました。これを、図5右の方法に変更することを検討しました。これにより、SAW機の稼働率が上がり、全体の生産効率を向上させることが期待されます。いずれもV形1段開先を採用し、SAW2ラン法は大入熱条件で2パス仕上げとなります。板厚70mm以上となりますと(図5右下)、SAW1ランにより下盛りし残りの開先をCO₂多層盛りとします。それぞれ()中に数値を示しておりますが、従来工法の能率(工数)を1.0とした場合、これら代替工法は0.25~0.60となりましたので、大幅な工数低減が期待されます。

図6はSAW2ラン法を検討したもので、板厚65mmの断面例です。板厚65mmは1パス目の頭頂部にわずかに割れが見られますが2パス目で十分再溶融しており、UT検査結果も問題ありませんでした。性能試験結果を図7に示します。角継手部に対し、溶接金属部の性能はいずれの部位においても高い衝撃値が確認されています。

すでに、物件の施工試験で合格し実施工の段階に移行しています。

表4 栃木工場での角継手施工方法(新)

鋼種	板厚 t (mm)					
	50	55	60	65	70	70以上
590N級	SAW1ラン	SAW2ラン	SAW2ラン	SAW2ラン		
550N級	SAW1ラン	SAW1ラン	SAW2ラン	SAW2ラン		SAW1ラン下盛り+CO ₂
490N級	SAW1ラン	SAW1ラン	SAW2ラン	SAW2ラン		

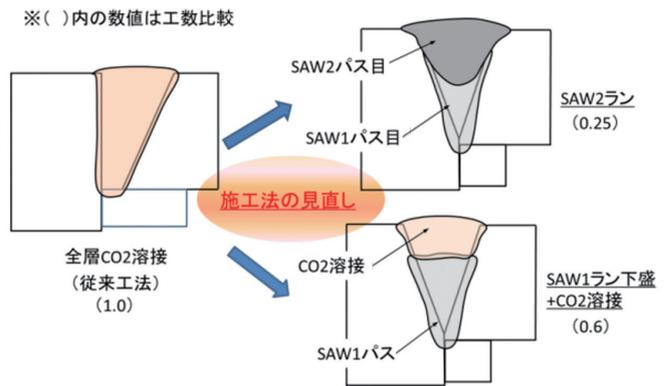


図5 角溶接施工方法の見直し

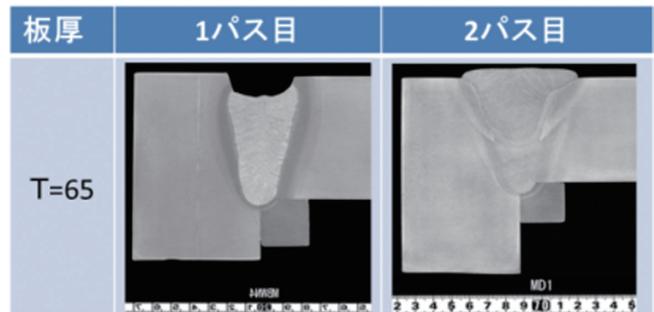


図6 角溶接施工方法の検討例

●SAW2パス施工の性能例 (t=65mm; SA440C-SP-HF)

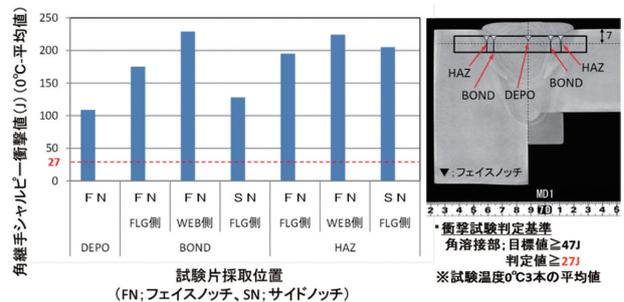


図7 SAW2パス施工の性能例



写真1 新ライン全景

3. 鉄骨ファブリケーターとしての3Dデータ活用とBIM

BIM (Building Information Modeling) は、2002年ごろから欧米の主要CADベンダが具体的な提唱をはじめ、2005年の米国建築家協会(AIA)の大会で発表されると、日本国内では2009年の国土交通省によるBIM導入宣言が1つの大きなきっかけとなり、普及の動きが活発になりました。

BIMのベースとなるのは、3次元モデルデータです。この3次元モデルに部材情報や製品情報等を付与することで、設計から施工、管理まで一貫してデータを活用していくというのがBIMの考え方であり、生産性向上のための大きな流れになっています。

当工場では、ファブリケーターとしていち早くBIMに対応した3DCADを導入し、製作現場での活用方法を探求しながら、実績を積んでまいりました。また、レーザートラッカーを使った3次元計測など、生産性向上に向けて新しい取り組みを行っています。以降では、これまでの適用事例を交えて、当工場の取り組みについて紹介します。

(1) 鉄骨ファブとしての3Dモデルの活用

当工場では2008年からBIMに対応する3DCADを導入してきました。通常、客先から受領する鉄骨図面は、一般的な「伏図」、「軸組図」などの図面です。形状が複雑な鉄骨であればあるほど、鉄骨どうしの取り合い、継手の配置、鉄骨どうしが干渉する場合の対処など、膨大な協議時間が必要となります。当社では、形状が複雑な鉄骨である場合は、あらかじめ鉄骨BIMモデルを作成し、協議の場で有効活用しています。画面を見ながら、対象部材を拡大表示・回転表示等することにより、「伏図」や「軸組図」ではわかりづらい、鉄骨の形状、向き、他の鉄骨との取り合いや干渉の状態、などがひとめで確認でき、協議時間の大幅短縮を実現しています(図8)。

また、作成した3次元モデルに含まれる部材情報を利用して、正確な鋼材数量表を出力することで鋼材発注にも活用しています(図9)。

さらに、受領した詳細図だけでは、例えば、部材どうしの溶接面がどのようになるのか、また、輸送可能な重量なのか、といった検討が困難となるような場合にも、あらかじめ鉄骨BIMモデルを作成することにより、これらの検討をスムーズに行うことができるようになります。これにより、輸送を考慮した形状の検討、鋼材数量や溶接量の試算など、客先への最適なVE(Value Engineering)提案に活用しています(図10)。

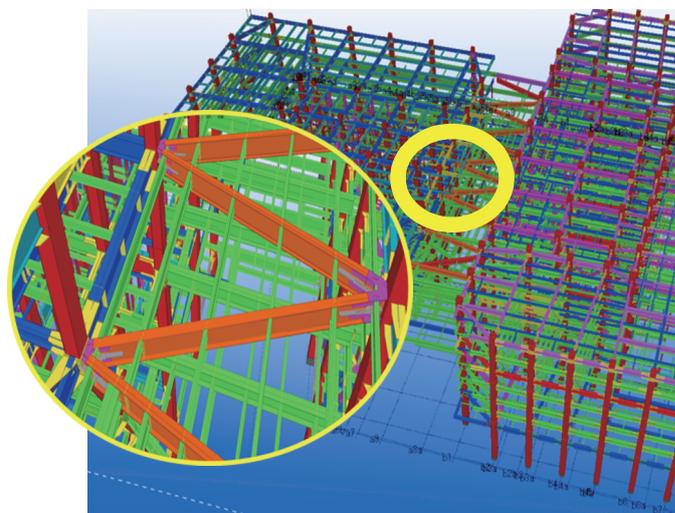


図8 客先協議での活用例

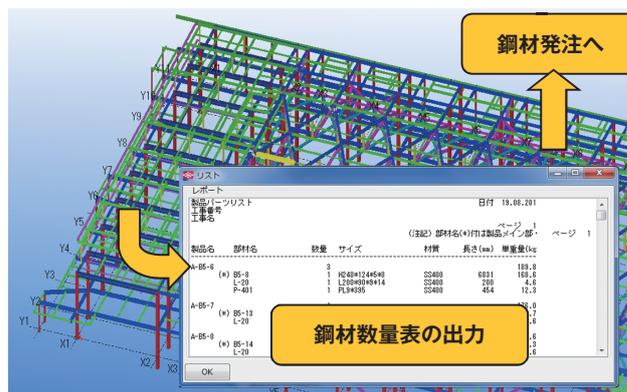


図9 鋼材数量表

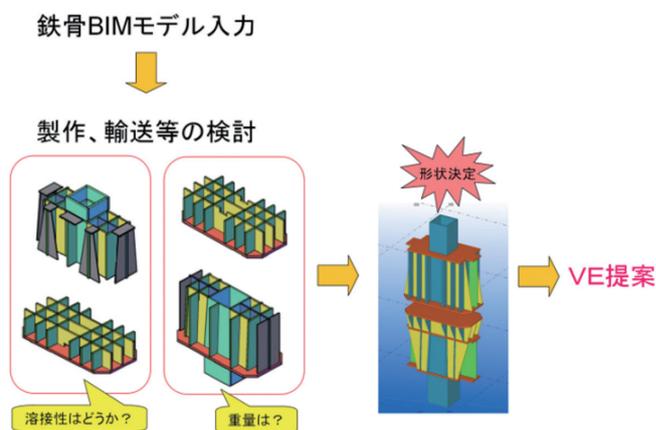


図10 形状決定とVE提案例

(2) 3D CAD ソフトウェアの互換性に関わる事例

BIM による生産性向上のためには、ゼネコン各社をはじめプロジェクトに関わる協力会社の異なったプラットフォーム上で、正しくデータのやりとりができることが最も重要です。

a) 例1 ～鉄骨建方シミュレーション～

図 11 では、異なる会社間で異なるソフトウェアを使って BIM モデルデータを確認した事例を紹介します。まず当社が 3D CAD を使用し、該当鉄骨の BIM モデル入力を行いました。ゼネコン側では、当社とは異なる BIM 対応 CAD を使用している状況です。それぞれの BIM 対応 CAD には、ビューイング専用ソフトが存在しており、これらのソフトはスライドショー機能（モデルを固定の視点から見た画面を複数設定し、それぞれを滑らかにつなげて動画のように表現する機能）を持っています。この機能を使用することで、BIM モデルデータを異なるソフトウェア環境で相互に閲覧し、鉄骨建方シミュレーションを行うことができました（図 12）。

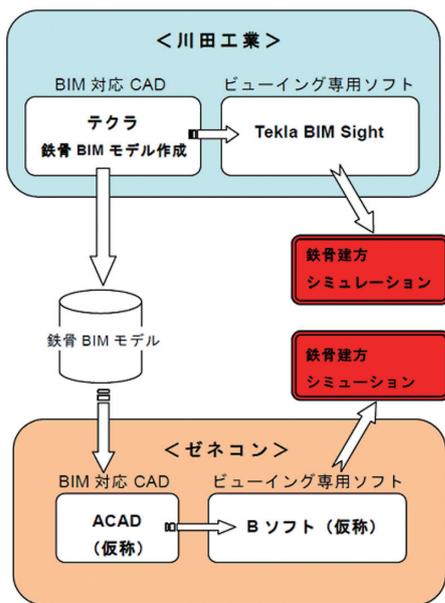


図 11 鉄骨建方シミュレーションの概要

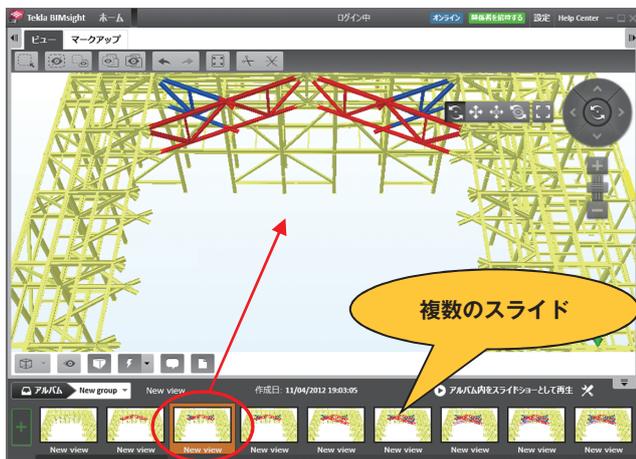


図 12 スライド画面例

b) 例2 ～BIMデータの統合化検証～

別の例として、ゼネコンにおいて、当社で作成した鉄骨 BIM モデルと、他の BIM モデルとの統合化検証が行われました（図 13）。干渉等の確認を行うことを目的に、同じ建築物の建設に関わる複数の業者がそれぞれ作成した BIM データをゼネコンに提出し、それらを統合することが試みられました。統合は成功し、干渉確認が効率的に行えました。（図 14）。

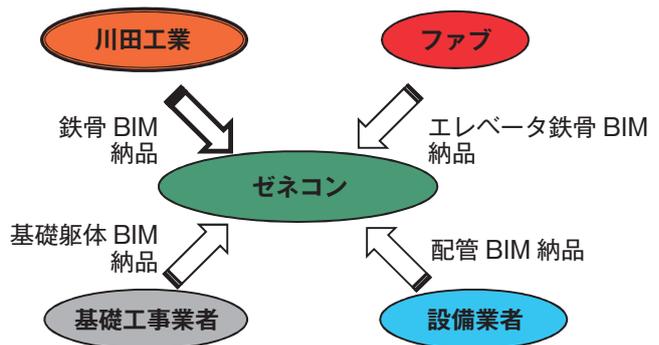


図 13 BIM モデルの統合化検証

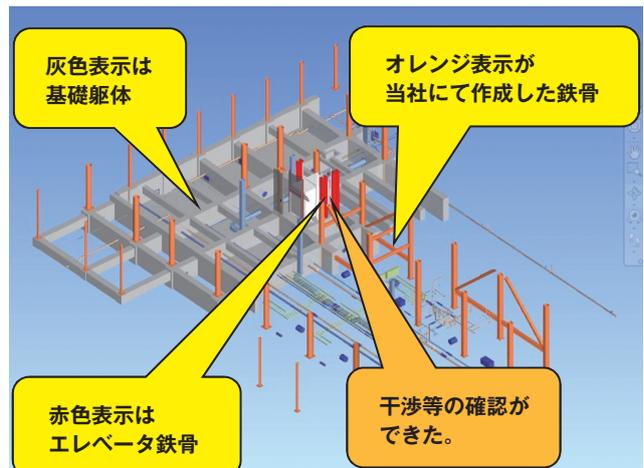


図 14 ゼネコンでの検証結果

(3) 製作と検査業務へのレーザートラッカーの活用

a) 製作での活用

特殊形状柱の製作（写真 2）に、BIM データを活用した事例を紹介します。このような形状の部材の製作にあたってはこれまで、①工場作業者と 3次元モデルを確認しながら製作打合せを行い、②組立に必要な治具を検討、③定盤に投影する罫書き図を作成し、④実際に下げ振りを垂らしながら主材配置および二次材の取付を行うための定盤上への投影罫書き、⑤主材への罫書き、⑥主材位置出しの治具製作などの手間とコストが発生していました。この工程を、レーザートラッカー（写真 3）を利用して罫書きから組立てまでを行う手法を取り入れることで効率化することができました。

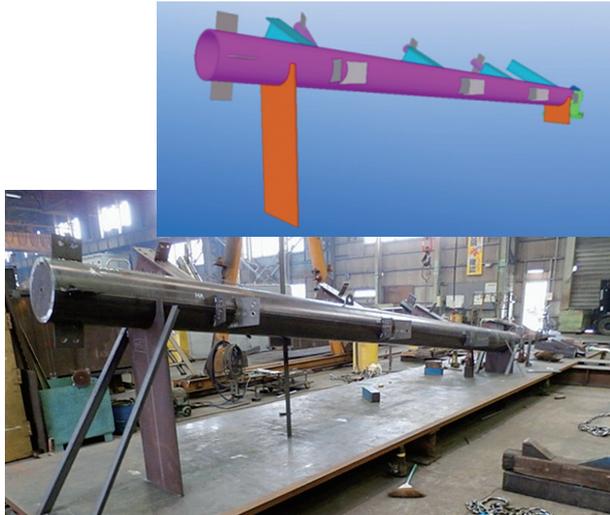
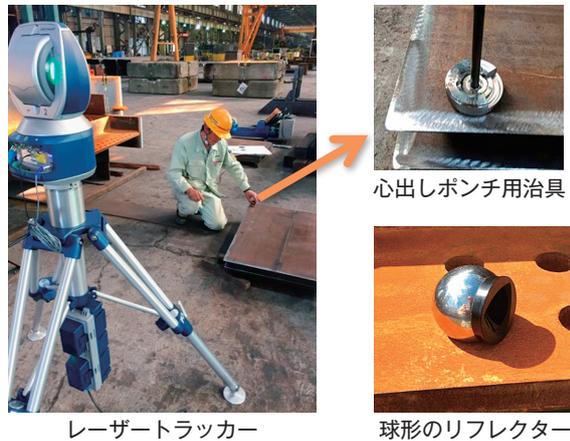


写真2 従来の組立て方法



レーザートラッカー

球形のリフレクター

写真3 レーザートラッカーによる野書き手段

レーザートラッカーとは、本体から出ているレーザービームを球形のリフレクターに当てることによって、中心座標 (x,y,z) を精密に算出することが可能な3次元測定機です。リフレクターを測定したい位置に合わせるだけで測定でき、本体が自動でリフレクターを追従します。さらに、スマートフォンアプリにより測定結果の確認と機器の操作ができるため、一人での作業が可能となります (写真4)。



写真4 レーザートラッカーのスマートフォンアプリ

レーザートラッカーを利用して、BIMデータの3次元モデルから部材の取付位置を指示することが可能になったため、野書き、治具製作などの作業が省力化でき、さらに製作のミスを防ぐことにもつながりました。

また、複雑な形状をもつ主材の設置状況に合わせて、二次部材の取付位置を指定するのが従来不可能だったケースでも、レーザートラッカーを活用することができました。

例えば、図15の黄色の着色部は鋳鋼品です。この部材を架台に仮置きする場合は図の状態で配置することが要求されます。従前ではこの状態での二次部材の取付は不可能でした。これに対し、レーザートラッカーを使って先行して形状測定することで、鋳鋼品の誤差も含めた3次元の形状データを取得します。そこに二次部材の3次元モデルを配置したデータを作成して座標をレーザートラッカーに取り込むと、鋳鋼品の誤差を包含した二次部材の取付け位置を空間に示すことができます。これにより、治具構築の検討時間が短縮できると同時に、野書き図、治具自体もすべて不要になります。さらに、出来上がりは、高精度かつ高品質な組立てができました。

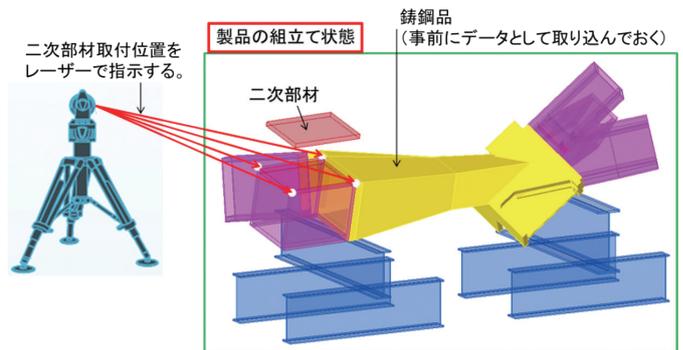


図15 複雑な形状の組立て要領の例

3D CADデータとレーザートラッカーの活用により次の効果が得られました。

- ① 計測とデータ照合が形状を見ながら行えるため測定ミスを防ぎ迅速な確認が可能となる
- ② 詳細図では表現しにくい階高や平面対角などの寸法を確認できる
- ③ 特殊形状の組立において角度型や主材位置固定治具などが不要となる
- ④ 累積誤差を含んだ組立が可能であるため組立精度が上がる

b) 寸法検査での活用

次に検査工程での活用についてご紹介します。先のレーザートラッカーを用いて、3D CADデータを元に製作後の検査を行いました。

従前の検査業務では以下の課題がありました。

- ① 寸法測定にはスチールテープなどを使うため、必ず0点抑え者と測定者の2人以上が必要となる。
- ② 検査記録を野帳に転記し、報告書書式に打ち込んでいる。
- ③ 建築鉄骨の製品は、各節に柱・梁・その他で300ピースを超え、ひとつひとつの形状が異なるため、寸法測定に多くの時間が費やされている。
- ④ 測定結果について測定ミスや転記ミスがあり、再度確認を行わなくてはいけないことがある。
- ⑤ 形状によっては、直接計測できずに対角寸法で算出しているため、精度に問題がある

◆レーザートラッカーでの測定(柱)

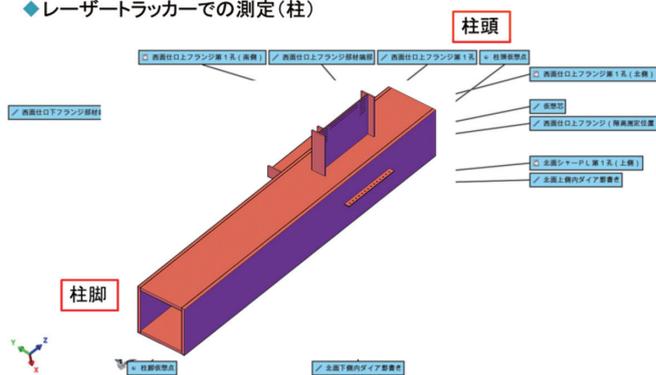


図 16 測定箇所のポイントデータ

レーザートラッカーを導入することによって大きく変わったことのひとつが、スマートフォンアプリを使うことによって寸法測定を一人で行えるという点です。

また、測定した記録は図 16 に示す通り、3D CAD データと連動して、基準値から測定結果を自動で比較し、許容値内にあるかどうかともその場で瞬時に判定できます。許容値は各々の測定項目に合わせて設定できます。課題に対する効果については、下記のとおりです。

- ・測定したい位置を自由に設定できるため、シアプレートやブラケット形状の異なる製品に対しても、階高、仕口長さなどが定められた位置で測定が可能となり、検測表も作成しやすくなった
- ・野帳の準備の必要がなくなり、転記による入力ミスがなくなり、測定忘れの確認も直感的に行えた
- ・ジョイント孔などの形状に対しても、小型の球状ターゲットを差し込むだけで、一回で測定が可能になった。
- ・スケールでは直接計測できなかった形状の測定も可能になり、対角線法で算出するのに比べて精度が格段に向上した
- ・図面に表記されている寸法値が示すのと同じ点で測定ができるため、図面との照合が容易になった
- ・3次元モデルデータとの比較により、形状が複雑な製品の取合い位置の確認が容易になった

名前	管理項目	基準	測定	許容値	偏差	判定	許容値外
→ 全長	Z距離	7500.000	7501.833	±3.000	1.833	OK	
→ 西面階高 (h1)	Z距離	6190.000	6190.916	±3.000	0.916	OK	
→ 北面階高 (h1)	Z距離	6192.000	6197.956	±3.000	5.956	NG	2.956
→ 西面階高 (h2)	Z距離	1310.000	1310.916	±3.000	0.916	OK	
→ 北面階高 (h2)	Z距離	1308.000	1303.837	±3.000	-4.163	NG	-1.163
→ 西面仕口せい(D1)	Z距離	1900.000	1903.552	±3.000	3.552	NG	0.552
→ 北面仕口せい(D1)	Z距離	1904.000	1907.913	±3.000	3.913	NG	0.913
→ 西面仕口長さ(L1)	X距離	1480.000	1481.948	±3.000	1.948	OK	
→ 北面仕口長さ(L1)	Y距離	617.000	615.170	±3.000	-1.830	OK	
→ 柱脚南北 (西側)	3D距離	1100.000	1100.183	±3.000	0.183	OK	
→ 柱脚南北 (中央)	3D距離	1100.000	1101.187	±3.000	1.187	OK	
→ 柱脚南北 (東側)	3D距離	1100.000	1099.823	±3.000	-0.377	OK	
→ 柱脚東西 (南側)	3D距離	1100.000	1101.191	±3.000	1.191	OK	
→ 柱脚東西 (中央)	3D距離	1100.000	1101.726	±3.000	1.726	OK	
→ 柱脚東西 (北側)	3D距離	1100.000	1101.544	±3.000	1.544	OK	
→ 柱脚南北 (西側)	3D距離	1100.000	1099.984	±3.000	-0.016	OK	
→ 柱脚南北 (中央)	3D距離	1100.000	1101.743	±3.000	1.743	OK	
→ 柱脚南北 (東側)	3D距離	1100.000	1103.533	±3.000	3.533	NG	0.533
→ 柱脚東西 (北側)	3D距離	1100.000	1102.823	±3.000	2.823	OK	
→ 柱脚東西 (中央)	3D距離	1100.000	1102.963	±3.000	2.963	OK	
→ 柱脚東西 (南側)	3D距離	1100.000	1103.046	±3.000	3.046	NG	0.046

図 17 出力された測定結果

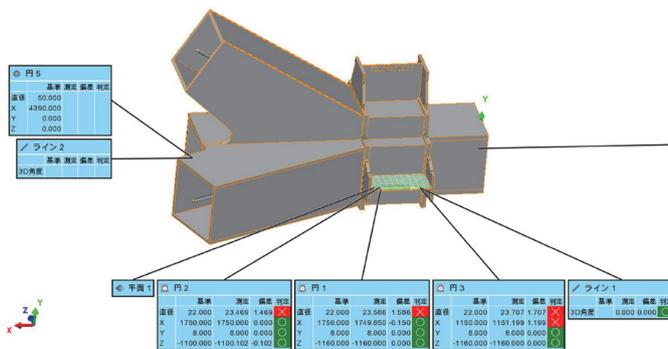


図 18 分岐柱の測定例

3次元モデルとの比較の例として、図 18 を示します。計測結果から算定される柱心を基準に3次元モデルと柱仕口の位置について比較をします。ジョイント位置や孔位置の他、孔径までもチェックすることができます。精度は、0.01mmです。また、その場で測定した結果が表示されるため、製品全体の製作品質がすぐに確認できます。

(4) デジタル化と高精度のものづくり

このような形で、当工場ではデジタル化技術を製作に活かす取り組みを行ってきました。一方で、BIMが国内で普及し始める初期の段階からBIM対応の3D CADを活用してきた当工場でも難易度の高い部材の製作にあたっては、3Dデータのほかに1/1モデルを作成し、設計、製作の各担当者が組立手順・開先形状・溶接の作業性・UT検査可否等について、膝を突き合わせて最適な製作方法を議論しています。最新技術が得意としていることと、実際にモノを作る人にしかできないことを組み合わせ、これらのコミュニケーションの結果として、超高層建築の免震装置を支える部材や、地下鉄トンネル躯体を跨ぎながら超高層建築の一角を支えるメガトラス構造

といった、製作難易度が高く、かつ、高い精度を要求される製品の製作が可能になっています。これからも、最新の技術を取り入れて生産性を向上させるとともに、上

手に活用して技術力を結集するための武器にしていききたいと思います。



写真5 1/1 スケール模型による検討の状況



写真6 幅4mあまりの免震装置受け部材

おわりに

超々高層複合ビルの計画では、現在、ボックス柱の断面1400～1600mm せいという大口径柱や、780N/mm² 鋼（630N/mm² 鋼）を含めた高強度鋼材と高強度コンクリートを使用して、小口径化したCFT柱の採用により大空間構造を実現する検討がなされ、今後も新たな構造形式の採用や鉄骨部材の大型化、極厚化、高強度化が進む傾向にあります。

また、設備機器の進歩とともに鉄骨製作における効率化と自動化が進み、高度な技術、技量を持ち合わせなくても溶接が可能になる時代となっています。しかしながら、材質・板厚・要求スペックが多岐にわたる業界の潮流に応え、当工場では多様な溶接材料の種類や高能率な溶接法、溶接接合部の品質について、我々の蓄積してきた実績を有効に利用し、様々な要求に答えられるファブリケーターとして成長を続けていけるよう、これからも努力してまいります。

参考文献

- 1) 鉄構技術編集部：「大型再開発」「五輪需要」が市場をけん引，鉄構技術，Vol.31 No.360, 2018.5.
- 2) 久米昭光，大前聡彦：BIMへの取り組み，川田技報，Vol.34 2015.1.
- 3) 蓮沼聡，赤羽康雄：免震受部材の製作にあたって，川田技報，Vol.35, 2016.1.
- 4) 和田直也：メガトラスの製作，川田技報，Vol.33, 2014.1.
- 5) 湯田誠，下斗米久：鉄骨製作工程での技術革新の展望，JSSC, No.34, 2018.7.