

2025年 日本鋼構造協会業績表彰 表彰式 式次第

日 時：2025 年 11 月 13 日(木)

場 所：東京ファッションタウンビル 9 階 904 室

1. 表彰式 (12：40～)

- ・ 審査報告 (表彰選考委員会 田村和夫委員長)
- ・ 表彰状および記念品授与 ((一社)日本鋼構造協会・緑川光正会長)
- ・ 記念写真撮影

2. 受賞講演 (13：05～)

発表時間	区分	受賞件名
①13：05～	論文賞 (10 分)	高力ボルトにより当て板添接されたストップホールの組合せ応力作用下での応力集中低減効果
②13：15～		柱端完全溶込み溶接部の溶接方法が冷間成形角形鋼管柱の塑性変形能力に与える影響
③13：25～	業績賞 (各 15 分)	南スーダンに自由への架け橋を！フリーダムブリッジの設計と施工
④13：40～		神戸須磨シーワールドの設計と施工
⑤13：55～		麻布台ヒルズ森 JP タワー の設計と施工
⑥14：10～		大阪・関西万博 飯田グループ×大阪公立大学共同出展館の設計と施工
⑦14：25～		高水圧に対応した外殻先行型トンネル構築工法による大断面トンネルの構築

日本鋼構造協会論文賞

■ 論文名

高力ボルトにより当て板添接されたストップホールの組合せ応力作用下での応力集中低減効果

■ 受賞者

清川 昇悟^{*1}、館石 和雄^{*2}、判治 剛^{*3}、趙 茂伶^{*4}、川上 峻幸^{*4}

*1 横河ブリッジ 企画室

*2 名古屋大学大学院 教授

*3 名古屋大学大学院 准教授

*4 横河ブリッジホールディングス 総合技術研究所

■ 選考理由

本論文は、鋼構造物の疲労き裂の応急処置として一般的なストップホール（以下、SH）工法に高力ボルトを用いた当て板を併用した恒久的な補修方法の疲労強度評価に関する研究である。

SH 部の疲労強度については SH 縁に生じる最大応力で整理できることが知られており、著者らは先行研究におけるひずみ計測や有限要素解析により、高力ボルトを用いた当て板の併用による SH 縁の応力緩和効果を定量的に評価している。さらに、疲労試験と既往の疲労試験結果より疲労破壊形態が SH 縁からのき裂発生と接合面のフレット疲労のいずれかであり、前者は従来の SH 部の疲労強度評価式、後者は JSSC 疲労設計指針の C 等級の疲労設計曲線で評価できるとし、高力ボルトにより当て板を添接した SH の疲労強度を定量的に評価する方法を提案している。この提案は高力ボルトを用いた当て板による疲労き裂の補修設計の実施に向けて有用性の高い成果であったが、軸方向の引張荷重作用下のみで検討されていた。

鋼橋などの実構造物では曲げ応力とせん断応力の影響を受けるため、主応力による疲労照査が必要である。本論文では SH と高力ボルトを用いた当て板による疲労き裂補修を模擬した桁試験体による静的載荷試験とパラメトリックな有限要素解析を実施している。そして、軸方向応力とせん断応力の組合せ応力下において、当て板の形状と軸方向応力に対するせん断応力の比率を用いて SH 縁の最大の応力集中係数を推定する方法を提案している。この結果、軸方向応力下の高力ボルトにより当て板を添接した SH の疲労強度評価法が主応力を考慮した評価法に拡張され、より合理的な補修設計が可能になったと考えられる。

よって、本論文は日本鋼構造協会論文賞の授賞に値する。

高力ボルトにより当て板添接されたストップホールの 組合せ応力作用下での応力集中低減効果

STRESS CONCENTRATION REDUCTION FOR DRILLED CRACK-ARREST HOLES USING PATCH PLATES WITH HIGH-STRENGTH BOLTS UNDER AXIAL AND SHEAR LOADS

清川 昇悟^{*1} 館石 和雄^{*2} 判治 剛^{*3} 趙 茂伶^{*4} 川上 峻幸^{*4}

Shogo KIYOKAWA^{*1} Kazuo TATEISHI^{*2} Takeshi HANJI^{*3} Maoling ZHAO^{*4} Takayuki KAWAKAMI^{*4}

ABSTRACT To investigate the reduction of stress in drilled crack-arrest holes by applying patch plates with high-strength bolts under combined axial and shear loading, static loading tests with a plate girder and parametric finite element analyses were conducted. The stress concentration factor for drilled holes was found to be influenced by the combined action of stresses, and the effectiveness of the patch plate diminished as the ratio of the shear stress increased. This study proposed a method to accurately estimate the effect of combined stress actions on reducing stress concentration in drilled holes with patch plates.

Keywords: 高力ボルト, 当て板補修, ストップホール, 組合せ応力作用

High-strength bolt. Attaching patch plates. Crack arrest hole. Combined stress action

1. 背景と目的

本論文は、鋼構造物の疲労き裂の対策として広く普及しているストップホール工法[1~5]と、その対策効果を高めるために併用される高力ボルトによる当て板補修に関する内容である。

疲労き裂の進展要因である応力集中は、き裂先端にストップホールを開けることにより低減し、その孔を高力ボルトにより締め付けることで、ストップホールの開閉口挙動が抑制され、さらに低減効果は高まる[6~8]。しかし、これだけでは将来的な構造物の耐疲労性を確保するには不十分な場合もあり、恒久対策として高力ボルトによる当て板補修が併用されることもある[9,10]。

当て板補修を併用することにより、損傷した主板に作用する荷重を当て板がある程度負担するため、添接される前の主板の公称応力を分母としたストップホール縁の応力集中係数は低減する。さらに、当て板接合面で生じる摩擦によるストップホールの開閉口挙動抑制も応力集中の低減に寄与する。著者らは、小型試験体による静的載荷試験や疲労試験、パラメトリック有限要素解析による検討を通じて、当て板の構造諸元により異なる応力集中の低減効果を調査し、当て板後のストップホールの応力集中係数の推定手法と、それを用いた疲労耐久性評価手法を提案した[11,12]。また、八重垣らも、ストップホール近傍のボルト間における主板と当て板の変位の適合条件から主板の分担荷重を推定する方法を提案し、当て板のないストップホールの応力集中係数の理論解と組み合わせて、当て板後の応力集中係数を評価する方法を提案し、小型試験体の静的載荷試験によりその精度を検証している[13]。これらはいずれも軸方向の引張荷重作用下での検討である。

森らが検討しているように、当て板のないストップホールの応力集中は組合せ応力（曲げ応力とせん断応力）の影響を受ける[14]。曲げとせん断の割合により主応力方向が変わり、ストップホール縁での最大の応力集中の発生位置や大きさも変化する。当て板のボルトはストップホール周辺に格子状に配置されることが多く、これまでの検討により当て板の効

^{*1} 第1種正会員

博士(工学) (株)横河ブリッジ 企画室
(〒273-0026 千葉県船橋市山野町 27)

^{*2} 第2種正会員

博士(工学) 名古屋大学大学院 工学研究科
土木工学専攻 教授
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

^{*3} 第2種正会員

博士(工学) 名古屋大学大学院 工学研究科
土木工学専攻 准教授
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

^{*4} 第1種正会員

修士(工学) (株)横河ブリッジホールディングス
総合技術研究所研究課
(〒261-0002 千葉県千葉市美浜区新港 88)

(次ページ以降省略)

日本鋼構造協会論文賞

■ 論文名

柱端完全溶込み溶接部の溶接方法が冷間成形角形鋼管柱の塑性変形能力に与える影響

■ 受賞者

露木 瞭太^{*1}，市川 優^{*2}，浅田 勇人^{*3}，田中 剛^{*4}，板谷 俊臣^{*5}，田淵 基嗣^{*6}

*1 神戸大学大学院 元大学院生

*2 芝浦工業大学 大学院生

*3 芝浦工業大学 准教授

*4 神戸大学大学院 教授

*5 永井製作所 品質管理部

*6 神戸大学 名誉教授

■ 選考理由

冷間成形角形鋼管では、製作工程において冷間曲げ加工が行われており、ここに溶接を行うことで、その熱影響のために早期の脆性的な破断につながる可能性があると考えられている。このため、現在の溶接施工においては特に強い曲げ加工を受ける角部について、入熱量およびパス間温度により厳しい制約が加えられている。これに対し本論文は、塑性変形能力が溶接止端部の形状に強く影響を受けることに着目し、実際の施工条件を考慮した実験により、溶接施工条件の合理化の可能性を追求したものである。まず、CO₂半自動溶接およびロボット自動溶接により、実際の施工条件に近い溶接方法・施工条件により試験体を作成し、角部について溶接止端部形状の指標であるフランク角および溶接止端半径を詳細に計測している。次にこの試験体に対し、片持柱形式で 45 度方向に載荷する正負繰返し曲げ実験を行った。この結果、角部フランク角と破断までの累積塑性変形能力が強い正の相関を有しており、フランク角を制御することで十分な変形能力を確保できることを示している。また、破壊起点となる角部 HAZ は溶接入熱の影響でむしろ軟化しているため、冷間曲げ加工であるからといって入熱・パス間温度を平板部より厳しく制限する必要はないとしている。

このように本論文は、実施工条件を再現した実験を通じ、溶接施工条件が現行標準よりもさらに簡素化できる可能性を示した点で、生産性向上および鋼構造の発展普及につながる、信頼性と実用性の極めて高い成果である。

よって、本論文は日本鋼構造協会論文賞の授賞に値する。

柱端完全溶込み溶接部の溶接方法が 冷間成形角形鋼管柱の塑性変形能力に与える影響

Effect of Welding Methods for Connecting Columns with Through-diaphragm on Plastic Deformation Capacity of Cold-formed Rectangular HSS Columns

露木 瞭太^{*1} 市川 優^{*2} 浅田 勇人^{*3}
Ryota TSUYUKI^{*1} Yu ICHIKAWA^{*2} Hayato ASADA^{*3}
田中 剛^{*4} 板谷 俊臣^{*5} 田渕 基嗣^{*6}
Tsuyoshi TANAKA^{*4} Toshiomi ITATANI^{*5} Mototsugu TABUCHI^{*6}

ABSTRACT Nine cantilever cold-formed rectangular HSS columns were tested under cyclic loading. The primary parameters were the welding methods, semi-automated (hand welding) and robotic welding, and the shape of the weld toe at the corner region. All specimens initiated the ductile crack from the toe of the weld at the corner and failed in a brittle manner. However, the plastic deformation capacity of specimens until the failure was consistently improved with an increase in flank angle even for the column with low fracture toughness, regardless of welding methods and the difference in the strength of the weld metal.

Keywords: 冷間成形角形鋼管, 塑性変形能力, フランク角, 曲げ実験, 溶接施工法

Cold-Formed Rectangular HSS, Plastic Deformation Capacity, Flank Angle, Flexural Test, Welding Method

1. 序論

1.1 コラムの脆性破壊に関する既往の研究

冷間成形角形鋼管(以下, コラム)では, 冷間曲げ加工によって角部の強度・降伏比は平板部より高くなり, 延性・靱性が低下する. 文献[1]では, 柱材として使用された場合の塑性変形能力を調べるために, ロール成形コラム(鋼種: STKR400), プレス成形コラム(鋼種: SM490A)および溶接組

立て角形鋼管について, 幅厚比を変化させた 14 体の繰返し曲げ実験結果が報告されている. コラムと通しダイアフラムの溶接は, YGW11 を用いた CO₂ ガスシールド半自動アーク溶接(以下, 半自動溶接)である. この実験において, 幅厚比=18.4 のプレスコラムにおいて脆性破壊が観察され, 脆性破壊の発生と角部の溶接入熱量に相関関係があることが指摘された.

文献[2]では, 板厚=28~40mm で平板部を縮小し幅厚比=8 のプレスコラム試験体を使用して, 単調載荷でも脆性破壊が生じることを, 文献[3]では, ロールコラムと熱間成形材の繰返し曲げ実験を行い, コラムの製法によらず脆性破壊は生じることが熱間成形材の方がコラムより塑性変形能力が 2 倍以上大きいことを, 文献[4]では, 幅厚比 16 のロールコラムの繰返し曲げ実験を行い, 脆性破壊は生じず十分な変形能力を示したことを, 文献[5]では, 幅厚比 16 のロールコラムおよびプレスコラムの繰返し曲げ実験結果を行い, 脆性破壊が生じた場合でも十分な変形能力を示したことを報告している.

ただし, 上記文献[2~5]の試験体は全て, 角部の柱側溶接止端はグラインダにより滑らかに仕上

^{*1} 準会員 修士(工学)

神戸大学大学院工学研究科 元大学院生
(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

^{*2} 準会員 学士(工学)

芝浦工業大学理工学研究科建築学専攻 大学院生
(〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

^{*3} 第2種正会員 博士(工学)

芝浦工業大学 建築学部 准教授
(〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

^{*4} 第2種正会員 博士(工学)

神戸大学大学院 工学研究科建築学専攻 教授
(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

^{*5} 第2種正会員 博士(工学)

永井製作所 品質管理部
(〒869-0524 熊本県宇城市松橋町豊福 2700)

^{*6} 第2種正会員 工学博士

神戸大学 名誉教授
(〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1)

(次ページ以降省略)

日本鋼構造協会業績賞

■ 業 績 名

南スーダンに自由への架け橋を！フリーダムブリッジの設計と施工

■ 受 賞 者

株式会社建設技研インターナショナル、大日本土木株式会社、株式会社横河ブリッジ

■ 選 考 理 由

本業績は、(独)国際協力機構(JICA)の無償資金協力により、アフリカ・南スーダンの首都ジュバを南北に縦断するナイル河に架かる初めての永久橋梁を建設したもので、国際幹線道路・北部回廊の道路網の一部として、物流と市民生活に大きく貢献した。河川部において鋼単純非合成ランガー橋を4連、両側径間に鋼連続非合成鉸桁橋を2連で構成し、ナイル河の鋼製橋梁としては、最大の橋長560mを誇っている。河川部の水深5～6mに強固な岩盤があった下部工基礎において、我が国の独自技術である鋼管矢板基礎をアフリカにおいてはじめて適用し、鋼構造の発展普及に貢献している。また、本工法の採用により、工期を大幅に短縮し、施工中の河川への汚濁等の影響を少なくし、環境への配慮が認められる。内戦による中断が2回、新型コロナ禍による中断が1回あり、その都度、工事関係者全員が退避を余儀なくされる中、当初の3年半の工事期間が約9年にも及んだが、中断中も現場を保全し、品質の確保に努めるとともに、現地技術者に我が国の先端技術を根気強く指導・教育することにより、幾多の苦難を乗り越えて品質の良い橋梁を完成させた。首都ジュバのランドマークとして「フリーダムブリッジ」と命名されるなど、地域・社会への貢献が認められる。

よって、本業績は日本鋼構造協会業績賞の授賞に値する。

概要（南スーダンに自由への架け橋を！フリーダムブリッジの設計と施工）

工事名：ナイル架橋建設計画 / フリーダムブリッジ

発注者：南スーダン共和国 道路橋梁省

設計者：（株）建設技研インターナショナル

受注者：大日本土木（株）

協力者：（株）横河ブリッジ

工期：2013年 7 月～ 2022 年 5月

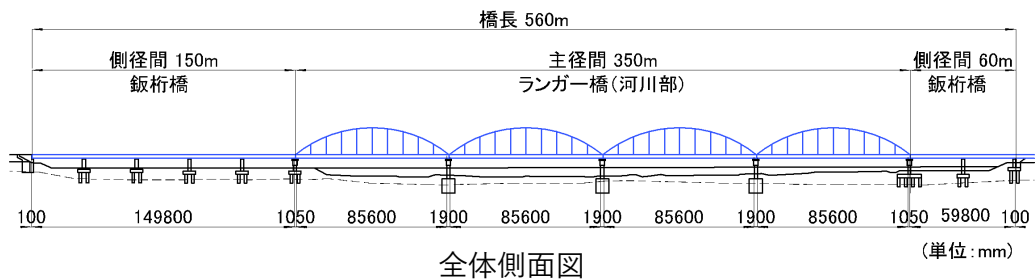
施工場所：南スーダン共和国 ジュバ市

橋梁形式：鋼5径間連続非合成鈑桁x1連、鋼単純非合成ランガー橋x4連、鋼2径間連続非合成鈑桁x1連

橋長：560m（幅員 11.2m）

鋼重量：2,498 t

伸縮装置：7カ所



完成したフリーダムブリッジ

日本鋼構造協会業績賞

■ 業 績 名

神戸須磨シーワールドの設計と施工

■ 受 賞 者

株式会社竹中工務店

村上 友規、爰野 将児、高山 直行、前川 元伸、黒河 勝之、田中 信弥

■ 選 考 理 由

本業績は、水族館発祥の地と言われる神戸で長年市民に愛された「須磨海浜水族館」をリニューアルし、新たなランドマークとして生まれ変わることが求められたプロジェクトである。オルカスタジアム・ドルフィNSTADIAム・アクアライブの3棟で構成され、なかでも特徴的なオルカ及びドルフィNSTADIAムの屋根は 50m×25m 及び 40m×20mのスタンド上を覆う大空間曲面屋根となっている。シャチやイルカの躍動感を想起させるその曲線美は新たなランドマークとなり地域に貢献するものと評価される。自由曲線を1方向に押し出して生成される自由曲面屋根に「単純な架構形状決定ルール」を与えることでシンプルかつ美しい鉄骨架構計画を実現している。異なる形状の曲面屋根等においても適用可能な、汎用性の高いものであり、今後も普及・発展が期待される。また、BIMモデルを活用し生き物をイメージする造形的な形状のガセットプレートを製作し、鉄骨建て方時の支保工のジャッキダウン手順にも最適化解析技術を活用するなど、最新のデジタル技術の活用により設計・施工、製作に至るまでを合理化している。

エントランス上部の鉄骨パーゴラも、板厚及び高さが統一されたフラットバーを三角形に組み合わせることで、自然な曲率でのびやかな3次元曲面形状を形成し、豊かな休憩スペースやアプローチ空間を実現している。フラットバーの接合は、切込みを設けたフラットバー同士をかみ合わせることで一体化している。ここでもBIMモデルが活用され、各フラットバーの切込み形状を調整することで狙いの形状となるよう工夫されている。

以上より本業績は、設計から製作まで最先端のデジタル技術を駆使することで合理的かつ美しい建築を実現しており、鋼構造建築の今後の普及・発展に貢献するものと評価される。

よって、本業績は日本鋼構造協会業績賞の授賞に値する。

1. プロジェクト概要

本プロジェクトは、Park-PFIを活用して行われた須磨海浜公園再整備事業における、水族館の建て替えである。水族館発祥の地である神戸で、シンボリックな三角屋根の本館を中心に長年市民に愛された須磨海浜水族園をリニューアルするため、**神戸の新たなランドマーク**となることが求められた。

オルカスタジアム・ドルフィンスタジアム・アクアライブの3棟で構成され、**各建物は公園内に分散配置し回遊性の高いゾーニング**とすることで、**地域の方々が利用する公園とリゾートとの共存・融合**を目指した。そして、**生き物たちの躍動感を想起させる曲面形状の屋根の連なりにより、街の新たな風景**となっている。

各建物の主体構造は、鉄骨造および鉄筋コンクリート造である。水族館としての特性上、生き物の住まいとなる器を鉄筋コンクリート造とした。一方で、**鋼材の持つ強固としなやかさ、造形自由度を最大限発揮することで、躍動的な鉄骨屋根やエントランス上の伸びやかな鉄骨パーゴラを生み出した**。さらに、ドルフィンスタジアムとアクアライブをつなぐスパン30m超えの鉄骨ブリッジは市民利用できる公園の上空を横断しており、公園施設と水族館施設の共存・融合を図っている。



2. 業績概要 ①新規性、②技術的向上、③創意工夫、④鋼構造の発展普及、⑤環境への配慮、⑥地域への貢献

①新規性

- 一見すると造形的な自由形状に見える**3次元曲面屋根**を、「**単純な架構形状決定ルール**」と**デジタル技術の活用**により、合理的かつ美しい現しの鉄骨架構で実現した。

②技術的向上

- BIMモデルの活用と切板レーザー加工機の採用**により、**ガセットプレート形状の曲線化**に取り組み、造形的な魅力向上と合理性・安全性向上に貢献した。
- デジタル技術の活用により鉄骨建て方時に最大136か所ある**支保工のジャッキダウン手順の最適化解析**を実施し、安全・安心にジャッキダウンできる**新たな手法**を開発した。

③創意工夫

- 鉄骨パーゴラは**フラットバー**を**レシプロカル架構**で組み合わせ、**BIMモデルの活用と切板レーザー加工機の採用**により、**フラットバーの切込み形状に変化を与えることで、組み合わせれば自然と狙いの形状**出来る製作を実施した。

④鋼構造の発展普及

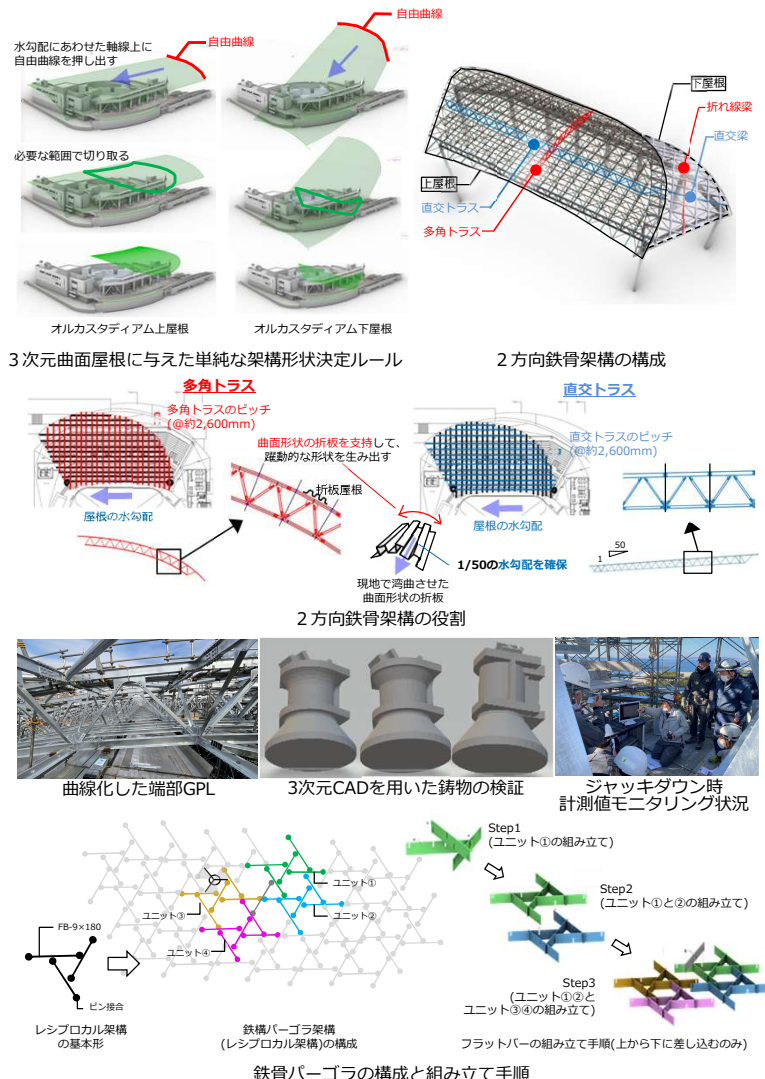
- 鋼材の強固としなやかさ、造形自由度を最大限発揮し、躍動的な屋根や伸びやかな曲面のパーゴラなど構造技術**による可能性を拡張し、鋼構造の発展・普及に寄与した。
- 神戸の新たなランドマーク**として高いPR効果を発揮する。

⑤環境への配慮

- 限られた地組ヤードでの建て方を実現することで、既存松の7割以上を保全し、須磨海浜公園の景観を継承した。**
- 分棟配置された3棟を結ぶ全長約300mの鉄骨架台**により**熱源ネットワークを構築し、エネルギーを効率的に運用することでCASBEE街区Sランク**を取得した。

⑥地域への貢献

- 躍動的な鉄骨屋根で新たなランドマーク**となった本作品は**街に賑わいを生み、地域に貢献**している。



日本鋼構造協会業績賞

■ 業 績 名

麻布台ヒルズ森 JP タワー の設計と施工

■ 受 賞 者

森ビル株式会社、株式会社日本設計、清水建設株式会社

■ 選 考 理 由

本業績は、周囲の環境に配慮して建設された、国内最高高さ 330m の超高層建築であり、パッシブ型の座屈拘束ブレースやオイルダンパー、アクティブマスダンパーを採用し、最適配置することで、耐震性能グレード: JSCA 特級相当の、高い耐震性能を実現している。

建物は、事務所機能のみならず、住宅、商業施設、博物館、学校、医療施設などの多岐にわたる複合用途である。多くの複合用途建築であるため、用途別の構造切替階を設けているが、住宅階と事務所階の構造切替階は、コア部架構と外周柱の軸変形差を均一化する「ハットトラス」を設けることで、曲げ変形の抑制を可能としている。

また、優れた耐震性能に併せ、地下コージェネレーションシステムや、非常用発電機を有することで、災害時の避難施設として機能することが可能である。構造ヘルスマニタリングシステムとして被災度推測システムを導入し、地震時の躯体の健全性を推定し、迅速な震災対応初動が出来るように配慮されている。

鉄骨躯体は、高強度鋼材の適用や、制振部材の積極活用により、重量削減するなどの環境負荷低減を実現したサステナブル建築でもあり、LEED 認証システム: BD+C/CS (建物) 予備認証プラチナランク、WELL 認証システム: プラチナランク、CASBEE: S ランクを取得している。

よって、本業績は日本鋼構造協会業績賞の授賞に値する。

1. 建物概要

麻布台ヒルズ 森JPタワーは、虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業で建設されている3棟の超高層建物の内の1棟であり、オフィス、共同住宅を中心とした高層部と、商業施設、各種学校等の低層部により構成されている。

2. 構造概要

地上64階、高さ約330mと日本最大級の規模、高さを有している。タワー地上部は、鉄骨造ブレース付ラーメン架構とし、コア部に配置した制振部材により地震や風のエネルギーを吸収する制振構造としている。地上52階までは、柱をCFT柱としている。住宅階と事務所階の間の53階は構造切替階とし、階全体にブレースを配置してトラス架構を形成し、柱スパンを切り替えている。屋上部には、アクティブマスダンパー（AMD）を設置し、風に対する居住性の改善を図っている。

建物の外形は緩やかな曲線を描き、立面形状に合わせて各階の平面形状が高さ方向に変化するため、建物外周柱は建物外形の曲線に沿うように柱梁接続部で多角に折り曲げている。

耐震性能はJSCA特級相当とし、極めて稀に発生する地震動（レベル2）に対し、構造体にほぼ損傷が生じないこと目標としている。また、より高い耐震性能を目指し、レベル2の1.5倍の地震動や南海トラフ連動地震動等、基準法を上回り、想定しうる最大級の地震動に対して構造安全余裕度の確認を行っている。

3. 業績概要

①新規性

- 鋼構造が有する高い強度や靱性を活かして、高さ330mと国内最高高さでJSCA特級相当の高い耐震性能を有する超高層建築を実現した。

②技術的向上

- 緩やかにむくりのある外形に呼应した外周柱の計画を実現した。約330mの超高層オフィスで、約19mの無柱空間を実現した。
- 構造切替階の大断面部材を用いた架構において、鉄骨製作合理化を考慮したディテールを適用した。

③創意工夫

- 制振部材の配置を、コア低層部に集中させ、更にオイルダンパーを2層に跨って配置することで、高効率の制振計画とした。
- 高層階のプールにおいて、3次元流体解析を行い、ガラスや壁面強度の確保、漏水対策で安全・安心を提供した。

④鋼構造の発展普及

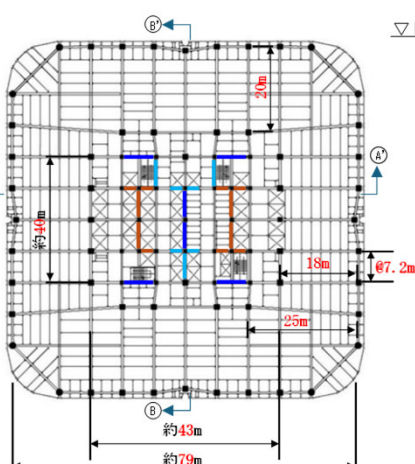
- 日本最高の鉄骨造超高層建築を実現し、「The Cloud」や「ガラス大庇」により、鋼構造ならではの魅力的な空間を創出した。
- 高強度鋼に関し、溶接施工試験により設計必要性能が実現できることを確認し、今後の高強度鋼の普及、発展に寄与した。
- ロボット溶接の開発により、今後の機械化施工の発展に寄与した。

⑤環境への配慮

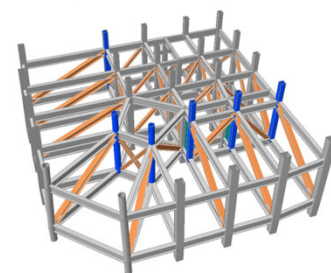
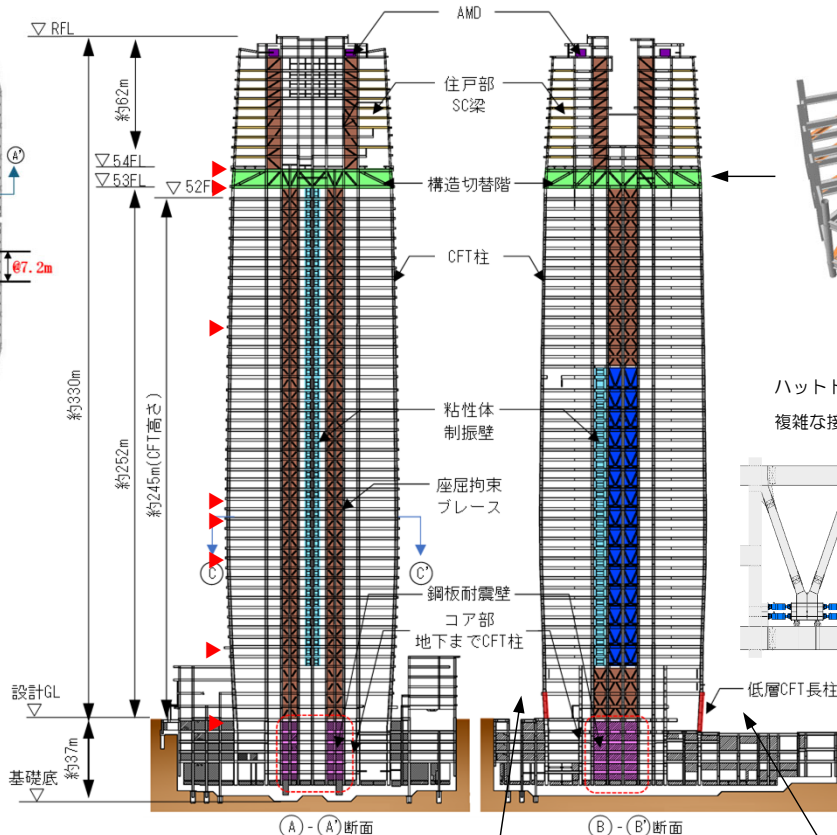
- LEED認証システムのBD+C/CS（建物）予備認証プラチナランク、WELL認証システムのプラチナランク、CASBEE建築（新築）のSランク、CASBEEウェルネスオフィスのSランクを取得した。
- 高強度鋼材や制振部材の配置で躯体量を削減し、環境負荷を軽減した。

⑥地域・社会への貢献

- コージェネレーションシステムおよびDHCの導入により、災害時の一時滞在を可能とし「災害時に逃げ込める街」を形成した。
- 被災度推測システム（e-Daps）を導入することで、建物の被災度や館内在留可否の案内等をタイムリーに発信できるようにした。

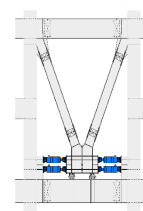


標準階伏図



構造切替階(53階)

ハットトラス効果による全体曲げ変形の抑制。
複雑な接合部を合理的に実現。

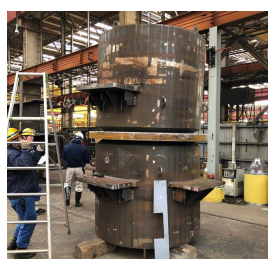


オイルダンパー

2層跨ぎ配置かつ低層階
集中配置として
エネルギー吸収を効率化。

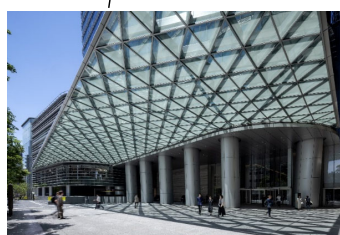


©川澄・小林研二写真事務所 浜田昌樹
東からの全景



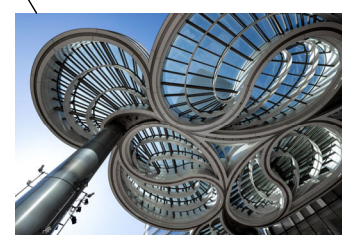
外周R架構柱

8層に柱折れ曲げ点(図中▲)を設けた多角柱により建物形状対応。



ガラス大庇

1辺2mの正三角形と菱形を組み合わせたビルトボックス断面の格子梁及び鋼管の吊材で構成。温度応力に対応するためルース機構を計画。



The Cloud

吊るし雲をモチーフにしたデザイン
3本の円形鋼管柱と、溶接組立箱形断面梁によるループ形状の大梁で構成。

日本鋼構造協会業績賞

■ 業 績 名

大阪・関西万博 飯田グループ×大阪公立大学共同出展館の設計と施工

■ 受 賞 者

株式会社高松伸建築設計事務所

高松 伸

清水建設株式会社

鷹羽 直樹、南 博之、岡 遼悟、安富 彩子、竹中 章太郎

■ 選 考 理 由

本業績は、大阪・関西万博の民間パビリオンとして計画された、長径 64.4m、短径 39.0m の世界最大の西陣織建築である。躍動感ある 12 本の傾斜した稜線の造形と巨大な 12 枚の膜の曲面による、彫の深い外観形状が特徴である。この新規性が感じられる特徴的な外観を実現するために、京町家に見られる千本格子を傾斜させて、膜の曲面に合せて形成した斜めアーチ千本格子構造を採用し、「未来と伝統の融合」、「サステナビリティ」を見事に体現している。大量の電力を消費する鋼管の高周波曲げ加工は大径のメインアーチとトップリングに限定し、小径のサブアーチには常温曲げ加工を採用することで、環境に配慮している。また、曲げ加工が鋼材に与える影響を把握するため、材料試験を実施し計画に合致した機械的性質を満足していることを確認しており、その結果を共有することで鋼構造の発展普及に貢献している。不整形な膜形状に対応するため、メインアーチは、曲率の異なる 6 つの曲げ鋼管を振りながら継ぐことで、内部空間を損なわずに構築するなど、創意工夫をもって取り組まれている。現場施工では、ベント工法によりメインアーチを複数点で支持しながら建て方を実施しているが、事前に仮組を実施しあらかじめ課題を抽出し、施工計画の改良に繋げている。

以上のように、本業績は、鋼構造の発展普及に資する多くの技術的向上と創意工夫により、唯一無二の曲面鋼管構造を実現したものと評価される。

よって、本業績は日本鋼構造協会業績賞の授賞に値する。

1. 世界最大の西陣織建築「サステナブル・メビウス」

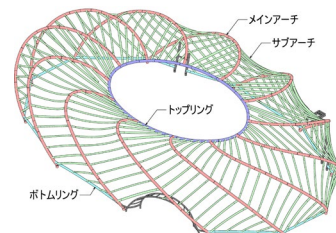
万博の民間パビリオンの建設計画。西陣織の外装を纏ったこのパビリオンは、未来と伝統との融合、そして持続、循環、継承、進化を表すサステナビリティを象徴している。長径 64.4m、短径 39.0m のこの「サステナブル・メビウス」は世界最大の西陣織建築である。



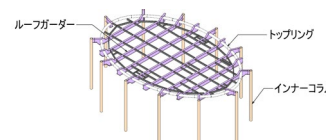
鳥瞰写真(西陣織膜と鉄骨骨組)

2. 唯一無二の外観と内部空間の最大化を実現する「曲面鋼管構造」

不整形 3 次元曲面の膜を支持するために「斜めアーチ千本格子構造」を考案した。稜線に沿ったメインアーチと直交に配置したサブアーチは、メインアーチの倒れ止めや耐震性能の向上に寄与している。メインアーチの端部は、スラスト力を効率的に伝達できるように楕円形のトップリングとボトムリングで繋いだ。トップリングを支持しながら、「斜めアーチ千本格子構造」の短径方向の剛性・耐力を向上させるために、展示計画等と整合する形状の「1 方向ラーメン構造」をトップリングと剛接合した。アーチに対しては構造重要度や製作限界半径、経済性等を勘案して、2 種の曲げ加工法として高周波曲げ加工と常温曲げ加工を使い分けた。



斜めアーチ千本格子構造



1 方向ラーメン構造

架構計画の概要

3. 「曲面鋼管構造」の構造性能

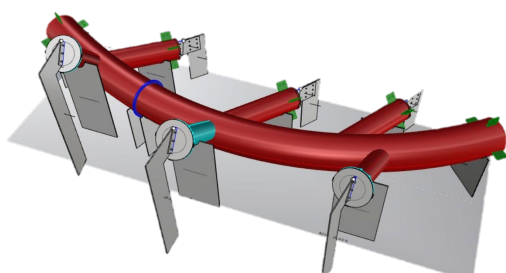
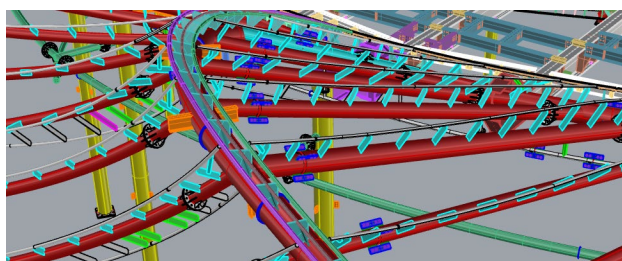
骨組膜構造として膜の初期張力や風荷重など、膜から骨組に作用する荷重は膜の幾何学的非線形解析による反力値を採用した。風荷重は、風洞実験結果が告示よりも小さいことを確認し、安全側に告示を採用した。またメインアーチが最大 33.2m の材長を有することから、地震上下動による鉛直震度とともに、ラチスシェルに準じた屋根構成であるため、地震水平動で励起される鉛直震度の影響も考慮した。

曲げ加工が鋼材に与える影響を把握するため、曲げ鋼管の材料試験を実施した。本計画の曲げ半径範囲内であれば、高周波曲げ加工・常温曲げ加工による曲げ鋼管は、本計画で定める機械的性質を満足すると判断し、採用した。

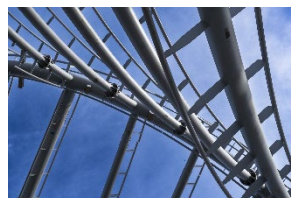
4. 「曲面鋼管構造」の鉄骨製作と施工

設計者・鉄骨製作者・施工者の緊密な連携を支えるため、稜線の幾何学則の設定から鉄骨形状の決定、鉄骨製作・建方用の詳細モデルの作成に至るまで一貫して Rhinoceros を共通言語として活用した。

建方はベント工法によりメインアーチを複数点で支持しながら、全部材の建込み完了後に高力ボルト本締め・現場溶接工程に移行する計画とした。施工時解析によりインナーコラム鉛直度を予測し、補正する変位量を事前に仮設ワイヤーで与えることで、鉛直度を確保することとした。また製作ミスや製作誤差の累積による建込み不良を防止するため、全部材による仮組みを実施した。現場建方時はインナーコラム鉛直度と稜線部の面出しパイプ間距離を重点管理し、建方精度を担保した。各メインアーチ 1 箇所を残してベントを解体し、反力を制御してジャッキダウンした。実測値と解析値の差が小さいことから、高力ボルト本締めや現場溶接、ジャッキダウンなどの鉄骨建方が適切に行われたものと判断した。



施工用 Rhinoceros



鉄骨建方時

日本鋼構造協会業績賞

■ 業 績 名

高水圧に対応した外殻先行型トンネル構築工法による大断面トンネルの構築

■ 受 賞 者

独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構

藤川 博樹、大野 友和、下津 達也

戸田建設株式会社

田中 孝、田中 宏典、春木 敏

■ 選 考 理 由

本業績は、推進工法による地中掘削において、先行して外殻構造体を形成する外殻先行型の非開削トンネル構築技術である。高水圧が作用する大深度の硬質地盤における長距離推進に加え、到達立坑を設けられない狭隘施工条件下において、大断面トンネルを非開削で高品質かつ安全に構築した点において当該工法の特長や有効性を十分に発揮した業績である。

外殻構造体を構成する鋼製エレメントの継手部にシール材と板バネを組合わせて止水機能を確保したことや、継手の剛性を高めるための拘束ボルトを導入したことに新規性が認められる。また、当該工法による周辺環境への影響を最小限に抑制し、地域住民生活の安全を守るとともに補助工法の省略によるCO₂排出量低減を実現した観点から、環境負荷低減効果も認められる。さらに、外殻構造体を仮設構造ではなく本体構造として利用できるレベルに高めたことで、仮設構造物構築の省略による工期短縮とコスト削減を両立した点で鋼構造の発展普及にも寄与できたと評価できる。

以上のように、これまで施工困難と思われていた今回同様の施工条件下における非開削工法の適用拡大が可能となった上に、近年注目されている地下データセンターや地下シェルターの構築など、都市部の地下空間を中心とした国土有効利用の促進にもつながるものと期待される。

よって、本業績は日本鋼構造協会業績賞の授賞に値する。

<概要版>

業績名	高水圧に対応した外殻先行型トンネル構築工法による大断面トンネルの構築
竣工年月	2023 年 1 月

【本工法の概要】

さくさく JAWS 工法 (Joint All Water Shutting) (以下、本工法) は、推進工法により地中掘削を行い、先行して外殻構造体を形成する外殻先行型の非開削トンネル構築技術である。工法概要を図-1 に示す。

外殻構造体は、高水圧に対応した JAWS 継手(図-2)を函体四隅に配置した小断面の鋼製エレメント(写真-2)を、矩形推進にて地中に設置する角形エレメント工法にて形成する。隣接する鋼製エレメントは JAWS 継手の凹継手と凸継手を嵌合して接続する。継手間の土砂は、鋼製エレメント内の開口部から除去して、鋼製エレメント内から継手嵌合部に拘束ボルトを締結した後、継手内へモルタルを注入する。鋼製エレメント内部と継手間の空間に高流動コンクリートを充填する。これを繰り返して外殻構造体を形成した後、その内部土砂を掘削撤去することで、大断面のトンネルが構築される(写真-2)。

継手の止水機能と密閉型推進機(写真-3)の採用による従来必要な推進路線部の地盤改良の省略や、外殻構造体の本体利用による構造物構築工事の省略などにより、大幅な工程・コストの低減を図ることができる。

【本工法の特徴】

①新規性

- ・継手単体が有する止水機能(シール材と板バネ)
- ・継手の剛性を強化する拘束ボルトの導入

②技術的向上

- ・外殻構造体を本体構造物として利用可能
- ・大深度・地下水位下においても地盤改良の省略可能

【工法適用に向けた工夫】

③創意工夫

- ・継手内クリアランスの拡大による推進抵抗の低減
- ・硬質地盤への継手貫入を可能とする継手部先行置換工の採用、等

【開発による効果】

④鋼構造の発展普及

- ・鋼殻とコンクリートの複合構造を外殻構造体に適用、等

⑤環境への配慮

- ・周辺環境への影響低減、CO2 排出量の低減、等

⑥地域・社会への貢献

- ・インフラ設備の老朽化対応、鉄道・道路等のアンダーパス工事への適用、等

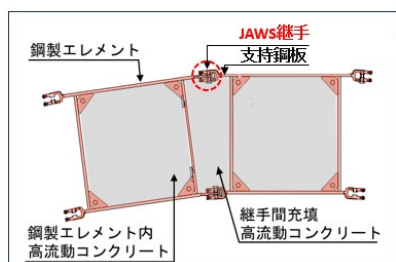


図-1 密閉型推進機 (左：鋼製エレメント連結、右：トンネルイメージ)

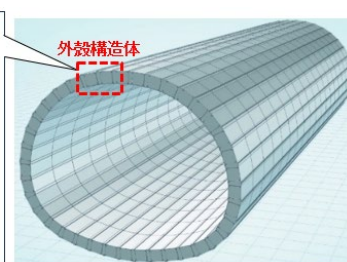


図-2 JAWS 継手構造



写真-1 継手付き鋼製エレメント

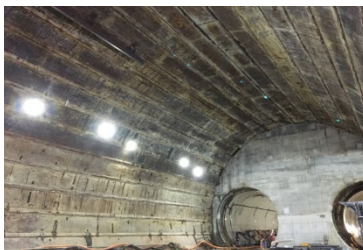


写真-2 適用工事のトンネル全景

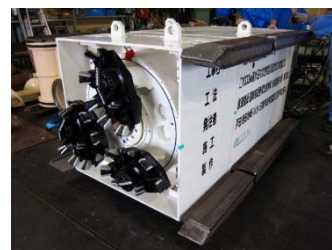


写真-3 密閉型推進機