

2023 年 8 月 1 日

株式会社日立プラントメカニクス

## 軽量化クレーンに関する論文が月刊誌『クレーン』8月号に掲載されました

モノづくりを通じてさまざまな課題にワンストップで解決

株式会社日立プラントメカニクスは、日立天井クレーンの 100 年を超える歴史を受け継ぐクレーンメーカーとして、安全・安心、自動化、物流最適化をテーマに現場が抱える課題を解決する製品、システム、サービスの提供を通じてお客さまの業務と社会への貢献を目指しております。

この度、(一社)日本クレーン協会が発行する月刊誌『クレーン』8月号に、「軽量化を図ったクレーンについて」を掲載しました。日立天井クレーン構造の歴史およびガーダ構造復活による軽量化への取り組みを掲載したものです。

昨今の天井クレーンにおけるガーダ構造は、コストダウンや効率化の観点からロボット溶接による自動化が進み、ボックス構造が主流となっています。しかしながら、クレーンのリプレースを計画されているお客さまが、主流のボックス構造を採用する場合、ガーダ質量増加による建屋側全域への補強が必要となるため、建屋が老朽化していて補強できない場合や補強コストがかかりすぎるのが課題となっていました。そこで今回、従来のガーダ構造を復活させ、設計・製造部門が総力をあげて 3DCAD を用いた応力解析と現在の製造設備にあったモノづくりにより、プレートトラス構造や D 型ボックス構造、モノガーダ構造を復活させることでクレーンの質量・輪重の軽量化を実現しました。

日立プラントメカニクスは、これからもお客様のニーズに応えるモノづくりを通じてさまざまな課題にワンストップで解決するトータルシームレスソリューションのご提供をめざしていきます。

【ホームページリンク】

[軽量化クレーン：株式会社 日立プラントメカニクス \(hitachi-hpm.co.jp\)](https://hitachi-hpm.co.jp)

【(一社)日本クレーン協会について】

(一社)日本クレーン協会は、月刊誌『クレーン』やホームページを通じてクレーン等の設計・製造・使用等に関する技術、基準、法令・通達、安全対策、災害事例及び災害統計等を紹介して、クレーン等に係わる技術の向上と安全意識の高揚のための広報活動を行っています。また、ポスターやステッカーを会員事業場や関係方面に配付し、クレーン等による労働災害の防止を徹底するよう呼びかけています。

以上

## 紹介

## 「軽量化を図ったクレーンについて」

川 尻 栄 作\*

## 1 はじめに

日立クレーンは、1909年の初号機から100年以上の歴史があり、納入してきた業界も製鋼、自動車、電力、港湾、穀物、造船、倉庫、セメント、ごみ処理施設など多岐にわたる。

そうした経験の中で培ってきた信頼性の高い基本機能にAI技術などを組み合わせた高機能クレーンの製品化に加え、保守・点検、機能改造などのレトロフィットまで一貫したサービスを提供できることが日立プラントメカニクス最大の強みであると考えている。

今回ご紹介する内容は、お客様からのお困りごととして、クレーンに関する質量・輪重増加に対する課題解決に向けた、クレーンの軽量化について報告する。

## 2 国内における設備投資の状況

22年度における国内設備投資の状況は、21年度にコロナ禍の影響で先送りとなっていた設備投資

の再開に加え、EVやデジタル化による脱炭素の加速、レジリエンス強化に向けた取り組みにより、全産業で表1のように前年比26.8%増と増加傾向となっている。1990年代から設備投資の長期推移としては、図1の傾向となっており、22年度としては製造業、非製造業ともに回復に向かう見込みとなっている。

設備投資の特徴を縦軸に業種、横軸に脱炭素、デジタル化、レジリエンス強化として整理したものが表2となっている。脱炭素に関しては、再エネ発電設備や省エネ機器の導入、EVなど次世代自動車向けの部材、素材型製造業の能力増強投資が進められている。デジタル化の加速は、半導体や半導体材料の投資が後押ししており、レジリエンス強化については、製造設備の自動化投資や安全対策投資が進められている。これに関連して、クレーンを取り巻く環境においても、クレーンの更新需要が高まっており、更新目的としては

- ①老朽化更新
- ②GX（グリーントランスフォーメーション）

表1 2021、22年度の国内設備投資の増減率※1  
(前年比、%)

|       | 2021年度<br>【実績】<br>〔20-21共通〕<br>1,650社 | 2022年度<br>【計画】<br>〔21-22共通〕<br>1,758社 |
|-------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 全産業   | ▲3.8                                  | 26.8                                  |
| 〔除電力〕 | 〔▲2.7〕                                | 〔25.2〕                                |
| 製造業   | 3.5                                   | 30.7                                  |
| 非製造業  | ▲7.2                                  | 24.8                                  |
| 〔除電力〕 | 〔▲6.3〕                                | 〔21.9〕                                |

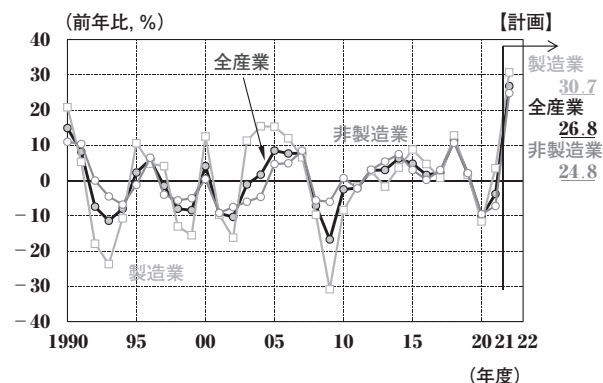


図1 設備投資増減率の長期推移※1

\* Eisaku Kawajiri (株)日立プラントメカニクス 開発推進室 開発グループ GL 主任技師

表2 2022年度の設備投資の特徴※1

|       | 脱炭素                 |                 |           | デジタル化            |                  | レジリエンス強化            |
|-------|---------------------|-----------------|-----------|------------------|------------------|---------------------|
|       | 再エネ                 | 省エネ             | 資源循環・水素   | 次世代自動車           | 遠隔非接触・EC         | 工場・都市・店舗の高機能化       |
| 石油    | バイオマス<br>風力         | 脱炭素契機に再編        |           | 製油所維持更新減         |                  |                     |
| 輸送用機械 |                     | 省エネ電動設備<br>置き換え |           | 電動化開発拠点          | 半導体・同材料の<br>能力増強 | 設備IoT化              |
| 鉄鋼・非鉄 |                     | 高炉・電炉<br>効率化    | 電炉能増      | 電磁鋼板             | シリコンウエハ          | 製造プロセスの自動化投資        |
| 化学    |                     |                 | リサイクルプラント | EV関連の<br>能力増強    | 電子材料             |                     |
| 電気機械  |                     | パワー半導体          |           | 電池               | 電子部品             | 自動化設備導入             |
| 一般機械  | 少額なものを含め<br>幅広くみられる |                 | 水素発電実証    | 工場、物流向け自動化ロボット製造 |                  |                     |
| 通信・情報 |                     |                 |           | 5G               |                  |                     |
| 電力・ガス | バイオマス<br>風力         |                 | 水素製造      |                  | 都市機能強化<br>の再開・継続 | 安全対策投資<br>発電所<br>鉄道 |
| 運輸    | 太陽光                 |                 |           | EVの導入            | セルフレジ導入など店舗の省人化  |                     |
| 小売    | バイオマス               |                 |           |                  | 物流施設             |                     |
| 不動産   | 太陽光<br>バイオマス        | ZEB・ZEH         |           |                  | 首都圏再開発           |                     |
| サービス  |                     |                 |           |                  | ホテル              |                     |

※1：出典元（株式会社日本政策投資銀行 2022年度設備投資計画調査 結果概要）

対応

③自動化による生産性向上及び人手不足対策が理由となっている。

しかしながら、クレーンの更新需要が高まる一方、お客様の課題として納入当初のガーダ構造から最新ガーダ構造とした場合、構造の違いによりクレーン質量が増加し、建屋全域への補強が必要となるケースが生じる。お客様より、『建屋を補強することなく納入当初のガーダ構造を実現できないか？』とご要望をいただき、設計・製造部門が総力を上げて、軽量化クレーンの復活に取り組んだ。

### 3 ガーダ構造の歴史について

日立プラントメカニクスは、環境経営を最優先課題の1つとして捉えており、SDGsの持続可能な開発目標として定められている17のゴールに対して、軽量化クレーンの復活を通じて図2の4つのゴールに貢献するモノづくりに取り組んでいる。

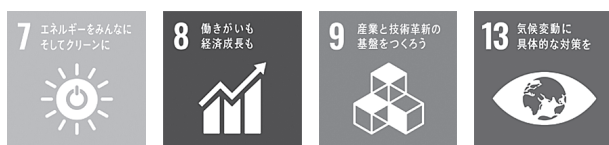


図2 軽量化クレーンを通じてSDGsに貢献する4つのゴール

日立における軽量化クレーンの歴史としては、

- ①アルミ構造
- ②プレートトラス構造
- ③D型ボックス構造
- ④モノガーダ構造
- ⑤O型ボックス構造

の5種類がある。

①のアルミ構造は、お客様の扱っている製品の性質上、鉄が使えなかったため現在のJIS規格では廃止となっているが、1952年12月14日に耐食アルミ合金板のJIS規格が制定し、これに伴い1965年にJIS H 4104 耐食アルミ合金7種による溶接構造が製造認可され、定格荷重7.5t×20m アルミ製クレーンを納入している。

その後1970年5月1日にJIS規格より廃止となっている。現在、ボックス構造のガーダが主流となっているが②～④の構造についてお客様のご要望があり、復活に取り組んだ。

②、③、⑤のプレートトラス構造やD型もしくはO型ボックス構造は、なるべく材料を少なくするための設計である。

④のモノガーダについては、床面の荷役スペースを最大化するために採用している。

次に、②、③、⑤について、ボックス構造との違いについて説明する。

ガーダとはクラブトロリを支持する構造物で、

けた（桁）ともいう。クレーンの基本的なガーダの断面の形状は、荷重を直接支える主桁、水平力を支える補桁、これらを繋ぎ合わせる水平部材及び筋かい材等で構成されている。

ガーダは、荷重を支えるために十分な強度を持たせると共に、たわみを少なくするために図3のような形式のものが用いられている。それぞれのガーダの特徴を表3に示す。

#### 4 トラス構造からボックス構造への転換期について

日立におけるクレーン主構造部の製作は、1950年後半から1960年前半まで継手部分に鉋（びょう）打ち構造を用いたトラス構造のガーダを採用していたが、

- ①溶接技術の向上
- ②作業中の騒音が少ない
- ③設計が容易
- ④継手部分の緩みが無い

- ⑤材料の種別が少なく在庫管理が容易

の観点から溶接によるボックス構造への転換期となっている。ボックス構造のガーダを製作した第1号は社内機械工場3tクレーンに採用し、日立としてお客様に納入したボックス構造の第1号は、1959年に10t×20mクレーンを納入した。それ以降、ボックス構造のクレーンを納入している。今回、お客様よりご相談があったクレーンは、1961年に日立製作所として設置したロープ式セメント原料運搬用5t×29mクレーンである。2000年頃から老朽化の諸症状が現れ、2014年より更新計画のご連絡をいただき、お客様のご期待に応えるべ

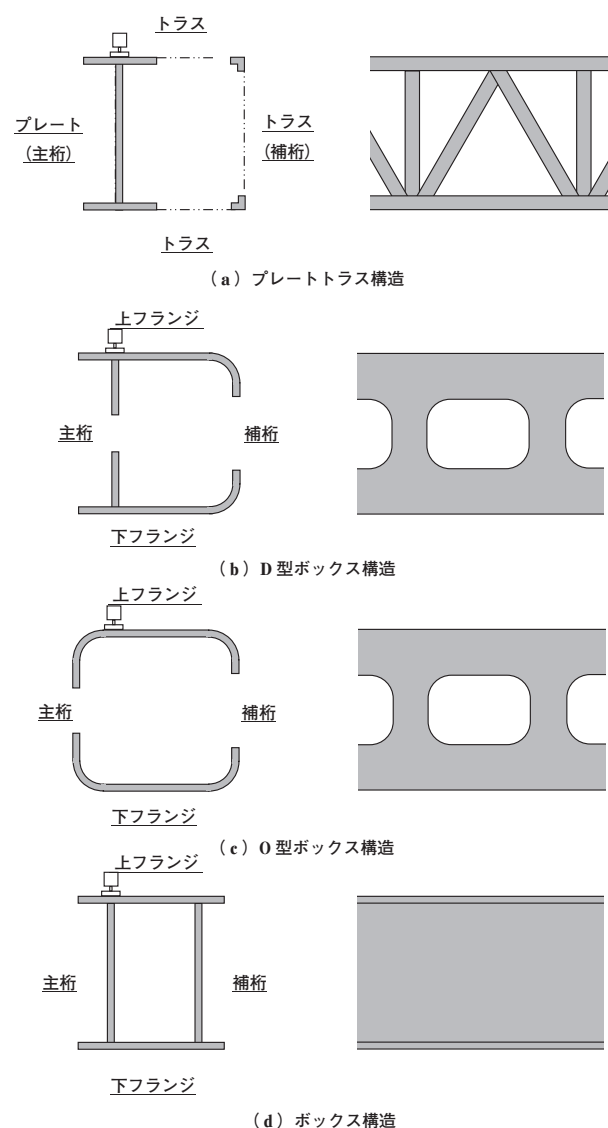


図3 ガーダ構造の違い

表3 ガーダ構造の特徴

| ガーダ種類        | 特徴                                         |
|--------------|--------------------------------------------|
| (a)プレートトラス構造 | 補桁及び水平部材は三角形を単位とした骨組構造<br>形鋼の組み合わせにより製作される |
| (b)D型ボックス構造  | 上下フランジをL形に曲げ主桁板で繋げた構造                      |
| (c)O型ボックス構造  | 上下フランジを溝形に曲げ桁板で繋げた構造                       |
| (d)ボックス構造    | 上下フランジ、桁を鋼板で組み立てた箱型構造                      |



くクレーンへのご要望事項を整理し、運搬能力向上と省エネに貢献するご提案を実施した。

日立におけるトラス構造の実現は、半世紀を超える60年ぶりのモノづくりとなっている。今回のトラス構造は、補桁及び水平部材は三角形を単位とした骨組構造の形鋼の組み合わせにより製作するプレートトラス構造と呼ばれるタイプである。

今回の復活にあたり課題となった項目としては、

- ①若手設計者は、ボックス構造以外の経験が無い
- ②リベット構造からボルト取合い構造への設計変更

③プレートトラス構造のモノづくりであった。

このため今回のプロジェクトに向けて、ベテランの設計者に協力をいただき、リベット構造からボルト取合いとなった部分やボックス構造からプレートトラス構造となった場合における変更点に対する応力解析については社内以外の第三者でバックチェックし、日立グループの解析専門会社と連携してモノづくりに取り組んだ。

また、モノづくりについては、ボックス構造では全自動化されていた溶接作業だが、トラス構造では一部に（自動化できないため）手作業が必要となるため、ベテランの溶接技術者や製造経験者の方々に協力いただいてモノづくりに取り組んだ。また、今回のクレーンは、外観からは従来のクレーンを復活させているだけのように思われるが、

制御部分については、つり荷を巻下げるときに発生する位置エネルギーを電源に戻す回生付コンバータを採用することでCO<sub>2</sub>削減に貢献する最先端のGX（グリーントランスフォーメーション）技術をご提案し、採用いただいた。プレートトラス構造のクレーンを採用する場合のメリットとしては、既設同等の質量のクレーンに更新となるため、

- ①建屋補強が不要
- ②建屋補強に伴う操業停止期間が不要
- ③設備関係者＋土木・建築関係者等による検討期間短縮

が挙げられる。

一方、デメリットとしては、

- ①フルオーダーメイドクレーンのためコストアップ
- ②一からの3Dモデル設計により設計期間が長い
- ③人手による作業が多くクレーンの製作期間が長い

が挙げられる。『ボックス構造のクレーンを採用した場合に建屋補強にかかるコスト』と、『クレーンをプレートトラス構造とした場合にかかるコスト』を比較検討いただき、後者（プレートトラス構造のクレーン）を採用したほうがトータルコストミニマムとなるため、ご採用いただいた。

図4にお客様のご要望に応え、60年ぶりに復活したプレートトラス構造のクレーンを示す。日立プラントメカニクスでは、新たなモノづくりに向け



図4 ロープ式セメント原料運搬用 5t × 29m クレーン（プレートトラス構造）

て、営業、設計、製造、工事、品証が一体となり取り組んだ活動を他の同様の課題を抱えているお客様への対応に向けて規格・基準を整理し、リードタイム短縮を行う。

## 5 D型ボックス構造について

日立におけるクレーンD型ボックス構造の歴史は、1962年に開発している。社内東工場の5t×13mクレーンに適用後、日立としてお客様に納入した第1号は、1967年に20/5t×16.9mクレーンを納入している。

その後、1970年に新JEM（日本電気会工業規格）クレーン用モータ制定に呼応して、D型ボックス構造の新シリーズの標準クレーンを業界に先駆けて発表した。今回のお客様からのご依頼は、1970年に日立機電工業としてD型ボックス構造のクレーン設置後50年が経過し、老朽化したことがきっかけとなっている。D型ボックス構造を復活させた目的は、隣接クレーンが3台あり、建屋強度の関係からクレーン輪重制限があった。そこで既設から更に軽量となるD型ボックス構造を試作検討し、FEMによる応力解析した結果、問題が無いことを確認したためご提案した。また、クレーンもトラスガーダ構造の時と同様に外観からは従来のクレーンを復活させているだけのように思われるが、制御部分については最先端のGX（グリーントランスフォーメーション）技術をご提案し、採用いただいた（GX技術とは、回生付コンバータによりクレーンから発生する位置エネ

ルギーや運動エネルギーを電源に戻すことでCO<sub>2</sub>削減に貢献するものである）。今回のD型ボックス構造のモノづくりは、ガーダをロボット活用による溶接部と人手による溶接部を組み合わせたセミオーダーメイドのクレーンとなっている。

図5に50年ぶりに復活したD型ボックス構造のクレーンを示す。

## 6 モノガーダ構造について

日立におけるモノガーダ構造は、クレーンの特殊タイプとして開発し、1973年に社内組立用10t×20.3mクレーンを第1号として開発している。モノガーダが特殊と言われている要因は、図6のようにガーダが1本で、クラブがオーバーハングした形となっているためである。この構造のクレーンはガーダが1本であるため、走行端の寄り付きが通常のクレーンより良くなっている。今回のモノガーダ構造の復活は、お客様より2021年に既設クレーンと同じ作業エリアを確保をしつつ、コイル運搬作業における巻上装置の等級見直しの要請があり、他社製の更新ではあったがお客様のご要望に対応すべく、現地調査から仕様検討まで綿密に実施し日立プラントメカニクス製のクレーンをご採用いただいた。48年ぶり納入となるため、設計計画及び出図時はベテランを含め細かな検討会を実施し、モノづくりに取り組んだ。

今回のクレーンについても、外観からは従来のクレーンを復活させているだけのように思われるが、制御部分については、回生付コンバータによ



図5 コイル運搬用 21/7.5t × 23.5m クレーン（軽量D型ボックス構造）



図6 コイル運搬用 20t × 19.2m クレーン（モノガーダ構造：ガーダ1本軽量タイプ）

り CO<sub>2</sub>削減に貢献する最先端の GX（グリーントランスフォーメーション）技術をご提案し、採用いただいた。

## 7 おわりに

これまで日本における多くの企業は、人件費を抑えることを目的に生産拠点を海外に移してきたが、近年の円安による海外の人件費高騰やコロナの影響を受け、リスク回避を目的に国内に生産拠点を移している。また、単に生産拠点を国内に移すだけではなく、自社ブランドの向上と自動化やデジタル技術の活用により、技術伝承と人材育成に力を入れている。日立プラントメカニクスでは、このような背景を踏まえ、お客様のニーズに応えるモノづくりを通じてさまざまな課題にワンズ

トップで解決するトータルシームレスソリューションのご提供をめざしていく。

## 参考文献

1. 日立機電三十五年史（1992年8月20日発行）
2. ものづくり半世紀 日立機電のあゆみ（2006年3月10日発行）
3. 月刊誌『クレーン』第46巻10号2008年

