

予防保全における施工の合理化技術

Technologies for Rationalizing Site Refurbishing Work

河瀬 耕一
KAWASE Kouichi

松尾 泉
MATSUO Izumi

林 指一
HAYASHI Takuichi

最近の火力発電設備では、高効率コンバインドサイクルが建設される一方で、20年以上の経年火力設備が増加し、発電設備の予防保全はより多様化している。さらに、新電気事業法の施行で定期点検（以下、定検と略記）インターバルの延長や競争原理の導入が図られたため、既設設備の稼働率向上と発電コストの低減が重要度をいっそう増している。このような環境の変化により、現地での保全工事では、定検工期の短縮や施工方法の合理化が求められている。

当社はこれらの課題にこだえるため、現地での予防保全工事の合理化技術に取り組んでいる。現地での蒸気タービン車室の機械加工技術や各種ロボットの開発などを行っており、既設の保全工事で成果を上げている。

The majority of electricity in Japan is supplied by aging thermal power plants. Moreover, with the trend toward expanded inspection intervals and the increase in independent power producers (IPPs), great importance is being attached in the maintenance of these aging thermal power plants to improving plant operation rates and reducing generating costs. Under these circumstances, the shortening of inspection periods and rational construction methods for field work are required.

To meet these requirements, Toshiba has been studying technologies for rationalizing site refurbishing work for aging thermal power plants. We have developed an on-site machining technique for turbine casings and robots for field work, and obtained useful results.

1 まえがき

既設火力発電設備の現地での予防保全工事では、20年以上の経年設備の増加にともない、長期的な設備保修計画に基づく長寿命化・延命化改造の大型工事の施工が必要となっている。一方、規制緩和などにより電力会社を取り巻く厳しい環境の変化で、発電コストの低減といっそうの設備稼働率の向上が要求されている。ところが定検の現場では、熟練作業員の高齢化や若年層の現場離れの傾向があるうえ、定検工事の季節集中化が労働力不足に拍車をかけている。

このような状況で、既設火力発電設備の予防保全工事の現場では以前にも増して施工の合理化が求められている。

ここでは、これらの課題に対処できるように開発された現地工事での最新技術について述べる。

2 予防保全工事での合理化技術

当社は予防保全工事の現地施工のさまざまな局面で合理化技術を開発し採用してきた。

当社は定検作業における施工方法の機械化・省力化技術の開発で、工期短縮を達成するとともに作業現場の労働力不足対策や労働環境の改善を行ってきた。これらは、危険・きたない・きついなどのいわゆる3K職場の追放や作業安全の強化および現地施工品質の向上につながる。

ここではこれまで開発してきた定検の現場での合理化技術の代表例を示す。

2.1 蒸気タービンの現地機械加工技術

蒸気タービン高圧外車などで長年運転された車室は、高温高圧の過酷な蒸気にさらされることで経年的な変形を生ずる。この変形は車室の水平継手面の変形となって現れ、その変形の程度によっては蒸気漏えいに至ることがある。

従来、車室の水平継手面の変形修理方法は、上半車室を工場へ持ち込み、水平継手面を機械加工で修正している。一方、下半車室は、各蒸気管が接続されているので工場への持込みが困難なため、水平継手面の修正加工は現地で行われる。下半車室の修正加工は、修正後の上半車室水平継手面に合わせて手作業（グラインダ、やすりなど）による摺（す）り合わせ修理が行われる。

このため修理期間は、上半車室の工場加工と下半車室の現地加工の両者が必要で長期間となる。また、現地での下半車室の摺り合わせ作業には手仕上げのできる熟練作業員が必要であるが、近年その確保がきわめて困難な状況にある。

このような背景のもとで脱手作業を目指した現地作業機械化の開発に取り組んできた。図1に開発された機械化工法を示す。この施工法では、発電所内に機械加工装置を持ち込み、上半車室と下半車室の両方の水平継手面を現地で修正加工する。

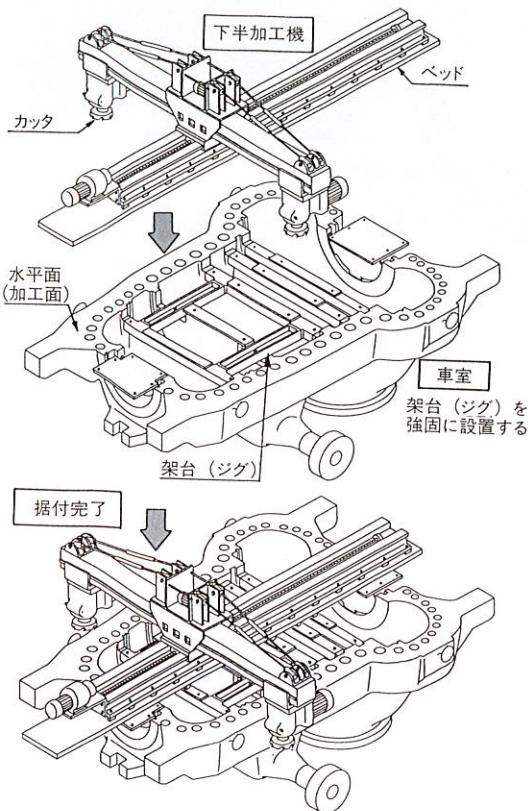


図1. 蒸気タービン車室の現地機械加工 現地用の機械加工装置で、車室水平継手面の修正加工ができる。

On-site machining technique for turbine casings

この修理方法によるメリットを以下に示す。

- (1) 工程の短縮と工程精度の向上が図れる。
- (2) 手仕上げ熟練作業員の確保困難が解消できる。また粉塵(じん)・騒音・振動の3K作業の回避で人材不足の対策になる。
- (3) 上半車室の海上輸送などに伴う危険度リスク、輸送日程の不確実要素が解消される。

特に工程短縮については、車室搬出から現地修正加工完了まで約8週間かかっていたのが、この機械化工法によると現地加工は約3週間で完了する。

現地での機械加工の施工例としては車室水平継手面のほかに、高中圧外車のグランド部パッキンケーシング縦継手面の修正加工も実施している。

2.2 主要蒸気弁のボルトテンショナ

蒸気タービン本体および蒸気弁で、従来から2インチ以上のサイズのボルトは、締付け作業にボルトイヒータを使用した焼締め代管理(ボルト伸び量計測)が行われている。主要蒸気弁の上ふたについても定検の開放時にボルトの締め代管理が必要となるが、ボルトイヒータによる締付け作業は1弁で数日の日数がかかるうえ、焼締め作業はヒータによる火傷や火災に対する細心の注意が要求される作業である。

図2に主要蒸気弁上ふたボルトの締付け(緩め)作業に用いるボルトテンショナおよびハンドリング装置を示す。

ボルトテンショナは油圧でボルトを伸ばしてナットを締付ける装置である。ハンドリング装置はボルトの締付け(緩め)作業時にボルトテンショナ2台を効率的に上ふたボルト上を移動させる装置で、アームの両端から下げられたエアシリンダでボルトテンショナを上下させることができる。

従来の焼締め作業だと1弁を締め付けるのに約3日を必要としたが、ボルトテンショナとハンドリング装置を採用すると1弁あたり約半日で作業を完了することができる。

主要蒸気弁ふたのボルト締付け作業にボルトテンショナを採用した場合の効果を以下に示す。

- (1) 締付け作業の工期短縮が可能である。
- (2) 正確な締め代管理ができる。
- (3) 焼付きや座面の損傷防止になる。
- (4) ボルトイヒータの高温部に対する注意が不要となり作業の安全性が向上する。

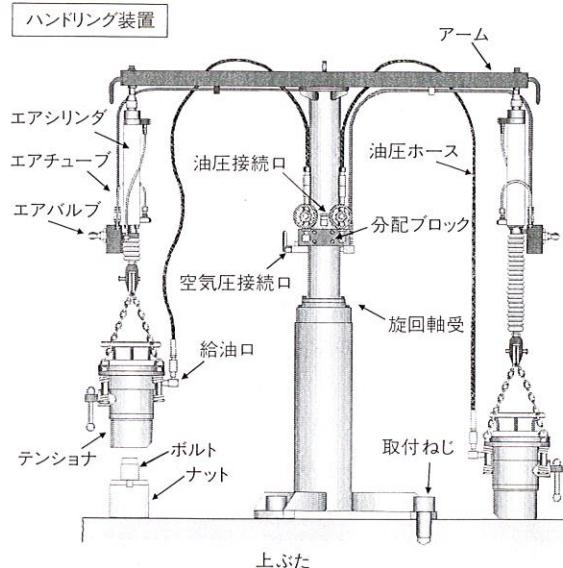


図2. 蒸気弁上ふたのボルトテンショナ ボルトテンショナはハンドリング装置で効率的に使用することができる。

Bolt tensioner for steam turbine valves

2.3 発電機のキャパシタンス測定ロボット

発電機の水冷却コイルでの冷却水リークの検出および余寿命診断ができるキャパシタンス測定ロボットを開発し実用化している。

従来、発電機固定子巻線の静電容量測定は発電機の回転子を引き抜いたときに行われていたが、このロボットの採用で回転子を引き抜かないで測定作業が行える。

図3にキャパシタンス測定ロボットを示す。

キャパシタンス測定ロボットは回転子保持環(エンドリン

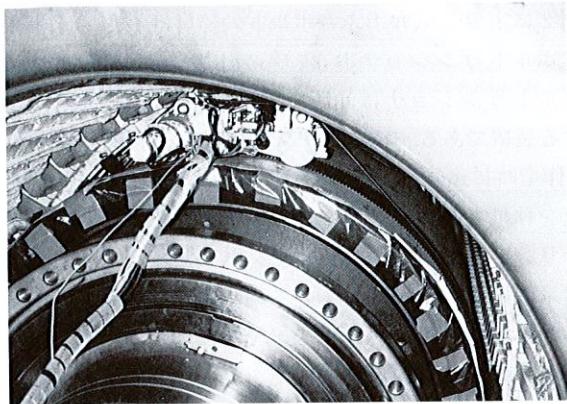


図3. 発電機のキャパシタンス測定ロボット キャパシタンス測定ロボットの採用で回転子を引き抜かないで静電容量の測定ができる。
Capacitance measuring robot

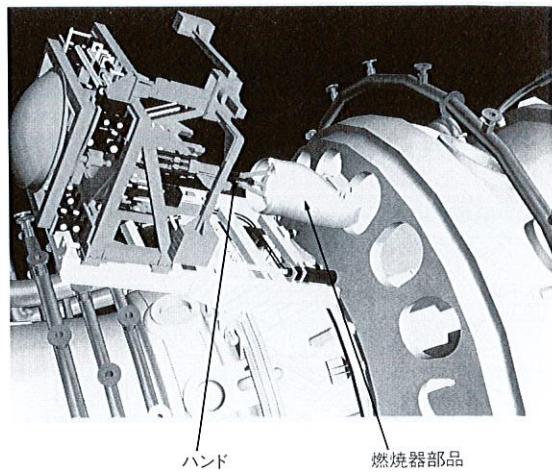


図4. ガスタービン燃焼器分解点検ロボット ロボットは燃焼器の各部品をつかむハンドをもつ。
Gas turbine combustor overhaul robot

グ) の外周上を移動しながら、静電容量測定用プローブを固定子巻線の間に挿入し、電極を巻線表面に押し当て、巻線導体と電極間の絶縁層の静電容量を測定する。

ロボットによる測定は、固定子棒両端のペアリングブラケット上半と回転子ファンを分解し、ファンノズルリングを分解することでできる。回転子を引き抜くことが不要のため、分解・組立の範囲が最小限となり、工事期間は大幅に短縮される。

キャパシタンス測定ロボットを採用して試験を行う場合、静電容量の測定は2日でできる。

2.4 ガスタービンの燃焼器分解組立ロボット

コンバインドサイクルプラントでは、1プラントが複数の同型のユニット(4~6台)で構成されており、各軸の定期検査がほぼ途切れることなく繰り返される状況にある。このためロボットの採用による工期短縮や省力化の効果は大きい。

ガスタービン燃焼器の分解組立ロボットを図4に示す。

ロボットはガスタービン全周と軸方向に移動して、すべての燃焼器をつかんで引き抜くことができる。また、ロボットの動作はあらかじめプログラム化され自動的に行うが、必要に応じて作業者が任意に介入して手動にて位置・傾き・回転などの微調整ができる柔軟なシステムとなっている。なお、燃焼器部品をつかむハンドは1台ですべての燃焼器部品をつかむことができる。

安全機能として、動作時に規定以上の荷重がかかった場合は自動的に停止する過荷重センサと、作業者がロボットに近づき過ぎた場合に自動的に停止するエリアセンサを備えている。

このロボットを採用することで、従来18日間かかっていた燃焼器点検作業を9日間程度で行うめどがついている。

ガスタービン燃焼器分解組立ロボットに見られるように工程短縮はもちろんのこと作業員の省力化を兼ね備えたうえで、さらに安全作業への配慮を怠らない合理化技術の開発が行われている。

3 あとがき

予防保全に関する現地工事施工の合理化技術について述べてきた。定期検査における多くの局面での作業の機械化・省力化は工期が短縮できるとともに、労働環境の改善や作業の安全強化につながる。

当社は今後とも保守・点検の施工合理化を対象とした新技術の開発に努めていきたい。

河瀬 耕一 KAWASE Kouichi

東芝プラント建設㈱ 中部支社電力グループ副主幹。
火力発電プラント機器の改良保全業務に従事。
Toshiba Plant Kensetsu Co., Ltd.

松尾 泉 MATSUO Izumi

火力事業部 火力海外技術部参事。
火力発電プラント機器の改良保全業務に従事。
Thermal Power Systems Div.

林 挙一 HAYASHI Takuichi

京浜事業所 機械加工部。
タービン製造技術の開発に従事。
Keihin Product Operations