

火力発電プラントの現地工事を効率的に行うための 計画立案システム

Process Planning System to Improve Efficiency of Installation Work at Thermal Power Plant Sites

島田 裕輔 SHIMADA Yusuke

新設の火力発電プラントにおける建設工期の短縮は、高効率な発電を早期に実現することで燃料コストの大幅な削減になるとともに、環境・運用コスト面でのメリットも大きいことから、顧客からのニーズが高い。工期の短縮には、工場での生産性が高いモノづくりに加え、現地での据付工事の効率化が求められる。

そこで、東芝は、個別受注生産で培った独自開発のスケジューラーを、工場での生産計画立案業務の高度化に適用するとともに、そのノウハウを基に、現地工事計画を立案するシステムを開発した。このシステムは、現地工事特有の制約を考慮した現地工事計画の立案プロセス、及び現地の作業実績と工事計画とを比較して作業人員を適正化する進捗管理プロセスから成る。国内プラントの配管据付工事に適用することで、その有効性が確認できた。

Demand has been growing to shorten the period required for the construction of new thermal power plants to achieve reductions in fuel costs by realizing highly efficient power generation at an early stage, thereby reducing both the burden on the environment and operating costs. In order to shorten the construction period, improvements in not only the productivity of the factory but also the efficiency of installation work at the site are essential.

Toshiba Corporation has applied its proprietary technologies cultivated through the development of schedulers for build-to-order manufacturing to a schedule planning system for its factories, in order to enhance the sophistication of production management for the manufacturing of equipment for thermal power plants. Based on this know-how, we have also developed a process planning system for installation work at the site. This system includes a construction planning process taking into consideration the on-site restrictions and a work progress management process to optimize the allocation of workers in keeping with the construction plan based on the actual on-site progress data. We have confirmed the effectiveness of this system through its application to piping installation work at a site in Japan.

1. まえがき

火力発電プラントの建設では、工場やサプライヤーで製造したタービンや配管などの機器を現地に搬入して据付工事が実施される。火力発電プラントの建設は、工事期間が長いと多くの人員が必要となり、多額の費用が発生する。そのため、工事期間の短縮は、コスト面でのメリットが大きく、また、発電効率の高いプラントの早期運転開始にもつながり、環境面でもメリットが大きい。工事期間短縮を実現するには、現地での据付工事の効率化が重要となる。

これまで、東芝は、個別受注設計製品や受注組立製品のモノづくりに対応したスケジューラーを独自開発¹⁾し、これを実際の工場に適用することで、製造リードタイムの短縮や、生産計画立案時間の短縮、一元化した生産計画情報を活用した製造負荷調整などを実現してきた。

一方、現地工事計画立案業務を高度化するためには、工場の生産管理業務で蓄積した計画立案ノウハウを現地

工事に展開することに加え、建屋構造や建屋工事日程により工事手順が異なることや、溶接・高所作業・試験などの専門資格を保有する作業員数など、現地工事特有の制約を考慮した計画立案手法の構築が必要になる。様々な制約条件を考慮した、生産性の高い現地工事計画を事前に立案し、作業員を必要なタイミングで確保することが工事期間短縮につながる。ここでは、この課題解決方法として、火力発電プラントの建設向けに、スケジューラーを用いて現地工事計画の立案と進捗管理を実施する取り組みについて述べる。

2. 業務プロセスの把握

スケジューラーを用いた計画立案を実現するためには、現地据付工事を適正に管理できる業務プロセスを設計し、スケジューラーの適用方法を整理することが重要である。現地据付工事は、基礎工事、電気工事、主要機器の搬入や据え付けなど、様々な作業が存在し、その中でも、配管工

事は工事物量が多い。そこで、配管工事管理を対象に業務プロセスを整理し、スケジューラーの適用を検討した。

配管工事には、配管同士を接続する溶接工程が含まれる。溶接工程は、特殊資格が必要な作業が含まれるものの、資格を保有する人数に限りがあるため、溶接工程が配管工事のボトルネックになる場合が多い。したがって、溶接員の必要な人数と時期を適切に判断して手配することは、配管工事期間の短縮につながる重要な意思決定となる。配管工事で溶接員の人数を判断する際の業務プロセスの概要(図1)について、以下に述べる。

- (1) 設計情報登録 設計部門は、配管数や図面など、最新の設計情報をデータベースに登録する。
- (2) 計画立案, 必要人数判断 管理部門は、設計情報に基づき、工事開始前に配管工事工程の詳細計画を立案する。計画立案を行うことで、溶接員の人数と派遣時期の正確な判断ができ、溶接員の過不足を防げる。
- (3) 溶接員派遣依頼 管理部門は、必要人数や派遣時期を基に、工場の製造部門に溶接員の派遣を依頼する。
- (4) 溶接員派遣 製造部門は、依頼を受けた作業員を確保できるように調整し、溶接員を現地に派遣する。
- (5) 工事開始 派遣された溶接員は、現地で溶接作業を行う。
- (6) 進捗管理 溶接員は、作業実績を収集し、現地工事計画と比較して進捗を管理する。進捗管理を実施することで、工事遅延の早期検知が可能になる。

配管工事の管理業務では、計画立案と進捗管理が工期

短縮を実現するための重要プロセスである。したがって、現地工事の複雑な制約を考慮して工事開始前に計画立案する手法と、現地で入力される作業情報を基に進捗を管理する手法とを構築することが、配管工事の計画立案と進捗管理の強化につながる。

3. 配管工事のモデル化

スケジューラーによって現地の工事計画を立案するには、工事手順や工事の制約条件を明確にする必要がある。そこで、配管工事の現地作業内容を整理し、スケジューラーで表現できるように作業の流れをモデル化した。

定義したモデルの概念図を図2に示す。配管工事では、まず搬入設置工程として、溶接対象の配管を工場から現地に搬入して設置する。その後、溶接準備工程として、溶接工程に必要な機材を準備する。現地の作業場は、エリアと呼ばれる区画で区切られており、搬入設置工程、溶接準備工程はエリア単位で実施される。溶接準備工程が完了したら、配管単位で溶接工程を実施する。最後に、試験工程として、溶接された配管に問題がないかを確認する。試験工程は、排水系統や蒸気系統など系統単位で実施される。このように、配管工事では、工程によって作業を実施する単位が異なっている。

スケジューラーは、定義した作業の流れに沿って、現地工事の着手可能日を考慮して各工程の開始・完了予定日を計算する。工事の着手可能日は、現地の建屋建設や作業場の整備状況によってエリアごとに異なる着手可能日と、工場とサプライヤーからの機器搬入予定日から判断する。

また、スケジューラーは、工程の作業時間も入力情報として必要なので、図2で示した各工程に対し、標準作業時

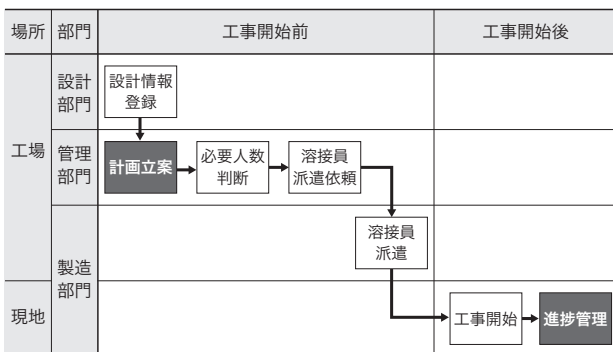


図1. 配管工事の業務プロセスの概要

工事開始前の計画立案と工事開始後の進捗管理が、特に重要となる。

Main processes of piping installation work

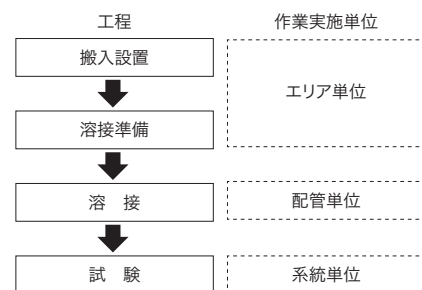


図2. 配管工事のモデル化

配管工事の現地作業内容を整理し、スケジューラーで表現できるように作業の流れをモデルで定義する。

Modeling of piping installation work

間を設定している。ただし、ボトルネックである溶接工程は、正確な作業工数を基に必要人員を判断する必要があるため、口径や、肉厚、材質などの設計情報を基に、配管溶接箇所ごとに作業時間を計算している。

4. 工事工程策定ツールの概要

3章で述べた配管工事のモデルを基に、配管溶接の現地工事計画を自動生成する計画立案システムとして、図3に示す工事工程策定ツールを構築した。このツールは、入力情報整形機能、スケジューリング機能、帳票作成機能、進捗管理機能、及びパラメーター設定機能で構成されている。以下に、それぞれの機能の概要を述べる。

4.1 入力情報整形機能

工事工程策定ツールは、計画立案対象である配管一覧、系統一覧、及びエリア一覧が入力情報となる。入力情報は、設計部門がデータベースに登録した設計情報から取得するが、設計途中の段階では、現地工事計画立案に必要な全ての情報を取得できない場合がある。その際には、現地工事計画立案の担当者が、情報の追記や編集を適宜行い、入力情報を準備する必要がある。この部分で入力情報に記入漏れや不整合があると、正常にスケジューリングを実行できないので、入力情報整形機能が入力情報の記入漏れや不整合を自動検知し、担当者に修正が必要な箇所を通知する。担当者は、通知された情報を確認することで、入

力情報を容易に修正することができる。また、この入力情報整形機能は、担当者が準備した入力情報を、スケジューリング機能が読み込む専用フォーマットに自動整形する処理も行う。

4.2 スケジューリング機能

スケジューリング機能は、入力情報や配管工事のモデルに従ってスケジューリングを実行し、その結果として各工程の着手・完了予定日を出力する。この機能は、当社が独自開発し、これまで実際の工場に適用してきたスケジューラー¹⁾の機能を拡張したものであり、3章で述べた配管工事のモデルを組み込んでいる。スケジューラーの処理は高速で、数年分の現地工事計画を、1分程度で立案することができる。

4.3 帳票作成機能

帳票作成機能は、スケジューリング結果を基に、山積み計画と工程表の二つの帳票を出力する。山積み計画は、必要な溶接員の人数を日別で表示しており、工事開始前の段階で、必要な溶接員の人数や時期を把握し、派遣人数を調整する際に活用される。工程表は、スケジューリング結果をエリア・系統・工程別にガントチャートの形式で表示しており、各工程の着手予定日や完了予定日を事前に把握できる。

4.4 進捗管理機能

現地据付工事管理では、ICT（情報通信技術）の適用が進められており、現場作業者がタブレット上で指示書の内容

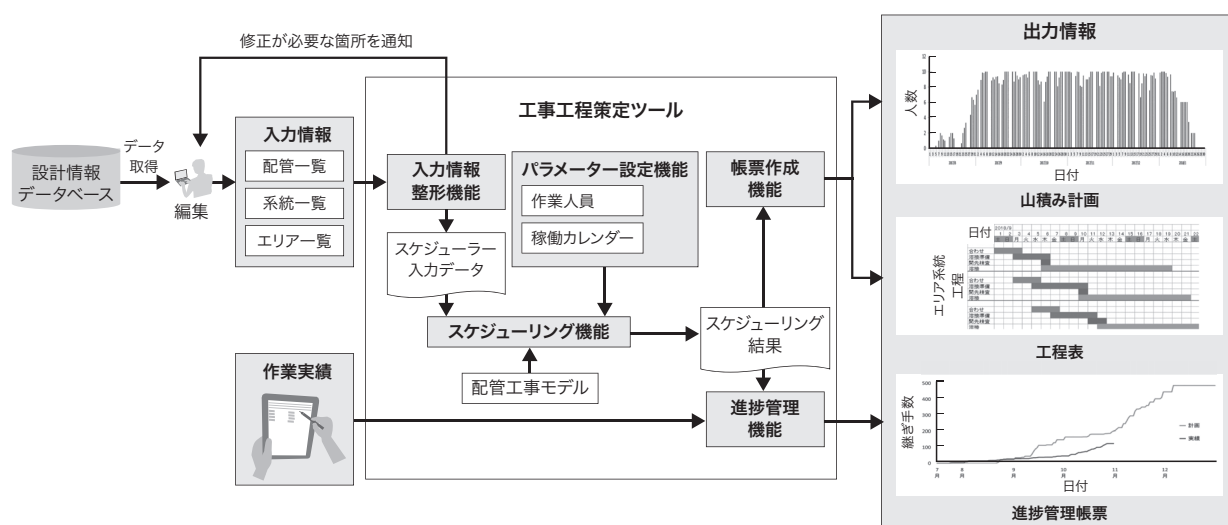


図3. 工事工程策定ツールの構成

設計情報から取得した入力情報を基にスケジューリングし、現地工事計画を自動生成する。現地で入力される作業実績と連携することで、進捗管理もできる。

Configuration of process planning system

を確認し、作業実績や検査結果をその場で入力できる仕組みが構築されている。入力される作業実績には、配管単位で各工程の作業完了日時が記載されており、現地から離れた関連部門でも電子掲示板を介して実績情報を共有できるようになっている。この実績情報を、工事工程策定ツールが出力したスケジューリング結果と比較することで、工事進捗を把握できる進捗管理機能を構築した。この機能は、計画と実績の累計継ぎ手数を可視化した進捗管理帳票を出力する。この帳票を確認し、計画と実績の乖離（かいり）状況を把握することで、工事遅延の予兆を検知できる。

4.5 パラメーター設定機能

工事工程策定ツールは、フォワードやバックワードなどのスケジューリング手法や、溶接員の人数、稼働時間などのパラメーターを変更しながら、複数のシナリオで、スケ

ジュールが立案した現地工事計画を比較評価できる。

具体例として、500本の配管に対し、表1のシナリオに沿ってスケジューリングした結果の山積み計画を図4に示す。この例では、全配管に対する溶接の完了期限を11月30日とし、この日に間に合わせるためには残業時間や溶接員をどのように設定すれば良いかを検証している。

残業がないシナリオ①では、溶接完工日が1月24日になっており、完了期限の11月30日に対し、大幅に遅れる結果になっている。2時間残業を行うシナリオ②でも、溶接完工日は12月17日になっており、やはり完了期限に間に合わない。一方、2時間残業を行い、かつ溶接員を増員するシナリオ③だと、溶接完工日が11月24日で、完了期限に間に合う結果となっている。これらの結果から、完了期限を遵守するには、2時間残業、かつ溶接員を増員するシナリオ③の条件が適していると判断できる。

工事工程策定ツールの実行時間は1分未満であり、短時間で現地工事計画を立案できる。そのため、前述の具体例のように、パラメーターを調整した複数のシナリオで繰り返しスケジューリングを実行し、結果を比較評価することで適正な計画を立案できる。

表1. スケジューリングのシナリオの例

Examples of scheduling scenarios

シナリオ	稼働時間 (h)	溶接員数 (人)	備考
シナリオ①	6	10	残業なし
シナリオ②	8	10	残業2時間
シナリオ③	8	13	残業2時間、かつ溶接員増員

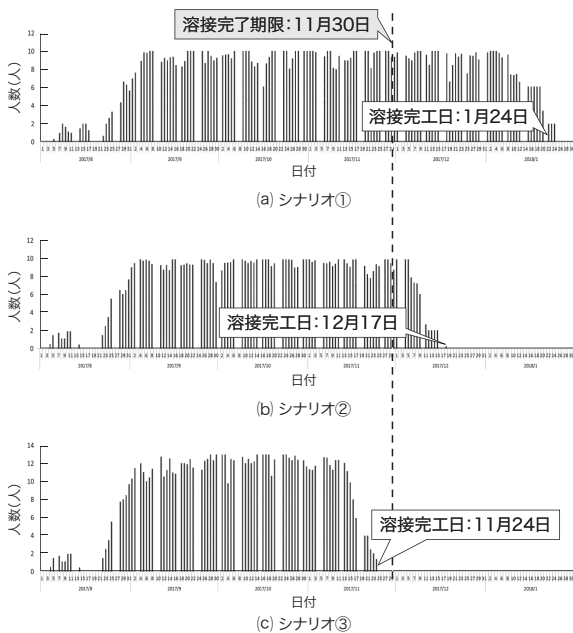


図4. シナリオごとのスケジューリング結果の検証

パラメーターを調整した複数のシナリオ(表1)でスケジューリングを繰り返し、結果を比較評価することで、適正な計画を立案できる。

Results of validation check using each scheduling scenario

5. あとがき

スケジューラーを用いて、現地工事計画立案と進捗管理を実施する取り組みについて述べた。

今回開発した工事工程策定ツールは、国内の火力発電プラントの配管据付工事に適用を開始しており、工事開始前の段階で、現地工事計画を立案して溶接員の適正人数の判断に活用できることが確認されている。また、工事開始後も、最新の作業実績を反映した進捗管理帳票を関係者間で共有することで、工事の進捗状況を把握して、工事遅延の早期検知に活用できることも確認されている。

今後も、開発した工事工程策定ツールの適用範囲を拡大し、更なる工事計画立案ロジックの高度化を進めていく。

文献

- (1) 高橋伸昌. 組込みが容易で、かつ汎用性を高めた生産スケジューラ. 東芝レビュー. 2014, 69, 11, p.58-59.



島田 裕輔 SHIMADA Yusuke
 研究開発本部 生産技術センター
 グローバルモノづくり変革推進部
 Global Manufacturing Innovation Dept.