

再稼働に向けた安全対策工事及び 複数の同時進行工事の管理技術

Technologies for Management of Construction Work to Simultaneously Implement Multiple Safety Measures for Restarting of Nuclear Power Station

岩崎 敦 IWASAKI Atsushi 長谷川 健 HASEGAWA Takeshi 山本 好克 YAMAMOTO Yoshikatsu

女川原子力発電所2号機の再稼働に向けた安全対策として、主要機器の耐震補強工事や、新規規制対応設備への配管・電路構築など、数多くの工事が進められている。これらの工事は、既設発電所内の限られたスペースで異なる請負業者によって同時に進められている。

工事の錯そうややり直しによる再稼働の遅延を防ぐため、東芝エネルギーシステムズ(株)は、東北電力(株)と共同で、工事成立性検証を実施するとともに、3D Plant Viewerやエリア管理ツールなどをほかの工事会社と共用して配置設計や作業エリア確保を図っている。また、再稼働リスクの低減活動を関係者が一体で推進している。

With the aim of restarting the Onagawa Nuclear Power Station Unit 2 of Tohoku Electric Power Co., Inc., various types of construction work are in progress to implement multiple safety measures in order to avoid the possibility of a severe accident. These measures, such as seismic reinforcement of the main equipment, installation of new cables and pipes for facilities subject to new regulatory requirements, and so on, are being implemented simultaneously by a number of different contractors working inside the limited space available at the plant.

To prevent delays in the restarting schedule caused by complicated construction processes or the need for reworking, Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, in cooperation with Tohoku Electric Power Co., Inc., has conducted a feasibility study on the construction work and is making efforts to design the layout of the operations and secure the necessary work areas by sharing its plant operation support service tools including the 3D Plant Viewer with other contractors. In addition, we have embarked on collaborative activities with relevant parties to minimize the risk of restarting the plant.

1. まえがき

昨今のエネルギー事情を踏まえて、既設原子力発電所を最大限有効活用できるように、確実に再稼働することが必要となっている。原子力発電所の再稼働には、新規規制基準の要求を満たすための安全対策工事や、長期停止していた機器の健全性確認など各種工事や点検の完了が必要となる。女川原子力発電所2号機(沸騰水型軽水炉、定格電気出力82万5千kW)についても、電気事業者である東北電力(株)(以下、事業者と記載)の下で、東芝エネルギーシステムズ(株)は、土木・建築会社を含む協力会社(元請け14社)とともに再稼働に向けた工事を進めている。当社は、原子炉建屋の機電工事や離れた高台に設置された電源設備など主要工事、及び元請け各社の統括業務を担っている。これらの工事を再稼働工期に合わせ、限られたエリアにおいて同時並行で進めなければならない。ここでは、当社が担う主要工事の概要についてまず述べ、錯そうする工事を成立させるために開発した、3D Plant Viewerやエリア管理システムなどの技術の特長、及びプラントの起動に万全を期すための取り組みについて述べる。

2. 工事概況

安全対策工事として、フィルターベント設置、耐震性の向上、重大事故時対策設備の追加、電源強化など様々な工事を進めている。以下では、現在進めている主要工事について述べる。

2.1 S/Cの耐震工事

女川原子力発電所の基準地震動Ssが見直され、当該設備の耐震設計に用いる加速度応答レベルが、建設時の375ガル(3.75 m/s²)に比べて大幅に上がり、1,000ガル(10 m/s²)となった。また、重大事故時の対策として、サプレッションチェンバー(S/C)に保有される水量も増加となった。これらにより必要となった原子炉格納容器のS/C及びS/C内部構造物の耐震補強に取り組んでいる。直径50 mに及ぶ円環形状の大型構造物に対して閉所環境で、大量の当て板、リブ、サポートなどの鋼材(約4,000個)を溶接するという点で過去に経験がない工事である。このため実物大の鋼製模型を製作し、試作した部材を実際に取り付けて設計及び工事成立性の検証を重ねた(図1)。具体的には、溶接時の熱による変形量を抑えつつ、多くの箇所を

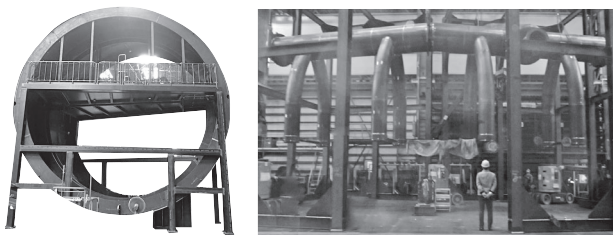


図1. 原子炉格納容器S/Cの実機大模型及び内部構造物

S/Cの実機大模型を製作し、作業を忠実に再現して作業性を確認する方法で、製作及び工事の設計検証を重ねた。

Full-scale mockup of suppression chamber of primary containment vessel (PCV) and internal structure

溶接することによる工程遅延リスクを減らすため、施工要領の改善や、既設鋼材に対する据付精度が1 mmでも良くなるような部材加工精度の向上などを図った。

また、検証を進めていた工場へは、当社及び事業者の現場に精通した専門家が何度も足を運び、議論を重ねた。これによって、多角的かつ深い議論ができ、有効性のある検証を迅速に実施できた。その結果、試作時の部材製作や施工時間より現地施工時の単位時間当たりの作業量を精緻に見積もることができ、計画どおり現地工事を進めている。

2.2 燃料交換機の耐震工事

原子炉内に燃料を装荷する燃料交換機の耐震性を向上させるにあたり、ブリッジやトrolleyなどの主要構造体は、通常の既存構造体の補強ではなく新規製造し、これらに取り付ける燃料つかみ機構や運転制御装置などは既設品を流用し、現地にて全体を組み上げる工法とした。

既設プラントでの主要構造体の交換は初の試みである。新規製造した構造体を原子炉建屋オペレーションフロア（以下、オペフロと略記）に搬入し、高精度で燃料交換機全体（質量約56 t、外形寸法約16 m（長さ）×約6 m（幅）×約7 m（高さ））を組み立てる必要があり、精密測定器による位置計測をしながら時間を掛けて組み上げることにした（図2）。ただし、オペフロでは複数の工事が同時に進行し、かつ規定上の作業制約もある。このため、事業者及び関連工事会社と連携し、詳細工程の確認と合わせて、作業上の懸案事項などを情報交換してオペフロ全体工程をまとめ上げることで、各工事の作業期間・エリアを確保しながら工事を進めている。

2.3 重大事故時対策の配管工事

重大事故時の安全対策として、原子炉冷却や放射性物質閉じ込め機能を達成するための設備が、今回追加された。これらの設備は、10系統以上あり、主に機器と配管・弁で構成される。そのうち、主要な配管は全長約5,000 m



図2. 新たに製作した燃料交換装置

燃料交換装置の耐震性向上のため、主要構造体を新規製作し、オペフロ上で精密測定器を用いて位置計測をしながら、高精度に組み上げた。

Newly manufactured fuel handling machine

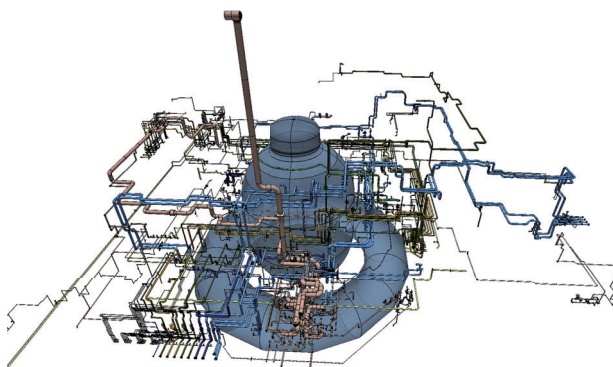


図3. 新たに追加する配管工事の鳥かん図

重大事故時の安全対策として追加された新規設備に必要な配管・弁類を、既設発電所内の狭い場所に新たに追加した。図中の配管は、系統ごとに色分けされている。

Bird's-eye view of newly constructed pipes

で、溶接物量は全部で5,200か所を超える。これらの配管を既設プラントの限られたスペースに追加する工事を、限られた期間で実施している。また、元請け各社も同時期に工事をするため、設計上・工事上也数多くの干渉や制約が発生する。これらによる後戻りや工程遅延を防ぐため、事前に事業者と一体になり総合配置調整を繰り返し、配管溶接効率を上げるための工事エリア及び期間の占有や、それに合わせた施工図面の発行管理や配置設計上の干渉回避などを実施している。その際に、3.2節と3.3節で述べるツールなどを関係各社で用いて、互いに協力しながらエリア、リソース、及び工期の制約を乗り越え、進めている。

また、図3に示す鳥かん図で完成形の共有や工事実績を濃淡で示すなど進捗が見える化し、事業者とも課題を共有して、必要な支援を得ながら工事を進めている。

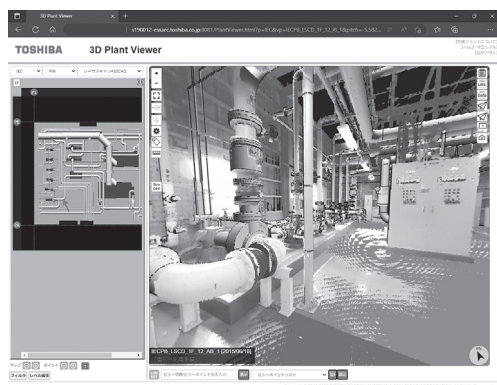


図6. 3D Plant Viewerの画面例

既存設備の3D点群と計画設備の3DCADを組み合わせた3D Plant Viewerを当社と事業者間で共有し、干渉回避などに活用している。

Example of 3D Plant Viewer display



図7. エリア管理システム使用例

各社の工事エリアや干渉状況が画面上で色分けされ、かつタイムリーに分かる。

Example of plant operation support service display

エリアをWeb上で入力できるシステムを開発した。このシステムに当社だけでなく、事業者及びその協力企業がデータを入力することで、各社の工事エリアや干渉状況が画面上の色分けで見える化され、かつタイムリーに共有できるようになった(図7)。

これにより、事前に干渉が明らかになり工程調整した結果も即座に反映できるようになった。また、システム化により中長期の計画も容易になり、調整業務の効率化にも貢献している。

4. 工事から起動までの取り組み

起動に際して想定外の事象を発生させないために、系統試験から起動運転までのリスクの抽出と低減を進めている。設計・品質の観点での点検を進め、また、万一に備えた支援体制を構築している。

4.1 設計者による現場総点検

新規制基準対応で新設、増設、及び改造した設備について、基本設計及び3DCADなどによる設計・工事計画の妥当性を、実機で確認する現場総点検を計画・推進している。

新たに設置された各設備が設計図書どおりであることや、本来の設計思想や仕様要件を満たしていること、設置したことにより周辺系統や機器へ影響を及ぼしていないこと、長期停止に伴う設備への問題がないことなどを、設計者が、工事担当者、品質管理者、及び事業者と一体になって確認している。

点検で抽出した問題点や改善点については対策を施し、試運転・起動時のトラブルの未然防止、並びに本格運転時の信頼性向上に寄与していく。

4.2 プラント起動時への備え

起動時のリスク抽出と低減について、経験者及び専門家を交えて検討している。具体的には、新規制基準対応で追加された設備の運転手順の確認、起動時に想定される事象の抽出、その推定要因と対応策を決めていく。また、プラント起動時の事業者の発電所運営監視体制を支援するために設計者約30名を女川発電所に常駐させ、更に、本社や工場のバックアップ要員として約400名体制を構築して、起動時の挙動分析やトラブル時の迅速な対応に備えることにしている。

5. あとがき

原子力発電所の安全対策工事や、長期停止していた機器の健全性確認などの各種工事や点検は、事業者と当社の設計・製造・工事・試験部門が一体となって、2～3章で述べた施策を用いて、計画どおり完遂するよう推進している。今後も、事業者と一体となって、女川原子力発電所2号機の再起動に向けて万全を期していく。



岩崎 敦 IWASAKI Atsushi
東芝エネルギーシステムズ(株)
パワーシステム事業部 原子力技術部
日本原子力学会会員
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



長谷川 健 HASEGAWA Takeshi
東芝エネルギーシステムズ(株)
パワーシステム事業部 原子力フィールド技術部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.



山本 好克 YAMAMOTO Yoshikatsu
東芝エネルギーシステムズ(株)
パワーシステム事業部 原子力技術部
Toshiba Energy Systems & Solutions Corp.