

総合講演・報告 1

「福島第一原子力発電所使用済燃料プールからの燃料取り出しに向けた取り組みについて」

(5) 3号機 カバーの設計および施工計画

(5) Design and Construction Plan of Spent Fuel Removal Structure for Unit 3

*松尾 一平¹, 小川 喜平¹, 岡田 伸哉¹, 加藤 和弘¹, 松岡 一平²¹鹿島建設株式会社, ²東京電力ホールディングス株式会社

1. 概要

使用済燃料プールから燃料を安全に取り出すために、損傷した建屋上部に燃料取り出し用施設(カバー)を構築する。カバーは、燃料取扱設備の走行性、耐震耐風安全性を確保すると共に作業時の汚染ダスト飛散抑制に配慮した設計がなされている。また、除染遮へい後も少なからず高線量下での構築作業となるため、作業員の被ばく低減に向けた様々な工夫を組み込んでいる。これらの技術的概要について紹介する。

2. カバーの設計

2-1. カバー設置の目的

使用済燃料プールからの燃料取り出しは、燃料取り出し用カバーの設置による作業環境の整備、燃料等を取り扱う燃料取扱設備の設置を行い、燃料を使用済燃料プール内の使用済燃料貯蔵ラックから取り出し、キャスクに詰めて原子炉建屋から搬出することを目的としている。

使用済燃料プールからの燃料取り出し設備は、燃料取扱設備、門型クレーン、構内用輸送容器、燃料取り出し用カバーで構成される。図1に燃料取り出し用カバーの外観イメージを示す。燃料取扱設備と門型クレーンは、燃料取り出し用カバーにより支持されている。



図1 3号機燃料取り出し用カバー外観イメージ

2-2. 要求される機能と設計方針

燃料取り出し用カバーは、燃料取扱設備の支持、作業環境の整備及び放射性物質の飛散・拡散防止ができる機能が要求される。具体的な設計方針は以下のとおりである。

a. 燃料取り出し作業環境の整備

燃料取り出し作業に支障が生じることのないよう、風雨を遮る設計とする。

b. 放射性物質の飛散・拡散防止

隙間を低減するとともに、換気設備を設け、排気はフィルタユニットを通じて大気へ放出することにより、カバー内の放射性物質の大気への放出を抑制できる設計とする。

c. 燃料取扱設備・門型クレーンの支持

燃料取出し用カバーは、使用済燃料プールを覆う構造とし、運転走行する燃料取扱設備および門型クレーンを支持できる設計とする。

d. 耐震性・耐風性

カバー架構の構造強度は一次設計に対応した許容応力度設計を実施し、耐震性は基準地震動 S_s に対する地震応答解析を実施し、架構の損傷が原子炉建屋、使用済燃料プール及び使用済燃料ラックに波及的影響を及ぼさないことを確認する。ここで、波及的影響の確認は、架構が崩壊機構に至らないことを基準地震動 S_s により確認する。また、建築基準法施行令第 87 条に基づく基準風速 30m/s に相当する強風にも耐える設計とする。

2-3. 燃料取り出し用カバーの構造概要

燃料取り出し用カバーは燃料取扱設備を支持する架構で、南北方向に 18.50m、東西方向に 56.925m、地盤面からの高さが 53.50m のドーム状屋根を設けた門型の架構である。構造形式はトラス構造で、構造種別は鉄骨造である。

燃料取り出し用カバーは、原子炉建屋の 1 階、3 階及び 5 階に支持される構造である。なお、5 階の原子炉建屋躯体支持点においては、水平振れ止め装置（ストッパ）及び鉛直方向の制震装置（オイルダンパ）を用いている。

- 【構造の特徴】
- 損傷している原子炉建屋に長期荷重をかけない大スパン門型架構
 - 地震時の水平力は伝達キー（ストッパ）を介し建屋健全部で一部支持
 - 大スパン架構の鉛直変形を制震装置（オイルダンパ）で抑制

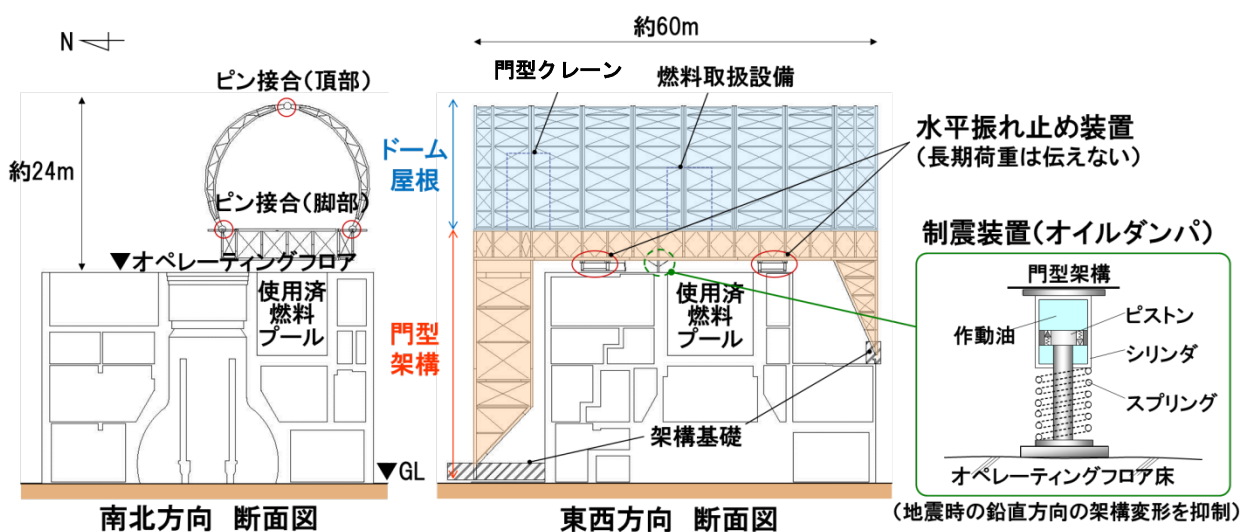


図2 燃料取り出し用カバーの構造概要（単位：mm）

3. 施工計画

3-1. 計画概要

高線量である現地における作業員の被ばく低減を最優先とした施工計画を立案した。

工場製作した鉄骨パーツをサイト外で可能な限り数十トンの大型ユニットに組み立てる。大型ユニットを現地へ海上輸送し、遠隔操作が可能な 600ton 級の大型クレーン 2 機により最終組み立てする計画としている。以下に各部の組立計画を示す。

a. 門型架構脚部の鉄骨組立て

先ず解体用の構台を兼用した門型架構の東・西脚部大型ユニットを組み建てる。遠隔操作の大型クレーンで組み立て易いよう自立可能な立方体ユニット形状で計画している。また、柱脚基礎は作業員の被ばく低減を考慮しコンクリート製カウンターウェイト方式となっている。

b. 水平揺れ止装置の組立て

図3に示すように既設オペレーティングフロアの床躯体開口に差し込む形で、鋼製の水平揺れ止装置2台を設置する。床躯体との隙間には無収縮のモルタルグラウト材を充填し既設床と一体化させる。

c. 門型架構のガーダ鉄骨組立て

東西方向に配されたガーダは全長 57m、幅 19mのあたかも大型の橋梁であり、両サイドに高さ 4.4m×幅 2.0mの橋桁（メイントラス）を配し、その間をサブトラスが繋ぐ構造となっている。総重量は約 680t である。

ガーダ鉄骨は 600ton 級の大型クレーンの能力範囲内で大きく分割し（最大 75t）、2列のメイントラスを5ユニット、サブトラスを5ユニットに分けて組み立てる。（図4参照）

燃料取扱設備・門型クレーンが走行するため、組み立て精度が要求される部位である。予め組み立て時のたわみ変形量を解析により求め、所定の水平レベル精度が確保されるようキャン

バーを付けた製作を行う。大型ユニット相互の接合は現地作業となるが、作業員の被ばく低減を考慮し超高強度ボルトを採用することでボルト本数を極力低減した計画としている。

d. ドーム屋根鉄骨組立てと燃料取扱設備・門型クレーンの設置

燃料取出し時の風雨を遮り放射性物質の飛散を抑制するため、軽量化をはかったドーム屋根を設置する。総重量は約 490t である。図5に示すように長手方向に8分割し、更に中央で半割した三日月ユニット（約 30～50t）を組み立て、ドーム屋根を形成する。先ず大型クレーンが届き易い門型架構の西側で三日月ユニットをドーム状に組み立て、次に門型架構に敷設されたレール上を東方向に自走させるスライド工法を採用する予定である。途中で燃料取扱設備・門型クレーンを設置した後、ドーム屋根を組み上げる。

三日月ユニットの頂部接合および脚部の門型架構との接合は、誤差吸収性に優れたピン差し込み接合としている。また、作業員の被ばく低減を考慮し、8分割したユニット相互はボルト接合せず、予め三日月ユニットに取り付けたゴム製カバーで隙間を塞ぐ。

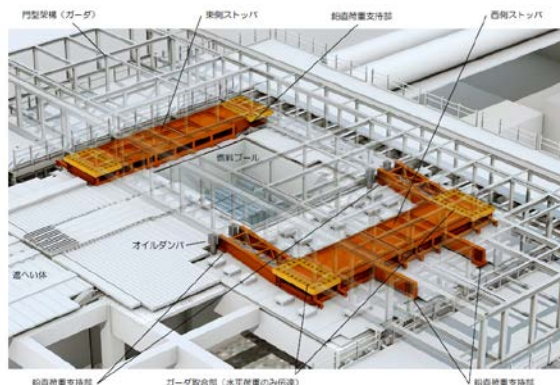


図3 水平揺れ止装置

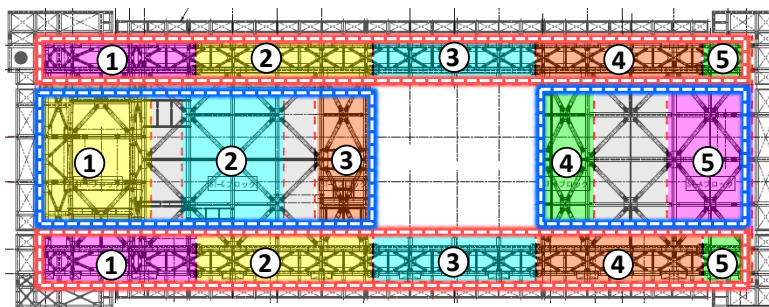
PN
4

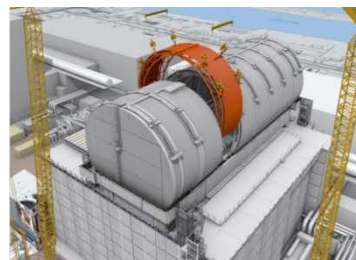
図4 門型架構ガーダ鉄骨のユニット分割



三日月型モジュールを移動式架台に支持させて組立



移動式架台でガーダ上をスライドさせドームユニットを所定の位置に据付



揚重可能範囲内のユニットはクレーンの相吊りにより直接据付

図5 ドーム屋根鉄骨の組み立て概要

3-2. 施工性確認試験

現地施工に先立ち、各種施工性確認試験を実施した。図 6 に組み立てが完了した各種大型ユニット鉄骨のサイト外仮置き状況を示す。また、図 7 と図 8 に門型架構の組立試験、図 9～図 11 にドーム屋根の組立試験、図 12 にスライド試験の状況を示す。これらの試験を通じ、作業員の習熟化をはかると共に、高線量下における現地作業の円滑化と被ばく低減に向けた一層の改善を行っている。



図 6 各種大型ユニット鉄骨のサイト外仮置き状況

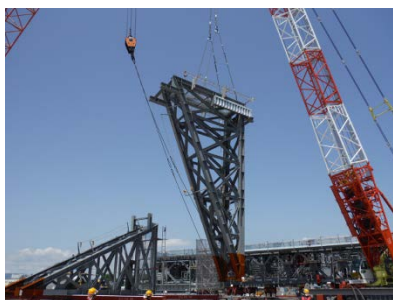


図 7 門型架構脚部組立試験



図 8 門型架構ガーダー鉄骨組立試験

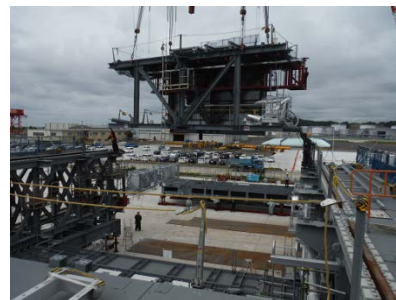


図 9 三日月ユニット組立試験



図 10 ドーム屋根合吊り試験



図 11 ドーム屋根側面組立試験



図 12 ドーム屋根スライド試験

*Ippei Matsuo¹, Kihei Ogawa¹, Shinya Okada¹, Kazuhiro Kato¹, Ippei Matsuoka²

¹ Kajima Corp, ²Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc