

中国電力株式会社島根原子力発電所第3号機向け 水圧制御ユニット室へのルームモジュール工法の適用

Hydraulic Control Unit Room Module Supplied for Chugoku EPCO Shimane Nuclear Power Plant Unit 3

伏木 勝己 Katsumi Fushiki

井上 崇 Takashi Inoue

村山 貢一 Koichi Murayama

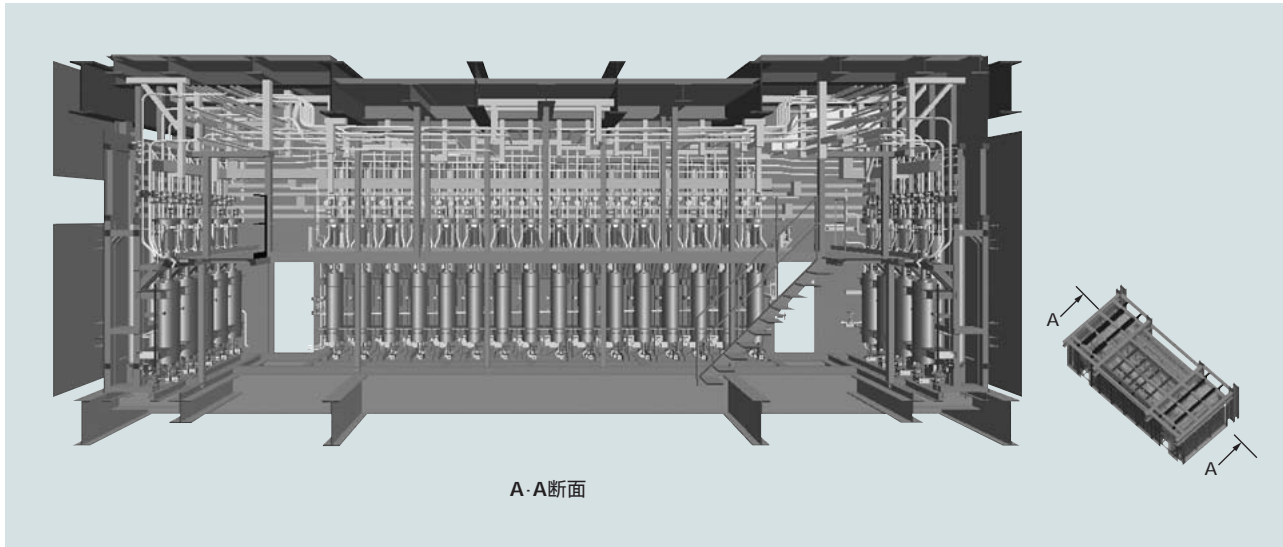


図1 水圧制御ユニット(HCU)ルームモジュールの断面

機器、配管などの機電側製品や、床、壁、天井といった建築構造物を含むモジュールの断面を示す。HCU(Hydraulic Control Unit)室に含まれるほとんどの構成品は工場ですべて組み立てられている。

原子力発電所の建設において、組立作業の安全性、品質の向上などを志向して、日立製作所(現 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)は、1980年代からモジュール工法(現地工事に先立ち、あらかじめ工場ですべての構成品を組み立てるもの)を導入し、適用拡大を図っている。中国電力株式会社納め島根原子力発電所第3号機においては、鹿島建設株式会社との協業により、壁、天井といった部屋を構成する建築構造物と、その部屋に含まれるおおよそすべての構成品をプレハブ工法で組み立てるルームモジュール工法を水圧制御ユニット室に適用し、現地作業の大幅な削減に寄与することができた。

1 はじめに

原子力発電プラントの建設は、社会的に高い安全性と信頼性が求められるとともに、昨今の電力業界の設備投資抑制から、低コストでの建設が求められている。このニーズに応えるべく、日立製作所(現 日立GEニュークリア・エナジー株式会社)では1980年代からモジュール工法を採用してきた。これは、本来建設現場で据え付けられる配管、バルブ、機器といった製品を、あらかじめ工場ですべて組み立て、現地で大型ク

レーンを用いて所定位置に一括搬入することにより、現地作業の低減による作業安全性の向上、品質の向上、現地建設工期の短縮をねらったものである。タワークレーンを使用して1980年代にモジュール工法を導入し、大型クローラークレーン(つり容量:950 t)の導入によるモジュール大型化の第二世代を経て定着させてきた。第三世代として、2000年9月に稼働開始したモジュール専用工場ですべての構成品を組み立てることで、モジュール工法の適用拡大を図ってきた。

第三世代での量的なモジュール工法の適用拡大に加え、第四世代となる現在は、モジュール完成度を追求すべく、モジュール工法の質的向上を鋭意推進している。当該モジュールにかかわる現地での残作業を極小化することが質の高いモジュール工法であり、この最終形態としてルームモジュールがある。ルームモジュールはその名前のとおり、一つの部屋の中に含まれるおおよそすべての製品をモジュールとして事前に組み立てるものである。これには、機器、配管といった機電側製品のみならず、部屋を形成する床、壁、天井といった建築構造物をも含む(図1、図2参照)。

中国電力株式会社島根原子力発電所第3号機(以下、NS-3と言う。)においては、水圧制御ユニット室(以下、HCU

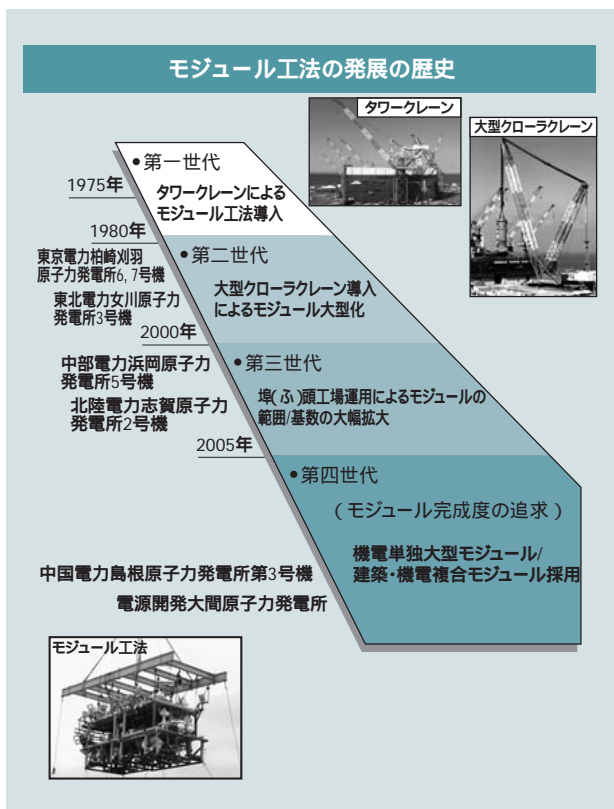


図2 モジュール技術の変遷

1970年代後半に原子力プラントの建設にタワークレーンを使用したモジュール工法が導入され、現在は第四世代としてモジュール完成度の追求を図っている。

(Hydraulic Control Unit)室と言う。)にルームモジュール工法を適用した。このHCUルームモジュールの適用には、建築構造物の設計、現地工事を担当する建築会社との協業が不可欠であり、NS-3では鹿島建設株式会社と、両社のメリットを追求しつつ共同で開発、設計、製作を行ってきた。

ここでは、このルームモジュールの概要と特徴について述べる。

2. 先行機におけるHCUモジュール

最新炉型である改良型沸騰水型原子炉 (ABWR: Advanced Boiling Water Reactor) では、メンテナンススペース確保の目的で、室内の壁に沿ってHCUが配置されている。HCUは壁に埋め込まれた数本のHCU基礎ボルトで壁に固定されることから、HCU基礎ボルトが精度よく事前に埋め込まれた壁部材とHCUを、現地搬入前に一体化する必要があった。先行機のHCUモジュールは、四つの壁に分割されたモジュールであった(図3参照)。

このモジュールは、HCU据付けの現地作業の省力化も志向していたが、多量の仮設材(モジュール輸送/現地搬入時の剛性確保のために設定する補強部材)が必要となり、現地作業低減への寄与が大きくなかったこと、また精密機器であるHCUに対する防湿対策をシート養生にて実施していたことから、湿度管理が不十分になる可能性もあり、結露発生によ

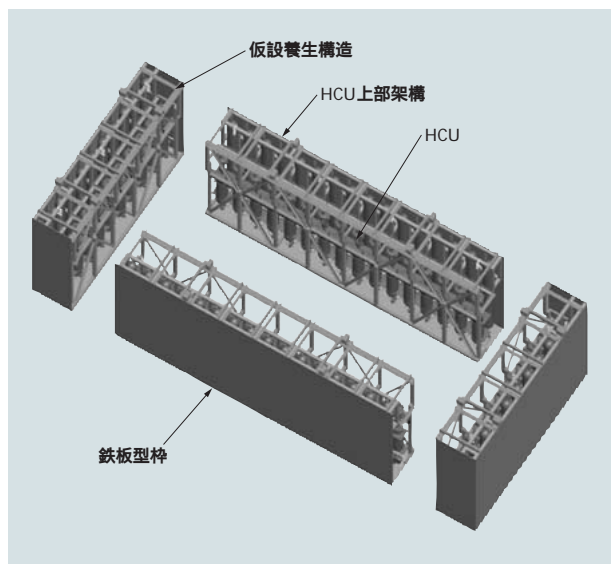


図3 従来型HCUモジュール構造

HCUは室内の壁に沿って配置されるため、壁ごとにHCUと壁部材を一体化したモジュールを示す。モジュール輸送・現地搬入時の剛性確保のため、仮設の補強部材が必要となる。

る錆(さび)発生など、品質維持面での不安要素を持っていた。

そこでNS-3では、上述の問題点を解消するとともに、現地作業を大幅に工場に取り込むために、HCU室全体をモジュール化する、ルームモジュールを採用することとした。

3. HCUルームモジュールの概要

3.1 躯体構造

HCUルームモジュールは、総重量約250 tの超大型構造物となる。船積み/水切り、および現地搬入時のモジュールつり上げの際は、(軀(く)体部のコンクリートが充填(てん)されていない。よってモジュールに作用する荷重に耐える補強部材をモジュールに追設する必要がある。このとき、HCU室内の配置変更を最小限に留めつつ補強部材設置スペースを確保する必要があった。HCU室内の配置はほぼ確定されており、配置変更を行う場合は設計上の後戻り作業が大きい。そこで補強部材を壁内に埋設することとした。しかしながら従来のRC (Reinforced Concrete: 鉄筋コンクリート) 構造では、モジュール用補強部材がRC壁内部の鉄筋と干渉してしまうため、壁厚さを変更せずに補強部材を壁内部に内蔵することが困難である。そこでHCU室の壁構造をRC構造から、壁内部に鉄筋を配置しないISC (Steel Plate Reinforced Concrete: 鋼板コンクリート) 構造に変更し、壁内部に補強部材設定スペースを確保した。

3.2 機電製品構造

前述のモジュール補強材として、モジュール床面に鋼製スキッドを配置している。この分だけ先行機に比べてHCU室内の内空高さ寸法が縮小されたが、HCU室内内蔵製品の配置

調整を再度実施し、さらにコンパクトな配置を実現した。なお、HCUルームモジュールには、室内に含まれる以下の製品をプレハブ工法により組み立てた。HCU室内のみでの作業が不可能である電気ケーブルを除き、およそすべての製品をプレハブ化している。

- (1) HCU
- (2) プロセス配管およびサポート
- (3) 空調ダクトおよびサポート
- (4) ケーブルトレイおよびサポート
- (5) 電線管およびスイッチボックス
- (6) HCUメンテナンス用チェーンブロックモジュール
- (7) 現地工事前仮設資材(仮設照明,除湿機など)

HCUは、法令で定められた機器空圧試験をモジュール組立前に実施し、中国電力株式会社、独立行政法人原子力安全基盤機構(JNES)による立ち会いが完了している。プロセス配管についても必要な試験は、JNESによる立ち会いを含め、工場にて実施している。

また、精密機器であるHCUは、防水管理に加え、湿度管理が必要である。HCUルームモジュール内のすべての開口部(配管,ケーブルダクト,空調ダクト貫通部など)には、鉄板あるいはコーキング材による開口部養生を施し、防水性を確保するとともに、部屋内には仮設除湿器を設置し、湿度管理を実施する予定である。

このルームモジュールにおける現地での作業は、以下のとおりであり、基本的にルームモジュール内外の製品を接続する作業が残るのみである。

- (1) ルームモジュール搬入・設定
- (2) 壁/天井コンクリート打設(建築会社作業)
- (3) HCU室外の配管,空調ダクト,ケーブルトレイ接続
- (4) HCU室内外のケーブル敷設

4.HCUルームモジュール製作状況

HCUルームモジュールは日立GEニュークリア・エナジー株式会社日立事業所の埴(ふ)頭モジュール工場にて、2006年8月から製作を開始し、2008年2月の出荷予定に向けて、最終仕上げを行っている(2008年1月現在)。モジュール組立作業は、鹿島建設株式会社手配のSC構造壁の組立に始まり(図4参照)、2007年3月にはHCUの据付けを(図5参照)、同年5月にはプロセス配管の組立を開始した(図6,図7参照)。モジュール完成後は、マルチローラと呼ばれる、油圧ジャッキの原理に基づく特殊な搬送装置にて、埴頭モジュール工場に隣接する港まで搬送され、港に常設の岸壁クレーンにて船積みされて、NS-3現地まで海上輸送される。NS-3現地では大型クローラクレーンによる水切りおよび搬入を予定している(図8参照)。

5.おわりに

ここでは、中国電力株式会社納め島根原子力発電所第3号機向けのHCUルームモジュールの適用について述べた。

国内のみならず、米国をはじめとした海外で原子力プラント

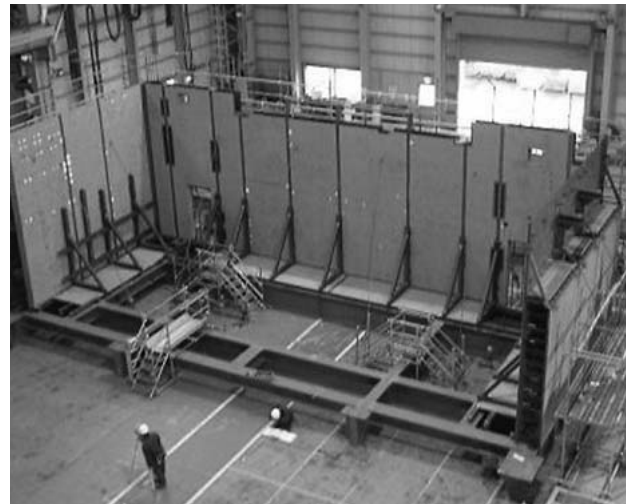


図4 HCUモジュール製作におけるSC構造壁設定状況
HCU室の建築構造物であるSC(鋼板コンクリート)構造壁の組立状況を示す。作業は鹿島建設株式会社との協業による(2007年1月撮影)。

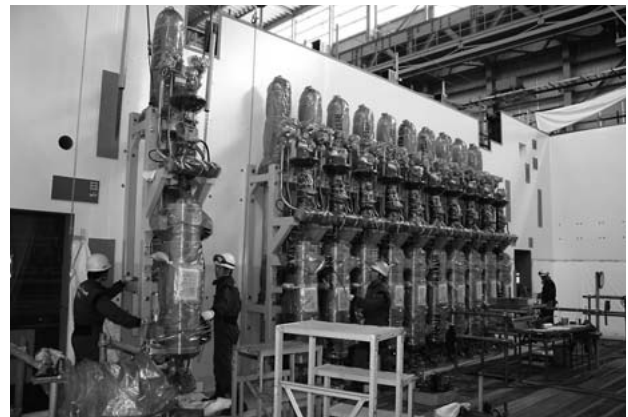


図5 HCUモジュール製作におけるHCU設定状況
HCU室内にHCUを設定する作業を示す。SC構造壁内にあらかじめ取り付け付けたHCU基礎ボルトにHCUを取り付けた(2007年3月撮影)。

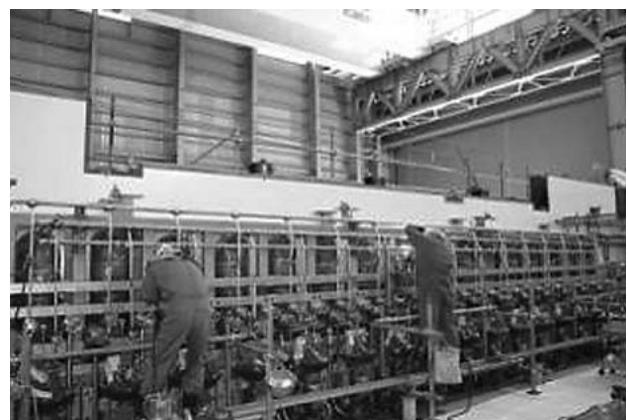


図6 HCUモジュール製作におけるプロセス配管溶接状況
プロセス配管の溶接作業を示す。HCUの設定後、HCU間を接続するプロセス配管を溶接し設定する(2007年5月撮影)。

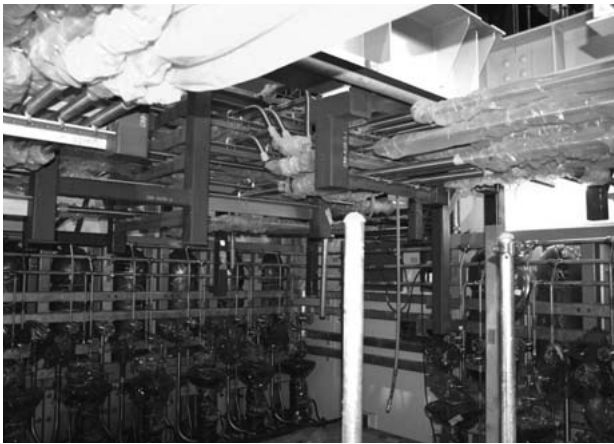


図7 HCUモジュール製作におけるプロセス配管取り付け状況
HCU室内にプロセス配管を取り付けた状態を示す(2007年10月撮影)。



図8 HCUモジュール製作状況(HCU室モジュール全景)
HCU室モジュールの全景を示す。出荷前の最終仕上げ段階に入った(2008年1月撮影)。

新設の機運は高まる一方である。日立GEニュークリア・エナジー株式会社は、モジュール工法の技術を核とした建設技術を基に、高品質で安全性、信頼性の高いプラント建設により、クリーンで安全な電力供給に寄与していく所存である。

終わりに、HCUルームモジュールの計画、設計から製作まで、鹿島建設株式会社の関係各位から多大なご指導とご協力をいただいたことに深く感謝する次第である。

執筆者紹介



伏木 勝己
1995年日立製作所入社,日立GEニュークリア・エナジー株式会社 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在,原子力発電プラントの建設およびモジュール業務に従事



村山 貴一
1986年日立製作所入社,日立GEニュークリア・エナジー株式会社 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在,原子力発電プラントの建設およびモジュール業務に従事

参考文献

- 1) J. Kawahata ,et al.:Advanced Construction Technologies in ABWR , Electric Power 2007(2007.5)
- 2) S. Asakura ,et al.:New Build CANDU in Canada-Development and Application of Information Management System for Latest Construction Technology ,28th Annual Conference of Canadian Nuclear Society(2007.6)
- 3) T. Inoue ,et al.:Manufacturing & Construction Methods Applied to Latest ABWR ,The 28th KAIF-JAIF Seminar on Nuclear Industry (2006.10)
- 4) A. Kawahara:Advanced Design and Construction Technology for ABWR ,GENES4/ANP2003(2003.9)



井上 崇
2000年日立製作所入社,日立GEニュークリア・エナジー株式会社 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在,原子力発電プラントの建設およびモジュール業務に従事