

原型炉遠隔保守を考慮した炉構造設計と真空容器構造規格案の整備 DEMO Reactor Structure Design for Remote Maintenance and Preliminary Study for Rule on Vacuum Vessel Structure

角館聡、宇藤裕康、染谷洋二、日渡良爾、坂本宜照、原型炉設計合同特別チーム
Satoshi. Kakudate, Hiroyasu Utoh, Youji Someya, Ryoji Hiwatari,
Yoshiteru Sakamoto and Joint Special Design Team for Fusion DEMO

量研 ,六ヶ所研究所

QST, Rokkasho Fusion Institute

核融合原型炉では「実用に供する稼働率の確保」が求められている。この要求を満足するために定期点検の作業時間を合理化すること、真空容器などの構造健全性を確保し故障を少なくすることにより安全で安定した運転時間を確保することが必要になる。前者の保守時間の合理化については遠隔保守性を配慮した設計の一つとしてホットセルにて3から4年ごとに交換される増殖ブランケットとバックプレートとの取合い構造設計を、後者の構造健全性の確保については閉じ込め境界である真空容器の構造規格案の整備状況を、報告する。

(1) バックプレートと増殖ブランケットの取合い構造

ブランケットセグメント(BS)は遮蔽機能を持つバックプレートと増殖機能を持つブランケットモジュール(BM)、導体シェルから構成され、1つのポート領域に内側BSが2体、外側BSが3体設置される。外側BSには最大15個の(BM)がバックプレートに支持されている。BMの冷却配管(15.5MPa、入口温度290℃)は1つのBSについて、2本の母管が設置され、冷却水は母管から分岐する枝管を通してBMへ供給される(図1)。BSの交換周期は3~4年(暫定)、最大重量は980kNである。一方、原型炉においては、BMの交換はVVからBSを取り出した後に、線量率を下げるための保管期間を経てホットセルにてBMを交換し、バックプレートは再利用する。交換されるBMの数は約1100体、溶接切断する配管の数は、冷却配管とT回収配管を合わせて約4400か所となる。BMの交換期間は線量率低減の保管期間などを考慮し2年程度を見込んでいる。このため、バックプレートとBMの取合い構造である冷却配管と支持構造はホットセルでの遠隔保守性を十分に考慮した構造である必要がある。図2は基本構造として提案する原型炉BMとバックプレートとの取合い構造(支持、枝管配置)概念である。構造の機能仕様はITERの遮蔽ブランケット構造を参考にした。電磁力の支持構造は交換容易性を考慮し、ボルト締結とキー構造とし、ボルト径方向に負荷される荷

重を受けて、センターサポートに荷重を伝達させボルトのゆりみを抑制するためにフレキシブルサポートと球面座を採用している。また、交換時に溶接切断を行う枝管は圧力境界であるため、信頼度の高い溶接(貫通溶接、溶接部凹凸の制限)が要求される。溶接部の開先合わせ誤差を修正する構造であるベローズは高圧・高温条件のため適用が難しいため、2つの開先位置を3D計測(アーム式計測器利用)し、計測に基づいてH型配管をカスタマイズする方法を主案とした。配管溶接は外側からのアクセス空間を確保することが難しいため内側アクセスによるファイラーレーザ溶接方式を選定した。今後、厚肉配管の遠隔による溶接技術を開発するためにファイラーレーザ溶接の適用性確認や設計の妥当性を確認する計画である。

(2) 真空容器構造規格案の整備

核融合原型炉を構成する機器は要求される安全機能や運転上の機能、負荷条件(地震、電磁力、圧力、熱など)を満足するように構造健全性を確保し、プラントの安全で継続的な運転を維持することが必要である。構造健全性の確保とは、核融合原型炉の構成機器である真空容器などを機器ごとに信頼度に応じて品質保証を含めて、材料、設計、製作、試験・検査、維持の各段階を1つのパッケージとして規定し、全ての段階で、技術の信頼性を評価/確認することによって保証する。真空容器は放射性物質の閉じ込め境界となる最も重要な機器の一つである。構造の特徴はリブ付二重壁構造、遮蔽体内蔵型であり、内壁と外壁をつなぐ補強リブがあるため特殊な溶接構造を採用せざるを得ない。構造設計基準を構築する上では、上で述べた各段階を1つのパッケージとして規定するシステム化規格の適用を念頭に、①複雑な3次元構造の取り扱い、②特殊な接手の取り扱い、③片側からの非破壊検査などの技術課題について最新の溶接施工技術や非破壊検査技術、弾塑性解析による評価手法などを参考に課題解決の検討を進めている。

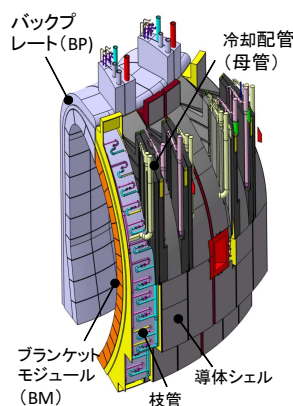


図1 BS構造

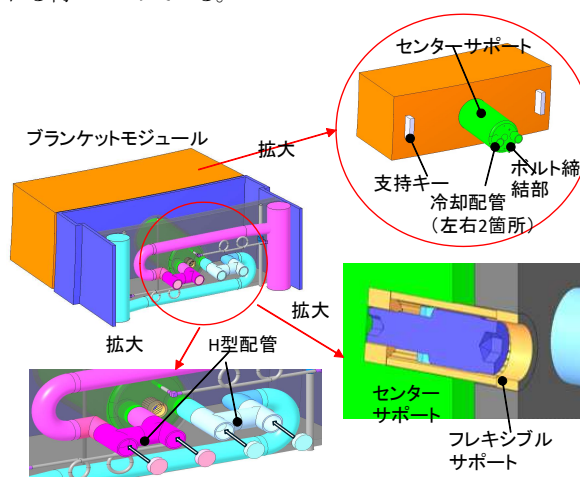


図2 バックプレートとBMの取合い構造概念