

原子力発電プラントの 炉内保全技術

安全な運転を維持し、 稼働率向上を目指す

原子力発電は、電力供給の基盤を支えるとともに、二酸化炭素(CO₂)の排出量削減に有効な発電エネルギーとして評価されています。現在、国内で稼働中の原子力発電所は54基(約48 GW)で、わが国の総発電電力の約30%を担っています。一方で、運転開始から30年以上経過したものも増えてきています。

東芝は、高経年化が進む原子力発電所の安全かつ安定した運転と稼働率向上を目指して、炉内構造物に起因した計画外停止の未然防止や保全のための工期短縮を実現する炉内保全技術を開発し、実機への適用を進めています。



図1. 燃料交換中のシュラウド点検装置 — 設置マストをその下部に収納したUT走行装置とともに、シュラウド上部から据え付けます。その後、UT走行装置を探傷部位(溶接線)に位置決めし、ケーブルを送り出しながら、水平方向に走行させます。



ICM: インコアモニタ

図2. ポータブルレーザービニング装置のBWR炉底部への適用例 — 耐水性のポータブルレーザー発振器を施工装置と一体化してCRDハウジング上部へ設置し、施工部位をビニング施工します。

燃料交換と並行可能な検査技術

炉内検査は、従来、燃料取出し後に行われていますが、燃料交換作業と並行して点検を行うことができれば定期検査期間の短縮を図れます。そこで東芝は、燃料交換機を使わずに点検を行える検査装置の開発を進めています。

一例として、燃料交換と並行作業ができるシュラウドの超音波探傷検査(UT)装置(図1)では、UTプローブをシュラウド外面に沿って走行させるUT走行装置に加えて、走行に追従してケーブルを送り出す機構を備えた設置マストの使用により、1回の据付けでシュラウド外周の1/2を探傷できます。

水中レーザー応用保全技術

●水中レーザービニング技術

水中で炉内構造物表面にレーザーパルスを照射することで、金属表面の残留応力を圧縮応力に変化させて応力腐食割れ(SCC)の発生を防ぐ保全技術です。被施工物や周囲構造物に振動などで悪影響を与えることがない信頼性の高い技術で、沸騰水型原子炉(BWR)の炉心シュラウドや加圧水型原子炉(PWR)の原子炉容器管台などへの適用実績があります。

近年、耐水性のポータブルレーザービニングシステムを開発し、施工装置と一体化させ複数台の使用による並行作業を可能にするとともに、燃料交換などのクリティカル作業と並行作業が

可能になり、工事期間を大幅に短縮できるようになりました(図2)。

●水中レーザー溶接技術

施工対象の部位にシールドガスとしてアルゴンを供給することで局所的な空洞を確保し、その空洞内にレーザー光を照射しながら溶接ワイヤを供給することで溶接金属層を形成する技術です。

開発した水中レーザー溶接技術には、炉内構造物などの主な損傷要因となるSCCの発生防止を目的に、耐SCC性に優れた溶接材料で対象部表面を肉盛溶接する予防保全工法と、炉内構造物などに生じたSCCを封止溶接し、炉水環境から隔離することにより、その後のSCC進展を抑制する補修工法があります。

また、原子炉容器の管台など低合金

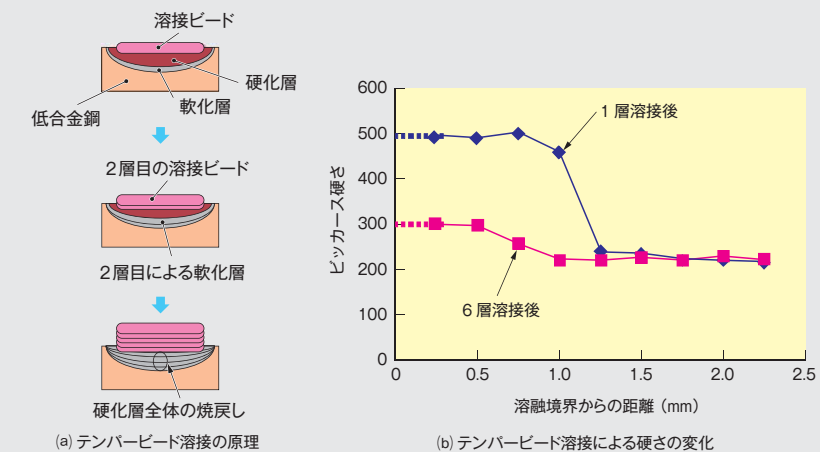


図3. テンパービード溶接の仕組み — 1層目の溶接ビードの硬化部を、2層目以降の軟化部で焼き戻します。6層の施工により、(b)に示すように硬さが十分低下していることがわかります。

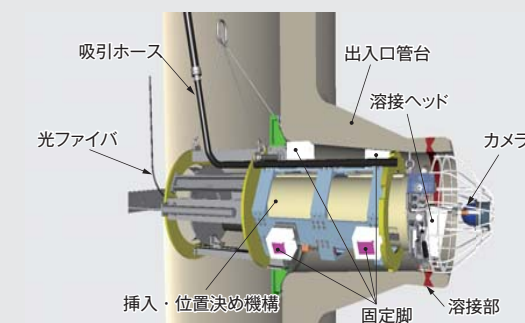


図4. 原子炉容器管台水中レーザー施工装置 — PWRの出入口管台を施工するための水中レーザー溶接装置を開発しました。今後、実機への適用を図っていきます。

鋼への水中レーザー溶接によるテンパービード溶接工法を開発しました(図3)。これにより、水中レーザー溶接の積層数とその溶接条件を最適化することで、溶接前後における予熱や後熱なしで熱影響部のじん性(ねばさ)低下を改善させることができます。万一、溶接部にSCCが認められた場合でも、割れを除去し、テンパービード溶接工法により補修できます。

水中レーザー溶接施工では原子炉容器内の水抜きが不要であり、施工時間の短縮と、水遮へい効果による作業員の被ばく低減に有効な溶接方法として期待されます(図4)。

取替えによる予防保全・補修技術

炉内構造物の取替工法には、制御棒

駆動機構(CRD)ハウジングなどの機器単位での取替工法と大規模な炉内構造物全体の取替工法があります。ここでは、実績のある後者の例として、BWRのシュラウド取替工法について述べます。

シュラウド取替では、炉内化学除染や炉壁遮へい体の設置などによる線量低減対策で炉内に人が入って作業できるので、SCC対策を施した新炉内構造物の信頼性の高い据付けができます(図5)。また、取替えを行わない炉底部の機器などに対して必要に応じて確実な保全対策が行えるので、長年にわたり安定した原子力発電プラントの運転を維持できる特長があります。

シュラウド取替は、工事規模が大きく工事期間が長くなることから、工期短縮のための技術開発を進めています。



DP/LC: 差圧検出ほう酸水注入系

図5. BWRシュラウド取替工法での取替範囲 — シュラウド取替工法における主な取替炉内構造物を示します。通常定期検査時に取外できない機器が更新されます。

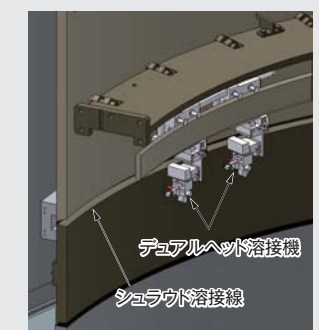


図6. デュアルヘッド溶接装置 — 2台並行して溶接を行うことで、溶接時間の短縮が可能になります。

その一例として、炉内での新シュラウド溶接時に、溶接ヘッドを2連としたデュアルヘッド溶接装置を開発し、溶接時間の短縮を可能にしました(図6)。

今後の展望

米国など海外の定期検査期間は国内に比べて短く、炉内保全工事においても短期間での施工が要求されます。

当社は、開発した炉内保全技術を実機適用に向けて更に信頼性を高め、いっそうの工事期間の短縮化を進め、原子力発電プラントの安全性と稼働率の向上に貢献していきます。

元良 裕一

電力システム社
京浜事業所技監