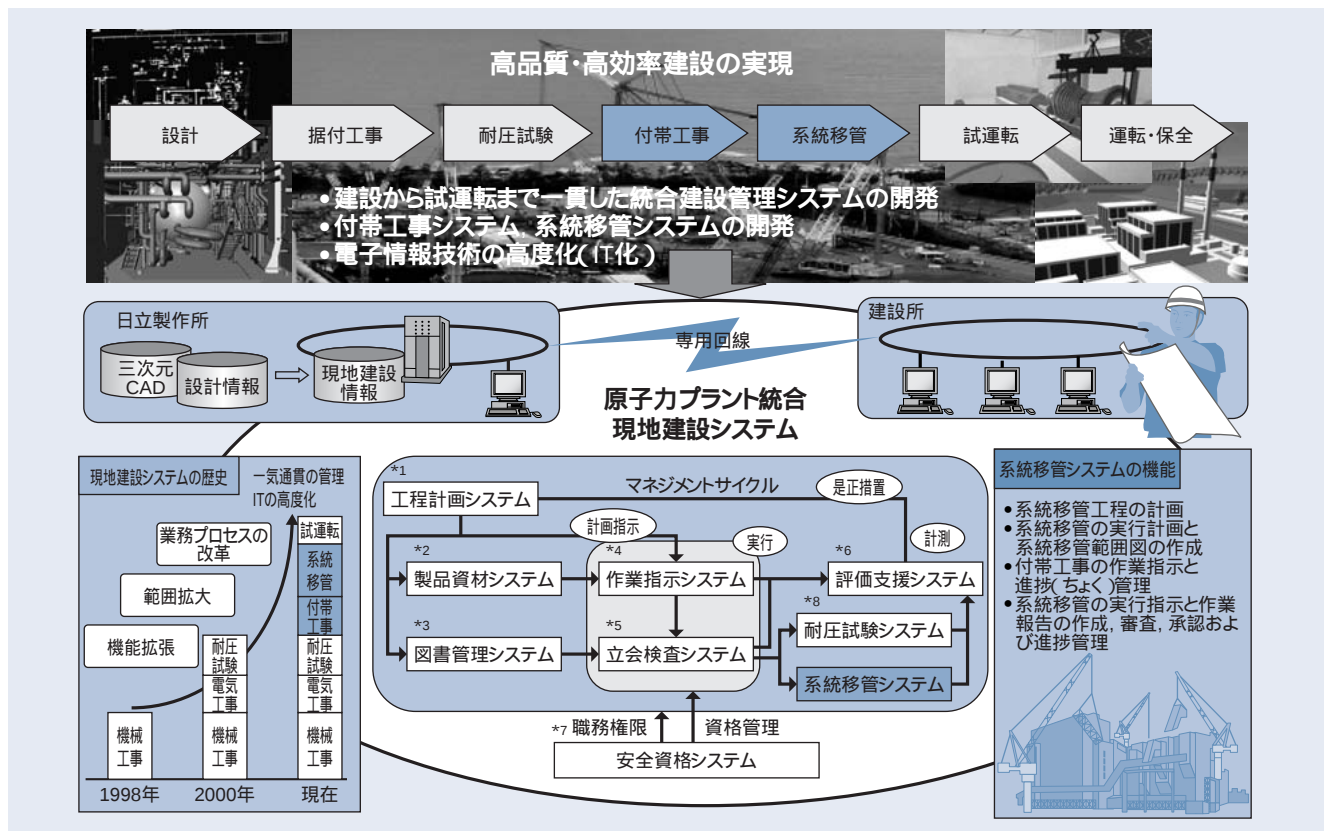


原子力プラント統合現地建設システムの開発 — 系統移管システムの開発と実機適用 —

Development of Integrated Construction Management System for Nuclear Power Plants

三浦 淳 Jun Miura

館洞 和人 Kazuto Tatehara



注1: システムの説明ほか *1 現地作業工程の計画と工程表作成, *2 現地に納入される製品、資材の期限管理と入庫指示および在庫管理, *3 現地に発送される図書の期限管理と受付・配付・回収などの指示, *4 作業の実行指示と作業報告の作成・審査・承認, *5 立会検査の実行指示と検査記録報告の作成・審査・承認, *6 作業指示・立会検査の計画・実績対比と偏差分析, *7 現地従事者の雇用情報と溶接資格などの個人資格情報の登録と管理, *8 耐圧試験の実行計画と耐圧試験範囲図の作成

注2: 略語説明 IT(Information Technology), CAD(Computer-Aided Design)

原子力プラント統合現地建設システムの概要

三次元CADをはじめとする各種設計情報に基づき、建設から試運転まで一貫した現地据付作業の計画・管理を可能とするシステムである。

原子力発電所の建設では、高品質と高効率を実現し、高い安全性と信頼性を確保することが求められており、各電力会社とプラントメーカーは、安全性の問題や経営の効率化など、企業活動全般にわたるさまざまな課題に取り組んでいる。

日立製作所は、品質の向上とコストの削減を同時に実現する業務改革に取り組み、現場作業の高効率化と高品質な物(製品)づくりを実現するため「現地建設システム」を開発した。1998年から4か所の建設現場にこのシステムを適用し、運用している。その開発過程では、業務の標準化、三次元CADなどの設計情報活用、

システム適用範囲の拡大、機能拡張、顧客ニーズへの対応などの業務プロセス改革と、建設現場の作業状況の電子情報化(IT化)を強力に推進してきた。

さらに、今回、系統移管業務と付帯工事業務のシステム適用により、国内はもとより、世界的にも類を見ない、大規模な原子力発電プラント建設の設計から据付け、試運転まで一貫した統合現地建設システムを完成させた。このシステムを北陸電力株式会社志賀原子力発電所第2号機の建設現場に適用し、一段と高品質・高効率なプラント建設の実現を目指している。

1 はじめに

原子力発電所には高い安全性と信頼性が求められており、各電力会社とプラントメーカーは、設計から建設、試運転、運転段階に至るまで、企業活動全般にわたる信頼性確保を最重要課題として取り組んでいる。一方、電力自由化が進展する中で、他の電源方式に比べて高いとされる建設費を低減し、初期投資資金を抑えることも大きな課題であり、各種業務の効率向上が従来にも増して重要となっている。このような背景の下で、日立製作所は、建設現場の作業状況の電子情報化（IT化）を図り、間接業務の効率化と高品質な作業計画・管理を実現することを目的とした現地建設システムを開発し、日立製作所が請け負う原子力プラントの建設現場に適用してきた。

今回、据付工事から試運転へ引き渡すための系統移管をスムーズに、かつ確実に実行し、いっそうの高品質・高効率なプラント建設を達成するために、系統移管システムを開発した。これにより、「据付工事から試運転までの一貫した統合現地建設システム」を実現し、現在建設中である北陸電力株式会社志賀原子力発電所第2号機への運用を開始した。

ここでは、この統合現地建設システムについて述べる。

2 統合現地建設システム

2.1 統合現地建設システムの概要

原子力発電所は、現地配管溶接点約3万点（配管総延長約150 km）、ケーブル総延長約2,000 kmといった膨大な据付け物量で構成しており、これらを効率よく、漏れなく、正確に据付けするためには、きわめて高度な設計・建設管理技術が要

求される。

統合現地建設システムは、三次元CADをはじめとする各種設計情報に基づき、現地据付作業の計画指示、実行、計測、是正措置というプロジェクト・マネジメントサイクルが実行できるように構成している。その全体構成を図1に示す。

建設現場事務所では日立事業所（設計）と同様なローカルネットワークを構築しており、日立グループのほか、全工事業者のパソコンを連携させ、運用できるようにしている。

システムの使用に必要なユーザーID（Identification）とパスワードは、安全資格システムによって付与、管理される。現地従事者すべてに同システムへの登録が義務づけられており、登録された職務権限に応じ、扱えるデータと機能を限定している。

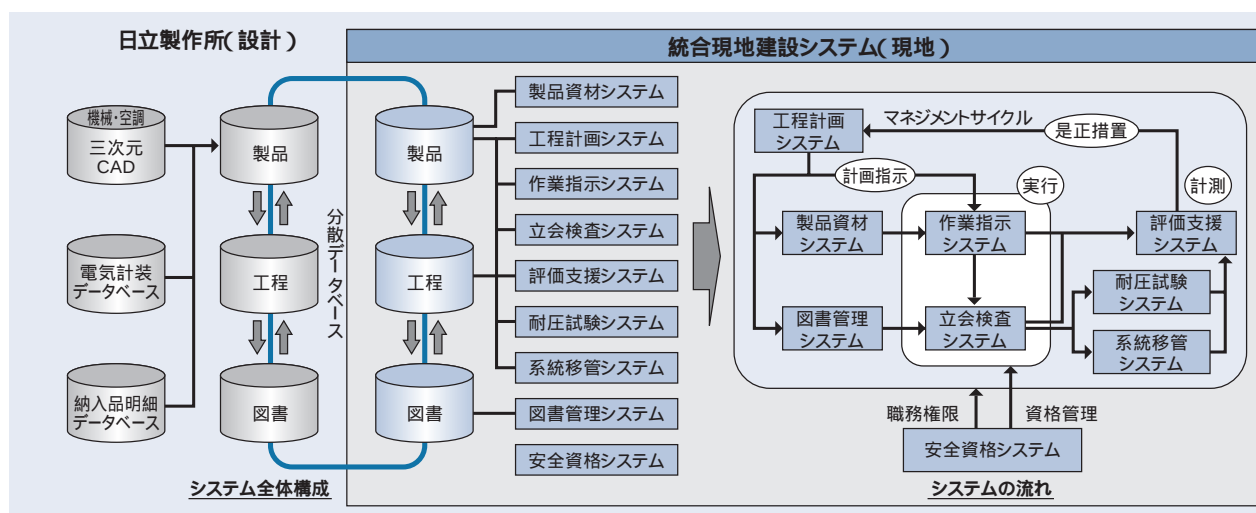
システムは基本的に電子データで運用し、溶接作業指示などの作業指示も携帯端末で行えるほか、指示や記録の審査・承認依頼も電子的なメッセージとして個人あてに通知される。

2.2 現地建設システムの変遷

日立製作所は、約25年前からコンピュータを用いた現地建設管理を実施してきた。

現地建設システムとしては、1996年に開発に着手し、1998年、当時建設中の原子力発電所建設現場において、本体据付工事と呼んでいる据付工事期間の全般にわたって繰り返し行われる作業（例えば配管継手の開先合わせ、溶接作業、機器の設定作業）の工程計画、作業指示、立会検査の実行指示、検査記録の報告管理を中心とした「機械工事関係のシステム」として適用を開始した。

続いて2000年に、「電気工事関係のシステム」と配管据付作業の最終確認検査である耐圧漏えい試験を効率よく実施するために、それまでは手書きで作成していた耐圧試験範囲



注：略語説明 CAD（Computer-Aided Design）

図1 原子力プラント統合現地建設システムの概要

三次元CADをはじめとする各種設計予定データに基づき、現地据付作業の計画指示、実行、計測、是正措置というプロジェクト・マネジメントサイクルが実行できるように構成している。

図を、系統設計データを用いて作成し、配管継手単位の電子的な計画、管理を可能とする「耐圧試験関係のシステム」を開発し、実機建設現場に適用した。

以上のように、長期にわたってシステム改善と適用範囲拡大を順次実施してきた。今回、建設の最終段階で据付工事から試運転へ設備・製品管理を引き渡すための系統移管をさらに効率的に、高品質に実現するための「系統移管システム」を開発し、北陸電力株式会社志賀原子力発電所第2号機の建設現場に適用を開始した。このシステムでは、工事の最終段階で行う付帯工事作業（穴じまい、保温など）に対し、作業指示システムを拡張適用できるようにした。さらに、系統移管の計画と管理を実施するうえで、工程計画・作業指示・立会検査機能を拡張統合し、据付工事完了ターゲットを見据えた作業計画、実行および進捗管理を、漏れなく実現することを可能としたものである。

ここに、「据付工事から試運転までの一貫した統合現地建設システム」が実現した。

3 系統移管システムの開発

3.1 系統移管システム開発のねらい

プラントの各種設備が、設計指示どおりに機能することを設備系統単位に確認する試験を「系統機能試験」と呼ぶ。これを実施するために、据付工事から試運転に設備の管理を移管することを「系統移管」と言い、基本的には、据付工事がすべて完了している状態にすることが必要となる。

据付工事側では、据付作業や各種検査の完了状態を確認し、残作業の項目を明確化する必要がある。従来、これらの業務は工事監督や検査担当者によって個別に実施、管理

されており、作業の完了状態を確認し、系統移管時に必要な各種帳票を取りまとめる業務には多大な労力を要していた。

一方、近年の建設工期短縮のニーズを達成するために、据付工事と試運転それぞれの期間が短縮され、工事と試験間の系統移管時期、範囲といった調整業務が増加した。したがって、系統移管計画の早期立案とそれにマッチした工事計画の推進が必要不可欠となった。そのため、以下の3点に着目した系統移管システムを開発した。

- (1) 付帯工事（穴じまい・保温など）作業へのシステム適用による的確な作業計画、残作業管理の実施
- (2) 系統移管の早期計画による最適工事計画の推進
- (3) 系統移管時に必要な品質・施工記録の一元管理と各種業務の効率向上

3.2 系統移管システムの概要

系統移管システムは、系統移管計画機能、付帯工事管理機能、および系統移管管理機能で構成している。その全体構成を図2に示す。システムの概要と主な特徴は、以下のとおりである。

(1) 系統移管計画機能

系統移管時期、範囲といった系統移管計画を立案し、それに合わせた工事計画を推進する必要がある。そのために、まず、工程計画システムを利用して系統移管工程を計画し、その工程情報を据付工事の実施工程、試運転工程と連携させ、据付工事と試運転のインタフェースをわかりやすく把握できるようにした。さらに、系統設計データを用いて系統移管範囲図を作成し、作業指示・立会検査システムにおいて、各製品の系統移管範囲、時期を電子的に確認しながら作業を進めることを可能とした。

(2) 付帯工事管理機能

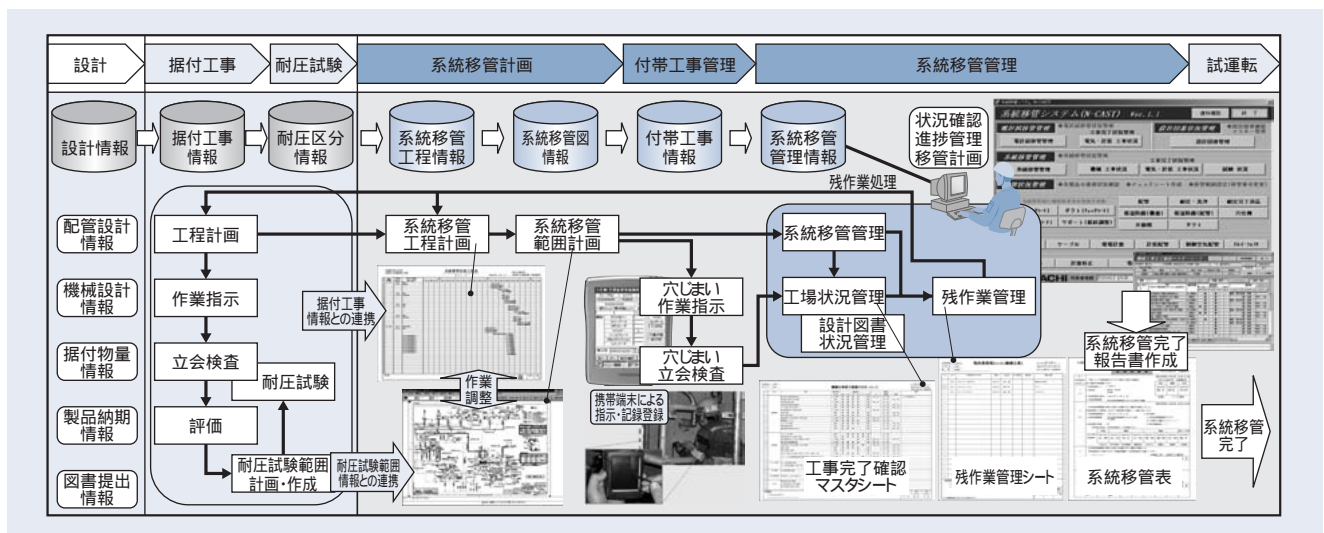


図2 系統移管システムの全体構成

系統移管システムは、系統移管工程と系統移管範囲図を作成する系統移管計画機能、穴じまいなどの付帯工事の作業指示・立会検査を実施する付帯工事管理機能、および系統移管の実行指示と系統移管完了報告書を作成する系統移管管理機能で構成している。系統移管時に必要な品質・施工情報と連携させ、リアルタイムで工事進捗・残作業管理を可能としている。

付帯工事とは、穴じまい、保温、耐圧試験完了済み品の加工作業、サポート最終調整、弁銘板取り付けを指し、これらの作業は工事の集約段階で実施される。したがって、系統移管の残作業を的確、かつタイムリーに把握するため、作業指示システムを付帯工事業業に拡張適用した。約3,000か所もある穴じまい作業を効率よくタイムリーに実施管理するため、実績データの入力には携帯端末を使用している。

(3) 系統移管管理機能

実際に系統移管が行われる時期になると、対象となる系統移管範囲の残作業を把握し、必要な時期に工事と検査を完了させること、および、社内・顧客へ提出する系統移管報告資料の取りまとめ作業が必要となる。

系統移管作業の各種業務プロセスを標準化し、効率よく的確に実施するために、このシステムでは、以下の機能を備えている。

- (a) 工事完了状況管理機能
- (b) 残作業管理機能
- (c) 設計図書状況管理機能

4 系統移管システムの実機適用

4.1 運用定着化

統合現地建設システムは、建設現場に所属するすべての工事業者がコンピュータを使用して業務を遂行するシステムであり、運用面を徹底させ、実際のユーザーがシステムを使いこなすことが重要である。したがって、系統移管システムの運用にあたっては、以下の施策を講じ、システム運用の早期定着化と徹底を図っている。

- (1) 系統移管開始3か月前に、実運用者による、システムのプロトタイプを用いた系統移管シミュレーションを実施し、スムーズな実運用に備えた。
- (2) システムの運用説明会と個人別トレーニングを数回開催したほか、開発担当者を一定期間派遣し、運用を支援した。
- (3) システム改善提案書や現場での意見交換会を通してシステムの使い勝手の改善を随時実施し、システム利用者の要望にこたえた。

4.2 適用効果

従来の現地建設システムでは、主に本体据付工事の作業指示・立会検査機能によって個々の製品単位の作業管理を行っていた。しかし、今回、系統移管システムを適用することにより、据付工事の集約段階である系統移管作業の業務プロセスを整流化し、リアルタイムで工事進捗・残作業管理ができる統合現地建設システムを実現した。その結果、本体据付工事から試運転までの一貫した業務プロセス管理を可能とした。

北陸電力株式会社志賀原子力発電所第2号機の建設現場ではこのシステムを運用中であり、最終的な効果について評価中である。約200件の系統移管作業に対してこのシステムを適用し、的確な作業計画の実行と効率的な系統移管報告資料の取りまとめに大きく貢献できたと考える。

5 おわりに

ここでは、原子力プラント統合現地建設システムの開発の経緯と、その内容について述べた。

現地建設業務は、従来、経験と個人のノウハウによって実施されてきた。現在、日立製作所では、この統合現地建設システムの開発を通して、システムで提供するワークフローに基づいた現地業務が実施されており、このシステムは、原子力プラント建設に必要な不可欠なツールとなってきた。

日立製作所は、今後も、実プラントで適用してきた結果に基づく改善点を摘出し、いっそうの改良と機能拡大を図るとともに、データ精度の確保と運用面の強化により、高品質・高効率なプラント建設に寄与していく考えである。

参考文献

- 1) 来栖義久，外：原子力統合建設システムの開発，火力原子力発電（2001.9）
- 2) H. Okada, et al.: Integrated Construction Management Technology for Power Plants, 11th International Conference on Nuclear Engineering (Apr. 2003)

執筆者紹介



三浦 淳

1984年日立製作所入社，電力グループ 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在，原子力プラントの建設計画に従事
E-mail: jun_miura @ pis. hitachi. co. jp



岡田 久子

1998年日立製作所入社，電力グループ 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在，原子力プラントの建設計画に従事
E-mail: hisako_okada @ pis. hitachi. co. jp



館洞 和人

1993年日立製作所入社，電力グループ 日立事業所 原子力プラント部 所属
現在，原子力プラントの建設計画に従事
E-mail: kazuto_tatehara @ pis. hitachi. co. jp



山形 和明

1982年茨城日立情報サービス株式会社入社，日立製作所 電力グループ 原子力事業部 原子力プロジェクト部 所属
現在，原子力プラントプロジェクト関連業務に従事
E-mail: kazuaki_yamagata @ pis. hitachi. co. jp