

데이터 기반 설계기법 도입에 따른 원전 건설관리체계 개선방향 고찰

임병기[†] · 변수진

한국수력원자력(주) 중앙연구원

(2016년 2월 9일 접수, 2016년 3월 16일 수정, 2016년 3월 21일 채택)

A Study on Improvement of Nuclear Power Plant Construction System According to Data-centric Design Technique Introduction in Korea

Lim ByungKi[†], Byon Sujin

KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD

(Received 9 February 2016, Revised 16 March 2016, Accepted 21 March 2016)

요 약

본 연구에서는 국내 원전 산업의 데이터 기반 설계기법 전환을 위하여 관련 문헌을 조사하고 데이터 기반 설계기술에 대한 개념을 정립하였다. 또한 국내외 원전 산업 기술동향 분석을 통해 데이터 기반 설계통합시스템 Framework 개발 및 관련 주요기능을 도출하였다. 국내 원전 건설 시 최신 설계통합시스템 적용에 따라 이를 활용하는 제작사, 시공사 및 발주자의 업무수행 방식 또한 전면적인 전환을 위한 원전 건설단계별 업무프로세스 개선방향을 도출하였다. 이는 기자재 3D 모델 통합, 3D CAD 모델생성, 시공검토 Simulation 등 모델기반 현장설계 수행이 가능하며, 현장설계에서 발생하는 모든 설계도면 및 관련 정보가 데이터 기반 3D CAD 시스템으로 통합관리가 가능하여 이를 운영단계에 이관하여 O&M 단계에서 데이터 기반 운영체계가 가능함에 따라 발전소 안전 운영에 향상이 기대된다.

주요어 : 데이터 기반 설계통합시스템, 3D CAD 모델, 시공 Simulation

Abstract - This study is established the data-centric design concept, which is the latest design technique, by analyzing existing study literature for its application on the nuclear power plant industry in Korea. This study investigated the data-centric design cases in the advanced companies and suggests a data-centric design integrated system framework by analyzing the major functions of the commercial 3D CAD system, which is globally used in the plant architect engineering. In order to apply the data-centric design integrated system framework to the nuclear power plant industry in Korea, the main functions of a nuclear power plant design information integrated system framework, which can manage the design products of each EPC step and the related information in integrated way, is suggested by analyzing the supplier design, field design process and field design drawings, which have close relation with the plant Architect Engineering (A/E). It is expected that the result of this study would contribute in the dramatic enhancement in the job efficiency of nuclear power plant design process in Korea.

Key words : Data-Centric Design System, 3D CAD Model, Construction Simulation

[†]To whom corresponding should be addressed.
KOREA HYDRO & NUCLEAR POWER CO., LTD
Tel : 042)870-5812 E-mail : limbk123@khnp.co.kr

1. 서론

1.1 연구의 목적

데이터 기반 설계는 도면 및 기술문서를 활용한 문서중심 설계 수행방식에서 3차원 CAD 모델 및 데이터베이스 기술을 활용하여 데이터의 정확도 및 생산성을 향상하는 설계 수행방식으로 정의할 수 있다. 국내 원전산업의 건설비용 절감과 설계효율 향상을 위하여 설계, 구매, 시공에서 사용될 모든 정보가 3D CAD 기법으로 생성된 데이터(객체) 단위 수준으로 통합되고 관리하는 혁신적인 설계기법으로 전환을 모색하고 있다. 이러한 종합설계사에 의한 최신 설계기법의 변화는 이를 활용하는 제작사, 시공사 및 발주자의 업무수행 방식 또한 전면적인 전환이 필요하다. 따라서 본 연구는 국내 원전 건설 시 데이터 기반 설계 적용에 따라 원전 건설단계별 업무프로세스 개선방향에 대한 연구이다.

1.2. 연구 범위 및 방법

본 연구는 국내 원전 산업에 최신 설계기법인 데이터 기반 설계 도입을 위해 데이터 기반 설계통합시스템 개념모델을 정립하였다. 정립된 모델로 구축한 데이터 기반 설계통합시스템을 국내 원전 산업에 효율적으로 적용하기 위해 국내 원전 현황분석과 건설단계별 개선방향의 고찰이 필요하며 그 연구방법은 아래와 같다.

- 1) 데이터 기반 설계, 국내외 원전 산업 기술동향 등 관련 문헌을 조사하여 데이터 기반 설계 개념을 정립한다.
- 2) 플랜트 설계에서 세계적으로 사용되고 있는 3D CAD 상용시스템 분석 및 국내외 원전 산업계 적용현황을 분석을 통해 데이터 기반 설계통합시스템 모델을 제안한다.
- 3) 제안된 모델을 바탕으로 국내 원전 건설단계별 업무 프로세스 개선방향을 고찰한다.

2. 국내외 현황 분석

2.1 문헌분석

원전 건설을 위한 3D CAD을 활용한 설계방법, 즉 Data centric design은 공기단축 및 비용절감을 위한

최신 기술요소중 하나이며 설계 및 시공단계에서 3차원 CAD를 활용한 설계검토를 통해 시공 전 간섭배제, 정확한 자재 산출 및 잉여자재를 축소할 수 있으며, 최근에는 운전단계에서도 3차원 CAD 모델을 활용하고 있다. (MPR-2610) Naruo Kano는 일반 건설현장에서도 가상 건설현장 파일럿시스템을 구축하여 실제 시공전에 건설시공업무 구현을 위한 유용한 정보를 제공하여 시공계획 관리에 활용하도록 하였다. 3D CAD 모델은 4D 모델을 구현하기 위해 일정정보와 연결이 가능하며 배관 모델, GA 도면 생성, 자재물량 산정 등이 가능하다. (IAEA No. NP-T-2.5)

2.2 데이터 기반 원전 건설관리체계 해외 현황

국내 원전의 데이터 기반 건설관리체계를 적용하기 위하여 글로벌 수준의 EPC 체계를 갖춘 Bechtel, 생애주기관리 체계 및 데이터 기반 설계를 수행하고 있는 EPC+O&M 관리체계를 운영하는 HITACHI, 산업표준을 적용한 AREVA의 생애주기관리체계, FIATECH에서 구현 중인 설비투자산업의 생애주기 통합화/자동화 시스템 등에 대한 분석 결과이다. (Fig. 1)

일본, 중국, 러시아 등 선진기업은 데이터 기반 3D 설계시스템을 구축하여 설계단계에서부터 시공 시물레이션을 수행하여 현장 재작업 감소, 자재 및 노무비용 물량산정 기술을 통해 국제 경쟁력을 강화시키고 있다. 3D CAD 설계시스템은 설계사와 시공사 모두 설계품질 제고, 시공업무 수행 등에 매우 효과적인 도구이며 이러한 3D CAD를 활용한 설계관련 정보 통합을 통해 자재와 인건비 절감 등 프로젝트 비용, 일정 감소에 상당한 영향을 미친다. (IAEA TECDOC-1390)

2.3 국내 원전건설 데이터 기반 설계업무 적용 현황분석

현재 국내 원전건설 설계분야는 배관, 기계, 전기 등 각 분야별 작성되는 도면중심으로 설계를 수행하여 설계분야간 인터페이스 검토와 승인된 도면에 따라 별도의 자재목록, 구매규격서, 시공도면을 발행하는 방식으로 수행되고 있다. 그림2는 최근 국내 원전 건설프로젝트에 적용중인 3차원 CAD 모델을 구축하여 관련 도면 생산 방법 및 설계 업무 프로세스에 대한 흐름도이다. 그림 2는 플랜트 종합설계에서 생산된 ISO 도면, 배관 등 일부 3차원 CAD 모델설계를 제외하고 도면에 근거한 Document-Centric 방식으로 수행되고 있다.

구분	선진기업 현황	주요내용
벡텔		<ul style="list-style-type: none"> • 원전 건설업무 전 생애주기의 종합사업관리시스템 • 프로젝트 참여자와의 정보교환을 위한 국제표준 ISO 15926 적용을 기술개발 주도
FIATECH		<ul style="list-style-type: none"> • 미국 건설업계 생산성 향상 및 데이터 통합, 호환에 대한 표준 연구 중 • 건설프로젝트와 시설물에 대한 통합되고 자동화된 사업 수행절차와 시스템 개발 중
HITHACHI		<ul style="list-style-type: none"> • 일본의 독자적인 정보 및 지식공유 모델개발 • 2D 및 3D 형상과 속성을 GPM 모델로 표현 • GPM(General Product Model): 히타치사 고유 모델
AREVA		<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 상용솔루션과 결합한 PLM 시스템 구축 • 아비바 넷과 같은 연계기능을 통해 설계/운영 시스템 통합

Fig. 1. Overseas status about data-centric construction management system

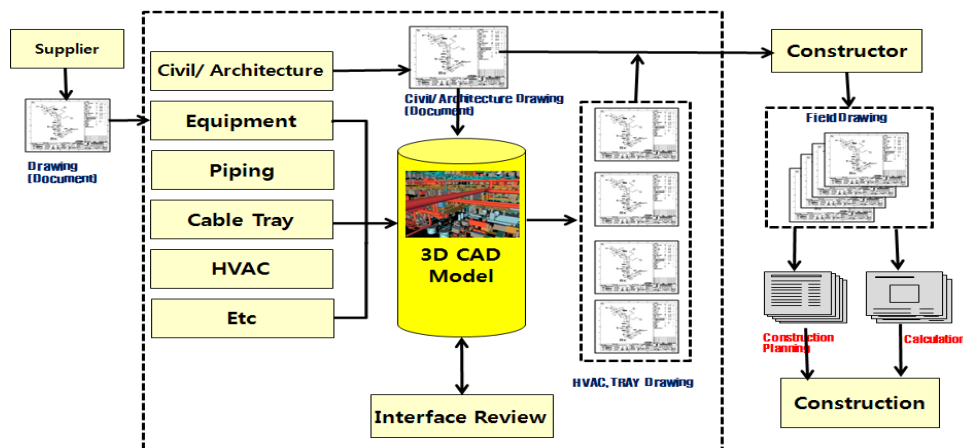


Fig. 2. Design process status about nuclear construction phase in Korea

Table 1. Analysis result of design process in construction phase

구분	설계 프로세스
기자재 정보통합	제작자 작성 기기도면은 설계사가 3차원 CAD로 재입력하여 3D CAD 모델 DB 구축
토목/건축	시공용 2D 도면을 작성 후 형상을 3D CAD 모델로 입력 후 설계 간섭 검토 건축 물량산출은 2DCAD와 Excel을 이용
배관/공조/Tray	3D CAD 모델 입력 후 설계 간섭 검토/3D CAD 모델로부터 시공용 2D 도면 생산
3D 모델	작성한 구조물 3D 모델 시공사 제공 시공사에서 CJ 단위로 구조물 모델을 수정하여 물량 산출 및 4D 등에 활용
시공	설계사 도면에서 콘크리트 타설 도면 등 시공용 도면 작성 설계사가 제공도면(Hard copy)을 참조하여 시공용 2D CAD 작성
시공계획/자재물량	시공용 도면을 바탕으로 시공계획 수립 및 자재 물량 산출(시공사 수행)

표1은 건축, 토목, 배관 등 설계분야 및 플랜트 설계, 기자재 설계, 현장설계 등 건설단계별 데이터 기반 설계프로세스에 대한 상세 분석한 결과이다. 표 1을 요약하면 플랜트 종합설계에서 3D 모델로 생산된 ISO 도면을 제외하고는 모든 설계결과물이 데이터가 아닌 문서로 시공사에 제공되어 시공용 도면을 시공사가 재작성 후 시공계획 수립 및 자재 물량을 산출함에 따라 각 참여사간의 설계정보에 대한 공유 및 재활용성이 미비한 것으로 분석되었다.

3. 국내 원전 건설단계별 개선방향

3.1 데이터 기반 설계통합시스템 Framework 개발

데이터 기반 설계에 대한 국내외 현황 분석과 플랜트 설계의 상용시스템에 대한 분석결과를 바탕으로 도출한 데이터 기반 설계통합시스템의 Framework는 Fig 3과 같다. 그림 3을 요약하면 배관계장도(P&ID), 전기도면, 계측 도면은 기존의 문서형태가 아닌 도면과 관련 정보가 Data Ware House에 통합되어 정보가 저장된다.

Fig 3의 데이터 기반 설계통합시스템 Framework를 근간으로 데이터 기반 설계를 원전 산업에 적용하여 다양한 설계분야간의 3D 모델로부터 정확한 배치도면, 시공도면 및 자재산출, 설계사와 공급사와 공유되어 3차원 CAD 및 관련정보 통합이 가능하다. 데이터 기반 설계시스템은 주요 기능은 아래와 같다.

- ① 2D와 3D CAD 데이터와의 연계성 및 일치성을

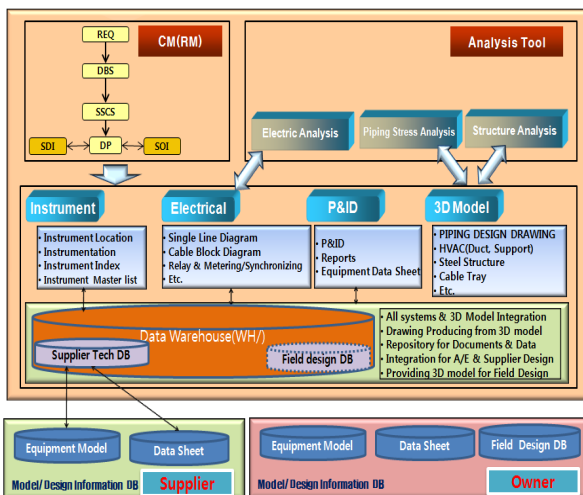


Fig. 3. Data-centric integrated engineering system Framework

확보해야 하며 관련 설계데이터와 문서가 연계 및 조회, 현장 시공간섭 배제, 시공오류를 배제한 설계가능, 시공성, 운전성 및 4D CAD 기능으로 확장하여 시공일정 검토 작업이 가능해야 한다.

- ② 기기공급자로부터 제출받은 기기의 3차원 모델은 설계모델로 통합 또는 연계 되어야 하며 3D CAD 모델에서 도면 생산 및 변경관리가 가능해야 한다.
- ③ 기계, 전기, 계측 등 다양한 기술 분야 설계를 단일 3차원 CAD데이터베이스로 통합하여 다차원적인 종합설계검토를 가능하게 한다.
- ④ 현장설계도 상세설계에서 제공된 3차원 CAD 데이터베이스로 완벽하게 구축하여 정확한 도면 출력 및 자재산출이 가능해야 한다.

3.2 데이터 기반 건설프로세스 개선방향

데이터 기반 3차원 CAD 기술을 실제 설계에 적용할 수 있는 수준이 됨으로써 공급자 및 현장설계까지 포함한 모든 설계를 3차원 CAD 모델 기반으로 발전소 설계가 가능하기 위하여 데이터 기반 P&ID, 전기, 계측 등의 설계를 수행하고 기기, 배관, HVAC 등은 3D 모델로 구축하여 DB 기반으로 발주자에 이관하게 된다.

Fig 4는 발주자의 시스템에 이관된 3D 모델 등의 설계정보를 활용하여 시공용 3D 모델을 생성하여 시공 작업순서 시뮬레이션 및 콘크리트 등 물량 산정 등 시공계획을 수립하여 시공을 수행하게 된다.

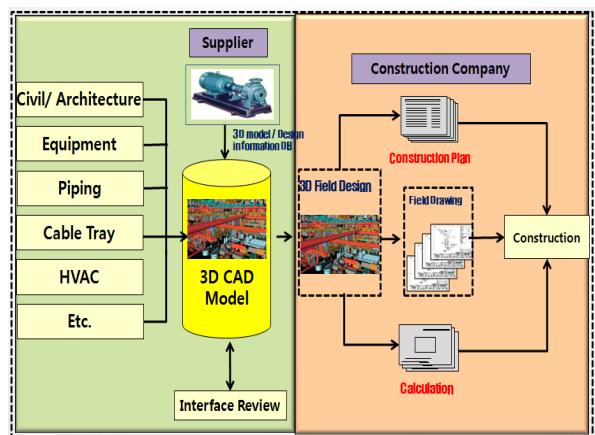


Fig. 4. Improvement direction of data-centric construction process

Table 2. To-Be Process of data-centric construction process

구분	건설단계별 To-Be Process(O&M 포함)
A/E 설계	모든 설계분야는 2차원 또는 3차원 기법을 활용하여 3D CAD 모델과 연계 구축
공급자 정보	공급자 정보 제출 시 기자재 3D CAD 모델 제출
현장설계	3D CAD 모델생성, 시공검토 Simulation 등 모델기반 현장설계 수행 설계사의 3D CAD 모델로부터 시공용 도면 생산, 시공계획 수립
O&M	설계 3D 모델과 상세 시공 3D 모델을 통합한 As-built용 3D 모델 기자재 부품 3D 모델이 통합 또는 연계된 O&M용 3D 운용체계

Table 2는 선진기업의 데이터 기반 설계현황 및 국내 원전 설계 현황 분석한 결과를 바탕으로 데이터 기반 설계통합시스템 적용에 따라 O&M을 포함한 건설 단계별 To-Be Process이다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 원전 산업에 데이터 기반 설계 기법 전환을 위하여 관련 문헌을 조사하여 데이터 기반 설계기술에 대한 개념을 정립하였다. 원전 건설의 혁신적인 설계기법의 적용에 따라 원전 건설단계별 개선방향을 고찰하기 위하여 국내외 원전 산업 기술 동향 분석을 통해 O&M을 고려한 데이터 기반 설계 통합시스템 Framework 개발 및 관련 주요기능을 도출하였다. 이는 기존의 공급자 기기 정보제출 및 시공사 설계업무가 문서기반 업무수행에서 데이터 기반 업무 수행으로 전환하여 기자재 3D 모델 통합, 데이터 기반 설계시스템으로 구축하여 3D CAD 모델생성, 시공검토 Simulation 등 모델기반 현장설계 수행이 가능하게 된다. 현장설계에서 발생하는 모든 설계도면 및 관련 정보가 데이터 기반 3D CAD 시스템으로 통합관리가 가능하여 이를 운영단계에 이관하여 O&M 단계에서 데이터 기반 운영체계가 가능함에 따라 발전소 안전 운영에 향상이 기대된다.

References

1. MPR-2610 revision 2, Application of Advanced Construction Technologies to New Nuclear Power Plant, F4, (2004)
2. IAEA NUCLEAR ENERGY SERIES, CONSTRUCTION TECHNOLOGIES FOR NUCLEAR POWER PLANTS, No. NP-T-2.5, PP 153, (2011)
3. IAEA, Construction and commissioning experience of evolutionary water cooled nuclear power plants, TECDOC-1390, IAEA, Vienna (2004)
4. Naruo Kano, "CONSTRUCTION MANAGEMENT TOOLS USING 3D-CAD, VIRTUAL REALITY, RFID, AND PHOTOGRAPHY TECHNOLOGIES", ISARC, pp430~435, 2006