

## 시공성 기술 개발을 위한 설계 및 엔지니어링에의 3D CADD 모델 응용

박찬국, 이숙형, 박경석  
고등기술연구원

### Application of 3D CADD (Computer Aided Design and Drafting) Model to Design and Engineering for Constructibility Improvement

C.C.Park, S.H.Lee, K.S.Park  
Institute of Advanced Engineering

#### 개 요

대형 프로젝트의 엔지니어링 단계에서 3차원 캐드 모델 및 그와 관련된 엔지니어링 데이터 정보 처리 시스템의 사용은 프로젝트의 비용, 공기 및 품질에 있어서 많은 향상을 기대할 수 있다. 이러한 3D 모델의 시각적, 공간적 정보가 적당한 플랜트 설계정보 데이터베이스 시스템과 연결되어 있다면, 3D 모델에 내재된 설계정보는 건설현장에서 시공순서검토, 간섭검사 또는 발주처와의 효율적인 수단이 될 수 있다. 본 논문에서는 CANDU형 원자력발전소의 시공과정에서의 3D 모델 및 관련 데이터베이스의 응용성을 연구 검토하였다. 실제 시공에 쓰였던 예에 대한 설명과 함께 또 다른 개발 가능성에 대해서 기술하고자 한다.

#### 1. 서론

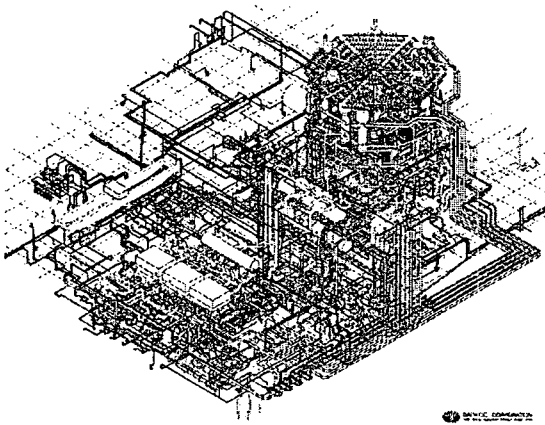
월성 3,4호기가 AECL 및 대우건설에 의해서 1988년 및 1999년에 상업운전을 목표로 시공 중에 있다. 이러한 원자력발전소는 가장최근의 CANDU형 원전의 건설 사례 일 것이다. 원자력 발전소의 설계 및 시공관리는 타 플랜트에 비해서 일반적으로 매우 많은 부품/기기류 및 설계간섭 때문에 매우 복잡하다. 특히, 원자력발전소의 특성상 안전성, 신뢰성, 경제성이 중시되기 때문에 엔지니어링업무가 매우 중요하다고 할 수 있다. 정보통신기술의 발달로 인하여 대량의 설계자료를 전자파일이나 데이터베이스 시스템을 사용하여 관리할 필요가 있다. 이러한 설계정보 관리 시스템은 다른 설계 옵션에 대한 평가, 비용의 최적화 또는 안전성검토에 대한 효율적인 수단으로 사용할 수 있다.

대부분의 설계시스템은 설계, 시공 및 제작 등에 일괄적으로 사용할 수 있는 통합정보시스템으로 구성되어 있다. 3차원 설계시스템, 3-D CADD(Computer-Aided Design and Drafting System),은 통합적인 환경 하에서 설계 및 시공에 적용할 수 있는 시스템이다. 이러한 이유 때문에 고등기술연구원은 대우건설, AECL과 공동으로 월성 원자력발전소 3,4호기에 대한 3차원 CADD 모델을 1994년부터 개발을 시작했다. 본 연구에서는 3-D CADD의 모델의 개발상황을 점검하여 보고 시공비용 감소 및 공기단축에 사용할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

#### 2. 플랜트시공을 위한 3-D CADD 시스템

플랜트 설계 및 시공계획을 작성하는데 있어서 최근의 발달과정은 시공계획을 작성하는데

컴퓨터모델을 응용하는 단계까지 와 있다. 3-D CADDS 모델을 이용하면 설계 부서에서는 플랜트의 상세한 부분까지 설계가 가능하다. 설계 부서 및 시공 부서에서는 플랜트시공에 대한 간섭, 위험회피, Critical Path Event 등을 평가하기 위하여, 다수의 시공 시나리오를 가시화할 수 있다. 따라서, 플랜트시공에 대한 최적의 스케줄 및 방법이 도출될 수 있다. 또한 3차원 모델은 시공 전에 가능한 한 위험요소를 제거하고 점검할 수 있기 때문에 건설 공기 단축, 비용, 인력절감에 기여할 수 있다.



3차원 그래픽 모델은 데이터베이스와 연결되어 있기 때문에 원거리 설계나 시공 부서에서 손쉽게 그래픽모델과 관련된 자료를 검색할 수 있다. 또한, 데이터베이스는 스케줄링, 기기 구매, 일반문서편집기와 같은 다른 데이터베이스시스템과 연결되어 질 수 있으며, 플랜트 설계 및 시공의 일관작업이 가능하다.

CADDS 시스템의 건설성 검토에 대한 구체적인 응용 예를 들면 다음과 같다.

그림 1. Typical CANDU 6 3D CADDS Model

- 모든 설계단계에 있어서 시공성 검토를 할 수 있는 Walk-Through 제공
- 효율적인 설계 및 시공변경 검토
- 설계초기단계에서 위험요소 평가
- 최적의 시공 방법 및 스케줄 개발
- 간섭 없이 대형의 모듈 사전 제작 가능
- 다양한 시공시나리오의 사전 시각화 및 애니메이션
- 특정구역에서 상세 시공 순서 검토

월성 3,4 호기 3차원모델은 인터그래프의 PDS(Plant Design System)를 사용하였으며, 다음과 같은 3D-CADDS 패키지가 사용되었다.

- |                  |  |
|------------------|--|
| 모델 프로세스 & 계측 기기  | - PDS2D (PDS P&ID)                     |
| 모델 프로세스 파이핑 & 튜빙 | - PD_DESIGN (PIPING DESIGN GRAPHICS)   |
| 모델 프로세스 기기       | - PD_EQP (PDS EQUIPMENT GRAPHICS)      |
| 파이핑 ISO 출도       | - PDS ISOGEN                           |
| 모델 구조물           | - MICAS+(ModelDraft, Analysis, Design) |
| 모델 케이블 트레이       | - EE-RACEWAY                           |
| 모델 HVAC          | - PDS HVAC                             |

각각의 CAD 모델은 SCN(Stock Code Number)이라는 번호가 부여되어 있으며, ISO 모델에서 만들어진 자재물량을 데이터베이스와 연계되어 속성으로 부여되어 있다.

### 3. 플랜트 시공에의 적용

설계 및 시공관리의 향상은 설계도구 및 시공기법개발분야에 3D CADDs와 같은 정보통신 기술을 사용함으로써 가능할 것이다. 이와 같은 CADDs 모델은 적당한 해석 프로그램과 연동시켜 파이프 응력해석 및 지진해석 등에 사용될 수 있다. 파이프모델에 연계된 부품정보는 정상상태 및 사고해석을 위해서 데이터베이스에서 직접 불러올 수 있다. 예를 들면, 파이프모델 및 기기의 3D CADDs 모델은 다음과 같은 데이터와 연계되어 있다.

- 설계 시스템: ISO도면 및 자재리스트가 포함되어 있는 기계가공도면의 준비, 검토, 승인을 위한 설계자료
- 스케줄 시스템: 기계가공도면의 출도 및 승인
- 구매 시스템 : 벤더자료조사, 계약
- 품질보증 업무
- 계약자애의 정보 전달
- Code & Standards 접근을 위한 문서 전달 및 관리

#### 4. 실제 적용 예

##### 4.1 월성 CANDU 6 원자력발전소 시공

월성현장에서 3-D CADDs 모델은 시공관리를 위해서 효율적으로 여러 분야에 사용되어지고 있다. 사전 간섭검토는 시공성을 향상시킬 수 있으며 기기 이동경로를 사전에 검토가 되어 질 수 있다. 설계 및 시공의 상세 특성이 3D CADDs 모델에서 직접 확인 가능하다. 또한, CADDs 모델에서 부품이나 기기와 같은 정보가 설계 및 구매를 검토하기 위해서 설계 및 시공 부서에서 직접 접근이 가능하다. 또한 모델은 시공요원들의 훈련자료로 사용되어 졌다. 또한, 3D CADDs 모델은 기자재구매, 기계가공, 품질보증과 같은 프로젝트 관리의 효율성을 크게 향상시키는 도구로써 이용되었다.

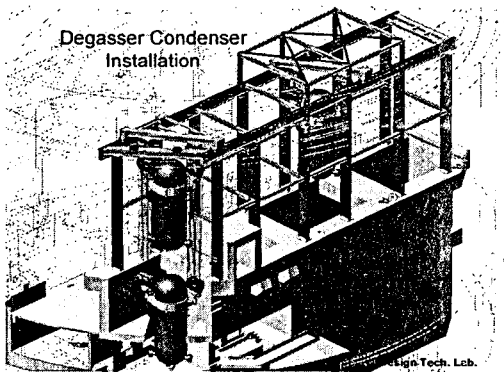


그림 2. Degasser Condenser Installation-Example

- 용접부위 검사 도면
- 시운전부를 위한 교육, 훈련도구
- 품질 검사를 위한 자료조사

다음 표는 월성 3호기에 대해서 3D CADDs 모델을 사용한 응용횟수를 도면을 기준으로 보여준다.

다음은 대우건설이 월성현장에서 3D CADDs를 직접 응용한 사례들이다.

- 시공 시스템에 대한 발표 및 의견 교환 도구
- 시공관련인력의 훈련도구
- 중량물 이동 계획도면 작성 및 검토 (예, 증기발생기, Degassor Condenser 등, 그림 2)
- 구조물, 기기, 파이프, HVAC, 케이블 트레이 등의 간섭검토
- 설치 검토
- 기계가공도면의 준비

표 1. Application of 3D CADDs Model to Wolsong Unit 3(1998.3.1)

Field	Application Area	No of Drawing
Mechanical	Constructability Review	1760
	Part Installation Review	350
Piping	Isometric Drawing Generation	6890
	Installation Review	840
HVAC	Duct Erection Plan	50
	Installation Review	50
Electrical	Part Installation Review	360
Architecture	Part Installation Review	200
Scheduling	Schedule Review	800
QC	Technical Review	500
<b>Total</b>		<b>11500</b>

#### 4.2 CANDU 6&9 시공성 연구

본 연구팀은 (주)대우건설 및 AECL과 공동으로 CANDU 9에 대한 시공성 연구의 1단계를 수행하여 왔다. 일차적인 목표는 Open Top 시공법, VHL(Very Heavy Crane) 및 시공 병행(Parallel) 기술과 같은 선진화된 시공기술의 개발에 있다. 시공기간을 단축하기 위하여 모듈화 공법 등이 연구되었다.

#### 4.3 플랜트 시공관리 시스템 개발

IAE 및 대우건설은 공동으로 3D CADDs 모델 기반의 건설관리 시스템을 개발 중이다. 시공 관리 시스템에는 WBS(Work Breakdown Structure), Work Flow Control, 자재관리, 구매관리, 공기관리, 시공순서 가시화 도구 개발, 시공진도 검토 시스템 및 회계관리 시스템 등이 있다. 통합 데이터베이스 시스템을 통해서, 플랜트시공 및 최신정보가 유지관리 될 수 있도록 플랜트 공사가 관리되어 진다.(그림 3)

### WORK Process Flow Diagram

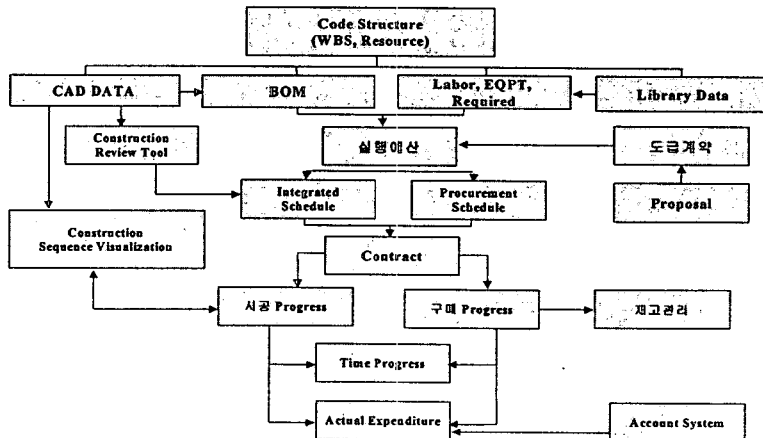


그림 3 Work Flow in Plant Construction Management System

#### 4.3.1 번호체계구축

시스템 개발 운영시 가장 선행되어야 할 작업은 전체시스템에서 공통적으로 적용될 각종 code에 대한 정의 작업이다. 이는 작업자들간의 정보교류 및 의사소통의 기본 틀이 된다. 모든 데이터는 이러한 번호체계에 의해서 정리되어야 한다.

##### 1) 프로젝트 WBS 구조 코드

프로젝트의 전체 업무를 시스템별, area별, 업무타입별등 분류 가능 기준등을 조합하여 관리가능단위로 프로젝트를 분류하는 것이다. 최소단위는 분류체계의 최하위단위인 work package로 하고 프로젝트와 관련된 모든 데이터 및 업무를 w/p 단위로 집계 관리한다.

##### 2) 자원 코드

프로젝트에 필요로하는 모든 자원에 대한 코드로서 회사차원에서 표준화한 코드를 사용한다. 특히 자재코드의 경우 설계분야에서 사용하는 3D CAD에서 사용하는 코드와 일치되어야 CAD 모델에서 뽑아낸 BOM 데이터를 활용하는데 편리하다.

#### 4.3.2 자원소요량 작성

시스템운영의 기본 Infra로 구축된 WBS 및 자원 코드를 이용하여 프로젝트수행에 필요한 자원소요량을 w/p 별로 작성한다. 자원소요량에는 자재 소요량, 장비소요량, 노무소요량 등 3가지가 있으며, 자재소요량은 3차원 캐드에서 뽑아낸 데이터를 소요량으로 활용하고, 노무 및 장비에 대한 소요량은 library DB를 참조하여 작성한다.

#### 4.3.3 실행예산작성

실행예산은 이론적으로는 먼저 작성된 물량 및 자원 소요량을 근거로 작성되어야 하나 현실적으로는 도급계약서를 근거로 작성된다.

#### 4.3.4 일정 Schedule 작성

일정 schedule은 설계, 구매, 시공에 대한 각각의 모듈별 schedule과 이를 통합한 schedule로 나누어 작성한다.

#### 4.3.5 구매단위작성 및 계약

w/p 단위로 작성된 BOM과 내역별로 작성된 시공물량은 구매 및 외주 계약단위로 재편성하여 작성하고, 공사성 내역은 작업타입별로 제작성하여 외주 package를 작성한다.

#### 4.3.6 진도관리

프로젝트진도는 일정(time)과 공사비(cost)로 나눌 수 있다. 일정진도는 설계 및 구매에 대한 진도와 시공에 대한 진도로 나눌 수 있다. 또한 공사비에 대한 진도는 설계, 구매, 시공과 관련된 직접비에 대한 진도와 간접비에 대한 진도로 나누어 관리한다.

#### 4.3.7 보고서 출력 및 진도 분석

진도관리를 통해서 얻어진 정보를 초기 프로젝트 계획시 작성된 계획과 비교를 통해서 프로젝트의 진행사항을 파악하고 필요한 조치를 취하게 된다.

#### 4.4 플랜트 형상정보 관리 (Configuration Management)

형상정보 관리(configuration management, 그림4)는 현재의 원자력발전소관리에 있어서 매우 중요한 요소로 부각되고 있다. 실제 플랜트의 시공된 상태와 운전관련 문서에 명시된 상태, 최종 설계 자료(Design Basis)는 관련된 감독기관으로부터 정밀검사가 필요한 부분이다. 이러한 세 개의 플랜트상태가 일치한다는 것을 확신시켜 줄 수 있는 시스템이 필요하다.

다른 플랜트의 설계정보 데이터베이스와 연결된 3D CADDs 모델은 이러한 형상정보 관리

프로세스에 크게 기여할 수 있다. 예를 들면, 항상 최신의 정보로 유지될 필요성이 있는 운전용 P&ID (Operating P&ID), 기기 리스트, 기기 및 계기(instrument)의 설계명세(specification) 등을 관리하거나 접근하는데 CAD 모델이 사용될 수 있다. 플랜트 설계정보는 그림 5에서 보여주는 것과 같이 통합화된 설계정보 관리 시스템(PIIN; Plant Integrated Information Navigator, 고등기술연구원 개발 중)이 필요하다. PIIN 시스템은 플랜트의 as-built 상태나 보수 이력 등과 같은 설계, 운전 보수정보 등을 제공해주며, 플랜트의 형상정보 관리를 용이하게 할 수 있다.

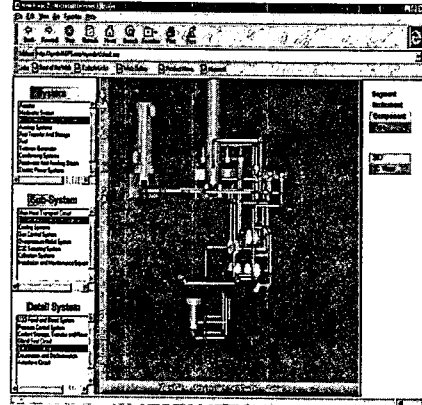
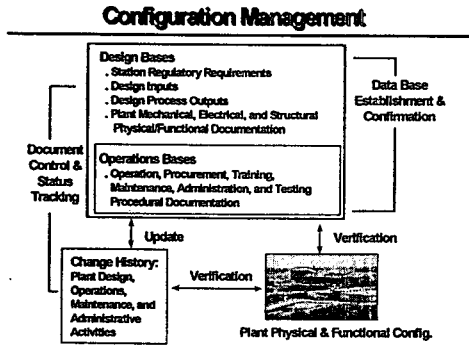


그림 4 Plant Configuration Management

Fig.5 PIIN

## 5. 결론

원자력발전소 시공에의 3D CADDS 모델의 활용성이 제시되었다. 실적용 예에서 제시된 것처럼 시공성 향상 및 공기단축, 그로 인한 공사비 절감 및 품질향상이 가능하다는 것을 제시하였다. 플랜트 시공 관리 시스템은 시공과정을 계속 추적할 수 있는 수단을 제공하여 줄 수 있다.

3차원 모델 시스템의 초기투자는 프로젝트관리에 있어서 많은 장점을 가져다 줄 수 있기 때문에 원자력발전소와 같은 대형 복합플랜트 프로젝트에는 가능한 한 초기에 도입하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그리고, 발주처에서도 비용절감 및 공기단축의 최대 이익이 돌아 갈 수 있기 때문이다.

## 6. 참고문헌

- [1] Daratech, Proceedings of the 1997 Plant Design Conference, Houston, 1997
- [2] Report on Daewoo & AECL Joint Assesment for CANDU Constructability, 1998
- [3] 고등기술연구원 & (주)대우 건설기술연구소 "발전소 설계정보 통합관리 기술개발," 1998
- [4] Advancements in Nuclear Plant Maintenance Programs, Mark C. Maras & Ahmed E. Meligi, Sargent & Lundy Engineering Conference Spring 1993
- [5] S.M.Klein, "Fundamental Attributes of a Practical Configuration Management Program for Nuclear Plant Design Control", NRC FIN B8762, June 1988.
- [6] DMS Korea Conference'97 세미나 자료, 한국 소프트웨어산업협회 EDMS 위원회, 1997
- [7] 원전 설계 및 기술자료 통합관리 개발 계획서, (주)대우 건설 전산팀, 1997