

## 특집 2

한일원자력산업세미나

1993년 11월 2일~3일  
한국전력공사 별관 소강당

# 原電의 設計 및 製作 컴퓨터 統合시스템

永野 彰

三菱重工業(株) 原子力事業本部 經水爐技術部 部長代理

**미**쓰비시 원자력산업에서는 원전의 설계, 제작, 건설에 있어 컴퓨터를 이용함으로써 원전의 생산성 및 신뢰성 향상에 크게 기여하였다. 그러나 대부분의 이러한 프로그램은 서로 다른 컴퓨터 소프트웨어, 하드웨어를 사용하여 개별적으로 개발되었다. 작업 생산성과 품질을 현저히 개선하기 위해서 컴퓨터응용 공학 설계 및 제조 시스템이 1987년 개발되기 시작하였는데 그 목표는 현재 사용 및 개발중인 여러

시스템을 통합하고 최근의 컴퓨터 기술을 활용하여 그 시스템들을 개량하기 위한 것이다.

## 서론

이 시스템은 NUWINGS(Nuclear power plant engineering Work and INtergrated man-aGemen System)이라 불리는 규모의 네트워크로서 미쓰비시 경수로 원전 1차계통의 기초설계부터 건설에 이르기까지 대부분의

작업을 지원한다. NUWINGS의 개발프로그램은 미쓰비시 중공업(MHI)과 미쓰비시 원자력산업(MAPI)에 의해 수행되어 1992년 완성되었다. NUWINGS는 미쓰비시 경수로원전의 설계 및 건설에 사용되고 있으며 차후의 경수로 원전건설을 위해 개선작업이 수행될 예정으로 있다.

## 시스템 특성

NUWINGS의 주요 특성은 다음과 같다.

① 기초설계, 제작, 검사, 설치 및 그 계획관리 등의 대부분의 활동을 망라하는 원전건설을 위한 종합적인 시스템 ② 3차원 모델 데이터와 관련 데이터를 종합하는 정교한 데이터베이스 및 그래픽 설계시스템 ③ 원전건설을 위한 여러업무의 정보를 종합하는 인적과오를 최소화한 공학적 데이터베이스 ④ 여러 가지 수치적인 해석, 평가 및 3차원 모델 시뮬레이션 시스템을 이용한 고신뢰도의 설계검증 ⑤ 고 신뢰도 설계를 위한 설계전문가시스템.

## 시스템 구성

### NUWINGS의 개념

NUWINGS는 원전의 기초설계부터 현장건설에 이르기까지 분야를 망라하며 그 총체적인 개념은 <그림 1>과 같다.

한일원산세미나

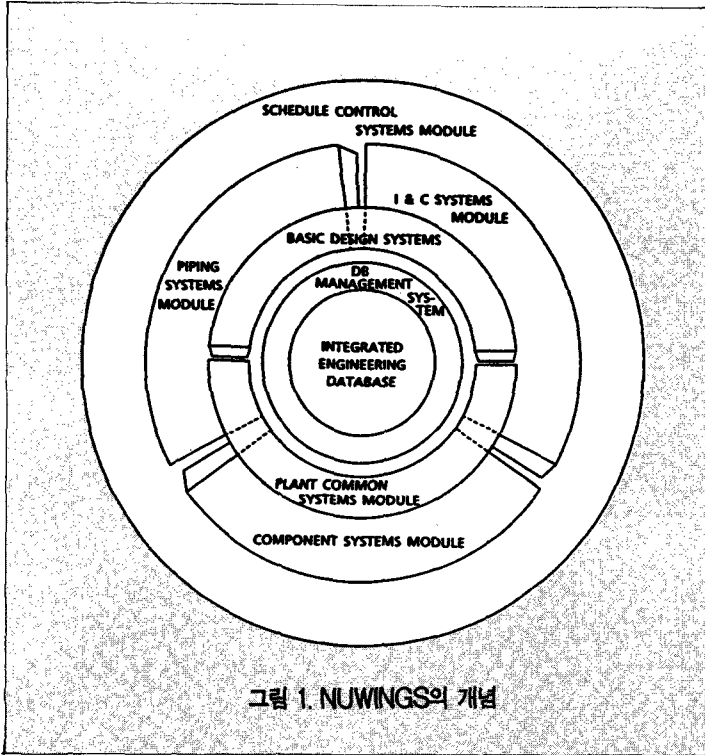


그림 1. NUWINGS의 개념

통합적인 공학 데이터베이스 및 관리시스템

〈그림 2〉는 통합적 공학데이터베이스(EDB)와 그 관리시스템의 개념을 나타낸다.

① 통합적인 공학데이터베이스는 다음 정보를 포함한다.

- 기본설계자료(설계변수)
- 상세설계자료(도면정보)
- 제작관리자료(재료구매, 제작, 검사요건 및 기록)
- 계획자료(계획 및 현황)
- 다른 표준자료

② 데이터베이스 관리시스템은 다음 기능을 갖는다.

- 자료는 명시된 자료체계에 따라 EDB에 저장되고 인출된다.
- 자료변동시 그 이력이 자동으로 기록되고 그 변동사항은 이용자들에게 자동 통보된다.

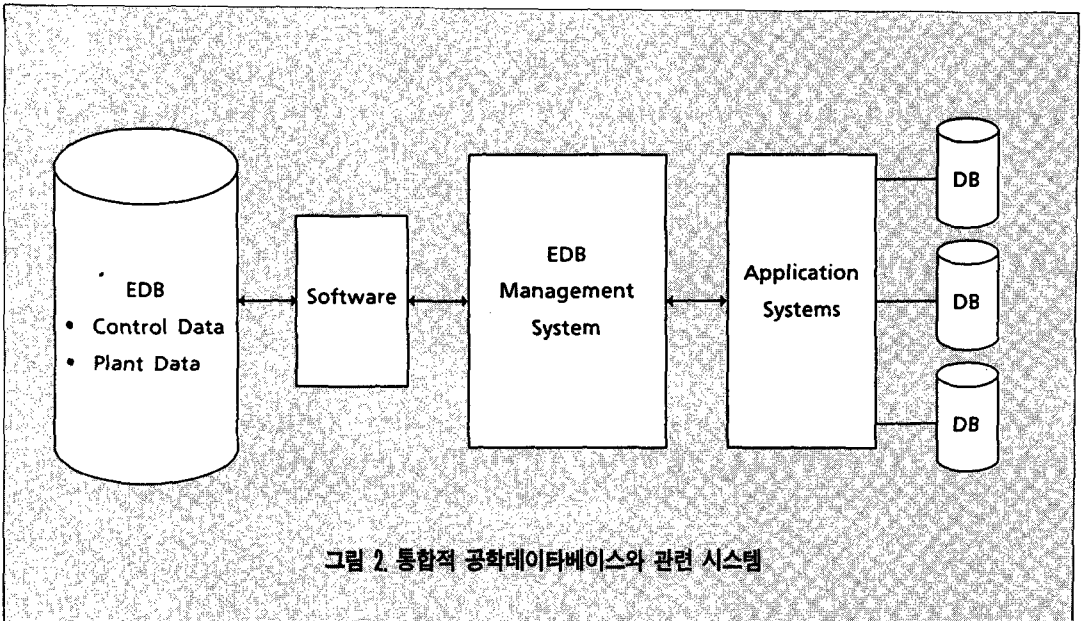


그림 2. 통합적 공학데이터베이스와 관련 시스템

-데이터는 사용목적의 인출, 참고목적의 인출, 참고목적의 저장 또는 변경을 위한 유지등 그 상태에 따라 관리된다.

### 기본설계 시스템

미쓰비시 원전의 기본설계는 CAD/CAE시스템을 사용, 모든 시스템은 공통적인 특성, 예컨대 3차원 모델과 도면의 자동출력을 다루는 상호작용시스템을 갖는다. 각 시스템은 LAN을 통하여 다른 시스템에 연결되어 있는 자체적인 데이터베이스를 갖고 있다. 이들 데이터베이스는 또한 NUWINGS의 EDB로 전송된다. 각 시스템의 특성 이 다음에 간략하게 기술되어 있다.

#### 유체계통설계

영국의 CAD센터에서 개발된 PEGS가 유체계통의 기본설계에 이용된다. 유체계통설계 자료는 인공지능 및 원전안전 시뮬레이션 시스템을 이용한 계통신뢰도 분석 등의 평가분석시스템을 사용하여 최적화 된다.

#### 전기선로 및 계측제어계통설계

계측제어설계시스템은 기본결선도면, 계측제어 블럭도면 및 다른 제어계통 설계자료들을 생산한다. 전기선로는 3차원 모델시스템을 구성하여 설계된다. 전선의 배치설계는 상기 시스템에 수록된 자료들을 활용하게 된다.

#### HVAC덕트 및 계통설계

HVAC덕트 및 계통설계시스템은 압력강하, 열평형 및 유량분석 등과 같은 계통평가를 갖는 3차원 공학모델을 위한 모든 HVAC 덕트 배치자료들을 생산한다.

#### 원전 레이아웃 및 배관설계

원전레이아웃 및 배관설계를 위해 개발된 3차원 CAD 시스템 'PRISM'은 기본설계단계에서 전체 원전설비들을 3차원 공학모델로 처리한다. PRISM은 NUWINGS EDB로 동일한 데이터체계로 전송될 공학데이터베이스를 구축한다. PRISM은 다음 3가지 계통으로 구성된다.

3차원 모델링 모듈은 원전설비들의 레이아웃설계는 고성능 컴퓨터그래픽기능을 가진 모듈에 의해 수행된다.

배관 및 지지설계모듈은 응력 해석시스템(PISTA)과 인공지능 기술이 적용되는 자동화지지설계 시스템을 포함한다.

설계공학모듈은 3차원의 건물 데이터구축에 주로 사용된다. 예컨대 콘크리트벽체 또는 바닥의 배관 관통부가 벽체데이터 및 배관데이터를 사용하여 자동화 설계된다.

### 원전 공통시스템 모듈

#### 기본설계자료시스템

장비시방서, 배관 및 계측선도 등과 같은 기본설계 자료는 종합

공학데이터베이스 내에 저장된다. 배관도면, 계측제어도면 및 3차원 공학모델간의 일치성은 데이터의 신뢰성을 높여 준다.

#### 건설허가서류 신청시스템

이 시스템은 건설허가신청을 위한 서류들의 목록, 그 표준양식 및 그 제출계획들을 제공한다. 이들 자료들은 또한 EDB로부터 인출된다.

#### 3차원 공학모델 시스템

3차원 공학모델시스템은 NUWINGS의 고유 특성중의 하나로써 <그림 3>이 이 계통을 보여준다.

첫째, 모델링 모듈(콘크리트, 장비, 배관, 덕트설치, 철구조물 등)은 공학워크스테이션(EWS)을 사용하여 엔지니어가 원전설비들에 대한 모델을 구성하는 것을 가능케 한다. 대부분의 모델링 모듈은 PRISM의 모듈과 동일하다. 원전모델은 원전 레이아웃에 대한 개념적인 연구, 상세설계 및 건설 후 설계변경 및 확장들의 작업을 위해 제공된다. 모델이 구성됨에 따라 이 모듈들의 특성에 대한 정보가 화면으로 출력된다. 그것은 복수의 3차원 형상, 배관 부품의 약식도면, 설계온도 및 압력과 같은 정보들을 포함한다. 설계가 진행됨에 따라 화면출력을 가장 최근의 설계상태를 반영하도록 자동적으로 변경된다.

둘째, 점검모듈은 여러가지 중

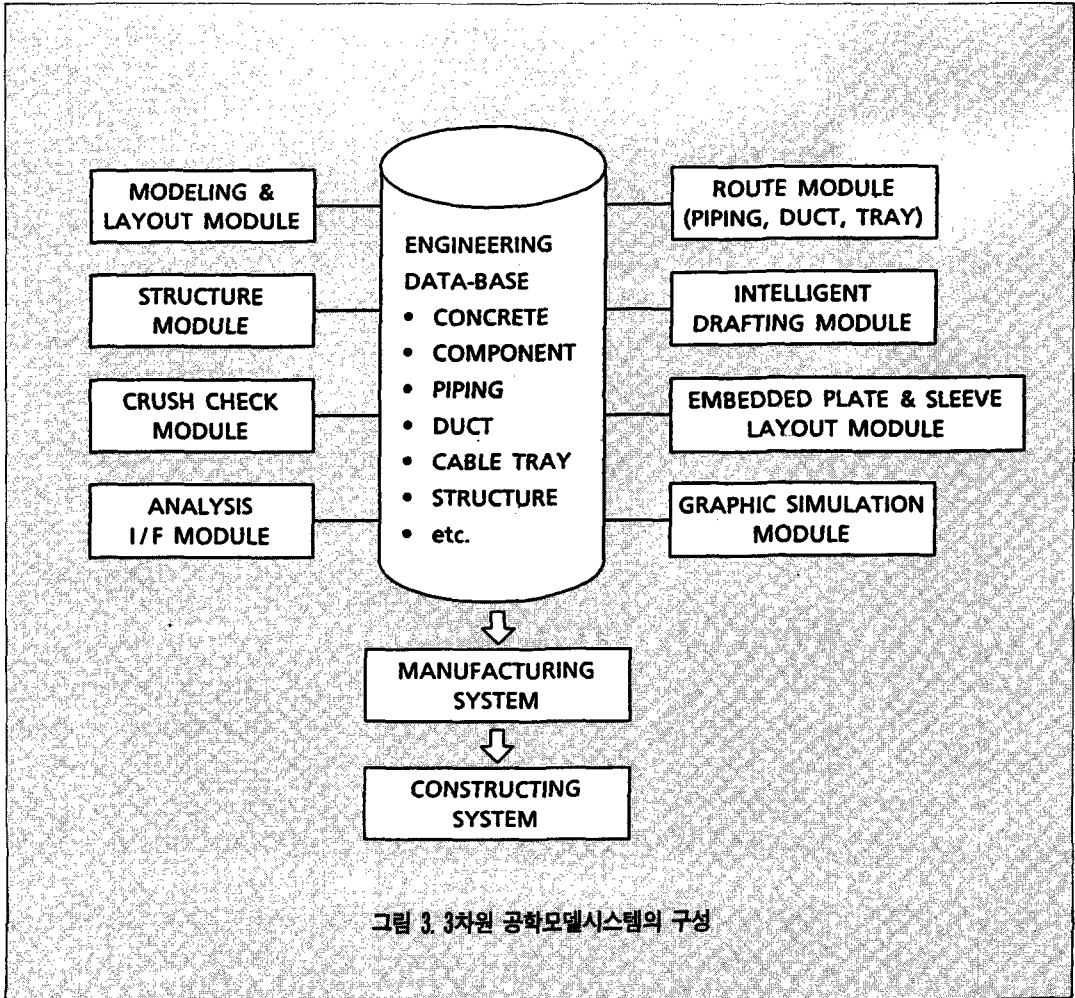


그림 3. 3차원 공학모델시스템의 구성

요한 특성을 가진다. 모델 내에 위치한 어떠한 부품도 그 모듈 내의 다른 부품들과의 상호작용에 대한 점검이 가능하다. 상호작용에 대한 점검결과는 화면상에 상호 작용부품들이 밝게 표시되거나 상호작용부품들의 이름이 출력됨으로써 보고된다.

셋째, 설계, 현장건설 및 운전

기술자들이 생산성과 신뢰성을 높이기 위하여 시뮬레이션 시스템이 마련된다. 이들 모듈은 여러 가지 주요특성을 갖는다. 시뮬레이션 모델을 위한 자료는 모델링 모듈로부터 화상시스템을 갖는 공학워크스테이션(EWS)으로 전송된다. 엔지니어는 상호작용 화상출력 및 도보통과기능(walk -

through function) 같은 상호작용 계통명령을 사용하여 원전모델을 쉽게 검토할 수 있다.

### 배관계통모듈

배관계통모듈은 설계건전성 및 품질보증을 위한 특별요건을 만족시키기 위하여 제조관리시스

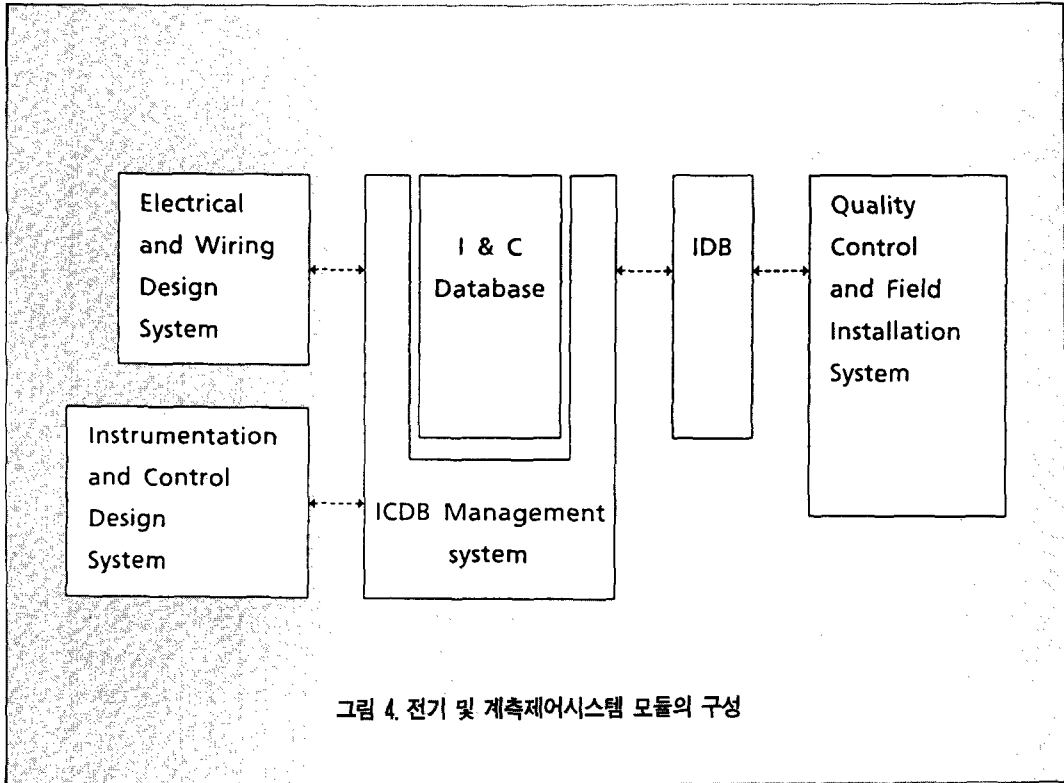


그림 4. 전기 및 계측제어시스템 모듈의 구성

템, 검사관리시스템, 건설계획 및 관리시스템, 수치제어기계 관리 시스템을 갖추고 있는 배관 및 지지구조설계,도면 및 관련자료들을 종합적으로 통합한다. 다음 작업들이 이 모듈 내에서 전산화된다.

**배관 및 지지구조 상세설계**

상세설계 엔지니어는 현장용접 부위, 표시번호등의 상세설계자료들을 추가하여 배관 및 그 지지구조물들을 어떻게 제작할 것 인지를 기술한다. 이 상세설계자료는 EDB에 저장된다. 생산성

향상을 위해 자동화 제도기술이 계통 배관도면 및 제작 상세도면 같은 복잡한 도면제작에 사용된다.

**재료관리**

발주 및 재료관리시스템은 재료보고서 및 청구서 등을 생산한다.

**다른 시스템과의 연계**

제작관리시스템, 검사관리시스템, 전산관리시스템 및 수치제어기계 관리시스템 같은 기타 시스템은 EDB의 상세설계자료에 연

결될 수 있다. 이러한 시스템은 업무관리 및 통제 목적의 여러 종류의 문서들을 생산한다.

**전기 및 I/C계통모듈**

〈그림 4〉는 전기 및 계측제어 시스템 모듈을 나타낸다. ICD BMS 모듈에서 각 설계계통으로부터 나오는 자료는 그 방출을 위한 허가를 얻어야 하며 그 이후 품질관리 및 현장설치 시스템의 EDB에 설치된다.

**부품시스템 모듈**

한일원산세미나

이 시스템은 원자로 용기 및 내부 구조물 등과 같은 원전부품의 공학적인 해석작업, 재료관리 및 도면제도작업 등에 효율적, 합리적으로 사용하기 위해 개발되었다. 나아가서 이 시스템은 이러한 부품들의 제작, 검사 및 설치에 사용하기 위해 설계작업 과정을 통하여 생산되는 공통적인 데이터베이스를 관리하기 위하여 개발되었다.

2-D 및 3-D CAD시스템

이 시스템은 엔지니어와 도면제도자 모두를 돕기 위해 개발되었다. 모든 주요 부품도면에 대한 제도작업이 CAD 소프트웨어에 의해 수행된다. 필요시 3-D 모델을 사용하여 동적 시뮬레이션과 상호작용점점이 용이하게 수행된다. 부품자료 또는 용접선 자료같이 도면에서 얻어진 정보는 EDB에 자동적으로 저장되며 제조관리시스템으로의 입력자료로서 사용될 수 있다.

공학적 해석

부품의 구조적 건전성을 검증하는 공학적 해석은 과거에는 모델링, 유한요소법(FEM) 사용전후 과정 및 분석보고서편집 등에 많은 인력을 필요로 하였다. 이러한 모든 과정들은 이제 수작업을 없애고 분석의 신뢰성을 향상시키기 위하여 전산화 되었다.

재료관리 및 검사

재료구매목록 및 구매시방서로부터 얻어진 정보는 EDB에 자동 저장된다. EDB와 제작관리시스템간의 상호연계시스템 또한 개발되었으며 자료들은 재료구매단계로부터 재료검사단계까지 일관성 있게 사용된다.

수치제어기계와의 상호접속

CAD자료 및 추가적인 제작관련 자료로부터 제작을 위한 NC 자료를 생산하기 위해 상호접속프로그램이 개발되었다. 이는 짧은 시간 내에 신뢰성 있는 NC-data를 생산한다.

계획관리시스템 모듈

계획관리는 원전프로젝트에서 가장 중요한 항목이다. 이 모듈은 모든 계획관리정보 즉 프로젝트 추진계획 및 설계, 제작 및 현장설치 작업의 일상계획들을 통합적으로 관리한다. 이 모듈은 프로젝트 추진관리, 수정 또는 계획의 연기와 같은 여러 종류의 요건들을 신속하게 만족시키기 위해 개발되었다. 이 모듈은 다음 시스템들로 구성된다.

- ① 통합프로젝트 관리시스템
  - ② 설계 제작계획 관리시스템
  - ③ 도면 대출계획 관리시스템
  - ④ 자재구매계획 관리시스템
  - ⑤ 현장설치작업 계획관리시스템
- ①은 프로젝트를 기획하고 핵심정보를 ②와 ③ 그리고 프로젝

트추진보고서으로 공급하기 위해 개발되었다. ②와 ③은 프로젝트 계획에 근거하여 설계 및 제작의 일간추진보고서를 공급하기 위해 개발되었다. ④는 자재구매의 지연을 막기 위한 자재구매관리를 목적으로 개발되었다. ⑤는 현장설치계획수립과 ①부터 ④에 이르기까지 요구되는 현장 도착날짜를 정하기 위해 개발되었다. 또한 이 시스템은 배관계통 데이터베이스 및 생산성 비율에 의해 주어지는 배관재료의 수량을 사용하여 최적자원 및 배관설치의 시간계획을 계산하는 기능을 갖는다.

컴퓨터 통합시스템

컴퓨터 통합시스템은 원전의 공학설계, 제작 및 건설작업의 신뢰성과 생산성을 개선하기 위한 강력한 수단 중의 하나이다. NUWINGS는 최근의 컴퓨터기술을 이용하여 설계, 제작, 검사 및 건설의 여러 분야의 작업과 데이터베이스를 통합하기 위한 목적으로 개발되었다. 원전건설프로젝트에 NUWINGS를 사용함으로써 건설중의 여러 작업들의 품질과 생산성이 향상되었으며 동시에 원전의 신뢰성과 보수성을 제고시킨 바 있다. NUWINGS는 이를 실제 원전건설에 사용한 경험의 피드백 및 컴퓨터기술의 발전에 힘입어서 계속적으로 개선될 것이며 향후의 프로젝트에 사용될 것이다.