

# 원자력발전소 시공정보관리 시스템 고찰



한재희 · 한국전력기술(주) 건설관리처

## 1. 서론

최근의 국내외 프로젝트는 대형화, 장기화, 복잡화 하는 추세이다. 현재 수행되는 국내 대규모 프로젝트들은 발전소건설(원자력, 화력), 고속철도건설, 신공항건설 및 지하철건설사업 등 대형 국책사업과 SOC사업 등이 있다. 여기서 대형 국책사업 중의 하나인 원자력발전소 건설사업을 소개하면

첫째는 장기사업이다. 원자력발전소 건설은 최초구조물 콘크리트 타설시점부터 상업운전개시일까지 약 60개월의 공기가 소요되지만 콘크리트 타설이전까지 수행해야 되는 각종 인허가업무, 부지정지, 기초굴착, 사전설계업무 등의 사전사업에 약 50~60개월이 추가로 소요되는 것을 고려하면 총 120개월(10년)이 소요되는 장기사업이다.

둘째는 많은 건설자재와 기기가 필요하며 투자비가 매우 크다. 현재 건설이 진행중인 1000MW급 한국표준원자력발전소를 기준으로 원자력발전소건설에 소요되는 주요건설자재들의 량을 살펴보면 콘크리트 약 60만<sup>3</sup>, 소요철근 약 7만톤, 철구조물 만5천톤, 각종 전선 4500Km, 대구경 배관 230Km, 소구경배관 120Km 등의 많은 자재가 소요된다. 그외 주요 기기들로서는 각종 펌프 630개, 탱크류 350개, 각종 밸브 2만5천개, 열교환기 70개 등이 소요된다. 총건설비는 건설기간 중의 이자 등을 포함하여 1000MW급 2기 건설에 약 \$40-50억(부대공사비 제외)라는 막대한 건설비가 소요되는 대형사업이다.

셋째는 여러기관(조직)이 참여하게 됨으로써 기관간 많은 량의 정보교류가 발생한다. 원자력발전소건설사업에는 사업주, 설계사, 시공사 이외에도 핵증기 공급계통을 담당하는 주기기제작자, 발전기제작자, 핵연료를 제공하는 기관, 그리고 각종 기기를 제작 납품하는 수백개의 기자

재 제작업체가 참여하게 되며 이들 참여기관간에는 설계, 시공, 설치 및 시운전 과정에서 매우 많은 량의 정보를 상호 제공, 검토하게 된다.

설계업무에서 생산되는 각종 설계결과물은 주요시공도면이 약 8만매, 구매기술규격서 200여건, 기술계산서 약 2000여건, 시공기술규격서가 약 30여종이며 이외 각종 기전공사에 사용되는 상세설치도면은 그 수가 수 만 매에 달한다. 발전소의 핵심 설비인 핵증기공급계통 및 터어빈 발전기 계통의 제작자와 플랜트종합설계사 사이에 오가는 각종 설계정보량은 약 3천건 정도가 되며 기타 주요 기기제작자로부터 제공받는 설계자료는 약 9천여건에 이르고 있다.

넷째는 원자력발전소는 여러분야에서 각종 전문기술과 지식을 응용하여 설계, 제작, 시공되는 “고도기술집합체”로서 설계 및 시공과정에서 적용되는 각종 기준은 매우 엄격하다.

이상에서 살펴본 바와 같이 원자력발전소건설은 여러분야에서 많은 기관들이 참여하여 고도의 전문기술을 활용하여 설계, 제작한 방대한 량의 건설기자재들을 약 10년이라는 장기간에 걸쳐 설계, 시공, 시운전하는 초대형사업이라고 말할 수 있겠다.

원자력발전소건설 프로젝트관리의 개념과 주요 시스템은 발전소의 성공적 건설을 위한 공정, 공사비, 자재 등 프로젝트관리 각 분야간의 업무를 프로젝트 수행 최초 단계인 설계에서부터 구매, 시공, 시운전 및 상업운전이 가능하도록 합리적인 수행계획을 수립하고 상호 관련시스템을 연계하여 관련정보의 교환, 계획 대 실적 분석, 관련정보의 추적, 종합보고 등이 가능하도록 프로젝트를 체계적이고, 효율적으로 수행할 수 있도록 건설관리시스템을 구축, 운영하고 있다. 여기서는 원자력발전소 건설관리체계중 시공정보관리시스템에 대해 고찰키로 한다

시공정보관리시스템은 공정, 자재, 공사비관리를 주축으로, 각 시스템을 연계하여 종합적인 시공관련 정보를 관리하기 위한 시스템으로서, 시공단위공종과 설계자료 일부를 연계한 CAPS (Construction Activity Package System)를 영광 3,4호기 때에 개발운영 하였고, 울진 3,4호기에서는 설계결과물과 Bulk 자재(소구경배관, Cable 및 Tray)를 시공단위공종에 연계시킨 시공정보관리시스템(CICS: Construction Information Control System)을 개발하여 영광 5,6호기 건설사업까지 운영하고 있다. 전산시스템 개발은 Project Management Tool인ARTEMIS를 사용하였으며 Main Computer에 단말기가 연결된 전형적인 중앙집중처리 방식이었다.

그러나, 1990년대 초부터 시작된 급격한 컴퓨터 환경의 변화에 따라 건설관리 시스템도 종래의 중앙집중식에서 분산처리 형태로 시스템환경의 개선이 요구되었고, 프로그램 Tool 또한 4세대언어(4GL)를 사용하여 OOP(Object Oriented Program)개념을 적용한 GUI(Graphic User Interface)환경으로 개발할 필요성이 요구되었다. ARTEMIS로 개발된 건설관리시스템을 분석, 재설계하고 신기술을 이용하여 향후 원전건설통합(SI)시스템구축을 목표로 새로운 원전건설관리시스템(NPCS: Nuclear Project Control System)을 개발하여 1999년 7월 울진원자력 5,6호기에 적용, 운영중이다.)

그러나, 새로 개발된 NPCCS내의 시공정보관리시스템은 A/E사에서 분석된 현황 자료를 받아 단지 조회하는 개념으로 개발되었기 때문에 각종 자료의 연계 및 현황을 분석하는 주요기능이 미개발 되어 있는 상태이다.

더욱이, 신규원전 시공공정관리에 적용되는 구역별 시공완료개념은 단위공종 시공착수 전에 관련 설계자료 및 기자재가 조달되어 구역단위별로 시공을 완료함에

따라 시공정보관리 운영의 필요성이 더욱 중요하게 되었다.

따라서 구역구분에 따른 개선된 사업번호체계 및 시공관리체계를 적용하며, 관리범위 면에서 시공단위공정에 관련된 모든 설계도서와 소요자재 (Tag 및 Bulk) 전체를 대상으로 확장하고, 기능면에서 시공관련 공정 현황,공사비 현황과 인력, 장비 등 소요자원의 관리기능을 추가한 시공정보관리시스템을 개발하여 NPCCS와 연계 운영함으로써 향후 신규원전의 시공/공정관리에 효과적으로 이용할 수 있도록 하였다

## 2. 본 론

### 2.1 시스템 환경

CICS는 NPCCS의 여러 Sub-System과 연계하여 운영되기 때문에 CICS 또한 NPCCS의 Sub-System에 포함되어야 한다. 따라서, NPCCS의 각 Sub-System간의 연계관계를 이해할 필요가 있다. 그림 1은 NPCCS의 운영환경 및 시스템 구성을

나타낸 그림이다.

NPCS는 C/S(Client/Server)환경으로 개발된 공정관리, 구매정보를 포함한 자재관리, 공사비관리 및 자료관리의 업무별 시스템과 Internet/Intranet환경에서 WEB형식으로 개발된 현황정보를 위한 종합정보시스템과 프로젝트간 비교 분석용인 경험정보시스템으로 구성되어 있다. 원전건설통합(SI)시스템은 A/E, 주기기공급사, 시공사 및 해외지사까지 Network으로 연결 운영할 수 있도록 계획되어 있으나, 현재는 본사와 현장 및 현장 시공사 사무실만 전산망으로 연결 운영되고 있는 실정이다.

CICS를 운영하기 위하여 초기에 단위 시공공종 별로 필요한 설계자료(도면, 시방서, 계산서 등) 및 소요자재를 연계한 데이터베이스를 구축하고, 공종/도면종류(FBS기준)별 발행 소요기간을 정의한 설계 Lead Time Table과 자재종류별 제작/조립 기간을 정의한 자재 Lead Time Table을 데이터베이스에 입력한다. 또한 A/E로부터 설계도서정보를 제공 받아 데

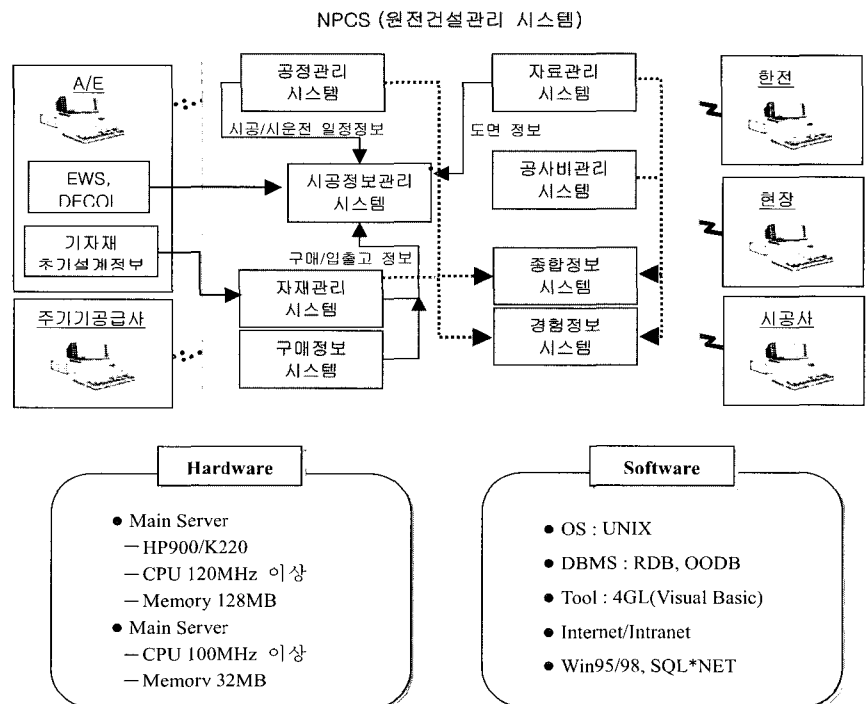


그림 1. NPCCS 운영환경 및 시스템 구성도

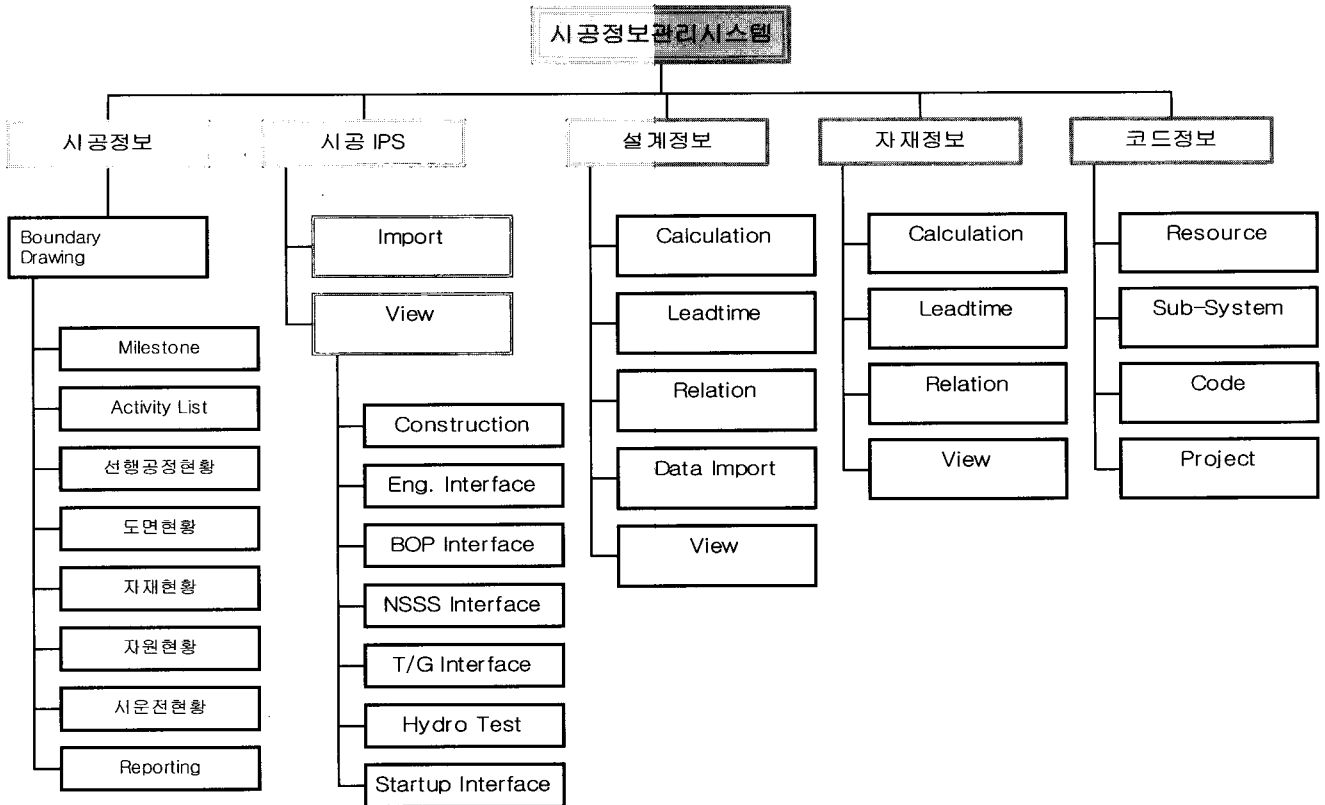


그림 2. CICS 프로그램 기능 구성도

이터베이스에 입력하고, 공정관리시스템의 시공 및 시운전 일정정보와 자재관리 시스템의 설계, 구매, 입고 및 설치정보를 연계하여 운영된다.

### 2.2 CICS 프로그램 구성

CICS 프로그램은 그림 2와 같이 5가지의 주요기능으로 구성되어 있다.

### 2.3 시스템 기능 소개

시공정보시스템은 시공단위공정을 기준으로 하여 설계정보 및 자재정보를 연계하여 처리되기 때문에 이해하기 쉽도록 자료의 흐름에 따라 시공 IPS, 설계정보, 자재정보, 코드정보 및 시공정보 순으로 설명하고자 한다.

#### 2.3.1 시공IPS

시공 IPS 기능은 공정관리시스템과 연계하여 시공 IPS 정보를 CICS 데이터베이스에 Update하는 기능과 Activity 종류

별로 조회하는 기능으로 구성되어 있다.

#### 1) Import

공정관리시스템은 OPEN-PLAN(공정관리용 S/W)으로 개발되어 공정관리 담당자가 실적 자료를 Update하여 Schedule을 분석하고 각종 분석결과 보고서를 출력하는 데 사용되므로 OPEN-PLAN 사용법을 익히지 않은 일반 사용자는 쉽게 사용할 수 없고, 또한 사용자의 컴퓨터에 OPEN-PLAN 일부 Module이 설치되어 있어야 한다.

따라서, 공정관리시스템의 시공 IPS 데이터베이스로부터 공정관리 담당자가 아닌 일반사용자에게는 불필요한 분석용 정보를 제외하고, CICS에서 필요한 정보만을 발췌하여 CICS 데이터베이스에 수록함으로써 최신의 공정일정정보를 CICS에서 활용하고 누구나 쉽게 Activity 정보를 조회할 수 있도록 하는 기능이다.

현장의 공정관리 담당자는 매일 말을 기준으로 Activity 진행 실적정보를 입력

한 후, Schedule을 분석하고 지연 공정 및 지연 예상공정을 중점 분석하여 Schedule을 재조정하여야 하며, 이렇게 매월 조정된 Schedule을 CICS에 이관하여야 현실성 있는 설계발행 및 자재납기의 시공요구일자가 계산되어질 수 있다.

#### 2) Activity View

공정관리시스템으로부터 CICS 데이터베이스에 수록된 최신의 시공공정표(Current Schedule)를 Activity 종류별로 조회하는 기능이다.

조회기능은 호기, 건물/층/구역, Work Type 등의 검색 및 정렬 항목을 조합하여 지정할 수 있으며, 화면형태는 목록 형태(그림 3) 또는 Bar-Chart 형태(그림 4)로 나타낸다.

또한, 조회된 목록에서 특정 Activity를 선택하여 상세내용 및 선후행 관계를 조회할 수 있으며, 필요한 정보를 EXCEL로 이관하여 사용자가 원하는 형식에 맞게 조정, 사용할 수 있도록 하였다.

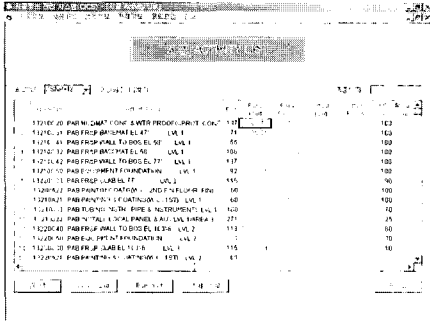


그림 3. 시공 Activity List 화면

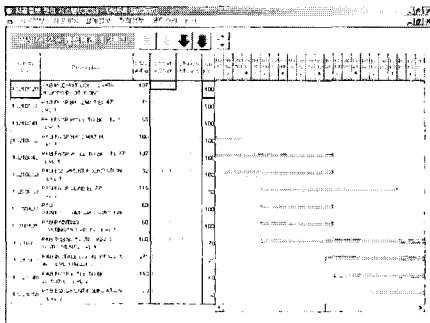


그림 4. 시공 Activity Bar-Chart 화면

### 2.3.2 설계정보

설계정보 기능에서는 A/E사로부터 전산 File(EXCEL)로 제공 받은 설계도서 일정정보를 CICS 데이터베이스에 Update하고, 시공Activity와 설계자료의 연계관계 생성 및 설계 Lead Time을 등록한 후 시공공정일정과 연계하여 설계자료 발행요구일자를 계산한다.

설계정보는 EWS 및 DECOL의 Control Point별 계획 및 실적일자, Revision Date 등 상세한 정보를 조회할 수 있고, 분야, FBS, Area Code등의 검색 및 정렬 항목을 조합하여 다양하게 조회할 수 있다.

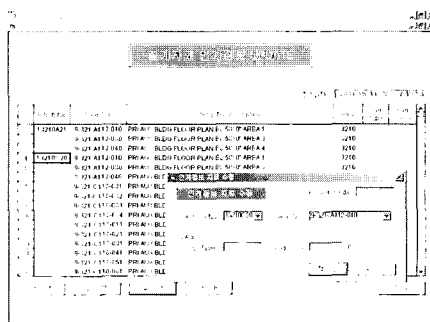


그림 5. 설계자료 연계정보 Update 화면

### 2.3.3 자재정보

자재정보 기능에서는 자재관리시스템과 연계하여 시공 Activity별 소요되는 TAG자재의 설계/구매 및 현장자재 정보를 제시하고, 시공Activity별로 소요 BULK자재 및 추정물량을 입력한 후 구매항목별로 적정한 조립기간 및 제작기간을 설정한 Typical Lead Time Table을 관리하여 제작지시서 발급 요망일 등을 계산한다. TAG자재는 A/E에서 제공하는 자재관리시스템의 초기설계정보에 시공 Activity No.가 부여되며, BULK자재는 A/E의 공정관리책임자가 분야별 설계부서에 협조를 요청하여 시공Activity별, 구매항목별로 소요물량을 추정한다.

자재정보는 자재관리시스템과 연계하여 기기, 밸브, 계기, 기계, 배관스플, 토건 및 전기벌크 등 선택된 자재종류에 따라 설계정보, 구매정보, 현장입출고정보 및 시공/시운전정보를 조회한다.

### 2.3.4 코드정보

코드정보 기능에서는 시공 Activity별 소요되는 자원(물량, 인력, 장비, 공사비)의 계획 및 실적물량을 관리하는 기능, 시공 Activity별 관련 계통 및 시운전 연계정보를 관리하는 기능 및 CICS에서 사용되는 각종 코드(PBS, FBS, Area 및 자원 등)를 관리하는 기능으로 구성되어 있다.

### 2.3.5 시공정보

시공정보는 시공 Activity에 필요한 설계자료, TAG 및 BULK자재, 자원 및 관련 시스템의 시운전 정보에 대한 현황을 편리하고, 이해하기 쉽게 조회할 수 있는 기능이다. 또한, 시공 Activity No.가 호기/건물/층/구역/Work Type의 구조로 구성되어 있으므로, Site Plot Plan 및 건물별 G/A도면으로 화면을 구성하여 사용자가 찾고자 하는 특정 Activity에 시각적으로 접근할 수 있도록 하였다. 그림 6.은 시공정보기능의 초기화면으로서 Site

Plot Plan 화면을 보여준다.

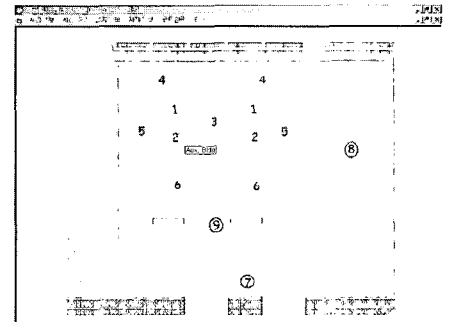


그림 6. Site Plot Plan 화면

구역코드의 대분류 번호에 따라 건물 및 Yard Area를 지칭하는 표시하는데, 보조건물을 예들들어 "2"로 표시된 구역(커서가 접근하면 그물부늬로 구분된다)을 클릭하면 그림 7의 보조건물의 Section Drawing화면이 나타난다.

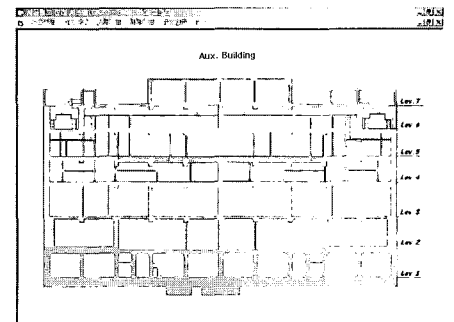


그림 7. 보조건물의 Section Drawing 화면

그림 7.에서 Activity 13220C30(PAB FR&P SLAB EL.77' LVL 2)까지 공사가 완료되었고(질게 칠해진 부분) Activity 13220C40(PAB FR&P WALL TO BOS EL.100' -6 LVL 2) 및 Activity 13230C30(PAB FR&P SLAB EL.100' -6 LVL 3)은 진행 중(그물부늬 부분)임을 나타낸다. 아울러 해당 Activity 영역에 마우스 커서가 접근하여 더블 클릭하면 상세한 Activity 정보를 조회할 수 있다.

또한, 각 Level을 나타낸 부분을 클릭하면 해당 Level의 Plan Drawing화면이 나타나는 데, 예를 들어 화면에서 Lev. 1을 클릭하면 그림 8의 보조건물 Level 1의 Plan Drawing 화면이 나타난다.

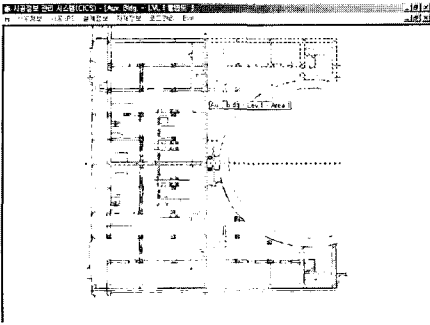


그림 8. 보조건물의 Plan Drawing 화면

그림 8은 보조건물 Level 1의 구역구분 및 구역번호를 보여준다. 각 구역에 마우스 커서를 갖다 대고 클릭하면 구역에 속한 시공 Activity 목록화면이 나타난다. (그림 9)

그림 9의 시공 Activity 목록화면은 모든 화면에서 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭하여 유용하게 쓰인다. 즉, Site Plot Plan 화면에서는 Project 전체의 시공 Activity 목록이 나타나고, Section Drawing 화면에서는 구조물 공사와 관련된 시공 Activity 목록이 나타난다. 또한 Plan Drawing 화면에서 구역을 벗어난 바깥에서 오른쪽 버튼을 클릭하면 해당 Level의 모든 시공 Activity가 나타난다.

그리고, 모든 Activity 목록화면에서 특정 Activity를 선택한 후 오른쪽 마우스 버튼을 클릭하면 그림 9에서와 같이 조회할 분야를 선택할 수 있는 Pop-Up 메뉴가 나타난다.

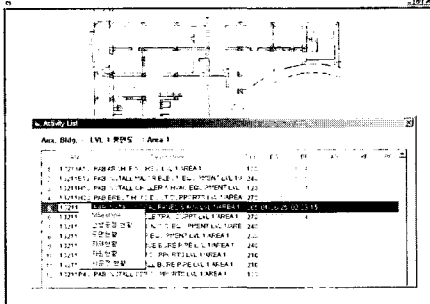


그림 9. 시공 Activity 목록 화면

1) Milestone

어느 화면에서나 수시로 확인할 수 있도록 도표 형태의 그림으로 Project

Milestone 일정을 나타내 준다.

2) 선행공정현황

그림 10과 같이 선택한 시공 Activity에 대하여 최 선행으로 부터 가장 빠른 Path (Critical Path)로 선행 공정들의 선행행 관계와 해당 Activity의 일정, 진행상황 등의 상세정보를 나타낸다.

3) 도면현황

설계 Relation 데이터베이스를 이용하여, 선택한 시공 Activity에 필요한 설계 자료의 Control Point별 발행 계획 및 실제 일자과 Lead Time을 적용하여 계산된 CICS에서 요구하는 Control Point별 일자 및 Deviation을 나타낸다.(그림 11)

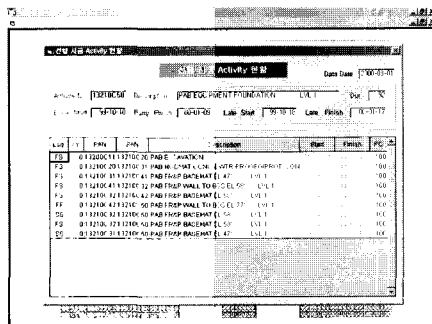


그림 10. 선행공정현황 화면

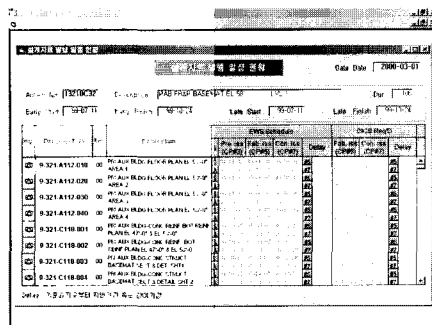


그림 11. 설계자료현황 화면

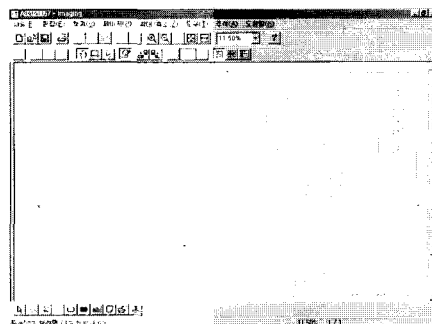


그림 12. 도면 Image 조회 화면

또한, 각 도면번호 앞의 "Img"란을 클

릭하면 자료관리시스템과 연계하여 발행된 도면의 원도 Image를 보여준다.(그림 12)

4) 자재 현황

자재 Relation 데이터베이스를 이용하여, 선택한 시공 Activity에 필요한 TAG 및 BULK 자재목록을 보여준다.(그림 13) TAG자재는 TAG No.별로 현장 납기요구 일자, 예상납기일자 및 자재인수일자를 나타내고 자재관리시스템과 연계하여 상세한 정보를 조회할 수 있다. BULK 자재는 구매 Package No.와 Item No.별로 소요물량 및 P/O Award 일자와 최초현장도착 예정일자를 나타내고 구매정보관리시스템과 연계하여 상세한 구매진척현황을 조회할 수 있다.

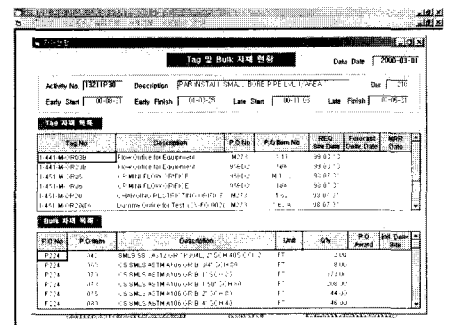


그림 13. TAG 및 BULK 자재 현황조회 화면

5) 자원현황

시공 Activity별로 관리하는 자원에 대한 현황 정보를 조회한다.

물량, 인력, 장비 및 공사비 등 자원 종류별로 계획 대비 실적 현황을 막대그래프 또는 Pie-Chart 형태로 나타낸다. 그림 14는 공사비의 현황을 예로 보여준다.

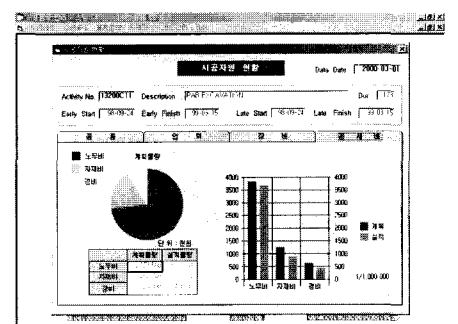


그림 14. 자원 현황조회 화면

6) 시운전현황

시공 IPS에서 시운전 Turn-Over와 연계되는 공중에 대하여 시공 Activity별로 관련 시스템 코드 및 시운전연계 Activity 정보를 조회한다. 그림 15와 같이 PBS Code별로 서브시스템의 시운전 Interface Activity 및 Turn-Over Date의 계획일자와 관련 Milestone Point를 보여준다.

또한, 시운전 Interface Activity No.를 클릭하면 자재관리시스템과 연계하여 자재종류별로 해당 서브시스템과 관련한 시공현황을 집계한 집계표와 TAG No. 별로 설치(예정)일자를 나타낸 자재 시공/미시공 현황표가 나타난다.(그림 16)

Activity No.	Activity Name	Start Date	End Date	Activity Type
1001	시운전 Interface Activity	2007.07.25	2007.08.01	시운전
1002	시운전 Interface Activity	2007.08.01	2007.08.08	시운전
1003	시운전 Interface Activity	2007.08.08	2007.08.15	시운전
1004	시운전 Interface Activity	2007.08.15	2007.08.22	시운전
1005	시운전 Interface Activity	2007.08.22	2007.08.29	시운전
1006	시운전 Interface Activity	2007.08.29	2007.09.05	시운전
1007	시운전 Interface Activity	2007.09.05	2007.09.12	시운전
1008	시운전 Interface Activity	2007.09.12	2007.09.19	시운전
1009	시운전 Interface Activity	2007.09.19	2007.09.26	시운전
1010	시운전 Interface Activity	2007.09.26	2007.10.03	시운전

그림 15. 시운전 현황조회 화면

3. 결론

원자력발전소 건설사업은 \$40억 이상의 건설비와 약 10년이라는 공기를 갖는 장기·대형 Project이다. 특히 설계, 시공 및 기자재의 제작에 적용되는 기술기준과 품질요건은 매우 엄격하고 까다롭다.

더욱이 관련 Activity에 대한 설계, 구매, 시공업무는 상호 기술정보를 제공하

고, 제공받는 상관관계를 유지하면서 진행되고 있어 성공적인 사업수행을 위해서는 완벽한 사업관리가 필수적이다

시공정보관리시스템(CICS)은 이러한 완벽한 사업관리에 초점을 맞춰 개발되었으며, NPCCS의 기반 시스템인 공정관리시스템 및 자재관리시스템 등 각각의 연계 시스템이 원활하게 운영 되었을 때 그 효과를 극대화 할 수있다 우선, 공정관리시스템의 운영에 있어서는 공중에 따라 합리적인 측정방법을 적용하여 기준일(매월 말)을 기준한 시공 Activity별 공정 진척도를 입력한다.

또한, 시공사에서 제출한 3WDS(3 Week Daily Schedule) 및 6MRS(6 Month Rolling Schedule)를 참고하고 지연공정에 따른 후속공정의 영향을 검토하여 현실성 있는 시공 Schedule이 될 수 있도록 분석, 조정작업을 수행하여야 한다.

자재관리시스템은 A/E사에서 제공되는 설계정보와 구매진척정보, 현장 입출고정보 및 시공정보 등이 제때에 입력되어야 하고, 전산시스템에서 제시하는 납기요구일을 감안하여 업무가 수행될 수 있도록 하여야 한다.

A/E사는 기준일(매월 말)을 기준한 설계 도서별 공정 진척도(Control Point)를 입력하여야한다. 또한, 초기 시공 Activity 별 Bulk 자재 소요물량에 대하여는 상세도면이 발행되기 이전이므로 참고 가능한 기타도면 또는 관련자료를 활용, 추정 산출하여 CICS 데이터베이스에 입력되어야 한다.

시공정보관리시스템에서는 각 시스템과 연계하여 시공 및 관련 현황을 파악하고, 설계자료 발행 요구일 및 자재의 RTM요구일 등이 A/E의 설계공정관리부서와 자재관리부서에 Feed Back되어야 한다.

이러한 관련 각 기반시스템 운영이 원활하게 수행될 때 신뢰성 있는 정보가 구축되고, 그에 따라 시공정보관리시스템의 결과물도 보다 현실성 있게 업무 담당자에게 다가갈 수 있을 것이다. 아울러 프로젝트 구성원 즉 각 시스템 사용자 및 관리자들의 건설관리시스템에 대한 이해와 효율적인 시공관리에 대한 인식과 의지가 있어야 할 것이다.

시공정보관리시스템 개발은 이에 초점을 두고 수행하였으며, 향후 신규원전 건설에 효과적인 시공관리 Tool로서 사용되길 기대한다.

참고문헌

- 1) “영광5,6 시공정보관리 절차서” 한국전력공사
- 2) “영광5,6 시공정보관리 전산시스템 사용절차서” 한국전력공사
- 3) “영광5,6 공정관리 절차서” 한국전력공사
- 4) “영광5,6 자재관리 절차서” 한국전력공사
- 5) “표준건설관리체계 전산시스템 종합개선 (최종용역보고서)” 한국전력공사