

# 원전 건설 생산성 향상을 위한 정보 시스템 구축

이 우 방

한전 원자력건설처 건설계획팀장

문 병 석

한전 원자력건설처 건설계획팀 과장

**원**자력발전소 건설은 장기간이 소요되는 대규모의 프로젝트로서 방대한 규모의 설계 자료·자재·인력·장비 등을 필요로 하며, 적정 사업비를 투입하여 주어진 공기 내에 높은 품질의 발전소를 건설하는 것을 목표로 하고 있다.

이와 같이 대형 프로젝트는 효율적인 사업 관리를 위하여 여러 관련 기관(발주자·건설 관련사·인허가 기관 등)간의 협력과 지원이 필요하며, 각 기관들이 지리적으로 원거리에 위치함으로 인한 정보의 지연이나 누락 등을 사전에 방지하여 최고의 품질을 유지하여야 한다.

요즘의 건설 사업은 과거의 경험을 기반으로 지식 관리 체계에 따라 관리되고 있으며, 건설 정보 시스템의 개발은 관련 기관간의 의사 소통(communication) 수단으로서의

적극적인 활용과 더불어 다양한 정보를 체계적으로 저장하고 분석하여 미래를 예측하기 위하여 그 필요성이 더욱더 높아지고 있다.

과거에는 자료의 중복 생산이나 누락 등으로 인해 많은 인력과 비용이 소모되어 건설 사업의 생산성 저하를 가져왔으나, 현재는 새로운 정보화 기술과 네트워크 기술의 출현으로 건설 사업의 생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있는 기반을 갖추고 있다.

이에 따라 한전에서는 원전 건설의 생산성 제고와 국제 경쟁력 확보를 위하여 1997년 말부터 원전 건설 통합 정보 시스템(INPCS: Integrated Nuclear Project Control System)의 개발을 꾸준히 추진하여 왔으며, 2001년에 시스템 구축을 완료할 예정이다.

## 원자력 건설 통합 시스템 구축의 필요성

최근 기업에서의 정보 시스템은 기업 내 단순한 업무 개선이나 OA 지원을 넘어 기업의 자산 가치를 높이고 새로운 부가 가치를 창출할 수 있는 경영 혁신의 도구로서 기업 경영에 중요한 역할을 수행하고 있다.

그 동안 사업 관리의 효율성을 높이기 위하여 설계·공정·공사비·자재·자료 관리 기법 등 많은 사업 관리 기법들이 이론적인 체계를 가지고 정립되어 왔으나 실용성에는 한계가 있었다.

따라서 기업의 장래와 직결되는 정보 자원(설비·인력·예산 등)의 효율적 배분과 활용을 통해 원전 건설 사업 관리 체계를 지식 관리 중심으로 재편해야 할 필요가 있으며 이를 위해서는 업무 처리 과정에서

발생하는 모든 자료와 정보를 DB화하여 업무 프로세스를 자동화하고 사내의 정보 시스템간 데이터의 공유 체계를 확립하여 통합 운영 환경에서 업무 생산성을 향상시킬 수 있는 새로운 정보 시스템 구축의 필요성이 제기 되었다.

**시스템 구축 전략**

통합 시스템을 구축하기 위해서는 먼저 원전 건설 전반에 대한 업무 프로세스 분석을 통해 업무를 표준화하고 재설계하는 BPR(Business Process Reengineering) 작업과 정보 시스템의 개발을 단계적으로 추진하였으며, 이 때에 기운영 시스

템과의 데이터 변환 및 재활용성을 검토하고, 현재 운영중인 시스템과도 데이터 연계성을 함께 고려하여 안정적인 신시스템으로의 변환이 가능토록 하였다.

또한 신기술의 적용은 그 기술의 활용성과 독립성을 파악하여 적용 여부를 결정하였으며, 통합 시스템 구축은 적절한 시기에 단계적으로 추진하여 업무 프로세스 변경에 따른 실무 부서의 업무 혼란을 최소화할 수 있도록 하였다.

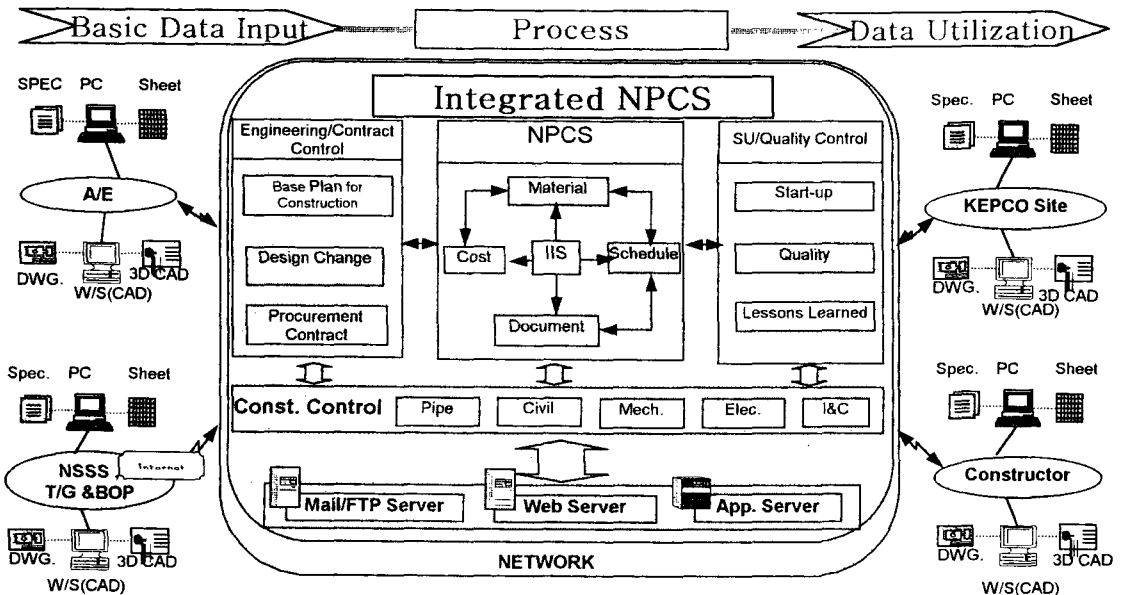
다음은 단계적인 통합 시스템 구축 절차이다.

- ① 기본 DB(기술 기준 및 코드 데이터) 구축 : 효율적인 정보 시스템 구축의 첫 번째 단계로

서 사업 관리와 안전 규제에 관련된 절차, 기준 및 코드 등이 다양한 기술 정보를 체계적으로 관리하는 것이다.

- ② Master DB(사업관리 데이터) 구축 : 원전 건설 사업 관리에서 가장 중심이 되는 공정 관리, 공사비 관리, 자재 관리 및 자료 관리 데이터를 체계적으로 관리하는 DB로서 여기에는 각종 설계 정보(Spec·도면·자재 사양 등), 구매 정보(공급자·납기 등) 및 현장 자재 입고 출고 정보 등을 관리한다.

- ③ 응용 DB(현장 시공 관리 데이터) 구축 및 업무 프로세스의 자동화 : 건설 현장에서 시공



〈그림 1〉 원전 건설 통합 시스템(INPCS) 구성도

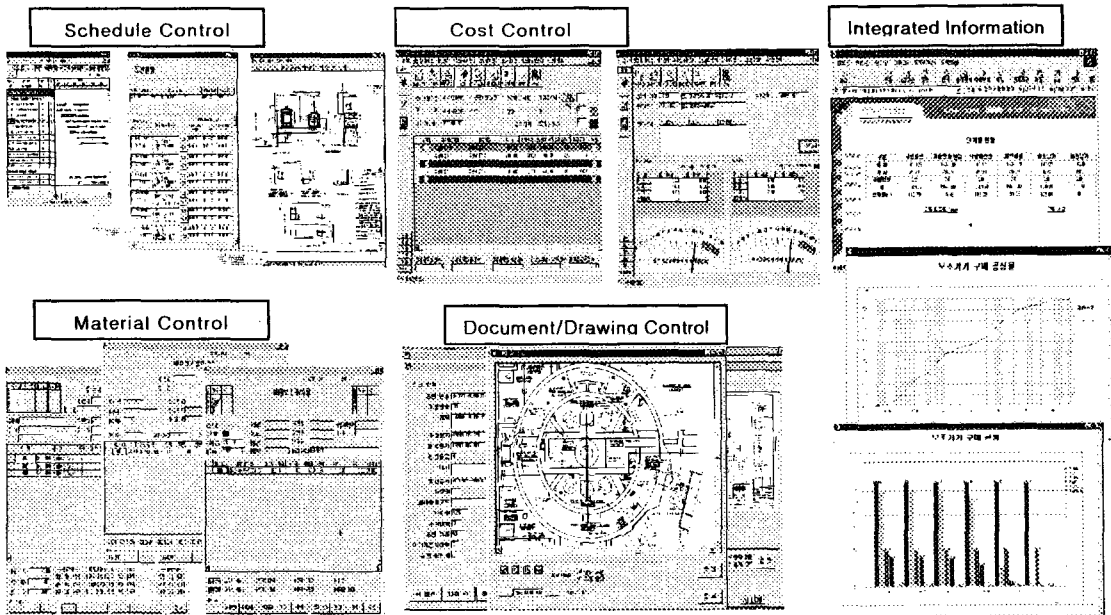
관리 절차 및 기준에 따라 자재의 설치 단계별 상세 내역을 관리하고 이를 Master DB와 연계해서 각종 검사 및 기록서식을 발행하고 결과를 기록·저장한다. 이는 향후 시공 물량 산정의 기초 자료로 사용된다. 한편은 시스템 개발 단계에서 기존 정보 시스템간 호환과 부문간 데이터 공유를 위해서는 사내의 정보 시스템 환경에 맞는 개발 방법론의 필요성이 대두되어 정보 시스템 업무 절차서(Business Procedure for Information System)에 정보 시스템 개발 방법론인 KEMIS (KEPCO Methodology of Infor-

mation System)를 적용하였다. 한편의 정보 시스템 개발은 일반적으로 실무 부서는 개발 범위와 요건 등을 정의하는 기초 요구 분석을 수행하고 정보 시스템 개발 부서에서는 상세 요구 분석, 설계, 프로그램 작성, 설치 및 테스트 과정을 수행한다. 시스템 개발 기간은 단축과 설계 품질 향상을 위해 설계 단계에서 CASE tool을 사용하였으며 업무 프로세스 분석과 정의를 위한 BPWin과 DataBase Design을 위하여 ERwin을 사용하였다. 아울러 정보 시스템 구축의 성공 열쇠는 개발팀의 인적 구성에 있다

고 해도 과언이 아니다. 아무리 뛰어난 시스템 개발 전문가라 할지라도 업무 프로세스에 해박하지 않으면 User Interface와 Business Logic 부분의 설계에 한계가 있을 수밖에 없다. 따라서 다양한 분야에 실무 경험을 가지고 있는 실무 전문가를 개발 팀에 참여시켜 업무 분석과 표준화 작업을 리드하게 해야 하고, 관련 부서와도 긴밀한 협조 관계를 유지할 수 있도록 해야 한다.

**추진 경위 및 경험**

1990년대 후반에 들어 급속한 정



(그림 2) NPCCS의 분야별 주요 화면

보 처리 기술의 발달 및 사용자 이용 환경의 변화 요구 등 기존 정보 관리 기반 구조를 새로운 정보 관리 체계로 변경해야 하는 필요성이 제기되어 1997년부터 통합 시스템 구축 추진 계획을 수립하여 신기술 동향과 업무 적용의 시급성을 고려하여 단계적으로 추진하였다.

제1 단계는 기존 운영 시스템의 위험을 최소화하면서 신정보 처리 기반에 맞게 시스템을 재개발하고, 향후 CALS 표준 기술 개발을 위한 BOP 공급자-한전간 정보 유통 분야는 장·단기 계획을 수립하여 정부 사업(전력 CALS/EC 시범 사업)으로 별도 추진하였다.

이 단계에서 가장 특징적인 것은 과거 10여년 동안 사용하던 사업 관리 시스템인 Artemis Package를 사용하지 않고 올진 5·6호기부터 Client/Server 및 Web 환경에서 건설 사업 관리의 효율성을 추구한 「원전 건설 관리 시스템(NPCS: Nuclear Project Control System)」 개발이라 하겠다.

제2 단계는 1998년 하반기부터 업무 재설계(BPR) 작업을 수행하였는데 원전 건설 업무 프로세스 전반에 대한 '업무 표준화'와 정보 전달 및 활용측면에 대한 '정보 공유 체계 설계' 분야로 나누어 BPR 추진 절차에 따라 약 1년간 수행하였다.

BPR 작업은 기업의 내외부 환경

요인 분석과 강약점을 분석하는 전략 분석과 현행 업무 프로세스를 정의하고 문제점을 도출하는 AS-IS 모델 분석을 수행하였고, 그리고 시스템 개발 목표와 비전의 제시 및 TO-BE 모델의 완성, 이 모델의 완성에 소요되는 인력·일정 및 예산 계획을 수립하였다.

제3 단계는 1999년 말부터 시작하여 BPR 결과를 토대로 정보 관리 기준과 업무 표준화에 맞게 기존 시스템을 지속적으로 업그레이드하고 현장에서 수행하는 시공 관리 수준을 작업자 레벨까지 하향 조정하여 모든 작업 관리가 시스템에서 일관되게 작업이 처리될 수 있도록 하

였다.

또한 시공사나 설계사에서 관리하는 시공 관련 정보를 통합하여 제공하는 시스템의 구축을 완료하여 올진 5·6호기에 적용, 운영중에 있다.

**원전 건설 통합 정보 시스템 (INPCS) 구성**

**1. 네트워크 체계**

원전 건설에서는 사업 관리의 책임을 지는 발주자와 도면 및 Spec을 발행하는 설계사, 기자재를 납품하는 공급사, 그리고 이런 건설 자원을 이용하여 기자재를 설치하는

〈표 1〉 올진 5·6호기 NPCS 소프트웨어 및 하드웨어 사양

구분	사양	수량	용도	
OS	UNIX	1식		
H/W	HP-400K(215M/M, 2 CPU)	1대		
Network Protocol	TCP/IP, FTP, NFS			
Web Server	Oracle Web Server	1식		
WFM Tool	Oracle WFM	1식	WorkFlow Management	
DBMS	Oracle 8i	24 Users		
Design Tool	Business Process analysis	1 set	BPWin	
	Entity Relation Diagram	1 set	ERWin	
Development Tool	4GL(Visual Basic7.0)	5식		
	Image Processing Tool	16 User	Open Image	
	Schedule Tool	20 User	OPP	
	Graphic OCX	1		
주변 설비 (peripheral equip.)	PC	Pentium PC(Win95, Win98) (32/64MM, 300MHz 이상)	300대	실무 부서 업무용
	Plotter	A0-A3 Size, 120mm/s	2대	대형 도면 고속 출력용
	Raid-Disk	300GB	300GB	이미지 저장
	Printer	A3, A4 Size, 30PPM	20	부서별 소형 도면 출력용

시공사가 있다.

성공적인 건설 사업 추진을 위해서는 업무 범위(Scope), 공정(Time) 및 비용(Cost) 및 품질(Quality)의 4가지 요소를 집중적으로 관리하여 정해진 기한 내에 허용된 예산에서 품질 요건에 부합되도록 기획-실행-통제하는 과정을 반복하면서 최선의 방법으로 찾아내어 적용해야 한다.

이러한 다양한 요건을 충족하기 위해서는 방대한 건설 관련사의 정보가 적기에 전달되어야 하기 때문에 고도화된 정보 시스템과 네트워크가 구축되어 있지 않으면 안 된다.

따라서 통합 정보 시스템 네트워크 기반 구축을 위해서 올진 건설 현장 LAN(Local Area Network)을 중심으로 현장-본사 및 현장-시공사와는 T1급(1,544Mbps)으로, A/E사인 한기 및 주기기공부사인 한중과는 512K급으로 네트워크를 구축하였으며 회사 외부의 네트워크 연결에 대해서는 Firewall을 설치하여 운영하고 있다.

이러한 정보 시스템 기반을 이용한 데이터의 생산과 배포 및 활용에 대한 명확한 업무 분장(DOR)이 사업 관리 절차서에 정의되어 있으며 여기에는 각 분야에 대한 관련사별 정보 제공 범위와 절차 및 정보 제공 주기가 정해져 있다.

그리고 이 네트워크를 통해 시공

일정 정보, 자재 사양, 구매 Spec 및 도면 정보가 A/E사로부터 전송되고, 공급사에서는 자재 납품 정보인 Packing List와 품질 보증 서류(Quality Verification Data List)가, 시공사로부터는 자재 청구 물량 정보와 개개 자재 단위별 설치 정보가 Real-Time으로 한전의 현장 Server로 전송되고 정보 시스템에서 체계적으로 저장·관리하고 있다.

## 2. 정보 공유 체계 구축

원전 건설의 설계를 담당하고 있는 한기(주)에서는 자체 설계 시스템인 IPIMS를 보유하고 있으며 여기에서 3D CAD와 2D Intelligent CAD를 연계해서 도면 생산과 시공 간섭 사항을 검토하고 DDMS에서 도면과 각종 SPEC 및 계산서의 원문 정보를 관리하고 있다.

이 3가지의 정보를 EDB를 통해 공유할 수 있게 하였으며 주기적으로 네트워크를 통해 한전에 제공한다.

기자재 정보는 주기기 공급사인 한중에서 전용 LAN을 통해 데이터를 전송하고 있으며, 보조 기기 공급사인 국내외 Vendor에서는 인터넷이나 CD-ROM을 통해 전송하고 있다.

또한 시공사에서는 한전과 네트워크를 연결하여 Real-Time으로 설계 정보와 구매 정보를 제공받음

으로써 자체 시스템 운영에 따른 전산 비용과 인력을 대폭 줄일 수 있으며, 데이터 이중 관리에 따른 업무 혼선과 데이터 신뢰성 문제를 한꺼번에 해소할 수 있다.

이로서 건설 정보의 일관성 있는 전송 체계를 구축하여 모든 건설 정보가 설계사-한전-시공사에 이르는 수직 계열화와 거꾸로 시공 정보가 설계사로 전송되어 설계에 반영할 수 있는 Feedback 체계가 이루어졌다.

향후에는 KEDO 사업에 인공위성을 활용한 데이터 전송 체계를 마련할 예정이다.

## 3. INPCS 기반 구조

기업 내의 정보 시스템이 효율적으로 개발되고 운영되기 위해서는 표준화된 정보 시스템 기반 구조를 구비해야 하며, 특히 대량의 설계 및 시공 정보를 신속하게 현장 서버에 전송하고 이를 수백명이 접근하여 처리해야 하는 원전 건설 업무의 특성상 초고속 통신 네트워크와 대용량의 전산 설비가 필요하다.

## 4. NPCS 구축

원전 건설 통합 정보시스템의 핵심적인 기능을 수행하는 원전 건설 관리 시스템(NPCS: Nuclear Project Control System)의 개발은 1997년 말부터 8개월간 외부 전문 회사로부터 업무 분석 컨설팅을

받고 곧이어 시스템 개발을 착수하였다.

이는 영광 3·4호기 이후로 15년 간 한전에서 사용하던 Artemis 기반의 사업 관리 시스템을 Client/Server 및 Web 기반 시스템으로 정보 처리 기반을 혁신하고 이와 함께 기존 업무 처리 관행 및 절차도 변경하였다.

NPCS는 공정 관리, 공사비 관리, 자재 관리, 자료 관리 등 4개 분야를 대상으로 하고 사업 개요 및 4개 분야에서 관리하는 데이터를 집계하여 제공하는 종합 정보 관리로 구성되는데, 분야별 특징적인 시스템 기능은 다음과 같다.

공정 관리는 공정표 작성과 Time Analysis 기능을 상용 Package인 OPP(Open Plan Professional)을 사용하여 Activity별 일정과 하위 Sub Activity를 계층적으로 관리하고 하위 일정을 상위 Activity로 Roll-up할 수 있게 되었다.

공사비 관리는 회사 내 재무 시스템과 연계하여 회사 예산 계정(CBCOA)과 공사비 운영 계정(PBCOA)간의 호환 체계를 구현하였으며, 회계 결의서를 작성하면 그 결과가 바로 공사비 DB에 축적되어 연도별/분기별 집행 실적 비교 등 공사비를 효율적으로 관리할 수 있게 되었다

자재 관리의 시작은 A/E사에서 BOP 자재에 대한 사양과 자재 물

량(BOM: Bill Of Material)을 입력하고 주기기 공급자에서 T/G와 NSSS에 대한 자재 사양을 NPCS에 직접 입력하는 것이다.

이러한 기본 설계 데이터를 자재의 청구·입고·불출 및 재고 관리 업무에 활용하고, 특히 자재청구서(RTM: Release to Manufacture), 자재인수보고서(MRR: Material Receiving Report), 자재불출증(RSI: Requisition Stored Item) 등 자재 관련 서식의 발행을 전자 결재로 처리하여 현장 자재 관리 업무를 대폭 간소화시켰다.

자료 관리 분야는 다양한 원문 정보(CAD, 이미지 및 Word file)를 효율적으로 관리하기 위해 서버 측에서는 전문 Image 처리 툴(Open Image)을 사용하고 Client에서는 통합 Viewer를 사용하여 실무자가 직접 PC에서 도면을 검색하여 프린트로 출력할 수 있도록 했다.

또한 출력된 도면의 상단 가장자리에 User ID와 출력 일시를 출력되도록 하여 도면의 무단 사용을 방지하고 도면 발행자 추적은 물론 향후 도면 발행량을 산출할 수 있게 되었다.

### 5. 배관 정보 관리 시스템 구축

배관 정보 관리 시스템은 원전 건설 통합 시스템 구축의 마지막 단계인 현장 업무 프로세스를 시스템화한 것으로서 이 시스템의 구성은

NPCS의 IPS와 연계하여 그 하위 수준인 3WDS(Three Week Detail Schedule), 6MRS(Six Month Rolling Schedule)의 일정을 관리하는 공정 관리와 NPCS의 배관자재 설치 물량을 계획 대실적으로 관리하는 공정률 관리, 그리고 용접 Joint 번호별 작업 종류와 형태 등 시공 작업 내역과 절차서 및 시공 기준을 관리하는 설계 관리로 구성되어 있다.

또한 기본 데이터를 이용하여 검사 계획의 수립과 작업 일정 통보를 관리하는 시공 준비 관리와 실제 검사 업무를 수행하기 위해 발행하는 검사서 발행 기능 등 여러 가지 기능을 가지고 있다.

배관 정보 관리 시스템의 주요 특징은 다음과 같다.

첫째, NPCS의 자재 및 도면 정보를 이용하여 단위 작업 번호(용접 Joint 번호, 플랜지 연결 번호)에 대한 작업 단계별 작업 항목을 상세 관리하여 작업 후 그 결과를 다시 NPCS 자재 설치 데이터로 넘겨주는데 있다. 이런 업무 규칙의 대부분은 WFM tool로 처리하고 있으며 이는 단위 작업에 대해 고유 번호로 관리되고 시작과 진행 및 종료 를 일관성이 처리하여 준다.

둘째, 각종 설계 정보와 작업 항목 데이터를 이용하여 전자 결재 시스템에서 검사 계획서와 작업 통보서를 발행함으로써 서식 작성에 소

순번	도면번호	용량	조각번호	호수	간격	용량	용량	용량	용량	용량
1	9-372-D-194-ED034	00	5F03402	5	180	3	필요없음	AM	1050	
2	9-372-D-194-ED034	00	5F03404	5	180	3	필요없음	AM	1050	
3	9-372-D-194-ED034	00	5F03407	5	180	3	필요없음	AM	1050	
4	9-372-D-194-ED034	00	5F03409	5	180	3	필요없음	AM	1050	
5	9-372-D-194-ED034	00	5F03414	5	180	3	필요없음	AM	1050	
6	9-372-D-194-ED034	00	5F03416	5	180	3	필요없음	AM	1050	
7	9-372-D-194-ED034	00	5F03421	5	180	3	필요없음	AM	1050	
8	9-372-D-194-ED034	01	5F03425	5	180	3	필요없음	AS18	1050	
9	9-372-D-194-ED034	01	5F03426	5	180	3	필요없음	AS18	1050	
10	9-372-D-194-ED034	01	5F03428	5	180	3	필요없음	AS18	1050	
11	9-372-D-194-ED034	01	5F03428	5	180	3	필요없음	AS18	1050	
12	9-372-D-194-ED034	00	5F03514	5	180	3	필요없음	AM	1050	

순번	검사/시행	시행	시행	시행	시행	시행	시행	시행	시행
1	FIT UP	□	□	□	□	□	□	□	□
2	품질 확인 검사	□	□	□	□	□	□	□	□
3	보통	□	□	□	□	□	□	□	□
4	동작 시험	□	□	□	□	□	□	□	□

순번	도면번호	용량	조각번호	호수	간격	용량	용량	용량	용량	용량
1	9-372-D-194-ED033	00	5W3303	5	180	3	필요없음	AM	1050	
2	9-372-D-194-ED033	00	5W3303	5	180	3	필요없음	AM	1050	
3	9-372-D-194-ED033	00	5W3304	5	180	3	필요없음	AM	1050	
4	9-372-D-194-ED033	00	5W3305	5	180	3	필요없음	AM	1050	
5	9-372-D-194-ED033	00	5W3307	5	180	3	필요없음	AM	1050	
6	9-372-D-194-ED033	00	5W3308	5	180	3	필요없음	AM	1050	
7	9-372-D-194-ED033	00	5W3310	5	180	3	필요없음	AM	1050	
8	9-372-D-194-ED033	00	5W3311	5	180	3	필요없음	AM	1050	
9	9-372-D-194-ED033	00	5W3313	5	180	3	필요없음	AM	1050	
10	9-372-D-194-ED033	00	5W3314	5	180	3	필요없음	AM	1050	
11	9-372-D-194-ED033	00	5W3316	5	180	3	필요없음	AM	1050	

〈그림 3〉 검사계획서 발행

요되는 시간과 노력을 줄이고 시공 부서와 검사자간의 검사 대기 시간을 줄여 현장 업무 생산성을 획기적으로 향상시킬 수 있다.

셋째, 50여종의 시공 관련 서식을 시스템을 통해 작성하고 중요 항목에 바코드를 출력하게 하였으며 작업 후에는 바코드 reader를 이용하여 작업 결과를 신속하게 처리한다.

**기대 효과**

2001년 원전 건설 통합 시스템 구축이 완료되면 Project당 시공 인력이 50명 이상 감축될 것으로 예상되며 이는 총공사비의 약 1%인 300억원에 상당한다.

실제로 1999년부터 올진 5·6호기에 NPCCS를 적용함으로써 건설 자료실(DCC) 관리 인력을 기존 호기보다 50% 축소 운영하고 있다. 또한 설계사 선행 호기의 경험 자료를 반영하여 높은 품질의 설계

도면 및 자료를 생산하고, 설계사·공급사 및 시공사와 한전간 실시간 정보 유통이 가능해져 시공 정보를 신속하게 취득하여 시공 업무 생산성을 향상시킬 수 있다.

앞으로 원전 건설 통합 시스템을 사업 관리의 핵심 기술로 발전시켜 KEDO 및 후속기에 적용할 예정에 있으며 대외적으로나 타건설 분야에 선도적인 역할을 할 수 있게 되었다.

**결론**

국내외 전력 산업 환경은 전원간의 발전 원가 경쟁과 발전 사업자간 경쟁이 날로 심화되고 있으며, 이에 따라 원전 건설 역시 경쟁력 제고와 비용 절감을 통한 경영 효율 향상을 최우선시하는 환경으로 변화하고 있다.

이제 30여년의 역사를 가진 국내 원전 건설 분야에서도 종래의 사업

관리 기법을 벗어나 IT 기술을 활용한 신정보 시스템의 구축을 통하여 건설 원가 절감에 최선의 노력을 기울여야 할 것이다.

IT 기술을 이용한 원전 건설 생산성 향상을 위하여 설계 단계에서부터 시운전까지의 업무를 일관되게 처리하는 통합 정보 시스템이 필요하며 여기에는 건물의 구조 해석과 설계 도면 생산, 그리고 시공간섭 사항을 쉽게 확인할 수 있는 3D Model의 도입과 시공 작업자 수준의 업무까지 시스템화하는 하부시스템의 지속적인 보완과 개발이 필요하다.

따라서 프로젝트별로 독자적으로 분리 운영되고 있는 각종 절차서, 규정 및 기술 기준을 통합하고 여기에 시스템화된 업무 프로세스를 접목함으로써 원전 건설의 궁극적 목표인 설비의 신뢰성과 안정성 확보 및 경제적인 건설을 추구할 수 있다.