

원자력발전소

설계

국산화

및

전산화

전망

박 대 원

한국전력기술(株) 영광원자력사업부장

1. 머리말

우리나라에서 원자력발전소의 건설사업을 시작한 지도 어언간 20년이 지나 현재는 총 16기의 발전소가 가동중이거나 건설중에 있다. 현재 가동 중인 9기의 발전소 설계는 턴키 혹은 해외 주도형으로 추진되어 국내 기술진의 부분참여 형식으로 설계국산화가 시작되었으나, 1987년부터 시작된 영광 3, 4호기 발전소부터는 그간의 경험을 바탕으로 국내 주도형으로 추진하여 필자가 속해 있는 한국전력기술주식회사(한기(株))가 국내 최초로 원전 종합설계 용역의 주계약자로서 본격적인 설계업무를 주도함으로써 원전국산화 시대를 맞이하였다. 이에 본고를 통하여 한기(株)의 경험을 중심으로 원전 설계의 국산화 현황과 설계전산화 추진방향 개요를 설명함으로써 관심있는 회사의 참고가 되도록 하고자 한다.

2. 원전 설계업무 개요

원자력발전소 건설과 관련된 종합설계 용역회

사(Architect Engineering, A/E)의 업무범위는 일반 화학공장이나 중공업공장 등의 건설을 담당하는 기술용역회사와는 상당한 차이가 있다. 원전 건설을 위한 A/E는 안전성의 최우선 확보를 위하여 설계업무 뿐만 아니라 기자재 구매, 시공, 시운전 단계의 거의 모든 업무에 관련함으로써 원전 건설사업의 중추적인 역할을 담당하게 된다.

2.1 범 위

원자력발전소는 크게 세 부분으로 나누는데, 첫째는 고온 고압의 증기를 발생시키는 핵증기공급계통(Nuclear Steam Supply System, NSSS)과 둘째는 터빈을 돌려 전기를 생산하는 터빈발전기 계통(Turbine Generator, T/G) 그리고 셋째는 이들 NSSS 및 T/G를 가동하기 위한 각종 설비 계통, 발전소 통제·운전, 전원 공급, 계측 제어, 폐기물 처리 등을 위한 여러 계통들을 총칭하는 보조기기 계통(Balance of Plant, BOP)으로 구분되어진다.

A/E의 역할은 이러한 여러 보조기기 계통을

설계하고 주기로 불리는 NSSS와 T/G를 포함한 전체 발전소의 건설을 위한 종합설계 엔지니어링을 담당하는 것이다. 또한 사업주를 위하여 사업공정을 수립하고 종합 사업관리를 지원하며, 기기 구매, 시공, 시운전 등에 관련한 각종 기술을 지원함으로써 발전소 건설의 전단계에 걸쳐 핵심적인 역할을 담당한다. 이러한 A/E의 주요 수행업무는 다음과 같이 분류할 수 있다.

가. 설계(Design & Engineering) 업무

사업주의 요구사항, 발전소 부지의 특성, 원전 인허가 요건 등을 고려하여 발전소의 설계기준을 수립하고 발전소의 전체 구성 및 배치를 결정하며 각종 설계해석 및 계산을 통하여 설비계통과 구조물의 기본설계를 하고, 이를 바탕으로 각종 기자재의 구매와 시공·시운전을 위한 도면, 시방서, 매뉴얼 등과 같은 형태의 설계 결과물을 생산하는 것이 설계업무이다.

원전설계 과정은 매우 복잡하고 고도의 안전성이 요구되는 만큼 설계업무의 각 단계 및 과정을 체계화시켜 절차화하는 업무, 이를 확인하고 통제하기 위한 엄격한 품질보증 업무와 방대한 양의 설계 정보 및 자료를 효율적으로 처리·관리하기 위한 자료관리 업무도 설계업무의 일부로 빼놓을 수 없는 중요한 부분이다. 이러한 설계업무의 결과 물량은 매우 방대하여 1,700 종을 상회하는 설계 계산서, 약 300 종의 구매/시공용 시방서, 500 건 가량의 주요 보고서 및 약 7만건에 달하는 도면이 작성된다.

나. 종합사업관리지원 업무

종합사업관리는 국내의 경우 통상적으로 사업주가 책임 수행한다. A/E는 사업주를 대행하여 사업수행관리, 비용·투자관리, 공정관리, 자재추적관리, 자료관리 등으로 구분되는 각종 사업관리 체계 및 절차를 수립하고 전산 프로그램을 개

발하며, 운용단계에서도 사업주를 위하여 상당한 부분의 기술지원을 하게 된다.

다. 기자재 구매지원 업무

미국이나 다른 외국에서는 원전 기자재의 구매를 A/E에 대행시키는 것이 일반적이지만 국내의 경우는 사업주가 직접 구매업무를 수행하고 A/E는 구매에 관련된 기술업무를 수행한다. 따라서 보조기기에 관련하여서는 약 200개로 구분된 구매 단위별로 기술시방서(Specification)를 작성하고 입찰자의 응찰서에 대한 기술성 평가를 시행하며 구매계약서의 기술부분을 작성한다. 구매계약 체결 이후에는 약 6만건에 달하는 주기기 및 보조기기 공급자의 중요기술 자료를 접수하여 사업기술 요건의 부합 여부와 A/E 설계와의 연계를 검토·확인하고 제작중 공장검사, 출하검사 등으로 구분되는 공급자 품질검사 활동을 통하여 원전 건설에 사용되는 기자재의 품질확보를 직접 확인한다.

라. 건설관리 및 시운전지원 업무

건설관리 및 시운전 또한 사업주가 책임 수행하고 있으나 A/E가 종합기술업무를 담당하고 있는 만큼 여러 분야에 걸쳐 기술지원을 하고 있다. 사업 초기의 종합 시공계획 수립에 이어 중요 시공방법을 검토하며, 각종 중장비, 중량물 이동 계획 등을 수립하고 시공시의 각종 기술적인 문제점을 검토/해결하는 역할을 한다. 시운전에 관련하여서도 A/E는 상세 계획을 수립하고 각종 시험 및 시운전을 위한 지침서를 작성하며 시운전 과정에서 발생하는 여러 가지 기술적인 문제점의 해결을 지원한다.

마. 인허가 지원 업무

A/E는 사업주를 위하여 원전 건설과 관련된

각종 인허가 업무를 지원한다. 인허가에 관련된 국·내외의 각종 정보를 수집하여 분석하고 발전소 착공시의 건설허가를 위하여 부지 환경영향 평가보고서 및 예비안전성 분석보고서를 작성한다.

또한 설계 및 시운전 기간중 원자력 규제기관으로부터의 질의나 조치요구 내용에 대한 기술적인 해결방안을 제시하고 건설후 상업운전을 위한 허가를 위하여 최종 안전분석 보고서를 작성함으로써 인허가 기술지원을 담당한다.

2·2 원전 설계업무의 특성

원자력발전소는 지구상에서 인간의 힘에 의해 건설되는 설비 계통 및 구조물중 가장 안전성을 요구하는 만큼 이를 만족시키기 위한 설계업무 또한 기타 설비 설계업무와는 많은 차이가 있으며 그 주요 차이점은 다음과 같다.

가. 고도의 안전성

고도의 안전성을 제도적으로 관리하기 위하여 규제기관에서 제정한 각종 규제 법규가 설계요건으로 부과되며 이러한 설계요건을 만족시키기 위해서는 발전소가 안전하고 신뢰성있게 운전될 뿐 아니라 인간이 상상할 수 있는 거의 모든 가상적인 사고시에도 안전하게 발전소를 가동 중지시킬 수 있다는 것을 입증하여야 한다.

나. 설계의 고품질

고도의 안전성을 확보하기 위해서는 각종 기재나 설계결과물 품질의 완벽성을 요구하고 있다. 고품질의 유지를 위한 품질요건 및 업무체계가 철저화되어 설계, 제작, 시공 등의 건설관련 전업무과정에 종사하는 모든 사람이 따르도록 하고 있으며 절차서 이행 여부에 대한 내·외부의 정기 및 비정기적 확인 점검이 끊임없이 시행된다.

다. 자연 재해에 대한 고려

원전은 지진, 홍수, 태풍, 해일 등과 같은 자연의 재해를 충분히 고려하여 어떠한 재해를 당하더라도 사고로 연결되지 않게 설계되어야 하며 또한 각종 기기가 여러 가지 가상사고로 인한 가혹한 환경(고온, 고압, 습기, 방사선 등)에서도 신뢰성있게 동작하도록 설계되어야 한다.

라. 인간공학적 설계

발전소 운전중의 중대한 사고는 인간의 실수에 기인한 경우가 많은 바 운전원의 실수 혹은 오조작을 방지하기 위한 인간공학적 측면을 고려하여야 하며 운전 혹은 조작의 편의성 또한 최대한 고려하여 설계하여야 한다.

마. 방대한 설계 정보

원전의 규모가 크고 다수의 관련사들이 참여하고 있어 이에 따른 기술적인 연계가 복잡하게 발생되므로 설계정보의 양은 매우 방대하고 흐름 또한 상당히 복잡하다. 그러므로 이러한 설계 정보를 효율적으로 통제하기 위한 체계구축 및 관리업무도 간과될 수 없다는 것도 중요한 특성의 하나이다.

바. 철저한 준공상태 관리

발전소 운전 및 유지 보수를 원활히 하기 위해서는 시공이나 시운전, 기기 제작의 종료상태가 100% 정확하게 도면이나 기술사양서에 반영되어 사업주에게 이관되어야 한다. 따라서 국내의 일반 프로젝트의 설계 결과물이 시설물 준공전에 사업주에게 이관되는 관행과 달리 원전은 준공이 완료된 후의 실제 준공상태를 반영하여 이관되는 것이 일반적인 관행이다. 즉 종합 설계업무는 사업의 맨 처음 시작부터 최종 종료시까지 수행하

계 되어 있다.

3. 국내 원전설계 국산화 현황

국내의 원전설계 국산화 과정은 발전소 기자재 국산화 과정과 거의 유사한 과정을 따르고 있다. 그러나 설계 국산화 과정이 기자재 국산화와는 본질적으로 다른 문제임에도 불구하고 같은 범주로 보는 견해로 인하여 계약을 받는 경우도 있으며, 더구나 설계업무를 독립적인 영역으로 보지 않으려는 국내의 관행은 설계 국산화의 장애요인으로 작용하고 있다. 국내 원전설계 국산화 현황과 관련된 주요 현안은 다음과 같다.

3.1 국내 원전설계 국산화 과정

일반 산업설비나 첨단설비의 경우 하드웨어 제작기술의 국산화보다 이를 설계하는 소프트웨어 분야의 국산화는 상당히 늦게 추진한 경향이 많다. 국내 원전의 경우도 설계 국산화는 시공이나 기자재 국산화보다 늦게 추진하였지만 기술자립을 위한 지속적인 투자와 노력으로 현재는 그림 1에 나타낸 바와 같이 원전설계의 거의 전과정

을 국내 A/E 회사인 한기(주)가 주도할 만큼 상당한 수준에 도달하였다. 설계 국산화 과정은 편의상 그림 1과 같이 4단계로 구분하여 간략히 설명하기로 한다.

가. 턴키 발주단계(1970~1977)

1970년 6월 미국의 워싱턴하우스에 턴키방식으로 일괄 발주하여 경남 양산에 건설한 고리 1, 2호기가 우리나라 최초의 원자력발전소이다. 이어 5년 뒤인 1975년에 캐나다의 AECL사에 턴키방식으로 발주하여 경북 월성에 월성 1호기를 건설함으로써 우리나라에도 본격적으로 원자력시대가 도래되었다. 동년 10월에는 원자력연구소와 미국의 번즈앤드로(BURNS & ROE) 합작으로 한기(주)의 전신인 코리아 아토믹 번즈앤드로(주)가 설립되어 원전설계 기술의 국산화를 위한 기반을 마련하였다고 할 수 있다. 그 이후 1977년 4월에 한국전력공사가 대부분의 주식을 인수하여 오늘의 한기(주)로 이어졌다. 이 시기는 설계 국산화를 이룩하기 위한 준비단계로 사업주인 한전의 일부 기술자들이 건설 감리를 담당하였으나 우리나라 기술진의 원전설계 참여는 없었다.

나. 부분 참여단계(1978~1985)

이 시기는 설계국산화를 위한 본격적인 기술축적 단계로 볼 수 있다. 1979년 46명의 기술자를 벨기에의 벨가툼(Belgatom)사에 파견하여 1년간의 기술연수 과정을 수료하게 하였으며 총인원 90명 가까이를 1978년 5월과 1979년 10월에 각각 발주한 고리 3, 4호기 및 영광 1, 2호기의 종합설계용역 계약자인 미국의 벡텔(Bechtel)사에 파견하여 기본설계 엔지니어링 업무에 직접 참여하게 하고, 국내에서는 외국 기술자의 지휘 감독하에 상세설계를 수행토록 하였으며 1980년 11월에 프랑스의 프라마툼(Framatome)사와 알스툼(Alsthome)사에 아일랜드(Island) 베이스로 발

연 대	설계국산화 과정	해당호기
1977년 이전	턴키 계약	미참여 고리 1, 2호기 월성 2호기
1986년 이전	분할 발주 (외국사 주도)	부분참여 고리 3, 4호기 영광 1, 2호기
1989년 이전	분할 발주 (국내 주도)	상세 설계 영광 국내 주도 3, 4호기
1990년 이후	분할 발주 (국내 주도)	전 과정 올진 국내 주도 3, 4호기

해외 수행분 국내 수행분
<그림 1>

주한 울진 1, 2호기에도 동일한 방법으로 참여 범위를 확대함으로써 설계 경험과 기술을 본격적으로 축적토록 하였다.

다. 상세설계 국내주도 단계 (1986~1989)

1987년 4월에는 그간의 기술축적을 토대로 한 기(株)가 국내 최초로 원전 종합설계 용역의 주계약자로 선정되었으며 미국의 서전앤드런디(Sargent & Lundy)를 하청 계약자로 선정하여 부족한 부분의 기술을 보완토록 하였다. 한기(株) 용역 참여 인력의 약 15%에 이르는 서전앤드런디사의 기술자가 투입되었으며 퍼키시에는 약 120명 정도에 이르렀다. 통합설계팀(Integrated Project Team)을 구성하여 함께 설계업무를 수행하되 개념설계 및 기본설계는 서전앤드런디사가 주도하고 상세설계는 한기(株)가 주도하도록 역할 분담을 하였다. 영광 3, 4호기 주계약자로 선정된 1987년 당시의 설계 국산화율은 불과 63% 정도이었으나 영광 3, 4호기 용역 수행을 통하여 국산화율을 90% 정도로 대폭 향상시킬 수 있는 만큼 획기적인 발전을 하였다.

라. 전과정 국내주도 단계(1990~)

이어 1990년 10월에는 또다시 울진 3, 4호기 설계용역 주계약자로 선정되었으며 해외 하청계약자인 서전앤드런디사는 일부 기술자력이 미완료된 부분의 기술자문만을 담당토록 하여 다음 호기부터는 제작자 소유 기술관련 부분 등 일부를 제외하고는 국내기술만으로 원자력발전소를 설계한다는 원자력설계 기술자립 목표 달성을 위한 마지막 단계에 접어들게 되었다.

3·2 국산화 전망과 목표

현재 건설이 마무리 단계에 이르고 있는 영광

3호기의 경우 90% 이상의 설계 국산화율을 목표로 설정하고 있다. 그러나 실제로는 이보다 약간 상회하고 있으며 영광 3호기의 준공 시점인 1995년까지는 국산화율이 95%에 이를 것으로 예상하고 있다. 이는 기기 공급자 고유 영역에 해당하는 일부 계통설계 부분을 제외하고는 거의 국내 기술진에 의해 단독수행이 가능하다는 의미를 나타낸다. 그러나 원전 건설의 특성상 설계능력이나 기술자립 등이 특정 노형을 대상으로 하고 있기 때문에 노형이 변경될 경우에는 설계 자립 내지 국산화율이 하향되는 것은 불피하다.

3·3 설계 기술 발전의 장애요인

원자력발전소 설계 국산화율 제고를 위한 부단한 노력과 지속적인 투자로 설계기술 자립을 목전에 두고 있으나 설계기술의 완전 국산화를 이룩하고 선진외국을 앞질러 기술발전을 도모하는 데는 아직도 상당부분에서 장애요인이 발생되고 있는 것이 현실이다. 그 주요 장애요인을 열거하면 다음과 같다.

가. 기술개발 투자에 대한 인식 부족

설계 국산화를 이룩하였다 하더라도 국제적인 경쟁력을 갖추고 기술적인 우위를 점하기 위해서는 기술개발을 위한 투자와 노력을 게을리 하여서는 아니된다. 이와 같이 기술개발이 중요시되는 것은 설계국산화의 궁극적인 목표는 단순히 선진기술의 도입을 통하여 이미 개발된 기술을 습득하여 국내기술만으로 원전을 설계하는데 있는 것이 아니라 기존의 선진외국 기술을 앞질러 기술을 더욱 발전시키고 신기술을 개발하는데 있어야 하며 이렇게 하기 위해서는 배전의 투자와 노력이 요구된다. 그러나 국내 기술로 원전을 설계한다고 하여 기술개발 목표가 달성되었다고 오인되는 경향이 있으며 이제부터의 실질적이고 본격적인 기술개발을 위한 투자의 중요성이 단기적으로

가시적인 투자효과가 없다는 입장 때문에 간과되고 있음도 사실이다. 원자력발전소 설계 용역에 적용되는 기술료도 곧 하향 조정되도록 계획되어 있는 점도 이러한 인식의 부족에 기인한다고 생각된다.

또한 설계 전산화, 즉 CAD/CAE화의 목적이 새로운 기술개발과 기술개선 및 비용절감 등에 있으나 단지 전산설비를 이용한 도면 작성, 복제에 따른 비용절감만으로 인식되어 결국 기술개발이나 기술개선을 위한 투자의지를 감소시키는 요인이 되기도 한다.

나. 불합리한 대가 기준

첨단기술을 안전하게 사용하기 위해서는 상당한 기술능력과 지식, 또한 많은 경험을 갖춘 고직급자, 즉 20~25년 이상의 경력을 보유한 기술자를 필요로 하고 있으나 현재 과학기술처에서 고시하고 있는 직급기준은 대학 졸업후 12년 후면 모두 특급 기술자로 규정하고 있어 회사 경영상 고직급자 사용을 가능한 한 기피할 수밖에 없고 또 실지출 인건비와 정부 고시 단가와는 현격하게 차이가 있어 기술능력을 갖춘 경험인력 활용에 상당한 어려움을 겪고 있으며, 이러한 이유로 기술개발을 위해 사용토록 되어 있는 기술료의 거의 대부분을 인건비 차액 보전에 사용하고 있는 실정이다.

따라서 동일한 업무에 외국 기술자를 투입할 경우, 외국회사의 실임금을 기준으로 용역비를 보상토록 하고 있어 외국회사와의 기술 우위 확보 경쟁에서 국내 회사의 큰 장애요인이 되고 있는 실정이다.

다. 기술개발비 소요비용 조달 애로

원전 기술의 특성은 아무리 첨단기술이라도 그 안전성과 신뢰성이 확인되지 않으면 사용할 수 없다. 따라서 기술개발비가 다른 분야보다 훨씬

많이 투입되어야 함에도 불구하고 현실은 그렇지 못하다. 앞에서 언급한 바와 같은 이유로 인하여 우리나라의 기술용역회사는 막대한 기술개발비용을 감당할 만큼의 기업운영 이익을 실현하기가 매우 어렵다. 한기(株)의 경우 회사의 존립을 위해 필요한 극히 미미한 수준(2 내지 3%)의 이익 실현을 제외하고는 최우선적으로 기술개발에 투자를 하고 있으나 필요한 자금 규모에는 못 미치고 있어 소요자금 동원에 상당한 애로를 겪고 있는 실정이다.

3·4 설계기술 향상 방향

가. 개 요

선진외국 기술의 국산화에 이어 그들과의 국제 경쟁력을 확보하고 보다 우위의 기술발전을 도모하기 위한 기술개발 명제는 기술인력의 능력 향상, 기술 자료의 체계화 및 활용 효율 극대화과 설계 엔지니어링의 도구로 사용되는 전산기 등과 같은 설비의 최신허로 요약된다. 앞에서 언급한 여러 가지 어려움에도 불구하고 한기(株)는 이를 위한 장기계획을 수립하여 과감한 투자와 노력을 지속적으로 하고 있다.

인력의 기술능력 향상을 위하여 사내 기술대학원 제도(CEP : Continued Education Program)를 국내 최초로 도입하여 운영하고 있으며 국·내외에 걸친 다양한 전문교육 훈련 기회를 최대한으로 부여하고 실업무 수행을 통하여 가장 효과적으로 기술을 습득하고 향상시키기 위한 인사관리도 게을리 하지 않고 있다.

기술자료의 효율적인 입수 및 활용을 위하여 국·내외 및 사내의 각종 기술자료를 중앙집중식으로 관리하고 설계경험 자료를 체계적으로 정리하여 자료화하고 현재 표준화가 완료된 각종 설계과정 및 결과물의 신기술 적용 및 개선을 위한 작업도 더욱 박차를 가할 계획이다.

주로 전산기로 대표되는 설계 업무를 위한 설비로는 UNYSIS 1100 1대 및 HP 3000 2대를 설

계 계산, 해석을 위한 주전산기로 사용하고 약 80대에 달하는 Work Station과 PC-CAD를 이용하여 CAD를 수행하고 600대(직원 3명당 1대)가 넘는 PC는 LAN을 구성하여 다목적으로 사용하고 있다. 앞으로도 필요에 따라 계속 확충해 나갈 예정이다. 설계자료의 보관과 재생수단으로 광디스크를 근간으로 하는 첨단설비도 조만간에 도입할 계획이다.

나. 설계기술 향상과 전산화

설계 전산화의 확대는 앞서 개략적으로 언급한 설계기술 향상방안의 실현을 위해 추진하여야 하는 핵심적인 기술개발 과제로 생각된다.

설계업무란 다양한 정보 출처로부터 각종 필요 정보를 적기에 입수하고 이를 활용하여 계획된 직무를 수행하며 그 결과를 다른 형태의 정보로 재생산하여 주어진 목적을 위해 사용하게 하는 일련의 정보처리 과정이라 할 수 있으며 원자력 발전소 설계는 관련된 정보의 물량이 타 산업분야에 비해 압도적으로 많고 그 유형도 매우 다양하며 흐름 또한 매우 복잡하여 전산화의 획기적인 확대를 통한 정보관리의 최적화를 도모하지 않고는 21세기가 필요로 하는 기술발전을 이룩할 수 없을 것으로 생각하기 때문이다. 또한 최근의 전산기술의 급속한 발전으로 선진외국에서는 통합 설계 전산화로 일컬어지는 차세대의 전산이용 설계에 대한 연구가 상당한 수준까지 진행되어 이 분야의 기술개발을 게을리하여서는 그들과의 경쟁에서 도태될 것이기 때문이다.

4. 설계 전산화 현황과 전망

4.1 설계 전산화의 정의

좁은 의미의 설계 전산화는 주로 전산기를 사용하여 설계 계산 및 해석(CAE)을 수행하고, 도면을 작성·생산(CAD)하는 것에 국한된다. 반면

근래에 많은 연구가 되고 있는 넓은 의미의 설계 전산화는 발전소의 설계 초기부터 운전 종료후의 폐기단계에 이르기까지의 모든 단계의 기술 및 관리업무를 통합된 전산체계로 통제·관리하는 시스템이라 할 수 있다. 본고에서는 주로 이러한 원전에 관련된 통합 전산이용 설계(ICAE)로 총칭되는 넓은 의미의 설계 전산화의 현황과 전망을 소개하고자 한다. 편의상 이를 “통합 설계 전산화”로 정의하고, 근래에 들어 흔히 사용되는 설계 전산화에 관련한 영문 용어 및 약어를 다음과 같이 정의하고 사용하기로 한다.

- CAD : Computer Aided Drafting
- 3D-CAD : 3 Dimentonal Computer Aided Drafting
- CADD : Computer Aided Design & Drafting
- CAE : Computer Aided Engineering
- CAM : Computer Aided Manufacturing
- ICAE : Integrated Computer Aided Engineering

4.2 설계 전산화의 범위

설계 전산화의 범위는 설계 계산 및 도면의 작성을 비롯하여 종합사업 및 공정관리, 설계 자료 및 정보관리, 구매 및 자재관리, 시공 및 시운전관리, 운전 및 보수관리와 플랜트의 폐기에 이르기까지의 발전소 전주기의 업무를 그 대상으로 하며 사무자동화 개념까지도 포함한다. 즉, 각 업무단위별 전산화 개념으로부터 탈피하여 통합 전산 이용 설계(ICAE) 개념의 통합 설계 전산화로 그 범위가 확대되고 있다.

4.3 설계 전산화 현황

가. 개 요

1960년대 전산기가 최초로 개발되어 실업무에 적용된 이래 전산기 성능의 급속한 발전과 가격의 하락은 전산기의 이용을 급팽창시켰으며, 설계

전산화를 급속도로 보급시키고 발전시키는 계기가 되었다. 통상의 도면 작성에 이용되는 2차원 CAD는 이제 국내에서도 그 사용이 보편화되었고 1970년대 말기부터 일부 소프트웨어회사가 범용 CAD 시스템이라는 3차원 설계(3D-CAD) 시스템을 개발하여 판매를 시작한 이래 이 분야에 대한 기술발전과 실업무 적용도 급속히 확대되고 있는 추세이다. 원전 건설 및 운용과 관련하여서는 이보다 한 걸음 앞서 발전소 부지 선정에서부터 폐기에 이르기까지의 발전소 전주기에 걸친 모든 업무를 대상으로 한 통합 설계 전산화를 위하여 많은 연구와 노력을 기울이고 있다. 과거에 타 산업의 발전을 주도한 원자력산업이 이제는 설계전산화 분야에서 선도적인 역할을 하고 있다고 할 수 있다.

나. 국외 현황

CAD/CAE와 같은 전산이용 설계 전산화는 이미 그 이용이 보편화되었고 이러한 CAD/CAE의 대폭 확대는 발전소 설계 전반에 걸쳐 많은 도움을 주었으나 이제까지의 설계전산화는 각 업무단계별로 단편적으로 이루어져 동일 데이터의 중복 입력에 따른 비경제성, 다중입력에 따른 불일치성, 데이터 교환의 난이성 등과 같은 문제점을 내포하고 있어 이를 개선하여 훨씬 효율성이 높은 설계전산화를 실현시키기 위한 많은 연구와 노력을 기울이게 되었다. 미국의 전력연구소 EPRI (Electric Power Research Institute)는 1983년 이러한 목적을 위한 연구를 후원하고 1987년에는 원자력발전소를 모델로 하여 발전 플랜트의 통합 전산이용 설계(ICAIE) 적용 개념을 보고서(EPRI NP-5159M, Project 2514-3, Final Report 참조)로 발행하였다. 이 보고서는 최신의 정보공학(Information Engineering) 이론을 이용하여 플랜트 정보 네트워크(Plant Information Network, PIN)라는 중앙집중관리가 가능하고, 데이터가 공유될 수 있는 매우 효율적인 플랜트 정보 공유체

계를 구축하여 이를 이용한 설계 및 발전소 운용 전산화를 실현한다는 내용을 포함하고 있다. 이와 같은 움직임에 따라 미국 등의 우수 기술용역회사들은 이 분야의 연구에 많은 노력을 기울이고 있다. 일례로서, 언급한 EPRI 연구 용역에 선도적으로 참여하였던 듀크 파워(Duke Power-설계 엔지니어링을 자체 수행하는 전력회사임)사는 1988년부터 3년간에 걸쳐 현재 운전중인 한 원자력발전소를 대상으로 하여 설계, 구매, 시공, 운전 및 보수·유지 업무에 활용할 수 있도록 시도하고 있으며 다음에 건설하는 발전소의 설계에 응용하기 위한 연구를 계속하고 있다.

다. 국내 현황

1980년 초에 한양엔지니어링이 IBM 시스템에서 작동되는 CAD/CAM 시스템을 도입하여 업무에 적용한 것이 설계 용역업체에 설계전산화를 실업무에 적용한 효시인 것으로 추정되며, 이후 1984년 7월에 한기(주)에서 인더그래프사의 PDS (Plant Design System)를 도입하여 설계 용역업체 최초로 본격적인 다목적 범용 CAD/CAE 시스템을 설계업무에 적용하기 시작하였다. 외국에 비해서는 상당히 뒤떨어진 출발이었으나, 국내의 개인용 전산기의 급속한 보급 확대와 기능의 향상으로 CAD/CAE 기술은 새로운 전기를 맞이하게 된다. 1987년경 IBM-PC AT급 사용의 보편화에 이어 SUN, APPOLO 등의 워크스테이션 및 IBM-PC 등의 개인용 전산기 기능향상과 가격의 인하 및 Network 기능의 향상으로 이제 거의 모든 설계 용역회사들은 제도관을 치우고 CAD 장비를 설치하는 추세에 와 있다. 그러나 대부분의 경우 2차원 CAD를 이용한 도면작성과 광과일 등을 이용한 도면, 서류들의 보관 및 복제 등에 초점이 맞추어져 있으며, 해외 기술용역회사들이 추진하고 있는 진정한 의미의 통합 설계 전산화(ICAIE)를 본격적으로 연구·개발하고 있는 회사는 거의 없는 것으로 알고 있다.

4·4 원전 설계전산화의 전망

가. 설계에서 운전관리까지

통합 설계전산화의 적용분야는 언급한 바와 같이 발전소의 전주기 모든 업무가 총망라된다. 이중 대표적인 적용분야는 3D-CAD라 불리는 삼차원 도면의 작성이다. 삼차원 도면은 기존 도면(2차원)의 개념을 혁신하는 것으로서 이제까지 다수의 도면으로 분산하여 나타나던 정보가 3차원의 통합정보로 일체화되고 2차원의 기호화된 도형으로 나타나던 과정에서 누락되는 정보를 빠짐없이 표현할 수 있으며 필요한 정보만을 추출하여 사용목적에 부합되는 모델로 변환하여 사용할 수 있는 등의 이점이 있다. 이러한 특성을 이용하여 매우 복잡한 배관이나 전선로 설계시 삼차원 입체영상을 통하여 최적 배치, 상호 간섭, 건설 및 보수공간 확보 등의 검토도 매우 용이하게 수행할 수 있다. 또한 방사능 지역의 기기 보수작업시 영상 워크다운(Walkdown)을 통하여 사전기술 검토 및 보수자 사전훈련을 효과적으로 수행할 수 있으며, 지진이나 열응력에 의한 기기 진동을 동적인 영상으로 나타내어 시뮬레이션하여 볼 수 있는 등 그 이용이 매우 다양하다.

기존의 전산화된 설계 계산이나 해석도 플랜트 정보 공유체계에 의한 정보의 공유 및 응용 프로그램의 연계로 그 기능 및 효율성을 크게 제고시킬 수 있다. 예를 들면 배관설계를 위한 응력 해석을 기존 전산화 프로그램을 이용하여 수행하는 경우 회사 내·외부에 걸쳐 분산되어 있는 자료 출처로부터 필요한 데이터를 수집하여 전산에 입력한 후 응력 해석을 수행하고 이 결과를 이용하여 별도의 노력으로 도면을 작성하였으나, 통합 설계 전산화를 적용하면 공유 데이터 베이스로부터 필요 자료를 최신의 것으로 자동 입력받고 필요한 신규 데이터를 추가 입력하여 응력해석을 수행하고 관련도면은 3차원으로 즉시 출력할 수 있게 된다. 특히 최초 응력해석 수행후 일부 데이터에 변경이 발생하는 경우 매우 용이하게 재작

업 과정을 수행할 수 있을 것이다.

이외에도 구매 물량관리, 재고관리, 시공관리 등에 응용할 수 있으며 발전소의 보수 및 운전분야에도 그 확대가 가능하며 행정적인 사항도 관리대상에 포함시킬 수 있어 그야말로 발전소 전주기의 모든 업무에까지 그 적용을 확대시켜 나갈 수 있으리라 생각한다.

나. 컨피규레이션 매니지먼트(Configuration Management) 시스템

근래에 들어 원전의 안전성 및 신뢰성이 더욱 강조가 되면서 미국의 원자력 규제기관은 최초의 설계상태로부터 시공, 운전, 보수에 이르는 기간을 통하여 모든 변경사항을 정확히 추적하고 손쉽게 검색할 수 있는 시스템 즉, 컨피규레이션 매니지먼트 시스템의 운영을 권고하였다. 이는 발전소의 전 수명기간을 통하여 정확한 설계정보의 이용을 보증하기 위한 시스템으로 이를 위한 체계구축은 결국 통합 설계 전산화와 거의 방향을 같이 하게 된다.

또한 앞에서 언급한 EPRI의 연구 결과를 긍정적으로 평가한 미국의 원자력규제기관은 차세대 원자력설계에 대하여 전산 이용 설계검토(Computer Aided Review)의 적용을 적극적으로 검토하고 있는 것으로 알려졌다(NRC 내부 문서 SECY-91-226, 1991. 7. 29, "NRC Use of Computer Graphic Aided Review for Advanced Reactor Design and Nuclear Facilities 참조). 이러한 추세를 감안할 때 향후 원전산업에는 통합 설계 전산화의 적용이 필연화될 것으로 전망하며, 타 산업분야에도 폭넓게 파급되리라 예상한다.

4·5 한기(주)의 설계전산화의 방향

가. 현 황

세계 최정상급의 선진 기술용역회사로의 도약을 목표로 하고 있는 한기(주)는 근래에 들어 더욱 강

조되는 원자력의 안전성 확보와 대폭 강화된 규제요건을 만족시키고 원전 설계 품질의 완벽성을 제고하기 위하여 ICAE 개념의 설계전산화를 실현시키기 위한 많은 노력과 연구를 하고 있다. 모든 설계 도면의 CAD화가 거의 완성단계에 와 있고 ICAE 개념의 설계전산화 준비작업의 일환으로 업무 분류의 체계화·절차화를 완료하였으며 설계자료의 중앙집중식 관리체계를 수립 가동하고 있으며, 사무 전산화, PC-LAN의 구성 등을 포함한 설계업무의 전산화도 대폭 확대하고 있다.

나. 추진방향

1991년 12월에 원전 설계 경험이 풍부한 기술자 14명으로 구성된 “설계전산화 개발반”이라는 타스크 포스팀을 조직하여 ICAE 적용과제를 중심으로 설계업무의 전산화 방향을 체계적으로 연구·검토하기 시작하였다. 한시적인 조직이 아니라 한기(株)의 설계전산화 방향 설정을 위한 기본 사항 검토에 이어 한기(株)에 적용할 모델 개발, 시스템 구성, 실설계에의 적용 그리고 그 이후의 관리 및 개선에 이르기까지의 모든 관련업무 추진의 중심점 역할을 하도록 하여 업무의 전문성, 계속성 및 일관성을 유지토록 할 계획이다.

이미 ICAE 구축 기본계획 수립을 완료하고 앞에서 언급한 EPRI 연구내용과 유사한 플랜트정보 공유체계를 구축하여 이를 바탕으로 원자력발전소 종합설계 업무에 적용할 ICAE의 실현을 도모하도록 계획하고 있다.

이러한 통합 설계 전산화 추진의 문제점으로는 정보공유체계 구축과 각종 전산 하드웨어 및 소프트웨어의 통합화에 따른 막대한 비용의 소요와 통합 설계전산화로의 전환 과도기 업무수행에 다소간의 지장을 초래한다는 점이다. 현행의 업무체계를 유지하면서 점진적으로 적용의 확대를 추진토록 하여 과중한 투자 부담이나 과도기 업무수행의 어려움을 경감시키도록 계획하고 있으며 무엇보다도 우리나라 여건에 가장 잘 부합될 수 있

는 형태로 개발하여 추진후의 효과를 극대화하는데 주안점을 두고 있다. 또한 통합 설계 전산화 체계구축에 따른 이익은 기술용역회사에 국한되는 것이 아니라 발전소의 시공, 운전, 보수, 유지를 담당하는 사업주에게도 업무의 효율성 향상, 품질 및 안전성의 제고와 더불어 상당한 운전비용의 절감효과를 가져다 주므로 사업주의 지원과 선투자도 고려되어야 할 중요한 사항이다.

5. 맺는말

본고에서 살펴본 바와 같이 원전설계의 국산화율은 곧 자립수준에 이를 것으로 예상하나 이것으로 우리의 목표가 끝나지는 않는다. 국산화를 이룩하였다는 의미는 이제 겨우 선진외국 기술용역회사가 기본적으로 가지고 있는 기술능력에 거의 접근하였다는 의미에 불과하므로 그들의 기술발전을 앞질러 보다 향상된 기술 및 사업수행 능력을 보유하고 우위의 경쟁력을 확보하기 위해서는 국산화에 이어 세계 최고화를 목표로 설정하지 않으면 안된다. 이러한 세계 최고화의 목표 달성을 이룩하기 위한 기술향상의 가장 효과적인 방편이 통합 설계전산화로 인지되며 이를 통하여 원전설계 품질의 향상, 안전성 및 신뢰성의 제고, 성능 및 효율의 향상 그리고 장기적인 관점에서의 경제성 제고를 이룩할 수 있다고 믿어진다. 그러나 설계전산화를 협의로 해석하여 전산설비를 이용한 도면작성과 복제 정도로만 인식하여 지나치게 투자비나 인건비와 같은 비용 절감의 방향으로 추구하면 기술의 답습 혹은 퇴보를 가져오고 국제 경쟁력을 약화시키게 되며 기술용역업과 같은 국내의 지식 산업의 위축으로 연결될 것이다.

본고에 소개한 내용이 국내의 기술용역업계 혹은 관심있는 회사의 설계전산화 방향 설정에 도움이 되기를 바라며 아울러 프로젝트를 발주하는 사업주들의 이해를 증진시키는 계기가 되기를 희망한다.