

원자력발전소 설계의 기술기준 적용일에 대한 고찰

박순희, 최현호, 한규성, 김인식, 손갑현

한국원자력연구소

요 약

원자력발전소는 화력, 수력발전소 및 화학플랜트와는 다르게 안전성을 최우선적으로 고려하여 건설되어야 하므로 이의 설계 및 제작에 코드 및 기술기준이 엄격하게 적용되고 있다. 기술기준은 산업이 발달함에 따라 해마다 개정되고 있는 바, 이를 건설중인 원자력발전소에 반영하기 위해서는 건설공기에 미치는 영향과 설계변경에 따른 기기 제작비용의 상승 등을 고려하여야 한다. 1995년 및 1996년부터 상업운전을 시작한 영광3호기 및 4호기와 현재 건설중인 울진3,4호기 원자로 계통설계에는 개정된 최신 기술기준이 거의 적용되지 않았으며, 설계에 반영하여야 할 필요성이 대두되거나 혹은 규제기관의 요구에 의하여 변경된 기술기준을 적용하여야 할 경우 사업자를 포함한 국내 관련사간의 협의를 통하여 타당성을 평가한 후 설계를 변경하는 것이 일반적인 관례였다. 본 논문에서는 원자력발전소 설계의 기술기준 적용일 결정에 대한 법적 요건 및 국내외 기술기준 적용일 사례를 살펴보고, 원자력발전소 설계에의 기술기준 적용일 결정의 필요성과 기술기준 적용일을 결정하여야 할 경우 적절한 기술기준 적용일 선정방법 등을 분석하였다.

1. 서론

원자력발전소 설계에 있어서 기술기준은 인허가 및 원자력 발전소 설계의 적합성, 안전성 및 건전성 확보를 위한 기준이며, 이들 기술기준을 근간으로 일반 설계기준이 수립된다. 또한, 기술기준은 사업자와 설계자간의 계약의 기본이 되며, 사업자로부터 설계문서의 승인을 득할 때 기술기준이 계통 및 기기의 설계기준이 되기 때문에 이를 사전에 지정해 놓음으로써 사업자가 설계문서를 검토하는데 많은 시간과 노력을 줄일 수 있고, 또한, 규제기관과 사업자간의 의사소통을 원활하게 해주는 매개체로 활용되고 있다. 따라서, 기술기준 적용일은 사업자나 설계자에게 중요한 요소로써 최적의 기술기준 적용일을 선정함으로써 인해 설계 및 제작비용의 상승과 원자력 발전소 건설공기 지연을 미리 방지할 수 있으며 또한, 기술적인 연계사항을 줄일 수 있는 도구로 사용될 수 있다. 최적의 기술기준 적용일 선정은 사업관리 측면에서도 중요한 사항이며 원자력 발전소 설계초기에 사업에 가장 적합한 기술기준 적용일을 선정하여 원활한 설계가 되도록 해야한다. 따라서, 본 논문에서는 원자력 발전소 설계에 적용되는 기술기준 적용일에 대한 법적 요건 및 국내외 기술기준 적용일 사례를 검토한 후 최적의 기술기준 적용일 선정방법을 도출하고자 한다.

2. 본 론

국내의 원자력 법규 및 인허가 절차

국내에서 원자력발전소 설계에 적용하고 있는 법규는, 그림 1과 같이, 상위법으로 원자력에 관한 기본사항을 규정한 원자력법과 원자력법 시행에 필요한 제도적, 기술적, 행정적 사항을 규정한 원자력법 시행령(대통령령), 원자력법 및 시행령의 시행에 필요한 사항을 규정한 시행규칙(총리령) 및 기술기준 및 절차에 관한 사항을 세부적으로 규정한 과학기술처 고시가 있다. 기술기준은 규제기관에서 안전성을 평가하기 위한 안전기준과 일반산업분야에 적용되는 산업기준이 있다.

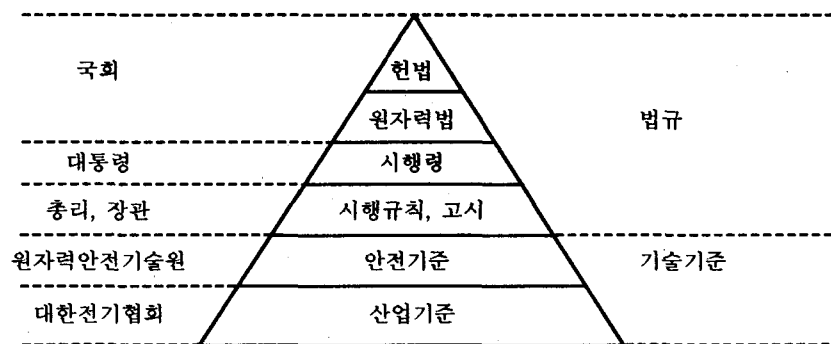


그림 1. 국내의 법규 및 기술기준

우리나라에서의 원자력발전소 설계는 우리나라 및 미국의 기술기준을 준수하고 있으며 서로 상충될 경우 사업자와 설계자간의 토의와 협의를 통하여 적용대상을 결정하되 보다 엄격한 요건을 적용하도록 되어 있으나, 거의 대부분의 기술기준은 미국의 연방법, 규제지침 및 기술기준을 준용하고 있다. 이러한 상황을 탈피하기 위하여 1980대 말부터 단계별로 전력산업 기술기준을 작성하고 있으며 2000년대 초에는 우리의 기술기준이 완성되어 우리의 기술기준에 따라 발전소를 설계할 수 있을 것으로 보인다. 이러한 계획대로 우리의 기술기준이 완성된다 하더라도, 현재 우리 나라 원자력발전소에 적용하고 있는 미국의 기술기준이 해마다 개정되고 있듯이, 산업이 발달함에 따라 우리의 기술기준도 이에 보조를 맞추어 지속적으로 개정되어야 한다. 참고로, 우리 나라의 원자력 법령체계는 표 1과 같다.

또한, 설계자는 지속적으로 개정되는 기술기준을 준수하여 원자력발전소를 설계하기 위해서 기술기준 변경에 따른 경제성 및 공사기간의 지연 등의 영향 분석을 적기에 수행하여야 한다. 이러한 일련의 과정을 거친 후 사업자가 개정된 기술기준을 적용하도록 결정하더라도 현실적으로는 원자력발전소 건설사업이 계속 진행되고 있기 때문에 이의 반영이 불가능할 수도 있다. 이러한 현실에서 사업자, 설계자 및 규제기관이 서로 수용 가능한 기술기준 적용일에 대한 개념을 정립하여야 할 필요성이 있다. 참고로, 우리 나라의 인허가 절차는 표 2와 같이. 건설허가 및 운영허가의 2단계로 구분되어 있으며, 사업자는 부지조사 보고

표 1. 원자력 법령체계

범 령	기 본 성 격	기술기준 관계 규정
원자력법	원자력개발과 안전규제에 관한 기본사항을 규정	<ul style="list-style-type: none"> ● 기술기준의 근거를 규정 ● 원자로의 건설 및 운영 ● 원자로 및 주요 부품의 생산 ● 핵연료주기사업 및 핵물질 사용 ● 방사성물질 등의 폐기
원자력법 시행령	원자력법 시행에 필요한 제도적, 기술적, 행정적 사항을 규제	<ul style="list-style-type: none"> ● 원자로시설의 위치, 구조, 설비, 성능 및 운영기준 ● 원자로시설의 품질보증계획서 작성에 관한 기준 ● 핵연료주기사업 및 핵물질 사용에 관한 기준 ● 방사성동위원소 사용에 관한 기준
원자력법 시행규칙	원자력법 및 시행령의 시행에 필요한 사항 규정	<ul style="list-style-type: none"> ● 안전성분석보고서, 환경영향평가서 및 설계관련자료 작성에 관한 기준 ● 방사성물질 등의 운반, 포장 및 폐기에 관한 기준 ● 방사선구역설정과 방사선량측정에 관한 기준
고 시	기술기준 및 절차에 관한 사항을 세부적으로 규정	<ul style="list-style-type: none"> ● 방사선량 등에 관한 기준 ● 환경영향평가서 작성지침 ● 운영기술지침서 작성지침 ● 원자로 및 관련시설의 품질보증에 관한 기준 ● 원자력발전소 주변환경조사 지침 ● 핵연료검사에 관한 기준 ● 원자로시설의 위치, 구조 및 설비에 관한 기준

표 2. 원자력발전소의 인허가 내용

단계	사업자	규제기관	정부
부지제한 공사승인	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부지 사전승인 신청 -부지조사보고서 ○ 제한공사승인신청 -정밀지질조사보고서 ○ 제한공사 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전성심사 -심사보고서 ○ 안전성심사 -심사보고서 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 부지 사전승인 ○ 제한공사 승인
건설허가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설허가 신청 -환경영향평가서 -예비안전성분석보고서 -답변서 및 보완자료 -품질보증계획서(건설) ○ 건설, 설치공사 -건설자료 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전성심사 -심사보고서 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자력위원회 심의 ○ 건설허가 발급 (또는 조건부) -필요시 보완, 시정명령
운영허가	<ul style="list-style-type: none"> ○ 운영허가 신청 -운영기술지침서 -최종안전성분석보고서 -답변서 및 보완자료 -품질보증계획서 ○ 상업운전 ○ 정기검사 신청 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 안전성심사 -심사보고서 -심사결과 이행사항 검사 ○ 정기검사 -검사보고서 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 원자력위원회 심의 ○ 운영허가 발급 (또는 조건부) -필요시 보완, 시정명령

서 및 정밀지질조사 보고서를 규제기관에 제출하여 건설허가 이전에 제한된 범위의 기초공사를 하도록 승인 받을 수 있는 제한공사 승인제도가 있다. 한편 최근 미국에서는 건설, 운영 통합인허가를 위한 인허가절차(10 CFR Part 52)를 신설하였으며, 우리 나라에서도 연구용 원자로에 대하여는 원자력법 제33조, 시행령 제44조 및 시행규칙 제26조에 따라 통합 인허가를 허용하고 있다. 현재 우리 나라의 인허가 관련 지침으로는 원자력 발전소의 계통(system), 기기(component)의 설계 및 안전해석에 대한 검토범위, 허용기준, 검토 절차 및 평가결과 작성 등에 대해 원자력 규제기관에서 USNRC의 SRP(Standard Review Plan)를 참조하여 작성, 발간한 안전심사 지침서가 있다[1].

기술기준 적용일에 대한 요건

미국의 기술기준 적용에 대한 요건을 살펴보면, 연방법인 10CFR50.55a[2]에는 Reactor Coolant Pressure Boundary내의 구조물, 계통 및 기기는 ASME NCA-1140[3]을 따르고, 발전소의 보호계통은 안전 관련 성능 및 신뢰도에 대한 최소설계요건을 기술하고 있는 IEEE 279[4]를 따르도록 요구하고 있다. ASME NCA-1140에는 건설허가(Construction Permit) 신청 접수일(Docketing Date)로부터 3년이 경과되지 않은 Code Edition 및 Addenda를 발전소 설계에 적용하도록 요구하고 있고, IEEE 279에는 건설허가 신청 접수일에 유효한 발전소 보호계통의 기술기준을 적용하도록 요구하고 있다. 참고로, ASME Code의 작성 및 개정을 위하여 Boiler and Pressure Vessel Committee는 정기적으로 모임을 갖고 3년마다 Code Edition을 발행하며, 매년 말에 Addenda를 발행하고 있다. 인허가 측면에서는 건설허가 신청 접수일을 기준으로 6개월 이전에 유효한 규제지침서(Reg. Guide)를 적용하도록 하고, Unresolved Safety Issue(USI), Generic Safety Issue(GSI), 및 TMI조치사항 등의 기술적 해결방안은 운영허가 신청일을 기준으로 6개월 이전에 유효한 NUREG 0933 Supplement를 적용하도록 하고 있다.

한편, 국제원자력기구(IAEA)에서는 기술보고서[5]를 통해 기술기준일 선정의 중요성을 강조하고, 이 기술기준일 선정의 참조일자는 일반적으로 입찰안내서 발송일(Date of bid invitation)이 된다고 기술하고 있다.

원자력발전소의 설계 및 제작에 적용되는 기술기준일의 선정은 사업주와 발전소건설에 참여하는 업체들간의 계약방식에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 미국의 경우 원자력 발전소 건설시에는 건설허가 신청 접수일 기준으로 10CFR50.55a에 따른 기술기준을 적용하고 있다. 즉, 원자력발전소 건설을 위한 계약체결 시 별도의 기술기준 적용일을 정하지 않는다. 만약 기술기준이 개정될 경우 사업자와 설계자간의 운전성, 보수성, 경제성 등 영향평가를 수행한 후 개정판 적용에 대한 장점이 있다고 판단되면 사업자는 개정판 적용에 대한 추가 설계비를 보상하고 개정된 기술기준을 적용하고 있는 것이다. 유럽에서도 미국과 유사한 형태로 발전소 건설의 기술기준을 적용하고 있다. 기술기준 적용일과 관련된 요건을 요약하면 표 3과 같다.

표 3. 기술기준 적용일 관련 요건 요약

관 련 요 건	내 용 요 약
- 10CFR50.55a	- Reactor Coolant Pressure Boundary내의 구조물, 계통, 기기는 ASME NCA-1140 준수 - 보호계통은 건설허가 신청 접수일에 유효한 IEEE 279 준수
- ASME Sec. III Div. 1 NCA-1140	- 건설허가 신청접수일 기준 3년이내 기술기준 적용
- IAEA 기술보고서	- 입찰서 제출시점의 기술기준 적용

기술기준 적용일 현황

미국의 ABB-CE사가 미국 에너지성(DOE)의 표준원전정책의 일환으로 설계한 SYSTEM 80+는 최근 에 미국 원자력 규제위원회(NRC)로 부터 최종설계승인(FDA)을 발급받았고, 현재 설계인정(DC)을 신청해 놓고 있는 원자로형으로서 여기에는 이 노형의 안전성 분석보고서인 CESSAR(CE Standard Safety Analysis Report)에 기술되어 있는 기술기준이 적용되고 이 기술기준에 의해 수행된 설계는 설계인정을 접수받은 시점으로부터 15년간 유효하도록 되어 있다. 참고로, ABB-CE형 원자력 발전소에 적용된 기술기준 현황은 표 4와 같다.

한편, 국내 원자력 발전소에 적용된 기술기준 적용일과 건설허가 및 계약일은 표 5와 같다. 표에서 보듯이 국내에서는 건설허가 신청 접수일을 기준으로 3년 이내의 기술기준을 적용하였으며, 기술기준 적용 일 이후에 변경된 기술기준은 사업자와 설계자가 이의 반영에 따른 영향을 평가 한 후 경제성이 있다고 판단된 경우에만 관련사간 협의 하에 계약변경으로 처리하여 변경된 기술기준을 반영하고 있다.

표 4. ABB-CE형 원자력발전소의 기술기준 적용현황

	건설허가 신청	건설허가	기술기준 적용
PVNGS	'74. 10. 7	'76. 5. 25	-
SONGS 2&3	'70. 5. 28	'73. 10.18	-
SYSTEM 80+	-	-	CESSAR와 동일 (DC시점으로부터 15년간 유효)

표 5. 국내 원자력발전소 기술기준 적용일

구분	기술기준 적용일	건설허가 신청일	건설허가일	주기기 계약일
영광1,2호기	'79. 3.31	'80.11. 3	'81.12.17	'79.10.10
울진1,2호기	'80. 8. 1	'82. 7. 2	'83. 1.25	'80.11. 7
영광3,4호기	'85.12.31	'88. 5. 1 *b1w*p-1y	'89.12.21	'87. 4. 9
울진3,4호기	'89.12.31	'91.11.28	'93. 7.16	'91. 7.22
영광5,6호기	'93.12.31	'95. 8.19	'96. 8(예상)	'95. 3.29
울진5,6호기	'94.12.31	'96.6(예상)	'97. 8(예상)	'96.12(예상)

3. 결 론

원자력 발전소의 설계 및 제작에 적용되는 법령 및 기술기준과, 기술기준 적용일 선정에 따른 외국 및 국내의 예를 분석하였다. 기술기준일의 선정은 관련 법규에서 지정하고 있는 조건을 준수하여야 하나 이를 만족할 경우 어느 특정일의 선택은 사업주와 설계자 혹은 제작자간의 경제적인 문제를 고려한 상업적 판단에 의한 것으로 사료된다. 또한, 이는 계약방식에 의해서도 결정되며 이는 우리나라와 미국이 서로 다른 형태의 계약체계를 가지고 있음에 따라 기술기준 적용의 개념이 상이한 것으로부터 찾아볼 수 있다. 따라서, 현재 우리나라에서 수행하고 있는 원전건설 사업과 같은 계약방식을 계속 채택할 경우에는 우리나라에서 준용하고 있는 미국의 요건에 준하여 건설허가 신청 접수일을 기준으로 3년 이내의 기술기준을 적용하여야 할 것으로 판단되며, 추후 설계 기술자립이 완성 될 때에는 기술기준 적용일을 정하지 않고 가능한 최신의 기술기준을 적용는 것이 국제경쟁력을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. "안전심사지침서", 한국원자력안전기술원, KINS-G-001, 1992
2. "Codes and Standards", 10CFR50.55a, 1992
3. ASME Sec. III, Div. 1, NCA-1140 "Use of Code Editions, Addenda, and Cases", 1986
4. "Criteria for Protection Systems for Nuclear Power Generating Stations", IEEE 279, 1971
5. "Bid Invitation Specifications for Nuclear Power Plant", IAEA Technical Report 275, 1988