



# APR 1400의 표준 설계 인가

이 재 훈

한국원자력안전기술원 신형로평가실장

**정**부에서는 2001년 7월 25일 원자력법 시행규칙을 개정 공고함에 따라 2001년 1월 16일 개정 공고된 원자력법에서 도입한 표준 설계 인가 제도를 새로운 인·허가 제도로 시행할 수 있게 되었다. 이에 따라 신고리 3·4호기로 건설을 추진중인 신형 경수로 1400(Advanced Power Reactor 1400 : APR 1400)의 표준 설계 인가를 위한 심사가 진행중이다.

표준 설계 인가 제도는 기존의 건설 허가 및 운영 허가 체제의 원전 인·허가 제도에 추가하여 사업자에게 신규 인허가 절차를 부과하는 것이 아니라 표준 설계 원전으로 반복 건설을 하고자 할 때 사업자가 선택할 수 있는 선택적인 절차로서, 표준 설계 부분에 대한 중복 심사를 배제하여 인허가 절차를 간소화할 수 있도록 새로운 제도를 도입하는 것이다.

여기에서는 표준 설계 인가 제도

의 시행을 위하여 원자력법에서 규정하고 있는 규제 절차 및 서류 요건에 따른 규제 방향을 소개하고자 한다.

## 도입 배경 및 경위

1992년 12월부터 2001년 12월까지 국가 선도 기술 개발 사업(G-7)의 일환으로 개발한 신형 경수로 1400(APR 1400)은 표준 설계 개념에 입각하여 동일한 설계로 반복 건설이 가능하도록 개발되었다.

그러나 우리나라의 원전 인·허가 제도에는 표준 설계 원전에 대한 규정이 도입되어 있지 않아 동일한 설계의 원자로를 반복 건설할 경우에도 중복 심사를 피할 수 없는 실정이었으므로 표준 설계 원전의 인·허가 절차를 간소화하기 위하여 신규 인허가 제도의 도입이 요구되었다.

미국의 경우, 표준 설계 개념으로 설계되는 원전의 인·허가 제도

개선을 위해서 표준 설계 인증 제도를 신설하여 기존의 인·허가 제도인 건설 허가 및 운영 허가 제도와 병행하여 운영하고 있다.

10CER 52에서는 이 표준 설계 인증(Standard Design Certification) 제도에 대한 규정을 명시하고 있다. 이 제도의 절차를 살펴보면, 원자로 공급자가 표준 설계를 개발하여 이에 대한 인증 신청을 하면 원자력규제위원회(USNRC)가 인증 설계 자료(표준 설계로 인증되는 부분)와 승인 설계 자료(표준 설계로 인증되지 않는 부분)에 대한 안전성을 평가한 후 최종 설계 승인(Final Design Approval)을 하고, 그 후 인증 설계 자료에 대해서 법제화를 통해서 표준 설계로서 인증을 한다. 승인 설계 자료는 법제화를 통한 인증을 받지는 않지만 인증된 표준 설계를 보완해 주는 역할을 한다.

이렇게 인증된 표준 설계는 15년 동안 유효하며, 인증된 설계를 사용

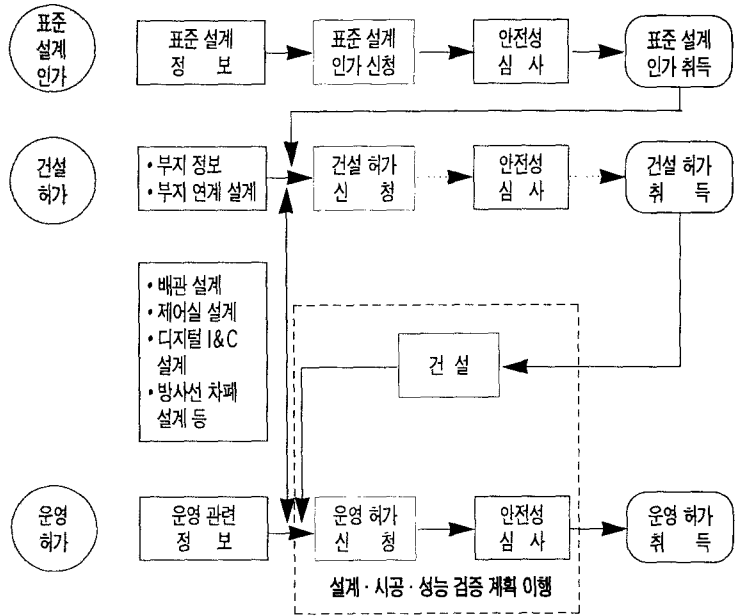
하여 원전을 건설할 경우, 인증받은 설계 부분에 대해서는 원자력규제위원회가 중복 심사를 배제해 주며, 인증 유효 기간 동안 표준 설계의 안전성에 심각한 문제점이 발견되기 전에는 추가적인 요건을 부과하지 않는다.

따라서 표준 설계 인증을 받은 원전을 반복 건설할 경우, 표준 설계 부분에 대한 중복 심사가 배제되어 10 CER 50에 비하여 인허가에 소요되는 시간을 감소시킬 수 있다.

또한 표준 설계 인증 신청시 설계의 완성도는 전체 설계의 약 70% 수준에 달하여 기존의 최종 한전성 분석 보고서의 완성도와 유사하므로 원전 건설이 착수되기 전에 해당 설계의 인허가 시현성을 확인할 수 있다.

우리 나라의 경우, 현행법 체제를 고려할 때 미국과 같이 법제화를 통해서 표준 설계를 인증해 주는 제도를 도입하는 것은 가능하지 않다. 따라서 규제 기관에 의해 안전성이 확인된 표준 설계 원전을 반복 건설할 때 표준 설계 부분에 대해서 일정 기간 동안 중복 심사를 재배하는 것을 골자로 하는 표준 설계 인간 제도를 도입하게 되었다.

원자력안전기술원에서는 동 제도의 도입을 위하여 1997년 11월부터 국내 실정에 적합한 규제 제도 개발 및 조기 정착을 위한 정·산·학의 견 수렴 작업을 수행하였으며, 법



〈그림〉 표준 설계 원전의 인·허가 절차

초안은 1999년 2월 원자력안전전문위원회 및 원자력안전위원회 심의를 거쳐 입법 의뢰하였다.

과학기술부에서는 원자력법 개정 절차를 거쳐 2001년 1월 16일에 원자력법 제12조의2(표준 설계 인가) 조항을 신설하였고, 7월에 관련 시행령 및 시행규칙도 법제화하였다.

**표준 설계 원전의 인·허가 절차**

표준 설계 개념으로 설계되는 최초 원전의 인·허가 절차는 〈그림 1〉에 예시한 바와 같이 표준 설계 인가, 건설 허가, 운영 허가의 3단계 인·허가 절차를 따라야 한다.

**1. 표준 설계 인가**

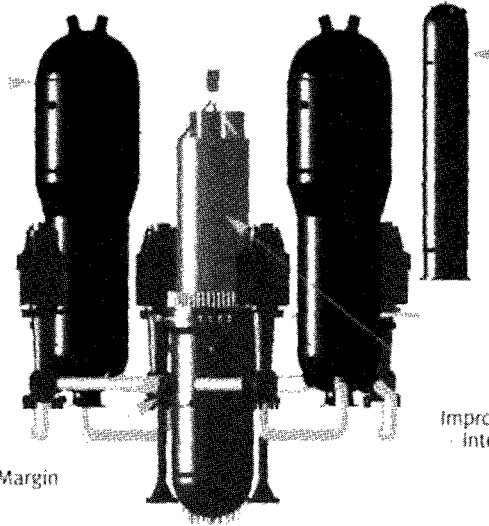
표준 설계 원전을 설계하는 원자력 공급자가 표준 설계의 범위를 정하여 설계를 수행한 후 해당 표준 설계 자료를 첨부하여 규제 기관에 표준 설계 인가 신청을 하면, 규제 기관은 표준 설계 자료에 대한 평가를 통해서 표준 설계 원전의 안전성을 확인한 후 표준 설계 인가를 발급한다.

**2. 건설 허가**

표준 설계 인가를 받은 원전을 건설하려는 전기 사업자는 원전의 부지를 확보한 후, ① 부지 ② 부지 연계 시설(최종 열제거원 관련 시설



Improved SG Integrity  
Inconel 690 Tubes  
Reduced Hot-Leg Temperature  
Increased Tube Plugging Margin



Enhanced Transient Response  
Increased Volume  
Use of POSRV

Increased Thermal Margin

Improved Maintainability  
Integrated Head Assembly

APR 1400 핵증기 공급 계통

등) ③ 표준 설계 범위에서 제외된 부분 ④ 표준 설계 범위에는 속하지만 표준 설계 인가 단계에서 설계 자료를 제출할 수 없는 부분(예: 배관 설계)에 대한 설계 자료를 첨부하여 건설 허가 신청을 해야 한다.

규제 기관에서는 표준 설계 인가 단계에서 이미 평가한 부분에 대해서는 심사를 수행하지 않으며, 부지의 안전성 확인에 중점을 두고 평가를 수행한다.

②, ③ 및 ④ 항에 대한 평가는 건설 허가 신청 단계에서 제출될 수 있는 설계 정보가 제한적이므로 기본 설계에 대한 평가만을 수행하게 된다. 규제 기관은 표준 설계 원전의 건설 안전성이 확인되면 건설 허가를 발급한다.

### 3. 운영 허가

건설 허가를 받은 사업자는 상기 ②, ③ 및 ④항에 대한 상세 설계 자료와 운영 관련 자료를 첨부하여 운영 허가를 신청해야 한다.

규제 기관은 ②, ③ 및 ④항에 대한 안전성 평가, 운영 관련 안전성에 대한 평가, 표준 원전의 준공 상태에 대한 시험 및 검사 결과에 대한 평가를 수행하여, 준공된 표준 원전의 성능 및 상태가 표준 설계 및 관련 규제 요건을 준수하고 있음이 확인되면 운영 허가를 발급한다.

따르면, 표준 설계 인가 신청자(이후 '신청자'라 한다)는 표준 설계 원전의 안전성을 확인할 수 있도록 설계 정보가 기재된 다음과 같은 첨부 서류를 제출하여야 한다.

- ① 표준 설계 기술서
  - ② 표준 설계 안전성 분석 보고서
  - ③ 비상 운전 절차서 작성 계획서
- 이들 첨부 서류 가운데서 표준 설계 기술서는 표준 설계 인가의 대상이 되는 문서로서, 신청자가 표준 설계로 인가 받으려고 하는 원전 시설의 범위 및 설계 정보가 기재되는 문서이다.

한편 표준 설계 안전성 분석 보고서는 표준 설계 인가의 대상은 아니지만 표준 설계 기술서에 기술되는 설계 정보의 안전성을 입증하는 데 요구되는 상세한 보조 설계 정보가

## 표준 설계 인가의 법적 요건

### 1. 첨부 서류

원자력법 시행규칙 제11조의3(표준 설계 인가 첨부 서류의 작성)에

기재되는 문서이다.

비상 운전 절차서 작성 계획서는 표준 설계 안전성 분석 보고서와 마찬가지로 표준 설계 인가의 대상은 아니며 통상적으로 운영 허가 신청 시에 요구되는 자료이지만 표준 설계 인가시에 이를 요구하는 이유는, 설계 특성이 비상 운전 절차의 수립에 미치는 영향에 대한 검토를 통하여 표준 설계의 적합성 및 안전성을 확인하고, 표준 설계 안전성 심사 단계에서 설계자의 책임 한계를 명확히 하기 위한 것이다.

원자력법 시행규칙 제11조의3 제2항은 표준 설계 인가 신청시에 제출되는 설계 정보의 기술적 상세도가 표준 설계 원전의 안전성을 확인할 수 있는 수준이어야 한다고 규정하고 있다.

이러한 수준의 상세도는 향후 표준 설계를 채택하는 원전의 건설이 표준 설계에 따라 적절히 이행될 수 있음을 확인할 수 있을 만큼 상세한 수준이어야 함을 말하며, 부지 및 부지 관련 설계 부분과 표준 설계 인가 신청 단계에서 상세 설계를 확정할 수 없는 분야를 제외하면 운영 허가 신청시에 제출하는 최종 안전성 분석 보고서에 기재되는 기술 정보와 유사한 수준이 되어야 할 것이다.

## 2. 표준 설계 범위의 제한

계측 제어 계통 및 제어실 인간

공학 설계와 같이 기술의 발전 속도가 빠른 분야의 경우에는 지속적인 신기술의 수용을 위해서 표준 설계 인가 신청 단계에서 설계를 확정하는 것이 바람직하지 않은 경우가 있다.

또한 배관 응력 해석, 방사선 차폐 설계 및 공기 중 방사능 농도 계산 등과 같은 분야의 경우에는 기기의 구매 또는 설치가 완료되어야 안전성에 대한 확인이 가능하다.

따라서 이러한 분야에 대해서 표준 설계 인가 단계에서는 상세 설계 정보를 규제 기관에 제시할 수 없으므로, 표준 설계의 범위에서 이러한 분야를 제외할 수 있도록 원자력법 시행령 제26조(표준 설계 인가 제외 대상)는 표준 설계에서 제외할 수 있는 사항을 ① 안전성 증진을 위하여 새로운 기술의 지속적인 반영이 필요한 사항 ② 구매·설치 및 준공이 완료되기 전에는 안전성 확인이 불가능한 사항으로 규정하고 있다.

그러나 신청자는 이러한 분야에 대해서도 전체 표준 설계의 안전성 평가를 위한 자료로서 상세 설계 정보 대신에 설계에 사용될 해석 방법이나 설계 공정 등을 제시하여야 하며, 상세 설계가 완료될 때 그 설계 안전성을 평가하는 데 사용될 허용 기준을 제시해야 한다.

## 3. 표준 설계 인가 기준

원자력법 시행규칙 제11조의4(표준 설계 인가의 기준)은 기본적으로 2001년 7월28일자로 전문 개정된 과기부령 제31호 「원자로 시설 등의 기술 기준에 관한 규칙」을 적용하도록 요구하고 있다.

이번에 개정된 기술 기준은 지금까지 규제에 준용되어 왔던 미국의 설계 기준 (General Design Criteria : GDC) 및 국제원자력기구(IAEA)의 안전 요건(Nuclear Safety Requirements : NSR) 등을 보완하여 원자로 시설의 위치, 구조·설비 및 성능, 운영 부분에 대한 기술 기준을 국산화하여 우리나라의 고유 기술 기준으로 법제화한 것이다.

## 4. 표준 설계 인가 유효 기간

원자력법 시행규칙 제11조의5에서 표준 설계 인가의 유효 기간은 10년으로 설정하였으며, 유효 기간 이내에 건설 허가를 신청하였으나 그에 대한 안전성 심사가 진행되는 동안에 유효 기간이 만료되는 경우에는 해당 원전의 운영 허가 심사 종료시까지 유효 기간을 인정해 주도록 하였다.

따라서 건설 허가 신청 후 운영 허가까지의 기간을 고려할 때 실제 유효 기간은 약 16년에서 17년이 되므로 유효 기간이 미국과 비교하여 짧은 것은 아니라고 할 수 있다.

〈표〉 설계·시공·성능 검증 계획의 예

설계 이행 사항	검사·시험·해석	허용 기준
1. 안전 주입 계통의 기본 배치는 그림 2.4.4-1에 제시되어 있다	1. 준공 상태 안전 주입 계통 배치에 대한 검사를 수행할 것이다	1. 안전 주입 계통 준공 상태는 그림 2.4.4-1에 제시된 기기 및 장치의 기본 배치와 일치해야 한다.
2. 안전 주입 탱크와 연계하여 2개의 안전 주입 펌프는 설계 기준 사건 동안 노심 냉각을 위하여 원자로 용기에 냉각재를 수송할 수 있는 능력을 구비하여야 한다.	2. a) 안전 주입 계통 유량을 확인하는 시험을 수행할 것이다. 시험 조건하의 시험 결과를 설계 조건하의 유량으로 변환하는 해석을 수행할 것이다.	2. a) 각각의 안전 주입 펌프는 공급자가 규정한 최소 유량에서 1600~2040 psid의 차압이 발생하여야 하며, 대기압에서 원자로 용기로 980~1232gpm의 봉산수를 유입해야 한다.

5. 인가된 표준 설계의 변경

인가받은 표준 설계에 대해서 규제 기관이 설계 변경을 요구할 수 있는 경우는 표준 설계의 안전성에 중대한 문제점이 있다고 인정될 때로 국한할 것이다(원자력법 제12조의2 제3항).

한편 표준 설계 인가 보유자 또는 건설/운영 허가 신청자가 인가된 표준 설계의 변경을 원할 경우에는 표준 설계에 대한 변경 인가 신청을 하여 규제 기관의 승인을 받아야 한다(원자력법 시행령 제25조 및 시행규칙 제11조의7).

그러나 원자력법 시행규칙 제11조의8(경미한 사항의 변경 신고)에서 정하는 바와 같이 비상 운전 절차서 작성 계획서 등의 경미한 사항에 대해서는 신고만으로 변경할 수 있다.

6. 건설 기간 중의 입증

(설계·시공·성능 검증 계획)

표준 설계 인가 제도에서는 표준 설계 원전의 건설이 개시되기 전에 표준 설계 인가를 발급해 주어야 하므로, 표준 설계 인가 단계에서 ①

표준 설계와 발전소의 준공 상태가 일치함을 확인할 수 없으며, ② 준공 상태의 발전소 성능이 규제 요건을 만족한다는 것을 확인할 수 없게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서 설계·시공·성능 검증 계획(이하 '검증 계획'이라 함)을 도입하고 있다. 검증 계획은 인가받은 표준 설계를 사용하여 건설되는 발전소의 준공 상태 및 성능이 표준 설계와 일치하고 관련 규제 요건을 만족한다는 것을 발전소 건설 단계에서 확인하기 위한 계획으로서(〈표〉 참조). 표준 설계 인가 신청 단계에서 표준 설계 원전의 설계자가 제시하여야 하며 규제 기관이 그 타당성을 검토한다.

원자력법 시행규칙 제11조의3(표준 설계 인가 첨부 서류의 작성)의 제1항 제3호에서는 검증 계획을 제출하여야 하는 사항을 다음과 같이 규정하고 있다.

- ① 구조물·부품·기기 및 계통
- ② 원자로
- ③ 원자로 냉각재 계통 및 연계 계통

- ④ 공학적 안전 설비
- ⑤ 계측 및 제어 계통
- ⑥ 전력 계통
- ⑦ 보조 계통
- ⑧ 증기 및 동력 변화 계통
- ⑨ 방사성 폐기물 관리
- ⑩ 방사선 방호
- ⑪ 초기 시험 계획
- ⑫ 인간 공학
- ⑬ 비상 대응 시설

이 검증 계획은 원자력법 시행규칙 제11조의6(검증 계획의 이행)의 규정에 따라 표준 설계 원전의 건설 허가 및 운영 허가 신청자에 의해서 시행되며, 규제 기관은 사용전 검사 및 품질 보증 검사를 통하여 그 이행 결과를 확인하게 될 것이다.

결 어

정부에서는 표준 설계 원전의 반복 건설시 중복 심사를 배제해 주는 것을 골자로 하는 제도로서 원전 사업자가 선택적으로 신청할 수 있는 표준 설계 인가 제도를 도입하게 되었다.

이 제도를 활용하는 경우, 사업자는 인·허가 절차를 간소화할 수 있으며, 규제 기관으로서는 반복 건설되는 원전에 대한 중복 심사를 배제하여 규제 인력을 효율적으로 활용할 수 있는 장점이 있을 것으로 기대하고 있다. ☞