

원전 생애주기 설계기준 정보관리를 위한 요건 분류체계 개발

Development of Requirement Taxonomy for Design Bases Management during NPP lifecycle

김 종 명*

Kim, Jong-Myeong

Abstract

Nuclear Power Plant consists of about 1.4 million facilities, and the design standards and design requirements for the continuous utilization and safety of facilities are complexly connected with the facilities. When a design change for facilities or design requirements is occurred at the time of construction or operation, there are a lot of facilities, design requirements, and design bases that are affected by the facilities or design bases being changed. The above design changes are so complex that the existing document-bases design change process is time-consuming and may also cause human error. In this study, we developed a design requirement taxonomy that can be applied to the data-centric design bases document that can improve it. To do this, we analyze the design elements from the highest level to the lowest level applied to the nuclear power plant, and classify the design elements according to the characteristics of the design elements.

키 워 드 : 요건관리, 형상관리, 설계기준문서, 요건 분류체계

Keywords : requirement management, configuration management, design bases document, requirement taxonomy

1. 서 론

원전분야에서는 사회기반시설물과 달리 정보활용 및 유지관리 분야에서 사회기반시설물 및 일반 플랜트 분야에서 사용되는 BIM과 PLM 보다는 형상관리 개념을 도입하여 건설단계에서부터 운영 및 폐로단계까지의 생애주기별 정보를 관리하고 있다. 형상관리는 설계기준 및 코드 등을 포함하는 설계요건(Design Requirement)과 설비 마스터, 설계 데이터, 구매/설치 가이드 등을 포함하는 설비형상정보(Facility Configuration Information) 및 실제발전소, 3D모델, 태그 등을 포함하는 물리적 형상(Physical Configuration) 간의 일치성을 유지하면서, 발전소의 구조물, 계통 및 기기(SSCs)들의 특성을 식별, 문서화 및 변경을 수행하기 위한 체계적인 접근방법이다. 형상관리 3가지 요소 중 설계요건은 설계기준, 코드 등 다양한 설계요소를 포함하는데, 1990년도 미국에서는 이러한 설계요소들의 유지관리를 체계적으로 하여 각 계통 및 설비들의 건전성을 보증하기 위해 NEI(1999)에서는 설계요건을 효율적으로 관리할 수 있는 설계기준문서(Design Bases Document) 예시를 제시하였다. 그러나 이를 국내 원전에 적용하기에는 전체 개념은 따를 수 있으나 세부적인 내용은 미국원전, 규제조건에 해당하는 조건, 형식들이 많아 어려움이 있다. 그래서 이를 국내원전에서 적용하고자 박유진(2015)는 국내원전용 설계기준문서를 만들기 위한 요건 분류체계를 제안하였다. 해당 연구는 관리대상의 범위가 안전, 비안전을 포함한 계통으로 관리범위가 넓어 초기 구축비용이 컸다. 이에 본 연구에서는 계통, 기기만을 다루는 목적으로 범위를 좁혀 좀 더 효율적으로 요건관리를 할 수 있는 설계기준문서를 만들기 위한 요건 분류체계(Taxonomy)를 만들고 각 설계요소들을 체계에 맞게 분류하고자 한다.

2. 요건관리 적용범위 설정

원전을 이루는 구성요소는 구조물, 계통 및 기기(SSCs)인데, 우리나라의 신규원전 기준 140만개 이상의 설비로 이루어져 있다. 본 연구에서 다루고자 하는 요건관리 대상을 원전의 모든 SSCs에 대해 적용하기에는 초기 구축시간이 많이 걸리고 원전을 운영할 때 설계변경을 거의 하지 않는 설비까지 요건관리 대상으로 넣는 것은 비효율적이다. 그렇기에 본 연구에서 적용하는 대상은 SSCs중에서 요건 분류체계를 적용하여 데이터기반 설계기준문서를 작성했을 때 효율적이라고 판단되는 계통 및 기기에 대해 한정하였다. 원전에서는 설비를 안전등급과 비안전등급으로 나누어 관리하고 있으므로, 설계변경 빈도와 중요성을 고려하여 원전의 SSCs 중에 안전등급에 해당하는 계통 및 기기에

* 한국수력원자력 중앙연구원 플랜트건설기술연구소 건설기술그룹 일반연구원, 교신저자(jmkim017@khnp.co.kr)

대해 요건관리를 하는 것으로 범위를 제한하였다.

3. 요건 분류체계 개발

요건 분류체계는 최종적으로 설계기준문서를 만들기 위함이다. 설계기준문서는 최상단 요건에서부터 내용을 각 단락별로 구분하여 해당 단락이 어떤 하위요건들과 연계되어 있는지 나타내주며, 연계를 이어가다 보면 최하단 기기단위까지 요건과 어떻게 연결되어 있는지 확인할 수 있어야 한다. 이를 위해 표 1과 같이 요건을 ① 원자력관련 법, ② 플랜트 레벨에서의 요건, 설계기준, ③ SSCs 레벨에서의 요건, ④ 구매, 시공, 설계 스펙에 대한 요건까지 4가지 단계로 분류하였다. ①단계가 제일 상위 단계이며, 아래 ②,③,④ 순으로 요건의 특징에 맞게 단계별로 묶어 구분하였다. ⑤단계는 설계형상정보로 인허가 요건, 도면, 계산서 등을 포함하며 ①~④까지의 네 가지 단계에 대응하며 해당 요건에서 필요 문단 단위로 어떠한 것들이 ⑤ 항목의 요건들과 연계되었는지 확인할 수 있다.

표 1. 원전 요건 분류 체계

요건 분류체계	내용
① Top-Tier Level	Regulatory Requirement · 국내 : 원자력안전법, 시행령, 시행규칙, 원안위규칙, 원안위고시 · 국외 : 10CFR/BL/GL/RG/SRP Code & Standard · ASME Sec III/XI/OM · IEEE 279/603 · ACI 349 · KEPIC(MN, MI, MO, ENA, ENB - 1100, ENB-6100, SNA, SNB, SNC, etc.)
② Plant Level	· General Design Criteria(GDC), Design Bases · Contract
③ SSC Level	· System Design Criteria, System Requirements, Interface Requirements · Test Procedure Guide
④ Specification Level	· Purchase Specification · Construction Package Specification · Design Specification
⑤ FCI	· Final Safety Analysis Report(FSAR) · System Functional Description(SFD) · Site Plot Plan, General Arrangement(GA) DWG · DWG(P&ID, FLD, CLD, SLD, etc.) · Setpoint List · Calculation

4. 결 론

현재 운영되고 있는 원전은 이미 요건관리/설계변경을 위해 구축된 프로세스, 체계 등이 있으므로, 새로운 요건관리체계를 적용하기 위해 기존 프로세스, 체계를 바꾸기는 경제적인 측면을 고려했을 때 적절하지 않다. 그러므로 현재 주계약들이 진행되지 않아 프로세스, 체계가 명시화되지 않은 건설예정 원전, 수출원전에 본 체계를 적용하기 적합하다. 국외로 원전 수출 시에도 본 요건분류체계는 정보관리 측면에서 국내원전의 기술경쟁력을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. NEI, NEI 97-04, Appendix B : Design Bases Program Guideline, Nuclear Energy Institute, USA, 1995
2. 박유진, 안경익, 원전 설계요건관리를 위한 설계기준관리시스템 개발, 한국 CDE 학회 학술발표회 논문집, 용인, 한국, pp.541~544, 2015.3