

플랜트 설비설계에서의 Code & Standard

- 원자력 BOP계통설계를 중심으로

1. 서론

원자력 발전소를 비롯한 모든 플랜트 설비에는 그 설비와 설비에 포함되어 있는 기기의 설계, 제작, 시험 및 시운전 그리고 품질관리 등의 업무에 적용되는 수많은 Code & Standard가 존재한다.



진호원

howonjin@kepco-enc.com

부산대학교 기계공학과 학사
기술사(산업기계설비)/미국 P.E.(Mechanical)
한국전력기술(주) 인재개발교육원 교수

플랜트 설비에 적용되는 Code & Standard 대부분은 기술선진국인 미국에서 만들어진 것으로 현재 우리의 입장에서 보면 그 적용범위 및 각 Code & Standard의 구성이 매우 복잡하여 이해하기가 쉽지 않다.

그 이유는 산업혁명 이후 모든 산업이 급속도로 발전함에 따라 각 산업의 주체가 서로 모여 기술발전, 경제성 및 안전성을 고려하여 관련 Code & Standard를 작성 및 수정하여 왔으며, 또한 필요에 따라 작성주체가 통합 또는 변경되는 과정을 거쳐 왔기 때문이다.

따라서 기술선진국에서 사용하고 있는 Code &

Plant Technology



Standard가 어떠한 필요에 의해 만들어졌는지를 알아보는 동시에 그 구성을 살펴봄으로써 우리 플랜트 산업계에 종사하는 기술자들이 Code & Standard를 보다 편하게 이해하는 계기를 마련하고자 한다.

원전 BOP(Balance of Plant)계통설계에 사용되는 Code & Standard를 중심으로 정리한 것이나 원전 BOP계통이 화력발전계통과 유사하여 일반 플랜트(Plant) 설비업무에도 유용하게 활용 가능할 것이라 판단된다.

2. Code 및 Standard의 정의

Standard의 의미는 일반적으로 재료, 제품, 공정 및 서비스가 그 목적에 적합하게 수행되도록 하기 위한 지침 또는 특성의 정의 등의 형태로 지속적으로 사용하기 위해 만들어진 기술사양 또는 정밀한 기술 기준을 문서화한 것이다.

Standard의 요구사항은 사용주체가 자발적으로 이를 적용하며 이것이 법률에 의해 강제적으로 적용되면 Code라고 부를 수 있다. 즉 Code는 법적인 강제성을 띠고 있다고 생각하면 된다.

그리고 Standard가 구매사양서(Procurement Specification)에서 명시되어 설비 및 기기 제작자가 이를 준수해야 하는 경우, 법적 효력을 갖게 되므로 해당 Standard는 Code로 간주될 수 있다.

3. Code 및 Standard 작성 주체

Code & Standard를 만드는 주체는 대단히 많으나 개략적으로 4가지 주요 범주로 분류할 수 있다.

3.1 Professional Societies(전문협회)

최신기술을 반영한 설계, 제작 등의 표준을 발행하는 기관이며 대표적인 기관은 아래와 같다.

- ASME(American Society of Mechanical Engineers)
- IEEE(Institute of Electrical & Electronics Engineers)

3.2 Trade Associations(동업자 단체)

구성원이 개발한 제품의 사용을 촉진, 설명 또는 향상을 위해 표준을 발행하는 기관이며 대표적인 기관은 아래와 같다.

- API(American Petroleum Institute)
- NEMA(National Electrical Manufacturers Association)

3.3 Testing and Certification Organizations(시험 및 검증기관)

기기 및 부품을 독립적으로 시험 및 보증하는 기관으로 대표적인 기관은 아래와 같다.

- UL(Underwriters Laboratories)
- FM(Factory Mutual)

3.4 Standards Developing Organizations(표준협회)

공공의 안녕과 재료, 제품 및 서비스 등에 대한 신뢰

도 향상을 도모하는 기관으로 대표적인 기관은 아래와 같다.

- ASTM(American Society for Testing and Materials)

4. 주요 Code & Standard 소개

원자력발전소 설계(BOP 부분에 국한)에 적용되는 주요한 Code 및 Standard를 소개할 예정이나 이 Code & Standard 대부분은 일반 플랜트 설비에 적용되는 것과 유사한 것이 많아 플랜트 설비업무 관련 종사자에게도 도움이 될 것으로 판단된다.

- ANSI(American National Standards Institute)
ANSI는 1918년에 미국에서 각종 단체들이 우후죽순 격으로 각종 Standard를 발행함에 따라 중복되는 경우가 발생하자 이를 방지하고자 Engineering Society와 Government Agency가 참여하여 결성한 미국산업표준을 관장하는 비영리 기구이다. 과거에는 ANSI가 직접 Standard를 발행하는 경우도 있었지만 현재는 직접 Standard를 발행하지 않고 다른 Standards Developing Organizations에서 만든 Standard의 발행 및 개정을 감독하고 있다. 따라서 B31.1(Power Piping)의 경우 발행 연도에 따라 ANSI B31.1, ANSI/ASME B31.1, ASME B31.1와 같이 여러 가지로 표기되는 경우가 있는데 모두 동일하다. 가장 최신의 표기방법으로는 ASME B31.1이 맞는 표현이다.

• ASME(American Society of Mechanical Engineers)

ASME는 19세기경 산업혁명에 의한 급격한 산업발전에 따라 보일러의 사용압력이 빠른 속도로 증가하였고 이 결과 보일러 폭발사고도 급격히 증가하여 인명 손실이 증대됨에 따라 보일러 사고를 미연에 방지하고자 만들어졌다. 그 후 미국의 각 주가 이 규제를 법적으로 강제하게 된다.

Mechanical Engineering에 초점을 두고 있으나 여러 기술분야의 Code 및 Standard로서 주도적인

역할을 하고 있고, 특히 원자력 설비 중 안전 관련 기기(Component)의 설계 및 제작에 적용되는 ASME BPVC Section III를 발행하고 있다.

- **ASME B&PV(ASME Boiler and Pressure Vessel)**

- Section II "Materials"

ASME 기기 제작에 사용되는 재질의 사양과 성분을 수록하고 있다.

ASTM과 ASME 재질의 차이점

ASME Section II (Materials)는 ASME 기기제작에 사용되는 재질의 사양과 성질을 규정하고 있고, 이곳에 등재된(ASME에 의한 검증이 완료된) ASTM 재질은 ASME 기기제작에 사용 가능하다.

ASME 재질은 ASTM 재질번호 앞에 'S'를 붙인다. (예 : ASTM-A106, ASME-SA106) 그러나 ASME Section II에 등재된 ASTM 재질은 ASME Section III기기(Nuclear Facility Components)의 제작에 사용되기 위해 ASME Section III NCA-3800에서 요구하는 품질프로그램을 만족해야 한다.

- Section III Division 1 "Rules for Construction of Nuclear Facility Components"

원전의 안전 관련 기기(Component)를 설계 및 제작하는데 적용된다.

- Section VIII "Rules for Construction of Pressure Vessels"

비가열압력용기(Unfired Pressure Vessels)의 설계와 제작에 대한 요건을 기술하고 있다.

- Section IX "Welding and Brazing Qualification"

용접사와 용접절차서 검증에 대한 요건을 기술하고 있다.

- Section XI "Rules for In-service Inspection of Nuclear Power Plants Components"

원전의 보수(Repair) 및 교체(Replacement) 활동과 기기 및 계통의 검사(Examination), 시험(Testing) 및 조사(Inspection)를 위한 요건을 기술하고 있다.

- **ASME B16.5(Pipe Flanges and Flanged Fittings)**

배관플랜지(Pipe Flange)와 플랜지피팅(Flanged Fitting)의 압력온도정격(Pressure Temperature Rating), 재질, 치수 등의 요건을 기술하고 있다.

- **ASME B31.1(Power Piping)**

발전소 배관계통의 설계, 재질, 설치, 시공과 검사(Test) 및 조사(Inspection)에 대한 요건을 기술하고 있다.

- **ASME B36.10(Welded and Seamless Wrought Steel Pipe)**

용접(Welded) 및 이음매 없는 연강배관(Seamless Wrought Steel Pipe)의 제작규격에 대한 요건을 기술하고 있다.

- **ASME NQA-1(Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications)**

원전설비의 설계, 건설, 운전 등에 대한 품질보증 프로그램 요건과 지침을 기술하고 있다.

- **ASTM(American Society for Testing and Materials for ASTM International)**

미국의 초기 철도산업에서 선로용 강재(Steel)에 적용되는 규정을 만든 것에서 유래하였으며 재질, 제품, 검사(Test)방법 등에 대한 표준을 발행하고 있다.

- **API(American Petroleum Institute)**

API는 미국 석유산업에서 사용되는 배관(Piping), 탱크(Tank), 압력용기(Vessel), 장비(Equipment) 및 계통(System)에 관련되는 아주 방대한 Code, Standard, Study 및 Recommended Practice를 발간한다. 현재 Power Plant Engineering에서 사용하고 있는 상당수의 기술요건 및 Practice는 API에서 그 근거를 찾을 수 있는 경우가 많다.

- API STD 520 "Sizing, Selection, and Installation of Pressure-relieving Devices in Refineries"

- API STD 521 "Pressure-relieving and Depressurizing Systems"
- API STD 610 "Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical and Natural Gas Industries"
- API STD 650 "Welded Steel Tanks for Oil Storage"
- **ASHRAE(American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)**
ASHRAE는 냉난방 및 공기조화(Heating, Ventilation, Air-Conditioning) 및 냉동(Refrigeration)기기의 설계 및 제작 관련 기술의 발전을 위해 만들어진 International Technical Society이다.
- **NFPA(National Fire Protection Association)**
NFPA는 화재 및 다른 위험의 가능성 및 효과를 최소화하기 위한 Code & Standard를 발행하는 기관이다.
- **UL(Underwriters Laboratories)**
UL은 제품안전에 대한 인증업무를 독자적으로 수행하는 기관으로 제품(Product), 재료(Material), 기기(Component), 조립(Assembly), 공구(Tool) 및 장비(Equipment)에 대한 표준(Standard)과 시험 절차(Test Procedure)를 만든다.
UL의 이름에서 알 수 있듯이 초기 미국 보험업계에 필요에 의해 만든 기관으로 보험대상 설비 및 기기의 평가 시 이 기관에서 인증한 제품의 사용 유무에 따라 보험금 책정에 차별을 두었다고 한다. 특히 국내에서 생산되는 소화설비 관련 제품은 미국을 비롯한 해외에 수출하기 위해서 UL 마크를 받는 것이 통상적이다.
- **FM(Factory Mutual)**
FM은 독립적인 제품안전에 대한 인증기관으로 UL과 동일한 기능을 수행한다.
- HI(Hydraulic Institute)
HI Standard는 펌프 제작자, 구매자 및 사용자 사이에서 오해(용어 측면에서)를 없애는데 많은 도움을 주고 있고 목적에 맞는 제품을 선정하는데 유용한 Standard이다. HI는 제품(Product), 재료(Material), 공정(Process) 또는 절차(Procedure)에 대해 기호설명(Nomenclature), 성분(Composition), 제작(Construction), 허용오차(Tolerance) 등을 정의한다. Hydraulic Institute Standard의 사용은 전적으로 자발적이다.
- **HEI(Heat Exchange Institute)**
HEI는 열교환기기 및 진공장치(Vacuum Apparatus)에 관련된 표준을 만드는 이 분야 최고의 기관이며 아래와 같은 Standard를 발행하고 있다.
 - Standards for Closed Feedwater Heaters
 - Standards for Steam Surface Condensers
- **NEMA(National Electrical Manufacturers Association)**
NEMA는 전기기기의 정격(Rating), 시험성능(Testing Performance), 제작(Manufacture), 및 적용(Application) 관련 표준을 발행하고 있다.
- **IEEE(Institute of Electrical & Electronics Engineers)**
IEEE는 원격통신(Telecommunications), 정보기술(Information Technology) 및 동력발생장치(Power Generation)에 관련되는 제품(Product) 및 업무(Service)를 촉진하는 International Standard를 주도하는 기관이다.
- **ANS(American Nuclear Society)**
ANS는 학계, 정부, 및 산업계의 전문가들이 만든 비영리 단체로서 ANS Standard를 발행하여 원자력설비의 설계, 엔지니어링, 운전, 연구 및 교육 등에 관련된 주요한 정보를 원전산업계에 제공한다.
 - ANS 51.1 "Nuclear Safety Criteria for the Design of Stationary Pressurized Water Reactor Plants"
 - ANS 58.14 "Safety and Pressure Integrity"

Classification Criteria for Light Water Reactors”

• 10 CFR 50

미국의회가 행정부에 위임한 수많은 행정령(Executive agency rules and notices and President documents)들을 제목, 책임기관 및 순서에 따라 분류, 법전화하여 발행한 문서가 'Code of Federal Regulations(CFR)' 이다.

50개의 제목(Title)에 따라서 분류하였으며 원자력 업계에서 자주 사용하는 '10'의 제목은 'Energy'에 관한 행정령이며, 이를 표기할 때는 항상 숫자부분을 앞에 적음으로 '10 CFR'로 표기하며 그 뒤에는 해당 'Part' 번호가 따라서 기재된다.

- 10(Energy)
CFR(Code of Federal Regulations)
50(Domestic Licensing of Production and Utilization Facilities)

• NRC Regulatory Guide(REG Guide)

Regulatory Guide 시리즈는 NRC Staff와 인허가 신청자가 미국연방법에 따라 관련 업무 수행 시 지침을 제공한다.

법적 구속력은 없으나 특정 토픽에 대해 연방법규를 만족시킬 수 있는 지침이므로 준수하는 것이 관례이다.

* 미국원자력 규제위원회(NRC : Nuclear Regulatory Commission)는 미국 의회에서 만든 독립기구로서 상업용 원자력발전소 및 핵물질에 대한 통제 및 관리를 수행하고 있다. 우리나라의 원자력 안전위원회가 동일한 기능을 수행한다.

- Reg. Guide 1.29 “Seismic Design Classification”

SRP(Standard Review Plan)

SRP는 발전사업자가 요청한 건설허가(CP : Construction Permit) 또는 운영허가(OL : Operating License) 심사과정의 일환으로 NRC Staff가 안정성 분석보고서(SAR : Safety Analysis Report)를 평가할 시 평가를 위한 NRC 내부 방법론을 제시하고 있다.

• KEPIC(전력산업기술기준 : Korea Electric Power Industry Code)

KEPIC은 국내 전력산업 설비와 기기의 안전성과 신뢰성 및 품질확보를 위하여 설계, 제조, 시공, 운전시험 및 검사 등에 대한 방법과 절차를 규정한 상세 기술표준이다.

국내 전력설비의 건설과 운전에 적용한 외국의 관련 표준을 번안(adaptation)하여 제정하였고, 국내 현실에 맞게 일부 내용을 개정하였다.

현재 국내에서 원자력 안전성 품목을 공급하고자 하는 업체는 KEPIC 자격인증서를 취득하여야 한다.

5. 결론

위에서 살펴본 바와 같이 기술선진국에서 만든 Code & Standard는 그 당시 산업계의 필요에 따라 제정되고 지속적으로 발전되어 왔다는 것을 알 수 있다.

그러나 산업계가 중심이 되어 Code & Standard를 만들었던 기술선진국과 달리 우리나라와 같은 후발국은 정부가 직접적으로 또는 정부의 지원을 받고 있는 단체의 주도로 Code & Standard를 만드는 경우가 대부분이기 때문에 상대적으로 산업계의 참여가 매우 부족하여 산업현장의 경험이 잘 반영되고 있지 않는 것이 현실이다.

따라서 우리도 이제 한 단계 차원 높은 기술발전을 이루기 위해서는 기술선진국의 Code & Standard를 번안 또는 참조하여 우리나라 Code & Standard를 만드는 단계를 탈피하여 보다 적극적인 산업현장의 경험이 반영된 Code & Standard를 만들어야 할 필요가 있다.

참고문헌

1. George A. Antaki, Piping & Pipeline Engineering, Marcel Dekker, 2003.
2. James R. Couper, Chemical Process Equipment(Selection and Design), Gulf Professional Publishing, 2005.
3. 각 Code & Standard 홈페이지. 