

# LNG 저장탱크의 각 국가별 Standard에 대한 발전사 및 국제적 동향과 전망

김용웅 · 양호용\* · 홍승범

대우건설(주), LNG PJ팀

\* 대우건설(주), 산업설비사업팀

## Development History, International Trend and Prospect of Standards in Each Country for LNG Storage Tank

Y. U. Kim · H. Y. Yang\* · S. B. Hong

Daewoo Corporation/Engineering & Construction

C.P.O Box 8269 Seoul 100-095

### 1. 서론

LNG 저장탱크는 1960년 이후 저온액화가스의 저장을 위한 지상식의 강제저장탱크(steel storage tank)가 빈번히 제작되면서 발달되기 시작하였고 이에따른 산업계의 요구에 의해 저장탱크에 대한 기준 제정도 본격화 되었다. 초기(1960 ~ 1970년)에는 10,000m<sup>3</sup> 내외의 탱크가 제작되었으나 1970년 이후 30,000 ~ 80,000m<sup>3</sup> 용량을 가진 더 크고 많은 수의 탱크가 제작되었으며 일부 특별한 경우, 100,000 ~ 150,000m<sup>3</sup>의 용량을 가진 탱크가 제작되기도 하였다. 이러한 발달을 거처온 저장탱크는 크게 두그룹으로 나눌 수 있는데, 1976/1977년 까지는 액체를 저장하는 탱크가 상당 이격거리에 있는 수 미터 높이의 방류독에 의해서만 둘러싸인 단일방호식탱크(single containment tanks) 형식의 1세대 탱크(Generation I Tanks)와 1976/1977년 이후 1차 액체 저장용기외에 저장용기의 누출 및 손상시 액화물의 주변유입 방지를 위하여 인접한 위치에서 2차 저장용기로 감싸안은 구조의 이중방호식탱크(double containment tanks) 그리고 이와는 달리 탱크의 2차 저장용기가 유출되는 액화물의 중간 차단성 및 증발가스에 대한 기밀성을 모두 지닌 완전방호식탱크(full containment tanks) 형식의 2세대 탱크(Generation II Tanks)로 대별될 수 있다. 이러한 저장탱크의 발전과 함께 각국에서는 자국에 맞는 기준이 함께 제정 발달되어왔는데 미국에서는 Oil Tank용 API650에 이어 탄화수소가스용 저압저장탱크를 위한 기준으로 API620이 제정되었으며 NFPA가 병행 적용되고 있으며 영국을 위시한 유럽에서는 1970년대 단일방호식탱크를 위한 BS4741과 BS5387이 제정된 후 산업계의 요구에 의해 EEMUA에서 이중 및 완전방호식탱크를 위한 EEMUA147이 제정(1986년)되었다. 영국의 BSI 위원회에서는 이를 받아들여 BS7777이 제정(1993)되었으며 이후 LNG Terminal에 대한 유럽

공통기준으로 EN1473이 제정(1996년)되어 사용되고 있으며 현재 이들 기준에 대한 보완작업이 전유럽적으로 이루어지고 있다. 일본에서는 1969년 LNG 탱크의 운전이 시작된 이후 자국내 특수한 환경을 고려하여 LNG지상식저조지침과 LNG지하식저조지침을 제정(1981년)하여 현재에 이르고 있으며 향후 발전된 기술사항등을 적용한 JGA지침의 개정 작업이 진행중에 있다. 이러한 때에 1982년 평택을 시작으로 인천 및 통영에서 운전 및 시공중인 국내 LNG 저장 탱크는 주로 환경이 비슷한 유럽 및 일본의 기준을 바탕으로한 기술을 도입하여 건설 및 운영되고 있으며 한국가스공사 및 한국가스안전공사를 중심으로 국내 자체검사기준등의 제정을 위한 노력이 본격적으로 이루어지고 있다. 따라서 본서에서는 유럽 및 일본을 위주로 LNG 저장 탱크의 각 국가별 기준에 대한 발전 역사 및 상호간의 특성과 문제점 그리고 향후 국제적 동향 및 발전 전망을 해봄으로써 선진국에서 진행중인 기준의 제정 및 개정작업을 이해하고 더욱더 심화되어가는 기술보호 및 자국내 산업보호의 굳건한 방패 역할을 하는 기준제정의 절대적 필요성을 인식하고 미력하나마 현재 진행중인 검사기준 제정을 밑거름으로 한 국내 기준 제정에 개념정립과 방향을 제시하고자 한다.

## 2 LNG 저장탱크 발달에 따른 기준 변천사

### (History of Standards for LNG Storage Tank with Tank Development )

#### 1) 유럽

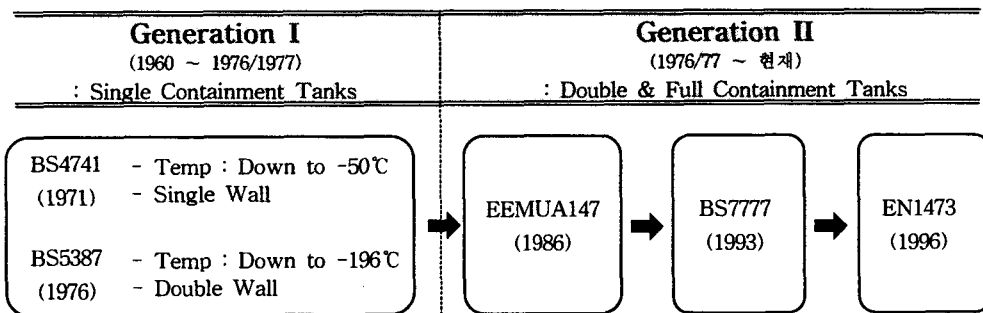
1964년 세계 최초로 알제리에서 영국 캔베이로 LNG 상업무역이 시작된 이후 LNG 저장 탱크의 발달이 본격화 되었는데 1976/1977년까지는 단일방호식(single-containment) 형식의 1세대 탱크가 주로 건설되었다. 이에 발맞춰 유럽에서는 저온액화가스 저장탱크를 위한 기준이 제정되었는데 1971년 BS4741 「저온용 수직원통형 강재용접저장탱크를 위한 사양서(Specification for vertical cylindrical welded steel storage tanks for low temperature service : single wall tanks for temperatures down to -50℃)」이 제정되었고 이어 1976년 BS5387 「저온용 수직원통형 용접저장탱크를 위한 사양서(Specification for vertical cylindrical welded storage tanks for low temperature service : double wall tanks for temperatures down to -196℃)」이 제정되어 이들 기준이 당시의 탱크 건설의 표준 역할을 하였다. 그러나 1977년 Qatar에서 단일방호식 액화프로판 저장탱크가 취성에 의해 손상되어 사고가 발생한 이후 이중 및 완전방호식 탱크 시스템의 2세대 탱크가 일반적으로 건설되기 시작하였다. 이러한 시대적 흐름속에 이중 및 완전방호식 탱크에 대한 기준의 필요성이 절실히 대두되었고 드디어 런던에서 1983년 EEMUA가 조직되었다. 이들의 연구하에 1986년 EEMUA147 「저온액화가스저장탱크의 설계시공지침 (Recommendations for the Design and Construction of Refrigerated Liquefied Gas Storage Tanks)」가 제정되어 단일, 이중 및 완전방호식탱크에 대한 유럽 최초의 기준역

할을 담당하게 되었다. 영국의 BSI에서는 1993년 EEMUA147을 기준으로 기존의 BS4741과 BS5387을 대체할 새로운 기준 BS7777 『저온용 평저, 수직원통형 저장탱크 (Flat-Bottomed, Vertical, Cylindrical Storage Tanks for Low Temperature Service)』을 제정하였다. EU내에서는 1996년 미국의 NFPA59A와 같은 범위의 많은 부분을 커버하며 안전에 관한 사항들을 위주로 LNG 터미널 시스템에 대한 사항들을 전반적으로 규정한 최신의 유럽 기준 EN1473 『LNG용 시설 및 설치 (Installation and Equipment for Liquefied Natural Gas - Design and Onshore Installations)』이 제정되었다.

## 2) 일본

일본에서는 1962년 LNG 도입 계획이 수립된 이후 동경 네기시 기지가 건설되어 1969년부터 본격적으로 LNG가 수입되면서 LNG 저장탱크의 역사가 시작되었다. 그후 소데가우라 기지등 많은 기지내에 지상식 및 지하식탱크가 건설 운영되고 있다. 일본은 1981년 RPAS 『LNG 지상식 저조지침』과 RPIS 『LNG 지하식 저조지침』을 제정하여 적용해 오고 있으나 보다 대용량 저장을 위한 PC탱크 (Prestressed Concrete Tanks)에 대한 필요성이 대두되면서 “천연가스도입촉진센터”내에 기준제정을 위한 조사위원회와 전문위원회를 두어 1988년부터 1990년에 걸쳐 기술조사 및 각종 실험을 실시하여 그 결과를 바탕으로 1990년에 『PC LNG 지상식 저장탱크 지침 초안』이 완성되었다. 최근에는 발전된 기술사항과 『PC LNG 지상식 저장탱크 지침 초안』을 참고하여 JGA 지침을 개정중에 있다.

상기 내용을 정리하면 다음과 같다.



### 3. 각 기준의 특성 및 비교

#### (Description on the Characteristics and Comparison between Each Standards)

현재 국내 LNG 저장탱크와 관련된 기준으로는 EEMUA147, BS7777, API620 부록Q 및 일본의 RPIS 와 RPAS가 각 부문에 전반적으로 적용되고 있다. 이를 간단히 분류해 보면

코드명	적용범위	비 고
EN1473 (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LNG 플랜트의 전반적 시스템, 즉 LNG 탱크/처리시설/배관 /HAZOP 및 기타 검지시스템등에 대해 일반적 사항 규정</li> <li>● 저장탱크 형식으로 단일, 이중 및 완전 방호식 외 Membrane 및 Spherical storage 탱크까지 다루고 있음</li> <li>● 단일 방호식 및 Spherical 탱크에 대해서 Bund wall 및 impounding area 설치를 규정함</li> </ul>	
EEMUA147 (1986)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● -165 ℃까지의 강제탱크 설계 및 시공 지침 (암모니아, LPG, 에틸렌, 에탄, LNG 및 유사탄화수소)</li> </ul>	성 능 기 준
BS7777 (1993)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 설계, 시공, 설치 및 운전</li> <li>● -165 ℃까지의 강제탱크 설계 및 시공 사양</li> <li>● 외부탱크, 기초, 단열재의 설계 및 설치를 위한 지침 (액화석유가스, 에틸렌, 에탄, LNG, 유사탄화수소, 암모니아, 산소, 질소, 알곤 등)</li> </ul> <p>* EEMUA147 및 BS7777은 지상식, 자립식, 수직 원통형 탱크만을 규정하고 있음 (지중식, 멤브레인, 구형 또는 콘크리트 내부탱크에 대해 고려하지 않음)</p>	
API620 App.Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 대용량 용접 저압 탄소강 지상식 저장탱크(평저탱크포함)의 설계 및 건설</li> <li>● 액화된 에탄, 에틸렌 및 메탄 등을 저장하는 탱크의 재질, 설계 및 제작 지침</li> <li>● 단일방호식 탱크(Single / Double wall 탱크)에 대해서 규정</li> </ul>	사 양 기 준
RPIS RPAS (1981)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● LNG 지하식 및 지상식 저장탱크의 계획, 설계, 건설 및 보수</li> <li>● 설계기술 위주의 지침서</li> <li>● 구체적인 설계 사양(데이터) 명시</li> <li>● 내진관련 설계와 규제 강조</li> </ul>	

이들 각 기준의 특성을 주요한 사항에 대해 비교해보면

#### i) Tank Shell Plate (9% Ni, inner tank)

구 분	BS7777	API620
Min. Nominal thickness	12mm (Dia. ≥ 50m)	3/8 in (≒ 9.5mm) (Dia. ≥ 220ft (≒ 67m))
Max. Thickness	30mm	1.5 in (≒ 38mm)

ii) Tank Bottom Plate

구 분	BS7777	API620
Min. Nominal thickness	6mm	3/16 in (≒ 4.8mm)

iii) Roof Plate (with roof supporting structure)

구 분	BS7777	API620
Min. Nominal thickness	5mm (Dia. ≥ 50m)	3/16 in (≒ 4.8mm) (Dia. ≥ 220ft (≒ 67m))
Allowable stress	YS의 2/3	"iv) Allowable design stress"중 API620 항목 적용

\* YS : Yeild Strength

iv) Allowable Design Stress (S, [N/mm<sup>2</sup>])

BS7777 (성능 및 재질분류)		API620 (재질분류)		
내부탱크 (S ≤ 260N/mm <sup>2</sup> )		외부탱크	Stainless/Ni alloy/Al	Other materials
9% Ni steel	UTS/2.35 or 0.2%PS/1.5	260N/mm <sup>2</sup> or YS의 2/3	YS 의 75%	UTS의 1/3 or YS의 2/3
Austenitic stainless steel	UTS/2.5 or 1%PS/1.5			

\* 1. 두 개의 값인 경우 작은 값 선택

2. UTS : Ultimate tensile stress

3. PS : Proof strength

v) Hydrostatic/Pneumatic Test & Non-destructive Test

Hydrostatic/Pneumatic Test						Non-destructive Test
		Single Cont.		Double Cont.	Full Cont	
		Single wall	Double wall (외부탱크)			
BS7777	Pneumatic (1.25배)	○	○	○	○	100% RT
	Hydrostatic (Full height)	○	X	○	○	
API620	Pneumatic (1.25배)	○	○ (설계가스압력이상)	-	-	부분 RT
	Hydrostatic (Full height)	○ (*)	X			

(\*) Full height, but 1.25배 액두압 수위 허용

#### 4. 향후 기준의 발전 전망

##### (Prospect of Standards in the Future)

위에서 살펴보았듯이 국제적으로 통용되고 있는 각국의 기준은 제 나름대로 LNG 탱크에 대한 성능 및 사양에 대해서 기준을 제정, 적용하여 양립하지 못하는 경향을 나타내고 있다. 이러한 단점을 보완하기 위한 노력이 각국에서 가시적으로 이루어지고 있는데 우선 영국을 필두로한 유럽에서는 BS7777과 동일한 범위를 커버하는 유럽기준 EN 265002의 제정을 위한 활동이 TC265위원회에 의해 진행되고 있다. 이 기준은 초안이 완료된 상태이며 2001년 제정 완료될 예정인데 9% Ni강 형식의 저장탱크만 규정한 BS7777과는 달리 Membrane탱크도 포함하게 될 것이며 충수시험에 대하여 API620의 기준을 적용하는등 BS7777내의 현실적으로 가혹한 기술조항에 대해 합리적인 내용으로 대체함으로써 합리화된 규격으로서의 모습을 갖출 것으로 전망된다. 영국에서는 과도기적 단계로서 BS7777에 새로이 보완된 기술사항들을 반영한 PD7777 (2000년)을 제정하여 시행하고 있는 것으로 알려져 있다. 한편 일본에서는 지난 1981년 제정된 RPIS 및 RPAS의 JGA 지침을 바탕으로 하여 LNG탱크 본체와 주위에 설치된 PC방액제를 일체화한 최신형의 LNG탱크인 지상식 PC LNG탱크에 대한 『PC LNG 지상식 저조 지침 초안』(1990년)을 참고로 하여 전반적인 개정 JGA 지침이 2001년 완료를 목표로 작업중에 있다.

#### 4. 결론

이렇듯 선진국에서는 지난 과거의 자국내 기준에 더하여 외국 기준 및 발달된 저장탱크 기술을 접목한 합리적이고 발달된 탱크 기준을 마련하여 장차 LNG 탱크에 대한 통합된 기준 제정에 노력을 경주함으로써 자국내 산업 발전을 도모하며 점차 세계 시장을 향하여 통일된 규격을 이용한 탱크 수출에 박차를 가하고 있는 실정이다. 이러한 시점에 우리는 국가에서 정책적으로 추진중인 LNG산업을 뒷받침하기 위하여 각 국가별 산업기준의 합리적이고 발전된 부분에 대해 육석을 가려내는 자세로 새로운 국내 기준 및 코드를 제정해야 하는 역사적으로 중요한 시점에 서있는 것이다. 이를 위하여 공공기관 및 기존 탱크 건설 경험을 보유한 기업체의 고급 인력과 축적된 기술을 집약하여 국내 LNG저장탱크 기준 제정에 힘을 모아야 할 것이다.