

## 200,000kL 지상식 LNG 저장탱크 기본설계

김용웅 · 김홍성 · 조승일 · 최낙수  
(주)대우건설 LNG PJ팀

### THE BASIC DESIGN FOR 200,000kL ABOVE GROUND LNG STORAGE TANK

Yongung Kim · Hongsung Kim · Seungil Cho · Naksoo Choi  
Daewoo E&C Co., Ltd.

#### 1. 서론

국내 천연가스 소비량은 지속적인 증가추세에 있으며, 2000년 정부의 장기 천연가스 수급계획에 의하면 2010년에는 2097만톤에 이를 것으로 추정된다. 천연가스 소비 증가 및 계절간 수요격차 증가에 따라 LNG 저장탱크의 건설 수요 또한 지속적으로 증가하고 있는데, 2010년에는 총 560만kL의 저장시설이 필요할 것으로 예상된다. 이 용량을 충족시키기 위해서는 현재 총 33기(13기는 건설중) 418만kL의 저장탱크가 있으므로, 추가로 14기(10만kL 기준) 이상의 저장탱크가 건설되어야 할 것이다. LNG 저장탱크의 건설비용이 저장시설 전체 건설비용의 50% 가량을 차지하기 때문에 저장시설의 경제성을 확보하기 위해서는 대형탱크의 건설이 필수적이고, 관련기술의 발달은 대형화를 가능하게 한다.

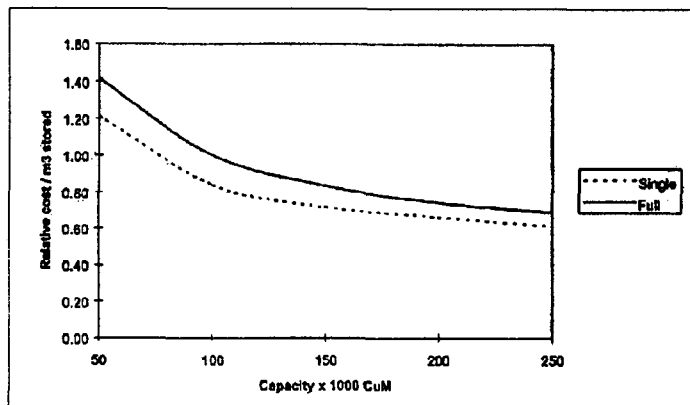


Fig. 1 Unit Cost Ratio vs Usable Tank Capacity

지금까지 설계허용능력, 최대관두께, 액압시험조건 등으로 대용량 저장탱크의 최대용량이 제한되었지만, 재질 향상, 건설 기술의 발달, 기준의 제정 등으로 대형탱크(20만kL 이상)의 설계 및 건설이 가능하게 되었다.

당사에서 추진하고 있는 200,000kL 지상식 LNG 저장탱크 기본설계는, 대우건설 부설 기술연구소에서 탱크 외조에 대한 단면 결정과 관련 설계기술 개발을, 대우건설 본사 LNG PJ팀에서 탱크 내조의 기본설계를 담당하고 있다.

## 2. 단계별 추진내용

1차 년도 (2001. 1 ~ 2001. 12)	2차 년도 (2002. 1 ~ 2002. 12)	3차 년도 (2003. 1 ~ 2003. 12)
- 설계하중 정리 및 기본 단면 설계절차 분석 - 핵심기술의 자립화 방안 도출 - 하중조합 방법 분석 - 내진 해석, 온도하중 해석 및 설계법 분석	- 설계하중 조건 및 지반 조건 설정 - 지반-구조물 관련 내진 해석 및 설계 - 상세지진 해석방안 수립 - 특수하중하 설계기술 연구 계획 수립	- 요소의 단면력 및 응력 산정을 위한 구조해석 - 상세지진, 온도 및 열응력 해석 - 각 구조요소별 설계단면 결정 - 지반-구조물 상호작용을 고려한 내진 해석

## 3. 진행 상황

### 3.1 설계 조건

- Design code : API 620 Appendix Q & L, BS 7777
- Corrosion allowance : 0 mm
- Pressure : 0.296 kg/cm<sup>2</sup>g
- Temperature : -170°C, +65°C
- Vacuum : -5 mbarg
- Specific gravity : 0.48
- Max. boil-off gas rate : 0.075 wt% per day

Item	Description
Tank type	Full containment, 내조: 9% Ni, 외조: PC
Gross capacity	215,000 m <sup>3</sup>
Net capacity	200,000 m <sup>3</sup> (at operating conditions)
Tank diameter (primary container)	90,000 mm
Tank height (primary container)	35,312 mm
Maximum design level	33,854 mm
Net height	31,554 mm
Minimum liquid level	2,000 mm
Hydrostatic test level	20,313 mm

\* 200,000kL 탱크의 기본설계를 처음 시작하였을 때는 직경이 84m였으나(2000년 한국가스학회 추계학술발표회 논문집 참고), 본 검토에서는 90m로 결정하였다. 세계적으로 지진이 빈번히 발생하고 있고 대용량 저장탱크의 안전은 기존탱크보다 더욱 중요하므로, Anchor Strap을 사용하지 않으면서 안전성을 향상시키기 위해서 직경을 증가시켰다.

### 3.2 Seismic Response Acceleration

Natural Frequency (Hz)	OBE (Operation Basis Earthquake)	SSE (Safe Shutdown Earthquake)
1.0	0.172	0.296
2.5	0.376	0.626

설계목표로 하고 있는 200,000kL 탱크의 Natural Frequency는 1.94Hz이고 이때 가속도 값을 위 표에서 구하면 OBE와 SSE 각각 0.301과 0.504이다. 이 값을 기본으로 하여 Overturning Moment와 Shell Compression Force를 구하고 마지막으로 아래 식을 이용하여 허용응력을 계산할 수 있다.

이번 검토에서는 OBE 조건에서는 API 620을 적용하였고, SSE 조건에서는 기존 인첸 및 통영기지를 기준으로 삼아 Timoshenko 이론을 적용하였다.

### 3.3 Maximum Allowable Shell Compression Stress( $F_a$ )

1) OBE (API 620 App. L)

$$F_a = \frac{10^6}{D} \times t = 4,163 \text{psi}$$

D: tank diameter, 295feet

t: thickness of bottom shell course, 1.228inch

2) SSE (Timoshenko theory)

$$F_a = \frac{E}{\sqrt{3 \times (1 - \nu^2)}} \times \frac{t}{R \times SF} = 53.5 \text{N/mm}^2 = 7,757 \text{psi}$$

E: modulus of elasticity, 191,240N/mm<sup>2</sup>,

$\nu$ : Poisson's ratio, 0.3

t: thickness of bottom shell course, 31.2mm

R: tank radius, 45,000mm

SF: safety factor, 1.5

3) Stress Check

본 설계대상 탱크가 받는 Stress(b/12t, b: Shell Compression Force)는 OBE 경우에 1,458psi, SSE 경우에 6,361psi이므로 탱크는 각 조건에서 추가적인 Anchor Strap 없이 안전하다. 이때 Annular Plate의 두께는 29.5mm이다.

