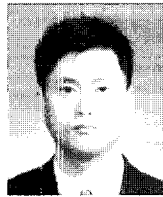


지하저장탱크의 안전확보를 위한 기술기준 개선 방안



이동원 >>
소방방재청 위험물 안전관리팀

1. 서론

위험물저장탱크 중 지하저장탱크는 지반면 하에 매설되는 특성상 상대적으로 화재와 관련한 위험성이 낮아 다른 유형의 위험물탱크에 비하여 기술기준의 규제수준이 약한 실정이다.

그러나 지하저장탱크의 신소재의 출현, 대용량화, 토양오염의 원인 제공 등의 측면에서 보면 현재의 기술기준은 미흡한 면이 있으며 현실과 법령의 시차를 최소화하기 위해서는 예측되는 규제수요에 대한 연구·대비가 필요하다고 할 것이다.

그 중 지하저장탱크와 관련되는 기술기준 중 개선이 요구되는 사항에 대하여 선진국의 동향을 참작하여 고찰해 보기로 한다.

2. 지하저장탱크 본체의 구조의 기술기준 개선방안

현행 위험물안전관리법 시행규칙 별표 8에 규정된 지하저장탱크 본체의 기술기준상 3.2mm 이상의 강철판을 사용하도록 하고 있다.

본 규정과 관련하여 두 가지의 문제점을 지적할 수 있다.

첫째는 두께 기준인 3.2mm는 입법취지상 최소기준을 설정한 것이므로 탱크의 용량 등을 감안하여 그 두께가 비례하도록 설계되어야 함에도 지금까지의 관행은 탱크의 용량에 관계없이 최소기준인 3.2mm

만 충족하면 가능한 것으로 잘못 이해되고 있는 것이며, 둘째는 재질 기준인 강철판은 입법취지상 일반적인 설치수요를 감안하여 대표적인 재질을 규정한 것이나 결과적으로 강철판만 허용하는 것으로 이해되고 있다.

이러한 문제점에 대한 해결책으로 지하저장탱크 본체의 구조의 두께와 재질의 기준을 정함에 있어서 지하저장탱크와 부속설비의 지중·지장 위험물의 중량·지하탱크에 걸리는 내압·토압 등에 의한 주하중 및 지진의 영향 등에 의한 종하중에 의하여 생기는 응력과 변형에 대하여 안전한 것으로 하여야 한다. 또한 주하중 및 주하중과 종하중의 조합에 의하여 지하저장탱크 본체에 생기는 응력은 허용응력 이하가 되어야 한다.

2.1 작용하는 하중

2.1.1 주하중

① 고정하중(지하저장탱크 및 부속설비의 자중)

W_1 : 고정하중 [단위 : N]

② 액하중(저장위험물의 중량)

$W_2 = \gamma_1 \cdot V$

W_2 : 액하중 [단위 : N]

γ_1 : 액체위험물의 비중량 [단위 : N/mm³]

V : 탱크의 용량 [단위 : mm³]

③ 내압

$P_1 = P_G + P_L$

P_1 : 내압 [단위 : N/mm²]

P_G : 공간부의 압력(밸브 없는 통기관에 있어서의 해당 없음) [단위 : N/mm²]

P_L : 정액압(靜液壓) [단위 : N/mm²]

정액압은 다음의 식에 의하여 구함

$P_L = \gamma_1 \cdot h_1$

γ_1 : 액체위험물의 비중량 [단위 : N/mm³]

h_1 : 최고액면으로부터의 깊이 [단위 : mm]

④ 건조사 하중

탱크전용실 내의 탱크 최하단으로부터 탱크 최상단까지의 건조사의 하중을 의미함

$P_2 = \gamma_2 \cdot h_2$

P_2 : 건조사하중 [단위 : N/mm²]

γ_2 : 모래의 비중량 [단위 : N/mm³]

h_2 : 탱크전용실의 두께의 내측으로부터 탱크의 최상단까지의 깊이 [단위 : mm]

2.1.2 종하중

① 지진의 영향

정적진도법에 기초한 지진동에 의한 탱크의 축직각방향에 작용하는 수평방향관성력을 고려하며, 지진시토압은 고려할 필요 없음

$$F_s = Kh(W_1 + W_2 + W_3)$$

F_s : 탱크의 축직각방향에 작용하는 수평방향지진력 [단위 : N]

Kh : 설계수평진도

$$Kh = 0.15v_1 \cdot v_2$$

v_1 은 지역별보정계수

지역의 구분	지역별보정계수
서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 경기도, 강원도남부(강릉시, 동해시, 삼척시, 원주시, 태백시, 영월군, 정선군), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도북동부(광양시, 나주시, 순천시, 여수시, 곡성군, 구례군, 담양군, 보성군, 장성군, 장흥군, 화순군)	0.7
강원도북부(속초시, 춘천시, 고성군, 양구군, 양양군, 인제군, 철원군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군), 전라남도남서부(목포시, 강진군, 고흥군, 무안군, 신안군, 영광군, 영암군, 완도군, 진도군, 함평군, 해남군), 제주도	0.6

v_2 은 지반별보정계수

지반의 구분	제3기 이전의 지반(이하 이 표에서 "암반"이라 한다) 또는 암반까지의 총적층의 두께가 10m 미만인 지반(이하 "1종 지반"이라 한다)	암반까지의 총적층의 두께가 10m 이상인 지반 또는 암반까지의 총적층의 두께가 10m 미만인 지반(이하 "2종 지반"이라 한다)	암반까지의 총적층의 두께가 10m 이상 25m 미만이고 내진설계상 지지력을 무시할 필요가 있다고 인정되는 토층의 두께가 5m 미만인 지반(이하 "3종 지반"이라 한다)	그밖의 지반(이하 "4종 지반"이라 한다)
보정계수	1.50	1.67	1.83	2.00

W_1 : 고정하중 [단위 : N]

W_2 : 액하중 [단위 : N]

W_3 : 탱크의 축직각방향에 작용하는 건조사의 중량 [단위 : N]

② 시험하중

탱크안전성능시험 또는 정기점검의 수압시험 등을 실시하는 과정의 하중을 의미함 [단위 : N/mm²]

2.2 발생응력 등

강제횡형원통형의 지하저장탱크의 경우 다음의 수식에 의할 수 있음

2.2.1 동판부(胴板部)의 내압에 의한 인장응력

$$\sigma s1 = P_i \cdot (D/2t_i)$$

$\sigma s1$: 인장응력 [단위 : N/mm²]

P_i : (내압, 정의 시험하중) [단위 : N/mm²]

D : 탱크의 직경 [단위 : mm]

t_i : 동판의 두께 [단위 : mm]

2.2.2 동판부의 외압에 의한 압축응력

$$\sigma s2 = P_o \cdot (D/2t_i)$$

- $\sigma s2$: 압축응력 [단위 : N/mm²]
- P_0 : (건조사하중, 부의 시험하중) [단위 : N/mm²]
- D : 탱크의 직경 [단위 : mm]
- t_1 : 동판의 두께 [단위 : mm]

2.2.3 경판부(鏡板部)의 내압에 의한 인장응력

$$\sigma k1 = P_i \cdot (R/2t_2)$$

- $\sigma k1$: 인장응력 [단위 : N/mm²]
- P_i : (내압, 정의 시험하중) [단위 : N/mm²]
- R : 경판중앙부의 곡률반경 [단위 : mm]
- t_2 : 경판의 두께 [단위 : mm]

2.2.4 경판부의 외압에 의한 압축응력

$$\sigma k2 = P_0 \cdot (R/2t_2)$$

- $\sigma k2$: 압축응력 [단위 : N/mm²]
- P_0 : (건조사하중, 부의 시험하중) [단위 : N/mm²]
- R : 경판중앙부의 곡률반경 [단위 : mm]
- t_2 : 경판의 두께 [단위 : mm]

2.2.5 탱크고정의 조건

지하탱크 본체의 지진시관성력에 대하여 지하탱크 고정부분이 필요한 모멘트에 견딜 수 있는 구조이기 위하여 다음의 조건을 만족하여야 함

$$F_s \cdot L \leq R \cdot 1$$

- F_s : 탱크의 축직각방향에 작용하는 수평방향지진력 [단위 : N]
- L : F_s 가 작용하는 중심으로부터 기초까지의 높이 [단위 : mm]
- R : 고정부에 발생하는 반력 [단위 : N]
- 1 : 하나의 고정부분의 고정점의 간격 [단위 : mm]

3. 탱크전용실 구조의 기술기준 개선방안

현행 위험물안전관리법 시행규칙 별표 8에 규정된 탱크전용실의 기술기준상 벽 및 바닥을 0.3m 이상의 콘크리트구조 또는 이와 동등 이상의 강도가 있는 구조로 하고 뚜껑은 두께 0.3m 이상의 철근콘크리트로 하도록 규정하고 있다.

이는 탱크전용실의 기능을 확보하기 위한 최소기준을 규정한 것으로 탱크의 규모, 지반의 특성에 따른 적절한 기준이 강구되어야 함에도 이러한 특성은 간과한 채 최소기준만 충족하여 시공하는 것이 관행화 되었다.

이러한 문제점에 대한 해결책으로 해당 탱크전용실의 자중, 지하저장탱크와 부속설비에 저장하는 위험물의

중량·토압·지하수 등에 의한 주하중과 상재(上載)하중 및 지진의 영향 등에 의한 종하중에 의하여 생기는 응력과 변형에 대하여 안전한 것으로 하여야 한다. 또한 주하중 및 주하중과 종하중의 조합에 의하여 탱크전용실에 생기는 응력은 허용응력 이하가 되어야 한다.

3.1 작용하는 하중

3.1.1 주하중

- ① 고정하중(탱크전용실의 자중, 지하저장탱크 및 부속설비의 자중)

$$W_1 : \text{고정하중 [단위 : N]}$$

- ② 액하중(저장위험물의 중량)

$$W_2 = \gamma_1 \cdot V$$

$$W_2 : \text{액하중 [단위 : N]}$$

$$\gamma_1 : \text{액체위험물의 비중량 [단위 : N/mm}^3\text{]}$$

$$V : \text{탱크의 용량 [단위 : mm}^3\text{]}$$

- ③ 토압

$$P_3 = K_A \cdot \gamma_3 \cdot h_3$$

$$P_3 : \text{토압 [단위 : N/mm}^2\text{]}$$

$$K_A : \text{정지토압계수(일반적으로 0.5)}$$

$$\gamma_3 : \text{흙의 비중량 [단위 : N/mm}^3\text{]}$$

$$h_3 : \text{지반면하의 깊이 [단위 : mm]}$$

- ④ 수압

$$P_4 = \gamma_4 \cdot h_4$$

$$P_4 : \text{수압 [단위 : N/mm}^2\text{]}$$

$$\gamma_4 : \text{물의 비중량 [단위 : N/mm}^3\text{]}$$

$$h_4 : \text{지하수위로부터의 깊이(지하수위는 원칙적으로 실측치에 의한 것) [단위 : mm]}$$

3.1.2 종하중

- ① 상재(上載)하중

상재하중은 원칙적으로 예견되는 최대중량의 차량 하중으로 할 것(250kN의 차량의 경우 후륜편측에 100kN을 고려할 것)

- ② 지진의 영향

지진의 영향은 지진시토압과 관련하여 검토할 것

$$P_5 = K_E \cdot \gamma_4 \cdot h_4$$

$$P_5 : \text{지진시토압 [단위 : N/mm}^2\text{]}$$

$$K_E : \text{지진시수평토압계수}$$

$$K_E = \frac{\cos^2(\phi + \theta)}{\cos^2\theta [1 + \frac{\sin\phi \cdot \sin(\phi - \theta)}{\cos\theta}]^2}$$

ϕ : 주변지반의 내부마찰각 [단위 : 도]

θ : 지진시 합성각 [단위 : 도]

$$\theta = \tan^{-1}Kh$$

Kh : 설계수평진도

$$Kh = 0.15v_1 \cdot v_2$$

v_1 은 지역별보정계수

지역의 구분	지역별보정계수
서울특별시, 인천광역시, 대전광역시, 부산광역시, 대구광역시, 울산광역시, 광주광역시, 경기도, 강원도남부(강릉시, 동해시, 삼척시, 원주시, 태백시, 영월군, 정선군), 충청북도, 충청남도, 경상북도, 경상남도, 전라북도, 전라남도북동부(광양시, 나주시, 순천시, 여수시, 곡성군, 구례군, 담양군, 보성군, 장성군, 장흥군, 화순군)	0.7
강원도북부(속초시, 춘천시, 고성군, 양구군, 양양군, 인제군, 철원군, 평창군, 화천군, 홍천군, 횡성군), 전라남도남서부(목포시, 강진군, 고흥군, 무안군, 신안군, 영광군, 영암군, 완도군, 진도군, 함평군, 해남군), 제주도	0.6

v_2 는 지반별보정계수

지반의 구분	제3기 이전의 지반(이하 이 표에서 "암반"이라 한다) 또는 암반까지의 홍적층의 두께가 10m 미만인 지반(이하 "1종 지반"이라 한다)	암반까지의 홍적층의 두께가 10m 이상인 지반 또는 암반까지의 충적층의 두께가 10m 미만인 지반(이하 "2종 지반"이라 한다)	암반까지의 충적층의 두께가 10m 이상 25m 미만이고 내진설계상 지지력을 무시할 필요가 있다고 인정되는 토층의 두께가 5m 미만인 지반(이하 "3종 지반"이라 한다)	그밖의 지반(이하 "4종 지반"이라 한다)
보정계수	1.50	1.67	1.83	2.00

γ_s : 흙의 비중량 [단위 : N/mm³]

h_s : 지반면하의 깊이 [단위 : mm]

3.2 발생응력

발생응력은 하중의 형태, 지지방법 및 형상에 따라 산정한 단면력(곡모멘트, 축력 및 전단력)의 최대치에 의하여 산출할 것

4. 결어

이상 지하저장탱크 본체의 구조 및 탱크전용실의 구조와 관련하여 새로운 기술에 탄력적으로 대응하고 새로운 기술을 활용하여 사고예방을 도모하기 위한 기술기준의 개선방안을 고찰하였다.

장래 대형 지하저장탱크의 출현과 신소재 기술의 상용화에 대비하여 충분한 연구를 진행하여 우리나라 실정에 적합한 기술기준을 개발하여 기술의 발전에 뒤떨어지지 않는 법령상 기술기준의 마련이 필요하다 하겠다.