

액체탱크의 액동압 및 풍압동향조사

에너지자원표준과 공업연구관 김학영
(02) 509-7277 hykim@ats.go.kr

1. 출장 개요

○출장 목적

- 산기반 표준화기술개발연구과제『액체저장탱크의 액동압 및 풍압에 대한 표준규격화연구』의 원활한 수행을 위해 액체저장탱크의 풍압에 의한 파손 및 지진하중에 의한 설계기준등의 기술수준을 파악하여 표준화된 국가 규격으로 정립

- 따라서 객관적인 설계기준에 따른 산정방법등의 표준화된 규격개발을 위하여 내풍압 및 내진설계기준에 대한 설계표준 산정방법등을 파악, 반영

○출장기간 : 2004. 7. 22(금) ~7. 30(토) (9일간)

○출장지 : 미국

○출장자 : 신산업기술표준부 에너지자원표준과 공업연구사 김학영

○주요 활동 사항

- 액체저장탱크등의 풍하중 및 내진하중 등에 대한 연구를 지속적으로 수행하는 미국의 러커스 대학 등과의 세미나를 통한 풍압및내진설계 산정방법 등의 국제동향 파악

- 미국석유협회 방문을 통해 압력이 작용하는 저장탱크 등에 대한 관련 규격등 기술수준 및 동향을 파악하여 표준화제정규격에 반영

2. 산기반 연구과제 개요

○과제명 : 액체저장탱크의 액동압 및 풍압에 대한 표준규격화 연구

○연구기간 : 2003. 12. 1 ~2005. 11. 30(24개월)

○총괄책임자(위탁) : 에너지자원표준과 공업연구사 김학영

- 주관기관 경희대학교

○연구배경 및 목적

- 액체저장탱크는 수두압 및 자중과 같은 정하중 외에 지진과풍압에 의해 발생하는 동압중을 받으며, 지진시 발생하는 액체저장탱크의 액면요동에 의한 액동압은 건축물과 같은 강체에 대해 발생하는 동압과는 거동양상이 완전히 다름

- 따라서 국내에서는 이액동압에 대한 산정및평가방법의 설계표준화가 제정되어 있지 않아, 선진기술 및 관련 표준화동향을 파악하여 액동압



및 풍압에 의한 액체저장탱크의 안전성평가 설계표준을 확립함으로써, 국내산업계의 신뢰성을 확보하고 동분야 표준의 선진화 추진계획에 반영

3. 주요활동수행내용

□ Rutgers Univ. (뉴저지소재)

○ 주요 연구내용

- 교량등구조물의 안전성평가분야등 풍압및지진 관련분야에 대한 연구를 지속적으로 수행하는 러커스대학의 토목·환경공학부는 지진등의 재해예방을 최소화시키기 위해 구조역학, 파괴역학, 내진공학등의 여러분야에 대한 연구개발을 지속적으로 수행하고 있음

- 교량건설을 위한 시스템 안정성 설계해석 평가 연구
- 건축물과 브리지의 구조안전과 신뢰성기반설계 연구
- 브리지의 비파괴 성능평가 연구
- 교량의 분석적 모델링과 설계해석 평가연구
- 기름과 가스파이프 라인의 안전과 보호를 위한 평가연구
- 교량 건축물등 강철제품에 있어서의 파괴방지에 필요한 유한 요소 해석 연구등

○ 주요 활동내용

- 지진과 태풍의 피해로부터 인명, 재산이나 건축물, 특히 산업시설등의 피해를 최소화하기 위한 연구개발을 지속적으로 하고 있는 러커스 대학의 방문을 통해 연구내용을 협의한 결과 내진 및 내풍압설계에 대한 관련 평가기준은 API-STD-650, ASCE-7등의 기준을 특성에 맞게 적용하고 이를 활용하고 있음

- 관련규격

- API-Standard-650 : 기름저장용 대기압 탱크
- API-Standard-620 : 저압력 저장탱크
- AWWA D 100 : 물저장용 강철탱크
- ASCE-7: 건축물 및 다른 구조물을 위한 최소 설계하중 지침

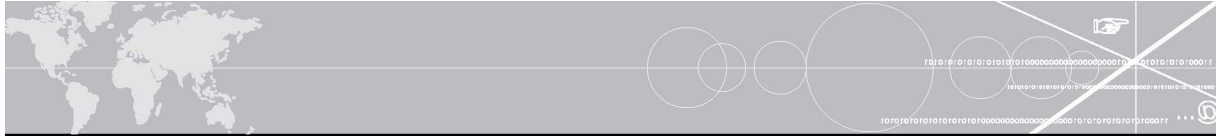
- 액체저장탱크는 일반적으로 탱크의 직경이 3~110m, 높이는 2~20m로 직경/높이의 비가 0.2~8정도로 설계되고 있으며 발전소, 석유화학시설 및 산업시설에 널리 사용되고 있는 원통직립형은 기름저장용, 물저장용, 축열조용 및 석유화학물저장용등에 사용되고 있어, 풍압및 지진에 의한 파손가능성이 있기 때문에 내풍압 및 내진설계기준이 필요함

- 액체저장탱크의 설계기준 제정시 탱크의 손상 주요원인으로는 풍압 및 부압, 지진에 의한 액동압, 침하등이 있고, 탱크의 손상 형태로는 옆판의 좌굴, 지붕의 파손, 앵커의 파손등이 있으며, 특히 설계풍하중 에 영향을 주는 여러 가지 원인으로는

- 지형조건 또는 지표면등에 따른 기본풍속
- 지표면의 고도에 따른 분포계수
- 산맥, 계곡등 지형·지물에 의한 풍속할증계수
- 사용용도구조물등에 따른 중요도계수
- 강풍시에 발생하는 구조물의 가스트영향계수
- 표면조건 등에 따른 풍압(력)계수

- 이는 지진의 발생시 또는 태풍시에도 액체저장탱크의 지진하중과 풍압에 대해 견디고 예방할 수 있는 설계기준방법을 적용하고 있음

□ 미국 석유 협회 (American Petroleum



Institute) (워싱턴소재)

○설립년도 : 1919 3. 20. 비영리법인 단체규격 기관

○설립배경

- 1차 세계대전 당시, 미국 의회와 국내 석유 및 천연가스 산업체는 전쟁을 효과적으로 수행하기 위해 회사마다 독자적인 오일을 공급하기보다는 표준화된 오일을 공급할 필요성을 인식함.

○주요임무

- 국가적 사안에 대한 정부와의 협력 방안 모색
- 미석유제품의 외국 및 국내 교역 강화
- 석유 산업계의 이익을 촉진
- 석유 및 천연가스산업과 관련 기술 및 과학 연구, 회원기관의 상호발전 모색

○주요업무

- 1920년부터 원유제품 및 석유관련 산업 통계를 제공
- 1924년부터 장비 등에 대한 표준 제정
 - ※ 현재 석유 및 가스 산업관련 보유규격: 500종이상
- 1930년부터 중앙/주 정부의 높은 세금 부과에 대한 과세 협조
- 중앙/주 정부 법령 제정시 기술 연구, 경제 분석 등 자료 제공
- 회원사에 영향을 미치는 주요 이슈들에 대한 합의 도출을 위한 포럼 개최
- 동종분야 협회간의 공동 연구 및 다른 기구와의 협력
- API Monogram 인증 업무

○조직 및 위치

- 조직: 4개의 부서로 구성. 27개 지부, 회원사 400여
Upstream, Downstream, Pipeline, General membership
- 위치: Washington D. C.

○주요 활동내용

- 액동압에 의한 내진설계 평가방법은 액체거동해석에서 중력과의 효과가 포함된 에너지 법칙에 기초한 저장액체의 운동을 충격형(Impulsive mode)과 이류형(Convective mode) 또는 액체요동(Sloshing) 으로 분리하고 체계화하여 제정한 API-Standard-650(기름저장용 대기압탱크)등을 적용하는 표준화 설계기준등의 규격내용 협의

□ Cornell Univ. 및 SUNY at Stony Brook (뉴욕소재)

○ Cornell Univ. (토목· 환경공학부)

- 주요 연구내용

- 구조물에 관한 지반이동 영향, 파이프라인에 나타나는 지진, 터널시공 분야 연구등 지진관련분야에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있으며, 특히 가스공급관련 지진예측분석등에 대한 많은 연구가 추진되고 있음
- 라이프라인과 유틸리티를 위한 지진의 분포연구
- 가스전송파이프의 내진성능 평가연구
- 건축물의 신속한 지진예측을 위한 GIS평가 연구
- 영구적인 그라운드 변형을 받는 일부가 있는 지하 매설관의 변형 작용 평가연구
- 지진으로 인한 건축물의 피해발생 위치등의 인식 알고리즘 개발 연구등

○SUNY at Stony Brook(기계공학부)

- 주요 연구내용

- 적층구조의 파괴메커니즘과 복합고체의 비선형 구조방정식의 개발에 적용되는 다중 위상물질의 정밀한 응력과 고장원인분석등 구조역학, 고체역학 등에 관한 연구개발을 지속적으로 수행하고 있음



- 여러가지 물질과 구조에 대한 계산형의 응력과 파괴분석연구
- 표면 파괴 및 붕괴에 관한 연구
- 차등물질 특징에 관한 미세흡집과 역추정 평가 연구등

○ 주요 활동내용

- 발전소, 석유화학시설 및 산업시설에서 사용되고 있는 액체저장탱크는 지진의 발생이나 강한 바람에도 탱크의 보존과 지속적인 기능을 유지해야 하는 것으로, 액체저장탱크에 작용하는 지진하중과 풍하중의 설계기준에 대한 연구내용 협의를 통한 적용기준등 관련내용을 파악하여 내풍압 및 내진설계 평가방법에 적용활용하고자 함

4. 종합 평가 의견

- 최근 한반도 내에서도 1년에 19번 가량 지진이 발생하고 있으며 사람이 느낄 수 있는 리히터 규모(Richter magnitude) 3이상의 지진이 연평균 9번 발생하고 있다. 산업시설들이 파손될 수 있는 리히터 규모 4이상의 지진은 1 회/년, 리히터 규모 5이상은 0.2회/년 발생되고 있어 이제 한반도는 지진에 대한 안전지대가 아니라는 것이 현실적인 상황이며 지진에 대한 액체 저장 탱크의 안전도도 심각히 고려해야 한다.
- 또한 한해 평균 약 20~30개 정도의 태풍이 상륙하고, 7월에서 10월 사이에 집중적으로 발생한

다 2003년 9월에 발생한 최대순간풍속 60m/s(제주)의 매미와 2002년 발생한 최대순간풍속 58.3m/s(흑산도)의 루사와 같이 매우 강한 태풍이 2년에 한번 꼴로 한반도를 지나가고, 그보다 다소 약한 세기의 태풍이 연평균 1~2개 정도가 상륙하거나 직접적으로 근해를 스쳐간다. 최근에는 기상 이변 및 지구 온난화 현상 등으로 태풍 발생 빈도가 더욱 증가하는 추세이며, 풍하중으로 인하여 발생하는 사회적 경제적 손실은 매우 심각하다 할수 있다

- 액체저장탱크는 발전소, 석유화학시설 및 산업시설에 널리 사용되고 있으며 특히 해안가에 위치하는 경우가 많은데, 이에 액체저장탱크는 지진의 발생이나 강한 바람에도 탱크의 보존과 기능을 유지해야 한다

또한 액체저장탱크에 있어 미국의 경우도 API STD 650(미국석유협회 규격), ASCE-7(미국토목학회 설계지침)등을 적용하여 지진하중 및 풍하중에 대한 지반특성등에 맞게 적용하고 있음. 따라서 일반건축물과는 다른 거동을 하는 액체저장탱크의 경우 지진에 대한 내진설계등을 통해 구조물등 저장탱크의 안전성을 확보해야 할것임.

- 따라서 이번 연구회의에서 알수 있듯이 액체저장탱크의 액동압 및 풍압에 대한 설계기준방법의 표준화된 규격개발을 위하여 풍압 및 내진설계 기준등에 대한 세미나 및 연구협력등을 통한 설계표준 반영함으로써 표준화된 규격으로 정립하면 될 것임. 