

調 査 報 告

위험물 옥외탱크 저장소의 낙뢰예방에
관한 연구 보고서

연구책임자 朴旻鎬(서울大 工大教授·工博) 연구원 朴永文(서울大 工大教授·工博)
白龍鉉(仁荷大 工大教授·工博)
李允鍾(漢陽大 工大教授·工博)

目 次

- 1. 연구목적
- 2. 연구범위 및 내용
- 3. 기술적 검토
 - (1) 일반사항
 - (2) 고정지붕을 가진 수평탱크의뢰 보호
 - (3) 가압용기의뢰 보호
 - (4) 피뢰의 관점에서 본 적절한 조건
 - (5) 절관지붕의 원형탱크의 도장과 피뢰의 상관성
- 4. 법규적 검토
 - (1) 미국의 경우
 - (2) 일본의 경우
 - (3) 우리나라의 경우
- 5. 접지시공방법 및 실험결과
 - (1) 접지시공방법
 - (2) 실험결과
- 6. 연구결과
- 7. 결 語
- 8. 참고문헌

1. 연구목적

호남경유회사 및 주석회사 대한석유공사 소유 위험물 옥외탱크저장소에 대한 적절한 낙뢰 보호대책을 평가, 연구하기 위함.

2. 연구범위 및 내용

- (1) 현행 해(該) 보호대책의 조사, 평가
- (2) 해외의 해 보호대책의 조사, 평가, 연구
- (3) 해 보호대책에 대한 적절한 의견제시

3. 기술적 검토

(1) 일반사항

건축물, 연돌, 탐 기름탱크 등의 공작물 또는 기타

설비가뢰(lightning)의 직격을 받으면 열과 기계적 힘을 받을 뿐만 아니라 주위에 가연물질이 있을 경우에는 그것이 점화되어 심한 손상이나 재해를 입게됨은 널리 알려진 사실이다.

일반적으로 이와같은 직격되는 피할 수가 없으므로 그 피해를 극소화 하기 위한 보호대책을 강구하는 것이 필요하며 이 대책을 피뢰대책이라 한다.

피뢰대책은뢰격전류를 도전통로를 통하여 대지로 유입시킴을 뜻하며 그 대표적인 수단은 피뢰설비를 시설하는 것이라 할 수 있다. 그러나 대지와 적절히 접지되어 있는 금속제 탱크나 구조물은 적절한조건((4) 참조)만 구비되면 그 자체가 피뢰설비의 기능을 충분히 수행하게 된다. 따라서 이 경우 접지봉등의 방법의 의하여 별도로 접지를 보장하여도 실질적으로 추가 이득은 없다는 사실이 실증되고 있다.

그 반면, 접지파이프등에 의하여 접속되어 있더라도 대지상이 직접 세워져 있지 아니하는 금속제 탱크는 그 기조가뢰격손상을 입을 우려가 있으므로 따로 추가 접지를 행하여야 한다.

또, 대지와 절연된 철제탱크나 구조물은 절연물에 대한 손상을 막고뢰격에너지를 대지로 유입시키기 위하여 적절한 방법으로 접지하거나 본딩(bonding) 하여야 한다.

절연체로 된 구조물(목재, 벽돌, 콘크리트 등)은 적절히 설계된 피뢰봉(lightning rod), 도전마스트(conducting mast) 또는 가공지선(overhead wire) 등을 시설하여 보호하여야 한다. 그런데 이 경우에는 보호구역범위가 한정되어 있다.

(2) 고정지붕을 가진 수평탱크의뢰 보호

과거의 실적에 의하면 고정된 금속제 지붕을 가진 탱크나 수평탱크는 적절한 조건만 구비되면 모든 금속

성분이 상호 접촉되어 있는 한, 직격뢰에 기인한 절하나 손상을 방지할 수 있음이 입증되고 있다. 그러나 비금속제 지붕을 가진 금속제 탱크는 직격뢰에 대하여 보호될 수 없다. 따라서 이 경우에는 피뢰봉, 도전마스트 또는 가공지선등과 접속되어 있는 금속제 피복으로서 보호하여야 한다.

이들 탱크에는 기공(pressure-vacuum vent) 또는 화염포집기(flame arrester)를 시설하여 이탄 증기가 절화될 경우 이 화염이 탱크속으로 번져 들어가는 것을 방지토록 하여야 한다.

(3) 가압용기(pressure storage)의뢰 보호

가압상태에 있는 가연성 액체나 기체를 저장하는 금속제 탱크나 용기는 별도의 피뢰 설비를 필요로 하지 않는다. 왜냐하면 이러한 용기는 퇴격전류를 차폐할 수 있는 구조로 되어 있고, 적절히 접지되어 있고, 또뢰의 직격에 의한 파괴를 막을 수 있는 정도의 두께를 가지고 있기 때문이다.

(4) 피뢰의 관점에서 본 적절한 조건

가연성 액체나 기체의 저장에 사용되는 구조물은 피뢰의 관점에서 고찰할때 다음 3가지 유형이 있다.

- (ㄱ) 전면이 금속제이고 또한 기밀(gastight)인 구조
- (ㄴ) 부분적으로 또는 전면적으로 비금속제인 구조물
- (ㄷ) 증기 또는 가스 기구를 시설한 구조

이러한 유형의 구조물은 사소한 스파크가 발생하여도 가연성 또는 폭발성 물질에의 인화로 완전히 파손될 우려가 있다.

그러나 다음과 같은 조건이 충족되면 퇴격보호 조치가 강구된 것으로 공인되고 있다. 즉,

- (ㄱ) 두께 3/16인치(4.5mm)의 금속판은뢰의 직격시 구조물의 파괴를 막을 수 있다.
- (ㄴ) 철제지붕을 가진 지상철제탱크는 별도의 피뢰설비 없이도 피뢰설비의 기능을 충분히 수행할 수 있다.
- (ㄷ) 비금속제 지붕을 가진 탱크는 스스로 피뢰기능이 없으므로 에어터미널(air terminal), 도전성마스트(conducting mast), 또는 가공지선(overhead ground wire)을 따로 설치하여야 한다.
- (ㄷ) 어느 경우에도 접속점과 파이프 접속은 전기적으로 완전히 접속되어 있어야 한다.
- (ㄹ) 모든기공(air vapor gas opening)에는 기밀 또는 내화조치가 강구되어 있어야 한다.
- (ㄹ)뢰의 직격시 퇴격전류를 대지에 유입시켜서 대지

에 아아크가 발생할 우려가 있는 구조물의 전위 상승을 억제하기 위하여 탱크가 적절히 접지되어 있어야 한다.

(8) 대지와 밀접하게 접해 있는 철제탱크는 적절히 접지되어 있는 것으로 본다.

(5) 철판지붕의 철제탱크의 도장과 피뢰의 상관성

철판지붕의 철제탱크는 국내의를 막론하고 방청이나 위장목적으로 그 표면을 평면단이나 페인트로 도장하는 것이 상례인데 그 도장재료는 보통 비도전성이다.

그러나 그 도장재료의 비도전성(nonconductivity)이 피뢰기능을 전혀 저하시키지 아니하는데 그 이유는 다음과 같다.

즉, 탱크의 철판, 지붕 또는 벽이뢰의 직격을 받았을 경우 낙뢰전하에 의한 높은 전압(high voltage)은 대부분 도장피막에 걸리고(도장피막은 유전체로 작용하기 때문임) 철판내부와 대지간에는 전위차가 거의 없게 된다(도전체가기 때문임).

따라서 높은 전압이 걸린 얇은 도장피막은 대부분의 경우 순식간에 절연파괴(insulation breakdown)되어 낙뢰전하는 대지로 방류되므로 피뢰 기능이 저하되지 아니한다. 한편, 극히 드문 경우이기는 하나 낙뢰의 정도가 경미하여 도장피막이 절연파괴되지 아니하는 경우에는 낙뢰전하가 낙뢰지점에 잔류하더라도 탱크내부는 철판으로 정전차폐(electrostatic shielding)되어 있으므로 낙뢰피해가 전혀 발생되지 아니한다.

따라서 도장문제는 고려대상이 될 수 없으며 미국, 일본등의 선진공업국에서 피뢰효과의 관점에서는 이를 규제하고 있지 아니하다.

4. 법규적 검토

(1) 미국의 경우

전기설비 및 보안에 관련하여 모범인 NEC(National Electrical Code)—1978의 514—1조에 의거하면 석유처리 및 써어비스소의 안전보호는 NFPA 규정중 가연성 및 내연액체 규정을 참조하게 되어 있고 NFPA 78-Section 32 특수구조물의 보호에 의거하면,

가. 3210대기압 가연액체 저장용 지상철제탱크 리베트타(打)(riveted), 볼트조임(bolted) 또는 용접(welded)구조의 철판 지붕(steel roof)을 갖는 철제탱크(steel tank)가 가연성 액체의 저장용으로 사용될 경우 다음 조건을 모두 만족하면 충분히 피뢰보호가 된 것으로 본다고 되어 있다.

- 1) 철판의 모든 이음(joint)이 접합(riveted)되거나 볼트조임이 되어 있거나 또는 용접되어 있을 것.
- 2) 탱크로 인입하는 모든 파이프가 인입전에서 탱크와 양도체인 금속으로 연결되어 있을 것.
- 3) 모든 기공(vapor or gas opening)에는 기밀조치 또는 내화조치가 되어 있을 것.
- 4) 철허탱크와 철허지붕이 퇴격시에도 소손되지 않을 정도의 두께를 가질것(지붕에는 3/16인치 두께의 철판을 사용할 것).
- 5) 지붕은 가스가 새지않고 전기적으로 연결되도록 연속적으로 바깥에서 용접하거나, 볼트조임을 하거나, 또는 리베트타(打)되어 있을 것.

나. 3240, 비철허 지붕의 철허탱크
별도의 보호시설 필요함.

다. 3250, 탱크의 접지

탱크는 퇴의 직격전류를 대지에 유입시켜 대지에 대하여 스파이크가 발생하는 전위상승이 나타나지 아니하도록 적절하게 접지되어 있어야 한다.

대지와 접촉이 잘 되어있는 철허탱크나 금속파이프로 철허하게 연결되어 있는 지상철허탱크는 별도. 접지를 하지 아니하여도 이미 적절하게 접지되어 있는 것으로 본다.

이상과 같은 취지의 기술은 API(American Petroleum Institute) RP 2003 및 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers) STD 142-1972에서도 나타나고 있으며 미국에서는 철허지붕을 가진 철허탱크는 별도의 피뢰설비를 시설하지 않고 있음을 부인한다.

(2) 일본의 경우

일본에서는 건축물, 연돌, 탑, 기름탱크 등의 공작물, 기타의 설비에 대한 피뢰설비 명문규정은 JIS A 4201-1972에 의거하고 있다.

과거에는 철허 구조물에 대해서 일률적으로 따로 피뢰설비를 시설하도록 되어 있었으나, 1972년도에 개정된 JIS A 4201에서는 철허철근 콘크리트구조 및 철근콘크리트 구조의 피뢰설비의 경우 피뢰설비를 생략할 수 있도록 개정 되었다. 그 관련규정을 인용하자면 아래와 같다.

가. 3.3 화약, 가연성액체, 가연성가스 등의 위험물의 저장 또는 취급에 사용되는 피뢰설비에 설비하는 피뢰침의 구조.

나. 3.3(2) 금속제의 유탱크는 리베트타(打), 용접, 기타방법으로 금속상호간 및 모든 파이프, 발브등을 유탱크에 정기적으로 접속하여 용전에 의하여 스파크

가 발생하지 아니하는 구조로 한다.

다. 3.3(4)-3.3 (2)의 규정에 적합하고, 두께 3.2mm 이상의 금속판으로 구성되고 또한 밀폐되어 있는 탱크에 대해서는 3.1.6 (2)의 규정에 의하여 간략화하여도 무방하다.

라. 3.1.6 (2)-기중 및 골조가 철허조인 피뢰설비 또는 금속판으로 덮힌 피뢰설비에 대해서는 다음 규정에 의하여 간략화하여도 무방하다.

1) 철허 또는 피뢰설비를 둘러싼 금속판을 피뢰기의 돌침부로서 대신하여도 무방하다. 다만 금속판 상호간은 잘 접속하고 철허조의 피뢰설비의 지붕 또는 골조로서 금속 이외의 자료를 사용한 것은 차한에 부재한다.

2) 철허 또는 피뢰설비를 둘러싼 금속판을 피뢰도선으로서 대신하여도 무방하다. 이 경우 철허 또는 금속판은 단면적 30mm² 이상의 동선으로 2개소 이상의 접지극으로서 접지하여야 한다.

그러나, 피뢰설비의 기초의 접지저항이 5Ω이하이면 접지극을 생략하여도 무방하다.

따라서 일본의 경우 접지된 전금속제의 탱크는 완전 차폐된 것으로 해석하여 별도의 돌침부가 불필요하며, 만일 낙뢰시에도 소정의 3.2mm 이상의 두께를 갖는 금속판은 거의 손상을 받음이 없이 피뢰도선의 역할을 수행하여 안전하게 대지로 전류를 유입하는 것으로 해석하고 피뢰설비를 생략할 수 있도록 명문화하고 있다.

(3) 우리나라의 경우

전기설비의 시설과 보호에 관련하여 모법에 해당되는 전기설비기준령(상공부령 506호 1977년 3월 18일)에는 해 사항에 대한 명문규정이 없으나 소방법 시행령 55조(옥외탱크 저장소의 기준) 19항에 의하면 다음과 같이 막연하게 규정하고 있다.

지정수량 10배 이상의 위험물을 저장 또는 취급하는 옥외탱크 저장소에는 유효한 피뢰설비를 설치하여야 한다. 다만, 주위의 상황에 의하여 안전상 지장이 없을 경우에는 그러하지 아니하다.

5. 접지시공방법 및 실험결과

(1) 접지시공방법

호남정유주식회사와 대한석유공사의 접지시공방법은 미국의 API기준에 의거하였으므로, 실질적으로 동일하며 접지시공방법의 개요는 다음과 같다.

- 1) 모든 탱크의 접지설계는 접지저항 5Ω이하가 되게 시공하며 접지선의 단면적은 60mm², 길이는 약 6m, 재질은 동선이다. 그리고 전극봉의 길이는 2.4m, 직경은 3/4 인치이다.
- 2) 탱크벽에 하단부에 어스피스(earth piece)를 용접한다.
- 3) 접지선을 지하 60cm깊이로 매설하고 그 말단을 YK 컨택터 및 전극봉에 볼트로써 연결한다.
- 4) 전극봉을 지면에 수직으로 매설한다.
- 5) 접지점이 3개 이상인 탱크의 경우에는 탱크 둘레에 각 접지봉 사이를 접지선으로 연결하여 지하 60cm 깊이로 매설한다.

부침 7 및 8은 각각 호남정유주식회사 및 대한석유공사의 대표적 접지시공 도면이다.

(2) 실험결과

이상의 접지시공방법의 실행 여부와 접지저항치의 규정치 준수여부를 확인하기 위한 현장출장조사 및 실험결과는 다음과 같다.

1) 호남정유주식회사의 경우

인천 월미도소재 저유소 각 탱크(부침 9)에 대한 접지시공방법은 상기 (1)의 요건을 만족시켰음을 확인하였고 각 탱크의 접지저항 측정치는 다음과 같다.

탱크번호	접지저항(Ω)	탱크번호	접지저항(Ω)
1		18	0.4 Ω
2	1 Ω	19	0.4 Ω
3	1.1 Ω	20	0.6 Ω
4	0.65Ω	21	1.2 Ω
5	0.6 Ω	22	0.5 Ω
6	1.6 Ω	23	0.7 Ω
7	0.9 Ω	24	0.3 Ω
8	0.6 Ω	25	0.7 Ω
9	0.2 Ω	26	0.28Ω
10	0.5 Ω	27	0.3 Ω
11	0.9 Ω	28	1.1 Ω
12	0.6 Ω	29	0.65Ω
13	0.6 Ω	30	0.28Ω
14	0.5 Ω	31	0.3 Ω
15	0.3 Ω	32	0.98Ω
16	0.4 Ω	33	0.2 Ω
17	0.3 Ω		

2) 대한석유공사의 경우

서울저유소(경기도 시흥군 과천면 주암리 33-6소재)의 각 탱크(부침 10)에 대한 접지시공방법도 상기 (1)의 요건을 만족시켰음을 확인하였고 각 탱크의 접지저항측정치로 다음과 같다.

접지장소No.	접지저항(Ω)	접지장소No.	접지저항(Ω)
T ₁ -1	1.8	T ₄ -1	2.0
T ₁ -2	1.8	T ₄ -2	2.0
T ₁ -3	1.8	T ₄ -3	2.2
T ₁ -4	2.1	T ₄ -4	2.2
T ₂ -1	2.1	T ₄ -5	2.0
T ₂ -2	2.1	T ₄ -6	2.2
T ₂ -3	2.0	T ₄ -7	2.2
T ₂ -4	2.0	T ₅ -1	1.8
T ₃ -1	2.0	T ₅ -2	1.8
T ₃ -2	2.0	T ₅ -3	2.0
T ₃ -3	2.0	T ₅ -4	2.0
T ₃ -4	1.8	T ₅ -5	2.2
T ₃ -5	1.8	T ₅ -6	2.2

이상 양 회사의 접지저항치는 규정한다치(5Ω)를 훨씬 하 회하였음이 확인되었다.

6. 연구결과

이상 연구결과를 요약하자면 다음과 같다.

- (1) 가연액체 또는 기체의 저장용 이상탱크의 피뢰대책에 관한 선진공업국(미국, 일본)의 기술적 및 법규적 견해는 우리나라의 그것과는 상이하다.
- (2) 미국과 일본의 해 기술적 견해는 거의 유사하다.
- (3) 미국과 일본의 해 법규적 명문 규정에서는 철제지봉을 가진 철제탱크는 별도의 피뢰시설을 시설할 필요가 없는 점에서는 동일하나, 철판의 두께가 미국에서는 4.5mm이고, 일본에서는 3.2mm인 점에 차이가 있다.
- (4) 미국과 일본에서는 철제지봉을 가진 철제탱크는 실제로 접지하지 아니하나 우리나라에서는 접지가 의무화 되고 있다.
- (5) 탱크표면의 도장 문제는 피뢰기능과는 무관하다.
- (6) 미국과 일본의 견해가 기술적으로 타당하고, 경제적으로 유리하다.
- (7) 실험결과에 의하면 대한석유공사 또는 호남정유회사 소유의 대표적 탱크의 접지저항은 규정치를 초과하지 아니한다.

7. 권 고

- (1) 철제지봉을 가진 철제탱크에 대한 피뢰대책은 미국 또는 일본의 방식을 따르는 것이 타당하고, 미국의 방식이 더욱 안전한 것으로 판단된다.
- (2) 우리나라의 현행 법규인 소방법 시행령 55조 19항은 미국 또는 일본의 해당 법규를 참조하여 개정할

것을 권고한다.

8. 참고문헌

- | | |
|--|--|
| <p>1. 부침 1 NEC-78발제
 2. 부침 2 NFPA-78발제
 3. 부침 3 API RP 2003발제
 4. 부침 4 IEEE-STD발제
 5. 부침 5 전기공작물 기술기준-77</p> | <p>6. 부침 6 한국소방법 시행령 발제
 7. 부침 7 JIS A 4201-1972발제
 8. 부침 8 호남정유주식회사의 대표적 탱크의 접지시공도
 9. 부침 9 대한석유공사의 대표적 탱크의 접지시공도
 10. 부침 10 실측한 호남정유주식회사의 인천저유소 각 탱크 배치도
 11. 부침 11 실측한 대한석유공사의 서울저유소 각 탱크 배치도</p> |
|--|--|

國際會議案內

◆ 3rd IEEE INTERATIONAL PULSED POWER CONFERENCE

主 催 機 關 : IEEE
 開 催 期 日 : 1981年 6月 1日 ~ 6月 3日
 開 催 場 所 : New Mexico (U.S.A)
 論文抄錄提出期日 : 1981年 3月 15日 (150 Words 以內)
 連 絡 處 : Arthur H. Guenther, Chief Scientist, Air Force Weapons Laboratory/CA,
 Kirtland Air Force Base, New Mexico 87117, U.S.A.

◆ WATERPOWER '81

主 催 機 關 : U.S. Army Corps of Engineers
 開 催 期 日 : 1981年 6月 22日 ~ 6月 24日
 開 催 場 所 : Washigton (U.S.A)
 連 絡 處 : Chaiman, Waterpower '81 Steering Committee, 2033M Street, N.W Suite 300,
 Washington, D.C. 20036, U. S. A.

◆ FIRST EUROPEAN CONFERENCE ON INTEGRATED OPTICS

主 催 機 關 : IEE
 開 催 期 日 : 1981年 9月 14日 ~ 9月 15日
 開 催 場 所 : London (U.K)
 論文提出期日 : 1981年 4月 10日
 連 絡 處 : Conference Deparment, The Institution of Electrical Engineers, Savoy place,
 London WC2R OBL, United Kingdom

◆ THE EUROPEAN CONFERENCE ON OPTICAL COMMUNICATION

主 催 機 關 : Electromagnetics Institute
 開 催 期 日 : 1981年 9月 8日 ~ 9月 11日
 開 催 場 所 : Copenhagen (Denmark)
 論文抄錄提出期日 : 1981年 3月 31日
 連 絡 處 : Secretary of the ECOC, Mr. Danielsen, Electromagnetics Instiutute, Technical
 University of Demark, DK-2800 Lyngby, Denmark

◆ SYMPOSIUM ON ELECTRICAL MACHINES FOR SPECIAL PURPOSES

主 催 機 關 : The Italian Research Council (CNR)
 開 催 期 日 : 1981年 9月 9日 ~ 9月 11日
 開 催 場 所 : Bologna (Italy)
 論文抄錄提出期日 : 1981年 3月 15日
 連 絡 處 : 電話 852 長崎市文教町 1-14 長崎大學工學部電氣工學教室
 山田 英二 電話 0958-47-1111 (2644)