

유조선의 부두 하역 작업시 접지 안전성 연구와 적용

백명기* · 조원철** · 이태식***

Abstract

This study shows the new findings against a electrical bonding risk between the tanker and the jetty they've generally done. According to this new theory, a new preventive plan will be proposed. Also, a new preventive plan will be shown as the result of practical implementation in which it could guide the same kind of working people

Key words : Tanker, Isolation, bonding

본 논문에서는 유조선의 부두 하역 작업시 일반적으로 사용하고 있는 접지의 위험성에 대해 고찰해 보고, 유조선박 작업시 접지 위험성에 대한 안전 대책을 수립한다. 또한, 안전 대책에 따른 실 적용 방법을 보여줌으로써, 현업 적용을 돕고자 한다.

1. 서 론

유조선이 육상 부두에 접안하여 유류 하역작업을 할 경우 육상과 선박측의 전위차를 동일하게 함으로써 전위차에 의한 스파크 발생을 최소화 하기위해 선박과 육지측에 접지선(Bonding Cable)을 연결하고 유류 하역작업을 해온 것이 일반적이었다. 이것은 유류가 배관을 타고 흐르게 되면 유동 난류에 의한 정전기를 발생 시키게 되고 로딩암에 의해 유류가 낙하할 때 정전기가 공기중에 노출되면서 스파크에 의한 폭발위험이 발생하게 된다. 이 정전기가 접지선을 따라 선박측으로 이동하고, 선박은 대형 축전지인 바다로 방전되는 원리로 이해하였다. 따라서, 선박과 육지사이의 접지는 통상적으로 올바른 방법으로 이해하여 왔고, 안전관리에 대해 책임있는 기관들도 접지선을 사용할 것을 권고해 왔다. 이러한 일반적인 이해에 대해 몇몇 사람들은 선박과 육지사이에 접지가 필요없음을 주장해 왔으며, 그 근거로는 유류의 흐름에 의해 정전기가 발생할 지라도 바다는 무한 용량의 축전지이므로 발생즉시 대전될 것이므로, 선박과 육지사이에 어떠한 연결도 필요없다고 주장해 왔다. 하지만, 접지를 하지 않았다가, 엄청난 폭발사고가 날 경우를 생각하면 그 영향이 너무 크기 때문에 주장을 관철시키기에는 무리가 따른다. 따라서, 현재까지 모든 유조선의 선박 작업시에는 접지를 관행으로 여겨왔다. 즉, 유류가 흐르는 동안 유류 마찰에 의해 발생한 정전기를 접지를 통해 대지로 방전하는 것이다. 유사한 국내 기준으로는 "산안법 안전기준에 관한 규칙 제355조[정전기로 인한 화재폭발방지]에 위험물을 탱크로리 등에 주입하는 설비는 정전기에 의한 화재폭발을 방지하기 위하여 접지 등을 하도록 규정"이 이러한 원리를 잘 말해주고 있다. 하지만, 선박과 육지사이의 접지에 대해서는 육상 탱크로리의 경우와 사정이 다르다. 탱크로리는 타이어에 의해 대지와 절연되어 있지만 선박은 바다와 절연되어 있지 않기 때문이다. 더욱이, 접지 Cable에는 수 Ohm의 저항이라도 존재하므로, 엄연히 전위차가 존재할 수 밖에 없다. 따라서, 유조선과 부두 사이의 Spark 위험성은 등 전위 예방 보다는 전류 차단 개념으로 접근해야 한다.

본 연구에서는 선박과 육지 사이의 접지에 대해 잠재 위험을 고찰하고 그 시행 결과를 제시함으로써, 올바른 안전 기준 마련에 토대를 마련하고자 한다..

* 연세대 공대학원 방재안전관리학 전공 석사과정 E-mail: qor46321@gscaltex.co.kr

** 정희원, 연세대학교 사회환경시스템공학부, 방재안전관리전공 지도교수

*** 정희원, 연세대학교 방재안전관리전공 지도 겸임교수

2. 연구범위 및 방법

이제껏 선박접지에 대해서는 명확한 기술기준이 없었고, 안전에 대한 확신이 없는 상태에서 통상 유지해온 선박접지에 대해, 그 위험성에 대한 근거를 밝히고, 이에 대한 최선의 예방책을 제안하고자 한다.

2.1 잠재 위험 고찰

2.1.1 정전기에 관한 잠재위험

육상에서 유조선에 기름을 하역할 때 대개 몇 십미터 이상의 긴 지하 혹은 지상배관으로 부두끝까지 이송된다. 긴 이송배관은 대부분 직선배관이므로 난류라기 보다는 층류에 가까워 정전기 발생 가능성이 비교적 적다. 또한, 정전기가 발생되었다 하더라도 육지와 구조적으로 연결되어 있어 지속적인 방전이 발생한다. 만약, 배관의 페인트 및 콘크리트 등의 절연체로 인해 대지에 방전되지 못하였다더라도, 선박이 바다와 대전되므로 큰 문제가 없다. 그렇다면, 배관상에 흐르는 정전기는 문제 될것이 없는 것이다.

2.1.2 음극 방식 전위에 관한 잠재위험

육상에 있는 배관은 그 자체로도 국부적인 전위차에 의해 국부 부식이 일어난다. 이를 방지하기 위해 음극 방식법을 사용하는데, 이것은 전위를 발생시켜 배관 주위의 토양 환경을 등전위로 만드는 것이다. 이것은 육상의 전위값을 선박보다 높게 유지하게 하고, 접지를 하였을 경우 방식 전위가 선박으로 흐르게 한다. 이 상태에서 접지를 붙이거나 뺀다면(Switch on-off), 단속에 의한 스파크 가능성이 존재한다.

2.1.3 희생양극 방식 전위에 관한 잠재위험

육상 부두는 사재(경사진 기초)에 의해 지탱되어지는데, 이것은 조수에 의해 수면 잠식 및 노출을 반복하므로 그 부식 속도는 매우 빠르다. 이를 방지하기 위해 이온화 경향성이 큰 희생양극을 사재 근처에 둬으로써 사재를 보호하도록 한다. 이 또한 육상측에 전위차를 발생시 키게 되고, 접지 단속시에 스파크 위험이 발생한다.

2.1.4 기타 전위에 관한 잠재위험

위에서 언급한 방식 설비외에도 육상에는 많은 전기 설비가 있으므로 어떠한 형태로든 육상 전위가 선박측으로 흐를 가능성이 높다. 어떠한 전기 설비가 없더라도, 대지에 있는 토질이나 금속류등은 이온화 경향이 있으므로 육상자체가 해상보다는 전위가 높다는 사실만으로 미세 전위차에 의한 잠재 위험성이 존재한다.

2.2 예방 대책

앞서 도출한 잠재위험은 여러가지가 있지만 크게 정전기 발생에 의한 스파크와 육상과 선박의 전위차에 의한 스파크 두가지이다. 이에 대한 예방 대책을 알아보면 다음과 같다.

2.2.1 정전기 발생 예방 대책

- 지상배관이 대지와 접지되도록 bonding cable을 대지와 연결한다.
 - 페인트 등을 벗기는 것은 부식문제등을 일으키므로 올바른 방법이 아니다.
- 배관 설치시 층류 흐름 유지를 위해 가능한 직선배관을 사용하고, 불 필요한 엘보우나, fitting류, 드럼류 및 필터 용기를 두지 않도록 한다.
- 하역작업시 펌프를 가능한 저속으로 운전한다.

2.2.2 육상과 해상의 전류차단에 의한 예방 대책

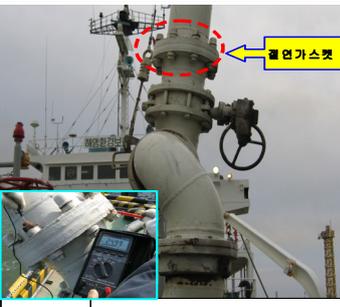
앞서 밝힌바와 같이 육상과 해상의 전위차는 발생할 수밖에 없다. 이를 등전위화하는 것은 매우 어렵다. 그 이유는 육상과 해상의 근본적인 전위차가 존재하는 상태에서 등전위를 위해 접지를 연결하게 되면 전류의 흐름속에서 단속이 발생하여-미세 전류라 하더라도- 전기적인 스파크의 가능성을 배제할수 없기 때문이다. 따라서, 이에 대한 예방책은 등 전위 방법이 아닌 완전 절연(Isolation)으로 접근하여야 한다.

- 선박 하역시 사용하는 로딩암의 플랜지는 절연 가스킷을 사용한다.

- 최초 로딩암 설치시에 절연 가스킷이 설치되었더라도, 그 기능은 영구적이지 않으므로 반드시 전류의 흐름을 측정하는 것이 좋다. 저항만을 측정하여 높은 저항값을 확인하는 것만으로 충분하지 않다. 왜냐하면, 저항이 매우 높더라도 표류전류(Stray current)¹⁾와 같은 전류의 흐름은 발생할수 있다.
- b. 로딩호스 끝단이 선박과 닿는 부분이 절연이 되도록 나무등을 끈다.
- c. 선박위에 올려지는 Gangway의 아래쪽에 절연체를 부착한다.
- d. 배로 건너가기 위한 사다리의 재질은 플라스틱이나 나무등의 절연체를 사용한다.
- e. 선박접지를 해서는 절대 안된다.
 - 선박접지를 하는한 전기적인 단속(switch on-off)은 발생할 수밖에 없다.
- f. 삽입된 절연 플랜지 전후에 저항 측정을 해야 한다.
 - Megger tester는 kilohms이상의 저항을 측정하므로, multimeter를 사용하여 미세 전류의 흐름을 측정하는 것이 좋다. 목표는 1volt이하의 전원을 절연하는데 있다.

2.3 실 적용 결과

2.3.1 로딩암 실 절연 사례

As - Is				To - Be	
					
개선 내용				신품으로 교체후 측정	
개선 전	절연가스킷은 있었으나 전류의 흐름이 감지됨.			절연 저항 값 (1,000Ω이상)	전류 값
절연 저항값	0 MΩ	전류값	20mA	24.99 MΩ	0 mA

=> 로딩암 운영을 중단하고 절연 가스킷 교체후 측정 결과

2.3.2 배관 플랜지 절연 사례

As - Is				To - Be	
					
개선 내용				해상출하 최종 밸브 후단에 Spool 설치 후 절연 가스킷 설치	
개선 전	해상출하 최종 플랜지(설치 전)			절연 저항값(1,000Ω이상)	전류 값
절연 저항값	0 MΩ	전류값	10 mA	439 MΩ	0 mA

=> Megger Tester로 저항값을 측정하여 저항값이 나타나지 않았으나, 전류값이 측정되었음. 절연 가스킷 교체후 미세 전류를 차단함.

1) 표류전류(Stray Current)

회로를 구성하는 도체를 따라서 흐르는 전류의 일부가 도체 간의 절연 불량이나 표류 용량등을 통하여 밖으로 누출되어 흐르는 전류. 회로의 주파수나 전압이 높아지면 양이 상당히 커진다.

2.3.3 선박과 부두의 절연 기타 사례



3. 결 론

육상과 유조선 선박측의 접지는 이제껏 정확한 고찰없이 통상적으로 시행하여 왔다. 또한, 안전을 관할하는 관공서 조차 접지를 하도록 권장해 왔다. 그러나 고찰 결과 육상과 선박간의 접지는 전기적 단속에 의한 스파크를 동반하게 되므로, 유류와 같은 위험물을 하역하는 경우는 대형 폭파사고로 이어질수 있다. 이를 개선하기 위해서는 접지보다는 완전 절연하는 것이 타당하다. 이러한 위험성과 개선 방법을 알고도 즉시 개선하는데 몇 가지 장애 요인이 있을 것이다. 첫째로, 여전히 접지를 하는것만이 안전한 것으로 이해하고 단속하는 관할 관공서이다. 둘째로, 로딩암, gangway, 선박호스등 선박작업을 위해 사용되는 각종 시설물들이 접지를 염두에 두고 설계되어 절연하는 방법으로 전환하기 위해서는 운영 기회 손실을 동반하므로 비용 측면에서 부담이 있다. 이러한 장애를 개선하기 위해서는 유사한 환경에서 일하는 운영자들의 잠재 위험 고찰 노력도 중요하겠지만, 관계 기관에서 선박 접지 위험성에 대한 철저한 규명을 통해 관련 기술 기준을 새로이 정립하여야 한다. 본 연구를 바탕으로 유조선박 접지에 대한 올바른 안전 기준이 조속히 마련되었으면 한다.

참고문헌

1. OCIMF ISGOTT Guideline- Oil Company International Marine Forum, International Safety Guide for Safety Guide for Oil Tanker & Terminal
2. 산업안전보건법안전기준에 관한 규칙 제355조[정전기로 인한 화재폭발방지]