

유류저장시설로 인한 토양오염 예방대책

Prevention of Soil Contamination from Underground Storage Facilities

배우근 · 홍중철* · 정진욱 · 강우재

한양대학교 토목환경공학과

*한양대학교 환경공학연구소

ABSTRACT

The practice of the construction and management of the underground petroleum storage facilities in Korea was investigated extensively, and the problems were identified. The advanced technologies in the U.S.A was comparatively studied. Considering the effectiveness of leak prevention and technology applicability, the following measures were suggested. To prevent corrosion of the tank, a clad tank, an interior-lining tank, or a double-wall tank was appropriate and appeared to be most cost effective. For piping, non-metalic material was suggested. To prevent spill, a catchment basin can be effective. For monitoring of leak, construction of more than one of one or combination of an automatic leak-detection device, a vapor-detection system, a ground water-monitoring system, and a double-wall detection system was recommended.

I. 서론

산업발달과 자동차의 증가에 따라 국내 유류 사용량이 급격히 증가하여 1996년 현재 전국 유류저장시설이 약 52,000개에 달하고 있으며, 유류저장시설의 누출로 인한 토양환경오염문제가 심각하게 대두되고 있다.^{1,2)} 미국의 경우 유류저장시설의 부식 또는 균열에 의해 많은 누출사고가 빈번히 발생하고 있으며, 전체 유류저장시설중 약 8~20 % 정도가 누출위험에 처해 있다고 보고되고 있다.³⁾ 국내 시설의 경우 재질 및 안전관리가 미국에 비하여 뒤떨어지므로 다수의 시설이 누출위험에 직면해 있을 것으로 추측되나, 아직까지 유류저장시설에 대한 효과적인 토양오염 예방책이 제시되지 못하고 있는 실정이다.

지금까지 유류저장시설의 시설기준은 소방법에 의해 주로 다루어져 왔으나 화재예방을 주목적으로 하고 있기 때문에 토양오염을 사전에 예방하기 위한 기준으로는 미흡한 실정이며,⁴⁾ 토양환경보전법(시행령 제7조 제2항)에서도 유류저장시설에 의한 토양오염을 예방하기 위해 유류저장시설의 설치·운영자는 부식·산화방지를 위한 처리를 하거나, 누출방지시설,

누출감지시설, 오염확산방지 또는 독성저감등의 조치에 필요한 시설 등을 설치하도록 규정하고 있으나⁵⁾ 아직까지 세부적인 기준이 설정되어 있지 않기 때문에 실효를 거두지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 유류저장시설에 의한 토양오염 예방책에 대한 국·내외 관련 기술 또는 시설 조사 및 관련 법규정 검토를 통해 우리나라 토양보전법상에 규정되어 있는 토양오염방지조치시설의 기준을 구체화하거나 보완 또는 개선하여 보다 효과적인 토양오염 예방책을 제시하고자 하였다.

II. 연구방법

본 연구는 토양오염방지조치를 위한 시설(이하 방지조치시설)을 크게 부식산화 방지를 위한 시설, 홀림 및 넘침방지 시설 그리고 누출되는 것을 감지하거나 누출 여부를 확인할 수 있는 시설로 나누어 검토하였다.

이러한 시설들에 대한 국내·외의 관련 법 규정은 미국의 경우 Code of Federal Regulation과 Environmental Protection Agency, National Fire Protection Agency 규정을 참조하였으며, 유럽지역과 일본 등의 경우는 토양오염방지를 위한 시설기준이 구체적으로 토양관련 법규정에서 제시되어 있지 않기 때문에 기타 소방법 등을 조사하였다. 그리고 국내 관련 법규정은 토양환경보전법과 동법의 시행령, 시행규칙, 토양오염유발시설관리지침, 소방법과 동법의 시행령, 시행규칙, 소방기술기준에 관한 규칙 등을 참조하였다. 실제 현장에서 적용되는 방지조치시설 조사는 각 탱크관련시설, 배관관련 시설, 모니터링 관련시설, 및 기타 토양오염 방지조치시설에 대해 실제 제작 및 설치를 하고 있는 업체 자료를 중심으로 조사하여 각 시설별 특징 및 효용성에 대하여 알아보았다. 그리고 이러한 조사를 통해 국내·외 방지조치시설을 비교·분석하였다. 국내 지하저장 시설에 대한 정확하고 광범위한 조사 자료가 아직 없어 시설에 대한 문제점을 통계적으로 분석할 수는 없었다. 그러나 누출검사기관으로부터 누출사례를 조사하여 국내 유류저장시설의 문제점을 도출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 국내 현황 및 문제점

가. 부식산화방지시설

국내 탱크시설의 경우 대부분 별도의 음극보호시스템이 없이 에나멜, 페인트 등과 같은 물질로 방청도장 만을 한 채로 탱크 전용실에 설치되어 있다.⁴⁾ 본래 소방법에서 규정한 탱크 전용실은 완벽한 방수처리를 하여 전용실 내로 물이 전혀 침투할 수 없도록 되어 있기 때문에 탱크 자체에 음극보호시스템을 설치하지 않아도 무방하지만, 국내 누출검사기관의 누출자료를 참조할 때, 실제로 국내에 설치되어 있는 탱크 전용실 내부로 물이 침투하는 경우가 많은 것으로 조사되었다. 탱크 전용실은 바닥시공 후 측벽 시공을 하기 때문에 콘크리트의 양생기간 차이에 따른 균열이 발생할 수 있으며, 탱크 전용실을 통해 밖으로 연결되는 배관주변의 구멍을 완전히 메우지 않기 때문에 이곳을 통하여 물이 침투할 수도 있다. 이처럼 탱크 전용실 안으로 침투한 물은 강철탱크와 배관을 부식시킬 수 있다.

탱크 전용실을 설치하지 않아도 되는 경우로서 국내 소방법에서는 두가지 규정을 두고 있다. 하나는 강철탱크 외벽을 아스팔트 루핑과 아스팔트 철망 그리고 이 위에 몰타르 등으로 피복하는 형태의 강철 클래드 탱크에 대한 규정이다.⁴⁾ 그러나 국내 탱크시설 중 이러한 규정에 따라 탱크를 제작하는 경우는 거의 없으며, 그 이유는 아스팔트가 균열에 약하며, 시공비가 많이 들어 비경제적이기 때문이다. 다른 하나는 이중벽 탱크로서, 이는 부식산화 방지에 효과적인 FRP 또는 HDPE 등의 재질로 강철탱크를 둘러싸고 있으며⁴⁾, 이중벽 틈새에 모니터링 기기를 설치할 수 있기 때문에 토양오염 예방에 효과적이라고 할 수 있다. 그러나 이중벽 탱크의 경우 FRP 또는 HDPE 재질이 약하기 때문에 설치하는 도중에 탱크를 떨어뜨린다거나 탱크 주위의 날카로운 물질에 의해 이중벽에 손상을 입히게 되면 오히려 심한 국부부식을 가져올 수 있다.

한편 배관시설의 경우 거의 모든 배관은 강관 또는 이와 유사한 금속성 재질로 만들어져 있고 국내 소방법 규정에 의해서 음극보호용 부식방지도장만을 하도록 규정되어 있다. 이러한 금속성 배관은 다음과 같은 여러 가지 문제점을 안고 있는 것으로 판단된다.

① 배관소재(강관)에 대한 문제 : 강철은 토양 속의 잔류전기, 박테리아, 수분 등에 의해 그 재질이 부식되기 쉬우며, 이로 인해 배관의 수명이 단축되게 된다. 또한 직선형 강관을 사용하게 되므로 지면의 유동 및 상부의 하중으로 인한 과부하 등으로 배관의 뒤틀림 현상이 발생하여 깨지는 경우가 발생할 수 있다.

② 부식방지 규정 : 부식방지를 위해 페인트에 의한 도장법이 행해지고 있으나 도장표면이 벗겨지기 쉬우며, 이 경우 부식의 속도가 매우 빠른 국부 부식의 원인이 되므로 오히려 부식방지 처리를 하지 않은 것보다 못한 결과를 초래할 수도 있다.

③ 굽힘부위의 처리 : 배관 연결시 1개 라인당 최소한 2~3개의 엘보우가 사용되는데 이러한 엘보우 연결부위는 모멘트 하중이 커지기 때문에 뒤틀림 현상 및 이로 인한 관파손의 우려가 발생할 수 있다. 또한 엘보우는 주로 소켓연결이 사용되므로 뒤틀림 현상에 의해 연결이 느슨해질 우려가 많아 소방법에서는 반드시 누유점검구를 설치하도록 규정하고 있으나 실제로 누유점검구의 설치가 지켜지지 않는 경우가 많다.

④ 과도한 용접부위 : 강관에 의한 배관시공을 하게 될 경우 대부분의 연결부위를 용접에 의해 처리하게 된다. 용접한 부위는 부식방지 처리를 하지 않는 경우가 대부분이며, 이는 배관재질을 변화시켜 부식의 가능성을 더욱 높이게 된다.

나. 흘림·넘침 방지시설

국내 흘림방지시설(일명 Sump)은 탱크 주입구에는 설치되어 있지 않으며, 단지 주유기 밑에만 설치되어 있다. 더욱이 과거에 설치된 흘림방지 시설은 대부분 조적(벽돌쌓기)으로 만들어졌기 때문에 흘림방지에 효과적이지 못하다.

넘침방지 시설의 경우 1995년 소방법이 개정되면서 의무적으로 설치하도록 하고 있다. 그러나 대부분의 설비가 수입품으로, 미국의 여건에 맞게 제작되었기 때문에 국내 유류 주입 방식에서는 센서 또는 차단기 등을 손상시킬 수 있다. 유류 주입시 휘발류 보다 덜 민감한 경유와 등유의 경우에는 가압식 주입이 주로 이루어지고 있어서 탱크안으로 주입되는 물질에 의한 과도한 압력이 넘침방지 시설에 작용하여 차단기등 시설 손상의 원인이 된다.

다. 확산방지를 위한 모니터링 시설

국내 모니터링시설의 경우 탱크로부터의 누유모니터링 시설은 전체 탱크시설 중 약 10% 정도만 재고관리 차원에서 이루어지고 있으며, 배관시설에 대한 모니터링은 거의 이루어지

고 있지 않다. 탱크 전용실이 있는 경우 탱크 주변에 누유검지관을 설치하여 누출여부를 확인하도록 되어 있지만 탱크바닥을 통한 누출과 배관에 대한 누출을 확인할 수 없기 때문에 효과적이지 못한 것으로 사료된다. 누출사고로 인한 피해를 최소화하기 위해서는 보다 효과적인 모니터링 방법이 제시되어야 할 것이다.

2. 선진국 사례

미국의 경우 부식산화 방지시설은 탱크관련시설의 경우 법적으로 일정 기간 내에 음극보호탱크, 내부 라이닝 탱크, FRP 이중벽 탱크, 또는 강철클래드 탱크 중 하나로 설치하도록 되어있다.^{6,7)} 현장에서 선호되고 있는 부식산화 방지 방식은 비부식성 물질로 외부를 코팅한 강철클래드 탱크와 이중벽 탱크인 것으로 나타나고 있다. 또한 배관관련 시설의 경우 법적으로 음극보호가 가능한 배관, 이중배관, 또는 부식방지에 효과적인 비금속 배관 중 하나로 설치하도록 되어있다.^{6,7)}

흘림방지를 위한 Sump는 탱크 주입구와 주유기 밑에 각각 설치하도록 하고 있으며, 넘침방지를 위해서는 넘침자동차단기, 넘침경보기, 또는 볼 플로우트 밸브(Ball Float Valve) 중 하나를 설치하도록 하고 있다.^{6,7)}

누출감지시설의 경우 자동누출측정기기, 증기 감지시설, 지하수 감지시설, 또는 이중벽 감지시설 중 하나를 이용하여 매월 정기적으로 모니터링을 실시하거나 또는 월간 재고일지 작성 및 연간 정밀검사를 실시하도록 하고 있다.^{6,7)} 재고일지 작성과 정밀검사를 병행하는 방법은 1998년까지만 사용하도록 하고 있기 때문에 향후는 모두 모니터링 시설을 이용하여 매월 정기적인 모니터링 결과를 보고하도록 하고 있다.

3. 개선방안

가. 부식산화 방지시설

탱크전용실 내의 탱크 및 배관 관련 시설은 강철 재질인 경우 반드시 음극보호시스템을 설치하거나 적절한 내부식성 물질로 내부 또는 외부를 피복하여 사용하거나, 또는 부식에 강한 FRP나 HDPE 등의 재질을 사용한 이중벽 시설을 사용하는 것이 부식산화방지를 위해 필요한 것으로 생각된다. 그러나 음극보호시스템의 경우 설치비가 고가이며, 대리부식물질을 정기적으로 교체해 줘야 하기 때문에 비경제적이며, 배관의 경우 이중벽 배관은 설치가 어려운 단점이 있다. 따라서 탱크는 강철클래드 탱크, 내부 라이닝 탱크 또는 이중벽 탱크를 사용하는 것이, 그리고 배관은 유연성을 지닌 내부식성 물질로 만든 관을 사용하는 것이 비용경제적이라고 사료된다. 그리고 이러한 시설들은 시설 표면이 시공중 부주의에 의하여 손상되기 쉬우므로 설치시 특별한 주의를 기울일 필요가 있다.

나. 흘림·넘침 방지시설

탱크 주입구 부분의 흘림방지시설이 필요하며 예외적으로 주입구 맨홀을 수밀하게 시공하여 외부로 유류가 새지 않도록 조치를 취한 경우에는 별도의 흘림방지시설을 설치하지 않아도 무방할 것으로 판단된다. 주유기 밑에 설치하도록 되어있는 흘림방지시설은 반드시 설치하여야 할 것으로 생각된다.

넘침방지 시설의 경우 국내 소방법이 개정되면서 의무적으로 설치하도록 되어 있기 때문에 별도의 개선조치사항은 없으며, 다만 소방검사기준에 합격하기 위해 설치해 놓았던 넘침

방지 시설을 다시 회수하는 경우가 없도록 토양오염유발시설 소유주에게 환경오염에 대한 일깨울 수 있는 교육과정이 개발되어야 할 것으로 사료된다. 또한 유류주입방식에 따라 넘침방지 시설의 센서 또는 차단기 등이 손상될 수 있으므로 유류의 주입방식을 가압식 주입에서 자연 유하식 주입으로 바꾸도록 시정 조치해야 할 것이다.

다. 확산방지를 위한 모니터링 시설

모든 탱크 및 배관 관련 시설은 일정기한 내에 자동누출측정기기, 증기 감지시설, 지하수 감지시설, 또는 이중벽 감지시설 등 저장물질의 누출여부를 확인할 수 있도록 한가지 이상의 모니터링 시설을 갖추어야 하며, 각각의 모니터링 시설은 토양 및 지하수의 특성과 탱크 및 배관의 종류에 따라 적합한 방법으로 설치되어야 할 것이다.

IV. 결론

국내 유류저장시설중 저장 탱크와 배관시설 등은 대다수가 부식산화 및 흘림·넘침 등에 의해 항시 누출위험에 처해 있는 것으로 조사되었다. 부식산화 방지를 위해 저장탱크는 강철클래드 탱크, 내부 라이닝 탱크 또는 이중벽 탱크를 사용하고 배관은 내부식성 물질로 만든 배관을 사용하는 것이 효율적이라고 사료된다. 흘림방지를 위해 주유기 Sump를 설치할 필요가 있으며, 넘침방지 시설의 보호를 위해 유류의 주입방식을 가압식 주입에서 자연 유하식 주입으로 변경할 필요가 있다. 또한 모든 탱크 및 배관 관련 시설은 저장물질의 누출 여부를 확인할 수 있도록 한가지 이상의 모니터링 시설을 갖추어야 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

1. 박용하, 이승희, “토양환경보전을 위한 오염방지기준 및 관리대책”. 한국환경기술개발원, PP117~132, (1995)
2. 한국토양환경학회, “오염토양복원기술 및 제도발전에 관한 연구”. 국립환경연구원, 제1권, p.VII-25, (1997)
3. Kostecki, P.T., and Calabrese, E.J., “Petroleum Contaminated Soil Vol 1: Remediation Techniques, Environmental Fate, Risk Assessment”, Lewis Pulisher. USA, (1988)
4. (재) 한국위험물 안전기술센터, “위험물의 성상 및 시설기준”. (주)코데콤, 서울 (1993)
5. 환경부, “토양환경보전법령”. (1996)
6. U.S. EPA, “Don’t Wait until 1998, Spill, Overfill, and Corrosion Protection for Underground Storage Tanks.” EPA 510-B-94-002, (1994)
7. U.S. EPA, “Musts For USTs.” EPA 530-UST-88-008, (1988)