

유류 및 유해화학물질 저장시설에서의 토양오염 방지대책

배우근^{1*} · 홍종철² · 정진욱¹ · 김종호¹

¹한양대학교 토목 · 환경공학과

²삼안건설기술공사

Prevention of Soil Contamination from Underground Storage Facilities of Petroleum Product and Hazardous Chemical Compounds

Wookeun Bae^{1*} · Jong-Cheol Hong² · Jin-Wook Chung¹ · Jong-Ho Kim¹

¹Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University

²Saman Engineering Consultant Co. Ltd

ABSTRACT

The practices of the construction and management of the petroleum and hazardous chemical compound storage facilities in Korea were investigated extensively, and the problems were identified. The advanced technologies in the U.S.A were comparatively studied. Considering the effectiveness of leak prevention and applicability, the following measures were suggested. To prevent corrosion of a tank, a clad tank, an interior lining tank, or a double-wall tank were thought to be the most cost effective. For piping, use of non-metallic materials was suggested. A catchment basin seemed to be effective for preventing spills. For monitoring of leaks, constructions of more than one of detection systems, such as an automatic leak detection device, a vapor detection system, a groundwater monitoring system, or a double-wall monitoring system, were recommended.

Keywords : Underground storage facilities, petroleum and hazardous chemical compound, leak prevention, corrosion-prevented tank, detection system

요약문

본 연구는 유류저장시설에서의 토양오염 방지를 위한 국·내외 관련 시설과 기술 조사 및 관련 법규정 검토를 통해 국내 시설의 현황과 문제점을 도출하고 토양오염 방지조치시설의 기준을 구체화하거나 보완 또는 개선하여 보다 효과적인 토양오염 방지책을 제시하고자 하였다. 부식방지 방지를 위해 저장탱크는 강철-클래드 탱크, 내부 라이닝 탱크 또는 이중벽 탱크를 사용하고 배관은 내부식성 물질로 만든 배관을 사용하는 것이 비용경제적이며 효율적이라고 사료된다. 흘림방지를 위해 주유기 Sump를 설치할 필요가 있으며, 넘침방지 시설의 보호를 위해 유류의 주입방식을 가압식 주입에서 자연 유하식 주입으로 변경할 필요가 있다. 모든 탱크 및 배관 관련 시설은 저장물질의 누출여부를 확인할 수 있도록 자동누출측정기기, 증기 감지시설, 지하수 감시시설, 또는 이중벽 감시시설 등 저장물질의 누출여부를 확인할 수 있도록 한가지 이상의 모니터링 시설을 갖추어야 할 필요가 있는 것으로 나타났다.

주제어 : 지하저장시설, 유류 및 유해물질, 흘림방지, 부식방지 탱크, 감시시설

1. 서 론

산업발달과 자동차의 증가에 따라 국내 유류 사용량이

급격히 증가하여 전국적으로 유류 및 유해물질 지하저장 시설은 총 54,461개(1996년 자료기준)에 달하고 있으며, 이에 따라 유류저장시설의 누출로 인한 토양환경오염문제가 심각하게 대두되고 있다^{1,2)}. 미국의 경우에도 유류저장 시설의 부식 또는 균열에 의해 누출사고가 빈번히 발생하고 있으며, 전체 유류저장시설중 약 8~20% 정도가 누출

*Corresponding author : wkbae@hanyang.ac.kr

원고접수일 : 2002. 8. 19 게재승인일 : 2002. 10. 4

위험에 처해 있다고 보고 되고 있다³⁾. 국내 시설의 경우 재질 및 안전관리가 미국에 비하여 뒤떨어지므로 다수의 시설이 누출위험에 직면해 있을 것으로 추측되나, 아직까지 유류저장시설에 대한 효과적인 토양오염 사전방지를 위한 방안이 제시되지 못하고 있는 실정이다.

지금까지 유류저장시설의 시설기준은 소방법에 의해 주로 다루어져 왔으나 화재예방을 주목적으로 하고 있기 때문에 토양오염을 사전에 예방하기 위한 기준으로는 미흡한 실정이며⁴⁾, 토양환경보전법(시행령 제7조 제2항)에서도 유류저장시설에 의한 토양오염을 방지하기 위해 유류저장시설의 설치·운영자는 부식·산화방지를 위한 처리를 하거나, 누출방지시설, 누출감지시설, 오염확산방지 또는 독성저감 등의 조치에 필요한 시설 등을 설치하도록 규정하고 있으나⁵⁾ 아직까지 세부적인 기준이 설정되어 있지 않기 때문에 실효성을 거두지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 유류저장시설로 인한 토양오염 방지에 관한 국·내외 관련 기술 및 시설 조사와 관련 법규정 검토를 통해 토양오염유발시설로부터의 토양오염 방지와 이미 오염이 진행된 지역에서의 오염화산을 최소화하기 위해 우리나라 토양보전법상에 규정되어 있는 토양오염 방지조치시설의 기준을 우리 실정에 맞게 구체화하거나 보완 또는 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 토양오염 방지조치를 위한 시설을 크게 부식·산화 방지를 위한 시설, 훌림 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 규정, National Fire Protection Agency 규정 등을 참조하였다. 그리고 국내 관련 법규정은 토양환경보전법과 그 시행령 및 시행규칙, 토양오염유발시설관리지침, 소방법과 그 시행령 및 시행규칙, 소방기술기준에 관한 규칙 등을 참조하였다. 실제 현장에서 적용되는 토양오염 방지조치시설 조사는 각 탱크관련시설, 배관관련 시설, 모니터링 관련시설, 및 기타 토양오염 방지조치시설에 대해 실제 제작 및 설치를 하고 있는 업체 자료를 중심적으로 조사하여 각 시설별 특징 및 효용성에 대하여 알아보았다. 그리고 이러한 조사를 통해 국내·외 토양오염 방지조치시설을 비교·분석하였다. 그러나 국내 지하저장 시설에 대한 정확하고 광범위한 조사 자료가 아직 없어 시

설에 대한 문제점을 통계적으로 분석할 수는 없었고 누출검사기관(트래비스(주), NDE(주) 등)으로부터 누출사례를 조사하여 국내 유류저장시설의 문제점을 분석하였다.

3. 토양오염 방지조치관련 기술의 종류

3.1. 부식산화 방지시설

탱크와 배관 등 지하저장시설은 부식 또는 산화 위험에 노출되어 있다. 누출사고의 상당부분이 지하저장시설의 부식산화로 인해 발생되고 있으며, 이 경우 누출된 앙이 많기 때문에 오염토양 복구가 어려울 뿐만 아니라 상당한 환경복구 비용을 필요로 하기 때문에 이에 대한 사전방지는 매우 중요한 사항이다.

3.1.1 탱크

(1) 음극적으로 보호된 강철 탱크(음극보호탱크)

음극적으로 보호된 강철 탱크는 지하 저장탱크에서 발생되는 갈바닉 부식 방지를 위해 설계된 탱크로서, 탱크에 금속희생양극 물질(마그네슘, 아연 등)을 연결하여 금속양극 물질이 대체 부식될 수 있도록 설계되어진 것이다. 음극보호탱크는 부식방지 효과는 우수하지만 설치상 어려움이 있고 대체부식물질을 일정시간 경과 후 교체해 주어야 하는 단점도 있다⁶⁾.

(2) 부식에 강한 재료로 만든 강철-클래드 탱크(혼합탱크)

부식에 강한 재료로 만든 강철-클래드 탱크는 흔히 혼합탱크로 불리우며, 이와 같은 종류의 탱크는 강철표면 위를 약 3mm 두께의 부식에 강한 재료(유리 섬유와 석탄타르 애포시 등)로 코팅한 탱크이다. 탱크의 부식방지 효과는 내부식 재료의 코팅기술에 크게 좌우된다⁷⁾.

(3) 내부식성 탱크(FRP 탱크)

FRP 탱크는 유리섬유강화 플라스틱(FRP) 재질로 제작된 탱크이다. FRP가 강철보다 깨지기 쉽기 때문에 강철탱크보다 조심스럽게 다루어지고 설치되어야 하며, 구조강도를 향상시켜야 한다. 탱크내부에는 외부보충재와 표면부하, 수압 및 부력을 지탱할 수 있는 립(ribs)을 설치하도록 되어 있다. FRP에는 여러 종류의 수지들이 이용될 수 있고 각각의 수지는 고유의 특성을 갖고 있기 때문에 FRP탱크는 탱크재질이 저장 물질에 대해 화학적으로 안정한지 사전에 검토되어야 한다⁸⁾.

(4) 이중벽 탱크

이중벽 탱크는 외부 쉘과 내부 쉘 사이에 틈새를 두어 누출을 감지할 수 있는 장치를 설치하는 탱크를 말한다. 외부 쉘은 주로 부식방지에 효과적인 FRP와 같은 재질로 이루어져 있다⁸⁾.

(5) 내부라이닝 탱크

내유성과 내부식성을 갖춘 물질을 사용하여 탱크의 내부를 코팅한 탱크를 말한다⁶⁾.

3.1.2 배관관련 시설

(1) 음극적으로 보호된 강철 배관

음극보호탱크처럼 부식 방지를 위해 희생양극을 설치하거나 또는 압축전류 음극보호장치를 사용하는 배관이다⁷⁾.

(2) 내부식성 배관(FRP 배관)

FRP 탱크에서와 같이 FRP 배관은 내부식성 재질인 FRP를 이용하여 만든 배관이다. FRP 배관은 유연성 때문에 배관의 굴곡이 작아져 배관 사이의 스윙 조인트가 작어지는 장점이 있는 반면, FRP 탱크에서와 같이 저장물질과 FRP 수지 혼합물의 양립성 여부가 고려되어야 하며 깨지기 쉽기 때문에 설계 및 시공에 특별한 주의가 요구된다⁹⁾.

(3) 이중벽 배관 시스템 설치

이중벽 배관의 지하저장 시스템에 대한 적용은 근래에 와서 시도되었으며 그 이용이 증가되고 있는 추세이다. 이중벽 배관은 이중벽 탱크와 유사한 원리로 구성요소가 크게 주 용기(내부배관), 2차 용기(외부배관), 손실감시공간으로 나눌 수 있으며, 일반적으로 FRP 재질로 만든 2 in (내경) 배관과 3 in(내경) 배관을 외부배관 이음쇠로 연결하여 사용한다. 하지만 이중벽 배관은 취급이나 설치가 어려운 단점을 지니고 있다⁸⁾.

3.2. 흘림 및 넘침 방지

3.2.1 채집용기

채집용기(catchment basins)는 주입구를 둘러싸고 있는 밀봉용 통을 말하며, 각 주유기 밑부분과 탱크 맨홀 밑부분에 설치된다. Sump, 흘림방지 맨홀(spill containment manhole) 또는 흘림통(spill bucket)이라고도 하며, 재질은 FRP를 주로 사용한다. 채집용기의 크기는 호스의 분리로 인해 일어날 수 있는 흘림의 양을 충분히 감당할 수 있어야 하며, 용기 내에 모아진 액체를 제거할 수 있도록 별도의 펌프나 배수관(drain)을 설치한다¹⁰⁾.

3.2.2 자동 공급 차단장치

자동차단장치(automatic shutoff devices)는 유류의 수위가 탱크의 일정 높이에 이르게 되면 주입량을 감소 또는 차단시키는 장치로서 지하저장탱크의 주입구에 설치되는 장치를 말한다. 자동차단장치는 먼저 유속을 급속히 감소 시켜 운전자에게 주입이 거의 완료되었다는 표시를 해주고, 운전자가 주입밸브를 잠그면 호스 안에 잔류하고 있는 유류를 탱크 안으로 흘러 들어가게 하는 기능을 가지

고 있다⁶⁾.

3.2.3 넘침경보장치

넘침경보장치(overflow alarms)는 탱크 내에 프로브가 설치된 상태에서 탱크 내에 유류가 90% 이상 차거나 넘치기 1분전에 작동하는 것으로서 넘침이 발생하기 전에 경보음을 울려 주입자에게 벨브를 잠글 수 있는 시간여유를 줄 수 있는 장치이다. 경보기는 운전자가 볼 수 있거나 들을 수 있는 위치에 설치되어야 한다¹⁰⁾.

3.2.4 볼 플로트 밸브

볼 플로트 밸브(ball float valves)는 유류주입시 수위가 상승하게 되면 부유 기구(Ball Float)도 같이 상승하여 유류가 넘치기 전에 차단밸브를 잠그는 장치이다⁶⁾.

3.3. 누출감지시설

3.3.1 탱크내부 누출감지 시스템

(1) 자동탱크 계측시스템

자동탱크 계측시스템((automatic tank gaging system, ATGS)은 탱크 안에 영구적으로 설치된 탐지기로서 제품의 준위와 온도를 계속적으로 측정하고, 데이터를 컴퓨터에 기록하여 누출여부를 감지하는 시스템이다. 측정용 게이지 스틱 대신에 ATGS가 재고를 관리하며, 이는 급유를 포함한 사용중인 탱크의 상황을 기록하는 재고모드와 탱크의 사용 없이 제품 준위와 온도를 적어도 1시간 동안 측정하는 시험모드로 구성되어 있다¹¹⁾.

(2) 틈새 모니터

탱크 내외 벽 사이로의 누출 발생을 내부 틈새모니터로 감지하는 시스템으로 단순한 계량 스틱에서부터 자동화된 증기나 액체 센서시스템까지 다양하다. 틈새 모니터는 누출에 대비하여 탱크와 차단 벽 사이의 공간을 조사하고 누출이 의심되면 운전자에게 경고하며, 누출된 성상을 알려준다¹¹⁾.

(3) 매뉴얼 탱크관리시스템(통계적 재고 조정: SIR)

매뉴얼 탱크관리시스템(statistical inventory reconciliation, SIR)은 일정 기간동안의 급유와 판매 데이터를 컴퓨터로 분석하여 누출여부를 확인하는 시스템으로서 제품 수위는 게이지 스틱이나 다른 탱크 수위 모니터로 측정하고 UST로부터의 모든 판매와 UST로의 모든 입고 사항에 대한 기록을 잘 보관하여야 한다⁸⁾.

3.3.2 외부 누출감지 시스템

(1) 지하수 모니터링을 위한 우물(관측공)

지하수 모니터링은 지하저장 시스템에 인접한 지하수질을 감시하기 위하여 탱크 주변과 배관 라인 등의 주요 위치에 관측공을 설치하여 주기적으로 수동 또는 자동으

로 조사하는 시스템이다. 측정공의 수는 현장 조건(예: 저장 시설물, 지하 저장 탱크의 수, 배관정도 및 수리학적 조건)에 따라 다르나, 대체로 단일 탱크에 대해서는 적어도 두 개, 두 개 이상의 탱크에 대해서는 세 개 이상의 측정공이 요구된다⁸⁾.

(2) 증기감지통

증기모니터링(vapor monitoring well)은 탱크주위 토양에 누출된 제품의 증발 시료들을 계속적으로 또는 주기적으로 포집하고 분석하는 시각적, 청각적 누출경보 시스템으로서 수동 및 자동 증기모니터링 시스템이 있다. 증기 모니터링은 비교적 새로운 감시기술로서 지표면 아래 지하수면이 40-50 ft이상의 시설물과 휘발성이 매우 큰 물질을 함유하고 있는 저장시스템에 적용된다⁸⁾.

(3) U자 관

U자 관은 지하저장 탱크에서 손실된 물질이 탱크 아래 방향으로 이동하여 U자 관으로 들어간다는 사실을 전제로 지하수면이 얕은 층의 저장 시스템을 감시할 때 적합한 시스템으로, 설치할 때 U자 관은 탱크 바로 아래에 위치시켜야 한다¹¹⁾.

3.3.3 배관 누유 검출 시스템

(1) 자동 라인누출검출기

자동 라인누출검출기(line leakage detector, LLD)는 시간에 따른 압력감소 검사와 라인이 작동 압력에 도달하는데 필요한 시간을 측정하는 등 다양한 방법으로 라인내 누출을 감지할 수 있는 장치로 유류의 흐름을 제한하기 위한 자동 유량제어기(또는 자동 유량 차단기)와 유속제한기 그리고 청각적·시각적 경보장치인 연속 경보시스템으로 이루어져 있다¹¹⁾.

(2) 틈새 모니터링

배관 내외 벽 사이의 누출발생을 감지하는 시스템으로 모니터는 액체가 있는지를 보기 위해 sump에 넣을 수 있는 단순한 스티으로부터 액체 제품이나 증기가 있는지를 모니터하기 위한 연속 자동 시스템까지 배치된다⁸⁾.

(3) 증기 또는 지하수 모니터링

탱크에 대한 증기나 지하수 모니터링시스템과 같은 모니터링 방법을 사용하며, 모니터링 측정공의 배치 결정이 중요하다⁸⁾.

(4) 케이블 시스템

케이블 시스템은 보통 탄화수소, 스텔렌, 부타디엔 공중 합체 물질 등의 분해로 인한 전자 전도성이나 빛 운반의 변화를 누출감지기를 통해 감지하는 시스템으로서 배관 트렌치의 배관 아래 부설한 연속 케이블(전자 또는 광학 섬유)로 구성되며, 제어기나 알람 패널에 연결된다⁸⁾.

4. 국내 현황 및 문제점

4.1. 부식방지시설

4.1.1 탱크

국내 탱크시설의 경우 대부분 별도의 음극보호시스템이 없이 에나멜, 폐인트 등과 같은 물질로 외부방청도장만을 한 채로 탱크 전용실에 설치되어 있다⁴⁾. 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 누출검사기관에서 조사한 자료에 근거하여 볼 때, 국내에 설치되어 있는 탱크 전용실 내부로 물이 침투하는 경우가 많은 것으로 조사되었다. 탱크 전용실은 바닥시공 후 측벽 시공을 하기 때문에 콘크리트의 양생기간 차이에 의하여 연결부위에 균열이 발생할 수 있으며, 탱크 전용실을 통해 밖으로 연결되는 배관주변의 구멍을 완전히 메우지 않기 때문에 이곳을 통하여 물이 침투할 수도 있다. 따라서 탱크 전용실 안으로 물이 침투하는 경우는 부식에 대하여 거의 무방비 상태에 놓이게 된다.

탱크 전용실을 설치하지 않아도 되는 경우로 국내 소방법에서는 두가지 규정을 두고 있다. 하나는 강철탱크 외벽을 아스팔트 루핑과 아스팔트 철망 그리고 이 위에 몰타르 등으로 피복하는 형태의 강철-클래드 탱크에 대한 규정이다⁴⁾. 그러나 이러한 규정에 따라 탱크를 제작하는 경우는 거의 없으며, 그 이유는 아스팔트가 균열에 약하며, 시공비가 많이 들어 비경제적이기 때문이다. 다른 하나는 FRP 또는 HDPE 등의 내부식성 재질을 이용한 이중벽 탱크이다. 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 있어 우리나라처럼 시공이 거친 경우 문제가 될 수 있다.

4.1.2 배관

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

① 배관자재(강관)에 대한 문제: 강철은 토양 속의 전류, 바테리아, 수분 등에 의해 그 재질이 부식되기 쉬우며, 이로 인해 배관의 수명이 단축되게 된다. 또한 직선형 강관을 사용하므로 상부하중으로 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 누유점검구: 배관에 대한 누유점검구는 소켓연결인 경우에 한해서 설치하도록 규정되어 있다. 그러나 배관은 일정길이의 강관을 절단하고 용접하여 시공하는 경우가 대부분이다. 이러한 용접으로 연결된 배관에 대해서 누유점검구를 설치할 깊이, 크기 등의 세부규정이 없으므로 누유점검구를 제대로 설치하는 곳이 거의 없는 것으로 조사되었다. 또한 부식의 위험성이 높은 용접부위를 그대로 방치하여 누유 위험에 제대로 대처하고 있지 못하고 있다.

④ 굽힘부위의 과다: 배관 연결시 1개 라인당 최소한 2~3개의 엘보우가 사용되는데 이러한 엘보우 연결부위는 주유기를 사용할 때 소용돌이 현상을 발생시켜 해당 부위에 과부하 발생 및 압력손실을 초래하고 나아가서는 주유기 펌프를 손상시키는 경우가 발생하게 된다. 또한 엘보우 부위는 하중의 영향을 많이 받기 때문에 뒤틀림 현상을 초래할 수 있다.

⑤ 과다한 용접부위: 강관에 의한 배관시공을 하게 될 경우 대부분의 연결부위를 용접에 의해 처리하게 된다. 용접한 부위는 부식방지 처리를 하지 않는 경우가 대부분이며, 이는 배관의 재질을 변화시켜 부식의 가능성을 더욱 높이게 된다.

4.2. 출립 · 넘침 방지시설

국내 훌립방지시설은 주유기 밑에는 설치된 곳이 있으나 탱크 주입구에는 거의 설치되어 있지 않은 것으로 조사되었으며, 더욱이 과거에 설치된 훌립방지 시설은 대부분 조적(벽돌쌓기)으로 만들어졌기 때문에 벽돌 사이로 유류가 유출되는 등 훌립방지에 효과적이지 못하다.

넘침방지 시설의 경우 1995년 소방법이 개정되면서 의무적으로 설치하도록 하고 있다. 그러나 대부분의 설비가 수입품으로, 미국의 여건에 맞게 제작되었기 때문에 유류 주입시 자연유하식 주입이 아닌 가압식 주입방식의 사용은 센서 또는 차단기 등을 손상시킬 수 있다. 국내에서는 등유와 경유의 경우 가압식 주입이 주로 이루어지고 있어서 탱크안으로 주입되는 물질에 의한 과다한 압력이 넘침방지 시설에 작용하여 차단기 등 시설의 손상을 가져올 수 있다. 그리고 넘침방지 시설의 설치로 인해 탱크의 용량이 줄어든다는 이유에서 소방검사기준에 합격하기 위해 설치해 놓았던 넘침방지 시설을 다시 회수하는 경우가 종종 있다고 한다.

4.3. 확산방지를 위한 모니터링 시설

국내의 경우 탱크에 대한 누유 모니터링 시설은 전체 탱크시설 중 약 10% 정도만 재고관리 차원에서 설치되고 있으며, 배관시설에 대한 모니터링은 거의 이루어지고 있지 않다. 탱크 전용설이 있는 경우 탱크 주변에 누유점검관을 설치하여 누출여부를 확인하도록 되어 있지만 탱크 바닥을 통한 누출과 배관에 대한 누출을 확인할 수 없기 때문에 효과적이지 못한 것으로 사료된다.

5. 선진국 사례

미국의 경우 Table 1과 같이 일정기간 내에 부식방지와 누출감지 그리고 훌립 및 넘침방지를 위한 토양오염방지조치시설을 설치하도록 법적으로 규정하고 있다. 부식산

Table 1. The Regulation for the Prevention of Soil Contamination from Underground Storage Facilities in U.S.A⁶⁾

누유감지	
신규 탱크	<ul style="list-style-type: none"> · 월간 검사* · 월간 재고관리 및 5년 1회 탱크 정밀 검사
기존 탱크	<ul style="list-style-type: none"> · 월간 검사* · 월간 재고관리 및 탱크 정밀 조사
신설 배관 및 기존 배관(가압식 배관)	<ul style="list-style-type: none"> · 자동라인 누출감지기 · 자동흐름차단기 · 연속경보 시스템 · 년간 배관 정밀검사 · 월간 검사*
신설 배관(흡입 배관)	<ul style="list-style-type: none"> · 월간 검사* · 3년 1회 배관 정밀검사
부식방지	
신규 탱크	<ul style="list-style-type: none"> · 음극보호 탱크 · FRP 탱크 · 내부식성 물질로 코팅한 강철클래드 탱크
기존 탱크	<ul style="list-style-type: none"> · 음극보호 탱크 · 내부라이닝 탱크 · 음극 보호시스템과 내부라이닝 시설 병행
신설 배관	<ul style="list-style-type: none"> · 방청도장되고 음극보호 처리된 배관 · 비금속성 배관 · 이중 배관
기존 배관	<ul style="list-style-type: none"> · 방청도장되고 음극보호 처리된 배관 · 비금속성 배관 · 자체 음극보호가 가능한 배관 · 이중 배관
넘침/훌립 방지	
모든 탱크	<ul style="list-style-type: none"> · 훌립방지시설 (필수) · 자동차단기 또는 · 넘침경보기 또는 · 볼 플로트 밸브

*월간 검사: 유연계에 의한 누유 검사, 증기 감지, 지하수 표면감지, 기타 EPA에서 승인된 방법

화 방지시설은 탱크관련시설의 경우 Table 1과 같이 음극 보호탱크, 내부 라이닝 탱크, FRP 이중벽 탱크, 또는 강철-클래드 탱크 중 하나로 설치하도록 되어있다. 그리고 현재 사용되고 있는 탱크 시설의 경우에도 부식산화 방지를 위한 비부식성 물질로 외부를 코팅한 강철클래드 탱크나 이중벽 탱크를 사용하는 곳이 많은 것으로 나타나고 있다. 또한 배관관련 시설의 경우에도 Table 1과 같이 음극보호가 가능한 배관, 이중배관, 또는 부식방지에 효과적인 비금속 배관 중 하나로 설치하도록 되어있다^{6,11)}. 그리고 현재 사용되고 있는 배관도 주로 이중벽 배관과 비부식성 물질로 만든 배관이 사용되고 있다.

홀림방지를 위한 Sump는 법적으로 탱크 주입구와 주유기 밑에 각각 설치하도록 하고 있으며, 넘침방지를 위해 서는 넘침자동차단기, 넘침경보기 또는 볼 플로우트 밸브 중 하나를 설치하도록 하고 있다^{6,11)}.

누출감지시설의 경우 법적으로 자동누출측정기기, 증기감지시설, 지하수 감시시설, 또는 이중벽 감시시설 중 하나를 이용하여 매월 정기적으로 모니터링을 실시하거나 또는 월간 재고일지/정밀검사를 실시하도록 하고 있다^{6,11)}. 이때 재고일지/정밀검사를 이용한 모니터링은 1998년까지만 사용하도록 하고 있기 때문에 향후는 모두 모니터링 시설을 이용하여 매월 정기적인 모니터링을 하도록 유도하고 있다.

6. 토양오염 방지조치시설에 대한 개선 대책

6.1. 국내 적용가능성 검토

상기 조사된 바와 같이 우리나라의 토양오염 방지조치 시설은 선진국에 비해 부식방지와 홀림·넘침방지 부분이 상당히 미흡하며, 누출감지를 위한 모니터링시설은 거의 없는 실정이다. 그러나 선진국 수준의 토양오염 방지 대책을 한꺼번에 수용하기는 힘들므로 국내 기술여건과 경제성을 고려한 점진적인 개선조치가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

6.1.1 국내 기술여건

국내에서도 이미 이중벽 탱크와 라이닝 탱크, 그리고 이중벽 배관 등이 제작되고 있으며, 이에 대한 기술여건은 선진국에 비해 크게 뒤떨어지지 않고 있다. 또한 강철-클래드 탱크와 배관 그리고 음극보호 탱크의 배관의 경우에는 국내에서 적용된 사례는 많지 않으나 기술 도입에 큰 어려움이 없을 것으로 판단된다.

그리고 상기 시설 외에 홀림·넘침 방지시설과 모니터링시설의 경우 현재 장치의 대부분을 수입하여 사용하고 있는데 국내에 설치되는 사례가 적어 국내업체의 기술개

발 참여가 적었기 때문으로 생각되며, 국내 토양오염 방지조치시설 설치·제작업체를 통해 조사된 바에 의하면 제품의 수요가 증가하면 현 국내 기술 여건으로도 충분히 홀림·넘침 방지시설이나 모니터링 시설을 제작할 수 있는 것으로 나타났다.

6.1.2 경제적 여건

탱크제작 관련 업체를 통해 조사된 바에 의하면 탱크 시설의 경우 탱크전용실을 만들어 강철 탱크를 설치하는 것과 이중벽탱크, 음극보호탱크, 그리고 강철클래드탱크 등을 사용하는 것은 경제적으로 큰 차이를 나타내고 있지 않기 때문에 상기 탱크시설을 적용하는데 큰 무리가 없는 것으로 나타났으며, 내부 라이닝 탱크의 경우 기존 강철 탱크 내부를 내부식성 물질로 라이닝 비용만 추가되므로 경제적으로 큰 부담을 주지는 않을 것으로 생각된다.

배관의 경우 이중벽배관이 강철배관보다 2.5배정도 많은 비용이 소요되며, 이중벽배관 외에 음극보호배관 그리고 내부식성 물질로 만든 배관 등도 강철배관에 비해 설치비용이 많이 든다. 그러나 강철배관에 비해 이중벽배관 등 부식방지 배관의 경우는 차후의 개보수 비용면에서 월등히 유리할 것으로 판단된다. 그리고 만약의 누출사고 발생시 소요될 토양 복원 비용을 고려한다면 경제적으로 선진기술 도입이 타당성을 가질 것으로 사료된다.

자동탱크 계측시스템의 설치비용은 1천 3백만원(탱크 5기 기준) 정도 소요되지만 수작업에 의한 재고관리와 누출검사 업무를 대행하므로 잣대작업(1일 2회), 재고 정리, 수분감지, 넘침, 배달 등에 대한 감시로 인한 인력을 1/2로 절감할 수 있으며, 정확한 누출감지 및 여러 가지 편리한 기능 등으로 투명한 경영을 보장할 수 있으며, 업무를 쉽게 할 수 있으므로 금액적인 절감효과 외에도 상당한 이점을 가질 것으로 생각된다. 그리고 만약 누출이 발생했을 때 이를 신속히 감지하여 대처할 수 있다면 누출사고로 인한 막대하게 소요되는 토양복원 비용을 사전에 막을 수 있으므로 경제적으로도 모니터링 시설의 도입이 필요하다고 사료된다.

6.2. 개선 대책

상기 조사된 바와 같이 국내 토양오염방지조치시설은 개선되어야 할 당위성이 있는 것으로 판단되며, 다음과 같은 개선 대책이 제시될 수 있다.

6.2.1 부식산화 방지시설

부식산화방지시설의 개선대책 방안은 기존에 설치되어 진 시설과 향후 새로이 신설되거나 교체되는 시설에 모두 적용할 수 있다. 주유소 시설의 경우 거의 포화상태에 이

르고 있기 때문에 향후 설치되어질 시설보다 기존 시설에 대한 대책이 더 시급한 실정이다.

우선 탱크 전용실내에 설치되어 있는 강철탱크의 경우 부식방지를 위한 음극보호시스템을 설치하거나 강철 탱크 내부를 비부식성 물질로 라이닝을 해야 할 것으로 사료된다. 그렇지 않을 경우, 내부식성 물질로 피복한 강철-클래드 탱크와 부식에 강한 FRP나 HDPE 재질을 사용한 이중벽 탱크 등을 사용하는 것이 부식방지를 위해 효과적이라고 사료된다.

배관관련 시설의 경우 강관 사용시 반드시 방청도장과 함께 부식방지를 위한 음극보호시스템을 설치해야 하며, 관 연결부위를 비금속 재질로 피복하여 사용해야 할 것이다. 그리고 강관 이외에 부식에 강하며 유연성이 있는 비금속 재질의 배관 또는 부식에 강한 FRP나 HDPE 재질을 사용한 이중벽 배관을 사용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

그러나 상기 제시한 시설들에 대한 경제적인 측면을 고려한다면 음극보호시스템의 경우 설치비가 고가이며, 대리부식물질을 정기적으로 교체해 줘야 하기 때문에 비경제적이며, 배관의 경우 이중벽 배관은 설치비용이 높은 단점이 있다. 따라서 탱크는 강철클래드 탱크, 내부 라이닝 탱크 또는 이중벽 탱크를 사용하는 것이, 그리고 배관은 유연성을 지닌 내부식성 물질로 만든 관을 사용하는 것이 비용 경제적이라고 사료된다. 그리고 이러한 시설들은 외부재질이 약하여 시공중 손상되기 쉬우므로 설치시 특별한 주의를 기울일 필요가 있다.

6.2.2 홀립 및 넘침 방지시설

홀립방지시설의 경우 우선 기존 탱크주입구 부분의 수밀성이 인정된다면 별도의 홀립방지시설을 설치하지 않아도 무방하나 그렇지 않은 경우 탱크 주입구 부분을 수밀한 구조로 재시공을 하거나 별도의 홀립방지시설을 설치하여야 할 것이다. 그리고 주유기 밑에 설치하도록 되어 있는 홀립방지시설은 내부식성 재질로 만든 홀립방지 시설을 반드시 설치하여 주유기 밑에 설치된 배관(특히 엘보우 배관)에서 흘릴 수 있는 유류에 의한 토양환경오염을 방지하는 것이 필요하다.

넘침방지 시설의 경우 국내 소방법이 개정되면서 의무적으로 설치하도록 되어 있기 때문에 향후 설치되거나 교체되는 시설에 대해서는 추가의 개선조치사항은 불필요하겠으나 소방법 개정(1995) 이전에 설치된 시설에 대해서도 넘침방지 시설을 설치하도록 해야할 것이다. 그리고 소방검사기준에 합격하기 위해 설치해 놓았던 넘침 방지 시설을 다시 회수하지 않도록 토양오염유발시설 소유주에게

환경오염에 대한 심각성을 인식할 수 있는 교육과정이 이루어져야 할 것이며, 주입방식에 따라 넘침 방지 시설의 센서 또는 차단기 등이 손상될 수 있으므로 국내 유류(경유, 등유) 주입방식을 가압식 주입에서 자연 유하식 주입으로 바꾸도록 시정 조치해야 할 필요가 있다.

6.2.3 확산방지를 위한 모니터링 시설

모든 탱크 및 배관은 일정기한 내에 자동누출측정기기, 증기 감지시설, 지하수 감시시설, 또는 이중벽 감시시설 등 저장물질의 누출여부를 확인할 수 있는 한가지 이상의 모니터링 시설을 갖추어야 할 필요가 있으며, 각각의 모니터링 시설은 토양 및 지하수의 특성(예로 지하수위가 아주 낮아 불포화층이 깊게 발달된 경우 증기 감지시설이 좋고 그 반대의 경우는 지하수 감시시설이 적합)과 탱크 및 배관의 종류에 따라 적합한 방법으로 설치되어야 할 것이다. 또한 이러한 모니터링 기기를 설치하기 전에는 주기적인 통계적 재고조사를 실시하여 유류의 입·출고에 대한 월간재고 일지를 통하여 누출여부를 상시 점검할 필요가 있다. 그리고 배관시설에 대한 상기 모니터링 기기가 설치되어 있지 않은 경우 법규정에 따라 주기적인 토양오염도 검사를 실시하여 누출여부를 상시 확인할 필요가 있다. 부식산화 방지조치를 한 흡입배관으로서 주유기 정지 후 배관 내 잔류 유류가 탱크로 흘러 들어갈 수 있도록 충분한 기울기가 주어져 있고 주유기 펌프 아래에 1개 이상의 역지관이 있는 경우라면 이러한 모니터링 시설을 설치하지 않아도 될 것으로 사료된다.

6.3. 토양오염방지조치시설 설치기준안

6.3.1 오염방지조치시설의 재질에 대한 기준안

(1) 탱크

- 강철 탱크의 경우 음극보호시설을 갖추고 강철판 두께는 부식여유율을 고려하여야 하며, 탱크용량별, 부위별로 두께산정을 달리함.
- 클래드 탱크의 경우 클래딩 물질은 내부식성 물질을 사용하며, 피복두께는 3 mm 이상으로 함.
- 이중벽 탱크의 경우 이중벽에 사용되는 재질은 내부식성 물질을 사용하며, 이중벽 두께는 3 mm 이상으로 함.
- 내부 라이닝 탱크의 경우 라이닝 물질은 내유성, 내부식성 물질을 사용하며, 라이닝 두께는 3 mm 이상으로 함.
- 기타 동등 이상의 기능을 가지는 재질

(2) 배관

- 비금속성 배관의 경우 내부식성, 내화학성 재질로써 충분한 강도와 유연성을 지녀야 함.
- 강철 배관의 경우 음극보호시설을 갖추고 관 연결부

위를 피복함.

- 이중벽 배관의 경우 외관은 비금속성 재질을 사용함.
 - 기타 동등 이상의 기능을 가지는 재질
- 6.3.2 오염방지조치시설의 설치방법에 대한 기준안
- 탱크를 기초위에 고정시키기 전·후 주의사항.
 - 뒷채움 물질, 탱크전용실 방수조치 등 최소한의 기본적 설치방법 기준안 작성
 - 설치후 토양오염도 검사를 실시할 수 있도록 함.
- 6.3.3 확산방지를 위한 모니터링 방법에 관한 기준안
- 필요한 최소한의 누출감지 능력이 확보되어야 함.
 - 지질 및 토양특성에 따른 모니터링 기기 선택(지하수 모니터링, 증기 모니터링)
 - 기타 주의사항

참 고 문 헌

1. 박용하, 이승희, “토양환경보전을 위한 오염방지기준 및 관리대책”, 한국환경기술개발원, pp. 117-132 (1995).
2. 한국토양환경학회, “오염토양복원기술 및 제도발전에 관한

연구”, 국립환경연구원, 제1권, p. VII-25 (1997).

3. Kostecki, P. T., and Calabrease, E. J., “Petroleum Contaminated Soil Vol 1: Remediation Techniques, Environmental Fate, Risk Assessment”, Lewis Publisher. USA (1988).
4. (재) 한국위험물 안전기술센타, “위험물의 성상 및 시설기준”, (주)코데콤, 서울 (1993).
5. 환경부, “토양환경보전법령” (1996).
6. EPA, Musts For Usts, EPA 530-UST-88-008 (1988).
7. Petroleum Equipment Institute, “Recommended Practices for Installation of Underground Liquid Storage Systems” (RP 100-86). Tulsa, OK: Petroleum Equipment Institute (1986).
8. Lewis Publishers, Inc., “Underground Storage Systems-Leak Detection and Monitoring”, Lewis Publishers, Inc. (1996).
9. Underwriters Laboratories, Inc. (UL 971-1995), Nonmetallic Underground Piping for Flammable Liquids (1995).
10. EPA, Don't wait until 1998, Spill, Overfill, and Corrosion Protection for Underground Storage Tanks, EPA 510-B-94-002 (1994).
11. EPA, Straight Talk in Tanks: A Summary of Leak Detection Methods for Petroleum Underground Storage Tank Systems, EPA/530/UST-90/012 (1990).