

토양오염방지를 위한 지하저장탱크의 관리 방안 연구

Management Criteria of Underground Storage Tank for Prevention of Soil Contamination

김준현* 한영한**
Kim, Joon Hyun Han, Young Han

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the their status of underground storage tank(UST) facilities and level of soil contamination, and to establish its management criteria. DB program was developed to analyze the correlation between specific characteristics of UST and level of soil contamination. For a suitable management of UST, leakage monitoring and inspection method of UST was investigated. Inspection period was established based on the leakage rate. The most dominant factor for leakage seemed to be caused by the corrosion. Therefore, main factor, construction method and installation year of UST, and corrosion protection system were suggested for optimal protection of UST. Considering the present management status of UST in Korea, inspection and management criteria of UST should be accomplished in term of contamination protection of leakage, and flexible regulation act should be introduced for each specific site.

키워드 : 지하저장탱크, 누출, 토양 오염, 부식

Keywords : *Underground Storage Tank, Leakage, Soil Contamination, Corrosion*

1. 서론

유류 지하저장탱크(UST : Underground Storage Tank)는 산업의 급속한 발전에 따른 수요 증대, 국민 생활수준 향상, 주유소 거리 제한 철폐 등으로 최근 몇 년간에 걸쳐 기하급수적으로 증가하였으며, 이에 따라, 오염유발 가능성 또한 매우 증가하고 있는 상태이다.[1] 이들 토양오염 유발시설에서 누출이 발생할 경우, 정화가 쉽지 않을뿐 아니라 단순한 토양오염에 그치지 않고 지하수 혹은 하천수계의 광범위한 오염으로 이어지며, 휘발작용에 의한 VOC 등 오염물질의 확산으로 대기 오염을 초래하는 등의 중대한 환경 문제를 야기시킬 수 있다. 그리고, 이를 원래 상태로 복원시키기 위해서는 막대한 비용과 오랜 기일이 소요되므로, 이러한 문제에 대한 적절한 관리 방안이 요구되고 있다.

그러나, 국내에서는 이러한 UST에서 누출이 발생하였을시 이를 검사하는 방법이나 관리기술이 선진외국에 비하여 낙후되어 있을뿐 아니라, 정부의 UST 관리 체제 또한 매우 미흡한 형편이다. 한편, 환경부에서는 '97년에 UST에 관한 관리규정을 입법화하여 UST의 검사방안을 강구하고 누출 UST에 대해서 규제 조치를 취하고 있는 실정이다.[1,2]

따라서, 본 연구의 목적은 이러한 유류 UST에 대한 국내외의 관련 규정을 조사하고 국내의 UST 시설 현황과 토양 오염도와의 상관관계를 분석하며, UST 관리에 있어서 중요한 영향 인자를 분석하여, 국내 현황에 적합한 관리 방안 설정을 위한 기본 지침을 마련하는 데 있다.

2. 연구방법

UST와 관련한 외국의 관련 규정 및 관리 방법을 수집, 분석하였다. 그리고, 국내의 UST의 현황을 알아보기 위하여 시설현황을 조사하였으며, 시설현황에

* 강원대학교 환경생물공학부 부교수, 공학박사

** 강원대학교 대학원 환경생물공학과, 박사과정

따른 토양오염도를 분석하므로써 누출 특성 및 UST 시설의 특성 인자에 따른 오염도의 상관성 분석을 수행하였다. 그리고, 누출이 발생하였을 시 이를 탐지할 수 있는 누출 모니터링 기법을 조사하였으며, UST 관리를 위한 검사방법을 조사하였다. 적합한 검사주기 설정을 위하여 시간경과에 따른 누출원인별 누출율을 조사하였으며, 이에 따라 부식이 가장 중요한 원인으로 나타나, 부식에 영향을 미치는 주요 요인, 매설방법이나 설치경과년수가 부식에 미치는 영향, 부식방지 시스템에 대한 연구를 수행하였다.

3. 외국의 관련 규정 및 국내 현황 조사

3.1 외국의 관련 규정 및 관리 방법 수집, 분석

국내 실정에 적합한 UST 관련 기술 및 정책의 기본 방향을 수립하고자, 외국의 관련 규정 및 관리 방법을 수집·분석하였다. 미국의 경우, RCRA(Resource and Recovery Act)법의 부칙 I에 EPA(Environmental Protection Agency)에서 UST를 규제, 감시하도록 규정하고 있다.[8,10] 또한, 기존 지하저장탱크에 대한 정화 및 관리 기한이 1998년 12월 22일로 임박해 있어, EPA에는 UST 관련 부서(OUST)를 두고 이론 및 실무에 대한 방대한 자료를 정리하여 현장 평가, 정화 기술, 위해도 평가법 등의 실제 적용기술을 Internet 등을 활용하여 홍보하고 있다.[6, 8]

이러한 EPA 및 미국내 각 지자체의 관련 규정 및 검사방법, 검사주기 설정시 고려사항, 누출 모니터링 기술 등을 조사하였다. 이러한 분석 결과, EPA에서는 일률적으로 기준을 적용하는 것이 아니라 규정에 유연성을 두고 있었으며, 기술적인 부분만을 제시하고 인간의 보건 및 환경을 보호할 수 있도록 각 지자체의 환경에 따라 개선사업을 집행하도록 규정하고 있었다.[7] 이로 인해, 보다 효율적이고 신속한 현장 평가 및 정화 기술 개발을 수행할 수 있었다. 따라서, 국내에서도 정화 및 관리방안 설정시, 정부는 기술적인 지침을 제안하고, 현장의 특성을 고려하여 각 지자체 및 사업시행자가 선택하여 실행하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

3.2 국내 UST 현황 및 오염도 분석

국내에 적합한 검사주기 및 관리방안을 설정하기 위해서는 먼저 현존하는 UST의 현황 및 이에 따른 누출 특성이 파악되어야 한다. 따라서, 우선 국내 UST의 현황을 분석하였다. 분석에 이용된 자료는 '96년 현재의 환경부자료로서 전국의 1만여개소의 지하

저장탱크시설에 설치되어 있는 5만여개의 지하저장탱크에 대한 것이다. 이러한 방대한 자료의 분석을 용이하게 하기 위하여 DB 프로그램을 개발하였으며, 이 프로그램을 이용하여 전국의 UST 시설현황 자료를 탱크의 두께, 매설 깊이, 누출측정장치, 오염방지대책, 저장물질, 탱크 용적, 설치 경과년도, 재질, 부식방지대책 등의 각 특성별로 분석을 수행하였다. 그리고, DB 프로그램을 이용하여 국내의 UST 시설현황과 누출에 의해 발생된 토양오염도(BTEX)의 상관관계를 조사하기 위하여, 환경부 시설현황 자료와 A 및 B연구소에서 수행한 토양오염도 분석 결과를 연계하여 탱크의 연령, 두께, 용량, 매설깊이 등의 각 특성인자별 토양오염도와 상관성 분석을 수행하였다. 그리고, 토양오염도는 1, 10, 20, 40, 80ppm 등으로 기준농도를 변경하면서 상관성 분석을 수행하였다.

다음 표 1은 상관성 분석에 이용된 A 및 B 연구소의 자료 수 및 DB 프로그램을 이용한 검색을 수행하여 환경부 자료와 일치된 자료의 수를 나타내는 것이다. 검색은 A연구소, A+B(내측), A+B(외측) 등의 3가지 경우에 대하여 수행되었는데, 여기에서 오염도 조사시 규정상 탱크에 인접한 부분과 약간 거리가 떨어진 지점에서 시료를 채취하여 분석을 하게 되어 있는바, 각각의 결과를 "내측" 및 "외측"의 용어로 표기하였다.

표 2와 3은 여러 분석결과중 탱크의 설치경과년도와 탱크 두께에 따른 분석결과를 나타낸 것이다(A+B(내측)). 시설현황과 토양오염도의 상관관계 분석에 의해 상대적 발생빈도를 분석한 결과, 매설년수 16년 이상, 탱크 두께 2~4mm, 용량 1만L 이상, 매설깊이 5~6m인 경우가 오염도를 뚜렷이 나타내는 것으로 분석되어 검사주기 및 관리방안 설정시 이러한 사항을 중요하게 고려하여야 할 것으로 판단되었다. 다음 그림 1~그림 4에 A+B(내측)의 분석결과를 나타내었다.

표 1. 상관성 분석에 사용된 자료 수

연구소	자료	계	주유소	산업시설	기타
A	총자료	3,173	1,946	751	476
	검색	1,306	1,121	112	72
A+B (내측)	총자료	5,547	3,639	1,175	733
	검색	2,084	1,859	99	126
A+B (외측)	총자료	5,547	3,639	1,175	733
	검색	1,623	1,445	79	99

표 2. 설치경과년도별 상관성 분석 결과

경과년	≥5	≥10	≥15	≥20	≥25	≥30	31≤	계
전체	1,130	452	275	76	69	53	27	2,082
1ppm	233	100	61	23	18	16	5	456
10ppm	35	20	15	10	7	1	2	90
20ppm	24	15	6	4	5	0	1	54
40ppm	10	9	4	2	5	0	0	30
80ppm	4	6	3	2	3	0	0	18

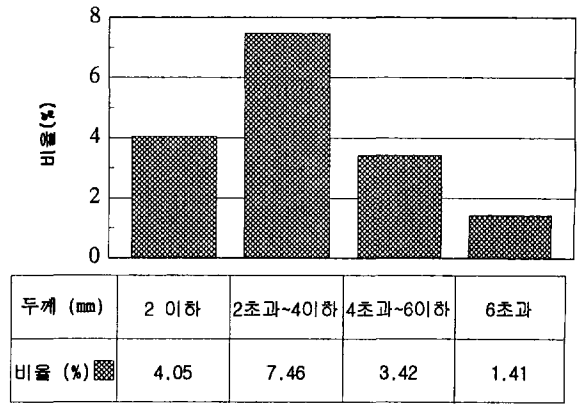


그림 2. 탱크 두께별 오염도 분석 (10ppm 이상)

표 3. 설치경과년도별 상관성 분석 결과

두께(mm)	≥1	≥2	≥3	≥4	≥5	≥6	6<	계
전체	1,454	1	5	290	138	125	71	2,082
1ppm	325	0	2	78	19	20	13	457
10ppm	59	0	1	21	4	5	1	91
20ppm	37	0	1	12	2	3	1	56
40ppm	21	0	0	6	1	2	0	30
80ppm	12	0	0	4	1	1	0	18

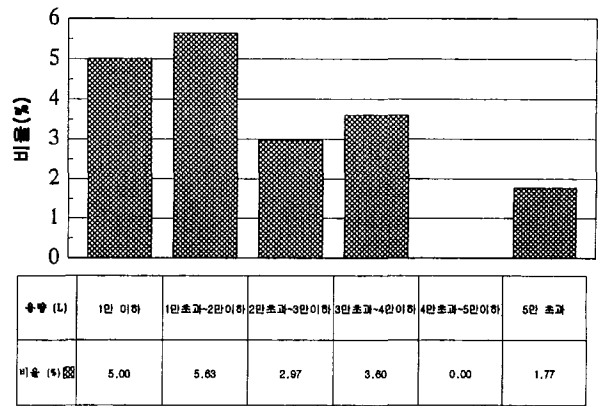


그림 3. 탱크 용량별 오염도 분석 (10ppm 이상)

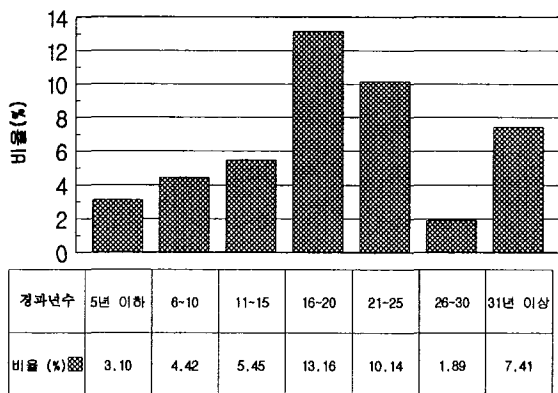


그림 1. 설치경과년도별 오염도 분석 (10ppm 이상)

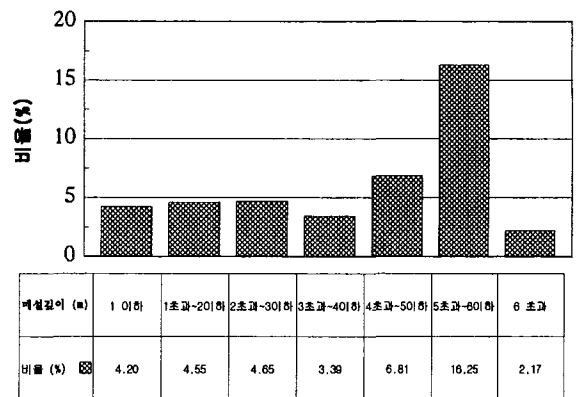


그림 4. 탱크 두께별 오염도 분석 (10ppm 이상)

4. UST 관리방안 연구

4.1 누출 모니터링 기법 조사

미국의 경우, 백만개 이상의 UST중 약 30%정도인 누출되었거나 현재 누출되고 있으며, 1995년 4월까지 287,000개의 누출이 확인되어 환경의 오염을 가중시키고, 인간의 안전을 위협하고 있는 것으로 조사되고 있다.[12] 이러한 UST의 관리는 오염방지 차원에서 진행되어야 하며 이를 위해서는 누출을 초기에 차단할 수 있는 모니터링 시설을 UST 내외부에 상시 감시할 수 있는 시스템이 되어야 한다.

본 연구에서는 누출 모니터링 기법중 실질적인 현장 적용이 가능한 유류의 재고조사, 이중벽 탱크시 틸 새 모니터링, 탱크굴착모니터링, 토양오염도조사, 모니터링 감시정, 추적제, U자관, 전선망, 배관누출탐지기, 탐침모니터링 등의 여러 방법에 대한 장단점 분석을 수행하였다. 이중 현재 국내에서 실제적으로 적용되고 있는 것은 재고량 조사에 의해 양적 변동만을 측정하는 것에 그치고 있으므로 보다 다양한 방법의 현장 적용 및 검증이 필요할 것으로 판단된다.

누출 모니터링 방법은 개개의 현장 조건 즉, 현장과 관련된 잠재적 위험과 요구되는 위험 감소 정도에 따라 다른 방법을 사용하게 된다. 그리고, 지역별로 여러 방법을 조합하여 사용하면, 위험도가 더 감소될 수 있다. 그림 5는 여러 누출 모니터링 방법중 몇가지 예시를 나타낸 것이다.[7]

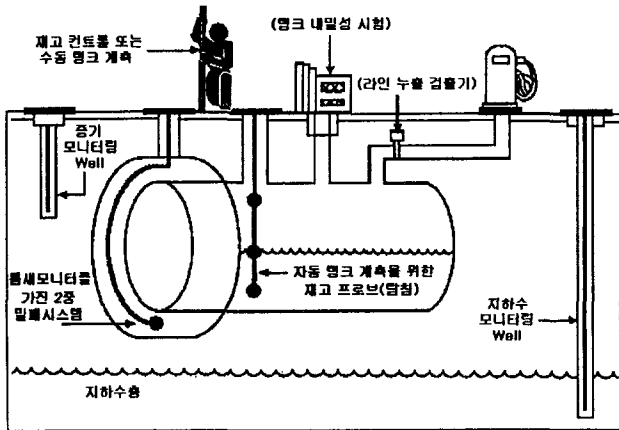


그림 5. UST 내외부의 누출 모니터링 방법

4.2 UST의 검사방법 조사

UST는 누출을 방지하기 위해 상시 모니터링되어야 하지만 더욱 안정성을 확보하기 위해 정기적 혹은 비정기적인 검사가 이루어져야 한다. 특히, 다음의 경우에는 반드시 검사가 수행되어 탱크 혹은 배관 자체의 결함 여부를 판정하여야 한다.

- ① 일상의 정기적 검사 및 유지방안
- ② 재고조사에서 누출에 대한 증거가 발견되었을 시
- ③ 누출 모니터링에서 지하 오염이 감지되고, 지표점 검사에서는 검출되지 않았을 때
- ④ 탱크내로 물의 침입이 관측될 때
- ⑤ 탱크의 설치가 완료된 후.

UST의 검사방법에는 체적법과 비체적법의 2가지로 크게 분류할 수 있다.[12] 체적(정량)법은 밀도, 압력, 온도 등의 변화를 감지하여 탱크 체적 내에서의 변화를 탐지하는데 기초를 둔 방법들이며, 비체적(정성)법은 탱크의 여압, 가스의 음파, 부상 등을 이용하여 검사하는 방법이다.[8] 체적법 및 비체적법 그리고 기타 검사방법들에 대한 원리 및 기술별 특성들에 대한 조사를 수행하였다(공기, 정수역학, Kent-Moore, J-Tube, Sunmark, Laser-Beam, Acro 검사법 등). [8,13]

여러 검사방법에 의해 UST 검사주기를 설정할 때에는 탱크의 매설경과년수에 따라 누출모니터링 시스템, 부식방지대책, 유출 및 과량넘침방지 대책 등의 유무 여부를 신중히 고려하여 설정하여야 한다.

4.3 UST의 누출원인 조사

UST로부터의 누출은 부식, 과저장, 외부부하, 틸 새 발생, 부적절한 설치 등으로 인하여 발생하며, 많은 경우 배관시스템에서 발생한다. 배관에서 발생하는 누출원인은 부식, 지반의 침하, 토양의 동결 및 용해, 교통에 의한 부하, 온도 변화에 의한 배관내의 영향 등이 있다. 그림 6 및 그림 7은 미국내 UST의 누출원인별 누출율과 재질에 따른 누출발생율을 분석한 것이다.[8] 매설경과년수에 따른 누출율을 살펴보면, 10년 이하의 탱크에서는 부식, 느슨한 조립, 구조적 결함 및 부적절한 설치 등의 원인이 비슷한 비율로 나타났지만 11년 이상이 경과된 UST에서는 부식이 주원인으로 나타나는 것을 알 수 있다.[5] 재질별 조사 결과에 의하면, 강철제 탱크에서는 부식이 주원인으로 나타났으나, FRP(fiberglass) 탱크에서는 구조적 파손과 부적절한 설치가 주원인으로 나타났다. 따라서, 강철제 탱크의 검사주기 및 내구년한은 부식에 의해서 결정하는 것이 적절하며, 약 10~20년 사이가 타당하다는 것을 알 수 있다.[5]

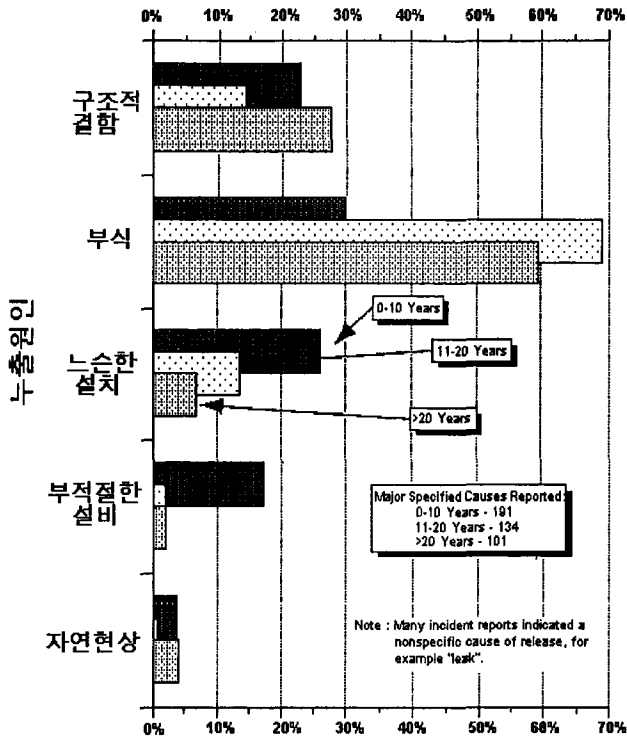


그림 6. UST의 원인별 누출발생률

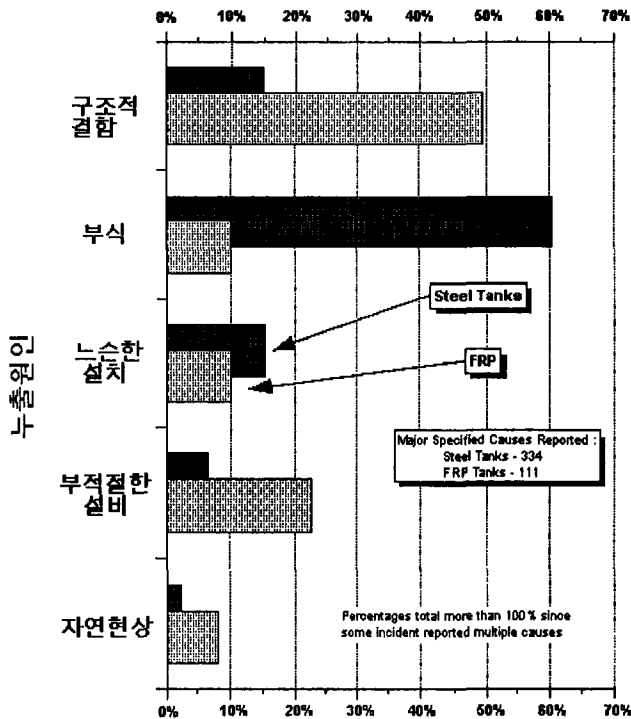


그림 7. 강철제 및 FRP UST에서의 누출발생률

4.4 부식에 영향을 미치는 주요 요인

UST는 토양중에 매설되어 있는 것이 대부분이므로, 토양의 성질은 부식에 많은 영향을 미친다. 탱크

의 부식에 미치는 토양의 조성 특성에 관한 연구 및 많은 경험적인 사실들을 통하여 토양의 조성이 부식에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.[3] UST의 내외부 부식에 영향을 미치는 요소는 무수히 많다. 이러한 요소중 중요한 인자들에 대한 조사를 수행하였으며 주요 인자들은 다음과 같다.

(1) 토양의 특성

용존 물질 농도나 함수율이 높으면 전기저항도를 낮추어 부식의 활성도를 높이며, 토양내 염의 구성, 산도, 알칼리도, 지하수위 등도 부식에 관계된 중요한 인자이다.

(2) 전해질의 특성

농도차에 의한 산소의 확산은 부식을 초래하며, 산화제 유무, 산성도 등 토양전해질의 물리, 화학적 특성은 금속표면의 부식을 촉진시킨다.

(3) 미생물의 활성도

미생물은 부식 환경을 조성하고, 전해질 세포를 생성하며, 금속 표면 필름의 저항도를 변경시키는 등의 환경 조성을 변화시킨다.

(4) 부식 필름

부식이 일어나는 탱크 재질 위에는 필름이 형성되는데, 불용성인 필름은 부식방지막으로 작용할 수도 있지만 투과성이 좋고 불연속적·비균일한 필름은 특정한 지역에 국지적인 부식을 야기한다.

(5) 표류 전류

UST 부근에서 사용하는 전기시설에서 발생하여 토양전해질을 통해 운반되는 전기적 직류인 표류 전류는 전해질 부식을 야기시킨다.

(6) 온도 및 대기질

토양의 온도는 토양 저항 및 산소의 용해도에 영향을 미쳐 이차적인 부식을 유발하며, 대기질은 오염물 유무에 따라 부식에 영향을 준다.

4.5 매설방법 및 경과년수가 부식에 미치는 영향

매설방법이 부식에 미치는 영향을 알아보기 위하여 매설방법에 관련된 국내외 관련법을 비교분석하였다. 탱크설 설치여부나 위치 그리고 매설 깊이 및 뚜껑, 음극 보호 장치 등의 설치 여부에 대한 조사를 수행하였으며, 일단, 다단 탱크, 탱크 고정 장치, 배관시스템, 펌프, 유류 저장 깊이 측정 장치 등의 유형 면에 대한 조사도 함께 수행하였다. 다음 그림 8은 미국의 국립소방법(NFPA) 제 30 조에 규정된 매설방법들을 나타낸 것이다.

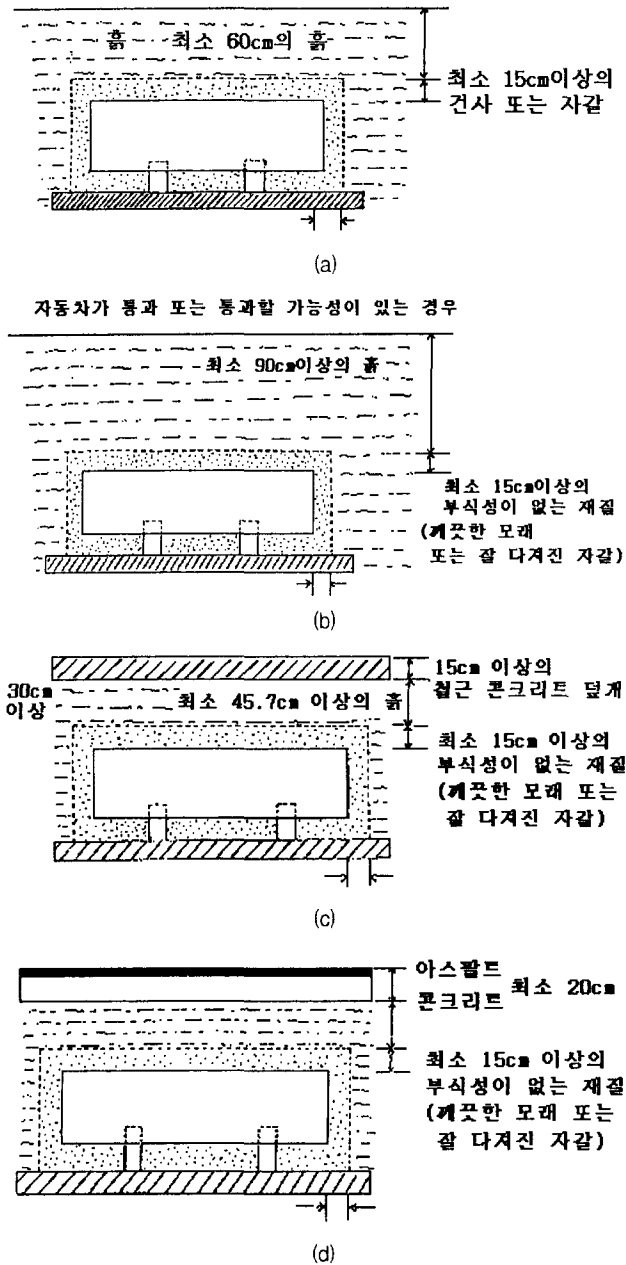


그림 8. UST의 매설방법

탱크의 내구년한=(탱크의 두께)/(부식속도)로 계산될 수 있다. 그리고 부식속도는 전체적인 부식속도와 국지적인 부식속도로 구분될 수 있다. 여기에서, 전체적인 부식속도보다는 국지적인 부식속도가 훨씬 중요하다. 국지적인 부식은 전체적인 부식보다 10배이상 빨리 일어날 수 있기 때문이다.[3] 전체적인 부식 속도에 대한 최대치는 미국 국가표준국의 경우 0.068mm/년, 영국의 경우 0.05mm/년이었으나, 국지적인 부식은 훨씬 속도가 빨라 각각 0.25mm/년, 0.3mm/년으로 발표되었다. 국내의 경우 탱크 두께 5mm가 가장 많으므로 이에 대한 내구년한을 살펴보

면 전체적 내구년한과 국지적 내구년한은 미국의 경우 각각 73.5년과 20년이며 영국의 경우에는 100년과 16.7년이 된다. 이러한 자료를 바탕으로 일반 강철재 탱크에 대한 부식속도를 안전율을 고려하여 0.5mm/년으로 감안하면 두께가 5mm인 경우, 국지적 내구년한은 약 10년으로 추정할 수 있다. 다음 그림 9와 10은 미국 국립표준국에서 연강, 평로강, 저합금강에 대하여 수행한 시험 결과를 나타낸 것이다.[1,3]

그러나, 부식속도는 탱크 재질 이외에 조사 시기 및 지역 여건 등에 따라 상당히 달라질 수 있기 때문에 지역적 여건을 고려하지 않고 일정한 내구년한을 설정하기가 어려우며, 현장 조건을 고려한 내구년한의 설정이 필요하다. 보다 합리적인 내구년한을 설정하기 위해서는 지역의 수리, 수문, 토양의 특성 및 탱크의 재질별로 현장조사 및 부식에 대한 모델링 작업을 수행하여 여러 상황별 내구년한을 설정해야 할 것으로 판단된다. 앞서 살펴본 것처럼, 외국의 경우 내구년한을 근거로 검사주기를 설정하기 보다는 유류의 누출 방지 차원으로 검사주기를 설정하고 있다.

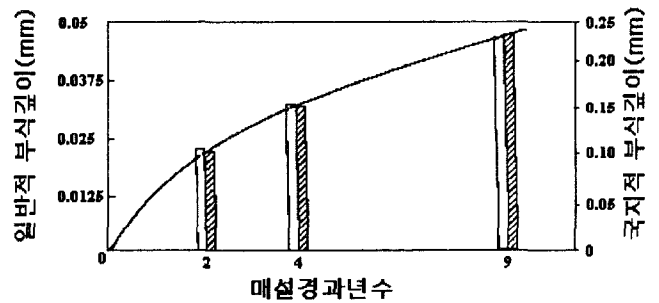


그림 9. 연강의 부식과 매설경과년수의 관계

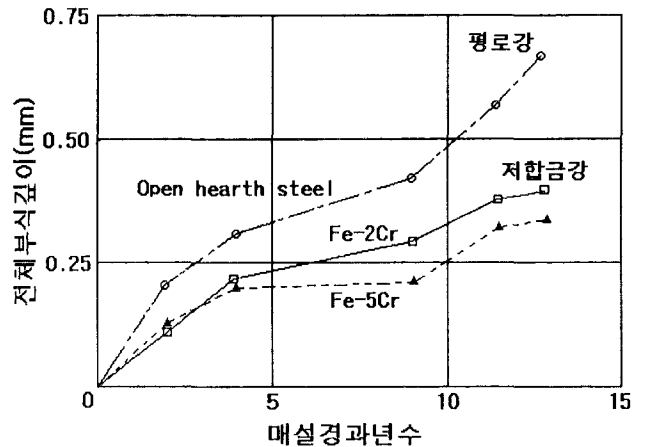


그림 10. 평로강과 저합금강의 부식과 매설경과년수의 관계

4.6 부식 방지대책

상기에서 전술한 바와 같이, UST 누출의 주원인은 부식이므로 UST의 설치시에는 반드시 부식방지대책을 적용하는 것이 바람직하다. 일반적으로 부식을 방지하는 기법에는 다음과 같은 방법이 실용적으로 쓰인다.[7,12,13,14]

(1) 탱크의 피복

유기물 피복은 UST의 내외부에 모두 사용할 수 있다. 제품에 맞는 피복제를 적절히 선택하여야 한다. 부적절한 피복을 선택하면 효율성이 떨어지고 탱크의 재질을 오염시킬 수 있기 때문에, 피복제의 선택시에는 탱크 제작자의 권유 사항을 이행하는 것이 바람직하다.

(2) 희생양극법

일반적으로 토양내에는 금속 구조물을 부식시키는 부식전류가 흐른다. 이러한 부식전류로부터 탱크나 배관을 보호하기 위하여 탱크나 배관 표면에 활성이 좋은 희생양극을 부착하여 부식전류가 구조물을 부식시키는 대신 희생양극을 희생(sacrifice)시켜 UST를 부식으로부터 보호하는 방법이다(그림 10). 희생양극법은 설치가 쉽고, 설치비가 적게 들며 유지비용이 거의 없다는 장점이 있다. 하지만 수명이 비교적 짧을 수 있고 오랜기간 보호기능을 유지하려면 주기적인 검사가 필수적이다. 적절한 희생양극법을 설계하려면 토양 저항에 의해 필요 전류량을 결정하여 필요한 양극의 형태와 크기를 결정하는 것이 바람직하다. 마그네슘이 가장 일반적인 희생양극이기는 하지만 토양의 저항도가 작은 경우에는 아연 양극도 쓰인다.

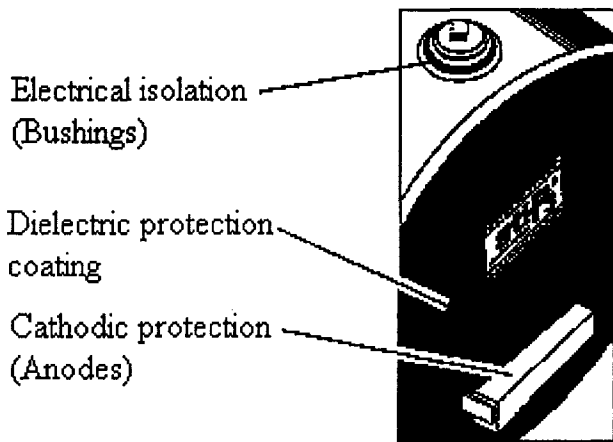


그림 10. 희생 양극법의 개요

(3) 가압전류법(Impressed Currents)

이 방법은 외부에서 직류 전류를 가해주는 것이다. 양극에서 발생된 전류는 UST에 연결된 절연 전선을 통하여 정류기로 되돌아 온다. UST에 흐르는 전류는 부식을 발생시키는 전류에 저항하여 부식으로부터 보호하게 한다. 이 방법은 상당히 넓은 범위에 대해 포괄적으로 쓰일 수 있다. 특히, 부식성이 높은 토양내에 매설되어 있는 저장탱크의 경우에 이용될 수 있다. 또한, 계속적인 전류 공급에 의해 부식을 방지하므로 피복된 탱크 뿐만 아니라 피복되지 않은 탱크도 보호할 수 있으며, 부식방지 면에서 희생양극법보다 효율성이 높으며, 넓은 범위의 토양 저항도에 대해 응용할 수 있다. 그러나, 전력 소모가 매우 크며, 다른 구조물이 중간에 있다면 간섭에 의한 문제(표류전류 등)를 발생시킬 수 있다는 단점이 있다. 정류기의 조절 정도를 점검하기 위해, 적어도 일년에 한 번은 탱크가 위치한 토양층의 전위차를 측정해야만 한다

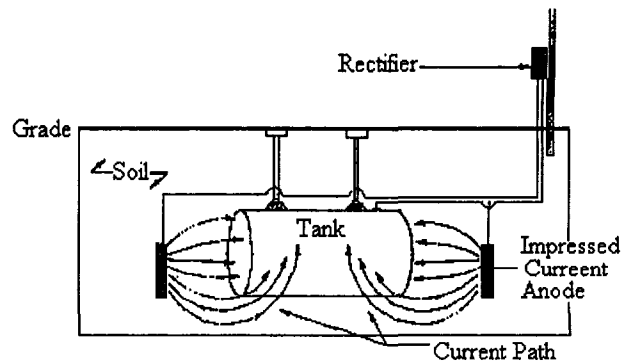


그림 11. 가압전류법의 개요

(4) 유리섬유강화플라스틱(FRP)

FRP는 인화성이며 가연성인 액체의 저장을 위해 폭넓게 사용되는데, 대부분 화학적 저항성이 있는 플라스틱 수지로 만들어지며, 부식에 강한 내구성을 지니고 있다. 다양한 수지와 유리가 FRP의 제작에 이용될 수 있기 때문에 탱크 재질과 저장물질간의 반응성 여부를 중요하게 고려하여야 한다. 외부의 하중(압력)에 상대적으로 약하다는 단점이 있지만, 최근에는 수지와 유리섬유의 2층으로 탱크를 만들어 이러한 단점을 보장하고 있다.

5. 결론

국내의 현황에 적합한 지하저장탱크의 검사주기 및 관리방안을 제시하기 위하여 외국의 관련 규정 및 검사방법을 조사하여, UST의 관리방안 설정시 고려해야 할 항목들을 고찰하였다. 또한, 국내 토양오염유발 시설의 현황 및 오염도와의 상관성 분석을 수행하여 시설 특성인자에 따른 누출 특성을 분석하였다.

그리고, UST의 모니터링 기법 및 검사방법에 대한 연구를 수행하였다. UST의 누출 원인을 분석한 결과 부식이 가장 중요한 요인으로 나타나 내구년한 및 검사주기 설정시 가장 고려해야 할 항목으로 나타났다. 따라서, 부식에 영향을 미치는 주요 인자를 고찰하였다. 그리고, 재질 및 매설공법, 설치경과년수에 따른 내구년한을 분석하였다. 각 경우별로 내구년한은 제각기 다르지만 5mm 두께 강철제 탱크의 경우에, 내구년한은 약 10년정도로 설정함이 바람직할 것으로 판단되었다. 그리고, 부식을 방지하기 위한 기법에 대한 연구도 병행하여 수행하였다.

연구 수행 결과, UST의 누출을 및 내구년한의 설정은 조사 시기와 조사 지역 등의 현장 특성에 따라 상당히 상이한 결과가 나오는 것을 알 수 있었다. 따라서, 일괄적인 검사주기 및 관리방안을 제시한다는 것은 매우 불합리한 것으로 판단되었다. 합리적인 내구년한을 설정하기 위해서는 지역의 수리, 수문, 토양의 특성 및 탱크의 재질별로 현장조사 및 부식에 대한 모델링 작업을 수행하여 여러 상황별 내구년한을 설정하는 것이 필요하다. 그러므로, 타당성이 없는 내구년한 등의 근거로 검사주기를 설정하는 것보다는 절대적인 오염 누출 방지 차원으로서의 검사주기가 설정되는 것이 바람직하며, 오염물질의 누출 가능성 및 위해도 분석에 기초하여 현장에 적합한 유연성 있는 지하저장탱크 관리 방안 및 검사주기 설정 방안이 도출되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 국립환경연구원, 오염토양복원기술 및 제도 발전에 관한 연구 용역 보고서, 1997.
- [2] 김준현, 한영한, 최경립, 함광준, "유류지하저장탱크의 시설현황 및 토양오염도 분석을 위한 DB 프로그램의 개발 및 적용", 한국수질보전학회 춘계학술발표회, pp85-88, 1998.
- [3] 손운택, 금속학, 남영문화사, 1981.
- [4] 환경부, 미국의 토양오염관리 - 지하저장탱크를 중심으로 -, 1996.
- [5] Afong, J. M. C., *Underground Storage Tank Regulations : A Critical Assessment in the Federal, California, and San Hose Regulations*, Ph.D. Thesis, UCLA, 1989.
- [6] EPA, *Expedited Site Assessment Tools For Underground Storage Tanks Sites : A Guide For Regulators*, EPA 510-B-97-001, 1997.
- [7] EPA, *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for UST*, EPA, 1995.
- [8] EPA, *Underground Storage Tank Corrective Action Technologies*, EPA, 1987.
- [9] Fontana, Mars G., *Corrosion Engineering*, McGraw-Hill Book Company, pp 383-385, 1986.
- [10] G. Mattney Cole, *Assessment and Remediation of Petroleum Contaminated Sites*, Lewis Publishers, 1994.
- [11] Rizzo, J. A., and Albert D. Young, Jr., *Aboveground Stroage Tank Management : A Practical Guide*, Government Institutes, Inc., 1990.
- [12] Cheremisinoff, P. N., *A Guide to Underground Storage Tanks : Evaluation, Site Assessment, and Remediation*, Prentice Hall, 1992.
- [13] Shreir, L., L. et al., *Corrosion Vol. 1, Corrosion Control*, Newnes-Butterer Worths, 1979.
- [14] Todd G. Schwendeman, and H. Kendall Wilcox, *Underground Storage System-Leak Detection and Monitoring*, Lewis Publishers, Inc., 1990.