

# 유류성분이 지하구조물의 방수층 손상에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Damage of Waterproofing Membrane due to Oil ingredient of Underground Structures

송 제 영\*                      강 호 진\*\*                      광 규 성\*\*\*                      오 상 근\*\*\*\*  
Song, Je-Young              Kang, Hyo-Jin              Kwak, Kyu-Sung              Oh, Sang-Keun

### Abstract

The accidents of oil leakage is increasing in the Underground Coucrete structures for Oil Storage. In the result, the waterproofing in the underground structures is melt down and cannot fulfil its Performance.

This study shows an experimental study on the effects of the oil leakage to on the performance of Waterproofing Materials. In order to investigate the actual condition and the problems, a comparative analyses were conducted considering the various types of leakage. Utilizing the obtained results as the basic data for test methods and the standard of quality, we intended to propose a strategy to develop an innovated waterproofing Materials and improve the clean environment of underground structures.

키워드 : 기름성분, 기름탱크, 주유소, 인장시험  
Keywords : Oil ingredient, oil storage, Gas Station, Tensile Strength

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

고도로 발전된 산업사회는 우리나라를 세계 4위의 석유수입국으로 변모시켰다. 그러나 경제성장과 더불어 세워진 많은 구조물이 최근 유류의 누출 사고로 인해 지하구조물에 시공되어진 방수재가 강한 휘발성에 용융되어 장기적으로는 지하구조물 방수재로서의 재 성능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 현재 지하구조물 방수에 적용되는 방수재에 있어서 각종 유류의 누출시 방수재가 유류에 얼마만큼의 내구성을 나타내는지를 실험에 의한 각각의 방수재를 비교 평가하여 문제점과 실태를 확인하고, 유류저장시설의 관리 소홀로 인한 누출시 지하구조물에 적용되고 있는 방수재가 어느 정도의 성능을 발휘할 수 있을지를 판단하여 지하구조물의 안전성 확보를 위한 재료 자체의 성능을 개선하고, 국내외의 품질 경쟁력 향상에 도모할 수 있도록 해당 재료의 새로운 성능 평가 시험방법과 품질기준에 제정에 관한 도움이 되고자 하며, 향후 더 나은 방수재의 개발과 인간의 좀더 쾌적한 지하구조물 환경을 개선할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위

본 연구는 유류 누출에 따른 지하구조물에 사용되어지는 방수재에 대한 유류 성분에 의한 방수재의 내구성을 알아보고자 시험하였으며, 사용된 유류는 다음 표 1과 같다.

표 1. 시설물에 따른 사용유류의 구분

| 대상범위      | 사용유류    | 내 용  |
|-----------|---------|--|
| 주유소       | 휘발유, 경유 | 주유소의 유류탱크에 의한 누유사고 및 주유소 주입구의 관리미흡에 따른 누유 누출사고 |
| 정비소       | 엔진오일    | 자동차의 오일교환에 따른 폐오일의 관리소홀에 따른 오일 누출사고            |
| 군부대의 유류탱크 | 항공유, 등유 | 미군의 유류시설물 관리소홀과 사고시 은폐에 따른 무책임한 방치로 인한 사고      |
| 가정집 보일러   | 등유      | 가정 주거지역에서의 기름보일러 사용에 따른 부주의로 인한 누출사고           |
| 대형 보일러    | 벙커 C유   | 대형 건축물의 공업용 보일러 사용에 따른 관리소홀로과 부주의로 인한 누출사고     |

## 2. 유류 누출현황 및 유형분석

### 2.1 대표적인 유류 누출사고 시설물

전국의 대표적인 유류누출사고 시설물은 아래와 같이 주유소, 미군기지, 송유관, 기타(유류사용량이 많은 시설물)등으로 다음의 표 2과 같다.

\* 서울산업대학교 주택대학원 석사과정, 정회원  
\*\* BK방수기술연구소 대리, 정회원  
\*\*\* BK방수기술연구소 소장, 정회원  
\*\*\*\* 서울산업대학교 건축공학부 교수, 공학박사, 정회원



사진 1. 유류판매소(주유소)

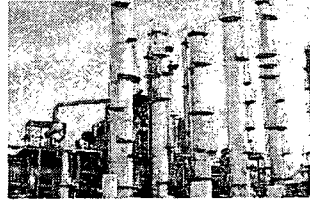


사진 2. 산업시설

표 2. 대표적인 유류 누출사고 시설물

| 시설물      | 내용  |
|----------|---|
| 주유소      | 국내에는 1만 3천여 개의 주유소가 있고 이들 주유소에는 약 6만여 개의 유류저장탱크가 지하에 매설되어 있다. 더구나 이중 매설한 지 20년 이상이 지난 저장탱크가 많아 누유사고 가능성 |
| 미군기지     | 한반도에 주둔하고 있는 미군기지의 수는 대략 100여개로 알려져 있다. 대부분 서울, 경기 인천지역에 집중되어 있는데 유류사용에 있어 관리소홀로 인한 누유사고 가능성            |
| 송유관(TKP) | 송유관의 내구연한이 30년 가량 되었기 때문에 시간이 갈수록 누유유출에 따른 오염사고 가능성   |
| 기타       | 1990년대들어 기름보일러 보급에 따른 가정용 보일러 유류 저장 탱크들도 장기간 사용에 따라 누유사고 가능성  |

## 2.2. 누유 사고 유발시설 현황

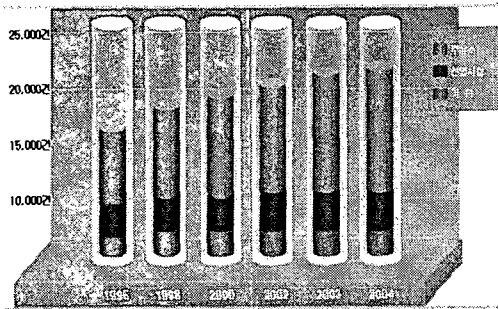


그림 1. 특정토양오염 유발시설 신고업소 현황

그림 1에서 보여지는 바와 같이 04년 12.31일을 기준으로 전국의 특정토양오염유발시설 설치신고 업소수는 22,078개소로 전년보다 약 0.9% 증가하였고, 특정토양오염유발시설 설치신고 업소수는 매년 완만한 증가세를 나타내고 있으며, 주유소와 유독물시설업소는 전년보다 증가한 반면, 산업시설의 석유류와 난방시설 설치업소는 전년에 비해 감소하였음을 알 수 있다.

현재 전국의 지하저장탱크의 수는 아래의 표 3에서와 같이 총 88004개로 나타났으며 연수별 현황은 다음과 같다.

표 3. 지하저장탱크의 연수별 현황 단위:기(개)

| 계      | 10년 미만 | 10~20년 미만 | 20~30년 미만 | 30~40년 미만 | 40년 이상 |
|--------|--------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 88,004 | 56,520 | 26,837    | 3,822     | 761       | 64     |

자료: 행자부 2003c

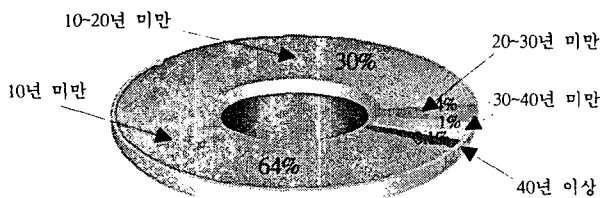


그림 2. 지하저장탱크의 연수별 현황비

## 2.3 유류 누출 사고현황

표 4. 송유관 기름누출사고 현황

| 지역  | 사고일자    | 사고원인          | 조치내용 |
|-----|---------|---------------|------|
| 경기도 | 93.3.23 | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 포항시 | 93.9.16 | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 대구시 | 94.8.5  | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 충남  | 95.5.10 | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 대구시 | 95.8.26 | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 대전시 | 95.8.30 | 부식            | 교체   |
| 포항  | 96.2.24 | 부식            | 교체   |
| 경북  | 97.4.9  | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 경북  | 97.9.12 | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 포항시 | 99.7.7  | 외부충격(공사중)     | 복원   |
| 대구시 | 00.2.18 | 관 이음새 불량      | 교체   |
| 경기도 | 02.5.8  | 외부충격(공사중)     | 복원중  |
| 경북  | 04.2.13 | 시공하자에 의한 배관손상 | 복원중  |

## 3. 시험평가 및 내용

### 3.1 시험평가 방법

본 유류에 의한 방수재의 내구성능 변화를 측정하기 위한 시험항목 방법은 다음 표 5와 같다.

표 5. 시험항목 및 방법

| 시험항목       | 시험방법  |
|------------|---|
| 사용유류 및 방수재 | 본 시험에 사용되는 유류는 항공유, 휘발유, 경유, 등유, 엔진오일, 벙커C유를 사용한 총 6종류로 시험하였으며, 사용된 방수재료는 고무아스팔트 시트, 개량아스팔트 시트를 사용하여 시험하였다. |
| 인장시험       | 방수재를 유류에 168시간 침지한 후 시험체를 충분히 세척하고 표준상태에 4시간이상 정치 후 인장성능 시험을 하였다.   |
| 인열시험       | 방수재를 유류에 168시간 침지한 후 시험체는 충분히 세척하고 표준상태에 4시간이상 정치 후 인장성능 시험을 하였다.   |
| 접합시험       | 시트 재료간 각 모서리를 나비 방향으로 50mm로 포개어 접합시켜, 유류에 168시간 침지한 후 표준상태에서 4시간 정치하여 양생한 후 인장시험을 하였다.                      |
| 부착시험       | 열화처리 후의 부착성능시험용 시험편 제작은 여태취먼트를 붙인 후 유류성분에 72시간 동안 침적시킨 후 꺼내어 표준상태(20±2℃)에서 4시간이상 정치한 후에 부착성능을 실험하였다.        |

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 유류침지에 의한 인장성능 시험



사진 3. 인장성능시험 현황

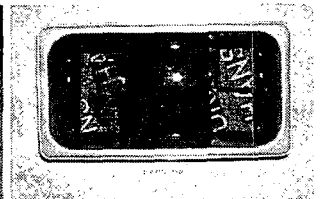


사진 4. 인장성능 시험체 침적

표 6. 인장성능 시험결과

| 구 분      | 성능항목        | 시험시편 | 측정값        |            | 비 고 |
|----------|-------------|------|------------|------------|-----|
|          |             |      | 고무<br>아스팔트 | 개량<br>아스팔트 |     |
| 무처리      | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 58.2       | 218.2      |     |
|          | 인장강도비       |      | 100        | 100        |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 210        | 940        |     |
|          | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 44.6       | 62.6       |     |
| 항공유      | 인장강도비       |      | 76         | 29         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 183        | 109        |     |
| 휘발유      | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 42.2       | 57.3       |     |
|          | 인장강도비       |      | 73         | 26         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 140        | 135        |     |
|          | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 45.4       | 42.2       |     |
| 경유       | 인장강도비       |      | 78         | 19         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 131        | 155        |     |
| 등유       | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 42.6       | 39.4       |     |
|          | 인장강도비       |      | 73         | 18         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 139        | 70         |     |
|          | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 55.8       | 182.1      |     |
| 엔진<br>오일 | 인장강도비       |      | 96         | 83         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 200        | 900        |     |
| 병커<br>C유 | 인장성능 (N/cm) | 평균   | 49.1       | 174.2      |     |
|          | 인장강도비       |      | 84         | 80         |     |
|          | 신장률(%)      | 평균   | 140        | 710        |     |

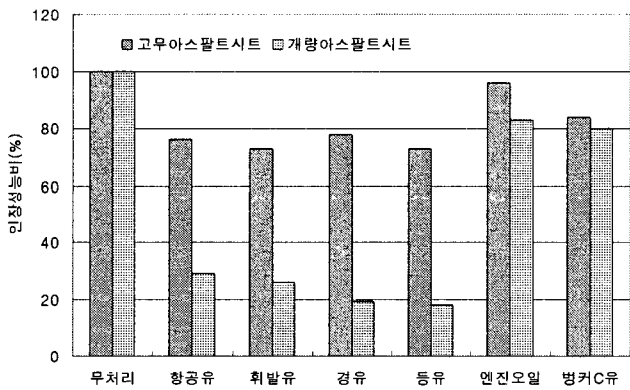


그림 3. 인장성능 시험결과

유류성분에 대한 고무아스팔트시트, 개량아스팔트시트의 인장성능 측정결과 휘발성이 강한 유류성분(항공유, 등유, 휘발유, 경유)의 경우 무처리 시험체의 인장성능에 비해 약 40%~70%의 인장강도비를 보였으며, 신장률 또한 급격히 줄어들음을 알 수 있다.

고무 아스팔트시트의 경우 무처리에 비해 약 70%의 인장강도를 보였으나 이는 아스팔트 성분을 모두 소실한 시트 표면부(HDPE)만의 강도임을 알 수 있다.

### 4.2 인열성능 시험



사진 5. 인열성능 시험편

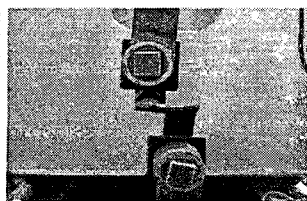


사진 6. 인열성능 현황

표 7. 인열성능 시험결과

| 구 분      | 시험시편 | 측정값(N)     |            | 비 고   |  |
|----------|------|------------|------------|-------|--|
|          |      | 고무<br>아스팔트 | 개량<br>아스팔트 |       |  |
| 열화<br>처리 | 무처리  | 평균         | 27.3       | 125.2 |  |
|          | 항공유  | 평균         | 24.1       | 27.5  |  |
|          | 휘발유  | 평균         | 22.0       | 37.0  |  |
|          | 경유   | 평균         | 22.5       | 34.5  |  |
|          | 등유   | 평균         | 23.2       | 27.0  |  |
|          | 엔진오일 | 평균         | 21.2       | 120.1 |  |
|          | 병커C유 | 평균         | 26.0       | 115.1 |  |

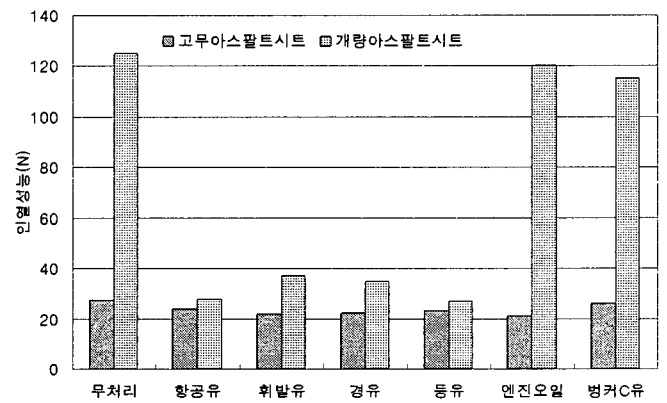


그림 4. 인열성능 시험결과

유류성분에 대한 고무아스팔트시트, 개량아스팔트시트의 인열시험 결과 엔진오일, 병커C유를 제외한 항공유, 휘발유, 등유, 경유는 무처리에 비해 매우 낮은 인열성능 저하를 보이고 있다.

### 4.3 접합성능 시험

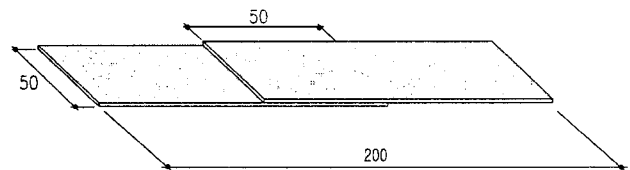


그림 5. 접합성능 시험체

표 8. 접합성능 시험결과

| 구 분      | 시험시편 | 측정값(N/cm)  |            | 비 고   |  |
|----------|------|------------|------------|-------|--|
|          |      | 고무<br>아스팔트 | 개량<br>아스팔트 |       |  |
| 열화<br>처리 | 무처리  | 평균         | 57.8       | 217.8 |  |
|          | 항공유  | 평균         | 26.8       | 8.4   |  |
|          | 휘발유  | 평균         | 26.2       | 12.2  |  |
|          | 경유   | 평균         | 36.4       | 23.1  |  |
|          | 등유   | 평균         | 33.2       | 7.6   |  |
|          | 엔진오일 | 평균         | 40.1       | 178.1 |  |
|          | 병커C유 | 평균         | 54.8       | 162.0 |  |

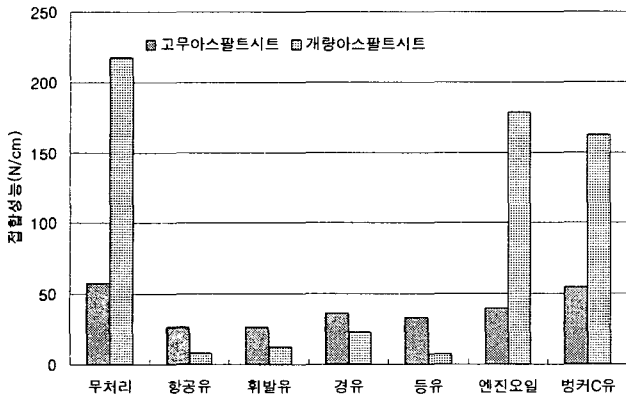


그림 6. 접합성능 시험결과

본 시험결과 모든 유류성분에서의 내구성 저하를 보였으며, 개량아스팔트의 경우 고무아스팔트와는 다르게 아스팔트 성분이 내구성에 미치는 영향이 많으므로 유류성분에 의한 아스팔트 소실시 HDPE가 있는 고무아스팔트에 비해 개량 아스팔트를 이루고 있는 중심재나 PE필름이 분리되어 급격한 성능저하를 보이고 있다.

#### 4.4 부착강도 시험

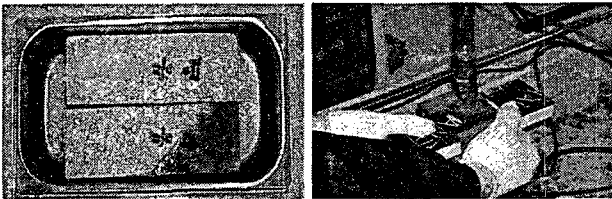


사진 7. 부착시험편 침지

사진 8. 부착시험 현황

표 9. 부착강도 시험결과

| 구분   | 시험시편 | 측정값(N/cm) |        | 비고 |
|------|------|-----------|--------|----|
|      |      | 고무아스팔트    | 개량아스팔트 |    |
| 열화처리 | 무처리  | 평균 41     | 62     |    |
|      | 항공유  | 평균 3.2    | 4.1    |    |
|      | 휘발유  | 평균 3.1    | 3.4    |    |
|      | 경유   | 평균 6.7    | 7.7    |    |
|      | 등유   | 평균 2.9    | 3.8    |    |
|      | 엔진오일 | 평균 35     | 56     |    |
|      | 병커C유 | 평균 32     | 49     |    |

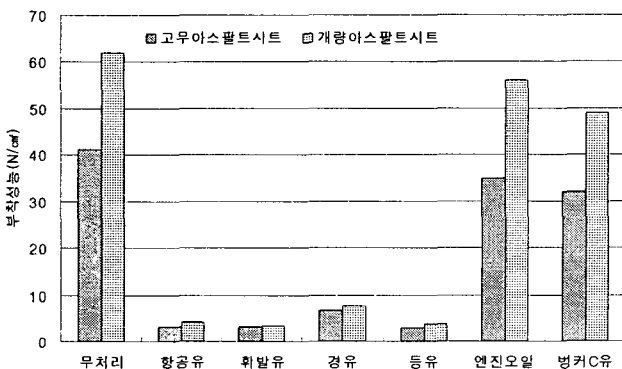


그림 7. 부착강도 시험결과

본 시험에 대한 부착강도 시험결과 다음 표 9와 같이 개량아스팔트시트, 고무아스팔트시트 모두 바탕면에 대한 부착력 성능저하를 보였다.

이는 아무리 미세한 성능저하라 할지라도 유류성분에 의해 방수재의 양끝단부가 말리는 현상과 바탕면과의 부착에 중요한 구성요소인 아스팔트의 소실로 인해 방수재로서의 중요한 성능요소인 부착력 기능을 상실 이는 곧 내구성능의 저하에 따른 누유 및 누수로 이어질 수 있다.

#### 5. 결론

본 시험을 통하여 유류성분의 침식에 의한 고무아스팔트시트, 개량아스팔트 시트 방수재가 12시간내에 내구성능이 저하되고, 접합부 및 끝단부가 유류성분으로 용해되어 가장자리로 유류가 침투하여 방수층을 들뜨게 한다는 것을 알 수 있었으며, 특히 방수층의 가장자리 및 이음부는 비닐보호코팅 없이 아스팔트 성분이 그대로 방수층 표면에 노출되어있기 때문에 유류에 의한 손상에 가장 취약한 부위가 될 수 있음을 알 수 있었다.

이를 통해 실제 현장에서도 장기간에 걸쳐 지속적으로 방수층이 유류성분에 노출되지 않는다 하더라도 단시간 또는 반복적으로 유류성분에 노출된 부위는 그 방수성능에 치명적인 손상을 받을 수 있다는 사실을 알 수 있었다.

#### 참고 문헌

- 김무훈, 강순기, 곽무영, 1998. 국내 토양오염유발시설별 오염현황조사(한국토양환경공학회지) 21-30
- 김미정, 지하유류저장탱크의 관리강화방안 2003. (한국환경정책평가연구원)
- 오상근 외, 방수공사 핸드북, 대한미장협회 1997.
- 장복심 의원, "주유소 정유사 환경관리 관련자료" [환경노동위 국정감사 자료제출요구서] 2005
- 환경부, "특정토양오염유발시설 설치 및 관리현황 보고" [내사자료] 2004
- 환경부, "특정토양오염유발시설의 방지시설등에 관한고시" [환경부 고시] 제 2002-1호
- 배우근, 홍종철, 강우재, 정진욱. "유류저장시설에서의 토양오염 예방대책" [한양대학교 환경공학연구소] 1999
- 수자원환경, "주유소 토양오염조사 형식적" 2000 3월호(135호)
- CRS Report for Congress. "Leaking Underground Storage Tank Cleanup Issues" 1999