

뽀칠형 水溶性 고무화 아스팔트 遮水材의 性能評價 및 廢棄物 埋立地 適用性 檢討에 관한 研究

A Study on Examination of Application in Waste Filled Land and Performance Evaluation as Waterproofing Material by the Spray Water-Soluble Rubber Asphalt

오 상 근* 김 형 무** 정 문 정*** 최 은 수****
Oh, Sang-Keun Kim, Hyung-Moo Jung, Moon-Jung Choi, Eun-Soo

Abstract

This study examined the application in construction field and the development of waterproofing material system by the spray water-soluble rubber asphalt to solve the problems of synthetic polymer sheet and gio membrane(A mat sheet of Bentonite) that had been used domestic waterproofing material in advance.

As the result of study, characters of study water-souble rubber asphalt are the follows:

- 1) The amount of water absorption was '0.06'g and the seepage quantity was '0'g in result.
- 2) The tensile strength was about 30.7kgf/cm² and the elongation was about 72.4% in result.
- 3) After reliance of temperature test had been ended, the tensile strength was about 72.4kgf/cm² in low temperature and about 30.7kgf/cm² in normal temperature.
- 4) After acid and alkaline treatment had been ended, the tensile strength was about 19.7kgf/cm² and about 21.9kgf/cm² in result.
- 5) After chlorine ion treatment had been ended, the tensile strength was 28.5kgf/cm² and the elongation was 250% in result.
- 6) The impact performance was subsided at 1.5m height.
- 7) After promotion weathering had been ended, the tensile strength and elongation was about 26.0kgf/cm², 214% in result.

So, this study can propose the spray water-soluble rubber asphalt to satisfy the security and durability of waste filled land.

키워드 : 뽀칠형 고무 아스팔트, 차수재, 인장강도, 신장율, 내충격성능, 촉진내후성 시험

Keywords : The spray water-soluble rubber asphalt, Waterproof material, Tensile strength, The elongation, Impact performance, Promotion weathering test

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

오늘날 인구증가 및 산업 발달로 인해 부수적으로 발생하는 건설 폐기물, 산업 폐기물, 광산 폐기물 등이 매년 증가하는 추세에 있고, 이들의 처리는 새로운 사회문제로 대두되게 되었다. 따라서 이들의 효과적인 처리를 위해서 매년 막대한 예산이 소요되고 있는 실정이다¹⁾. 이러한 폐기물의 대부분은 최종 처분이 매립에 의존하고 있으므로 2차적인 환경문제가 유발되지 않도록 위생매립이 이루어져야 한다.

매립지를 위생적으로 관리하기 위하여는 매립지내 오염수의 확산과 주변 지하수의 오염을 방지하기 위한 위생 매립시스템의 구축이 이루어져야 하며, 이를 위해서 가장 먼저 차수재 시스템의 개선이 선행되어야 할 것이다¹⁾. 국내 폐기물 매립지는 '80년대말 이전까지는 차수재가 설치되지 않은 불량매립지 형태가 대부분이며, '80년대말 이후부터는 차수재가 설치되지 않은 위생매립지 형태를 갖추고 있다²⁾. 그러나 차수재가 설치된 위생매립지의 경우도 차수재가 현장여건에 따라 적절히 사용되고 있지 않기 때문에 산지 매립지나 해안 매립지 등에서 차수재의 설치 불량 및 파손 등의 문제점이 발생되고 있고, 주변 지하수에서 매립지 오염수(침출수)의 침출사례가 발생하고 있다²⁾.

선진 외국의 경우에는 폐기물 매립지에 적용되고 있는 차수재가 점토, 고분자 합성막, 혼합재, 스프레이제 등 수십 여종으로 지반조건, 폐기물 종류 등에 따라

* 서울산업대학교 건축설계학과 부교수, 공학박사
 ** 서울산업대학교 건축설계학과 교수, 공학박사
 *** (주)삼원건화 기획실장
 **** 서울산업대학교 대학원 석사과정

매우 다양하게 채택되고 있으며,^{2),3)} 산업부산물을 매립지의 차수재로 재활용하고자 하는 연구에 심혈을 기울이고 있다. 그러므로 선진 외국에서 개발된 다양한 차수재의 국내 보급과 국내 지반이나 폐기물 조건 등 현장여건에 적합한 차수재, 그리고 산업부산물을 재활용한 경제적인 차수재의 개발이 요구되고 있다⁴⁾.

이에 본 연구에서는 우리나라에서 기존의 차수재로서 사용되어온 합성고분자 시트재 및 지오 멤브레인(벤토나이트 매트재)의 문제점을 해결하기 위한 차수시스템의 개발을 목적으로 뽀칠형 수용성 고무화 아스팔트를 이용한 매립지 차수시스템의 개발 및 현장 적용성을 검토하였다. 또한, 차수재로서의 성능확보를 위한 화학·물리적 방수성능을 측정하여, 국내 폐기물 매립장에 대한 차수재로서의 적용·타당성을 평가하고, 공법 및 시공성 측면에서 국내의 어느 현장이나 용이하게 적용할 수 있는 방법을 제안하고자 한다.

1.2 연구 대상 재료의 이해

1.2.1 차수재의 기본 원리

뽀칠형 고무 아스팔트계 차수재는 주로 아스팔트 유제와 합성고무, 안정제, 노화방지제, 충전제를 첨가하며, 분해제로 수용성 분해제를 사용한다. 그림 1은 고무 아스팔트 방수층 형성의 기본 개념도를 나타낸 것이다.

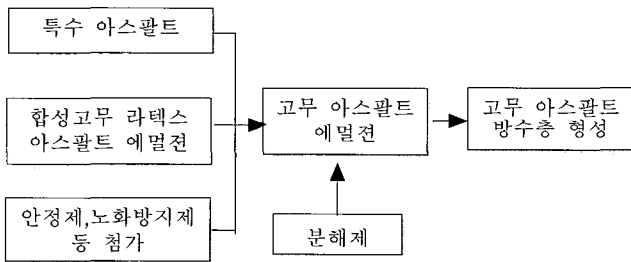


그림 1. 기본 개념도

1.2.2 차수(방수)층 형성과정

뽀칠형 고무 아스팔트계 차수층(방수층)의 형성과정은 사진 1과 같이 에멀전과 반응 분해제를 별도로 준비한 후 두 물질을 혼합·교반한다. 마지막으로 교반과 동시에 에멀전의 수분이 추출되어 고무 아스팔트를 형성한다.



사진 1. 뽀칠형 고무화 아스팔트의 차수층 형성과정

1.2.3 뽀칠(Spray) 과정

뽀칠 기계로 주제와 분해제를 동시에 흡입하는 3개의 노즐을 통하여 각각 별도로 분출된 순간에 혼합되어, 직접 바탕면에 부착해서 막을 형성한다(그림 2 참조).

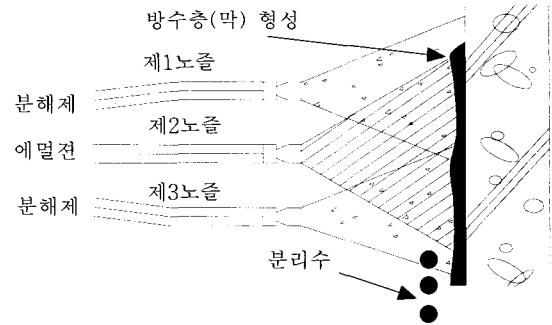


그림 2. 뽀칠을 통한 막의 형성(3노즐 방식)

2. 연구의 종류 및 방법

2.1 시험대상 재료의 구분

시험대상 재료는 부직포를 보강한 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재를 ‘보강 고무 아스팔트 차수재’로 표기하고, 부직포를 보강하지 않은 차수재를 ‘무보강 고무 아스팔트 차수재’로 표기하였다.

시험체의 제작 및 채취는 그림 2와 같은 방식으로 뽀칠을 한 시편과 보강포를 삽입하여 뽀칠한 시편을 대상으로 시험 평가에 알맞게 절단하여 사용하였다.

2.2 시험의 일반조건

시험체의 제작 및 시험실의 환경은 표준상태(온도 20±15℃, 습도 65±20%)하에서 실시하였으며, 시험체의 관리 및 보관을 위한 양생실의 상태는 온도 20±3℃, 습도 90±5%에서 재령 14일간 표준양생하였다.

2.3 바탕용 시험체 제작

본 연구에서 사용하는 바탕체 조건으로서 콘크리트 시험체를 사용하였고, 제작방법은 표 1과 같다. 참고로, 바탕용 시험체는 수밀성능 및 내충격성능 측정시 사용하였다.

표 1. 바탕용 시험체 제작조건

시 험 체		제 작 조 건	
바탕용 시험체 (콘크리트)	시멘트	보통 포틀랜드 시멘트	W/C : 45% 시멘트:잔골재=(1: 3)
	잔골재	강모래	

2.4 시험 평가 내용

뽕질형 수용성 고무 아스팔트의 차수 성능 및 내구 정확도를 위한 관련 시험항목 및 내용은 표 2와 같다.

표 2. 성능평가 항목

성능평가 항목	내 용
수밀성능 (흡수, 투수)	차수층은 흡수 및 투수를 많이 할수록 물 속에 포함된 각종 화학약품 또는 여러 요인에 의하여 차수층의 내구성이 약해지고, 차수 효과가 떨어진다. 따라서 흡수 및 투수시험을 통하여 차수재의 흡수·투수성을 평가한다.
인장·인열성능	차수재가 도포되는 바탕층은 재료적·구조적 원인에 의해 균열이 발생하게 되며, 그 위에 형성된 차수재는 다른 시공 조건에 의해 파단되어서는 안된다. 따라서 이에 대한 적절한 인장성능의 평가가 필요하다. 이에 인장 및 균열 저항성을 보강하기 위하여 보강포를 사용한 시험체와 사용하지 않은 시험체 및 보강포의 성능을 비교·평가한다.
온도의존성 인장성능	구조물은 계절의 변화에 따라 다양한 온도 환경에 처하게 된다. 따라서 본 시험에서는 고무 아스팔트 차수재의 시공 후 이러한 환경변화에 따른 인장성능의 변화를 평가한다. [저온(-20℃), 상온(20℃), 고온(60℃)]
내화학 성능	차수층은 대부분의 차수재 시공의 바탕으로 사용되는 토양성분의 산도(pH)에 따라 직접적 혹은 간접적으로 산 및 알칼리의 영향을 받을 수 있다. 따라서 본 차수재의 산과 알칼리 성분에 대한 내화학성을 평가한다.
염소이온처리 (내해수성)	차수재가 시공되어지는 구조물의 해수(염소 이온)에 의한 영향성은 매우 크게 작용한다. 따라서 이러한 구조물 바탕위에 시공될 차수재의 내해수성을 평가하기 위해 본 차수재의 염소이온처리 후 인장성능을 측정한다.
내충격성능	차수재가 노출되어 시공된 경우 그 사용환경에 따라 다양한 외력(충격)을 받게 된다. 이러한 외력에 차수층이 손상될 경우 차수재로서의 성능을 나타낼 수 없게 된다. 따라서 이러한 충격에 의한 내구성능을 평가하기 위하여 바탕재(KS F 4716 보도용 콘크리트 평판에 규정된 치수 300×300mm, 두께 60mm의 콘크리트 평판)위에 본 차수층을 설치한 시험체를 대상으로 한다.
축진 내후성능	고무 아스팔트 차수재를 시공한 후 계절의 변화에 따라 자연환경(자외선, 비, 바람)등에 영향을 받게 될 경우의 성능변화를 알아보기 위하여 축진 내후성 시험 후 인장강도의 변화를 통하여 재료의 물성을 평가한다.
보강포의 성능	차수재가 도포되는 바탕층은 재료적·구조적 원인에 의해 균열이 발생하게 되며, 또한 그 위에 형성된 차수재는 다른 시공조건에 의해 파단되어서는 안된다. 따라서 이에 대한 적절한 인장성능이 요구된다. 이에 인장 및 균열 저항성을 보강하기 위하여 사용되는 보강포의 성능을 평가한다.

2.5 성능평가용 시험체 제작

본 연구에서의 성능 평가를 위한 시험편 모양 및 개수는 표 3과 같으며, 각 성능별로 3개의 시험편을 준비하여 그 평균값을 측정값으로 나타냈다.

2.6 시험방법

2.6.1 수밀성능(흡수·투수)

흡수성은 무보강 고무 아스팔트 차수재를 시공한 시

표 3. 시험편의 모양 및 개수

항 목	시험편의 모양	개 수
수밀성능	KS L 5207에 따른 70×70×20mm	3
인장·인열성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
온도의존성	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
내화학성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
염소이온처리	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3
내충격성능	KS F 4716에 규정하는 300×300×20mm	1
축진내후성능	KS M 6518에 규정하는 아령형 3호형	3

험체를 KS F 4919의 시험방법에 따라 차수재 도포면을 물 속에 24시간 동안 침적시킨다.(사진 1 참조) 흡수량의 계산은 식(1)과 같으며, 실험값의 정확도를 높이기 위해 소수점 이하 셋째 자리에서 끝맺음하였다.

$$\text{흡수량(g)} = W_1 - W_2 \text{ ----- 식(1)}$$

여기서, W₁ : 침적 후 시험체의 무게

W₂ : 침적 전 시험체의 무게

투수성은 인풋(In-Put) 시험방식(사진 2 참조)으로서 1.0kgf/cm²의 수압을 24시간동안 가하여 투수량을 측정하며, 인장강도가 비교적 약하므로 측정시 시험편의 변형 또는 파괴가 일어나지 않도록 적절한 보강을 하여 실험하였다.

2.6.2 인장·인열성능

인장시험기는 크로스 헤드 이동속도가 일정하고, 하중 및 변위의 자동 기록장치와 일정온도(-20±2℃, 20±2℃, 60±2℃)를 조절할 수 있는 항온조를 구비하고, 인장속도를 일정속도(200mm/min)로 조절할 수 있다. 또한, 시험편 눈금간 거리의 약 8배 이상으로 인장되는 인장시험기를 사용하여 표준상태에서 1시간 이상 정지한 시험편(사진 3 참조)을 물리간격이 60mm가 되도록 부착하고 일정속도(500mm/min)로 인장시켜 시험편이 파단될 때의 인장·인열강도 및 신장율을 측정하였다.(사진 4, 5 참조) 인장·인열강도 및 신장율의 계산은 식(2), 식(3)와 같으며, 실험값은 시험편 3개의 평균값으로 나타냈다.

$$TB = \frac{P}{A} \text{ ----- 식(2)}$$

여기서, TB : 인장강도

P : 최대하중(kgf)

A : 시험편의 단면적(cm²)

$$\text{아령형 3호의 경우: } A = \frac{t}{20} \text{ (t: 시험편의 두께)}$$

$$E = \frac{L - 20}{20} \text{ ----- 식(3)}$$

여기서, E : 파단시의 신장률(%)

L : 파단시의 표선간 거리(mm)

2.6.3 온도의존성 시험

시험편을 저온(-20℃), 상온(20℃), 고온(60℃)의 온도에서 1시간 이상 방치한 후(사진 6 참조) 인장시험기에 물림 간격이 60mm가 되도록 시험편을 부착하고, 일정속도(200mm/min)로 시험편이 파단될 때까지 인장하였다. 다만, 시험시 온도의 정밀도는 각각 ±2℃로

한다. 또한, 시험편의 인장강도 및 신장율의 산출은 2.6.2에서 서술한 방법과 동일하다.

2.6.4 내화학 성능

(1) 알칼리처리

알칼리처리는 20±2℃의 수산화나트륨의 1% 수용액에 시험체를 168시간 침지한다. 침지 후의 시험체는 충분히 세척하고 마른 형검으로 닦은 후, 표준상태에서 24시간 매달아 건조시킨다. 건조 후의 시험체는 표준상태에 4시간 이상 정치한 후 2.6.2에서 기술한 방법으로 인장강도 및 신장율을 산출하였다.

(2) 산처리

산처리는 20±2℃의 황산·염산·질산의 5% 수용액에 시험체를 168시간 침지한다(사진 7 참조). 침지 후의 시험체(사진 8 참조)는 알칼리처리의 양생과정과 같이 진행한 후 2.6.2에서 기술한 방법으로 인장강도 및 신장율을 산출하였다.

2.6.5 염소이온처리(내해수성)

고무 아스팔트 차수재를 염소이온 1%의 수용액에 168시간 침지한다(사진 9 참조). 침지 후의 시험체는 충분히 세척하고 마른 형검으로 닦은 후, 표준상태에서 24시간 매달아 건조시킨다. 건조 후의 시험체는 표준상태에서 4시간 이상 정치한다. 양생이 끝난 시험체를 2.6.2에서 기술한 방법으로 인장강도 및 신장율을 산출하였다.

2.6.6 내충격성능

시험시의 온도는 20±2℃로 시험체를 1시간 이상 정지한 후, 끝이 반구형인 추(선두직경 10mm, 질량 500+2g의 철제 봉)를 그 끝에서부터 차수층 표면까지의 높이 0.5m의 위치에서 시험체의 차수층 위에 낙하시킨다. 그 후 차수층의 구멍 뚫림 유·무를 육안 또는 확대경으로 검사한 후 차례로 1m, 1.5m의 높이에서 추를 낙하시켜, 차수층의 구멍 뚫림을 검사하였다(사진 9 참조).

2.6.7 촉진내후성능

시험체를 KS F 2274의 WS형 촉진폭로 시험장치에 의하여 촉진 폭로 처리를 하였다. 다만, 블랙 패널 온도계의 지시 온도는 63%±3℃, 스프레이 사이클은 120분 중 18분, 시험시간은 250시간으로 하였다. 시험장치에 의하여 촉진 폭로 처리한 후(사진 10 참조), 표준상태에서 4시간 이상 정지한 시험편의 인장강도 및 신장율의 산출은 2.6.2에서 기술한 방법으로 실시하였다.

2.6.8 보강포의 성능

보강포는 차수재의 인장성능 및 내진성능 향상, 균열 저항성 등을 높이기 위해 사용하였으며, 보강포 자



사진 1. 흡수성 측정 상황

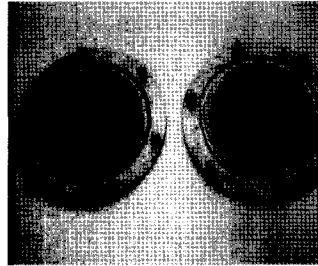


사진 2. 투수성 측정 상황

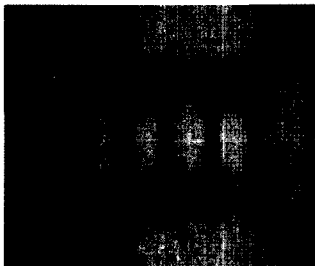


사진 3. 인장성능 시험체



사진 4. 인장성능 시험 상황

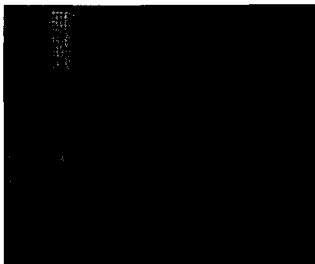


사진 5. 인열성능 시험 상황



사진 6. 온도의존성 시험 상황

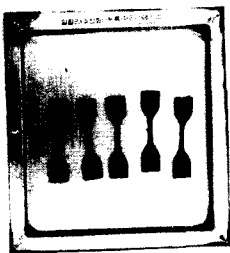


사진 7. 산처리 시험체 현황



사진 8. 산 처리 후 시험체



사진 9. 내충격 시험 상황

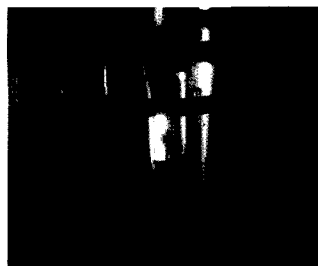


사진 10. 촉진 내후성 처리 시험체

체의 인장성능 시험은 KS K 0520의 시험방법에 따른다. 또한, 보강포에 사용된 섬유는 KS K 0210에 준하여 실시하였으며, 보강포의 중량 및 두께는 KS K 0514와 KS F 0506의 시험방법에 따라 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 수밀성능(흡수·투수)

무보강 고무 아스팔트 차수재를 시공한 시험체의 흡수와 투수 시험 결과는 표 4, 표 5, 그림 3과 같다. 무보강 고무 아스팔트 차수재의 흡수량은 약 0.95g 정도로 낮게 나타났다. 이는 차수재가 처할 수 있는 다양한 환경, 특별히 오염수의 영향이 예상되는 매립지 시설에서의 내화학성 등 장기 내구성 평가에 참고가 된다.

또한, 투수성능은 차수재가 갖추어야 할 기본적인 성능으로 투수량 '0'을 나타냈다. 따라서 무보강 고무 아스팔트 차수재가 충분한 차수(방수)성능을 가지고 있다는 것을 알 수 있었다.

표 4. 흡수성능 시험 결과

시험체 종류	번호	중량(g)		흡수량	비고
		시험 전	시험 후		
무보강 고무 아스팔트	①	590.30	591.06	1.03	표면이 다소 거친관계로 흡수됨
	②	571.77	572.39	0.86	
	평균	581.03	581.72	0.95	

표 5. 투수성능 시험 결과

시험체 종류	번호	투수량
무보강 고무 아스팔트	①	0
	②	0
	평균	0

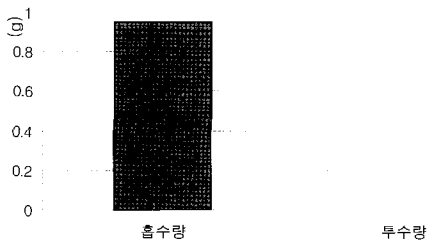


그림3. 흡·투수량 시험 결과

3.2 인장·인열성능

보강형 고무 아스팔트 차수재 시험체의 인장·인열성능 시험결과는 표 6, 표 7, 그림 4와 같다. 보강형 고무 아스팔트 시험체의 길이방향 인장강도는 21.1kgf/cm²이며, 너비방향 인장강도는 13.4kgf/cm²로, 길이방향의

인장강도가 너비방향에 비하여 약 157%정도 높은 인장강도를 나타냈다. 이는 보강용으로 사용된 보강포의 방향에 따른 특성으로 나타난 결과이다.

보강형 고무아스팔트 시험체의 길이방향 신장율은 131%이며, 너비방향 신장율은 245%로, 길이방향의 너비방향의 신장율이 길이방향의 신장율에 비하여 약 187%정도 높은 신장 특성을 나타냈다. 이는 보강포의 방향에 따른 특성으로 나타난 결과이다.

보강형 고무아스팔트 시험체의 인열강도는 35.1kgf/cm²로, 이는 보강포에 의한 효과로 인해 인열강도가 증가한 것으로 판단된다.

표 6. 인장강도 시험 결과

시험종류	순번	인장성능	
		인장강도(kgf/cm ²)	신장율(%)
길이방향	①	21.1	128
	②	21.6	135
	③	20.6	131
	평균	21.1	131
너비방향	①	14.2	257
	②	12.8	241
	③	13.2	233
	평균	13.4	245

표 7. 인열강도 시험결과

시험종류	순번	인열강도(kgf/cm ²)
인열시험	①	33.7
	②	36.5
	③	35.1
	평균	35.1

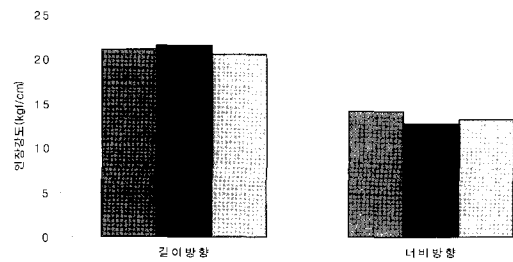


그림 4. 인장·인열강도 시험 결과

3.3 온도의존성 인장성능

보강형 고무 아스팔트 시험체를 온도의존성 시험 후 인장성능을 평가한 결과는 표 8, 그림 5와 같다. 인장강도는 저온(-20℃)시 각각 52.8kgf/cm², 33.4kgf/cm², 상온(20℃)에서는 21.1kgf/cm², 13.4kgf/cm², 고온(60℃)일 때 약 19.8kgf/cm², 13.5kgf/cm²로 저온시 상온보다 인장

표 8. 온도의존성 인장강도 시험 결과

온도		번호	인장 성능	
			인장강도(kgf/cm ²)	신장율(%)
저온 -20℃	길이 방향	①	52.8	25
		②	54.1	28
		③	51.6	31
		평균	52.8	28
	너비 방향	①	35.4	42
		②	31.9	40
		③	33.0	47
		평균	33.4	43
상온 20℃	길이 방향	①	21.1	128
		②	21.6	135
		③	20.6	131
		평균	21.1	131
	너비 방향	①	14.2	257
		②	12.8	241
		③	13.2	233
		평균	13.4	245
고온 60℃	길이 방향	①	19.4	143
		②	19.7	135
		③	20.2	133
		평균	19.8	137
	너비 방향	①	14.1	262
		②	13.4	251
		③	13.1	250
		평균	13.5	254

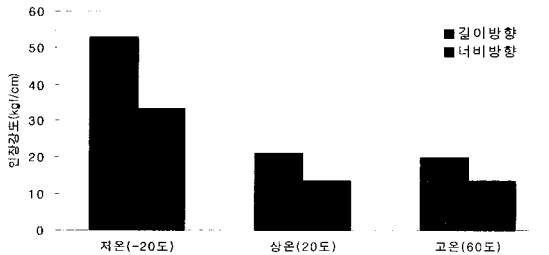


그림 5. 온도의존성 인장강도 시험 결과

강도는 약 40% 정도 증가하며, 고온시 상온과 비교하여 인장강도의 약 94% 정도로 나타났다. 또한, 신장율은 저온(-20℃)시 약 28%, 43%, 상온(20℃)시 약 131%, 245%, 고온(60℃)에서는 약 137%, 254%로, 저온일 때 상온에서의 약 21%, 18% 정도의 신장율을 나타냈으며, 고온에서는 상온에서의 약 105%, 100%로 나타났다.

3.4 내화학적 성능

보강형 고무 아스팔트 차수재의 내화학적 시험(알칼리처리, 산처리) 결과는 표 9, 그림 6과 같다. 산처리 후 시험체의 인장강도는 무처리 시험체 인장강도 21.1kgf/cm²의 약 92%~94%로 나타났으며, 알칼리처리 후 시험체의 인장강도는 무처리 시험체 인장강도의 약

표 9. 내화학적 시험 결과

구분	번호	인장 성능		
		인장강도(kgf/cm ²)	신장율(%)	
산	황산	①	19.9	130
		②	18.6	116
		③	20.0	125
		평균	19.5	124
	염산	①	18.9	110
		②	20.3	116
		③	20.5	114
		평균	19.9	113
	질산	①	21.3	120
		②	18.3	119
		③	19.5	113
		평균	19.7	117
알칼리	수산화 나트륨	①	21.5	123
		②	22.3	120
		③	21.8	125
		평균	21.9	123
무처리	①	21.1	128	
	②	21.6	135	
	③	20.6	131	
	평균	21.1	131	

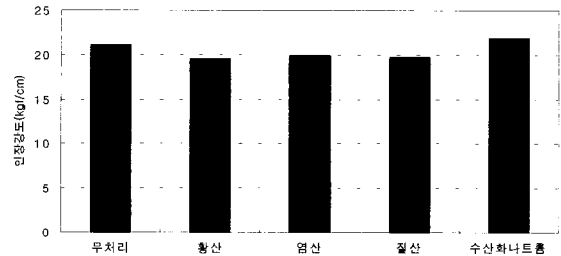


그림 6. 내화학적 시험 결과

104% 정도로 나타났다. 산처리 후 시험체의 신장율은 무처리 시험체 신장율 131%의 약 86%~95%로 나타났으며, 알칼리 처리 후 시험체의 신장율은 무처리 시험체 신장율의 약 94% 정도로 나타났다.

알칼리처리 후 시험체의 인장강도가 무처리 시험체의 인장강도에 비하여 약 4% 정도 높게 나타났으며, 신장율은 약 6% 정도 낮게 측정되었다. 이를 통해서 알칼리에서 고무아스팔트 차수재의 취성이 약간 증가하며, 또한 산에서는 인장강도 및 신장율 모두 다소 감소한다는 것을 알 수 있었다.

3.5 염소이온처리(내해수성)

보강용 아스팔트 차수재의 염소이온 처리(내해수성) 시험 결과는 표 10, 그림 7과 같다. 고무아스팔트 차수재의 염소이온 처리(내해수성) 시험결과 무처리 시험체의 인장강도는 약 21.1kgf/cm²이며, 염소이온처리 시험체의 인장강도는 약 20.9kgf/cm²로, 염소이온처리 시

표 10. 염소이온처리(내해수성) 시험 결과

품 명	번호	무 처리(20℃)		염소이온처리 (내해수성)	
		인장강도 (kgf/cm ²)	신장율 (%)	인장강도 (kgf/cm ²)	신장율 (%)
보강형 고무아스팔트 시험체	①	21.1	128	21.4	115
	②	21.6	135	20.5	124
	③	20.6	131	20.9	121
	평균	21.1	131	20.9	120

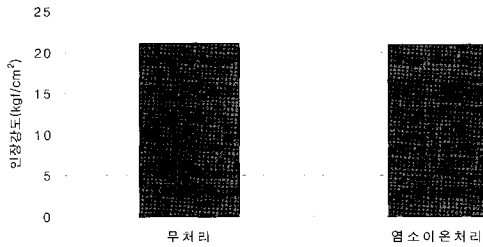


그림 7. 염소이온처리(내해수성) 시험 결과

시험체는 무처리 시험체와 비교하여 약 94% 정도의 인장강도를 나타냈다.

고무아스팔트 차수재의 신장율은 무처리 시험체의 경우 약 131%이며, 염소이온처리 시험체의 신장율은 약 120%로, 염소이온처리 시험체는 무처리 시험체와 비교하여 약 92%의 신장율을 나타냈다.

3.6 내충격성능

보강포 고무 아스팔트 차수재를 대상으로 내충격성능을 평가한 결과는 표 11과 같이 높이 1.5m의 낙하충격에서 차수층이 합몰되었다. 이는 구두의 난폭한 보행에도 구멍이 뚫리지 않는 정도의 내충격성능을 가지고 있는 것으로 고무 아스팔트의 충격 흡수·복원능력이 뛰어난 것으로 판단된다.

표 11. 염소이온처리(내해수성) 시험 결과

시험체	내충격성 시험결과(육안관찰)			
	0.3M	0.5M	1M	1.5M
보강형 고무 아스팔트	이상 없음	이상 없음	이상 없음	합 몰

3.7 촉진 내후성능

촉진 내후성 시험(자외선, 바람, 비) 결과는 표 12, 그림 8과 같다. 고무아스팔트 차수재의 촉진 내후성 시험결과 무처리 시험체의 인장강도는 약 21.1kgf/cm²이며, 촉진 내후성 처리 후 시험체의 인장강도는 약 19.5kgf/cm²로, 촉진 내후성 처리 후 시험체는 무처리 시험체와 비교하여 약 92% 정도의 인장강도를 나타냈다. 고무아스팔트 차수재의 신장율은 무처리 시험체의 경우 약 131%이며, 촉진 내후성 처리 후 시험체의 신장율은 약

표 12. 촉진 내후성 시험 결과

품 명	번호	무 처리(20℃)		촉진 내후성처리 후	
		인장강도 (kgf/cm ²)	신장율 (%)	인장강도 (kgf/cm ²)	신장율 (%)
보강형 고무아스팔트 시험체	①	21.1	128	19.3	120
	②	21.6	135	18.7	118
	③	20.6	131	20.4	120
	평균	21.1	131	19.5	119

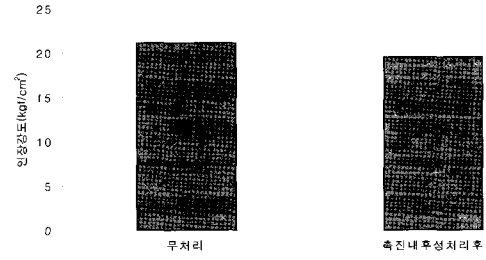


그림 8. 촉진 내후성 시험 결과

119%로, 촉진 내후성 처리 후 시험체는 무처리 시험체와 비교하여 약 91%의 신장율을 나타냈다.

3.8 보강포의 성능

본 고무 아스팔트 차수재에 사용된 보강포의 인장 및 기타 성능의 시험 결과는 표 13과 같다. 본 고무아스팔트 차수재에 사용된 보강포의 종류는 중량 444.9g/m², 두께 2kPa에서는 2.65mm, 5kPa에서는 2.42mm의 폴리에스테르 섬유이다. 폴리에스테르 보강포의 길이방향 인장성능은 강도가 66.4kgf, 신율이 138%이며, 폭 방향의 인장성능은 60.9kgf, 신율이 131%로 나타났다. 이와 같이 폭 방향에 비하여 길이방향의 인장성능이 우수함을 알 수 있었다.

표 13. 보강포 성능 시험 결과

항 목	시험방법	시험결과	
섬유감별	KS K 0210	폴리에스테르	
중량	KS K 0514	444.9g/m ²	
인장강도	길이	KS K 0520	66.4kgf
	폭	KS K 0520	60.9kgf
인장신도	길이	KS K 0520	138%
	폭	KS K 0520	131%
두께	2kPa	KS K 0506	2.65mm
	5kPa	KS K 0506	2.42mm

3.9 기존 방수재와의 비교·분석

본 보강형 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트의 성능을 KS F 4911에 규정한 합성 고분자계 방수 시트중 보강 복합형의 성능 규정과 비교·분석한 결과는 표 14와

표 14. 기존 방수재와의 비교·분석

		보강 복합형 시트	보강형 고무 아스팔트
인장성능	인장강도 (kgf/cm ²)	24.5	약 30.7
	신장율 (%)	15	약 72.4
인열강도 (kgf/cm ²)		5.1	약 35.1
온도의존성 인장성능	60℃ 인장강도 (kgf/cm ²)	10.2	약 19.8
	-20℃ 신장율 (%)	7.5	약 72.4
내화학성능 (알칼리 처리)	인장강도 비(%)	80이상	약 87
	신장율 (%)	80이상	약 90
열화처리 후 인장성능	인장강도 비(%)	80이상	약 85
	신장율 (%)	80이상	약 85

같이 대부분 성능에서 보강 복합형 시트 방수재보다 우수함을 알 수 있었다.

4. 결 론

뽀칠형 수용성 고무화 아스팔트 차수재의 성능평가 및 폐기물 매립지 적용성 검토에 대한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 무보강 뽀칠형 수용성 고무아스팔트 차수재의 흡수성은 약 '0.06'으로 낮은 흡수량을 나타냈다. 이는 본 재료가 시공 환경에 처할 수 있는 침출수 및 용출수의 다양한 화학적 성분에 대하여 장기적인 내구성능을 확보하고 있는 성능을 가지고 있음을 의미한다. 또한, 무보강 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재의 투수량은 '0'으로 나타났다. 이는 본 재료가 매립장 및 구조물 적용에 있어서 충분한 방수(차수) 성능을 가지고 있음을 의미한다.

(2) 보강형 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 시험체의 인장강도는 약 30.7kgf/cm²로, 이는 KS F 3211에서 규정하는 일반형(무보강형) 고무 아스팔트계의 인장강도 기준 3.5kgf/cm²를 약 8.7배 이상 초과하는 성능이다. 또한, 신장율에 있어서도 약 72.4%로서, 이는 시험체 내부의 보강포의 효과를 나타낸 것으로 판단된다. 따라서 본 재료는 구조물의 진동 및 거동 등에 대한 충분한 대응력(내진력, 내피로성능 등)을 가질 것으로 판단된다.

(3) 온도의존성 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 시험체 온도 특성은 인장강도에 있어서 저온(-20℃)시 약 72.4kgf/cm², 상온(20℃)시 약 30.7kgf/cm²로서, 저온시의 인장강도는 상온의 약 235%정도의 높은 성능을 나타냈다. 신장율에 있어서는 저온(-20℃)시 약 16%, 상온(20℃)시 262%로서, 저온시는 상온의 약 9%정도의 특성을 나타냈다. 이는 본 재료가 우리나라의 온도조건에서 방수재(차수재)로서 충분한 방수성능 및 내구성을 확보할 수 있는 성능을 가지고 있음을 의미한다.

(4) 보강형 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트의 산처리 시험체의 인장강도는 무처리(20℃) 시험체의 인장강도 30.7kgf/cm²의 약 81%~83% 범위로 나타났고, 알칼리 처리 시험체의 인장강도는 무처리 시험체 인장강도의 약 87%정도로 나타났다. 또한, 신장율에 있어서는 산처리 시험체의 신장율은 무처리(20℃) 시험체의 신장율 262%의 약 92%~95% 범위로 나타났고, 알칼리 처리 시험체의 신장율은 무처리 시험체 신장율의 약 90% 정도로 나타났다. 이는 본 재료가 산 및 알칼리 등의 용액에 영향을 받는 환경 하에서는 약 10% 전·후의 내구성능에 영향을 받을 수 있으며, 일반적인 사용 재료들과 유사한 방수성능을 확보할 수 있는 것을 보여주고 있다.

(5) 보강형 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재의 염소이온처리(내해수성) 시험결과 무처리 시험체의 인장강도와 신장율은 각각 30.7kgf/cm², 262%로 나타났고, 염소이온 처리 시험체의 인장강도와 신장율은 각각 28.5kgf/cm², 250%로서, 염소이온처리 시험체의 인장강도는 무처리 시험체의 약 92%정도의 인장강도와 95%정도의 신장율을 나타냈다. 이는 본 재료가 해수조건의 영향을 받으면 약 5% 전후의 내구성능에 영향을 받을 수 있으며, 일반적인 사용 재료들과 유사한 방수성능을 확보할 수 있는 것을 보여주고 있다.

(6) 보강형 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재의 물체 낙하 충격 시험에 따르면 물체가 높이 1.5m 이상의 수직 낙하시 차수층이 뚫리는 현상이 나타났다. 이는 본 재료는 지상 작업시 구두를 신은 상태의 보행에서는 구멍이 뚫리지 않는 정도의 내충격 성능을 가지고 있는 것을 의미한다. 즉, 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트는 비교적 유연한 인장성능에도 불구하고 충격의 흡수 및 복원 능력을 가지고 있음을 의미한다.

(7) 뽀칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재의 자외선 등의 대기 중 폭로상태의 열화 상태를 평가한 결과, 무처리 시험체의 인장강도와 신장율은 각각 30.7kgf/cm², 262%로 나타났고, 열화 촉진 시험체의 인장강도와

신장율은 각각 26.0kgf/cm², 214%로 나타났다. 이는 본 재료가 열화 축진의 영향을 받으면 무처리 재료보다 약 15%정도의 장기적 내구성능 저하의 영향을 받을 수 있음을 의미한다.

(8) 본 연구를 통해 제시한 공법이 향후 우리나라의 폐기물 매립장의 안전성 확보와 환경친화적 시설물로 건설될 수 있는 적합한 소재와 공법으로 활용되며, 이에 관련한 기술 개발 및 연구가 지속적으로 이루어지기를 기대한다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 「폐기물 매립지 차수재 개발」, 1995.
2. 한국건설기술연구원, 「폐기물 매립시설의 설계·시공 기술에 관한 연구」, 1998.
3. 오상근외, 「방수공사핸드북」, 대한전문건설협회, 1997.
4. 新樹社, 방수저널, 「폐기물 처분장의 시스템화와 차수시트의 최신 기술 동향」, 1998.
5. 환경부, 「시 지역별 쓰레기 매립시설 현황」, 2000.
6. Kubal, Michael T, 「Construction Waterproofing Handbook」, McGRAW Hill, 2000
7. 대한건축학회, 「건축공사 표준시방서, 14000 방수·방습공사」, 1999
8. 오상근외, 「건축 방수시스템의 설계와 시공」, 청우미디어, 1999
9. 한국건설기술원, 「방수 시공 종합 정보집」, 건설기술 정보센터, 1998
10. 김형무외, 「건축시공학」, 형설출판사, 2001