

뽐칠형 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

이성일* 정문정** 김형무*** 오상근****
Lee, Sung-Il Jung, Moon-Jung Kim, Hyung-Moo Oh, Sang-Keun

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.

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

1. 서론

오늘날 인구증가 및 산업 발달로 인해 부수적으로 발생하는 건설 폐기물, 산업 폐기물, 광산 폐기물의 효과적인 처리를 위해 매년 막대한 예산이 소요되고 있는 실정이다¹⁾. 이러한 폐기물의 대부분은 최종 처분이 매립에 의존하고 있으므로 2차적인 환경문제가 유발되지 않도록 위생매립이 이루어져야 한다.^{1), 2)}

선진 외국의 경우에는 폐기물 매립지에 적용되고 있는 차수재가 점토, 고분자 합성막, 혼합재, 스프레이재 등 수십 여종으로 지반조건, 폐기물 종류 등에 따라 매우 다양하게 채택되고 있다.^{2), 3)} 그러므로 선진 외국에서 개발된 다양한 차수재의 국내 보급과 국내 지반이나 폐기물 조건 등 현장여건에 적합한 차수재, 그리고 산업부산물을 재활용한 경제적인 차수재의 개발이 요구되고 있다³⁾. 이에 본 연구에서는 뽐칠형 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.

1.1 연구 대상 재료의 이해

뽐칠형 고무 아스팔트계 차수재는 주로 아스팔트 유제와 합성고무, 안정제, 노화방지제, 충전제를

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

첨가하며, 분해제로 수용성 분해제를 사용한다. 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

1.2 뽀칠(Spray) 과정

뽀칠 기계로 주재와 분해제를 동시에 흡입하는 3개의 노즐을 통하여 각각 별도로 분출된 순간에 혼합되어, 직접 바탕면에 부착해서 막을 형성한다(그림 1 참조).

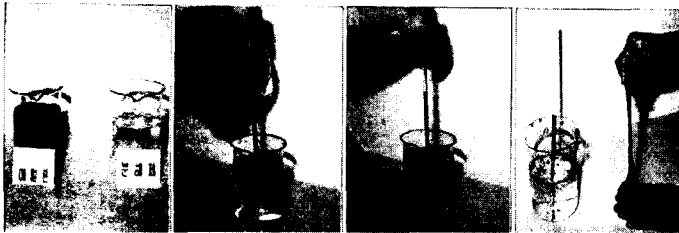


사진 1 뽀칠형 고무화 아스팔트의 차수층 형성과정

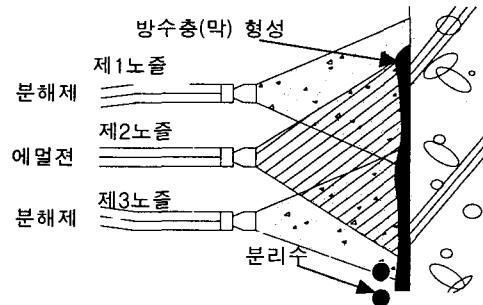


그림 1 뽀칠을 통한 막의 형성(3노즐 방식)

2. 연구의 종류 및 방법

2.1 시험대상 재료의 구분 및 바탕용 시험체 제작조건

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.

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

표 1 바탕용 시험체 제작 및 시험조건

시험체	제작조건		실험실 조건	양생 조건
바탕용 시험체 (콘크리트)	시멘트	보통 포틀랜드 시멘트	표준상태 (온도 20±15℃, 습도 65±20%)	온도 20±3℃, 습도 90±5% 14일간 양생
	잔골재	강모래		
	W/C : 45%, 시멘트:잔골재=(1: 3)			

2.2 시험 평가 내용

뽀칠형 수용성 고무 아스팔트의 차수 성능 및 내구성확보를 위한 관련 시험항목 및 내용은 표 2와 같다.

표 2 성능평가 항목

성능평가 항목	내용
수밀성능 (흡수, 투수)	차수층은 흡수 및 투수를 많이 할수록 물속에 포함된 각종 화학약품 또는 여러 요인에 의하여 차수층의 내구성이 약해지고, 차수효과가 떨어진다. 따라서 흡수 및 투수시험을 통하여 차수재의 흡수·투수성을 평가하였다.
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.
온도의존성 인장성능	구조물은 계절의 변화에 따라 다양한 온도 환경에 처하게 된다. 따라서 본 시험에서는 고무 아스팔트 차수재의 시공 후 이러한 환경변화에 따른 인장성능의 변화를 평가하였다.
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 성분내 대한 내화학성능을 평가하였다.
염소이온처리 (내해수성)	차수재가 시공되어지는 구조물의 해수(염소이온)에 의한 영향성은 매우 크게 작용한다. 따라서 이러한 구조물 바탕위에 시공될 차수재의 내해수성을 평가하기 위해 본 차수재의 염소이온처리 후 인장성능을 측정하였다.
내충격성능	차수재가 노출되어 시공된 경우 그 사용환경에 따라 다양한 외력(충격)을 받게 된다. 이러한 외력에 차수층이 손상될 경우 차수재로서의 성능을 나타낼 수 없다. 따라서 이러한 충격에 의한 내구성능을 평가하기 위하여 본 실험을 실시하였다.

2.3 성능평가용 시험체 제작

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

표 3 시험편의 모양 및 개수

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

3. 실험결과 및 고찰

3.1 수밀성능(흡수·투수)

무보강 고무 아스팔트 차수재를 시공한 시험체의 흡수와 투수 시험 결과는 표 4, 표 5와 같다. 무보강 고무 아스팔트 차수재의 흡수량은 약 0.95g 정도로 낮게 나타났다. 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	중 량(g)		흡수량	비 고
		시험 전	시험 후		
무보강 고무	①	590.30	591.06	1.03	표면이 다소 거친관계로 흡수됨
	②	571.77	572.39	0.86	
아스팔트	평균	581.03	581.72	0.95	

표 5 투수성능 시험 결과

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

3.2 인장·인열성능

보강형 고무 아스팔트 차수재 시험체의 인장·인열성능 시험결과는 표 6, 표 7과 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. 또한 보강형 고무아스팔트 시험체의 길이방향 신장율은 131%이며, 너비방향 신장율은 245%로, 길이방향의 너비방향의 신장율이 길이방향의 신장율에 비하여 약 187%정도 높은 신장 특성을 나타냈다.

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

표 6 인장강도 시험 결과

시험종류	순 번	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)
인열시험편	①	33.7
	②	36.5
	③	35.1
	평균	35.1

3.3 온도의존성 인장성능

보강형 고무 아스팔트 시험체를 온도의존성 시험 후 인장성능을 평가한 결과는 표 8, 그림 3과 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 인장강도는 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.

표 8 온도의존성 인장강도 시험 결과

온도	번호	인장성능		
		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
상온 20℃	길이 방향	①	21.1	128
		②	21.6	135
		③	20.6	131
		평균	21.1	131
고온 60℃	길이 방향	①	19.4	143
		②	19.7	135
		③	20.2	133
		평균	19.8	137

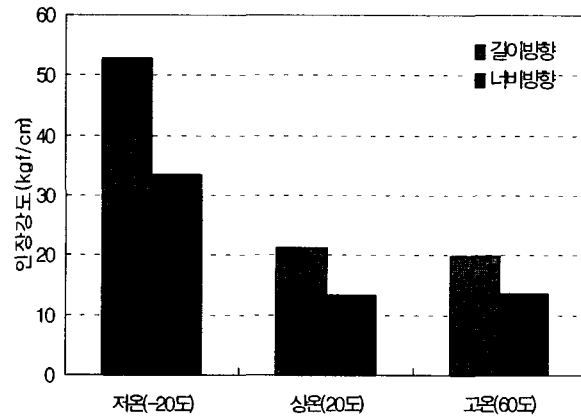


그림 3 온도의존성 인장강도 시험 결과

3.4 내화학성능

보강형 고무 아스팔트 차수재의 내화학성 시험(알칼리처리, 산처리) 결과는 표 9, 그림 4와 같다. 산처리 후 시험체의 인장강도는 무처리 시험체 인장강도 21.1kgf/cm²의 약 92%~94%로 나타났으며, 알칼리처리 후 시험체의 인장강도는 무처리 시험체 인장강도의 약 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. 또한 알칼리처리 후 시험체의 인장강도가 무처리 시험체의 인장강도에 비하여 약 4%정도 높게 나타났으며, 신장율은 약 6%정도 낮게 측정되었다.

표 9 내화학성 시험 결과

구분	번호	인장성능		
		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

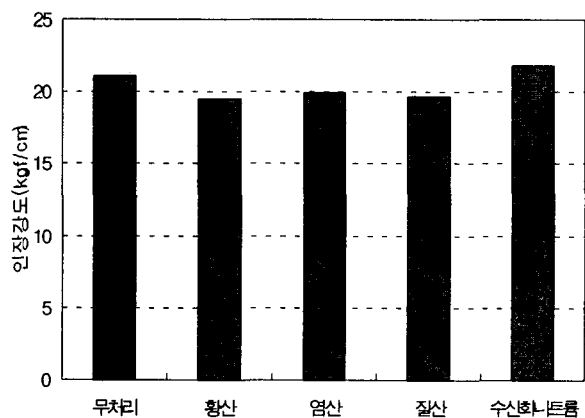


그림 4 내화학성 시험 결과

3.5 염소이온처리(내해수성)

보강용 아스팔트 차수재의 염소이온 처리(내해수성) 시험 결과는 표 10, 그림 5와 같다. 고무아스팔트 차수재의 염소이온 처리(내해수성) 시험결과 무처리 시험체의 인장강도는 약 21.1kgf/cm²이며, 염소이온처리 시험체의 인장강도는 약 20.9kgf/cm²로, 염소이온처리 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.

표 10 염소이온처리(내해수성) 시험 결과

품명	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

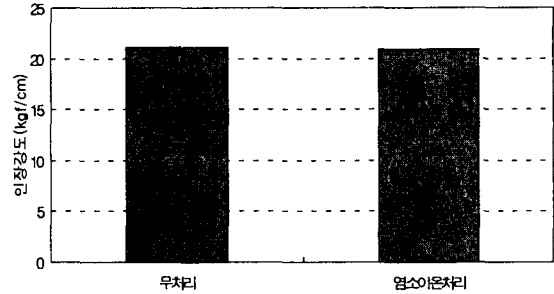


그림 5 염소이온처리(내해수성) 시험 결과

3.6 내충격성능

보강포 고무 아스팔트 차수재를 대상으로 내충격성능을 평가한 결과는 표 11과 같다. 높이 0.5m, 1m에서는 이상이 없었으나 높이 1.5m의 낙하 충격에서 차수층이 함몰하였다. 이는 구두의 난폭한 보행에도 구멍이 뚫리지 않는 정도의 내충격성능을 가지고 있다는 것을 의미한다.

표 11 내충격성능 시험 결과

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

3.7 기존 방수재와의 비교·분석

본 보강형 뿔칠형 수용성 고무 아스팔트의 성능을 KS F 4911에 규정한 합성 고분자계 방수 시트중 보강 복합형의 성능 규정과 비교·분석한 결과는 표 12과 같이 대부분 성능에서 보강 복합형 시트 방수재보다 우수함을 알 수 있었다.

표 12 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)	인장강도비(%)	80이상	약 87
	신장율(%)	80이상	약 90
열화처리 후 인장성능	인장강도비(%)	80이상	약 85
	신장율(%)	80이상	약 85

4. 결 론

뽕칠형 수용성 고무화 아스팔트 차수재의 성능평가 및 폐기물 매립지 적용성 검토에 대한 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 무보강 뽕칠형 수용성 고무아스팔트 차수재의 흡수성 및 투수성 시험결과 각각 약 '0.06'과 '0'을 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, 매립장 및 구조물 적용에 있어서 충분한 방수(차수) 성능을 가지고 있음을 의미한다.
- (2) 보강형 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트 시험체의 인장강도 및 신장률 측정결과를 통해 본 재료는 구조물의 진동 및 거동 등에 대한 충분한 대응력(내진력, 내피로성능 등)을 가질 것으로 판단된다.
- (3) 온도의존성 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트 시험체 온도 특성 시험 결과를 통해 본 재료가 우리나라의 온도조건에서 방수재(차수재)로서 충분한 방수성능 및 내구성을 확보할 수 있는 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다.
- (4) 보강형 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트의 내화학 성능 평가를 통해 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 보여주었다.
- (5) 보강형 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트 차수재의 염소이온처리(내해수성) 시험결과를 통해 본 재료가 해수조건에 영향을 받으면 약 5% 전후의 내구성능에 영향을 받을 수 있으며, 일반적인 사용 재료들과 유사한 방수성능을 확보할 수 있는 것을 보여주었다.
- (6) 보강형 뽕칠형 수용성 고무 아스팔트의 내충격성능 시험 결과를 통해서 충격 흡수 및 복원능력이 뛰어나다는 것을 알 수 있었다.
- (7) 본 연구를 통해 제시한 공법이 향후 우리나라의 폐기물 매립지의 안전성 확보와 환경친화적 시설물로 건설될 수 있는 적합한 소재와 공법으로 활용되며, 이에 관련한 기술 개발 및 연구가 지속적으로 이루어지기를 기대한다.

참고문헌

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