

수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 防水材料의 施工性 評價에 관한 研究 - 材料 條件을 中心으로 -

A Study on the Workability Estimation of Water-Soluble Rubberized Asphalt Waterproofing of Spray Type - Focus on the Material Condition -

오 상 근* 배 기 선** 이 원 현*** 광 규 성**** 최 은 수 *****
Oh, Sang-Keun Bae, Kee Sun Lee, Won Hun Kwak, Kyu Sung Choi, Eun Su

Abstract

This study deals with the estimation of material properties according to the construction condition for water-soluble rubberized asphalt waterproofing material of spray type. In this study, the waterproofing material property by the spray construction method is suggested by means of estimation its tensile performance and temperature dependency according to mix proportion ratio(4:1, 8:1), referenced viscosity and solid content (A:360cps, 76%, B:580cps, 79%, C:490cps, 70%), spray angle(30°, 45°, 60°), and spray distance(30cm, 50cm, 70cm).

The result of testing are as follows.

- (1) The mix proportion ratio of principal agent and hardener is 4:1.
- (2) The viscosity referenced and solid content are 490cps and 70%.
- (3) The spray angle referenced is 45°.
- (4) The distance referenced from concrete surface to spray gun is 40~50cm.

키 워 드 : 수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 방수재, 인장성능, 노즐 각도, 분사 거리, 점도, 고형분.

Keywords : Water-soluble Rubberized Asphalt Waterproof of Spray Type, Tensile Performance, Nozzle Angle, Spray distance, Viscosity, Solid Content

1. 서 론

건축물 또는 콘크리트 시설물의 지상 및 지하 구조체에 대한 안전과 장기적 내구성 확보 차원에서 보다 수밀한 방수층 형성을 위한 재료 및 공법의 연구가 활발히 진행되고 있다.^{1),2)}

현재 가장 범용적으로 사용되고 있는 공법으로, 현장에서 직접 용융 가마에 아스팔트 재료를 끓여 사용하는 열공법과 용제 또는 물을 용매로 사용하는 고무 아스팔트를 솔이나, 로울러로 도포하는 냉공법이 있다. 열공법은 용융가마에 현장에서 직접 아스팔트를 끓여 사용하므로 작업자의 화상에 대한 문제와 유독 물질의 발생에 따른 대기오염으로 인한 주변지역의 민원이 빈번히 발생되고 있는 실정이고,³⁾ 냉공법의 경우 대규모 지하 콘크리트 구조체의 방수공사에 있어서 솔이

나 로울러 등을 사용하여 방수층을 형성하기 때문에 방수층의 일정한 도막 두께 확보가 곤란하다는 문제점이 제기되고 있다. 또한, 기존의 고무 아스팔트 도막 방수재는 작업성을 위하여 신너 등의 용제를 사용하기 때문에 지하의 밀폐된 공간에서의 시공이 어렵고, 경화시간에 따른 공기 지연 문제가 발생한다.⁴⁾

이러한 문제점들에 대한 개선책으로 수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 도막 방수 공법이 개발되었다. 그러나 현재 우리나라에서는 뿔칠형의 특성에 맞는 기초적인 자료가 미비한 실정으로 인하여 현장 시공시, 많은 어려움과 혼선을 초래하고 있다.

따라서 본 연구에서는 도막 방수층의 균질한 품질 확보 및 시공성, 안정성 확보를 위하여 주제와 분해제의 혼합비율, 주제의 점도 및 고형분에 따른 구성비, 뿔칠 노즐 각도, 뿔칠 거리의 변화를 통하여 수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 방수재에 대한 시공성을 평가함에 그 목적이 있다.

* 정희원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수

** 정희원, 건설기술연구소/선임연구원/건축공학

*** 정희원, (주)동방포루마/ 품질개발부실장

**** 정희원, 건설기술연구소/연구원/건축공학

***** 정희원, 산업대학원/연구원/석사

2. 수용성 뽀칠형 고무 아스팔트 방수재에 관한 이론적 고찰

2.1 방수층 형성의 기본 원리

1) 기본 개념도

수용성 뽀칠형 고무 아스팔트 방수재의 기본 원리는 그림 1과 같이 주재(아스팔트유제 + 합성고무)와 분해제(염화칼슘 + 물 + 기타 첨가제)로 구성된다.

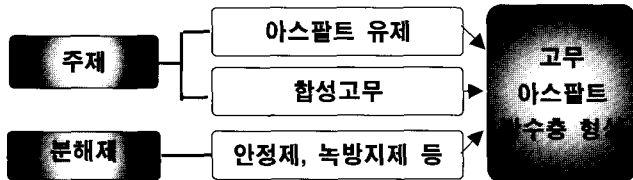


그림 1. 수용성 뽀칠형 고무 아스팔트의 기본 원리

2) 주재와 분해제의 반응

주재와 분해제의 직접적인 반응을 통한 수용성 고무 아스팔트 방수재의 방수층 형성 과정은 사진 1과 같다.

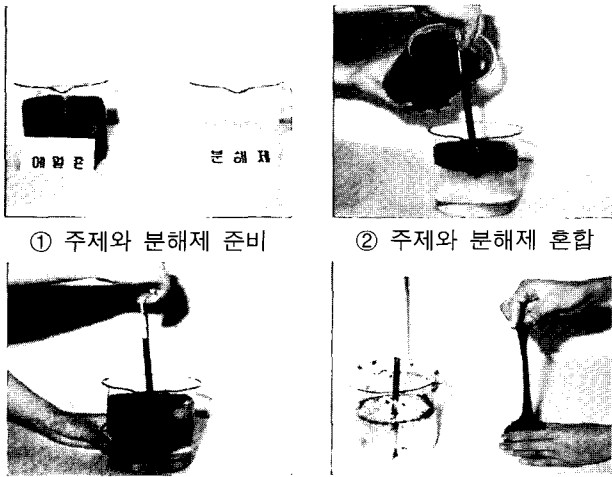


사진 1. 주재와 분해제의 반응 실험

- ① 아스팔트 주재와 분해제를 별도로 준비한다.
- ② 주재와 분해제를 혼합한다.
- ③ 유리막대를 사용하여 주재와 분해제를 교반한다.
- ④ 고무 아스팔트 방수층을 형성한다 (현장 시공시 뽀칠형 기계 사용).

주재(아스팔트 유제 + 합성고무)와 분해제(안정제 + 녹방지제)의 원리를 이용하여 일정한 압력(뽀칠 기계)을 가했을 때 수용성 뽀칠형 고무 아스팔트 방수재가 형성된다.

2.2 방수층 형성 메카니즘

수용성 뽀칠형 고무 아스팔트 방수재가 뽀칠 기계에 의해 스프레이 된 직후 그림 3과 같은 입자변화 과정을 거쳐 10~20초 전후하여 지축 건조되며, 일정시간 경과 후 안정된 고무 아스팔트 방수층을 형성한다.

2.3 뽀칠 시공 특성

그림 2와 같이 주재와 분해제를 동시에 흡입하여 2~3개의 노즐을 통하여 각각 별도로 분출되는 순간에 혼합하여 직접 바탕 면에 부착해서 방수층을 형성한다.

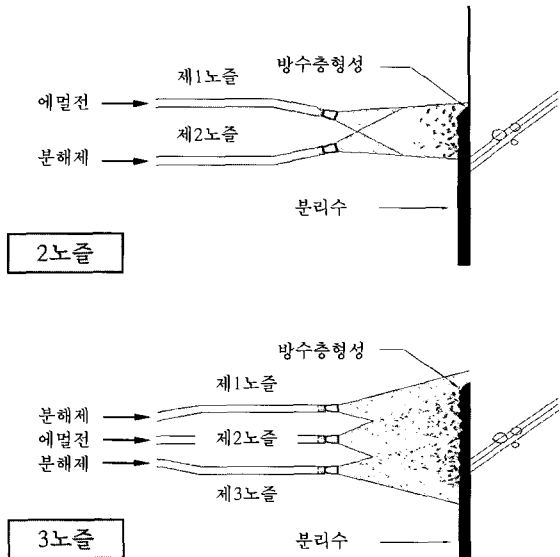


그림 2. 노즐을 통한 뽀칠 상태

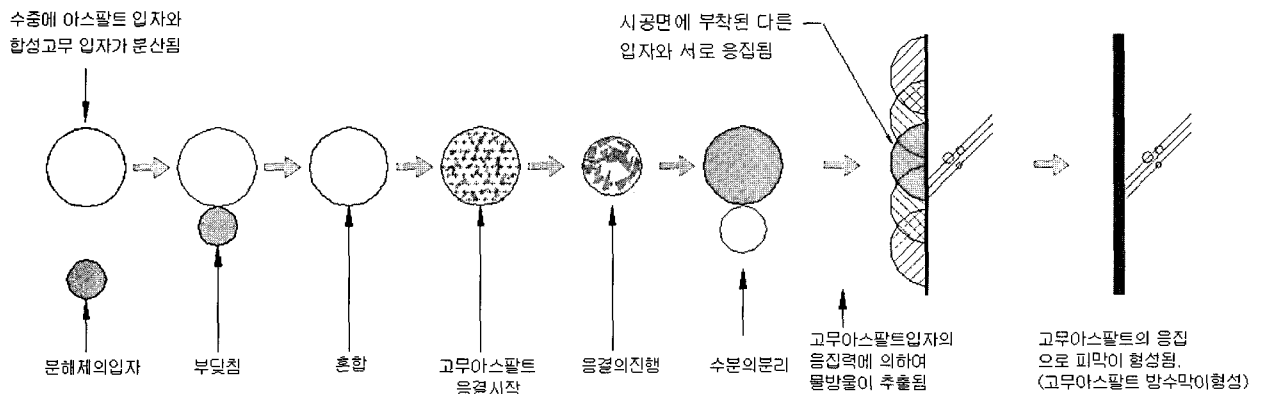


그림 3. 수용성 뽀칠형 고무 아스팔트 방수재의 입자변화 과정

3. 실험 내용 및 범위

수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 방수재의 재료적 요인과 시공 조건에 따라 인장성능 및 신장률에 대한 성능을 평가하기 위한 실험 내용 및 범위는 표 2과 같다.

표 2. 실험 내용 및 범위

실험 내용		실험 범위
재료	주제와 분해제 혼합비율	주제:분해제(4:1, 8:1)의 배합비에 따라 시공
	주제 점도 및 고형분 배합비	시험체 A : 점도 360cps, 고형분 76% 시험체 B : 점도 580cps, 고형분 79% 시험체 C : 점도 490cps, 고형분 70%
뿔칠	뿔칠 노즐 각도	주제와 분해제의 뿔칠 노즐 각도를 30°, 45°, 60° 로 설정
	뿔칠 거리	바탕콘크리트와 뿔칠 건의 거리를 30cm, 50cm, 70cm로 설정

3.1 성능 평가 내용

본 실험의 플로우는 그림 4와 같고, 그에 따른 세부내용은 아래와 같다.

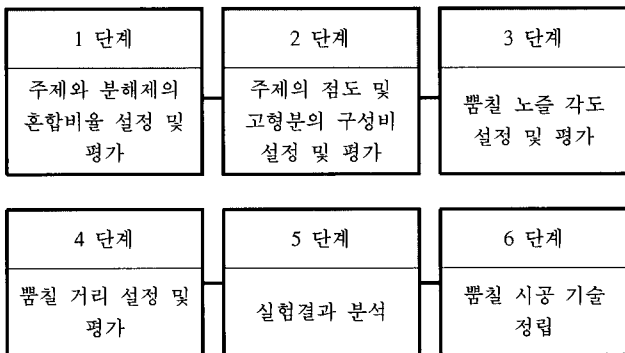


그림 4. 실험의 플로우(FLOW)

1) 재료 성능 평가 (1, 2 단계)

주제(아스팔트 주제+고무 라텍스), 분해제(염화칼슘 수용액 및 기타 첨가제)의 혼합비에 따른 물성의 변화를 관찰하고, 고무 아스팔트 방수재의 점도와 고형분에 따른 배합 관계에 대한 성능을 평가한다.

2) 뿔칠 방법에 따른 재료 성능 평가 (3, 4 단계)

고유의 특성(뿔칠형)에 따른 재료적 성능평가에 있어서 뿔칠기계에 의한 주제와 분해제의 노즐각도(30°, 45°, 60°)를 설정하여 성능 변화를 관찰한다. 또한 뿔칠 건과 바탕콘크리트의 일정한 거리(30cm, 50cm, 70cm)에 따른 성능을 평가한다.

3) 시공성 향상을 위한 기초 자료의 제안 (5, 6 단계)

위의 사항들을 고려하여 수용성 뿔칠형 고무 아스팔트 방

수재의 품질에 대한 관리 및 시공성에 있어서 기준을 제시하고, 방수재로서 최적의 성능 발휘 및 현장 시공성 향상을 위한 기초 자료를 제안한다.

3.2 사용 재료의 물리적 성질

표 3은 본 실험 사용 재료의 물리적 성질을 나타낸 것이다.

표 3. 물리적 성질

재료	성분	성분비
주제	고무아스팔트	60% 이상
	입자의 전하	음이온
	pH	약 11
	비중	1.0
분해제	점도	300 ~ 500cps
	물	80%
	염화칼슘	19.9%
	녹방지제, 기타 첨가제	0.1%

3.3 평가 항목 및 방법

1) 평가 항목

본 실험은 표 4와 같이 KS F 3211의 「지붕용 도막 방수재」의 규격을 참고로 하여 표준온도 조건과 저온(-20℃), 고온(60℃)에서의 온도 의존성을 평가하였다.^{5),6)}

표 4. 평가 항목

시험 및 평가 항목	시험체의 모양	온도 조건	관련규격
표준조건	KS M 6518의 4.에 규정하는 아령형 2호형	표준상태※에서 1시간 이상 방치	KS F 3211
온도의존성	KS M 6518의 4.에 규정하는 아령형 2호형	-20℃ 및 60℃에서 1시간 이상 방치	KS F 3211

※ 표준상태 : 온도 20±2℃, 습도 65±20% 조건

2) 평가방법

성능 분석은 시험체 5개의 값중 최고값과 최저값을 제외한 나머지 시험체 3개 값의 평균치를 적용하였다. 시험체의 재령은 3일, 7일, 14일로 성능 평가하였다.

3.4 시험체 제작

1) 뿔칠 제작 방법

시험체의 제작은 방수공사 현장의 다양한 외부환경(분진, 바람 등)의 문제점 및 시공성을 알아보기 위해 현장에서 직접 스프레이 장비를 이용한 뿔칠을 통하여 시험체를 제작하였다(사진 2 참조). 제작 순서는 다음과 같다.

- ① 장비(뿌칠 기계) 점검
칠기계와 노즐의 상태를 점검한다.
- ② 주제와 분해제의 준비
일정한 배합비에 따라 주제 (에멀전)와 분해제(경화제)를 별도로 준비한다.
- ③ 뿌칠(Spray)
각각의 시험체에 연속 3회에 걸쳐 뿌칠(Spray)한다.
- ④ 장비(노즐)의 세척
뿌칠 장비를 점검하고, 노즐을 세척한다.



① 장비 (뿌칠 기계) 점검 ② 주제와 분해제의 준비
③ 뿌칠(spray) ④ 장비(노즐)세척

사진 2. 시험체의 제작 과정

2) 시험체의 종류

시험체의 종류는 수용성 뿌칠형 고무 아스팔트 방수재의 시공 조건에 따른 물성 평가에 있어서 아래와 같이 설정하였다.

- ① 주제와 분해제의 혼합비율(4:1, 8:1)에 따른 시험체
- ② 주제에 있어서 점도와 고형분의 배합관계에 따른 시험체
- ③ 스프레이 건의 노즐(주제, 분해제) 각도(30°, 45°, 60°)에 따른 시험체
- ④ 바탕 콘크리트와 스프레이 건의 거리(30cm, 50cm, 70cm)에 따른 시험체

3) 시험체 두께

시험체의 두께는 2.0±0.3mm가 되도록 하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 주제와 분해제의 혼합비율에 따른 인장성능 평가 (실험 1단계)

1) 실험 조건

노즐에서 뿌칠 되는 주제와 분해제의 혼합비율을 각각 4:1 과 8:1로 설정하여 제작한 시험체의 표준온도 및 저온, 고온의 실험 결과는 표 5, 그림 5과 같다.

2) 결과 및 고찰

표 5. 주제와 경화제의 혼합비율에 따른 온도조건별 인장 성능

시험 온도	성능 항목	시험 시편	3일		7일		14일		
			4:1	8:1	4:1	8:1	4:1	8:1	
표준 온도	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	2.31	2.40	3.86	3.20	3.85	3.37	
		②	3.19	2.68	3.22	3.51	4.00	3.69	
		③	2.07	2.33	3.45	3.40	3.82	3.41	
		평균	2.52	2.47	3.51	3.37	3.89	3.49	
	신장률 (%)	①	2500 이상	1104	2500 이상	643	1087	941	
		②	2500 이상	664	2500 이상	459	1389	655	
		③	2500 이상	507	2500 이상	668	1617	675	
		평균	2500 이상	758	2500 이상	590	1364	757	
	저온 (-20℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	23.27	15.92	17.67	12.59	17.52	13.65
			②	18.02	15.52	19.83	10.10	20.64	15.28
③			16.11	14.71	19.19	10.71	18.04	17.98	
평균			19.13	15.38	18.90	11.13	18.73	15.64	
신장률 (%)		①	43	85	57	56	42	25	
		②	94	202	52	59	42	20	
		③	90	107	67	45	37	33	
		평균	76	131	59	53	40	26	
고온 (60℃)		인장 성능 (kgf/cm ²)	①	0.47	일정두께 미 확보	0.76	0.10	0.32	0.25
			②	0.96		0.75	0.02	0.25	0.23
	③		0.29	0.73		0.87	0.23	0.22	
	평균		0.57	0.75		0.33	0.27	0.23	
	신장률 (%)	①	366	일정두께 미 확보	771	262	292	181	
		②	269		610	560	506	209	
		③	313		551	253	426	162	
		평균	316		644	358	408	184	

표준온도의 인장강도에서 14일의 경우 4:1=3.89kgf/cm², 8:1=3.82kgf/cm²로 측정되었고, 저온(-20℃)에서 4:1=18.73kgf/cm², 8:1=15.64kgf/cm², 고온 (60℃)은 4:1=0.27kgf/cm², 8:1=0.23kgf/cm²으로 측정되었다. 따라서 본 실험의 결과는 주제와 분해제의 혼합비율이 8:1 혼합비보다는 4:1 혼합비의 경우가 인장성능 면에서 우수한 것으로 평가되었다.

이는 경화과정에서 분해제가 방수층형성에 따른 상관관계의 문제로, 주제의 양이 분해제의 양보다 많을 경우, 에멀전 상태의 주제를 제대로 분해하지 못하여 추출되어야 할 물이 방수층 중간에 가치는 현상이 발생하여 성능 저하의 원인으로 작용된다. 따라서 주제와 경화제의 혼합비율은 8:1 보다는 4:1의 혼합비가 적절하다고 판단된다.

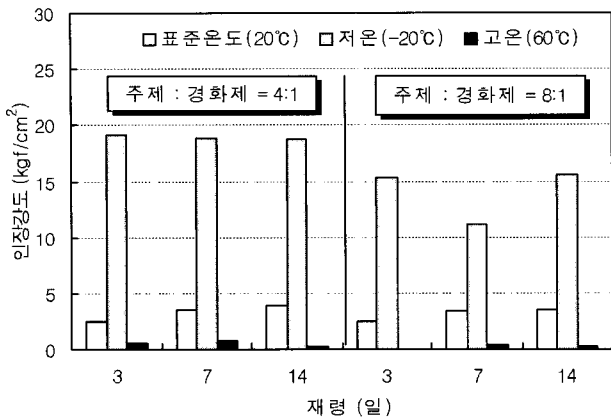


그림 5. 주제와 분해제의 혼합비율에 따른 인장 성능의 변화

신장률은 그림 6과 같이 표준온도 재령 14일의 경우 4:1=1364%, 8:1=757%로 측정되었고, 저온(-20°C)에서는 4:1=40%, 8:1=26%로 측정되었고, 고온(60°C)에서도 4:1=408%, 8:1=184%로 측정되었다. 본 실험의 결과 주제와 분해제의 혼합에 따른 신장성능은 4:1 혼합비가 8:1 혼합비보다 더 우수한 신장률을 보여주고 있다.

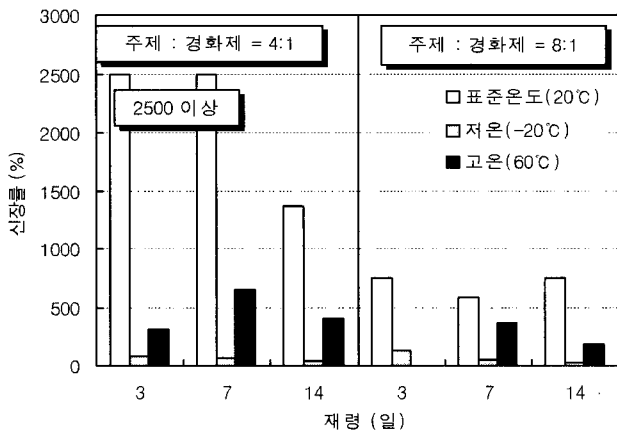


그림 6. 주제와 분해제의 혼합비율에 따른 신장률의 변화

4.2 점도 및 고형분의 구성비에 따른 인장 성능 평가 (실험 2단계)

1) 실험 조건

- ① 4.1의 실험 결과, 주제와 분해제의 혼합 비율은 4:1로 설정하였다.
- ② 주제의 점도와 고형분에 따른 실험은 아래와 같은 배합으로 설정한다.7)
 - 시험체 A → 점도 : 360cps, 고형분 76%
 - 시험체 B → 점도 : 580cps, 고형분 79%
 - 시험체 C → 점도 : 490cps, 고형분 70%

2) 결과 및 고찰

시험체 A의 경우 아래 사진 3과 같은 현상이 나타났다. 이

는 점도 및 고형분의 구성비가 낮기 때문에 뽕칠 시공시 방수재의 흘러내림 현상이 나타났다.

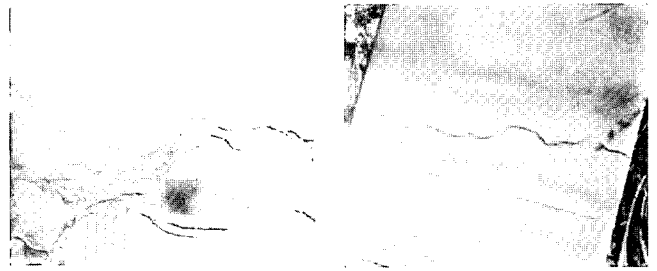


사진 3. 시험체 A의 형상

시험체 B의 경우는 A경우와 반대 현상으로 점도 및 고형분의 구성비가 높기 때문에 굵은 입자로 인하여 사진 4와 같은 들뜸 현상이나, 주제의 뭉침 현상이 두드러지게 나타났다.

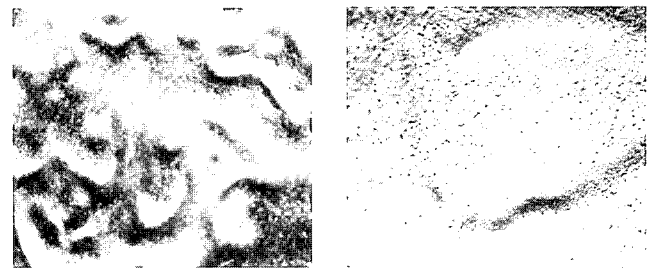


사진 4. 시험체 B의 형상

시험체 C의 경우는 사진 5과 같이 A나 B에서 나타난 들뜸 현상이나, 주제의 뭉침, 흘러내림 현상이 없고, 안정된 방수층을 형성하였다.



사진 5. 시험체 C의 형상

또한 표준온도 및 저온, 고온의 온도에 따른 실험 결과 인장강도의 경우 표 6, 그림 7과 같이 재령 3일 시험체 A=3.33kgf/cm², B=3.59kgf/cm², C=3.25kgf/cm²으로 측정되었고, 7일 재령에서는 시험체 A=3.33kgf/cm², B=4.61kgf/cm², C=3.88kgf/cm²으로 측정되었고, 14일 재령에서도 A=3.31kgf/cm², B=3.84kgf/cm², C=4.01kgf/cm²로 측정되었다. 성능 면에서는 점도 580cps, 고형분 79% 구성비의 시험체가 우수하게 측정되었지만, 사진 4(시험체 B)와 같이 주제의 뭉침 등의 현상이 발생하여 방수층 형성이 어렵기 때문에, 점도 490cps, 고형분 70%의 구성비(시험체 C)가 적절하다고 평가되었다. 또한 저온과 고온 실험에서도 표준온도와 같은 결과를 보여주고 있다.

표 6. 주제의 점도 및 고형분의 구성비에 따른 온도조건별
인장 성능

시험 온도	성능 항목	시험 시편	3일			7일			14일		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C
표준 온도	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	3.46	3.62	3.24	3.22	4.68	4.02	3.16	3.77	4.10
		②	3.23	3.63	3.55	3.57	4.72	3.95	3.33	3.87	4.05
		③	3.29	3.51	2.97	3.19	4.42	3.68	3.43	3.89	3.87
		평균	3.33	3.59	3.25	3.33	4.61	3.88	3.31	3.84	4.01
		신장률 (%)	①	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상
②	2500 이상		2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
③	2500 이상		2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
평균	2500 이상		2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
저온 (-20℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)		①	21.86	27.89	23.70	24.82	28.02	24.92	26.92	30.18
		②	22.02	27.99	23.36	24.36	26.90	26.50	27.30	31.98	26.41
		③	20.39	27.62	24.45	25.83	28.52	24.84	24.82	30.74	29.01
		평균	21.42	27.83	23.84	25.00	27.81	25.42	26.35	30.97	27.86
		신장률 (%)	①	100	96	63	154	76	90	99	52
②	86		75	62	123	57	108	63	46	61	
③	70		55	71	109	74	110	95	40	53	
평균	85		75	65	128	69	102	85	46	74	
고온 (60℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)		①	1.43	2.60	1.13	1.04	1.08	1.09	1.05	2.00
		②	0.31	2.06	0.76	0.88	1.72	1.97	0.63	1.93	1.29
		③	0.53	2.29	1.09	1.32	2.45	1.46	0.65	1.73	1.24
		평균	0.76	2.32	0.99	1.08	1.75	1.51	0.78	1.89	1.26
		신장률 (%)	①	462	481	376	501	318	365	483	437
②	478		498	300	636	513	400	345	599	709	
③	457		486	387	486	372	399	477	620	526	
평균	465		488	354	541	401	388	435	552	55	

신장률에 있어서는 그림 8과 같이 표준온도에서 2500% 이상으로 측정되었고, 저온(-20℃)와 고온(60℃)에서는 시험체 A, B, C의 경우 거의 같은 신장률을 보여주고 있다. 이는 주제의 고무성분으로 인하여 신장률에는 많은 영향을 미치지 못하고 있다고 사료된다.

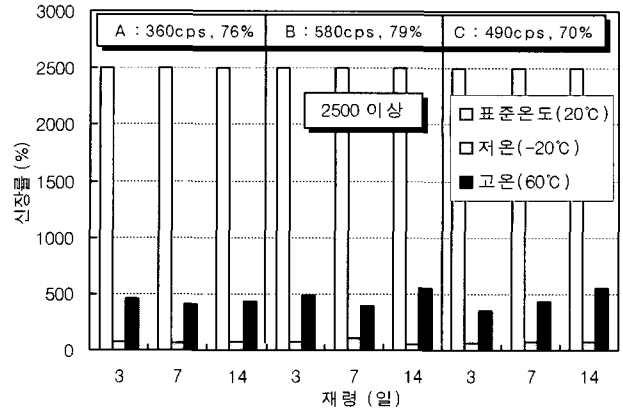


그림 8. 주제의 점도 및 고형분의 구성비에 따른 신장률 변화

4.3 뿔칠 노즐 각도에 따른 인장 성능 평가 (실험 3단계)

1) 실험 조건

- 4.1의 실험 결과, 주제와 분해제 혼합 비율을 4:1로 설정하였다.
- 4.2의 실험 결과, 주제의 점도 및 고형분을 점도 490 cps, 고형분 70%로 설정하였다.
- 주제와 분해제의 뿔칠 노즐 각도를 30°, 45°, 60°로 설정한다.

2) 결과 및 고찰

뿔칠 노즐 각도를 30°, 45°, 60°로 설정하여 실험한 결과 아래 표 7, 그림 8과 같이 인장강도는 3일 재령에서 30° = 3.04kgf/cm², 45° = 3.79kgf/cm², 60° = 3.23kgf/cm²으로 측정되었고, 7일 재령에서 30° = 3.54kgf/cm², 45° = 3.94kgf/cm², 60° = 3.92kgf/cm²로 측정되었고, 14일 재령에서도 30° = 3.17kgf/cm², 45° = 3.98kgf/cm², 60° = 3.25kgf/cm²로 측정되었다. 본 실험 결과 뿔칠 노즐 각도 45°일 때 우수한 성능을 발휘하는 것으로 나타났다. 또한 저온(-20℃), 고온(60℃)실험에서도 같은 결과로 나타났다.

이는 시공 실험 과정에서 노즐 각도를 30°로 설정했을 경우 주제와 분해제의 뿔칠 범위가 좁아지기 때문에 빗겨서 뿔칠되어, 각각 바탕면에 떨어지는 양이 많이 발생하므로, 강도 저하의 원인으로 판단되었고, 노즐 각도 60°에 있어서는 반대현상으로 주제와 분해제의 뿔칠 범위가 넓어지므로 바람이나 기타 외부 환경에 의하여 소실되는 양이 많이 발생하였다.

따라서 이와 같은 문제를 해소하기 위한 주제와 분해제의 뿔칠 노즐 각도는 45°의 경우가 적절하다고 판단된다.

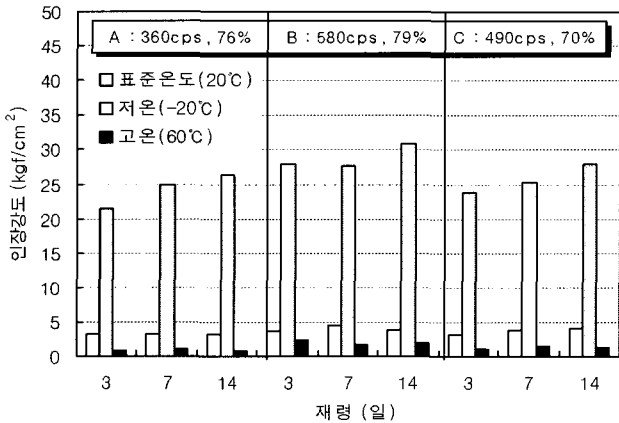


그림 7. 주제의 점도 및 고형분의 구성비에 따른 인장 성능의 변화

표 7. 뿔칠 노즐 각도에 따른 온도조건별 인장 성능

시험 온도	성능 항목	시험 시편	3일			7일			14일			
			30°	45°	60°	30°	45°	60°	30°	45°	60°	
표준 온도	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	2.85	3.86	3.11	3.54	4.04	3.43	3.08	4.05	3.22	
		②	3.20	3.69	3.29	3.41	3.83	3.18	3.13	4.02	2.99	
		③	3.07	3.82	3.30	3.68	3.96	3.54	3.32	3.87	3.55	
		평균	3.04	3.79	3.23	3.54	3.94	3.92	3.17	3.98	3.25	
	신장률 (%)	①	2500 이상	2500 이상	2410	2218	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
		②	2500 이상	2500 이상	2416	2475	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
		③	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2389	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
		평균	2500 이상	2500 이상	2442	2304	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	2500 이상	
	저온 (-20℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	17.37	16.99	13.14	18.80	22.30	13.76	20.78	23.33	13.87
			②	15.92	19.09	14.01	18.13	23.36	16.45	16.86	23.92	15.48
③			16.27	18.19	14.47	20.47	19.93	15.50	20.40	26.12	18.67	
평균			16.52	18.09	13.87	19.13	21.86	15.23	19.34	24.45	16.00	
신장률 (%)		①	57	57	42	51	100	83	49	41	30	
		②	46	50	49	44	84	52	45	36	36	
		③	40	41	40	51	88	49	47	38	50	
		평균	47	49	43	48	90	61	47	38	38	
고온 (60℃)		인장 성능 (kgf/cm ²)	①	1.86	2.48	2.13	2.11	2.77	1.43	2.82	2.45	2.15
			②	2.03	2.14	1.98	1.84	3.19	2.50	2.72	2.40	2.08
	③		1.64	2.32	1.63	1.91	1.65	3.06	2.39	2.59	2.49	
	평균		1.84	2.31	1.91	1.95	2.53	2.33	2.64	2.48	2.24	
	신장률 (%)	①	462	481	376	501	336	365	483	437	430	
		②	478	498	300	636	513	400	345	599	709	
		③	457	486	387	486	372	399	477	620	526	
		평균	465	488	354	541	407	388	435	552	555	

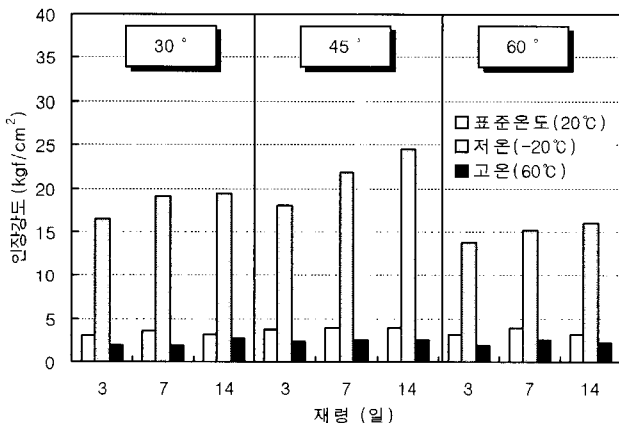


그림 9. 뿔칠 노즐 각도에 따른 인장 성능 변화

신장률은 그림 10과 같이 표준온도의 경우 대체적으로 2500% 이상으로 측정되었고, 저온(-20℃)은 뿔칠 노즐 각도 30°의 경우, 평균 47%, 45° = 59%, 60° = 47%로 측정되었다. 고온(60℃)에서도 표준온도나, 저온(-20℃)와 같이 고른 분포를 보여주고 있다.

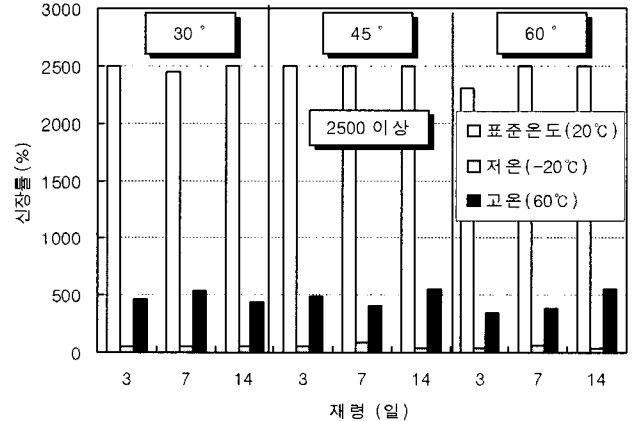


그림 10. 뿔칠 노즐 각도에 따른 신장을 변화

4.4 뿔칠 거리에 따른 인장 성능 평가 (실험 4단계)

1) 실험 조건

- 4.1의 실험 결과, 주제와 분해제 혼합 비율을 4:1로 설정하였다.
- 4.2의 실험 결과, 주제의 점도 및 고흡분을 점도 490 cps, 고흡분 70%로 설정하였다.
- 4.3의 실험 결과, 주제와 분해제의 뿔칠 노즐 각도를 45°로 설정하였다.
- 바탕 콘크리트와 뿔칠 건의 거리를 30cm, 50cm, 70cm로 설정한다.

2) 결과 및 고찰

뿔칠 거리를 30cm, 50cm, 70cm로 설정하여 실험한 결과 표 8, 그림 11과 같이 인장강도는 재령 3일에서 30cm=2.54kgf/cm², 50cm=2.72kgf/cm², 70cm=2.60kgf/cm²로 측정되었고, 재령 7일에서 30cm=2.95kgf/cm², 50cm=3.54kgf/cm², 70cm=3.39kgf/cm²로 측정되었고, 재령 14일에서 30cm=3.37kgf/cm², 50cm=3.81kgf/cm², 70cm=3.46kgf/cm²로 측정되었다. 본 실험 결과, 뿔칠 거리가 50cm일 때 우수한 성능을 발휘하고 있다. 저온(-20℃), 고온(60℃)에 있어서도 같은 결과로 측정되었다. 이는 30cm의 경우는 분사거리가 가까워 도막 형성이 치밀하지 못하거나, 흘러내림이 많고, 60cm의 경우는 거리가 멀기 때문에 소실되는 양이 많아져 역시 두께 형성에 문제가 있어 성능 저하의 원인으로 작용된 것으로 판단된다. 따라서 시공성과 성능을 동시에 고려할 때 적절한 분사거리는 40cm~50cm를 초과하지 않는 거리에서 뿔칠 시공되어야 한다고 판단된다.

표 8. 뽕칠 거리에 따른 온도 조건별 인장 성능

시험 온도	성능 항목	시험 시편	3일			7일			14일		
			30cm	50cm	70cm	30cm	50cm	70cm	30cm	50cm	70cm
표준 온도	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	2.31	2.81	2.39	2.93	3.53	3.31	3.28	3.78	3.51
		②	3.11	2.82	2.70	2.88	3.54	3.44	3.37	3.90	3.17
		③	2.21	2.54	2.72	3.04	3.56	3.42	3.48	3.76	3.72
		평균	2.54	2.72	2.60	2.95	3.54	3.39	3.37	3.81	3.46
	신장률 (%)	①	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
②	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	
③	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	
평균	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	
저온 (-20℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	22.75	22.87	22.81	22.59	26.68	17.94	26.75	27.63	23.69
		②	23.98	26.06	22.04	20.99	23.35	16.26	27.90	28.88	23.09
		③	24.54	25.87	23.59	19.58	23.35	18.65	25.60	27.93	23.62
		평균	23.75	24.93	22.81	21.05	24.67	17.61	26.75	28.14	23.46
	신장률 (%)	①	106	96	63	93	100	89	117	134	102
②	102	66	95	54	96	112	98	52	105		
③	77	78	70	79	120	162	122	97	90		
평균	95	80	76	75	105	121	113	94	99		
고온 (60℃)	인장 성능 (kgf/cm ²)	①	1.01	0.69	0.78	0.34	0.30	0.27	1.45	1.19	0.93
		②	1.04	0.72	0.75	0.34	0.30	0.28	1.29	1.61	1.00
		③	0.97	0.74	0.77	0.36	0.30	0.26	1.41	1.51	0.93
		평균	1.00	0.71	0.76	0.34	0.30	0.27	1.38	1.43	0.95
	신장률 (%)	①	504	1472	796	525	900	694	765	1009	1199
②	641	912	1044	524	705	906	610	944	1159		
③	639	1043	802	607	757	1114	819	829	1010		
평균	594	1142	880	552	787	904	731	927	1122		

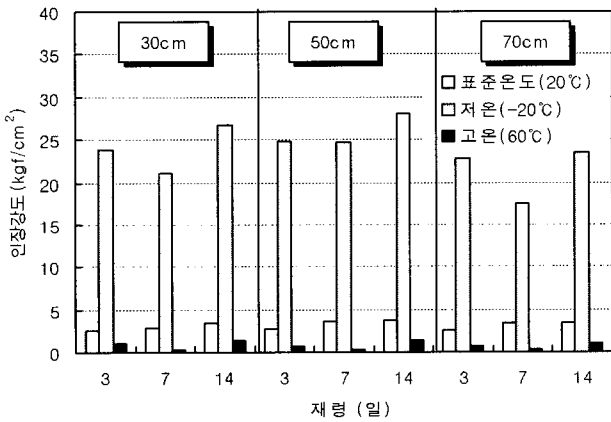


그림 11. 뽕칠 거리에 따른 인장 성능 변화

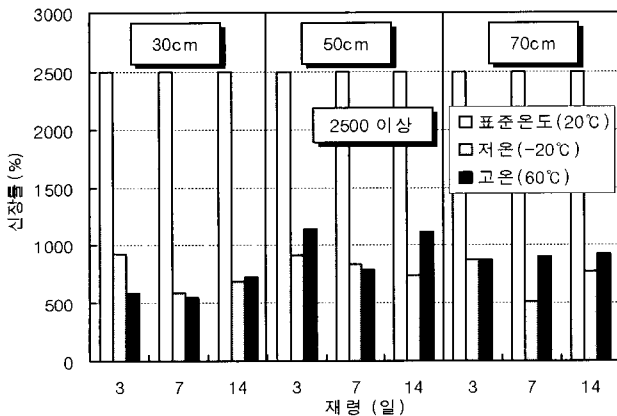


그림 12. 뽕칠 거리에 따른 신장률 변화

5. 결 론

수용성 뽕칠형 고무 아스팔트 방수재의 재료적 요인과 시공 조건에 따른 시공성 향상을 위한 기초적 연구 결과는 아래와 같다.

- 1) 주재와 분해제의 혼합 비율에 있어서는 8:1 보다는 4:1의 비율이 성능 면에서 우수한 것으로 판단된다.
- 2) 주재의 점도 및 고형분의 관계에 따른 배합비에 있어서는 점도 580cps, 고형분 79%로 설정하였을 때 강도 면에서는 우수하게 나타났으나, 방수층의 형성에 있어서는 주재의 뭉침이나, 에어포켓 등의 문제점이 발생하였다. 그러나 점도 490cps, 고형분 70%로 설정된 시험체에서는 안정된 방수층을 형성하였다. 따라서 본 실험은 점도 490cps, 고형분 70%가 시공성에 있어서 적절하다고 판단되었다.
- 3) 주재와 분해제의 분사 각도에 있어서는 45° 로 설정하였을 때 강도 면에서나 시공성 향상에 있어서 적합하다고 판단된다.
- 4) 바탕 콘크리트와 뽕칠 건의 거리에 있어서는 시공성을 고려하였을 때 40~50cm가 방수층 형성 및 강도 면에서 적합하다고 판단된다.

이와 같이 본 연구를 통하여 수용성 뽕칠형 고무 아스팔트 방수재의 기계화 시공을 통한 새로운 소재 및 기술 개발의 기초를 마련하였다. 본 실험 연구를 바탕으로 이 방수재에 대한 기타의 방수성능을 지속적으로 평가하고자 한다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구과제 「수용성 뽕칠형 고무 아스팔트 방수재의 시공성 평가」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. [과제번호 2000-31000-001-1]

참 고 자 료

1. Michael T.Kubal, 「Waterproofing ; the Building Envelope」, Mc Graw-Hill, p.30, 1993.
2. 小池迪夫, 全國塗膜防水工事業團体連合會, 「塗膜防水ガイドブック」, 1986.
3. 栗原福次, 日刊工業新聞社, 「高分子材料 フィールズノート(ゴム, プラスチック, 纖維の素顔)」, pp 1~9
4. 한국건설기술원, 건설기술정보센터, 「방수시공 종합 정보집」, 1998.
5. 한국산업규격, KS F 3211, 「지붕용 도막 방수재」.
6. 한국산업규격, KS F 4920, 「외벽용 도막 방수재」.
7. 阪神高速道路 公団 日本材料学会, 「付録Ⅱ樹脂 ノート」, p.71~78, 1988.