특 집

합성고무계 건축용 방수제

최 세 영

1. 서 론

고무나무(Hevea brasiliensis)가 콜롬부스의 오리노꼬강 유역 탐험중에 최초로 발견되어 영국 왕립식물원에서 재배되고 그 이후 대량 재배되어 얻어진 수액(latex)이 맨먼저 실용화된 것은 마차의 햇빛 가리개용 천막의 방수를 위해 함침 코팅시키는 용도와 영국 매킨토시사의 방수우의 제조용이었다. 이를 통하여 보아도 인류가 사용한 고무의 최초 용도는 방수재료 이었음을 알 수 있다.

현재 건축분야에서 쓰이고 있는 주된 방수공법은 크게 아스팔트 방수, mortar 방수, 쉬이트 방수, 도막 방수 등 4가지를 들 수 있다. 합성고무 방수 또는 고분자재료를 이용한 방수라는 술어가 전문지에 등장한 것은 1970년대 초부터로 이러한 방수재료를 사용하는 방수공법으로는 (1) 쉬이트 방수(합성고무 루핑 방수), (2) 도막 방수, (3) grouting 방수, (4) 밀폐재에 의한 방수(씰링 방수) 등이 있다.

토목, 건축의 방수 방법은 크게 (1) 재료 자체의 흡수에 의한 투수 방지와 (2) 재료와 재료로부터 형성된 접합부의 흡수 및 투수 방지의 두 가지로 대별된다.

한편, 방수에서 취급 대상이 되는 물은 강수, 지하수, 생활 및 산업용수 등을 말한다.

콘크리트의 방수성은 흡수성(water absorption), 즉 물이 모세관 현상에 의하여 재료(콘크리트)내부로 침입하는 현상과 투수성(water permeability), 즉 물이 압력에 의하여 재료의 내부로 침입하는 성질에 대한 저항성이라고 할 수 있다. 본고에서는 합성고무를 주원료로 하는 쉬이트 방수제, 도막 방수제, 밀폐재 등의 방수재료의 종류와 그 특성, 제조과정에 대해서 개략적인 지식을 제공하고자 한다.

2. 쉬이트 방수제

쉬이트 방수는 종래부터 행하여온 아스팔트 방수와 같이 막 방수공법의 일종이다. 쉬이트 방수는 합성고무나 합성수지 등의 얇은 쉬이트인 합성고분자 루핑(두께 0.8~2.0 m/m)을 콘크리트 스라브 등의 방수하지 위에 합성고무나 합성수지를 base로 한 접착제를 사용하여 접착시켜 방수층을 형성하는 공법이다. 이것은 1930~40년대 polyisobutylene고무(비가황)와 부틸고무를 사용하여 제조한 것이 그 시초이다. **표 1**에는 합성고무 및 합성수지 계열의 쉬이트 방수제의 종류를 나타내었다. 또 **표 2**는 이들 재료의 시공에 사용되는 접착제를 나타내었다.

2.1 합성고무 쉬이트의 제조법

합성고무 쉬이트는 단층과 적층 쉬이트로 대별되지만 화학조성은 달라도 그 제조공정은 큰 차이가 없다.

단층 쉬이트계의 경우 가황계의 제조 예를 **그림 1**에 나타냈다.

대표적인 합성고무 쉬이트의 배합 예는 **표 3~6**과 같다.

최세영

1979	경희대학교 화학공학과(학사)
1981	경희대학교 대학원 화학공학과(공학석사)
1984	경희대학교 대학원 화학공학과(공학박사)
1986~1995	청주대학교 이공대학 화학과 조교수, 부교수
1995~현재	청주대학교 이공대학 화학과 교수

Synthetic Rubber Waterproofing Agents for Construction Use

청주대학교 이공대학 화학과(Sei-Young Choi, Department of Chemistry, Chongju University, 36 Naedok-dong, Sangdang-gu, Chongju-shi, Korea)

표 1. 합성고분자 쉬이트의 종류

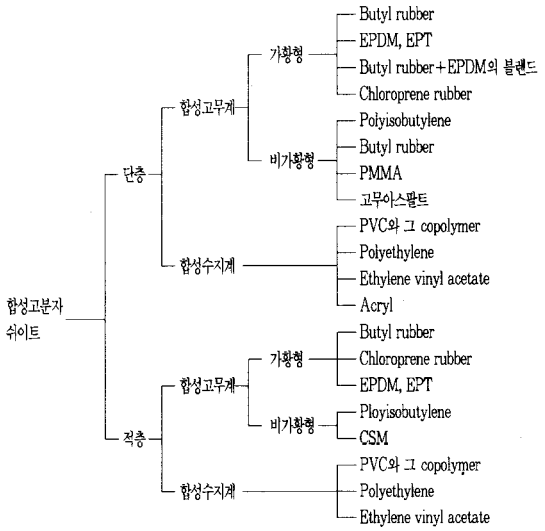
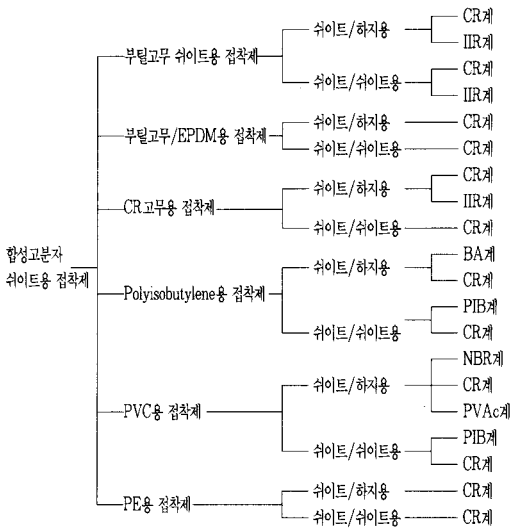


표 2. 합성고분자 쉬이트용 접착제의 종류



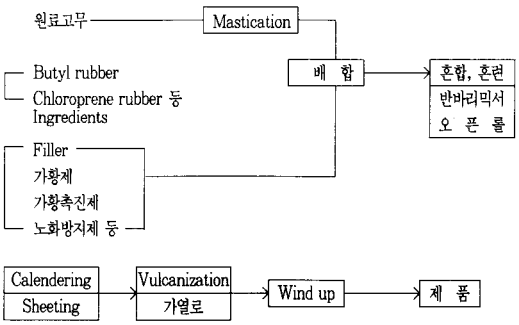


그림 1. 가황계 단층 쉬이트의 제조공정 예.

표 3. 부틸고무 쉬이트의 배합 예

Polysar Butyl 301	100.0 phr
Carbon black	75.0
Zinc oxide	5.0
Stearic acid	1.0
Paraffine wax	6.0
Antioxidant 4010	2.0
Tellurac[a]	3.0
Sulfur	1.5

[a] Tellurium diethyl disthiocarbamate.

표 4. 부틸고무+EPDM 블렌드물의 배합 예

Butyl 035	70 phr
EPT	30
HAF Black	40
SRF Black	50
Paraffine wax	3.0
Stearic acid	1.0
Zinc oxide	0.5
TDEDC	0.5
ZDMDC	1.5
MBT	0.5
Sulfur	1.0

표 5. 부틸고무 쉬이트용 부틸고무계 접착제의 배합 예

Butyl 268	100 phr
Polybutene H-1900	20
Hexane	240
Toluene	240

표 6. Chloroprene 고무 쉬이트의 배합 예

(a) G type		(b) W type	
Neoprene GN-A	100.00 phr	Neoprene W	100.00 phr
Akroflex CD	2.00	Akroflex CD	2.00
MPC Carbon black	20.00	Magnesium oxide	4.00
MT carbon black	70.00	SRF black	20.00
Stearic acid	0.75	FEF black	20.00
Heliozone	3.00	Heliozone	3.00
Process oil	15.00	Hard clay	50.00
Pb_3O_4	20.00	Process oil	12.00
		Zinc oxide	5.75
		NA-22	0.75

2.2 합성고무 쉬이트의 내구성 시험

합성고무 루핑 재료의 내구수명은 화학반응 속도론적 수법을 이용하여 검토할 수가 있다.

반응물질의 농도를 C, 반응속도 상수를 K라고 하면 일반적으로 n차 반응의 경우 다음과 같은 속도식이 성립된다.

$$-\frac{dc}{dt} = KC^n \ (t: \text{시간}) \qquad (1)$$

여기서 재료의 인장강도, 신장률 등의 물성치(성능이라고 해도 좋다.) P가 농도 C와 같이 식 (1)을 만족하

여 변화한다고 가정하면 일반적으로 다음 식의 관계가 성립한다.

$$f(P) = -kt + f(P_0) \quad (2)$$

(P_0 : t=0에서의 P의 값)

다음으로 재료의 물리량 감소, 즉 성능저하(열화)가 1차반응이라고 생각한다면 식 (2)는 다음과 같이 된다.

$$l_n P = -kt + l_n P_0 \quad (3)$$

일반적으로 반응속도 상수 k는 다음의 Arrhenius식으로 주어진다.

$$k = Ae^{-\frac{E}{KT}} \quad (4)$$

식 (3)에 식 (4)를 대입하여 정리하면,

$$l_n t = l_n\left(\frac{1}{A} \cdot l_n\frac{P_0}{P}\right) + \frac{E}{RT} \quad (5)$$

여기서 재료의 성능이 저하하여 P가 어느 일정치 P_1까지 감소하고 거기까지에 요하는 시간 L을 그 재료의 열화수명으로 정의하면

$$l_n L = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T} + \alpha \ (\alpha : \text{constant}) \quad (6)$$

식 (6)을 상용대수를 쓴 형태로 바꾸면

$$\log L = \frac{E}{2.303\,R} \cdot \frac{1}{T} + \alpha'$$

$$\log L = \frac{1}{T} + \beta \ (\beta : \text{constant}) \quad (7)$$

식 (7)의 $\log L \propto 1/T$ 인 관계를 이용하면, 재료를 비교적 고온에서 촉진 노화시킨 시험결과를 써서 외삽법으로 통상 사용온도에 있어서의 재료수명을 추정할 수가 있다. 시편의 단층루핑에 있어서 공기가열 노화시험을 행하고 그 결과로부터 신장률 변화가 20%에 달하기까지의 시간과 온도의 관계를 보면 **그림 2**와 같다.

외삽법에 의해 단층루핑의 사용온도를 20 ℃로 한 경우의 수명 즉, 20 ℃에서 신장률 20% 감소까지의 년수를 구하면 20.9년이 걸린다.

3. 도막 방수제

쉬이트 방수는 아스팔트 방수의 결점을 개선한 방수공법으로 개발되어 실시되었으나 이것도 결점이 없는 것은

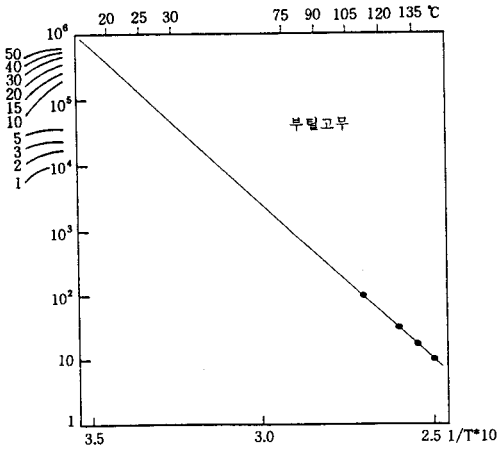


그림 2. 단층 쉬이트의 신장률 변화율(-20%에 이르기까지의 시간과 온도의 관계).

아니다. 그 결점으로는 합성고무 쉬이트를 하지에 부착시키기 위한 값싸고도 유효한 접착제가 필요하고 그렇지 못하면 합성고무 쉬이트와 하지와의 접착 불량이 일어나 누수사고를 일으키기 쉽다. 이러한 결점을 개선하여 등장한 것이 도막 방수이다.

도막 방수는 콘크리트나 몰탈 등의 방수하지에 합성고무 수지의 용액 혹은 수성 분산액을 도포하여(도포량은 1.00-2.00 kg/m^2) 소요두께(일반적으로 0.5 m/m이상)의 방수층을 형성시키는 방수공법을 말하며 어원은 영어로 fluid-applied roofing system이다. 이 공법의 재료를 도막 방수제라고 칭한다. 금속비누, 파라핀, 실리콘, 폴리스티렌 등의 발수성 용액(emulsion포함)을 도포하여 행하는 방수공법이 있으나 이것은 침투성 도포 방수(surface coating water proofing)라고 부르며 도막 방수와 구별된다.

일반적으로 도막 방수제를 화학조성으로부터 분류하면 **그림 3**에 나타낸 바와 같이 CR(chloroprene)고무계, chlorosulfonated polyethylene계, 폴리우레탄 고무계, 아크릴 에멀젼계 등이 있다.

도막 방수제의 건축재료로서의 사용시 성능상의 요구조건은 다음과 같다.

(1) 방수, 투수 및 기체투과에 대한 저항이 클 것.

(2) 도막의 인장강도, 인열강도, 신장능력이 클 것.

(3) 도막의 내수성, 산·알칼리, 기름에 대한 화학 저항성이 우수할 것.

(4) 도막의 내후성, 내노화성이 양호할 것.

(5) 도막의 물성이 넓은 온도 범위에서 변화가 적을 것.

(6) 도막의 화염전도성이 없을 것 등이다.

3.1 도막 방수제의 제조방법

3.1.1 클로로프렌 고무 도막 방수제

클로로프렌 고무계 도막 방수제는 보통 **표 7**과 **8**의 배

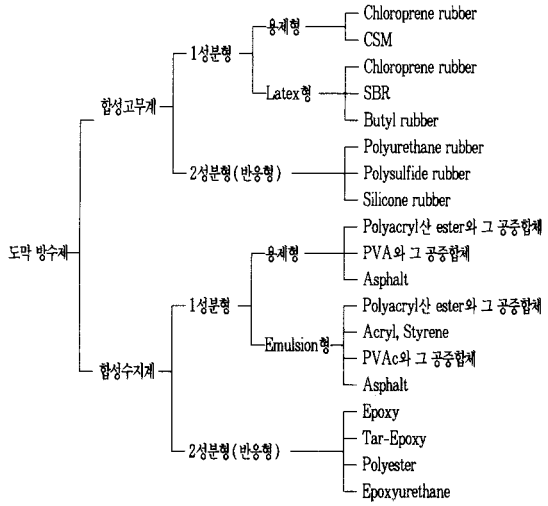


그림 3. 도막 방수제의 종류.

표 7. Chloroprene고무 도막 방수제의 배합 예(DuPont사에 의함)

예1) **Dry blend**	
Neoprene W or AD	100.0 phr
MgO	4.0
ZnO	5.0
비오염성노화방지제	2.0
충전제(MT black, Aluminium분, 산화은 등)	100.0
	고무용 2본롤로 혼련
Churn mix	
Phenol수지	45.0 phr
MgO	4.0
Xylene	390.0
	약 2시간, 잘 교반하여 예비반응을 완결시킴.

(주) churn mix 중에 dry blend를 용해하여 잘 교반하여 제품으로 한다.

표 8. Chloroprene고무 도막방수제의 배합 예

Neoprene AC	100 phr
Silica	35
MgO	4
ZnO	10
Alkylphenol resin	45
Phenol resin(레졸형)	30
Asphalt	45
Antioxidant	2
Toluene	300

합으로 제조된다.

3.1.2 폴리우레탄 고무 도막방수제

일반적으로 폴리우레탄은 폴리에테르나 폴리에스테르와 같은 폴리올과 TDI나 MDI로 대표되는 diisocyanate와의 중합반응에 의해 합성되는 분자중에 우레탄 결합 (-NH-C-O-) 을 갖는 고분자이다.

도막 방수제의 원료로서는 분자말단에 활성인 isocyanate기(-NCO)를 갖는 프리폴리머(prepolymer)형으로 액상의 것이 사용된다. 폴리우레탄 및 우레탄 프리폴리머의 생성반응은 다음과 같다.

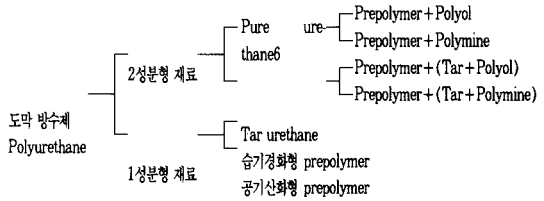


그림 4. Polyurethane 도막 방수제의 종류.

폴리우레탄의 생성반응

$$\sim N{=}C{=}O + \sim OH \rightarrow \sim NH\text{-}C(=O)\text{-}O\sim$$

polyisocyanate *polyol* *polyurethane*

우레탄 프리폴리머의 생성반응(diol prepolymer의 예)

$$R(NCO)_2 + HO\sim OH \rightarrow OCN\sim R\text{-}NHCOO$$

diisocyanate *diol* *diol-prepolymer*

또 도막 방수제로 쓰이는 우레탄 프리폴리머는 그 원료인 폴리올의 종류에 따라 폴리에테르계와 폴리에스테르계로 대별되며 일장일단이 있다. 우레탄 프리폴리머를 vehicle로 하는 폴리우레탄 도막 방수제는 제품의 형태와 그 화학조성에 따라 **그림 4**와 같이 분류된다.

2성분형은 기재와 경화제로 이루어지며 그 2성분은 화학반응에 따라 경화한다. 한편 1성분형은 기재와 경화제를 혼합할 필요가 없고 시공하면 공기중의 수분이나 산소와 반응하여 경화하는 것이다. 폴리우레탄 도막 방수제의 경화기구는 다음과 같다.

2성분형 재료의 경우

$\sim NCO + \sim OH \rightarrow \sim NHCOO$(polyol 경화)

prepolymer *polyol* *urethane*

$\sim NCO + \sim H_2N_2 \rightarrow \sim NHCONH\sim$(polyamine 경화)

prepolymer *polyamine* 요소결합

1성분형 재료의 경우

$2\sim NCO + H_2O \rightarrow \sim NHCONH\sim + CO_2\uparrow$(습기경화)

prepolymer 공기중의 수분 요소결합

4. Grouting 방수제

그라우팅에 의한 방수공법에는 지하외벽에 접하는 지

반중에 주입해서 지반의 공격을 충전 또는 그 지반 자체를 고결해서 불투수성으로 하는 공법(지반주입법)과 구조구체의 균열이나 공격 등의 결합부에 충전해서 방수하는 공법(구체주입법)의 두 종류가 있다. 지반주입법에는 시멘트페이스트 주입법과 약액주입법이 있는데 시멘트페이스트 주입법은 포틀란드 시멘트에 화산재, 석회, 벤토나이트를 혼용하거나 규산나트륨 등의 급결제를 사용하여 10~30 kg/cm^{2}의 압력으로 주입한다.

약액주입법에는 규산나트륨과 염화칼슘의 혼합액 또는 규산나트륨, 규산 알루미늄, 규산암모늄 등의 혼합액을 사용한다.

그라우트 재료의 종류는 **그림 5**와 같다.

한편 그라우트재의 점도와 균열폭의 관계는 **표 9**와 같다.

5. 밀폐재

밀폐재(sealing compound)에 의한 방수는 건축물의 이음매 부분, 샤시둘레, 공극 등의 부분에 밀폐재를 써서 수밀성 및 기밀성을 보지하는 것이다.

이 공법의 특징은 밀폐재의 기본적 기능 즉 filling, caulking과 sealing이다.

밀폐재에는 glazing putty, oil based caulking compound, elastomeric sealant, tapelike sealing compound이 있다.

건축용 밀폐재의 종류는 **그림 6**과 같다.

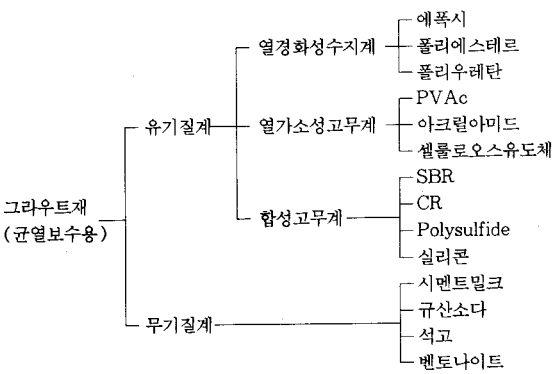


그림 5. 그라우트재의 종류.

표 9. 그라우트재의 점도와 균열폭의 관계

상 태	점도(20 ℃, cps)	주입가능 추정 균열 폭
액 상	400 이하	1.0 mm 이하
물 엿 상	7,000 전후	0.5~3.0 mm
점 상	20,000 이상	2.0 mm 이상
Putty 상		씰용과 0.5 mm 이하의 씰

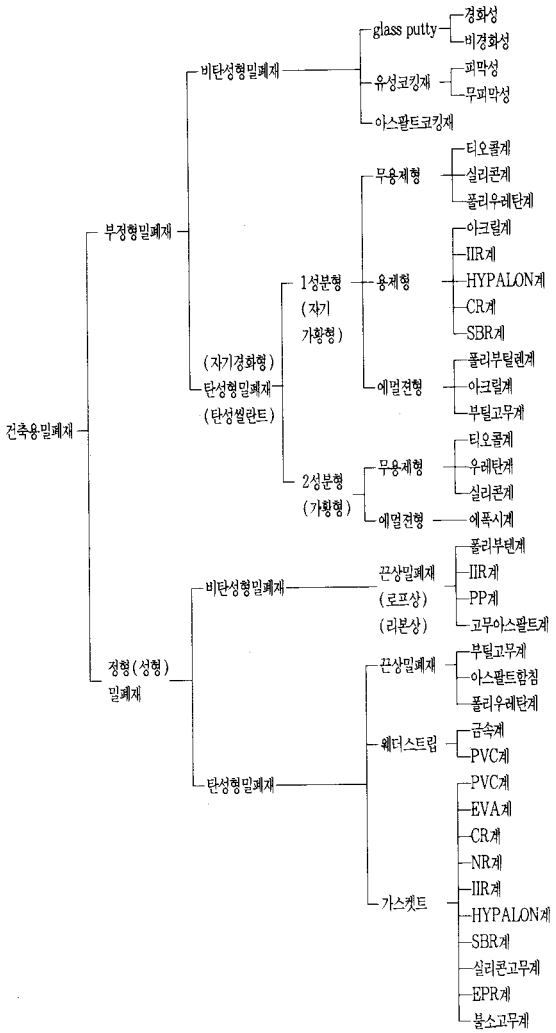


그림 6. 건축용 밀폐재의 종류.

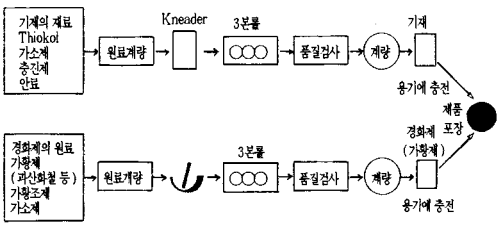


그림 7. 2성분형 폴리설피드 씰란트의 제조공정의 대표 예.

실리콘씰란트는 실리콘에라스토머를 vehicle로 한 탄성씰란트이다. 이것은 RTV 탄성체 연구개발의 소산으로서 1, 2성분형의 두 종류가 있으나 건축용으로는 1성분형이 보급되어 있다(**그림 7**과 **표 10~16** 참조).

표 10. 2성분형 폴리설피드 씰란트의 배합 예(1)

원 료 명	배합비(중량)
(기재)	
Thiokol LP-32	100 phr
SRF	30
Stearic acid	1
Sulfur	0.15
페놀수지(Durez 10694)	5
(경화제)	
이산화철(과산화철)	50
Stearic acid	5
프탈산디부틸	45

표 11. 1성분형 실리콘씰란트의 배합 예(1)

원 료 명	배합비(phr)
말단수산기를 갖는 dimethylpolysiloxane(10000[a])	100
Methyltriacetoxysiloxane	10
말단 trimethylsiloxy기를 갖는 dimethylpolysiloxane (1000[a])	40
Silica(fumed)	14
Dimethyl-Sn-di-acetate	0.1~0.5

[a] 점도단위는 centistoke.

표 12. 부틸고무 씰란트의 배합 예(2)

원 료 명	배합비(phr)
부틸고무(POLYSAR Butyl 100)	100.0
Dicumyl peroxide	5.0
탄산칼슘	150.0
석면단섬유	10.0
TALC	50.0
산화티탄	25.0
Paraffin wax	10.0
Tetramethyl thiuram disulfide	0.1
Sulfur	0.1
Clay	8.0
Paraffinic petroleum oil	20.0
석유수지	35.0
Toluene	36.0
나프타	16.0

표 13. 하이파론씰란트 배합 예

원 료 명	배합비(phr)
Hypalon 40	1.7
Hypalon 30	15.7
염화파라핀(chlorowax LV)-가소제	17.5
석면 7RF	2.6
실리카(Hi-Sil 233)	5.2
산화티탄	14.0
TALC	8.8
가황제	
삼염기성말레인(Tri-Mal)	7.0
수첨로진(Stay bellite)	0.2
MBTS	0.1
M	0.1
크실렌	10.4
인산트리부틸	9.3
석유계 가소제	2.9
이소프로필알코올-점도안정제	1.7
계	100.0

표 14. 1성분형 C씰란트의 배합 예

원 료 명	배합비(phr)
네오프렌 W	100
MgO	4
ZnO	9~15
부틸페놀포름알데히드수지	45
탄산칼슘	100~200
석유계 process oil	10~50
아민벤토나이트	1~5
산화방지제	2
크실렌	115

표 15. 2성분형 CR씰란트의 배합 예

원 료 명	배합비(phr) 처방(1)	처방(2)
(기 재)		
Neoprene FB	100	100
산화방지제(Neozone A)	2	2
Thermal black	100	100
Hard clay	30	30
가소제(dioctyl sebacate)	50	50
산화아연	10	10
(경화제)		
Accelerator 833[a]	7~10	-
Tetraethylenepentamine	-	5~8

[a] Butylaldehyde-butylamine 축합물.

표 16. SBR 씰란트의 배합 예

원 료 명	배합비(phr)
SBR	12.0
중합로진	19.0
수첨로진의 메틸에스테르	2.0
방향족계 가소제	2.0
Soft clay	17.0
섬유상 TALC	10.0
Toluene	26.0
Xylene	12.0
계	100.0

6. 결 론

지금까지 합성고무계 방수제에 관한 전반적인 종류, 제조법 등에 대하여 살펴보았다. 건축재료로서의 고무방수제는 제조과정에서 제조단가가 저렴해야 하고 또한 시공편의성이 고려되어야 하는 점 등 일반적인 고분자재료 공업에서 접하지 못하는 새로운 부분의 난제가 많다.

한편 많은 연구비와 노력을 투자하여 좋은 재료가 개발되었다고 하더라도 기술보호를 제대로 받지 못하고 쉽게 그 기술이 도용되는 문제점 등이 국내 방수재료 연구의 활성화를 막아 왔다고 생각된다. 이러저러한 이유로 고분자 연구자들이 방수재료를 포함한 건축재료 연구개발에 다소 관심을 외면해온 것이 사실이다. 이제는 건축재료 연구개발 분야에 많은 고분자 연구자가 관심을 가져 그동안 축적한 연구역량을 쏟아야 할 시점이라고 생각되며 이러한 노력들이 결실을 냈을 때 우리 고분자학계와 산업은 또한번 비약적인 발전을 이룰 것으로 확신한다.