

# 合成 고무를 材料로 한 防水材

崔 世 永

## 1. 서 론

현재 건축분야에서 쓰이고 있는 주된 방수공법은 크게 asphalt 방수, mortar 방수, sheet 방수, 도막방수 등 4가지를 들 수 있다. 합성고무방수 또는 고분자재료를 이용한 방수라는 술어가 전문지에 등장한 것은 1970년대초 부터로 다음과 같은 방수층의 형성에 이 합성고무방수재가 주로 쓰이고 있다.

- Sheet방수(합성고무 루핑방수)
- 도막방수(침투성 도포방수 포함)
- 합성고무에밀전혼입 몰탈방수
- 셸링재에 의한 방수
- Grouting방수
- 지수판에 의한 방수

콘크리트의 방수성은 흡수성(water absorption), 즉, 물이 모세관현상에 의하여 재료(콘크리트) 내부로 침입하는 현상과 투수성(water permeability) 즉, 물이 압력에 의하여 재료의 내부로 침입하는 성질에 대한 저항성이라고 할 수 있다.

통상 다음의 2가지 방법에 의하여 흡수, 투수시험을 행한다.

### 1.1. 흡수시험

절대건조 또는 공기 건조상태의 몰탈 또는 콘크리트 시험체를 일정기간 물에 침지시켜 흡수량을 측정하고 다음식에 의해 중량흡수율(Iw) 및 용적흡수율(Iv)를 구한다.

$$I_w = \frac{w}{W} \times 100(\%)$$

$$I_v = \frac{v}{V} \times 100(\%)$$

여기에서, W, V는 각각 절대건조 또는 공기건조 상태의 시험체중량 및 용적(g, cm<sup>3</sup>)  
w, v는 각각 시험체가 물에 침지된 후에 흡수된 물의 중량 및 용적(g, cm<sup>3</sup>)

### 2.2. 투수시험

절대건조 또는 공기건조 상태의 몰탈이나 콘크리트 시험체에 일정시간, 일정한 압력이 걸린 물이 침입, 투과된 때의 투수량을 측정하여 다음식에 의하여 투수 계수(K)를 구한다.

$$K = \frac{QL}{AH} \text{ (cm/sec)}$$

여기에서, Q: 투수량(cm<sup>3</sup>/sec)  
A: 시험체의 투수면적(cm<sup>2</sup>)  
L: 투수길이-시험체의 투수방향의 두께(cm)  
H: 수두-시험체에 걸리는 수압(cm)

## 2. Sheet 방수

### 2.1. Sheet 방수재의 종류

sheet 방수는 종래부터 행하여온 아스팔트 방수와 같이 membrane 방수공법의 일종이다.

sheet 방수는 합성고무나 합성수지 등의 얇은 쉬트인 합성고분자 루핑(두께 0.8~2.0 mm)을 콘크리트슬라브 등의 방수하지(下地) 위에 합성고무나 합성수지를 base로 한 접착제를 사용하여 접착시켜 방수층을 형성하는 공법이다. 이것은 1930~40년에 polyisobutylene 고무(비가황)와 butyl 고무를 사용하여 제조한 것이 그 시초이다.

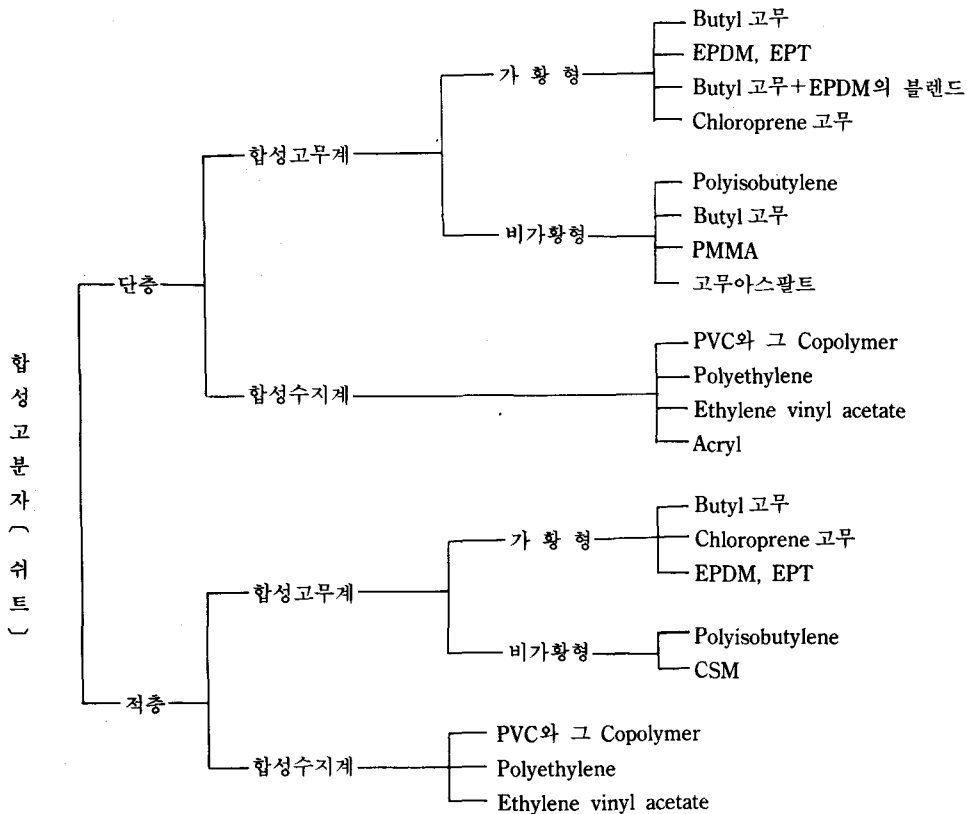


그림. 1. 합성고분자 루핑의 종류

### 2.2. 합성고무 루핑의 제조법

합성고무 루핑은 단층과 적층루핑으로 대별되지만 화학조성은 달라도 그 제조공정은 큰 차이가 없다.

단층 루핑계의 경우 가황계의 제조예를 그림 2에 나타냈다.

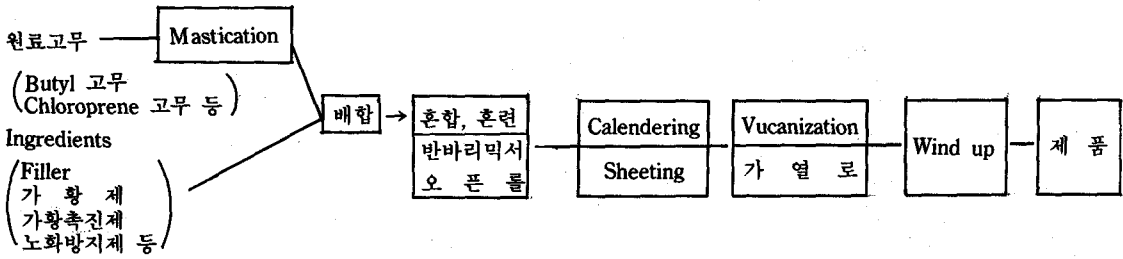
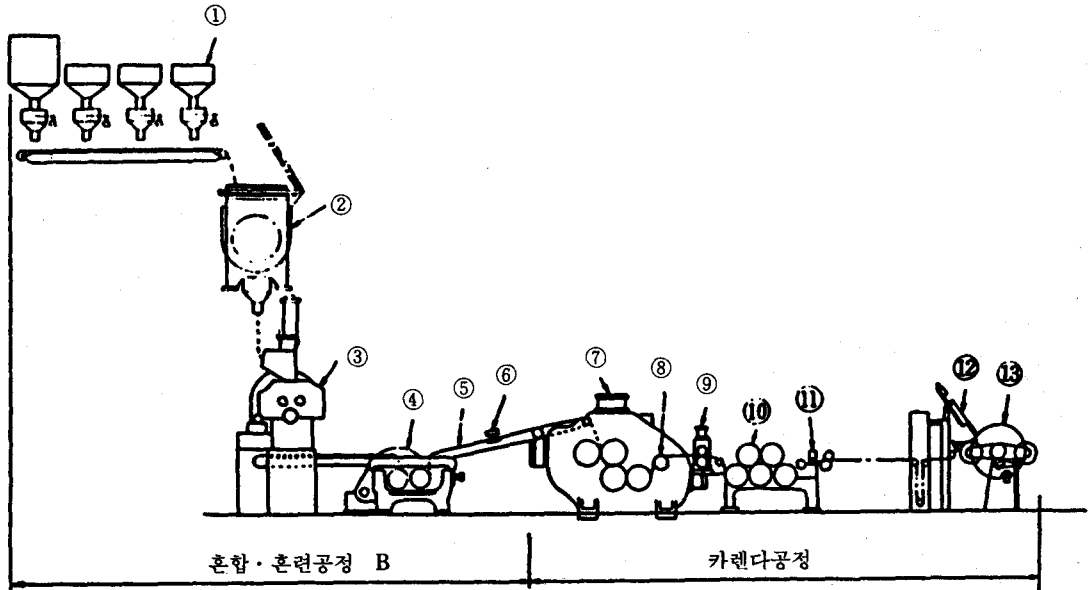


그림.2. 가황제 단층루핑 제조과정(예)



(1) 원료 hopper (2) Blender (3) Banbury mixer (4) Roll (5) Conveyer (6) Metal detector (7) Calender (8) Roll (9) Roll (10) 냉각 drum (11) β선 두께측정기 (12) 절단용 나이프 (13) Wind up

그림.3. Calender 장치

대표적인 합성고무 루핑의 배합에는 다음과 같다.

표-1. Butyl 고무루핑의 배합(예)

Polysar Butyl 301	100.0 phr
Carbon black	75.0
Zinc oxide	5.0
Stearic acid	1.0
Paraffin wax	6.0
Antioxidant 4010	2.0
Tellurac*	3.0
Sulfur	1.5

\* Tellurium diethyl dithiocarbamate

표-2. Butyl 고무+EPDM Blend물의 배합(예)

Butyl 035	70.0 phr
EPT	30.0
HAF Black	40.0
SRF Black	50.0
Paraffin wax	3.0
Stearic acid	1.0
Zinc oxide	5.0
TDED	0.5
ZMDMDC	1.5
MBT	0.5
Sulfur	1.0

표-3. Butyl 고무루핑용 butyl 고무계 접착제의 배합 (예)

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

표-4. Chloroprene 고무루핑의 배합(예)

(a) G type		(b) W type	
Neoprene GN-A	100 phr	Neoprene W	100 phr
Akroflex CD	2.0	Akroflex CD	20.0
MPC black	20.0	Magnesium oxide	4.0
MT black	70.0	SRF black	20.0
Stearic acid	0.75	FEF black	20.0
Heliozone	3.0	Heliozone	3.0
Process oil	15.0	Hard clay	50.0
Pb <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	20.0	Process oil	12.0
		Zinc oxide	5.0
		NA-22	0.75

표-5. Polyvinylchloride 루핑의 배합(예)

P	V	C	100 phr
가	소	제	40
안	정	제	3
충	전	제	50
안		료	1~2

### 2.3 합성고무 루핑의 내구성 시험

합성고무루핑 재료의 내구수명은 화학반응속도론적 수법을 이용하여 검토할 수가 있다. 반응물질의 농도를 C, 반응속도상수를 k라고 하면 일반적으로 n차반응의 경우 다음과 같은 속도식이 성립한다.

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n (t : \text{시간}) \dots\dots\dots (1)$$

여기서 재료의 인장강도, 신장률 등의 물성치(성능이라고 해도 좋다.) P가 농도C와 같이 식(1)을 만족하여 변화한다고 가정하면 일반적으로(2)식의 관계가 성립한다.

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

(P<sub>0</sub> : t=0에서의 P의 값)

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

$$\ln P = -kt + \ln P_0 \dots\dots\dots (3)$$

일반적으로 반응속도 상수k는 다음의 Arrhenius 식으로 주어진다.

$$k = A_e^{-\frac{E}{RT}} \dots\dots\dots (4)$$

식(3)에 식(4)에 대입하여 정리하면,

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

여기서 재료의 성능이 저하하여 P가 어느 일정치 P<sub>1</sub>까지 감소하고 그 까지에 요하는 시간 L을 그 재료의 열화수명으로 정의하면

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

식(6)을 상용대수를 쓴 형태로 바꾸면

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

$$\log L = \beta \frac{1}{T} + \alpha' (\beta : \text{contant}) \dots\dots\dots (7)$$

식(7)의 Log ∝  $\frac{1}{T}$  인 관계를 이용하면, 재료를 비교적 고온에서 측정한 노화시험 결과를 써서 외삽법으로 통상 사용온도에 있어서의 재료수명을 추정할 수가 있다. 시편의 단층루핑에 있어서 공기 가열노화시험을 행하고 그 결과로부터 신장률 변화가 20%에 달하기까지의 시간과 온도의 관계를 보면 그림 4와 같다.

외삽법에 의해 단층루핑의 사용온도를 20℃로

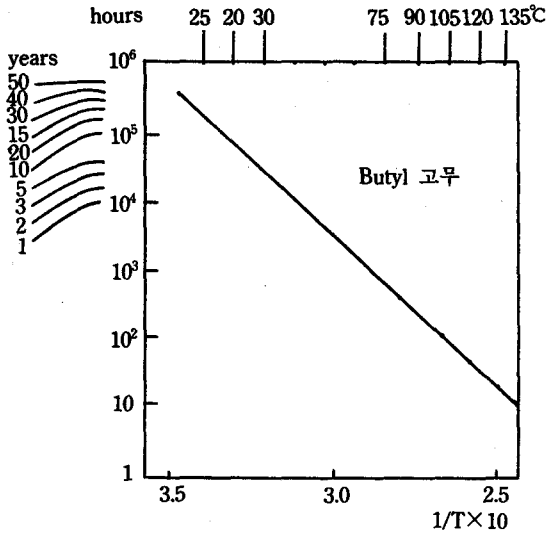


그림 4. 단층루핑의 신장률 변화율, (-20%에 이르기까지의 시간과 온도의 관계)

한 경우의 수명(즉 20°C에서 신장률 20% 감소까지의 년수)를 구하면 20.9년이 걸린다.

### 3. 도막방수

#### 3.1. 도막방수재의 종류

시트방수는 아스팔트방수의 결점을 개선한 방수공법으로 개발되어 실시되었으나 이것도 결점이 없는 것은 아니다. 그 결점으로는 합성고무 루핑을 하지에 부착시키기 위한 값싸고도 유효한 접착제가 필요하고 그렇지 못하면 합성고무 루핑과 하지와 접착불량이 일어나 누수사고를 일으키기 쉽다. 이러한 결점을 개선하여 등장한 것이 도막방수이다.

도막방수는 콘크리트나 몰탈 등의 방수하지에 합성고무 수지의 용액 혹은 수성 dispersion을 도포하여(도포량은 1.00~2.00kg/m<sup>2</sup>) 소요두께(일반적으로 0.5m/m 이상)의 방수층을 형성시키는 방수공법을 말하며 어원은 영어로 fluid-applied roofing system이다. 이 공법의 재료를 도막방수재라고 칭한다.

금속비누, 파리핀, 실리콘, 폴리스티렌 등의 발

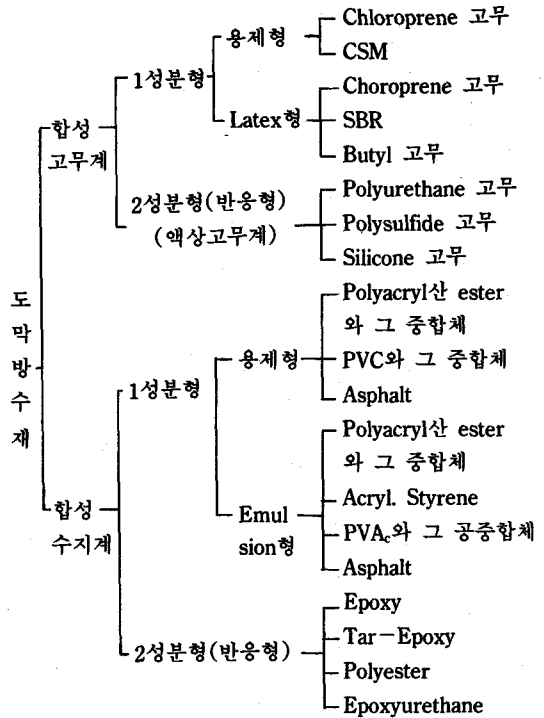


그림 5. 도막방수재의 종류

수성 용액(emulsion 포함)을 도포하여 행하는 방수공법이 있으나 이것은 침투성 도포방수(surface coating water proofing)이라고 부르며 도막방수와 구별된다.

일반적으로 도막방수재를 화학조성으로부터 분류하면 그림 5에 나타난 바와 같이 CR(chloroprene) 고무계, chlorosulfonated polyethylene계, polyurethane 고무계, acryl emulsion계 등이 있다.

도막방수재 본질에 대한 요구 조건

- 1) 도막의 방수, 투수 및 기체투과에 대한 저항이 클 것.
- 2) 도막의 인장강도, 인열강도, 신장능력이 클 것.
- 3) 도막의 내수성, 산·알카리, 기름에 대한 화학저항성이 우수할 것.
- 4) 도막의 내후성, 내노화성이 양호할 것.
- 5) 도막의 물성이 넓은 온도 범위에서 변화가 적을 것.

6) 도막의 화염전도성이 없을 것 등이다.

### 3.2. 도막방수재의 제조법

#### 3.2.1. Chloroprene 고무 도막방수재의 제조

표-6. Chloroprene 고무 도막방수재의 배합(예)  
(Du Pont사에 의함)

예1) Dry blend		
Neoprene W or AD	100.0 phr	} 고무용 2분물로 혼련
Mgo	4.0	
ZnO	5.0	
비오염성노화방지제	2.0	
충전제(MT black, Aluminium분, 산화 은 등)	100.0	
Churn mix		
Phenol 수지	45.0phr	} 약2시간, 잘 교 반하여 예비반 응을 완결시킴.
MgO	4.0	
Xylene	390.0	

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

예2) Neoprene AC	100 phr
Silica	35
MgO	4
ZnO	10
Akylphenol resin	45
(레졸형) Phenol resin	30
Asphalt	45
Antioxidant	2
Toluene	300

#### 3.2.2. Chlorosulfanated polyethylene(CSM) 도막방수재의 제조

표-7. Chlorosulfanated polyethylene의 배합(예)

Dry blend		100phr
Hypalon	80.0	} 고무용 2분 물로 혼련
TiO <sub>2</sub> (루틸형)	30.0	
CaCO <sub>3</sub>	2.0	
비오염성노화방지제	4.0	
Tri-Mal(3염기성마레인산염)	1.0	

가황촉진제 DM, 안료

약 간

#### Churn mix

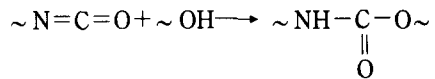
수첨 Rosin	
Xylene	2.5phr 잘 교반
2-Etoxyethanol or	355.5 용해시킴
Butanol	50.0

(주) churn mix 중에 blend를 하여 잘 교반시켜 제품으로 한다.

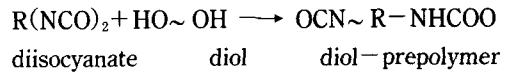
#### 3.2.3. Polyurethane 도막방수재의 제조

일반적으로 polyurethane은 polyether나 polyester와 같은 polyol과 TDI나 MDI로 대표되는 polyisocyanate와의 중합반응에 의해 합성되는 분자중에 urethane 결합(-NH-C-O-)을 갖는 고분자이다. 도막방수재의 원료로서는 분자말단에 활성인 isocyanate기(-NCO)를 갖는 prepolymer(반중합체)형으로 액상의 것이 사용된다. Polyurethane 및 urethane prepolymer의 생성반응 다음과 같다.

Polyurethane의 생성반응



Polyisocyanate polyol Polyurethane  
Urethane polymer의 생성반응 (-diol prepolymer의 예)



또 도막방수재로 쓰이는 urethane prepolymer는 그 원료인 polyol의 종류에 따라 polyether계와 polyester계로 선별되며 polyol의 종류에 따라 polyether계와 polyester계로 대별되며 일장 일단이 있다.

Urethane prepolymer를 vehicle로 하는 polyurethane 도막방수재는 제품의 형태와 그 화학조성에 따라 그림 6과 같이 분류된다.

2성분형은 기재와 경화제로 이루어지며 그 2성분은 화학반응에 따라 경화한다. 한편 1성분형은 기재와 경화제를 혼합할 필요가 없고 시공하면 공기중의 수분이나 산소와 반응하여 경화하는 것

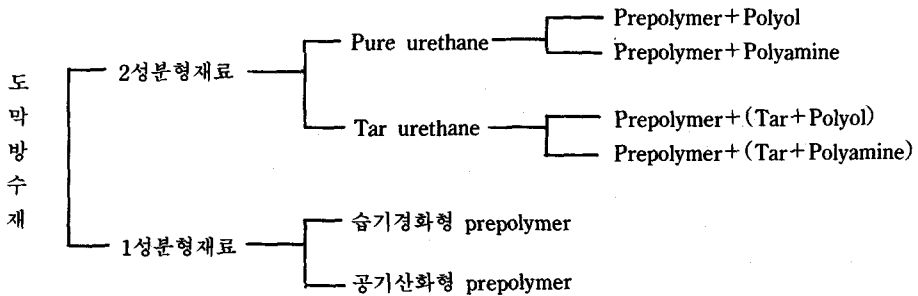
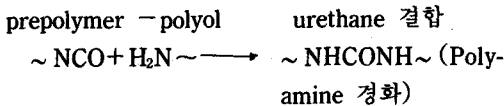
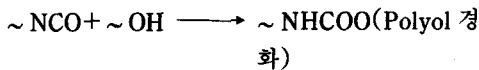


그림. 6. Polyurethane 도막방수제의 종류

이다. Polyurethane 도막방수제의 경화기구는 다음과 같다.

1) 2성분형재료의 경우



prepolymer - polyamine 요소결합

2) 1성분형재료의 경우



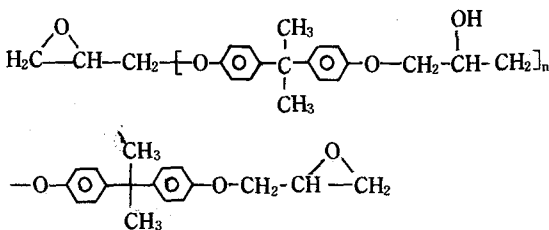
↑ 습기경화

Prepolymer 공기중의 수분 요소결합

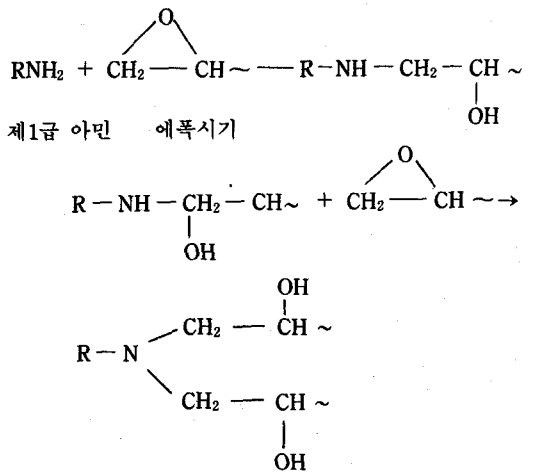
3.2.4. Epoxy 도막방수제의 제조

에폭시 수지는 그 한분자중에 에폭시기 (-CH-CH<sub>2</sub>)를 적어도 2개 이상 갖는 화합물을 총

칭한다. 현재 각종 에폭시 수지가 시판되고 있으나 그중에서도 제일 많이 보급되고 있는 것은 비스페놀형 에폭시 수지로서 그 화학구조는 다음과 같다.



이 수지는 에피클로로히드린과 비스페놀A와의 축합반응에 의해 합성된다. 일반적으로 에폭시 수지는 polyamine, polyamide, polysulfide 등의 경화제와 반응하여 분자구조가 3차원화 하여 각종 재료와 강하게 접착하고 내약품성이 우수하다. 에폭시 경화반응의 대표적인 예는 다음과 같다. 이것은 에폭시 수지와 제1급 아민과의 경화반응이다.



에폭시 도막방수제는 거의가 기재와 경화제로 이루어진 2성분이고 기재는 에폭시 수지, 탄산칼슘, talc 등과 같은 충전제, 희석제, 콜탈과 같은 변성제, 경화제는 폴리아민과 아미드 등으로 이루어지고 각각 그들의 성분을 잘 혼합하여 제조한다.

표-8. Tar epoxy 도막방수제의 배합(예)

기	재	에피코트 871	30 phr
		ADK-EP 4000	70
		콜타르	100
경	화	Talc	50
		CaCO <sub>3</sub>	50
제	제	ADK-EH-551	55
		콜타르	45

### 4. 도포침투방수

도포침투방수(surface coating water proofing)는 콘크리트나 몰탈 등으로 된 방수하지에 합성수지나 발수성 물질의 용액 혹은 수성 dispersion (latex, emulsion)을 도포하여 폴리머나 발수성 물질로 충전하여 그 충전효과나 발수효과를 이용한 방수공법이고 여기에 쓰이는 재료를 도포침투방수재라고 부른다. 이 공법은 하지의 표면에 피막을 형성한다고는 볼 수 없으므로 도막방수와 구별된다.

도포침투방수재를 그 화학조성에 따라 분류하면 그림 7과 같다.

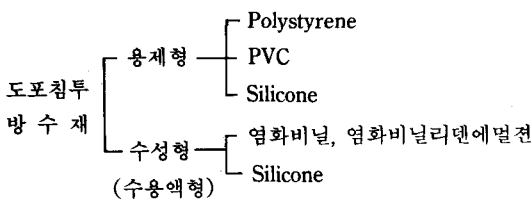


그림. 7. 도포침투방수재의 종류

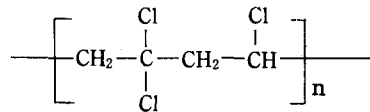
#### 4.1 실리콘 도포 침투방수재

silicone 도포침투방수재는 용제형과 수용액형의 2가지 종류가 있다. 용제형은 methylsilicone vanish를 적당한 용제에 용해시켜 사용하고 또한, 수용액형은 methylsilicone vanish와 알카리와의 반응으로 합성한 sodium methyl silicate를 물에

용해하여 제조한다.

#### 4.2. 염화비닐, 염화비닐리덴 에멀전 도포 침투방수재

염화비닐, 염화비닐리덴 에멀전은 염화비닐과 염화비닐리덴이 copolymer로서 다음의 구조를 갖는다.



이것은 기체불투과성, 내수성, 내약품성 등이 우수하다.

#### 4.3. Polystyrene 도포침투방수재

Polystyrene은  $\left[ -\text{CH} - \text{CH}_2 - \right]_n$ 의 구조를 갖는



합성수지로서 흡수저항성, 내충격성, 내후성, 내약품성이 우수하다.

표-9. Polystyrene 도포침투방수재의 배합비(예)

A액과 B액을 잘 교반혼합 용해하여 제조한다.

A액	Polystyrene	100g	상온에서 용해
	Xylene	400g	
B액	Polypropylene	25g	가열 용해
	Alkylbenzene(C <sub>10</sub> ~C <sub>15</sub> )	25g	

#### 4.4. 도포침투방수재의 성질

도포침투방수재는 시공후 콘크리트나 몰탈의 내부에 연속한 polymer film을 형성하고 일반적으로 이것이 발수성을 갖기 때문에 충전효과와 발수효과의 상승작용에 의하여 방수성을 발휘하게 된다.

이 경우 도포침투방수재의 침투 깊이는 그 자체



및 하지의 종류에 따라 다르지만 통상은 2~5m/m이다. 일반적으로 콘크리트 건조물의 표면에는 세멘트중의 수용성 성분이 용출하여 소위 efflorescence 현상이 생기기 쉬우나 이를 방지하기 위한 대책으로서 도포침투방수재 사용이 효과가 있다.

마지막으로 발수성(water repellency)의 이론에 대하여 설명키로 한다. 기액계면과 고체간의 접촉간을  $\theta$ 로 하고  $r_s, r_L, r_{SL}$ 을 각각 고체의 표면장력, 액체의 표면장력, 고체/액체 계면장력이라고 하면

$$r_s = r_{SL} + r_L \cos \theta \dots\dots\dots (1)$$

부착력  $W_{SL}$  즉 고체로부터 액체를 분리시키는데 요하는 단위면적당의 에너지와 표면장력과의 관계를 나타내는 Dupre의 식에 의하면

$$W_{SL} = r_s + r_L - r_{SL} \dots\dots\dots (2)$$

(1) (2) 식으로부터

$$W_{SL} = r_L (1 + \cos \theta) \dots\dots\dots (3)$$

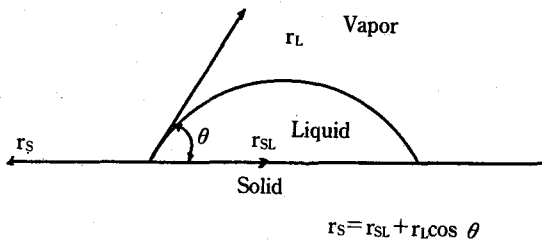


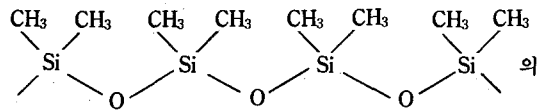
그림. 8. 접촉각

을 얻을 수 있고 이것을 Young식이라 한다. 이 식은 접촉간  $\theta$ 가 고체에 대한 액체의 부착력  $W_{SL}$ 과 액체의 표면장력(자기응집력)  $r_L$ 과의 비에 의하여 정해진다는 것을 나타낸다.

따라서 일반적으로 표면장력의 크기만큼 접촉

간은 커지고, 접촉각이 만큼 발수성은 커진다. 고체표면에서의 접촉간이  $100^\circ$ 를 넘으면 작은 방울이 되고 비교적 용이하게 표면으로부터 떨어져 나오게 된다. 통상 친수성 고체표면(즉, 물에 인력을 갖는 표면)은 표면이 methyl기로 된 파라핀, 고급지방산, 아민, 금속비누 등의 단분자막으로 처리하면 상당한 발수성을 얻을 수 있다.

또, 실리콘은



화학구조를 갖고 이것으로 고체표면을 처리한 경우는 물과 -Si-O-Si-O 구조간에 methyl기 층이 만들어져 큰 발수성을 갖는다. 표10에는 각종 고분자 재료의 접촉간을 나타낸다.

표-10. 각종 고분자 재료의 접촉간

재료의 종류	물에 대한 접촉각( $\theta$ ), °
Paraffin	105~114
Stearic acid	96
Polyvinyl · vinylidene chloride	80
Polyvinyl chloride	87
Polyvinyl fluoride	80
Polyethylene	94
Polystyrene	91

참 고 문 헌

1. 大浜嘉彦 ; 高分子防水, 高分子刊行會(1972)
2. 波木, 文浜 ; Plastic Concrete, 高分子刊行會(1965)
3. W.H.Gumperty ; Elastomeric Roofing, Architectural and Engineering News (Sept.1969)
4. 清野 ; 防水ジャーナル, 1(3)10-16(Nov.1970)