

콘크리트 발수제용 Silane의 유화

황인동* · 염희남** · 정윤중

*(주)세일콘 부설연구소, **기술표준원 무기화학과, 명지대학교 세라믹공학과
(2000년 3월 3일 접수)

The Emulsification of Silane as Water Repellent for Concrete

In Dong Hwang,* Hee Nam Youm** and Yun Joong Chung

*Seilcon R&D Center, Ansong-Si, 456-930, Korea

**Inorganic Chemistry Division of Agency for Technology & Standard, Kyonggi-Do, 427-728, Korea

Dept. of Ceram. Eng., Myongji Univ., Yongin-Si, 449-728, Korea

(Received March 3, 2000)

초 록

현대의 콘크리트 구조물은 열악한 환경 변화에 의해 보호 되어져야할 필요가 있다. 이를 위한 방법으로 콘크리트의 물성 기질을 위하여 Admixture의 사용, 보호 coating, 함침(Impregnation)등의 기법이 이용되고 있으며 이중 함침은 가장 효과적이며 경제적이고 우수한 방법 중의 하나이다. 함침은 콘크리트를 구성한 후 여기에 화학 재료를 흡수시키고 이들이 반응에 의하여 구조물과 일체화되는 것을 말하며 재료로써는 Polyester, Acrylic polymer, Epoxy, 실리콘 유도체들이 이용된다. Silane은 일반적으로 가교 후 발수효과가 탁월하고 대기 및 환경변화에 안정적이며 매우 폭 넓게 방수재료, 발수재료로 사용되고 있으며 교량의 경우 흡수 방지제로 이용된다. Silane은 유기물이며 반응성을 갖은 물질로써 유기 희석제에 희석되어 사용되고 이는 환경 오염 뿐만 아니라 인체에 매우 유해하다. 그러므로 이를 유화(Emulsify)하여 유기용제의 사용을 억제하여 환경 보호와 인체의 유해성을 감소시킬 필요가 있으나 그 특성상 매우 불안정하고 장기 보관이 어려우며 내부 반응에 의하여 단량체로써의 우수한 성능을 상실하게 된다. 본 실험은 유해성과 환경 오염을 줄이기 위하여 Silane을 유화하고 이의 성능 변화를 검토하였다. Silane의 유화는 O/W형 유화제와 W/O형 유화제가 이용되어야하며 유화 안정제로써 PVA를 0.24% 사용하여 유화하였을 때 크림상에서 안정하였으며 유화된 에멀전은 6개월 후에도 발수성능인 침투깊이는 4 mm이상, 흡수비 0.1 이하로 측정되어 유화계가 잘 보존되고 있음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Recently, the protection of construction is demanded with environmental pollution. These protect modes are use of concrete admixture, coat of protective polymer and impregnate of surface with chemicals etc. The most widely used impregnation is economical and effective. The define of Impregnation for construction protect is reacted in and consolidated substrate after absorbed. The impregnation agents are Polyesters, Acrylic monomers, Epoxy and Silicone derivatives. Commonly, because the Silane has good water repellency and environmental advantages that it widely used to water proofing agents, dampproofing agents and absorption reducer for concrete of bridges. When application of Silane, it occurs pollution and harmfulness as included organic solvent. The manufactures have tried to emulsification of Silane for the reducing of the defects. The Silane emulsion is vary unstable and does not stored long periods, and it is diminished in good properties with internal reaction. In this study we tried to emulsification of Silane for effectiveness improvement and reduce pollution and hazard and discussed properties variation of emulsion. The Silane emulsions are achieved emulsifying with W/O and O/W type surfactants. It used 0.24% PVA as protective colloid and stable phase is creamy. The creamy Silane emulsion performance as the penetration depth and water absorption rate are above 4 mm and below 0.1. It stable about 6 month at room temperature.

Key words : Silane, Emulsion, Water repellent, Impregnation

1. 서 론

일반적으로 콘크리트 구조물은 기공과 모세관 구조에 의하여 물 또는 습기에 흡수 및 함습, 함수하게 된다. 이러한 흡수현상으로 인한 손상은 적어도 옥외 구조물이거나 수분과 접촉이 많은 경우일수록 동결융해와 물에 포함될 수 있

는 화학 부식물에 의하여 손상을 입게되므로 손상을 방지하기 위하여서는 재료가 가지고 있는 흡습성을 완전히 제거시키거나 적어도 어느 정도까지는 줄여야 한다.¹⁾ 따라서 이러한 목적을 달성하기 위해서는 재료가 물을 흡수하는 능력을 작게 하거나, 수분 배척능력(또는 발수능력 ; Water repellency)을 갖게 할 수 있다. 근래의 가장 효과적인 사용

되는 재료로써 유기규소화합물인 실리콘이 있으며 오일, 수지용액 또는 에멀전, 분말로써 구조재료에 첨가되거나 도포되어 사용된다. 건설 부분에서는 Mortar, Gypsum 및 Limewash 등에 첨가되어 발수층을 형성시킴으로써 수분의 흡수능력 억제 또는 배척능력을 부여하는데 사용된다.²⁾ 실리콘이 건축이나 토목에 적용된 것은 1980년대에 시작되어, 이 후 매우 급속히 증가하였고 초기 실리콘 수지를 중심으로 발전하였으나 실리콘수지는 건축물에 이용되었을 때 박막의 광분해 및 물리적 침식에 의한 발수층의 파괴로 인해 내구성이 나쁜 단점이 있었으며³⁾ 최근 이를 개선하기 위한 방법으로 impregnation(함침) 기법이 도입되었다. 함침은 단량체(Monomer) 또는 분자량이 작은 저 중합체(Oligomer)를 구조체 내부에 포함시킨 후 고분자화하는 기법으로 첨가 재료를 구조물에 변화를 주지 않고 일체화시켜 이탈과 탈락이 없을 뿐만 아니라 구조물이 파괴될 때까지 내구성을 유지시킬 수 있다는 장점을 가지고 있다.⁴⁾ Table 1은 실리콘계 발수제의 분류이다. 이들의 구조는 Fig. 1과 같으며 관능기(Functional ; -R')와 umbrella group(R)으로 이루어져 있으며 단량체의 결합수에 따라 고분자, 저 중합체, 모노머로 분류되고 Table 1에서와 같이 관능기는 Alkoxy group으로 umbrella group(R)은 Alkyl group이 결합되어 반응성과 발수능력 및 안정성을 부여한다. 그러나 umbrella group이 Methyl group일 경우 낮은 알칼리 저항성을 나타내며 Poly Siloxane과 같이 단량체의 결합수가 클수록 콘크리트에 침투되어 함침되는 정도는 작고 발수성능(Water repellency)은 우수하다고 보고된바 있다.³⁾

콘크리트에서 함침의 가장 중요한 요건은 콘크리트 내부에 가능한 깊숙이 침투되고 일체화되어 수명이 연장되는 것이며 구조물 재료의 흡습성(기공, 흡습량), 적용된 함침제 량(소비량, Kg/m²) 및 재료의 종류(분자 크기)와 희석 용액의 침투성능 등에 의해 지배된다.⁴⁾ 함침을 위한 재료 중의 실리콘계 발수제류 중 Silane의 경우 Michael Roth⁴⁾는 Silane의 농도를 20%이상 이용할 것을 주장하고 있으며 이에 따라 대부분의 완제품은 40%의 Silane을 유기 용제에 희석하여 제조되고 있다. 그러나 이러한 Silane은 점도가 매우 낮기 때문에 벽체 및 경사면에 적용하기가 적절하지 않을 뿐 아니라 콘크리트의 표면에 요철 면이 형성되기 때문에

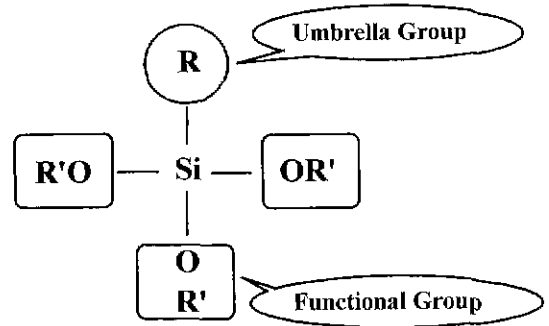


Fig. 1. Silicone water repellent structure.

고른 함침 효과를 부여하지 못하고 유기용제의 사용에 따른 유해성과 같은 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 이를 수용화한 후 적절한 점도를 유지케 하고 Silane의 휘발도(Volatility)를 낮추어 함침 효과를 높일 수 있는 방법⁶⁾이 일본의 도요인크, 독일의 Wacker사 등에서 연구되어 Silane의 분산상(Emulsion)으로 제안되어 판매되고 있다. 그러나 반응성이 큰 Silane의 경우 Fig. 2와 같이 반응이 진행되므로 수분이 존재하는 에멀전화는 매우 어렵다. Fig. 3은 유향된 Silane 에멀전의 함침 경로로써 콘크리트 표면에 분무된 후 응집하고 유착한 후 모세관 내부에서 중합되어 고분자물인 Polysiloxane을 형성하여 기능을 발휘하게된다. 이러한 방법에 의해 콘크리트 내부로 함침되었을 경우 콘크리트는 적어도 수분 및 염소이온의 출입이 차단되어 그 내구성은 증가하게 된다. 근래의 특허⁵⁾에서는 Silane을 유향시켜 안정성을 부여하고 반응에 필요한 수분을 공급할 수 있는 방법이 제안되었고 본 보고에서는 이러한 이론적 배경을 바탕으로 Silane을 유향과 안정성을 부여하기 위한 유향방법을 제시하고 Silane 에멀전의 콘크리트에서의 특성을 고찰하였다.

2. 실험

2.1. Silane과 Polysiloxane의 선택과 확인

본 실험에서는 Silane이 관능기와 umbrella group에 따라 그 반응 속도 및 유향 안정성이 서로 다르므로 관능기로서 Methoxy group 또는 Ethoxy group이, 그리고 umbrella

Table 1. Classes & Characteristics of Water Repellents in World Market

Functional Group	Polysiloxane			Oligomeric Siloxane			Silane		
	Tri-Methoxy	Tri-Ethoxy	Tri-Ethoxy	Tri-Methoxy	Tri-Ethoxy	Tri-Ethoxy	Tri-Methoxy	Tri-Ethoxy	Tri-Ethoxy
Umbrella Group	Methyl	Iso-Butyl	n-Octyl	Methyl	Iso-Butyl	n-Octyl	Methyl	Iso-Butyl	n-Octyl
Characteristics	Poor Penetration Depth Good Water Repellency			High Penetration Depth Good Water Repellency			Ultra High Penetration Depth Low Surface Beading Effect		
	Poor Alkali Resistance	Good Alkali Resistance	Good Alkali Resistance	Poor Alkali Resistance	Good Alkali Resistance	Low Volatility	Poor Alkali Resistance	Good Alkali Resistance	Low Volatility

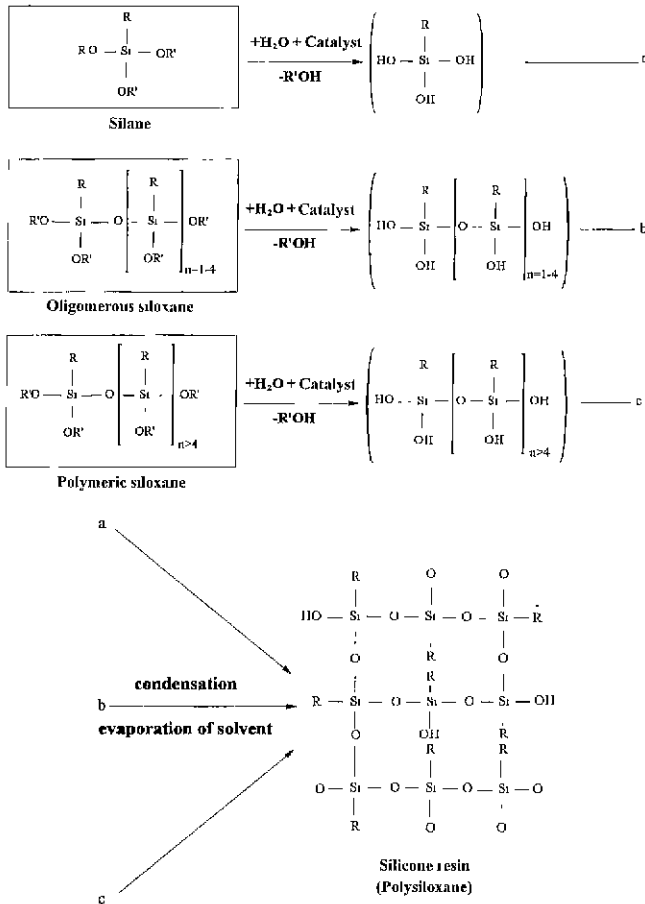


Fig. 2. Chemical reaction at the production and application of water repellents.

group으로 iso-buthyl과 Octhyl이 결합된 iso-butyltrimethoxy silane(IBTMS), iso-butyl triethoxy silane(IBTES) 및 octyl triethoxy silane(OTES)의 3가지 Silane을 선정하였으며 그 특성은 Table 2와 같다. 유화의 안정성을 부여하기 위하여 선택한 polysiloxane은 D사의 시판 제품으로 “상품명 10,000CS와 60,000CS”를 사용하였다. 이들의 특성 확인을 위하여 FT-IR, GPC, Viscometer를 이용하였다. FT-IR은 BIORAD FTS-165 및 liquid cell을 이용하였으며, WATERS 600 Model GPC을 이용하여 분자량을 확인하였다.

Table 2. Characteristics of Silanes and PolySiloxanes

Impregnating agent and Stabilizer name	Classification	Ingredient Content(%)	Molecular Weight(g/mol)	Viscosity(cps)
Silane	IBTMS*	98	178	-
	IBTES**	98	265	-
	OTES***	98	321	-
Polysiloxane	10,000CS	40	24,500	10,000
	60,000CS	40	45,400	60,000

*IBTMS : Iso-Butyltrimethoxy Silane
 **IBTES : Iso-Butyltriethoxy Silane
 ***OTES : n-Octyltriethoxy Silane

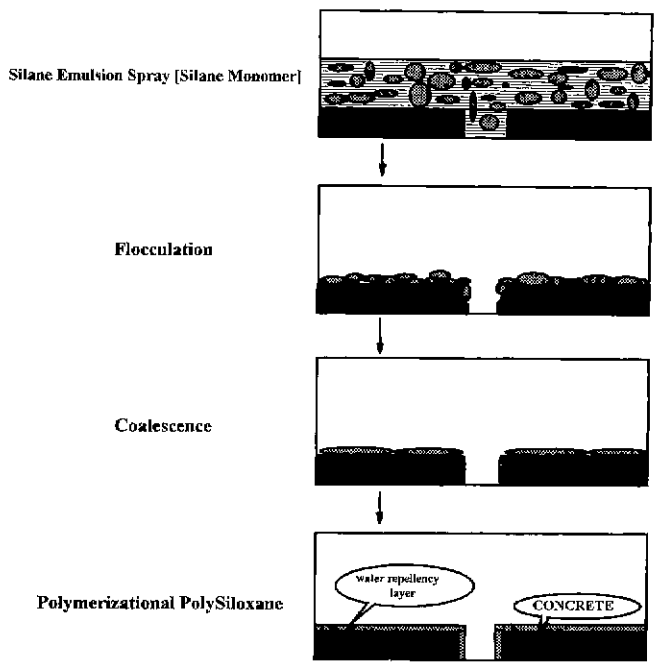


Fig. 3. Impregnation of silane in concrete.

2.2. Silane의 유화를 위한 유화제의 선정

에멀전이란 입자 콜로이드로써 에멀전을 만드는 방법은 물 안에 기름이 첨가되어 분산상을 이루는 경우와 기름 안에 물이 첨가되는 경우가 있으며 전자를 O/W형 후자의 경우 W/O형이라고 칭하며 O/W형에 이용되는 유화제는 물에 용해성이 뛰어나며 W/O형에 이용되는 유화제는 기름에 용해성이 뛰어나다. Silane의 유화를 위하여서는 W/O형 유화제와 O/W형 유화제가 이용되었으며 이들의 유화를 위하여서 Fig. 4와 같은 특별히 제조된 유화 반응기를 사용하였으며 impeller의 회전속도는 0~2,000 rpm의 가변 혼합기를 사용하였다.

2.3. Silane의 유화(Emulsification)

에멀전은 유기물이 물에 매우 작은 형태로 고르게 분산되어 있는 상태이거나 반대로 유기용액에 물이 분산되어 있는 형태를 갖는다. 이러한 입자의 분산은 유화제에 의하여 이

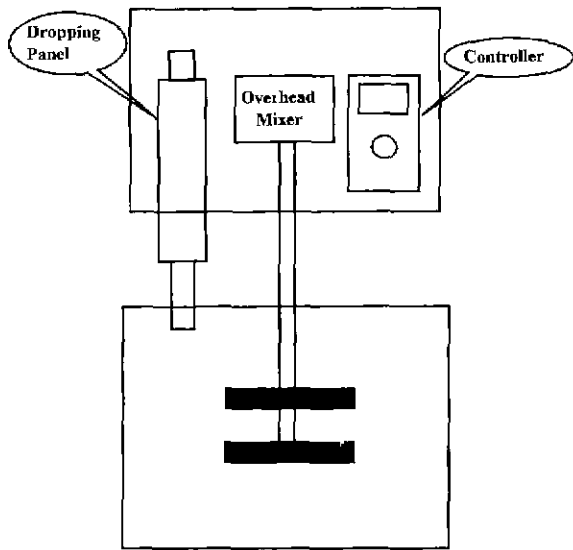


Fig. 4. Emulsification reactor for silane emulsion.

루어질 수 있으나 장기간 보존하기 위하여서는 입자간의 응집력에 의한 입자의 응집을 방해하여야 할 필요가 있으며 이를 위하여 분자량이 큰 물질을 첨가하게 되는데 이를 보

호콜로이드라 한다. 본 시험에서는 Silane과 물에 유화제를 포함시킨 후 여기에 보호 콜로이드로 PVA와 Cellulose를 이용하여 에멀전을 안정화시켰다. Silane 360 g에 1 g의 유화제를 용해시킨 후 144 g의 물에 1.5 g의 Surfactant와 5 g의 PVA를 첨가시켰다. 물에 Silane 혼합물을 3분간에 걸쳐 dropping하면서 1,000~1,500 rpm으로 교반하여 Cream상의 백색 유화물을 얻었다. 이들에 대하여 유화안정성의 확인을 위하여 6개월간 상온에서 방치한 후 유화물의 점도 및 분자량을 확인하여 안정성 여부를 확인하였다. 유화제 및 보호콜로이드의 최적 함량을 결정하기 위하여 단량체, 물, 유화제의 량을 변화시켰다. 이들의 유화를 위한 조합은 Table 3과 같이 변화시켰다.

2.4. 유화물의 안정성 확인

에멀전은 상온(10-20°C)에서 보관하여 일정기간동안 관찰하였다. 시험은 7,000-18,000 rpm(Hitachi Ultra Centrifugator 20PR-52D)으로 각각 1시간동안 원심 분리 후 유리 기름량을 측정하였다. 또한 분자구조의 변화확인을 위하여 유화 즉시와 보관 6개월 후의 IR spectrum분석과 GPC분석을 실시하였다.

Table 3. Emulsification Formula for Silane Cream

Class of Silane	IBTMS				IBTES				
	Form No	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
Silane		70.42	71.13	74.91	74.91	70.42	71.78	71.78	71.42
Polysiloxane		3.69	11.29	11.88	27.13	22.41	5.08	5.08	10.12
Surfactant(W/O+O/W)		2.20	2.22	2.33	2.20	2.20	2.54	2.54	3.04
Protective colloid PVA/Cellulose		0.25/0	0.25/0	0/0.27	0/0.25	0.25/0	0.26/0	0/0.26	0/0.25
water		23.44	15.11	10.61	0	4.99	20.34	20.34	15.17

Class of Silane	OTES								
	Form No	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16
Silane		82.52	73.89	66.73	60.75	81.63	79.32	77.13	75.07
Polysiloxane		4.33	3.87	3.73	3.33	2.29	5.67	8.26	10.72
Surfactant(W/O+O/W)		1.17	1.05	0.95	0.86	1.17	1.13	1.10	1.07
Protective colloid PVA/Cellulose		0.29/0	0.26/0	0.24/0	0.22/0.43	0/0.29	0/0.28	0/0.28	0/0.27
water		11.69	20.93	28.35	34.41	13.99	13.6	13.23	12.87

Class of Silane	OTES							
	Form No	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23
Silane		73.18	72.16	70.62	68.48	71.33	72.86	73.26
Polysiloxane		2.61	2.58	2.52	2.44	2.68	2.51	2.47
Surfactant(W/O+O/W)		0.26	0.52	1.00	1.95	0.53	0.50	0.49
Protective colloid PVA/Cellulose		0.26/0	0.26/0	0.25/0	0.24/0	0/0.53	0.25/0	0.24/0
water		22.91	24.48	25.61	26.91	25.46	23.88	23.54

Table 4. Test Methods of Water Repellent

Test Method		Limit	Remark
Relative Water Absorption		under 0.1	24Hrs Immersion in Water
Penetration Depth(mm)		over 5	after 14 days curing
Chemical Resistance	CaCl ₂	No Damage	72 Hrs Immersion in 5% Solution
	Na ₂ SO ₄	"	72 Hrs Immersion in 10% Solution

2.5. 콘크리트에서의 성능 검토

Silane을 유화한 후 Table 4의 발수제 시험 방법에 따라 상대 흡수비, 침투 깊이, 화학저항성을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 유화물의 안정성을 위한 유화제의 선택

Table 5는 제조된 유화 분산상의 24시간 동안의 상태를 관찰한 것이다. Silane으로써 IBTMS(Table 5. Form No #1 #4)와 IBTES(Table 5. Form No #5 #8)이용한 경우 24시간 내에 기름층 분리가 발생하였다. OTES를 이용한 경우(Table 5. Form No #9 #16) Cream상으로 도달한 후 기름층의 유출이 발생하지 않아 OTES를 기초로 하여 유화를 시도하였고 유화제 및 보호콜로이드의 최적 함량을 결정하기 위하여 물의 량을 변화시킨 결과이다. 보호콜로이드는 유화 입자간의 응집에 적절한 입체 장애를 주어 응집 발생을 억제하였으며 0.26% 이상에서 안정한 유화물을 얻을 수 있었다. 그러나 그보다 낮은 농도에서는 6개월 이내 유화물

의 기름층 유출이 발생하였으며 Cellulose를 보호 콜로이드로 사용하였을 경우 중합되어 응고되었다. 보호 콜로이드로 PVA와 Cellulose를 동시에 사용하여도(#11) 중합하여 응고하여 추출되었다. Form No #17 #23은 유화제량을 변화시킨 것이다. #23을 제외하고 모두 기름 유출이 발생한 후 분리되었으나 #23의 경우 6개월 이상 분리되지 않았다. 이는 W/O형 유화제와 O/W형 유화제를 유화물에 대하여 0.49%로 하고 여기에 보호 콜로이드로 PVA 0.24%를 첨가하고 그 에멀전이 크림상을 형성하였을 경우 유화 분산상은 유화제가 크림상임에도 불구하고 장기간 안정함을 볼 수 있었다. 이는 일반적으로 단량체 및 기능성 고분자의 안정을 위한 유화물의 안정성에 위배하는 것으로 대부분의 유화 분산상이 소량의 점도를 갖는 에멀전상과는 상이하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 OTES Silane으로한 에멀전(Table 6. Form No #23)의 유화 직후와 6개월 후의 IR Spectrum 결과이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 분산 직후와 6개월 후의 적외선 분광 흡수 Spectrum의 차이는 발견되지 않았다. 이는 Silane이 수분 존재 하에서 매우 민감하게 중합됨을 비추어 볼 때 중합이 일어나지 않은 것으로 판단된다. Fig. 7은 Silane에멀전의 유화 직후의 GPC에 의한 분자량 분포이며 Fig. 8은 6개월 후의 분자량 분포이다. 이들의 분자량 분포는 평균 분자량이 1575로써 변화하지 않았다. 이는 적외선 분광 스펙트럼에서 추정하였던 분산계의 안정함과 일치한 것이다. Fig. 9는 2층으로 분리된 유화 분산상의 GPC이다. 하층(under layer)에서 평균 분자량이 6개월 후 16,927로 증가하여 분자량 변화가 발생한 것으로 보인다. Table 6은 1시간동안 원심 분리한 후 유리물 즉, 유리기름량을 측정하

Table 5. Phase Variation of Emulsion after 24 Hours and 6 Months

Test Item	Phase of Emulsion								
	Form No	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8
After 24 hour		2	2	2	2	2	2	2	2
After 6 months		2	2	2	2	2	2	2	2

Test Item	Phase of Emulsion								
	Form No	#9	#10	#11	#12	#13	#14	#15	#16
After 24 hour		1	1	1	1	1	1	1	1
After 6 months		2	2	2	2	2	2	2	2

Test Item	Phase of Emulsion							
	Form No	#17	#18	#19	#20	#21	#22	#23
After 24 hour		1	1	1	1	1	1	1
After 6 months		2	2	2	2	2	1	1

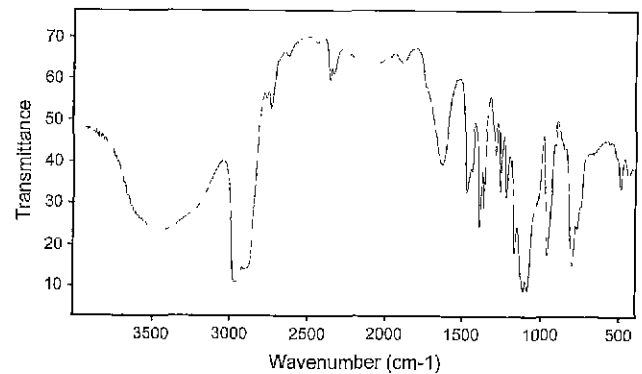


Fig. 5. IR spectrum of silane emulsion soon after emulsification (OTES based emulsion form # 23).

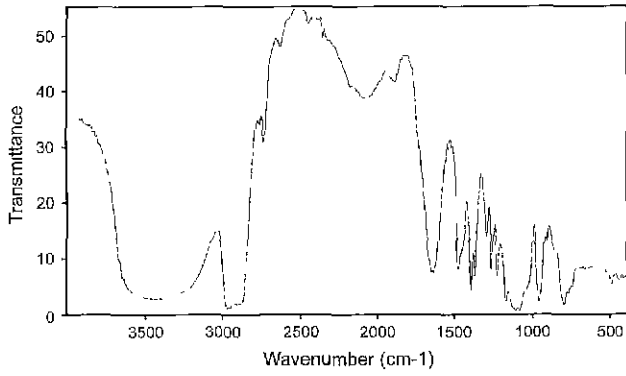


Fig. 6. IR spectrum of silane emulsion during 6 months after emulsification (OTES based emulsion : form # 23).

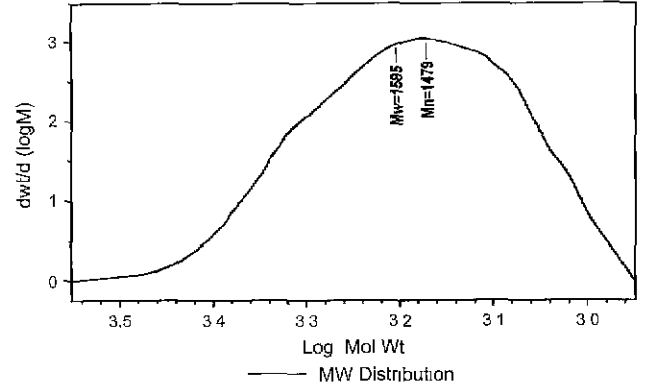


Fig. 8. GPC spectrum of silane emulsion during 6 months after emulsification (OTES based emulsion : form # 23).

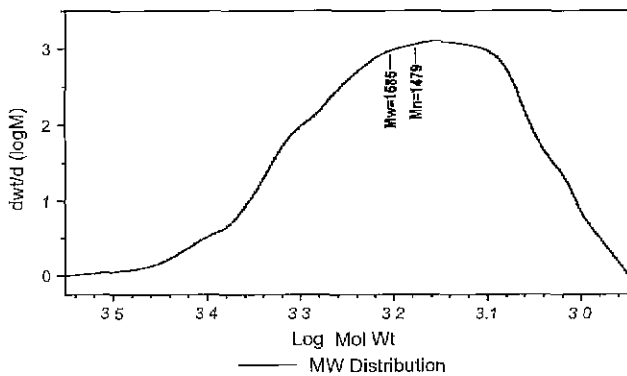


Fig. 7. GPC spectrum of silane emulsion soon after emulsification (OTES based emulsion : form # 23).

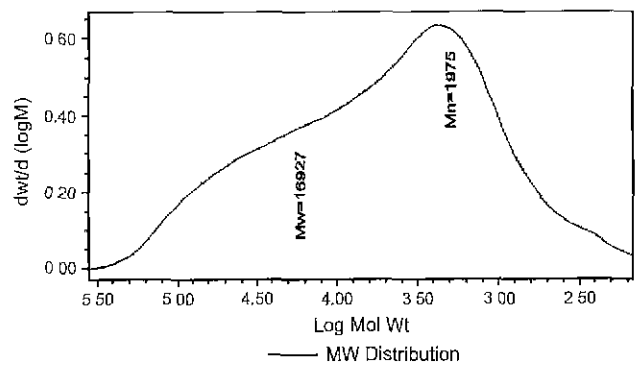


Fig. 9. GPC spectrum of the under layer silane emulsion (OTES based emulsion : form # 19).

Table 6. Release Water Amount of Emulsification of Silane

Form No.	After 6 month (layer)	After centrifugal (layer)	Release water (%)	Form No.	After 6 month (layer)	After centrifugal (layer)	Release water (%)
1	2	2	40	13	2	2	22
2	2	2	33	14	2	2	19
3	2	2	21	15	2	2	22
4	2	2	-	16	2	2	23
5	2	2	31	17	2	2	30
6	2	2	37	18	2	2	24
7	2	2	23	19	2	2	25
8	2	2	21	20	2	2	37
9	2	2	23	21	2	2	27
10	2	2	38	22	1	1	36
11	2	2	25	23	1	1	1
12	2	2	30				

여 안정성을 비교한 것으로 7,000~18,000 rpm에서 유화물을 원심 분리한 결과이다. 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 크림형태로 되지 않은 유화 분산상의 경우 쉽게 2층으로 분리되어 분산상이 파괴되었으나 #23은 분리되지 않았다. 이

는 6개월간의 안정성을 검토한 결과와 일치하였다.

콘크리트의 함침시 함침되는 물질의 증발 속도는 매우 중요하며 낮은 휘발도를 갖는 재료들로 구성하여 콘크리트내의 흡수시간을 증대시켜야 한다. Table 7은 증발속도를 20

Table 7. Relative Volatility of Silane and Silane Emulsion

Form No.	Volatility at 20(hour)
# 23	16.5
OTES	8.5

*Spray 0.4 Kg/m² on Concrete Surface

°C 표준상태에서 0.4 Kg/m²를 Concrete에 도포한 후 증발 시간을 측정하였다. 표면이 건조 될 때까지의 시간은 OTES에서 8.5시간 #23의 실리콘 에멀전의 경우 16.5시간으로 건조 시간이 약 2배정도 연장되었다. 이는 콘크리트에 적용시 함침제의 흡수시간을 증가시켜 침투능력을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

3.2. Silane 에멀전의 콘크리트에서의 성능

Silane 에멀전 #23과 층 분리된 유화 분산상 중 임의로 선택한 #19의 콘크리트에서의 성능 비교 시험 결과는 Table 8과 같다. Table에 따라 콘크리트 시편을 제작하고 이를 14일 수중 양생한 후 50°C에서 48시간 항량이 될 때까지 건조시킨 후 유화 직후와 6개월이 경과한 Silane 에멀전 #23 및 #19를 각각 3.14 g씩 콘크리트 표면에 도포하고 14일후 침투 깊이와 상대 흡수 비율을 측정하였다. Silane 에멀전 #23과 층 분리가 일어난 유화 분산상은 동일한 평균 강도 값으로 제조된 콘크리트에 동일한 량을 도포시켰다. Silane 에멀전의 흡수비는 유화직후 0.03~0.1정도였으며 6개월이 경과한 후 역시 0.03~0.1정도로 변화하지 않았다. 반면 층 분리가 발생한 유화물의 경우 유화 직후 0.83~1.04로 발수 처리 하지 않은 콘크리트와 차이가 발생하지 않아 흡수 방지 효과가 없었다. 침투깊이(penetration depth)의 경우 에멀전의 경우 4 mm이상 보인 반면 층분리가 발생한 유화물에서 6개월 경과 후 측정되지 않았다. 이는 층분리가 발생한

유화물에서 중합에 의한 분자량 증가와 유화제의 흡수작용에 의하여 성능이 발휘되지 않은 것으로 생각된다. Fig. 10은 강도에 따른 Silane 에멀전과 분리된 유화물의 침투 깊이를 측정한 결과를 도시한 것이다. 침투 깊이는 강도가 높을수록 감소하였고 이는 콘크리트 내에 존재하는 모세관의 크기가 작아지고 상대적으로 표면에 존재할 수 있는 Silane의 량이 시간에 따라 작기 때문이라고 생각된다. Fig. 11은

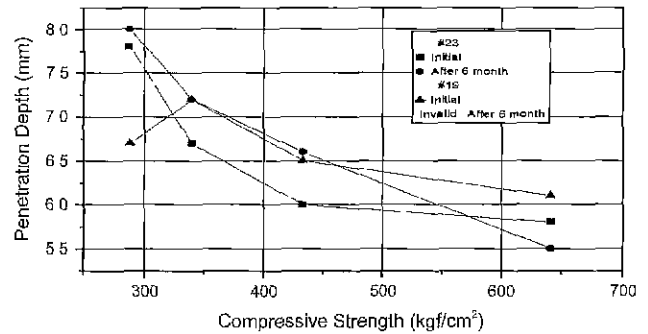


Fig. 10. Relationship of penetration depth and various compressive strength of concrete.

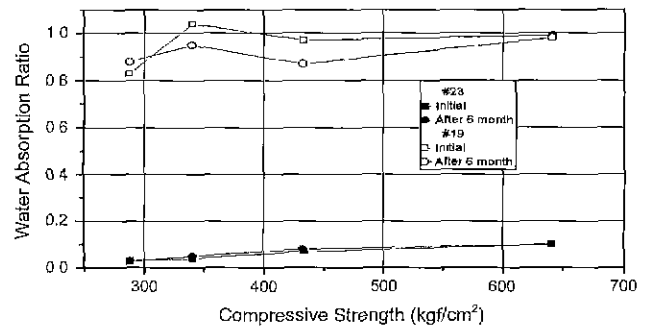


Fig. 11. Relationship of water absorption and various compressive strength of concrete.

Table 8. Water Repellent Performance Results of Silane Emulsion for Concrete

Form No.	Cement	Sand	Gravel	Water	Compressive strength (Kgf/cm ²) 28Days	Water Absorption Ratio(24Hrs Immersion)		Penetration Depth(mm)		Chemical Resistance			
						Initial	After 6 Month	Initial	After 6 Month	CaCl ₂		MgSO ₄	
										Initial	After 6 Month	Initial	After 6 Month
# 23	357	795	940	189	288	0.03	0.03	7.8	8.0	No	No	No	No
	420	728	972	172	340	0.04	0.05	6.7	7.2	No	No	No	No
	521	693	967	177	433	0.07	0.08	6.0	6.6	No	No	No	No
	570	640	950	165	641	0.10	0.10	5.8	5.5	No	No	No	No
#19	357	795	940	189	288	0.83	0.88	6.7	Invalid*	S	DD	S	DD
	420	728	972	172	340	1.04	0.95	7.2	Invalid*	S	DD	S	DD
	521	693	967	177	433	0.97	0.87	6.5	Invalid*	S	DD	S	DD
	570	640	950	165	641	0.99	0.98	6.1	Invalid*	S	DD	S	DD

*No : No surface damaged S : Slightly damaged DD : Deep damaged
 **Invalid : Water repellency disappeared soon after immersion of specimen in water

강도별 흡수비이다. Silane 에멀전의 경우 강도에 따라 증가하였으며 이는 고강도에서의 콘크리트의 흡수량이 작아지므로써 발생하는 것으로 생각된다.

4. 결 론

Silane은 콘크리트 보호용 함침 재료로써 매우 유용한 재료이나 수용화 하였을 경우 침투성능 등의 개선뿐만 아니라 유기용제의 사용으로부터 발생하는 공해 방지 등의 장점이 있으나 에멀전화가 매우 어렵다. 그러므로 본 논문에서는 에멀전화를 위한 적절한 방법을 제시하였고 그 결과

1. Silane의 반응성 안정화를 위한 유화제로는 W/O형과 O/W형 유화제를 모두 사용하는 것이 Silane을 안정화 할 수 있었다.

2. 보호 콜로이드로써 Cellulose는 Silane이 반응하여 경화되었으며 PVA를 0.24% 사용하였을 경우 안정한 에멀전을 얻을 수 있었다.

3. 안정한 Silane 에멀전은 유화 분산상이 creaming 되어야 안정하였다.

4. 유화를 위한 계면활성제의 사용은 1.95% 이상을 사용할 경우 발수력이 급격히 감소하였다.

5. Silane의 유화 분산상은 OTES보다 건조시간이 약 2배로 증가하였고 에멀전을 6개월 보존한 후에도 400 Kgf/cm² 이상의 콘크리트에서 침투 깊이와 흡수비는 각각 4 mm와 0.1 이하로 측정되어 에멀전계는 안정하게 유지되고 있음을 알 수 있었다.

이상의 결론을 종합하면 유용한 함침제인 Silane은 W/O형 및 O/W형 유화제를 사용하고 PVA를 보호콜로이드로

이용하여 에멀전화 하여 계를 장기간 보존할 수 있으며 반드시 Ceaming 되어야 한다. 또한 반드시 크림상으로 도달하지 않은 유화계는 6개월 이내에 파괴되었다. 반응성이 뛰어난 단량체를 유화하는 방법을 제시하였으나 이러한 계의 안정 영역에 대한 이론적 분석이 필요하며 계속 진행할 것이다. 또한 이러한 콘크리트의 함침제의 함침 후 그 내구성에 대한 검토를 화학적 접근에 의하여 실시할 계획이다.

REFERENCES

1. V. S. Ramachandran, "Concrete Admixtures Handbook : Properties, Science and Technology." Noyes Publications, 518 (1984).
2. P. C. Hewlett, R. W. Edmeades and R. L. Holdworth. "Concrete Admixtures. use and Applications" Editor : Chapter 5 Integral Waterproofers for Concrete," M.R. Rixom. Construction press, 55-66 (1977).
3. D. W. Pfeifer and M. J. Scal, "Concrete Sealers for Protection of Bridge Structures," National cooperative Highway research Program Report 244, Washington, 11-13 (1981).
4. M. Roth, "Siliconates-Silicone Resine-Silanes-Siloxanes, Silicone Masonry Water Repellents for the Surface Impregnation of Mineral Building Materials," Publiatio from issue 2/82 "Baugewerbe" Organ des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes Verlagsgesellschaft Rudolf Muller GmbH+co. Koln., 3-7 (1982).
5. W. C. GmbH, "Organopolysiloxane-alkyltrialoxysilane Emulsion for Impregnating Structural Fibre-reinforced Cement Components," Patent No. : US 5,443,627, 1995.