

# 폭로환경하에서 규산질미분말혼합 시멘트계 도포방수재가 바탕모르터의 투수성과 세공구조에 미치는 영향

Properties of Water Permeability and Porosity of  
Cement Mortar Substrate coated with  
siliceous Slurry Coating under Exposure Environment

金炯武\*                      吳祥根\*\*  
Kim Hyong Moo              Oh Sang Keun

---

## Abstract

This paper deals with the properties of water permeability and porosity of cement mortar substrate coated with siliceous slurry coating under the exposure environment.

Conditions of exposure environment are four kinds of in constant temperature water and humidity box, in indoor and outdoor exposure.

Coated mortar substrate was expected continually increase in water and humidity condition, but was not in dry condition.

Watertightness effect of siliceous coating was better in the condition of humidity than the dry condition, and the pore volume was decreased in that condition.

---

## 1. 서 언

최근 규산질미분말혼합 시멘트계 도포방수재료(규산질계 침투성 도포방수재라고도 함, 이하 방수재료라 함)는 습윤환경하의 콘크리트 구조물에 대한 방수성·방식성 향상을 목적으로 수조, 공동구, 정수장, 지하내외벽체 등에 사용되고 있고, 이 재료의 시방서도 대부분 습윤환경하에서의 사용을 기준으로 하고 있으며<sup>1),2)</sup>, 특히 시멘트 액체 방수공법의 대체공법으로 많이 사용되고 있다. 그러나 실제 사용상 및 시공상의 환경조건을 생각하면 시공 부위가 반드시 습윤상태인 것은 아니고, 시공후 사용조건

---

\* 정회원, 서울산업대학교 건축설계학과 교수

\*\* 정회원, 서울산업대학교 건축설계학과 전임강사·공박

변경에 따라 건조되거나, 고온의 영향을 받는 상황이 종종 발생한다.

그러나, 이러한 경우, 방수재료가 콘크리트의 조직에 어떠한 영향을 미치는가에 대한 실정이다.

본 연구에서는 실무적 입장에서 방수재료의 도포부위가 사용 및 시공상에 있어서 예기치 못하는 여러 가지 환경에 놓였을 때 콘크리트의 방수성에 미치는 영향을 검토하였다.

## 2. 환경조건의 설정

방수재료 도포부위에 영향을 주는 환경조건은 크게 일반 대기조건의 영향을 직접 받는 暴露環境과 冷水 및 溫水 속에서 반복적으로 저온 및 고온의 영향을 받는 水溫環境으로 분류할 수 있다. 본 연구에서는 폭로환경을 중심으로 검토하였다.

본 실험에서의 폭로환경은 기준 환경으로서 상시 물에 접하는 수조 및 배수터널, 정수장 등의 수중 환경(水中浸漬)을 기준으로, 그것과의 비교 환경으로서 지하실, 공동구, 터널 등의 내부처럼 습기가 많은 습공환경(濕空中放置), 실내에서 상시 건조상태에 놓여 있는 건조환경(室內空氣中放置), 그리고 온습도 및 건조, 수분의 영향을 반복해서 받는 실외환경(室屋放置)의 4조건을 설정하였다.

## 3. 시험 및 평가 방법

### 3.1 시험체

#### 3.1.1 바탕재

##### (1) 제작

바탕재는 방수재료의 침투성을 강조하여 평가하기 위한 방법으로 자갈의 영향을 배제한 모르터 시험체(φ 10x10cm)를 사용했다. 모르터의 물시멘트비는 65%로 하고 프로치는 200을 목표로 했다. 재료는 보통포오틀랜드 시멘트와 표준사를 사용하였다. 모르터의 조합은 표 1과 같다.

표 1 모르터의 조합

환경조건	시멘트比	물시멘트比 (%)	후로
폭로환경	1 : 2	65	195×197

시멘트 : 普通포오틀랜드시멘트      모래 : 표준사

##### (2) 양생

타설 직후의 시험체를 폴리에스텔 비닐로 덮어씌우고, 24시간 습공양생(20%±2℃, R.H 90%)을 하였다. 그후, 2일간 수중양생(20%±2℃)를 하였다.

#### 3.1.2 방수재료의 도포

##### (1) 방수재료

방수재료는 무기질 단체형(1 Type라 함)과 무기·유기 혼합형(P Type라 함)의 2종을 사용하였다. 사용방수재료의 성분은 표 2와 같다.

##### (2) 도포 및 양생

바탕재 양생 후 표면을 물로 씻고, 각 방수재료를 사양에 따라 도포하였다. 그 후, 방수재가 모르터

표면과 잘 고착할 수 있도록 3일간 습공양생(20%±2℃, R.H 90%)을 하였다. 또 양생기간중, 방수재료를 안정하게 경화시키기 위해, 1일 2회씩 도포 표면에 물을 뿌렸다.

표 2 무기질 도포방수재료의 성분

화합성분 (%)	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	强熱減量	不溶殘分
무기질단체형	12.1	36.2	2.5	1.7	1.3	1.5	3.0	0.3	3.1	38.3
무기유기혼합형*1	10.5	26.5	2.1	0.7	0.6	1.7	0.1	0.2	3.4	54.2

\*1: 혼합시 유기질성분의 용액 (에칠렌 초산 비닐을 중량비 10% 첨가)

(3) 방수재 도포 후의 환경조건 양생

방수재료 도포 후 3일간의 습공양생 후, 방수재료와 시험체와의 고착을 확인하고 각 시험체를 수중, 습공, 실내, 실외 등의 폭로환경하에 소정의 재령기간 동안(7, 28, 90, 180, 360 일) 방치하였다. 환경양생조건은 표 3 과 같고, 실외의 기후조건은 표 4와 같다.

표 3 환경양생조건

바탕모르터 양생	방수재 도포후	
	양생전	폭로환경 (7·28·90·180·360일)
습공1일+수중2일 20℃, 90% R.H.	습공4일 20℃ 90% R.H.	수중(20℃) 습공(20℃, 90% R.H.) 실외 10~30℃, 50~80% R.H. 40~380mm, 6~12월 실내(20~30℃, 20~70% R.H.)

이상과 같이 시험체의 제작, 방수재료의 도포 및 양생, 시료채취의 순서는 그림 1과 같다.

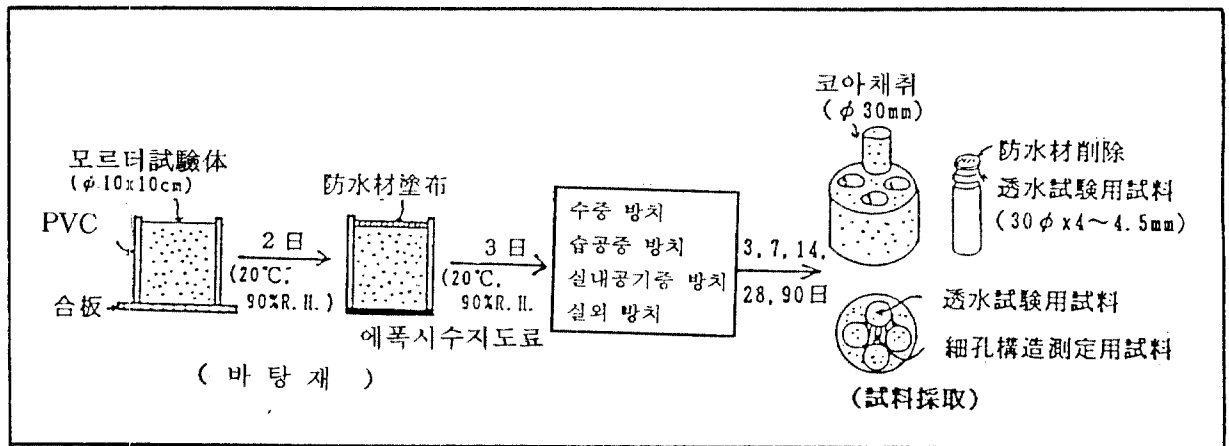


그림 1 시험체 제작 및 양생방법

표 4 실외 폭로지역의 월별평균기온·습도·강우량

월	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
기온(℃)	5.2	7.5	10.4	14.3	18.5	22.6	25.1	27.9	24.3	18.8	14.7	9.8
습도(%)	55	73	54	69	70	78	78	73	76	71	69	54
총강수량(mm)	47	138	93	204	106	128	65	109	379	155	302	42

### 3.2 평가방법

각 환경조건하에 방치한 후 소정의 재령에서 투수성과 조직의 치밀성을 측정하였다. 성능평가는 방수재를 도포하지 않은 모르터 시험체와 비교하였다.

투수성은 투수시험 장치를 사용하여 투수계수를 측정함으로써 평가하고, 투수계수는 각 시료별 3회씩 측정하여, 그것의 평균치를 얻었다.

조직의 치밀성은 수은압입식 포로시메타를 사용하여 세공량과 세공구조의 변화를 측정하고, 각 시료별 3회씩 측정하여 그것의 평균치를 얻었다. 그림 2에 세공량 및 세공구조 변화 측정의 개념을 나타내었다.

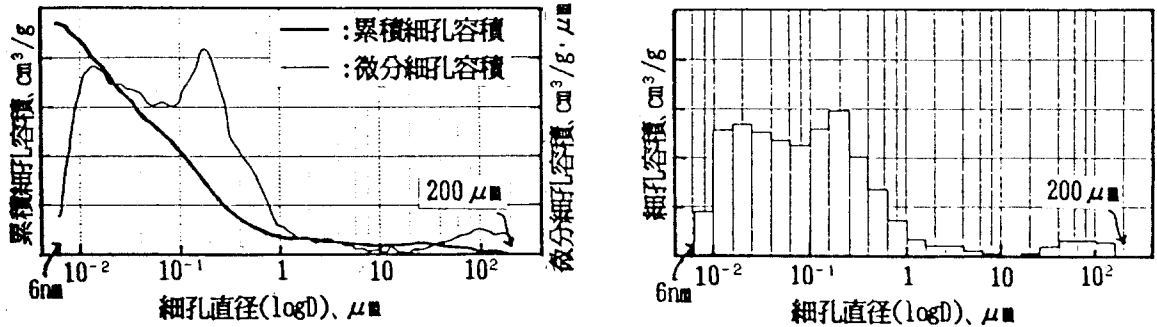


그림 2 세공량 및 세공구조변화 측정의 개념

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 투수계수

#### (1) 방수재료의 도포효과

그림 3에 각 폭로환경조건에 있어서 방수재료 도포 및 무도포 모르터 시험체 시료의 재령진행에 따른 투수계수의 변화를 나타냈다.

투수계수는 수중침적과 습공중 방치 모르터의 경우 재령진행에 따라 점차 감소해가지만, 실내공기중 방치모르터는 반대로 증가한다. 또 옥외방치 모르터는 재령에 따라 감소 혹은 증가하는 경향이 있다. 그러나 어떤 환경조건하에서도 방수재료를 도포한 모르터는 무도포보다 투수계수가 작아 방수재료의 도포에 의한 수밀화가 인정되고 있다. 이 수밀화는 무기질 단체형을 도포한 것이 무기, 유기질 혼합형을 도포한 것보다도 크게 나타난다.

#### (2) 각 폭로환경에서의 투수성의 변화

##### ① 수중 및 습공양생

수중침적 및 습공중 방치에서는 재령의 진행에 따라 투수계수가 감소한다. 이 환경에서는 시멘트 수화 및 침투한 방수재 성분의 반응이 순조롭게 진행되고 있는 것으로 생각할 수 있다.

##### ② 실내공기중 방치

실내의 경우는 재령의 진행에 따라 투수계수가 증가하는 경향이 보인다. 이것은 바탕재가 종일 건조 상태에 놓여, 장기간 지속됨으로써 조직내의 자유수가 증발되어 수화의 진행이 순조롭지 못하고, 건조수축에 의해 표층부에 미세 균열이 발생되었다고 추정된다. 그러나 재령 180일쯤 부터는 그 이상의 투

수성은 변화하지 않았다.

이러한 경향은 방수재료를 도포한 모르터에서도 나타나며, 이때 방수재료 도포 모르터가 무도포 모르터보다 장기재령까지 투수계수가 작은 것은 도포 초기 재령중에 나타난 치밀화 효과가 장기재령까지 지속되는 것과 방수재료층에 의한 바탕재 내부의 수분증발 억제효과에 기인한다고 생각할 수 있다.

그러나, 실제 방수재료의 투수효과가 기껏 2~3mm 내부<sup>1)</sup>까지 밖에 도달하지 않기 때문에 조직이 치밀하게 되었다고 해도 장기간 건조되어 차차 내부의 수분을 잃고 그로인해 방수효과(수밀효과)도 점차 저하했다고 생각된다.

### ③ 실외방치

본 실험조건에서는 재령 28일까지 투수계수가 급속히 상승하였다. 그 이후는 다소 완만해졌다. 이것은 표 4에 나타난 것처럼 주로 강우량의 영향이 작용했음을 알 수 있다. 즉, 실외방치 초기에 강우량이 적고 기온이 높은 때는 바탕재의 건조에 의해 투수성이 커지고, 우천시 수분이 공급되면 다시 수화가 진행되어 모르터의 투수성이 감소한다. 이 경우도 방수재료의 도포효과는 장기까지 지속된다.

이 결과에서 실외환경에서 바탕재의 투수성은 비, 눈 등의 수분 공급과 방수재료층에 의한 바탕재의 보호효과를 통하여 건조환경조건보다는 그다지 큰 영향을 받지 않는 것으로 판단된다.

## 4.2 세공량 및 세공구조

### 4.2.1 세공량의 변화

#### (1) 방수재료의 도포효과

그림 4는 각 폭로환경조건에서 방수재료 도포 및 무도포 모르터의 재령 진행에 따른 세공량의 변화를 나타내었다. 방수재료의 도포효과는 어떤 환경조건하에서도 무도포 모르터보다 치밀화되어 있다. 여기에서도 무기질 단체형 쪽이 무기,유기질혼합형보다 세공량의 감소가 명확하게 나타나고 있다.

#### (2) 폭로환경 조건에 의한 세공량의 변화

##### ① 수중침적 및 습공중방치

재령진행에 따라 세공량이 감소하고, 방수재료의 도포효과도 명확하다. 감소효과는 재령 90일까지 가장 크게 나타나고, 그 이후는 그다지 크게 변하지 않는다.

##### ② 실내공기중 방치

실내에서는 방수재료의 도포 효과(무도포 모르터와의 차)가 다른 환경하에서보다 명확하게 나타난다. 그러나 이 환경 아래에서는 방수재료 도포 및 무도포 모르터도 함께 재령 28일쯤에 급격히 세공량의 증가가 나타나고 그후 다소 감소하지만 감소정도는 초기재령(7일)의 세공용적 이하값까지는 미치지 않고 있다.

이것은 재령 28일까지 건조에 의해 바탕재 모르터의 조직중 수분이 증발함으로써 수화의 정지 혹은 미세균열의 생성에 의한 초기 세공의 증가가 그 요인으로 생각된다.

##### ③ 실외방치

실외에서도 방수재료의 도포효과는 다소 알 수 있으나, 방수재료 종류에 의한 차이는 크게 나타내지 않고 있다. 이것은 투수계수와 같이 재령의 진행과 함께 바탕재의 건조 혹은 강우에 의해 반복된 흡수효과로 인해 세공구조가 변화한 것이라고 추정된다.

이상과 같이 방수재료를 도포한 모르터의 세공용적이 재령의 진행에 따른 다소의 차이는 있지만, 어

떠한 환경조건하에서도 무도포 모르터보다 적은 것은 방수재료의 도포후 조직치밀화가 장기재령까지 지속되는 것과, 방수재료층에 의한 바탕재의 보호효과에 의한 것이라고 생각할 수 있다.

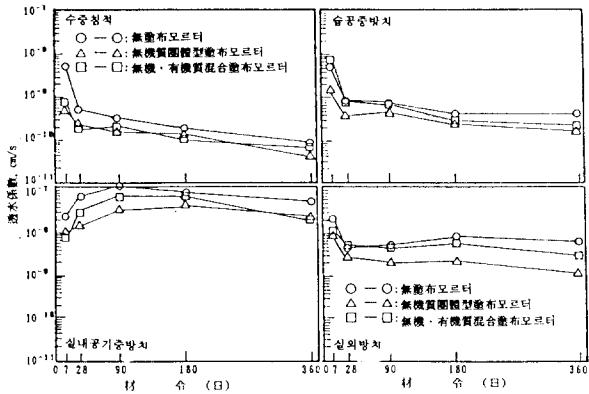


그림 3 방수재료도포 및 무도포 모르터의 폭로환경별 투수계수 변화

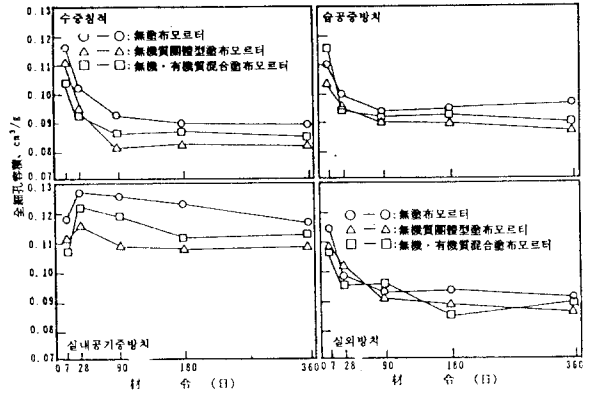


그림 4 방수재료도포 및 무도포 모르터의 폭로현장별의 세공용적의 변화

#### 4.2.2 세공량의 변화

각 시험체의 재령진행에 따른 세공구조의 변화를 폭로환경조건별로 분석하여 그림 5에 나타내었다. 수중침적 및 습공중 방치에서의 세공구조 변화는 방수재료도포 및 무도포 모르터 공히 재령의 진행에 따라 0.1-1 $\mu$ m 사이의 세공(모세관 공극)이 크게 감소하여, 전반적으로 세공조직이 치밀해지고 있음을 나타내고 있다.

실외방치에서는 전술의 수중침적 및 습공중 방치에서의 세공감소 정도는 아니지만, 그 경향은 상호 비슷하게 나타나고 있어, 어느정도 세공감소의 효과가 나타나고 있다. 그러나 실내공기중 방치에서는 재령의 증가에 따라 1 $\mu$ m 이상의 공극이 역으로 증가하고 이는 현상이 명확히 나타나고 있다.

이것은 온도 및 습도의 변화가 적은 수중 및 습공환경하에서는 안정된 수화반응에 의해 조직이 점진적으로 치밀해짐을 나타내고, 실내와 같이 바탕콘크리트가 건조되는 환경에서는 재령증가에 따라 큰 세공이 증가하고 있음을 나타낸다. 실내환경에서 1 $\mu$ m 이상의 세공 증가현상은 바탕콘크리트 조직중의 수분 증발에 기인한 건조수축 또는 미세 균열의 발생으로 생각되며, 이로인한 투수성이 증가되고 있음을 나타낸다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 규산질 미분말 혼합시멘트계 도포방수재료의 도포 부위가 수중, 습공중, 실내공기중, 실외에 노출된 경우, 바탕재의 수밀성 및 치밀성에 어떠한 영향을 미치는 가를 검토함으로써 이하의 결론을 얻었다.

- (1) 방수재료도포후의 시공부위가 습윤환경상태(수중 및 습공중)에서는 바탕재의 수밀화는 지속되지만, 도중 바탕재가 건조되면 그 수밀화의 지속적인 효과는 기대하기 어렵다. 이것은 바탕재가 건조하면 바탕재 조직중에 함유되어 있는 자유수의 증발에 따른 건조수축이 미세한 균열을 발생시키는 것으로 알 수 있다.

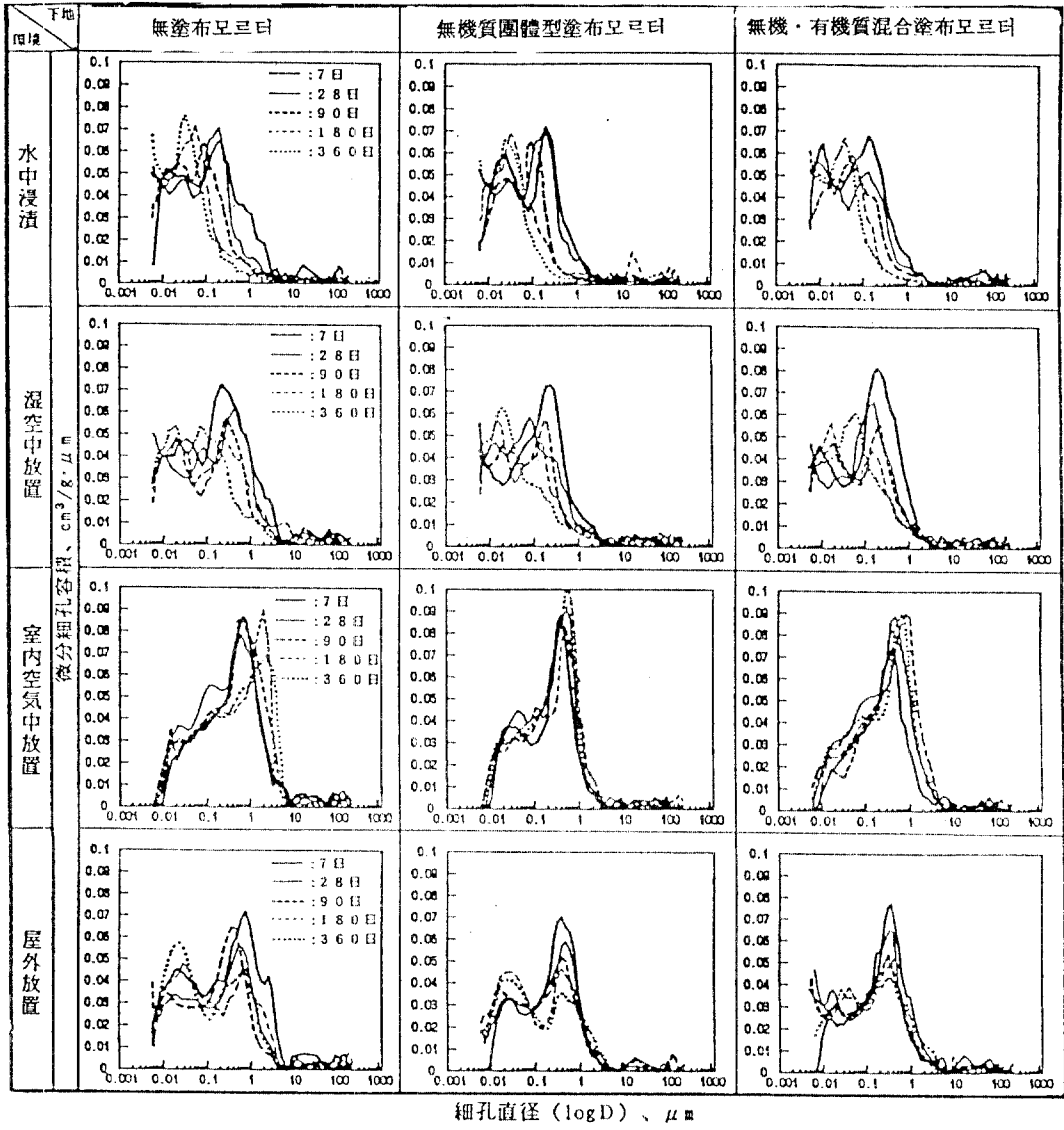


그림 5 각 시험체의 재령진행에 따른 세공구조의 변화

(2) 어떠한 폭로환경하에서도 방수재료를 도포한 모르타의 투수계수 및 세공용적은 무도포 모르타 보다 감소하여 조직의 수밀화 및 치밀화 효과가 인정된다. 이것은 방수재료를 도포한 모르타는 도포 초기의 치밀효과가 환경의 영향을 받아도 장기까지 지속된다는 점은 방수재료층에 의한 바탕재의 보호 때문이라고 생각된다.

다만, 방수재료의 도포부위가 건조되거나 혹은 옥외에 노출된 경우에는 방수재료층의 내구성에 관하여 균열· 건조수축 등의 성능저하 문제도 고려해야 한다.

● 참고문헌 ●

1. 吳祥根 외: 濕潤環境下의 콘크리트의 防水性 향상을 위한 材料 및 工法에 관한 基礎的 研究, 대한건축학회 학술발표 논문집 1992. 4, pp.405~408.
2. 吳祥根 외: 矽酸質微分末混合 시멘트系 塗布防水材料가 濕潤環境下의 콘크리트 微細組織에 미치는 影響, 한국콘크리트학회 학술 발표회 논문집 4권 2호. 1992.11, pp.1~4.