

# 목질섬유 및 구조토 혼입 시멘트 모르타르의 물성에 관한 실험적 연구

## An Experimental Study on the Physical Characteristics of Cement Mortar with Cellulose Fiber and Diatomite

○ 김 경 민\*  
Kim, Kyoung-Min

박 석 근\*\*  
Park, Seok-Keon

이 수 용\*\*\*  
Lee, Soo-Yong

### Abstract

The purpose of this study is to understand the Physical characteristics of cement mortar about humidity control on indoors and wall crack restraint. Experiments were conducted on the strength, water absorption coefficient, drying-shrinking crack, length change, cracks of mortar plaster bases according to mixture rate by mixing cellulose fiber and diatomite into cement mortar.

The excellent tensile & bending reinforcement efficiency of cellulose fiber and void filling ability of diatomite proved to be suppressing cracks of cement.

And diatomite seems to improve moisture-protection efficiency of cement mortar because of its high water absorption ratio and slow drying speed.

키워드 : 흡수 계수, 건조 속도, 흡수율, 목질 섬유, 구조토

Keywords : Water absorption coefficient, Drying speed, Water absorption ratio, Cellulose fiber, Diatomite

## 1. 서 론

### 1.1 연구 배경 및 목적

시멘트를 원료로한 모르타르는 가격이 저렴하고 취급이 편리하여 일반적으로 널리 사용되는 미장재료이다. 그러나 시멘트 모르타르 바름재는 결합재인 시멘트의 경화와 건조과정에서 균열이 발생하기 쉽고, 겨울철에는 습기에 의한 결로가 발생하기 쉬운 문제점이 있다.

이러한 시멘트 모르타르의 단점을 보완하기 위해 수분의 급격한 증발 억제제를 위한 보양방법 개선이나 팽창제 및 액상 균열 방지제 등을 혼합하여 수축을 보상시키고 균열을 저감시키는 노력이 계속되고 있다.

한편, 건축물 실내 거주자의 건강에 대한 욕구와 환경친화라는 개념도입으로 기능성 건축재료의 개발에 대한 관심이 늘어나면서 황토, 구조토, 옥석분말 등을 혼입한 미장재료에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다.

이에 본 연구에서는 인장강도 및 휨강도가 강하여 균열 억제 성능이 뛰어난 목질섬유와 내화학적 및 내열성이 우수한 구조토를 혼입한 시멘트 모르타르 공시체에 대한 강도, 흡수 및 건조 속도, 균열 및 길이 변화 등에 대한 실험을 통해 건축용 실내 미장재료로서의 활용에 대한 기초 자료를 얻고자 한다.

### 1.2 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 인장강도가 강하여 균열 억제 성능을 지닌 목질 섬유, 내화학적 및 내열성이 높은 구조토를 혼입한 시험체를 제작하고, 주로 흡수 및 건조 특성을 포함한 기초적 물성을 파악하고자 다음과 같은 연구를 진행하였다.

- 1) 혼화재를 혼입한 시멘트 모르타르 공시체의 압축강도, 인장강도, 휨강도 시험을 통해 혼화재의 혼입율별 강도 특성을 파악한다.
- 2) 공시체의 흡수율, 흡수 계수, 건조 속도 시험을 통해 흡수 및 건조 특성을 파악한다.
- 3) 공시체의 건조 수축 균열, 길이 변화, 모르타르 바름면의 균열 시험을 통해 균열 및 길이 변화 특성을 파악한다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 실험 개요

본 실험은 시멘트 모르타르에 목질 섬유 및 구조토를 혼입하여 각각의 혼입율별로 강도, 흡수율, 흡수 계수, 건조 속도, 건조 수축 균열, 길이 변화, 모르타르 바름면의 균열 시험을 하였다.

실험의 주요 인자는 표 1과 같이 목질 섬유 및 구조토의

\* 부경대학교 대학원 건축공학과 석사과정, 정희원

\*\* 부경대학교 대학원 건축공학과 석사졸업, 정희원

\*\*\* 부경대학교 건축학부 교수, 정희원

혼입율이며, 목질 섬유는 0%, 0.05%, 0.1%, 0.15%의 4수준으로, 규조토는 0%, 2%, 4%, 6%의 4수준으로 하여 모두 13종류이다.

표 1. 실험인자

실험인자	수 준	수준수
목질섬유 혼입율(%)	0, 0.05, 0.1, 0.15	4
규조토 혼입율(%)	0, 2, 4, 6	4

## 2.2 사용재료 및 배합

### 1) 시멘트

시멘트는 KS L 5201(포틀랜드 시멘트)에 적합한 S사의 제 1종 보통포틀랜드 시멘트를 사용하였으며, 물리적 성질 및 화학 성분은 표 2 및 3과 같다

표 2. 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm <sup>2</sup> /g)	용결시간		안정성
		초결 (min)	종결 (h:m)	
3.14	3,200	270	6:50	0.04

표 3. 시멘트의 화학 성분

화학 성분(%)						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	L.O.I
20.68	5.16	3.02	62.42	4.71	2.42	1.36

### 2) 모래

모래는 경남 합천산 강모래를 입도 조정하여 사용하였으며, 물리적 성질은 표 4와 같다.

표 4. 모래의 물리적 성질

구 분	최대입경 (mm)	단위용적 중량	비 중	흡수율 (%)	조립율 (F.M)
강모래	2.5	1620	2.56	2.2	2.52

### 3) 목질 섬유

목질 섬유는 화학적 공정으로 특수 가공 처리된 국내 S사 제품으로 물리적 성질은 표 5와 같다.

표 5. 목질 섬유의 물리적 성질

탄성계수 (kgf/cm <sup>2</sup> )	비 중	섬유의 평균길이 (mm)	유효직경 (mm)	형상비 (Aspect ratio)	인장강도 (kgf/cm <sup>2</sup> )
6.1×10 <sup>4</sup>	1.5	2.92	0.015	200	5,100

### 4) 규조토

규조토는 경북 포항 지역에서 채굴되는 국내 W사 제품으로 물리적 성질 및 화학 성분은 표 6 및 7과 같다.

표 6. 규조토의 물리적 성질

경 도	밀 도	비 열	비 중	내화도	pH
1.5(응집상태)	2.5~2.6	0.23cal/g℃	1.90~2.35	SK38	9~10.5

표 7. 규조토의 화학 성분

화학 성분(%)						
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	L.O.I
81.0	9.0	1.5	1.5	1.58	2.8	5.0

### 5) 배합

배합은 전자저울을 이용하여 배합량을 계량한 후 기계 비법 하였으며, 배합순서는 그림 1과 같다.

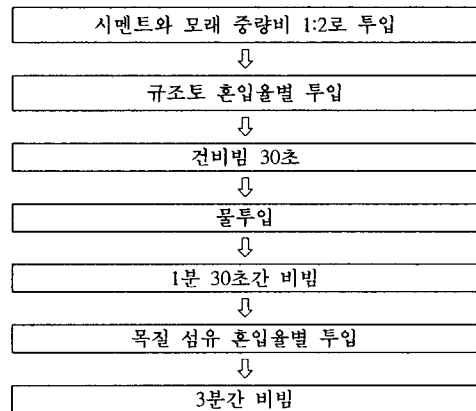


그림 1. 모르타의 배합순서

각 혼입율별 시험체의 물시멘트비는 실제 현장에서의 미작업성을 고려하여 KS L 5111에 따라 예비실험으로 혼화제 혼입율별 모르타 플로 시험을 여러 차례 실시하여 적절한 반죽질기 값(목표플로:155±2%)을 찾아내어 본 실험체 제작에 적용하였다.

그 결과, 물시멘트비는 75%를 넘지 않는 범위에서 적용하였으며, 배합별 재료 혼입율 및 물시멘트비는 표 8과 같다.

표 8. 배합별 재료 혼입율 및 물시멘트비

공시체 No.	목질 섬유(%)	규조토(%)	W/C(%)
1	0	0	50
2	0.05	0	51
3	0.05	2	59
4	0.05	4	67
5	0.05	6	75
6	0.10	0	51
7	0.10	2	59
8	0.10	4	67
9	0.10	6	75
10	0.15	0	51
11	0.15	2	59
12	0.15	4	67
13	0.15	6	75

### 2.3 실험 및 측정방법

#### 1) 강도 시험

압축강도는 KS F 2405, 인장강도는 KS F 2423, 휨강도는 KS F 2407에 따라 각 배합별로 3개씩 실시하여 평균값으로 하였다.

#### 2) 흡수율 시험

흡수 능력 정도를 알아보기 위해 실시한 흡수율 시험은 시험체의 절건 상태 중량과 포수 상태 중량의 차이를 측정하여 절건 중량에 대한 백분율로 나타내었다.

#### 3) 흡수 계수 시험

KS F 2609에 따라 28일간 양생 및 항량 건조시킨 후 혼입율별로 3개씩 측정하였다.

KS F 2609에 의한 건축재료의 물 흡수 계수 산정 공식은 다음과 같다.

$$m = w \times \sqrt{t}$$

여기서,  $m$  : 면적당 물 흡수량(kg/m<sup>2</sup>)

$w$  : 물 흡수 계수[kg/(m<sup>2</sup>·√h)]

√ $t$  : 시 간(h)

공시체의 물 흡수량 측정은 자체 제작한 자동 흡수 중량 측정 장치를 이용하여 1분 간격으로 3시간 동안 측정하였다 (사진 1).

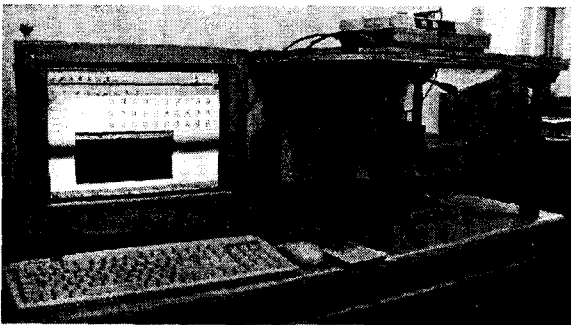


사진 1. 공시체 흡수량 측정 장치

#### 4) 건조 속도 시험

건조 속도 시험은 각 배합별 혼입율에 따라 제작한 공시체가 포수상태에서 자연 건조되는 속도를 알아보기 위한 실험으로, 28일간 양생 후 수조에 3일간 담근 후 꺼내어 온도 23±3℃, 상대 습도 60±5%인 실험실에서 자연 건조 시키면서 30분 간격으로 24시간동안 중량을 측정하고 시간(분)대별 무게 감소 비율을 구하였다.

#### 5) 건조 수축 균열 시험

건조 수축 균열 시험은 사진 2의 a)와 같이 안쪽이 강재 링(Steel Ring)으로 구속된 건조 수축 균열 시험용 시험체를

각 혼입율별로 제작하여, 온도 15±3℃, 상대 습도 60±5%인 실험실에서 자연건조 시키면서 시험체 제작 24시간 후부터 2일 간격으로 27일간 균열의 발생 및 성장을 관찰하고 균열 측정용 현미경을 이용하여 균열폭을 0.1mm단위로 측정하였다.

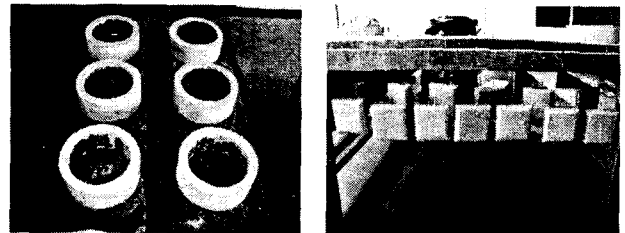
#### 6) 길이 변화 시험

길이 변화 시험은 KS F 2424에 따라 혼입율별 시험체를 제작하여 다이얼 게이지(0.01mm)를 부착한 측정기를 이용하여 길이 변화를 소수점 이하 2자리까지 측정하였다.

측정 주기는 탈형 후 즉시 1회 측정하고, 7일간의 수중 양생 후에 다시 측정하여 이 값을 기준으로 하여, 이 후 온도 23±3℃, 상대 습도 60±5%인 실험실에서 자연 건조시키면서 2주 간격으로 측정하였다.

#### 7) 모르타르 바름면 균열 시험

배합별 공시체의 미장재료로서의 사용가능성 여부를 확인하기 위한 시험으로 KS F 2262의 균열 시험 방법으로 하였으며 사진 2-b와 같이 시험체를 제작, 연직으로 매달아 1주일간 균열 발생 유무를 관찰하였다.



a) 건조 수축 균열 시험

b) 모르타르 바름면 균열 시험

사진 2. 건조 수축 균열 및 모르타르 바름면 균열시험

## 3. 실험결과 및 고찰

### 3.1 목질 섬유 및 규조토 혼입율과 강도

#### 1) 압축강도

압축강도는 그림 2와 같으며, 목질 섬유 0.05%를 혼입한 경우(No.2)를 제외한 모든 배합에서 보통 모르타르(No.1)에 비하여 64-95% 수준으로 낮게 나타났다.

#### 2) 인장강도

인장강도는 그림 3과 같으며, 목질섬유만을 0.10%를 혼입한 경우는 보통 모르타르에 비해 최대 112%까지 높고, 규조토의 혼입량이 증가할수록 65% 수준까지 감소하였다.

#### 3) 휨강도

휨강도는 그림 4와 같으며, 목질 섬유의 경우 혼입율이 증가할수록 보통 모르타르에 비해 최대 118%까지 증가하고, 규조토의 혼입율이 증가할수록 70% 수준까지 감소하였다.

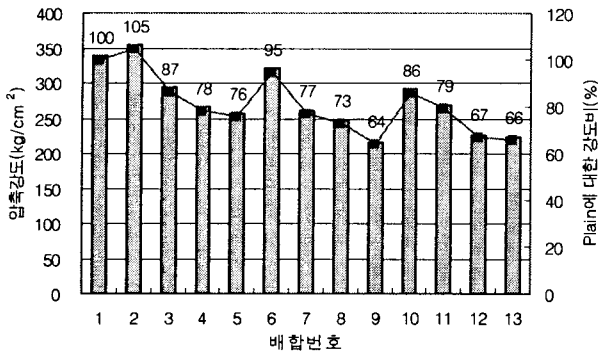


그림 2. 목질섬유 및 구조토 혼입율과 압축강도

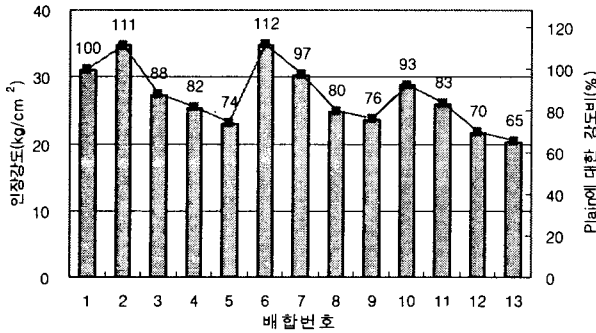


그림 3. 목질섬유 및 구조토 혼입율과 인장강도

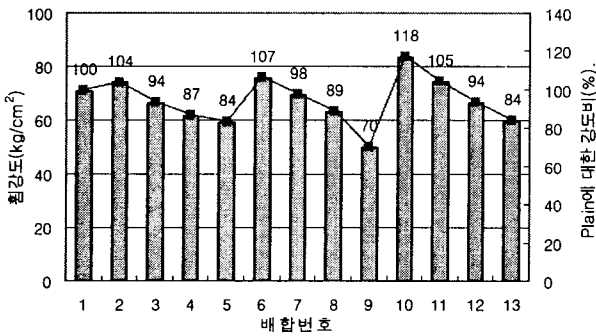


그림 4. 목질섬유 및 구조토 혼입율과 휨강도

표 9. 배합별 흡수율 및 흡수계수

구 분	흡수율 (%)wt	흡수계수 (kg/m <sup>2</sup> √t)
No.1 (Plain)	8.58	0.656
No.2 (C:0.05%, D:0%)	8.74	0.593
No.3 (C:0.05%, D:2%)	9.61	0.660
No.4 (C:0.05%, D:4%)	11.29	0.804
No.5 (C:0.05%, D:6%)	12.78	0.946
No.6 (C:0.10%, D:0%)	8.36	0.518
No.7 (C:0.10%, D:2%)	10.28	0.651
No.8 (C:0.10%, D:4%)	11.65	0.701
No.9 (C:0.10%, D:6%)	13.42	1.069
No.10(C:0.15%, D:0%)	9.11	0.543
No.11(C:0.15%, D:2%)	10.82	0.618
No.12(C:0.15%, D:4%)	12.49	0.839
No.13(C:0.15%, D:6%)	13.14	0.927

\* C: 목질 섬유, D: 구조토

### 3.2 목질섬유 및 구조토 혼입율과 흡수율

목질 섬유 및 구조토를 혼입한 시멘트 모르타의 각 배합별 흡수율 및 흡수계수시험 결과는 표 9와 같다.

#### 1) 흡수율

절건 상태와 포수 상태의 무게 차이를 비율로 나타낸 흡수율의 값은 표 9 및 그림 5와 같이 8.36~13.42%/wt로 나타나며, 목질섬유 혼입율의 증가에 따른 큰 영향은 보이지 않으나, 구조토의 경우는 혼입율이 증가할수록 크게 증가하였다.

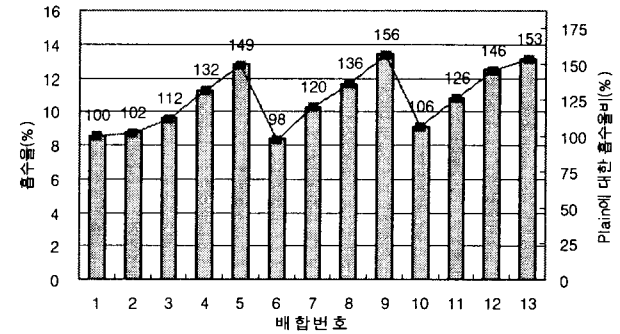


그림 5. 목질섬유 및 구조토 혼입율과 흡수율

#### 2) 흡수계수

흡수 속도를 평가하기 위한 흡수계수 시험 결과, 목질섬유 혼입율이 증가할수록 표 9 및 그림 6에서와 같이 배합별로 0.656kg/m<sup>2</sup>√t 에서 0.518kg/m<sup>2</sup>√t 까지 다소 감소하였다.

구조토 혼입의 경우는 표 9 및 그림 7에서와 같이 혼입량이 증가(2%, 4%, 6%)할수록 0.518kg/m<sup>2</sup>√t 에서 1.069kg/m<sup>2</sup>√t 까지 크게 증가하는 것으로 나타났다.

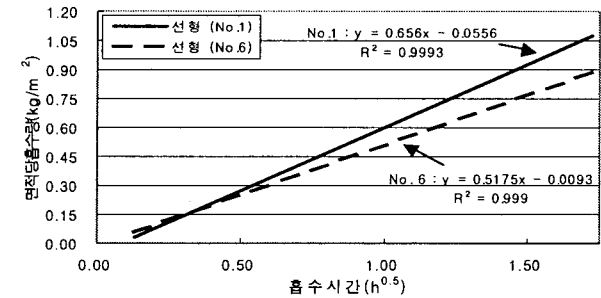


그림 6. 목질섬유 혼입율에 따른 흡수계수

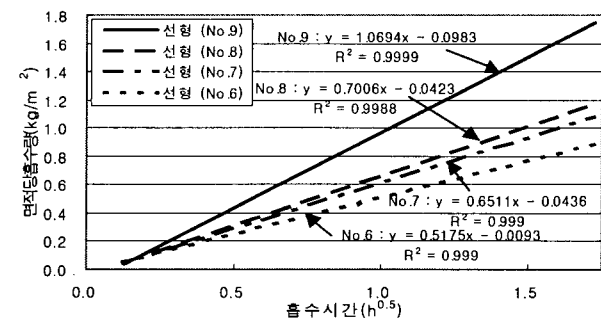


그림 7. 구조토 혼입율에 따른 흡수계수

### 3) 건조 속도

건조 속도율은 24시간 동안의 전체 무게 감소에 대한 시간(분)대별 무게 감소 비율로 구하였으며, 목질섬유 및 규조토의 혼입율이 증가할수록 초기(약 3시간)의 건조 속도가 현저히 낮게 나타난다.(그림 8 및 9).

보통 시멘트 모르타르의 경우 초기 30분간의 건조 속도율은 8%이나 목질섬유 0.15% 혼입한 경우(No.10)에는 3.6%, 목질섬유 0.10%, 규조토 6% 혼입한 경우(No.9)에는 2.4%로 낮게 나타났다.

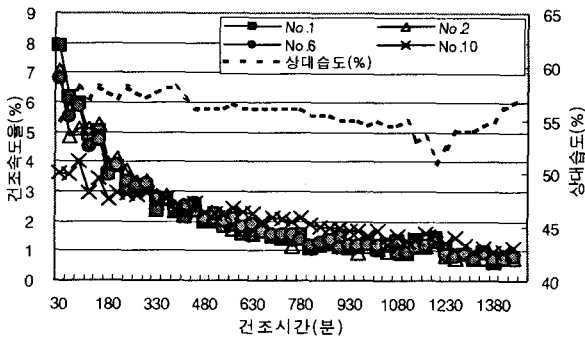


그림 8. 목질섬유 혼입율에 따른 건조속도율

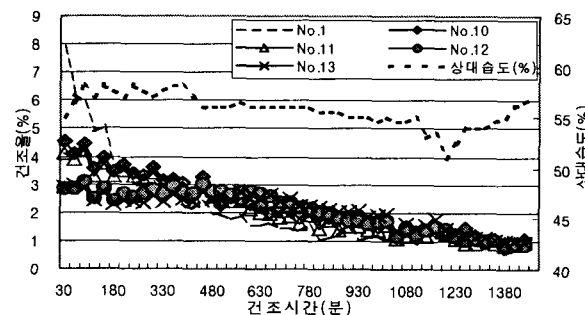


그림 9. 규조토 혼입율에 따른 건조속도율

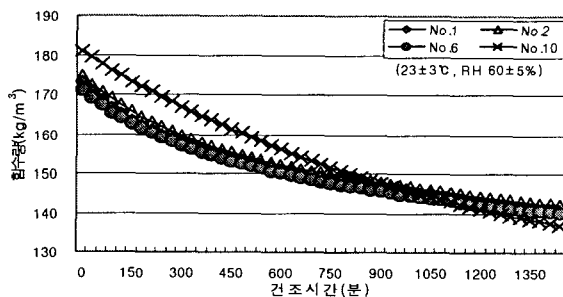


그림 10. 목질섬유 혼입율에 따른 함수량 경시변화

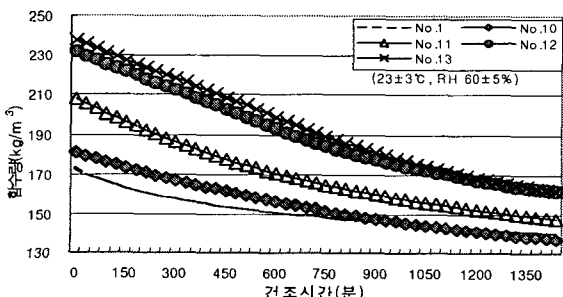


그림 11. 규조토 혼입율에 따른 함수량 경시변화

그림 10 및 11은 공시체의 자연 건조시 내부에 단위체적당 잔류하는 수분의 량을 나타낸 것이다. 보통 시멘트 모르타르의 경우 24시간 경과 후 총 함수량은 초기 173.2kg/m<sup>3</sup>에서 139.9kg/m<sup>3</sup>로 감소하였고, 목질섬유 0.15% 혼입(No.10)한 경우는 181.04kg/m<sup>3</sup>에서 137.07kg/m<sup>3</sup>으로, 목질섬유 0.15%와 규조토 6% 혼입(No.13)한 경우는 237.99kg/m<sup>3</sup>에서 161.61kg/m<sup>3</sup>로 나타났다.

### 3.2 목질섬유 및 규조토 혼입율과 건조 특성

#### 1) 건조 수축 균열

모르타르 공시체 제작 24시간 후 탈형하고 건조 수축 균열을 관찰한 결과 약 7-9일이 경과하면서 균열이 발생하기 시작하였다.

균열 측정 결과, 목질섬유의 혼입율이 증가할수록 그림 12과 같이 균열 발생 시점 및 성장 속도가 늦어지며, 최대 균열폭 또한 보통 시멘트 모르타르의 경우 3.2mm인데 비해 목질섬유 0.10%, 0.15% 혼입시 2.5mm로 낮게 나타났다.

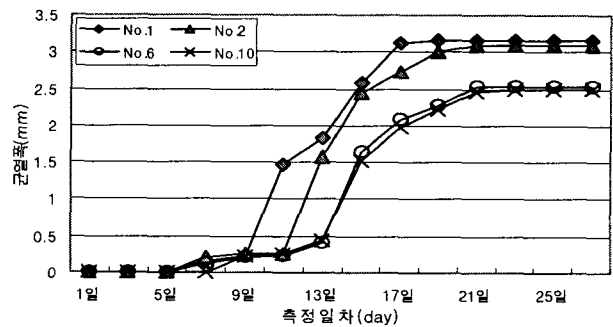


그림 12. 목질섬유 혼입율에 따른 건조 수축 균열폭

규조토를 혼입할 경우 그림 13과 같이 균열 발생 시점이 다소 지연되었으며, 최대 균열폭 역시 보통 시멘트 모르타르의 경우 3.2mm인데 비해 규조토 6% 혼입시 2.0mm정도로 낮게 나타났다.

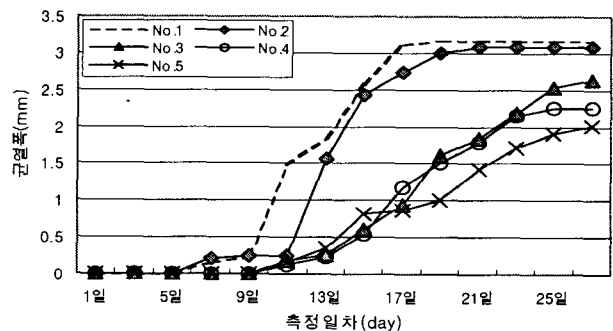


그림 13. 규조토 혼입율에 따른 건조 수축 균열폭

#### 2) 길이 변화

각 배합별 공시체 건조에 따른 길이 변화 정도를 알아보기 위한 실험의 결과, 목질섬유 혼입의 경우 그림 14와 같이 목

질섬유 0.15% 혼입의 경우에만 길이 변화율이 약간 감소하는 것으로 나타나며, 소량의 목질섬유 혼입으로는 길이 변화에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

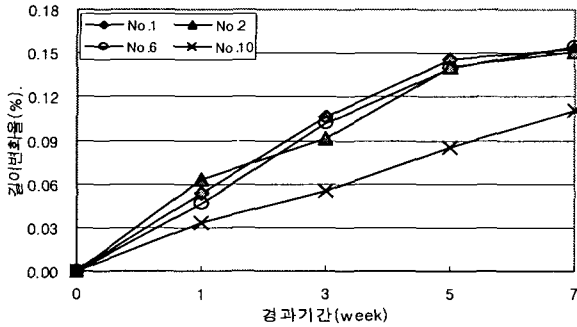


그림 14. 목질섬유 혼입율에 따른 길이 변화율

규조토 혼입의 경우에도 그림 15에서와 같이 혼입율에 따른 길이 변화율의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않아, 규조토의 혼입이 7주간의 단기간에 시멘트 모르타르 공시체의 길이 변화에는 영향을 거의 미치지 않는 것으로 사료된다.

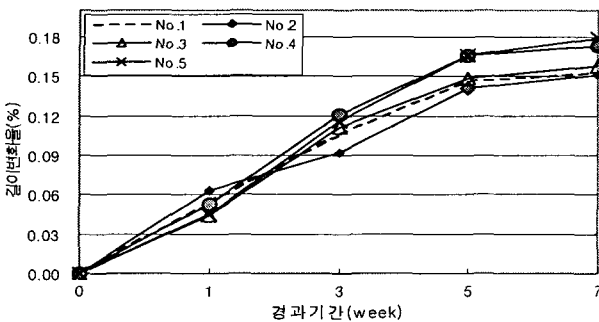


그림 15. 규조토 혼입율에 따른 길이 변화율

### 3) 모르타르 바름면의 균열

미장 재료로서의 사용 가능성을 평가하기 위한 실험으로서, 각 혼입율별 미장 바름 후 7일 동안 균열이 발생하는 상태를 관찰한 결과 균열이 발생한 시험체는 없었으며(그림 2-b), 미장 바름면의 마감상태 역시 보통 시멘트 모르타르와 차이가 없었다. 본 실험에서 사용한 수준의 목질섬유 및 규조토 혼입시 미장 재료로서 균열 발생 및 미장 마감면의 상태에는 크게 문제가 없을 것으로 사료된다.

## 4. 결 론

본 연구는 실내 미장용으로 사용하는 시멘트 모르타르의 실내 습도 조절 및 벽체 균열 억제 능력에 관련된 물성을 파악하기 위한 것이며 결과는 다음과 같다.

1) 목질섬유의 혼입율이 증가함에 따라 압축강도는 큰 영향이 없으나, 인장 및 휨강도는 보통 시멘트 모르타르에 비해 각각 12%, 18% 정도 증가하였다.

2) 흡수율은 목질섬유 0.15% 혼입의 경우 일반 시멘트 모르타르에 비해 약 6% 증가하며, 규조토 혼입의 경우 6% 혼입시 일반 시멘트 모르타르에 비해 약 56% 증가하였다.

3) 흡수계수는 목질섬유 혼입시 다소 감소하는 경향이거나 그 정도가 매우 낮으며, 규조토의 경우 6% 혼입시 흡수계수가  $1.069\text{kg/m}^2\sqrt{h}$ 로 나타나 보통 시멘트 모르타르에 비해 약 63% 높게 나타났다.

4) 합습성능의 정도를 나타내는 흡수율과 건조속도율에서 목질섬유와 규조토가 혼입된 경우 흡수율은 보통 시멘트 모르타르에 비해 규조토 6% 혼입시 약 56% 높고, 건조속도율은 초기 약 3시간까지 매우 낮게 나타나므로 합습성능을 기대할 수 있을 것으로 본다.

5) 건조 수축 균열 시험 결과, 목질섬유 및 규조토가 혼입될수록 균열폭이 감소하고, 최초 균열 발생 시점이 지연되는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 1996.
- 정상진외 6인, 건축시공학, 기문당, 1999.
- 김정진, 한성수, 홍상희, 팽창제를 이용한 시멘트 모르타르의 팽창 특성에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집 제19권1호, pp.415-420, 1999.
- 김기동, 정성철, 송명신, 이경희, 수축보상 모르타르의 현장 적용 연구, 한국콘크리트학회논문집 제12권3호, pp.3-10, 2000.
- 최희용, 황혜주, 김무한, 김문한, 시멘트모르타르의 적용을 위한 황토 혼화재 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제16권6호, pp.95-102, 2000.
- 박찬기, 박상기, 배동인, 김성애, 콘크리트 보강재로서 셀룰로오스 섬유 제조방법 개발 및 적용성에 관한 연구 보고서, 건국대학교, 2000.
- 류한길, 임남웅, 박종욱, EAF Dust상의 중금속을 함유한 활성 규조토가 혼입된 시멘트 모르타르의 내화특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회지 제9권1호, pp.143-151, 1997.
- 원종필, 박찬기, 콘크리트 초기 균열 제어를 위한 특수 가공된 셀룰로오스섬유의 적용에 관한 연구, 대한토목학회논문집 제20권2-A호, pp.311-319, 2000.
- 이민석, 이정철, 물 흡수 계수 이론을 이용한 콘크리트의 수밀성 평가, 대한건축학회논문집 제17권2호, pp.75-82, 2001.
- M. Sarigaphuti, S.P.Shah, and K.D.Vision, Shrinkage Cracking and Durability Characteristics of Cellulose Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal - August 1993.
- KS F 2609 건축재료의 물 흡수 계수 측정 방법.
- KS F 2424 모르타르 및 콘크리트의 길이 변화 시험 방법.
- KS F 2262 미장용 시멘트 모르타르 시험 방법.