

# -shotcrete용 보수 모르타르의 굳기 전 특성 및 역학적 특성

## Fresh and Mechanical Properties of Repair Mortar for Shotcrete

이진용\* 이광명\*\* 이채혁\*\*\* 김주형\*\*\*  
Lee, Jin Yong Lee, Kwang Myong Lee, Chae Hyuck Kim, Joo Hyung

### ABSTRACT

Recently, repair mortars have been mainly used for repairing old concrete structures. In this study, a new repair mortar including shotcrete admixture, slag, silica fume, sulphate and calcium carbonate, was developed for repairing shotcrete layer and the fresh properties and mechanical characteristics of the repair mortar was measured. Test results showed that the shotcrete admixture and other additives reduce the final setting time from about 7 hours to within 20 minutes and increase very early strength and stiffness (within 5 hours after cast).

### 1. 서론

최근 들어 콘크리트 구조물의 수명이 연장되고, 열화 정도가 심화되면서 보수할 대상 구조물이 증가하고 있는 추세이다. 상대적으로 보수 면적이 적고, 인건비가 저렴했던 과거에는 주로 단면 복구를 인력으로 수행하였으나, 지금은 미장공의 인건비가 상승하고, 보수 면적이 넓어지면서 shotcrete 장비를 이용해서 대량으로 보수 모르타르를 타설하는 것이 보편화 된 실정이다. 일반적으로 보수 모르타르 타설은 한번에 약 30 mm 이상 두께 타설이 어렵기 때문에 콘크리트 단면의 손상단면이 깊어서 한번 타설에 보수 모르타르 두께를 크게 할 필요가 있는 공사의 경우에는 여러 번 반복해서 타설 해야 한다. 그러나 모르타르를 같은 곳에 여러 번 타설하면 보수 모르타르 사이에 층이 생겨서 품질이 저하되고, 반복적으로 시공해야 하기 때문에 시공성 및 경제성이 저하하게 된다. 그리고 철도 터널이나 지하철 경우에는 차량 통행으로 인하여 공사 시간이 하루에 약 2시간 정도로 국한 되어 있으므로 시공 시간이 길어지면 경제성이 낮아진다. 따라서 본 연구에서는 급결제와 혼합재를 이용해서 한번 타설 두께가 현저히 개선되고 시공 시간이 단축된 shotcrete용 보수 모르타르를 개발하여 굳기 전 특성 및 역학적 특성을 실험을 통해 조사하였다.

### 2. 실험계획 및 방법

#### 2.1. 사용재료

본 연구에서는 한번에 타설 두께를 크게 높일 수 있고, 응집력을 높일 수 있는 혼합재(알루미늄네이트계 광물, 실리카폼, 무수석고 및 탄산칼슘 등)를 혼입하고, 응결시간을 단축하기 위해서 급결제를 첨가해서 덧씌우기의 두께를 현저히 증가시키고자 하였다<sup>1)</sup>. 모르타르 배합에 사용된 재료의 특성은 표 1과 같다.

\* 정회원, (주)케어콘 대표이사

\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 교수

\*\*\* 정회원, 성균관대학교 토목환경공학과 석사과정

표 1 사용재료의 특성

| 구분   | 비중        | 분말도(cml/g)      | 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> | LOI    |
|------|-----------|-----------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------|--------|-----------------|--------|
| 슬래그  | 2.9       | 4,000~10,000    | 30.0~36.0        | 12.0~18.0                      | 0.25~0.35                      | 38.0~45.0 | 10.0   | 4.0 이하          | 3.0 이하 |
| 실리카폼 | 2.2 ± 0.2 | 150,000~300,000 | 85~95            | 1.5 이하                         | 3.0 이하                         | 0.7 이하    | 2.0 이하 | 0.2 이하          | 3.0 이하 |
| 석고   | -         | -               | 3.66             | 3.3                            |                                | 33.25     | 0.37   | 39.71           | -      |

## 2.2. 실험방법

숏크리트에 적절한 보수 모르타르를 개발하기 위해서 표 2와 같이 기존에 사용하고 있는 배합비를 선정해서 모르타르의 응결시간, 강도시험 및 건조수축 실험을 위한 시험체를 제작하였다.

표 2 보수 모르타르 시험 배합비

| 종류  | 시멘트 | 혼화재료       | 규사      |
|-----|-----|------------|---------|
| 중량비 | 100 | 21.22~85.8 | 170~300 |

모르타르를 배합한 후에 실내시험을 통해서 벽체에 모르타르 덧씌우기 두께를 측정하였으며, 측정된 두께를 기록한 후에, 모르타르의 초결 및 종결을 측정하고, 공시체를 만들어서 재령 28일까지 압축강도와 휨강도를 측정하였다. 그러나 모든 배합이 강도 면에서는 우수한 결과를 얻을 수 있었지만, 응결시간이 길고, 두께 30 mm 이상의 덧씌우기 할 수 없었기 때문에, 급결제를 사용해서 응결시간을 단축하고, 모르타르의 응집력 및 부착력을 높일 수 있는 혼합재를 개발해서 덧씌우기 두께를 높일 수 있는 방법을 강구한 결과, 표 3과 같은 최종 배합비를 도출하였다. 숏크리트용 보수 모르타르의 굳기 전 모르타르의 특성 중에서 흐름치의 변화는 KS L 5105, 응결은 KS F 2436, 역학적 특성 중에서 압축강도는 KS L 5105, 휨강도 및 부착강도는 KS F 4042에 따라서 실험을 수행하였다.

표 3 숏크리트용 보수 모르타르 배합비

| 배합    | 시멘트(%) | 혼합재(%) | 폴리머(%) | 혼화제(%) | 규사(%) | 급결제(%) |
|-------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| SCM 1 | 41.0   | 0      | 2.0    | 1.0    | 56.0  | 0      |
| SCM 2 | 39.0   | 0      | 2.0    | 1.0    | 56.0  | 2.0    |
| SCM 3 | 27.0   | 14.0   | 2.0    | 1.0    | 56.0  | 0      |
| SCM 4 | 27.0   | 12.0   | 2.0    | 1.0    | 56.0  | 2.0    |

본 연구에서는 보수 모르타르의 초기강성 발현을 알아보기 위해서 초음파 속도 모니터링 시스템을 사용하였다<sup>3)</sup>. 온도가 20±1℃이고 습도가 60±3%인 조건에서 시멘트가 접수한 시간부터 30분 간격으로 탐촉자(직경: 5 cm, 사용 중심 주파수 54 kHz) 사이를 통과하는 초음파의 전달 시간을 측정하여 초음파속도를 구하였다.

## 3. 실험결과 및 분석

### 3.1. 굳기 전 모르타르의 특성

#### 3.1.1. 응결시간

숏크리트용 보수모르타르 응결시간을 측정한 결과인 그림 1을 보면 혼합재를 사용하지 않은 SCM1 배합은 초결은 4시간 30분, 종결은 6시간 42분이었다. 그리고 급결제를 투입한 보수 모르타르의 초결과 종결도 급결제를 사용하지 않은 보수모르타르와 큰 차이가 없이 초결에서 30분, 종결은 약 54분 정도 빨라지는 것을 알 수 있다. 그러나 혼합재를 사용한 SCM3 배합은 초결과 종결시간이 현저하게 줄어들어서 초결은 19분에 종결은 41분 만에 완결되었으며, 혼합재를 사용한 SCM3 배합에 급결제를 투입한 SCM4 배합에서는 초결은 9분 만에, 종결은 18분 만에 이루어 졌다. 따라서 혼합재와 급결제는 보수모르타르 응결시간을 현저히 단축시키는 것을 알 수 있다.

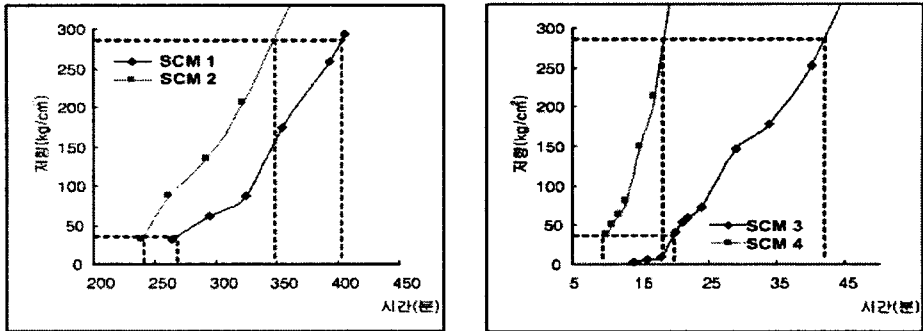


그림 1 응결시간에 따른 관입저항

### 3.1.2. 초기재령 압축강도

보수모르타르 타설두께를 최대화하기 위해서는 타설 초기에 적절한 강도를 유지하는 것이 중요하다. 표 4는 혼합재를 포함한 보수모르타르의 초기강도를 측정된 것으로 급결제를 투입한 SCM4 배합이 SCM3 배합보다 초기강도가 월등히 높은 것을 보여주고 있다. 그러나 혼합재를 포함하지 않는 SCM1과 SCM2 배합은 응결시간이 길어서 초기강도를 측정할 수 없기 때문에 시험범위에서 제외하였다.

표 4 초기강도 실험 결과

| 시험항목<br>재령<br>분류 | 취강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |     |      |      | 압축강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |      |      |      |
|------------------|----------------------------|-----|------|------|-----------------------------|------|------|------|
|                  | 1시간                        | 2시간 | 3시간  | 5시간  | 1시간                         | 2시간  | 3시간  | 5시간  |
| SCM 3            | -                          | 1.6 | 1.8  | 3.3  | -                           | 4.7  | 5.5  | 14.0 |
| SCM 4            | -                          | 8.2 | 10.5 | 11.7 | 3.8                         | 26.7 | 34.3 | 51.4 |

### 3.1.3. 압축강도

재령 28일까지의 압축강도 실험결과는 그림 2와 같다. 문헌에 의하면 일반적으로 급결제를 사용한 모르타르의 강도는 급결제를 사용하지 않은 모르타르에 비해서 강도가 현저히 떨어지는 것으로 알려져 있지만, 본 연구에서는 보수모르타르 강도는 양생시간이 길어질수록 강도가 증가하고, 급결제를 사용한 경우에 오히려 28일 강도가 급결제를 사용하지 않은 SCM1과 SCM3 배합과 비교해서 동등하거나, 약간 높은 것을 알 수 있다<sup>2)</sup>. 따라서 급결제를 본 연구에서 개발한 혼합재와 같이 사용하는 경우에는 급결제가 콘크리트 강도 특성에 영향을 거의 미치지 않은 것을 알 수 있다.

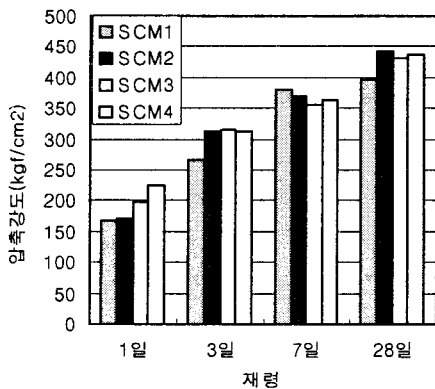


그림 2 압축강도 실험 결과 비교

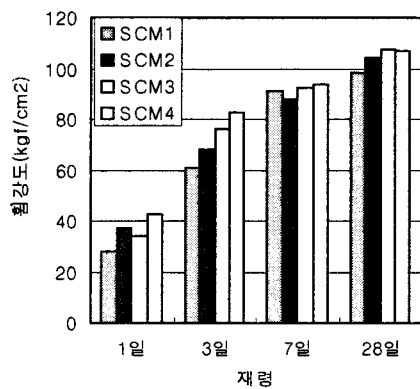


그림 3 취강도 실험 결과 비교

### 3.1.4. 휨 강도

휨강도 시험 결과인 그림 3을 보면 급결제를 투입한 배합과 급결제를 넣지 않은 배합의 휨 강도는 재령과 관계없이 유사한 휨 강도를 나타내고 있으며, 혼합재를 혼입한 배합의 강도가 상대적으로 높음을 알 수 있다. 그러나 재령 28일 휨 강도는 평균 104.3 kgf/cm<sup>2</sup> 나타나, KS F 4024 보수설계 허용기준 60 kgf/cm<sup>2</sup>의 1.7배 이상 상회하는 값으로 보수 설계 허용기준을 만족하였다.

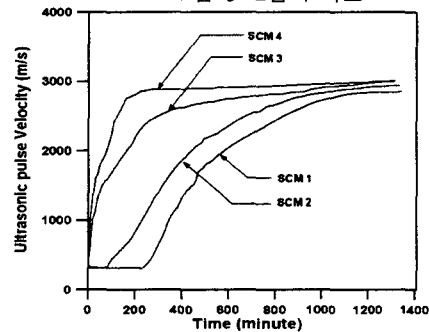
### 3.1.5. 부착강도

부착강도는 보수 모르타르에서 가장 중요한 특징 중의 한가지이다. 표 5는 부착강도 측정결과로서, 재령 28일 측정된 휨강도 결과에서는 18.5~24.3 kgf/cm<sup>2</sup>의 범위로 나타났다. 그러나 다른 역학적 특성과 다르게 부착강도에서는 혼합재를 사용한 배합이 혼합재를 넣지 않은 배합보다 그 성능이 떨어지는 것으로 나타났다.

표 5 28일 부착강도 실험 결과

| 분 류   | 부착강도 (kgf/cm <sup>2</sup> ) |
|-------|-----------------------------|
| SCM 1 | 21.1                        |
| SCM 2 | 24.3                        |
| SCM 3 | 18.5                        |
| SCM 4 | 19.2                        |

그림 6 초음파 속도



### 3.1.6. 초음파속도

그림 6은 초기재령에서 4가지 종류의 보수 모르타르의 초음파속도 발현곡선을 나타낸다. 급결제를 혼입한 SCM3과 SCM4 배합이 SCM1과 SCM2 배합에 비하여 이른 시간에 속도가 증가함을 알 수 있다. 이는 모르타르의 강성, 즉 탄성계수가 빨리 발현된다는 뜻하며 다시 말해 강도발현이 빨리 진행된다는 것을 의미한다. 현장에서 이러한 초음파속도 모니터링을 통하여 보수 모르타르의 초기품질관리를 효율적으로 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

## 4. 결론

기존에 사용하고 있는 보수모르타르는 급결제를 사용함으로써 장기강도에는 문제가 없을 것으로 사료되지만, 초기에 역학적 특성이 현저히 떨어지는 것으로 알려져 있다. 따라서 시공면적이 크거나, 공기의 단축이 요구되는 공사에서는 기존 모르타르의 사용이 제한될 것으로 사료된다. 그러나 본 연구에서 개발된 보수모르타르는 급결제 사용에 관계없이 초기강도를 충분히 발휘하고 있으며, 역학적 특성에 큰 차이가 없는 것을 발견했다. 그러므로 개발된 보수모르타르를 슷크리트용으로 사용하면 시공성 및 경제성을 현저히 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 (주) 콘크리닉의 지원 하에 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분들에게 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 이광명, 이진용, "단면 복구용 보수 모르타르의 물성 연구", 연구보고서, 성균관대학교, 2006.
2. 이진용, 배성용, 송종택, "Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>가 시멘트-플라이 애쉬 페이스트 및 콘크리트 강도에 미치는 영향", 콘크리트학회 논문집, Vol. 11 No. 2, 1999, pp. 85~94.
3. 이희근, 이광명, "초음파 속도 모니터링에 의한 고강도 콘크리트의 응결 평가", 콘크리트학회 논문집, Vol. 14, No. 6, 2002, pp. 973~981.