

# 아질산칼슘과 탄산나노버블수를 사용한 모르타르의 성능 평가

## The Performance Evaluation of Mortar Using Calcium Nitrite and CO<sub>2</sub> Nano-Bubble Water

김 호 진\*  
Kim, Ho-jin

김 진 성\*\*  
Kim, Jin-Sung

최 형 길\*\*\*  
Choi, Hyeong-Gil

### Abstract

This study investigated the performance evaluation of polymer cement mortar for repairing concrete structures using calcium nitrite(Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>) and CO<sub>2</sub> nano-bubble mixing water to develop section-restoration methods for the repair and reinforcement of cracks. The evaluation items were strength and microstructure analysis at 28 days of age according to the change in the amount of calcium nitrite and the use of CO<sub>2</sub> nano-bubble water. As a result of the experiment, it was confirmed that the performance of polymer cement mortar for repairing concrete structures was improved by the generation of nitrite-based hydration products when calcium nitrite and CO<sub>2</sub> nano-bubble water were used.

키 워 드 : 탄산나노버블수, 모르타르, 아질산칼슘  
Keywords : CO<sub>2</sub> nano-bubble water, mortar, calcium nitrite

## 1. 서 론

전 산업 분야에 있어서 전체 CO<sub>2</sub> 가스 배출량의 약 40% 정도가 건축 및 토목구조물의 건설 활동에 의한 것으로 보고되고 있다. 따라서 건설 분야의 CO<sub>2</sub> 가스 배출량 저감을 위해서 신설 구조물의 축조보다는 기존 구조물의 보수·보강을 통한 적절한 유지관리에 초점을 두고 있으며 콘크리트 구조물의 내구연한의 연장을 목적으로 환경부하 저감형 보수·보강 공법의 개발 중요성이 높아지고 있다. 이에 본 연구에서는 균열을 복구할 수 있는 단면 복구 공법 개발을 위해 보수용 폴리머 시멘트 모르타르에 아질산칼슘의 첨가량과 배합수를 일반수도수와 탄산나노버블수로 구분하여 사용한 뒤, 재령 28일의 강도와 SEM 관찰을 통해 단면복구용 모르타르의 성능 평가를 실시하였다.

## 2. 실험 개요

본 연구의 실험 계획은 표 1에 나타내었다. 기존의 보수보강재료로 사용되고 있는 폴리머 시멘트 모르타르를 사용하였으며 아질산칼슘의 특성 파악을 위해 물/바인더 비는 16%로 고정하였다. 시멘트 중량 대비 0, 1, 3, 5%의 아질산칼슘을 첨가하여 일반수도수와 탄산나노버블수를 배합수로 사용하였을 때의 강도와 SEM 관찰을 실시하였다. 탄산나노버블수는 평균 입자직경이 약 50nm 정도로 생성되는 나노버블장치(HACK FB11, JAPAN)를 이용하여 제조하였다. 휨강도 실험용 모르타르 시험체는 (40×40×160)mm의 각주형 시험체를 제작하여 만능재료시험기(UH-F1000 kNX, SHIMADZU)를 이용하여 측정하였으며 휨강도 측정 후 파단 된 시편을 사용하여 압축강도를 측정하였다. SEM 관찰은 주사전자현미경(SEM, SNE-3200M)을 활용하여 채취한 분말 형태의 샘플을 백금으로 코팅하여 가속 전압 15kV에서 배율을 3,000배로 설정하여 실시하였다.

표 1. 실험 계획

구분	내용	
시험 조건	W/M(%)	16
	Ca(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> 첨가량 <sup>1)</sup>	CN0, CN1, CN3, CN5
	배합수	일반수도수(TW) 탄산나노버블수(NW)
시험 항목	- 압축강도(재령 28일) - 휨강도(재령 28일) - SEM 분석(CN0, CN5)	

\* CNx : x = Ca(NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>의 양

\* 한국화학융합시험연구원 대구경북지원 책임연구원  
\*\* 경북대학교 건축환경에너지공학부, 박사과정  
\*\*\* 경북대학교 건축학부 부교수, 교신저자(hgchoi@knu.ac.kr)

### 3. 실험결과 및 고찰

아질산칼슘 첨가량 및 배합수 변화에 따른 재령 28일 시험체의 압축강도는 그림 1에 휩강도는 그림 2에 나타내었다. 측정 결과, 아질산칼슘의 첨가량이 증가할수록 압축강도와 휩강도가 높아지는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 특히 일반수도수를 배합수로 사용했을 때보다 탄산나노버블수를 배합수로 사용하였을 경우, 압축강도와 휩강도가 더 높은 결과를 보였다. 이상의 결과는 탄산나노버블수의  $\text{CO}_3^{2-}$  이온과 시멘트 중의  $\text{Ca}^{+}$  이온의 반응촉진 결과로서 시멘트 매트릭스 중의  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  및 C-S-H 겔의 생성속도가 상대적으로 빨라지게 되어, 이때 이미 생성된 다량의  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 이  $\text{CaCO}_3$ 로 결정이 변화되어 조직 치밀화에 의한 강도증진으로 이어졌다고 판단된다.<sup>1)</sup> 다만, 배합수를 탄산나노버블수로 사용하고 아질산칼슘을 사용하지 않은 CN0 시험체의 경우에는 최초의 탄산나노버블수의 제조 과정에서 온도가 30°C 정도로 다른 시험체에 비해 높았던 것에 기인하여 강도가 다소 높은 결과를 나타내고 있다.

그림 3은 아질산칼슘 첨가량(0%, 5%)과 배합수를 변화시켜 생성된 시험체의 SEM 관찰 결과를 나타낸다. SEM 관찰은 기존문헌에서 확인된 수화생성물의 결정형과 결정의 크기 등을 바탕으로 본 연구에서 얻어진 결정구조와 비교하여 각 수화생성물을 추정하였다. 아질산칼슘을 첨가한 시험체는 시멘트의  $\text{C}_3\text{A}$  표면에 황산( $\text{SO}_4^{2-}$ )계 에트리נג가이트와 더불어, 모노설페이트가 부분적으로 관찰되었다. 한편,  $\text{CO}_3^{2-}$  이온을 포함하고 있는 탄산나노버블수를 사용한 시험체에서는 부분적으로 Calcite가 관찰되었다. 특히, 아질산칼슘과 탄산나노버블수를 적용한 시험체에서는 아질산계 수화생성물과 더불어 Calcite계  $\text{CaCO}_3$ 가 다량 생성된 원인으로 인해 조직 치밀화를 통한 물리적 성능이 증대되었다고 판단된다.

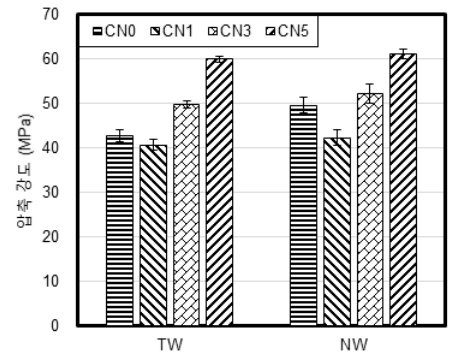


그림 1. 압축강도(재령 28일)

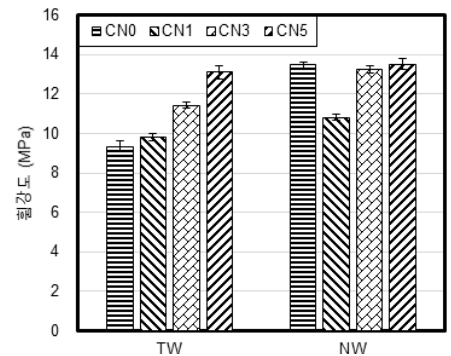


그림 2. 휩강도(재령 28일)

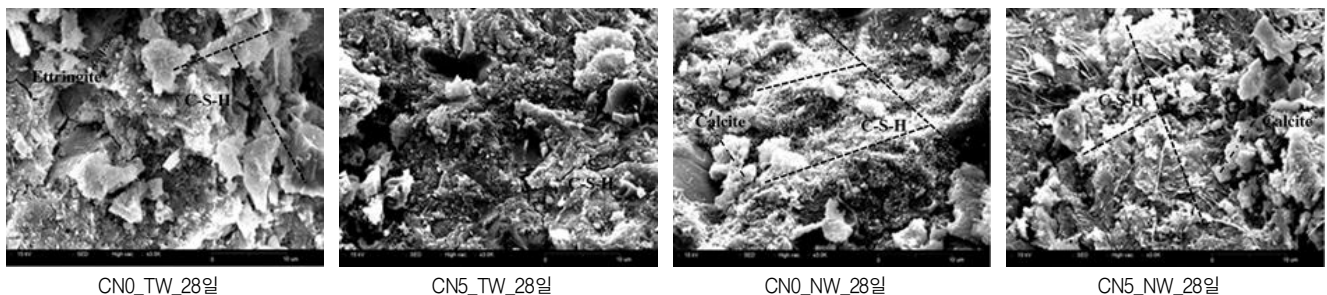


그림 3. SEM(× 3000)

### 4. 결론

본 연구는 아질산칼슘과 탄산나노버블수를 이용한 단면 복구용 모르타르의 강도와 SEM 관찰을 통해 미세구조를 분석하였다. 그 결과, 탄산나노버블수를 사용하고 아질산칼슘의 첨가량이 증가할수록 강도가 높아지고 Calcite계 수화생성물이 다량으로 생성되어 조직이 치밀화되는 것으로 나타났다. 이상의 결과를 바탕으로 아질산칼슘과 탄산나노버블수를 이용한다면 보수용 폴리머 시멘트 모르타르의 성능향상을 보여줄 수 있을 것으로 판단된다.

### Acknowledgement

본 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(과제번호 : NRF-2018R1D1A1B07049812)임을 밝히며 이에 감사를 드립니다.

### 참고 문헌

1. Choi, H., and M. Inoue. "Self-healing of hardened cement paste affected by additional  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{CO}_3^{2-}$  ions with temperature control, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Vol. 615. No. 1. IOP Publishing, 2019