

Research Paper

# 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합 내 In-situ 탄산화 적용을 위한 CO<sub>2</sub> 주입 특성 및 물리적 특성 검토

## Evaluating the Effectiveness of In-Situ Carbonation in Floor Dry Cement Mortar Applications

김진성<sup>1</sup> · 조성현<sup>2</sup> · 김춘식<sup>3\*</sup>

Kim, Jin-Sung<sup>1</sup> · Cho, Sung-Hyun<sup>2</sup> · Kim, Chun-Sik<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Researcher, Institute of Technology, Hanil Cement, 1463-81, Jangyeo-ro, Yeosu-si, Gyeonggi-do, 12666, Korea

<sup>2</sup>Laboratory Chief, Institute of Technology, Hanil Cement, 1463-81, Jangyeo-ro, Yeosu-si, Gyeonggi-do, 12666, Korea

<sup>3</sup>Senior Researcher, Institute of Technology, Hanil Cement, 1463-81, Jangyeo-ro, Yeosu-si, Gyeonggi-do, 12666, Korea

\*Corresponding author

Kim, Chun-Sik

Tel : 82-70-7092-3992

E-mail : sik0117@hanil.com

Received : October 18, 2023

Revised : November 29, 2023

Accepted : December 27, 2023

ABSTRACT

In-situ carbonation technology represents a form of mineral carbonation that integrates CO<sub>2</sub> into the fabrication process of cementitious construction materials, capturing CO<sub>2</sub> as calcium carbonate(CaCO<sub>3</sub>) through a reaction between calcium ions(Ca<sup>2+</sup>) and CO<sub>2</sub> released during cement hydration. This investigation examines the application of in-situ carbonation technology to a variety of floor dry cement mortar formulations commonly used in local construction projects. It assesses the effects of varying the CO<sub>2</sub> injection flow rate and total volume of CO<sub>2</sub> injected. Additionally, the study evaluates the impact of reducing the quantity of cement used as a binder on the final product's quality.

**Keywords :** carbonation technology, mineral carbonation, calcium carbonate, floor dry cement mortar

## 1. 서론

전 세계적으로 산업기술발전과 더불어 화석연료 등의 사용량이 증대됨에 따라, 배출되는 CO<sub>2</sub>(이산화탄소, Carbon Dioxide)로 인한 대기 중의 CO<sub>2</sub> 농도가 증가되고, 이로 인해 전 세계적으로 기상이변 및 자연재해 등의 기후 변화 문제가 대두되고 있다[1,2]. 2015년 파리 기후변화 협약(Paris Climate Change Accord)에서는 지구 평균온도 상승폭을 산업화 이전 대비 1.5°C 이하로 제한하기 위한 글로벌 목표를 제시하였으며, 이 목표를 달성하기 위해 ‘탄소중립’이라는 합의점을 도출하고, 전 세계 195개국의 만장일치로 채택된 바 있다[3]. 국내에서 또한 개인, 회사 및 단체 내에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 재활용하여 실질적인 배출량 “Zero”를 목표로하는 다양한 정책들이 제시되고 있다[4].

특히, 시멘트 산업의 경우, 시멘트 생산 시, 석회석, 점토 및 실리카 등의 원료를 유연탄 및 대체원료를 이용하여 1,450°C에서 소성하게 되면 석회석의 탈탄산 과정 및 연료에 따른 많은 양의 CO<sub>2</sub>를 배출하게 되며, 보통포틀랜드시멘트(Ordinary Portland Cement, OPC)의 경우, 1.0톤 생산 시, 약 0.8톤의 CO<sub>2</sub>를 배출하는 것으로 알려져 있어, 배출되는 CO<sub>2</sub>의 감축을 위한 구체적인 대응방안이 필요한 실정이다[5-8].

In-situ 탄산화 기술은 시멘트계 기반 건설재료의 제조과정에서 CO<sub>2</sub>를 주입하여 시멘트 수화과정에서 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 주입되는 CO<sub>2</sub>의 탄산화반응을 통해 CaCO<sub>3</sub>의 형태로 CO<sub>2</sub>를 영구 고정화시키는 광물탄산화 기술로써, 현재 미국, 캐나다



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

다 등 선진국에서는 이미 기술개발을 통해 상용화 또한 진행 중에 있다[9]. 반면에 현재까지 국내의 시멘트 기반 건설 및 제조 산업 내 In-situ 탄산화 기술 개발에 관련한 연구 사례는 미비하며, 대부분 기술적 불확실성이 높거나 생산단계 및 소비단계를 명확히 구분치 않아 현장 적용에 대한 효율성이 떨어지는 실정이다.

한편, 현재 국내 다수의 아파트 등의 공동주택 내에서는 온수파이프를 이용한 하부 바닥 내 복사 난방방식을 채택하는 등, 독특한 난방방식을 취하고 있으며, 이를 위해 다량의 바닥용 건조시멘트 모르타르가 활용되고, 이에 대한 기술개발이 이루어지고 있는 실정이다[10].

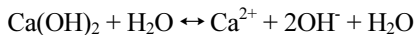
따라서 본 연구에서는 온실가스 감축기술 강화 및 국내 시멘트 기반 건설 산업의 경쟁력 확보를 위해 In-situ 탄산화 기술의 적용 가능성을 검토하고자 한다. 이를 위한 기초연구로써 현재 국내 공동주택 건설현장에서 시공되고 있는 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 범위에서 In-situ 탄산화 기술 적용 시, 요구되는 CO<sub>2</sub>의 주입 특성 검토와 더불어 In-situ 탄산화 기술이 적용된 바닥용 건조시멘트 모르타르 제품의 작업성 및 압축강도 등의 기초 물성 검토를 진행하였다.

## 2. 이론적 고찰

식 (1)-(3)에 시멘트의 수화반응 과정에서 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 In-situ CO<sub>2</sub> 주입 시, 나타나는 탄산화물성발현 메커니즘을 나타내었다. 시멘트의 수화과정에서 형성되는 Alite(C<sub>3</sub>S) 및 Belite(C<sub>2</sub>S) 등이 물과 반응하여 Ca<sup>2+</sup>이온을 용출하게 되며, 이 때, 주입된 CO<sub>2</sub>와 반응하여 CaCO<sub>3</sub>의 형태로 CO<sub>2</sub>를 격리하게 되는데, In-situ 탄산화 기술을 통한 최종 결과생성물의 경우, 기존의 보통포틀랜드시멘트에 존재하는 C-S-H, Ettringite, CaCO<sub>3</sub> 등과 유사한 형태로 형성되어, 보통포틀랜드시멘트와 비교하여 동등 이상의 물성확보가 가능할 것으로 판단된다[11].

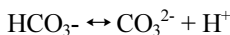
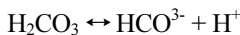
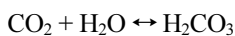
캐나다의 Carboncure Technology Inc에서는 산업배출 배기가스에서 포집한 CO<sub>2</sub>를 굳지 않은 콘크리트에 주입하여 콘크리트 및 레미콘 물성에 영향을 주지 않고 산업 배출 CO<sub>2</sub>의 저감을 실현할 수 있는 기술을 개발하였으며, 혼합과정에서 CO<sub>2</sub>를 주입하면서 재령별 콘크리트의 강도 발현 효과를 증가시켜 콘크리트 혼합에 사용되는 단위시멘트 사용량을 약 5% 정도 저감시킨 바 있다[12,13]. 또한 캐나다의 Carbicrete에서는 시멘트 대신 슬래그를 사용하고, CO<sub>2</sub>를 주입하여 CMUs(Concrete Masonry Units)당 약 3kg의 CO<sub>2</sub>를 저감할 수 있는 블록을 상용화한 사례가 보고된 바 있다[13].

[Dissolution] Ca<sup>2+</sup> Supply



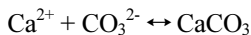
(1)

[CO<sub>2</sub> Dissociation] CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> Supply



(2)

[Precipitation] CO<sub>2</sub> Storage



(3)

In-situ 탄산화 기술은 대기압 조건에서 시멘트 수화반응 중 용출된 Ca<sup>2+</sup>이온과 CO<sub>2</sub>가 반응하여 CaCO<sub>3</sub>를 형성하는 반응으로 탄산화 반응을 위한 별도의 첨가물질의 혼합 및 전처리 공정이 요구되지 않아, 별도의 전·후처리 공정 없이 기존의 콘

크리트 2차 제품을 비롯하여 레미콘 등의 제조공정에 직접 적용이 가능하므로 현장 맞춤형 탄산화 기술로써 산업 적용성이 우수하다[14].

또한 추가 공정에 따른 에너지 발생 및 탄산화 반응 생성 물질에 대한 후처리 등과 관련한 경제적 및 환경적 손실이 낮아 추후 산업 실증 측면에 있어 유리하며, 기존의 산업시스템을 기반으로 활용할 수 있어, In-situ 탄산화 기술 적용 시, 기술제어에 대한 안정성 확보가 예상된다.

### 3. 실험계획 및 방법

#### 3.1 실험계획

본 연구에서는 현재 국내 공동주택 건설현장에서 활용되고 있는 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 범위에서 In-situ 탄산화 기술의 적용 가능성 검토를 위해 먼저 CO<sub>2</sub>의 적정 주입 유량(L/min), 주입 시간(s) 및 총 주입량(g)을 포함한 CO<sub>2</sub> 주입 특성에 대한 검토를 선행 진행하였으며, 실험계획은 Table 1에 나타내었다. 배합의 경우, 현재 국내 공동주택 건설현장에 납품되어 사용되고 있는 H사의 바닥용 건조시멘트 모르타르 제품의 배합을 활용하였다.

앞서 언급한 Carboncure Technology Inc의 경우, 레미콘 기준 1m<sup>3</sup>당 적정 CO<sub>2</sub>의 고정화량을 0.4kg/m<sup>3</sup> 수준으로 제시하고 있는데, 본 연구에서는 이를 기반으로 먼저 레미콘 기준 1m<sup>3</sup>당 바인더인 단위시멘트량을 300kg/m<sup>3</sup>로 설정하여, 단위시멘트량 대비 CO<sub>2</sub>의 고정화(주입)량을 산정하였다. 이후 본 연구 내에서 바닥용 건조시멘트 모르타르 2kg 배합 기준, 요구되는 CO<sub>2</sub>의 총 주입량(g)을 산정하였다. CO<sub>2</sub> 주입 특성 검토를 위한 실험계획은 Table 2에 나타내었으며, CO<sub>2</sub>의 주입 유량 및 주입 시간을 비교군으로 설정하여, 주입 유량(1, 5, 10L/min)에 따른 주입 시간을 설정하여, 총 주입량을 산출하였다.

**Table 1.** Experimental plan (1) - methodology for CO<sub>2</sub> injection

Binder(wt%)	Filler(wt%)	Aggregate(%)	Superplasticized(%)	W/R <sup>a</sup> (%)	Curing condition	Evaluation items
23.0	3.5	73.5	0.02	17.0	20°C RH 60%	CO <sub>2</sub> injection flow CO <sub>2</sub> injection amount Compressive strength (3, 7, 28 days)

a) W/R : Water Remitar Ratio(Remitar=Binder+Filler+Aggregate)

**Table 2.** Outcomes of CO<sub>2</sub> injection flow and injection volume

Type.	Injection flow(L/min)	Time(s)	Injection amount(L)	Injection amount(g)
Plain	-	-	-	-
	1	20	0.333	0.611
	5	4	0.333	0.611
A	1	40	0.667	1.221
	1	80	1.333	2.442
	5	4	0.333	0.611
B	5	8	0.667	1.221
	5	16	1.333	2.442
	10	2	0.333	0.611
C	10	4	0.667	1.221
	10	8	1.333	2.442

또한 다음으로 본 연구에서는 앞서 수행된 CO<sub>2</sub> 주입 특성 검토 결과에 따라, 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합 내 적정 CO<sub>2</sub> 주입 유량, 주입 시간 및 총 주입량을 선정하여, In-situ 탄산화 기술이 적용됨으로써 바인더인 단위시멘트량의 감축에 따른 제품의 물성 검토를 실시하였다. 이에 대한 실험계획은 Table 3에 나타내었으며, 기존 H사의 바닥용 건조시멘트 모르타르 제품 배합 내 바인더인 단위시멘트량 23% 대비, 각각 1%, 2%, 3% 감축된 배합을 검토하였다.

**Table 3.** Experimental plan (2) - unit cement reduction ratio

Type.	Binder(wt%)	Filler(wt%)	Aggregate(%)	Superplasticized(%)	W/R <sup>a)</sup> (%)	Curing condition	Evaluation items
Plain	23.0	3.5					
A	22.0	4.5	73.5	0.02	17.0	20°C RH 60%	Unit weight
B	21.0	5.5					Flow(0, 10 min)
C	20.0	6.5					Compressive strength (3, 7, 28 days)

a) W/R : Water Remitar Ratio(Remitar=Binder+Filler+Aggregate)

### 3.2 실험재료

골재(Aggregate)는 건조 내륙사를 이용하였으며, 강도보강제로써의 성능 발현을 위해 입도사이즈별로 구분하여 사용하였다. 시멘트(Binder)는 현재 현장에서 유통되고 있는 H사의 1종 보통포틀랜드시멘트(OPC)를 사용하였으며, 비중 및 분말도는 각각 3.15 및 3,658cm<sup>2</sup>/g이다. 채움재(Filler)는 석회석 미분말 및 H사의 보일러 연소로 내 발생하는 탈황석고를 사용하였다. 또한 결합재의 첨가량에 따른 채움 작업성 및 유동성 향상을 위해 폴리카르본산계(Polycarboxylate) 유동화제(Superplasticized)를 외할 첨가하였으며, 현장 시공 시, 배합, 혼합 및 압송 등을 고려하여 물-결합재비(W/R)는 17%로 설정하였다.

### 3.3 실험방법

본 연구에서는 실험과정에서 균일한 CO<sub>2</sub>의 투입 및 배합을 위해 KS L ISO 679 내 4절에 의거한 모르타르용 혼합장치에 주입된 CO<sub>2</sub>가 외기로 배출되는 것을 방지할 수 있는 차단막과 믹싱 보울 하단에 CO<sub>2</sub> 주입부 및 노즐을 설치하여, 신규 CO<sub>2</sub> 탄산화 Lab. Scale 챔버를 제작하였으며, 제작된 신규 혼합 장치는 Figure 1에 나타내었다. 원료들의 배합은 배합속도를 자전(140±5rpm) 및 공전(62±5rpm)의 저속으로 설정하여, 30초 혼합 후, 정지하여 CO<sub>2</sub>를 주입하였으며, 이후 30초 재혼합하였다.

양생은 KS L 5220에 의거하여, 시험체 성형 직후, 온도 (20±2)°C, 상대습도 90% 이상 습기함 내에서 48시간 양생 후, 틀을 제거하고, 다시 동일 습기함에서 5일간 양생 후, 28일까지 온도 (20±2)°C, 상대습도 (65±10)%인 실험실 내에서 양생하였다.

또한 In-situ 탄산화 기술을 적용한 바닥용 건조시멘트 모르타르 제품의 현장 시공 시, 사용량 및 시공성 등의 특성 평가를 위해 단위용적중량(Unit weight) 및 플로우(Flow)에 대한 검토를 실시하였으며, 플로우의 경우, 모르타르 시공 시, 원료의 배합, 제품의 혼합 및 압송 등을 고려하여 200±10mm를 기준으로 설정하고, 10분 이후의 Loss 또한 측정하였다.

압축강도는 KS L ISO 679에 의거하여, 습기함 및 실험실 내에서의 양생을 통해 재령 3일, 7일 및 28일의 압축강도를 측정하였다.

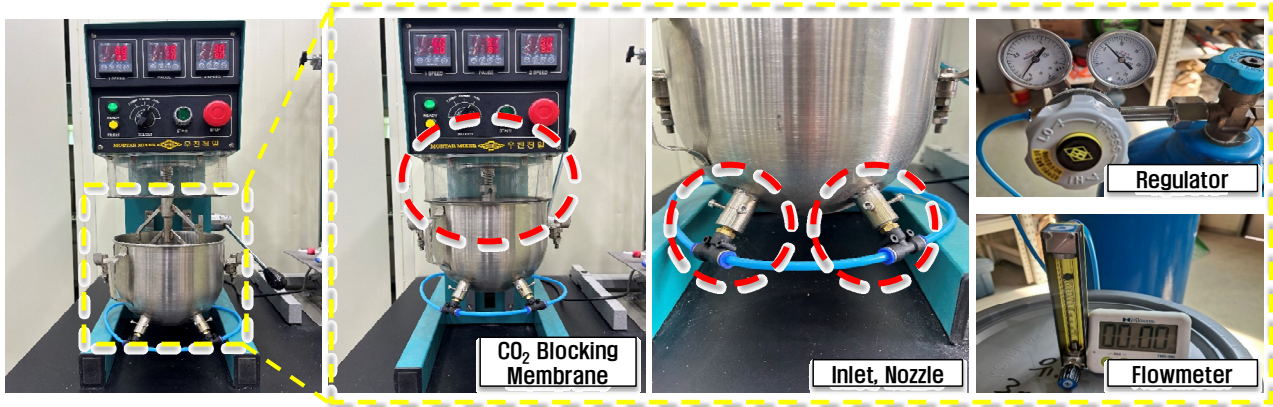


Figure 1. In-situ carbonation mixing equipment for CO<sub>2</sub>

## 4. 실험결과

### 4.1 In-situ 탄산화 적용을 위한 CO<sub>2</sub> 주입 특성 평가

Figure 2에 최적 CO<sub>2</sub> 주입 유량 및 주입 시간 선정을 위한 재령별 압축강도 측정결과를 나타내었다. 현재 국내 건설현장에서 활용 중인 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합 2kg을 기준으로 먼저 주입 유량의 경우, 주입 유량이 10L/min인 배합이 다른 배합 수준 대비 동등 이상의 수준을 보였는데, 이는 CO<sub>2</sub>의 주입 유량이 빠를수록 시멘트 수화반응 중 용출되는 Ca<sup>2+</sup> 이온과 빠른 시기에 반응하여 CaCO<sub>3</sub>를 형성한 것으로 판단된다. 또한 총 주입량이 2.613g 수준일 경우, 재령별 다른 배합에 비해 다소 낮은 강도 수준을 보이는데, 이는 적정 수준 이상의 CO<sub>2</sub> 주입이 시멘트 내 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 과도하게 반응하여, 기존의 수화반응을 통해 생성되는 C-S-H, Ettringite, Ca(OH)<sub>2</sub> 등의 수화생성물의 생성 정도가 기존의 Plain 대비 상대적으로 저감되어, 제품의 강도 발현이 저하된 것으로 판단된다.

따라서 이후, 바인더인 단위시멘트량 감축 검토 실험에서는 CO<sub>2</sub> 수준을 유량의 경우, 10L/min, 총 주입량의 경우, 0.655g 및 1.307g 총 2수준으로 설정하여, 실험을 진행하였다.

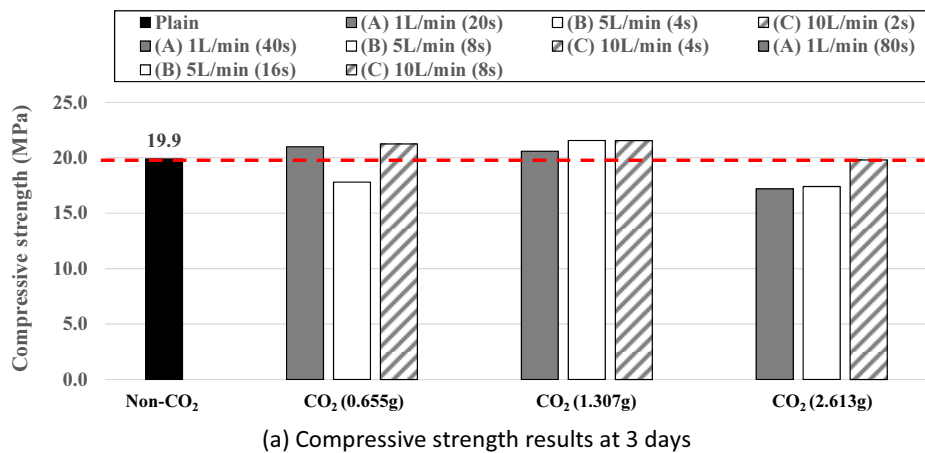


Figure 2. Compressive strength outcomes using different CO<sub>2</sub> injection methods

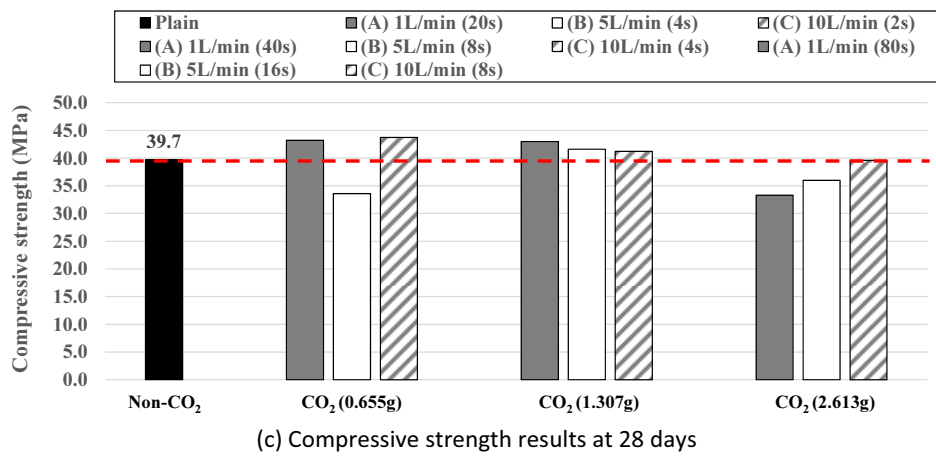
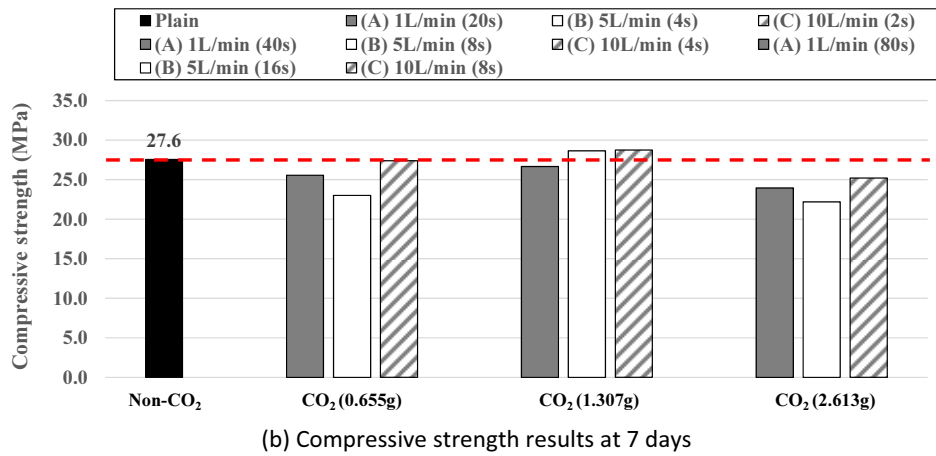


Figure 2. Compressive strength outcomes using different CO<sub>2</sub> injection methods(Continued)

### 4.2 단위시멘트량 감축에 따른 In-situ 탄산화 적용 모르타르 평가

#### 4.2.1 단위용적증량 및 플로우 특성 평가

Figure 3 및 4에 앞선 CO<sub>2</sub> 주입 특성 검토 결과를 기반으로 In-situ 탄산화 기술 적용됨에 따라, 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합 내 바인더인 단위시멘트량 감축으로 인한 제품의 단위용적증량(g/L) 및 플로우(mm) 측정결과를 나타내었다.

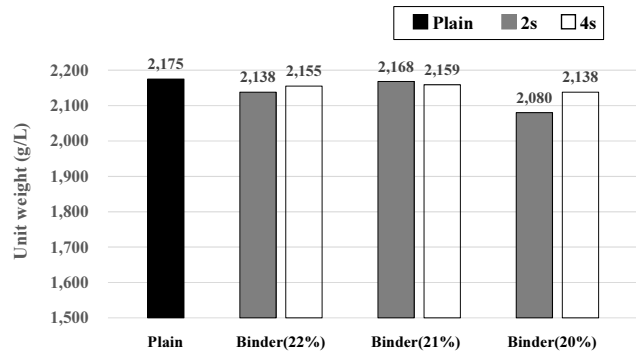


Figure 3. Measurements of Unit weight(g/L)

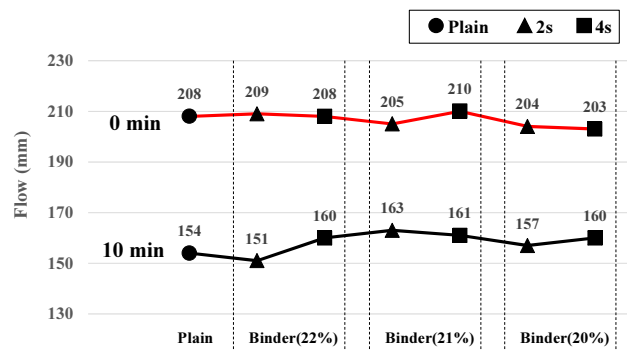


Figure 4. Flow characteristics(mm)

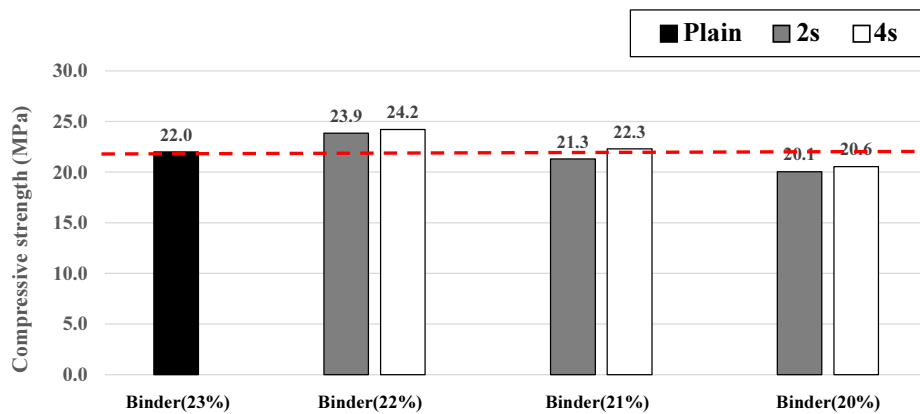


실험결과, 기존에 현장에서 활용되고 있는 Plain 배합의 단위용적중량 및 초기 플로우는 각각 2,175g/L 및 208mm로 측정되었으며, 단위시멘트량이 감축된 타 배합들의 경우에도 Plain 대비 동등 수준의 결과를 보였다. 따라서 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 시공량 및 작업성 등의 시공성 측면에서 In-situ 탄산화 적용을 통한 단위시멘트량 감축이 가능할 것으로 판단된다.

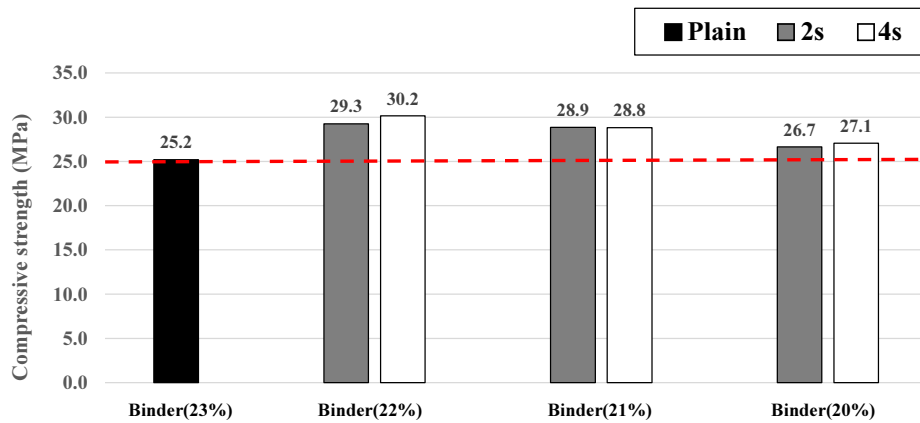
#### 4.2.2 압축강도 특성 평가

Figure 5에 단위시멘트량 감축 및 CO<sub>2</sub> 주입 방식에 따른 압축강도 측정결과를 나타내었다. 먼저 CO<sub>2</sub> 주입 유량 및 주입 시간이 각각 10L/min 및 4s일 경우, 동등 단위시멘트량 대비 재령별 압축강도가 다소 높게 측정되었다. 이는 시멘트 수화반응 중 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 반응하여 CaCO<sub>3</sub>를 형성하기 위한 CO<sub>2</sub>를 포함하여 반응하지 못하고 상온으로 배출되는 CO<sub>2</sub>의 잔량을 고려하였을 때, 바닥용 건조시멘트 모르타르 2kg 배합을 기준으로 적정 CO<sub>2</sub> 주입 수준을 설정할 수 있을 것으로 판단된다.

단위시멘트량을 각각 1, 2, 3% 감축시켜 압축강도를 측정한 결과, 특히, CO<sub>2</sub> 주입 유량 10L/min 및 주입 시간 4s일 때, 단위시멘트량이 각각 1, 2% 감축시킨 배합의 경우, 재령별 Plain 대비 전체적인 재령에서 평균 약 8% 이상의 강도 향상 수준을 보였다. 이는 앞서 언급했듯이 시멘트 수화반응 중 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 주입된 CO<sub>2</sub>가 반응하면서 CaCO<sub>3</sub>이 형성되는데, 이 때, 선행 연구된 내용에 제시된 바, 형성된 CaCO<sub>3</sub>의 입자 수준(Particle size)이 나노(Nano size) 수준으로 형성되어, 결합



(a) Compressive strength results at 3 days



(b) Compressive strength results at 7 days

Figure 5. Compressive strength outcomes related to unit cement reduction ratio

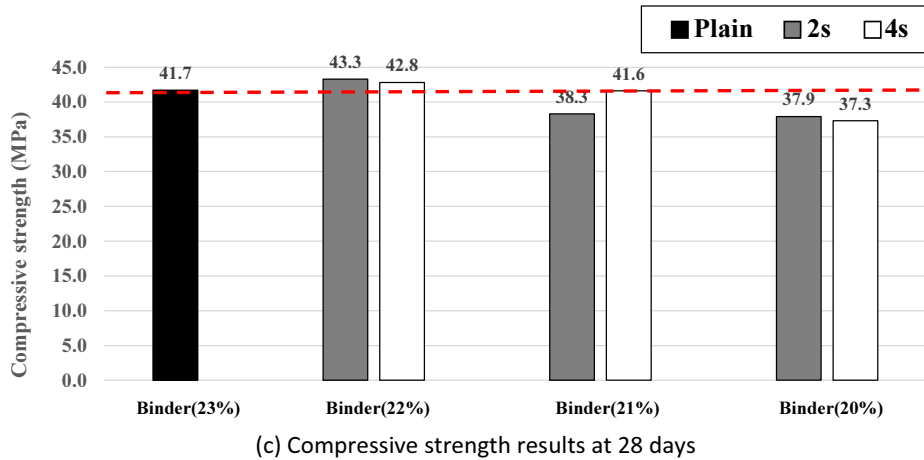


Figure 5. Compressive strength outcomes related to unit cement reduction ratio(Continued)

재 내부의 약  $10^2 \sim 10^5 \text{nm}$  수준의 미세 공극 내 물리적인 강도 발현에 기인한 것으로 사료된다[15,16].

한편, 단위시멘트량을 3% 감축시킨 배합의 경우, 전체적으로 재령별 Plain 대비 동등 이하의 수준을 보였는데, 이는 과도한 결합재 감축으로 인해 기존의 바닥용 건조시멘트 모르타르 제품 내 강도 발현을 위한 수화생성물의 생성 정도가 감소했기 때문으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 국내 건설 현장에서 적용되고 있는 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 범위에서 In-situ 탄산화 기술의 적용 가능성을 검토하고자, CO<sub>2</sub>의 적정 주입 특성 및 그에 따른 단위시멘트량이 감축된 모르타르 제품의 물성 검토를 실시하였다.

- 1) In-situ 탄산화 기술을 적용 시, CO<sub>2</sub>의 적정 주입 특성을 검토한 결과, 과도한 CO<sub>2</sub>의 주입은 제품의 품질 저하를 유발할 수 있으며, CO<sub>2</sub> 주입 유량의 경우, 상대적으로 CO<sub>2</sub>의 주입 유량이 빠를수록 시멘트 수화반응 중 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 빠른 시기에 반응하여 적정 수준의 CaCO<sub>3</sub>를 형성하는 것으로 나타났다.
- 2) CO<sub>2</sub>의 주입 특성 내 총 주입량의 경우, 바닥용 건조시멘트 모르타르 2kg 배합(Binder, 23%) 기준 약 0.655g~1.307g의 CO<sub>2</sub> 주입량 수준이 적절한 것으로 나타났다.
- 3) CO<sub>2</sub>의 주입 방식 및 단위시멘트량 감축에 따른 단위용적중량(g/L) 및 플로우(mm) 측정결과, 기존에 활용 중인 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합 대비 동등 수준을 보여, 작업성 측면에서 In-situ 탄산화 적용이 가능할 것으로 판단된다.
- 4) 시멘트의 수화반응 중 용출되는 Ca<sup>2+</sup>이온과 CO<sub>2</sub>가 반응하면서 CaCO<sub>3</sub>가 형성되는데, 이 때, CaCO<sub>3</sub> 입자 수준이 나노(Nano size) 수준으로 형성되어, 제품 내 약  $10^2 \sim 10^5 \text{nm}$  수준의 미세 공극에 영향을 끼쳐 제품의 물리적인 강도 발현에 기여한 것으로 사료된다.
- 5) 따라서 연구 결과를 바탕으로 바닥용 건조시멘트 모르타르 범위에서 In-situ 탄산화 기술을 적용할 경우, 제품의 물성 증진에 따라 약 1~2%의 Binder 감축이 가능할 것으로 판단되며, 아울러, 본 연구에서 활용된 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 경우, 시공 시, 철근 및 강재 등의 보강을 하지 않는 제품이므로 CO<sub>2</sub> 주입에 따른 제품 내 중성화 등의 장기 내구성 문제에서 또한 효율적일 것으로 판단된다.



## 요약


In-situ 탄산화 기술은 시멘트 기반 건설재료의 제조과정에서 CO<sub>2</sub>를 주입하여 시멘트 수화과정에서 용출되는 Ca<sup>2+</sup> 이온과 CO<sub>2</sub>의 탄산화 반응을 통해 CaCO<sub>3</sub>의 형태로 CO<sub>2</sub>를 격리하는 광물탄산화 기술이며, 본 연구에서는 현재 국내 건설현장에서 시공되고 있는 바닥용 건조시멘트 모르타르 배합의 범위에서 In-situ 탄산화 기술을 적용 시, CO<sub>2</sub>의 주입 유량 및 총 주입량을 검토하고, 바인더인 단위시멘트량 감축에 따른 제품의 품질 검토를 실시하였다.


키워드 : 탄산화 기술, 광물탄산화, 탄산칼슘, 바닥용 건조시멘트 모르타르


## Funding

This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning(KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy(MOTIE) of the Republic of Korea(No. 20212010200080).

## ORCID

Jin-Sung Kim,  <https://orcid.org/0009-0006-2051-5556>

Sung-Hyun Cho,  <https://orcid.org/0000-0002-9255-0215>

Chun-Sik Kim,  <https://orcid.org/0009-0004-5052-7780>

## References

1. Kwack JS, Kang CS, Lee HS. Experimental study on the CO<sub>2</sub> gas fixation method using the cement-paste solution's calcium ion. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2012 Jul;28(7):125-32. [https://doi.org/10.5659/JAIK\\_SC.2012.28.7.125](https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2012.28.7.125)
2. Lee BY, Kim BR, Kim GH. Comparison of construction costs of masonry wall types, including CO<sub>2</sub> emission costs. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2010 Jun;10(3):83-90. <https://doi.org/10.5345/JKIC.2010.10.3.083>
3. Bae SC, Moon JH, Nam JS. Global status of cement-concrete carbon neutrality. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2022 Jan;34(1):50-7.
4. Song H, Lee JK, Chu YS. Core technology for 2050 carbon neutrality in the cement material industry. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2022 Jan;34(1):66-71.
5. Kim SH, Hwang JP. The CO<sub>2</sub> emission in the process of cement manufacture depending on CaO content. *Journal of the Korea Concrete Institute*. 2013 Aug;25(4):365-70. <http://dx.doi.org/10.4334/JKCI.2013.25.4.365>
6. Choi JW, Baek JI, Kwon SJ, Won PS, Kang BH. Study on the correlation between air emission gas and alternative fuels used in cement sintering process. *Journal of the Korean Recycled Construction Resources Institute*. 2020 Sep;8(3):286-93. <https://doi.org/10.14190/JRCR.2020.8.3.286>
7. Choi YC, Yoo SW. Characteristics of carbon capture by the accelerated carbonation method of circulating fluidized bed combustion ash. *Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*. 2021 Oct;25(5):165-72. <https://doi.org/10.11112/jksmi.2021.25.5.165>
8. Joe SH, Kim KS, Park C, Lim CY. Core technology for 2050 carbon neutrality in the cement manufacturing process. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2022 Jan;34(1):72-9.

9. Winnefeld F, Leemann A, German A, Lothenbach B. CO<sub>2</sub> storage in cement and concrete by mineral carbonation. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*. 2022 Dec;38:100672. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100672>
10. Park SJ, Hwang YS, Lee GC, K J. Quality of dry cement mortar for floor heating depending on water-to-dry mortar ratio. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2021 Jun;21(3):181-8. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2021.21.3.181>
11. Lee SH, Koo JS. Greenhouse gas reduction according to CO<sub>2</sub> fixation of cementitious materials. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2016 Jul;28(4):10-4.
12. Bandhavya GB, Prashanth S, Sandeep K. Reduction of greenhouse gas emission by carbon trapping concrete using carboncure technology. *Applied Journal of Environmental*. 2021 Sep;7(3):306-17. <https://doi.org/10.48422/IMIST.PRSM/ajees-v7i3.28111>
13. Supriya, Chaudhury R, Sharma U, Thapliyal PC, Singh LP. Low-CO<sub>2</sub> emission strategies to achieve net zero target in cement sector. *Journal of Cleaner Production*. 2023 Sep;417:137466. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137466>
14. Jang JG, Kim GM, Park SM, Lee HK. Carbon dioxide utilization and sequestration by carbonation curing of cement-based materials. *Magazine of the Korea Concrete Institute*. 2016 Jul;28(4):40-5.
15. Cao M, Ming X, He K, Li L, Shen S. Effect of macro-, micro-and nano-calcium carbonate on properties of cementitious composites—A review. *Materials*. 2019 Mar;12(5):781-800. <https://doi.org/10.3390/ma12050781>
16. Supit SW, Shaikh FU. Effect of nano-CaCO<sub>3</sub> on compressive strength development of high volume fly ash mortars and concretes. *Journal of Advanced Concrete Technology*. 2014 Dec;12(6):178-86. <https://doi.org/10.3151/jact.12.178>