

## 1. 연구 개요

### 연구 배경 및 목적

- 전 세계적으로 기후 변화와 지구 온난화 문제가 대두되고 있으며, 시멘트 산업은 전 세계 온실가스 배출량의 약 7%를 차지하는 산업군임
- 시멘트 수요는 크고 매년 증가하는 추세를 보이며, 국내 고품위 석회석 등 다양한 국가의 석회석의 고갈 위험이 존재함
- 시멘트 제조 시 사용되는 유연탄 가격 인상 및 레미콘 운반비 상승으로 인한 시멘트 수급 불안 고조, 시멘트 수급 불안으로 인한 건설현장의 공사 지연 및 중단 사례 발생
- 선철을 생산해내는 제철 산업에서 나오는 산업 부산물인 고로슬래그 미분말과 알칼리 활성화제를 사용하여 시멘트와 유사한 성질을 확보하여 균열 보수재 개발을 목적으로 함

## 2. 연구 방법

### 연구 방법

- 주입 도구에 따라 주입형(주사기) 및 바름형(흙손)으로 구분
- 모든 배합의 양생 조건은 상온(23 °C ± 3 °C)에서 초기 재령(3일, 7일) 압축 강도 확인
- 주입형 모르타르의 경우, 미니 슬럼프 플로우 값 확인
- 바름형 모르타르의 경우, 굳기 전과 후의 콘크리트 면과의 부착 정도 확인
- 균열 상황(1 mm ~ 10 mm)을 가정하여 균열 부위 보수 진행

GGBS	KS 3 Grade Ground Granulated Blast Furnace Slag
Activator	NaOH / Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> / Ca(OH) <sub>2</sub> / Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub>
Water	Tap Water
Water Glass	No. 3 Sodium Silicate Solution
Sand	No. 7 Silica Sand
Superplasticizer	Polycarboxylic Acid
Viscosity Modifying Agent	Methyl Cellulose

#### 사용 재료

- 주입 도구의 특성에 따른 각각의 목표 물성치 설정

주입형 모르타르	바름형 모르타르
3일 강도 18.0 MPa 이상	3일 강도 7.5 MPa 이상
7일 강도 24.0 MPa 이상	7일 강도 15.0 MPa 이상
미니 슬럼프 플로우 225 mm 이상	

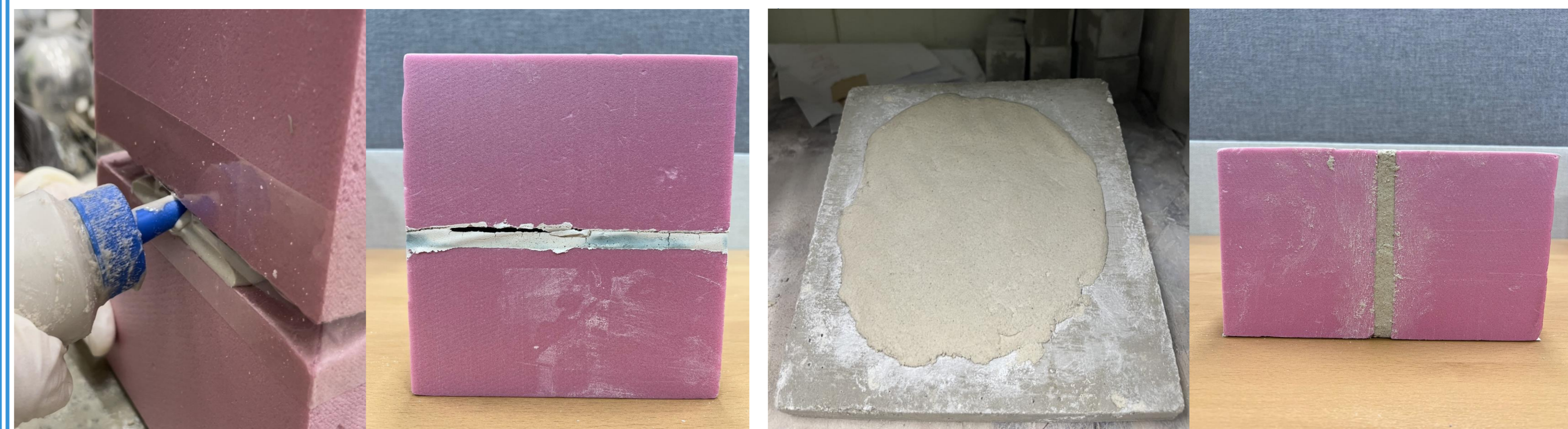
주입형 : KS F 4044[수경성 시멘트 무수축 그라우트] 참고

바름형 : KS L 5210[고로슬래그 시멘트] 참고

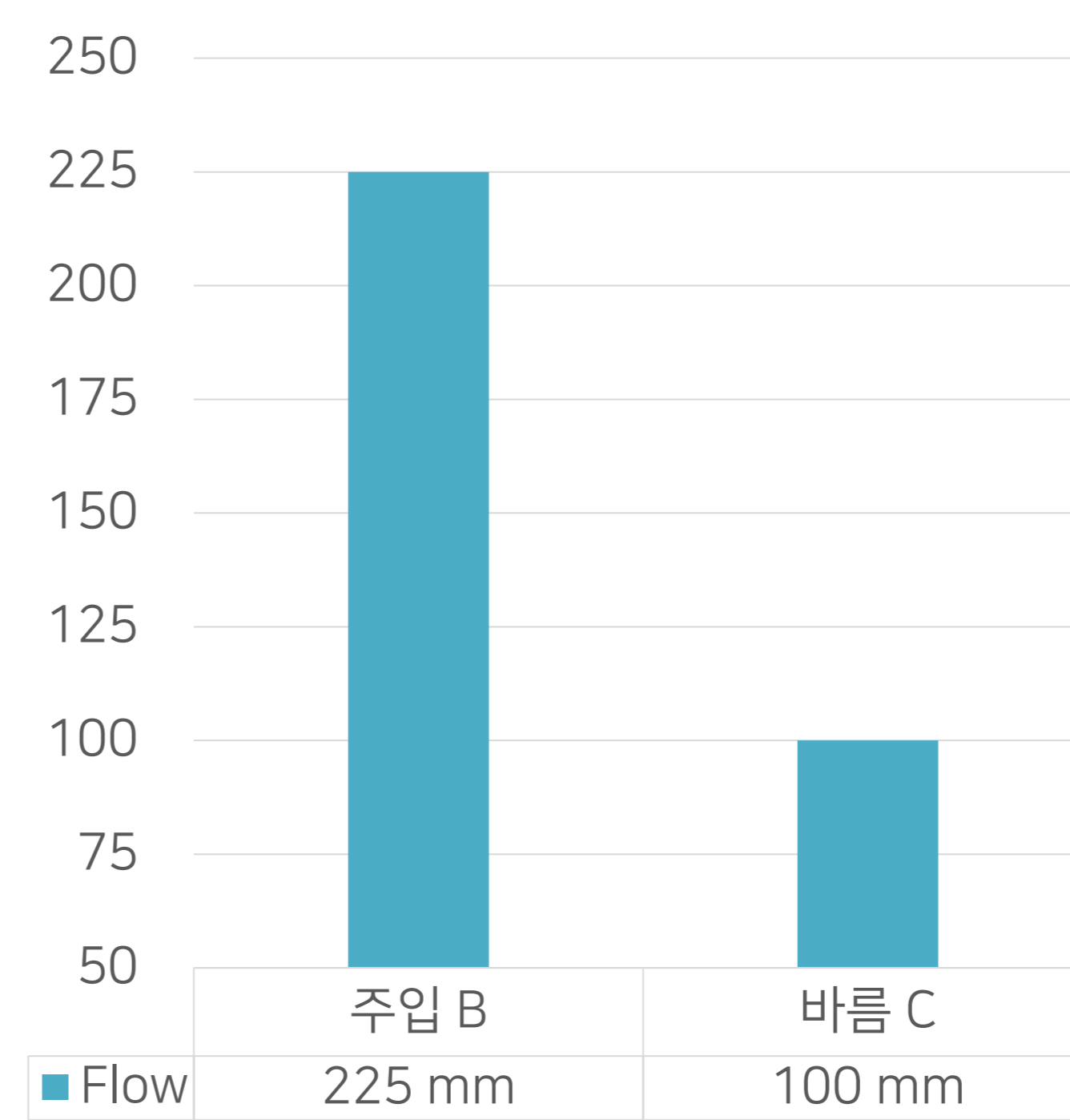
## 3차 - 5차 실험

Type	GGBS	Activator	Water	Water Glass	Sand	Polycarboxylic Acid	Methyl cellulose
S1	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	X
S2	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	0.003
S3	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	0.006
주입 A	0.90	0.10	0.58	0.58	1.225	X	0.18
주입 B	0.90	0.10	0.58	0.58	1.225	X	0.14
바름 C	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	0.18
바름 D	0.90	0.10	0.23	0.93	2.45	0.07	0.18

- G2-W 타입 선정 후, 증점제 사용한 배합을 진행하여 충전에 필요한 부착 성능 확보를 목적
- 모든 타입이 목표 물성치를 만족했지만, 실제 주입에 필요한 점성 확보 실패
- 주입형의 경우 주입 B 타입이 목표 미니 슬럼프 플로우 225 mm 만족
- 주입형의 경우 주입 B 타입이 목표 압축 강도 만족(3일 18.0 MPa, 7일 24.0 MPa)
- 바름형 모든 타입이 배합 직후 콘크리트 면에 바른 후 180 ° 회전시켰을 때 부착 됨을 확인
- 바름형의 경우 바름 C 타입이 목표 압축 강도 만족(3일 : 7.5 MPa, 7일 : 15.0 MPa)

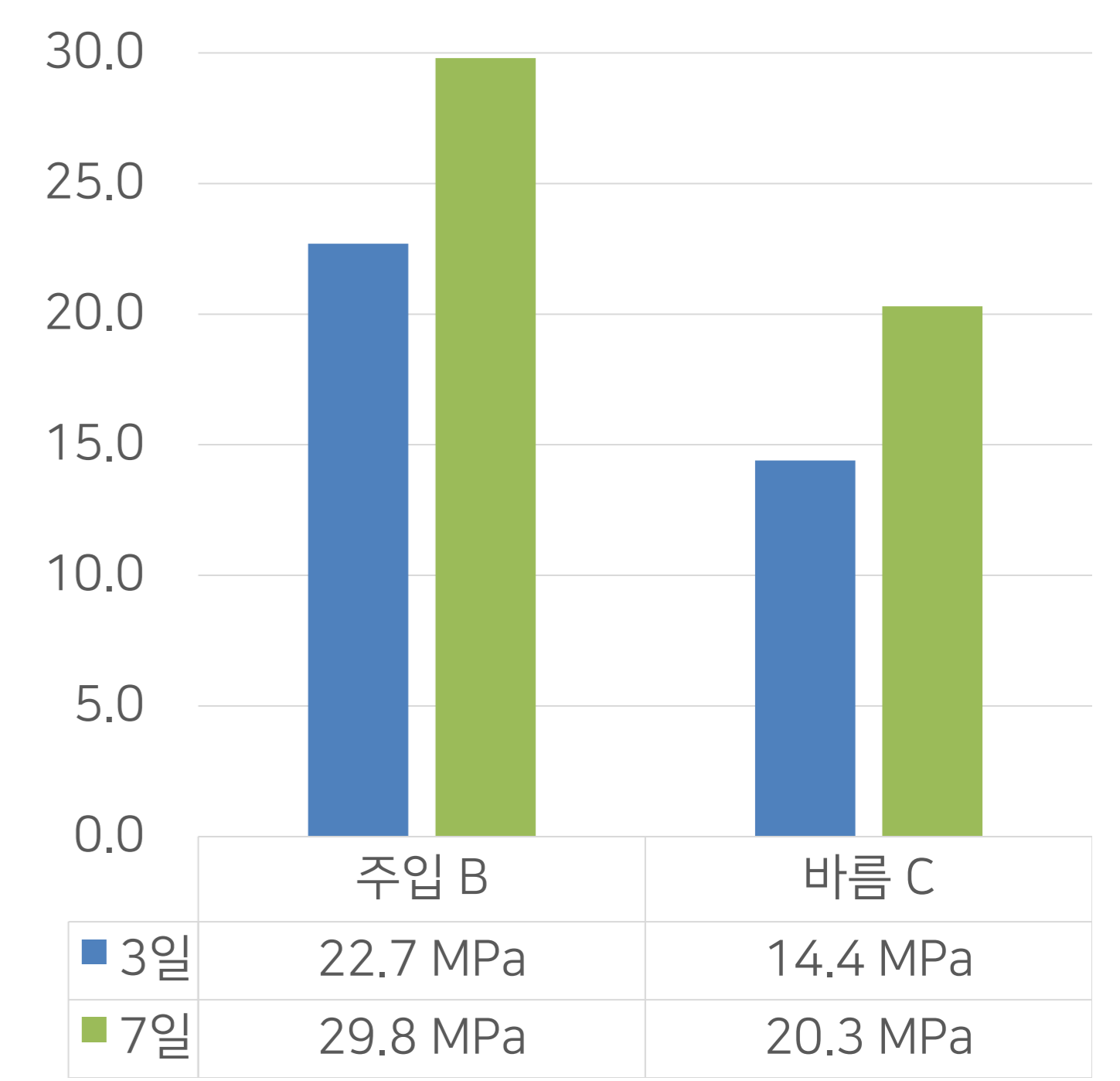


주입 B 타입



미니 슬럼프 플로우

바름 C 타입



3일 및 7일 압축 강도

## 3. 실험 결과 및 분석

### 활성화제 비율

Type	Source	Activator 1	Activator 2	Activator 3
G1	Slag 93 %	NaOH 3 %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 4 %	
G2	Slag 90 %	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 10 %		
G3	Slag 87 %	Ca(OH) <sub>2</sub> 7 %	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 3 %	Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> 3 %

『분말형 알칼리활성 슬래그 결합재 기반의 자기다짐 및 프리캐스트 콘크리트 배합특성』, 송금일(2017. 2)

### 1차, 2차 실험

Type	GGBS	Activator	Water	Water Glass	Sand	Polycarboxylic Acid	Methyl cellulose
G1	0.93	0.07	0.38	0.58	2.45	0.04	X
G2	0.90	0.10	0.38	0.58	2.45	0.04	X
G3	0.87	0.13	0.38	0.58	2.45	0.04	X
G1-W	0.93	0.07	0.58	0.58	2.45	0.04	X
G1-S	0.93	0.07	0.38	0.58	2.25	0.04	X
G2-W	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	X
G2-S	0.90	0.10	0.38	0.58	2.25	0.04	X

- 활성화제의 조합에 따른 배합을 진행하여 강도 확보를 목적으로 함
- G2 타입만 목표 압축 강도 만족
- G1, G2 타입 선정 후, 물과 모래를 조정하여 배합을 진행하여 유동성 확보를 목적으로 함
- G2-W 타입만 목표 미니 슬럼프 플로우 및 압축 강도 만족

## 4. 결론 및 향후 계획

### 결론

- 주입형과 바름형의 모든 타입이 균열 주입 정도를 육안으로 확인했을 때, 균열부 안쪽까지 주입된 것을 확인함
- 주입형의 경우 주입 B 타입이 목표 미니 슬럼프 플로우 225 mm를 만족함
- 주입형의 경우 주입 B 타입이 목표 압축 강도 3일 18.0 MPa, 7일 24.0 MPa를 만족함
- 바름형의 경우 두 타입 모두 콘크리트 면을 45 °, 90 °, 180 ° 회전하여 굳기 전과 후의 부착 정도를 확인함
- 바름형의 경우 바름 C 타입이 목표 압축 강도 3일 7.5 MPa, 7일 15.0 MPa를 만족함

Type	GGBS	Activator	Water	Water Glass	Sand	Polycarboxylic Acid	Methyl cellulose	Slump flow	3 days *	7 days *
주입 B	0.90	0.10	0.58	0.58	1.225	X	0.14	225 mm	22.7 MPa	29.8 MPa
바름 C	0.90	0.10	0.58	0.58	2.45	0.04	0.18	100 mm	14.4 MPa	20.3 MPa

\* 3 days, 7 days Compressive Strength

### 한계점 및 향후 계획

- 점성, 부착 강도, 응결 시간, 팽창 높이 등의 다양한 물성치를 확인하지 못함
- 실제 균열이 발생하는 콘크리트 면에서의 균열 실험에 따른 성능을 확인해보지 못함
- 균열의 방향, 크기, 깊이 등의 다른 다양한 조건에 대해 적용해보지 못함
- 유동화제와 증점제와 같은 혼화제의 양을 바인더 대비 5 % 이하로 사용 가능한 경제성이 있는 타입 개발 예정