

# 모르타르 쏜크리트의 역학성능 및 내구성능 평가

박병선<sup>1</sup>, 장건영<sup>2</sup>, 최영철<sup>3\*</sup>

## Evaluation of Mechanical and Durability Performance of Mortar Shotcrete

Byoungsun Park<sup>1</sup>, Kun Young Jang<sup>2</sup>, Young Cheol Choi<sup>3\*</sup>

**Abstract:** In this study, the mechanical property and durability of improved bond performance mortar shotcrete was investigated. Mortar shotcrete was prepared by replacing coarse aggregate with 100% fine aggregate in the shotcrete mixture proportion proposed in the road construction standard specification. OPC, GGBFS and anhydrite were used as binders, and polymer powder was substituted for 1% and 2% of binder for improving bond property. From the experimental results, it was found that the compressive strength decreased with increasing polymer addition, but the bond strength increased. The addition of polymer to mortar shotcrete also reduced the drying shrinkage and improved the resistance to carbonation. Initial hydration heat of mortar shotcrete decreased with the addition of polymer, and it was judged that the initial compressive strength decreased.

**Keywords:** Shotcrete, Bond Strength, Mechanical property, Durability

### 1. 서론

우리나라는 기간산업의 발전과 더불어 많은 터널이 건설되어 왔다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 현재 국내 터널 수는 최근 10년간 꾸준히 증가하고 있다. 2017년 12월말 기준 전국의 터널 수는 2,382개소로 2007년말 1,064개소와 비교하여 1,318개소(124%)가 증가하였으며, 터널연장 또한 755km에서 1,811km로 1,056km(140%)가 증가한 것으로 나타났다(ministry of land, infrastructure and transport 2019).

하지만, 지속적인 산업의 발전으로 인하여 인구이동 및 물자조달, 교통혼잡 해결을 위한 터널의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 최근에는 대단면, 초장대 터널의 건설이 증가하고 있다. 또한 건설 시장의 환경 보전 강화에 따른 건설수요 증대로 자연환경 파괴 최소화 등 친환경적인 도로건설과 도로 이용자의 안전을 고려한 개량공사가 지속적으로 이루어져 터널의 수요는 증가 할 것으로 판단된다.

현재 터널건설 시 주로 사용되는 공법은 NATM (new austrian tunneling method)으로 주변 지반의 응력을 터널의 주지보로 활용하는 공법이다. 터널 굴착직후 굴착단면에 쏜크리트를 타설

하여 낙반방지 및 지반이완을 조기에 억제시켜 시공 중뿐만 아니라 시공 후에도 터널의 안정성을 확보하는 공법이다. 따라서 NATM 공법에 적용되는 쏜크리트는 터널공사에 있어 안정성, 시공성, 경제성 측면에서 매우 중요한 요소이다. 그러나 쏜크리트는 타설과 함께 리바운드량이 발생하여 재료손실 및 안정적인 두께 타설을 위한 2~3회 반복시공으로 인하여 공사비용이 증가하는 문제점이 있다. 또한 2017년 기준 건설폐기물의 양은 총 196,262 ton/day이며 이 중 폐쏜크리트를 포함하는 건설 폐토석은 7,478 ton/day로 전체 건설 폐기물 양의 4%를 차지하고 있다. 이러한 폐쏜크리트는 암버릭과 함께 현장의 성토재로 사용되는 경우가 많으며, 이 경우 접착제와 급결경화제, 시멘트 등으로 인하여 높은 알칼리의 유해물질을 생성하여 2차 오염이 발생할 수

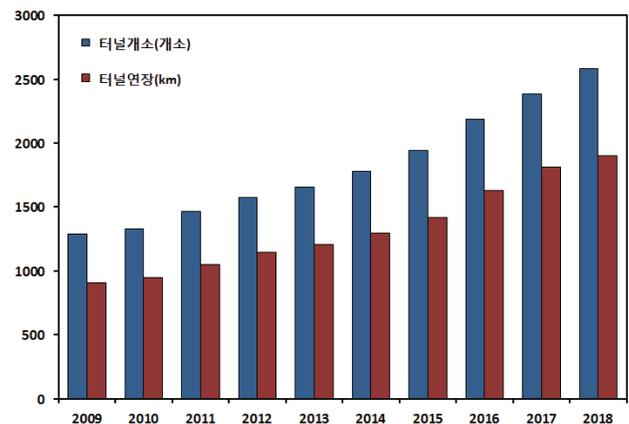


Fig. 1 Domestic Tunnel Status(2019)

<sup>1</sup>정희원, 한국건설생활환경시험연구원 건설기술연구원 주임연구원

<sup>2</sup>정희원, 한국건설생활환경시험연구원 건설기술연구원 팀원

<sup>3</sup>정희원, 가천대학교 토목환경공학과 부교수

\*Corresponding author: zerofe@gachon.ac.kr

Dept. of Civil and Environmental Eng. Gachon University, Seongnam-si, 13120, Korea

• 본 문에 대한 토의를 2019년 10월 1일까지 학회에 보내주시면 2019년 11월호에 토론결과를 게재하겠습니다.

있을 것으로 우려되고 있다. 따라서 현재 리바운드 버력 처리로 인한 경제성 저하 및 환경오염이 문제점으로 대두되고 있으며, 이에 경제성 및 친환경성을 고려한 숏크리트 리바운드 감소방안이 필요한 실정이다. 따라서 현재 리바운드율을 감소시키기 위한 연구가 진행되고 있다. 숏크리트 리바운드가 발생하는 원인에는 여러 가지 복합적인 요인이 있다. 일반적으로 낮은 재료의 점성 및 부착강도가 주요한 원인으로 나타나 있어 초기강도 및 부착강도 확보가 요구된다.

폴리머는 콘크리트의 내구성 및 부착성능을 향상시키기 위해 사용하는 혼화재료로 현재까지 콘크리트의 성능 향상을 목적으로 폴리머를 사용하기 위한 다양한 연구가 이루어지고 있다 (Ohama, 1987; Meishan et al. 2004; Afridi et al. 2003; Kim, 2006; Song et al. 2018). 또한 시멘트계 재료는 일반적으로 수화 반응에 의해 수축이 발생하게 된다. 이러한 수축은 기존 계면과 일체거동을 방해하여 부착성능이 감소하기 때문에 부착성능 향상을 위해서는 수축에 의한 체적변화가 적은 재료가 유리하다.

본 연구에서는 폴리머, 무수석고(anhydrite), 고로슬래그 미분말(Ground granulated blast-furnace slag)를 활용하여 부착성능을 향상시킨 숏크리트 모르타르의 물리적 성능 평가를 위한 실험적 연구를 수행하였다. 모르타르 숏크리트는 도로공사 표준시방서 배합에서 잔골재는 100% 사용한 배합으로 선정하였다. 바인더로는 OPC 외에 GGBFS와 무수석고를 이용하였다. 폴리머는 바인더의 1, 2%를 치환하였다. Ground granulated blast-furnace slag(GGBFS), 무수석고와 폴리머의 혼입율에 따라 시편을 제작하여 압축강도 및 부착강도 특성을 살펴보았으며, 건조수축 및 탄산화 저항성능 등 내구성능에 대한 특성을 평가하였다.

## 2. 실험 계획 및 방법

### 2.1 재료

본 연구에서는 바인더로 보통포틀랜드시멘트(OPC)와 GGBFS, 무수석고를 사용하였다. GGBFS는 국내 P사에서 발생하는 부산물을 활용하였다. Table 1은 OPC와 GGBFS, 무수석고의 화학성분 및 분말도, 밀도를 나타낸다. Fig. 2는 레이저 회절분석에 의한

OPC 및 GGBFS의 입도분포를 나타낸다. OPC, GGBFS의 평균 입자 크기는 17.8, 14.0  $\mu\text{m}$ 로 나타났다.

잔골재로는 ISO 679의 규격품인 표준사를 사용하였다. 표준사의  $\text{SiO}_2$  함량은 98% 이상이며, Table 2는 ISO 표준사의 입도 분포를 나타낸다.

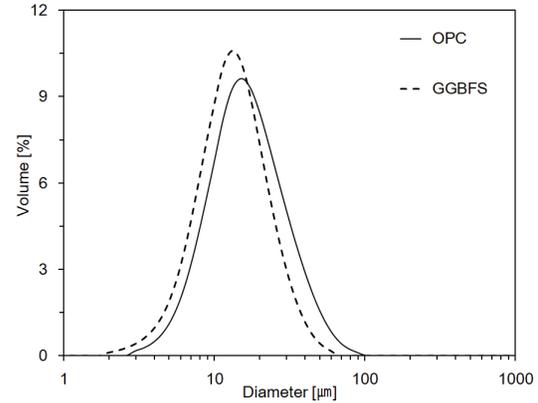


Fig. 2 Particle diameter of binders

Table 2 Particle size distribution specification of ISO sand

Sieve size (mm)	Percent passing (%)
0.08	99 ± 1
0.16	87 ± 5
0.50	67 ± 5
1.00	33 ± 5
1.60	7 ± 5
2.00	0

### 2.2 배합비

Table 3는 실험에 사용한 모르타르 숏크리트의 배합표를 나타낸다. 본 연구에서 사용한 배합비는 도로공사 표준시방서에서 제시하고 있는 배합비를 기준으로 굵은 골재를 잔골재로 100% 치환하여 사용하였다. GGBFS의 혼입에 따른 영향을 분석하기 위해서 OPC의 30%를 GGBFS로 치환하였으며, GGBFS 혼입에 따라 초기 강도 감소 및 건조 수축 증가를

Table 1 Chemical compositions and physical properties of binders

Binder	Chemical compositions										Density (g/cm <sup>3</sup> )	Fineness (cm <sup>2</sup> /g)
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	LOI	Total		
OPC	20.8	4.93	3.50	62.4	1.61	0.90	0.33	2.21	2.74	99.42	3.18	3,270
GGBFS	29.13	15.82	0.67	42.51	4.43	0.52	1.20	3.34	0.26	97.88	2.95	4,280
Anhydrite	0.78	0.29	0.12	45.3	-	0.06	-	53.3	-	99.85	2.98	4,950

**Table 3** Mixture proportion

Specimen	W/B	Binder (kg/m <sup>3</sup> )			Sand	Admixture (wt. %)		
		Cement	GGBFS	Anhydrite		Polymer	superplasticiser	accelerating agent
Plain	0.47	480	-	-	1,625	-	0.2	5
S30A5	0.47	312	144	24	1,625	-	0.2	5
S30A5RP1	0.47	307.2	144	24	1,625	1	0.2	5
S30A5RP2	0.47	302.4	144	24	1,625	2	0.2	5

방지하기 위해 무수석고를 OPC의 5%만큼 치환하였다. Plain을 제외하고는 GGBFS와 무수석고를 치환한 배합을 이용하였다. 폴리머는 바인더의 1, 2%를 치환하는 방법으로 사용하였으며, 유동화제와 급결제는 바인더의 0.2%와 5%를 사용하였다. 폴리머는 재유화형 분말 수지를 사용하였다. 급결제는 OPC 대비 5% 사용 시 초결, 종결이 각각 5분, 15분 이내에 나타나는 알루미네이트 계 액상 급결제를 사용하였다. 또한 폴리카복실산계 고강도 숏크리트용 유동화제를 사용하였다. 모르타르 숏크리트의 물-바인더 비 (W/B ratio)는 모든 시편이 동일하도록 0.47로 하였다.

## 2.3 실험 방법

### 2.3.1 역학적 특성

숏크리트 모르타르의 물리적 특성 평가를 위하여 압축강도 및 부착강도를 측정하였다. 압축강도는 KS L ISO 679(시멘트의 강도 시험 방법)에 의거하여 각주형(40×40×160mm)으로 제작하였으며, 배합 후 24시간 뒤에 탈형하여 소정의 재령까지 온도 20±2℃, 상대습도 90% 이상의 항온항습기에서 습윤양생을 실시하여 재령 1, 28일에 측정하였다. 부착강도는 KS F 2762(콘크리트 보수보호재의 접착 강도 시험 방법)을 통해 측정하였다.

### 2.3.2 유동성

숏크리트 모르타르의 혼화재료 혼입에 따른 점성 변화를 평가하기 위하여 점도계를 이용한 rheology를 측정하였다. 사용한 점도계는 Brookfield사의 DV2T를 사용하였으며, 점도 측정을 위하여 평판 회전축의 RV-4 스피들을 사용하였다.

실험방법은 스피들을 제거한 상태에서 제로 세팅을 한 후 스피들과 가드렉을 장착하고 시료와 스피들 사이에 기포를 제거하기 위하여 천천히 하강하여 적정위치에 위치시킨 후 rpm 5로 15분간 측정하였다.

### 2.3.3 등온선 열량측정법

혼화재료 사용 시 급결제와의 화학적 반응에 의한 초기 반응

속도 및 발열량의 변화가 발생할 수 있으며, 따라서 숏크리트 모르타르의 배합별 초기 반응성을 평가하기 위하여 미소수화열 측정 실험을 수행하였다. 실험 장비로는 TA Instrument사의 TAM Air를 사용하였다. 각 배합당 10g의 시료를 제작한 후 유리앰플에 약 4g의 시료를 넣어 미소수화열을 측정하였다.

### 2.3.4 건조수축

혼화재료 및 폴리머 사용에 따른 건조수축 특성을 평가하기 위하여 KS F 2424(모르타르 및 콘크리트의 길이 변화 시험 방법)의 다이얼 게이지 방법에 의거하여 측정하였다. 각주형(40×40×160mm) 공시체 제작 후 24시간 습윤양생 (20±2℃, 90% RH 이상)하여 탈형 후 즉시 공시체의 길이를 측정하였으며, 온도 20±3℃, 상대습도 60±5%의 건조조건에서 90일간 길이변화를 측정하였다.

### 2.3.5 탄산화저항성

숏크리트의 혼화재료 혼입에 따른 내구성 평가를 위하여 촉진탄산화 시험 후 탄산화 깊이를 측정하였다. 시험방법은 KS F 2584(콘크리트의 촉진 탄산화 시험방법)에 의거하여 원주형(Φ 100×200mm) 공시체를 온도 20±2℃, 상대습도 60±5% 및 이산화탄소 5±0.2%의 탄산화 조건에서 7, 28, 56일간 정지 후 페놀프탈레인용액을 분무하여 탄산화 깊이를 측정하였다.

## 3. 실험 결과 및 분석

### 3.1 역학적 특성

재령 1, 28일 압축강도 측정 결과는 Fig. 3과 같다. 재령 1일의 경우 GGBFS 및 폴리머를 혼입하지 않은 Plain이 17.1 MPa로 가장 높았으며, GGBFS, 무수석고 혼입 시 강도가 감소하는 것으로 나타났다. 또한 폴리머의 혼입율이 증가함에 따라 강도가 감소하여 S30A5RP2는 1일 강도가 9.1MPa로 나타나 숏크리트 품질 기준인 1일강도 10MPa를 만족하지 못하는 것으로 나타났다. 재령 28일의 경우 GGBFS를 치환한 S30A5가 44.8 MPa로 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 GGBFS의 잠재

수경성으로 인한 것으로 판단된다. 폴리머 혼입율이 증가할수록 28일 압축강도 또한 1일 압축강도와 마찬가지로 감소하였다. 하지만 모든 시편이 숯크리트 강도 기준인 21MPa 이상인 것으로 나타났다. 폴리머 혼입율이 1%인 S30A5RP1의 경우 이는 폴리머 혼입에 의한 연행공기 발생 및 수화과정에서 강도에 기인하지 않는 폴리머 필름의 형성으로 인한 결과로 판단된다.

재령 28일 부착강도 측정 결과는 Fig. 4와 같으며, S30A5 배합을 제외한 나머지 배합은 KS 부착강도 기준인 1.0 MPa를 만족하였다. 폴리머를 혼입하지 않은 Plain 및 S30A5는 약 1 MPa로 유사한 경향을 나타냈으나 폴리머를 혼입한 S30A5RP1 및 S30A5RP2의 경우 각각 1.44, 1.57 MPa로 Plain 대비 약 1.5배 증가한 것으로 나타났다. 폴리머의 혼입율이 증가함에 따라 부착강도도 증가하였으나, 혼입율에 따라 증가하지는 않는 것으로 나타났다. 폴리머 혼입시 모르타르의 큰 공극에 폴리머 필름을 형성하게 됨으로써 큰 공극의 감소 및 접촉면에서의 폴리머 필름의 형성으로 인하여 모체 및 시험체의 부착력이 증진된

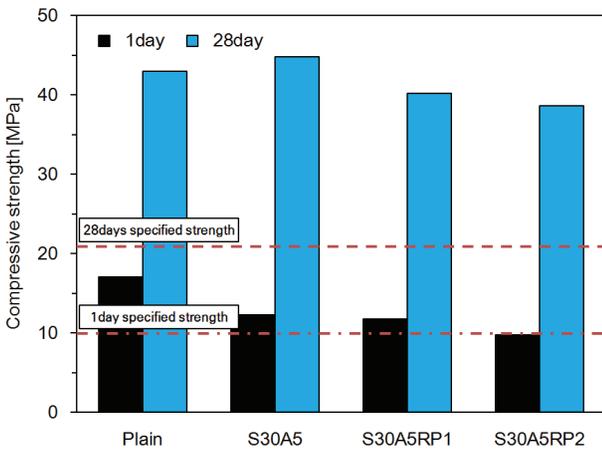


Fig. 3 Compressive strength

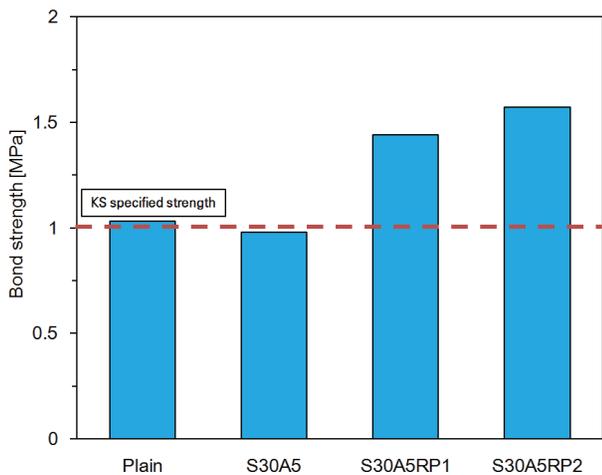


Fig. 4 Bond Strength

것으로 판단된다.

### 3.2 유동성

숯크리트 배합의 점성은 점도계를 이용하여 배합 이후 1시간 동안 측정하였으며, Fig. 5와 같이 나타났다. 점성 변화 측정은 잔골재를 사용하지 않은 페이스트를 이용하여 점성 변화를 측정하였으며, 급결제는 사용하지 않았다. 그래프를 보면 약 15분까지는 배합에 관계없이 점성이 비슷한 것으로 나타났으나, 15분이 지난 이후부터 Plain 배합의 점도가 급격하게 증가하는 것으로 나타났다.

GGBFS와 무수석고를 각각 30%, 5% 치환한 시편의 경우 배합 이후 1시간까지 점성 변화가 거의 없었으며, 폴리머 혼입에 따른 영향도 나타나지 않았다. 이는 GGBFS와 무수석고가 바인더의 초기 수화 반응에 참여하지 않기 때문으로 판단된다. 따라서 GGBFS와 무수석고를 사용하는 경우 OPC만 사용한 시편에 비해 배합 이후 장기간에 걸친 숯크리트 타설이 가능하다.

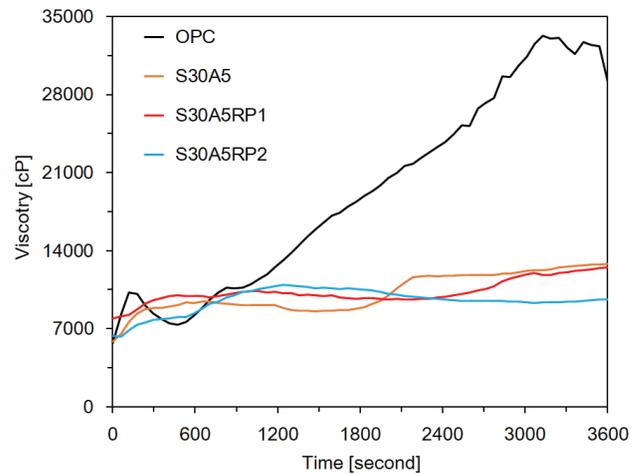


Fig. 5 Rheology measurement result

### 3.3 건조수축

건조수축은 90일간 측정하였으며, Fig. 6은 건조수축 측정 결과를 나타낸다. 그래프를 보면 GGBFS, 무수석고로 OPC를 치환한 S30A5의 경우 건조수축이 증가하는 것을 확인할 수 있다. GGBFS는 수화과정에서 OPC의 수화과정에서 생성되는 Ca(OH)<sub>2</sub>와 반응하여 C-S-H를 생성하기 때문에 건조수축이 증가하는 경향을 나타낸다(Shariq et al. 2016). 이로 인해 S30A5의 건조수축이 증가한 것으로 판단된다.

폴리머를 혼입한 S30A5RP1과 S30A5RP2는 건조수축이 감소하였으며, Plain과 유사하게 나타났다. 폴리머 혼입에 따른 영향은 나타나지 않았다. 폴리머 혼입시 모르타르의 큰 공극에 폴리머 필름을 형성하게 됨으로써 수축을 감소한 것

으로 판단된다.

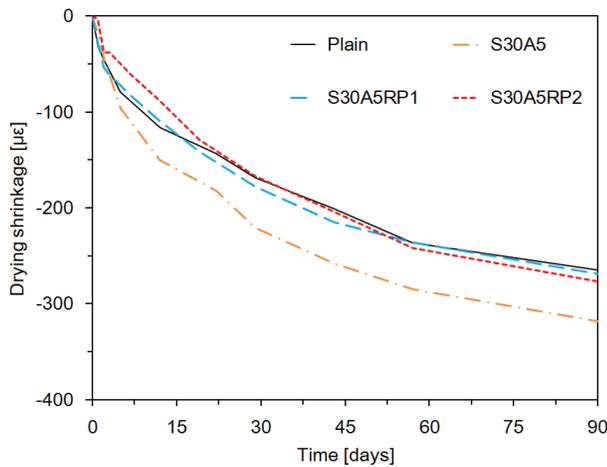


Fig. 6 Drying shrinkage

### 3.4 탄산화

측진 탄산화 시험에 따른 탄산화 깊이 평가 결과는 Fig. 7과 같으며, 탄산화 깊이는 7, 28, 56일에 측정하였다. 그래프를 보면 재령에 관계없이 Plain의 탄산화 깊이가 가장 작은 것으로 나타났으며, GGBFS와 무수석고를 사용한 S30A5의 탄산화 깊이가 가장 높은 것으로 나타났다. Plain의 경우 초기에는 탄산화 진행 속도가 빠르게 나타났지만, 28일 이후에는 탄산화 진행이 감소하였는데, S30A5의 경우에는 28일 이후에도 유사한 속도로 탄산화가 진행된 것으로 나타났다. GGBFS는 수화 과정에서 OPC의 수화에 의해 생성되는  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 를 소모하기 때문에 공극내  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 감소하고 pH가 감소하여 탄산화에 취약하게 된다. 폴리머를 혼입한 S30A5RP1과 S30A5RP2의 경우에는 S30A5에 비해 탄산화가 깊이가 감소하였다. 탄산화 기간이 28일인 경우까지는 폴리머 혼입에 따른 영향은 없었으나, 56일의 탄산화

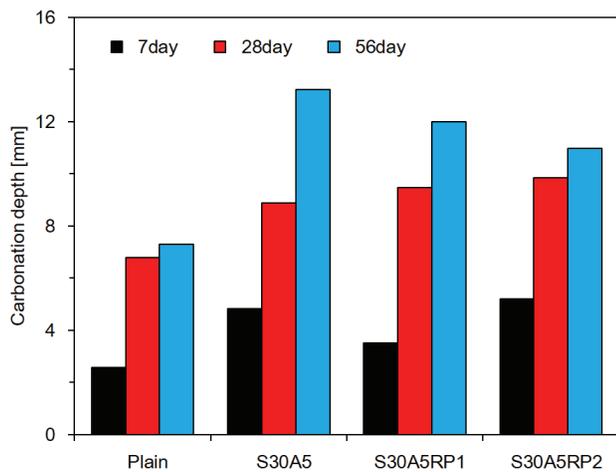


Fig. 7 Carbonation depth

깊이는 폴리머 혼입이 증가함에 따라 감소하였다.

### 3.5 등온선 열량측정법

GGBFS, 무수석고 및 폴리머 사용에 따른 초기 재령에서의 수화 특성을 확인하기 위해 등온선 열량측정법을 통해 수화 발열량을 측정하였다. 배합 직후부터 48시간 동안 측정하였으며, 수화 발열량 측정 결과는 Fig. 8-9와 같다. 그래프로부터 Plain의 초기 발열량이 가장 높은 것을 확인할 수 있다. GGBFS는 잠재수경성 재료로 OPC의 수화로 인해 pH가 증가하고,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 가 생성되면 수화반응을 시작하기 때문에 OPC에 비해 수화반응 속도가 느리다. 이로 인해 GGBFS를 치환한 만큼 발열량이 감소한 것으로 판단된다. 또한 폴리머 혼입 시 발열량이 감소하는 것으로 나타났는데, 폴리머 혼입량이 증가함에 따라 발열량이 감소하는 것으로 확인되었다. Fig. 3의 압축강도 측정 결과에서도 GGBFS, 무수석고 및 폴리머를 사용하는 경우 강도가 저하되는 것으로 나타났는데, 초기 수화 반응이 저하되어 초기 강도가 감소한 것으로 볼 수 있다.

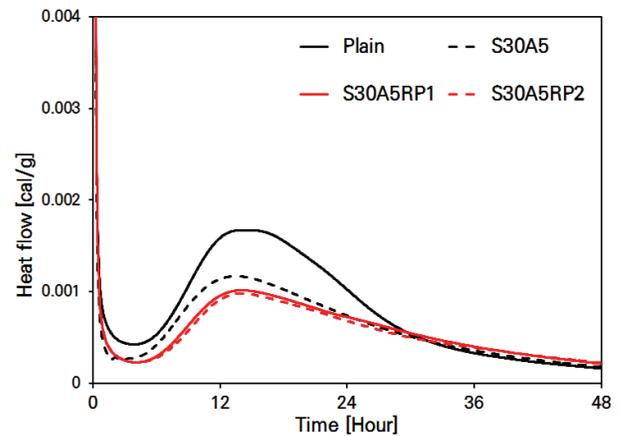


Fig. 8 Heat flow

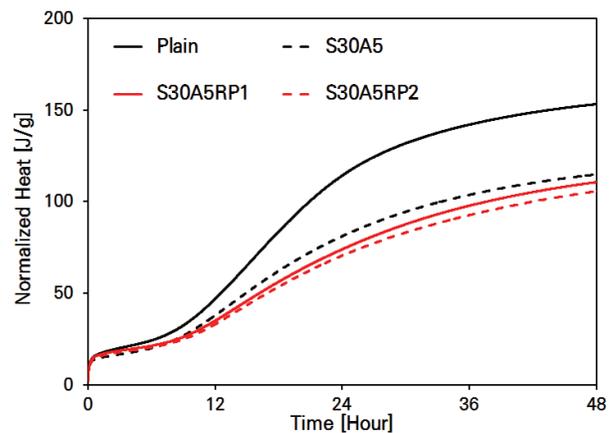


Fig. 9 Normalized heat

## 4. 결론

본 연구에서는 부착성능 향상 모르타르 숏크리트의 역학적 특성 및 내구성능을 분석하기 위한 실험을 수행하였다. 실험에는 OPC만 사용한 Plain 시편과, OPC를 GGBFS와 무수석고로 각각 30%, 5% 치환한 페이스트, 모르타르 시편을 이용하였다. 모르타르 숏크리트의 부착성능 향상을 위해서 폴리머를 사용하였다. 폴리머는 GGBFS와 무수석고를 사용한 시편에 바인더의 1%, 2% 만큼 추가하여 사용하였다. 역학적 성능 검증을 위해 압축강도, 부착강도를 측정하였으며, 배합 이후 타설까지의 점성 변화를 조사하기 위해 굳지 않은 페이스트를 이용하여 유동성을 측정하였다. 숏크리트의 체적변화 및 내구성 평가를 위해 건조수축과 탄산화 저항성을 평가하였으며, 등온선 열량측정법을 통해 초기 재령의 수화 발열량을 측정하였다.

실험을 통해 GGBFS 및 무수석고로 OPC를 치환하는 경우 초기 재령의 압축강도와 부착강도가 감소하는 것을 확인하였다. GGBFS의 낮은 초기 반응성으로 인해 rheology가 감소하였으며, 수화 발열량이 감소하였다. 또한, 건조수축과 탄산화 깊이가 증가하였다. 폴리머를 사용하는 경우 압축강도는 감소하였으나, 폴리머를 1% 사용한 경우 숏크리트의 요구성능(1일 압축강도 10 MPa)을 만족하였다. 반면 부착강도는 1.44 MPa 이상으로 Plain 대비 50% 정도 향상되었다. 폴리머 혼입 시 건조수축이 감소하여 Plain과 유사한 결과를 보였으며, 탄산화 저항성도 향상되었다. 반면 초기 수화 반응에 의한 발열량은 감소하였는데, 이로 인해 초기 압축 강도가 감소한 것으로 판단된다. 폴리머 혼입에 의한 영향은 크지 않았으며, 부착 성능을 향상시키기 위해서는 폴리머를 1% 사용한 시편을 사용하는 것이 적합한 것으로 판단된다. 폴리머 혼입 시 부착 성능을 향상시킬 수 있기 때문에 리바운드율 저감에 유리할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 국토교통부 건설기술연구사업의 연구비지원(19 SCIP-C120795-04)에 의해 수행되었습니다. 또한 이 논문은 2018년도 가천대학교 교내연구비 지원에 의한 결과임(GCU- 2018-0668).

## References

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (2019). Road Bridge and Tunnel Status Information System, <https://bti.kict.re.kr/bti/>
2. Ohama, Y. (1987), Principle of latex modification and some typical properties of latex-modified mortars and concretes. *ACI Materials Journal.*, 84(6), 511-518.
3. Meishan, P., Yue, W.U., Kim, K.I., Hyung, W.G., Soh, Y.S. (2004), Effect of the Monomer Ratio on the Properties of Poly(methyl methacrylate butyl acrylate) Latex-Modified Mortars, *Journal of Applied Polymer Science.*, 93, 2403-2409.
4. Afridi, M.U.K., Ohama, Y., Demura, K., Iqbal, M.Z. (2003), Development of polymer films by the coalescence of polymer particles in powdered and aqueous polymer-modified mortars, *Cement and Concrete Research.*, 33(11), 1715-1721.
5. Kim, W.K. (2006), Strength and Adhesion Properties of Polymer-Modified Mortars using Redispersible Powders and Polymer Dispersions, *Journal of the Architectural Institute of Korea.*, 22(4), 119-126 [in Korean].
6. Song, H. Shin, H.U. (2018), High Temperature Properties of Cement Mortar Using EVA, EVCL Redispersible Polymer Powder and Fly Ash, *Journal of the Korea Recycled Construction Resources Institute.*, 6(4), 365-372 [in Korean].
7. KS L ISO 679. (2016), Methods of Testing Cements-Determination of Strength, Korea [in Korean].
8. KS F 2762. (2016), Standard Test Method for the Bond Strength of Concrete Repair and Overlay Materials by Pull-Off Method, Korea [in Korean].
9. KS F 2424. (2015), Standard Test Method for Length Change of Mortar and Concrete, Korea [in Korean].
10. KS F 2584. (2010), Standard Test Method for Accelerated Carbonation of Concrete, Korea [in Korean].
11. Shariq, M., Prasad, J., Abbas, H. (2016), Creep and drying shrinkage of concrete containing GGBFS, *Cement and Concrete Composites.*, 68, 35-45.
12. Kim, D.Y., Cho, H.K., Lee, H.S. (2014), Effects of the Reaction Degree of Ground Granulated Blast Furnace Slag on the Properties of Cement Paste, *Journal of the Korea Concrete Institute.*, 26(6), 723-730 [in Korean].
13. Sanjuana, M.A., Estevezb, E., Argizc, C., Barriob, D. (2018), Effect of curing time on granulated blast-furnace slag cement mortars carbonation, *Cement and Concrete Composites.*, 90, 257-265.

Received : 07/03/2019

Revised : 07/09/2019

Accepted : 08/29/2019

---

**요 지** : 본 연구에서는 부착성능 향상 모르타르 숏크리트의 역학적 특성 및 내구성능에 대한 실험적 연구를 수행하였다. 모르타르 숏크리트는 도로공사 표준시방서에서 제시하고 있는 숏크리트 배합에서 굵은 골재를 100% 잔골재로 치환한 배합을 이용하였다. 바인더로는 OPC와 GGBFS, 무수석고를 이용하였으며, 폴리머는 바인더의 각각 1, 2% 치환하여 사용하였다. 실험을 통해 폴리머를 사용하는 경우 압축강도가 감소하나 부착강도는 Plain 대비 50% 정도 향상되는 것을 확인하였다. 또한 폴리머 혼입 시 건조수축이 감소하고 탄산화 저항성도 향상되었다. 반면 초기 수화 반응에 의한 발열량은 감소하였는데, 이로 인해 초기 압축 강도가 감소한 것으로 판단된다.

**핵심용어**: 숏크리트, 부착강도, 역학적 특성, 내구성능

---