

펄라이트를 혼합한 내화모르타르의 기초적 물성

Fundamental Properties of Fireproofing Mortar Containg Perlite

최연왕* 문대중** 김경환*** 하상우**** 정재권*****
Choi, Yun Wang Moon, Dae Joong Kim, Kyung Hwan Ha, Sang Woo Jung, Jea Guane

ABSTRACT

The purpose of this research is to develop the fireproofing mortar through the improved fireproofing properties. Therefore, after manufactured the mortar by changing the mixture rate of the perlite(PL) in three level, we investigated air content, flow value and compressive strength.

As a result of this research, as the mixture rate was increased and the air content was also increased. But the flow ability and the compressive strength of the mortar were comparably decreased. Beside, we also found that there is efficiency of the lightweight by mixed PL

1. 서론

최근 초고층 건물 및 장대 터널과 같은 대형구조물의 건설이 증가함에 따라 대형구조물에서 발생하는 화재에 대한 대책에 관심이 높아지고 있다. 특히, 2005년 11월 구마 고속도로 달성 제2터널 내 화물차 폭발사고를 비롯하여 국내·외에서 터널 내 사고로 인한 인명 및 경제적 피해가 증가하고 있는 추세이다.

콘크리트는 원래 불연성이고 열전도율이 낮음에도 불구하고 콘크리트에 열이 가해지면 기공의 압력과 내부 인장 응력(internal tensile stress)의 상승으로 체적이 팽창되고 변형된다. 또한 이로 인하여 구조물의 일부가 탈락되고 내부의 철근이 고온에 노출 되어 심각한 결과를 초래하게 된다. 또한, 콘크리트는 300℃ 이상의 열을 받으면 강도가 현격히 저하된다.

따라서, 구조물 내화성능 향상의 목적은 화재발생 후 구조붕괴의 지연으로 구조물 내 인명피해 및, 구조물 손상을 최소화함으로써 화재로 인한 구조물의 재시공을 피하고 보수작업을 통하여 비용을 절감시키는데 있다.

본 연구에서는 이러한 대형 구조물 중 하나인 터널 구조물의 콘크리트 피복을 통한 내화성능의 향상을 위한 연구의 일환으로 내화재료 및 펄라이트 특성에 대하여 검토 하였으며, 펄라이트를 혼합한 내화모르타르의 공기량 및 유동성, 강도특성을 검토하였다.

* 정회원, 세명대학교 토목공학과 부교수

** 정회원, (주)NECT 기술이사

*** 정회원, (주)에이치비티 대표이사

**** 정회원, (주)대신구조엔지니어링 대표이사

***** 정회원, 세명대학교 토목공학과 석사과정

2. 실험계획 및 방법

2.1 사용재료

시멘트는 밀도 3.15g/cm³의 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함)를 사용하였고, 고성능 감수제(이하 SP로 약함)는 국내 H사의 분말형 나프탈계 혼화제를 사용하였으며, 내화 모르타르의 단열성능을 증대시킬 목적으로 국내 S사에서 생산되는 펄라이트(이하 PL로 약함)를 사용하였다. 표 1은 PL의 화학성분 및 물리적 성질을 나타낸 것이다.

또한, 모르타르가 높은 온도에 노출 시 폭렬을 방지 할 뿐만 아니라 높은 인장력으로 화재 시 열에 의한 팽창 및 탈락을 감소시킬 목적으로 국내 H사에서 생산되는 유기계 단섬유의 일종인 폴리프로필렌(이하 PP로 약함)섬유를 사용하였다. 그림 1은 사용된 PP를 주사형전자현미경(SEM)을 500배 확대하여 촬영한 사진이다.

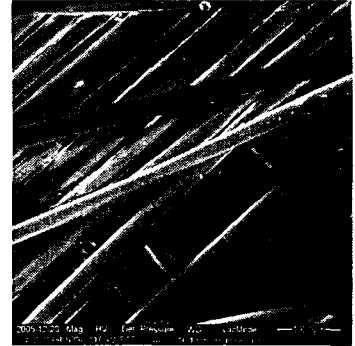


그림 1. PP SEM 사진(x500)

표 1. 펄라이트의 화학성분 및 물리적 성질

Items Type	CaO (%)	SiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	MgO (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	K ₂ O (%)	Na ₂ O (%)	Thermal conductivity (kcal/mh℃)	PH	Density (g/cm ³)
P L	0.84	73.30	14.7	3.40	0.77	5.62	3.48	0.025~0.045	6.5~7.5	0.045

2.2 배합

예비배합을 통하여 모르타르 최적의 물-분체비를 1.04로 하였으며, PL의 혼합률을 잔골재에 대하여 0, 10, 20 및 30%로 부피 치환한 배합은 표 2와 같다.

표 2. 펄라이트를 혼합한 내화모르타르의 배합표

NO.	V _w /V _p	V _s /V _M	PL/ (S+PL)%	Unit Volume (ℓ/m ³)				PP (C×wt %)	SP (C×wt %)	AE (C×wt %)
				W	C	S	PL			
1	1.04	0.44	0	293	258	440	0	1	1.5	0.025
2			10			396	44			
3			20			352	88			
4			30			308	132			

2.3 실험방법

모르타르의 공기량 시험은 KS L 3136에 준하여 실시하였으며, 모르타르의 플로우 시험은 ASTM C 939의 규정에 준하여 다짐 작업 없이 3초 5회 타격하여 측정 하였다. 모르타르의 단위용적 질량 시험은 KS F 2475에 준하여 400ml의 철재용기로 측정하였으며, 모르타르의 압축강도는 KS L 5105에 준하여 재령 1, 3, 7 및 28일 압축강도를 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 펄라이트의 품질특성

PL은 진주암의 일종을 용도별 적정 입도로 분쇄, 분리하여 약 1,000~1,100℃의 온도로 소성 가공한

밀도가 0.045g/cm³인 초 경량재료로서 그림 2의 표면조직과 같이 벌집형상의 기공 효과에 의한 단열성으로 내화 모르타르의 단열성능을 증대시킬 것으로 판단된다. 또한 PL의 입형 및 입도를 나타낸 그림 3의 결과 PL의 입형은 대부분 둥근 원형이며, 입도는 좋은 것으로 나타났다.

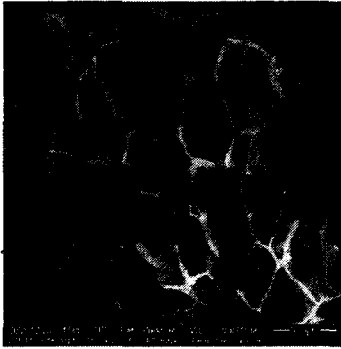


그림 2. PL의 표면조직(x3,000)

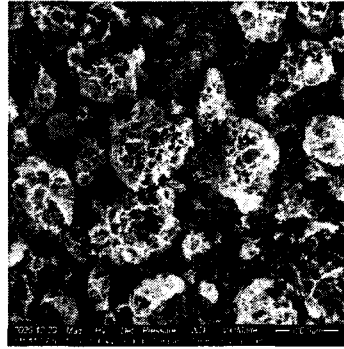


그림 3. PL의 입형(x1,000)

3.2 펄라이트 혼합물에 따른 공기량 특성

모르타르의 내화성능 향상을 위한 적정 공기량의 범위를 10~15%로 가정하여 PL의 혼합률 변화에 따른 공기량을 정리한 것이 그림 4이다. 그림 4의 결과 PL의 혼합률이 10% 증가함에 따라 평균 0.4%의 공기량이 증가하였으며, PL의 혼합률이 최대 30%에서 1.3%까지 증가하여, PL의 혼합률 30%범위 내에서는 모르타르의 공기량 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

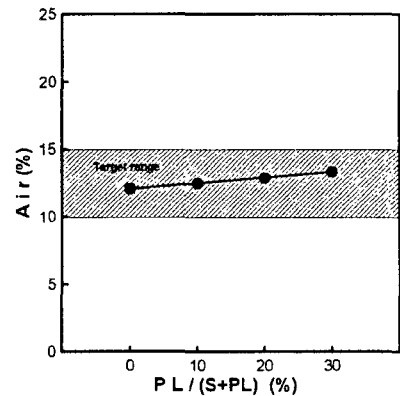


그림 4. PL의 혼합률에 따른 모르타르의 공기량

3.3 펄라이트 혼합물에 따른 플로우 특성

그림 5는 PL을 잔골재 용적에 0, 10, 20 및 30%로 변화시켜 제조한 모르타르의 플로우 값을 정리한 것이다. 그림 5의 결과 모르타르의 플로우 값은 PL의 혼합률이 증가함에 따라 비례적으로 감소하였으며, PL을 10% 증가함에 따라 평균 1.5% 감소하였다. 이러한 원인은 낮은 밀도 및 다공이 많은 PL이 수분을 흡착하여 유동성을 감소시키는 것으로 판단된다.

3.4 펄라이트 혼합물에 따른 강도특성

그림 6은 PL을 혼합한 모르타르의 압축강도 결과를 정리한 것이다. 그림 6의 결과 PL의 혼합률이 증가 할 수록 강도가 감소하였으며, 28일 강도를 기준으로 PL이 10% 증가함에 따라 평균 6.3MPa 감소하였다. 이러한 원인은 PL이 무반응성으로 초기 강도 뿐만 아니라 장기강도에도 큰 영향을 미치지 못하며, 낮은 밀도와 다공성의 원인으로 강도 저하가 나타난 것으로 판단된다.

3.4 펄라이트 혼합물에 따른 경량화 특성

그림 7은 PL을 혼합한 굳지 않은 모르타르의 단위용적 질량을 정리한 것이다. 그림 7의 결과 PL의 혼합률이 증가함에 따라 단위용적 질량은 감소하였으며, PL의 혼합률이 10% 증가함에 따라 평균 6.2% 감소하여 최대 30% 혼합한 경우 약 18.5%의 경량화 효과는 있는 것으로 나타났다.

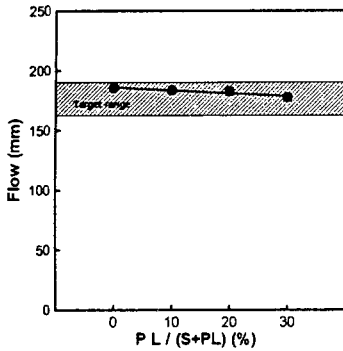


그림 5. PL의 혼합률에 따른 모르타르의 플로우

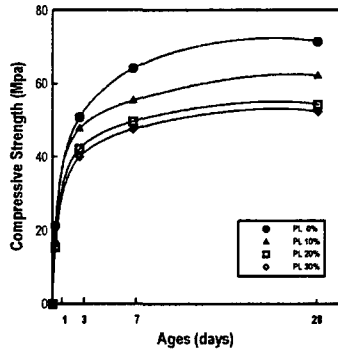


그림 6. PL의 혼합률에 따른 모르타르의 압축강도

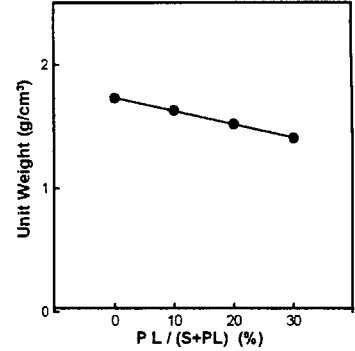


그림 7. PL의 혼합률에 따른 모르타르의 단위중량

4. 결론

- (1) PL의 혼합률이 10% 증가함에 따라 평균 0.4%의 공기량이 증가하였으며, PL의 혼합률 30%범위 내에서는 모르타르의 공기량 변화에 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 판단되었다.
- (2) 모르타르의 플로우 값은 PL의 혼합률이 증가함에 따라 비례적으로 감소하여 PL을 10% 증가함에 따라 평균 1.5% 감소하였다.
- (3) PL의 혼합률이 증가 할수록 강도가 감소하였으며, 28일 강도를 기준으로 PL이 10% 증가함에 따라 평균 6.3MPa 감소하였다.
- (4) PL의 혼합률이 증가함에 따라 단위용적 질량은 감소하였으며, PL의 혼합률이 평균 10% 증가함에 따라 6.2% 감소하여 최대 30% 혼합한 경우 약 18.5%의 경량화 효과가 있는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청 컨소시엄 2005-8 「구조용 및 뿔칠용 내화 모르타르 개발」에 관한 일련의 연구로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. A. K. Minocha, Neeraj Jain, C. L. Verma, "Effect of organic materials on the solidification of heavy metal sludge," Construction and Building Materials, Vol.17, Issue 2, 2003, pp.77-81
2. Corina-Maria Aldea, "Effects of Curing Conditions on Properties of Concrete Using Slag Replacement," Cement and Concrete Research, 2000. Vol. 30, No. 3, pp.465-472,
3. 최연왕, 정문영, 정명채, 구기정, "상동광산 광미를 콘크리트용 혼화재료로 사용하기 위한 모르타르의 품질특성", 한국콘크리트학회 논문집, 2004. 6, Vol.14, NO.6, pp.383-390
4. 문대중, 정문영, 최연왕, "폐콘크리트 분말 사용 모르타르의 역학적 특성", 한국지구시스템공학회 논문집, 2003. 11, Vol. 40 No.6, pp.438-445
5. 문한영, 최연왕, 김용직, "열수양생법에 의한 고로슬래그미분말 혼합 콘크리트의 강도 추정", 한국콘크리트학회 논문집, 2004. 1, pp.102-110