

경량골재와 팽창펄라이트를 활용한 경량 시멘트복합체의 특성

Quality Characteristics of Lightweight Cement Composite using Lightweight Aggregates and Expanded Perlite

김 득 모* 문 경 주** 소 양 섭***
Kim Duck-Mo Mun Kyoung-Ju Soh Yang-Seob

ABSTRACT

This study aims to manufacture and to evaluate lightweight cement composite using lightweight aggregate and expanded perlite. The expanded perlite and lightweight aggregates were mixed with cement, water, SP(superplasticizer), forming-agent and poly-propylene fiber. The specimens were cured at 20°C for 24h and then at steam curing of 60°C, RH 100% for 12h. As a result, We could make lightweight cement composite of satisfaction about ALC properties. However it is need to improve the properties of density and water absorption.

1. 서론

건축물이 대형화하고 고층화되는 추세와 공기단축의 요구에 부응하기 위하여 건식공법의 경량재료의 이용이 지속적으로 증가하고 있다. 이를 위하여 요즘 가장 일반적으로 많이 활용되고 있는 경량재료인 ALC(Autoclaved Lightweight Concrete)는 경량성, 내화성, 단열성, 차음성, 시공성이 탁월하며 인체에 무해한 환경자재로 다기능 건축자재로서 이와 같은 경량 기능성 소재의 필요성이 점점 더 확대되어가고 있는 실정이다. 그러나 ALC의 경우 그 자체의 제조방식이 고온고압상태의 특수한 조건을 요구하기에 초기 투자비용 및 제조비용이 많이 소요되고 복잡한 제조공정을 거쳐야하는 문제점이 제기되고 있다. 이에 따라 본 연구에서는 비교적 제조가 용이한 경량 소재의 개발을 위해 비구조용 경량골재와 팽창펄라이트를 활용한 경량 시멘트복합체를 제작하여 물리적 특성을 고찰하고 그 활용 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 실험계획 및 방법

2.1. 사용재료

2.1.1 시멘트

국내 D사의 1종 보통포틀랜드시멘트를 사용하였다.

2.1.2 경량골재 및 팽창펄라이트

경량골재와 팽창펄라이트의 성질은 표 1과 표 2에 나타내었다.

* 정희원, 전북대학교 대학원 건축·도시공학부 석사과정

** 정희원, 전북대학교 공업기술연구소 연구원, 공학박사

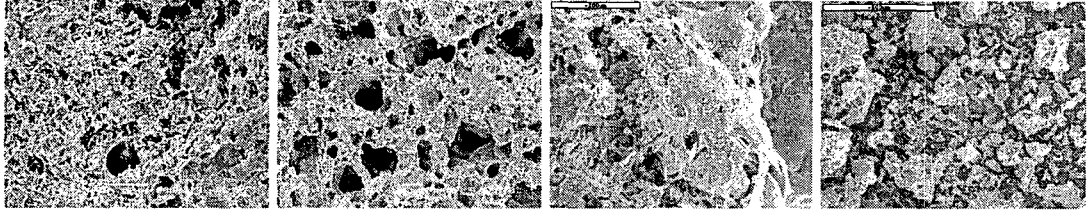
*** 정희원, 전북대학교 건축·도시공학부 교수, 공학박사, 공업기술연구소

표 1 경량골재의 물리적 성질

최대 크기 (mm)	비중 (20℃)	흡수율 (%)	각 체 통과량의 누계백분율 (%)					실적률 (%)
			10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm	
10	0.56	26	100	36	1	1	1	66

표 2 팽창 펄라이트의 물리적 특성 및 화학적 조성

최대 크기 (mm)	비중 (20℃)	공극율 (%)	화학적 구성성분 (%)						
			SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
2	0.2	89	73	12.5	1.5	1.9	0.3	4.8	3.4



표면 내부
그림 1 경량골재의 전자현미경 사진

표면 내부
그림 2 팽창펄라이트의 전자현미경 사진

2.1.3 알루미늄 분말, 유동화제, PP 섬유

본 연구에서는 발포제로서 공업용 알루미늄 분말을 사용하였으며, 적절한 강도발현과 소요의 유동성을 유지하기 위하여 유동화제를 사용하였다. 휨인성 증대를 위해 섬유는 poly-propylene fiber를 사용하였으며 그 물리적 성질은 각각 표 3 및 표 4와 같다.

표 3 유동화제의 물리적 성질

비중	주성분	성상	색상
1.15±0.02	폴리카본산 에테르	액상	암갈색

표 4 PP 섬유의 일반적인 성질

재질	비중	내산성	인장강도 (kgf/cm ²)	인장신도 (%)	융해점 (℃)	내알카리성	탄성계수 (kgf/cm ²)
polypropylene	0.91	아주높음 (불활성)	4500 이상	12 (±2)	160℃ 이상	아주높음 (불활성)	50000 이상

2.2 실험계획

본 연구에서의 배합은 표 5와 같이 실시하였다. 발포제의 혼입율을 2~5%의 순으로 변화시켰으며, 4%의 발포제 혼입시 섬유혼입율을 0.1~0.5%의 순으로 변화시켰다. 시험체의 제작은 그림 3과 같이 시멘트와 물, 유동화제, 발포제를 혼입하여 시멘트 페이스트를 제작 후에 팽창펄라이트, 경량골재 및 섬유를 혼입하여 굳지 않은 시멘트복합체를 만들어 24시간 동안 전치시킨 후, 경화된 시험체를 12시간동안 증기 양생(80℃, RH 100%)하였다. 제작된 공시체는 흡수율, 단위용적중량, 압축강도, 인장강도 및 SEM 관찰 등의 실험을 실시하였다.

표 5 배합표

W/C(%)	단위재료량(kg/m ³)					SP제(%)	발포제(%)	P.P 섬유
	W	시멘트	펄라이트	경량골재				
				2mm이하	5mm이하			
80	251	314	80	112	112	2%	2%	-
							3%	-
							4%	0.1~0.5 %
							5%	-

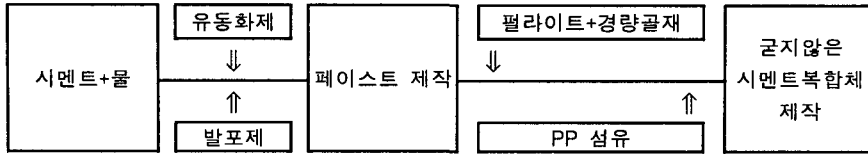


그림 3 시험체 제작순서

3. 실험결과 및 고찰

3.1 발포율

그림 4는 발포제 혼입시의 발포율을 나타내고 있다. 발포제 혼입량의 증가와 함께 발포율이 4%까지는 증가하지만 5%에서부터 감소하게 된다는 것을 알 수 있다. 이는 발포제 5% 혼입시에 독립공극이 연속공극으로 변함으로 인한 경화체 내부에서 소포작용의 발생으로 인하여 발생한 것으로 보인다. 4%일 때의 발포율은 약 22%를 나타내어 이 때 알루미늄 분말의 혼입율이 최적임을 알 수가 있다.

3.2 단위용적중량과 흡수율

그림 5는 발포제 혼입율에 따른 단위용적중량과 흡수율을 나타낸 것이다. 4%의 발포제 혼입시 흡수율이 최대이며 단위중량은 최소값을 갖는 것을 알 수가 있다. 이는 경화체내부의 공극의 발달과 연관이 되어 공극발달이 과다할 경우 단위용적중량은 감소하지만 흡수율은 증가하는 경향을 보이는 것으로 판단된다. 그림 6은 발포제 혼입율 4%의 시험체에 P.P 섬유를 각각 0.1~0.5%까지 0.1%의 범위로 변화시킨 경화체의 단위용적중량과 흡수율로써 섬유혼입율의 증가와 더불어 흡수율은 대체로 감소하며 단위용적중량은 점차 증가하는 경향을 볼 수 있다. 이는 섬유의 혼입에 따른 구속효과에 따른 내부구조의 치밀화로 보인다. 그러나 0.5%에서 흡수율이 다시 증가하기 시작하는 것은 내부의 섬유가 파이버볼(FIBER-BALL) 현상으로 인하여 시멘트 매트릭스내의 결합력을 저하되어 시멘트 페이스트와 골재가 치밀화 되지 못한 것으로 판단된다. 그러나 전반적으로 ALC 제품에 요구되는 단위용적중량 500kg/m³ 및 흡수율 30%에 비하여 매우 높게 나타나 이의 개선대책이 요구된다.

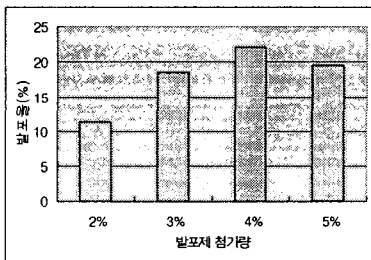


그림4. 발포제 혼입에 따른 발포율

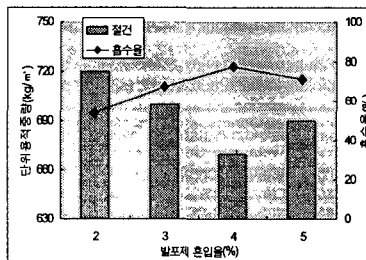


그림5. 발포제 혼입에 따른 단위용적중량과 흡수율

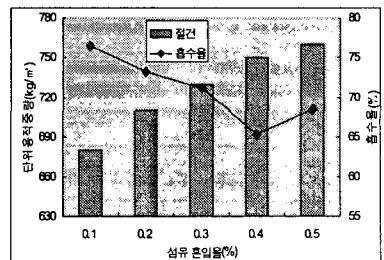


그림6. 섬유혼입에 따른 단위용적중량과 흡수율

3.3 압축강도와 인장강도

그림 7은 발포제를 혼입한 복합체의 압축 및 인장강도를 나타낸 것이다. 발포제의 첨가에 의하여 2%에서 4%까지 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 발포제의 혼입율이 증가함에 따라 단위용적중량의 감소와 이로 인한 내부공극의 발생으로 시멘트 페이스트와 골재 간의 결합력을 약화시켰기 때문이다. 하지만 발포제 5% 혼입시에는 내부 공극의 감소를 가져와 다시 강도의 증가를 가져옴을 알 수 있다. 그림 8은 발포제 혼입율 4%의 시험체에 섬유혼입시의 압축 및 인장강도를 나타내고 있다. 섬유

혼입율이 0.3%로 증가할수록 섬유가 시멘트 페이스트와 섞이면서 강도의 증가를 가져 왔지만 P.P 섬유의 첨가량이 0.4%가 넘으면서 오히려 그 강도가 현저히 떨어졌는데 그 이유는 파이버블 현상으로 인해 섬유가 시멘트 매트릭스내의 결합을 오히려 방해함으로써 강도의 저하를 가져왔다고 판단된다. 그러나 ALC의 요구성능인 압축강도 3MPa, 인장강도 0.5MPa를 모두 상회하고 있음을 알 수 있다.

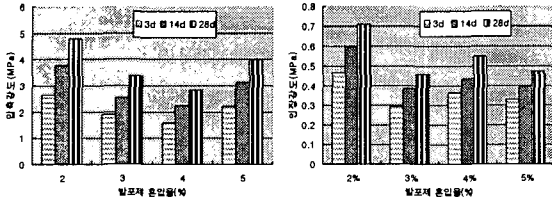


그림 7. 발포제의 혼입에 따른 압축강도 및 인장강도

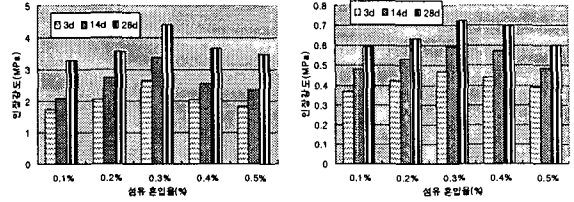


그림 8. P.P. 섬유 혼입에 따른 압축강도 및 인장강도

3.4 SEM 관찰

그림 9~12는 발포제 혼입율 4%, 섬유 0.3%를 혼입한 시험체의 SEM 사진이다. 경량골재 표면에 시멘트 페이스트가 잘 부착되어 있으며 시멘트 페이스트는 발포가 이루어져 있음을 알 수 있다. 펠라이트는 거친 표면 구조로서 시멘트 페이스트와 결합이 잘 이루어져 있으며 섬유가 내부에서 파이버블이 일어나지 않고 개별적으로 존재하고 있는 것을 볼 수가 있다.

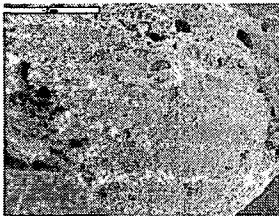


그림 9 골재표면의 시멘트페이스트

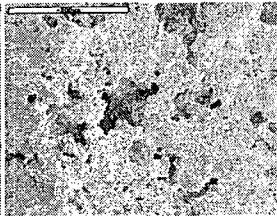


그림 10 발포된 시멘트페이스트 표면

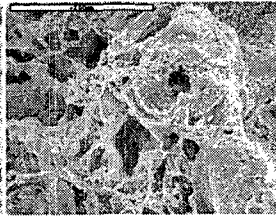


그림 11 펠라이트와 시멘트 페이스트계면

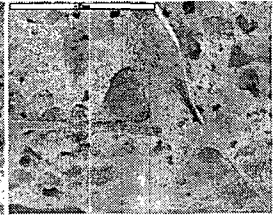


그림 12 섬유가 혼입된 시멘트매트릭스

4. 결론

- 본 연구에서 경량골재와 팽창펠라이트를 이용하여 제작한 경량 시멘트 복합체의 특성은 아래와 같다.
- 1) 발포제의 혼입율과 발포율은 2%에서 4%까지는 비례관계를 보이다가 5%에서 저감하며 발포제 4% 일때 가장 낮은 단위용적중량을 보여주고 있다.
 - 2) 발포제를 혼입한 경량복합체에 P. P 섬유를 혼입할 경우 섬유 네트워크 형성에 의한 인성 증대 효과 및 섬유의 구속효과에 의해 균질한 기공형성이 가능하여 표면의 균열을 억제시키는 효과로 인해 단위용적중량을 상승시키는 요인이 되지만 흡수율을 저감시키며 시험체의 압축강도와 인장강도를 상승시키는 역할을 한다.
 - 3) 발포제 혼입율 4%의 시험체에 P.P 섬유를 0.3% 혼입할 때 압축강도 및 인장강도는 최대이며 ALC 제품의 특성을 만족하는 경량시멘트복합체의 제조가 가능하다. 그러나 전반적으로 ALC 제품과 비교하여 단위용적중량과 흡수율이 높아 이의 개선대책이 요구된다.

참고문헌

1. 소양섭, "인공경량골재를 이용한 경량패널 심재의 열전도 특성", 한국콘크리트학회, 불학술발표회 논문집, 2002. 4, pp.131-136.
2. 서치호, "팽창펠라이트를 사용한 콘크리트 특성에 관한 실험적 연구" 대한건축학회논문집 제19권 5호, 2003