

바이오콘크리트의 물리적 특성에 관한 연구

A Study on the physical Property of the Bio Concrete

이종찬*

이세현**

박영신***

박재명***

Lee, Jong-Chan

Lee, Sea-Hyun

Park, Young-Shin

Park, Jae-Myung

ABSTRACT

We have many environmental problems by the polluted materials as a results of mechanical development these days. So people want to use building products made from natural things and take a good effect for people from those bio products. We can instance electron wave shelding, far infrared ray and anion emission, and anti-bacterial property as the latest trend of the bio building material. So we had a experiment to investigate how much bio materials affect concrete when we use in the concrete with cement substitution. We tested slump, 7days compressive strength, and air contents for physical properties of bio concrete. The result is that bio concretes with four bio ingredients have proper values comparing with target values for slump and air content but lower compressive strength than plain concrete.

1. 연구의 범위 및 목적

공장에서 대량생산되는 기존의 건축자재가 환경오염물질을 발생하고, 이것이 건축물 사용자의 건강에 직접적인 영향을 주는 것으로 보고됨에 따라 사용자들은 자연재료를 사용한 친환경건축자재를 우선하게 되었으며 따라서 건축자재회사에서도 대부분 이러한 친환경 건축자재를 생산하여 시장에 내보내고 있다. 또한 제도적으로도 일정규모 이상의 건축물에는 친환경인증제도를 도입하고 있으며 건축물의 실내공기질에 대한 기준을 도입하여 오염물질 방출건축자재의 사용을 제한하고 있다.

따라서 친환경 건축자재는 새로운 트렌드로써 자리잡고 있으며, 그 시장규모는 지속적으로 증대될 것으로 판단되므로 이러한 친환경성을 보유한 건축자재의 개발은 당연하다 할 것이다.

현재 친환경성을 강조한 제품들의 기능을 보면 원적외선 방사, 음이온 방사, 전자파 차단, 항균성능 보유 등을 대표적으로 들 수 있으며, 대부분은 마감재에 코팅함으로써 그 성능을 확보하도록 하고 있다. 그러나 건축물에 대표적으로 사용되는 건축자재는 콘크리트이므로 콘크리트에 기능성을 부여하는 방안도 필요할 것이다. 기능성 건축자재가 마감재에 국한되는 이유는 마감재가 사용자에게 가장 가깝고 적은 양만으로 코팅하여도 그 효과를 얻을 수 있기 때문이다. 그러나 건축물에는 마감재가 필요 없는 부분이 있을 수도 있으며, 또한 노출콘크리트로써도 그 기능성을 부여할 수도 있을 것이다. 이러한 면에서 본 연구는 보통 콘크리트에 원적외선 방사, 음이온 방사, 전자파 차단, 항균성능 등을 부여할 수 있는 재료를 적용함으로써 그 사용가능성을 평가하고자 하였다.

2. 실험

2.1 사용재료 및 배합

2.1.1. 기능성 항목 및 재료 개요

본 연구에 사용하는 Bio 재료의 종류와 기능성 항목을 다음과 같이 정리하였다.

* 정회원, 한국건설기술연구원 Post Doc.

** 정회원, 한국건설기술연구원 수석연구원

*** 정회원, 한라콘크리트(주) 주임연구원

**** 정회원, 한라콘크리트(주) 이사

(1) 건운모

세리사이트라고 하며, 단사정계에 속하고 백색 또는 회백색에 진주광택이 있다. 의약품이나 화장품의 주원료로 사용되며 원적외선 방출작용이 있다. 주로 요업분야에서 사용되며 이를 사용한 시멘트, 모르타르 등이 개발되기도 하였다

(2) 목문석

정확한 학술명은 알려져 있지 않으나 중국에서 유래한 것으로 알려져 있으며, 전기석, 녹니석 등과 함께 음이온을 방사하는 재료로써 알려져 있다.

(3) 카본블랙

흑색이나 대회흑색의 분말로 유기물(탄화수소)의 불완전연소 또는 열분해에 의해 생성된 그을음으로 성분은 탄소지만 표면의 마이크로(micro)적인 상태가 제작 및 원료에서 달라지고 단순히 탄소의 미립과는 다른형태로 전기전도성의 향상을 목적으로 많이 사용되고 있다.

(4) 은나노용액

은은 과거부터 세균, 바이러스, 곰팡이 등에 대한 강력한 살균 및 항균효과가 있다고 알려져 있다. 그러나 비용이 비싸 사용되지 않았으나 나노기술에 의하여 경제적으로 사용이 가능하게 되었다

2.1.2 Bio 재료 분석

본 연구에 사용하는 Bio 재료의 기본 특성을 분석하기 위하여 밀도 및 비표면적, XRF 분석을 실시하였다. 사용재료 중 건운모와 목문석은 원석을 boll mill로 미분쇄하여 사용하였다.

(1) 건운모

밀도가 2.728g/cm³, 비표면적은 18,180cm²/g으로 분말도가 높게 나타났으며, 주요 화학적 성분은 표 2와 같다.

표 2. 건운모의 화학적 성분

구성	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ² O	CaO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
함유량 (wt%)	0.255	6.67	20.7	3.91	65.3	0.178	0.189	2.42

(2) 목문석

밀도가 2.870g/cm³, 비표면적은 61,170cm²/g으로 분말도가 매우 높으며, 화학적 성분은 표3과 같다.

표 3. 목문석의 화학적 성분

구성	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	ZrO ₂	La ₂ O ₃	CeO ₂	Nd ₂ O ₃
함유량 (wt%)	14	49.2	1.64	7.77	9.2	2.86	1.17	2.71	5.62	2.1

(3) 카본블랙

밀도가 1.962g/cm³로 상당히 가벼우며, 화학성분은 표 4와 같다.

표 4. 카본블랙의 화학적 성분

구성	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	ZnO	C
함유량 (wt%)	0.03	0.06	0.41	0.01	0.04	0.02	99.5

(4) 은나노 용액

나노크기의 은입자를 5ppm의 농도로 콜로이드화 한 것으로 화학성분은 표 5와 같다.

표 5. 은나노용액의 화학적성분

구성	Na	Mg	Al	S	Fe	Ag
함유량 (wt%)	6	0.162	0.899	2.66	3.07	87.1

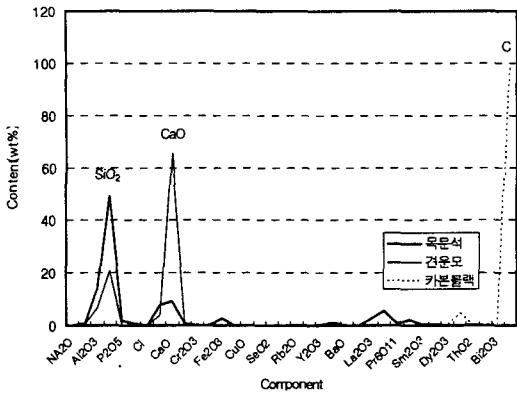


그림 1. Bio 분말재료의 화학성분

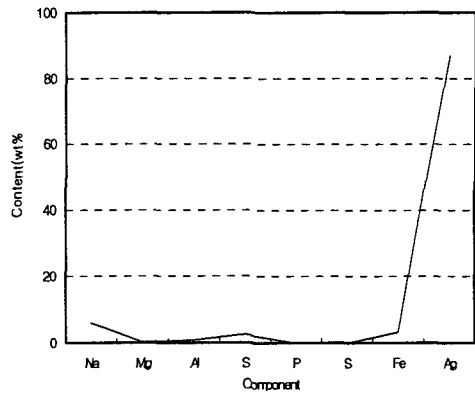


그림 2. 은나노용액의 성분

물질에 있어서 음이온 대전성이 큰 화합물은 반토규산염(alumino-silicate)이며, 원적외선 방사는 SiO₂ 나 Al₂O₃가 큰 비중을 차지하는 것으로 알려져 있다. 따라서 대부분의 세라믹스는 음이온 대전성 및 원적외선 방사효과를 갖는 것으로 볼 수 있다. 성분분석 결과 목문석은 SiO₂가 49.2%, Al₂O₃가 14%로써 음이온 대전성이 큰 반토규산염 함유과 원적외선 방사율이 높을 것으로 판단되며 견운모는 CaO가 65.3%, SiO₂가 49.2%, Al₂O₃는 6.67%로 원적외선의 효과가 있을 것으로 판단된다. 카본블랙은 C가 99.5%로 대부분을 차지하여 도전성을 갖고 있으며, 은나노용액은 Ag가 87.1%를 함유한 것으로 분석되었다.

2.1.2 콘크리트용 골재 및 혼화제

콘크리트에 사용하는 잔골재는 비중 2.6의 바다모래, 굵은골재는 비중 2.62의 부순골재를 사용하였다. 그리고 혼화제는 분산성이 우수한 폴리카르본산계 고성능AE감수제를 사용하였다.

2.1.3 배합 및 시험

기존 콘크리트의 배합은 보통 레디믹스트 콘크리트로서 설계기준강도 24MPa, 슬럼프 18±2.5cm, 공기량 4.5±1.5%를 Plain으로 하여 기능성재료인 견운모, 목문석, 카본블랙을 시멘트에 대한 중량 치환하였으며, 은나노용액은 첨가하였다.

표 6. 배합계획

물분체비 (wt%)	잔골재율 (%)	배합수 (kg/m ³)	시멘트 (kg/m ³)	기능성 재료				은나노용액 첨가량(kg)
				(시멘트 치환율 wt%)				
				Plain	카본블랙	견운모	목문석	
50.7	47.0	175	415	none	2, 4, 6	10, 20, 30, 40	5, 10, 15, 20	1, 2, 3

본 논문은 Bio 콘크리트의 기초적인 물리적 특성만을 범위로 하고 있으며, 차후 원적외선, 음이온방사량, 전자파차폐, 항균성능 시험을 실시할 예정이다. 따라서 본 논문에서는 재령7일 압축강도, 슬럼프, 공기량에 한하여 시험결과를 서술하였다.

2.2. 시험결과

2.2.1 슬럼프

우선 Plain 콘크리트의 슬럼프를 목표슬럼프인 180±2.5cm가 만족되도록 고성능AE감수제량을 시험시 조절하여 0.7%로 정하였고 Bio 재료 첨가시 슬럼프의 저하정도에 따라 최대 1%까지 첨가하여 목표범위를 만족하였다.

카본블랙 및 견운모, 목문석은 시멘트 대체로 첨가시 슬럼프가 감소하는 경향이 뚜렷하였으며, 은나노용액은 액상이므로 감소하지 않았다.

2.2.2 압축강도

재령 7일 압축강도는 Plain 콘크리트의 경우 22.3MPa로 측정된 반면, Bio 재료를 혼입한 콘크리트는 모두 그 치환량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다. 특히 견운모는 40%까지 다량 치환할 경

우 압축강도 감소가 매우 큰 것으로 나타나 치환량의 범위를 제한해야 할 것으로 판단된다.

2.2.3 공기량

공기량은 모두 목표범위인 $4.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하는 것으로 측정되었으며, 카본블랙 및 견운모는 혼입시 감소하는 반면, 목문석 및 은나노는 증가하는 경향을 보여주었다.

표 7. 시험결과

구분	재령7일 압축강도 (MPa)	슬럼프 (cm)	공기량 (%)	혼화제 (%)
Plain	22.3	190	3.8	0.7
카본블랙	2%	16.0	195	4.2
	4%	18.1	185	3.4
	6%	15.4	175	3.4
견운모	10%	17.1	190	4.1
	20%	16.5	185	4
	30%	12.3	185	3.7
	40%	8.7	170	3.2
목문석	5%	20.9	190	3
	10%	18.4	195	3.1
	15%	18.9	185	3.9
	20%	16.9	180	4.4
은나노 용액	1kg	21.1	190	3
	2kg	19.8	190	3
	3kg	17.7	200	3.3

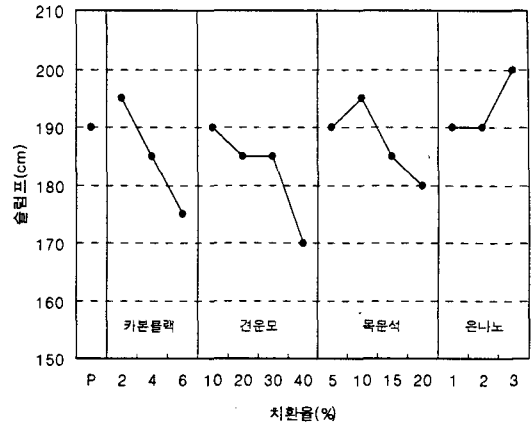


그림 3. 슬럼프 시험결과

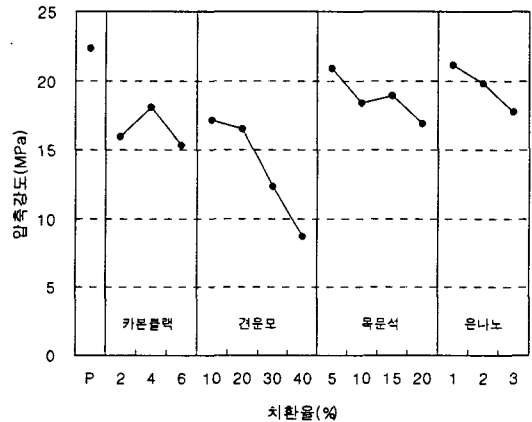


그림 4. 압축강도 시험결과

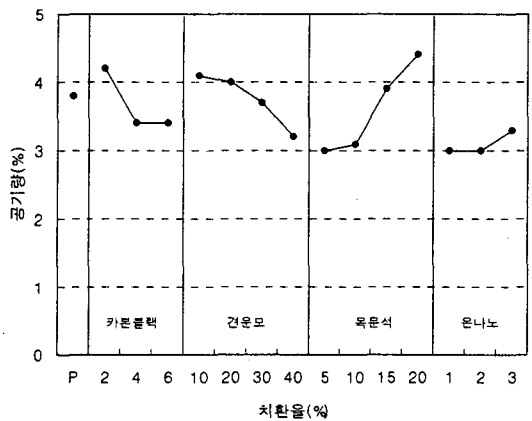


그림 6. 공기량 시험결과

3. 결론

Bio 재료를 혼입한 콘크리트의 초기특성인 슬럼프 및 공기량은 고성능 AE감수제를 첨가하여 목표범위인 $18 \pm 2.5\text{cm}$, $4.5 \pm 1.5\%$ 를 모두 만족하였으나, 압축강도의 경우 전반적으로 강도를 감소시키는 것으로 나타나 주의해야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 차후 재령 28일 압축강도측정 및 기능성 발현정도를 평가할 예정이다.

참고문헌

1. 지철근, 원적외선의 특성과 효능, 리빙북스, 2004
2. 지철근, 음이온의 효능, 리빙북스, 2004.
3. 진수용, 음이온과 웰빙, 땅의 사람들, 2005
4. 한국건설기술연구원, 건축용 전자파 차폐소재의 특성 연구, 2001