

인공경량골재를 이용한 경량패널 심재의 열전도 특성

Property of Thermal Conductivity of Light Weight Panel Core Using Light-Weight Aggregate

이 정 국* 도 정 윤** 문 경 주** 조 영 국*** 소 양 섭****
Lee, Jung Kuk Do, Jeong Yun Mun, Kyung Ju Jo, Young Kuk Soh, Yang Seob

ABSTRACT

In recent year, it has been investigated on the reduction of mass of structures for the purpose of the larger space and the economy with the industry developing very fast and qualitatively. So the purpose of this study is to investigate the manufacture of light weight concrete panel using the artificial light-weight aggregate as a part of the substitution of foamed styrene and polyurethane because of narrow allocable temperature zone in use.

The compressive strength, flexural strength, unit weight, absorption test and thermal conductivity were practised at 3, 7 and 28 days after manufacturing the light-weight concrete for the panel core: the filling ratio of continuous void was defied as 40%, 50%, and 60% and water-cement rate was 35, 40 and 45%.

As a result of this, it was revealed that the mixture derived from filling ration of void of 50% and water-cement ratio 40% were developing the best properties of the others.

1. 서론

최근 건축물은 경제성장과 더불어 대형화, 고층화 되어가고 있으며, 이에 따라 구조물 자체의 자중을 경감시키기 위한 부자재 개발에 대한 관심이 증대되고 있다. 그러나 기존의 콘크리트 구조는 강도에 비해 비중이 크기 때문에 구조물 자중을 증대시키는 경향이 있어 이에 대한 연구가 꾸준히 이루어져 왔다. 기존 경량패널의 심재로서 발포 스티렌, 발포 폴리우레탄 등을 사용하는 경우 단열효과는 좋으나 재료 자체의 내화성이 매우 낮아 사용온도 50℃이상의 고온영역에서는 사용범위가 낮은 단점이 있다. 이러한 점에서 경량인공골재를 이용한 콘크리트 패널의 개발은 내화성, 단열성, 방연성을 필요로 하는 다양한 용도의 건축물에 칸막이 용도의 비내력벽체 뿐만 아니라 지붕재, 외벽재, 내장재 등으로의 다양한 적용이 가능할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 인공경량골재를 대상으로 무기계 결합재인 시멘트를 바인더로 사용하여 경량

* 정회원, 전북대학교 대학원 건축공학과 석사과정

** 정회원, 전북대학교 대학원 건축공학과 박사과정

*** 정회원, 청운대학교 건축공학과 교수

**** 정회원, 전북대학교 건축·도시 공학부 교수

패널 심재용 인공경량골재 콘크리트를 제조하여 압축강도, 휨강도, 열전도율, 흡수율 등의 기초물성 시험을 수행함으로써 패널의 축압축내력, 휨강도, 내화성, 내구성 등의 건축자재로서 필요한 물리적 특성을 추정하는 기본적인 데이터를 확보하여, 경제성과 시공성을 고려한 경량 패널의 생산을 위한 최적배합의 도출을 위한 기본적인 판단근거로 활용하고자 한다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 사용재료

2.1.1 결합재

본 실험에 사용된 시멘트는 국내 D사의 보통포틀랜드 시멘트(OPC)를 사용하였으며, 물리적 성질은 표 1과 같다.

표 1 시멘트의 물리적 성질

비중 (20℃)	분말도 (cm ² /g)	안정도 (%)	응결시간(hr:min)		압축강도 (kg/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,446	0.19	3:17	5:32	210	296	384

2.1.2 골재

골재는 스페인산 소성 경량골재 사용하였으며, 경량골재의 최대치수는 10mm이며, 물리적 성질은 표 2와 같다.

표 2 골재의 물리적 성질

굵은골재 크기 (mm)	비중 (20℃)	흡수율 (%)	각 체 통과량의 누계백분율(%)					단위용적중량 (kg/m ³)	실적률 (%)
			10mm	5mm	2.5mm	1.2mm	0.6mm		
3~6	0.67	26	100	36	1	1	1	374	66

2.1.3 고성능 감수제

고성능 감수제는 국내 K사 제품을 사용하였으며, 그 물리적 성질은 표 3과 같다.

표 3 고성능 감수제의 물리적 성질

비 중	주 성 분	성 상	색 상
1.15±0.02	폴리카본산 에테르	액상	암갈색

2.2 시험방법

2.2.1 배합설계

본 연구에 있어서 경량골재의 공극률 33%에 대하여 공극충진률을 40, 50, 60%로 계획하였으며, 물-시멘트비에 따른 강도 및 열전도 특성을 파악하기 위하여 W/C비를 35, 40, 45%의 3수준으로 변화시켰으며, 시멘트 페이스트의 플로우를 350±10mm로 만족시키기 위하여 고성능 감수제를 시멘트 중량에 대하여 0.8, 1.5, 2%로 변화시켜 배합설계를 하였다.

표 4 경량콘크리트 배합표

공극충전률 (%)	물시멘트비 (%)	단위용적중량(kg/m ³)			
		시멘트	물	경량골재	고성능 감수제
40	35	197	69	402	3.9
	40	184	73		2.8
	45	172	77		1.2
50	35	247	86		4.9
	40	230	92		3.4
	45	215	97		1.5
60	35	296	104		5.9
	40	276	110		4.1
	45	258	116		1.8

2.2.2 시험항목 및 방법

표 5 실험항목 및 방법

조건	시험항목	시험방법
굳지않은상태	슬럼프 테스트	KS F 2402의 “시멘트 콘크리트의 슬럼프 시험방법”에 준하여 슬럼프 플로우를 측정
경화상태	압축강도	5×5×5cm 공시체를 제작하여, 기중(20℃, R.H. 60%)양생 후 강도측정
	휨 강도	4×4×16cm 공시체를 제작하여, 압축강도와 동일한 방법으로 강도측정
	흡수율	Ø10×20cm의 공시체를 제작하여 105±5℃에서 24시간 건조하여 중량을 측정한 후, 수중에서 24시간동안 침지시킨후 중량측정
	단위용적중량	흡수율과 동일한 공시체를 절건상태에서 중량측정
	열전도율	QTM-500을 사용하여 열전도율 측정

3. 시험결과 및 고찰

3.1 굳지 않은 콘크리트의 유동성

그림 1은 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 플로우 값을 나타낸 것이다. 예비 실험을 통하여 파악된 골재간의 부착력, 시험체 제작과정시변화에 따른 작업성을 고려하여 볼 때, 적절한 슬럼프 플로우 값은 약 35cm로 공극충전률 50%, 60%에서는 목표슬럼프 플로우 값을 만족하고 있으나 공극충전률 40%에 있어서는 다소 높은 값을 보이고 있다. 이는 골재를 시멘트 페이스트가 접착시켜 줌으로써 적절한 유동성을 유지하게 되는데, 이 배합에서는 시멘트 페이스트에 의한 골재의 접착력이 부족하여 골재가 흘러 내렸기 때문이다.

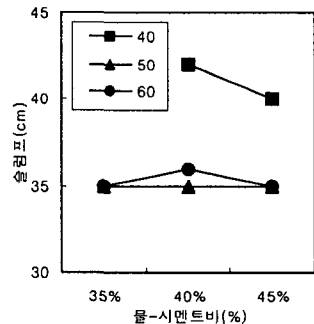


그림 1 물-시멘트비에 따른 슬럼프변화

3.2 강도특성

그림 2와 그림 3은 공극충전률에 따른 물-시멘트비와 압축강도 및 휨강도의 관계를 재령별로 나타

낸 것이다. 경량골재 콘크리트의 압축강도는 재령 3일에 5-12kg/cm², 재령 7일에 10-30kg/cm², 재령 28일에서 10-40kg/cm²으로, 휨강도는 재령 3일에 4-12kg/cm², 재령 7일에 8-16kg/cm², 재령 28일에서 5-16kg/cm²으로 나타났다. 모든 재령에서 공극충진률이 증가할수록 결합재의 증가에 의해 압축강도는 증가하고 있으나, 물-시멘트비에 따라서는 전반적으로 물-시멘트비 35, 45%에 비해 40%에서 강도가 크게 나타나고 있어, 최적의 물-시멘트비가 존재할 것으로 판단되며 본 실험에서는 약 40%를 최적의 값으로 보여진다. 이는 결합재의 강도에 의존하는 경량콘크리트에 있어서 물-시멘트비 35%의 경우, 경량골재의 흡수율이 크기 때문에 결합재의 수화반응에 필요한 결합수를 골재가 흡수함으로써 골재 사이의 충분한 부착력을 가지지 못하기 때문으로 판단된다. 휨강도 또한 압축강도와 비슷한 경향을 보이고 있으며 전반적으로 15kg/cm² 미만으로 패널에 요구되는 중요한 성능 중 높은 휨강도를 감안 할 때 차후에 휨강도의 개선을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

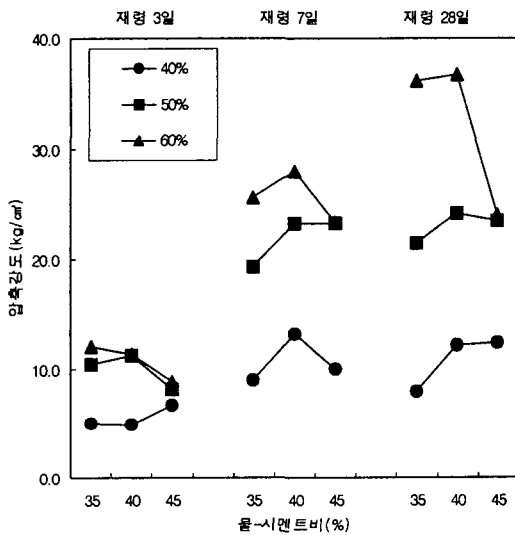


그림 2 물-시멘트비에 따른 압축강도 변화

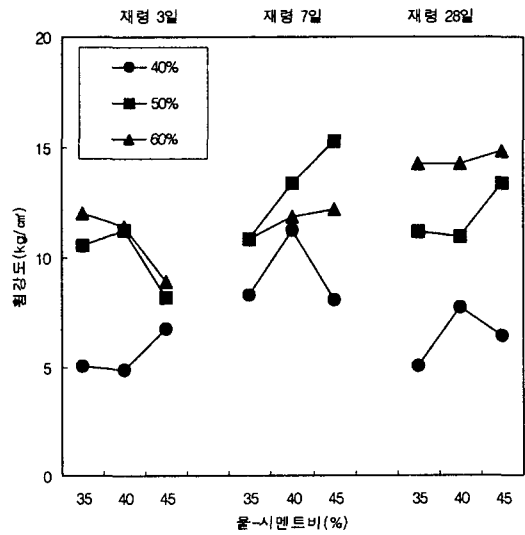


그림 3 물-시멘트비에 따른 휨강도 변화

3.3 단위용적 중량 및 흡수율

그림 4는 물시멘트비와 공극충진률에 따른 단위용적 중량 및 흡수율을 나타내는 것으로 패널 심재의 열전도 특성은 심재 내의 함수율과 밀접한 관계가 있으므로 심재의 함수율도 파악되어야 할 중요한 특성이다. 실제 현장에서 작업성과 관련이 깊은 굳은 상태의 경량골재 콘크리트의 단위용적 중량은 공극충진률이 증가할수록 물-시멘트비가 작을수록 증가하는 경향을 나타내고 있으며, 흡수율은 물-시멘트비에 의한 영향은 적으나 공극충진률이 증가할수록 작아지고 있으며, 이는 흡수율이 큰 경량골재의 표면을 시멘트 페이스트가 코팅을 하여 증으로써 골재의 흡수율이 적어졌기 때문으로 판단된다.

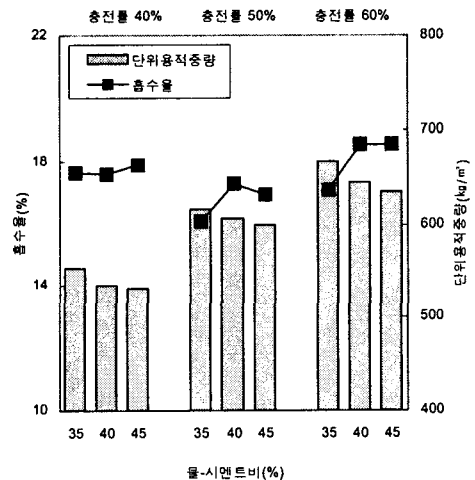


그림 4 단위용적중량 및 흡수율

3.4 열전도특성

그림 5와 그림 6은 경량콘크리트의 물-시멘트비 및 공극충전률에 따른 열전도율을 나타낸 것이다. 전반적으로 경량골재 콘크리트의 열전도율은 보통 콘크리트의 약 1/8~1/10정도인 0.15~0.25kcal/mh℃를 나타내고 있으며, 물-시멘트비가 증가할수록 감소하는 경향을 보이고 있는 반면, 공극충전률이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 물-시멘트비가 증가할수록 골재 내에 흡수된 수분이 증가하는데 이러한 골재 내 수분의 증가는 열전도율을 증가시키는 주된 요인이 된다. 또한 공극충전율이 증가할수록 열전도율이 증가하는 이유로는 열전도율에 유효한 영향을 미치는 공극의 감소와 관련이 있다고 판단된다. 공극충전률이 40%와 50%일 때 물-시멘트비에 따른 열전도율의 변화는 적게 나타나고 있으나 60%에서는 그 변화가 크게 나타났으며, 공극충전률이 60%인 경우 공극충전률이 40%와 50%일 때 보다 상대적으로 열전도율이 크게 나타나고 있다.

그림 7은 공극충전률에 따른 휨강도와 열전도율 관계를 나타낸 것이다. 휨강도와 열전도율 관계에서 보는바와 같이 공극충전률 50%에서 휨강도와 열전도율이 모두 우수한 것으로 나타났다.

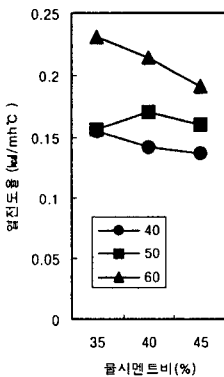


그림 5 물-시멘트비에 따른 열전도율

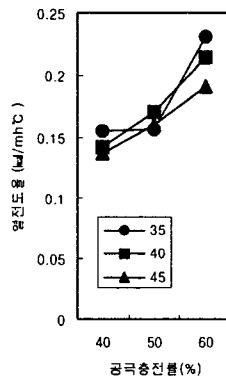


그림 6 공극충전률에 따른 열전도율

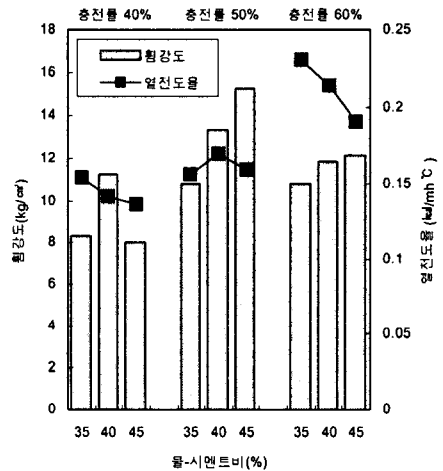


그림 7 휨강도와 열전도율과의 관계

4. 결론 및 고찰

경량패널 심재용 인공경량골재 콘크리트를 제조하여 그 기초물성에 대한 시험을 수행한 결과를 요약하여 보면 다음과 같다.

- 1) 인공경량골재를 이용한 콘크리트의 강도에 있어서 압축강도 및 휨강도 모두 물-시멘트비에 있어서는 40%에서 높은 강도발현을 나타내고 있으며, 공극충전률에 있어서는 50, 60%에서 높은 강도 발현을 나타내고 있으나 단위용적 중량을 감안할 때 50%가 적당한 것으로 나타났다.
- 2) 인공경량골재를 이용한 콘크리트의 열전도 특성에 있어서는 물-시멘트비가 클수록, 공극충전률이 작을수록 작게 나타났으며, 공극충전률 40, 50%에서 양호한 열전도특성을 나타내고 있으나 강도특성을 감안할 때 공극충전률 50%가 적당한 것으로 판단된다.
- 3) 인공경량골재를 이용한 콘크리트의 단위용적중량, 압축강도, 휨강도 및 열전도 특성을 분석한 결과

우수한 물성을 지니며, 패널 제작의 시공성과 경제성을 고려하여 볼 때 공극충전률 50%, 물-시멘트비 40%가 최적배합 조건으로 나타났다.

- 4) 그러나, 실제에 요구되는 여러 성능 중에서 낮은 흡수율, 높은 휨강도 등의 관점에서 볼 때, 본 실험에서 제작한 시험체의 흡수율과 휨강도를 개선할 수 있는 방안이 모색되어야 할 것이다.

본 연구는 차세대 핵심환경기술 개발사업 연구과제 “유·무기성 폐기물을 이용한 초경량 발포제 상용화 기술 및 제조장치 개발, 주관연구기관 (주) 네오이엔비”의 일환으로 이루어 졌습니다.

참고문헌

1. 박영배, “인공경량골재 콘크리트의 제조와 성능규명을 위한 실험적 연구,” 대한건축학회 춘계학술발표 논문집, 1994. 4., pp.563-566.
2. 양관섭, “스치로폴 혼합 경량콘크리트를 이용한 경량복합판넬의 성능규명에 관한 실험적 연구,” 대한건축학회 춘계학술발표 논문집, 1995. 4, pp.623-626.
3. 김종인, “경량골재 콘크리트의 역학적 특성,” 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 1999. 10, pp.249-252.
4. 김화중, “석고재료를 이용한 경량칸막이 벽체 소재 개발에 대한 연구,” 한국콘크리트학회 가을학술발표회 논문집, 1999. 10, pp.249-252.