

인공경량골재로 제조된 콘크리트 패널의 물성

엄태호[†] · 김유탉

경기대학교 재료공학과

(2003년 12월 12일 접수; 2004년 2월 4일 승인)

Properties of Concrete Panel Made by Light Weight Aggregates

Tae-Ho Um[†] and Yootaek Kim

Department of Materials Engineering, Kyonggi University, Suwon 442-760, Korea

(Received December 12, 2003; Accepted February 4, 2004)

초 록

국내에서는 최근 구조물 증축에 필요한 경량골재를 중국 및 일본 등에서 수입해 사용하고 있는 실정이고, 환경오염에 대한 관심 또한 고조되면서 폐기물의 처리, 처분 문제가 심각하게 대두되고 있다. 이에 순수 국내 기술로 폐기물과 점토질 원료를 습식혼합, 로터리 킬른에서 소성하여 인공경량골재를 제조한 후 기본 물성을 평가하였고 경량콘크리트에 적용하여 강도특성을 고찰하였다. 인공경량골재의 절건비중은 1.4~1.7, 흡수율은 13~16%이었으며, 파쇄율은 약 30~55%로 강자갈이나 쇄석과 비교하여 10% 이상 높은 수치를 나타내었고 파쇄 형상에서도 차이를 보였다. 골재를 2 mm 이하로 분쇄하여 TCLP 용출시험 후 추출된 여액을 ICP-AES로 분석한 결과, 검출한계 이하 또는 용출량 기준치 이하로 용출되었다. 제조된 인공경량골재를 사용한 경량콘크리트 공시체를 제작하여 슬럼프, 압축강도, 휨파괴변형 특성을 시험하였다. 시험 결과, 인공골재 치환율 30 vol%, 물시멘트비 45 wt%인 공시체에서의 슬럼프 및 압축강도 특성이 가장 우수하였다. 경량골재 콘크리트의 슬럼프 및 압축강도 시험결과를 통해 도출된 최적배합을 바탕으로 경량콘크리트 패널을 제작하여 단열 및 차음특성을 시험한 결과, 평균 열관류율은 3.293 W/m²C로 쇄석콘크리트에 비해 약 15% 우수하였으며, 음향투과손실은 500 Hz에서 50.9 dB로 기준치를 약 13% 상회하는 결과를 보였다.

ABSTRACT

Basic properties of artificial lightweight aggregate by using waste dusts and strength properties of LWA concrete were studied. Bulk specific gravity and water absorption of artificial lightweight aggregates varied from 1.4 to 1.7 and 13 to 16%, respectively. Crushing ratio of artificial lightweight aggregate was above 10% higher than that of crushed stone or gravel. As a result of TCLP leaching test, the leaching amount of tested heavy metal element was below the leaching standard of hazardous material. Slump, compressive strength and stress-strain properties of LWA concrete made of artificial lightweight aggregate were tested. Concrete samples derived from LWA substitution ratio of 30 vol% and W/C ratio of 45 wt% showed the best properties overall. Thermal insulation and sound insulation characteristics of light weight concrete panel with the optimum concrete proportion were tested. Average overall heat transmission of 3.293 W/m²C was observed. It was higher by about 15% than those of normal concrete made by crushed stone. Sound transmission loss of 50.9 dB in frequency of 500 Hz was observed. It was higher by about 13% than standard transmission loss.

Key words : Artificial light weight aggregate, Light weight concrete, Compressive strength, Waste ash

1. 서 론

전세계적으로 급속한 산업발전과 인류문명의 발달에 따른 생산활동의 다양화로 인하여 각종 환경오염물질의 종류가 계속 증가하고 있으며, 발생량 또한 급증하고 있는 추세이다. 근래에 환경오염에 대한 관심이 고조되면서 폐기물의 처리, 처분 문제가 심각하게 대두되고 있다.¹⁾ 따라

서 폐기물을 원료로 하여 인공경량골재, 벽돌, 담체 등의 세라믹 재료를 제조함으로써 폐기물을 합리적으로 처분함과 동시에 유용한 순환자원으로 활용하는 것이 요구된다.

경량골재는 시멘트 몰탈이나 콘크리트의 경량화나 단열성 향상을 위한 수단의 하나이며, 건축물의 고층화 등 콘크리트의 다기능화에 필요한 요건이기도 하다. 유리카레트·쇄석오니, 석탄재 등의 폐기물로부터 경량골재를 제조하는 경우에 일반적으로 소성이라는 공정을 거친다. 특히, 경량성에 중점을 두는 경량골재의 경우, 소성을 할 때에 발포제를 섞거나 원료 자체의 발포성에 의해서 독립기포를 생성시키는 것으로 경량성을 달성하고 있다.²⁾

[†]Corresponding author : Tae-Ho Um

E-mail : hoya2k@empal.com

Tel : +82-31-249-9774 Fax : +82-31-249-9775

한편, 폐기물을 원료로 한 세라믹 순환재료에서 유해 중금속의 용출이 문제될 수 있으나, 이는 성형공정에서의 이온교환과 흡착반응에 의해 일차적으로 안정화되고 소성 공정에서 공융반응에 의해 이차적으로 안정화될 수 있다고 보고된 바 있다.³⁾

경량골재에서 요구되는 성능으로는 경량이어야 한다는 것 이외에 일반적인 자연석, 쇄석에 가까운 물성을 갖는 것이 바람직하다. 주요 특성으로는 다음과 같은 항목을 들 수 있다.²⁾

- ① 경량일 것
- ② 흡수율이 낮을 것
- ③ 강도가 높을 것
- ④ 형상이 구슬처럼 둥근 것에 가까울 것

경량콘크리트의 제조방법에는 밀도가 작은 경량골재를 사용하는 방법, 기포모르터와 같이 발포성 혼화제 등을 사용하여 기포작용에 의해 경량화시키는 방법 등이 있지만, 주로 구조용 경량콘크리트로서 적용되는 것은 경량골재를 사용하는 것이다. 경량콘크리트는 보통 콘크리트와 비교하여 단위체적질량이 작아 구조물에 적용할 경우 가장 큰 이점은 건물 중량의 경량화를 실현시킬 수 있다는 것이다. 따라서 구조물의 장기하중 및 지진하중을 저감시킬 수 있고 기초구조를 포함한 부재단면의 축소, 보강근량의 저감이 가능하다. 또한 단열 및 흡음능력이 우수하다고 알려져 있어 국내에서는 최근 구조물 증축에 필요한 경량골재를 중국 및 일본 등에서 수입해와 사용하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 수입 인공경량골재를 대체하기 위해 점토계 원료와 각종 폐기물의 다양한 조성을 습식 성형 후 로터리 킬른으로 소성하여 제조된 인공경량골재의 기본 물성을 측정하였으며, 제조된 인공경량골재를 이용한 경

량골재콘크리트 패널의 특성을 보통쇄석콘크리트와 비교 평가하였다.

2. 실험방법

본 실험에 사용된 인공경량골재는 폐분진을 재활용한 것으로써 #1 ~ #3 골재는 적점토, 플라이애쉬, 전기로분진을 30 : 60 : 10의 무게비로 습식 혼합한 후 토련기를 사용하여 구형으로 성형하였고 건조후 로터리 킬른에서 소성하여 제조한 것이다. #4, #5 골재는 적점토, 석분, 전기로분진, 폐백토를 50 : 40 : 5 : 5의 무게비로 혼합하여 동일한 방법으로 제조한 골재이다. 각각의 골재는 KS F 2533과 KS F 2534에 준하여 비중, 흡수율, 단위용적중량, 공극률, 실적률 등의 기본 물성을 시험하였다.^{4,5)} 골재의 파쇄강도를 시험하기 위해 KS F 2541 “굵은 골재의 파쇄시험”을 참조하여 파쇄시험용 몰드에 일정량의 골재를 채우고 40 ton의 하중을 10분동안 일정하게 가한 후, 세립분리용 체를 통과한 골재의 비율(%)을 골재의 파쇄율(%)로 사용하였다.⁶⁾ 제조된 골재 내부에 폐분진이 함유하고 있던 다량의 중금속 성분들의 안정화 여부를 평가하기 위해 골재를 분쇄한 후 TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) 시험법으로 시험하여 추출된 여과액을 유도결합플라즈마 방출분광기(ICP-AES; SHIMADZU ICPS-1000IV)로 분석하였고 전계방사형주사전자현미경(FESEM; JEOL JSM-6500F)으로 미세구조를 분석하였다.

골재의 콘크리트 적용성을 시험하기 위해 물시멘트비, 단위수량, 쇄석골재에 대한 인공골재 치환율, 입경별 혼합비율을 변화시킨 공시체를 제작하여 슬럼프, 압축강도, 휨파괴변형 특성 등을 시험하였다. 이에 따른 각 공시체별 기본배합 인자와 수준은 Table 1과 같다.

Table 1. Light Weight Aggregate Concrete Proportion

Factor	W/C (%)	Unit water (kg/m ³)	Fine aggregate (%)	LWA substitution (%)	Aggregate mixing ratio (vol%)		
					5 mm	8 mm	18 mm
Aggregate substitution ratio	55	175	45	0			
				30			
				50		100	
				100			
Aggregate mixing ratio	45	175	45	100		0	100
						20	80
						40	60
						60	40
						0	100
						20	80
W/C ratio	30	170					
	45	175	45	0			
	55	175		100		40	

Table 2. The Optimum Batch Proportion for Light Weight Aggregate Concrete Panel

W/C (%)	Unit water (kg/m ³)	Fine aggregate (%)	LWA substitution (%)	Aggregate mixing ratio (vol%)		
				5 mm	8 mm	18 mm
45	175	45	100	0	60	40

Table 3. Physical Properties of various Artificial Aggregates and Crushed Stone

Aggregate	Apparent specific gravity	Bulk specific gravity	Water absorption (%)	Unit weight (kg/m ³)	Porosity (%)	Packing (%)
#1	1.74	1.50	16.2	937	32.7	67.3
#2	1.56	1.35	15.6	784	41.8	58.2
#3	1.74	1.50	15.90	861	42.7	57.3
#4	1.43	1.25	14.69	787	36.8	63.2
#5	1.56	1.38	13.04	829	39.8	60.2
Crushed Stone	2.60	2.58	1.50	1450	43.8	56.2

에코경량골재콘크리트 시험결과로부터 Table 2의 최적 배합안을 도출하였으며 이를 바탕으로 단열 및 차음 시험용 경량콘크리트 패널을 제작하였다. 단열성능 시험에 사용된 콘크리트 패널은 100 cm × 100 cm × 15 cm의 크기로 제작되었으며 시험 방법은 DIN 52619 part 1(Determination of thermal resistance and overall heat transfer of windows-measurement of the whole structure)를 참조하였다. 시험은 시험체 전열 개구부에 분 시험체를 설치한 후, 시험체 부착틀과 시험체 사이의 틈새는 폴리우레탄폼으로 실링하였다. 시험체의 표면온도는 시험체를 9등분하여 각 지점의 중앙부에 T type의 열전대를 부착하여 측정하였고 열류계를 이용하여 시편을 통한 열류량을 측정하였다. 차음특성 시험에 사용된 콘크리트 패널은 2100 cm × 2100 cm × 15 cm의 크기로 제작되었으며 KS F 2808 “실험실에서의 음향투과손실 측정방법”에 준하여 125 Hz ~4,000 Hz까지 1/3 octave band로 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

폐기물과 점토질 원료를 사용하여 제조한 인공골재의 기본물성 평가 결과를 Table 3에 나타내었다. 제조된 인공골재의 절건비중은 1.4-1.7의 범위를 가지고 있어 일반적인 쇄석의 절건비중이 2.6임을 감안할 때 자중감소효과가 있을 것으로 예상되었고 흡수율은 13-16%로 나타났다. 일반적으로 인공경량골재 내부의 다공극구조로 인해 흡수율이 보통 골재에 비하여 높아 콘크리트의 배합과정에서 계획된 배합 및 슬럼프의 획득이 곤란하다. 그리고 골재 내부로 흡수된 수분은 외부로 탈출이 쉽게 이루어지지 않아 동결융해저항성의 감소와 그에 따른 내구성 저하, 자중 증가 등을 초래한다. 따라서 인공경량골재 콘크리트 제조에 사용되는 골재의 경우도 흡수율에 대한 대책이 필요할 것으로 사료되었다.

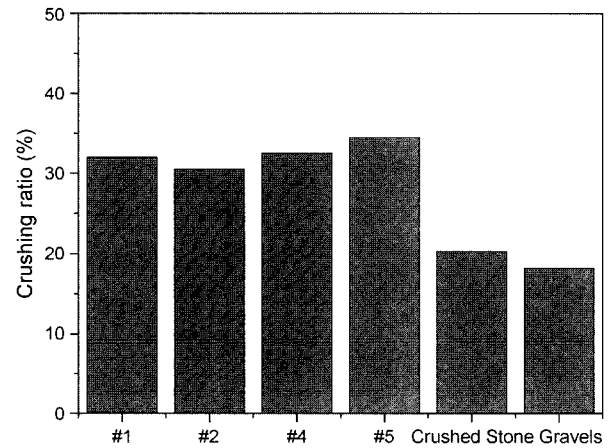


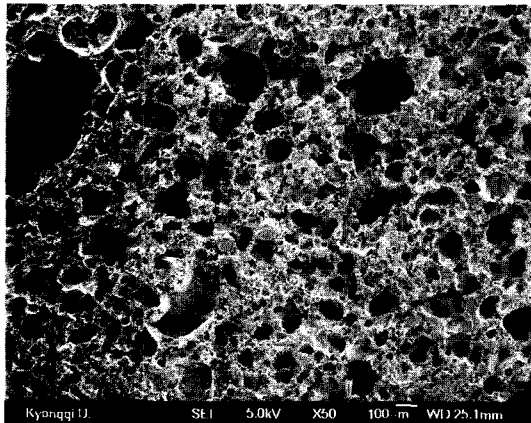
Fig. 1. Crushing strength of artificial light-weight aggregates and natural aggregates.

인공골재의 파쇄강도 측정결과를 Fig. 1에 나타내었다. 제조된 골재의 파쇄율은 30-35% 정도로써 강자갈(11-20%)이나 쇄석(17-23%)과 비교하여 10% 이상 높은 수치를 나타내었다. 또한 파쇄시험 후의 파쇄형상을 관찰하여 보면 파쇄 시 거의 분말형태로 깨어지는 것을 볼 수 있었다. 이것은 골재 내부에 존재하는 기공구조에 의한 것으로 특정 하중까지는 쇄석과 동일하게 견딜 수 있지만 그 이상의 하중이 주어질 경우 급격한 재료파괴가 발생할 수 있음을 경고한다. 그러므로 경량콘크리트의 특성은 사용한 인공골재의 특성에 의해 좌우되기 때문에 콘크리트의 용도에 적합한 인공골재의 선택이 중요하다.

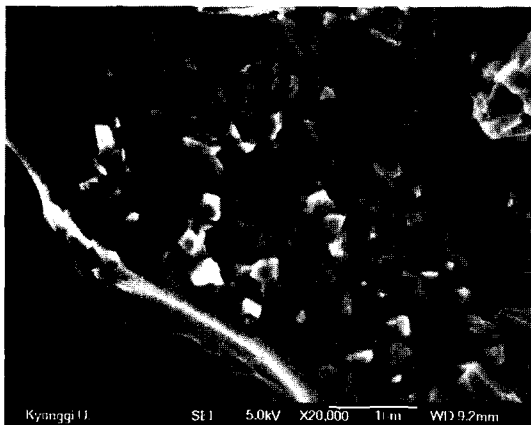
실험에 사용한 폐기물 내에는 여러 종류의 중금속들이 함유하고 있어 제조된 골재 외부로 용출될 경우 심각한 문제를 일으킨다. 폐기물이 함유하고 있는 중금속들은 성형공정에서 흡착에 의해 1차적으로 안정화되고 소성공정에서 2차적으로 안정화될 수 있다.³⁾ 제조된 골재에 대하여 실제적인 중금속 용출 여부를 확인하기 위해 골재를

Table 4. The Results of Leaching Test by TCLP Method

Aggregate	Leaching amounts (ppm)								
	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Mn	As	Hg
Leaching Standard	3	0.3	1.5	32	-	-	-	1.5	0.005
#1	-	-	-	0.03	0.19	0.06	0.07	-	-
#2	-	-	-	0.09	0.20	-	0.08	-	-
#3	-	-	-	0.08	0.24	-	0.08	-	-
#4	-	-	-	-	0.02	-	-	-	-
#5	-	-	-	-	0.03	-	-	-	-



(a)



(b)

Fig. 2. SEM micrographs of inner structure of artificial lightweight aggregates : (a) pore structure and (b) microcrystallite.

2 mm 이하로 분쇄하여 TCLP 용출시험을 수행하였다(Table 4). 용출시험에서 추출된 여과액은 Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Mn, As, Hg의 총 9종류의 중금속에 대해서 ICP-AES로 분석되었는데 Pb, Cd, Cr, Cu, As, Hg는 검출한계 이하였으며 Cu, Zn, Ni, Mn도 폐기물관리법상의 유해물질 용출량 기준치 이하의 용출량을 나타내어 골재의 안정성이 확인되었다.

Fig. 2에 FESEM으로 관찰한 골재의 미세구조를 나타내

었다. 소성공정에서 표면과 내부의 온도차에 의해 먼저 표면이 치밀화됨으로써 내부에서 발생한 가스들이 외부로 방출되지 못하고 포집되어 내부에 기공구조를 형성하였다(Fig. 2(a)). 이러한 기공구조로 인해 인공경량골재는 낮은 비중을 가지나 강도는 상대적으로 감소되며, 연결된 기공구조로 인해 흡수율 또한 증가한 것으로 보였다. 낮은 강도와 높은 흡수율의 문제점을 해결하기 위해서는 기공이 합쳐지는 것을 조절하여 최대한 기공크기를 줄이고 독립된 기공구조를 가지도록 원료의 성분 및 소성공정을 조절하여야 할 것으로 사료된다. Fig. 2(b)에서는 유리질에 의해 둘러싸여 있는 미세결정들을 볼 수 있었는데, 이것은 소성공정에서 발생한 액상에 용해되었던 중금속 성분들이 냉각과정 중 석출된 것으로 유리질에 의해 둘러싸여 있기 때문에 중금속의 용출이 억제될 것으로 예상되며 앞서 언급한 TCLP 용출시험에서도 중금속 성분들이 거의 용출되지 않았다.

제조된 인공경량골재의 콘크리트 적용성을 시험하기 위해 Table 1의 배합으로 공시체를 제작하여 슬럼프, 압축강도, 휨과괴변형 특성 등을 시험하였다. Fig. 3에 쇄석골재에 대한 인공골재 치환율에 따른 인공골재 콘크리트의 슬럼프와 압축강도 시험결과를 나타내었다. 슬럼프값은 15.5 - 20.0 cm의 범위로 양호하였고 인공골재의 치환율이 증가할수록 슬럼프값은 증가하는 경향을 보였다. 이것은 인공골재를 미리 물에 함침시킨 후 사용하기 때문에 콘크리트 배합시 방출되어 단위수량이 증가했기 때문인 것으로 사료된다. 압축강도 특성은 인공골재 치환율이 30% 일 때까지는 쇄석만 사용한 경우보다 증가하였으나 치환율이 더 증가하게 되면 감소하는 경향을 보였다. 쇄석골재만 사용한 콘크리트와 비교하여 30%의 치환율에서는 18%, 50%의 치환율에서는 1%의 압축강도 증가를 나타내었으나, 100%의 치환율에서는 9%의 압축강도 감소를 보여 30%를 치환한 경우 가장 우수한 압축강도를 나타내었다.

인공골재의 입경별 혼합비율에 따른 압축강도 특성을 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4(a)는 5 mm와 8 mm 골재의 혼합비율을 변화시킨 경우의 압축강도 시험결과이다. 5 mm : 8 mm 골재의 혼합비율은 0, 20, 40, 60%이며 압축강도

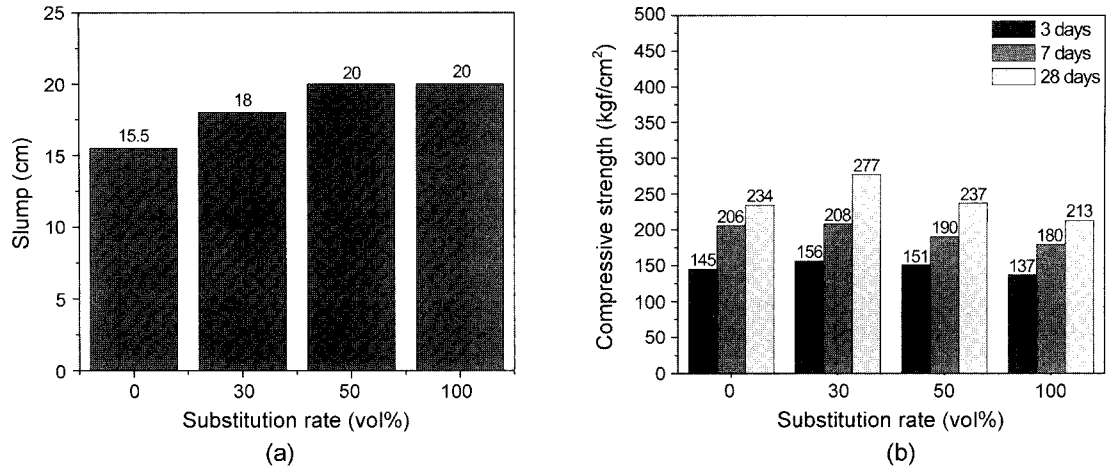


Fig. 3. The results of (a) slump and (b) compressive strength test with four different substitution rate of artificial light-weight aggregate.

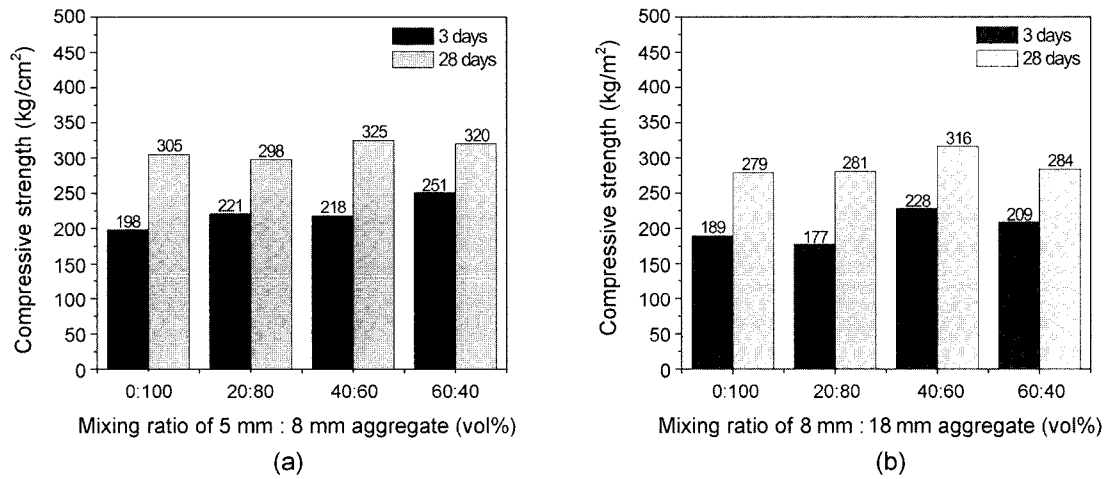


Fig. 4. The results of compressive strength test with four different mixing ratios : (a) 5 mm : 8 mm and (b) 8 mm : 18 mm.

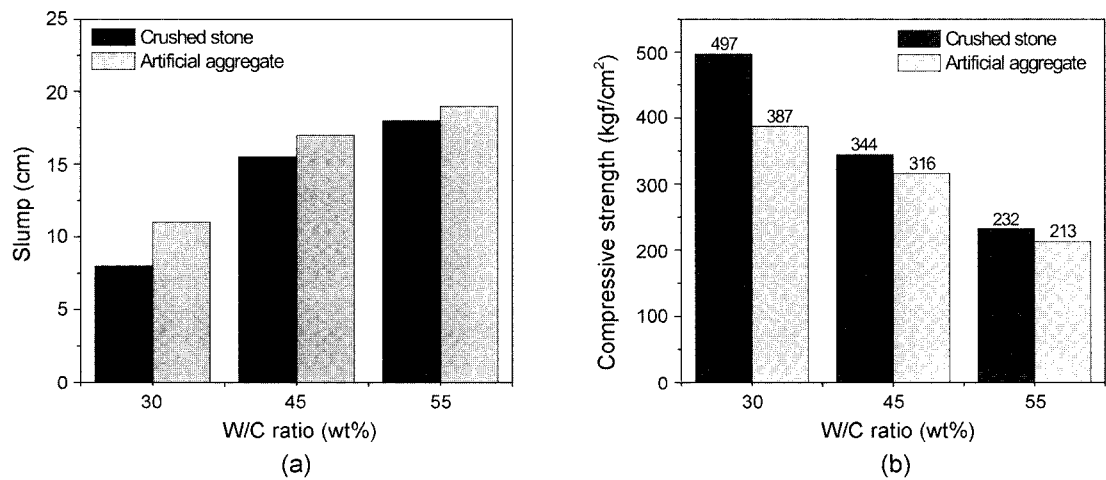
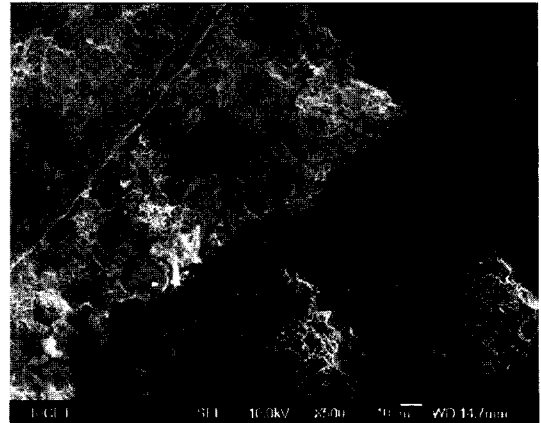


Fig. 5. The results of (a) slump and (b) compressive strength test with various water/cement ratios.

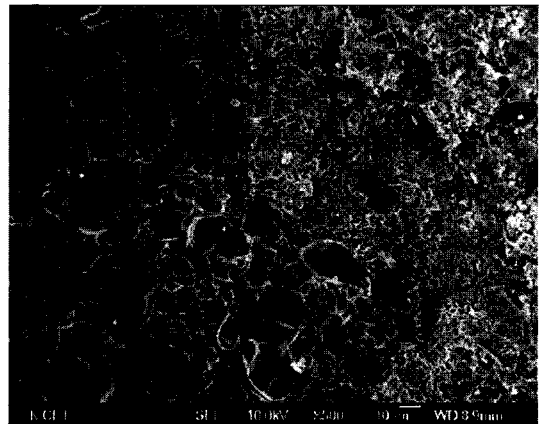
는 각각 305, 298, 325, 320 kg/m²이었다. 5 mm 골재가 20% 첨가된 경우 강도가 저하되었으나 40% 이상 첨가된 경우 강도가 증진되었다. 8 mm와 18 mm 골재를 혼합한 경우의 압축강도를 Fig. 4(b)에 나타내었다. 8 mm : 18 mm 골재의 혼합비율이 0 - 60%로 증가할수록 압축강도는 증가하는 경향을 보였으나 60% 이상 첨가된 경우 압축강도는 저하되었다. 8 mm와 18 mm를 혼합한 경우보다는 5 mm와 8 mm 골재를 혼합한 경우가 더 큰 강도값을 보였으며, 이는 공시체 내부에 골재가 더 조밀하게 충전되었기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 5에 물/시멘트비율별 인공골재와 쇄석의 28일 강도 발현 특성을 나타내었다. 물/시멘트비가 30, 45, 55로 증가할수록 인공경량골재(쇄석) 시편의 슬럼프 테스트 결과는 11(8), 17(15.5), 19(18) cm로 쇄석보다는 인공경량골재를 사용한 경우가 슬럼프값이 더 양호하였고 물/시멘트비가 증가할수록 슬럼프값은 증가하였다. 그러나 대한건축학회 건축공사 표준시방서 5장 철근콘크리트 - 경량콘크리트에서 슬럼프값은 180 mm 이하로 정하고 있으므로 물/시멘트비 45%가 적당한 것으로 보인다.⁷⁾ 또한 표준시방서상의 설계기준 강도 240 kgf/cm² 이하, 기건 단위용적중량 1.4 - 2.0 tonf/m²를 모든 시편에서 물/시멘트비에 관계없이 만족하고 있었으며 물/시멘트비가 감소할수록 강도값은 증가하였다. 그러나 경제성과 시공성을 고려한다면 적은 재료비로서 보다 낮은 단위용적중량의 배합이 요구되므로 콘크리트의 적당한 점도와 슬럼프를 고려하고 가능한 낮은 비중과 흡수성을 지닌 경량골재의 사용을 고려할 필요가 있을 것으로 보였다.

8 mm와 18 mm 인공골재를 혼합하여 제작한 시편과 쇄석골재를 사용한 시편의 휨파괴변형 특성과 시멘트 페이스트 - 골재 계면의 미세구조를 Figs. 6, 7에 나타내었다. 두 시편에서 견딜 수 있는 최대하중에는 차이가 거의 없었으나 파괴형상에는 큰 차이를 보였다. 인공골재를 사용한 시편의 경우는 일정한 하중까지 견딘 후에 급격히 파



(a)



(b)

Fig. 7. SEM micrographs of interface between aggregate and cement paste : (a) crushed stone - cement paste and (b) artificial aggregate - cement paste.

괴가 진행되었으나 쇄석골재를 사용한 시편은 여러 단계를 거치면서 서서히 파괴되었다. 이것은 쇄석골재의 경우 재료 자체의 강도의 크고 파쇄면을 가지고 있기 때문에 시멘트 페이스트 부분에서 균열이 발생하여도 파괴되지

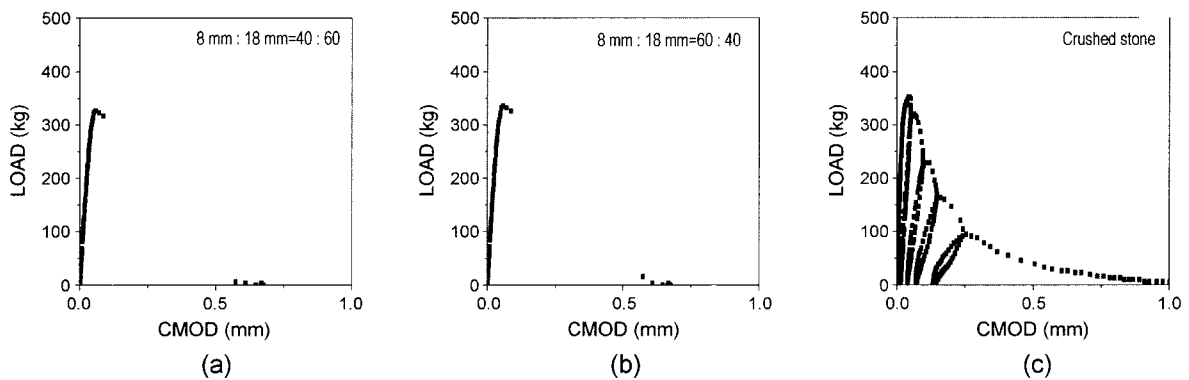


Fig. 6. Comparison of fracture-strain characteristics between concretes made of artificial aggregates with two different mixing ratio and ones made of crushed stone : (a) 8 mm : 18 mm=40 : 60, (b) 8 mm : 18 mm=60 : 40, and (c) only crushed stone.

Table 5. Thermal Insulation Characteristics of Ecological Light Weight Aggregate Concrete Panel

Sample	1	2	3	Average
Heat transmission resistance (m^2C/W)	0.305	0.305	0.302	0.304
Overall heat transmission (W/m^2C)	3.280	3.284	3.314	3.293

않고 지지해줄 수 있지만 인공골재의 경우 시멘트 페이스트와 골재 사이의 접착력은 강한 반면 골재 자체의 강도가 약하고 둥근 입형상을 가지기 때문에 균열발생시 시멘트 페이스트와 함께 골재 자체가 파괴되었기 때문인 것으로 사료된다.

에코 경량골재콘크리트 시험결과로부터 도출된 최적 배합을 바탕으로 경량콘크리트 패널을 제작하여 mock-up test를 행하였다.

단열성 평가결과(Table 5), 평균 열관류저항은 $0.304 m^2 C/W$, 평균 열관류율은 $3.293 W/m^2C$ 로 일반적인 쇄석콘크리트의 열관류율이 $3.8 W/m^2C$ 임을 감안할 때 단열성능이 약 15% 정도 우수한 것으로 보였다. 이는 다공성의 에코경량골재를 사용함으로써 제작된 경량콘크리트 패널의 단위용적중량이 $1835 kg/m^3$ 로 일반 쇄석콘크리트의 단위용적중량 $2200\sim 2400 kg/m^3$ 보다 작아짐은 물론 단열성이 개선되었기 때문인 것으로 사료되었다.

차음성 시험결과(Fig. 8), 500 Hz에서 투과손실이 50.9 dB로서 건설교통부 고시 제 1995-191 “벽체의 차음구조의 지정기준”의 음향 투과손실 기준 45 dB을 약 13% 상회하는 결과를 보였다. KS 규격에서는 표준적인 마감을 한 상태에서의 투과손실 기준이나 본 시험은 콘크리트 패널 자체로 시험했음을 감안할 때 표준마감시에는 투과손실이 더욱 증가하여 차음성능이 향상될 것으로 사료되었다.

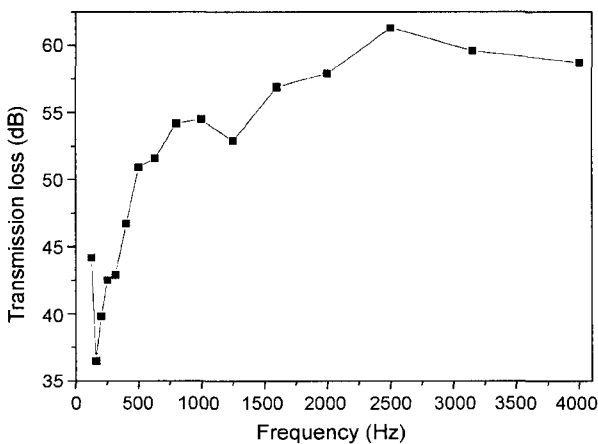


Fig. 8. Sound insulation characteristics of ecological light weight aggregate concrete panel.

4. 결 론

본 연구에서는 수입 인공경량골재를 대체하기 위해 점토계 원료와 각종 폐기물의 다양한 조성을 습식 성형 후 로터리 킬른으로 소성하여 제조된 인공경량골재의 기본 물성을 측정하였으며, 제조된 인공경량골재를 이용한 경량콘크리트 패널의 특성을 보통쇄석콘크리트와 비교 평가하였다.

흡수율과 강도면에서는 인공경량골재보다 쇄석골재가 비교적 우수하였으나 경량인 점을 감안할 때 양호한 품질로 보였으며, 파쇄율 시험결과 쇄석보다 10% 이상 높은 수치를 보이며 급격히 파괴되는 경향이 있었다. 미세구조 분석결과, 인공경량골재 내부는 ~수십 μm 크기의 무수한 기공이 분포하여 낮은 비중을 보였으며, 미세결정들이 유리질에 의해 둘러싸임으로써 유해성분의 용출이 억제되는 것으로 보였다. 치환율에 따른 경량콘크리트의 강도특성은 쇄석골재를 30% 치환한 경우가 슬럼프값 18 cm, 압축강도 $277 kgf/cm^2$ 으로 가장 우수했다. 8 mm와 18 mm 경량골재를 혼합하여 제조된 경량콘크리트보다 5 mm와 8 mm를 혼합한 경우가 더 치밀하게 충전되어 더 큰 강도값을 보였다. 물/시멘트비를 조정한 모든 경량콘크리트 시편에서 경량골재 콘크리트 2종 설계기준 강도를 만족하나 슬럼프값과 경제성을 고려할 때 물/시멘트비 45%가 적당한 것으로 보였다. 인공경량골재 콘크리트는 계면 접착력보다 골재의 강도가 약하여 휨파괴변형 시험시 골재 자체가 깨짐으로써 급격히 파괴되는 경향을 보였다. 에코경량골재 콘크리트 시험결과로부터 도출된 최적배합을 바탕으로 경량콘크리트 패널을 제작하여 단열성능 및 차음성능을 시험하였다. 평균 열관류율은 $3.293 W/m^2C$ 로 일반 쇄석콘크리트에 비해 약 15% 정도 우수하였고, 차음성능은 500 Hz에서 투과손실이 50.9 dB로 건설교통부에서 정하는 투과손실 기준⁸⁾을 약 13% 상회하는 결과를 보였다. 시험은 표준적인 마감을 하지 않은 콘크리트 패널 자체이므로 표준 마감시에는 투과손실이 더욱 증가하여 차음성능이 향상될 것으로 사료되었다.

감사의 글

본 연구는 2003학년도 경기대학교 학술연구비(일반연구 과제) 지원에 의하여 수행되었음.

REFERENCES

1. S.-W. Bae, C.-Y. Han, B.-J. Lee, and Y.-B. Kwon, "Characteristics of Cement Based Solidification for Municipal Solid Waste Incineration Plant Fly Ash," *J. Kor. Solid Waste Eng. Soc.*, **16** [1] 67-72 (1999).
2. Japanese Association of Aggregates, "Technology Report of

- Lightweight Aggregates Production in Japan,” 2002.
3. J.-O. Hong, S.-G. Kang, K.-G. Lee, Y.-T. Kim, Y.-J. Kim, J.-H. Kim, and M.-S. Park, “Characteristics of Sintered Bodies Made from the System of Paper Sludge Ash-Fly Ash-Clay,” *J. Kor. Ceram. Soc.*, **38** [10] 908-13 (2001).
 4. KS F 2533, Method of Test for Bulk Specific Gravity and Absorption of Light Weight Coarse Aggregates for Structural Concrete, 1997.
 5. KS F 2534, Lightweight Aggregate for Structural Concrete, 1997.
 6. KS F 2541, Testing Method for Determination of Aggregate Crushing Value, 1997
 7. Architectural Institute of Korea, Standard Specification for Construction Work Chapter 5 Reinforced Rod & Concrete - Light Weight Concrete Work.
 8. Ministry of Construction and Transportation, “Standard for Approval and Management of Noise Protection Structure of Wall,” 1999.