

폐발포 폴리우레탄이 혼입된 경량 콘크리트의 기초적 연구

A Basic Study on Light-weight Concrete Using Wasted Form Polyurethane

박상효^{1*} · 이성규¹ · 이민희²

Sang-Hyo Park^{1*} · Seong-Gyu Lee¹ · Min-Hi Lee²

(Received September 1, 2016 / Revised December 7, 2016 / Accepted December 16, 2016)

Light-weight concrete uses forming agents for reducing weight and high heat insulation property. However, the forming agents make problems of decreased volume and compressive strength of the concrete. This research aims to having weight-reduction and securing heat insulation property using recycled wasted form polyurethane without any forming agents. A small quantity of admixture used for constructability and avoiding material segregation. We picked admixtures from two different companies which shows evenly dispersed of wasted form polyurethane. This research conducts a study on the effect of mixing ratio of admixture on the light-weight concrete used wasted form polyurethane. As a result of the test, increased mixing ratio of the admixtures results reduced fluidity of concrete. On the other hand, percentage of moisture content and compressive strength are increased slightly. Combustibility performance and sound insulation performance are also secured, as well.

키워드 : 경량 콘크리트, 재활용 폐발포 폴리우레탄

Keywords : Light-weight concrete, Recycled wasted form polyurethane

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설 기술의 발달로 인해 콘크리트 구조물의 규모는 대형화, 고층화 되어가고 있으나, 주요 건설자재인 콘크리트는 강도에 비해 단위용적 질량이 크기 때문에 구조물의 자중을 증대시키는 단점이 있다. 이러한 단점을 개선시키기 위해 재생골재를 활용하여 자원 재활용뿐만 아니라 경량화를 기대할 수 있는 경량골재 콘크리트 개발과 더불어 산업 부산물인 건설 폐기물을 재활용한 경량 콘크리트 개발이 학계 및 산업계, 그리고 정부를 주축으로 이루어지고 있다.

기포제를 사용한 경량 콘크리트는 기포제로 인해 자재의 경량화를 충족시키고 있으나, 시공 현장에서 배합되어 타설되는 경우에는 기포제 특성으로 인한 수축 현상으로 콘크리트의 체적이 감

소하거나, 균질하지 않게 발포되어 콘크리트 강도 발현이 미흡한 문제점이 나타나고 있다. 그리고 폐 인공경량골재를 재활용하고 기포제와 각종 혼화재를 첨가한 기술 또한 상기에서 언급한 기포제의 특성으로 인해 안정된 품질이 확보되지 않아 건설 현장의 적용에 어려움이 있다.

폐 인공경량골재와 마찬가지로 재료의 밀도가 낮은 대표적인 산업 부산물에는 폐발포 폴리우레탄이 있다. 폐발포 폴리우레탄은 합성 과정에서 가교화가 일어나 3차원 그물구조가 형성되어지므로 열경화성 수지가 되기 때문에 원료의 분자구조로 인해 열을 가하여도 다시 녹지를 않아 재활용에 근본적인 문제를 안고 있으며, 분자 내 질소와 방향족 고리를 갖고 있어 소각을 통한 처리에도 주의가 요구된다.

제품 원료로 사용되는 대부분의 폐발포 폴리우레탄은 경질 폼을 파쇄시켜 분말화 함으로써 재료의 배합에 첨가되는 형태인데, 시멘트 모르타르와 함께 사용할 경우에는 단열성, 경량성 등이 향

* Corresponding author E-mail: loveddori@ktr.or.kr

¹한국화학융합시험연구원 건설시스템팀 (Construction System Team, Korea Testing & Research Institute, Incheon, 22829, Korea)

²호원대학교 건축학과 (Department of Construction Engineering, Howon University, Gunsan, 54058, Korea)

상되는 특징이 있다.

한국자원재생공사에서 발행한 연구보고서에 의하면 폐냉장고량은 연간 약 200만대, 폐발포 폴리우레탄은 연간 약 2만톤 이상이 발생하는 것으로 나타났다. 그중 약 78.2%가 매립되며, 소각은 4.3%, 그 나머지만 17.5% 정도가 재활용되는 실정이다. 폐기물관리법 시행규칙 별표 5의 3 “폐기물의 재활용 기준(제14조의3제1항 관련)”에 의하면, 냉장고에서 회수된 발포단열재는 파쇄·절단 등을 거쳐 발포단열재 등의 제품 원료로 재활용해야 한다.라고 명시되어 있다.

본 연구에서는 기포제를 사용한 경량 콘크리트에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위해 기포제를 사용하지 않는 경량 콘크리트를 개발하고자 하며, 이를 위해 밀도가 낮은 폐발포 폴리우레탄과 혼화제에 대한 배합설계를 실시하여, 경량 콘크리트의 최적 배합에 대한 기초 자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위

본 연구는 기포제를 사용한 경량 콘크리트의 문제점(콘크리트의 체적 감소 및 강도 저하로 인한 균열 발생)을 개선시키기 위하여 기포제를 사용하지 않는 경량 콘크리트에 폐발포 폴리우레탄과 혼화제를 배합하여 건축 구조물의 운동구조에 적용되는 현장 타설용 경량 콘크리트의 물성과 비교하는 것에 그 목적이 있다.

그러나 폐발포 폴리우레탄은 상대적으로 비중이 작기 때문에 콘크리트에 혼입하게 되면 폐발포 폴리우레탄의 부립으로 재료분리 현상이 발생된다. 따라서 이를 저감시킬 수 있는 혼화제의 사용이 중요하기 때문에 시중에서 증점제로 판매되고 있는 샘플 A와 소량의 콜로이드 용액의 겔과 실리콘 분말을 첨가한 샘플 B를 대상으로 재료분리 여부를 판단하여 최적 배합에 적용한다.

실험항목으로는 유동성, 겔보기 밀도, 압축강도, 난연성능, 바닥 충격음 차단 성능을 실시하였다. 그중, 유동성 및 압축강도 실험은 현장 타설용 기포 콘크리트(KS F 4039 : 2004)의 0.5품 기준과 비교하여 현장 적용성을 평가하고자 한다.

1.3 기존의 연구

국내에서는 경량기포 콘크리트가 구조물의 경량화 및 단열성, 차음성 등의 장점으로 인하여 사용 빈도가 증가하고 있으며, 이에 국가기술표준원에서는 1999년 8월에 KS F 4039(현장타설용 기포 콘크리트)를 제정하였다. 현재 대부분의 시공 현장에 적용되고 있는 기포 콘크리트는 전기포방식의 기포 콘크리트로서 기포제를 고압공기나 물 등과 함께 발포기에 주입하여 기포를 미리 만들고 이

를 시멘트 슬러리에 혼합하는 방법으로 제조되고 있다. 그러나 진행되는 기포의 양이 불균일하고 기포의 양 조절이 용이하지 않다(Yim et al. 2006). 산업부산물을 재활용한 연구로는 폐콘크리트 미분말로 규산질 재료인 규사분을 대체 사용하였지만 균질한 품질 확보에는 실패하였다(Lee 2010). 또한, 혼합기포 방식을 적용한 경량 콘크리트에 대하여 공극률이 콘크리트 물성에 미치는 영향을 평가하여 기포제의 혼입률이 콘크리트에 영향을 미치는 영향을 도출하였지만, 여전히 기포제를 사용하는 범위에서 연구가 이루어졌다(Baek 2013).

2. 문헌 조사

2.1 폴리우레탄의 시장 현황

국내 폴리우레탄 공업은 1957년에 도입되어 주로 자동차용 시트 쿠션, 냉장고, 건축물 단열재, 침구 가구, 잡화 등에 사용되고 있으며, 양적이나 질적인 측면에서 선진국 수준에 도달하였다. 특히, 폴리우레탄은 2012년 세계시장 기준으로 약 539만 톤의 폴리우레탄 제품이 생산되고 있으며, 그중 약 20% 정도가 냉장고 등의 전자기기에 사용되는 것으로 조사되었다.

2.2 폐발포 폴리우레탄의 국내 재활용 현황

폐 가전제품 중 냉장고에서 발생하는 폐발포 폴리우레탄을 약 20mm 크기로 분쇄를 한 후, Fig. 1과 같이 폴리우레탄의 원료인 MDI와 폴리올을 약 40% 첨가한 다음 재 접착시키면 성형이 되는데 이때 운전 압력을 제어함으로써 밀도의 조절이 가능하다.



Fig. 1. Molecular formula of polymeric MDI

샌드위치 패널의 경우, 생산 후 남은 스크랩과 불량품 또는 시공 및 철거 과정에서 발생하는 폐 폴리우레탄을 파쇄시켜 재생 샌드위치 패널 제조라인에서 장전한 다음 일반 폴리우레탄 생산라인으로 옮겨 신제 원료를 정산 제품의 약 20%만 혼입시켜 발포시키면 재생 샌드위치 패널이 생산된다. 위의 과정은 신재를 사용할 때와 비교하여 생산성의 저하, 소비자의 이해부족 등 여러 문제점이 있

어 활발하게 생산할 수 없는 것이 단점이다.

바닥 장식재는 열경화성 수지인 경질 폐 폴리우레탄 폼을 연질 폐 폴리우레탄 폼 등 다른 물질들과 함께 용융시켜 바닥 장식재의 중지를 생산하고 있지만 그 수율이 한정적이며, 경량 단열 콘크리트는 폐 폴리우레탄에 폐 스티로폼을 섞고 시멘트, 잔골재, 혼화재, 물을 적절한 비율로 혼합하여 생산하는 것으로 특수 펌프를 이용하여 고층까지 압송 시공하는 것이다. 현재는 폐 폴리스틸렌에 폐 폴리우레탄을 일부분 섞고 기포제를 이용하여 기포 콘크리트를 생산하고 있으나 폐 폴리스틸렌이 다른 부문으로 재활용하기 때문에 폐 폴리스틸렌의 발생이 격감하고 있어 원자재의 조달이 힘든 실정이다.

그동안 많은 양의 폐발포 폴리우레탄을 처리할 수 없기 때문에 소각 또는 매립에 의존하고 있었으나 재사용 부문에 대한 연구가 활성화된다면 많은 양의 폐 폴리우레탄을 처리할 수 있게 되어 자원 재활용에 기여할 수 있을 것이다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 사용 재료

3.1.1 시멘트

본 실험에 사용할 시멘트는 KS L 5201의 규정에 적합한 보통 포틀랜드 시멘트를 사용하였다.

3.1.2 물

경량 콘크리트용 배합수로 사용되는 물은 KASS 05010, 2.1.3의 규정에 따라 상수도를 사용하였다.

3.1.3 실리카 경량골재

실리카 경량골재는 구형의 폴리스타이렌 에멀전 용액과 실리카 입자의 에멀전 용액을 혼합한 후 5분간 교반시켜 혼합용액을 조성하고, 70℃ 오븐에서 건조시킨 후 450℃의 튜브 전기로로 6시간 동안 가열시켜 제조한다. 이러한 실리카 경량골재의 물성은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of silica light-weight aggregate

Size ratio (%)	Minimum limit 1mm (%)	Maximum limit 8mm (%)	Bulk density (g/L)	Porosity (%)	Density in oven-dry (g/cm ³)
95.3	2.9	1.8	450	31.6	0.66

3.1.4 폐발포 폴리우레탄

폐발포 폴리우레탄의 품질특성을 평가하기 위하여 KS F 2502, KS F 2505의 표준에 준하여 평가하였으며, 그 결과는 Table 2, Fig. 2와 같으며, 폐발포 폴리우레탄의 미립분을 5mm체로 제거하고 잔류분만으로 배합을 적용하였다.

Table 2. Mechanical analysis of recycled form polyurethane

Test item	Unit	Result
Sieve analysis(passing) : 10mm	%	99
Sieve analysis(passing) : 5mm	%	78
Sieve analysis(passing) : 2.5mm	%	35
Sieve analysis(passing) : 1.2mm	%	7
Sieve analysis(passing) : 0.6mm	%	4
Sieve analysis(passing) : 0.3mm	%	2
Sieve analysis(passing) : 0.15mm	%	1
Unit volume weight	kg/L	0.098



(a) Sieve analysis test



(b) Unit volume weight test

Fig. 2. Aggregate test of recycled form polyurethane

3.1.5 혼화재

폐발포 폴리우레탄을 이용한 콘크리트에 적용할 2개 샘플의 혼화 재료를 동일 배합 조건으로 적용하였으며 혼합방법은 원활한 작업성의 확보와 균질한 복합체의 제조를 위하여 폐발포 폴리우레탄에 혼화 재료를 투입하여 건비율을 실시한 후, Table 3과 같은 배합으로 시멘트와 혼합수, 경량골재를 투입하여 믹서를 회전시켜 혼합하였다.

Table 3. Mechanical analysis of recycled form polyurethane

Item	Mixing ratio(kg)				
	Cement	Polyurethane	Admixture	Aggregate	Water
Sample A	400	25	2	3.75	400
	400	25	3	3.75	400
Sample B	400	25	2	3.75	400
	400	25	3	3.75	400



Fig. 3. Form of sample A and B

Fig. 3의 샘플 A는 밀도가 낮은 폴리우레탄과 상대적으로 밀도가 높은 시멘트의 상대적인 밀도차이에 의해서 Fig. 4(a)와 같이 폐발포 폴리우레탄의 부립과 모르타르의 침하로 재료분리가 발생하였다. 반면 샘플 B는 증점의 점도가 높고 폐발포 폴리우레탄의 분산 정도가 높은 것으로 판단되어 샘플 B의 혼화재료를 최종 배합에 사용하고자 한다.

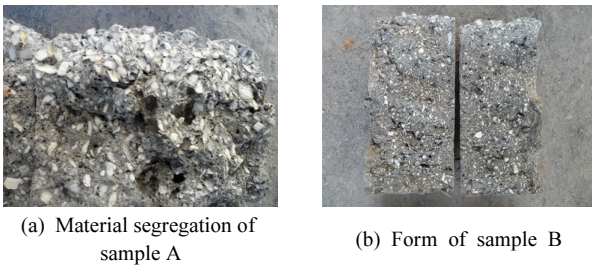


Fig. 4. Segregation of recycled form polyurethane

3.2 배합 계획

혼화재료 샘플 B를 이용하여 Table 4와 같이 3kg, 4kg, 5kg으로 투입량을 조절하여 배합을 실시하였다. 폐발포 폴리우레탄의 혼입률은 시멘트에 대한 질량비로 6.3%, 경량골재는 폐발포 폴리우레탄의 15%로 고정하여 혼화재료의 분산정도, 유동성 개선효과를 평가하고자 한다.

Table 4. Mixing ratio for determine input of admixture

Item	Mixing ratio(kg)				
	Cement	Polyurethane	Admixture	Aggregate	Water
Case 1	400	25	3	3.75	400
Case 2	400	25	4	3.75	400
Case 3	400	25	5	3.75	400

3.3 실험 방법

3.3.1 유동성 및 겉보기 밀도 실험방법

폐발포 폴리우레탄을 이용한 복합체의 유동성 및 함수율 평가를 위해 흐름시험판 위에 몰드를 놓고 혼합된 시료를 2층으로 투입하여 20회씩 다진 후, 몰드를 들어 올리고 흐름시험판을 15초 동안 25회의 속도로 1.27cm의 높이에서 낙하시켜 시료의 흘러 퍼진 지름을 측정하여 흐름값을 산출하였다.

또한 폐발포 폴리 우레탄을 이용한 콘크리트의 겉보기 밀도는 KS F 2459에 준하여 실시하였으며, 함수율은 KS F 2459에 준하여 측정하였다.

3.3.2 압축강도 실험방법

폐발포 폴리우레탄을 이용한 콘크리트의 압축강도는 KS F 2459 및 KS F 2405에 준하여 재령 7일 및 재령 28일에 측정하였다.

3.3.3 난연성능 실험방법

연소성능 실험은 가열실험 개시 후 10분간 총방출열량이 8MJ/m² 이하이며, 10분간 최대 열방출율이 10초 이상 연속으로 200kW/m²를 초과하지 않으며, 10분간 가열 후 실험체를 관통하는 방화상 유해한 균열, 구멍 및 용융(복합자재의 경우 심재가 전부 용융, 소멸되는 것을 포함한다) 등이 없어야 하고, 가스유해성 실험은 실험결과 실험용 쥐의 평균행동정지 시간이 9분 이상이어야 한다.

본 연구에서는 폐발포 폴리우레탄을 이용한 콘크리트의 난연성능(준불연)을 평가하기 위하여 실험실에서 시료를 제작한 후 한국 산업표준 KS F ISO 5660-1 [연소성능시험-열 방출, 연기발생, 질량감소율 제1부 : 열 방출률(콘칼로리미터법)]에 따른 실험 및 KS F 2271(건축물의 내장재료 및 구조의 난연성 실험방법)의 방법 중 가스유해성에 대한 실험을 실시하였다.

3.3.4 바닥 충격음 차단성능 실험방법

바닥충격음 차단성능의 측정은 KS F 2810-1 및 KS F 2810-2에서 규정하고 있는 방법에 의하여 실시하였으며 경량충격음레벨 및 중량충격음레벨을 측정하였다.

수음실에 설치하는 마이크로폰의 높이는 바닥으로부터 1.2m로 하며, 거리는 벽면등으로부터의 0.75m(수음실의 바닥면적이 14제곱미터 미만인 경우에는 0.5m) 떨어진 지점으로 하였다. 그리고 바닥 충격음 측정결과는 KS F 2863-1 및 KS F 2863-2에서 규정하고 있는 평가방법 중 역A특성곡선에 의한 평가방법을 이용하여 평가하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 유동성 및 겉보기 밀도

4.1.1 실험 결과

실험 결과는 Table 5와 같이, 폐발포 폴리우레탄 경량 콘크리트의 유동성은 240mm, 198mm, 174mm로 측정되었으며, 겉보기 밀도는 0.62g/cm³, 0.58g/cm³, 0.54g/cm³로 나타났다.

반면, 함수율의 경우에는 혼화재의 투입량이 증가할수록 5.25%, 5.48%, 5.63%로 점차 증가하는 것으로 나타나 유동성과 겉보기 밀도와는 측정값과 상반되는 경향을 보였다.

Table 5. Test result of flow and moisture content

Item	Flow (mm)	Apparent density (g/L)	Moisture content (%)
Case 1	240	0.62	5.25
Case 2	198	0.58	5.48
Case 3	174	0.54	5.63

4.1.2 실험 분석

혼화재의 투입량이 증가할수록 재료의 점성이 증가하는 경향이 나타났으며, KS F 4039의 0.5품 기준인 180mm 이상을 만족하는 것은 Case 1과 Case 2로 나타났다. 그러나 겉보기 밀도의 기준이 0.4~0.5g/L 이므로 모두 만족하지는 못하나 비교적 0.5g/L 에 가까운 Case 3이 유동성과 겉보기 밀도에 적합한 것으로 판단된다.

4.2 압축 강도

4.2.1 실험 결과

압축강도 실험결과는 Table 6과 같다. 7일 압축강도는 Case 순으로 1.2N/mm², 1.4N/mm², 1.5N/mm²로 측정되었으며, 28일 압축강도는 1.8N/mm², 2.0N/mm², 2.1N/mm²로 나타났다. 이는 혼화재의 투입량이 많을수록 재령 7일과 재령 28일의 압축강도는 소폭 증가하는 것으로 확인되었다.

Table 6. Test result of compressive strength

Item	Compressive strength (7days) (N/mm ²)	Compressive Strength (28days) (N/mm ²)
Case 1	1.2	1.8
Case 2	1.4	2.0
Case 3	1.5	2.1

4.2.2 실험 분석

KS F 4039의 0.5품 압축강도 기준은 7일 재령이 0.9N/mm² 이상, 28일 재령은 1.4N/mm²이다. Table 6에서 압축강도가 전반적으로 높은 Case 3의 경우는 7일 압축강도가 KS F 4039 기준 대비 167% 향상되었으며, 28일 압축강도는 150% 향상된 것으로 나타났다.

기존의 기포제를 사용한 경량 콘크리트보다 기포제를 사용하지 않고 폐발포 폴리우레탄을 적용한 경량 콘크리트의 압축강도가 약 150% 이상 향상되었다. 이는 건축물의 온돌구조용으로 적용할 경우에 바닥 콘크리트의 균열 발생 저감에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

4.3 난연 성능

4.3.1 실험 결과

폐발포 폴리우레탄을 이용한 콘크리트의 준 불연 실험 결과는 Table 7과 같이 총 방출열량이 3.7MJ/m², 4.8MJ/m², 4.5MJ/m²로 나타났고 열방출율 200kW/m², 초과 시간이 0초, 가스유해성은 14분 21초, 14분 41초를 나타냈다.

또한, 준 불연 실험 후에 시험체의 표면을 검사한 결과, 시험체를 관통하는 방화상 유해한 균열, 구멍 및 용융 등의 현상이 발생되지 않는 것으로 나타났다.

Table 7. Test result of combustibility performance

Item	Unit	Result		
Total heat release	MJ/m ²	3.7	4.8	4.5
Over time(200kW/m ²)	s	0	0	0
Visual inspection	-	No defects		
Gas toxicity test	min : s	14 : 21		14 : 41

4.3.2 실험 분석

국토해양부 고시에서는 준 불연재료의 성능을 만족시키기 위해서는 총 방출열량이 8MJ/m² 이하 이여야 하고 가스유해성은 위의 행동정지시간이 10분 이상으로 규정하고 있다.

따라서 폐발포 폴리우레탄을 이용한 경량 콘크리트는 국토해양부 고시에서 규정하고 있는 준 불연재료의 성능기준을 만족시키는 것으로 나타나 난연 성능을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

4.4 바닥 충격음 차단 성능

4.4.1 실험 결과

실험 결과는 Table 8과 같으며, 페발포 폴리우레탄을 이용한 콘크리트의 표준 경량 충격원에 의한 역 A특성 가중 표준화 바닥 충격음 레벨 측정과는 53dB로 나타났으며, 표준 중량 충격원에 의한 역 A특성 가중 표준화 바닥 충격음 레벨 측정결과는 45dB로 나타났다.

Table 8. Test result of sound insulation performance

Item	Unit	Result
Sound insulation performance level by tapping machine(L'η, AW)	dB	53
Sound insulation performance level by bang machine(Li, Fmax, AW)	dB	45

4.4.2 실험 분석

국토해양부 고시에서는 경량충격음 및 중량충격음의 정도에 따라 바닥충격음 차단성능은 등급기준을 1급에서 4급까지 총 4단계로 구분하고 있으며, 본 연구대상의 페발포 폴리우레탄이 혼입된 경량 콘크리트는 경량충격음 3급, 중량충격음 3급에 해당하는 것으로 나타났다.

5. 결론

기포제를 사용하지 않는 경량 콘크리트에 대하여 페발포 폴리우레탄과 혼화재의 배합설계를 실시하였으며, 건축물 온돌구조용 경량 콘크리트의 현장에 적용성을 평가한 연구 결과는 다음과 같다.

1. 시중에서 판매되고 있는 샘플 A와 이를 개량한 샘플 B의 혼화재료를 대상으로 실험배합을 실시한 결과, 샘플 A는 페발포 폴리우레탄의 부립과 모르타르의 침하로 재료분리가 발생된 반면, 샘플 B는 증점의 점도가 높고 고르게 분산된 것이 확인되었다.
2. Case 1과 Case 2는 KS F 4039의 0.5품 기준인 유동성 180mm 이상을 만족시키지만 겉보기 밀도가 기준보다 약 150% 이상 높기 때문에 현장 적용성이 낮을 것으로 예상되며, Case 3은 유동성과 겉보기 밀도가 KS F 4039의 기준과 근접하기 때문에 현장 적용 가능성이 높은 것으로 판단된다.
3. 압축강도 실험 결과, 재령 7일과 재령 28일 모두 KS F 4039 기준 대비 약 150% 이상 압축강도가 향상된 것으로 나타났다.

따라서 건축물의 온돌구조용 현장에 적용할 경우에 바닥 콘크리트의 균열저감 효과 개선에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

4. 난연성능 실험 결과는 총 방출열량이 평균 4.3MJ/m², 가스유해성 약 14분으로 국토해양부 고시의 준 불연재료 성능을 만족하는 것으로 나타났으며, 바닥 충격음 차단성능 또한 경량 충격음과 중량 충격음이 각각 3급에 해당되는 것으로 확인되어 페발포 폴리우레탄을 이용한 경량 콘크리트는 단열성능과 더불어 충격음 차단성능도 일정 수준 이상 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

References

- Baek, J.W. (2013). A Study on the Physical Characteristics of Lightweight Foamed Concrete according to Porosity, Master's Thesis, Konkuk University [in Korean].
<https://www.fuji-keizai.co.jp/market/13043.html>
- Korea Environment and Resources Corporation (1997). A Study on the Optimum Techniques and Occurences of Wasted Form Polyurethane, Korea Environment and Resources Corporation [in Korean].
- Lee, D.G. (2010). An Experimental Study on the Properties of Light-weight Foamed Concrete Using Waste Concrete Powder, Master's Thesis, Kongju University [in Korean].
- Park, H.J. (2001). An Experimental Study on the Strength Properties of the Foamed Concrete with Wasted Expanded Poly-styrene for On-dol Structure, Master's Thesis, Konkuk University [in Korean].
- Yim, G., Yim, C.S. (2006). Preparation of lightweight aerated concrete and characteristic analysis of foaming agent, Journal of the Engineering, Paichai University, **8(1)**, 31-50 [in Korean].

폐발포 폴리우레탄이 혼입된 경량 콘크리트 기초적 연구

경량 콘크리트는 기포제를 사용하여 건축자재의 경량화와 단열성을 추구하고 있다. 그러나 기포제의 사용은 콘크리트의 체적이 감소되고, 압축강도가 낮아지는 문제점이 있다. 본 연구에서는 별도의 기포제를 사용하지 않고 산업 부산물인 폐발포 폴리우레탄을 재활용하여 콘크리트의 경량화와 단열성을 확보하고자 한다. 그리고 콘크리트의 시공성과 재료분리를 방지하기 위해 소량의 혼화재를 사용한다. 이러한 혼화재의 혼입률이 폐발포 폴리우레탄이 혼입된 경량 콘크리트의 물성에 미치는 영향을 확인하고자 한다. 실험 결과, 두 개 회사의 혼화재 중에서 폐발포 폴리우레탄이 고르게 분산되는 것을 사용하였다. 혼화재의 혼입률을 다르게 하여 배합한 결과는 혼화재의 혼입이 많을수록 콘크리트의 유동성이 감소된 반면, 콘크리트의 함수율과 압축강도는 소폭 증가하였다. 또한, 난연성능과 차음성능을 확보할 수 있는 것으로 나타났다.