

폴리우레탄 콘크리트의 열전도율과 바닥충격음에 관한 연구

A Study on the Thermal Conductivity and Floor Impact Sound of Polyurethane Concrete

강재홍*
Kang, Jae Hong

조영국**
Jo, Young Kug

소양섭***
Soh, Yang Seob

Abstract

The purpose of this study is to evaluate the Thermal Conductivity and Floor Impact Sound of Polyurethane Concretes.

The Polyurethane Concretes are prepared with various resin content, Fine and Coarse aggregates content, and its thickness, and tested for the Thermal Conductivity and Floor Impact Sound.

From the test results, the sound insulation grade of polyurethane concretes by the floor impact sound test on high frequency band is L-60, and its effect is considerable Polyurethane concretes have high degree of solidity compared with other heat shield materials, and its thermal conductivity is 0.05kcal/mh°C. And it is suitable for sound proof floor materials.

1. 서론

폴리우레탄 수지는 보통 폴리머 콘크리트용 수지와는 달리 발포성능을 갖고 있어 건설현장에서 보수, 방수재료로서 널리 사용되고 있다. 이러한 폴리우레탄 수지를 적절한 골재와의 배합으로 경제성 및 성능면에서 유리한 단열, 흡음, 보온성 및 충격완화 등의 다기능성 콘크리트를 개발할 수 있다면 건축재료로서 사용가치는 높다고 하겠다.

본 연구에서는 폴리우레탄 콘크리트의 배합에 따른 발포성상에 관한 기초적 연구를⁽¹⁾ 근본으로 하여 폴리우레탄 콘크리트의 열전도율 및 바닥충격음을 실험하여 건축분야에서의 응용에 기초적 자료를 제

* 정희원, 전북대학교 건축공학과 박사과정

** 정희원, 충남산업대학교 건축공학과 전임강사

*** 정희원, 전북대학교 건축공학과 교수

공하고자 하였다.

2. 사용재료

2. 1 폴리올(Polyol)

본 실험에서 사용한 폴리올(Polyol)의 성질은 표 1과 같다.

표 1 폴리올의 성질

Hydroxy Value (mgKOH/g)	Viscosity (mPa · s, 20℃)	Functionality	Moisture (%)
350-370	3000-4000	Tetraol	≤0.1

2. 2 메틸렌디페닐디이소시아네이트(Methylene Diphenyldiisocyanate:MDI)

본 실험에서 사용한 MDI의 성질은 표 2에 나타내었다.

표 2 MDI의 성질

Functionality	Equivalent	NCO%	Viscosity (mPa · s, 20℃)
2.7	131.7-138.2	30.0-32.0	150-220

2. 3 반응촉매 및 계면활성제

반응촉매는 디메틸사이클로헥실아민(Dimethylcyclohexyl amine:DMCHA)계의 Polycat-33을 사용하였으며, 계면활성제는 실리콘(Silicone)계를 사용하였다. 본 실험에 사용한 반응촉매의 물성은 표 3과 같다.

표 3 반응촉매의 성질

Item	Freezing point	Boiling point (756mmHg)	Viscosity (mPa · s, 20℃)	Specific Gravity
Polycat-33	< -78℃	160℃	2.4	0.85

2. 4 메틸클로라이드(Methyl Chloride: M · C)

수지의 발포성을 증진시키며 점도를 조절하기 위하여 수지에 대하여 중량비로 1%를 사용하였다.

2. 5 골재

골재는 쇠석(5~10mm)과 강모래(0.5~5mm)를 사용하였으며 105±5℃의 건조로에서 48시간 이상 건조시켜 절건상태에서 사용하였다.

3. 실험방법

3. 1 배합

폴리우레탄 콘크리트 배합은 수지(Polyol+MDI+H₂O)를 총중량의 15%사용하였고, 잔골재율은 40%로 고정시켜 표 4와 같은 배합비로 제작하였다.

표 4 폴리우레탄 콘크리트의 배합

Type	Polyurethane resin						Coarse aggregat (g)		Fine aggregate (g)	S/a (%)	Thickness (mm)
	Polyol (g)	H ₂ O (g)	Polycat (g)	Silicone (g)	MDI (g)	M·C (g)	5mm	10mm	2.5mm		
1	100	2	0.1	1	117.2	2.19	372.6	372.6	496.9	40	30
2							186.3	186.3	248.4		
3							372.6	372.6	496.9		
4							372.6	372.6	496.9		
5							248.5	248.5	124.0		

3. 2 공시체 제작 및 양생

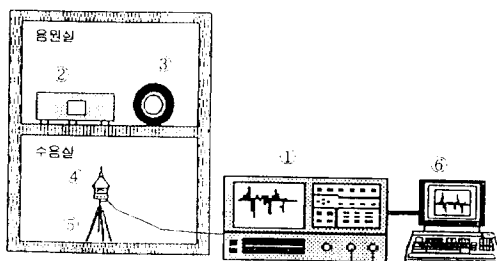
공시체는 400×500mm의 몰드를 사용하여 제작하였고, 양생은 기중(20±2℃, R.H. 50%)에서 28일간 하였다.

3. 3 열전도율 실험

열전도율 실험은 KS M 2265(보온재의 열전도율 측정 방법, 평판직접법)에 의거하여 실시하였으며, 실험장비는 Rapid-K를 이용하였다.

3. 4 바닥충격음 실험

바닥충격음 실험은 KS F 2810(건축물 현장에 있어서의 바닥충격음 측정 방법)에 의거하여 실시하였으나, 바닥 충격음 레벨은 기초 실험 차원에서 표 4에 표기한 5개 타입의 1개(400×500mm)시료에 대하여 바닥에 완전히 밀착시킨 후, 한 곳에서 각 5회 측정후 평균레벨을 산출하였으며 측정시 주파수 대역은 63Hz~4,000Hz로 하였다. 음원실과 수음실은 공기전파음이 되도록 적도록 밀폐시켰으며, 음



- ① Singnal analyzer(B&K, TYPE 2035)
- ② Tapping Machine(B&K, TYPE 3204)
- ③ Tire
- ④ Microphon(B&K, TYPE 4133)
- ⑤ Support
- ⑥ Computer

그림 1 바닥 충격음 측정기기의 구성 및 배열방법

원의 위치는 둘레의 벽에서 50cm상 떨어진 곳으로, 보 등의 위치를 피하였다. 마이크로 폰의 측정 위치는 바닥위 1.2m로 하였으며, 측정전에는 주위의 암소음에 대한 영향을 배제하였다. 바닥 충격음 레벨을 측정하기 위한 측정기기의 구성 및 배열방법은 그림 1과 같으며 측정에 사용한 경량 충격원은 태핑머신(Tapping Machine, B&K, Type3204)이며 중량 충격원은 타이어(5.20-10-4PR, 공기압:1.5±0.1×105Pa)로 높이 90±10cm에서 자유낙하시켰다.

4. 결과 및 고찰

4. 1 폴리우레탄 콘크리트의 열전도율

단열재는 고체와 기체로 구성되어 있고, 일반적으로 많은 공극기포를 가질수록 우수한 단열효과를 발휘하며, 열전도율은 0.05kcal/m·h·℃전후의 것이 이상적인 것으로 알려져 있는데, 본 실험에서 제작된 폴리우레탄 콘크리트는 표 5에서 알 수 있는 바와 같이 골재를 50% 사용하여 5배 발포시킨 2, 5번 시료가 0.04, 0.03kcal/m·h·℃로 가장 우수하게 나타났으며, 시료 전체의 평균 열전도율은 0.05kcal/m.h.℃로 일반적인 재료보다 매우 우수한 성능을 나타내었다.

이것은 폴리우레탄이 발포할 때 생성된 기포들이 계면활성제인 실리콘(Silicone)의 영향로 일정한 크기의 셀(Cell)구조를 가지며 콘크리트 내부에 골고루 분산되어 있음으로 인해 전달되는 열을 차단해 주는 역할을 하므로서 우수한 단열효과가 나타난 것으로 판단된다.

즉, 폴리우레탄 콘크리트의 열전도율은 골재의 양에 따라 영향을 받는 것으로 나타났다. 다시말해, 폴리우레탄 수지의 양이 많을수록 단열효과가 크게 나타났다.

4. 2 바닥충격음 실험

그림 2와 그림 3은 폴리우레탄 콘크리트의 바닥충격음 실험 결과를 나타내고 있다. 그림 2에서 경량 바닥충격음 레벨 변화를 보면 기존 바닥구조가 2,000Hz의 고주파수 대역에서 차음 등급이 L-80으로 결정되는 반면 본 시료의 측정시에는 125-250Hz의 중주파수 대역에서 차음등급이 L-55~60으로 결정되었다. 이는 기존 바닥구조에 비해 4-5등급의 개선효과를 보인 것으로 판단된다. 그림 3에서 중량 바닥충격음의 경우 기존 바닥구조와 본 시료는 별 차이 없이 나타났으며, 측정치가 500Hz의 주파수 대역에서 피크치를 보이고 L-60의 차음등급을 보였다. L-60의 차음등급은 공동주택의 생활상태에서 상

표 5 폴리우레탄 콘크리트의 열전도율 실험 결과

Series	x	Q	Th	Tc	@	Thermal conductivity (kcal/mh·℃)	AVG.
1	3.661	0.795	1.242	0.556	1.3231	0.05614	0.05024
2	5.638	0.396	1.242	0.504	1.3231	0.04003	
3	7.641	0.481	1.242	0.513	1.3231	0.06671	
4	5.072	0.583	1.240	0.524	1.3231	0.05464	
5	6.179	0.311	1.246	0.491	1.3231	0.03368	

x : 시료의 두께 Q : 열흐름값 Th : 상판온도 Tc : 하판온도 @ : 실온에 대한 보정값

호 참을 수 있는 한계이다.

결론적으로 폴리우레탄 콘크리트는 중량바닥격음의 차단 성능은 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며, 경량바닥충격시험에서 보듯이 고주파수의 충격음에 대한 차단성능은 매우 뛰어난 것으로 나타났다. 그러나 본 실험은 400×500mm크기의 시편 1개를 바닥에 고정하고 실험규정인 KS F 2810(건축물 현장에 있어서의 바닥충격음 측정 방법)에 의한 측정값이므로 바닥 전체를 시공했을 경우에는, 경,중량바닥충격 모두 보다 우수한 차단성능이 나타날 것으로 생각된다.

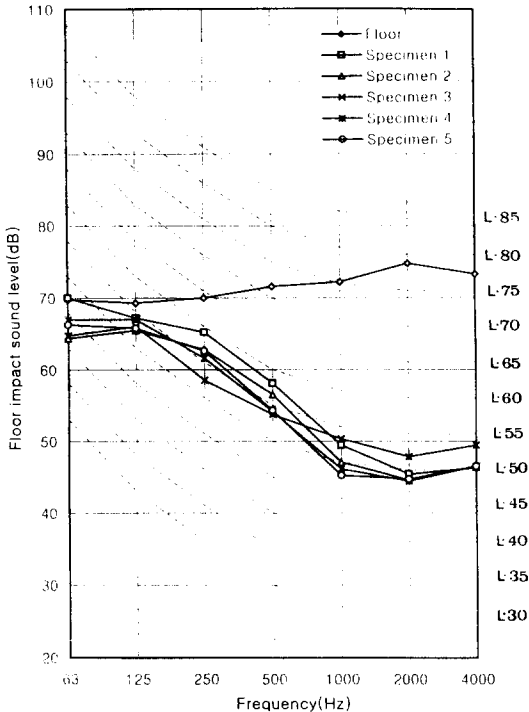


그림 2 폴리우레탄 콘크리트의 경량 바닥충격음 실험결과

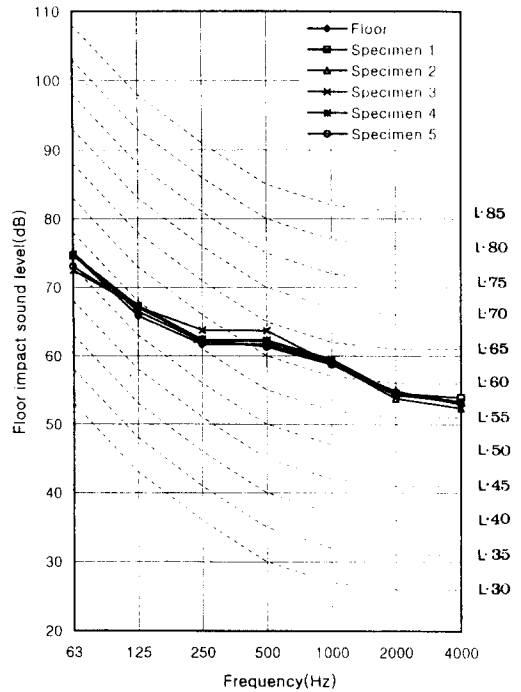


그림 3 폴리우레탄 콘크리트의 중량 바닥충격음 실험결과

5. 결론

본 연구의 실험 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 본 실험에서 제작된 폴리우레탄 콘크리트는 열전도율이 0.05kcal/m·h·℃로서 이상적인 보온재의 범주에 든다고 말할 수 있으며 기존 보온재에 비해 강도가 우수해 바닥재로서의 사용이 가능하다고 판단된다.
- (2) 본 실험에서 제작된 폴리우레탄 콘크리트의 바닥충격음 실험결과 경량 바닥충격음의 경우, 기존 바닥 구조가 2,000Hz의 고주파수 대역에서 차음등급이 L-80으로 결정되는 반면 본 시료의 측정시에는 125~250Hz의 중주파수대역에서 차음등급이 L-55에서 L-60으로 결정되었다.
- (3) 이는 시료를 바닥에 시공하고 측정한 경량 바닥충격음 차단성능이 기존구조의 성능보다 4~5등급의 개선효과를 보인 것으로 나타났다. 중량 바닥충격음 측정시, 기존 바닥 구조와 본 시료의 측정치는 거의 비슷한 결과로 별 다른 차음성능이 없는 것으로 보이나, 전면을 시공했을 때는 보다 나은 차단성능이 나타날 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. 한국콘크리트학회 가을학술발표논문 "발포 래진콘크리트의 기초적 성상에 관한 연구", 1996
2. 대우건설 "공동주택의 상하층간 충격차음방지시스템 개발에 관한 실험연구(Ⅱ)" 1996
3. Dodel Feldman "Polymeric Building Materials" Elsevier Applied science, 1989