

생활소음 저감을 위한 흡음소재 개발과 흡음구조의 안전설계에 관한 연구[†]

(A Study of Safety Design of Sound Absorbing Structure and Development of Materials To Reduce living Noise)

허 성관*, 최 종탁*
(Sung-Kwan Huh, Jong-Tak Choi)

요 약 본연구는 산업폐기물인 폐·하수슬러지등의 부산물과 점토등으로 환경오염을 줄이면서 소음방지제로 사용할 수 있는 흡음력이 우수한 다공질의 인공경광골재를 개발하였다. 또한, 이 소재를 레미콘에 일정량을 배합하여 강도와 흡음력을 비교, 시험하는등 일반의 콘크리트와 배합하여 사용하여도 문제성이 없는지를 검정하고, 소음진도차단 안전설계로 기존의 시공방법과의 소음 전도성 등을 비교분석해 보았다. 본 연구의 실험결과는 개발한 인공골재와 소음저감 안전설계가 쾌적하고 정온한 주거문화를 창출하기 위한 소음저감 방법과 생활소음기준 설정에 상당한 기여를 할 것이다.

Abstract There are many noise sources in living environment. Especially, noise that happen in apartment or tenement house may make neighborhood serious troubles. Thus, the development of new materials to reduce and improve the living noises is required. During past decade, various methodologies have been developed and researched to reduce and improve the living noises. However, there are many problems to apply these methodologies to practical our environment. In this thesis, we develop the new artificial material supporting high porous materials and lower pressure density to improve the problem caused in the safety design and sound absorbing material. To prove the efficiency of the developed methodology, we compare our methodology with conventional methodologies and also suggest an alternative methodology to contribute quiet life environments.

1. 서 론

생활소음에는 여러 가지 소음원이 있지만 그 중에서도 아파트나 연립주택에 있어 위층의 각종 소음이 그 아래층에 소음을 그대로 전달하는 결과를 초래하는 생활소음은 이웃간의 분쟁의 불씨가 되는 심각한 상태에 직면해 있어 실내 소음 대책 및 생활 소음 저감을 위한 흡음력이 우수한 신소재의 개발과 차음 시공기술이 절실히 요구되고 있다.[4, 5]

이와같이 주거문화는 급격하게 변하고 있는 데도 불구하고 법적·제도적·기술적 문제는 답보상태에 놓여 있어 생활소음 문제가 별다른 대책없이 간과되고 있는 문제점을 지적하지 않을 수 없다. 이것은 정부 당국이 수질과 대기 분야에서는 그만큼 관심을 갖고 많은 투자를 해온 반면 수 많은 사람들이 소음 폭력에 의해 고엽제를 맞은 사람처럼 시름시름 고사되어가고 있는데도 불구하고 당장에는 소음 피해의 정도를 바로 눈으로 확인할 수 없다고 소홀히 취급한 당국의 정책부재의 증거라고 볼 수 있다. 지금부터라도 다각적인 정책으로 생활 소음 문제에 접근해 대책을 세워야 할 것이다.

본 연구에서는 주거환경권을 보호하기 위해 아파트나 연

[†] 이 논문은 2001년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임

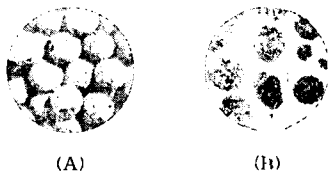
* 대구대학교 산업공학과 교수

허성관 : skhuh@taegu.ac.kr

립주택등에서 발생하는 보행성소음등 생활소음을 저감하기 위해서 콘크리트와 혼합하여 사용할 수 있는 흡음력이 우수한 다공질의 인공골재를 개발하고 또한 이를 응용한 안전설계를 하였으며, 배합비와 안전설계와 따른 소음전도를 분석·검정하였다.

2. 생활소음저감을 위한 신소재 개발

본 연구에서는 생활소음 저감을 위해서 국내 어디에서나 손쉽게 구할 수 있는 황토나 점토, 산림 골재 채취장에서 발생하는 석분과 폐종이, 폐·하수슬러지, 쓰레기 소각장에서 발생하는 폐기물인 재 가루 등을 혼합하여 구슬모양의 구상체로 성형하고, 이를 약 1200°C의 온도에서 소성하여 비중이 낮고, 강도가 높은 다공질의 인공골재를 개발하였다. <그림 1>의 좌측(A)의 것은 개발한 구상체의 인공골재이고 우측(B)의 것은 개발한 인공골재와 콘크리트를 배합하여 만든 것을 절단한 상태의 형상이다.



<그림 1> 다공질의 인공골재

인공골재가 비중이 낮고 강도가 높은 것은, 여러 원료를 잘 배합하여 구슬모양으로 만들어 고열을 가하면, 점토 속에 내재되어 있는 유기성분들은 고열에서 산화되면서 점토구슬이 팽창되며, 이렇게 하여 미세한 공극을 가진 경량의 구슬들이 생성되는데, 이들은 내부에 공기가 잘 통하여 높은 압축 강도를 가지게 되므로 완제품의 균일한 공극 구조와 품질을 유지하기 위해서는 점토의 지속적인 균일화 작업이 매우 중요하다.

본 연구에서 개발된 인공골재를 리아포(Liapor), 베어-리아포(Bear Liapor), 자연골재와 비교 시험해 본 결과는 <표 1>에서 보는 바와 같이 독일이 세계적 기술이라고 자랑하는 일명 리아포(Liapor)라는 인공골재와 비교해 보아도 비중이나 강도 등이 조금도 손색이 없을 만큼 우수한 제품이라는 것을 알 수 있다.

신소재의 제조방법에는 건식 방법과 습식 방법이 있는데, 본 연구에서 개발한 인공골재의 성형방법은 건식 제조방법을 사용하였으며, 배합비 점토 50.4%, 황토 18.3%, 폐·하수슬러지 19.6%, 재가루 5.7%, 폐종이 1.3%, 석분 3.5%,

기타 1.2% 이며, 분쇄도는 0.072mm의 것을 사용하였다. 배합비는 인공골재의 사용용도와 원재료의 성질에 따라 달라지며, 분쇄도에 따라서도 인공골재의 품질성능이 현저하게 달라지게 되는데, 제조방법은 아래와 같다.

첫째, 원재료중 황토, 석분, 점토 등에 함유되어 있는 수분을 로타리 드라이(Rotary Dry)로 제거한 다음, 미분 분쇄기로 분쇄하여 분말형태로 만든다.

둘째, 상기와 같은 공정으로 만든 폐·하수슬러지 분말과 쓰레기 소각장에서 발생하는 미량의 재 가루를 일정량의 비율로 혼합한다.

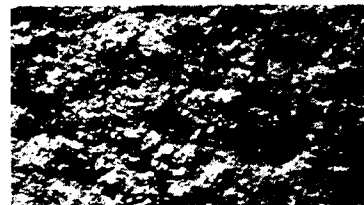
셋째, 혼합된 원재료를 구상성형기에 투입하여 물방울을 분사하면서 구상체로 성형하고, 성형된 구상체를 건조시키면서 표면에 고령토 분말을 도포한다.

넷째, 이와 같은 공정에서 형성된 구상체를 약 1200°C의 온도에서 약 6~10시간동안 고온 소성한후 냉각하는 공정을 거쳐 본 인공골재를 제조한다.

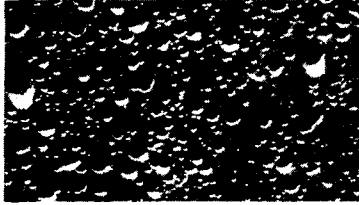
<표 1> 물성 비교표

| 구 분 | 밀도(g/m ³) | 흡수율(%) |
|--------------------|-----------------------|--------|
| 인공골재 (본 연구 개발품) | 0.91 | 41.5 |
| 리아포 | 0.90 | 40.7 |
| 자연골재 | 2.25 | 2.48 |
| 베어 리아포 | 0.89 | 41.6 |

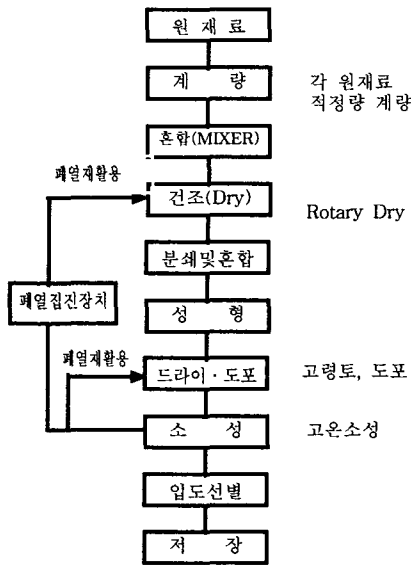
<그림 2>, <그림 3>은 자가 인공골재의 소성전과 소성후의 조직도를 특수현미경으로 100배 확대해서 촬영한 것인데, 소성전에는 기공을 찾아 볼 수 없으나, <그림 3>에서 보는 바와 같이, 소성후에는 다공이 많이 형성된 다공질의 인공골재라는 것을 확인할 수 있으며, 본 연구의 결과로 개발된 인공골재의 제조공정도는 <그림 4>와 같다.



<그림 2> 인공골재 소성 전 조직도



<그림 3> 인공골재 소성 후



<그림 4> 인공골재의 제조 공정도

3. 생활소음 저감을 위한 안전설계

아파트나 연립주택 등의 실내소음은 주로 어린이의 장난 소리, 보행소리 등인데, 이와 같은 소음은 위층에서 발생되어 아래층으로 전달되는데, 이것은 주로 위층과 아래층을 구획하는 슬라브면과 벽체에 대한 소음방지설계 미흡으로 인해 많이 발생되고 있으므로, 소음의 전달매개체가 되는 이 부분에 대해 소음방지 대책을 강구하면, 위층과 아래층의 실내소음으로 발생하는 이웃 간의 갈등을 많이 해소시킬 수 있을 것이라 사료된다.

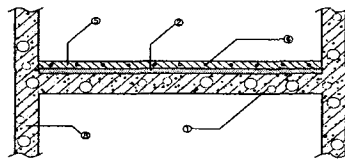
특수한 목적으로 건축되는 구조물 이외에는, 거의 대부분이 슬라브 면이나, 벽체에 의해 발생하는 소음저감을 위한 소음방지 설계를 하지 않고, 시공하고 있으며, 통상의 건축설계 시방서는 <그림 5>에서 보는 바와 같이, 보온단열재를 슬라브면 위에 깔고, 그 위에 바로 보일러 배관을 설치한 후, 시멘트 몰탈로 마감하여 방바닥을 마감 처리하

는 공법을 적용하고 있다.[5]

소음감소를 위한 흡음처리를 하지 않는 이와 같은 시공법은 위층의 소음이 그대로 슬라브나 벽체를 통해 아래층으로 전달되는 문제점이 많으므로, 이에 대한 다각적인 대책이 필요하다.[6]

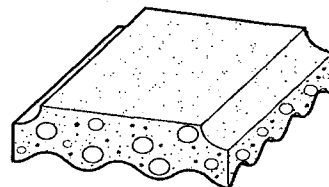
이와 같은 현 시공법의 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 흡수용으로 개발한 인공골재를 활용하여 기존의 콘크리트와 혼합하여, 1차적으로 슬라브에서 소음을 흡수하여 감소시키는 방법과, 인공골재로 만든 진공부가 형성되는 흡음블럭을 슬라브 전면에 조립하고, 그 위에 보일러 배관을 한 후 기존의 시멘트 몰탈대신 개발한 인공골재를 사용한 몰탈로 마감처리한다. 또한 <그림 7>과 같이 방바닥 미장이 벽체와 분리되는 소음저감 안전설계공법을 적용해서 시공하면, 기존의 콘크리트 시공방법과 현저하게 생활소음을 저감할 수 있을 것이며, 또한 <그림 6>에서 보는 바와 같이, 흡음블럭과 블럭 사이의 골이 생기게 제작한 이유는, 슬라브면이 평탄치 않을 때 블럭이 움직이는 문제점을 보완하는 것은 물론, 흡음블럭 위의 몰탈이 부착하는 단면적을 많게 하기 위해서이며, 이상의 안전설계의 공법은 현행의 공법보다 현저하게 생활소음을 저감할 수 있다. 구체적인 저감효과는 제 4장에서 상세히 제시되어진다.

흡음블럭은 바닥에 닿는 면적이 적고, 진공부분을 많이 형성하므로 일정 부분에 소음이 발생하면 방바닥 전체로 소음을 확산시키므로 그 만큼 소음전도를 줄일 수 있으며, 벽체와 분리한 안전설계도 방바닥에서 발생한 소음이 벽체를 타고 아래층으로 전달되는 것을 차단하기 때문에 그만큼 소음을 줄일 수 있기 때문이다. [7]

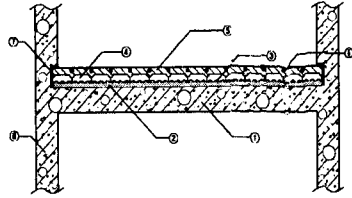


① 슬라브 ② 흡음재 ③ 몰탈 ④ 보일러호스 ⑤ 벽체

<그림 5> 기존 공법의 투시도



<그림 6> 흡음블럭



<그림 7> 개발공법의 두시도

| 종류 시료 | w/c | s/a | W | C | S | G1 | G2 | AD | 비율 | 비고 |
|----------|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|----|
| A | 55 | 47.5 | 172 | 313 | 857 | 965 | 0 | 157 | 1:0 | |
| B | 55 | 47.5 | 172 | 313 | 857 | 106 | 195 | 157 | 1:1 | |
| C | 55 | 47.5 | 172 | 313 | 857 | 306 | 223 | 157 | 1:1.5 | |
| D | 55 | 47.5 | 172 | 313 | 857 | 323 | 248 | 157 | 1:2 | |

* w/c:물 세멘트비, s/a:잔골재율, W:물,
C:시멘트, S:모래, G125m/m골재,
G2:경량골재, AD:혼화제

<표 3> 배합비에 따른 소음전도 측정치
(단위 : dB)

| 구분 | 높이 (cm) | 측정치 | | | | | \bar{x} |
|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | |
| A (일반) | 10 | 106.2 | 112.4 | 110.8 | 108.6 | 108.1 | 109.2 |
| | 20 | 113.4 | 116.2 | 109.5 | 113.3 | 114.2 | 113.4 |
| | 30 | 115.0 | 116.8 | 123.3 | 118.8 | 116.4 | 118.0 |
| | 40 | 120.7 | 123.3 | 128.8 | 125.0 | 125.7 | 124.7 |
| | 50 | 120.5 | 129.3 | 123.8 | 126.4 | 130.1 | 126.0 |
| B (1:1) | 10 | 105.1 | 102.7 | 107.2 | 105.0 | 106.4 | 105.3 |
| | 20 | 113.3 | 109.6 | 108.5 | 104.8 | 105.3 | 108.1 |
| | 30 | 107.2 | 110.4 | 113.2 | 111.0 | 110.2 | 110.4 |
| | 40 | 111.6 | 113.3 | 116.6 | 113.3 | 113.4 | 113.6 |
| | 50 | 117.7 | 115.2 | 120.1 | 120.5 | 119.1 | 118.5 |
| C (1:1.5) | 10 | 103.6 | 105.2 | 104.0 | 100.1 | 105.7 | 103.7 |
| | 20 | 105.0 | 108.5 | 104.0 | 103.3 | 106.3 | 105.5 |
| | 30 | 105.0 | 107.4 | 110.3 | 110.1 | 104.0 | 108.0 |
| | 40 | 108.2 | 111.8 | 113.3 | 109.9 | 115.5 | 111.7 |
| | 50 | 114.0 | 118.6 | 115.3 | 114.4 | 115.8 | 115.6 |
| D (1:2.0) | 10 | 99.0 | 100.2 | 103.4 | 97.6 | 97.0 | 99.4 |
| | 20 | 100.8 | 97.2 | 103.5 | 104.4 | 100.1 | 101.2 |
| | 30 | 102.7 | 106.2 | 103.5 | 101.6 | 105.0 | 103.8 |
| | 40 | 102.1 | 107.8 | 109.4 | 110.0 | 107.4 | 107.3 |
| | 50 | 107.7 | 110.0 | 111.3 | 114.9 | 108.7 | 110.5 |

<표 4> 인공골재와 자연골재 콘크리트의 성능 비교표
(단위 : dB)

| 항목 | 구분 | 측정치 | | | |
|-------------------------------|----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | \bar{x} |
| 압축강도 (kg/cm ²) | A(일반) | 328.7 | 342.8 | 347.1 | 339.5 |
| | B(1:1) | 347.7 | 338.5 | 335.2 | 340.5 |
| | C(1:1.5) | 270.2 | 290.5 | 285.7 | 278.8 |
| | D(1:2.0) | 300.4 | 301.0 | 295.3 | 298.9 |
| 무게 (kg) | A(일반) | 36 ²⁵⁰ | 36 ²⁵³ | 36 ²⁷³ | 36 ²⁵² |
| | B(1:1) | 32 ²⁰⁴ | 32 ²⁰² | 32 ²¹⁹ | 32 ²⁰² |
| | C(1:1.5) | 30 ²⁰⁰ | 30 ²⁰³ | 31 ²²⁴ | 30 ²⁰² |
| | D(1:2.0) | 28 ²²⁰ | 28 ²⁰³ | 28 ²³⁷ | 28 ²³³ |
| 흡수율 (%) | A(일반) | 4.67 | 4.70 | 4.73 | 4.70 |
| | B(1:1) | 5.68 | 5.90 | 5.83 | 5.80 |
| | C(1:1.5) | 6.50 | 6.42 | 6.60 | 6.51 |
| | D(1:2.0) | 8.60 | 8.56 | 8.61 | 8.59 |

4. 생활소음 저감을 위한 실험·분석

4.1 실험 설계 및 방법

본 연구에서는 인공골재의 소음저감을 위한 소재로서의 적합성을 검증하기 위하여 실내 방구조를 축소한 것과 비슷하게 소음기로 소음을 측정할 수 있는 가로×세로×높이를 각각 700,700,1,000mm로 하고 두께를 100mm로 한 콘크리트 박스를 만들었다. 또한 500g의 추를 떨어뜨리면 보행소리와 유사한 소음이 발생되도록 일정한 3,000mm 높이의 삼발대에 추를 설치한 실험장치를 만들어 소음전도 실험을 할 수 있도록 설계하였다. 측정방법은 각 시료별로 소음발생추를 시험면에 10cm 단위의 높이를 일정하게 조정하여 5회 즉 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm의 높이에서 각각 낙하시켜 시험면을 통해서 전도되는 소음을 측정할 수 있도록 콘크리트 박스안에 있는 소음 측정구에 소음 측정기를 삽입하여 소음 전도 실험을 하였으며, 또한 소음 측정구도 밀봉하여 외부의 소음이 실험에 영향을 미치지 않도록 하였다.[1,2]

4.2 인공골재의 소음전도성 실험

인공골재의 소음전도와 성능실험을 하기 위한 실험용 시료제작용의 콘크리트 배합비는 <표 2>와 같으며, 소음전도와 품질성능 실험결과는 각각 <표 3>, <표 4>와 같다.

<표 2> 실험용 콘크리트의 배합비

상기의 압축강도의 결과 데이터를 살펴보면, 인공골재를 혼합한 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 별로 강도가 떨어지지 않음을 보여주고 있다. 이러한 사실은 일정량의 인공골재를 일반 콘크리트와 혼합해서 사용해도 무방할 만큼 일정한 압축강도를 가진 소재라고도 볼 수 있다. 또한 무게도 일반 콘크리트와 많은 차이가 나는데, 이것은 본 연구에서 개발한 인공골재는 경량골재로서의 조건을 갖추고 있음을 알 수 있으며, 흡수율도 일반 콘크리트와 많이 차이가 있는데, 이것은 인공골재에는 많은 기공을 형성하고 있다는 증거라고 볼 수 있다.

본 실험의 결과에서 알 수 있듯이, 소음발생원인 높이가 증가함에 따라 소음전도율도 증가함을 알 수 있다. 이러한 분석결과를 증명하기 위하여 단순회귀 분석[3]을 실시하였다. 먼저 본 실험에 대한 적합도 검정을 실시해 보면 <표 5>~<표 8>과 같다.

<표 5> A(일반)의 검정결과

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|------|----------|-----|----------|---------|------|
| 회귀 | 1011.600 | 1 | 1011.600 | 108.089 | 0.01 |
| 잔차 | 215.237 | 23 | 9.358 | 0.998 | 0.01 |
| 집단-간 | 1039.282 | 4 | 259.820 | 27.706 | 0.01 |
| 집단-내 | 187.556 | 20 | 9.378 | | |
| 합계 | 1226.838 | 24 | | | |

<표 6> B(1:1)의 검정결과

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|------|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 506.256 | 1 | 506.256 | 95.666 | 0.01 |
| 잔차 | 121.714 | 23 | 5.292 | 0.964 | 0.01 |
| 집단-간 | 518.142 | 4 | 129.536 | 23.589 | 0.01 |
| 집단-내 | 109.828 | 20 | 5.491 | | |
| 합계 | 627.970 | 24 | | | |

<표 7> C(1:1.5)의 검정결과

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|------|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 450.00 | 1 | 450.000 | 78.534 | 0.01 |
| 잔차 | 131.700 | 23 | 5.730 | 1.100 | 0.01 |
| 집단-간 | 468.318 | 4 | 117.079 | 20.636 | 0.01 |
| 집단-내 | 113.472 | 20 | 5.674 | | |
| 합계 | 581.790 | 24 | | | |

<표 8> D(1:2.0)의 검정결과

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|------|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 399.314 | 1 | 399.314 | 62.019 | 0.01 |
| 잔차 | 148.088 | 23 | 6.439 | 0.906 | 0.01 |
| 집단-간 | 405.198 | 4 | 101.299 | 14.247 | 0.01 |
| 집단-내 | 142.204 | 20 | 7.110 | | |
| 합계 | 547.402 | 24 | | | |

<표 5>에서 <표 8>까지의 분석결과를 살펴보면, 일원배치와 단순회귀분석의 결과 잔차의 F_0 값이 A(일반) 0.988, B(1:1) 0.964, C(1:1.5) 1.100, D(1:2.0) 0.906인데, 모두 유의수준 0.01에 유의하지 않으므로, 단순회귀를 사용하여 직선 방정식을 얻을 수 있다.

본 실험의 분산분석 결과를 <표 9>~<표 12>에 나타내었다.

<표 9> A(일반) 분산분석

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|----|----------|-----|----------|---------|------|
| 회귀 | 1011.600 | 1 | 1011.600 | 108.098 | 0.01 |
| 잔차 | 215.237 | 23 | 9.358 | | |
| 합계 | 1226.838 | 24 | | | |

<표 10> B(1:1) 분산분석

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|----|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 506.256 | 1 | 506.256 | 95.666 | 0.01 |
| 잔차 | 121.714 | 23 | 5.292 | | |
| 합계 | 627.970 | 24 | | | |

<표 11> C(1:1.5) 분산분석

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|----|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 450.000 | 1 | 450.000 | 78.534 | 0.01 |
| 잔차 | 131.790 | 23 | 5.730 | | |
| 합계 | 581.790 | 24 | | | |

<표 12> D(1:2.0) 분산분석

| 구분 | 제곱합 | 자유도 | 평균제곱 | F | 유의확률 |
|----|---------|-----|---------|--------|---------|
| 회귀 | 399.314 | 1 | 399.314 | 62.019 | .000(a) |
| 잔차 | 148.088 | 23 | 6.439 | | |
| 합계 | 547.402 | 24 | | | |

본 실험 데이터에서 직선 추세선을 사용하여 상수와 기울기의 추정값에 대한 추세선을 나타내면, <표 13>과 같다.

<표 13> 추세선의 결과

| 배합비 | 추세선 |
|----------|-----------------------------------|
| A(일반) | $\hat{y}_i = 0.450 x_i + 104.770$ |
| B(1:1) | $\hat{y}_i = 0.318 x_i + 101.682$ |
| C(1:1.5) | $\hat{y}_i = 0.300 x_i + 99.796$ |
| D(1:2.0) | $\hat{y}_i = 0.283 x_i + 95.978$ |

이상의 결과를 토대로 추세선의 변화를 보면, A(일반)은 소음전도성이 가장 높음을 알 수 있고, B(1:1), C(1:1.5), D(1:2.0)의 인공골재의 배합비율이 높으면 높을수록 소음전도가 감소함을 알 수 있으며, 소음 발생원의 높이가 높으면 높을수록, 소음전도가 증가함을 알 수 있다. 또한, 인공골재의 배합비가 높을수록, 소음전도가 감소하며, 이러한 결과는 인공골재의 흡음성이 우수함을 나타내고 있다.

<표 14> 안전설계의 소음전도 시험 측정치
(단위 : dB)

| 항목 | 높이 (cm) | 측정치 | | | | | |
|---------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | \bar{x} |
| 일반물탈 미장 | 10 | 94.6 | 97.8 | 104.3 | 103.0 | 100.8 | 100.1 |
| | 20 | 100.0 | 107.4 | 103.1 | 102.7 | 102.5 | 103.1 |
| | 30 | 106.2 | 102.1 | 107.8 | 110.5 | 109.6 | 107.2 |
| | 40 | 110.3 | 114.0 | 102.6 | 115.1 | 110.0 | 110.4 |
| | 50 | 116.2 | 113.3 | 115.0 | 112.5 | 113.0 | 114.0 |
| 흡음블럭 · 인공골재물 탈미장 | 10 | 80.0 | 82.5 | 84.4 | 82.0 | 81.6 | 82.1 |
| | 20 | 86.6 | 84.2 | 85.6 | 83.0 | 83.8 | 84.6 |
| | 30 | 83.5 | 85.8 | 88.3 | 92.2 | 86.8 | 87.0 |
| | 40 | 93.5 | 90.2 | 88.7 | 91.3 | 90.7 | 90.4 |
| | 50 | 93.5 | 92.8 | 95.3 | 90.2 | 92.7 | 92.9 |

본 실험 데이터에 대한 적합도 검정을 실시하면 <표 15> ~ <표 19>와 같다.

<표 15> 일반 물탈 미장의 검정결과

| 구분 | 계급합 | 자유도 | 평균계급 | F | 유의확률 |
|-----|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 612.500 | 1 | 612.500 | 57.555 | 0.01 |
| 잔차 | 246.178 | 23 | 10.703 | 0.873 | 0.01 |
| 집단간 | 613.582 | 4 | 153.395 | 12.517 | 0.01 |
| 집단내 | 245.096 | 20 | 12.255 | | |
| 합계 | 858.678 | 24 | | | |

<표 16> 인공 물탈의 검정결과

| 구분 | 계급합 | 자유도 | 평균계급 | F | 유의확률 |
|-----|---------|-----|---------|---------|------|
| 회귀 | 387.533 | 1 | 387.533 | 121.082 | 0.01 |
| 잔차 | 73.614 | 23 | 3.201 | 0.917 | 0.01 |
| 집단간 | 391.298 | 4 | 97.825 | 28.011 | 0.01 |
| 집단내 | 69.648 | 20 | 3.492 | | |
| 합계 | 461.146 | 24 | | | |

일원배치와 단순 회귀분석의 결과, 잔차의 F_0 값이 일반 물탈 미장의 경우 0.873, 인공물탈 미장의 경우 0.917, 모두 유의수준 0.01에 유의하지 않으므로, 단순회귀를 사용하여 직선 방정식을 구할 수 있는데, 분산분석의 결과는 <표 17>, <표 18>과 같으며, 또한 추세선의 추정값으로 나타내 보면 <표 19>와 같다.

<표 17> 일반물탈의 분산분석

| 구분 | 계급합 | 자유도 | 평균계급 | F | 유의확률 |
|----|---------|-----|---------|--------|------|
| 회귀 | 612.500 | 1 | 612.500 | 57.225 | 0.01 |
| 잔차 | 246.178 | 23 | 10.703 | | |
| 합계 | 858.678 | 24 | | | |

<표 18> 인공물탈의 분산분석

| 구분 | 계급합 | 자유도 | 평균계급 | F | 유의확률 |
|----|---------|-----|---------|---------|------|
| 회귀 | 387.533 | 1 | 387.533 | 121.082 | 0.01 |
| 잔차 | 73.614 | 23 | 3.201 | | |
| 합계 | 461.146 | 24 | | | |

<표 19> 추세선의 결과

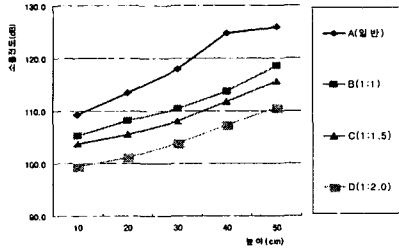
| 구분 | 추세선 |
|--------|----------------------------------|
| 일반물탈미장 | $\hat{y}_i = 0.350 x_i + 96.464$ |
| 인공물탈미장 | $\hat{y}_i = 0.278 x_i + 79.136$ |

위의 소음전도 결과치는 일반물탈 보다 흡음블럭과 인공골재 물탈미장이 소음전도가 감소되며, 이러한 결과는 슬라브 위에 흡음블럭을 깔고 인공골재를 혼합한 물탈로 미장을 하 있기 때문이다. 또한 이러한 분석결과로부터 벽체와 분리하는 방법은 소음전도를 현격히 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

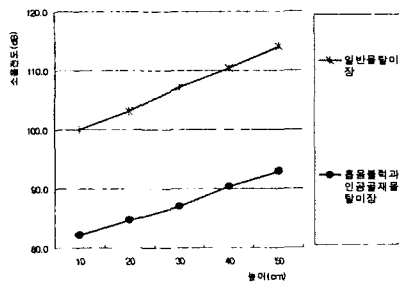
4.3 소음전도 종합 비교실험 분석

인공골재의 소음전도성과 생활소음지감 안전설계에 따른 소음전도를 실험한 것을 종합적으로 비교하면 <그림 8>

<그림 9>와 같다.



<그림 8> 배합비별 소음전도



<그림 9> 안전설계별 소음전도

<그림 8>, <그림 9>의 소음전도 비교 그래프에서 보는 바와 같이 인공골재의 배합비가 높을수록 소음저감효과가 많은 것으로 나타났다. 특히, 일반 시멘트 몰탈로 미장 마감 처리한 것이 인공골재를 일정량 혼합하여 만든 시료(B,C,D 시료)보다 더 소음전도가 높게 나타났다. 즉 개발한 인공골재의 양이 많으면 많을수록, 그만큼 인공골재는 흡음이 잘된다는 것을 반증하는 것이라고 볼 수 있다. 흡음블록을 깔고, 그 위에 인공골재를 혼합한 시멘트 몰탈로 미장 처리하는 시공법은 소음감쇠 효과가 우수하므로 본 연구에서 개발한 인공골재와 안전설계는 생활소음방지에 상당한 의의가 있음을 알 수 있다.

5. 실험결과의 분석 및 고찰

소음저감을 위해 개발한 인공골재에 대한 소음전도성과 품질성능 실험 및 소음저감 안전설계에 의한 소음전도 실험을 통해 소음 저감 대안으로서의 타당성을 검증해 본 결과, 본 연구의 인공골재와 소음저감을 위한 안전설계는 상당한 소음 저감 효과가 있는 것으로 확인되었다. 또한 인공골재를 혼합비율에 따라 소음전도성을 실험해 본 결과 인공골재의 혼합비율이 많을수록 소음전도가 낮은 것으로 나타났는데, 이것은 인공골재가 소음전도를 차단하는 소음

흡음력이 우수하다는 것을 알 수 있다.

본 실험에서는 3종류의 배합비로 실험을 했기 때문에 최적의 배합비를 제시할 수 없지만, 건축구조물의 종류에 따른 인공골재의 배합비의 최적해를 구해 소음저감재로 사용하면 소음저감에 상당한 기여를 할 것으로 사료되며, 특히 무게는 인공골재를 혼합한 것과 하지 않은 것의 차이는 매우 현격함을 알 수 있는데, 구조물의 중량 감소는 곧 구조물의 내구성과 비례하므로 경량인 인공골재는 각종 구조물의 내구성에도 일조를 할 것으로 기대된다.

6. 결 론

본 연구에서는 생활소음으로 인한 이웃간의 마찰을 해소하기 위하여 윗층의 소음이 아래층으로 전달되는 생활소음을 저감할 수 있는 소음차단 신소재의 개발과 안전설계로 소음저감의 방법을 제시하였으며, 본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 환경폐기물인 폐슬러지와 잿가루 및 천연재료의 점토등을 배합하여 외국에서 널리 사용하고 있는 흡음재와 비교하여도 조금도 손색이 없는 흡음력이 우수하고 강도가 높으며 비중이 아주 낮은 세라믹인 인공골재를 개발하였다.

둘째, 개발한 인공골재를 콘크리트에 혼합하여 사용했을 때 콘크리트 강도에 어느 정도의 영향을 미치는지를 검증하고, 소음저감의 정도를 실험하였으며, 흡음력이 뛰어나고 콘크리트 강도에도 별로 영향을 미치지 않는 등, 개발된 인공골재는 범용적인 건축이나 토목재료로 사용될 수 있음을 확인하였다.

셋째, 콘크리트 슬라브와 바닥 마감 미장과의 접촉면을 최소화하고 소음을 감쇠시키는 진공부를 형성한 슬라브와의 완충역할을 하는 흡음블록을 개발하였다.

넷째, 바닥에서 발생하는 소음의 벽체를 타고 아래층으로 전달 되지 못하도록 바닥 미장과 벽체가 분리되게 설계하였으며, 흡음 블록을 슬라브 전면에 깔고 그 위에 시멘트 몰탈대신 개발한 인공골재를 배합한 몰탈로 바닥을 마감 마감 처리하는 시공방법의 안전설계는 소음저감 효과가 상당히 크다는 것을 입증 하였다.

참 고 문 헌

- [1] 공업진흥청(1972), 「잔향실내의 흡음을 측정방법, KSF2805, 한국산업규격. 공업진흥청(1976), 「레디믹스트 콘크리트(Ready-Mixed Concrete) KSF4009」 한국산업규격.
- [2] 공업진흥청(1996), 「건축물의 현장바닥 충격음 측정방법, KSF2810」, 한국산업규격.
- [3]곽수일(1990), 「현대품질관리」, 서울 : 박영사.
- [4] 김병삼·김제석·박상규·서명교·전의찬·정재춘편저(1997), 「소음진동공학」, 자유아카데미.
- [5] 김선우, 김기용, 이옥균, 송혁(1999), 현장 실험에서 음원의 입사각도 따른 창의 차음 성능변화. 한국소음 진동 공학회.
- [6] 김인수(1999), 실내 소음 저감을 위한 능동패널의 체속도 제어. 한국소음진동공학회.
- [7] 김영식, 은희준(1988), 흡음식 블록, 특허청.



허성관 (Sung-Kwan Huh)
1969년 2월 인하공대 기계과 졸업(공학사)
1979년 8월 영남대학교 대학원 경영학과 졸업(경영학석사)
1994년 8월 동아대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학박사)

현재 대구대학교 자동차산업기계공학부 교수
관심분야 : 안전공학, 경제성공학



최종탁 (Jong-Tak Choi)
2002년 2월 대구대학교 대학원 산업공학과 졸업(공학박사)
현재 대구대학교 자동차산업기계공학부 겸임교수
관심분야 : 안전공학, 경제성공학