

배기가스를 정화하는 흡음재의 특성에 관한 연구

A Study on Properties of Sound Absorbing Materials with Characteristics of Exhaust-gas Purge

이 승 한'
Lee, Seung Han

황보 광 수''
Hwang Bo, Kwang Su

장 석 수'''
Jang, Suck Su

ABSTRACT

This study search for absorbing sound and exhaust-gas which aims to manufacture continuous void by using clay and foam, the surface of materials is covered with TiO_2 powder as heat treatment.

According to the results of the experiment, the increase of thickness of manufactured sound absorbing materials caused the increase of absorption rate in the range of low and middle sound and thus it can be an important factor of improving absorption rate. Sound absorbing materials could satisfy 70% of the average of sound absorption ratio in 7cm thickness.

Also, the manufactured sound absorbing materials is covered with TiO_2 showed an excellency in the clarification of exhaust-gas under ultraviolet rays treatment when 70% of removal rate and about 10% of generation rate of NO_2 is settled by the flow of 2 ℓ /min NO gas.

Especially, manufactured sound absorbing materials could improve compressive strength of continuous porous concrete. in the case of 7% bubble addition, when the substitution rate of coagulator was 30% and 20%, compressive strength was 45kgf/cm² and 65kgf/cm² respectively. As the substitution rate of coagulator reducing, compressive strength increased after performing burnt clay.

1. 서론

최근 자동차 교통의 폭발적인 증가로 인하여 도로주변을 중심으로 자동차 소음과 배기가스가 사회 문제화되고 있다. 이를 해결하기 위한 대표적인 도로시설물로 방음벽을 들 수 있으며 차음형 방음벽보다는 입사된 음을 흡수함으로써 음의 소멸효과가 우수한 흡음형 방음벽이 널리 이용되고 있다. 이러한 흡음형 방음벽의 속체용 재료로 가장 일반적으로 사용되고 있는 재료인 유리면, 압면과 같은 섬유상의 다공질 흡음재는 발암물질을 함유하고 있어 선진외국에서는 이미 흡음재로서의 사용을 금지하고 있다. 한편 우리나라에서도 환경부 고시 "방음벽의 성능 및 설치기준"에서 흡음형 방음판은 인체에 유해한 물질을 함유하지 않고 내구성이 있어야 하며, 250, 500, 1000, 2000Hz에서의 평균흡음율 70%이상을 기준¹⁾으로 정하고 있어 흡음재료의 대체개발이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 또한, 대기오염 감소대책으로 자동차 배기가스 규제가 강화되고 있는 반면 자동차 수요의 증가로 배기가스는 점점 증가하고 있고 특히, 이로 인한 NO_x 농도의 증가는 광화학 스모그의 원인이 되어 도시 인근부의 차량 통행이 많

* 정회원, 계명대학교 토목공학과 교수

** 정회원, 계명대학교 토목공학과 대학원 석사

*** 정회원, 계명대학교 토목공학과 대학원 석사과정

은 곳을 중심으로 환경문제를 일으키고 있다.

이를 배경으로 대체재료의 개발을 위한 콘크리트 분야의 노력으로는 기포제와 발포제를 이용하여 다공성이고 중량을 가볍게 한 ALC(Autoclaved Lightweight Concrete)의 연구²⁾와 굵은골재에 시멘트 페이스트를 점조하여 연속공극을 갖게하는 다공질(Porous)콘크리트의 연구³⁾ 등으로 나눌 수 있다. 그러나 ALC는 내부에 독립공극을 형성시켜 단열 및 차음효과가 우수하나 상대적으로 흡음효과는 떨어지며, 이를 응용한 연속기포콘크리트는 평균흡음율 70%이상이지만 압축강도가 작아 내풍안정성이 떨어지는 문제점⁴⁾을 지니고 있다. 한편, 다공질콘크리트는 연속공극을 조성이 15~30% 정도로 낮고 섬유상 재료에 비해 중저음영역의 흡음율이 매우 낮아 흡음 대체재료로의 적용에 문제점을 가지고 있다. 또한, 배기가스를 흡수하는 흡음재에 관한 연구는 NO_x를 흡수하는 것으로 알려져 있는 인공제올라이트를 포러스콘크리트의 잔골재로 사용할 수 있음을 제시하고 있으나 NO의 흡착제거율은 7~10%로 낮은 편이다. ALC²⁾, 기포콘크리트⁴⁾, 다공질콘크리트³⁾ 등의 시멘트계 재료는 광촉매제인 이산화티탄 코팅시 600℃이상의 열처리 온도가 요구되기 때문에 열분해로 인한 균열이 발생하는 문제점을 안고 있다.

이에 본 연구에서는 배기가스를 흡수하며 환경부고시¹⁾를 만족하는 흡음율과 강도가 높은 연속공극 흡음재 제조를 목적으로 한다. 이를 위한 흡음재는 점토에 적정량의 기포제를 첨가하여 연속공극 형성 후 소성시켜 제조한다. 더 나아가 본 연구에서는 제조된 흡음재에 광촉매 원료로 개발된 미세한 아나타스형 이산화티탄(TiO₂)분말을 열처리로서 표면에 고정시켜 자동차배기가스 중 SO_x, NO_x를 흡착시킴으로서 소음흡수는 물론 자동차 배기가스 정화 기능을 갖는 강제형 흡음재를 개발한다.

2. 실험 개요

2.1 사용재료

2.1.1 점토

본 실험에서는 저급점토를 사용하였으며 이 들의 물성을 표 1에 나타내었다. 또한, 점토의 응결시간을 단축하기 위해서 응결제를 사용하였다.

표 1 점토의 물성표

성분	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	강열감량	전체
함유량(%)	70.4	14.8	3.60	0.57	0.10	0.45	2.28	0.2	7.29	99.69

2.1.2 기포제

공시체의 경량화 및 연속공극을 형성하기 위해 사용한 기포제는 고급알콜유산에스테르계 화합물로 성분 및 물성을 표 2에 나타내었다.

표 2 기포제의 성분 및 물성

주 성분	형태	색상	비중	pH
고급알콜유산에스테르계 화합물	액상	암갈색	1.05±0.02	7 ~ 9

2.2 실험방법

2.2.1 공시체의 흡음측정

연속공극이 형성된 콘크리트의 흡음특성을 파악하기 위해 직경 9.8cm와 2.9cm인 공시체를 두께 3.0, 5.0, 7.0cm의 3종류로 제작하였다. 흡음율 측정은 KS F 2814 「관내법에 의한 건축 재료의 수직 입사 흡음율 측정 방법」에 준하여 측정하였다. 본 실험에서는 각 주파수별에 따른 각 시료의 흡음율을 측정을 3회에 걸쳐 실시하고, 측정된 250, 500, 1000, 2000Hz의 각 주파수대역 흡음율을 산술 평균하여 흡음계수(NRC)로 나타내었다. 그림 1에 수직입사법의 장치 개요도를 나타내었다.

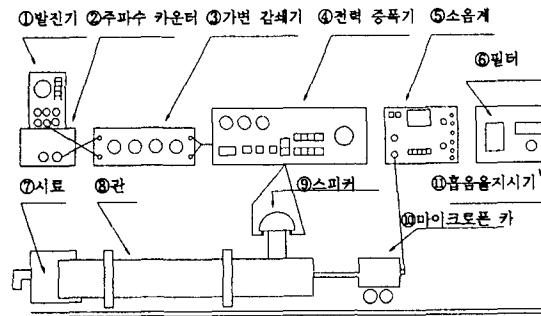


그림 1 수직입사법의 장치 개요도

2.2.2 공시체의 배기가스 정화를 측정

지름 10cm모양의 광촉매 기능을 추가시킨 흡음재를 2ℓ용 플라스틱용기에 넣은 후 일산화탄소(NO) 125ppm으로 조성된 가상의 오염된 공기를 흐르게 하면서 20Watt짜리 흑색전등(black light) 1개를 쬐여서 NO의 산화제거 되는 기능으로 평가하였다. 이 실험은 광촉매를 고정된 외벽재등의 표면에 오염된 공기를 흐르게 해 태양광선의 자외선으로부터 질소산화물(NO_x)을 제거하는 것으로 가정한 것이다. 그림 2에 KS B 5355 「배기가스 중의 질소 산화물 자동 계측기」에 준한 배기가스 측정장비를 나타내었다.

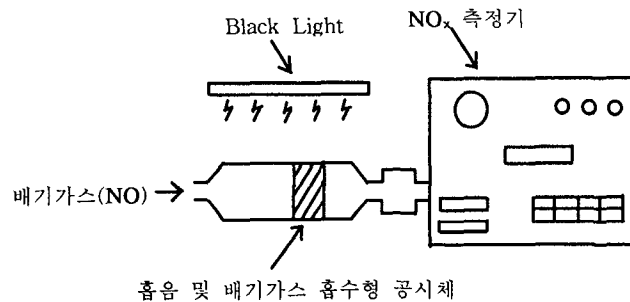


그림 2 배기가스 측정장비

2.2.3 공시체의 압축강도 및 비중

제작한 $\phi 10 \times 20$ cm의 공시체 3개를 압축강도 시험기로 재하여 압축강도를 산출하였다. 또한, 비중은 $\phi 10 \times 20$ cm의 공시체를 $105 \pm 5^\circ\text{C}$ 에서 24시간 건조한 후 실온이 될 때까지 냉각시킨 중량을 측정하여 체적으로 나누어 산출하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 공시체의 흡음특성

그림 3에 응결제 치환율 변화에 따른 흡음율을 나타내었고, 저음부분의 흡음성능과 평균흡음율을 개선하기 위해 공시체의 두께를 각각 3, 5, 7cm로 변화시켜 흡음률을 그림 4에 나타내었다.

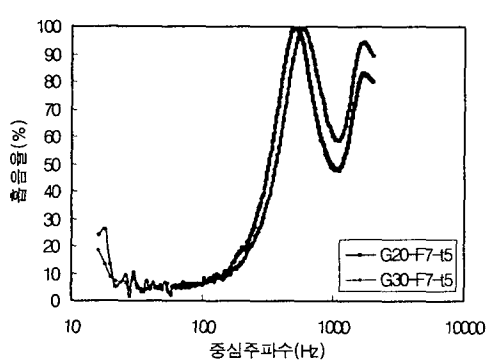


그림 3 응결제 치환율에 따른 중심주파수별 흡음률 (t=5일 경우)

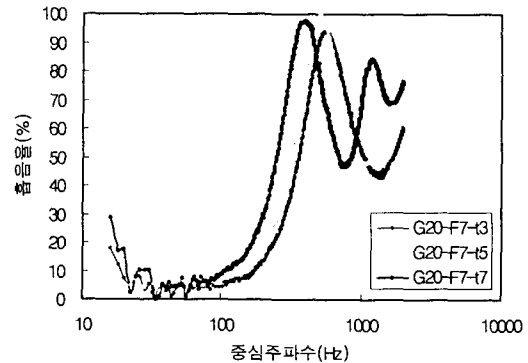


그림 4 공시체 두께 변화에 따른 흡음율 (응결제치환율 20%)

그림 3과 같이 응결제치환율은 흡음율에 크게 영향을 끼치지 않고 있다. 또한, 그림 4에서 두께가 3cm일 때 평균흡음율은 57%, 5cm일 때 65%, 7cm일 때 72%로 나타나 두께가 7cm인 공시체는 환경부 고시 평균흡음율 규정 70%를 만족함을 알 수 있다. 또한, 흡음재의 두께가 7cm인 공시체는 630Hz 이하의 중저음영역에서 흡음율을 증가시키는 것으로 나타내고 있다. 이는 흡음재의 두께가 증가할수록 음을 흡수하는 주파수의 파장(λ)에 비례하여 저주파영역의 흡음효과가 크게되는 것³⁾을 나타낸다. 따라서, 흡음재료의 두께고려는 흡음율 개선에 중요한 수단이 될 것으로 사료된다.

3.2 공시체의 배기가스 정화특성

그림 5에 소정의 농도를 조절한 NO가스를 도입할 경우 이들 가스의 흡착제거율을 시간에 따라 표시하였고 그림 6에 배기가스 유속에 따른 NO제거율을 나타내었다.

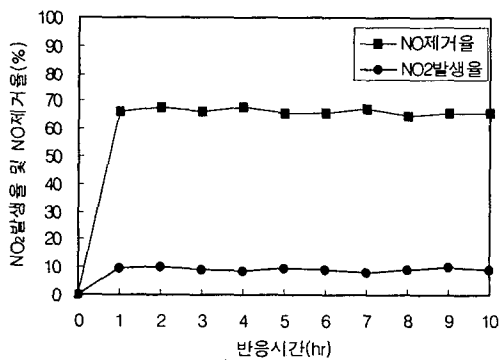


그림 5 시간경과에 따른 NO제거율 및 NO₂발생율

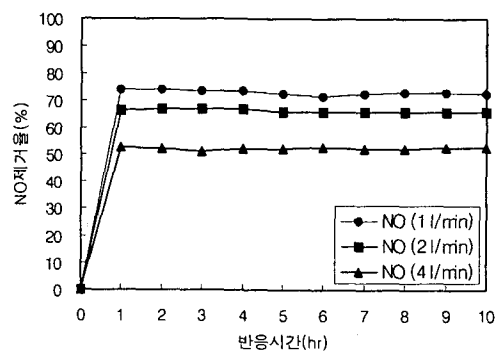


그림 6 배기가스 유속에 따른 NO제거율

그림 5에서 이산화티탄을 도포하여 제조된 흡음재는 자외선 조사하에서 NO가스를 유속 2 l/min로 도입할 경우 70%의 제거율과 10%정도의 NO₂발생율을 나타내고 있다. 이는 제올라이트 7~10%의 NO제거율⁵⁾인 점을 고려할 때 10배 이상의 NO제거율로 공시체가 매우 우수한 배기가스 정화작용을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 이산화티탄을 사용한 광촉매제는 배기가스 정화제로 사용 가능하다고 사료된다. 또한, 그림 6과 같이 배기가스의 유속이 1 l/min인 경우 NO제거율은 72.9%인 반면 4 l/min인 경우 52.2%로 약 20%정도의 제거율 차이를 나타냈으며 NO₂발생율 또한 1 l/min에서 7.8%, 4 l/min에서 14.8%를 나타내어 배기가스의 유속이 빠를수록 배기가스 정화율은 떨어지는 것을 알 수 있다. 이는 배기가스의 유속이 빠를수록 광촉매작용이 불완전하게 일어나기 때문으로 사료된다.

3.3 공시체의 압축강도

그림 7은 점토중량의 7%기포를 사용시 응결제치환율에 따른 압축강도와 기포콘크리트와의 압축강도⁴⁾를 나타내었다. 그림과 같이 흡음재의 압축강도는 기포첨가량 7%인 응결제치환율 30%에서 45kgf/cm², 응결제 치환율 20%에서 65kgf/cm²를 나타내어 점토 소성후 압축강도는 응결제치환율이 작을수록 증가함을 알 수 있다. 또한, 본 연구에서 제조된 흡음재는 기포콘크리트와의 압축강도 비교에서 최고 40kgf/cm²정도 차이를 나타내어 강도가 아주 우수한 흡음재로 판단된다.

3.4 전공극율과 연속공극율

점토량 1000kg/m³, W/C=70%로 고정하고, 응결제를 20%를 첨가한 한 공시체에서 기포를 점토중량에 3, 5, 7, 9%로 첨가시켰을 때 연속공극에 미치는 영향을 그림 8에 나타내었다. 그림 8과 같이 기포첨가량이 증가할수록 공시체 내부의 연속공극율 및 전공극율이 증가하고 있는 경향을 나타내고 있다. 기포첨가량 3%에서는 연속공극율은 9%, 전공극율 30%를 나타내고, 9%에서는 연속공극율은 45%, 전공극율은 63%를 나타내고 있어 기포첨가량 증가는 콘크리트 내부에 연속공극율을 증진시키는데 효과적임을 알 수 있다.

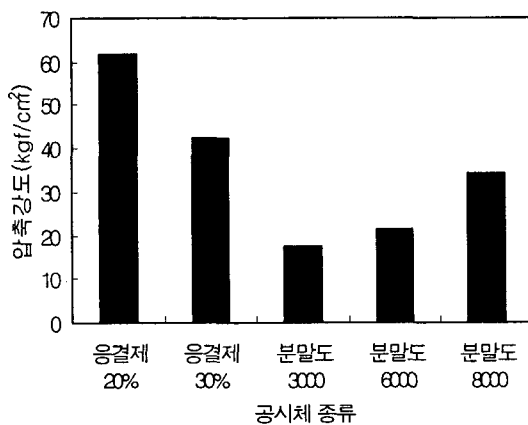


그림 7 기포첨가시 응결제치환율에 따른 압축강도

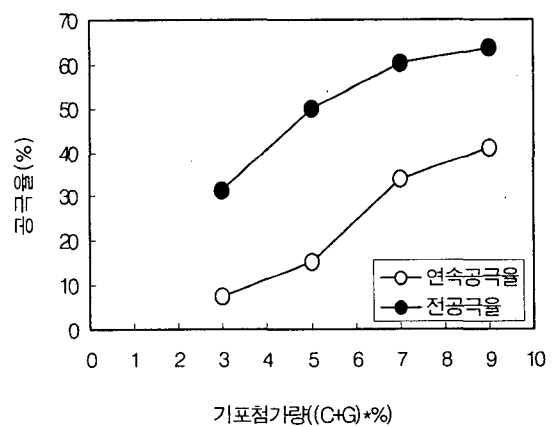


그림 8 기포첨가량에 따른 공극율의 변화

4. 결론

본 연구는 연속공극을 갖는 흡음재의 제조와 흡음 및 배기가스 정화특성에 미치는 영향을 검토한 것으로 본 연구에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 본 연구에 의해서 제조된 흡음재는 두께가 3cm일 때 평균흡음율은 57%, 5cm일 때 65%, 7cm일 때 72%로 나타나 환경부 고시 평균흡음율 규정 70%를 만족한다. 특히, 흡음재의 두께 증가는 중저음 영역에서 흡음율 증가를 나타내어 흡음을 개선에 중요한 요인으로 사료된다.
2. 이산화탄을 도포하여 제조된 흡음재는 자외선 조사하에서 NO가스를 유속 2 l/min로 도입할 경우 70%의 제거율과 10%정도의 NO₂발생율로 우수한 배기가스 정화작용을 나타내고 있다. 따라서 이산화탄을 사용한 광촉매제는 흡음성능에 영향을 주지 않고 배기가스 정화재로 사용 가능하다고 사료된다.
3. 흡음재의 압축강도는 기포첨가량 7%인 응결제치환율 30%에서 45kgf/cm², 응결제치환율 20%에서 65 kgf/cm²를 나타내어 점토 소성후 압축강도는 응결제치환율이 작을수록 증가한다.
4. 배기가스의 유속이 1 l/min인 경우 NO제거율은 75%인 반면 4 l/min인 경우 50%로 나타나 배기가스의 유속이 빠를수록 광촉매 작용이 불완전하여 배기가스 정화율은 떨어지는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. 환경부, 환경부 고시 제1998-150호 방음벽의 성능 및 설치기준, 1999
학술발표회 논문집, 제9권 1호, 1997, pp. 52~56
2. 下山 善秀, 藤原 浩巳 : "輕量氣泡コンクリートの高強度化に関する研究", セメント・コンクリート論文集, No.44, 1990, pp. 366~371
3. 玉井元治, 田中光徳 : "シラス輕石を用いた多孔質コンクリートの吸音特性", 日本 コンクリート工學論文報告集, Vol.16, No.1, 1994, pp. 711~716
4. 박정준 : "연속공극을 갖는 기포콘크리트의 흡음특성에 관한 연구", 계명대학교, 석사학위논문, 1999.12.
5. 玉井元治 : "NOxを吸着する吸音特コンクリート", セメント・コンクリート論文集, No.51, 1997, pp. 870~875