

유공합석판으로 보호된 글라스울 흡음구조체의 흡음특성에 관한 연구

A Study on the Sound Absorption Characteristic of Glass Wool
Structures Covered by Punched Steel Plate

○김 석 홍* 이 상 업* 권 형 오*
Kim, Seok-Hong Lee, Sang-Yub Kweon, Hyeong-Oh

1. 연구의 배경 및 목적

소음 제어대책 수립시, 흡음구조는 공조용소음기, 공업용소음기, Enclosure, 실내 흡음판등에 폭넓게 이용되고 있다. 흡음구조의 재료중 글라스울은 뛰어난 흡음능력과 고온에서의 내구성 및 난연성등으로 인하여 여러 흡음재료중에서 가장 많이 이용되고 있으나 글라스울 미립자의 비산 및 강도문제로 글라스울에 글라스클로스(Glass Cloth), P.E. Film등과 같은 글라스울 비산방지막과 유공합석판을 붙인 흡음구조체로 제작하여 이용하는 것이 일반적이다.

국내외적으로 글라스울만의 흡음을 데이터는 각종 문헌등에 많이 발표되어 있으나 글라스울에 글라스울 비산방지막이나 유공합석판을 붙인 흡음구조체의 흡음율데이터는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는 이러한 글라스울 흡음구조체의 글라스울의 밀도, 글라스울 비산방지막의 종류, 유공합석판의 유공치수 등에 따른 흡음특성을 잔향실법 흡음율측정방법에 의해 측정 평가하고 이들을 상호 비교검토하여 각종 소음 제어대책의 기초 설계자료로 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

흡음구조의 잔향실법 흡음율¹⁾²⁾은 잔향실에 시료를 넣지 않은 상태에서의 잔향시간과 시료를 넣은 상태에서의 잔향시간으로부터 다음식²⁾에 의하여 구한다.

* 유니슨산업주식회사 부설 유니슨기술연구소

$$\alpha = \frac{55.3V}{CS} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \quad [-] \quad \text{--- (1)}$$

단, α : 잔향실법 흡음율 [-]

T_1 : 시료를 넣은 상태에서의 1/3 옥타브대역 중심주파수별 평균 잔향시간 [s]

T_2 : 시료를 넣지 않은 상태에서의 1/3 옥타브대역 중심주파수별 평균잔향시간 [s]

V : 잔향실 용적 [m^3] S : 시료면적 [m^2]

C : 공기중의 음속 [m/s]

$C = 331.5 + 0.61 t$ t : 공기의 온도 [$^{\circ}C$]

잔향실내에 측정시료를 설치할 때에는 실제 사용 상태에 따라 시공하고 그 주변은 반사성의 재료로 처리한다. 잔향시간 측정횟수는 주파수대역에 따라 표.1에 표시한 횟수 이상으로 한다.

표 1. 측정횟수¹⁾

1/3 옥타브대역 중심주파수 [Hz]	100 - 250	315 - 800	1000-5000
측정 횟수	12 이상	9 이상	6 이상

3. 측정개요 및 방법

3.1 측정개요

표 2.에 제시된 흡음구조체의 글라스울 밀도, 비산방지막의 종류 및 유공합석판의 종류에 따라 총 13개 시료의 흡음율을 측정하였으며, 측정조건은 표.3과 같다. 비산방지막으로 이용된 글라스클로스 TSG-118-S1은 통기성이 좋으며 이에 비해 글라스클로스 HFG-112#124는 매우 기밀하고 P.E.Film은 수분침투 방지를 위해 이용되는 얇은 비닐막으로서 통기성은 거의 없다.

표 2. 흡음을 측정시료의 종류

No.	시 료 구 성		
	글라스울 밀도	비산방지막 종류	유공합석판
1	G.W 40k 100t		
2	"	G.C (TSG-118-S1)	
3	"	"	5φ-7p 1t
4	"	"	4φ-6p 0.8t
5	"	G.C (HFG-112#124)	
6	"	"	5φ-7p 1t
7	"	"	4φ-6p 0.8t
8	"	P.E. Film	5φ-7p 1t
9	G.W 80k 100t		
10	"	G.C (TSG-118-S1)	5φ-7p 1t
11	"	G.C (HFG-112#124)	"
12	"	P.E. Film	"
13	G.W 80k 50t		

G.W : Glass Wool G.C : Glass Cloth

표 3. 측정조건

측 정 장 소	유니승기술연구소 대강당실
설 치 방 법	대강당실 바닥 (3mX4m)
측 정 년 월 일	1991. 4. 20 - 4. 30.
온 도	16°C - 18°C
습 도	65% - 67%

3.2 측정방법

시료는 그림.1과 같이 대강당실 바닥에 설치하였으며 시료주변은 함석 1.2t로 반사처리하였다. 흡음을 측정장치는 그림.2와 같이 구성하였으며 1/3옥타브 대역폭 음원을 이용하였다. 마이크로폰은 시료와 잔향실 벽면으로부터 각각 1m이상, 음원으로부터 2m이상 떨어진 점에 설치하고 음원과 마이크로폰 위치를 조합하여 각 주파수대역에서 표1.의 측정횟수에 따른 잔향시간을 측정 평균하여 식(1)에 의해 흡음을 산정하였다.

시료를 설치하지 않은 상태에서 잔향실의 잔향시간이 그림 3. 에 제시되어 있다.

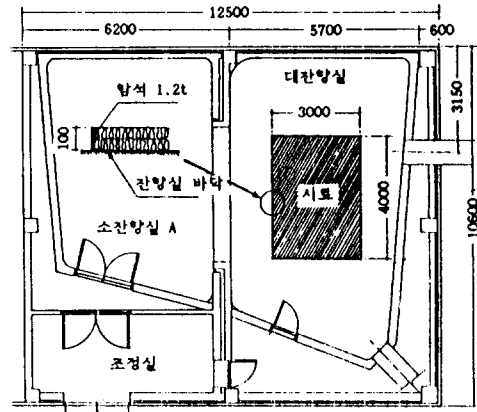


그림 1. 대강당실내 시료 설치도

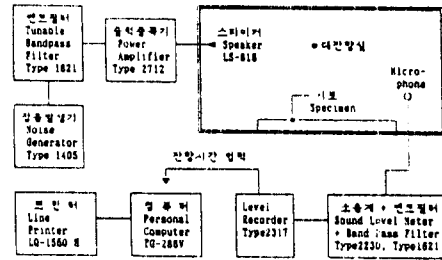


그림 2. 흡음을 측정장치 구성도

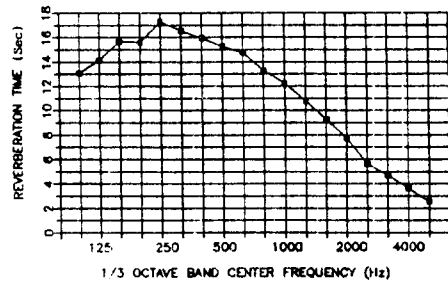


그림 3. 시료 비설치시의 대강당실 잔향시간

4. 측정결과

표 2.의 13개 흡음구조체에 대한 흡음을 측정결과가 표 4. 에 제시되어 있다.

4.1 G.W의 두께에 따른 영향

그림 4는 글라스울 80k의 두께에 따른 흡음을 변화시킨 것으로 315Hz와 800Hz를 제외한 전주파수에서 두께 100mm 글라스울이 50mm 글라스울에 비해 더 높은 흡음율을 갖는 것으로 나타났으며 특히 200Hz 이

표 4. 흡음율 측정 결과

No.	1/3 옥타브 대역 중심주파수 [Hz]																	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000
1	0.44	0.46	0.99	1.15	1.03	0.68	0.62	0.63	0.71	0.76	0.83	0.83	0.81	0.85	0.78	0.83	0.71	0.88
2	0.40	0.53	0.99	1.09	1.00	0.65	0.63	0.63	0.71	0.77	0.83	0.82	0.85	0.86	0.80	0.88	0.84	0.88
3	0.37	0.45	1.15	1.18	1.12	0.71	0.66	0.63	0.69	0.73	0.80	0.79	0.83	0.79	0.80	0.83	0.69	0.81
4	0.38	0.45	1.02	1.12	1.0	0.69	0.64	0.60	0.70	0.71	0.74	0.76	0.81	0.80	0.69	0.72	0.59	0.59
5	0.50	0.56	1.18	1.16	0.86	0.65	0.55	0.62	0.63	0.62	0.62	0.58	0.53	0.51	0.40	0.35	0.28	0.18
6	0.54	0.70	1.02	1.09	0.92	0.69	0.60	0.62	0.64	0.65	0.64	0.59	0.55	0.51	0.43	0.41	0.31	0.17
7	0.52	0.69	1.06	0.98	0.83	0.62	0.54	0.57	0.58	0.65	0.61	0.57	0.53	0.52	0.40	0.37	0.33	0.26
8	0.54	0.54	1.04	1.21	1.04	0.70	0.68	0.63	0.65	0.70	0.71	0.74	0.81	0.78	0.73	0.72	0.71	0.78
9	0.59	0.64	0.89	1.06	0.97	0.77	0.71	0.65	0.72	0.71	0.84	0.86	0.83	0.87	0.83	0.81	0.71	0.88
10	0.52	0.65	0.94	1.04	0.95	0.82	0.73	0.68	0.68	0.78	0.75	0.79	0.80	0.86	0.78	0.80	0.70	0.88
11	0.60	0.71	0.84	0.85	0.79	0.63	0.61	0.59	0.63	0.67	0.67	0.60	0.61	0.56	0.47	0.46	0.47	0.51
12	0.55	0.66	0.87	0.91	0.87	0.75	0.68	0.65	0.70	0.75	0.82	0.79	0.81	0.84	0.75	0.80	0.70	0.81
13	0.21	0.25	0.42	0.65	0.82	0.87	0.68	0.63	0.68	0.75	0.85	0.78	0.79	0.85	0.72	0.73	0.58	0.62

하의 저주파수에서는 0.4 정도 높게 나타나 큰 변화를 보이고 있다.

4.2 글라스울의 밀도에 따른 영향

그림 5.는 글라스울의 밀도에 따른 영향을 나타낸 것으로 160~250Hz의 주파수에서는 40k의 글라스울이 80k의 글라스울 보다 높은 흡음율을 갖는 것으로 나타났으며 그 외의 대부분의 주파수에서는 밀도 40k 글라스울이 80k의 글라스울에 비해 약간 낮은 흡음율을 갖는 것으로 나타났다.

4.3 글라스울 비산방지막의 종류에 따른 영향

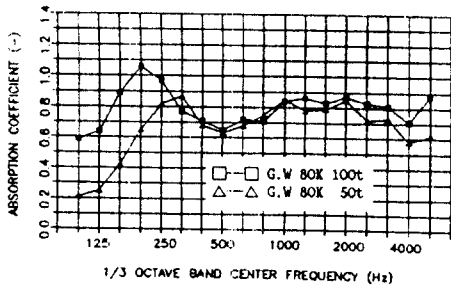


그림 4. 글라스울의 두께가 흡음율에 미치는 영향

1) 글라스울 밀도 40k의 경우

그림 6.은 비산방지막의 종류에 따른 흡음율 변화특성을 나타낸 것이다. (A) 그래프는 글라스울과 글라스울 글라스울에 글라스울보스를 덮은 구조의 흡음율을 비교하여 나타낸 것으로 통기성이 좋은 글라스울보스 TSG-118-S1의 경우는 글라스울만의 흡음율과 거의 같은 흡음율을 가지는 것으로 나타났다. 통기성이 거의 없는 글라스울보스 HFG-112#124의 경우는 글라스울만의 흡음율에 비해 250Hz이상의 전주파수에서 흡음율이 현저히 저하되는 것으로 나타났으며 200Hz이하의 저주파수에서는 흡음율이 약간 높아지는 것으로 나타났다.

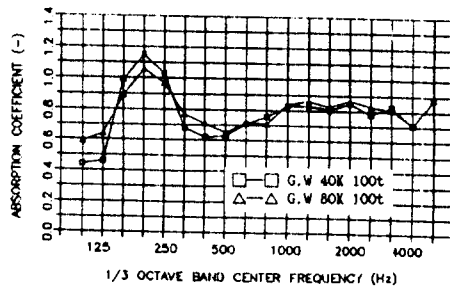


그림 5. 글라스울의 밀도가 흡음율에 미치는 영향

이는 중간 주파수 이상의 주파수에서는 통기성이 거의 없는 글라스클로스 HFG가 음을 반사시키고 저주파수에서는 글라스클로스 HFG 자체가 막진동 흡음을 하기 때문인 것으로 판단된다. (B) 그래프는 글라스울을 비산방지막과 5φ-7p 유공판의 보호층으로 보호한 구조의 흡음율을 비교하여 나타낸 것으로 비산방지막 글라스클로스 TSG-118-S1의 경우가 HFG-112#124의 경우보다 160Hz 이상의 거의 전주파수에서 더 높은 흡음율을 갖는 것으로 나타났으며 P.E Film의 경우 500Hz 이상의 주파수에서 글라스클로스 TSG의 경우보다 약간 낮은 흡음율을 갖는 것으로 나타났다.

(C) 그래프는 글라스울을 글라스클로스와 4φ-6p 유공판의 보호층으로 보호한 구조의 흡음율을 나타낸 것으로 200Hz 이상의 전주파수에서 글라스클로스 TSG의 경우가 HFG의 경우보다 높은 흡음율을 보이고 있다.

2) 글라스울 80k의 경우

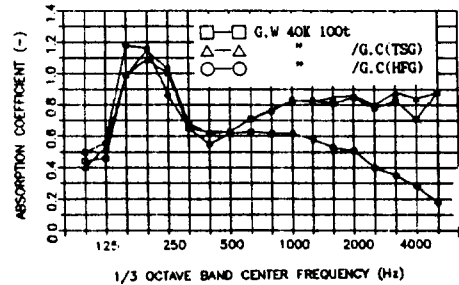
그림 7.은 글라스울 80k의 비산방지막의 종류에 따른 흡음을 변화특성을 나타낸 것으로 글라스클로스 TSG의 경우가 200Hz 이상의 전주파수에서 HFG의 경우보다 높은 흡음율을 보이고 있다.

이상의 그림 6. ~ 그림 7 의 결과로부터 통기성이 없는 글라스클로스 HFG는 통기성이 좋은 글라스클로스 TSG에 비해 고주파수에서는 현저하게 흡음율이 저하되고 200Hz 이하의 저주파수에서는 막진동에 의하여 흡음율이 약간 증가하는 것을 알 수 있으며 이러한 현상은 글라스클로스 상부유공판 보호 유무, 글라스울의 밀도 고저와 관계없이 거의 비슷한 경향을 갖는 것을 알 수 있다.

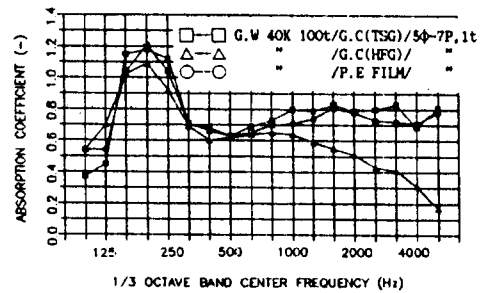
P.E. Film의 경우는 글라스클로스 TSG의 경우보다 약간 낮거나 거의 같은 흡음율을 갖는 것으로 나타났다.

4.4 유공판 설치유무와 종류에 따른 영향

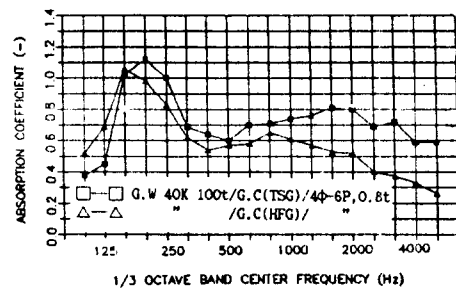
그림 7.은 글라스울/글라스클로스 상부 유공판 설치 유무 및 유공판의 유공치수에 따른 흡음을 변화특성을 나타낸 것이다. (A) 그래프는 글라스클로스 TSG의 경우



(A) 비산방지막만을 설치한 경우



(B) 비산방지막 상부 5φ-7P 유공판을 설치한 경우



(C) 비산방지막 상부 4φ-6P 유공판을 설치한 경우

그림 6. 글라스울 비산방지막이 흡음율에 미치는 영향 (글라스울 밀도 40K의 경우)

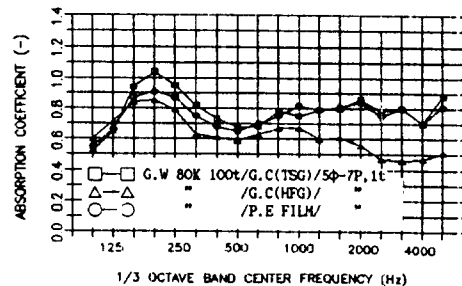
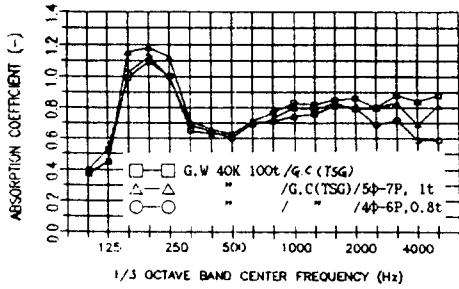
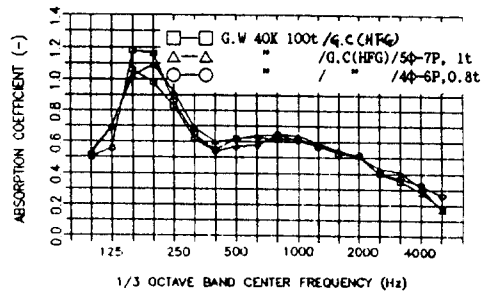


그림 7 글라스울 비산방지막이 흡음율에 미치는 영향 (글라스울 밀도 80K의 경우)



(A) 글라스 울로스 TSG의 경우



(B) 글라스 울로스 HFG의 경우

그림 8. 유공판 설치 유무와 종류에 따른 영향

(B) 그래프는 글라스울로스 HFG의 경우를 나타낸다. (A) 그래프의 글라스울로스 TSG를 이용했을 때는 글라스울로스만을 설치한 경우에 비해 글라스울로스 상부에 유공판을 설치한 경우 160~400Hz 에서는 흡음율이 증가하고 그 외의 주파수에서는 흡음율이 저하하는 것으로 나타났다. (B) 그래프의 글라스울로스 HFG를 이용했을 때는 유공판 설치유무에 따른 영향이 거의 없는 것으로 나타났다. 또한 글라스울로스의 종류에 무관하게 5p-7p, 1t 유공판이 4p-6p, 0.8t 유공판에 비해 거의 모든 주파수에서 약간 높은 흡음율을 갖는 것으로 나타났다.

5. 결론

이상의 측정결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 글라스울의 두께가 두꺼울수록 거의 전 주파수에서 흡음율이 증가하며 특히 저주파수 대역에서 흡음율이 현저하게 증가한다.
- 2) 밀도 80kg/m³의 두께 100mm의 80k 글라스울이 40k 글라스울보다 160~250Hz를 제외한 대부분의 주파수에서 흡음율이 약간 높게 나타난다.
- 3) 통기성이 좋은 글라스울로스는 글라스울의 흡음율에 거의 영향을 미치지 않으나 통기성이 거의 없는 글라스울로스는 고주파수에서 흡음율을 현저히 저하시키고 저주파수에서는 흡음율을 약간 증가시킨다.

P.E. Film은 글라스울의 흡음율을 약간 저하시키나 큰 영향을 미치지 않는다.

- 4) 통기성이 좋은 글라스울로스의 상부에 유공판을 설치하면 일부 저주파수를 제외한 대부분의 주파수에서 흡음율이 저하되며 통기성이 없는 글라스울로스의 상부에 유공판을 설치하면 그 영향이 거의 없다. 또한 5p-7p 유공판의 경우가 4p-6p 유공판의 경우에 비해 거의 모든 주파수에서 약간 높은 흡음율을 갖는다.

본 연구에서는 유공합성판으로 보호된 두께 100mm의 글라스울 흡음구조체를 잔향실법 흡음율 측정방법에 의해 평가하였으나 앞으로 글라스울의 두께에 따른 흡음율 변화특성 측정과 흡음율 주파수 특성의 비교자료로서 정재파법에 의한 흡음율 측정이 계속되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) ISO 354 : Measurement of Sound absorption in a reverberation room.
- 2) KS F 2805 : 잔향실법 흡음율의 측정방법.
- 3) 박병전 譯 : 建築音響, pp. 78-86, 技文堂, 한국 1989
- 4) Leo L. Beranek: Noise and Vibration control, pp 220-224, McGRAW-HILL, New York, 1971