

금속재 흡음형 방음벽의 안전 시험 규정 분석 연구

A Study on the Safety Test Regulation for the Metallic Sound Barrier of the Absorption Type

허 영

Young Huh

수원대학교

ABSTRACT. For the noise reduction measures in a construction field where noise sources such as blasting and pile driving works exist, the construction of the sound barrier near the noise source or receiver is often the most economic measure in order to exclude the propagated sound. The dimension of the barrier is decided by the noise and construction design, and the constructive quality of a soundproof panel shall be secured in accordance with KS F4770 to guarantee the safety of sound barriers. In this paper the problems included in the KS F4770-1 that is the regulation for the metallic sound barrier of the absorption type are identified and it is suggested what to be corrected or improved. Through a series of the analyses, conclusion were reached that it is required to improve test methods in KS F4770-1 as well as to break down loads for building more cost-effective sound barrier. In addition, KS F4770-1 was compared with ZTV-Lsw 88 which is the German regulation for sound barrier design. As a result, it was found that the Korean regulation is more conservative than that of Germany.

Key words : Metallic Sound Barrier of the Absorption Type, Safety Test, KS F4770-1, ZTV-Lsw 88

초 록 발파, 항타와 같은 소음원이 존재하는 건설현장에서의 소음저감대책으로는, 소음원 또는 수용점에 방음벽을 설치하여 전파되는 소음을 차단하는 것이 가장 경제적인 경우가 대부분이다. 이러한 방음벽은 소음설계와 구조설계를 통해 그 규모가 결정되며, 방음벽의 구조적 안전을 보장하기 위해서는 KS F4770에 의한 방음판의 구조적 품질이 보장되어야 한다. 본 논문에서는 이 중 금속재 흡음형 방음벽 관련 규정인 F4770-1 - 2001을 분석하여, 그 문제점을 지적하고, 수정 또는 개선 사항을 제시하였다. 분석결과, 보다 경제적인 방음벽의 설치를 위하여 하중의 세분화와 함께 시험방법의 개선이 필요한 것으로 나타났다. 이와 함께 독일의 방음벽 설계시 사용되는 규정인 ZTV-Lsw 88과 비교, 검토하였으며, 검토 결과, 한국 규정은 독일규정에 비해, 보수적인 것으로 나타났다.

핵심어 : 금속재 흡음형 방음벽, 안전시험, KS F4770-1, ZTV-Lsw 88

1. 서론

진동과 소음에 의한 환경문제는 건설현장에서 자주 발생하는 것으로, 발파, 파일 항타 등이 주요 원인에 속한다. 본 논문의 주제는 이 중 소음에 관한 것으로, 소음에 의한 문제 발생 시 가장 많이 사용되는 대책인 방음벽의 구조적 안전성 확보를 위해서는 먼저 방음판의 강성이 충분하여야 한다. 본 논문에서는 가장 많이 사용되는 방음판 종류인 흡음형 금속재 방음판의 안전시험을 위해 적용되는 한국산업규격을 검토, 분석하였다.

소음에 의해 만들어지는 환경적 문제의 대책은, 대책이 수립되는 위치에 따라 소음원 대책, 전파경로 대책 및 수음점 대책으로 구분된다. 이 중 소음원에서의 대책이 가장 효율적이며, 비용도 저렴한 경우가 대부분이나, 소음원의 종류에 따라 사용이 불가능한 경우가 있다. 발파에 의한 발파소음이 그 예로, 발파현장에서의 소음문제에 대한 효율적인 대책으로는 방음벽에 의한 전파경로 대책 또는 수음점에서의 대책이 주로 사용된다. 또한 소음문제는 크게 기류음에 의한 것과 고체음 문제로 대별되어, 발생한 문제가 어느 종류에 속하는가에 따라 효율적인 해결방법이 달라진다. 이 중 본 논문에서 다루고자 하는 것은 기류음 문제로, 기류음에 의한 대책은 방음벽에 의한 방법이 가장 경제적이고 효율적이다.

방음벽 설계는 소음설계와 구조설계로 구분되며, 구조적으로 안전한 방음벽을 설치하기 위해서는 기본적으로 방음벽에 작용하는 가장 중요한 하중조건인 풍하중에 의한 설계가 수행된다. 국내의 경우, 방음벽이 설치되는 지역에 따라 상이한 크기의 풍하중을 지지하기 위해서는 방음판과 포스트가 구조

적으로 적절하게 설계되어야 하며, 이와 함께 베이스플레이트, 리브플레이트 및 앵커의 설계가 수행되어야 한다. 본 논문에서는 이 중 일차적으로 풍하중을 받는 방음판의 구조적 안전을 위해, 금속재 방음판의 품질시험을 위한 규정인 한국산업규격 KS F 4770-1 - 2001을 분석하여, 수정이 필요한 부분을 지적하고 개선책을 제시하여, 보다 경제적이며 안전한 방음판의 생산을 목표로 하였다.

2. 방음판 안전시험규정 비교: 한국-독일

Table 1에는 금속재 방음판의 품질시험을 위한 한국산업규격인 KS F4770-1 - 2001 (이하 KS-4770)¹⁾에 제시된 방음판의 안전을 위한 시험항목이 나타나 있다. 이와 비교를 위해 독일의 관련 규정인 ZTV-Lsw 88²⁾(이하 Lsw) 내의 시험항목이 함께 제시되어 있다.

이 표를 보면, KS-4770과 비교해 Lsw에는 주요 시험항목으로, 받침판을 통해 방음벽의 상부와 지지구조물을 연결하는 앵커 성능시험이 추가로 포함되어 있다. 앵커는 방음벽 전체의 구조적 안전을 좌우하는 중요한 부품으로, 국내에서도 이에 관한 성능을 보장하기 위한 안전 규정이 요망된다. 그 외에 부식시험(Alterungs und Korrosionsbeständigkeit), 투석파손시험(Steinwurfresistenz), 채색유지시험(Farbtonbeständigkeit), 내화시험(Feuerresistenz) 등의 항목이 규정되어 있다. Lsw에서는 이러한 시험에 합격한 방음판은 적어도 60년 동안 성능이 보장되는 것으로 인정하고 있다.

KS-4770과 Lsw의 개괄적인 비교를 Table 2에 제시하였다. 먼저 KS-4770에서는

풍하중의 항력계수가 1.2인 경우로 한정하여, 방음벽 설치 위치가 토공부인 경우에 대해서만 규정하고 있으나, Lsw에서는 토공부 뿐만 아니라 고가부에 설치된 방음벽에 대한 안전규정도 포함하고 있으며, 보다 중요한 차이로는 재하방법, 시험하중 및 허용처짐량을 들 수 있다. KS-4770에서 규정하는 재하방법은 집중하중으로, 단순보에 분포하중의 형태로 작용하는 하중과 동일한 크기의 최대모멘트를 만들어내는 집중하중을 구해 재하하나, Lsw에서는 작은 추들을 방음판 위에 골고루 올려놓아 가능한데로 등분포하중과 유사하게 재하해서, 실제의 풍하중과 유사한 재하형태를 규정하고 있다.

이 것이 KS-4770의 첫 번째 문제점으로, 풍하중은 분포하중의 형태로 작용하기 때문에, 동일한 크기의 모멘트를 만들어 내더라도 발생하는 처짐은 차이를 보이게 된다. 더욱이 KS-4770 안의 집중하중 형태로의 재하하중은 빔 모델에서 산정되었으므로 실제의 경우인 판 모델에서는 더 큰 차이를 보이고 있다.

시험하중과 허용처짐량의 경우, 방음판의 합격 여부를 좌우하는 주요한 기준값임으로 이에 대한 상세한 검토는 아래에 별도로 상세히 기술하였다.

Table 1. Comparison of Test Items

시험항목	한국 (F 4770-1 - 2001)		독일 (ZTV-Lsw 88)	
	안전성시험	하중변형량 시험:	- 탄성변위시험, - 영구변위 시험	하중변형량 시험:
기타	충격시험, 연소성시험		형상유지시험, 앵커시험	부식시험, 투석파손시험, 채색유지시험, 내화시험

Table 2. Comparison of Safety Tests for Sound Barrier: Korea-Germany

		F 4770-1 - 2001	ZTV-Lsw 88
적용 방음벽 위치		토공부	토공부, 고가부
재하하중 형태		집중하중으로 재하	등분포와 유사하게 재하
재하방법		가압장치로 재하 (가압속도 중요)	정적 재하 (추를 올려놓음)
시험항목		탄성변위시험, 영구변위시험	탄성변위시험, 잔류변위시험
허용변위량 [mm]	탄성변위량	50 (수직방음벽)	L/75
	영구변위량	$L_A/500$	L/400

3. KS규정 분석 (F 4770-1 - 2001)

방음판 시편과 시험방법에 관한 상세 분석 결과를 이해가 쉽도록, 먼저 KS-4770의 원문을 박스 안에 쓰고, 분석의견을 아래에 기술하였다.

3.1 시험장치

Fig. 1은 KS-4770에 제시된 시험장치이다. 이 시험장치 그림을 보면, 그림에 표시된 l 에 관한 정확한 정의가 없으나, 지점 간의 거리로 짐작된다. 또한 재하방법을 집중하중으로 규정하였기 때문에, 집중하중 재하에 의한 재하점의 국부적 파손을 막기 위해 가압장치와 방음판 사이에 강판을 설치하게 하고 있다. 그러나 설치되는 강판의 정확한 규격에 대한 정의가 기술되어 있지 않으며 또한 재하면이 방음판의 전면인지 후면인지에 관한 규정이 없어, 동일 방음판이라도 재하면에 따라 상이한 결과를 나타낼 수 있다.

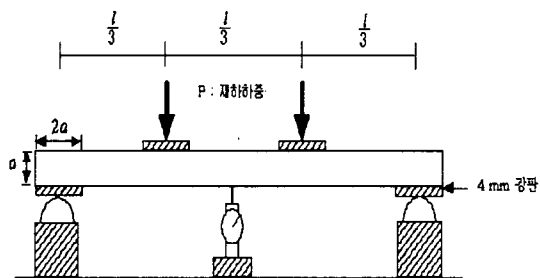


Fig. 1. Test Equipment¹⁾

또한 거의 모든 금속방음판은 지주인 H-빔의 플렌지 부분에 삽입되어 있으며, 방음판과 지주의 플렌지 사이에 고무패드를 삽입하여, 누음의 방지와 함께 금속끼리의 충돌에 의한 파손을 예방하고 있다. 따라서 방음판의 지지조건은 단순보가 아님으로, 시험

체의 설치방법을 현장 설치 시와 동일하게 하라고 명기함으로써, 실험실에서 상이한 조건에 의한 잘못 된 결과가 나오지 않도록 하여야 한다. 이는 경우에 따라 무시하지 못할 정도의 오차를 만들어 낼 수 있는 것으로, 단순보의 지지조건과 고무패드에 의한 탄성지지는 서로 지점 간의 거리를 달리 하기 때문이다. 일반적으로 탄성 지지되는 폭의 중간을 단순보의 롤러 지점으로 한 경우, 탄성지지의 경우가 롤러 지점에 비해 짧은 지점 간 거리를 만들어 냄으로써 더 작은 처짐(방음판의 중앙점과 지점 간의 상대처짐)을 만들어 낸다.

3.2 허용변위량

평가방법으로 택하고 있는 최대변위량은, 탄성변위의 경우, 허용되는 최대변위량을 50 mm의 일정한 값으로 정하고 있어, 방음판의 길이가 다르면 허용처짐량이 달라져야 하는 것을 고려하지 않고 있다. 이는 아래에 제시된 "8.4 하중 변위시험"의 "8.4.1 시편준비"에서 "하중 변위시험을 위한 시험용 방음판은 표 5 또는 소비자와 생산자의 협의 하에 제작된 크기로 선택한다."로 규정하고 있어, 시험 방음판의 길이에 따른 허용처짐크기를 달리하여야 한다. 참고로 Lsw에서는 최대 탄성허용변위량을 방음판 길이 L 에 대해 $L/75$ 로 규정하고 있다.

5.3 허용변위량 방음판의 하중변위 시험을 위한 탄성 변위시험은 8.4.2, 영구 변위시험은 8.4.3에 따라 수행하여 표 2를 만족하여야 하고, 표 3과 같이 내하중의 등급을 산정하여 10.의 c)와 같이 표시한다. 이때, 시험 중 지지대로부터 방음판이 시험하중에 의해 분리되거나, 방음판의 좌굴 또는 방음판 내부에 있는 흡음재의 영구변형이 일어나서는 안 된다.

표 2 최대변위량

단위 : mm		
항 목	탄성변위량	영구 잔류변위량
최대변위량	50	$\frac{L_A}{500}$

8.4 하중 변위시험 하중 변위시험은 다음에 따른다.

8.4.1 시편준비 하중 변위시험을 위한 시험용 방음판은 표 5 또는 소비자와 생산자의 협의 하에 제작된 크기로 선택한다.

3.3 탄성변위 시험

8.4.2 탄성변위 시험

a) 정적 하중 변위 실험을 실시하며, 그림 1과 같은 3 등분점 하중시험법을 실시한다. 지지점은 단순보의 형태를 이루도록 하고, 시험체는 길이 방향으로 설치하며 양측으로 두께만큼 안쪽 위치에 지지점을 설치한다.

위의 8.4.2 탄성변위 시험 규정 내의 “그림1”은 본 논문에서의 Fig. 1과 같다. 이 규정을 보면 첫째, “길이 방향으로 설치”를 안전에 대해 불리한 방향으로 “로 수정하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 시험체의 재료가 등방성인 경우에는 시험체를 길이 방향으로 놓고 재하 하는 것이 불리하나, 방음판과 같이 표면에 음의 삽입을 위한 구멍이 뚫려 있는 경우에는, 방향에 따라 강성이 다

름으로 먼저 어느 방향이 불리한 방향인지를 결정하여, 불리한 방향으로 재하 하여야 한다.

또한 “두께 만큼 안 쪽 위치에 지지점을 설치”라고 하지 않고, “실제 사용되는 포스트로 실제와 동일한 조건으로 지점 설치”라고 명시함으로써 실험실과 현장의 차이에 의한 오차를 예방할 수 있다.

b) 방음판 길이 방향의 중간의 양 끝단 위치에서 처짐량을 1/20 mm 이상의 정밀도를 가진 측정기로 측정하고, 2 점의 평균값을 구한다.

여기에서는 처짐량 측정을 위한 측정기의 설치방법을 설명하고 있지 않으나, Lsw의 경우, 방음판의 상부에서 처짐을 측정하는 것을 명시하고 있다. 이는 하부에 측정기를 설치하는 경우 발생할 수 있는 오류를 예방하기 위한 것으로, 처짐기 선단의 미끄러짐 등에 의한 측정방향의 변화가 그 예이다. 따라서 하부에서 측정하는 것 보다, 상부에서 측정하는 것이 정확한 측정을 위해 바람직하다. 이에 대한 명기가 필요하다.

c) 가압장치를 이용하여 재하하중을 가하고, 재하속도는 매분 약 0.3 MPa 이하로 한다.

실제의 하중조건과 유사하기 위해서는 풍하중 작용방법의 특징인 분포하중이 재현되어야 한다. 물론 계산으로는 동일한 처짐이 발생하는 집중하중을 가하면 동일한 처짐량이 발생하나, 이를 실험실에서 만들어내기는 용이하지 않다. 또한 집중하중 재하에 의한 방음판의 파손을 막기 위해 방음판 위에 철판을 깔아 집중하중에 의한 방음판의 국부적인 변형을 예방할 수 있으나, 철판에 의해 하중이 분포되어 작용함으로써, 수식으로 구한 집중하중과는 다른 형태의 하중분포가

만들어진다. 따라서 방음판 위에 H-빔 조각과 같은 물체를 분산시켜 올려놓아 재하 함으로써, 보다 실제와 가까운 재하형태를 만들 수 있으며, 정적인 실험이 가능하다. 즉, 가압장치 보다는 일정 중량의 물체를 고무 분산시켜 재하 하는 것이 실제와 더 유사하며, 이렇게 하면 특별한 가압장치가 필요 없는 것도 분포재하의 장점이다.

d) 재하 하는 하중은 표 7의 시험하중을 바탕으로 다음의 식을 이용하여 구한 값을 사용한다.

$$P = \frac{3}{8} qL \text{ (N)}$$

여기서 q : 단위폭당 시험하중(N/m)
 L : 시편의 길이(m)

표 7 내하중 등급에 따른 시험하중					
단위 : kPa					
내하중 등급	1 호	2 호	3 호	4 호	5 호
시험 하중	4.4	3.6	2.9	2.2	1.6

위의 식은 단순보 모델에서, 등분포하중과 1/3점 집중하중 재하시, 두 하중재하에서 동일한 크기의 최대모멘트가 발생하기 위한 조건으로부터 구해진 것이다. 그러나 적합여부의 판단을 처짐으로 하고 있으므로, 집중하중으로 재하 하는 경우에도, 동일한 처짐을 발생하는 등가의 하중으로 재하 하는 것이 적절하다. 또한 식에서 규정하고 있듯이, q 를 단위폭 당 시험하중(N/m)으로 하여 P 를 구한다면, 단위폭 당 시험하중은 방음판의 폭과 상관없이 동일한 크기가 된다. 따라서 위의 표7의 값을 q 로 대입하여 P 를 구하면, 길이가 같고 폭이 다른 방음판에 동일한 재하하중 P 를 사용하게 된다. 참고로 급속재 방음판의 경우, 국내에서는 폭이 40cm

와 50cm인 방음판이 많이 생산되고 있다.

따라서 집중하중 재하의 경우, 아래의 식으로 구한 P 를 길이 방향으로 1/3점과 2/3점에 집중하중으로 재하 하여 시험하면 위에 기술한 오차를 없앨 수 있다. 그러나 위에서 언급한 것처럼, 실제의 풍하중 작용의 경우와 유사하게 재하하기 위하여는 추를 올려놓아 가능한 한 분포하중의 형태로 재하 하는 것이 바람직하다.

$$P = \frac{3}{8} qLB \text{ (kN)}$$

여기서 q : KS-4770 표7의 시험하중(kPa)
 L : 시편의 길이(m)
 B : 시편의 폭(m)

하중재하 방법에 따른 처짐량의 차이를 알아보기 위해, 현재 사용되고 있는 방음판 중 하나인 1960×500 크기의 방음판의 구조 해석을 실시하였다.

먼저 보해석의 경우, 단순보에서 등분포하중에 의한 처짐과 동일 크기의 최대 모멘트를 만들어내는 조건에 의해 구해진 집중하중 $P = 3/8 qL$ 에 의한 처짐을 비교하면, 집중하중의 경우가 등분포하중에 의한 처짐보다 2.2% 큰 처짐을 만들어낸다. 또한 판 해석의 경우, 등분포하중에 의한 처짐과 $P = 3/8 qLB$ 로 구해진 집중하중 재하시의 해석결과는, 집중하중의 경우가 고정단 모델에서는 11.1%, 양단을 힌지와 롤러 지점으로 모델링한 경우가 4.5%의 큰 값을 나타내었다. 또한 실제 설치시와 같이, 힌지와 롤러 지점 모델에서 지점에 고무패드를 나타내는 스프링을 삽입한 경우에도 4.5%의 차이를 나타내었다. 이는 집중하중으로 재하 하는 경우, 발생하는 처짐의 크기가 실제의 경우인 분포재하의 경우보다 더 커, 생산된 방음

판이 불량으로 판정될 가능성이 더 크게 된다. 따라서 허용치짐량을 만족시키기 위해서는 좀 더 강한 재료를 사용해야 하며, 이는 재료의 낭비에 의한 비경제적인 생산이 된다. 따라서 실제와 유사한 등분포재하를 하는 것이 바람직하다. 더욱이 실제의 경우 포스트에 의해 가려지는 방음판의 면적이 전체 방음판 면적의 약 8%가 되어, 실제 경우 발생하는 치짐은 실험실에서 집중재하로 인한 경우보다 더 큰 차이로 감소한다. 따라서 집중재하에 의한 실험결과로 방음판의 합격 여부를 판단한다면, 보다 큰 재료적 손실을 야기하여, 분포하중재하가 바람직하다.

e) 내하중 등급에 따른 재하하중에 대한 치짐량을 b)와 같이 측정한다.

b)항의 분석에서 언급한 것처럼, 하부에서의 측정정보는 상부에서 측정하는 것이 오류 발생가능성이 보다 적을 것으로 판단된다.

3.3 영구변위시험

8.4.3 영구 변위시험

a) 8.4.2의 a) 및 b)와 동일하게 시험용 방음판의 치짐량을 측정한다.

b) 8.4.2의 c)에서 가압장치의 하중을 제거한 후 치짐량을 8.4.2의 b)와 동일하게 측정한다.

c) a)와 b)에서 측정한 치짐량의 차를 내하중 등급에 따른 영구변위량으로 한다.

영구변위량의 경우, 하중 제거 후에 일정 시간이 지나야 탄성변위량이 제거된 잔류변형량만이 남게 된다. 따라서 일정 시간의 경과를 지정하는 규정이 추가되어야 한다. 참고로 Lsw의 경우, 30분의 경과시간을 규정하고 있다. 또한 발생한 치짐의 성격상 영구변위량보다는 잔류치짐량의 표현이 적당할

것으로 판단된다.

또한 Table 2를 보면 KS-4770의 최대변위량은 $L_A/500$ mm인 반면, Lsw에서는 $L_A/400$ 을 적용하고 있어, KS-4770의 최대변위량이 Lsw에 비해 25% 작음으로 Lsw에 비해 상당히 보수적인 것을 알 수 있다.

4. 도로교설계기준과의 비교

여기에서는 교량에 설치되는 방음벽의 설계를 위한 규정이 포함된 도로교설계기준³⁾(이하 도로교기준)과의 비교를 통해, KS-4770에서 정의하고 있는 방음벽 설계하중의 타당성을 검토하였다. Table 3은 도로교기준에 제시되어 있는 풍압계산식에 의해 구해진 기본풍속별 풍압으로, 도로교기준에서는 지역별 풍속의 차이를 고려하기 위해, Table 3에 제시된 것과 같이 설계를 위한 기본풍속을 다섯 가지로 구분하고 있다. 이 중 설계풍속 30 m/sec은 내륙지방에 해당하는 것으로 서울, 대구, 대전, 춘천, 청주, 수원, 추풍령, 전주, 이리, 진주, 광주가 해당된다. 설계풍속 35 m/sec인 지역은 서해안 지방의 서산, 인천이 해당된다. 설계풍속 34 m/sec는 서남해안(군산) 지역과 남해안(여수, 충무, 부산) 및 동남해안(포항, 울산)이 해당된다. 설계풍속 45 m/sec인 지역은 동해안(속초, 강릉) 지역과 제주지역(제주, 서귀포) 및 특수지역(목포)이다. 가장 큰 설계풍속 50 m/sec인 지역은 우리나라에서 가장 바람이 강한 지역인 울릉도에 설치되는 방음벽의 안전을 위해 적용되는 값이다.

Table 4는 KS-4770에 제시된 설계 및 시험하중의 크기로, Table 3과 Table 4를 비교하여 Table 5에 나타내었다. 이 표를 보면 설계하중의 경우, KS-4770과 도로교기준은 토공부의 경우에는 크기가 같으나(비율 =

1.0), 고가부에서는 KS-4770에 규정된 설계하중이 도로교기준에서 규정하고 있는 값에 대해 70%의 크기이다. 따라서 KS-4770으로 규정된 설계하중을 세분화하여 풍속이 강한 높이에 설치되는 방음벽을 위한 설계하중의 크기를 규정할 필요가 있다. 참고로 Table 6 에는 Lsw에서 규정하고 있는 설계하중과 시험하중과 함께 한국기준으로 구한 해당 설계풍속이 나타나 있다. 이를 Table 3 또는 Table 4의 한국에서의 풍속과 비교하면, 독일의 경우, 상당히 낮은 풍속을 방음벽 설계에 적용함을 알 수 있다. 그러나 이는 독일에서 적용하는 거스트 응답계수, 항력계수 등과 같은 값들에 따라 다소 차이가 날 수 있는 값이다.

Table 3. Wind Pressure³⁾

풍속 V [m/s]	도로교설계기준으로의 풍압계산 [kN/m ²]	
	고가부	토공부
30	1.68	1.26
35	2.28	1.71
40	2.98	2.24
45	3.77	2.83
50	4.66	3.49

Table 4. Test Load¹⁾

설계속도 m/s	50	45	40	35	30
설계하중 kN/m ²	3.4	2.8	2.2	1.7	1.2
시험하중 kN/m ²	4.4	3.6	2.9	2.2	1.6

Table 5. Comparison of Wind Load

(KS-4770 설계하중) / (도로교 풍압)		(KS-4770 시험하중) / (도로교 풍압)	
고가부	토공부	고가부	토공부
0.7	1.0	1.0	1.3
0.7	1.0	1.0	1.3
0.7	1.0	1.0	1.3
0.7	1.0	1.0	1.3
0.7	1.0	0.9	1.3

도로교 풍압: Table 3의 값

KS-4770 설계 및 시험하중: Table 4의 값

Table 6. Wind Load in Germany²⁾

방음벽 위치	설계풍하중 [kN/m ²]	시험하중	한국기준으로의 해당풍속 [m/s]
토공부	1.45	2.54	32.2
교량	$h_B < 20m$	2.54	27.9
	$20m \leq h_B < 50m$	3.06	30.6
	$50m < h_B$	3.68	33.6

h_B : 지반에서 교량 노면까지의 높이

5. 시험예

KS-4770의 적정성을 보다 더 상세히 판단하기 위해, 실제 생산되고 있는 U-회사 생산 방음판에 대한 재하시험결과를 분석하였다. Table 7은 해당 회사의 관련 보고서에서 그대로 발췌한 것으로, [Table 3-1-28]은 해당 보고서에서의 표 번호를 의미한다.

Table 7을 보면, 먼저 방음판의 하부에서 측정된 탄성변위시험 결과는 탄성변위량 평가기준인 50mm에 대해 최소 20.0%(2호 시험2)에서 최대 45.0%(3호 시험1)의 여유를 가지고 있어, 생산 제품이 과다한 안전율을 가지고 있다. 실험에서 재하 되는 시험하중에 이미 안전율 개념의 하중 증가계수 1.3이 적용됨으로 추가의 안전율의 확보가 필요하지 않을 것으로 판단된다.

이와 함께 동일 종류의 제품을 사용한 시험인, 시험1과 2의 차이가 17.5%까지 크게 나타나, 이것이 제품의 생산오차에 기인하거나 아니면 부정확한 시험방법에 의한 것으로 추측된다. 오차가 발생할 수 있는 원인으로는, 앞에서 언급한 것처럼 처짐을 시편의 하부에 설치된 계측기에 의해 측정할 때 발생하는 오차로, 계측기에 압축력이 가해짐으로써, 재하시 계측기 라드 선단의 미끄러짐에 의한 측정오차가 발생할 가능성이 있다. 이를 위해 처짐의 측정을 방음판 상부에서 한다면 방음판의 찌그러짐에 의한 오차의 영향이 적어질 것으로 판단된다.

영구변위 시험의 경우에도 시험 결과가 영구변위량 평가기준인 7.9mm에 대해 최소 50.6%(2호 시험2)에서 최대 86.1%(3호 시험1)의 여유를 가지고 있어, 보다 경제적인 방음판 설계가 필요한 것으로 판단된다.

Table 7. [Table 3-1-28] Load-Deflection Test Result of Metallic Soundproof Panel

[Unit : mm]

내하중 등급	1 호	2 호		3 호		비 고
		시험		시험		
		1	2	1	2	
탄성변형 시험	(1)	82.0				적재하중이 없는 경우 지면으로부터 방음판까지의 높이
	(2)	44.1	42.0	54.5	49.7	적재하중 설치 후 지면으로부터 방음판까지의 높이
	(3)	37.9	40.0	27.5	32.3	탄성변위량 : (3)=(1)-(2)
영구변형 시험	(4)	78.6	78.1	80.9	79.9	적재하중 제거 후 지면으로부터 방음판까지의 높이
	(5)	3.4	3.9	1.1	2.1	영구변위량 : (5)=(1)-(4)
평가	불합격	합 격		합 격		평가기준 : 탄성변위량 50mm 이내, 영구변위량 L/500=7.9mm

위의 시험결과를 독일의 규정에 의해 판정한다면, 독일규정에 의한 허용처짐량이 크므로(Table 8 참고) 한국 규정으로 합격 판정된 방음판 2, 3호 모두 당연히 합격으로 판정된다. 그러나 만약 한 방음판의 시험결과가 한국 규정과 독일 규정의 허용처짐량 사이의 크기를 나타냈다면, 이 방음판은 한국규정에 의해서는 불합격, 독일규정에 의해서는 합격이 되는 것을 의미한다. 그러나 독일 규정인 L_{sw} 의 경우, KS-4770에 비해 훨씬 큰 시험하중을 사용하여 결과적으로는 L_{sw} 에 의거하여 제작된 방음판이 더 강할 것으로 판단된다. 토공부에 설치되는 방음판의 설계하중과 시험하중을 비교하여 Table 9에 나타내었다. 참고로 독일 기준에서는 방음판의 전면과 후면 중 어느 면이 약한지를 먼저 결정하고, 약한 면을 재하면으로 하여 재하시험을 수행하며, 설계하중의 1.75배 크기로 재하시험을 수행한다.

Table 8. Allowable Deflection (L=3960mm)

적용기준	KS-4770	L_{sw}
탄성변위시험	50 mm	52.8 mm
영구변위시험	7.9 mm	9.9 mm

Table 9. Comparison of the design load with the test load

풍속 V [m/s]	설계하중			시험하중	
	도로교 기준	KS-4770	L_{sw}	KS-4770	L_{sw}
30	1.26	1.2	1.45	1.6	2.54
	105%	100%	121%	100%	159%

Table 7의 각 시험 결과에서, 시험 별로 허용처짐크기에 대한 여유량을 구하여 Table 10에 나타내었다. 이 표를 보면 모두 과도한 여유량을 보유하고 있음을 알 수 있어, 보다 경제적인 제품의 생산이 요구된다.

Table 10. Allowance (L = 3960 mm)

	2호		3호	
	시험1	시험2	시험1	시험2
탄성변위시험	24.2%	20.0%	45.0%	35.4%
영구변위시험	57.0%	50.6%	86.1%	73.4%
평가기준	탄성변위량 : 50 mm 이내, 영구변위량 : 7.9 mm(= $L/500$)			

7. 결론

KS-4770의 허용처짐량은 L_{sw} 에 비해 상당히 보수적인 것으로 나타났다. 탄성변위량의 경우, 한국의 평가기준은 50mm의 일정 크기로 정해져 있어, 방음판의 규격에 따른 고려를 하지 않고 있다. 따라서 긴 규격의 방음판은 이 기준에 따라 필요 이상으로 강하게 제작될 수도 있다.

또한 방음벽은 설치지역 뿐 아니라 설치 높이에 따라, 방음벽에 작용하는 풍하중의 크기가 달라진다, 예를 들어 고가교와 같이 높은 지역에 설치되는 방음벽에는 토공부보다 강한 풍하중이 작용해, 이 경우 보다 강한 재료의 방음판이 사용되어야 한다. 따라서 한국규정에 이를 위한 규정이 보완되어야 할 것으로 판단된다.

이와 함께 보다 정확한 실험을 위한 실험 기구의 정확한 표현 및 측정방법의 상세 설명이 보완되어야 할 것으로 판단된다. 보완이 되어야 하는 점으로는 첫째, 방음판의 약

한 면을 결정하기 위한 시험이 먼저 수행된 후에 재하시험이 수행되어야 하며, 둘째, 시험실에서 방음판을 현장과 같은 조건으로 설치하여, 시험편의 경계조건에 따른 현장과의 오차를 없애야 한다. 마지막으로 하중재하를 실제 풍하중의 작용방법과 유사하게 분포시켜 재하 함으로써, 집중하중의 재하에 따른 오차를 감소시켜야 한다.

참고문헌

1. 한국산업규격 방음판-금속재 KS F 4770-1-2001, 한국표준협회.
2. Bundesminister für Verkehr: Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Strassen (ZTV-Lsw) 1988, Verkehrsblatt Verlag.
3. 도로교설계기준, 2000, 건설교통부.

부록)

KS F 4770-1의 재하하중 산정식 $P = 3/8 qL$ (N)의 유도

q : 단위폭당 시험하중(N/m)

L : 시편의 길이(m)

유도)

단순보에서의 1/3과 2/3 지점에 작용하는 집중하중 P 에 의한 최대 모멘트

$$M_P = Pl/3$$

단순보에서의 등분포하중 q 에 의한 최대 모멘트 $M_q = ql^2/8$

$M_P = M_q$ 에 의해 $P = 3/8ql$ 이 유도됨.