

방음벽 안전을 위한 기준 조사 및 분석

Investigation and Analysis of Regulations for the Safety of the Noise Barrier

허 영[†] · 김 흥 식^{*}

Young Huh and Heung-Sik Kim

(2003년 7월 10일 접수 : 2003년 8월 30일 심사완료)

Key Words : Metallic Sound Barrier of the Absorption Type(금속재 흡음형 방음벽), Safety Test(안전시험), KS F4770-1, ZTV-Lsw 88

ABSTRACT

For the noise reduction measures in a construction field or near the traffic line 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, conclusions were reached that it is required to improve test methods in KS F4770-1 as well as to break down test loads for building more cost-effective sound barrier.

1. 서 론

소음과 진동에 의한 환경문제는 도로교통, 철도, 건설현장 등에서 자주 발생하는 것으로 여러 가지 소음원과 진동원이 있다. 본 논문의 주제는 이 중 소음에 관한 것으로, 소음에 의한 문제 발생 시 가장 많이 사용되는 대책인 방음벽의 구조적 안전성 확보를 위하여는 먼저 방음판의 강성이 충분하여야 한다. 본 논문에서는 가장 많이 사용되는 방음판 종류인 흡음형 금속재 방음판의 안전시험을 위해 적용되는 한국산업규격을 검토, 분석하였다.

방음벽 설계는 소음설계(또는 차음설계)와 구조설계로 구분되며, 구조적으로 안전한 방음벽을 설치하기 위해서는 기본적으로 방음벽에 작용하는 가장 중요한 하중조건인 풍하중에 의한 설계가 수행된다. 국

내의 경우, 방음벽이 설치되는 지역에 따라 상이한 크기의 풍하중을 지지하기 위해서는 방음판과 지주가 구조적으로 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 F4770-1-2001을 분석하여, 수정이 필요한 부분을 지적하고 개선책을 제시하여, 보다 경제적이며 안전한 방음판의 생산을 목표로 하였다.

2. 방음판 안전 시험 규정 비교 : 한국 - 독일

금속재 방음판의 품질시험을 위한 한국산업규격인 KS F4770-1-2001(이하 KS-4770)⁽¹⁾에 제시된 방음판의 안전을 위한 시험항목과 독일의 관련 규정인 ZTV-Lsw 88⁽²⁾(이하 Lsw) 내의 시험항목을 보면, KS-4770과 비교해 Lsw에는 주요 시험항목으로, 받침판을 통해 방음벽의 상부와 지지구조물을 연결하는 앵커 성능시험이 추가로 포함되어 있다. 앵커는

[†] 책임저자, 정회원, 수원대학교 토목공학과
E-mail : huhyoung@mail.suwon.ac.kr
Tel : (031)220-2317, Fax : (031)220-2494

^{*} 정회원, 호남대학교 건축토목공학부

방음벽 전체의 구조적 안전을 좌우하는 중요한 부품으로, 국내에서도 이에 관한 성능을 보장하기 위한 안전 규정이 요망된다. Lsw에는 그 외에 부식시험 (Alterungs und Korrosionsbeständigkeit), 투석파손 시험(Steinwurfresistenz), 채색유지시험(Farbtbeständigkeit), 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 1에 제시하였다. 먼저 KS-4770에서는 풍하중의 항력계수가 1.2인 경우로 한정하여, 방음벽 설치 위치가 토공부인 경우에 대해서만 규정하고 있으나, Lsw에서는 토공부 뿐 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 끌고루 올려놓아 가능한데로 등분포하중과 유사하게 재하하여, 실제의 풍하중과 유사한 재하형태를 규정하고 있다. 이것이 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 빔모델에서 산정되었으므로, 실제의 경우인 판모델과는 차이를 나타낸다.

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

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 규정하였고, 집중하중 재하에 의한 재하점의 국부적 파손은 가압장치와 방음판 사이에 설치된 강관에 의해 방지가 가능하다. 그러나 설치되는 강관의 정확한 규격에 대한 정의가 기술되어 있지 않으며 또한 재하면이 방음판의 전면인지 후면인지에 관한 규정이 없어, 동일 방음판이라도 재하면에 따라 상이한 결과를 나타낼 수 있다.

또한 거의 모든 금속방음판은 지주인 H-빔의 플랜지 부분에 삽입되어 있으며, 방음판과 지주의 플랜지 사이에 고무패드를 삽입하여, 누음의 방지와 함께 금속끼리의 충돌에 의한 파손을 예방하고 있다. 따라서 방음판의 지지조건은 단순보가 아님으로, 시험체의 설치방법을 현장 설치 시와 동일하게 하라고 명기함으로써, 실험실에서의 상이한 조건에 의한 잘못된 결과가 나오지 않도록 하여야 한다. 이는 경우에 따라 무시하지 못 할 정도의 오차를 만들어 낼 수 있는 것으로, 단순보의 지지조건과 고무패드에 의한 탄성

Table 1 Comparison of safety tests for sound barrier: Korea-Germany

		F 4770-1-2001	ZTV-Lsw 88
Location of wind barriers		Earth level	Bridge level
Applied load type		Point loads	Similar to distributed loads
Loading method		Using pressuring equipment	Static load
Test case		Elastic displacement test, Permanent displacement test	Elastic displacement test, Residual displacement test
Allow. Displacement [mm]	Elastic displacement	50(수직방음벽)	L/75
	Residual displacement	$L_A/500$	L/400

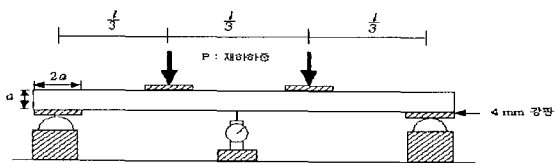


Fig. 1 Test equipment⁽¹⁾

지지는 서로 지점 간의 거리를 달리 하기 때문이다. 일반적으로 탄성 지지되는 폭의 중간을 단순보의 로울러지점으로 한 경우, 탄성지지의 경우가 로울러 지점에 비해 짧은 지점 간 거리를 만들어 냄으로, 더 작은 처짐(방음판의 중앙점과 지점 간의 상대처짐)을 만들어 낸다.

3.2 허용 변위량

5.3 허용변위량 방음판의 하중변위 시험을 위한 탄성 변위시험은 8.4.2, 영구 변위시험은 8.4.3에 따라 수행하여 Table 2를 만족하여야 하고, Table 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 안된다.

Table 2 최대 변위량

단위 : mm		
항 목	탄성 변위량	영구 잔류 변위량
최대변위량	50	$\frac{L_A}{500}$

평가방법으로 택하고 있는 최대변위량은, 탄성변위의 경우, 허용되는 최대변위량을 50 mm의 일정한 값으로 정하고 있어, 방음판의 길이가 다르면 허용처짐량이 달라져야하는 것을 고려하지 않고 있다.

8.4 하중 변위시험 하중 변위시험은 다음에 따른다.

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

이는 위에 제시된 "8.4 하중 변위시험"의 "8.4.1 시편준비"에서 "하중 변위시험을 위한 시험용 방음판은 Table 4 또는 소비자나 생산자의 협의 하에 제작된 크기로 선택한다."로 규정하고 있어, 시험 방음판의 길이에 따른 허용처짐크기를 달리하여야 한다. 참고로 Lsw에서는 최대 탄성허용변위량을 방음판 길이 L에 대해 L/75로 규정하고 있다.

3.3 탄성변위 시험

아래의 8.4.2 탄성변위 시험 규정 내의 "Fig. 1"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 재하하는 것이 불리하나, 방음판과 같이 표면에 음의 삽입을 위한 구멍이 뚫려 있는 경우에는, 방향에 따라 강성이 다르므로 먼저 어느 방향이 불리한 방향인지를 결정하여, 불리한 방향으로 재하하여야 한다.

8.4.2 탄성변위 시험

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

또한 "두께 만큼 안 쪽 위치에 지지점을 설치"라고 하지 않고, "실제 사용되는 지주로 실제와 동일한 조건으로 지점 설치"라고 명시함으로써 실험실과 현장의 차이에 의한 오류를 예방할 수 있다.

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

여기에서는 처짐량 측정을 위한 측정기의 설치방법을 설명하고 있지 않으나, 하부에 측정기를 설치하는 경우, 처짐기 선단의 미끄러짐 등에 의한 측정방향의 변화가 가능하다. 따라서 하부에서 측정하는 것 보다, 상부에서 측정하는 것이 정확한 측정을 위해 바람직하다.

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

재하되는 하중이 실제의 하중조건과 유사하기 위해서는 풍하중 작용방법의 특징인 분포하중이 재현되어야 한다. 물론 계산으로는 동일한 처짐이 발생하는 집중하중을 가하면 동일한 처짐량이 발생하나, 이를 실험실에서 만들어내는 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 재하함으로써, 실제와 보다 가까운 재하형태를 만들 수 있으며, 정적인 실험이 가능하다. 즉, 가압장치 보다는 일정 중량의 물체를 고루 분산시켜 재하하는 것이 실제와 더 유사하며, 이렇게 하면 특별한 가압장치가 필요 없는 것도 분포재하의 장점이다.

d) 재하하는 하중은 Table 7의 시험하중을 바탕으로 다음의 식을 이용하여 구한 값을 사용한다.

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

q : 단위폭당 시험하중(N/m)
 L : 시편의 길이(m)

Table 7 내하중 등급에 따른 시험하중
 단위 : kPa

내하중 등급	1호	2호	3호	4호	5호
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 있음으로, 집중하중으로 재하하는 경우에도, 동일한 처짐을 발생하는 등가의 하중으로 재하하는 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 Table 7의 값을 q 로 대입하여 P 를 구하면, 길이가 같고 폭이 다른 방음판에 동일한 재하하중 P 를 사용하게 된다. 참고로 금속재 방음판의 경우, 국내에서는 폭이 40 cm와 50 cm, 두 가지 종류의 방음판이 생산되고 있다. 따라서 집중하중 재하의 경우, 아래의 식으로 구한 P 를 길이 방향으로 1/3점과 2/3점에 집중하중으로 재하하여 시험하면 위에 기술한 오차를 없앨 수 있다. 그러나 위에서 언급한 것처럼, 실제의 풍하중 작용의 경우와 유사하게 재하하기 위하여는 추를 올려놓아 가능한 한 분포하중의 형태로 재하하는 것이 바람직하다.

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

q : KS-4770 Table 7의 시험하중(kPa)
 L : 시편의 길이(m)
 B : 시편의 폭(m)

3.4 영구변위시험

8.4.3 영구 변위시험

- a) 8.4.2의 a) 및 b)와 동일하게 시험용 방음판의 처짐량을 측정한다.
- b) 8.4.2의 c)에서 가압장치의 하중을 제거한 후 처짐량을 8.4.2의 b)와 동일하게 측정한다.
- c) a)와 b)에서 측정한 처짐량의 차를 내하중 등급에 따른 영구 변위량으로 한다.

영구 변위량의 경우, 하중 제거 후에 일정 시간이 지나야 탄성변위량이 제거된 잔류변형량만이 남게 된다. 따라서 일정 시간의 경과를 지정하는 규정이 추가되어야 한다. 또한 발생한 처짐의 성격상 영구 변위량보다는 잔류처짐량의 표현이 적당할 것으로 판단된다.

또한 KS-4770의 최대변위량은 $L_A/500$ mm인 반면, L_{sw} 에서는 $L_A/400$ 을 적용하고 있어, KS-4770의 최대변위량이 L_{sw} 에 비해 25% 작음으로 L_{sw} 에 비해 상당히 보수적인 것을 알 수 있다.

4. 도로교설계기준과의 비교

여기에서는 교량에 설치되는 방음벽의 설계를 위한 규정이 포함된 도로교설계기준⁽³⁾(이하 도로교기준)과의 비교를 통해, KS-4770에서 정의하고 있는 방음벽 설계하중의 타당성을 검토하였다. Table 2은 도로교기준에 제시되어 있는 풍압계산식에 의해 구해진 기본풍속별 풍압으로, 도로교기준에서는 지역별 풍속의 차이를 고려하기 위해, Table 2에 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 40 m/sec는 서남해안(군산) 지역과 남해안(여수, 충무, 부산) 및 동남해안(포항, 울산)이 해당

된다. 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 3은 KS-4770에 제시된 설계 및 시험하중의 크기로, Table 2, 3을 비교하여 Table 4에 나타내었다. 이 표를 보면 설계하중의 경우, KS-4770와 도로교기준은 토공부의 경우에는 크기가 같으나(비율=1.0), 고가부에서는 KS-4770에 규정된 설계하중이 도로교기준에서 규정하고 있는 값에 대해 70%의 크기이다. 따라서 KS-4770로 규정된 설계하중을 세분화하여 풍속이 강한 높이에 설치되는 방음벽을 위한 설계하중의 크기를 규정할 필요가 있다.

참고로 도로교설계기준에서는 방음벽이 건물밀집지역에 주로 설치되는 것을 감안하여, 기준에 제시된 풍압을 풍상측에만 적용하고, 0.8의 계수를 곱하여 감소시키는 것을 권하고 있다.

Table 2 Wind pressure⁽³⁾

V [m/s]	Wind pressure according to the Korean Standard Specification for Traffic Bridges [kN/m ²]	
	Bridge level	Earth level
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

V : Wind velocity

Table 3 Test load⁽¹⁾

Design velocity m/s	50	45	40	35	30
Design load kN/m ²	3.4	2.8	2.2	1.7	1.2
Test load kN/m ²	4.4	3.6	2.9	2.2	1.6

Table 4 Comparison of wind load

(KS-4770 design load)/WPTB		(KS-4770 test load)/WPTB	
Bridge level	Earth level	Bridge level	Earth level
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

WPTB : Wind pressure for traffic bridges <Tab. 3>
KS-4770 Test a: <Tab. 4>

7. 결론

KS-4770의 허용치짐량은 Lsw에 비해 상당히 보수적이다. 단성변위량의 경우, 한국의 평가기준은 50 mm의 일정크기로 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 토공부 보다 강한 풍하중이 작용해, 이 경우 보다 강한 재료의 방음판이 사용되어야 한다. 따라서 이를 위한 규정의 보완이 필요한 것으로 판단된다.

이와 함께 보다 정확한 실험을 위한 실험기구의 정확한 표현 및 측정방법의 상세 설명이 보완되어야 할 것으로 판단된다. 보완이 되어야 하는 점으로는 첫째, 방음판의 약한 면을 결정하기 위한 시험이 먼저 수행된 후에 재하시험이 수행되어야 하며, 둘째, 실험실에서 방음판을 현장과 같은 조건으로 설치하여, 시험편의 경계조건에 따른 현장과의 오차를 없애야 한다. 마지막으로 하중재하를 실제 풍하중의 작용방법과 유사하게 분포시켜 재하함으로써, 집중하중의 재하에 따른 오차를 감소시켜야 한다.

후 기

본 논문은 환경부 생활공해과의 지원에 의해 수행된 연구결과⁽⁴⁾로, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

(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.

(4) 김홍식, 허영, 2003, "방음벽 유지관리 실태 및 개선방안에 관한 연구," 한국소음진동공학회논문집, 제 13 권, 제 7 호, pp. 570~576.