

친환경 기능성 방음벽

Environmental Functional Soundproof Wall

김 지 성 Kim, Ji sung
이 우 미 Lee, Woo mi
김 일 호 Kim, Il ho
김 광 수 Kim, Kwang soo

과학기술연합대학원대학교 건설환경공학과 석사과정 (E-mail: kjs0102@kict.re.kr)
한국건설기술연구원 환경연구실 수석연구 (E-mail: logoce@kict.re.kr)
정회원 · 한국건설기술연구원 환경연구실 수석연구원 · 교신저자 (E-mail: ihkim@kict.re.kr)
한국건설기술연구원 환경연구실 선임연구위원 (E-mail: kskim@kict.re.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study is to suggest future development direction and application of environmental noise barriers as multi-functional soundproof wall.

METHODS : Based on the literature review, case study and patent search, research and patent trend were investigated. Patent search was conducted by Patent searching tools, 'Focus' .

RESULTS : As environmental noise barriers, Vegetative soundproof wall, photovoltaic soundproof wall, and air-pollution reduction soundproof wall were investigated. First of all, In Korea, Vegetative soundproof wall is being developed mostly as soundproof wall that has vegetation foundation inside, to meet the domestic condition with 23 patent applications. Second, Photovoltaic soundproof wall is being developed mainly with efficiency of photovoltaic system rather than soundproofing. And it is limited to one generation solar cell technology, although Solar cell technology is developing at a rapid pace. On the other hand, for reducing air-pollutant by soundproof wall, a variety of methods are being suggested (filtration, adsorption, and photocatalytic oxidation), and one of them, adsorption are applied for developing air pollution reduction soundproof wall in Korea.

CONCLUSIONS : The above soundproof wall is not simple structure, but road facility applied fusion technique. Therefore, as one system, it is difficult to harmonize due to various considerations for design factor. However, if it's possible that a benefits of one system apply to another system, Synergy effect may be created. In the foreseeable future, soundproof wall may be considered as a road system using fusion technique rather than just functional facility. Therefore, substantial studies for applying multi-functional soundproof wall on the road are needed for the future.

Keywords

environmental noise barriers, vegetative soundproof wal, photovoltaic soundproof wall, air pollution reduction soundproof wall

Corresponding Author : Kim, Il-Ho, Senior Researcher
Korea Institute of Construction Technology, (Daehwa-Dong) 283,
Goyangdae-Ro, ilsanseo-Gu, Goyang-Si, Gyeonggi-Do, 411-712, Korea
Tel : +82.31.9100.649 Fax : +82.31.9100.291
E-mail : ihkim@kict.re.kr

International Journal of Highway Engineering
http://www.ijhe.or.kr/
ISSN 1738-7159 (Print)
ISSN 2287-3678 (Online)

1. 서론

최근 교통량 증가와 함께 급속한 도시화로 인한 교통

량 밀집현상이 발생하고 있다. 이러한 현상들은 교통소음을 야기하는데, 교통소음은 상공업지역뿐만 아니라

주거지역에 이르기까지 영향을 주고 있다. 이에 대응하는 교통소음저감을 위한 근본적인 대안으로 차폐물로서 방음벽을 설치하여 소음을 저감하는 방안이 주로 적용되고 있다. 방음벽은 다양한 분류가 가능하다. 우선 기능에 따라 반사형, 흡음형, 혼합형으로 분류할 수 있다. 반사형 방음벽은 소음을 반사시킴으로써 소음을 저감하는 형태로 방음벽이 설치되는 도로 반대편 지역에 반사음의 영향을 고려해야 하는 경우를 제외한 일반적인 구간에 설치될 수 있다. 반사형의 경우 특히 투명형 소재가 주로 고려가 되는데, 투명형 방음벽은 타 방음벽에 비해 시야확보가 용이한 장점이 있어 최근 설치가 권장되고 있지만, 황변현상과 같은 문제로 인해 도로시설물임에도 불구하고 지속적인 유지보수가 필요하다는 단점이 있다. 한편 흡음형 방음벽은 소음이 방음벽 맞은편으로 전달되는 것을 방지하기 위해 소음을 다양한 흡음재를 이용해 흡수하는 형태로, 반사형 방음벽이 설치될 수 없는 구간에 주로 설치가 되고 있다. 마지막으로 혼합형 방음벽은 흡음기능과 반사기능을 모두 부여한 방음벽을 일컫는다. 흡음부와 차음부가 공존하기 때문에, 각 소재의 기능을 복합적으로 적용 가능하다는 장점이 있어 활용범위가 넓을 수 있으나, 시공비가 높고 시공의 복잡성 또한 타 방음벽에 비해 높다. 한편 방음벽은 재료에 따라 금속재, 콘크리트, 목재, 플라스틱 방음벽으로도 분류가 가능하다. 먼저 금속재 방음벽은 주로 흡음기능을 하며 국내에서 가장 많이 사용되는 재질의 방음벽이다. 콘크리트 방음벽 또한 유지관리가 용이하고 경제적이기 때문에 가장 오래전부터 방음벽의 재료로서 사용되어 왔다. 하지만 금속 및 콘크리트 방음벽은 도시경관과 조화가 잘되지 않기 때문에 미관을 저해시킨다는 단점이 있다. 한편 목재방음벽은 목재가 가진 자연미를 바탕으로 주변경관과 조화를 이룰 수 있으며, 플라스틱 방음벽 또한 대부분의 폴리머소재가 투명하여 주변경관을 보호할 수 있어, 시야확보가 용이한 장점이 있다. 하지만 금속 및 콘크리트 방음벽보다 시공성이 용이하지 못하며, 재료비 또한 고가인 경우가 많다(Kim, C. H., 2012, Lee, J. E., 2010). 한편 최근 도래하고 있는 지구온난화로 유발되는 기후변화에 따른 범세계적인 온실가스저감 움직임 및 신재생에너지 활용측면에서 방음벽 본연의 기능에 추가적인 기능을 부여하는 융합기술 적용이 요구되고 있으며, 자원과 국토가 유한한 우리나라의 경우 필히 요구된다고 할 수 있다. 이러한 요구에 따라 다양한 융합형 방음벽 기술들이 연구되고 있으며, 대표적으로 식생을 접목한 방음벽, 태양광발전이 가능한 방음벽, 대기오염물질 저감이 가능한 방음벽이 있다. 식생방

음벽은 기존에 설치되고 있는 방음벽 특히, 금속 및 콘크리트 방음벽들이 초래하는 도시미관 저해 및 도시생태문제 심화 등과 같은 문제를 해결하고자 연구가 진행되어 왔다. 식생방음벽에 대한 연구는 1990년대 유럽에서 활발히 진행되었으며, 국내에서는 2000년대 들어 활발한 연구가 진행되었다(Korea Institute of Construction Technology, 2002). 태양광발전방음벽은 신재생에너지 원으로써 유럽을 중심으로 설치되고 있으며, 국내에서도 도로시설물에 시범적으로 적용되고 있다. 현재에도 태양전지기술은 급속도로 발전하고 있기 때문에, 향후 태양광발전방음벽 기술 또한 고도화될 것이라 사료된다(Lee, S. J. et al., 2013). 대기오염저감방음벽은 도로변 대기오염물질의 주 발생원인 차량에 비교적 근접해있는 시설물 중 하나인 도로방음벽을 이용해보자는 취지에서 출발하였으며, 주로 유럽에서 연구가 진행되고 있고, 국내에서도 연구가 되고 있다(Kotzen and English, 2009). 본 연구에서는 식생방음벽, 태양광발전방음벽, 그리고 대기오염저감방음벽의 연구동향 파악 및 고찰을 통해 향후 응용 및 발전방향을 제시하고자 한다.

2. 식생방음벽

세계적으로 도로방음벽 설치경향은 나라별 특성에 따라 방음성능 및 유지관리적 측면을 우선적으로 고려하거나, 방음벽 본연의 기능 이외에 도시경관적 차원을 고려하기 위해 미관까지 모두 고려하는 경우로 나눌 수 있다. Ahn, H. S. et al. (2012)에서는 우리나라는 대지가 협소하여 도로망과 주거지역의 구분이 명확하지 않기 때문에, 방음벽 설치 시 도로와 도시의 미관을 고려해야 하며, 미관을 고려하기 위한 방안으로 방음벽의 소재나 디자인에서 차별화를 갖는 방안을 제시하였다. 한편 미관을 고려하기 위한 소재적 접근 중 친환경적 요소로서 식생을 방음벽에 접목시키거나, 식생자체를 방음벽으로 이용하는 경우를 생각할 수 있는데, 특히 식생을 접목시킨 방음벽은 기존 방음벽이 가지는 도시의 미적경관을 저해하는 단점을 해소함과 동시에 생태학적 관점에서 상당한 효과가 있을 것이라고 예상된다(Choi, C. H. et al., 2008).

식생방음벽에 대한 연구는 유럽에서 활발히 진행되어 왔으며, 국내에서도 2000년대 들어 해외 연구사례를 바탕으로 국내실정에 적합한 식생방음벽 연구가 진행되어 왔다. 앞선 해외 연구 및 설치사례를 살펴보면 식생방음벽은 방음벽 주변 식재기반의 유무에 따라 분류가 가능

하다. 도로변에 식재 기반이 존재하는 경우 기존 방음벽에 인접하게 식물을 심어 방음벽을 녹화하는 방안이 있으며, 식재공간이 충분할 경우에는 방음벽 설치 대신에 방음림을 조성할 수도 있다. 반면 도로변에 식재 기반이 존재하지 않는 경우에는 방음벽 일부에 식재기반을 형성하는 방법이 있으며, 그 방법으로는 섬유소인 코이어로 구성된 식생매트를 전면에 부착하고, 방음벽 프레임 내부에는 식재토를 충전하는 방법, 그리고 식재가 가능한 용기를 방음벽 일부에 부착하는 방법이 있다(Korea Institute of Construction Technology, 2002).

국내의 식생형 방음벽에 대한 연구는 주로 식생형 방음벽에 적용할 수 있는 식물종에 대한 연구에 집중되어 있었다. Jung, T. K. et al. (1999)에서는 기존의 방음벽에 적용하기 위한 덩굴식물의 효과 및 활용성에 대해서 연구했으며, 담쟁이덩굴, 노박덩굴 등 방음벽 녹화에 적합한 식물들을 선정하였다. Bashyal, S. et al. (2009)에서는 덩굴식물 외에 세덤류의 식물을 방음벽에 적용하기 위한 생장실험을 실시하였다. 식물종에 대한 연구 이외에, 실제설치를 위한 식생방음벽 시스템에 관한 연구로는 ‘도시환경개선을 위한 식생방음벽 실용화 기술 연구’ (Korea Institute of Construction

Technology, 2002) 및 ‘환경친화적인 생태방음벽 개발’ (Sunmoon University, 2009)가 있다. ‘도시환경 개선을 위한 식생방음벽 실용화 기술 연구’에서는 기 설치된 방음벽에 식재를 하는 방법(Prototype A) 및 신축에 대응하는 새로운 타입의 식생방음벽 모델 (Prototype B)에 관한 연구가 진행되었다. Prototype A는 기 방음벽 지주에 설치된 표준패널의 크기를 고려하여 제작된 식생방음판을 기 설치된 방음판과 교체하는 방식을 적용하였으며, Prototype B는 배합된 인공 토양을 방음벽구조 내부에 충전함으로써 방음벽자체가 식물의 식재기반이 되도록 하였다. 한편 환경친화적인 생태방음벽 개발에서도 도로방음벽으로써 적용이 가능한 벌집형과 블록형 식생방음벽을 개발하였으며, 실제 제작을 통해 적용가능성을 평가하였다(Fig. 1).

식생방음벽의 실질적인 적용안을 파악하고자 국내 식생방음벽 관련특허를 특허검색틀인 Focust를 이용하여 조사하였으며, 그 결과 총 21건의 특허가 검색되었다 (Table 1). 검색결과, 앞서 거론된 연구 성과물을 포함하여, 대부분의 특허가 인공 식재기반을 방음벽 일부 및 내부에 갖추도록 하였다. ‘식생매트를 이용한 생태방음벽’ (Kang, T. H., 2004)은 인공식재 기반으로써 식생

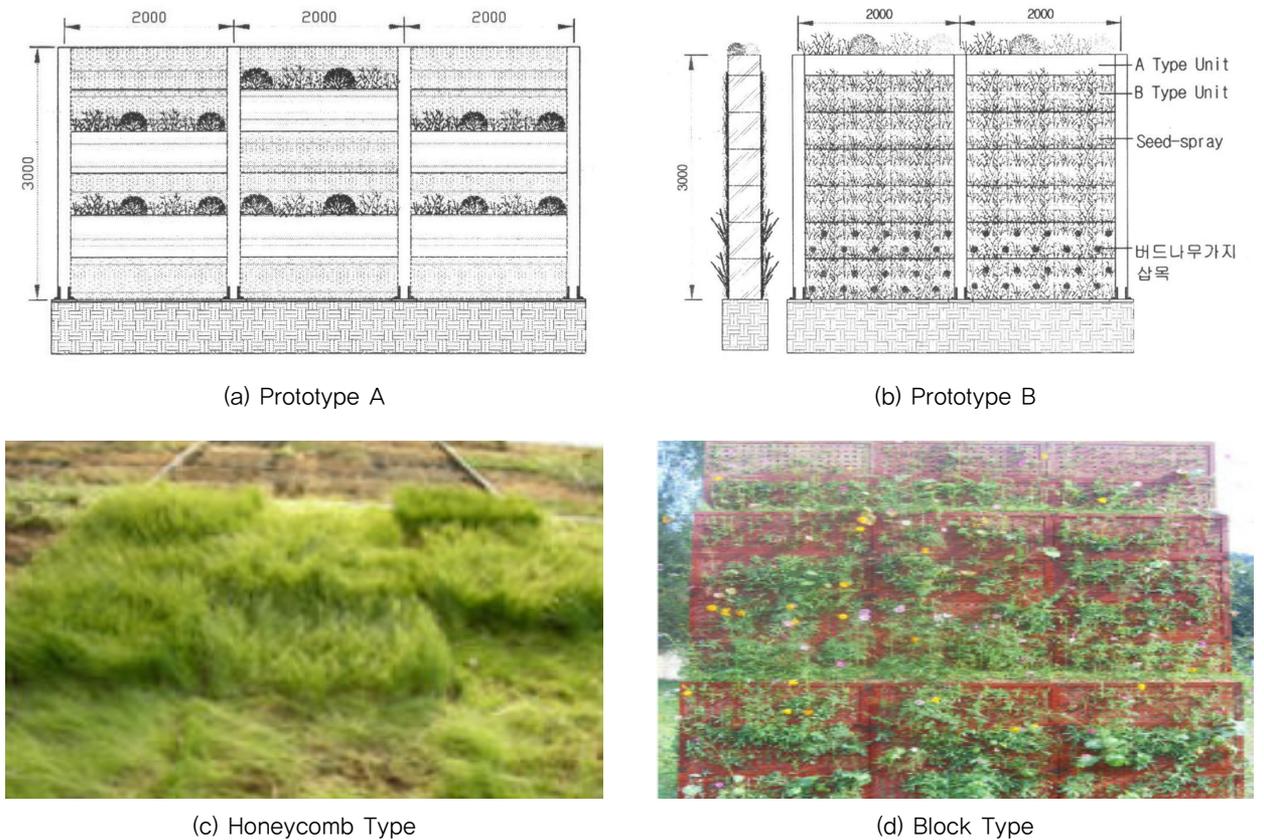


Fig. 1 Vegetative-soundproof Wall Based on Artificial Planting Foundation Developed in Korea

Table 1. Patent Application Status of Vegetative Soundproof Wall in Korea

No.	Proprietary Name	The Application Number	Date of Application
1	Vegetational Sound Insulation Wall	KR19990058227A	1999.12.16
2	A Soundproof Wall Structure in Capable of Plants' Growth	KR20010000188U	2001.01.04
3	Method to Construct Vegetation Sound-proofed Wall Using Willow Branch Thereof Vegetation Sound-proofed Wall	KR20010017970A	2001.04.04
4	Lawn Soundproof wall	KR20010019280U	2001.06.26
5	Method to Construct Vegetation Sound-proofed Wall Using of Soil Heaping Type and Thereof Vegetation Sound-proofed wall	KR20010052340A	2001.08.29
6	Method to Vegetation Afforesting Sound-proofed Wall Using of Vegetation Planter	KR20010052341A	2001.08.29
7	A Wire Netting Block for Construction of The Soundproofing Wall with Vegetation	KR20020022085A	2002.04.22
8	Structure of Wood Soundproofing Wall with Vegetation	KR20020038080A	2002.07.02
9	The Soundproofing Wall with Vegetation Using a Wire Netting Block	KR20020038081A	2002.07.02
10	Sedum Mat and Vegetative Soundproof Unit and Vegetative Soundproof Wall	KR20030033079A	2003.05.23
11	Prefab Vegetation Soundproof Wall	KR20040003976A	2004.01.19
12	Eco Soundproof Wall Using the Greening Mat	KR20040005250U	2004.02.27
13	Plant Box and Vegetative Soundproof Wall Using Thereof	KR20040030744A	2004.04.30
14	Sound-proof Plant Wall with the Form of Planter	KR20040031152A	2004.05.03
15	Vegetation Module and Vegetation Soundproof Wall	KR20050032236A	2005.04.19
16	Baffle Wall with Ecological Distribution Including Various Plant Groups, and Planting Method Using the Same	KR20080002693U	2008.02.28
17	A Prefabricated Panel for Fence Including Planting Space and Construction Method Using the Same	KR20080026385A	2008.03.21
18	Assembly Vegetation Soundproof Wall	KR20080055950A	2008.06.13
19	Plant for Vegetation Growing and Ecological Vegetative Sound Barrier Using the Same	KR20090003461U	2009.03.25
20	Plant for Vegetation Growing and Ecological Vegetative Sound Barrier Using the Same and Construction Method Thereof	KR20090025614A	2009.03.25
21	Echo Sound Absorbing Wall for a Flowerpot Type	KR20110145827A	2011.12.29

매트를 이용하였다. 이 특허에서는 인공지반 녹화용 식생매트를 기 방음벽으로의 간단한 구조물 추가와 함께 도입함으로써 식생방음벽을 형성하였다. 한편 방음벽을 구성하는 방음패널 자체에 식재가 가능하도록 하는 고안도 있었다. '철망 블록을 이용한 식생 방음벽' (Park, K. S., 2005)에서는 방음패널 구성에 있어서, 식물의 씨앗이 혼합된 부토가 충전되어 있는 조밀한 철망으로 구성된 내측포대를 외측철망으로 감싸서 철망 블록을 형성하였다. 철망 블록은 H빔 사이에 적층 설치하였다. 이와 유사한 방식의 식생방음벽으로써, '식재 가능한 목재 방음벽의 구조' (Park, J. Y., 2005)에서는 방음벽 구조를 이루는 H빔에 내부 식재가 가능한 플랜터 형태의 목재 방음패널을 적층 설치하였다.

국내 연구사례 및 특허동향 검토 결과, 최근까지의 연구는 주로 인공 식재기반을 갖춘 식생방음벽 개발에 주

력해 왔다는 것을 알 수 있다. 이는 국내 도로변의 자연 식재공간이 충분하지 않기 때문이라 사료된다. 한편 식생방음벽은 식생을 기반으로 하기 때문에 꾸준한 유지관리가 요구된다. 식생방음벽의 유지관리에는 초기 방음벽형성 시, 식물성장 및 방음성능에 영향을 미칠 수 있는 방음벽 형태관리를 위한 마감관리가 있으며, 장기적으로 식생이 성장하는데 필요한 물공급 및 방음벽 내 식생의 밀도조절을 위한 관리 등이 있다. 초기 식재 및 마감관리의 경우 식생방음벽을 형성하는 과정이므로 특별한 관리가 필요하지 않지만, 식생방음벽이 형성된 이후에는 정기적으로 사멸한 식물 제거 및 방음벽 내 식물의 밀도 조절이 필요하며, 비가 내리지 않거나 높은 온도가 지속되어 수분공급에 차질이 생길 경우 수분을 공급해 주어야 한다. 현재까지 고안된 식생방음벽들은 식생이 형성된 이후의 유지관리가 용이하지 못하다고 판

단된다. 그 이유는 식생방음벽은 도로시설물로서, 유지관리를 위한 시간 및 경제적 투자가 최소화되어야 하지만, 필요이상의 유지관리가 필요하기 때문이다. 또한, 현재까지 고안된 식생방음벽들은 식생환경을 조성해 주기 위해 상당히 많은 세부시설이 존재하여 시공성이 용이하지 못하다고 사료된다.

3. 태양광발전방음벽

도로에 설치되는 방음벽에 대한 연구는 과거 방음벽 자체의 기능에 초점을 두어 개발이 진행되어 왔지만, 최근 추세는 도시경관과의 조화가 고려되고 있다. 또한 단순방음기능 외에 추가기능을 수행할 수 있는 방음벽에 대한 연구가 진행되고 있는데, 그중 도로방음벽에 태양전지를 적용하는 연구가 적용성 및 활용도 면에서 상당한 기대효과를 가지고 있다.

태양전지와 관련하여, 태양광 발전시장은 2000년대에 들어서 연간 시장 성장률이 전 세계 전력발전기술 중에서 가장 높은 증가추세를 보였다. 2012-신재생에너지백서(Ministry of Knowledge Economy and Korea Energy Management Corporation, 2012)에 의하면 태양광 발전 누적 설치용량(Cumulative installed capacity of solar PV)은 2000년도 1.5GW에서 2010년에는 거의 40GW에 이르렀으며, 2011년 한해에만 29.7GW의 용량이 추가설치되는 등 신재생에너지원으로써 태양광발전은 급격한 성장이 이루어지고 있다.

태양광모듈을 건축물에 적용하는 대표적인 사례로 BIPV(Building Integrated Photovoltaic)기술이 있다. 이 기술은 건축물에 직접적으로 태양광모듈을 부착하여 태양광발전을 통한 전기 생산이 가능함과 동시에 건축물 외장재로서의 기능을 할 수 있도록 한다. 이러한 시각으로 보았을 때, 태양전지를 접목시킨 도로방음벽은 BIPV기술의 일환으로 볼 수 있다.

태양광모듈을 탑재한 첫 방음벽은 스위스의 A13 motorway를 따라서 1989년에 건설되었다. 그 이후로 수많은 시도가 유럽과 세계 곳곳에서 있어왔다. 대표적인 태양광모듈을 방음벽에 적용한 나라인 독일, 이탈리아의 사례는 다음과 같다.

3.1. 독일

독일 Freising의 A92 Motorway에는 길이 1,200 m, 전체면적이 6,000m²인 태양광발전방음벽에서 620 kW의 전력을 생산하고 있다. 이곳의 방음벽은 지면과

35°의 각도를 이루고 있으며, 방음벽을 구성하는 태양광패널은 상단 5열의 경우 테플론 코팅된 세라믹 태양광패널을 적용하였으며, 하단 2열은 알루미늄 프레임에 유리로 외장된 태양광패널을 배치하였다(Kotzen and English, 2009).



Fig. 2 Photovoltaic Soundproof Wall in Germany

3.2. 이탈리아

이탈리아 Isera의 Brenner motorway에는 도로에서 발생하는 소음을 저감함과 동시에 전기를 생산할 수 있는 3,944개의 태양광모듈로 구성된 태양광방음벽이 있다. 이곳에 설치된 태양광방음벽의 길이는 1,067m, 장벽의 높이는 5.6m이며 전체면적은 약 5,036m²이다. 태양광패널의 효율을 최적화하기 위해 하단부는 지면과 60°, 상단부는 35°의 각도를 주었다.



Fig. 3 Photovoltaic Soundproof Wall in Italy

해외사례를 살펴본 결과, 독일과 이탈리아에 설치된 태양광패널로 구성된 태양광발전방음벽들은 집광효율을 높이기 위해 독일의 태양광발전방음벽은 지면과 35°를 이루고 있으며, 이탈리아의 경우에는 하단은 60° 상단은 35°를 이루고 있다. 이는 방음벽으로써의 기능보

다는 태양광모듈로써의 기능을 충족하기 위한 시도들이 있었다고 판단된다. 인구가 밀집된 도시의 도로에 이러한 형태의 태양광발전방음벽이 설치된다면 방음효과가 떨어지기 때문에 차량으로 인한 직접적인 소음피해가 발생할 뿐만 아니라 반사소음에 의한 피해 또한 발생할 것이다. 또한 교통량이 집중될 수 있기 때문에, 유지관리적 측면에서 태양광모듈 자체가 도로환경에서 발생하는 먼지 및 가스상물질에 대한 내성을 갖출 수 있도록 하는 패널의 개발 및 유지관리시스템의 구축도 필요할 것이다. 그러므로 국내실정에 적합하도록 태양광발전방음벽은 방음기능을 갖춰야할 뿐만 아니라 도로환경에도 견딜 수 있어야 할 것이다.

한편 국내의 태양광발전방음벽 시공사례는 전무한 것으로 확인됐으며, 일부 태양광 관련업체의 방음벽사업 분야에서 태양광발전을 방음벽 및 방음터널에 적용하는 사업

이 진행 중인 것으로 파악되었다. 또한 A사에서는 자체적으로 확보된 DSSC(염료감응형 태양전지) 기술력을 바탕으로 칼라 방음벽 개발 및 실증화 연구를 진행 중이다.

방음벽 이외에 도로 시설물에 태양광발전을 접목한 사례로써 '세종시 태양광 발전설비 시범사업'에서 세종시-유성간 8차선 자동차전용도로에 자전거도로를 건설하면서 자전거도로구조물 상단에 태양광패널을 설치한 사례가 있다. 이 사례의 경우에는 직접적으로 방음벽에 태양광발전 패널을 적용한 것은 아니지만, 태양광발전 효율을 위한 최적설계방안, 우천 시 태양광 패널 우수처리 방안(유지관리적 측면), 구조물의 반사에 의한 운전자 안전확보 및 차량 추돌 안전성 검토 등 태양광 발전을 접목한 도로시설물에 대한 연구 자료로써 상당히 가치가 있다고 사료된다.

국내 시공사례가 전무하기 때문에, 국내 태양광발전 방음벽 개발기술동향을 파악하고자 국내 특허동향을 조

Table 2. Patent Application Status of Photovoltaic Soundproof Wall in Korea

No.	Proprietary Name	The Application Number	Date of Application
1	Soundproof Wall with Street-lights Using Solar Energy by Using Solar Cells Installed on the Soundproof Wall	KR20060057014A	2006.06.23
2	A Solar Light Electricity Charge Type Sound Isolation Wall	KR20060024038U	2006.09.07
3	Soundproof Wall Including Solar Power Generator	KR20080039193A	2008.04.28
4	Solar Power Plant Using Soundproof Wall of Road	KR20080060441A	2008.06.25
5	Solar Heat Generator for a Road, Capable of Removing Most Mist or Snow, Having a Soundproof Wall and a Space for Movement	KR20080063697A	2008.06.30
6	The Soundproof Wall with Solar Cell Generating Apparatus	KR20080088689A	2008.09.09
7	Solar Road Sound Isolation Wall	KR20080089579A	2008.09.11
8	Soundproof Wall Having Solar Photovoltaic Power Generating Function	KR20080090649A	2008.09.16
9	BIPV String Unit Module	KR20080102769A	2008.10.20
10	Solar Power/Wind Power Hybrid Generating System for Road Way	KR20080121138A	2008.12.02
11	Soundproof Panel with Solar Cell Generation and Soundproof Wall Using It	KR20090063895A	2009.07.14
12	Variable Height Sound Wall	KR20090070374A	2009.07.31
13	Photovoltaic Soundproof Wall	KR20090082950A	2009.09.03
14	Soundproofing Walls is Lighting Illumination Improvement of Intensity to Light-emitting Diode for Light Reflection Prevention	KR20090096744A	2009.10.12
15	Apparatus for Sliding Tracking Condensing Sunlight on Road Type	KR20090069007A	2009.07.28
16	Soundproofing Walls by Using Light of the Sun	KR20090108088A	2009.11.10
17	Photovoltaic Soundproof Wall Using Angle Sensor	KR20100063722A	2010.07.02
18	Soundproofing Wall Producing Electric Power	KR20100067366A	2010.07.13
19	Noise Barrier for Offering Visual Information Using Light Diffusion Reflection	KR20110051035A	2011.05.30
20	Water-way System of Soundproof Walls Plants	KR20110089161A	2011.09.02
21	Soundproof Wall Having a Solar Cell Module	KR20110090724A	2011.09.07
22	Open Soundproof Wall Using Solar Light	KR20110112208A	2011.10.31
23	Solar Panel Fixation Apparatus Controllable Angle	KR20120029721A	2012.03.23

사하였으며 Table 2와 같다. 국내의 태양광발전방음벽 관련특허는 2006년에 처음 출원된 이후 꾸준히 출원되고 있는 것으로 나타났다. 태양광발전방음벽과 관련하여 처음 출원된 특허는 '가로등 일체형 태양광 발전식 방음벽 시스템' (Kim, J. P and Kim, K. Y., 2007)으로 기존의 알루미늄방음벽 및 투명형 방음벽의 구조와 유사하며, 방음패널로써 태양전지패널을 도입하고 있다. 또한 상단부에 가로등을 설치하여 태양광발전을 통해 생산된 전기를 소모하는 형식으로 구성되어 있다. 한편 상기특허 이후에 출원된 대다수 태양광발전방음벽 특허들은 기존 방음벽의 상단에 태양전지패널을 적용하고 있으며, 필요에 따라 설치된 태양전지패널의 각도를 움직여 줄 수 있도록 설계가 되어있다. 등록실용신안 20-0459677 태양광 발전식 방음벽(Lee, Y. J., 2012)은 방음벽으로써의 기능을 유지하기 위하여 방음벽내측은 흡음형패널을 적용하고 방음벽 외측에 태양전지패널을 적용하고 있다.

4. 대기오염물질 저감 방음벽

교통량 밀집은 단순히 교통소음을 야기할 뿐만 아니라, 여러 가지 기체상 오염물질 및 미세먼지에 의한 대기오염을 유발한다. 자동차 배기가스에 포함된 주요 오염물질로는 NO_x, CO_x, 미세먼지(PM10) 등이 있다. 특히 NO_x는 익히 알려져 있는 대로 1차 대기오염물질로 작용할 뿐만 아니라, 광화학 스모그, 산성비, 시정 악화 등을 유발한다(Ju et al., 2006). 또한 CO₂는 온실가스로써 지구온난화의 주요 원인물질로 알려져 있다.

교통소음 뿐만 아니라 동시에 대기오염물질을 저감하기 위한 연구사례는 대표적으로 네덜란드의 사례가 있다. 네덜란드에서는 대기오염물질 저감을 위한 정부차원의 프로그램인 IPL(Innovation programme air quality)를 실시하고 있는데 차량발생오염물질 배출 저감을 위한 비용편인적인 수단을 찾아 적용하여, 네덜란드에서 EU air quality의 'Daughter directive'를 충족하기 위한 목적을 가지고 있으며, 방음벽을 수정하여 대기오염물질 저감기능을 갖추는 안이 포함되어 있다. IPL에 포함된 대기오염물질 저감안 중 도로양옆에 적용 가능한 저감안으로 11가지 방법을 제시하였는데, 그중 2가지가 방음벽을 이용하는 안이며, 다음과 같다.

- 1) Passive shielding : 방음벽 및 터널을 설치하여 차량배출 대기오염물질의 흐름에 영향을 주어 공기에 의한 희석효과를 주는 것
- 2) Active dilution : 흡입 및 분출장비를 이용하거나,

촉매코팅을 한 방음벽을 이용하여 대기오염물질 활성을 감소시키는 것이다(National measures of the international CEDR air quality group, 2005).

대기오염물질저감 방음벽의 실제시공사례는 전무하며, 2008년 네덜란드에서 개최된 대기오염물질저감 방음벽 경연에서 다양한 방식의 대기오염물질저감 방음벽이 소개되었다(Fig. 4~6). 'Dura Vermeer Groep NV'에 의해 제안된 'Aerostick-T'는 방음벽 상단에 에어필터링 시스템을 활용하며, 'TNO'의 'Una'는 소음과 대기오염을 저감하기 위해 반 T자형 상단 및 타원형 날개를 활용한다. Una의 전면부 곡선형 날개는 공기흐름 조작을 통해 대기오염물질 포획을 증가시킨다. 또한 Una의 프로토타입 방음벽에는 촉매물질을 포함하고 있어 대기오염물질을 포획하거나 제거하는 기능을 부여했다고 한다. 'Clean Screen'은 기존의 콘크리트 장벽 약 60cm 앞부분에 통풍이 가능한 T자형 투과성장벽을 설치하였다. 이 투과성장벽은 돌맹태형태로 구성되었으며, 투과성장벽 내부에는 광촉매인 TiO₂가 채워진 용암석으로 채워져 있다. 콘크리트 벽과 TiO₂필터로 구성된 투과성장막 사이에는 정전기를 가지는 폴리프로필렌필터가 위치해 있으며, 이 필터는 소음저감요소를 제공한다고 한다(Kotzen and English, 2009).

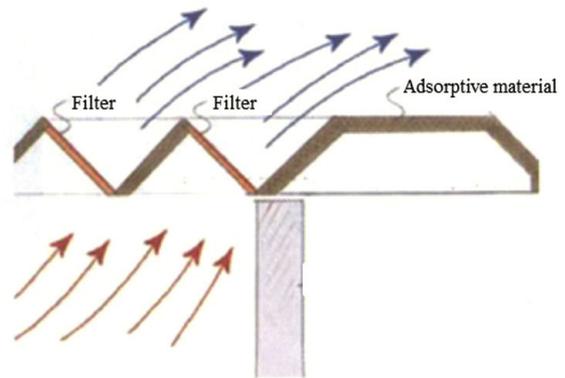


Fig. 4 Aerostick-T



Fig. 5 Clean Screen

'Una' pollution reducing noise barrier prototype by TNO, the Netherlands, 2008

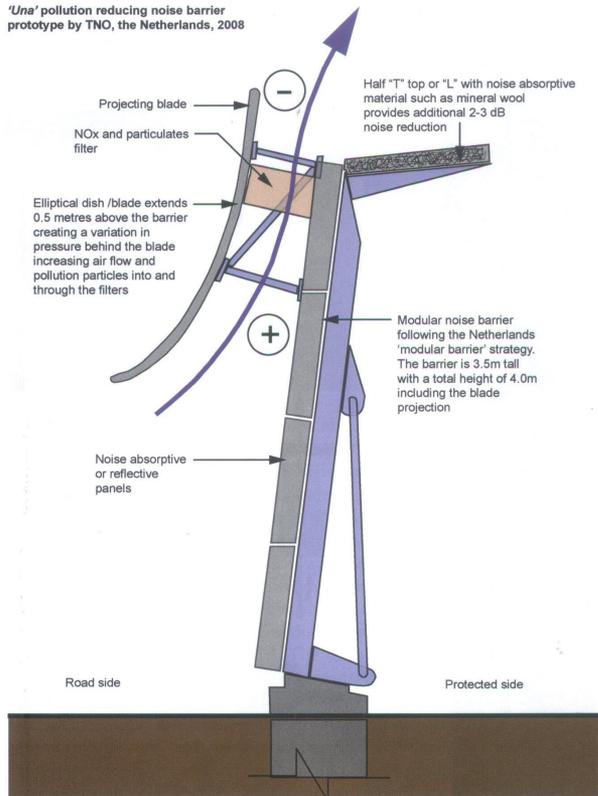


Fig. 6 Una

한편 대기오염저감방음벽의 시공사례가 전무하기 때문에 국내 동향을 파악하기 위해 국내 특허동향을 조사하였다. 그 결과 대기오염저감 및 방음벽 관련특허는 3건이 있는 것으로 확인되었다(Table 3). 국내 특허는 모두 대기오염물질을 흡착할 수 있는 소재를 활용한 것으로 나타났다.

'대기오염물질제거 기능을 구비한 다기능 도로시설물' (Kim, H. R. et al., 2010)에 의하면, 일산화탄소, 이산화탄소, 미세먼지 등의 대기오염물질을 흡수하는 기능을 구비한 대기오염물질제거보드를 방음벽에 적용한다고 명시되어 있다. 이산화탄소의 경우 고활성탄소를 판 형태로 제작한 고활성탄소보드를 이용하여 흡착하며, CuO/ZnO 촉매액에 다공질 섬유상의 재료를 담지시킨 후 건조시켜 제작한 촉매보드를 이용하여 일산

화탄소를 제거한다. 미세먼지의 경우에는 헤파필터를 사용한다.

상기사례들을 살펴보면, 대기오염물질저감 방음벽은 크게 두 가지 원리를 이용하는 것을 알 수 있다. 첫 번째로는 공기의 흐름을 포집장치가 포집에 용이하게 변경하여, 대기오염물질을 포집하는 'Una'와 같은 형태의 방음벽을 들 수 있으며, 두 번째로는 대기오염물질을 흡착할 수 있는 소재를 이용하거나 광촉매를 이용하여 대기오염물질을 제거하는 'Clean Screen'과 국내에서 개발된 대기오염저감방음벽을 들 수 있다. 전자의 경우 공기의 흐름을 제어하기에는 도로 양옆에 위치한 방음벽만으로는 한계가 있다고 판단되며, 이러한 대기오염물질 저감방식을 적용하기에는 터널형방음벽이 효율적 측면에서 높을 것이라고 사료된다. 후자인 경우에는 흡착 및 광촉매를 이용하는 방법인데, 이 경우 각각의 기능을 항시 유지하기 위한 유지관리적 측면에서 상당한 어려움이 있다고 사료된다.

5. 결론

도로시설물로서 방음벽은 국토의 상당부분을 차지하고 있으며, 대기오염물질 발생원인 차량과 가장 근접해 있는 시설물임과 동시에 인류의 주거환경과도 맞닿아있다. 그러므로 인류의 생활수준이 발달함에 따라 요구되는 기능은 늘어만 갈 것이며, 이에 융합형 방음벽기술들이 연구되고 있다. 식생방음벽은 기존 금속 및 콘크리트 방음벽이 가지는 도시경관저해 문제를 해결하고자, 해외사례를 빗대어 국내실정에 맞도록 연구가 되어왔다. 식재공간이 충분한 상태에서 이루어지는 방음벽녹화의 경우 도로시설물로서 유지관리를 최소화할 수 있을 것이라 사료되지만, 국내실정에 맞도록 연구되어지고, 제안된 인공식재기반을 가진 식생방음벽의 경우 장기적으로 지나친 유지관리가 필요할 것이라 사료된다. 태양광발전방음벽은 방음벽의 본연의 기능을 유지하면서, 태양광발전을 극대화 시킬 수 있는 방향으로 연구가 진행

Table 3. Patent Application Status of Air-pollution Reduction Soundproof Wall in Korea

No.	Proprietary Name	The Application Number	Date of Application
1	Acoustic Absorbent for Reducing Atmosphere Pollution Source and Soundproof Wall Using This	KR20100071546A	2010.07.23
2	Air Pollutants Extripating Multifunctional Street Facility	KR20100103894A	2010.10.25
3	Noise Protecting Panel Having Function of Air Pollutants Extripating and Sound Wall Using the Panel	KR20110059038A	2011.06.17

되어야 할 것이다. 현재 태양전지기술이 급속도로 발전하고 있지만, 태양광발전방음벽에 적용되어지는 태양전지기술은 아직 1세대 기술이다. 그러므로 2세대, 3세대 태양전지기술의 유연한 적용은 태양광발전방음벽을 한층 발전시킬 것이다. 이와 더불어 태양광발전방음벽에서 생성된 전기에너지 활용부분에 대한 연구도 진행되어야 할 것이라 사료된다. 대기오염물질저감방음벽은 여과를 통한 포집, 흡착 그리고 광촉매를 이용한 산화 등, 다양한 방안이 제시되었지만 근본적으로 대기의 흐름을 제어하기가 쉽지 않기 때문에 도로변에 세워진 방음벽보다는 터널형 구조의 방음벽에 적용이 가능할 것이라 사료된다. 상기 방음벽들은 간단한 건축물이 아닌 융합기술이 적용된 도로시설물이다. 각기 하나의 시스템을 이루고 있기 때문에, 각각 세부적으로 고려되어야 할 인자들이 다양하여 조화를 이루기가 쉽지 않지만, 한 시스템의 이점을 다른 시스템에 적용함으로써 상승효과를 낼 수 있을 것이라 사료된다. 그러므로 향후 도로 방음벽은 다양한 융합기술들이 활용되는 하나의 시스템으로써 설계가 될 것이라 사료되며, 그것을 위한 실질적인 연구가 수행되어야 할 것이다.

References

- Ahn, H. S., Kim, I. H., Park, J. B., Lee, J. H. and Kim, K. S. 2012. Analysis of Research Trend and Development Direction on Domestic and International Noise Barriers, *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, Vol.34, No.12, 847-854.
- Bashyal, S., Cho, H. Y. and Han, S. Y. 2009. Development of Ecological Sound Proof Wall by the germination of plant species at different Environmental Condition. *Page 100-102 in Proc. of the KAIS Fall Conference*, The Korea Academia-Industrial cooperation Society
- Choi, C. H., Cho, H. Y., Bashyal, S., Han, S. G., Lee, B. K. and Shim, W. S. 2008. A Study on Performance Evaluation of Ecological Sound-proof Wall, *Page 379-381 in Proceedings of the KAIS Fall Conference*, The Korea Academia-Industrial cooperation Society.
- International Energy Agency. 2011. *Renewable energy markets and prospects by technology*, International Energy Agency.
- Ju, O. J., Park, S. M., Lee, S. B., Jin, H. C., Byun, D. S. and Bae, K. N. 2006. Characteristics of Gaseous Air Pollutants at a Heavy Traffic Roadside, *Page 288-289 in Proc. of the Korea Air Pollution Research Association Conference*.
- Jung, T. K. and Soh, J. H. 1999. *The Experiment of Vine for Covering the Traffic Noise Barrier*, Korea Institute of Construction Technology.
- Kang, T. H. 2004. *Eco Soundproof Wall Using the Greening Mat*, 20-0351171, Korea Intellectual Property Office.
- Kim, C. H. 2012. Highway Noise Barrier Technology Trends, *The Magazine of the SAREK*, Vol.41, No.8, 22-29.
- Kim, H. J., Kim, H. S. and Lee, E. H. 2002. The Development of Vegetative-soundproof Wall for Urban Environment, *Page 53-55 in Proc. of the Korean Society of Environment and Ecology Conference*.
- Kim, H. R., Hong, M. S., Kim, S. T., Kang, H. K., Kim, K. S. and Park, I. K.. 2010. *Air Pollutants Extripating Multifunctional Street Facility*, 10-1060513, Korea Intellectual Property Office.
- Kim, J. P. and Kim, K. Y. 2007. *Soundproof Wall with Street-lights Using Solar Energy by Using Solar Cells Installed on the Soundproof Wall*, 10-0779994, Korea Intellectual Property Office.
- Kim, S. M. 2013. A Documentary Study on the Economic Value of solar Photovoltaic activating Sound Proof Wall of Road, *The International Association of Area Studies*, Vol.16, No.2, 295-316.
- Korea Institute of Construction Technology. 2002. *The development of vegetative-soundproof walls for urban environment*, Korea Institute of Construction Technology.
- Kotzen, B and English, C. 2009. *Environmental Noise Barriers, A Guide to their acoustic and visual design, second edition*, Taylor & Francis.
- Lee, J. E., Cho, J. H. and Kim, Y. S. 2010. A study on noise barrier about apartment contiguity road traffic noise. *page 393-394 in Proc. of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*.
- Lee, S. J., Lee, W. H. and Ock, J. H. 2013. A Study on the Development of the Traffic Noise Barrier Wall Panels with a Photovoltaic System, *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, Vol.29, No.3, 3-10.
- Lee, Y. J. 2012. *Soundproof Wall Including Solar Power Generator*. 20-0459677, Korea Intellectual Property Office.
- Ministry of Knowledge Economy and Korea Energy Management Corporation. 2012. *2012 New & Renewable Energy*, Ministry of Knowledge Economy.
- National measures of the international CEDR air quality group. 2005. *Examples of Air quality measures within Europe*, National measures of the international CEDR air quality group.
- Park, K. S. 2005. *The Soundproofing Wall with Vegetation Using a Wire Netting Block*, 10-0480835, Korea Intellectual Property Office.
- Park, J. Y. 2005. *Structure of Wood Soundproofing Wall with Vegetation*, 10-0482956, Korea Intellectual Property Office.
- Sunmoon University. 2009. *Development of ecological sound-barrier*, Ministry of Environment.

(접수일 : 2013. 8. 29 / 심사일 : 2013. 9. 10 / 심사완료일 : 2013. 10. 1)