



## 도시형 투명 발전방음벽 개발

### *The Development of a Urban Transparent PV Soundproof Wall*

정유근\*

Chung, Yu-Gun\*

\* Corresponding author, Dept. of Architecture Engineering, Korea National University of Transportation, South Korea (ygunchung@ut.ac.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** The PV soundproof wall that can be used in place of existing soundproof walls is one of the highly utilized and renewable energy technologies. This purpose of this study is to suggest basic data for the development of urban transparent PV soundproof wall through material characteristics and performance evaluation. **Method:** Domestic researches and patents were analyzed as well as related cases of PV soundproof wall in overseas. Also, the simulations and field tests were conducted to evaluate the material characteristics and power performance. **Results:** The polycarbonate should be suitable for urban transparent PV soundproof module and the polyvinyl coating is required at this time. Also it is analyzed that the lamination process needs to be modified to prevent warpage and air layer in the manufacturing process. The power performance of the proposed transparent PV soundproof wall is estimated to be 22.3% of the rated power and 127.8KWh of cumulative power generation per year. The sound insulation performance satisfies the transmission loss criterion and the simulation result is predicted to provide the same level of sound insulation effect as that of the conventional transparent sound proof wall.

#### KEYWORD

투명 발전방음벽  
물성평가  
현장평가  
시뮬레이션

Transparent PV Soundproof Wall  
Material Characteristics  
Field Test  
Simulation

#### ACCEPTANCE INFO

Received Dec 6, 2018  
Final revision received Jan 11, 2019  
Accepted Jan 16, 2019

© 2019 KIEAE Journal

## 1. 서론

태양광발전은 국가적 차원에서 적극적 기술개발과 보급과 확대를 지원하는 신재생 기술로 2035년까지 약 17.5GW의 태양발전으로 국내 신재생 에너지 생산량의 22%를 수행할 수 있을 것으로 기대되고 있다[1]. 그러나 최근 태양발전 설치에 따른 환경피해 및 생활권 침해한 주민의 반발과 고가의 설치부지에 따른 초기 투자비의 상승 등 확대에 어려움을 겪고 있다[2]. 수상태양발전의 경우에도 수질 등 환경오염을 우려한 지역주민의 반대로 어려움을 겪고 있는 실정이다[3].

도로시설의 태양광발전 시스템 설치의 도로변 여유부지, 중앙분리대, 휴게소, 터널 덮개 그리고 방음벽 등 다양한 공간에서 적용가능하다. 특히 방음벽의 경우 기존의 방음패널을 발전방음패널로 대체할 수 있어 다른 적용기법에 비해 경제적으로 유용한 방법이다[4]. 국내의 경우에도 서울 노원구 도로 방음벽 상단부와 안산시 상록수역의 고가 철도변에 기존 방음벽을 발전방음벽으로 대체하여 설치한 사례가 있다[5][6].

도시의 교통량 증가와 자동차 전용도로의 건설 등 소음으로 인한 소음피해를 감소하기 위해 방음벽의 설치가 증가하고 있다. 그러나 방음벽 설치하는 운전자에게 시각공해를 유발하고 인접 주민의 조망권에 대한 민원의 증가 등 사회적 갈등을 야기하며 이로 인해 투명방음벽의 설치가 확대되고 있는 실정이다. 최근 국내외에서 투명 발전방음벽 개발을 위한 연구가 진행되고 다양한 국외 시공사례 또한 보고되고 있다.

국내의 개발사례로 높은 개방성과 채광성을 지닌 염료감응전지를 활용한 투명 발전방음벽의 실증화 연구가 진행되었다. 그러나 고가의 염료감응전지로 인한 가격 경쟁력 저하와 상용화 기술의 어려움 등으로 현장에 적용하기에는 한계가 있는 것으로 판단된다[7].

이런 이유로 국외에서는 태양전지간의 간격을 조정하여 일정 수준의 개방성은 제한적이거나 경제적이고 안정된 투명 발전방음벽을 개발하고 도로에 적용되고 있다[8].

연구는 일정 수준의 개방성을 제공하며 안정적이고 경제성 높은 투명 발전방음벽 개발을 위한 기초자료를 제공하는데 연구목적이 있다. 이를 위해 국내외 사례 및 국내 연구동향을 분석하고 투명 발전방음벽에 적합한 재질평가와 공정개발을 실시하였다. 제안된 투명 발전방음벽은 발전성과 차음성을 현장실험 및 시뮬레이션을 통해 평가하였다.

## 2. 발전방음벽 연구동향

### 2.1. 국내 연구동향

국내 관련연구로 김성모 외(2012)는 국외의 태양광발전 시스템의 도로 적용사례를 분석하고 국내 도로방음벽에 태양발전의 도입

으로 전국 전력유통량의 약 10.7%를 공급할 수 있다고 경제적 효과를 제시하고 있다. 이에 따른 이산화탄소 감축효과는 약 500톤에 이를 것으로 예측하고 있다[4]. 안호상 외(2012)는 국내외 방음벽 기술현황 분석에서 발전방음벽의 개발 및 연구동향을 분석하고 국외 시공사례를 분석하였다. 또한 먼지 및 소음진동 등으로 인한 발전효율 저하 등을 고려한 발전방음벽의 개발방향을 제시하고 있다[9]. 이상진 외(2013)는 도시차량소음 차단 방음모듈 개발 연구를 통해 일본의 개발 및 시공사례를 분석하고 구상형 태양전지<sup>1)</sup>를 활용한 방음벽 일체형 방음모듈을 제안하고 있다. 특히 옥외 기후환경에 대한 내구성 및 수밀성, 진동 또는 외부 타격으로 발생할 수 있는 파손에 저항할 수 있는 구조적 안전성, 도시경관 요소로서의 투시성과 높은 태양광 획득율을 방음모듈이 갖추어야 할 특성으로 제시하고 있다[10].

투명 발전방음 모듈개발 연구로 이진창호가 주요 연구기관으로 컨소시엄을 구성하여 진행한 ‘고투과도 염료감응태양전지를 이용한 칼라 방음벽 개발 및 실증화 연구(2012.12.~2015.11.)’가 있다[7]. 연구는 뛰어난 개방성과 채광성을 지니며 도로변에 설치 가능한 발전방음벽을 개발을 목표로 고투과율, 고내구성 및 실용화를 개발목표로 설정하였다. 연구는 설치에 따른 성능 및 안전성 평가 등 실증화 연구까지 모두 수행되었으나 실제 도로변에는 적용되고 있지 못한 실정이다. 이는 고가의 염료감응전지에 따른 경제성과 외부 충격 등에 따른 파손 등 상용화에 어려움이 있는 것으로 판단된다.



Fig. 1. Color PV Soundproof Wall Installation Concept<sup>13)</sup>

발전방음벽과 관련하여 등록된 주요 국내 특허현황은 Table 1.과 같다. 제안된 특허는 주로 콘크리트 반사형 또는 흡음형 방음벽에 적용되는 발전방음 모듈로 외부 충격으로 태양전지를 보호하기 위해 방음벽 상단 또는 배면에 설치하고 있다. 특허의 주안점으로 설치의 용이성, 모듈설치 각도 제어 그리고 전력효율 향상 등이 있다. 투명 발전방음 모듈은 한건으로 모듈 하단부에 태양전지를 설치하여 충격에 대한 안전성 및 개방성을 제안하고 있다[11].

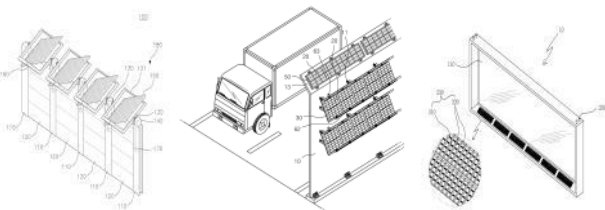


Fig. 2. Patent Sample Figures

1) 일본 T 사에서 개발된 집광형 태양전지. 실리콘 셀을 등근 공 모양의 구상으로 제작하고 알루미늄 반사막 위에 설치하였다.

Table 1. Major Patents on PV Soundproof Wall

	Patent name	Registration
1	Soundproof Equipment with Solar Cell Module	2017.07.28
2	Solar Power Plant Using Sound Proof Wall of Road	2010.12.24
3	Soundproof Wall with Solar Cell Generating Apparatus	2009.01.21
4	Sound Proof Wall Including Solar Power Generation	2012.03.30
5	Solar Soundproof Wall	2017.09.04
6	A Sound Proof Wall Including Solar Power Generator	2014.09.29
7	Sound Proof Wall Including Solar Power Generator	2013.11.22
8	Soundproof Panel Apparatus with Solar Cell Generation	2018.09.05
9	Sound Absorption Type Photovoltaic Soundproof Module	2018.07.11
10	Transparent Soundproofing Panel with a Solar Condensing Functions	2012.11.13

발전방음벽의 국내 설치사례로 서울 노원구(2015)는 기존 투명 방음벽 상단(길이 105m, 높이 3.5m)에 기존 방음모듈을 발전방음 모듈로 대체하여 설치하였다[5]. 연간 예측 발전량은 약 36KWh로 공공 가로물에 전력을 공급하고 있다. 경기도 안산시(2016)는 상록수역 고가형 방음벽(길이 124m) 배면에 흡음형 발전방음 모듈을 설치하였다[6]. 이 시스템은 한국철도연구원에서 개발되어 향후 노후 또는 신축 철도방음벽에 확대 설치될 예정이다. 또한 동부간선도로에 태양광발전 방음터널을 계획하고 있다[12].



Nowon-gu

Sangnoksu Station

Fig. 3. Domestic Installation Cases

## 2.2. 국외 설치사례

국외 발전방음벽 설치는 1989년 스위스 A13 도로를 시작으로 유럽 및 일본 등을 중심으로 다양한 사례가 보고되고 있다. 독일 프라이징(Freising) 시의 A92 고속도로는 길이 1,200m 방음벽에 면적이 6,000m<sup>2</sup>인 발전방음 모듈을 설치하여 연간 약 620KWh의 전력을 생산하고 있다. 이탈리아 브레너(Brenner)시 고속도로는 모두 3,944개의 모듈로 구성된 730(KW)급 발전방음벽 설치사례가 있다[13].



A92 Motorway(Germany)

Brenner City Motorway(Italy)

Fig. 4. Foreign Installation Cases

일본의 설치사례로 제2 게이한 고속도로(2010) 방음벽에 발전방음 모듈을 설치하였다. 모듈은 1.98mX0.51m 크기로 68개의 태양전지로 구성되었으며 면적 2,400m<sup>2</sup>에 모두 2,370장을 설치하였다. 발전용량은 120KWh로 4개의 고속도로 톨게이트에 필요한 전력의 15~20(%)를 제공하고 있다[13].



Fig. 5. Japan PV soundproof wall Installation Cases

투명 발전방음벽 설치사례로 2013년 독일 뮌헨(Munchen) 근교 파징(Pasing)의 북부 우회도로에 설치(면적 66m<sup>2</sup>, 발전량 7.6KWh) 사례가 있다. 또한 네덜란드에서 개발된 ‘Solar Noise Barriers (SONOB)’ 시스템 그리고 독일 TNC사에서 개발된 양면 발전방음 투명 모듈이 있다. 이 시스템은 스위스 취리히(Zürich) 고속도로와 철도변에 설치되었다[8].



Fig. 6. Foreign Transparent PV Soundproof Wall Cases

### 3. 투명 발전방음벽 제작

#### 3.1. 투명 발전방음벽 제작공정 개발

폴리카보네이트를 활용한 투명 발전방음 모듈제작을 위해서는 소재의 특성을 반영하여 기존 공정의 수정이 필요하다. 발전모듈의 개방성을 확보하고 제작과정에서의 비틀림을 방지하기 위해서 두 장의 폴리카보네이트 사이에 태양전지를 설치하였다. 전면 태양전지 보호용 폴리카보네이트는 태양광 가시성 확보를 위해 1.5mm 두께를 그리고 백시트용 후면 폴리카보네이트는 안전한 제작을 위해 2.0mm 두께를 사용하였다.

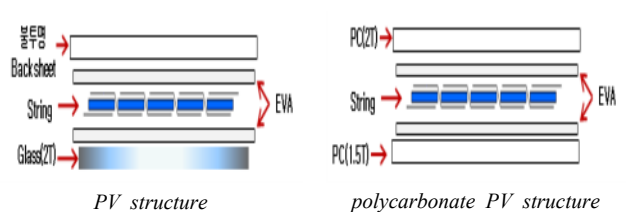


Fig. 7. Japan Installation Cases

발전방음 모듈 내 태양전지의 배열은 투명 발전방음벽의 개방성을 고려하여 방음판 면적대비 50%(태양전지 36개)로 배치하였다. 발전방음벽의 제작은 먼저 기존 공정과 같이 불량여부와 균일도 선정과정을 통하여 선정된 셀에 전극리본을 직렬로 연결하는 스트링 공정을 진행하였다. 레이 업(layer-up) 공정을 통해 정선박스(junction box) 연결 및 부싱(busing ribbon)공정을 수행하였다.

재료의 특성을 반영한 공정개선 내용은 다음과 같다. 라미네이션(lamination) 공정을 통한 모듈의 열봉합 온도는 폴리카보네이트의 변형을 방지하기 위해 섭씨 135°C로 조정하였다. 또한 모듈의 휘어짐 및 공기층 발생을 방지하기 위해 펌프타임(pump time)은 12분으로 그리고 홀드 타임(hold time)은 15분으로 공정시간을 연장하여 모듈 내 헤이즈 발생을 방지하였다.

Solar cell	
rated out	4.84 W
open voltage	0.65 V
open current	9.42 A
rated voltage	0.54 V
rated current	8.91 A

Fig. 8. Transparent PV soundproof module by polycarbonate

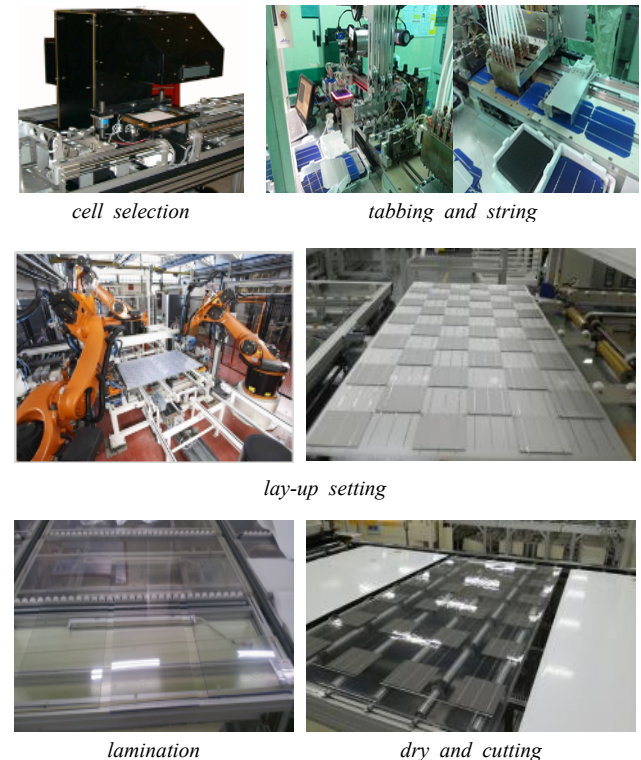


Fig. 9. Process of transparent polycarbonate PV module

### 3.2. 투명 발전방음벽 구조성능평가

기존 연구의 분석을 통하여 도시형 투명 발전방음벽의 중요한 물성으로 구조적 안전성과 개방성 유지율을 선정하고 이를 최적화할 수 있는 재료를 분석하였다. 이 때, 투명 방음벽의 주요 재료인 폴리 카보네이트와 강화유리를 선정하여 구조성능평가 실험을 실시하였다.

폴리카보네이트는 내열성, 투명성, 구조적 강도 및 개방성이 우수하나 내마모성과 자외선에 의한 변색 등 장기간 사용에 따른 개방성 유지에 한계가 있다. 강화유리는 광 투과율 및 우수한 강도를 지니나 외부 충격과 같은 집중하중에는 파손의 우려가 있다. 투명 방음벽이 지녀야 할 주요 구조적 안전성은 Table 2.와 같다[14].

Table 2. Major Patents on PV Soundproof Wall<sup>(8)</sup>

	Material characteristics
Durability	1) Durable for more than 20 years 2) Yellowing difference is less than 14 within 10years
Structural Safety	1) No visible defects after load application (2,400Pa to 5,400Pa) 2) Impact Performance according to KS F 4770 3) Permissible displacement according to KS F 4770

구조적 안전성을 평가하기 위해 허용변위량 평가와 충격강도 평가를 실시하였다. 허용변위량 평가는 KS F 4770-3에 따라 내하중 등급(1호)을 적용하여 4.4KPa로 하중을 선정하였다. 실험체에 설치된 허용변위계(100mm)를 시험하중으로 2점 가력 한 후 변위량을 측정하였다. 측정결과 폴리 카보네이트와 강화유리를 적용한 투명 발전방음 모듈 모두에서 탄성변위량 허용기준(50mm 이하)을 만족시키는 것으로 분석되었다.

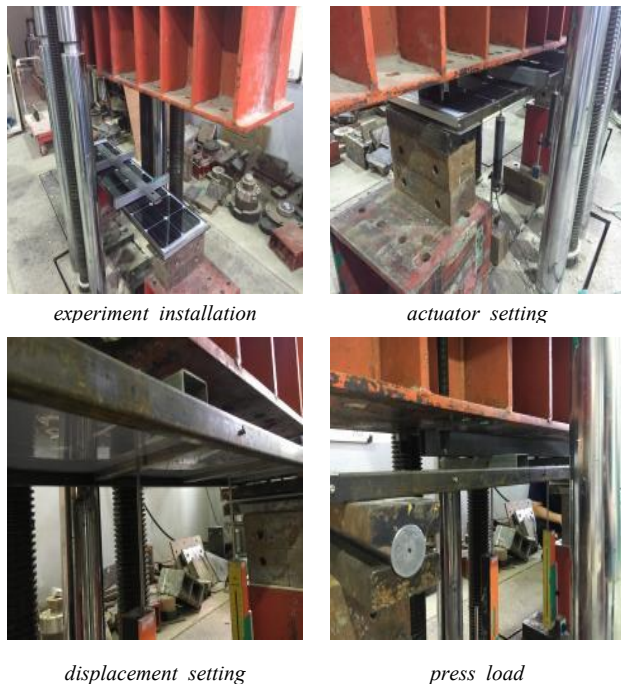


Fig. 10. Permission displacement test

Table 3. The results of permission displacement

		Displacement(mm)			Test load (ton)
		channel 1	channel 2	average	
Tempered glass PV modules	test 1	- 2.10	- 2.46	- 2.30	0.076
	test 2	- 0.19	- 0.27	- 0.20	0.064
Polycarbonate PV modules	test 1	- 2.42	- 2.82	- 0.20	0.068
	test 2	- 0.22	- 0.28	- 0.26	0.064

충격강도 평가는 KS F 4770-1에 따라 실험용 낙구의 강철재질량을 3kg으로 설정하고 100cm 높이에서 수직으로 자유낙하 시켰을 때의 내구성을 평가하였다. 실험체 위 평가기준은 모서리, 중앙 및 임이 위치로 모두 3개 지점으로 선정하여 파괴성향을 평가하였다. 충격강도 평가결과 폴리 카보네이트 발전방음 모듈은 내충격성 기준을 만족시키고 있으나 강화유리의 경우에 완전파괴 현상을 보여 발전방음 모듈로 사용하기에는 부적합 것으로 분석되었다.

Table 4. The results of impact performance

	shock times	Fracture shape		
		point 1	point 2	point 3
Tempered glass PV modules	1 time	fail	fail	fail
	1 time	fail	fail	fail
Polycarbonate PV modules	3 times	OK	OK	OK
	3 times	OK	OK	OK

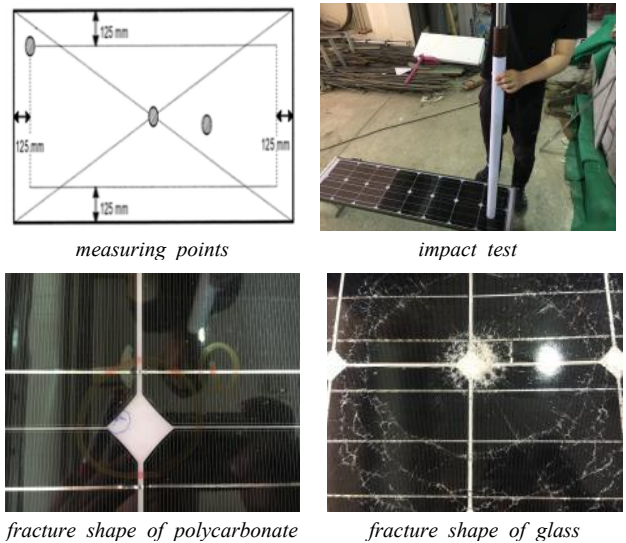


Fig. 11. Impact Performance test

구조적 안전성 평가결과를 바탕으로 개발하고자 하는 투명 발전방음벽에 적합한 재료로 폴리 카보네이트를 선정하였다. 이는 충격강도 실험을 반영한 결과이나 폴리 카보네이트는 표면의 경도 및 내마모성이 부족하여 이를 보완하기 위하여 적합한 표면코팅을 필요로 한다. 이를 위해 폴리 카보네이트 경량발전 모듈을 개발하기 위해 다양한 코팅재료를 비교/평가한 이전 연구(정유근, 2015) 결과를 활용하였다. 연구는 폴리 카보네이트에 적합한 자외선 차단 및 굽힘 방지 표면 코팅재료로 폴리비닐 계열의 코팅재를 제안하고 있다[15].

## 4. 투명 발전방음벽 기초성능 평가

### 4.1. 발전성능 평가

제작된 투명 발전방음벽의 발전성능을 평가하기 위한 현장실험은 외부 방해물의 영향이 없는 K대학 옥상(위도 36°58', 경도 127°52')에서 실시하였다. 실험은 정남향을 기준으로 9월 4일부터 11일까지 오전 9시부터 오후 5시까지 8시간 동안 10분 간격으로 전압, 전류, 발전량 및 일사량을 측정하였다. 발전량 측정을 위해 K730 Cell Efficiency Measurement System을 그리고 일사량 측정을 위해 TES-1333R을 사용하였다.

발전성능 분석은 측정일 중 청천공인 5일간의 자료를 사용하였다. Table 5.는 각 측정일의 평균 및 누적발전량을 나타내고 있다. 측정일의 평균발전량은 29.1(Wh)로 일 누적발전량은 1,396Wh로 분석되었다. 시간별 전격출력에 대한 발전량을 비교한 발전효율은 Table 6.과 같다. 분석결과 오전 12시에서 13시 사이의 발전효율이 35.1%로 가장 높으며 이후 지속적으로 감소되는 것으로 분석되었다. 시간당 평균발전량은 32.4Wh 발전효율은 22.3%로 분석되었다.

Table 5. The power results of PV soundproof wall

Number of experiments		Power (Wh)	Radiation (W/m <sup>2</sup> )	Sum of Power (W/day)
1 time	ave	23.56	274.24	1,130.8
	max	49.46	500.32	
	min	3.93	110.28	
2 Time	ave	25.99	902.88	1,247.5
	max	68.44	1120.7	
	min	8.65	536.52	
3 Time	ave	35.67	661.32	1,712.1
	max	79.23	1167.1	
	min	5.06	154.34	
4 Time	ave	29.11	561.74	1,397.2
	max	73.34	938.31	
	min	2.72	108.18	
5 Time	ave	31.11	506.75	1,493.2
	max	62.12	761.95	
	min	6.78	164.89	
Average	ave	29.08	581.33	1,396.2
	max	79.23	1167.1	
	min	2.72	108.18	

Table 6. The power efficiency of PV soundproof wall

Time	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	Ave
Power (Wh)	23.1	37.8	50.1	50.9	48.6	28.3	12.9	7.59	32.4
Efficiency (%)	15.9	26.0	34.5	35.1	33.5	19.5	8.61	5.23	22.3

제작된 투명 발전방음벽의 연간 누적발전량을 예측하기 위해 Solar Pro에 의한 시뮬레이션 분석을 실시하였다. 이 때, 시뮬레이션의 신뢰도를 검증하기 위해 9월 10일의 시뮬레이션 결과를 현장측정 결과와 비교하였다. 시뮬레이션에 따른 평균 발전량은 31.7Wh로 나타났다. 두 측정값 사이의 차이는 약 8.9%인 것으로 분석되었다. 투명발전방음벽의 월간 그리고 연간 누적 예측 발전량은 Fig. 12.

와 같다. 연간 누적 발전량은 127.8KWh로 예측되었으며 월별 누적 발전량은 청천공이 많은 1월에 13.8KWh로 가장 높으며 장마철이 있는 7월에 7.2KWh로 가장 낮은 것으로 분석되었다.

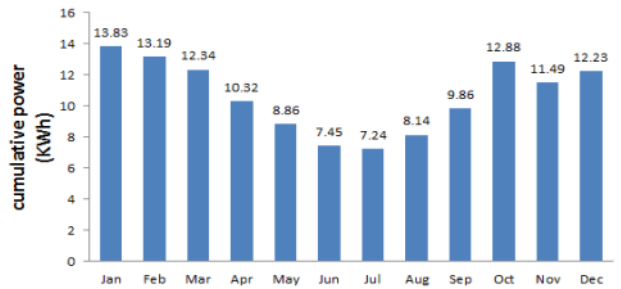


Fig. 12. Expected cumulative power of PV soundproof wall

### 4.2. 차음성능 평가

제작된 투명 발전방음벽의 차음성능을 평가하기 위하여 투과손실 측정실험을 실시하였다. 실험은 한국건설기술연구원에 의뢰하여 KS F 2808 평가실험 방법에 따라 진행하였고 방음벽의 투과손실 기준(500Hz에서 25dB, 1,000Hz에서 20dB)에 따라 적합성을 평가하였다. 실험결과 제작된 투명 발전방음벽의 투과손실은 500Hz에서 26.9dB 그리고 1,000Hz에서 34.2dB로 방음벽 기준을 만족시키는 것으로 분석되었다.



Fig. 13. Sound transmission loss test

투명 발전방음벽의 설치에 따른 차음성능을 예측하기 위해 C시에 위치한 P 아파트단지(대상)를 시뮬레이션을 실시하였다. 평가는 ODEON combined(v. 12.10) 프로그램을 활용하여 기존 방음벽과 투명 발전방음벽으로 대치한 경우의 차음성능을 비교분석하였다. 아파트단지의 방음벽은 높이 10m으로 도로를 따라 총 길이 262m로 설치되었다. 방음벽 하단은 불투명한 시트로 마감되어있다.



Fig. 14. Site view and soundproof wall

시뮬레이션을 위한 음원(선음원으로 105dB)의 위치는 방음벽 전면에서 20m, 지면으로부터 0.9m 높이로 설정하였다. 수음점은 높이 1.6m로 방음벽 후면으로 1m, 2.5m, 5m, 10m, 20m에서 각각 음압레벨을 측정하여 삽입손실을 예측하였다. 평가모델은 방음벽 중 20m를 추출하여 이루어졌으며 회절음에 대한 영향을 방지하기 위해 추출된 방음벽 길이를 바탕으로 실을 구획하여 시뮬레이션을 실시하였다.

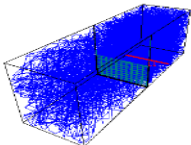
	number of ray	15,832
	impulse response length	1,000ms
	number of reflections	2,000times
	sound power level	105dB
	number of 3D surfaces	5,414
	total 3D surface area	8,059m <sup>2</sup>

Fig. 15. Simulation conditions

Table 7. The Insertion loss level of measuring points PV Transparent Soundproof wall

		Frequency (Hz)						OA (Hz)
		125	250	500	1,000	2,000	4,000	
Point	1.0m	17.0	20.8	23.4	24.4	25.9	26.2	31.7
	2.5m	16.1	19.7	22.0	23.1	24.1	24.4	30.1
	5.0m	14.1	17.6	19.4	20.2	20.5	20.9	27.1
	10m	11.3	14.8	16.9	18.1	18.6	19.1	24.9
	20m	8.4	11.5	13.6	14.8	15.2	15.9	21.6
average		13.4	16.9	19.1	20.1	20.9	21.3	27.1

Existing Transparent Soundproof wall

		Frequency (Hz)						OA (Hz)
		125	250	500	1,000	2,000	4,000	
Point	1m	16.8	20.6	23.1	24.2	25.9	26.5	31.7
	2.5m	15.8	19.2	21.2	22.4	23.6	24.2	29.6
	5m	13.9	17.5	19.7	20.9	21.5	22.1	27.8
	10m	11.2	14.8	17.0	18.3	18.9	19.5	25.2
	20m	8.4	11.6	13.5	14.8	15.4	16.0	21.7
average		13.2	16.7	18.9	20.1	21.1	21.7	27.2

분석결과 500Hz 이하의 주파수에서는 기존 방음벽의 삽입손실이 제안된 발전방음벽 보다 0.2dB 낮으나 2,000Hz 이상의 고주파대에서는 0.2~0.4dB 증가하고 있으며 종합 삽입손실은 0.1dB 높은 것으로 분석되었다. 그러나 이 차이는 매우 작어 제안된 투명 발전방음벽을 실제 아파트 단지에 적용하여도 차음성능에 문제가 없을 것으로 사료된다.

## 5. 결론

기존의 방음벽을 대체하여 사용할 수 있는 태양발전방음벽은 활용도가 높은 신재생에너지 기술의 하나이다. 연구는 결정질계 태양전지를 활용하여 일정 수준의 개방성을 지니며 경제적으로 유용한 투명 발전방음벽 개발을 위한 기초연구로 수행되었다. 연구결과는 다음과 같다.

투명 발전방음벽의 주요 구조적 성능으로 허용변위량과 충격강도를 평가한 결과 폴리카보네이트 재료의 적용이 적합하며 이때 표면의 경도 및 내마모성을 보강하기 위해 폴리비닐 계열의 코팅이 필요한 것으로 분석되었다. 또한 제작공정에서 폴리카보네이트 모듈의 휘어짐 및 공기층 발생을 방지하기 위해 라미네이션 공정의 수정이 필요한 것으로 분석되었다.

제안된 투명 발전방음벽의 발전성능은 정격출력 대비 약 22.3%로 연간 127.8KWh의 누적발전량이 예측되고 있다. 차음성능 평가 결과 방음벽의 투과손실 기준을 만족시키며 실제 아파트 단지에 설치할 경우 기존의 투명 방음벽과 같은 수준의 차음효과를 제공할 수 있을 것으로 예측되었다.

제시된 연구결과는 효과적인 투명 발전방음벽 개발을 위한 방향 설정과 현장설치에 따른 발전 및 차음성능을 예측할 수 있는 기초자료로 유용할 것으로 판단된다. 그러나 태양전지의 다양한 배치조건에 따른 개방성 평가, 표면강도 강화 및 자외선 차단기술 검증 및 도로변 설치에 따른 실증성능 평가 등 앞으로 지속적인 연구개발이 필요하다.

## Acknowledgements

이 논문은 2017년도 한국연구재단 연구비 지원에 따른 결과의 일부임(과제번호 NRF-2017R1D1A1A02018495).

## Reference

- [1] SNE Research, [www.sneresearch.com](http://www.sneresearch.com)
- [2] “태양광발전의 두 얼굴 ‘친환경에너지 vs 난개발주범’”, 연합뉴스, 2016.09. // (Two faces of photovoltaic power generation 'Eco-friendly energy vs over development, [www.yonhapnews.co.kr](http://www.yonhapnews.co.kr), 2016.09)
- [3] “수상태양광 7조 사업 ‘패널로 저수지 덮어도 괜찮을까’”, 중앙일보, 2018.10. // (Can the status 7 flood project 'it is ok to cover the reservoir by panel', <https://news.joins.com/article/23063244>, 2018.10)
- [4] 김성모, 김인구, “국내 도로방음벽을 이용한 태양광발전의 문헌적 경제성 분석”, 국제지역연구논문집, 2012.06 // (Kim, Seong-Mo, Kim, In-Goo, A Study on the Economic Value of solar Photovoltaic activating Sound Proof Wall of Road, Vol. 15, No. 2, 2012)
- [5] “노원구, 태양광방음벽 준공 ‘소음잡고 전기도 생산’”, 이데일리, 2015.12. // (Noh won-gu completed construction of solar noise barrier, <http://www.edaily.co.kr/news>, 2015.12)
- [6] “상록수역에 설치된 태양광 방음벽”, 철도기술연구원, 2016.08. // (Solar light barrier installed at evergreen station, <https://www.gnews.co.kr>, 2016.08)
- [7] “이건장호, 태양전지 방음벽 연구기관 선정”, 한국경제, 2012.11. // (Eagon was selected as a solar noise barrier research institute, <http://news.hankyung.com/article>, [www.eagon.com](http://www.eagon.com), 2012.11)
- [8] <http://www.kohlauer.com>, <http://www.campen.nl>, <http://www.tnc.ch>
- [9] 안호상, 김일호, 박종빈, “국내외 방음벽 관련 연구동향 및 개발방향”, 대한환경공학회지, 2012. 12 // (Han, Ho-Sang, Kim, Il-Ho, Park, Jong-Bin, Analysis of Research Trend and Development Direction on Domestic and International Noise Barriers, Vol. 34 No. 12, 2016)
- [10] 이상진, 이용현, 옥중호, “태양광발전시스템을 적용한 도시차량소음 차단벽 패널 개발에 관한 연구”, 대한건축학회논문집, 2013. 03 // (Lee, Sang-Jin, Lee, Wung-Hyun, Ock Jong-Ho, A Study on the Development of the Traffic Noise Barrier Wall Panels with a Photovoltaic System, Vol.29, No. 3, 2013)
- [11] Patent information searcher, <http://www.kipris.or.kr>
- [12] “동부간선도로에 세계 최초 태양광방음벽 설치”, 지역연합신문, 2018.04. // (Installed world's first solar noise barrier on eastern trunk road, <http://www.yonhap21.com/detail.php?number=13417>, 2018.04)
- [13] “일본고속도로 방음벽을 이용한 태양광 발전설비”, 네이버블로그, 2010.11. // (Photovoltaic power generation facility using noise barrier of Japanese highway, <https://blog.naver.com/2hakgu/80119627084>, 2010.11)
- [14] “방음벽 등 방음시설의 성능 및 설치기준”, 환경부고시 제2017-159호, 시행 2017.08. // (Performance and installation standards of soundproofing walls such as soundproof walls, <http://www.me.go.kr>, 2017.08)
- [15] 정유근, “폴리카보네이트를 활용한 경량 태양발전 블라인드 개발”, 한국친환경설비학회, 2015. 12. // (Chung, Yu-Gun, Developing the Lightweight PV Blinds using the Polycarbonate, Vol. 9 No. 6, 2015)