

# 압출성형을 이용한 플라스틱 방음벽 구조물 제작 연구

김형국\*.#

\*창원문성대학교 스마트기계자동차공학부

## Manufacturing of Plastic Noise Barrier Structure Using Extrusion Molding

Hyung-Kook Kim\*.#

\*School of Smart Mechanical & Automotive Engineering, Changwon Moonsung University

(Received 23 March 2021; received in revised form 10 April 2021; accepted 12 April 2021)

### ABSTRACT

A plastic noise barrier is a structure installed to minimize noise, and it is composed of the main plate, sound-absorbing plate, and sound-absorbing material. Plastic noise barrier structures have several advantages compared to other products, such as light weight, anticorrosion, durability, easy assembly, rapid construction, and low costs. In this study, the main and sound-absorbing plates were manufactured through extrusion molding, and the sound-absorbing plate was finished with a press to improve the conventional injection molding. Extrusion molding dies and punch dies were designed, and a profile extrusion-molding system was developed. Thus, inexpensive and efficient sound-absorbing and main plates can be produced, and the noise barrier structure can be assembled rapidly. Additionally, a noise barrier structure with extended service life and excellent quality can be constructed by creating uniform free space to accommodate increased temperatures after assembly and installation.

**Key Words :** Noise Barrier Structure(방음벽 구조물), Extrusion Molding(압출성형), Injection Molding(사출성형), Main Plate(본체판), Sound Absorption Plate(흡음판)

### 1. 서 론

우리 생활 주변에는 교통소음, 공장소음, 생활소음, 항공기 소음 등 소음원에 따라 다양한 소음이 존재한다. 오늘날 경제의 발전과 소득수준의 향상으로 이러한 소음에 대한 인식이 바뀌고 있다. 과거에는 피해범위가 좁아 국지적이며, 소음이 발생할 때만 느끼는 일과성으로만 치부했으나 장기적

인 소음 노출은 작업능률 저하뿐만 아니라 스트레스를 유발하여 삶의 질을 떨어뜨릴 수 있다.

방음벽(Noise Barrier)이란 소음저감을 목적으로 설치하는 구조물로 주로 도로나 철로변 또는 공장 주변에 설치한다. 방음벽은 기능에 따라 반사형, 흡음형, 간섭형, 공명형 등으로 분류하고 재료에 따라 금속재, 목재, 콘크리트, 플라스틱, 혼합형 등으로 나눌 수 있다.<sup>[1]</sup> 방음벽을 설치할 시 기능과 효율성만 따지지 않고 도로 경관에 미치는 영향이나 일조 저해 그리고 유지관리 측면도 함께 고려해야 한다.<sup>[2]</sup>

# Corresponding Author : ihihome@daum.net

Tel: +82-55-279-5961, Fax: +82-55-279-5132

가장 널리 사용되는 흡음형 방음벽은 타공판과 함께 흡음재(Sound Absorption Material)를 첨가하여 입사하는 음을 흡수하도록 설계된다. 흡음형 방식은 소음감소 효과가 뛰어나지만 상대적으로 비용이 고가인 단점이 있다.<sup>[1]</sup>

흡음형 방음벽에서 대표적인 것이 바로 알루미늄 방음벽이다. 이는 내구성, 내후성, 내식성, 불연성 측면에서 우수하기 때문인데, 반면에 금속재질의 차가운 느낌과 재질의 특성상 높은 빛 반사율 때문에 종종 통행자나 주변 거주자의 불편을 초래하기도 한다. 목재 방음벽은 방음효과가 우수하지만 내구연한이 상대적으로 짧고, 설치 및 유지관리, 보수에 전문성이 필요하다.

최근에 플라스틱을 원료로 하여 재질의 표면은 경질이며, 내부는 중공형태의 구조로, 건설현장의 기존 방음벽 구조물(Noise Barrier Structure)이 갖는 단점을 개선하려는 시도가 있었다. 이러한 플라스틱 방음벽 구조물은 플라스틱의 특성을 활용하여 제품을 경량화시키고, 안정성을 높이는 등 공사현장과 주변 환경을 질적으로 향상시킬 수 있다. 즉 시공방법, 방음효과, 공사비 절감 면에서 기존 타 방음벽 대비하여 우수하거나 또는 동등한 효과를 볼 수 있다.

플라스틱 방음벽 구조물의 특징을 살펴보면,

- 1) 재질이 가볍고 강도가 우수하여 설치/시공이 용이하고 공기 단축이 가능하다.
- 2) 화학적으로 안정되어 내충격성, 내부식성, 내후성 등이 우수하다.
- 3) 쉬트(Sheet) 구조를 채용한 독립구조 판넬식으로 교통소음 및 공사현장 소음을 줄이는데 효과적이다.
- 4) 판넬구조 바깥면에 평면을 구성하여 광고성 이미지 부착이 쉽다.

Fig. 1에서는 사출성형으로 제작된 기존 플라스틱 방음벽 구조물 중에서 흡음판(Sound Absorption Plate) 파트를 보여준다. 그런데 사출성형법으로 제작된 방음벽 구조물에는 몇 가지 문제점이 있다. 즉 사출성형된 흡음판을 본체판(Main Plate)의 뒷면에 흡음재를 댄 후 나사로 고정하는 형식인데, 흡음판 결합 시 많은 나사가 필요하다.



Fig. 1 Sound absorption plate(injection molding)

이로 인해 방음벽 구조물 조립에 많은 시간과 비용이 소요되어 시공단가 상승을 초래한다. 그리고 통상 플라스틱 방음벽 구조물은 본체판을 옆으로 연결하여 벽체를 구성하는 형식인데 여름철에 기온이 오르면 본체판이 팽창하여 길이가 늘어나 본체판이 휘어지고 방음벽 파손의 위험성이 있다. 또한 본체판 또는 흡음판의 크기가 커질수록 이에 해당하는 사출금형의 크기도 커져야 하므로 이에 따른 생산성 저하와 비용증가는 피할 수 없다.

이에 본 연구에서는 압출성형(Extrusion Molding)으로 본체판과 흡음판을 제작하는 방법을 시도하고, 방음벽 구조물 제작을 위한 이형압출 공정을 체계화하였다. 이렇게 함으로써 부품들을 저렴하고 효율적으로 생산할 수 있고, 본체판에 흡음판을 조립할 때 용이하고 신속하게 결합할 수 있다. 또한 방음벽을 조립설치 후 온도의 상승에 대비하여 균일한 여유 공간을 가질 수 있도록 하여, 사시사철 수명이 길고 품질 좋은 방음벽을 구성할 수 있다.

## 2. 구조물 설계 및 금형설계

### 2.1 구조물 요구도 및 특성

플라스틱 방음벽 구조물은 본체판과 흡음판 및 흡음재로 구성되며, 본체판 후면에 흡음재를 댄 후에 흡음판을 체결하고, 흡음판의 통공을 통하여 소음이 유입되면, 흡음재로 소음을 소멸시킴으로써 방음벽의 효과를 달성한다.

본 연구는 방음벽 구조물의 흡음재를 고정하는 흡음판과 본체판 제작 시, 기존의 사출성형 제작 방식의 단점을 해결하고자 제조와 조립이 용이하

며, 생산 원가를 저렴하게 할 수 있는 방법인 압출성형에 의해 제작이 가능토록 하는 것을 목표로 하였다. 이 과정에서 다음과 같은 기술적 사항들을 주요 연구대상으로 고려하였다.

- 1) 조립성이 보장된 제품의 설계 기술
- 2) 길이가 길고, 표면이 매끄러운 제품의 제작을 위한 이형압출 공정 체계화
- 3) 내부 중공형의 매우 복잡한 단면을 가진 이형압출 성형용 다이 설계
- 4) 흡음판 타공을 위한 펀치 다이의 설계

본 연구의 플라스틱 방음벽 구조물은 본체판을 측방향으로 연결하여 방음벽을 구성하도록 하였다. 이를 위해 먼저 흡음판을 삽입할 홈을 마련한 본체판을 압출로 길게 제작하고, 이를 필요한 길이로 절단한다. 이 본체판에 흡음재를 삽입한 후 그 위에 흡음판을 밀어 넣는 것으로 제품이 완성된다. 아울러 본체판의 측면에는 측방향으로 본체판의 연결 시, 길이 팽창에 대비한 일정한 틈새가 만들어질 수 있도록 해야 한다.

이렇게 본체판을 제작하고 흡음판을 조립하는데 소요되는 시간, 인력 및 비용 등이 절감됨으로 인하여 전체적으로 방음벽 구조물 설치에 따르는 공기와 비용이 크게 절감될 수 있다.

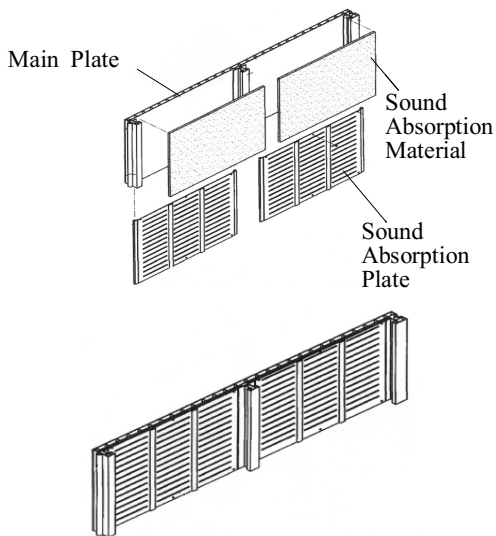


Fig. 2 Conceptual design of product

Fig. 2에서 방음벽 구조물의 각 파트별 조립도와 완성도를 보여준다.

## 2.2 구조물 설계

본체판은 흡음판을 설치할 수 있는 공간을 제공하고, 방음벽 전체의 구조물을 지지해주는 역할을 한다. 그리고 일정한 크기의 본체판 끼리 횡으로 조립하여 커다란 대면적을 구현할 수 있어야만 한다. 이러한 요구도를 만족하기 위해서는 양 끝단에 요철모양의 홈부를 갖추어 본체판 끼리 연결할 수 있는 부위를 가지며 안쪽으로는 흡음재와 흡음판이 슬라이드 방식으로 조립될 수 있도록 홈부를 가져야 한다.

흡음판은 흡음재를 고정시키는 판넬로서 표면에는 T자 모양의 개방구가 있어 외부로부터 유입된 소음이 흡음재에서 흡수/소멸될 수 있는 모양을 갖춘다.

Fig. 3에서는 이러한 요구도를 모두 반영한 본체판의 설계도면을 보여준다.

## 2.3 금형 설계

압출성형을 위하여 적절한 수지의 선정과 함께 정확한 치수의 제품을 제작하기 위하여 다음 항목들을 금형설계에 반영하였다.

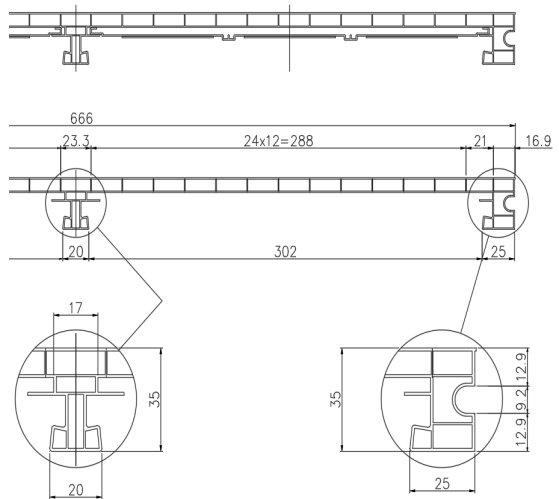


Fig. 3 Product drawing

- 1) 성형품 치수에 적합한 다이 치수 결정
- 2) 수지의 흐름이 중간에 멈추거나 고화되지 않는 압출기와 다이의 유선형 유로 결정
- 3) 냉각 로울러에 일정한 표면온도를 보장할 수 있는 냉매 공급

Fig. 4에서는 본체판 압출성형용 금형 다이의 설계도면을 보여준다. Fig. 5에서는 흡음판 프레스 성형용 다이의 설계도면을 보여준다.

### 3. 시제품 제작

일반적으로 압출성형으로 제조되는 제품에는 파이프, 튜브, 시트, 이형품 등 단면형상이 일정하게 된 것들이 있다. 본 연구에서 제작하려는 방음벽 구조물의 본체판과 흡음판은 단면이 복잡한 형상으로 이형압출 성형장비가 필요하다.

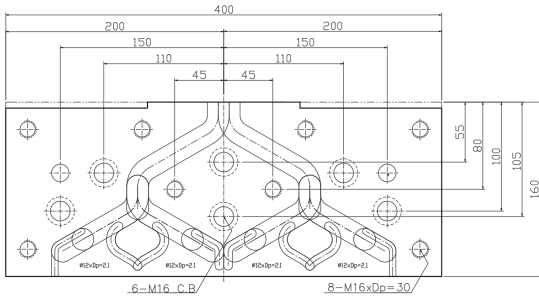


Fig. 4 Drawing of extrusion molding dies

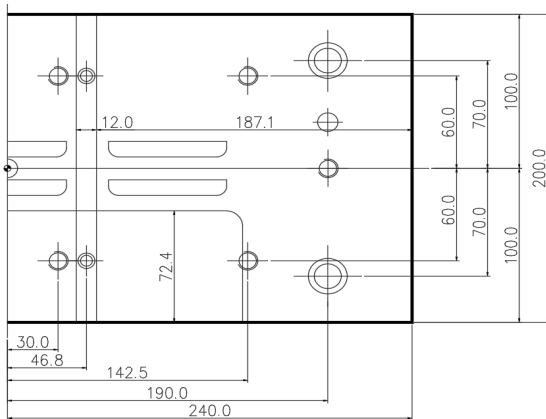


Fig. 5 Drawing of punch dies

이형압출 성형장비는 압출기, 다이, 냉각장치, 인취장치, 절단장치 등으로 구성되는데 이형압출 공정을 다음 절차로 구성하였다.

용해(압출기) → 형상결정(다이) → 사이징 및 냉각(냉각장치) → 인취(인취장치) → 절단(절단장치)

### 3.1 압출기

본 시제품 제작 시 사용한 이형압출기는 2축 스크류식으로 Table 1에서 이형압출기의 자세한 사양을 보여준다. 사용한 수지는 PVC계열로 한화 L&C에서 제조한 모델 명 KH-102L/GY3 이다. 그리고 시제품 생산 시의 가공조건은 다음과 같다.

- 수지 온도 : 200℃
- 중량압출량 : 1.39kg/min
- 냉각수 온도 : 16 ~ 20℃

Table 1 Specification of profile extruder

Item	Dimension	
Description	90mm twin screw extruder (parallel twin)	
Manufacturer	Daeseung industrial machines	
Model no.	DSI-E-2900	
Applicable resin	Rigid PVC	
Extrusion capacity	Max. 220kg/hr	
Barrel	Heat zone	6 Zone
	Heater type	Aluminum block band heater
	Cooling zone	4 Zone
Screw	Cooling type	3 Lower fan
	Diameter	90mm
	Length (L/D)	22 : 1
Gear box	Revolution	Min 8.7 ~ Max. 28 rpm
	Ratio	1 : 27
Driver	Type of gear	Single helical gear
	Main DC motor	45kW, 750 rpm
Electrical capacity	Type	Inverter
	Main DC motor	45kW
	Vacuum pump	2.2kW

### 3.2 다이

본 연구에서 설계/제작한 다이는 유선형으로서, 유로의 단면변화가 점진적이기 때문에 용융물이 정체하지 않는다. 따라서 일정한 유동을 유도하여 안정적인 제품 제작이 가능하도록 하였다.

### 3.3 냉각 장치

다이에 이어지는 공정으로서 사이징과 냉각을 동시에 병행하였다. 즉 다이에서 압출된 후 제품의 무게와 열에 의한 변형을 방지하고자 냉각 및 고화하여 치수를 결정하도록 진행하였다. 이형압출법으로 제작된 본체판은 중공형의 매우 복잡한 단면을 가졌기 때문에 판의 표면에 물결 모양이 생길 가능성이 매우 크다. 이에 진공수조식 사이징 장치를 채택하고, 냉각과 진공 구역을 상호 설치하여 매끈한 표면의 본체판 제작이 가능하였다.

### 3.4 인취 장치 및 절단장치

본 연구에서는 캐터필러식 장치를 채택하였다. 이 방식으로 견인력은 로울러보다 크고, 슬립이나 쪼개짐 등의 손상을 방지할 수 있었다. 절단장치는 등근 톱식 절단기를 채택하고 별도의 방음장치를 설치하였다.

Fig. 6에서 압출성형으로 본체판을 제작하는 과정을 일련의 순서대로 보여준다.

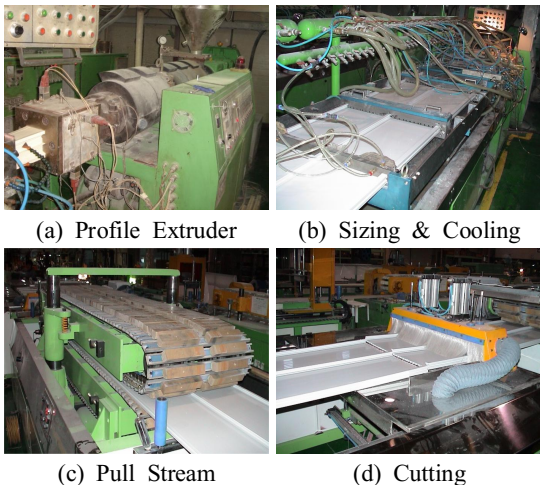


Fig. 6 Main plate manufacturing by profile extruder

## 4. 제작결과 및 고찰

제작된 플라스틱 방음벽 구조물의 성능을 평가하기 위해 한국산업표준(KS F 4770-3)에 의거하여 시험하고 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

측정결과, 제조한 플라스틱 판넬 두께는 전면부(흡음판)가 2.2mm이고 후면부(본체판)가 2.6mm로서 최소 두께 2.0mm와 2.5mm를 만족하였다. 3등 분점 정적 하중시험법으로 수직방향의 탄성변위와 영구 변위량을 측정하였다.

탄성변위는 40.7mm였고 영구변위는 판넬 최대 길이( $L_A=1,9803\text{mm}$ )의 1/500인 3.9mm이내를 보였다. 이로써 본 연구대상인 압출성형으로 제작된 구조물의 설계에서부터 금형제작 및 시사출 과정이 효과적이었다고 판단된다.

Table 3에서 압출성형으로 제작한 구조물과 금속재 구조물 및 사출성형으로 제작한 구조물을 비교분석 하였다. 동일한 판넬 크기에 비해 금속재는 플라스틱재에 비해 약 3배 정도 무겁고 조립에 상대적으로 많은 시간이 소요되었다. 구조물 설치 시간을 표현하는 조립성 측면에서 사출성형 구조물을 기준으로 금속재 구조물은 평균 25% 초과 시간 소요된 반면에 체결용 나사가 필요 없는 압출성형 구조물은 14% 정도 감소하는 것으로 나타났다.

Table 2 Test results of final product

Item		unit	target	Results
Panel material thickness	front	mm	min. 2t	2.2t
	back	mm	min. 2.5t	2.6t
Panel vertical deflection	elastic	mm	max. 50	40.7
	plastic	mm	max. $L_A/500$	2.4

Table 3 Comparison of noise barrier structure

Item	unit	Metal structure	Plastic (injection molding)	Plastic (extrusion molding)
Panel size	mm	1980x500x30t	1980x500x35t	1980x500x35t
Panel weight	kg/m <sup>2</sup>	9.2	3.4	3.4
Construct-ability	%	125	100	86



**Fig. 7 Final product and installation of plastic noise barrier structure**

Fig. 7에서는 이렇게 제작된 본체판과 흡음판에 흡음재를 삽입하여 조립한 플라스틱 방음벽의 최종 제품과 실제 공사장 현장에 설치한 모습을 보여준다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 플라스틱 방음벽 구조물을 압출 성형 방식으로 제작하기 위한 연구를 진행하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 제작된 플라스틱 방음벽 구조물의 성능을 평가하기 위해 한국산업표준(KS F 4770-3)에 의거하여 시험한 결과, 전/후면부 판넬 두께가 각각 최소 2mm와 2.5mm를 초과하였다. 또한 3 등분점 정적 하중시험법으로 수직방향의 탄성 변위와 영구 변위량을 측정한 결과, 목표치인 최대 50mm와 3.9mm 이내로 모두 만족하였다.
2. 본체판과 흡음판을 압출성형으로 제작하고 흡음판은 프레스로 제작하여 이들을 신속하게 조립할 수 있다. 조립성 측면에서 사출성형 구조물 대비 압출성형 구조물은 14% 정도 시간이 감소하는 것으로 나타났다.
3. 기존의 사출성형으로 제작한 방음벽 구조물은 판넬의 크기가 커질수록 사출금형의 크기도 커져야 하므로 이에 따른 생산성 저하와 비용 증가는 피할 수 없었다. 또한 나사로 고정된 판넬에 온도상승시 팽창으로 인해 파손의 위험이 컸다. 이형압출법으로 생산한 구조물은 압출로 길게 제작하고 이를 필요한 길이로 절단하기 때문에 효과적이다. 또한 조립 후 균일한 여유공간을 제공하여 온도상승에 대비할 수 있다.

4. 압출성형 방식으로 방음벽 구조물을 제작하기 위해 제품 설계, 압출성형용 다이와 펀치 다이의 설계/제작을 수행하고, 시제품 제작을 위한 이형압출 공정을 체계화하였다. 이러한 방식으로 흡음판과 본체판을 효율적으로 생산하는 것이 가능함을 확인하였다.

## REFERENCES

1. Han, C. H. and Hong, S. S., "An analyses of the noise reduction effect of vegetation noise barrier using scaled model experiments", Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 35, No.3, pp. 223-233, 2016.
2. Kim, C. H., "Technology Trend of Express Way Noise Barrier", The Magazine of the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, Vol. 41, August, pp. 22-29, 2012.
3. Lee, N. S., "A Study on the Efficient Design of Noise Barriers and Sound Absorption Tunnels on the Roadside", Master's Thesis, Graduate School of Mokpo National University, ROK, 2018.
4. Ahn, H. S., Kim, I. H., Park, J. B., Lee, J. H., and Kim, G. S., "Analysis of Research Trend and Development Direction on Domestic and International Noise Barriers", Journal of Korean Society of Environmental Engineers, Vol. 34, pp. 847-854, 2012.
5. Park, J. K., Kim, K. J., Jung, H. I., Kim, S. H. and Choi, S. S., "Performance Prediction and Measurement of the Barrier", Proc. of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, pp. 718-723, 2004.
6. Hwang. C. H., "Design Parameters and Performance of Noise Barrier" Journal of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 12, No. 6, pp. 395-403, 2002.
7. Korean Plastic Technology Information Center, "Easy Extrusion Molding and Trouble-shootings for Defectives", 2001.