

친환경 소프트 포장재의 공학적 특성에 관한 연구

Charateristics of Soft Paving Materials used Eco-friendly

전두준¹ · 박승진^{2*}Du-Jun Jeon¹, Sung-Jin Park^{2*}¹Graduate Student, Department of Urban Construction Engineering, Incheon National University, Yeonsu-gu, Incheon, Republic of Korea²Dr. of Engineering, Professor, Department of Urban Engineering, Incheon National University, Yeonsu-gu, Incheon, Republic of Korea

*Corresponding author: Sung-Jin Park, sjpark@inu.ac.kr

ABSTRACT

Purpose: This study aims to develop eco - friendly paving materials using Sawdust and EPDM chips. **Method:** Materials are eco-friendly materials and have no environmental problems. By using EPDM chip, the walking feeling can be increased. **Results:** In this study, the optimum mixing ratio was calculated through mixing design test. Based on the blending ratio, the surface layer of the sidewalk is made of fine sawdust and EPDM chips. We used only sawdust of grain - 107 -size to make the base layer of the sidewalks and the surface layer of the bicycle road with the permeability and the anti - resilience, and suggested the application method through the test construction. **Conclusion:** This study the expected that the recent efforts of the government to reduce the elastic paving material, which is the environmentally harmful problem with the complete eco-friendly paving material, are expected to revive.

Keywords: Sawdust, EPDM Chips, Urethane

요약

연구목적: 본 연구에서는 친환경 소재인 알톱밥과 EPDM칩을 사용하여 친환경 포장재의 개발을 목적으로 한다. **연구방법:** 친환경 재료로 환경적으로 문제가 없고, EPDM칩을 사용함으로써 보행감을 높이며, 알톱밥에 소금물 혼합 우드스테인과 우레탄바인더를 혼합하여 내구성을 향상시킨다. **연구결과:** 배합설계 시험을 통하여 최적 배합비를 산출하였고, 배합비를 바탕으로 세립의 알톱밥과 EPDM칩을 사용하여 보도의 표층재, 단입도의 알톱밥만을 사용하여 투수성과 반탄력을 갖춘 보도의 기층재 및 자전거도로의 표층재로 구성하였고 시험시공을 통해 적용공법을 제시하였다. **결론:** 본 연구를 통해 기존의 탄성포장재와 달리 횡강도를 제시하고 우수한 투수계수를 나타냄으로 보도포장재로서 경제적인 시공이 바로 가능할 것으로 판단된다.

핵심용어: 알톱밥, EPDM칩, 우레탄바인더

서론

최근 사람이 통행하는 보도나 공원산책로 및 체육시설이나 어린이 놀이터, 자전거 도로 등에 시공되는 포장 재료로서 콘크리트포장, 아스콘 포장, 석계포장, 자갈포장, 흙포장, 목

Received | 11 February, 2019

Revised | 12 February, 2019

Accepted | 26 March, 2019

 OPEN ACCESS


This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

재(우드칩)포장, 우레탄 포장재, 고무칩 포장, 블록포장 등 소재가 사용되고 있으며, 그 중 수지와 합성고무 칩 또는 우레탄 칩 등을 혼합한 다양한 재질의 탄성 포장재가 주로 사용되어지고 있다. 이러한 탄성 포장재들은 강도 및 내구성이 우수하고 탄력성이 우수해 사용성이 좋기 때문에 널리 사용되어져왔다. 그러나 2006년부터 인조잔디 및 탄성 포장재에 대한 환경 유해성에 관한 문제점들이 방송을 탔고, 환경부에서 2010년 보도나 자전거 도로에 사용되는 탄성 포장재 및 인조잔디 운동장에 대해 유해물질 위해성 평가를 진행하였다. 검사 결과 탄성 포장재 및 인조잔디 운동장, 우레탄 트랙에서 기준치를 초과하는 납과 아연 성분이 검출되었고, 이 원인을 탄성포장재나 인조잔디 운동장에 사용되는 이력이 확인되지 않는 외국산 저가의 고무칩 또는 페타이어를 재활용한 고무칩 등이 문제임을 밝혔다. 또한, 우레탄 제조에 사용되는 프탈레이트가 유해하다는게 알려지면서 실외 체육 시설의 탄성 포장재에 대한 한국산업규격(KS F 3888-2)이 2016년 12월 개정 되었다. 그 개정 규격에는 탄성 포장재 제품의 품질 기준으로 유해성 검사 대상 물질을 기존의 중금속 4종(Pb, Cd, Hg)의 함량 이외에 추가적으로 중금속 14종의 용출량 및 프탈레이트계 가소제의 함량규정을 추가하였다. 이에 따라 탄성 바닥재와 관련하여 페타이어나 고무 칩 등을 사용한 탄성 층을 인체에 무해하고 친환경적인 재료로 대체하고자 목재 칩, 톱밥, 섬유, 황토와 왕겨의 혼합물 등 천연재료를 사용하는 기술이 개발되어 특허 출원 및 활발한 연구가 진행되고 있지만, 실용화에는 이르지 못하고 있다.

그러나 고무를 대체하는 천연재료들은 인체 및 환경에 친화적이지만, 보도 및 자전거 도로로 사용하기에 탄성이 부족하거나 내구성이 부족하고 비경제적인 문제점들이 있다. 따라서, 이를 포장재로 활용하기 위해서는 강도 및 내구성 강화를 위한 보완책이 필요하며, 이를 위해 알톱밥과 EPDM칩을 섞어 사용하는 방법이 하나의 대안이 될 수 있다고 생각한다. 본 연구에서는 내구성과 걸러를 위해 건조된 알톱밥의 소금물 혼합 우드스테인을 혼합한 가공 알톱밥을 주재료로 사용하고, 친환경 고기능 고무칩인 EPDM칩과 우레탄 바인더와의 배합비율을 바꿔가며 용도에 맞게 강도와 탄성이 조절가능한 새로운 개념의 친환경 소프트 포장재의 개발하여 공학적인 특성 평가 및 환경 유해성 평가를 통해 기존 실외 체육 시설의 탄성 포장재에 대한 한국산업규격 「KS F 3888-2」의 규정 및 기존의 논문과 비교 평가하여 공학적인 특성 및 환경 유해물질 기준을 규정하고 시험시공을 통해 적용공법을 제시하고자 한다. 본 소프트 포장재는 보도나 자전거도로처럼 사용 용도에 맞게 소프트한 정도를 조절할 수 있고, 다양한 색상을 만들 수 있기 때문에 환경 유해성 없이 일반도로의 보행로, 공원 산책로, 단지 내 보도, 자전거 도로 등에 기존의 탄성포장재보다 환경 친화적이고 미관기능, 보도 사용성을 향상 시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 추후 소형 블록화한 보도블록도 개발 가능하고, 어린이 놀이방이나 층간소음을 해결할 수 있는 건축 재료로의 개발이 기대된다.

시험 및 평가방법

시험개요

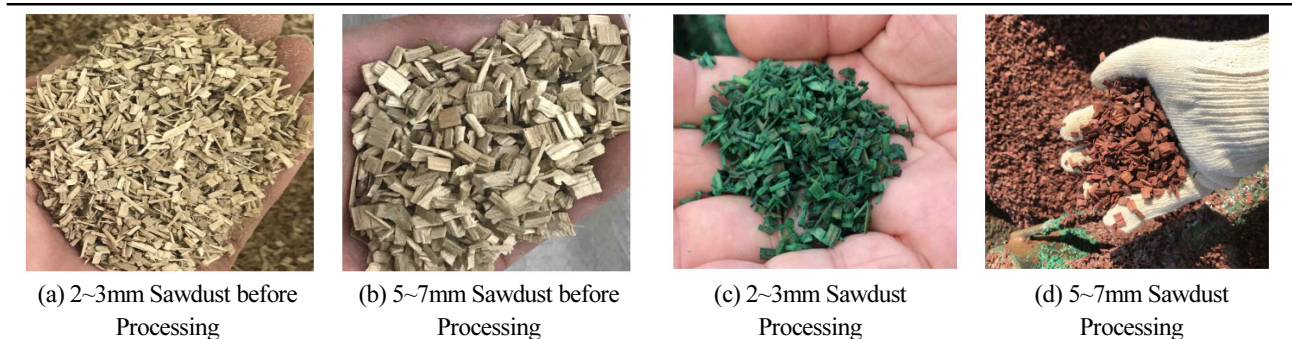
알톱밥과 EPDM칩을 혼합한 소프트 포장재 혼합비율에 대한 배합설계 시험은 교내 실험실에서 진행하여 소프트 포장재의 적합한 배합비를 산출하였다. 배합비에 따른 포장재의 공학적인 특성 시험은 특허 출원을 위하여 시험결과의 우수성 및 객관성을 인정받기위해 공인기관 KCL(한국 건설 생활환경 시험 연구원)에 시험 의뢰하여 진행하였다. 이외에 보행감을 위한 탄력성 시험은 교내 실험실에서 진행하였다.

시험재료

알톱밥은 목재를 제재할 때 순수히 나오는 부산물 또는 파쇄기기를 이용하여 인위적으로 파쇄 하여 만든 목재이다. 알톱밥의

종류는 버섯 재배용 톱밥, 축사 깔개용 톱밥, 곤충용 톱밥이 있지만 본 논문에서 사용되는 알톱밥은 S사에서 생산되는 참나무 류 버섯용 톱밥 1~9mm를 사용하였다. 알톱밥은 목재를 분쇄한 재료이기 때문에 부패에 우려가 있어 자연 건조된 목재 분쇄 알톱밥에 소금물 혼합 우드스테인으로 방부처리를 한 가공 알톱밥을 사용한다. 또한, 우레탄 바인더로 알 톱밥을 혼합하게 되면 개별 입자에 우레탄 바인더 도막이 형성되어 쉽게 부패되지 않는다. 본 연구에서 사용한 알톱밥의 모습은 Table 1과 같다.

Table 1. Sawdust



배합설계 시험

배합설계 시험은 자동온도 20도 환경에서 교내실험실에서 진행했으며, 시험을 통해 소프트 포장재에 맞는 배합비를 산출하였다. 본 연구에서는 포장재를 보도포장재와 자전거도로 포장재 두 가지 용도를 목적으로 하였다. 보도포장재는 보행자가 보행 시 피로감을 줄여줄 수 있도록 알톱밥과 탄성이 뛰어난 EPDM칩을 혼합함으로써 쿠션감이 필요한 보도용의 표층재로 구성하였으며, 자전거도로 포장재는 단입도의 알톱밥만을 사용하여 구성함으로써, 강도와 반탄력성이 필요한 자전거 도로의 표층재로 구성하였다. 또한 이는 단입도의 알톱밥을 사용함으로써 투수성이 향상됨으로 보도의 기층재로도 구성될 수 있다. 배합설계 시험에 사용되는 알 톱밥은 1~9mm의 알 톱밥을 사용하며, 알 톱밥은 입자 크기별로 4종류이다. 따라서, 본 연구에서 입자의 크기가 2~3mm인 것을 알톱밥 A, 입자의 크기가 3~5mm인 것을 알톱밥 B, 입자의 크기가 5~7mm인 것을 알 톱밥 C, 입자의 크기가 7~9mm인 것을 알톱밥 D로 명한다.

소프트 포장재 배합비

본 연구에서는 소프트 포장재의 용도를 보도용과 자전거도로용 두가지 용도를 목적으로 하였고, 보도의 표층재와 보도의 기 층재 및 자전거도로 포장재 두 종류로 구성했다. 2~3mm 크기의 알톱밥과 EPDM칩을 최적 배합비로 혼합한 것을 표층재, 5~7mm 크기의 알톱밥만을 사용한 것을 기층재라 명했다. 배합 설계 시험 결과, 표층재 및 기층재 재료 배합비는 Table 2와 같다.

Table 2. Test material mixing ratio

	알톱밥	EPDM칩	우드 스테인	우레탄 바인더
보도용(표층재) - 알 톱밥[2~3mm]	2	1	0.8	0.6
자전거도로용(기층재) - 알 톱밥[5~7mm]	1	-	0.5	0.3

알톱밥과 EPDM칩을 사용한 소프트포장재의 공학적 특성 평가

본 소프트 포장재는 기존의 탄성 포장재와 달리 알 톱밥과 EPDM칩을 혼합하여 사용한 포장재로, 배합설계 과정에서 소금물을 혼합한 우드스테인을 사용한 것과 배합설계 시험을 통해서 포장재의 배합비를 개발하였으며, 이에 따른 용도별 적용 공법을 제시함으로써 용도에 따라 강도 및 탄성을 조절할 수 있는 기존의 포장재와 다른 새로운 개념의 소프트 포장재라 할 수 있다. 따라서, 논문의 우수성 가치 및 향후 제품에 대한 실용성을 인정받기 위하여 ‘알톱밥을 이용한 친환경 소프트 포장재 및 이를 이용한 시공방법’으로 특허를 진행하였다. 이에 따라, 본 연구에서 휨강도 시험, 인장강도 및 신장률 시험, 투수계수 시험에 대한 공학적 특성 평가는 2017년 10월 25일 시험결과의 우수성 및 객관성이 인정되는 KCL(한국건설생활환경 시험 연구원)에 의뢰하여 시험결과를 분석·평가하였으며, 본 소프트 포장재의 특허(제10-1844905호)가 등록되었다.

휨강도 시험에 의한 공학적 특성 평가

탄성 포장재 「KS F 3888-2」에는 휨강도에 대한 규격이 정해져있지 않지만, 도로에 포설되는 포장재는 위에서 하중이 가해지는 경우로 휨강도에 영향을 받는다. 이에 따라, 알톱밥과 EPDM칩을 사용한 새로운 소프트 포장재에 대한 강도 기준을 제시하기 위해 본 연구에서는 휨 강도에 의한 공학적 특성평가를 진행했다. 배합설계 시험 결과 배합비로 혼합한 포장재에 대한 휨강도 특성을 평가하기 위하여 적색과 녹색의 보도용 표층재와 자전거도로용 기층재, 3가지 조건의 포장재의 시편을 사용했다. 본 연구에서는 목재의 휨 시험방법 「KS F 2208」의 시험 규정에 따라 휨강도 시험을 KCL(한국 건설 생활환경 시험 연구원)에 의뢰하여 분석하였다. 시험에 필요한 시편은 횡단면이 한 변의 길이가 30mm인 정 사각형, 방향의 길이가 380mm인 직육면체의 형태를 기준으로 한다. 휨 시험은 시험편의 중앙에서 접선 단면에 수직으로 하중을 가하여 시험편이 1~2분 이내에 파괴되도록 균일한 속도로 휨 하중을 가하여 시험을 하며, 시험 중 하중과 변형을 각각 1% 및 0.01mm의 정확도로 기록하여야한다. 휨강도 시험 시편 사진은 Fig. 1과 같다.

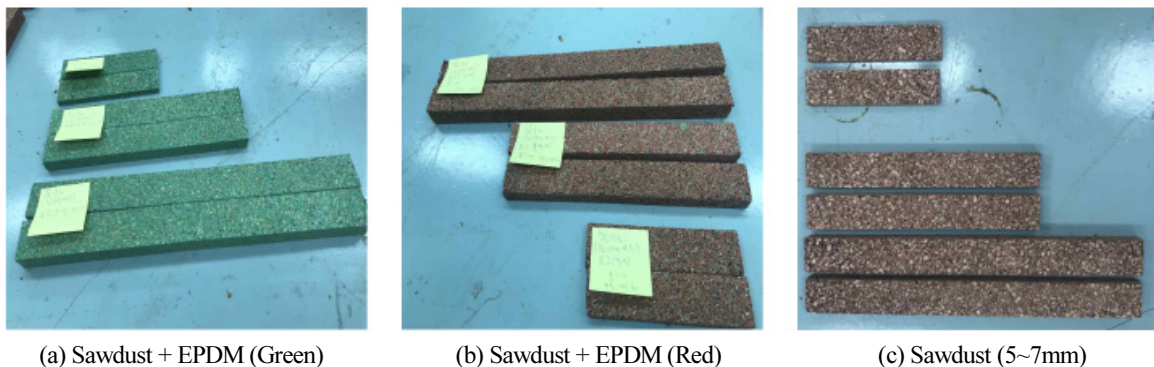


Fig. 1. Specimen for Bending Strength Test

인장도 시험에 의한 공학적 특성 평가

인장강도 시험은 탄성 포장재에 대한 한국산업규격 「KS F 3888-2」의 인장강도 및 신장률 시험방법에 따르고, 표층재 녹색, 표층재 적색, 기층재 3종류 시험을 하며 시험편은 그림 3.32와 같은 아령형으로 제작 및 시험 의뢰하였다. 시험편 속도는

500±25mm/min로, 시험 환경 조건은 온도 23±2°C, 습도는 35±10%에서 4개 시험편으로 시험됐다. 아령형 시편 제작을 위한 인장강도 시편은 Fig. 2와 같다.

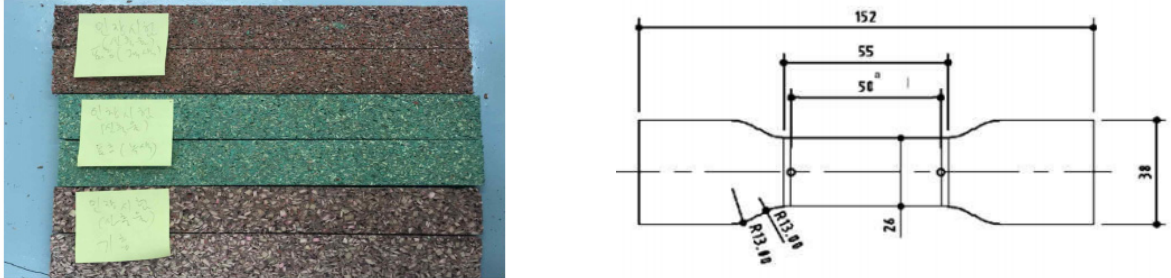


Fig. 2. Tensile strength specimen for dumbbell specimens

알뜰밥과 EPDM칩을 사용한 소프트포장재의 공학적 특성 분석

휨강도 시험 결과

탄성 포장재에 대한 한국 산업규격 「KS F 3888-2」에서는 포장재료로서 휨강도 기준이 미정이기 때문에 휨강도 시험은 목재의 휨 시험방법 「KS F 2208」에 규정에 의하여 시험 의뢰한 결과 배합시험 결과의 배합비로 혼합하여 제조한 표층재 녹색, 표층재 적색, 기층재 각 소프트 포장재 종류에 따른 두께별 휨강도를 비교하여 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 포장재의 종류에 따른 휨강도 값을 살펴보면 표층재에서는 포장재의 두께가 두꺼워질수록 가로방향, 세로방향 모두 휨강도가 증가하였으나, 기층재에서 두께 20mm일 경우 최대 1.2MPa로 가장 높은 강도를 보였으며 표층재에 비해 최대 1.7배 이상 증가하는 것을 알 수 있다.

따라서, 세립도의 알뜰밥을 사용할 경우에는 포장재의 두께에 따라 휨강도가 증가하지만, 단립도의 알뜰밥을 사용할 경우에는 어느 정도의 두께를 가지면 일정한 휨강도를 가짐을 알 수 있다. 또한, 가로방향과 세로방향은 크게 차이가 나지 않음을 알 수 있다. 기존의 탄성 포장재에 대해 요구되는 휨강도 기준강도가 없기 때문에, 선행 연구를 바탕으로 Joan-Manuel et al.(2012)이 제시한 톱밥과 우레탄 수지를 포장 재료로 사용한 포장재에 대한 휨강도와 비교하였다. 선행 연구에서는 5mm체에 걸른 톱밥을 사용하였고, 톱밥에 대한 우레탄 수지의 질량비를 1.0~1.4로 증가시킴에 따른 휨강도 값은 측정하였다. 톱밥에 대한 우레탄 수지의 질량비에 따른 휨강도 값은 1.2~3.3MPa로 우레탄 수지의 질량비가 증가할수록 휨강도 또한 증가함을 알 수 있었다. 이에 따라, 입자크기 5mm 정도의 알뜰밥을 주재료로 사용한 포장재의 경우 휨강도의 기준강도를 1.2MPa이상으로 설정하였다. 본 연구에서 5~7mm의 입자크기를 사용한 기층재를 비교하였을 때, 알뜰밥에 대한 우레탄바인더의 질량비를 0.3, 두께 20mm인 경우 기준강도를 만족하였다. 따라서, 적은양의 바인더와 얇은 포장재의 두께로 휨강도 기준을 만족하였으므로 경제성 측면에서 우수하다 할 수 있다.

또한, 표층재의 경우 휨강도는 최대 1.1MPa로 기준강도를 상회하는 강도로 우레탄 바인더의 비율을 높일 경우 휨강도는 더욱 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다. 소프트 포장재 종류에 따른 휨강도 시험결과는 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Bending strength test result

Test items	Thickness (mm)	Flexural strength (MPa)		
		width direction	height direction	
표층재	알토파브 A[2~3mm] + EPDM(녹색)	10	0.6	0.7
		20	0.7	0.7
		30	1.0	1.0
	알토파브 A[2~3mm] + EPDM(적색)	10	0.6	0.6
		20	0.8	0.9
		30	1.1	1.1
기층재	알토파브 C[5~7mm]	10	0.9	0.9
		20	1.2	1.2
		30	1.0	1.1

알토파브와 EPDM칩을 사용한 소프트 포장재의 환경성 평가분석

중금속 및 유해화학물질 총량 시험 결과

탄성 포장재 「KS F 3888-2」에서는 납, 카드뮴, 육가크롬 및 수은에 대한 중금속 4종류의 허용기준을 제시하고 있으며, 알루미늄, 구리, 니켈, 아연을 포함한 중금속 용출량 14종에 대한 용출량 허용기준을 정하고 있다. 이 기준에 의한 중금속 및 유해화학물질 총량 시험 결과, 중금속 4종과 중금속 용출량 14종 모두 검출한계 이하로 모두 검출되지 않았다.

프탈레이트계 가소제의 함량 시험 결과, KS에서 제시하고 있는 허용기준 이하로 프탈레이트계 가소제 6종(DBP, BBP, DEHP, DINP, DNOP, DIDP)모두 검출되지 않았다. 또한, 다환방향족 탄화수소(PAHs) 18종도 검출한계 이하로 검출되지 않았다. 이와 같이 알토파브와 EPDM칩을 사용한 소프트 포장재의 시험체는 KS가 제시하고 있는 탄성 포장재 유해성 시험 모두 허용기준을 만족한다. 따라서, 본 포장재는 인체에 무해하고 친환경적인 포장재임을 알 수 있었고, 아직 성장시기인 어린이나 청소년들이 사용하는 어린이 놀이터 및 학교 내 보도에도 시공할 수 있을 것으로 기대된다. 중금속 및 유해화학물질 시험성적서 사진은 다음 Fig. 3과 같다.



Fig. 3. Heavy metal and toxic chemical total test report

폼 알데하이드 방출량 시험 결과

「KS F 3888-2」에서는 허용기준을 제시하고 있지 않지만, 환경유해인자공정시험기준에서 『다중이용시설 등의 실내공기질 관리법』에서 건축자재에서 방출되는 폼 알데하이드의 방출농도 허용 기준을 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$ 으로 제시하고 있으며, 시험 결과 본 시험체에서는 검출 기기에서 검출한계 이하로 폼 알데하이드는 검출이 되지 않았다.

결론

본 연구는 친환경 소재인 알톱밥과 EPDM칩을 사용한 새로운 개념의 친환경 소프트 포장재의 개발 및 본 소프트 포장재의 품질기준을 제시하고자 연구를 수행하여 기존의 탄성포장재를 대신하여 보도나 산책로 및 자전거 도로 등에서의 본 포장재의 사용 가능성을 검토하고자 하였다. 배합설계 시험을 통해 새로운 배합비를 개발하고 표층재, 기층재 두 종류로 시험체 제작을 하였으며 시험시공을 진행해 소프트 포장재의 적용공법을 제시했다. 소프트 포장재에 공학적 특성을 규명하기 위해 휨강도 시험과 인장강도 및 신장률 시험, 투수계수 KCL에 시험을 의뢰하여 시험결과를 분석하였다. 또한 현장 적용성을 평가하기 위한 GB, SB 시험을 수행하였고, 환경성 평가를 위해 중금속 및 유해 화학물질 총량 시험, 폼 알데하이드 방출량 KCL에 시험을 의뢰하여 시험결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존의 탄성 포장재에 대해 요구되는 기준강도는 미정므로, Kayo et al.(2015)이 제시한 선행 연구결과를 바탕으로 알톱밥을 주재료로 사용한 포장재의 경우 휨강도를 1.2MPa 이상을 기준으로 하였다. 휨강도 시험결과 표층재와 기층재 모두 대체적으로 포장재의 두께가 두꺼워질수록 강도가 높게 나타났으며, 기층재에서 두께 20mm일 경우 최대 1.2MPa로 가장 높은 강도가 나타났다. 따라서, 본 포장재에서 두께 20mm의 기층재의 경우 기준강도를 만족하였고, 표층재 또한 1.1MPa로 기준강도를 상회하는 강도로 우레탄바인더의 비율을 높일 경우 기준강도를 만족할 것으로 판단된다. 또한, 적은 양의 바인더 사용 및 포장재의 두께를 얇게 시공할 수 있어 경제적인 측면에서 우수하다 판단된다.
- 2) 인장강도 및 신장률 시험 결과, 목재를 사용한 포장재 특성 상 고무 제품을 대상으로 정한 「KS F 3888-2」의 인장강도 및 신장률 기준을 만족하기 어려우며, 따라서 알톱밥만을 사용한 기층재는 인장강도의 기준을 비교하기 어려우며, 알톱밥과 EPDM칩을 혼합 사용할 경우 인장강도가 높게 나타남을 알 수 있었다. 표층재 적색에서 인장강도는 0.6MPa, 신장률은 38%로 가장 높은 수치가 나타났고, 기층재에서 인장강도 0.3MPa, 신장률 5%로 가장 낮은 수치를 나타냈으며, 탄성포장재 「KS F 3888-2」의 인장강도 및 신장률 기준과 비교 시 기층재는 기준강도 이하의 값이 나왔지만, 표층재는 기준강도 이상의 값을 나타냈다. 따라서, 본 소프트 포장재에서 인장강도 및 신장률 품질 기준은 기층재의 경우 기준을 따로 규정하지 않고, 표층재의 인장강도는 0.3MPa 이상, 신장률은 15% 이상으로 하였을 때 보도포장재로서 실용성 문제가 없다 판단된다.
- 3) 포장재의 투수특성을 평가하기 위하여 투수시험을 의뢰한 결과, 포장두께와 상관없이 단입도의 알톱밥을 사용할수록 투수계수가 크게 나타났다. 표층재는 0.38cm/sec, 기층재는 1.3cm/sec의 결과 값으로 기존의 투수성 콘크리트 대비 표층재는 38배, 기층재는 130배로 투수성이 우수함을 알 수 있었다. 따라서, 본 소프트 포장재의 투수계수 기준을 표층재는 0.1cm/sec 이상, 기층재는 0.5cm/sec 이상으로 제시하였다.
- 4) 포장재에 대한 보행감 평가를 위하여 GB, SB 시험을 수행한 결과, 강성이 큰 단입도의 알톱밥을 사용한 기층재에서

GB계수와SB계수의 값이 최대 52% 작게 나타났지만, Higuchi가 제시한 보행의 적합한 범위로 제시된 GB계수와SB계수의 범위는 표층재가 더 가까웠다. 또한, GB계수에 대한 SB계수의 비는 표층재 0.71, 기층재 0.75로 기존의 다른 포장체들과 비교하여 상대적으로 높은 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 따라서, 보도와 산책로 등 보행 용도로 활용 시 보행자가 받게 되는 충격을 상당히 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

- 5) 본 소프트 포장재 시험체에 대한 중금속 및 유해화학물질 총량 시험 결과, 탄성포장재 「KS F 3888-2」에서 제시하고 있는 허용기준인 중금속 함량 4종과 중금속 용출량 19종, 프탈레이트계 가소제 6종 및 다환방향족 탄화수소(PAHs) 18종 모두 검출한계 이하로 검출되지 않았다. 또한, 폼 알데하이드 방출농도도 검출한계 이하로 검출되지 않았다. 따라서, 본 소프트 포장재는 완전한 친환경 포장재라 할 수 있으며 환경 유해성 물질 품질 기준은 「KS F 3888-2」와 동일하게 제시할 수 있다.
- 6) 기존의 탄성포장재 제품과 비교하였을 때, 소프트 포장재는 완전한 친환경 재료를 사용하면서도 높은 품질기준을 갖추고 가장 경제적이므로 실제 시공에 있어서도 기존의 탄성포장재보다 효율이 더 높을 것으로 기대된다. 하지만, 소프트 포장재의 구체적인 유지기간과 유지관리 방법에 대한 지속적인 연구가 필요하며, 향후 동결 융해 시험과 습윤 건조 시험 등을 통해 계절적 환경 변화가 소프트 포장재에 장·단기적으로 어떠한 영향을 미치는지와 이러한 계절적인 영향을 본 소프트 포장재가 잘 대응할 수 있는지에 대한 지속적인 추가 연구가 수행 되어야한다고 생각된다.
- 7) 본 연구에서 알톱밥과 EPDM칩을 사용한 소프트 포장재는 시공 시 하부층과 상부층의 2층 구조로, 하부층의 경화속도가 늦으면 시공이 길어진다는 단점이 있지만, 본 연구에서 제시한 배합비와 적용공법으로 실제 시공현장에서 바로 사용이 가능하였고, 시공에 있어서 기존의 탄성포장재보다 경제적인 시공이 가능하다고 판단된다. 또한, 완전한 친환경 포장재로 환경 유해성 문제가 대두된 탄성포장재를 줄이려는 최근 정부의 노력에 부흥할 것으로 기대된다.

References

- [1] Fang, Y., Zhan, M., Wang, Y. (2001). "The status of recycling of waste rubber." *Materials and Design*, Vol. 22, No. 2, pp. 123-128.
- [2] Hefa, C., Yuanan, H., Martin, R. (2014). "Environmental and Health Impacts of Artificial Turf." *Environmental Science&Technology*, Vol. 48, No. 4, pp. 2114-2129.
- [3] Joan-Manuel, F.M., Jordi, O.-S., Xavier, G., Joan, R., Alejandro, J. (2012). "Planning strategies for promoting environmentally suitable pedestrian pavements in cities." *Transportation Research Part D17*, pp. 442-450.
- [4] Jordi, O.-S., Alejandro, J., Joan, R., Xavier, G. (2009). "Environmental optimization of concrete sidewalks in urban areas." *Int J Life Cycle Assess*, Vol. 14, No. 4, pp. 302-312.
- [5] Kayo, C., Watanabe, C., Sasaki, T., Kumagai, S., Noda, R., Hashimoto, S. (2015). "Life cycle greenhouse gas emissions of woodchip-paved walkways using tsunami salt-damaged wood: examination in Otsuchi, Iwate Prefecture." *Journal of Wood Science*, Vol. 61, No. 6, pp. 620-629.
- [6] Park, S.-J. (2018). "Impact Characteristics of AFRP Reinforced Concrete Slab." *Journal of Korea Society of Disaster*, Vol. 14, No. 4, pp. 492-500.