

폴리머 혼입 시멘트 모르타르의 진동 특성에 관한 실험적 연구

An Experimental Study of Damping Properties for Polymer-Modified Mortar

○임 성 배* 이 창 준**
Im, Seong-Bae Lee, Chang-Joon

Abstract

The purpose of this study is to understand the vibration damping performance when incorporating wasted crumb rubber and SB Latex into cement mortar. Wasted Crumb rubber was mixed corresponding to particle sizes of 0.15-0.30 mm, 1.0-2.0 mm, and 2.0-3.0 mm, respectively. Also, Two types of SB Latex with glass transition temperatures of -1.2°C and 11.3°C were used. Impact Hammer Tests were conducted at room temperature. The experimental results showed that specimens with SB Latex, particularly with the lower glass transition temperature of -1.2°C at a 20% mixing ratio, exhibited the highest damping ratio. Meanwhile, specimens incorporating wasted crumb rubber showed the highest damping ratio when mixed with the smallest particle size at a 20% ratio.

키워드 : 감쇠비, 라텍스, 임팩트 해머 시험, 페타이어 고무 분말

Keywords : damping ratio, latex, impact hammer test, wasted crumb rubber

1. 서론

1.1 연구의 목적

콘크리트는 시공성, 경제성 등이 우수하여 과거에서부터 현재까지도 건설재료로서 가장 많이 사용되고 있다. 반면, 콘크리트의 감쇠성능은 매우 낮으며 구조물에는 다양한 진동원이 작용하고 있다. 외부 진동원은 교통, 철도, 바람, 지진 등이 있고, 내부 진동원은 사람의 활동, 설비 시스템, 공장의 기계 시스템 등이 해당된다. 이러한 진동은 소음, 기계 성능 저하, 내구성 감소 등을 야기할 수 있다.

선행 연구에서는 진동 감쇠성능이 뛰어나다고 알려져 있는 SBR을 사용하여(Y, Ohama, Hal Amick) 실험과 해석을 통해 재료의 감쇠 효과를 입증했다. 또한 페타이어 고무 분말(Haodao Li)을 사용한 연구도 진행되고 있지만, 페타이어 고무 분말의 다양한 입도 크기와 혼입율에 따른 연구는 부족하며, 주로 기계적 특성에 중점을 두고 있다.

따라서 본 연구에서는 페타이어 고무 분말과 Styrene-Butadiene Latex를 각각 혼입하여 혼입량에 따른 진동의 감쇠 성능을 파악하기 위해 시멘트 모르타르 시험

체를 제작하여 각 재료에 따른 감쇠 성능을 비교하고자 한다.

2. 실험계획 및 방법

2.1 재료

2.1.1 페타이어 고무 분말(Wasted Crumb rubber, WCR)

페타이어 고무 분말(WCR)을 분말의 크기에 따라 S(0.15-0.3 mm), M(1.0-2.0 mm), L(2.0-3.0 mm)로 구분하였다. 페타이어 고무 분말은 일반적으로 잔골재의 역할을 대체하여 사용되고 있으며, 본 연구에서도 페타이어 고무 분말이 잔골재를 부피(5, 10, 20 %)를 기준으로 대체하여 혼입되었다.

2.1.2 SB(Styrene-Butadiene) Latex

본 연구에서 사용된 SB Latex는 Styrene:Butadiene이 3:2 비율이며, 고형분 함유량이 50 %이다. 유리전이온도가 비교적 낮은 Latex를 L(-1.2°C), 비교적 높은 Latex를 H(11.3°C)로 구분하였다. Latex의 혼입율은 시멘트에 대한 Latex의 고형분 함유량의 중량비(P/C)로 산정하며 5, 10, 20 %를 각각 혼입하였다.

2.2 배합설계

재료 혼입에 따른 결과를 비교하기 위해 배합설계를 진행했고, 표 1에 나타났다. 비교를 위한 Control은 Plain이며, 물-시멘트비는 0.5 이다. 혼입된 재료와 재료 내에서의 구분, 혼입율을 순서대로 표기하여 배합 종류를 구분했다.

* 충북대 대학원 석사과정

** 충북대 건축공학과 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, cjlee@chungbuk.ac.kr)

표1. Plain 및 폴리머 혼입 모르타르의 배합설계

종류 [단위 : kg/m ³]	Water (W)	Cement (C)	Sand (S)	WCR	SB Latex (Solid only) (P)	W/C	
1	Plain	284	569	1706	0	0.50	
2	WCR-S-5	284	569	1621	29	0.50	
3	WCR-S-10	284	569	1536	59	0.50	
4	WCR-S-20	284	569	1365	118	0.50	
5	WCR-M-5	284	569	1621	29	0.50	
6	WCR-M-10	284	569	1536	59	0.50	
7	WCR-M-20	284	569	1365	118	0.50	
8	WCR-L-5	284	569	1621	29	0.50	
9	WCR-L-10	284	569	1536	59	0.50	
10	WCR-L-20	284	569	1365	118	0.50	
11	SBR-L-5	253	561	1680	0	28	0.45
12	SBR-L-10	221	552	1654	0	55	0.40
13	SBR-L-20	161	535	1605	0	107	0.30
14	SBR-H-5	253	561	1680	0	28	0.45
15	SBR-H-10	221	552	1654	0	55	0.40
16	SBR-H-20	161	535	1605	0	107	0.30

2.3 실험방법

표 1의 배합에 따라 40×40×160 mm 의 각주형 시험체를 제작하였고, 진동특성을 알기 위해 Impact Hammer Test를 실온에서 진행하였다. 측정은 가속도계와 Digitizer, Signal Conditioner를 이용했으며, 데이터 샘플링은 1 MHz, 저장되는 샘플 수는 425,601개 이다. 가진 위치와 가속도계의 위치를 달리하여 Bending mode, Longitudinal mode의 시간에 따른 응답 데이터를 얻었다. 이에 Fast Fourier Transform을 사용하여 주파수에 대한 응답 데이터로 변환하고, 고유진동수를 얻을 수 있다.

Half-Power Bandwidth 방법은 감쇠비를 계산하는 방법 중 하나로, 고유진동수와 고유진동수에서의 스펙트럼의 크기의 $\frac{1}{\sqrt{2}}$ 이 되는 지점의 주파수를 이용한다. 다음 식 1과 같다.

$$\xi = \frac{\omega_2 - \omega_1}{2\omega_n} \quad (1)$$

2.4 결과

Bending mode의 경우, Plain 모르타르 시험체가 가장 낮은 감쇠비를 나타냈다. 페타이어 고무 분말을 혼입한 경우 혼입율에 따라서 유의미한 경향성이 나타나지 않았다. S 사이즈의 WCR 혼입 시, Plain 시험체 대비 감쇠비가 최대 82 % 증가하여 페타이어 고무 분말 혼입 결과 중 가장 높은 감쇠성능을 보였다. L 사이즈의 분말 혼입 시 감쇠성능의 증가폭이 가장 낮았다. 그림 1에 결과를 나타냈다.

SB Latex 혼입 시, 혼입에 따른 감쇠 성능이 뚜렷하게 증가하는 경향을 보였다. 특히, 유리전이온도가 더 낮은 SBR-L 시험체의 감쇠성능이 뚜렷하게 감쇠성능이 크다. 이는 Plain 대비, 501 %의 감쇠성능이 증가했음을 보였다. SB Latex 혼입 시 감쇠성능은 그림 2와 같다.

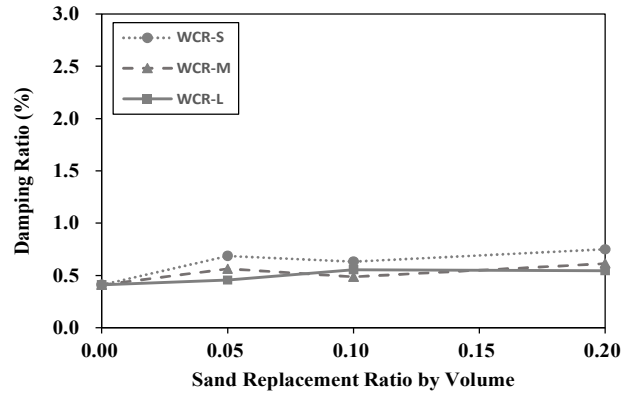


그림1. 페타이어 고무 분말 혼입에 따른 Bending mode의 감쇠성능

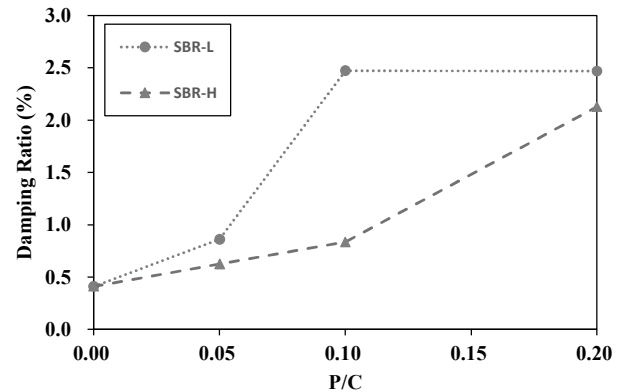


그림2. SB Latex 혼입에 따른 Bending mode의 감쇠성능

3. 결론

본 연구에서는 폴리머 혼입 시멘트 모르타르의 진동 특성을 파악하기 위해 페타이어 고무 분말과 SB Latex를 혼입했다. SB Latex를 혼입한 시험체의 감쇠비가 가장 크게 나타났다. 또한 페타이어 고무 분말을 혼입한 경우에도, 유의미한 감쇠성능의 증가를 보였다. 따라서 폴리머 재료의 잠재적인 진동 감쇠 성능이 높음을 확인했다.

그러나 페타이어 고무 분말은 배합 시 국소 뭉침 현상이 발생했을 수도 있으며, 시멘트 페이스트와의 낮은 부착성능으로 인해 경향성이 크게 나타나지 않은 점은 추후 연구를 통해 개선해야할 사항이라고 판단된다.

참고문헌

1. Y. Ohama, Handbook of polymer-modified concrete and mortars, noyes publications, 1995
2. Hal Amick (2004). Damping properties of polymer modified concrete, Shock and Vibration Symposium, 17-22
3. Haodao Li et al.(2023). Efficient recycling of waste rubber in a sustainable fiber-reinforced mortar and its damping and energy dissipation capacity, Cement and Concrete Composites, 138, 104963