

바인더 종류에 따른 무기단열재의 열전도 특성에 관한 연구

A Study on the Thermal Conductivity of Inorganic Insulation Properties According to the Binder Types

Chanki Jeon^{a,*}, Jaeseong Lee^{b,1}, Hoon Chung^{c,2}, Jongpil Park^{d,3}, Jaeyeong Shim^{e,4}

^a Department of Urban Construction Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Republic of Korea

^b Master course of Urban Construction Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Republic of Korea

^c Master of Chemistry Engineering, SunHan M&T, 663-13 Gojan - dong, Nandong-gu, Incheon 405-818, Republic of Korea

^d Master course of Urban Construction Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Republic of Korea

^e Ph.D student of Urban Construction Engineering, Incheon National University, 119 Academy-ro Yeonsu-gu, Incheon 406-772, Republic of Korea

ABSTRACT

In this study, we conducted about the manufacture of a non-combustible inorganic insulation by replacing the binder type for satisfaction of thermal conductivity for developing a lightweight inorganic insulation. Thermal conductivity was measured using a machine of HFM-436. We made samples are inorganic insulation by using SH-1(liquid) of S company and SH-2(solids). By Mixing Pearlite and SH-4(Liquid) was produced as insulation sample 2. Each was shaped into a binder and pearlite in the frame. After complete drying, thermal conductivity was measured by using HFM-435. The thermal conductivity was determined using two different binder. We analyzed the effect on thermal conductivity in binder.

KEYWORDS

Binder
Inorganic Materials
Thermal Conductivity
Liquid Binder
Solid Binder

본 연구에서는 불연성 무기단열재를 제조하기 위해 바인더 종류를 대체하여 열전도율을 충족시키고 경량 무기단열재 개발을 위해 연구하였다. 열전도율 측정은 열전도 측정기인 HFM-436을 이용하여 열전도율을 측정하였다. 무기단열재를 바인더 SH-1(액체), SH-2(고체)와 펄라이트를 배합하여 단열재 샘플1을 만들었고, SH-3(액체)와 펄라이트를 배합하여 단열재 샘플 2를 제조했다. 총 4개의 샘플을 제조했다. 각각 바인더와 펄라이트를 틀에 넣어 성형하였으며 완전건조 후 HFM-435을 이용하여 열전도율을 측정하였다. 두 가지 다른 바인더를 사용하여 열전도율을 측정하였고 바인더에 따른 열전도율의 영향을 분석하였다.

바인더
무기물
열전도율
액체바인더
고체바인더

© 2016 Korea Society of Disaster Information All rights reserved

* Corresponding author. Tel. 82-32-835-8776. Fax. 82-32-835-4939.

Email. johnland@inu.ac.kr

1 Tel. 82-10-8742-9572. Email. js@inu.ac.kr

2 Tel. 87-10-3785-9829 Email. chch0129@hotmail.com

3 Tel. 82-10-4704-3465. Email. jp@inu.ac.kr

4 Tel. 82-10-3350-6352 Email. ibytech@inu.ac.kr

ARTICLE HISTORY

Received Sep. 14, 2016

Revised Sep. 20, 2016

Accepted Sep. 27, 2016

1. 서론

에너지절약과 이산화탄소의 감축 문제는 모든 나라의 관심사이다. 이산화탄소의 감축을 위해서 에너지 절약은 반드시 이루어야 할 과제이다. 에너지관리공단 2012년 기준 우리나라 부문별 에너지 소비를 보면 산업부문 61.7%, 건설부문 18.2%, 수송 부문 17.8% 공공부문 2.3% 정도를 차지하고 있다(에너지관리공단, 2014). 건물에서의 에너지소비 중에서 큰 비중을 차지하는 것은 외피를 통한 열손실이며 이는 대체로 건물의 냉난방 부하의 40% 이상을 차지하고 있다(권영철, 2012).

국내의 외피 단열은 주로 스티로폼, 우레탄 등의 유기단열재를 사용하고 있으나 유기단열재의 경우 단열성능이 우수하고 내흡수성, 시공성이 뛰어나 국내시장의 90% 이상을 점유하고 있지만 화재에 매우 취약하다. 대형건물이 화재발생 시 난연 처리되지 않은 스티로폼이나 우레탄의 경우 착화시간이 5초 이내이며 화염이 확산되는데(송재용, 2011) 걸리는 시간은 50여 초이고, 더욱이 폼알데하이드나 에틸렌시아나이드($\text{CH}_2=\text{CHCN}$), 염산가스, 시안가스(HCN)와 같은 유독가스는 인체에 매우 치명적이어서 대형사고로 이어질 수 있다(박영주, 2011).

화재 시 인명피해 및 재산 피해를 막기 위한 건설 재료로써 무기물과 바인더를 사용하여 무기단열재 개발에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다. 그럼에도 불구하고 건설재료 시장에서는 유기물을 이용한 단열재를 지속적으로 사용하는 이유는 분진이 적고 강도가 높으며 시장가격 및 열전도율이 우수하기 때문이다.

반면에 대부분의 무기계 단열재들은 접착성이 좋지 않고, 무겁고, 열전도율을 높기 때문에 사용이 어렵다. 하지만 이번에 사용한 SH-4(액체)의 경우 접착성이 좋고, 가볍고, 열전도율이 낮게 되는 것을 목표로 하였다. 따라서 본 연구에서는 무기바인더의 종류에 따른 열전도율을 비교하여 열전도율의 효율이 좋은 것을 확인하고자 한다.

2. 단열재의 제작 및 특성 시험방법

2.1 펄라이트

펄라이트는 진주암 또는 천연 Glass라고 불리며 신생대 3, 4기 화산 활동 시 분출된 점성의 용암(화산용암)이나 마그마가 지표의 호수로 흘러들어 급격히 냉각하면서 휘발성 Gas, 수분 등이 밖으로 빠져나가지 못하고 폐 기공(Closed cell)에 결정수분을 적당량 함유하고 있는 유리질 암석으로 약 2.5% 정도의 결정수를 함유하고 있다. 또한 진주처럼 납빛을 가지며 보통 회색 혹은 푸른색이거나 갈색 및 청색, 적색 등 다양한 색깔을 띠고 있다.

천연 Glass는 본래 다공질 경석과 화산암재, 화산회도 함유하고 있으며, 크게 펄라이트라고 불리어지는 광물에는 흑요석, 진주암, 송지암 등이 있고, 이런 구분은 외관 및 휘발분의 함유량에 의해 구분되어 진다. 펄라이트 광물들의 화학적 성분은 원석의 종류와 관계없이 유사하며 모두를 펄라이트라 한다(여인동, 2009). 펄라이트의 구분 및 화학적 성분은 Table 1과 같다. 펄라이트에는 2가지 종류가 있다. Open cell 구조와 Close cell 구조가 있는데, 아래 Fig. 1과 같이 본 연구에서 Open cell 구조의 펄라이트를 사용하여 실험하였다.

Table 1. Classification and chemical components of perlite

Classification		Obsidian	Perlite	Pitch stone
휘발분 함유량		2% 이하	2~5%	5% 이상
광택		Glass	진주	수지상
색상		흑색, 회색	은회색	흑색, 녹색
화학적 성분	SiO ₂	68~77%		
	RO	2~4%		
	R ₂ O ₃	12~20%		

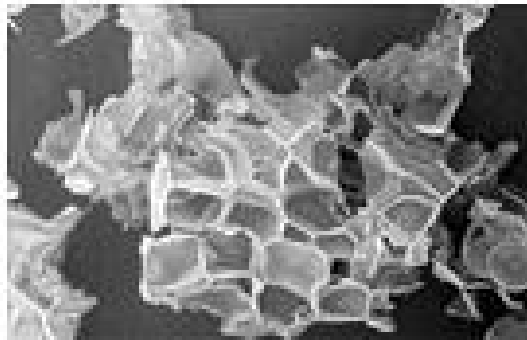


Fig. 1. Pearlite SEM picture

2.2 무기 바인더

펄라이트 단열재 성형을 위하여 사용한 바인더는 액체 규산나트륨(SH-1)과 칼슘이나 마그네슘 혹은 알루미늄과 같은 금속 이온을 포함하는 고체바인더(SH-2)를 사용하였다. 이때 액체 규산나트륨에 산을 첨가하면 중화반응에 의해 pH가 낮아지고, 규산이온 또는 폴리규산 이온끼리 중합이 진행되어 겔(gel)화된다. 그러한 반응식은 식(1)과 같다.



SH-2의 구성비는 Table 2와 같다.

Table 2. Composition of SH-2

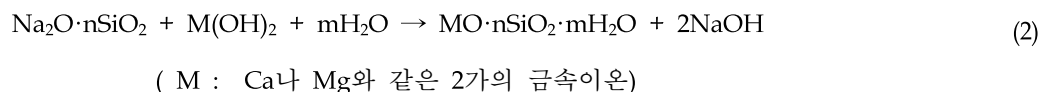
Contents	Chemical Composition(%)							
	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO	S	Total Fe	MnO	기타
	33	41	14	6	1	0.5	1	3.5

액체 규산나트륨(SH-1) 단독으로 사용하여 만든 단열 성형체의 경우 물속에 장기간 방치하면 부서지는 현상이 있어, 본 연구에서는 액체 바인더를 단독으로 사용하기 위하여, 액체 바인더인 액체 규산나트륨에 칼슘이온을 포함하는 액체 무기 바인더(SH-4)를 10% 용액을 SH-1에 중량비로 5% 첨가함으로써 물에 강한 액체 바인더를 사용하였다. SH-4의 구성비는 Table 3과 같다.

Table 3. Composition SH-4

Contents	Chemical Composition(%)							
	SiO ₂	NaCl	Na ₂ SO ₄	Na ₂ CO ₃	CaCO ₃	NH ₄ Cl	CoCl ₂	기타
	30	25	25	8	5	1	1	5

또한 액체 규산나트륨은 칼슘이나 마그네슘 혹은 알루미늄과 같은 금속이온을 만나면 규산염 금속수화물 혹은 금속수산화물을 생성하여 겔화되는 성질이 있다. 반응식은 식(2)와 같다.



2.3 제작 방법

본 연구에서는 펄라이트, 바인더, 물을 혼합하고 압출 성형기를 이용하여 단열재 샘플을 제작하였다. 제작한 샘플은 총 4개이며 첫 번째는 SH-1(액체), SH-2(고체)와 펄라이트를 사용하여 만든 샘플 1번을 제작하였다. 두 번째는 SH-2(고체)와 펄라이트로 만든 샘플 2번을 제작하였다. 세 번째는 SH-1(액체)와 펄라이트를 사용하여 만든 샘플 3번을 제작하였다. 마지막으로 SH-3(액체)와 펄라이트로 만든 샘플 4번을 제작하였다. 4개의 샘플의 구성비는 아래 Table 4와 같다.

Table 4. Composition of samples

Classification	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
Pearlite (g)	600	600	600	600
Water (g)	50	100	50	50
SH-1 (g)	150	0	300	0
SH-2 (g)	150	300	0	0
SH-3 (g)	0	0	0	300
Total (g)	950	1000	950	950

3. 실험 분석

3.1 실험 방법

(1) 열전도율 측정

정확한 열전도율의 측정을 위해 샘플을 완전건조 후 열전도율을 측정하였다. 건조 후 무게와 열전도율의 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. After drying, weight and thermal conductivity

Classification	Sample 1	Sample 2	Sample 3	Sample 4
Pearlite (g)	500	500	500	500
Water (g)	50	100	50	50
SH-1 (g)	150	0	300	0
SH-2 (g)	150	300	0	0
SH-3 (g)	0	0	0	300
Total (g)	850	900	850	850
건조 후 무게(g)	793	827	690	590
열전도율 (W/mk)	0.0679	0.1251	0.0625	0.0532

(2) 열전도율 분석

Fig 2에서 보는 바와 같이 열전도율은 같은 크기의 경우 무게가 낮으면 낮을수록 열전도율이 낮아짐을 알 수 있었다(김동백, 2014). 즉, SH-1(액체)과 SH-2(고체)를 넣어 제조한 Sample 1의 경우 열전도율은 0.0679W/mk이었고, SH-2(고체)만 넣은 Sample 2의 경우 열전도율의 값은 0.1251W/mk, SH-1과 펄라이트를 사용한 Sample 3의 열전도율의 값은 0.0625W/mk, SH-3

과 펄라이트를 넣어 제조한 Sample 4의 열전도율의 값은 0.0532W/mk로 나타났다(정훈, 2014). 이는 고체 바인더를 사용한 경우보다 액체 바인더만을 사용하는 경우가 단일효과가 좋은 것을 의미한다. 즉, 본 연구에서 개발한 액체 바인더인 SH-4를 혼합하여 사용한 결과 무게를 줄일 수 있었고, 열전도율을 낮추는 효과가 있었음을 확인하였다.(박종필, 2015)

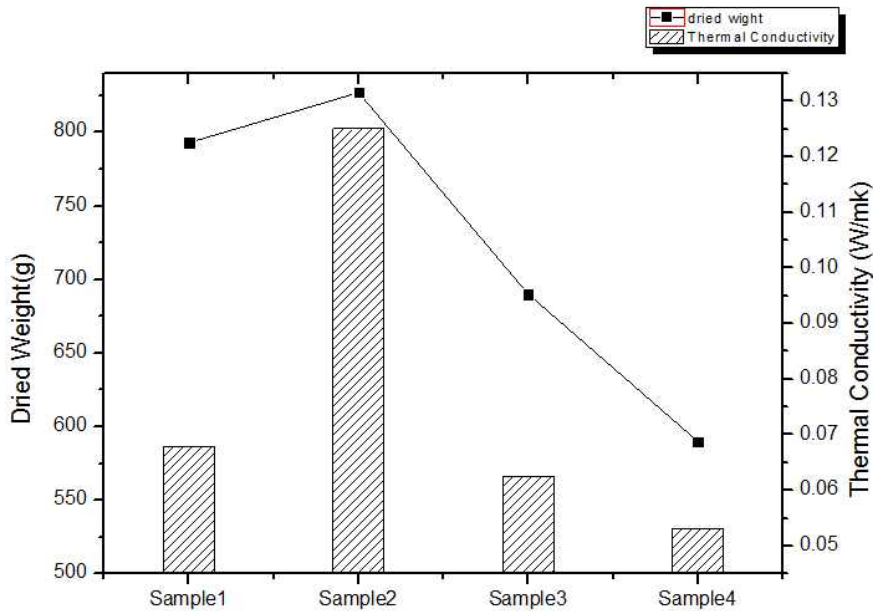


Fig. 2. Each sample of weight and thermal conductivity

4. 결론

본 연구에 고체 및 액체 무기바인더를 단일재 제조에 사용하여 실험한 결과를 토대로 요약하면 다음과 같다.

(1) 고체 무기바인더와 액체 무기바인더를 각각 또는 혼합하여 사용한 결과 액체 바인더만을 사용한 것이 단일 성형체의 무게를 낮출 수 있었고 열전도율도 낮출 수 있었다.

(2) 액체 규산나트륨을 단독으로 사용한 경우에는 강도가 약하고 물에 매우 약한 성질이 있으나, 본 연구에서 개발한 액체 무기바인더를 5% 첨가할 경우에는 무게를 줄일 수 있었고 강도가 증가하는 것을 알 수 있었다.

(3) 무기 단일재 개발에 가장 중요한 요소 중 하나는 무기 바인더인데, 이는 유기 바인더를 사용할 경우 무기 단일재의 장점인 불연성을 유지하기 어렵기 때문이다. 그러나 통상적으로 무기 바인더로 사용하고 있는 물유리의 경우 접착력이 약하고, 물유리를 이용하여 만든 샘플의 경우 물속에서 시험체가 부서지는 성향이 있었다. 따라서 본 연구에서 개발한 무기바인더를 물유리에 섞어서 사용할 경우 유기 바인더의 단점을 보완할 수 있었다.

이번 연구에서 만든 무기단열재 샘플의 열전도율 값은 유기단열재의 열전도율 값에 비교하면 높은 편이다. 향후 바인더의 종류와 양을 조절하여 연구해 본다면 유기단열재의 열전도율 값에 가까운 무기단열재 제조가 가능해질 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2013년도 에너지기술평가원의 에너지 효율분야 지원 사업으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능하게 한 에너지기술평가원에 감사드립니다.

과제번호 - 20132020102400

References

- Korea Energy Agency (2014), Ministry of Trade, Industry and Energy, Energy Statistics Handbook
- Kwon, Y. C. (2012), "A Study on the Application of Aerogel as an Insulation to Apartment Buildings"
Journal of Architectural Science Conference, Article 8, No.1 3 p.559
- Song, J. Y et al. (2011), "A Study on the Combustion Characteristic of Building Materials", Journal of the 24 KOSOS, Vol. 26, No. 3 pp.23-28
- Lee, H. P., Park, Y. J. (2011), "A Study on Combustion Gas Toxicity of Architecture Surface Material", Proceedings of the Korea Institute of Fire Science and Engineering Conference, 2011. 4, pp. 441~446
- Yeo, I. D. (2009), "Manufacturing of Lightweight Aggregate Concrete Using Perlite and Its VOCs Removal Characteristic", Gyemyeong University, Master Grade Treatise
- Kim, D. B., Jun, K. B. (2014), "An Experimental Study on the Properties Blended with Industrial by Products Using Mineral Admixture", Journal of Korea Society of Disaster Information, Vol. 10, No.2 pp. 238~243
- Chung, H., Jeon, C. K., Jeon, S. Y., Jung, H. Y., Kim, J. H. (2014), "A Study on Insulation Characteristic of Glass Wool Coated with a Moisture-Preventing Agent", Proceeding of 2014 Korea Society Disaster Information Conference, KOSDI, pp. 391~393
- Park, J. P., Jeon, C. K., Kim, J. H., Lee, J. S., Shim, J. Y. (2015), "A Study on Thermal Conductivity of Inorganic Insulation Using Pearlite", Proceeding of 2015 Korea Society Disaster Information Conference, KOSDI, pp. 138~140