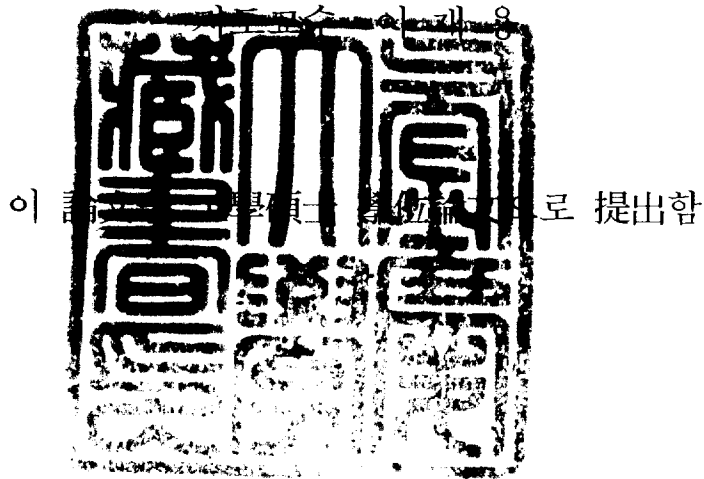


공학석사 학위논문

건식 석공사 줄눈부의 실링재에 의한 석재오염에 관한 연구



2005년 2월

부경대학교 대학원

건축공학과

김 경 민

김경민의 공학석사 학위논문을 인준함

2004년 12월 23일

주 심 공학박사 이 수 용 (인)

위 원 공학박사 김 영 찬 (인)

위 원 공학박사 이 재 용 (인)

목 차

Abstract

I. 서 론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 방법 및 범위	2
II. 석재 오염 및 줄눈 실링제에 대한 고찰	4
2.1 석재오염	4
2.1.1 생산과 판제가공 단계에서의 오염	4
2.1.2 습식공법에서의 백화현상에 의한 오염	4
2.1.3 실링제에 의한 오염	5
2.1.4 고정·지지철물 및 부착철물의 부식에 의한 오염	8
2.1.5 대기 중의 오염물질에 의한 오염	8
2.2 줄눈 실링제의 종류와 특성	9
2.2.1 부정형 실링제	9
2.2.2 정형 실링제	15
2.3 건축물 외벽 줄눈의 역할	20
III. 줄눈 실링제에 의한 석재 오염 촉진 실험	22
3.1 실험개요 및 공시체 제작	22
3.1.1 실험개요	22
3.1.2 공시체 제작 및 양생	23

3.2 줄눈 실링재에 의한 석재 오염 실험	28
3.2.1 석재 흡수율 및 비중 시험	28
3.2.2 석재 오염 촉진 실험	29
IV. 실험 결과 및 고찰	30
4.1 석재의 비중 및 흡수율	30
4.2 실링재에 의한 석재오염 촉진 실험 결과	30
4.2.1 줄눈 실링재의 종류에 따른 석재 오염	32
4.2.2 석재 종류에 따른 석재 오염	35
4.2.3 접착면 바탕처리에 따른 석재 오염	39
V. 결 론	44
참고문헌	46
부 록	48

표 목 차

표 2.1 실링재의 오염과 원인	6
표 2.2 부정형 실링재의 물리적 성질	14
표 2.3 건축용 개스킷 재료에 따른 분류 및 용도	16
표 3.1 실험인자	22
표 3.2 줄눈 실링재의 종류	23
표 3.3 줄눈 실링재의 특성	24
표 3.4 프라이머의 종류 및 특성	24
표 3.5 석재 오염 촉진 시험용 공시체 종류	27
표 4.1 석재의 흡수율 시험 결과	30
표 4.2 석재의 비중 시험 결과	30
표 4.3 석재 오염 촉진 실험 결과	31

그림 목 차

그림 1.1 연구의 흐름도	3
그림 2.1 실링재 내 가소성분의 이행에 의한 석재 오염	7
그림 2.2 부정형 실링재의 분류	10
그림 2.3 클레이징 채널과 비드	16
그림 2.4 기밀 개스킷	17
그림 2.5 줄눈 개스킷	17
그림 2.6 지퍼 개스킷	18
그림 2.7 발포체 기밀재	19
그림 2.8 발포체 클레이징 개스킷	20
그림 2.9 발포체 줄눈 개스킷	20
그림 3.1 석재 오염 촉진 실험용 공시체	26
그림 4.1 줄눈 실링재의 종류에 따른 포천석의 오염	33
그림 4.2 줄눈 실링재의 종류에 따른 문경석의 오염	33
그림 4.3 줄눈 실링재의 종류에 따른 중국석의 오염	34
그림 4.4 줄눈 실링재의 종류에 따른 가평석의 오염	34
그림 4.5 실험 대상 석재의 비중 및 흡수율	35
그림 4.6 일반외장용 실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	36
그림 4.7 일반석재용 실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	36
그림 4.8 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(K사)에 의한 석재 오염	37

그림 4.9 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(H사)에 의한 석재 오염	37
그림 4.10 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(D사)에 의한 석재 오염	38
그림 4.11 일반외장용 변성실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	38
그림 4.12 일반외장용 폴리설파이드계 실링재에 의한 석재 오염	39
그림 4.13 접착면 바탕처리에 따른 일반외장용 실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	40
그림 4.14 접착면 바탕처리에 따른 일반석재용 실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	40
그림 4.15 접착면 바탕처리에 따른 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(K사)에 의한 석재 오염	41
그림 4.16 접착면 바탕처리에 따른 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(H사)에 의한 석재 오염	41
그림 4.17 접착면 바탕처리에 따른 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(D사)에 의한 석재 오염	42
그림 4.18 접착면 바탕처리에 따른 일반외장용 변성실리콘계 실링재에 의한 석재 오염	42
그림 4.19 접착면 바탕처리에 따른 일반외장용 폴리설파이드계 실링재에 의한 석재 오염	43

Investigation of the Stone Contamination Degree by Sealants on the Joint of Building Stone Work

Kyung-Min Kim

Department of Architectural Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

This study is to investigate the stone contamination degree by sealants on the joint of building stone work among other contaminations occurring in the stone building and to devise a countermeasure for reducing stone-contamination.

For this purpose, after producing experimental specimens, tests were performed to analyze the stone contamination degree by sealants according to the kinds of granite and sealants and surface treatment of the joint.

The results of this study are as follows:

(1) The sequence of the stone contamination depending on the kinds of sealants is silicon-sealant for normal exterior which is the most serious, silicon-sealant for normal stone work, anti-contaminative silicon-sealant for normal exterior, polysulfide-sealant for normal exterior, denaturalized silicon-sealant for normal exterior in order of contamination-size respectively. Furthermore, the differences of stone contamination compared with silicon-sealant for normal exterior showed from 16.0% to 71.7%; consequently, it is necessary to establish new regulation for kinds of joint sealants on building stone work.

(2) The sequence of the stone contamination depending on the kinds of granite is chinese-granite(avg. 6.62mm), Gapyung-granite(avg. 6.61mm),

A Study on the Stone Contamination by Sealants
on the Joint of Building Stone Work

Kyung-Min Kim

Department of Architectural Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

This study is to investigate the stone contamination degree by sealants on the joint of building stone work among other contaminations occurring in the stone building and to devise a countermeasure for reducing stone-contamination.

For this purpose, after producing experimental specimens, tests were performed to analyze the stone contamination degree by sealants according to the kinds of granite and sealants and surface treatment of the joint.

The results of this study are as follows:

- (1) The sequence of the stone contamination depending on the kinds of sealants is silicon-sealant for normal exterior which is the most serious, silicon-sealant for normal stone work, anti-contaminative silicon-sealant for normal exterior, polysulfide-sealant for normal exterior, denaturalized silicon-sealant for normal exterior in order of contamination-size respectively. Furthermore, the differences of stone contamination compared with silicon-sealant for normal exterior showed from 16.0% to 71.7% ; consequently, it is necessary to establish new regulation for kinds of joint sealants on building stone work.
- (2) The sequence of the stone contamination depending on the kinds of granite is chinese-granite(avg. 6.62mm). Gapyung-granite(avg. 6.61mm),

Pochun-granite(avg. 5.40mm), Munkyoung-granite(avg. 4.93mm) respectively. Especially, the stone contamination is proportionally related to specific gravity of granite and is in inverse proportion to absorption-rate of granite. Therefore, it is concluded that the features of granite affect the stone-contamination degree.

(3) As results of the stone contamination test according to the surface treatments of the joint aimed at Gapyung-granite, there is the efficiency of the decontamination from 35.2% to 73.2% under the condition of applying waterproofing primer to the joints. And, in case of applying normal joint-primer to the joint, the decontamination-efficiency against silicon-sealants for normal exterior and normal stone work is 79.4% and 79.8% respectively; additionally, there are not any contamination in the other 5 sealants.

(4) In case of specimens applied with specific primer for the joint of porous material, stone contamination by all sealants is not observed at all. Hence, it seems to be the most effective to apply specific primer for the joint of porous material among three kinds of primer.

(5) The stone contamination shows wide differences depending on the kinds of granite, sealants, and surface-treatments of the joint. Especially, it is the most effective to apply fitting primer on the joint-surface of the stone in terms of preventing plastic ingredients, which are the main cause of contamination, from being absorbed into the stone structure.

I. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

석재는 압축강도와 내화성, 내마모성이 크고, 종류가 다양하며 산지나 조직에 따라 다양한 외관과 색조를 나타내는 특유의 고급스럽고 장중한 멋이 있는 천연재료이다. 최근 석재 가공기술 및 건설공법이 발달하고 경제규모가 증가함에 따라 석재를 내·외장 마감재로 사용하는 건축물이 현저하게 증가하고 있는 추세이다¹⁾.

그러나 건물의 장중한 미관을 기대했던 석재마감 건축물이 시간의 경과에 따라 여러 가지 원인에 의해서 얼룩이지거나 보기 흉한 모습으로 오염이 되고 있다. 특히, 도시에 건축된 많은 석재 건축물들의 외관이 그 규모나 용도에 상관없이 줄눈을 중심으로 약 5~30cm 정도의 폭으로 심하게 오염되어 좋지 않은 미관을 나타내는 경우가 많다. 이는 석재의 줄눈과 접합부의 틈새를 배워 건축물의 수밀성, 기밀성 확보를 목적으로 충전(充填)되는 물질인 실링(sealing)재에 의한 것으로 대표적인 석재오염 중의 하나이다.

신축된 석재마감 건축물의 외관은 매우 밝고 깨끗하며 석재 특유의 이미지를 전달하지만, 시공 후 5~6개월이 지나면서 줄눈을 중심으로 오염현상이 나타나기 시작하여 건축물이 철기되기까지 김게 그을린 듯한 오염 상태를 나타내게 된다. 이런 오염은 비가 오면 오히려 오염 부위에 침투된 실링재의 발수(發水) 특성에 의해서 빗물이 스며들지 못하기 때문에 젖은 부분이 짙게 보여 오히려 밝게 보이는 특징을 나타낸다. 실링재에 의한 석재 마감 건축물의 줄눈 부 오염은 화학적으로나 물리적으로 제거가 불가능하기 때문에 이러한 실링재

1) 권경원의, 석재 오염원인 및 오염물질의 성분분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제11권 7호, pp.245~253, 1995.

에 의한 오염을 최소화시키기 위해서 줄눈 실링재에 의한 석재 오염 발생 정도에 대한 연구가 필요한 실정이다.

또한 국내에서는 건축마감재로서 석재를 사용한 것이 오래되지 않았고, 석재시공을 위한 공법개선을 중심으로 관련기술이 발전하여 왔기 때문에 마감석재의 오염에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다.

이에 본 연구에서는 석재마감 건축물의 여러 오염현상 중 실링재 내 가소성분(실리콘유)의 석재료의 이행에 의해 발생하는 석재오염을 대상으로 석재용 줄눈 실링재의 종류, 석재의 접착면 바탕처리 및 마감석재의 물성이 석재 오염에 미치는 영향을 파악하여 실링재에 의한 석재 오염을 방지할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 석재의 종류, 줄눈 실링재의 종류 및 석재 접착면 바탕처리에 따른 줄눈 실링재에 의한 석재 오염 정도를 파악하기 위해 석재 종류 4수준, 줄눈 실링재 종류 7수준, 석재 접착면 바탕처리 4수준으로 하여 공시체를 제작하고 ASTM C 1248-93(Standard test method for staining of porous substrate by joint sealants)을 준용한 오염 촉진 시험을 하였다. 또한 석재의 물성에 따른 석재 오염 정도를 파악하기 위해 실험 대상 석재의 흡수율 및 비중 실험을 수행하였다.

본 연구의 범위는 석공사 건식공법의 외부 마감석재에 대한 것으로 하였으며, 본 연구의 진행과정은 그림 1.1에 나타낸 바와 같다.

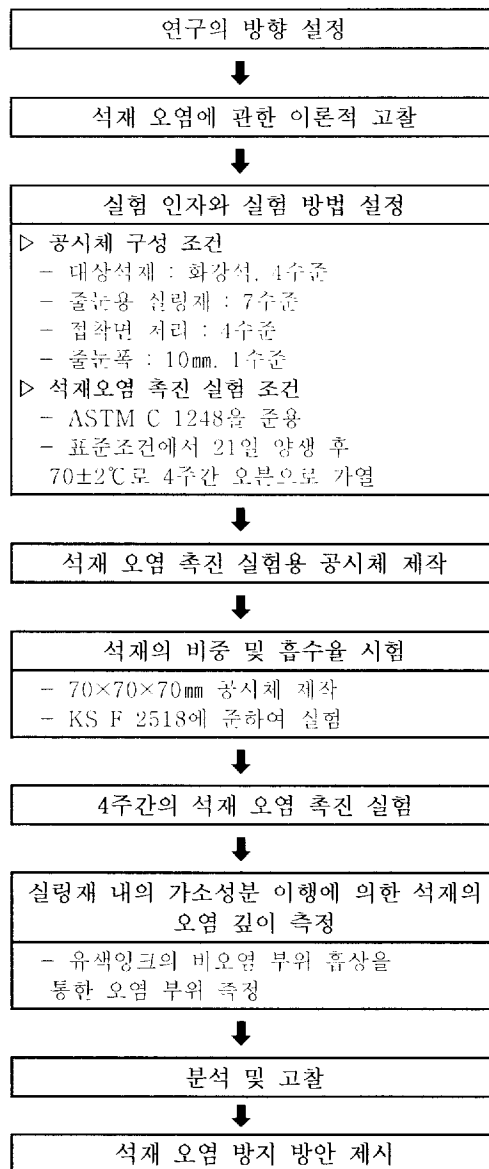


그림 1.1 연구의 흐름도

II. 석재 오염과 줄눈 실링제에 관한 고찰

2.1 석재 오염

2.1.1 생산과 판재가공 단계에서의 오염

건축물의 마감재로 사용되는 석재는 채석장에서 원석을 채석하여 석재 가공 공장에서 일정한 크기와 두께로 마름질하고, 세척과 표면가공을 한 후 시공현장으로 반출된다. 이 중에서 석재오염의 주원인이 될 수 있는 과정은 마름질(cutting)과정과 세척과정인 것으로 선행된 연구에서 파악되었으며 그 메커니즘은 다음과 같다.

석재의 마름질은 쇠파루, 석회, 물 등을 포함한 절삭도 분말을 넣어 주면서 두께 약 6~8mm의 원석 할석기(gang saw)를 이용하여 행해진다. 이때 절삭에 사용되어진 쇠파루가 절단된 석재의 표면 공극에 끼어 나중에 산화되면서 붉게 녹이 스는데 이를 제거하기 위해 염산(HCl)이 함유된 세척제를 사용하여 세척한다. 이때 세척 후 충분한 물세척이 필요한데 이렇게 세척을 하여도 흰색 계통의 석재는 약 10일 후면 변색된다²⁾.

마름질한 석재의 연마(grinding)가 행해질 경우에는 석재 속에 박힌 쇠파루가 자연히 연마되어 떨어지므로 이러한 연마를 할 경우에는 화학제를 이용한 세척은 하지 않는 것이 일반적이다.

2.1.2 습식공법에서의 백화현상에 의한 오염

백화는 석재 표면에 발생하는 백색의 입자성염으로, 일반적으로 신축하는 건물에 주로 발생하며 벽돌이나 모르타가 다량의 물에 노출된 경우에 주로 발생

2) 권경원의, 석재 오염원인 및 오염물질의 성분분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제11권 7호, pp.245~253, 1995.

된다. 이 입자상 염들은 석재 결합용 및 뒹채움용 모르타에서 주로 제공되는 수용성 염류(K, Na, Ca의 유산염이나 탄산염 등)가 물에 녹아 석재에 흡수되었다가 물은 석재 표면에서 증발하고 염들만 표면에 남아 하얗게 보이는 것이다.

이러한 백화 현상은 단순히 석재의 표면만을 오염시킬 뿐만 아니라 수용성 염류의 일부가 석재 속의 염분과 합쳐져 결빙되면서 부피가 늘어나 표면을 박리시키기도 한다³⁾.

일단 표면에 석출된 백화 성분은 공기 중의 이산화탄소와 결합하여 단단한 탄산염을 형성하게 되며, 이러한 백화 현상은 빗물 등에 의해 쉽게 지워지기도 하지만 근본적인 제거가 아니라 일시적으로 사라지는 현상에 불과하므로 석재 배면에 실리콘 발수제 등의 적절한 배면 도포제를 사용하여 수용성 염류의 석재 흡수를 차단하는 근본적인 대책이 필요하다.

2.1.3 실링제에 의한 오염

실링제는 각종 접합부나 갈라진 틈새에 대한 수밀성 및 기밀성을 유지하기 위하여 충전되는 재료로서 침기(Infiltration)를 막아 냉난방에 요구되는 에너지를 절감시킨다는 에너지 보존의 측면에서도 실링제의 역할은 중요하다.

건축에서 뿐만이 아니라 기계, 항공기, 선박, 자동차, 전기 등에 다양하게 사용되는 실링제는 실란트(Sealant), 실(Seal)재라고 부르나 KS규정에서는 실링재라 하고 있으며, 종류, 특성, 성능시험 등은 KS F 4910에 규정되어 있다.

(1) 실링제의 오염과 원인

실링제 내 가소성분의 석재로의 이행에 기인하는 줄눈주변의 오염과 실링제 자체의 오염(실링제 표면의 오염) 및 부자재에 의한 실링제의 변질 등이 자주

3) 김정천 외1명, 건축디자인 재료, 야성문화사, 2002.

문제가 되며 이에 대한 원인과 대상이 되는 실링재는 다음의 표 2.1과 같다.

표 2.1 실링재의 오염과 원인

오염현상		오염원인	대상이 되는 실링재
실링재 자체의 오염	실링재 표면의 오염	먼지의 부착	silicone계, 변성silicone계, 우레탄계 등
	실링재의 오염	미생물의 번식	silicone계
줄눈 주변 오염	줄눈 주변의 적갈색 오염	정색반응(페놀수지)	polysulfide계
	줄눈 주변의 검은색 오염	실링재 내 가소성분의 이행(移行)	silicone계, 유성코킹제 등
실링재의 변질	실링재의 변질, 변퇴색, 집착파괴	부소재의 변질	silicone계

(2) 실링재에 의한 석재오염

건축물의 줄눈용으로 석재 조인트에 사용되는 실링재는 내구성, 집착성을 향상시키기 위해 많은 개량을 거쳐 다양한 제품이 출시되고 있다.

이러한 개량의 한 방법으로 가소제적인 효과를 얻기 위해 배합된 저분자의 실리콘오일이나 각종 가소제는 실링재가 경화한 후에도 잔류하여 장시간에 걸쳐 석재의 미세 공극으로 이행되어 줄눈 주위의 석재에 얼룩을 형성하게 된다.

이러한 가소제에 의해 발생된 얼룩은 점도가 높은 가소제의 특성으로 인해 표면에 많은 이물질이 흡착, 집착되고 가소제의 발수 특성상 씻기 어렵고 흡착된 먼지는 빗물에 씻기지 않게 되어 쉽게 오염됨으로서 미관상 많은 문제를 야기하고 있는 실정이다.

이러한 실링재에 의한 석재오염의 진행 경로는 다음의 그림 2.1과 같다. 실링재 경화과정 및 경화 후 내부의 미반응 가소성분(실리콘유)이 표면으로 이동하여 다공성 소지의 내부로 침투함으로서 1차 석재오염이 일어난다. 미반응 가

4) 한국건설기술연구원, 석재다감 실험법 비교 연구, pp.155~172, 1985.

소성분에 의해 오염된 석재의 표면과 경화된 실링재의 표면에 대기 중의 오염 물질이 부착되어 표면의 유체와 뒤섞이며, 석재 내부로 침투한 유체가 표면으로 이동하면서 2차 오염현상이 일어난다. 또한 빗물 등의 외력에 의해 표면의 오염 물질이 줄눈 주위로 흘러내리고 석재 내부로 침투하여 오염을 더욱 가속화시킨다.

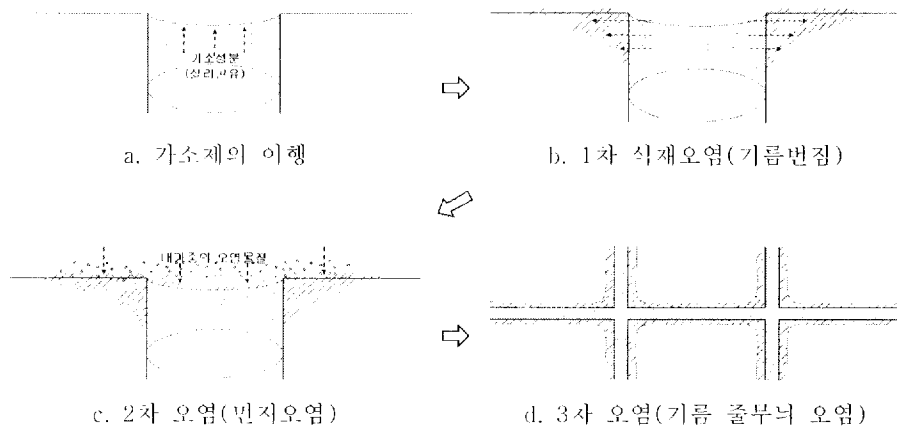


그림 2.1 실링재 내 가소성분의 이행에 의한 석재 오염

2.1.4 고정·지지철물 및 부착철물의 부식에 의한 오염

(1) 고정·지지철물의 부식에 의한 오염

시공현장에서 현재 사용되는 대부분의 석재지지용 트러스는 2회 페인트칠을 하여 방식처리를 하고 있으나 실제 시공현장에서 트러스에 구멍을 낸 경우 페인트가 벗겨져 그 부분에서 녹이 생겨 석재의 산화성 부식이 생길 우려가 있다.

또한 현재 사용하고 있는 긴결앵글의 대부분은 제조 과정 중 구부림 등으로 부식 보호막을 파괴시킨 상태에서 사용하고 있어 부식성이 있는 외부인자의 침투로 인해 녹이 발생하기 때문에 선택 시 주의가 요구된다⁵⁾.

(2) 부착철물의 부식에 의한 오염

외벽 마감재에 부착된 철물을 스테리스 강(stainless steel)으로 처리하지 않은 경우 빗물 등에 의해 부착철물에 녹이 발생하고, 이것이 빗물 등에 의해 석재 표면에 흘러내려 다공성인 석재 내부로 침투하여 발생한다.

따라서 석재 표면에 부착시키는 철물은 녹이 없는 내식철이나 알루미늄, 청동 등으로 사용하거나 공인된 방청도료를 도포하는 등의 세심한 주의가 요구된다.

2.1.5 대기 중의 오염물질에 의한 오염

자동차 배기가스나 매연에 포함되어 있는 타르성분은 석재의 표면에 달라붙어 오염을 발생시킨다. 이러한 오염은 잘 세척되지 않아 도심지 건물의 석재오염의 주된 원인이며 이를 제거하기 위해 내유성(耐油性)이 있는 처리약제가 필요하다.

5) 김광욱, 석공사 권식 시공법, 정학사, pp.17~25, 1991.

또한 대기 중의 이산화탄소와 대기오염원으로부터 배출된 황산화물 및 질소산화물이 빗물에 녹아 pH 5.6 이하의 산도(酸度)를 갖는 산성비는 장기간에 걸쳐 내릴 경우 대리석을 용출시킨다⁶⁾.

2.2 줄눈 실링재의 종류와 특성⁷⁾

실링재는 크게 나누어, 부정형(不定形)과 정형(定形)으로 구분되는데, 부정형은 점성이 큰 액상 물질로 줄눈 등의 극간에 충전된 다음 경화해서 고무상의 탄성을 나타내는 탄성형과 소성을 나타내는 비탄성형으로 나뉜다. 일반적으로 실링재를 이와 같은 액상의 부정형 실링재와 Gasket과 같은 정형 실링재로 나누지만, KS F 4032 「건축용 실링재의 용도별 성능」에서는 '수밀·기밀의 목적으로 건축 부재나 부품의 조인트에 충전하는 재료이며, 시공시에는 점착성이 있는 부정형 재료의 총칭'이라고 정의하고 있다. 제품으로는 현장에서 경화제를 혼합하여 기제와 경화제와의 화학반응에 의해 경화시키는 2성분형과 카트리지 내에 밀봉시켜 공기 중에 노출시켜 경화시키는 1성분형이 있다.

2.2.1 부정형 실링재

부정형 실링재는 그 종류가 많고, 경화 메카니즘 역시 다양하다. 그 분류는 다음의 그림 2.2 ⁸⁾와 같다.

6) 권경원 외, 석재오염원인 및 오염물질의 성분분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 제 11권7호, pp.245~253, 1995.

7) 건축정보센터 편, 건축 Detail Bank 12.줄눈의 이름과 디테일, 시공문화사, 1997.

8) 건설도서편집부 역, 건축시공관리 체크리스트(마무리판), 건설 도서, 1998.

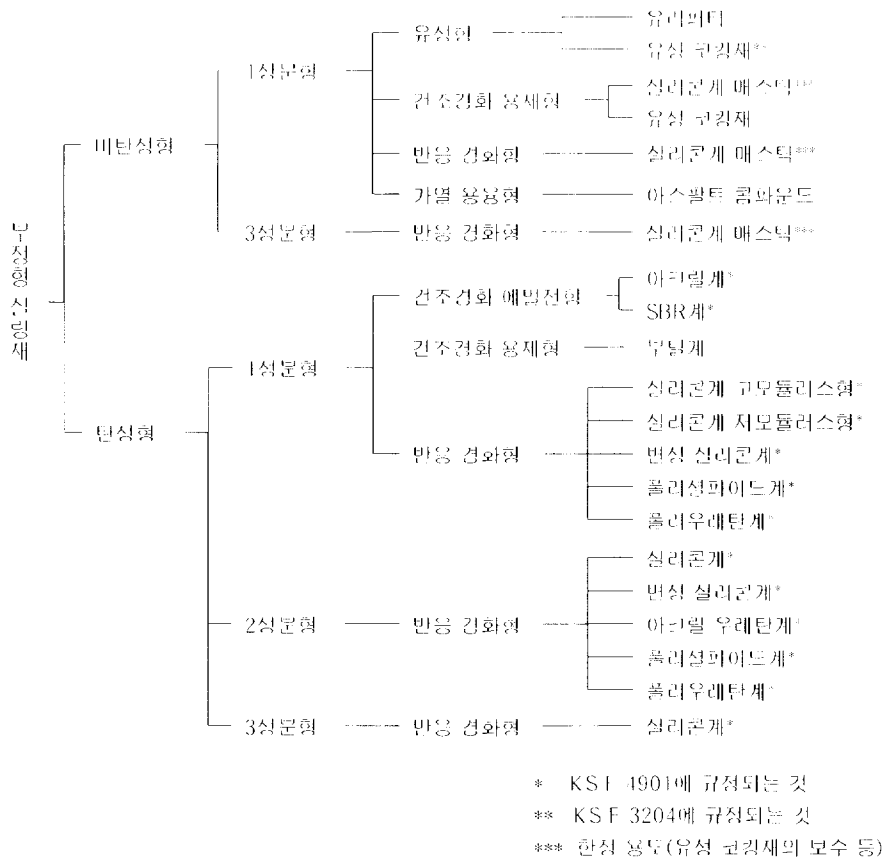


그림 2.2 부정형 실링재의 분류

(1) 유성 코킹제

천연 및 합성 유지·수지 등에 탄산칼슘 등의 광물질 충전재를 혼합한 점성이 높은 액상 물질로 줄눈 등의 방수를 위해서 충전한다. 종류에는 외부용·내부용과 동계용·하계용이 있다. 통상은 산화에 의해 표면에 피막을 만들지만, 장기에 걸쳐 내부까지 산화가 진행되어 경화된다.

큰 수직 줄눈에 충전하면 흘러내려 줄눈에서 볼록한 모양으로 돌출하는 일이 있으며, 또한 유지가 피착체에 침투하여 오염시키기도 한다.

(2) 탄성 실링재

탄성 실링재는 움직임이 있는 줄눈에 충전하는 재료 중에서 주를 차지하는 재료로서, 고무상의 탄성을 가지고 있고 인장 변형·압축 변형 또는 전단 변형에도 추종할 수 있는 재료이다.

KS F 4910 「건축용 실링재」에서 각종의 제품의 성능과 등급을 규정하고 있으며, KS F 2621 「건축용 실링재 시험방법」에서 실링재의 각종 시험 방법을 규정하고 있다.

가. 실리콘계 탄성 실링재

실리콘계 탄성 실링재는 실리콘(오르가노 폴리시록산)을 주성분으로 한 실링재로서, 습기로 경화하는 1성분형과 기재와 경화제와의 화학반응에 의해 경화하는 2성분형이 있다.

탄성 실링재 중에서 내후성, 내열성, 내한성 등의 내구성을 포함하여 가장 양호한 물리적 성질을 가지며 종류에 따라 높은 신축성을 발휘하므로 각종 커튼월의 조인트, 창호와 유리의 조인트, 토목 익스팬션 조인트 등에 널리 사용되나, 오염 발생하기 쉽고 곰팡이가 생기기 쉬운 결점이 있다.

나. 변성 실리콘계 탄성 실링재

변성 실리콘계 탄성 실링재는 변성 실리콘(오르가노 실록산을 갖는 유기 폴리머)을 주성분으로 한 실링재로서, 습기 경화하는 1성분형과 기재와 경화제의 화학반응에 의해 경화하는 2성분형이 있다.

비교적 새롭게 개발된 실링재로 일반적으로 성능 면에서 실리콘계보다 뒤떨어지지만 석재와 같은 다공성 소재에 대한 오염을 일으키지 않으므로 석재의 조인트에 많이 사용되나 프라이머의 선택에 유의하여야 한다.

나. 폴리설퍼아이드계 탄성 실링재

폴리설퍼아이드계 탄성 실링재는 폴리설퍼아이드(다황화 고무)를 주성분으로 한

실링재로서, 탄성 실링재로서는 가장 오래되고, 「치오클」 등의 상품명으로 널리 알려져 있다. 이것도 경화 메카니즘은 전 양자와 같이 1성분형과 2성분형이 있다.

내구성과 내수성 등 물리적 성질이 뛰어나고 견고한 접착력을 갖고 있어 급속, 석재, 콘크리트, 유리 및 각종 건축용도에 두루 쓰이고 있으나, 시공시의 온도에 의해 사용가능한 시간 및 경화속도가 변화하며, 경화할 때까지 심한 유황 냄새가 나고, 경화 시까지 다공성 소재에 페놀수지에 의한 초기 오염을 발생시킬 수 있다.

라. 변성 폴리설파이드계 탄성 실링재

변성 폴리설파이드계 탄성 실링재는 변성 폴리설파이드(우레탄 결합을 갖는 폴리설파이드)를 주성분으로 한 실링재로서, 폴리설파이드계의 하나이지만 공기 중의 산소와 반응하여 표면으로부터 경화하는 1성분형으로 가장 새로운 종류이며 소성적이다.

마. 아크릴 우레탄계 탄성 실링재

아크릴 우레탄계 탄성 실링재는 최근에 개발된 것으로 아크릴 우레탄(폴리우레탄의 일부를 아크릴로 치환한 폴리머)을 주성분으로 한 실링재로서, 기체의 우레탄 프레폴리머와 경화제의 주성분인 활성기를 가진 아크릴오리고마가 화학반응하여 경화하는 2성분형이다.

바. 폴리우레탄계 탄성 실링재

폴리우레탄계 탄성 실링재는 폴리우레탄(우레탄 결합 등을 가진 폴리머)을 주성분으로 한 실링재로서, 습기 경화하는 1성분형과 기체와 경화제의 화학반응에 의해 경화하는 2성분형이 있다. 이것은 폴리설파이드에 이어 오래된 부류에 속한다.

경화 후의 수축이 거의 없으며, 복원성 및 내피로성, 내한성 등이 우수하고

특히, 내마모성이 가장 우수하여 주로 바닥 등에 많이 쓰이고 있다.

사. 아크릴계 탄성 실링재

아크릴계 탄성 실링재는 아크릴 수지를 주성분으로 한 1성분형의 에멀전 타입의 실링재로서, 함유수분이 증발하면서 표면으로부터 경화하는 건조 경화형으로 경화하면 물에 녹지 않는 불용성을 가진다. 통상 20~30%의 체적수축이 있으며, 주로 ALC의 줄눈용으로 사용되고 있다.

시공 후 수성 페인트의 도포가 가능하고 실링직후의 표면에 모르터, 콘크리트 등을 시공할 수 있는 장점이 있는 반면, 수성계이기 때문에 경화가 되기 전에 물에 약하고 비를 맞으면 흘러내리며, 항상 물에 접하는 장소에는 사용하지 못한다. 또한 동결기 공사 시에는 동결되는 것에 주의해야 한다.

아. SBR계 탄성 실링재

SBR계 탄성 실링재는 스티렌 부타디엔 고무(SBR)를 주성분으로 한 1성분형의 라텍스 타입의 실링재로서, 함유수분이 증발하면서 경화하는 건조 경화형으로 경화하여도 용제에는 용해되며 일반적으로 15~25%의 체적수축이 있다.

자. 부틸 고무계 탄성 실링재

부틸 고무계 탄성 실링재는 부틸 고무를 주성분으로 한 1성분형의 용제 타입의 실링재로서, 함유수분이 증발하면서 경화하는 건조 경화형이다. 이것도 납은 부류에 속하지만 다른 탄성 실링재에 비하여 소성적이다.

일반적인 탄성 실링재의 종류별 물리적 성질은 아래의 표 2.2와 같으나, 제품별로 품질상 다소 차이가 있을 수 있으므로 실제 사용 시에는 반드시 KS F 2621 「건축용 실링재 시험방법」에 따른 시험을 거쳐서 결정하여야 한다.

2.2.2 정형 실링재

넓은 의미의 실링재에 속하는 것으로, 2.2.1의 실링재를 부정형 실링재라 부르고 본 항의 성형 줄눈재를 정형 실링재라 부른다. 이 종류는 줄눈의 개념과는 다소 상이하나 새시나 도어 가동부의 기밀성을 높이기 위한 것과 새시에 유리를 설치하기 위한 것(글레이징용), 건축 구성재의 줄눈 부분에 사용하는 것 등이 있다.

(1) 건축용 개스킷

KS F 3215 「건축용 개스킷」에서는 용도에 따라 다음의 4종류로 분류하고 있다.

① 글레이징 개스킷

새시·도어 등에 유리 등을 설치하기 위한 정형 실링재

② 기밀 개스킷

새시·도어 등의 가동부의 기밀을 위해서 장착하는 정형 실링재

③ 줄눈 개스킷

건축 구성재의 줄눈 부분에 사용하는 것으로 수밀성·기밀성을 유지하기 위한 정형 실링재

④ 지퍼 개스킷(구조 개스킷)

금속 프레임이나 프리캐스트 콘크리트 패널 등에 유리류를 설치하기 위한 정형 실링재

건축용 개스킷은 합성수지 또는 합성고무를 주원료로 해서 가소제·안정제·보강제·충전제·가황제 등을 더하고 압출 성형하여 만들어진다. 그 재료의 분류 및 용도와의 관계는 표 2.3과 같다.

표 2.3 건축용 개스킷 재료에 따른 분류 및 용도

재료		약호	클레이징 개스킷	기밀 개스킷	줄눈 개스킷
합성 수지계	염화비닐계	V	○	○	—
	서모플라스틱 에라스트머계	TPE	○	○	—
합성 고분자계	글로로폴렌계	CR	○	○	○
	E P D M 계	EM	○	○	○
	실 리 콘 계	SR	—	○	○

단면 형상은 그 용도에 따라 다른데 클레이징 개스킷은 클레이징 채널과 클레이징 비드로 구분되며 기밀 개스킷과 줄눈 개스킷 역시 속이 빈 것과 없는 것으로 나뉜다.

금속 프레임이나 프리캐스트 콘크리트 패널 등에 유리류를 설치하려면 지퍼 개스킷이 사용된다. 이것은 사선 부분에 개스킷과 같은 재질의 췌기끈(지퍼)을 삽입하여 양 부재를 고정시킬 수 있다.

아래의 그림 2.3, 2.4, 2.5, 2.6은 각종 건축용 개스킷의 예이다¹⁰⁾.

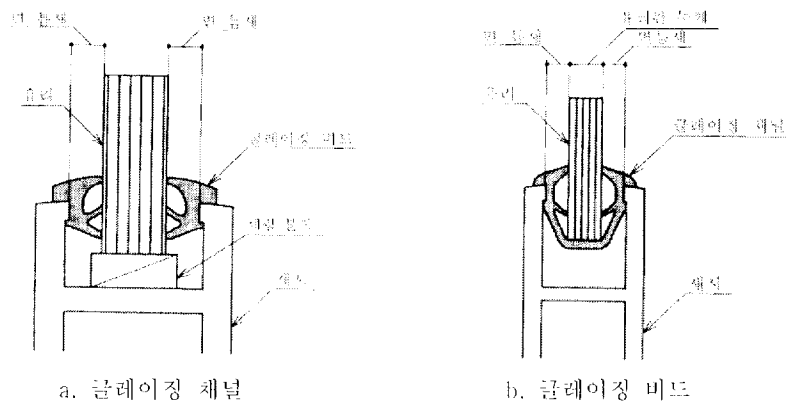


그림 2.3 클레이징 채널과 비드

10) KS F 3215 「건축용 개스킷」, 2000.

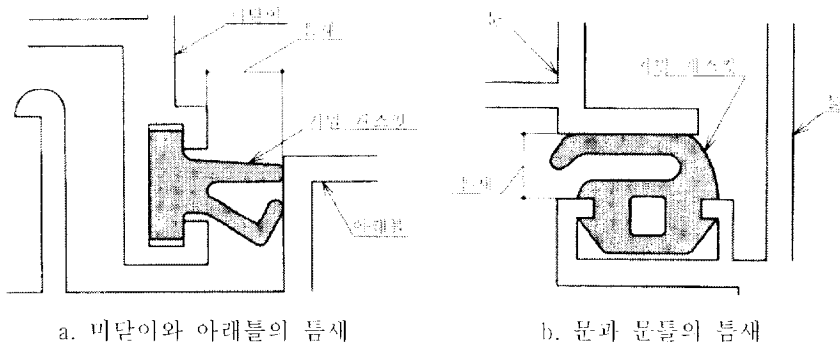


그림 2.4 기밀 개스킷

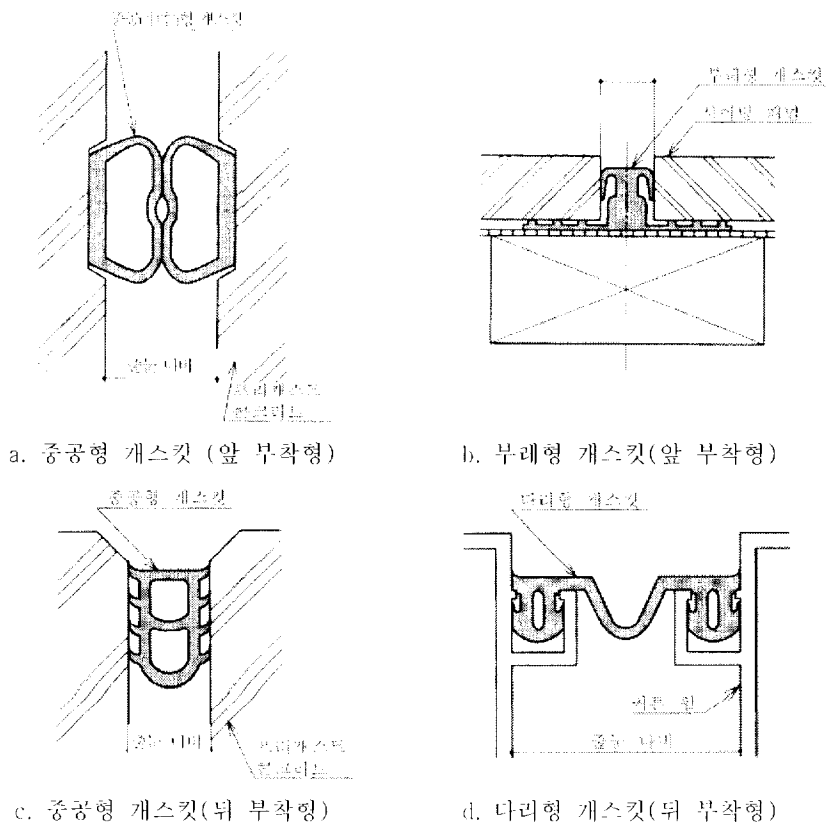


그림 2.5 줄눈 개스킷

① 발포체 기밀재

새시·도어 등의 가동부의 기밀을 위해서 장착하는 발포체 정형 실링재

② 발포체 글레이징 개스킷

새시·도어 등에 유리 등을 설치하기 위한 발포체 정형 실링재

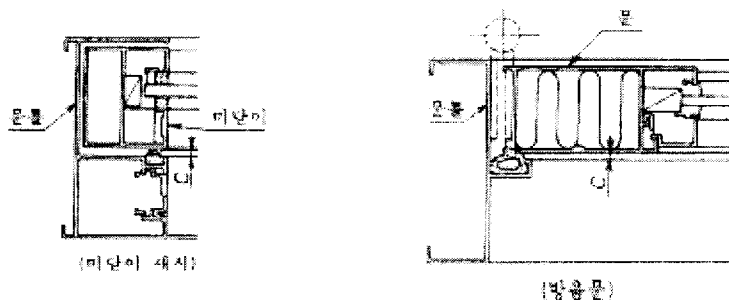
③ 발포체 줄눈 개스킷

건축 구성재의 줄눈 부분에 사용하는 것으로 수밀성·기밀성을 유지하기 위한 발포체 정형 실링재

함침 우레탄계를 제외한 발포체 개스킷은 합성 고무 또는 염화 비닐 수지를 주원료로 하고 여기에 가소제, 안정제, 보강제, 충전제, 발포제, 가황제 등을 배합 혼합하여 압출 성형 등에 의해 제조한다. 함침 우레탄계는 발포 폴리우레탄에 수지, 고무 등을 함침시켜서 제조한다.

단면 형상은 용도에 따라 각각 그 치수 및 모양이 다르며, 특히 발포체 기밀재와 발포체 줄눈 개스킷은 속빈 부분이 있는 것과 없는 것으로 구분된다.

아래의 그림 2.7~그림 2.9는 각종 건축용 발포체 개스킷¹¹⁾의 예이다.



a. 선틀과 미단이의 클리어런스

b. 문틀과의 클리어런스

그림 2.7 발포체 기밀재

11) KS F 3216 「건축용 발포체 개스킷」, 1998.

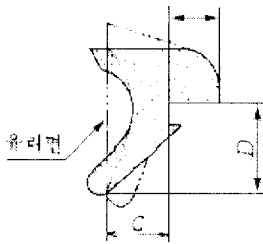


그림 2.8 발포체 글레이징 개스킷

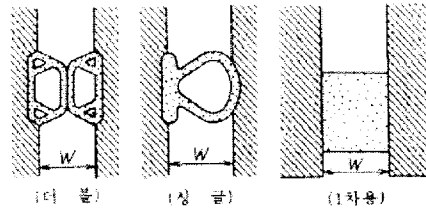


그림 2.9 발포체 줄눈 개스킷

이러한 건축용 발포체 개스킷은 재료의 반발력을 이용하여 각각의 기능을 발휘하는 것이다. 따라서 사용시에는 가능한 한 압축력을 더하는 쪽이 좋지만 압축에 의해 변형이 일어나면 그 기능상의 문제를 일으킬 수 있으므로, 압축 영구 변형 등의 물성이 중요하다.

또한 발포체이기 때문에 두꺼운 단일 재료에 비해 산화나 오존 혹은 열에 의한 악화가 빠르기 때문에 발포 비율이 작을수록 유리하다.

2.3 건축물 외벽 줄눈의 역할

건물의 외벽은 PC 패널, 금속 패널, 타일, 돌, 새시 등 다양한 종류의 부재로 구성되고 수많은 줄눈으로 구성된다. 이러한 부재는 가공·운반 및 양중·설치를 위해서 그 크기에 제한을 받게 되므로, 결과적으로 줄눈이 생기는 것은 어쩔 수 없는 일이며 이러한 외벽에서의 부재의 이음은 이종 재료간의 이음이 많이 생기는 것이 특징이다¹²⁾.

건물의 외벽을 구성하는 각종 재료들은 온도, 습수율의 변화 또는 지진, 강풍 등의 영향으로 변형되며 이 변형이 구속될 때 균열이 발생할 수 있다. 이러한

12) 건축정보센터 편, 건축 Detail Bank 12, 줄눈의 이음과 디테일, 시공문화사, 1997

변형의 구속은 부재 자체를 파괴시키거나 뒤틀리게 하여 인접부재로 그 영향을 전달시킨다. 이러한 현상은 안전성, 우수침입방지, 미관 등에 악영향을 끼치므로 상기의 여러 가지 변형을 조절하기 위해 의도적으로 줄눈이 설치되는 것이다.

외벽의 줄눈은

- (1) 온도변화, 지진, 바람 등에 의한 부재간의 층간 변위 및 움직임의 흡수,
- (2) 부재의 제작·가공시의 치수오차의 흡수,
- (3) 우수, 소음, 빛 등의 차단,
- (4) 건물외관의 디자인 향상 등의 역할을 한다.

III. 줄눈 실링재에 의한 석재오염 실험

3.1 실험 개요 및 공시체 제작

3.1.1 실험개요

줄눈 실링재에 의한 석재 오염의 정도를 측정하고 분석하기 위하여 석재, 실링재의 종류 및 소재의 접착면 바탕처리를 달리한 공시체를 제작하고 오븐에서 가열하는 오염 촉진 실험을 하였다. 또한 석재의 성질과 오염 정도의 비교를 위해 실험 대상이 된 석재의 비중 및 흡수율을 측정하였다.

실험인자는 표 3.1과 같이 실험 대상 석재는 주된 건물 외벽 마감재로 사용되는 화강석을 대상으로 거창석, 포천석, 문경석, 중국석의 4수준 그리고 실험 대상 줄눈 실링재는 국내의 대표적인 실링재 제조업체 3사에서 제조·판매되는 것으로 실리콘계 5종(일반 외장용 1종, 석공사용 1종, 다공성 소재 바이오염성 3종), 변성실리콘계 1종, 폴리설퍼아이드계 1종의 7수준으로 하였으며, 소재의 접착면 바탕처리는 무처리, 방수용 프라이머 도포, 일반 줄눈 실링재용 프라이머, 다공성 소재용 프라이머의 4수준으로 실험하였다. 줄눈 실링재에 의한 석재 오염의 확인은 1주 단위로 붉은 색과 푸른색의 잉크를 석재 내에 침투시켜 오염부위를 확인하고 깊이를 측정하였다.

표 3.1 실험인자

번호	실험인자	수 준	수준수
1	석재(화강석)	거창석, 포천석, 문경석, 중국석	4
2	실링재	실리콘계 5종, 변성실리콘계 1종, 폴리설퍼아이드계 1종	7
3	접착면 처리	무처리, 프라이머 도포(방수용, 일반, 다공성소재용)	4
4	오염시험조건	21일 표준조건에서 양생 후 70±2℃로 가열	1

3.1.2 공시체 제작 및 양생

(1) 사용 재료

가. 석재

본 실험에 사용한 석재는 건물 외벽 마감재로 주로 사용되는 화강석 중 그 적용도가 두드러지고 입수가 비교적 용이한 가평석, 포천석, 문경석의 국내석 및 중국산 수입석의 4종을 사용하였다.

나. 줄눈 실링재

실링재는 국내의 대표적인 실링재 제조사인 K사, D사, H사의 제품 중 석재 줄눈에 사용하고 있는 제품을 대상으로 하였으며, 그 종류 및 물리적 성질은 표 3.2, 표 3.3과 같다.

다. 석재 접착면 처리용 프라이머

본 실험에 사용한 프라이머는, 일반 도포방수공사에 사용되는 수용성 방수 프라이머 1종과 K사의 제품인 일반 외장 줄눈용 프라이머 1종과 다공성 소지용 프라이머 1종을 사용하였으며, 그 종류 및 물리적 성질은 다음의 표 3.4와 같다.

표 3.2 줄눈 실링재의 종류

구 분	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
	실리콘계					변성 실리콘계	폴리설파 이드계
제 조 사	K사	K사	K사	H사	D사	K사	K사
주 요 용 도	일반 외장용	일반 석재용	외장용 비오염	외장용 비오염	외장용 비오염	일반 외장용	일반 외장용
제 품 형 태	1액형	1액형	1액형	1액형	1액형	2액형	2액형

표 3.3 줄눈 실링제의 특성

종 류	단위	실링제						
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	No.7
비 중	—	1.35	1.36	1.30	1.27	1.30	1.39	1.67
표면경화시간 (25℃,50%)	h	0.5이내	0.5이내	0.5이내	1~2	0.5이내	24이내	48이내
슬럼프 (가로)	mm	0	0	0	0	0	0	0
슬럼프 (세로)	mm	0	0	0	0	0	0	0
탄성복원성	%	84	78	80	94	96	75	75
인장응력 (+23℃,100%)	N/mm	0.69	0.42	0.69	0.4	0.4	0.14	0.15
인장응력 (-20℃,100%)	N/mm	0.73	0.63	0.78	0.4	0.5	0.19	0.19
일정신장하에서의 접착성 (+23℃,60%)	—	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
일정신장하에서의 접착성 (-20℃,60%)	—	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
압축가압·인장냉각 후의 접착성	—	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
수중침적후의 일정신장하에서의접착성	—	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
부피수축	%	-4.8	-3.4	-3.7	-5.0	-4.0	-2.2	-8.0
크래신평	%	500이상	300이상	100이상	600이상	600이상	600이상	300이상

※시험값은 각 제조사에서 제공한 한국화학시험연구원의 시험성적서를 기준으로 함

표 3.4 프라이머의 종류 및 특성

종 류	단위	프 라이 머 종 류		
		도포방수용(Pa)	일반조인트용(Pb)	다공성소지용(Pc)
형 태	—	1액형	1액형	1액형
주 성 분	—	아크릴 합성수지	합성고무	합성고무
외 관	—	백색 에멀전	단황색 에멀전	단황색 에멀전
비 중	—	1.03	0.90	0.98
표면경화시간(20℃)	m	30이내	30이내	30이내
도포 후 유효시간	h	4	6	8

(2) 공시체 제작 및 양생

가. 석재 시험편 준비

실험대상이 되는 석재를 암석절단기를 이용하여 석재 오염 촉진 실험을 위한 공시체용인 100×50×20mm 규격과 석재 흡수율 및 비중 시험용인 70×70×70mm 규격으로 절단하였다. 절단한 석재 시험편은 증류수로 표면의 불순물을 제거하고 실험실 내에서 7일간 자연 건조시켰다.

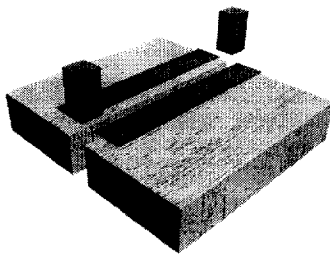
대기 중에서 충분히 건조된 석재 오염 촉진 실험용 시험편은 두개의 시험편을 하나의 공시체로 만들기 위해 두 시험편간 높이를 1mm 오차 이내로 맞추어 배열하여 줄눈 실링재 시공부위 주위에 오염 및 손상을 방지하기 위해 줄눈 양쪽에 마스킹 테이프를 부착시켰다. 줄눈의 배면 역시 백업재를 삽입하지 않고 마스킹 테이프를 부착하여 처리하였다.

나. 석재 접착면 프라이머 도포

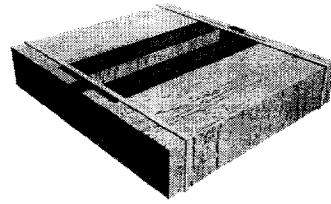
석재 접착면 바탕처리에 따른 오염 정도를 파악하기 위해 접착면 바탕 무처리 공시체를 제외한 접착면 프라이머 처리 공시체의 접착면에 각각의 프라이머를 붓을 사용하여 균일하게 도포하였다.

다. 줄눈 실링재 충전 및 양생

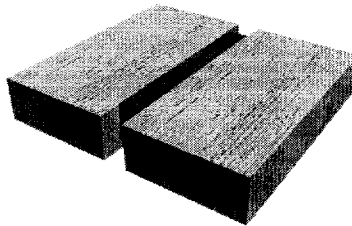
프라이머 표면경화시간이 경과한 후 10×10×20mm의 테프론 스페이서를 그림 3.1의 a와 같이 석재 접착면 무처리 시험편 및 프라이머 도포 시험편 줄눈의 양쪽 끝에 사용하여 줄눈 폭을 확보하였다. 이때 고무 밴드를 이용하여 실링재 충전 후 경화 시까지 시험편에 변형이 발생하지 않도록 공시체를 고정하였다.



a. 공시체 조합 전의 모습



b. 공시체 조합 모습



c. 실링재 충전 후 완성된 공시체의 모습

그림 3.1 석재 오염 촉진 실험용 공시체

그림 3.1의 c)와 같이 80×10×20mm로 확보된 줄눈에 실런트 충전용 건(gun)을 사용하여 줄눈 내부에 기포가 발생하지 않도록 실링재를 밀실하게 충전하고 고무주걱을 사용하여 줄눈의 면 처리를 한 후 실링재가 경화하기 전 마스킹 테이프를 제거하였다.

표면 마무리 작업 후 공시체를 온도 23±3℃, 상대습도 50±5%의 표준 상태에서 줄눈에 충전된 실링재가 완전히 경화할 때까지 물리적인 충격이 가해지지 않도록 주의하며 21일간 양생하였다.

실링재에 의한 석재 오염 촉진 실험을 위한 공시체의 종류는 표 3.5와 같다.

표 3.5 석재 오염 촉진 시험용 공시체 종류

번호	공시체 번호	석재	프라이미	줄눈용 실험제
1	P-N-1	포현석	무처리	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
2	P-N-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
3	P-N-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
4	P-N-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
5	P-N-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
6	P-N-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
7	P-N-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
8	M-N-1	문경석	무처리	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
9	M-N-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
10	M-N-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
11	M-N-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
12	M-N-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
13	M-N-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
14	M-N-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
15	C-N-1	중국석	무처리	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
16	C-N-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
17	C-N-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
18	C-N-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
19	C-N-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
20	C-N-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
21	C-N-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
22	G-N-1	거창석	무처리	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
23	G-N-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
24	G-N-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
25	G-N-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
26	G-N-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
27	G-N-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
28	G-N-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
29	G-Pa-1	거창석	도포 망수용	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
30	G-Pa-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
31	G-Pa-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
32	G-Pa-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
33	G-Pa-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
34	G-Pa-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
35	G-Pa-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
36	G-Pb-1	거창석	일반 줄눈용	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
37	G-Pb-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
38	G-Pb-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
39	G-Pb-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
40	G-Pb-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
41	G-Pb-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
42	G-Pb-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)
43	G-Pc-1	거창석	다공성 소지용	No.1 (실리콘계, 일반외장용, K사)
44	G-Pc-2			No.2 (실리콘계, 일반석채용, K사)
45	G-Pc-3			No.3 (실리콘계, 외장용 비오염, K사)
46	G-Pc-4			No.4 (실리콘계, 외장용 비오염, H사)
47	G-Pc-5			No.5 (실리콘계, 외장용 비오염, D사)
48	G-Pc-6			No.6 (변성실리콘계, 일반외장용, K사)
49	G-Pc-7			No.7 (폴리선헬아이드계, 일반외장용, K사)

3.2 실링재에 의한 석재 오염 촉진 실험

3.2.1 석재 흡수율 및 비중 시험

석재의 물성에 따른 실링재에 의한 석재오염의 정도를 파악하기 위하여 실시한 석재의 흡수율 및 비중 시험은 KS F 2518에 준하여 시험하였다.

(1) 석재 흡수율 시험

시료별로 5개씩 의 70×70×70mm 공시체를 통기 장치가 된 오븐 속에서 105±2℃의 온도로 24시간 동안 건조시킨 후 30분 동안 실내에서 냉각시켜 0.1g의 정밀도로 무게를 측정하였다.

무게를 측정한 공시체를 온도 20±5℃의 증류수 속에 48시간 동안 침수시킨 후 표면을 젖은 헝겊으로 닦아 내고 0.1g의 정밀도로 무게를 측정하여 식(1)에 의하여 석재의 흡수율을 구하였다.

$$\text{흡수율}(\%) = \frac{B-A}{A} \times 100 \quad \dots \dots \dots (1)$$

여기서, A: 건조 공시체의 무게(g)

B: 흡수 후의 공시체의 무게(g)

(2) 석재 비중 시험

흡수율 시험이 끝난 직후 포화된 공시체를 온도 20±5℃의 여과수 속에 매달고 0.1g의 정밀도로 무게를 측정하였다. 이때 공시체의 불 속 무게는 공시체와 공시체를 불속에 매달기 위한 용기가 합쳐진 무게에서 용기의 무게를 빼서 구하였다. 석재 비중 시험은 시료별로 5개씩 실시하여 아래의 식(2)에 의하여 구한 값의 평균값으로 구하였다.

$$\text{표면 건조 포화 상태의 비중} = \frac{A}{B - C} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

여기서, A: 공시체의 건조 무게(g)

B: 공시체의 침수 후 표면 건조 포화 상태의 무게(g)

C: 공시체의 불 속 무게(g)

3.2.2 석재 오염 촉진 실험

석재 오염 촉진 실험은 ASTM C 1248-93의 시험 규정 중 오븐을 사용한 가열 촉진 시험 방법으로 하였다.

3.1.2에서와 같이 제작한 49개의 공시체를 $70 \pm 2^\circ\text{C}$ 의 온도로 오븐에서 가열하여 경화된 줄눈 실링재 내부의 미반응 가소성분이 석재 내부 미세공극으로 침투하도록 촉진하였다.

석재 오염 정도를 측정하기 위해 1주 단위로 오븐에서 공시체를 꺼내어 대기 중에서 공시체의 온도와 실내온도의 차이가 1°C 이내가 되도록 냉각시킨 후 오염 부위의 육안 식별을 위해 붉은색과 푸른색의 잉크를 석재에 침투시켰다. 유색잉크의 침투는 공시체의 한 면이 10mm 정도 잠기도록 한 후 예비 시험을 통해 유색잉크가 석재 오염부위까지 도달하기 위한 흡상시간인 12시간동안 침투시켰다.

석재 오염 깊이의 측정은 유색잉크의 침투면과 비침투면의 경계를 목탄으로 그려서 나타낸 후 최고 침투 깊이와 최소 침투 깊이 및 80mm인 줄눈부위를 10mm의 등 간격으로 나눈 9부위를 버니어 캘리퍼스를 이용하여 0.1mm 단위로 측정한 후 그 평균값을 그 공시체의 석재 오염 깊이로 하였다.

IV. 실험 결과 및 고찰

4.1 석재의 비중 및 흡수율

건식 석공사 조인트에서의 줄눈 실링재 내 가소성분의 석재료의 이행에 의한 석재오염의 정도를 파악하기 위한 석재오염 촉진 시험에 사용된 석재의 비중 및 흡수율 실험 결과는 아래의 표 4.1, 표 4.2와 같다.

표 4.1 석재의 흡수율 시험 결과

구분	석재의 흡수율(%/Wt)					평균
	1	2	3	4	5	
포천석	0.368	0.381	0.370	0.388	0.369	0.375
분경석	0.496	0.443	0.414	0.431	0.451	0.447
중국석	0.292	0.301	0.295	0.293	0.286	0.293
가평석	0.270	0.283	0.274	0.282	0.266	0.275

표 4.2 석재의 비중 시험 결과

구분	석재의 비중					평균
	1	2	3	4	5	
포천석	2.614	2.612	2.611	2.610	2.614	2.61
분경석	2.590	2.598	2.598	2.599	2.599	2.60
중국석	2.658	2.657	2.657	2.657	2.658	2.66
가평석	2.652	2.650	2.650	2.650	2.651	2.65

4.2 실링재에 의한 석재오염 촉진 실험 결과

석재용 줄눈 실링재의 종류, 석재의 접촉면 바탕처리 및 마감석재의 물성에 따른 석재 오염의 정도를 파악하기 위해 표 3.5에서 제시된 공시체를 ASTM C 1248-93의 시험 규정 중 오븐을 사용한 가열 촉진 시험방법에 따라 실시한 석재오염 촉진 실험 결과는 표 4.3과 같다.

표 4.3 식재 오염 축전 시험 결과

번호	공사재번호	줄눈 설렁제에 의한 식재 오염 깊이(mm)							
		1주		2주		3주		4주	
		평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대
1	P-N-1	4.79	6.3	7.15	9.4	8.52	11.1	9.53	12.4
2	P-N-2	3.50	4.8	5.75	7.9	7.21	10.2	8.15	11.9
3	P-N-3	1.76	3.0	3.00	5.2	3.90	6.5	4.66	7.5
4	P-N-4	1.91	3.1	3.40	5.6	4.61	7.6	5.61	9.3
5	P-N-5	1.29	2.4	2.46	4.6	2.84	5.2	3.21	5.7
6	P-N-6	1.52	2.4	2.26	3.5	2.50	4.2	2.62	4.7
7	P-N-7*	1.57	2.6	2.57	4.2	3.46	5.5	4.01	6.3
8	M-N-1	3.90	4.8	6.07	7.3	6.84	8.9	7.42	10.3
9	M-N-2	2.23	3.4	3.76	5.7	5.37	8.0	6.47	9.4
10	M-N-3	1.81	2.8	3.05	4.8	4.27	6.5	5.25	7.8
11	M-N-4	1.78	2.6	3.27	4.9	4.82	7.0	6.10	8.5
12	M-N-5	1.12	2.2	1.69	3.4	2.52	4.6	3.35	5.4
13	M-N-6	1.46	2.7	1.59	3.1	1.86	3.1	2.06	2.9
14	M-N-7*	1.52	2.3	2.45	3.8	3.33	5.0	3.86	5.6
15	C-N-1	5.08	6.2	7.74	9.5	9.77	12.0	11.15	13.7
16	C-N-2	3.50	4.8	5.68	7.8	7.41	9.8	8.86	11.3
17	C-N-3	2.52	3.4	4.26	5.9	5.40	7.1	6.27	7.9
18	C-N-4	2.62	3.4	4.48	5.8	5.76	7.3	6.65	8.3
19	C-N-5	1.28	1.8	2.52	3.6	3.68	5.1	4.84	6.6
20	C-N-6	1.47	2.0	1.81	2.4	2.59	3.5	3.11	4.3
21	C-N-7*	1.53	2.4	2.65	3.7	4.32	6.1	5.46	7.8
22	G-N-1	4.45	5.5	7.27	9.1	9.48	11.5	10.98	12.8
23	G-N-2	3.46	4.2	6.47	7.9	8.36	10.3	9.35	11.6
24	G-N-3	1.70	3.0	3.02	5.6	4.66	7.3	6.14	7.8
25	G-N-4	2.25	3.2	4.05	5.8	5.61	7.7	6.65	8.8
26	G-N-5	1.10	1.6	1.98	2.8	3.43	4.9	4.75	6.9
27	G-N-6	1.46	2.3	1.71	2.7	2.59	3.7	3.28	4.3
28	G-N-7*	1.54	2.5	2.02	3.3	3.69	5.6	5.15	7.2
29	G-Pa-1	-	-	-	-	2.21	3.1	5.51	7.2
30	G-Pa-2	-	-	-	-	1.14	1.8	3.39	5.4
31	G-Pa-3	-	-	-	-	-	-	1.77	3.1
32	G-Pa-4	-	-	-	-	-	-	2.87	3.8
33	G-Pa-5	-	-	-	-	-	-	1.27	2.1
34	G-Pa-6	-	-	-	-	-	-	2.13	3.3
35	G-Pa-7*	-	-	-	-	-	-	2.55	3.9
36	G-Pb-1	-	-	-	-	-	-	2.26	3.5
37	G-Pb-2	-	-	-	-	-	-	1.89	2.8
38	G-Pb-3	-	-	-	-	-	-	-	-
39	G-Pb-4	-	-	-	-	-	-	-	-
40	G-Pb-5	-	-	-	-	-	-	-	-
41	G-Pb-6	-	-	-	-	-	-	-	-
42	G-Pb-7*	-	-	-	-	-	-	-	-

표 4.3 석재 오염 촉진 시험 결과(계속)

번호	공시제번호	줄눈 실링제에 의한 석재 오염 깊이(mm)							
		1주		2주		3주		4주	
		평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대
43	G-Pc-1	-	-	-	-	-	-	-	-
44	G-Pc-2	-	-	-	-	-	-	-	-
45	G-Pc-3	-	-	-	-	-	-	-	-
46	G-Pc-4	-	-	-	-	-	-	-	-
47	G-Pc-5	-	-	-	-	-	-	-	-
48	G-Pc-6	-	-	-	-	-	-	-	-
49	G-Pc-7	-	-	-	-	-	-	-	-

* P:포천석, M:분경석, C:중국석, G:기장석

Pa:방수용 프라이머, Pb:일반 줄눈용 프라이머, Pc:다공성 소지용 프라이머

*: 실링제 충전 24시간 후 줄눈 주위로 약 1.0mm의 적갈색 띠가 관찰됨.

4.2.1 줄눈 실링제의 종류에 따른 석재 오염

줄눈 실링제의 종류에 따른 석재의 오염은 그림 4.1~그림4.4와 같이 일반외장용 실리콘계에 의한 석재오염이 평균 9.77mm로 가장 크게 나타났으며, 일반석재용 실리콘계(평균 8.22mm), 외장용 비오염성 실리콘계(H사, 평균 6.25mm), 외장용 비오염성 실리콘계(K사, 평균 5.58mm), 일반외장용 폴리설파이드계(평균 4.62mm), 외장용 비오염성 실리콘계(D사, 평균 4.04mm), 일반외장용 변성 실리콘계(평균 2.77mm)의 순으로 나타나 일반외장용 실리콘계 실링제를 기준으로 16.0%에서 최대 71.7%의 오염성의 차이를 보였다.

석재 등 다공성 소재에 대한 실링제 내에 잔류하는 가스성분(실리콘유)의 소재로의 이행에 의한 오염 방지를 목적으로 개발·생산되고 있는 비오염성 실리콘계 실링제의 경우 제조사별 제품 간 5.6%에서 최대 45%까지 오염성의 차이가 있는 것으로 나타났다. 특히, No.5 실링제(D사 제품)을 제외한 나머지 2종의 제품(K, H사 제품)은 폴리설파이드계 실링제에 비해 오염 방지 성능이 떨어지는 것으로 나타나 비오염성 실링제의 품질·성능에 관한 기준의 마련이 필요한 것으로 사료된다.

변성 실리콘계 실링재의 경우 4주간의 오염 측정치의 증가폭이 매주 감소하는 경향을 보이고 있어 경화 직후 실링재 내의 잔류 가소성분(실리콘유)의 제어가 실험 대상 실링재 중 가장 효과적으로 이루어졌다고 판단된다.

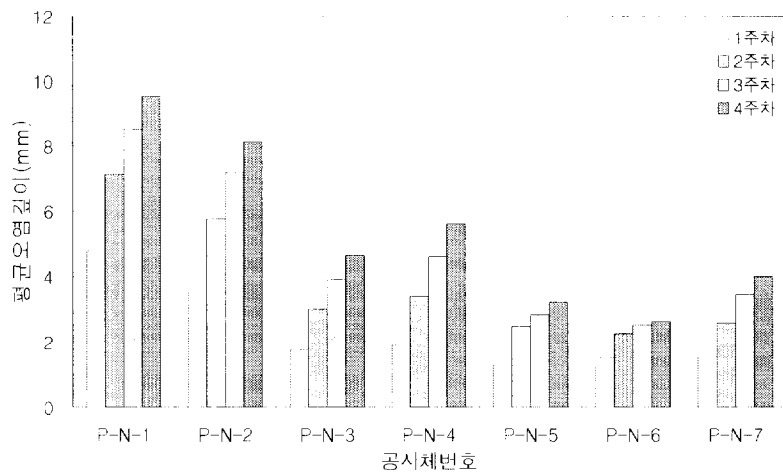


그림 4.1 줄눈 실링재의 종류에 따른 포전석의 오염

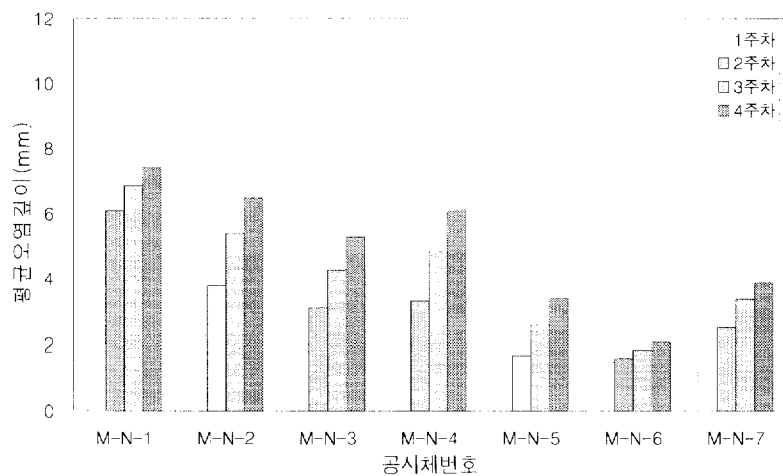


그림 4.2 줄눈 실링재의 종류에 따른 분경석의 오염

폴리설파이드계 실링재의 경우 다공성 소지용 프라이머가 도포된 공시체 (No.49)를 제외한 공시체에서 실링재 충전 24시간 후 줄눈 주위로 페놀수지에 의한 정색반응으로 추정되는 약 1mm의 적갈색 띠가 관찰되었다.

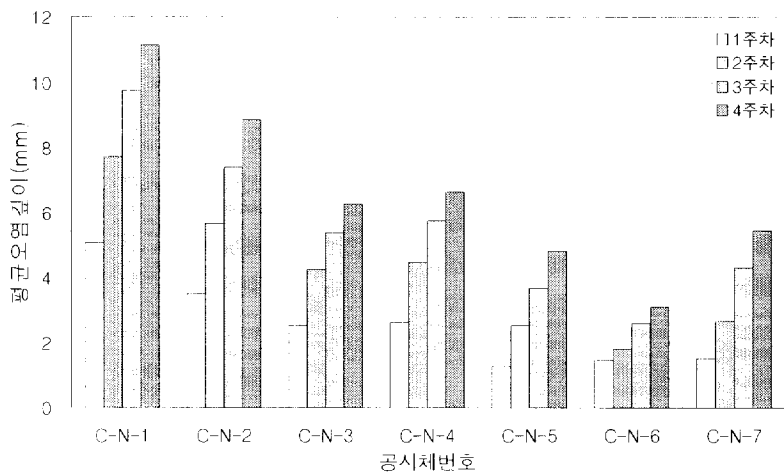


그림 4.3 줄눈 실링재의 종류에 따른 중국석의 오염

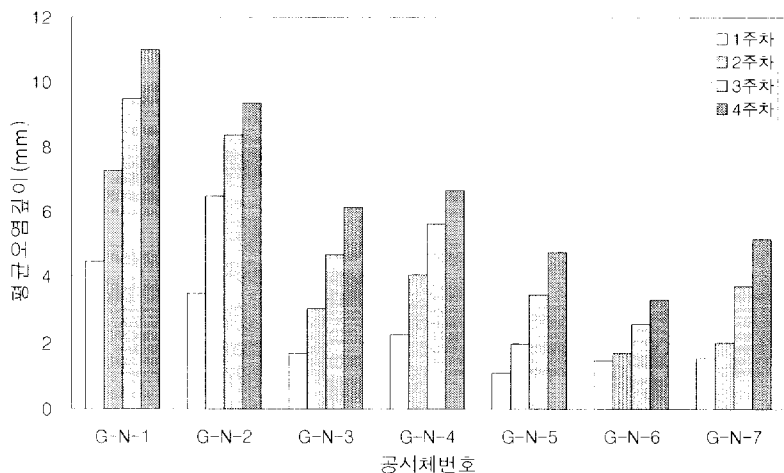


그림 4.4 줄눈 실링재의 종류에 따른 가평석의 오염

4.2.2 석재 종류에 따른 석재 오염

실험에 사용된 석재의 비중 및 흡수율은 그림 4.5와 같이 서로 반비례하는 경향을 보이는 것으로 나타났다.

축진실험 대상 석재의 종류에 따른 각 실링재에 의한 석재 오염의 정도는 아래의 그림 4.6~그림 4.12와 같이 충전된 실링재의 종류에 따라 다소의 차이를 보이나 중국산 수입석의 오염이 평균 6.62mm로 가장 크게 나타났으며, 기창석(평균 6.61mm), 포천석(평균 5.40mm), 문경석(4.93mm)의 순으로 석재의 오염이 큰 것으로 나타났다.

특히, 석재 종류에 따른 석재의 오염은 사용석재의 비중과 흡수율에 반비례하는 경향을 보이는 것으로 나타났다. 이는 석재 내의 잔류 수분이 실링재 내 가소성분(실리콘유)의 석재 내부 이행을 지연시킨 것으로 판단되며, 석재오염 저감을 위하여 마감석재의 선정 시 석재의 물성을 고려할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

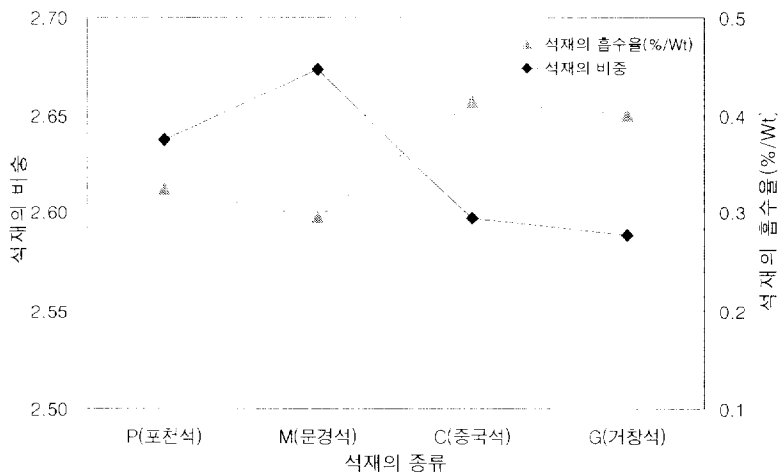


그림 4.5 실험 대상 석재의 비중 및 흡수율

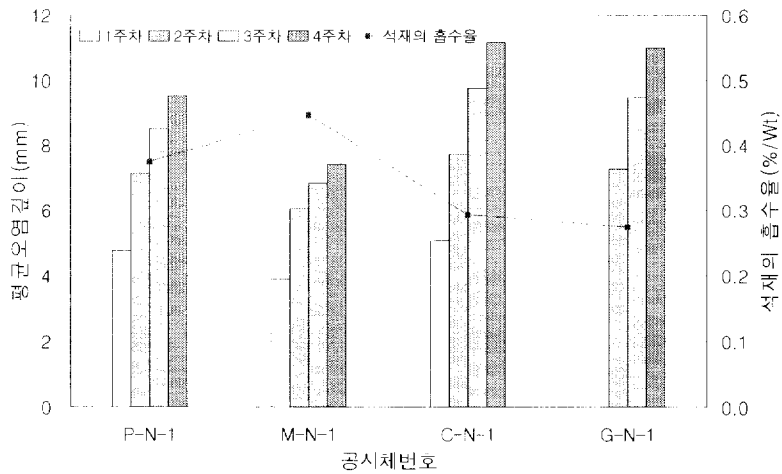


그림 4.6 일반외장용 실리콘계 실링제에 의한 석재 오염

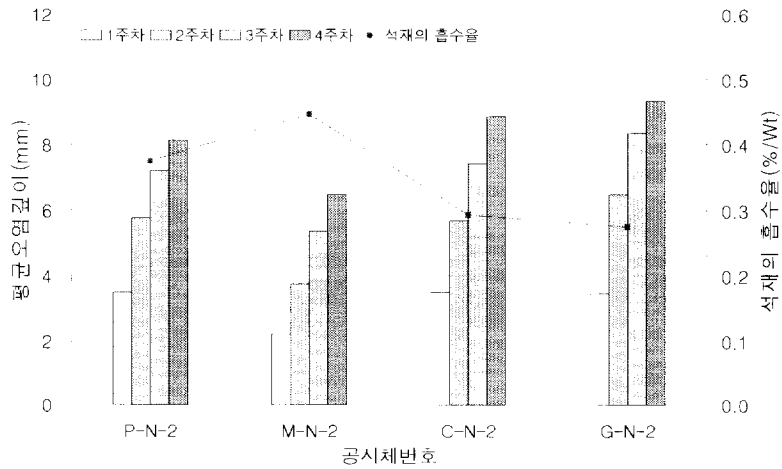


그림 4.7 일반식제용 실리콘계 실링제에 의한 석재 오염

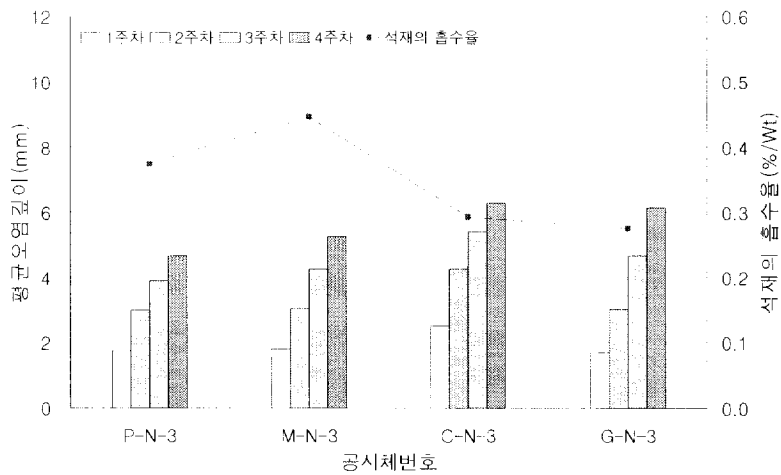


그림 4.8 외장용 바이오염성 실리콘계 실링재(K사)에 의한 석재 오염

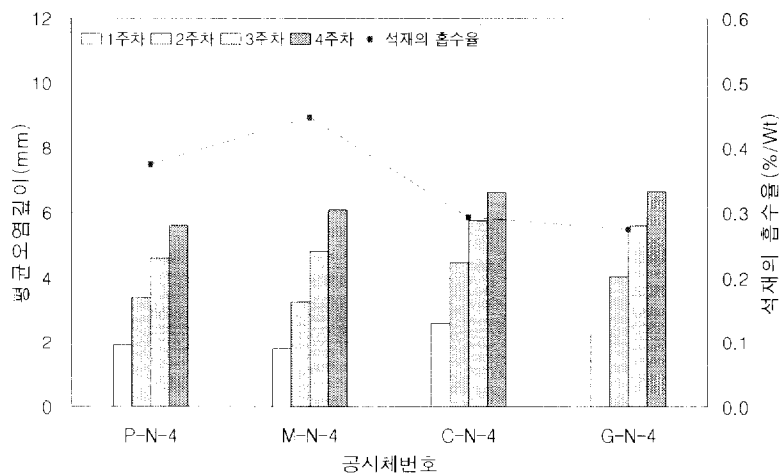


그림 4.9 외장용 바이오염성 실리콘계 실링재(H사)에 의한 석재 오염

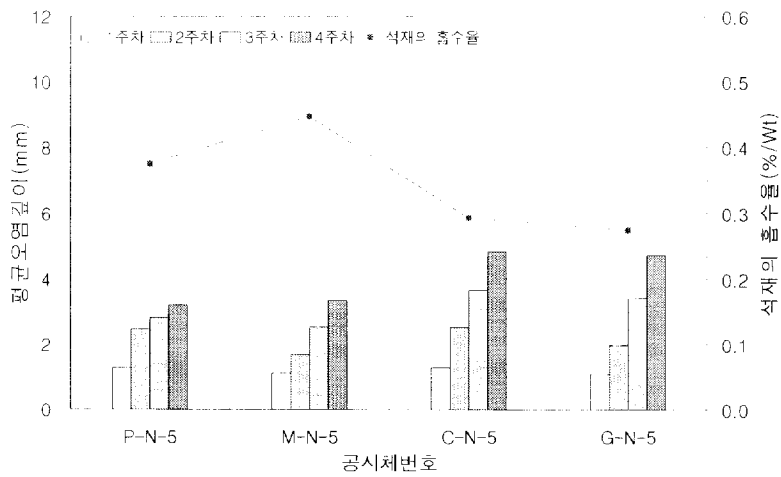


그림 4.10 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(D사)에 의한 석재 오염

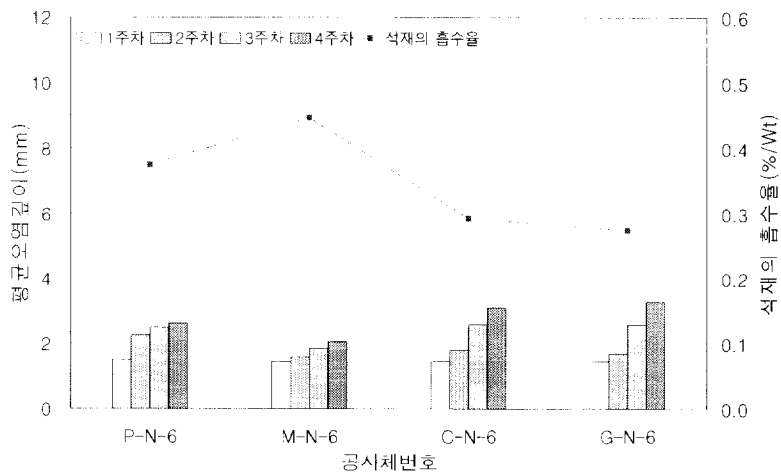


그림 4.11 일반외장용 변성실리콘계 실링재에 의한 석재 오염

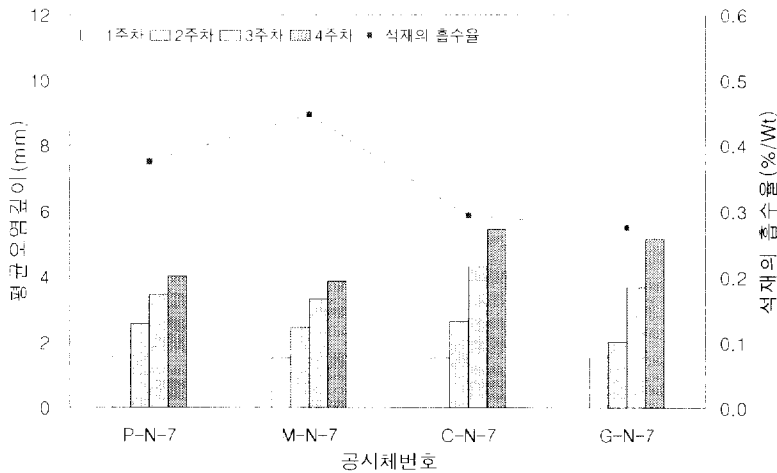


그림 4.12 일반외장용 폴리설펜아이드계 실링재에 의한 식재 오염

4.2.3 접착면 바탕처리에 따른 식재 오염

가평석을 대상으로 한 접착면 바탕처리에 따른 각 실링재에 의한 식재 오염은 그림 4.13~그림 4.19와 같이 나타났다.

방수용 프라이머(Pa)를 도포한 경우 4주차의 식재오염 촉진실험 결과를 기준으로 접착면 무처리 공시체에 비하여 사용 실링재에 따라 35.2%에서 최대 73.2%까지 오염 방지 효과가 있는 것으로 나타났으나, 실험에 사용한 모든 실링재에서 오염현상이 나타났다.

일반 조인트용 프라이머(Pb)를 도포한 경우 4주차의 식재오염 촉진실험 결과를 기준으로 접착면 무처리 공시체에 비하여 일반외장용 실리콘계 실링재의 경우 79.4%, 일반석재용 실리콘계 실링재의 경우 79.8%의 오염 방지 효과가 있는 것으로 나타났으며, 일반외장용 비오염성 실리콘계, 일반외장용 변성실리콘계, 일반외장용 폴리설펜아이드계 실링재의 경우 식재오염이 나타나지 않았다.

다공성 소지용 프라이머(Pc)를 도포한 경우 실험에 사용된 모든 실링재에 대해서 100%의 오염 방지 효과를 나타내었으며, 특히 폴리설펜아이드계 실링재

를 사용한 P-N-7, M-N-7, C-N-7, G-N-7 공시체에서 실링재 충전 24시간 후
출분주위로 관찰되었던 페놀수지에 의한 정색반응으로 추정되는 약 1mm의 적갈
색 때가 관찰되지 않아 가소성분 이행에 따른 석재오염 방지 효과가 가장 뛰어
난 것으로 나타났다.

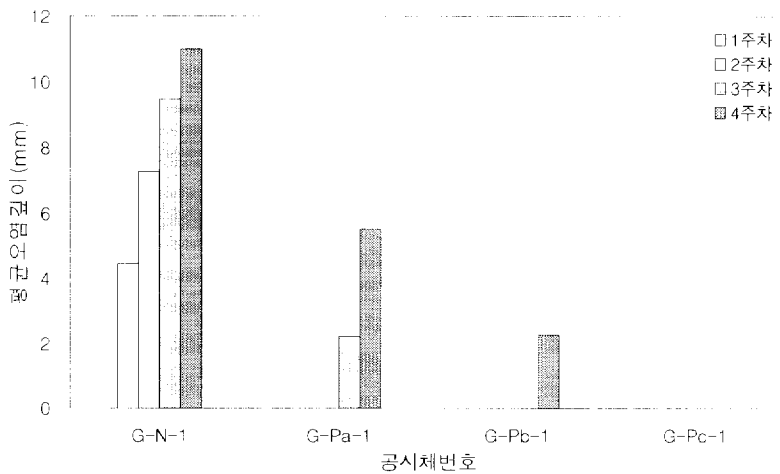


그림 4.13 집착면 바탕처리에 따른 일반외장용 실리콘계
실링재에 의한 석재 오염

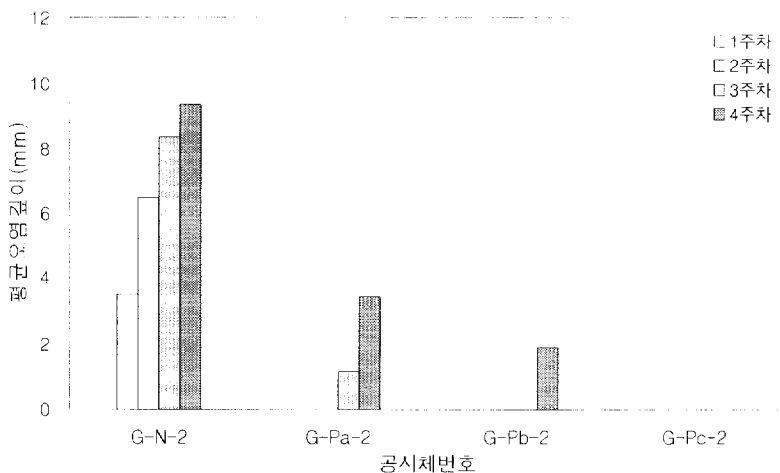


그림 4.14 집착면 바탕처리에 따른 일반식재용 실리콘계
실링재에 의한 석재 오염

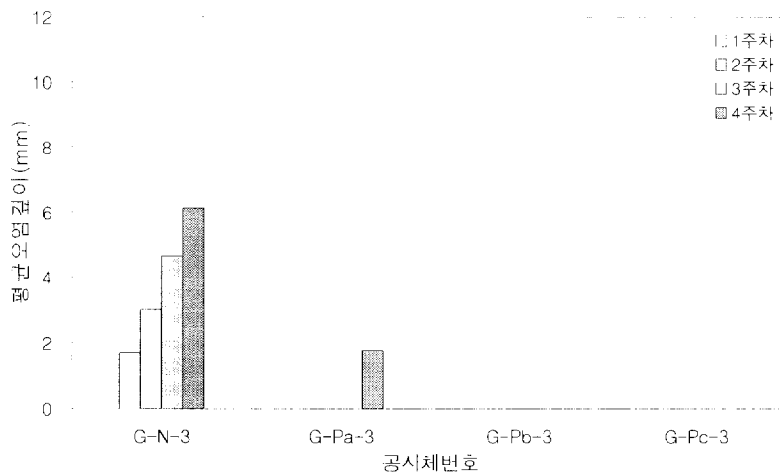


그림 4.15 집착면 바탕처리에 따른 외장용 바이오염성 실리콘계 실링재(K사)에 의한 석재 오염

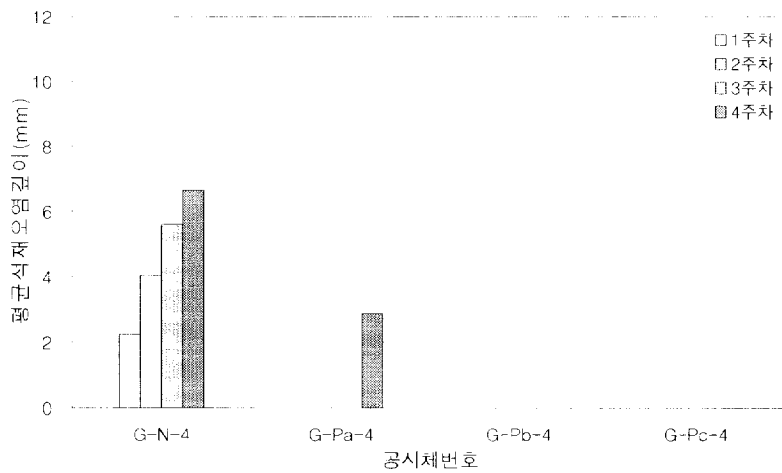


그림 4.16 집착면 바탕처리에 따른 외장용 바이오염성 실리콘계 실링재(H사)에 의한 석재 오염

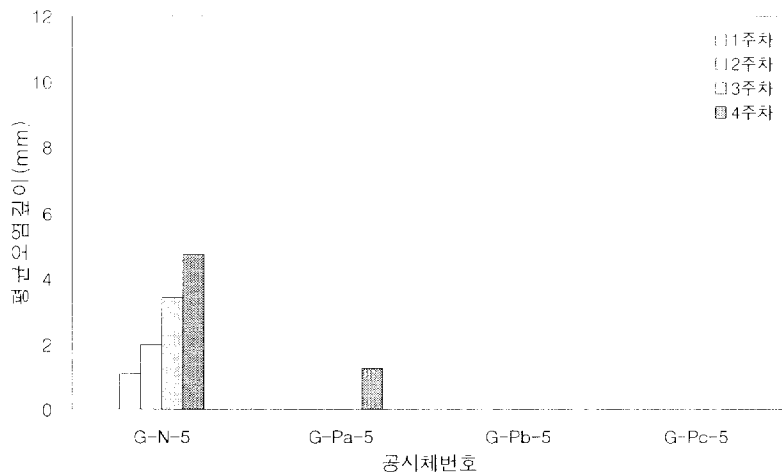


그림 4.17 접착면 바탕처리에 따른 외장용 비오염성 실리콘계 실링재(D사)에 의한 석재 오염

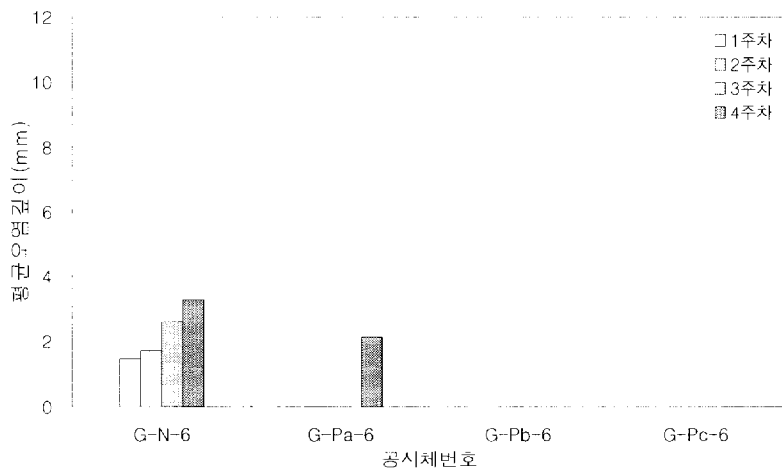


그림 4.18 접착면 바탕처리에 따른 일반외장용 변성실리콘계 실링재에 의한 석재 오염

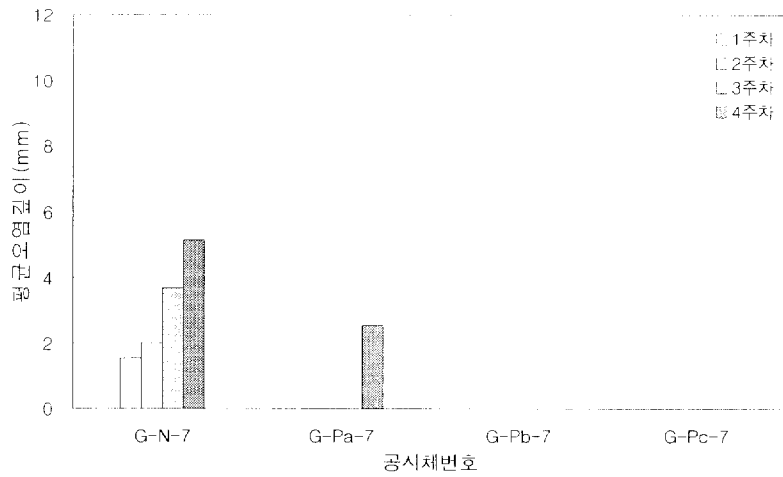


그림 4.19 접착면 바탕처리에 따른 일반외장용 폴리설파이드계 실링제에 의한 석재 오염

V. 결 론

본 연구는 석재마감 건축물에 발생하는 여러 오염 현상 중 건식 석공사 줄눈 시공에 사용되는 실링재에 의한 석재의 오염정도를 파악하고 오염저감 대책을 마련하기 위한 기초적 연구로서 석공사용 실링재의 종류, 마감석재의 종류 및 접착면의 바탕치리에 따른 석재 오염의 정도를 파악하고자 공시체를 제작하여 석재 오염 촉진 실험을 행하였으며, 본 연구에서 도출된 결론은 다음과 같다.

- (1) 줄눈 실링재의 종류에 따른 석재의 오염은 일반외장용 실리콘계 실링재에 의한 오염이 가장 크고, 일반석재용 실리콘계 실링재, 외장용 비오염성 실리콘계 실링재, 일반외장용 폴리설파이드계 실링재, 일반외장용 변성실리콘계 실링재 순으로 나타났으며, 일반외장용 실리콘계 실링재를 기준으로 16.0%에서 71.7%까지 오염성의 차이를 보여 석공사용 줄눈 실링재의 사용에 관한 규정의 제정이 필요하다.
- (2) 석재의 종류에 따른 석재 오염은 4주차의 오염 깊이를 기준으로 중국산 수입석의 오염깊이가 평균 6.62mm로 가장 크며, 가평석(평균 6.61mm), 포천석(평균 5.40mm), 문경석(평균 4.93mm)의 순으로 나타났다. 또한 석재 오염은 석재의 비중에 비례하고, 흡수율에 반비례하는 경향을 보여 석재의 물성이 석재의 오염도에 영향을 미치는 것으로 판단된다.
- (3) 가평석을 대상으로 한 접착면 바탕치리에 따른 석재 오염은 접착면 무처리 공시체에 비해 방수용 프라이머를 도포한 공시체의 경우 사용 실링재에 따라 35.2%에서 73.2%까지 오염 방지 효과가 있었다. 일반조인트용 프라이머를 도포한 공시체의 경우 일반외장용 실리콘계 실링재에 대해서는 79.4%, 일반석재용 실리콘계 실링재에 대해서는 79.8%의 오염 방지 효과

가 있었으며 나머지의 5종의 실링재에 의한 오염현상은 관찰되지 않았다.

(4) 다공성 소지용 프라이머를 도포한 공시체의 경우 실험에 사용한 모든 종류의 실링재에 대하여 석재오염이 관찰되지 않아 실링재 내의 가스성분의 이행에 따른 석재오염 방지 효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다.

(5) 실링재 내부의 미반응 가스성분 이행에 따른 석재의 오염은 조인트 실링재의 종류, 석재의 종류 및 석재의 접착면 바탕처리에 따라 현격한 차이를 보였으며, 특히 오염 유발의 원인인 가소재의 석재 내부로의 이행을 원천적으로 차단한다는 의미에서 석재 접착면에 프라이머를 도포하는 것이 오염 방지에 가장 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 기존의 건축공사 표준시방서 “제14장 방수공사”의 4항 실링공사 항목에 프라이머 도포를 ‘피착재의 종류에 따라 담당원의 승인을 받아 생략이 가능’하다는 항목을 석재 등 다공성 소재에 대해서는 반드시 프라이머를 도포하도록 변경하여야 한다.

한편 본 연구는 실링재 내의 가소재 이행에 따른 석재오염의 정도를 파악하기 위한 기초적 자료를 제공함을 목적으로 오븐을 사용한 석재 오염 촉진실험을 수행하였으므로, 향후 실물모형의 제작을 통해 비, 바람, 온도변화에 따른 오염성 평가를 위한 실내 오염 촉진 실험과 자연 노출 하에서의 오염성 평가를 위한 장기 옥외 노출 시험을 실시하여 보다 효과적인 실링재에 의한 석재오염 방지 대책을 모색하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 권경원 외, 석재 오염원인 및 오염물질의 성분분석에 관한 연구, 대한건축학회논문집 11권7호, pp.245~253, 1995.
2. 안광훈 외3인, 하자정보를 활용한 품질관리 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집 18권4호, pp.105~112, 1996.
3. 이서영 외2인, 지속가능성을 고려한 건물의 외관 개선방향에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회논문집 21권2호, pp.419~422, 2001.
4. 이원현, 실링(Sealing)재의 올바른 이해와 사용, 대한건축학회지 30권 2호 통권 129호, pp.56~59, 1986.
5. 이상현 외2인, 건설공사의 하자분석을 통한 품질관리 중점항목 선정방법, 대한건축학회논문집 12권4호, pp.301~309, 1996.
6. 정환욱 외4인, 건축물 외부 석공사 대체공법 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계 14권7호, pp.79~87, 1998.
7. 정성진, 건물외벽의 석재마감공법에 관한 연구(건식공법을 중심으로), 연세대학교 석사학위논문, 1985.
8. 조재석, 고층빌딩의 외벽석재마감공사 공법에 관한 연구, 동국대학교 석사학위논문, 2001.
9. 현전기, 한국석재(화강암류)의 광물조성과 물리적 특성연구, 한양대학교 박사학위논문, 1986.
10. 한국건설기술연구원, 석재마감 신공법 비교 연구, 1985.
11. 한국건설기술연구원, 기존 건축물의 유지관리 지침개발, 1993.
12. 건설도서편집부 역, 건축시공관리 체크리스트, 건설도서, 1998.
13. 건축정보센터 편, 건축 Detail Bank 12.줄눈의 이음과 디테일, 시공문화사, 1997.

14. 김광육, 석공사 건식 시공법, 정학사, 1991.
15. 김광만 외2명, 건축시공 이야기, 건설기술네트워크, 1999.
16. 김정천 외, 건축디자인 재료, 야정문화사, 2002.
17. 심석우 역, 건축물 오염사례와 대책, 시공문화사, 2001.
18. 삼성물산 건설부문 지음, 건축기술 실무이야기, 공간예술사, 2001.
19. 이동수, 석재응용의 이론과 실무, 한불문화출판사, 2000.
20. 전조연, 건축공사 내외장의 손상과 보수, 건설도서, 1996.
21. 한국FM학회 역, 퍼실리티 매니지먼트 가이드북, 기문당, 1998.
22. 石塚義高, 建築のライフサイクルマネジメント, 井上学院, 1996.
23. Chanter, Barrie. & Swallow, Peter, Building Maintenance Management. Blackwell Science, 1996.
24. Lee, Reginald, Building Maintenance Management. 3rd ed. BSP Professional Books, 1998.
25. Shear, Mel A., Handbook of Building Maintenance Management. Reston Publishing Company, 1983.

(관련규격)

1. ASTM C 1248, Standard test method for staining of porous substrate by joint sealants, 1993.
2. KS F 3215, 건축용 개스킷, 2000.
3. KS F 3216, 건축용 발포체 개스킷, 1998.
4. KS F 4032, 건축용 실링제의 용도별 성능, 1998.
5. KS F 4910, 건축용 실링재, 2000.