공학석사 학위논문

건축용 실링재의 바탕면 변위에 따른 연신율과 부착강도

2006 년 2 월

부경대학교 대학원

건 축 공 학 과

차 연 주

공학석사 학위논문

건축용 실링재의 바탕면 변위에 따른 연신율과 부착강도

지도교수 이 수 용

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2006 년 2 월

부경대학교 대학원

건 축 공 학 과

차 연 주

이 논문을 차연주의 공학석사
학위논문으로 인준함

2005년 12월 21일

주 심 공학박사 임 영 빈 (인)

위 원 공학박사 김 영 찬 (인)

위 원 공학박사 이 수 용 (인)

목 차

Abstract

Ⅰ. 서 론 ····· 1

1.1 연구의 배경 및 목적 ····· 1

1.2 연구의 방법 및 범위 ····· 2

Ⅱ. 건축물의 조인트와 실링재 특성 고찰 ····· 3

2.1. 건축물의 조인트와 설계 ····· 3

2.1.1 조인트의 종류 ····· 3

2.1.2 조인트의 설계 ····· 4

2.2 실링재의 종류와 특성 ····· 6

2.2.1 부정형 실링재 ····· 6

2.2.2 정형 실링재 ····· 10

2.3 실링재 열화 현상 ····· 17

2.3.1 실링재 열화의 원인 ····· 17

2.3.2 실링재 열화의 유형 및 분류 ····· 18

2.3.3 실링부의 개보수 공법 ····· 20

Ⅲ. 실링재 종류별 강도 및 연신율 실험 ····· 23

3.1 실험개요 및 공시체 제작 ····· 23

3.1.1 실험개요 및 방법 ····· 23

3.1.2 공시체 제작 및 양생 ····· 24

3.1.3 압축전단접착강도 시험방법 ····· 28
3.2 바탕재료별 부착강도 및 연신율 ····· 30
3.2.1 바탕재료별 부착강도 ····· 30
3.2.2 바탕재료별 연신율 ····· 30
3.2.3 바탕재료별 탄성률 ····· 34
3.3 실링재 종류별 부착강도 및 연신율 ····· 37
3.3.1 실링재 종류별 부착강도 ····· 37
3.3.2 실링재 종류별 연신율 ····· 40
3.3.3 실링재 종류별 탄성률 ····· 48
3.4 줄눈두께별 부착강도 및 연신율 ····· 57
3.4.1 줄눈두께별 부착강도 ····· 57
3.4.2 줄눈두께별 연신율 ····· 58
3.4.3 줄눈두께별 탄성률 ····· 61

Ⅳ. 결 론 ····· 66

참고문헌 ····· 69

부 록 ····· 70

표 목 차

표 2.1 건축용 개스킷 재료에 따른 분류 및 용도 ····· 11
표 2.2 조사항목별 열화도 분류 ····· 19

표 3.1 실험인자 ····· 23
표 3.2 실링재의 종류 ····· 24
표 3.3 실링재의 특성 ····· 24
표 3.4 바탕면 시험편의 제작 ····· 26
표 3.5 공시체 구분 ····· 27
표 3.6 실링재의 바탕재료별 탄성계수 ····· 37
표 3.7 실링재 종류별 탄성계수(줄눈두께 10㎜) ····· 50
표 3.8 실링재 종류별 탄성계수(줄눈두께 5㎜) ····· 53
표 3.9 실링재 종류별 탄성계수(줄눈두께 1㎜) ····· 56
표 3.10 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수 ····· 62
표 3.11 변성 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수 ····· 63
표 3.12 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수 ····· 64
표 3.13 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수 ····· 65

그 림 목 차

그림 1.1 연구의 흐름도 ····· 2

그림 2.1 부정형 실링재의 분류 ····· 7
그림 2.2 글레이징 채널과 비드 ····· 12
그림 2.3 기밀 개스킷 ····· 12
그림 2.4 줄눈 개스킷 ····· 13
그림 2.5 지퍼 개스킷 ····· 14
그림 2.6 발포체 기밀재 ····· 16
그림 2.7 발포체 글레이징 개스킷 ····· 16
그림 2.8 발포체 줄눈 개스킷 ····· 16
그림 2.9 실링재의 열화현상 ····· 19
그림 2.10 단면치수의 추장치 ····· 22
그림 2.11 오버브릿지의 시공치수 ····· 22

그림 3.1 공시체 제작 개념도 ····· 27
그림 3.2 압축전단접착강도 시험 ····· 28
그림 3.3 바탕재료별 부착강도 ····· 30
그림 3.4 S-A-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(알루미늄바탕) ····· 31
그림 3.5 S-ST-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕) ····· 31
그림 3.6 S-G-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(유리바탕) ····· 32
그림 3.7 S-T-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(타일바탕) ····· 33
그림 3.8 S-P-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(PVC바탕) ····· 33

그림 3.9 실리콘계 실링재의 바탕재료별 연신율(줄눈두께 10㎜, 각종바탕)·· 33
그림 3.10 S-A-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(알루미늄바탕)····· 34
그림 3.11 S-ST-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)····· 35
그림 3.12 S-G-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(유리바탕)····· 35
그림 3.13 S-T-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(타일바탕)····· 36
그림 3.14 S-P-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(PVC바탕)····· 36
그림 3.15 실링재 종류별 부착강도(줄눈두께 10㎜)····· 38
그림 3.16 실링재 종류별 부착강도(줄눈두께 5㎜)····· 38
그림 3.17 실링재 종류별 부착강도(줄눈두께 1㎜)····· 39
그림 3.18 V-S-10㎜ 변성실리콘계 실링재의 연신율(화강석바탕)·····40
그림 3.19 U-R-10㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(점토벽돌바탕)····· 40
그림 3.20 P-C-10㎜ 폴리설파이드계 실링재의 연신율(시멘트벽돌바탕)·····41
그림 3.21 실링재 종류별 연신율(줄눈두께 10㎜, 각종바탕)····· 41
그림 3.22 S-ST-5㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)····· 42
그림 3.23 V-ST-5㎜ 변성실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····43
그림 3.24 U-ST-5㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····43
그림 3.25 P-ST-5㎜ 폴리설파이드계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····44
그림 3.26 실링재 종류별 연신율(줄눈두께 5㎜, 스테인리스바탕)·····44
그림 3.27 S-ST-1㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)····· 45
그림 3.28 V-ST-1㎜ 변성실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····46
그림 3.29 U-ST-1㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····46
그림 3.30 P-ST-1㎜ 폴리설파이드계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)·····47
그림 3.31 실링재 종류별 연신율(줄눈두께 1㎜, 스테인리스바탕)·····47
그림 3.32 V-S-10㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(화강석바탕)·····48
그림 3.33 U-R-10㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(점토벽돌바탕)····· 49

그림 3.34 P-C-10㎜ 폴리설파이드계 실링재의 탄성률(시멘트벽돌바탕)……49
그림 3.35 실링재 종류별 탄성률(줄눈두께 10㎜, 각종바탕)…… 51
그림 3.36 S-ST-5㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)…… 51
그림 3.37 V-ST-5㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)……51
그림 3.38 U-ST-5㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)……52
그림 3.39 P-ST-5㎜ 폴리설파이드계 실링재 탄성률(스테인리스바탕)…… 52
그림 3.40 실링재 종류별 탄성률(줄눈두께 5㎜, 스테인리스바탕)……53
그림 3.41 S-ST-1㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)…… 54
그림 3.42 V-ST-1㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)……54
그림 3.43 U-ST-1㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)……55
그림 3.44 P-ST-1㎜ 폴리설파이드계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)……55
그림 3.45 실링재 종류별 탄성률(줄눈두께 1㎜, 스테인리스바탕)……56
그림 3.46 줄눈두께별 실링재 부착강도……58
그림 3.47 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 연신율(스테인리스바탕)…… 59
그림 3.48 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 연신율(화강석, 스테인리스바탕)‥ 60
그림 3.49 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 연신율(점토벽돌, 스테인리스바탕)· 60
그림 3.50 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 연신율(시멘트벽돌, 스테인리스바탕)‥ 61
그림 3.51 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성률(스테인리스바탕)…… 62
그림 3.52 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성률(화강석, 스테인리스바탕)‥ 63
그림 3.53 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성률(점토벽돌, 스테인리스바탕)… 64
그림 3.54 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 탄성률(시멘트벽돌, 스테인리스바탕)‥ 65

The Elongation and Adhesive Strength of Sealants according to Displacement of Building Members

Youn-Ju Cha

Department of Architectural Engineering, Graduate School,
Pukyong National University

Abstract

The sealing material for construction performs a buffer or an adhesive function by filling up for waterproof and airtightness on various finishing section of construction building. The movement capability of sealing material for construction in the application is very critical along with its durability. This study was to examine the movement capability of sealing material through various tests since they depend on the quality of sealing material and the type of surface. For tests, the specimens were made as the specifications with 4 different sealing materials for construction, 8 different applications and 3 types of joint thickness (1, 5, 10mm) and their elongation ratio and adhesive strength were measured. This study was to examine the adhesive strength and elongation ratio depending on the type of sealing material, the type of applications and the thickness of filling.
The results of this study are as follows;

(1) There existed big difference in the adhesive strength, elongation ratio and elastic ratio depending on the types of sealing materials. The adhesive strength by sealing materials types were not affected by joint thickness and affected by the order of silicon sealing materials, poly-sulfide type, urethane type and degenerated silicon type. The elongation ratio at the maximum stress was measured as follows; the degenerated silicon type (246%) at 10 mm of joint thickness, silicon type (78%) at 5 mm, urethane type (33%) at 1mm. The elastic ratio by sealing materials types was

recorded high in silicon type comparing with other sealing materials. Accordingly, it is required to consider the quality characteristics of each sealing materials type rather than types of surface in case the movement capability of applications, elongation ratio is important in selecting sealing materials type for construction.

(2) There existed little differences of the adhesive strength, elongation ratio and elastic ratio by surface types. When using the silicon type of sealing materials, the adhesive strength was recorded high in tile with 4.33 kgf/㎠, and then glass (4.03kgf/㎠), PVC (3.76kgf/㎠), stainless steel (3.68kgf/㎠), aluminum (3.57kgf/㎠). The elongation ratio at the maximum stress in silicon type of sealing materials was recorded high in tile (270%) and then glass, aluminum, stainless steel and PVC. The elastic coefficient by surface types has little difference.

(3) There existed remarkable differences in the adhesive strength, elongation ratio and elastic ratio by joint thickness. The adhesive strength by joint thickness in silicon type of sealing materials was measured high at 1mm and then 5mm and 10mm. However the adhesive strength was measured high at 1mm and then 10mm and 5mm for urethane type of sealing materials and high at 10mm and then 5mm and 1mm for the degenerated silicon type and poly-sulfide type of sealing materials. It was hard to identify the constant trend. Nevertheless, it was considered that the adhesive strength was increasing in the case of thin sealing as proved in the silicon type. The reason is that the silicon type remains in perfect condition until the sealing materials are destroyed whereas other materials are falling from the adhesive side. Therefore the strength by thickness might be measured in opposite due to the difficulties in measuring accurate adhesive strength. Regardless of sealing materials types, the elongation ratio at the maximum stress was measured high at 10mm and then 5mm and 1mm. The elastic ratio by joint thickness was recorded high at 1mm and then 5mm and 10mm. Therefore the elongation ratio is in inverse proportion to the elastic ratio.

Ⅰ. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축물에 있어서 실링재는 부재의 이음매부분이나 섀시둘레, 금속패널둘레, 유리둘레, 돌·타일의 맞춤새, ALC판이나 석면 슬레이트판의 이음매, 금속가로대의 연결부분과 모르터나 콘크리트의 갈라진 틈의 보수공사 등에 사용되어 수밀 및 기밀성을 부여하는 역할을 한다.

그러나 수밀 및 기밀성을 기대했던 실링재가 시간이 경과함에 따라 온도의 변화와 습도의 차, 풍압, 부재의 종류에 따른 팽창계수의 차에 의하여 실링재 자체가 파괴되거나 피착제와의 접착계면에 박리가 생기는 등의 열화현상이 발생하고 있다. 특히 이러한 실링재의 열화현상으로 생긴 조인트는 누수, 열손실, 각종 이물질 혼입 및 내부자재의 부식을 유발시키는 등 구조적, 기능적, 미적손상으로 까지 이어지게 된다.

이러한 실링부위의 파손이나 열화현상을 방지하기 위해서 실링재는 움직임을 견딜 수 있는 신축성이 있어야하고 과도한 응력 발생으로 인한 이상변형이 없어야 하며 피착면과의 접착력이 강하여야 한다.

그런데 이와 같은 목적으로 쓰이는 실링재는 제조과정에서의 물질 성분에 따라 종류가 매우 많기 때문에 각 실링재의 특성을 잘 알고 사용하고자하는 목적에 알맞은 실링재를 선택하는 것이 중요하다.

이에 본 연구에서는 건축물의 수밀 및 기밀의 목적으로 사용되는 건축용 실링재를 바탕면 변위에 따른 연신율과 부착강도를 실험을 통해 분석·파악하여 실링공사 시 줄눈에 요구되는 기능을 충족하는 실링재 선정에 도움이 되는 기초자료를 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 건축용 실링재의 바탕면 변위에 따른 연신율과 부착강도를 파악하기 위해서 건축용 실링재 4 종류, 바탕면 8 종류, 줄눈두께 3 수준으로 하여 공시체를 제작하고 KS M 3721(접착제의 압축 전단 접착 강도 시험방법)을 준용한 접착강도 실험을 하였다.

본 연구의 범위는 실링공사에 사용되는 실링재와 그 바탕면은 건축물의 마감면으로 사용되는 재료로 하였으며, 연구의 진행과정은 그림 1.1과 같다.

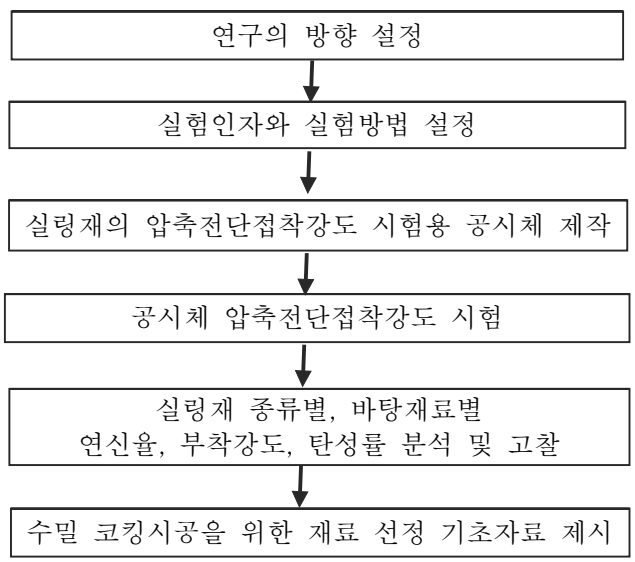


그림 1.1. 연구의 흐름도

Ⅱ. 건축물의 조인트와 실링재 특성 고찰

2.1 건축물의 조인트와 설계[1)]

2.1.1 조인트의 종류

조인트 시공의 종류는 다양하지만 기본적으로 두 가지 형태의 조인트가 존재한다. 하나는 움직임이 있는 조인트와 다른 하나는 움직임이 없는 조인트이다. 두 가지 형태의 조인트에 있어서 가장 근본적인 차이는 조인트 움직임의 정도이다. 실링재의 선택에 있어서 조인트 움직임이 조인트 움직임의 폭이기 때문에 이에 대한 올바른 이해가 필요하다.

(1) 고정 조인트(Nonworking Joint)

연결된 부분에 움직임이 거의 없는 조인트로서, 움직임이 제한되어지는 이유로는 각 부위가 기계적으로 고정되어 있거나, 유니트의 크기가 작을 경우 또는 접합부 변화가 거의 없는 환경 속에 설치되어 있는 경우이다. 예를 들면 소규모의 독립된 창호, 조적벽부분의 크랙, 그리고 유리 창문 주위 등이다. 이 경우에 실링재의 역할은 우선적으로 충전재로서의 기능인데, 이것은 충전용 실링재에 거의 외력이 가해지지 않기 때문이다. 단순히 구멍이나 틈을 메워주는 역할은 어떤 종류의 실링재로서도 가능할 것이다. 그러나, 당장은 움직임이 없는 조인트에서도, 만약 조인트의 움직임이 조금이라도 예상되어지거나, 긴 수명이 요구된다면 어느 정도의 신축성, 안정성, 내후성, 불침투성 또는 화학적 안정성이 있는 실링재를 사용해야 한다.

(2) 움직임이 있는 조인트 (Working Joint)

부재의 움직임에 대응하게끔 설계된 조인트로서, Expansion joint, 커튼월 조인트, 가공성 자재의 조인트, 기타 각종 조인트 등을 들 수 있다. 이러한

1) 이원현, 실링재의 올바른 이해와 사용, 대한건축학회지 제 30권 2호, 1986

Working Joint는 형태별로 다음과 같이 구분된다. 즉, 패널과 패널이 서로 연결된 Butt Joint, 패널이 서로 겹치는 Lap Joint, 이 두 가지가 합쳐진 형태인 Surround joints등 3가지로서, 수축과 신장력, 전단력 등을 각각 받게 된다.

조인트의 움직임에 영향을 미치는 요소로는 온도의 변화와 습도의 차, 풍압, 부재의 종류에 따른 팽창계수의 차 등을 들을 수 있으며, 조인트의 운동폭, 조인트의 형태 및 크기에 따라 견디어낼 수 있는 실링재의 선택이 무엇보다 중요하다. 이 조건을 충족시킬 수 있는 실링재는 뛰어난 신축력, 높은 복원력, 내후성, 내마모성, 내화학성 등을 고루 갖추고 있어야 하며, 경제성 또한 고려해야 한다.

2.1.2 조인트의 설계

움직임만을 고려하면 조인트 폭은 넓을수록 좋다. 그러나 실링재에 따라서는 조인트 폭이 넓으면 흘러내리는 경우도 있고, 폭이 너무 좁아 실링재를 충전 할 수 없는 경우가 있으며, 또한 조인트 폭이 넓으면 실링재의 충전량이 많아져서 경제성이 결여된다. 따라서 알맞은 조인트의 폭과 깊이를 결정하는 것이 중요한데, 이를 위해서는 먼저 부재의 움직임을 산출해야 하며, 일반적으로 재료의 수축 등 고유의 움직임을 제외하고는 앞에서 말한 온도 및 습도에 의한 장기적 움직임과 풍압 및 지진에 의한 단기적 움직임이 그 원인이므로 이 중 가장 중요시 되는 '온도에 의한 부재의 움직임($\triangle L$)은 다음 공식 (1)에 의해 산출한다.

$$\triangle L = \alpha \times L \times \triangle T \times (1-K) \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

여기에서, α: 부재의 열팽창 계수

L: 부재의 설계 길이(㎜)

$\triangle T$: 부재의 온도차(℃)

K: 부재의 구속율

다음으로 줄눈의 폭(W)은 다음 공식(2)에 의해 산출된다.

$$W \geq \frac{\triangle L}{\epsilon} \times 100 + t \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

여기에서, $\triangle L$: 부재의 움직임(㎜)

ϵ : 실링재의 설계허용 신축율(%)

t: 줄눈 폭 치수의 허용차(㎜)

이 중 t의 수치는 통상 콘크리트일 경우에 4㎜, 금속인 경우에는 3㎜를 적용한다.

줄눈의 깊이(D)는 일반적으로 아래 범위에 의해 결정한다.

$$\frac{1}{2} \leq \frac{D}{W} \leq 1 \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (3)$$

단, $W \geq 15$㎜의 경우 $D = \frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} W$

$W < 15$㎜의 경우 $D = \frac{2}{3} \sim 1 W$

콘크리트일 경우 $D = \frac{1}{2} \sim \frac{2}{3} W$

금속일 경우 $D = \frac{1}{2} W$

$1W$를 초과하면 변형이 구속되어 모서리가 갈라지기 쉬우며, 얇은 경우 갈라지지 않더라도 내구성이 결여되고 노후화되어 수명이 짧아지게 된다.

2.2 실링재의 종류와 특성[2)]

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, 시공 시에는 점착성이 있는 부정형 재료의 총칭'이라고 정의하고 있다. 제품으로는 현장에서 경화제를 혼합하여 기제와 경화제와의 화학반응에 의해 경화시키는 2성분 형과 카트리지 내에 밀봉시켜 공기 중에 노출시켜 경화시키는 1성분 형이 있다.

2.2.1 부정형 실링재

부정형 실링재는 그 종류가 많고, 경화 메커니즘 역시 다양하다. 그 분류는 다음의 그림 2.1 [3)]과 같다.

(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 피착재에 침투하여 오염시키기도 한다.

---

2) 건축정보센터 편, 건축 Detail Bank 12.줄눈의 이음과 디테일, 시공문화사, 1997.
3) 건설도서편집부 역, 건축시공관리 체크리스트(마무리편), 건설 도서, 1998.

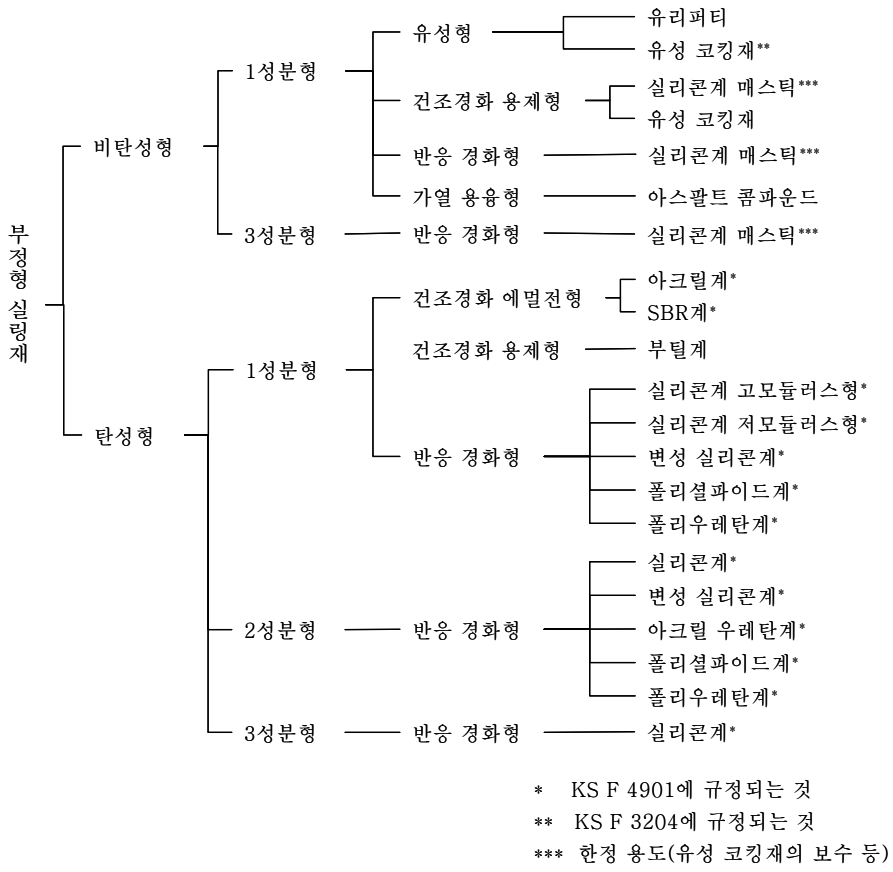


그림 2.1 부정형 실링재의 분류

(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 1성분 형과 기제와 경화제와의 화학반응에 의해 경화하는 2성분 형이 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, 피착재의 오염이 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 1성분 형과 기제와 경화제의 화학반응에 의해 경화하는 2성분 형이 있다.

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

다. 폴리설파이드계 탄성 실링재

폴리설파이드계 탄성 실링재는 폴리설파이드(다황화 고무)를 주성분으로 한 실링재로서, 탄성 실링재로서는 가장 오래되고, 「치오콜」 등의 상품명으로 널리 알려져 있다. 이것도 경화 메커니즘은 전 양자와 같이 1성분 형과 2성분 형이 있다.

내구성과 내수성 등 물리적 성질이 뛰어나고 견고한 접착력을 갖고 있어 금속, 석재, 콘크리트, 유리 및 각종 건축용도에 두루 쓰이고 있으나, 시공시의 온도에 의해 사용가능한 시간 및 경화속도가 변화하며, 경화할 때까지 심한 유황냄새가 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 1성분 형으로 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, 기제의 우레탄 프레폴리머와 경화재의 주성분인 활성기를 가진 아크릴 오리고마가 화학 반응하여 경화하는 2성분 형이다.

바. 폴리우레탄계 탄성 실링재

폴리우레탄계 탄성 실링재는 폴리우레탄(우레탄 결합 등을 가진 폴리머)을 주성분으로 한 실링재로서, 습기 경화하는 1성분 형과 기제와 경화제의 화학반응에 의해 경화하는 2성분 형이 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 1성분 형의 에멀전 타입 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 동절기 공사 시에는 동결되는 것에 주의해야 한다.

아. SBR계 탄성 실링재

SBR계 탄성 실링재는 스틸렌 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 1성분 형의 용제 타입의 실링재로서, 함유수분이 증발하면서 경화하는 건조 경화형이다. 이것도 낡은 부류에 속하지만 다른 탄성 실링재에 비하여 소성적이다.

2.2.2 정형 실링재

넓은 의미의 실링재에 속하는 것으로, 2.1.1의 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 프레이나 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 2.1과 같다.

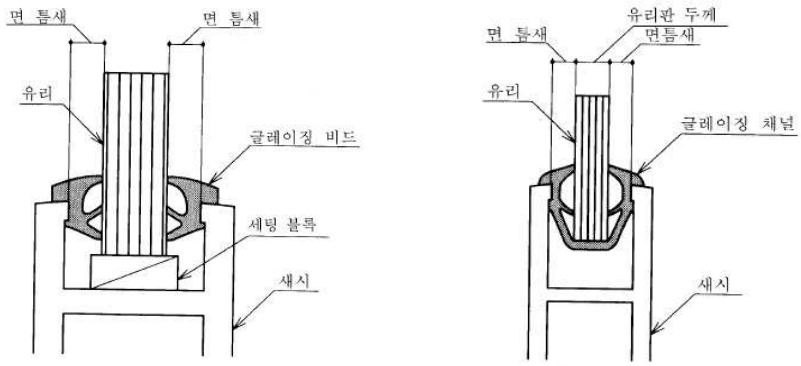
표 2.1 건축용 개스킷 재료에 따른 분류 및 용도

재료		약호	글레이징 개스킷	기밀 개스킷	줄눈 개스킷
합성 수지계	염화 비닐계	V	○	○	-
	서모플라스틱 에라스트머계	TPE	○	○	-
합성 고무계	글로로플렌계	CR	○	○	○
	E P D M 계	EM	○	○	○
	실 리 콘 계	SR	-	○	○

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

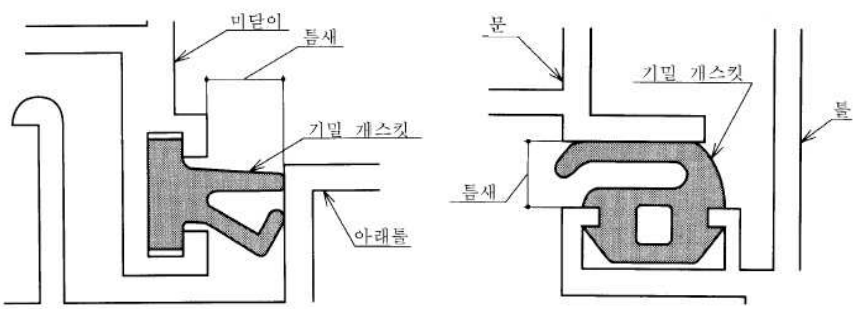
금속 프레임이나 프리캐스트 콘크리트 패널 등에 유리류를 설치하려면 지퍼 개스킷이 사용된다. 이것은 사선 부분에 개스킷과 같은 재질의 쐐기끈(지퍼)을 삽입하여 양 부재를 고정시킬 수 있다.

아래의 그림 2.2, 2.3, 2.4, 2.5는 각종 건축용 개스킷의 예이다.



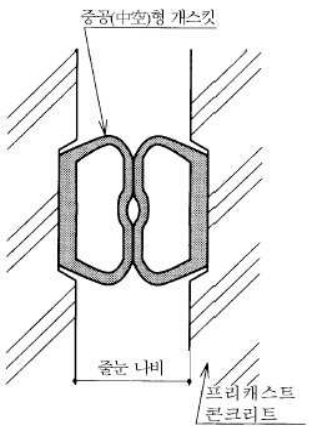
(a) 글레이징 채널 (b) 글레이징 비드

그림 2.2 글레이징 채널과 비드

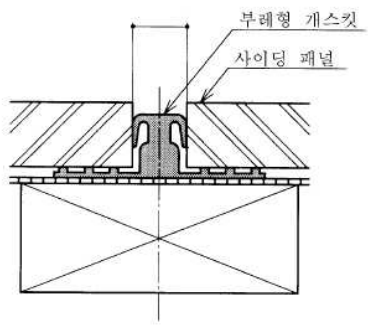


(a) 미닫이와 아래틀의 틈새 (b) 문과 문틀의 틈새

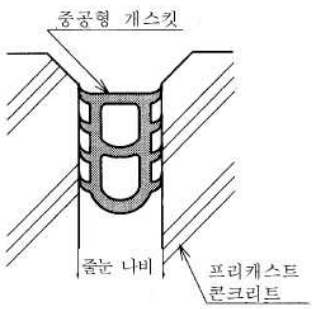
그림 2.3 기밀 개스킷



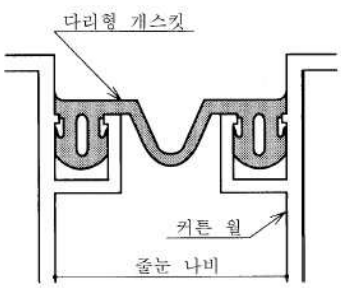
(a) 중공형 개스킷 (앞 부착형)



(b) 부레형 개스킷(앞 부착형)

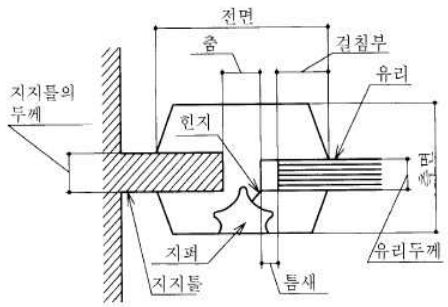


(c) 중공형 개스킷(뒤 부착형)

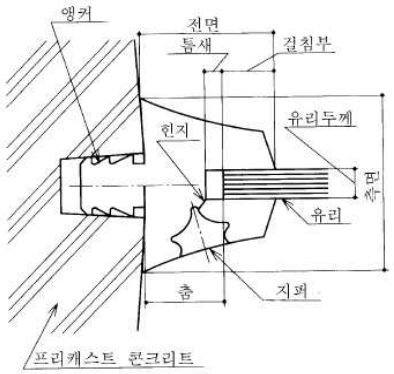


(d) 다리형 개스킷(뒤 부착형)

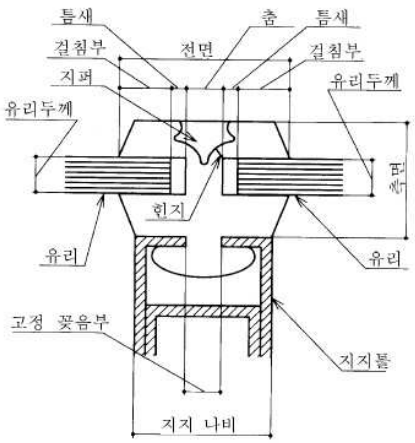
그림 2.4 줄눈 개스킷

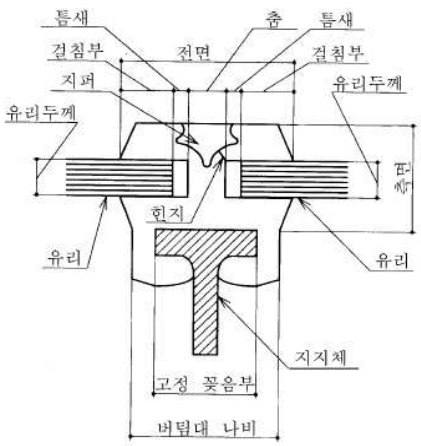


(a) H형 개스킷



(b) Y형 개스킷





(c) C형 개스킷

그림 2.5 지퍼 개스킷

이러한 건축용 개스킷은 장치할 때 가동성이 풍부해야 하며, 설치한 다음에는 변형에 견딜 수 있을 만큼의 강성이 필요하다. 또한 조임 압력이 장기간에 걸쳐 변하지 않는 재질이어야 한다.

(2) 건축용 발포체 개스킷

KS F 3216 「건축용 발포체 개스킷」에서는 용도에 따라 다음의 3종류로 분류하고 있다.

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

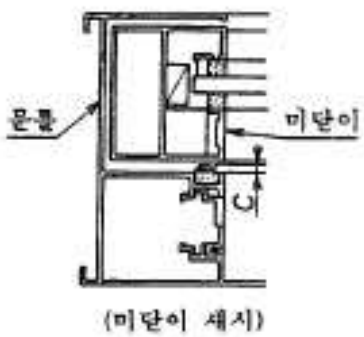
③ 발포체 줄눈 개스킷

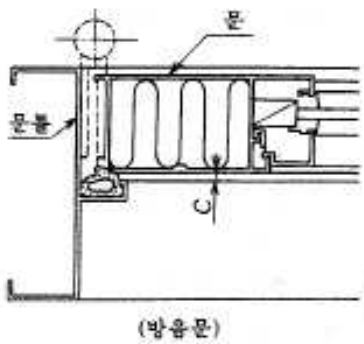
건축 구성재의 줄눈 부분에 사용하는 것으로 수밀성·기밀성을 유지하기 위한 발포체 정형 실링재

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.

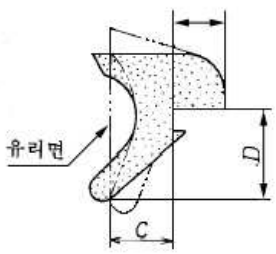
아래의 그림 2.6~그림 2.8은 각종 건축용 발포체 개스킷의 예이다.





(a) 선틀과 미닫이의 클리어런스 (b) 문틀과의 클리어런스

그림 2.6 발포체 기밀재



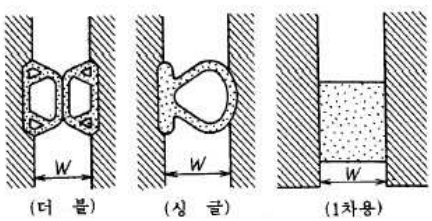


그림 2.7 발포체 글레이징 개스킷 그림 2.8 발포체 줄눈 개스킷

이러한 건축용 발포체 개스킷은 재료의 반발력을 이용하여 각각의 기능을 발휘하는 것이다. 따라서 사용 시에는 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 열화가 빠르기 때문에 발포 비율이 낮을수록 유리하다.

2.3 실링재 열화 현상[4)]

2.3.1 실링재 열화의 원인

(1) 실링재의 응집파괴

실링재의 허용 신축률이 맞지 않은 경우나 저하한 경우에 많이 발생하며 2차 열화요인으로서 실링재의 크랙을 들 수 있다. 또, 산소, 오존, 자외선, 피로 등도 2차 열화요인이 될 수 있다. 특히 알루미늄 부재나 금속부재 주변 혹은 유리부재 주변에 충전된 줄눈에서 많이 볼 수 있다.

(2) 실링재의 접착파괴(박리)

시공 시에 사용하는 프라이머의 성성에 의한바가 크며 2차 열화원 으로써 실링재의 크랙에 의한 재료의 접착계면에 대한 응력 집중부담을 생각 할 수 있다. 또, 유리 주변에 대해서는 자외선이 열화의 주요인이 되고 있다.

(3) 피착제의 파괴

실링재의 응집력과 피착제의 파괴강도와의 밸런스를 들 수 있다. 줄눈에 무브먼트가 발생하고 그때 실링재의 응집력이 피착제의 강도보다 큰 경우에 이 현상이 발생한다. 2차 열화요인은 재료의 크랙을 생각할 수 있으며 실링재의 후경화가 있었던 경우에도 같은 고장의 원인이 된다. 특히, ALC와 같이 모재 강도가 작은 경우에는 주의가 필요하다.

(4) 의장상의 결함

실리콘계 실링재의 불활성 오일에 의한 더러움, 먼지부착, 곰팡이 발생, 변색, 폴리 설파이드계 실링재에 배합되어 있는 페놀 수지에 의한 더러움, 열, 자외선, 산소, 오존에 의한 표면의 크랙을 들 수 있다.

---

4) 대한주택공사편, 건물의 열화진단과 보수개수공법, 1994.

2.3.2 실링재 열화의 유형 및 분류

실링재의 열화현상은 재료에서만 기인하는 것이 아니라 시공시기, 환경 등에 의해 크게 좌우되며 실링재의 응집파괴, 실링재의 접착파괴, 피착제의 파괴, 의장상의 하자 등이 있다.

(1) 실링재의 응집파괴

줄눈에 시공된 실링재 자체가 파괴 절단된 것으로 줄눈에 발생하는 무브먼트가 큰 경우에 발생하기 쉽다. 특히 창호 등의 줄눈에 시공한 실링재에서 많이 볼 수 있다. 실링재의 허용 신축률보다 줄눈에서 생기는 신축률이 큰 경우에 발생하는 고장으로 줄눈에 발생하는 신축률보다 큰 허용신축률을 갖는 실링재를 적용해야 한다.

(2) 실링재의 접착파괴(박리)

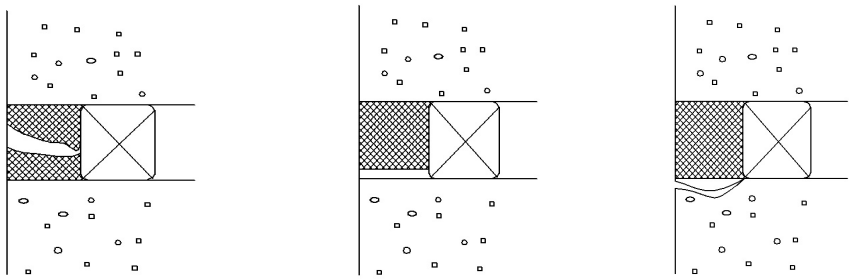
줄눈에 시공된 실링재와 피착제와의 접착계면에서 파괴(박리)되는 것으로 시공 후 비교적 단시간에 발생하는 경우가 많다. 실링재 시공 시에 사용하는 프라이머와 피착제와의 성상이 좋지 않은 경우에 발생하는 경우가 많으며 성상이 좋은 프라이머를 선정해야 한다.

(3) 피착제의 파괴

줄눈에 시공된 실링재에 무브먼트가 발생하여 실링재의 응집력이 인장강도를 상회한 경우 피착제가 파괴되는 고장을 말한다. 실링재의 피착제의 피로강도보다 응집력이 작은 실링재를 선정해야 한다.

(4) 의장상의 결함

줄눈에 시공한 실링재 표면에 주름, 변색, 균열, 가루화, 연화, 먼지의 부착 등이 확인 될 경우의 고장을 말한다. 상기 (1),(2),(3)에 이르는 고장 전단계로 확인 되는 경우가 많다.



(a)실링재의 응집파괴　　(b)실링재의 접착파괴　　(c)피착제의 응집파괴

그림 2.9 실링재의 열화 현상

일본 건설성의 종합기술개발프로젝트(총 프로젝트)에서는 실링재의 고장 정도를 대, 중, 소, 3단계로 분류하고 있다. 조사항목별 열화도의 분류를 표 2.2에 나타낸다.

표 2.2 조사항목별 열화도 분류

조사항목		열화도		
		대	중	소
방수 기능 관련 항목	누수 또는 그 흔적	있음	-	없음
	실링재의 바탕에서의 박리	깊이의 1/2이상 또는 5㎜이상	깊이의 1/4~1/2 또는 깊이 2~5㎜	깊이의 1/4 미만 또는 깊이 2㎜미만
	실링재의 파단 (벌어짐)	깊이의 1/2이상 또는 5㎜이상	두께의1/4~1/2 또는 깊이 2~5㎜	깊이의 1/4 미만 또는 깊이 2㎜미만
	바탕의 파손(균열)	균열폭0.3㎜이상	좌동 0.1~0.3㎜	좌동 0.1㎜미만
	실링재의 변형 (처짐, 잘록해짐)	凹凸이 두께의 1/2이상 또는 깊이 5㎜이상	凹凸이 두께의 1/4~1/2 또는 깊이 2~5㎜이상	凹凸이 두께의 1/4미만 또는 깊이 2㎜미만
	실링재의 연화	손가락 끝에 매우 많은 양이 부착	손가락 끝에 많이 부착	손가락 끝에 약간 부착
의장관련 항목	주름	凹凸의 깊이 1~2㎜	좌동 0.5~1㎜	약간 주름져 있다.

	변퇴색		변퇴색이 매우 심하다.	변퇴색이 많이 나타난다.	변퇴색이 약간 나타난다.
	균열		균열폭 1~2㎜	좌동 0.5~1㎜	좌동 0.5㎜미만
	쵸킹		손가락 끝에 가루가 매우 많이 부착한다.	손가락 끝에 가루가 많이 부착한다.	손가락 끝에 가루가 약간 부착한다.
	마감재의 들뜸, 변색		변색이 나타난다.	균열, 들뜸이 있다. 약간변색하고 있다.	왼쪽의 형상이경미하다
물성	인장	초기치비	5< <1.5kg/㎠	3~5, 1/3~1/5kg/㎠	3> >1/3kg/㎠
		측정치	6< <0.3kg/㎠	4~6, 0.3~0.6kg/㎠	4> >0.6kg/㎠
	늘어남	초기치비	1/5>	1/3~1/5	1/3<
		늘어남	200%>	200%~500%	500%<

2.3.3 실링부의 개보수 공법[5)]

(1) 절취식 공법

가. 재료 및 시공법을 바꾸지 않는 방법

실링재가 시간의 흐름에 따라 변화하여 정기적인 보수로서 같은 종류인 새 재료로 갱신할 경우, 또 단순히 시공불량으로 경화불량이나 박리 등 때문에 부분적으로 보수하는 경우가 여기에 해당된다. 단, 시공불량에 의한 보수의 경우는 같은 실수를 거듭하지 않도록 대책을 강구할 필요가 있다.

나. 이중 실링재나 이종 프라이머를 이용하여 재시공하는 방법

실링재가 시간의 흐름에 따라 열화하여 이것보다 높은 등급의 재료를 사용하여 우수한 내구성을 기대한 경우, 또는 설계 신축률 이상의 신축이 줄눈에 발생하여 실링재가 열화 한 경우 기존 실링재보다 우수한 성능을 갖고 있는 실링재로 보수하는 공법이다.

---

5) 대한주택공사편, 건물의 열화진단과 보수개수공법, 1994.

더욱이 피착재에 대해서 프라이머가 부적당한 경우나 프라이머가 시간의 흐름에 따라 열화하여 이것 이상의 등급을 갖고 있는 프라이머를 사용하여 우수한 내구성을 기대하며 보수하는 경우도 여기에 포함된다.

(2) 확포식 공법

실링재가 경년 혹은 경시변화에 의해 열화 한 경우 동종 혹은 이종의 실링재, 프라이머를 이용하여 보수할 때 내구성을 향상시키거나 무브먼트를 완화시키기 위해 줄눈 폭을 넓히거나 깊게 하여 보수하는 시공법이다. 또, 줄눈 접착면에 실링재의 접착소외인지가 존재하여 통상의 청소방법으로는 소외 인자를 완전히 제거할 수 없는 경우, 줄눈 접착면을 샌더페이퍼 등으로 깎아 제거함으로써 접착효과를 올리는 보수방법도 포함된다.

(3) 오버브릿지 시공법

줄눈형상의 불완전, 설계 신축률 이상의 움직임이 줄눈에 발생하여 실링재가 열화 한 경우, 절취 재시공에서 조기에 같은 고장이 발생하리라 생각되며 확폭시 공법을 채택할 수 없는 경우, 피착재 간에 다리를 걸친 것 같은 형태로 실링재를 충전하여 시공하는 공법이다.

이 공법은 실링재의 인장응력이 아니라 전단응력으로 줄눈의 움직임을 흡수하기 때문에 내구성, 접착성 모두 유리한 방향으로 작용하리라 생각 된다.

오버브릿지 시공법을 채용할 경우에는 적절한 접착점과 두께를 확보하는 것이 포인트이다. 그림 2.10은 오버브릿지 시공을 할 경우 단면 치수가 적절한 영역(Area)과 부적절한 영역을 나타내며 영역I(Area I)부분이 적절한 줄눈 형상이다. 또 접착 폭이나 두께에 대해서는 실링재의 시공오차 혹은 본드브레이커의 설치 정밀도나 오차를 충분히 고려하여 경제성의 관점에서도 최소한으로 하는 것이 바람직하다. (그림2.11) 브레이커의 폭에 대해서는 다음 식으로 산출 할 수 있다.

$$W \geq \frac{L}{\epsilon} \times 100 + t$$

여기에서, W: 본드 브레이커의 폭(㎜)

L: 줄눈의 무브먼트량(㎜)

ϵ: 실링재의 설계 신축률(%)

t: 본드 브레이커의 접착오차(㎜)

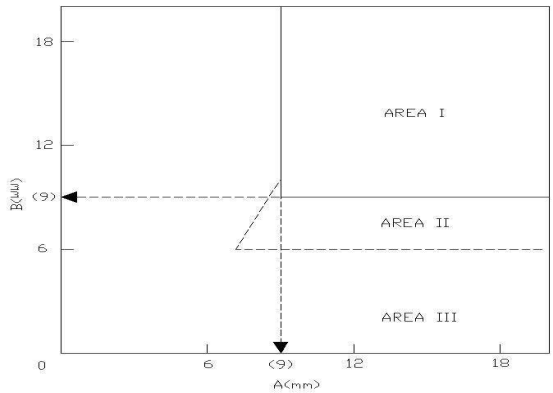


그림 2.10 단면치수의 추장치

Area Ⅰ: 절취한 치수 범위

Area Ⅱ: 내후성이 우수한 실링재, 예를 들면 콘크리트 등에 한하여 적용 가능한 치수 범위

Area Ⅲ: 절취한 치수범위

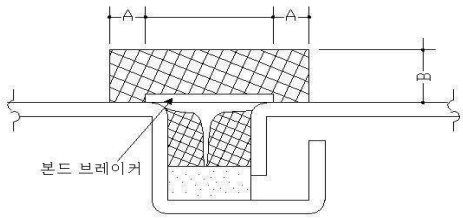


그림 2.11 오버브릿지의 시공 치수

Ⅲ. 실링재 종류별 강도 및 연신율 실험

3.1 실험 개요 및 공시체 제작

3.1.1 실험개요 및 방법

건축용 실링재의 바탕면 변위에 따른 연신율과 부착강도를 파악하기 위해 실링재, 바탕재료, 줄눈두께를 달리한 공시체를 제작하고 표준 조건에서 양생 후 압축전단강도실험을 하였다.

실험인자는 표 3.1과 같이 실험대상 바탕면은 주된 건물 내·외벽 마감재로 사용되는 알루미늄, 스테인리스 스틸, 유리, 타일, PVC, 화강석, 점토벽돌, 시멘트벽돌의 8수준으로 하였으며, 실험대상 건축용 실링재는 실리콘계 1종, 변성실리콘계 1종, 우레탄계 1종, 폴리설파이드계 1종의 4수준으로 하였다. 그리고 줄눈두께는 1㎜, 5㎜, 10㎜의 3수준으로 하였다.

표 3.1 실험인자

번호	실험인자	수 준	수준 수
1	바 탕 면	알루미늄, 스테인리스 스틸, 유리, 타일, PVC, 화강석, 점토벽돌, 시멘트벽돌	8
2	실리콘종류	실리콘계, 변성실리콘계, 우레탄계, 폴리설파이드계	4
3	실리콘줄눈두께	1㎜, 5㎜, 10㎜	3
4	접착면 처리	무처리	1
5	시험조건	21일 표준조건에서 양생	1

3.1.2 공시체 제작 및 양생

(1) 사용 재료

가. 피착면

본 실험에 사용하는 바탕면의 종류는 건축물 내·외부 마감면에 주로 사용되는 재료인 알루미늄, 스테인리스 스틸, 유리, 타일, PVC, 화강석, 점토벽돌, 시멘트 벽돌의 8종으로 하고, 실링작업 전에 피착면을 아세톤으로 세척하였다.

나. 건축용 실링재

실링재는 국내의 대표적인 실링재 제조사인 L사, K사, D사의 제품 중 일반 외장용으로 사용하는 제품을 대상으로 하였으며, 그 종류 및 물리적 성격은 표 3.2 및 표 3.3과 같다.

표 3.2 실링재의 종류

구분부호	S	V	U	P
품 질	실리콘계	변성실리콘계	우레탄계	폴리설파이드계
제조사	L사	K사	D사	K사
주된용도	일반외장용	일반외장용	일반외장용	일반외장용
제품형태	1액형	2액형	2액형	2액형

표 3.3 실링재의 특성

종 류 / 특 성	단위	실 링 재			
		S	V	U	P
비 중	-	1.35	1.39	1.30	1.67
표면경화시간(25℃,50%)	h	1~2이내	18이내	24이내	48이내
슬럼프 (가로)	㎜	0	0	0	0
슬럼프 (세로)	㎜	0	0	0	0
탄성복원성	%	50	77	80	75
인장응력 (+23℃,100%)	N/㎟	0.2	0.15	0.69	0.15

(표 3.3 계속)

종 류 / 특 성	단위	실 링 재			
		S	V	U	P
인장응력 (-20℃,100%)	N/㎟	0.1	0.20	0.78	0.19
일정신장하의 접착성 (+23℃,60%)	-	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
일정신장하의 접착성 (-20℃,60%)	-	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
압축가열·인장냉각 후의 접착성	-	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
수중침지 후 일정신장하의 접착성	-	이상없음	이상없음	이상없음	이상없음
부피손실	%	-4.8	-1.9	-3.7	-8.0
최대신율	%	600이상	600이상	900이상	400이상

※ 시험값은 각 제조사에서 제공한 한국화학시험연구원의 시험성적서를 기준으로 함

(2) 공시체 제작 및 양생

가. 부착 기준 바탕재

압축전단접착강도 시험의 방법으로 실링재의 부착거동을 측정하기 위해 요철형(凹凸) 공시체를 구상하였다. 뾰족한 철부(凸)를 가력함에 따라 요부(凹)와의 사이에 채워진 실링재가 인장변형 되도록 한 것이다. 이 때 철부(凸)에 해당하는 기준 바탕재는 경질목 각재에 홈을 파서 실링재가 채워지도록 함으로써 비교바탕면의 부착면 파괴가 일어나더라도 충분히 고정되어 있도록 하였다. 고정용 홈은 경질각재(30×30×120㎜)의 한쪽 끝에서 길이방향 60㎜부분까지 10㎜간격으로 3㎜×3㎜의 크기로 파서 실링재가 채워져 상대 시험편 접착면에서 파괴가 일어나더라도 부착력이 유지되도록 하였다.

나. 바탕면 시험편 준비

실링재가 부착되는 바탕이 되는 시험편은 표 3.4와 같이 제작하였다.

표 3.4 바탕면의 시험편 제작

바탕재	시험편규격 두께×폭×길이(㎜)	실링재 부착면 상태
알루미늄	30×30×120	창호제작용 샛시바 산화피막면
스테인리스스틸	40×40×120	스테인리스스틸 각관mirror처리
유리	5×30×120	보통 창호유리 투명면
타일	5×30×120	백색세라믹타일 유약칠면
PVC	10×30×120	PVC 평판제품 보통면
화강석	20×50×120	거창석 물갈기면
점토벽돌	30×57×120	적벽돌 보통 치장면
시멘트벽돌	30×57×120	보통면
바탕면 세척 :	바탕면은 실링 작업전에 아세톤으로 충분히 세척	
실링재 채움 두께:	실링재 주입 두께는 모두 10㎜	
부착면적 :	실링재와 피착재의 접촉면적(부착면적)은 모두 폭30㎜×길이60㎜	

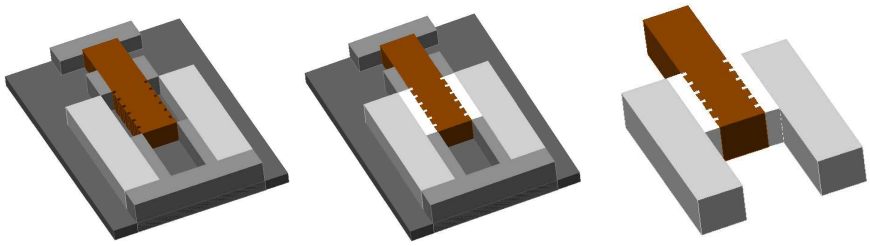
다. 실링재 충전 및 양생

실링재 충전 및 양생은 그림 3.1(a)와 같은 조립틀을 제작하여 스페이서를 끼워 실링재의 충전 폭이 확보되도록 하고, 충전 작업 중 실링재가 바탕재 주변에 번지는 것을 방지하고 충전재 단면이 정밀하게 유지되도록 채워지는 이외의 부분에는 마스킹테이프를 부착한 후 충전하였다.

실링재 충전작업은 전용 건(Gun)을 사용하여 내부에 기포가 발생하지 않도록 밀실하게 충전하고 고무 주걱으로 면 처리를 하였다. 충전 후 2~3시간 경과하여 실링재가 약간 경화한 다음 마스킹테이프를 제거하고 양생하였다.

양생은 실링재 충전과 표면 마무리 작업이 모두 끝난 후 실링재가 완전히 경화될 때 까지 각 제품의 시방사항을 참고하여 온도 22±5℃, 상대습도 50±5% 정도인 실험실에서 물리적 충격이 가해지지 않도록 주의하며 21일간 양생 하였다.

그림 3.1은 공시체 제작 개념도이다.



(a)공시체 조립틀　　(b)충전 후 초기양생　　(c)완성된 공시체 모습

그림 3.1 공시체 제작 개념도

각종 실링재 종류별 바탕면에 따른 압축전단접착강도 실험을 위한 공시체 구분은 표 3.5와 같이 16종류로 하였다.

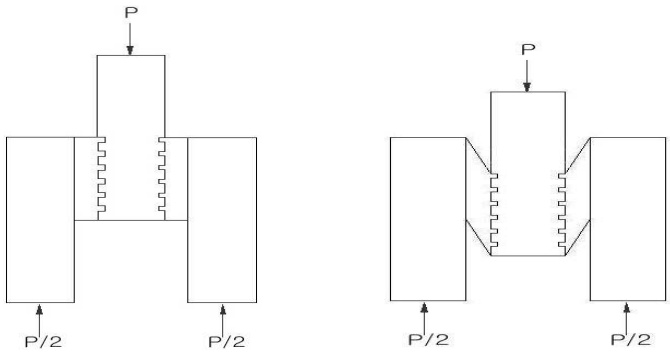
표 3.5 공시체 구분

번호	공시체 부호	줄눈 두께	실링재	바탕면
1	S-ST-1	1㎜	실리콘계	스테인리스 스틸
2	V-ST-1	1㎜	변성실리콘계	스테인리스 스틸
3	U-ST-1	1㎜	우레탄계	스테인리스 스틸
4	P-ST-1	1㎜	폴리설파이드계	스테인리스 스틸
5	S-ST-5	5㎜	실리콘계	스테인리스 스틸
6	V-ST-5	5㎜	변성실리콘계	스테인리스 스틸
7	U-ST-5	5㎜	우레탄계	스테인리스 스틸
8	P-ST-5	5㎜	폴리설파이드계	스테인리스 스틸
9	S-A-10	10㎜	실리콘계	알루미늄
10	S-ST-10	10㎜	실리콘계	스테인리스 스틸
11	S-G-10	10㎜	실리콘계	유리
12	S-T-10	10㎜	실리콘계	타일
13	S-P-10	10㎜	실리콘계	PVC
14	V-S-10	10㎜	변성실리콘계	화강석
15	U-R-10	10㎜	우레탄계	점토벽돌
16	P-C-10	10㎜	폴리설파이드계	시멘트벽돌

3.1.3 압축전단접착강도 시험방법

실링재를 충전한 공시체의 압축전단접착강도 실험은 KS M 3721의 내용을 참고하여 만능재료 시험기(UTM)에 정밀 로드셀과 변위계(LVDT)를 장착한 후 가력 하였다. 실험데이터는 하중의 가력속도가 1.0~1.5kgf/sec 정도가 되도록 하여 인장파괴 될 때까지 가하면서 컴퓨터의 프로그램에 하중-변위가 자동으로 수신 기록되도록 하였다.

측정자료의 분석은 기록데이터에서 하중과 변위에 따른 강도, 연신율, 탄성률을 산정하였다.

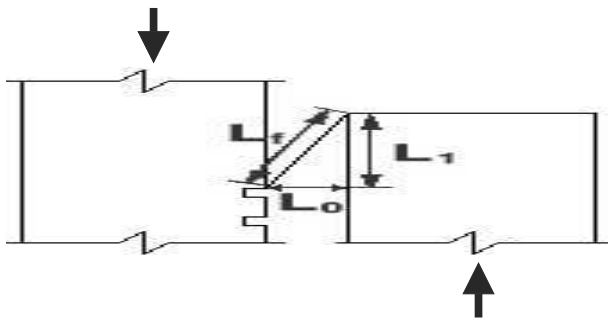


(a)가력시험 전 (b)가력시험 상태

그림 3.2 압축전단접착강도 시험

(1) 연신율 산정

연신율은 재료가 길이방향으로 늘어나는 비율로 다음 그림의 개념과 식으로 산출하였다.



$$L_f = \sqrt{L_o^2 + L_1^2} \qquad \delta(\%) = \frac{L_f - L_0}{L_0} \times 100$$

여기에서, δ : 연신율(%)

L_f: 신장량(㎜)

L_O: 변형 전의 원길이(㎜)

L_1: 변형 후의 수직길이(㎜)

(2) 부착강도 산정

건축용 실링재의 부착강도는 압축전단접착강도 가력 실험 결과에서 다음 식에 의해 산출한다.

$$\text{압축전단접착강도}(\text{kg/㎠}) = \frac{\text{최대하중}(\text{kg})}{\text{접착단면적}(\text{㎠})}$$

(3) 탄성률 산정

탄성률은 탄성체가 탄성한계 내에서 가지는 응력과 변형의 비를 말하며 탄성계수로 나타낸다. 본 실험에서의 탄성계수 산정은 다음과 같은 기본 공식 개념에 따라 응력-변형도 곡선에서 최대응력 1/4~3/4 정도 구간에서 추세선을 이용한 직선의 기울기로 하였으며, 추세선의 회귀계수는 0.93이상 수준이었다.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

여기에서, E : 탄성계수(kgf/㎠)

σ : 응력(kgf/㎠)

ϵ : 변형률

3.2 바탕재료별 부착강도 및 연신율

3.2.1 바탕재료별 부착강도

압축전단접착강도 시험 결과 실링재와 바탕면의 접착면에서는 대부분 파괴가 일어나지 않았으며, 실링재 자체에서 인장 후 절단 파괴가 일어났다. 따라서 실링재 자체가 파괴 되었을 때의 최대 강도를 부착강도로 보았다.

그림 3.3은 실리콘계 실링재를 사용했을 경우 바탕재료 종류에 따른 부착강도를 나타낸 그래프이며 전체적으로 큰 차이가 나타나지는 않았다. 바탕재료에 따른 부착강도의 크기는 타일, 유리, PVC, 스테인리스 스틸, 알루미늄 순이며, 타일의 경우 4.33kgf/㎠로 가장 높았으며 알루미늄이 3.57kgf/㎠으로 가장 낮으나 그 차이가 크다고 볼 수 없어 바탕재료에 따른 부착강도 차이는 실험오차 등을 고려할 때 미미하다고 볼 수 있다.

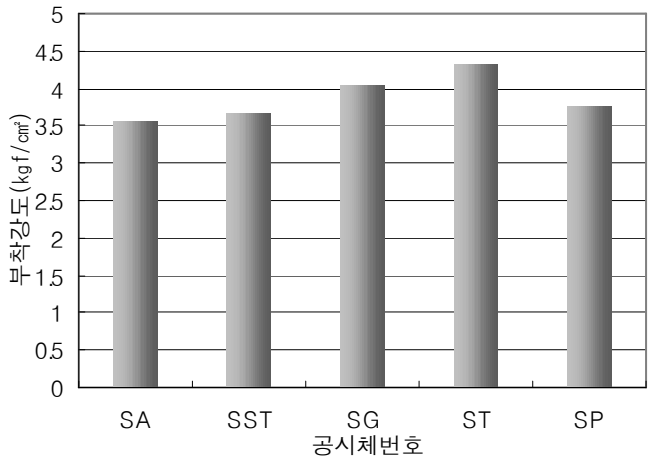


그림 3.3 바탕재료별 부착강도

3.2.2 바탕재료별 연신율

압축전단접착강도 시험 후 실험 결과에서 연신율과 응력 값을 그래프로

나타내었다.

그림 3.4~그림 3.8은 실리콘계 실링재를 알루미늄, 스테인리스 스틸, 유리, 타일, PVC를 접착시킨 공시체의 연신율과 응력 값을 나타낸 그래프이다.

그래프에서 보면, 바탕재료의 종류에 다른 큰 차이는 나타나지 않는 것을 볼 수 있다.

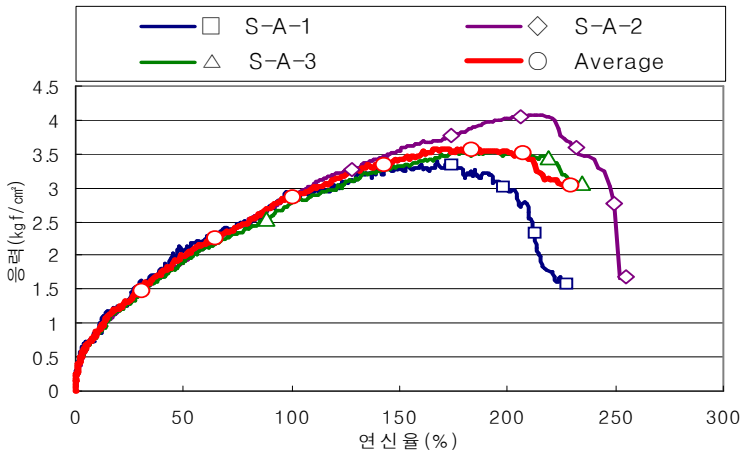


그림 3.4 S-A-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(알루미늄바탕)

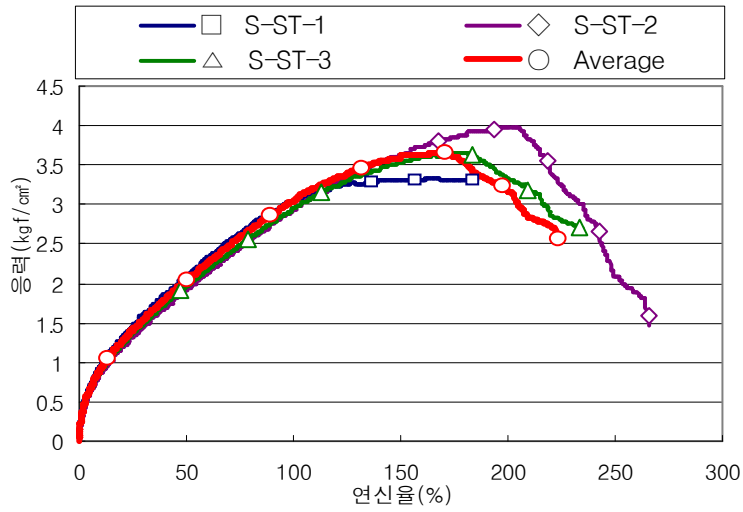


그림 3.5 S-ST-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

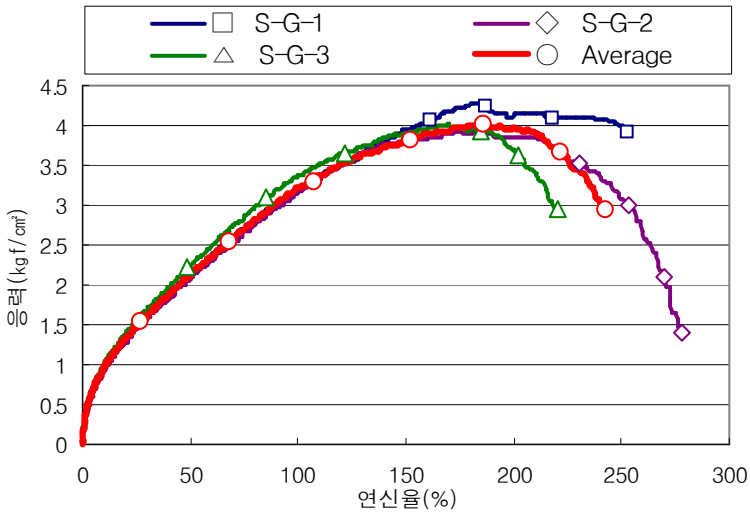


그림 3.6 S-G-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(유리바탕)

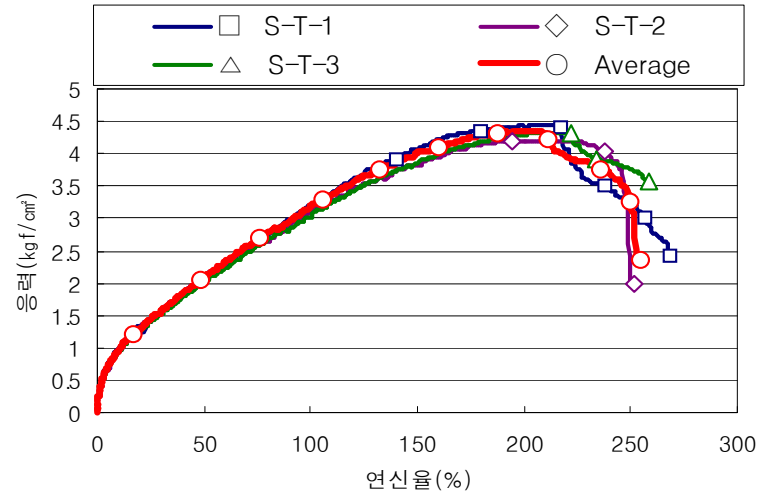


그림 3.7 S-T-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(타일바탕)

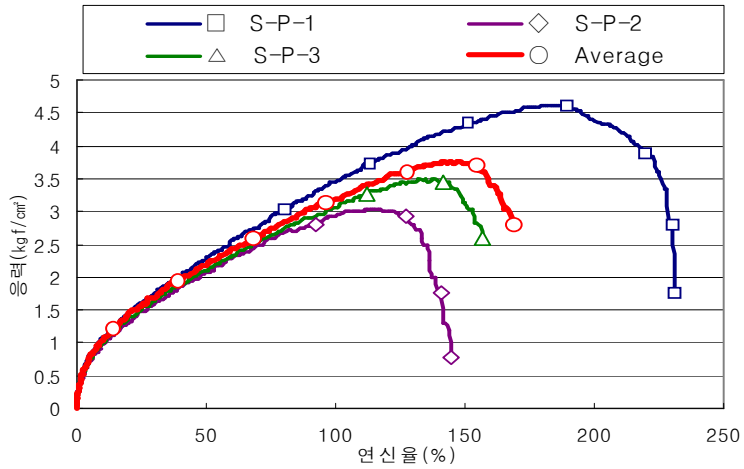


그림 3.8 S-P-10㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(PVC바탕)

그림 3.9는 실링재 종류별 연신율을 비교하기 위하여 줄눈두께 10㎜일 때 실링재 종류별로 평균을 나타낸 그래프이다.

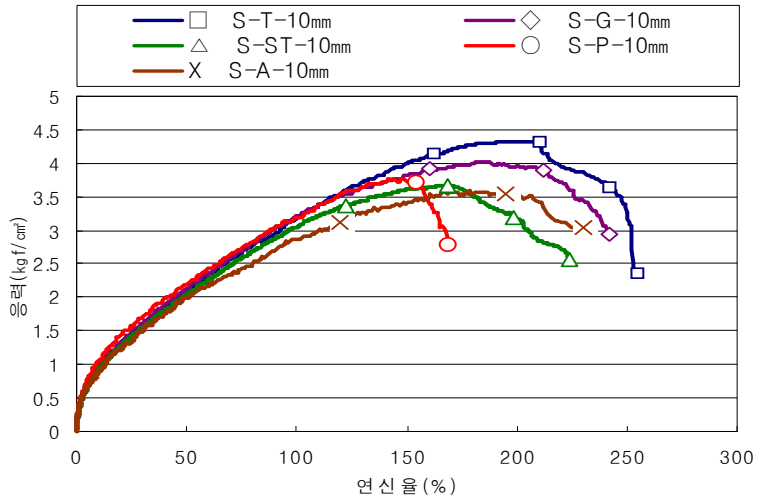


그림 3.9 실리콘계 실링재의 바탕재료별 연신율 (줄눈두께 10㎜, 각종바탕)

그림 3.9 그래프에서 보면 실리콘계 실링재를 사용한 5가지 바탕재료별 응력-연신율 곡선의 기울기는 매우 근접하여 비슷한 경향으로 증가하나, 최대 응력과 그 때의 연신율은 뚜렷한 차이를 나타내고 있다. 즉, 최대 응력에서의 연신율은

타일이 207%로 가장 높고, 유리(187%), 알루미늄(186%), 스테인리스 스틸(170%), PVC(148%) 순으로 낮다. 이것은 가력 측정 시 최대하중에 도달하여 실링재의 파단이 일어날 때까지 부착면 전체가 온전하게 부착되어 있는 경우와 그렇지 않고 부분적으로 부착면의 일부가 탈락하여 실링재 인장단면 결손이 생겨서 나타나는 현상이라고 이해할 수 있다. 따라서 이러한 부착면 일부탈락의 정도는 같은 재질의 실링재라 하더라도 바탕재의 재질에 따른 차이가 있으며, 이것이 실링재에 의해 피착되는 두 재료간의 부착강도에 직접 영향을 미친다고 볼 수 있다.

3.2.3 바탕재료별 탄성률

응력-변형도 곡선에서 직선의 기울기는 탄성률의 지표가 될 수 있으므로 최대응력의 약 1/4~3/4 구간에서 곡선의 추세선을 구하여 탄성률을 비교하였다. 탄성률의 추세선 회귀계수는 0.93이상으로 매우 높으므로 응력-변위의 관계에서 나타내는 탄성률의 기준으로 적절하다고 볼 수 있다.

그림 3.10~그림 3.14는 실리콘계 실링재를 각기 다른 바탕재료인 알루미늄, 스테인리스 스틸, 유리, 타일, PVC를 접착하고 실험 한 후 응력-변형도 곡선에서 추세선을 나타내었다.

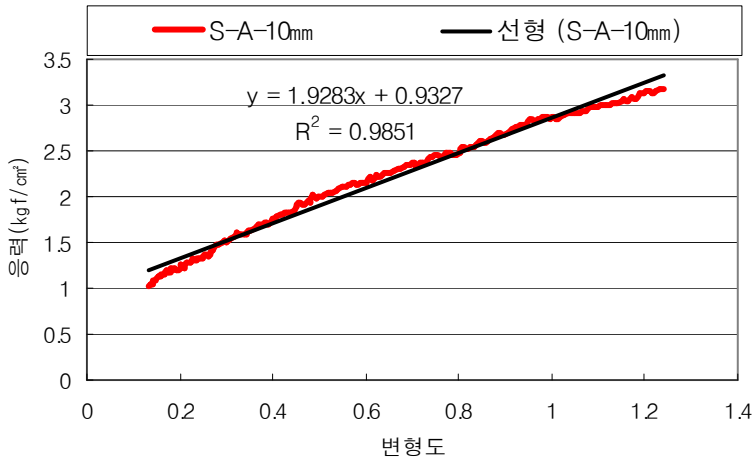


그림 3.10 S-A-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(알루미늄바탕)

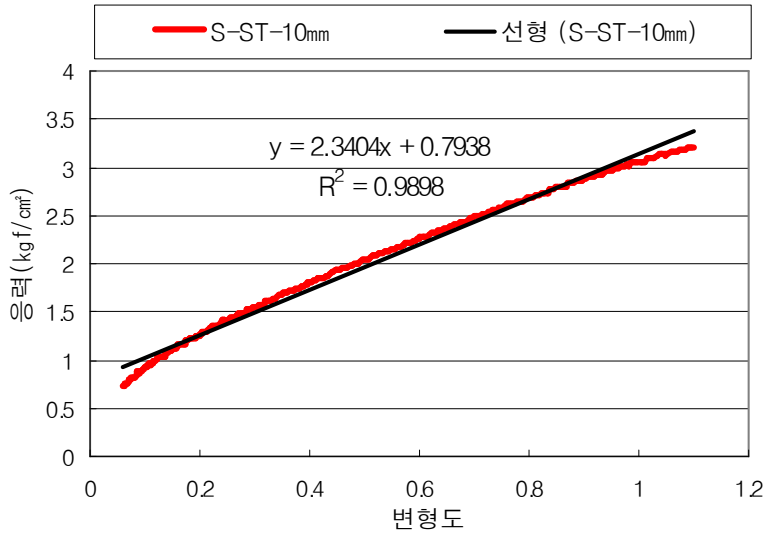


그림 3.11 S-ST-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

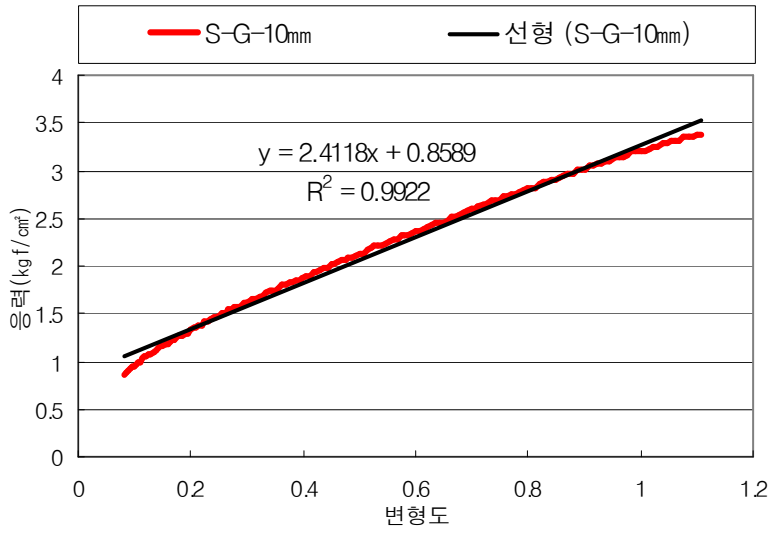


그림 3.12 S-G-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(유리바탕)

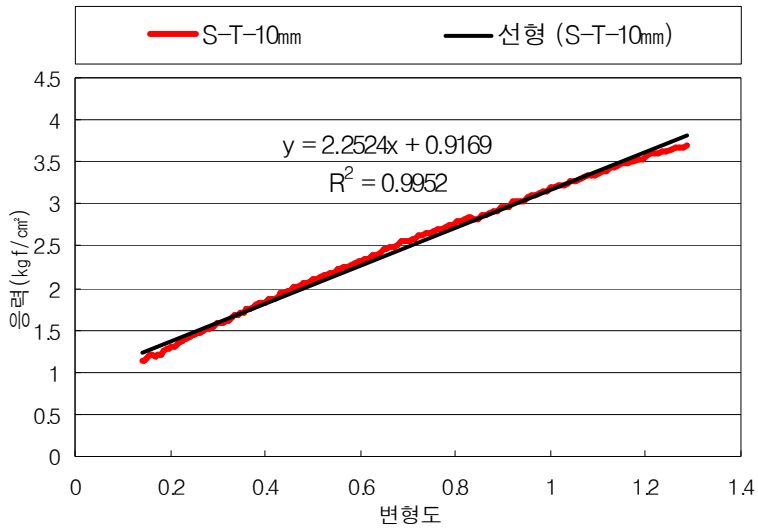


그림 3.13 S-T-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(타일바탕)

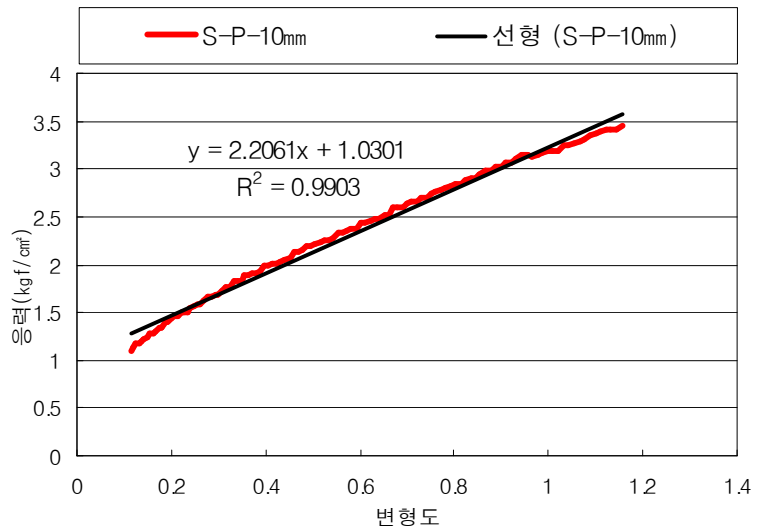


그림 3.14 S-P-10㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(PVC바탕)

표 3.6은 그림 3.10~그림 3.14까지에 나타낸 실리콘계 실링재의 줄눈 두

께 10mm, 바탕 재료는 각종인 공시체의 실험결과에서 나타난 탄성계수를 표로 나타낸 것이다.

표 3.6 실링재의 바탕재료별 탄성계수

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
S-A-10	y=1.9283x+ 0.9327	R^2=0.9851	1.93
S-ST-10	y=2.3404x+ 0.7938	R^2=0.9851	2.34
S-G-10	y=2.4118x+ 0.8589	R^2=0.9851	2.41
S-T-10	y=2.2524x+ 0.9169	R^2=0.9851	2.25
S-P-10	y=2.2061x+ 1.0301	R^2=0.9851	2.21

(여기에서 x:변형도, y:응력[kg/㎠])

표 3.6에서 보면, 바탕재료별로 탄성계수의 범위는 1.93~2.41kgf/㎠ 정도의 범위로 나타나며, 유리가 2.41kgf/㎠로 가장 크고, 스테인리스 스틸 2.34kgf/㎠, 타일 2.25kgf/㎠, PVC 2.21kgf/㎠ 알루미늄 1.93kgf/㎠ 순으로 낮아지고 있으나 그 차이가 크지 않다고 볼 수 있다.

3.3 실링재 종류별 부착강도 및 연신율

3.3.1 실링재 종류별 부착강도

그림 3.15~그림 3.17 는 실링재 종류별 부착강도를 줄눈두께별로 나타낸 그래프이다. 그 중 그림 3.15는 줄눈두께 10㎜일 때 실링재의 종류에 따른 부착강도를 나타내며, 그림 3. 16은 줄눈두께가 5mm인 경우이고 그림 3.17은 줄눈두께 1mm인 경우를 나타낸다.

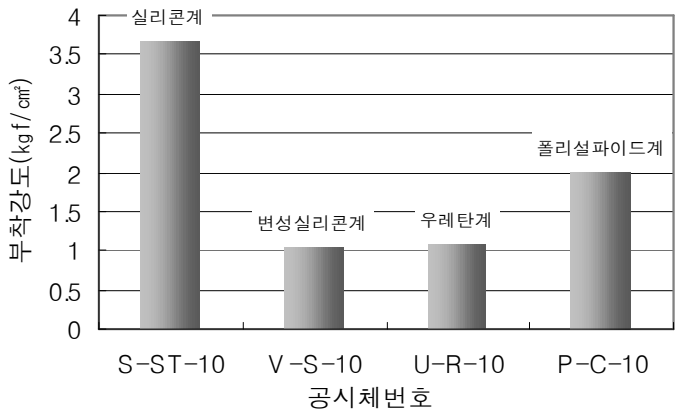


그림 3.15 실링재 종류별 부착강도 (줄눈두께 10㎜)

그림 3.15의 그래프를 보면 실리콘계, 폴리설파이드계, 우레탄계, 변성실리콘계의 순으로 부착강도의 차이가 크게 나타난다. 부착강도가 가장 높게 나타나는 실리콘계 실링재의 경우 3.67㎏f/㎠, 다음으로 폴리설파이드계는 2.00㎏f/㎠로 54.5% 수준이며, 우레탄계와 변성실리콘계는 각 각 1.09㎏f/㎠과 1.03㎏f/㎠으로 거의 1/3 수준에 불과한 것이다. 이러한 결과에서 보면 실링재의 종류에 따른 강도 차이가 많다는 것을 알 수 있다.

그림 3.16은 줄눈두께 5㎜일 때 실링재의 종류에 따른 부착강도이다.

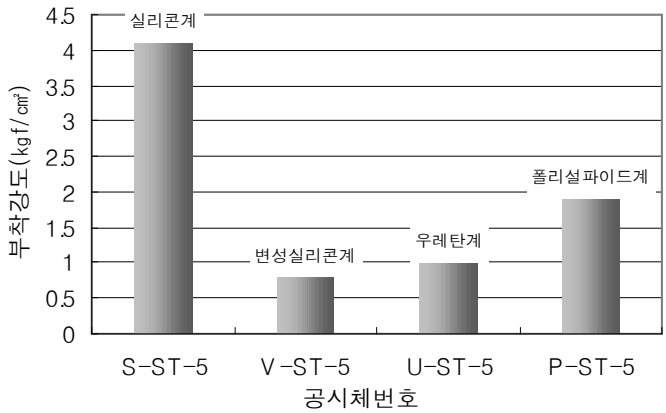


그림 3.16 실링재 종류별 부착강도 (줄눈두께 5㎜)

그림 3.16에서 줄눈두께가 5㎜인 경우를 보면, 실리콘계, 폴리설파이드계, 우레탄계, 변성실리콘계의 순으로 부착강도의 차이가 크게 나타난다. 실리콘계 실링재의 부착강도는 4.11㎏f/㎠으로 가장 높게 나타났고 다음으로 폴리설파이드계는 1.89㎏f/㎠로 실리콘계의 45.9% 수준이며, 우레탄계와 변성실리콘계는 각각 1.00㎏f/㎠과 0.81㎏f/㎠으로 실리콘계에 비해 1/4정도에 불과하여 실링재 종류별로 부착강도는 줄눈두께 10mm인 경우와 마찬가지로 많은 차이를 보인다.

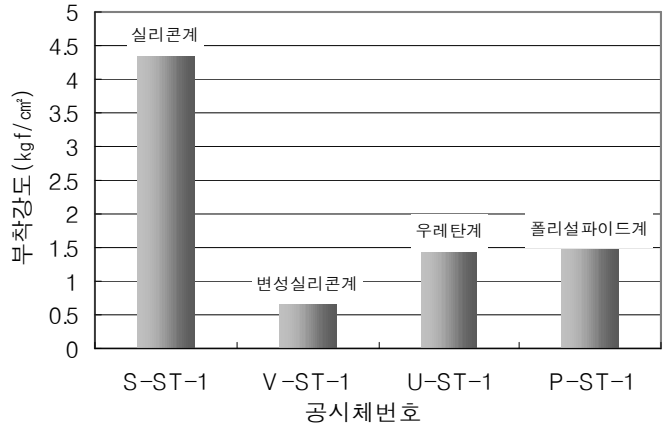


그림 3.17 실링재 종류별 부착강도 (줄눈두께 1㎜)

다음으로 그림 3.17에서는 줄눈 두께 1mm인 경우 실링재의 종류별 부착강도를 나타낸다.

1㎜일 때 실링재의 종류에 따른 부착강도는 실리콘계 실링재가 4.36㎏f/㎠으로서 가장 낮은 부착강도를 보인 변성실리콘계 실링재(0.64㎏f/㎠)보다 약 7배정도 큰 부착강도를 보였으며, 폴리설파이드계((1.45㎏f/㎠)와 우레탄계(1.44㎏f/㎠)는 중간수준으로 거의 비슷한 부착강도를 보였다.

따라서 이상에서 살펴본 바와 같이 줄눈두께에 관계없이 실리콘계 실링재가 다른 실링재에 비해 가장 큰 부착강도를 나타내었고 폴리설파이드계, 우레탄계, 변성실리콘계 순으로 나타났다.

3.3.2 실링재 종류별 연신율

(1) 줄눈두께 10㎜일 때 실링재 종류별 연신율

그림 3.18~그림 3.20은 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체의 부착강도 실험결과에서 응력-연신율을 나타낸 그래프이다. 또한, 실리콘계의 경우 앞의 그림 3.4~그림 3.8에서 나타낸 바와 같다.

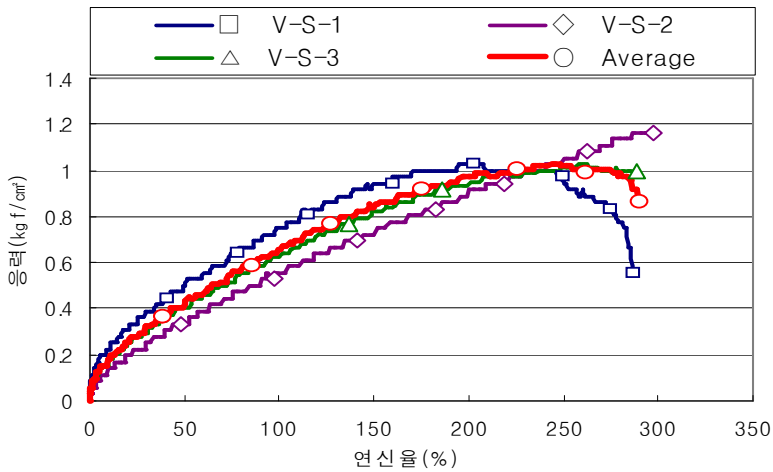


그림 3.18 V-S-10㎜ 변성실리콘계 실링재의 연신율(화강석바탕)

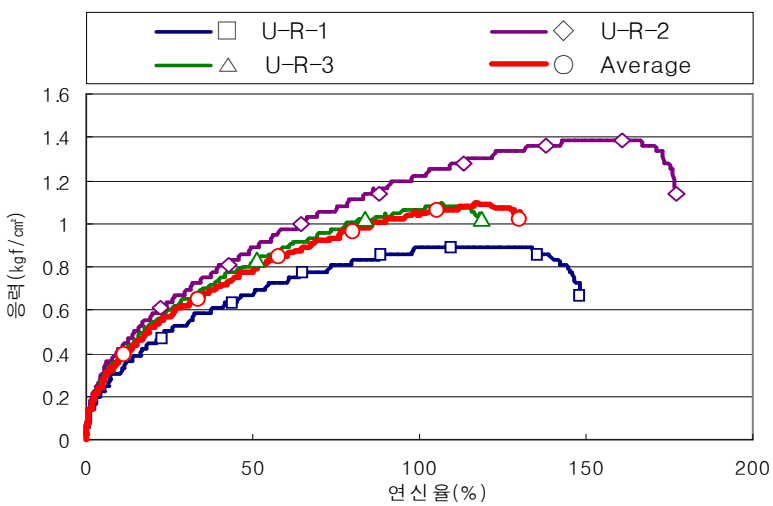


그림 3.19 U-R-10㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(점토벽돌바탕)

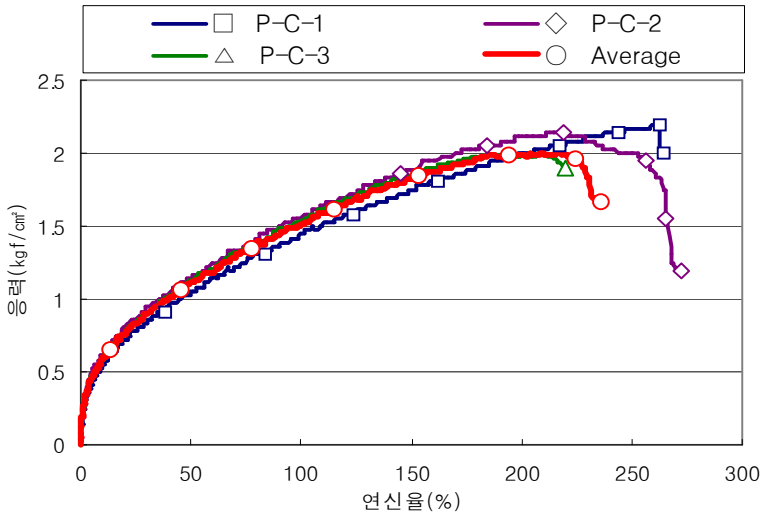


그림 3.20 P-C-10㎜ 폴리설파이드계 실링재의
연신율(시멘트벽돌바탕)

그림 3.21은 줄눈두께 10㎜일 때의 실링재 종류별 연신율을 비교하기 위하여 실링재 종류별 측정값의 평균을 나타낸 그래프이다.

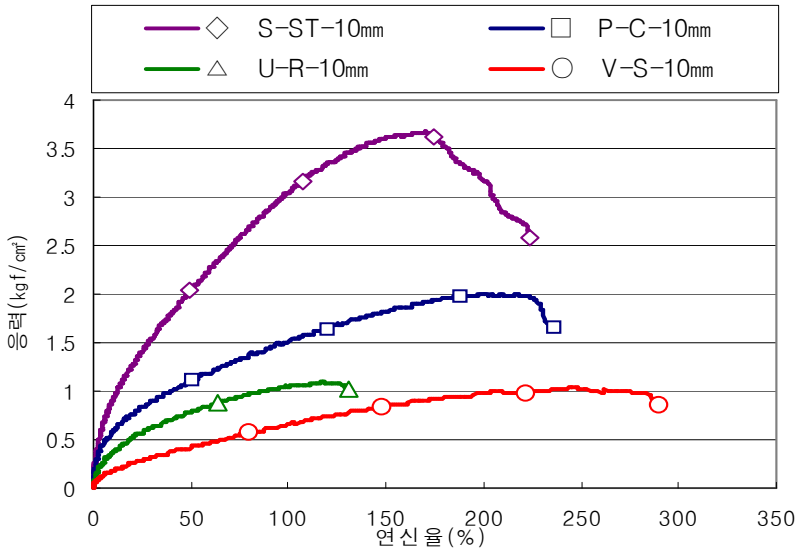


그림 3.21 실링재 종류별 연신율 (줄눈두께 10㎜, 각종바탕)

그림 3.21 에서 보면, 응력-연신율 곡선은 실링재 종류에 따라 크게 차이가 나타난다. 실링재 종류에 따라 최대응력은 물론 연신율도 차이가 크다. 대체로 연신율이 큰 재료가 최대응력이 낮은 경향을 보이며, 특히 우레탄계 실링재는 응력(약 1.10㎏f/㎠) 및 연신율(약130%) 모두에서 낮은 수준이다. 이것은 일반적으로 우레탄 재료가 압축하중에 대한 강도와 탄성은 높으나 인장에 대한 신장률이 낮은 특성이 나타나는 것이라 볼 수 있다.

실리콘계 실링재는 최대응력은 가장 높으나 연신율(약169%)은 중간수준으로 나타나며, 변성실리콘계는 최대응력(약1.03㎏f/㎠)은 가장 낮으나 연신율(약 246%)은 가장 높게 나타나는 특성을 보인다. 폴리설파이드계 실링재는 최대응력 및 연신율 모두에서 중간수준의 값으로 나타난다.

(2) 줄눈두께 5㎜일 때 실링재 종류별 연신율

그림 3.22~그림 3.25는 실리콘계 실링재, 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체의 실험결과에서 응력-연신율을 나타낸 그래프이다.

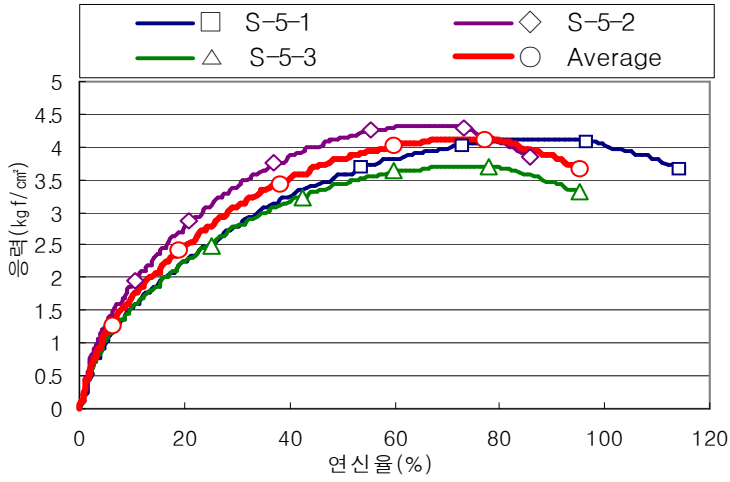


그림 3.22 S-ST-5㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

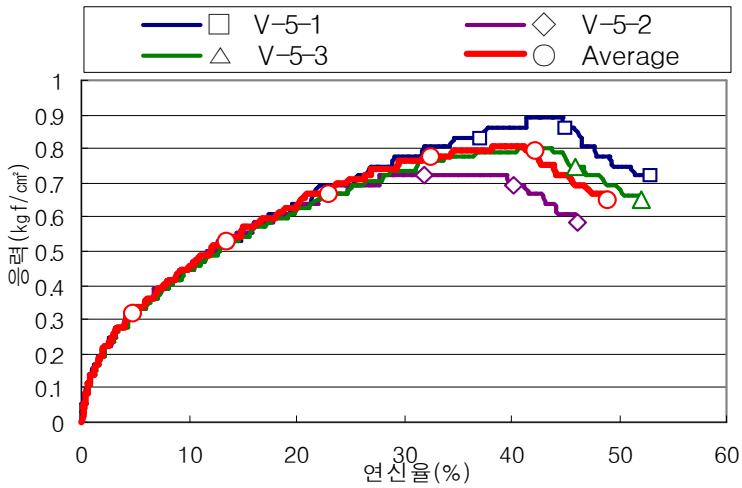


그림 3.23 V-ST-5㎜ 변성실리콘계 실링재의
연신율(스테인리스바탕)

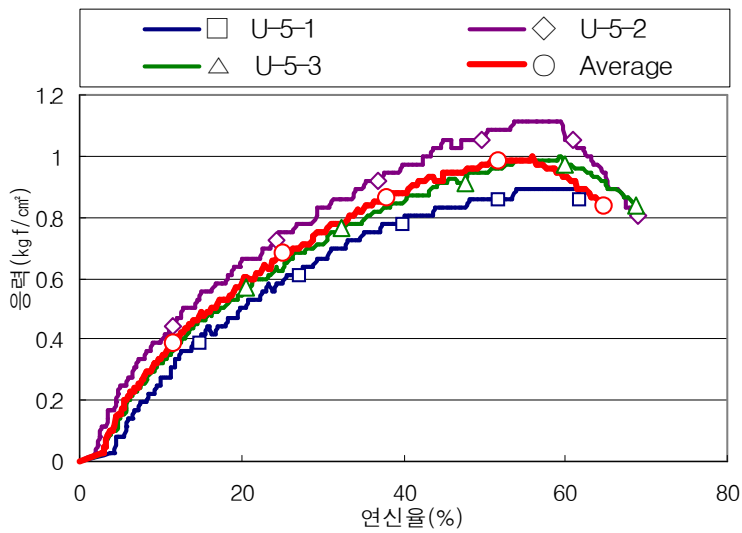


그림 3.24 U-ST-5㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

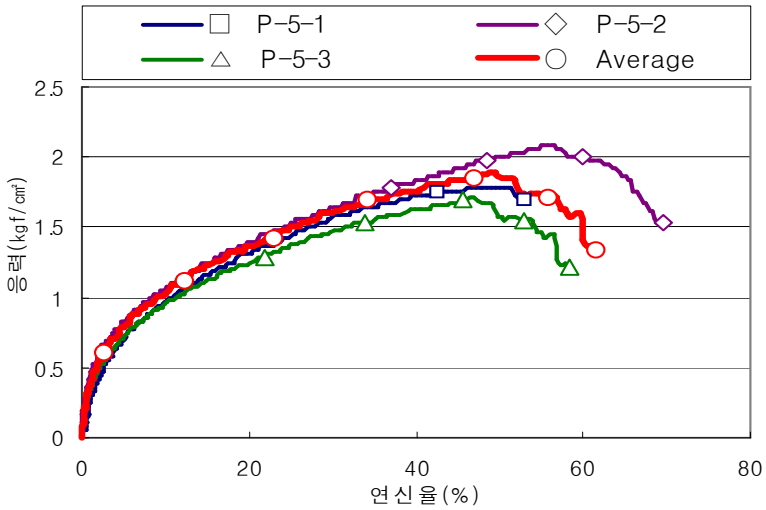


그림 3.25 P-ST-5㎜ 폴리설파이드계 실링재의
연신율(스테인리스바탕)

그림 3.26은 실링재 종류별 연신율을 비교하기 위하여 줄눈두께 5㎜일 때 실링재 종류별로 평균을 나타낸 그래프이다.

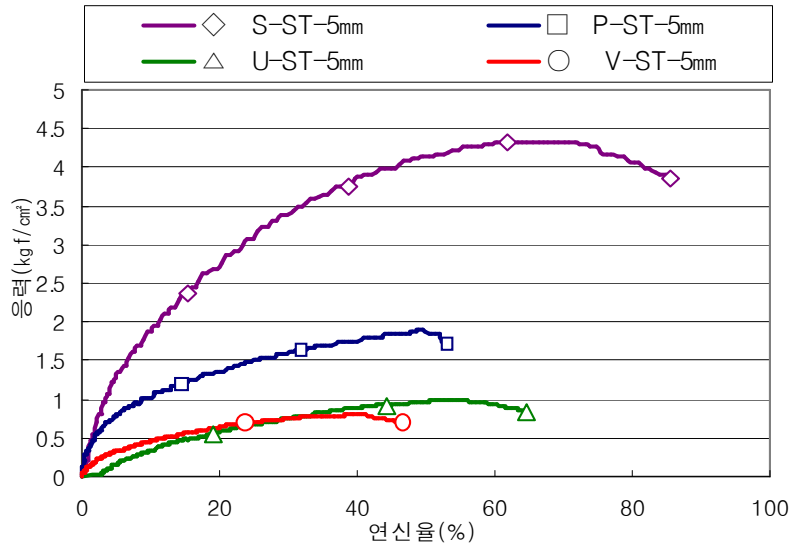


그림 3.26 실링재 종류별 연신율 (줄눈두께 5㎜, 스테인리스바탕)

그림 3. 26에서 보면, 줄눈두께 5㎜일 때 실리콘계 실링재는 최대응력(약4.11㎏

f/㎠)과 연신율(약78%) 모두 가장 높게 나타나며, 변성실리콘계는 최대응력(약 0.81㎏f/㎠)과 연신율(약40%)이 모두 가장 낮게 나타난다. 우레탄계 실링재는 최대응력 1㎏f/㎠일 때 연신율은 약56%로 나타나며, 폴리설파이드계 실링재는 최대응력 1.89㎏f/㎠일 때 연신율은 약49%로 나타난다. 이러한 현상은 앞의 줄눈두께 10㎜일 때 경향과 비교하면 차이가 있다. 실리콘계 실링재의 응력과 연신율이 가장 높게 나타나는 것은 같으나, 그 외 다른 재질에 있어서는 응력과 연신율의 순서가 다소 다르게 나타나고 있다. 이것은 시험체의 실링재 채움 과정과 측정실험에서 다소의 편심력에 의한 접착부 우선 파괴 현상에서 비롯되는 오차에서 기인하는 결과로 추정된다.

(2) 줄눈두께 1㎜일 때 실링재 종류별 연신율

그림 3.27~그림 3.30은 실리콘계 실링재, 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체 모두의 실험결과에서 응력-연신율을 나타낸 그래프이다.

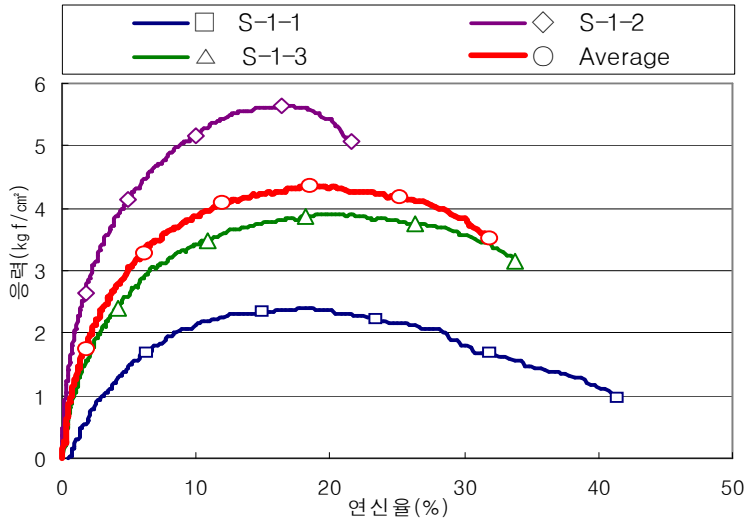


그림 3.27 S-ST-1㎜ 실리콘계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

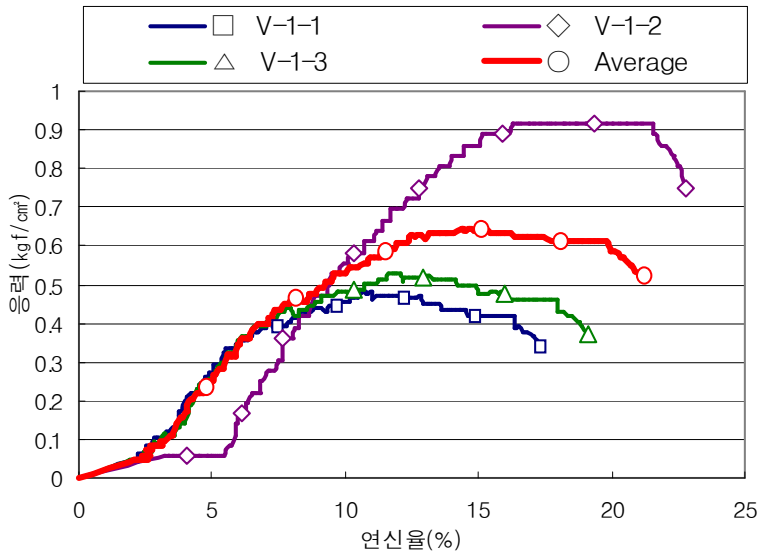


그림 3.28 V-ST-1㎜ 변성실리콘계 실링재의
연신율(스테인리스바탕)

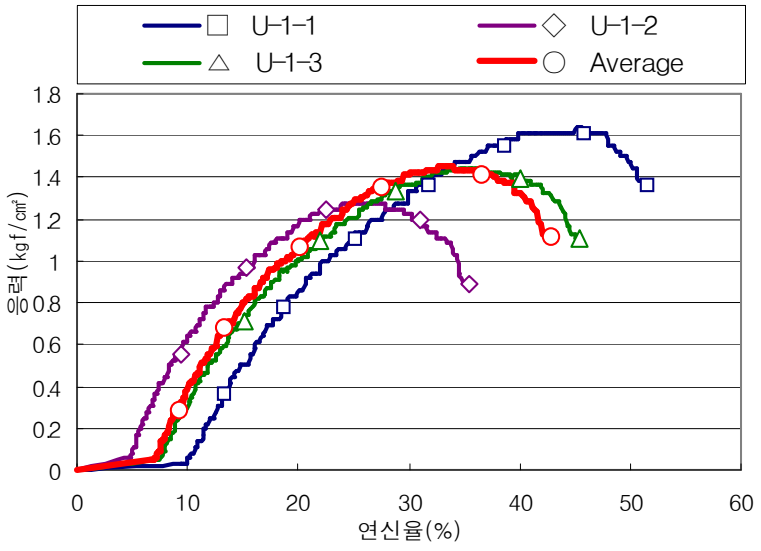


그림 3.29 U-ST-1㎜ 우레탄계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

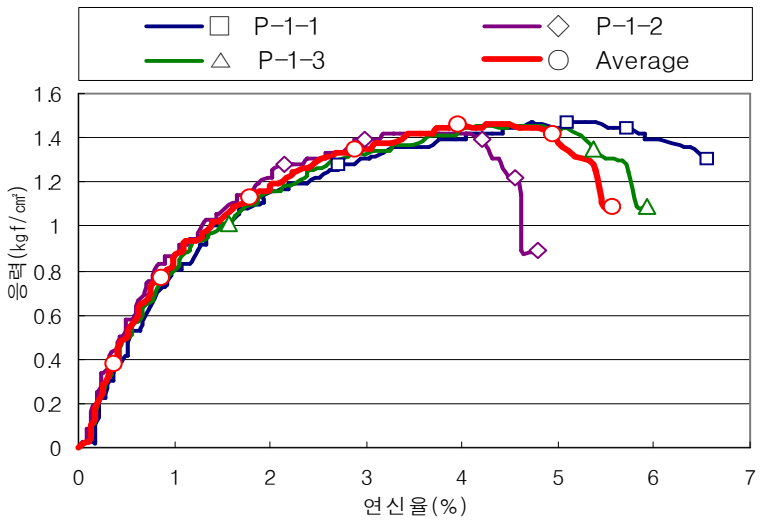


그림 3.30 P-ST-1㎜ 폴리설파이드계 실링재의 연신율(스테인리스바탕)

그림 3.31은 실링재 종류별 연신율을 비교하기 위하여 줄눈두께 1㎜일 때 실링재 종류별 평균값을 나타낸 그래프이다.

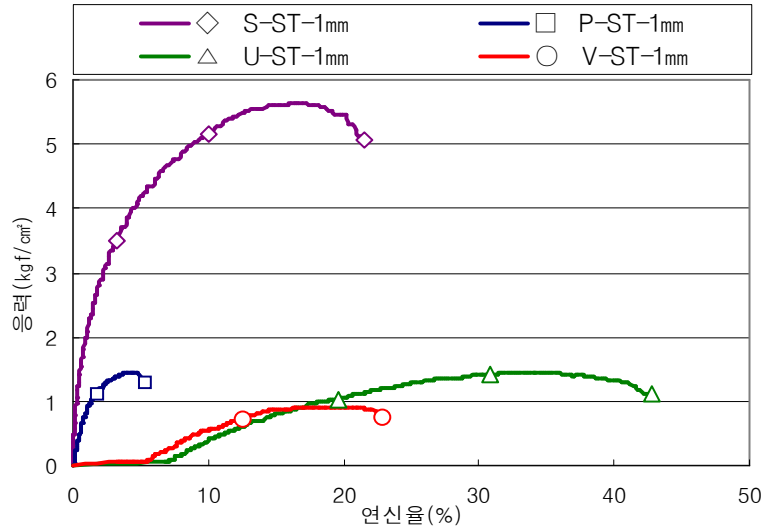


그림 3.31 실링재 종류별 연신율 (줄눈두께 1㎜, 스테인리스바탕)

그림 3.31에서 보면, 줄눈두께 1㎜일 때 응력-연신율 곡선은 실링재 종류에 따라 최대응력에서의 연신율이 크게 차이가 나타난다. 우레탄계 실링재의 최대응력에서 연신율은 약 33%로 가장 크고 실리콘계 실링재(약 19%), 변성실리콘계 실

링재(약 15%), 폴리설파이드계 실링재(약 4%)의 순으로 나타났다. 줄눈두께 10㎜일 때 우레탄계는 가장 연신율이 적게 나온 것에 비해 1㎜일 때 우레탄계는 타 실링재에 비해 가장 큰 연신율을 보였다. 이러한 현상이 줄눈 두께 차이에서 나타나는 것은 실험에 있어서의 오차를 감안한다 하더라도 주목해야 할 사항으로 보인다. 건축용 실링재의 종류를 선택함에 있어서 피착재의 변위에 따른 추종성 즉, 실링재의 연신율이 중요시 될 때는 바탕면의 종류 보다는 실링재 종류별 품질특성은 물론이고 줄눈두께를 동시에 고려할 필요가 있다고 볼 수 있으며, 이것은 줄눈부위 실링 설계의 개념에서 제시되고 있는 내용과 일치하고 있음을 나타낸다.

3.3.3 실링재 종류별 탄성률

(1) 줄눈두께 10㎜일 때 실링재 종류별 탄성률

그림 3.32~그림 3.34는 줄눈 두께가 10mm인 경우의 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체 실험결과에서 응력-변형도 곡선의 추세선을 이용하여 탄성률을 나타내었다.

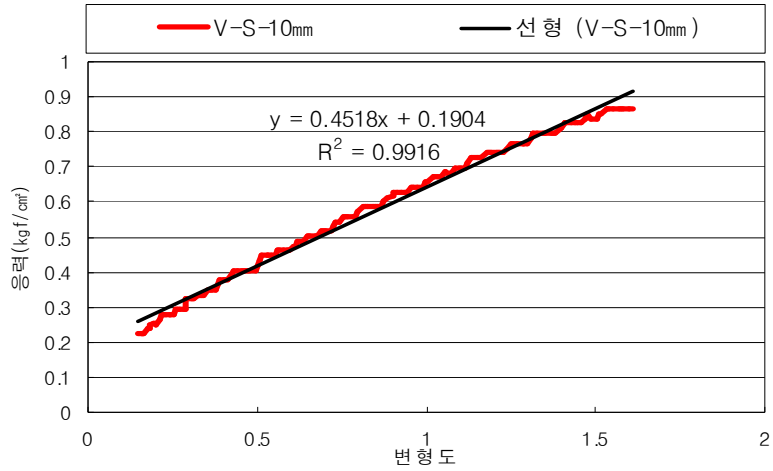


그림 3.32 V-S-10㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(화강석바탕)

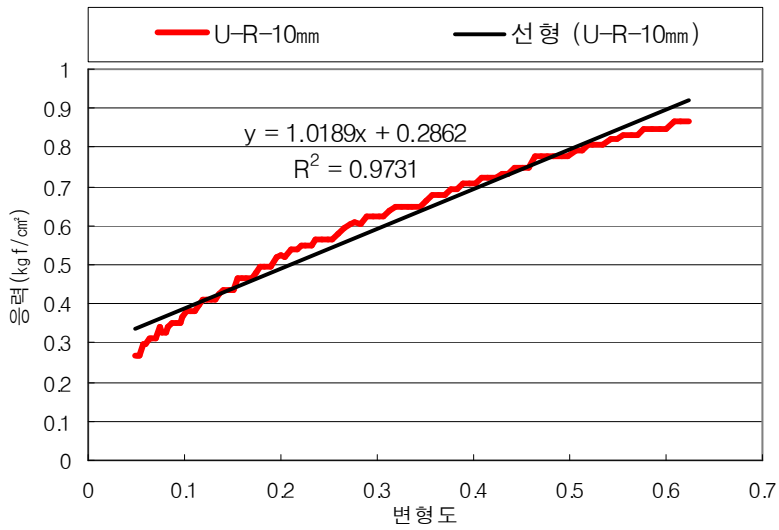


그림 3.33 U-R-10㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(점토벽돌바탕)

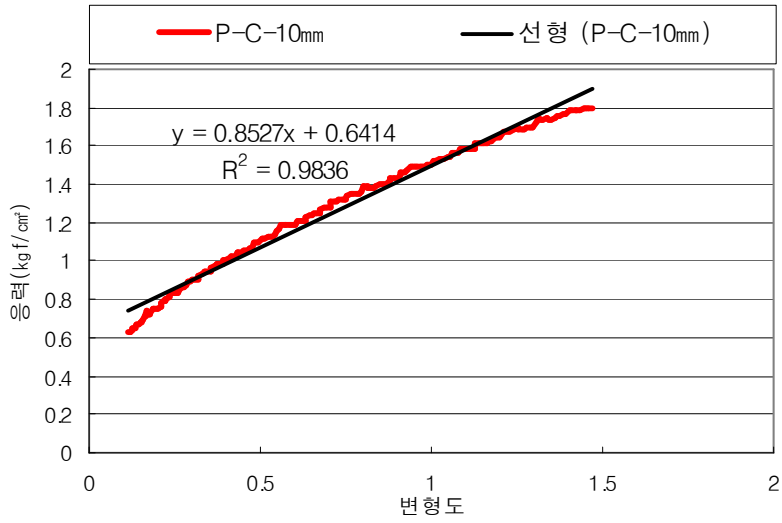


그림 3.34 P-C-10㎜ 폴리설파이드계 실링재의 탄성률(시멘트벽돌바탕)

그림 3.35는 실링재 종류별 탄성률을 비교하기 위하여 줄눈두께 10㎜일 때 실링재 종류별로 응력-변형도 곡선의 추세선을 함께 나타내었다. 그리고 표 3.7은 실링재 종류별 탄성률 그래프의 추세선에서 탄성계수를 산정하여 나타낸 것이다.

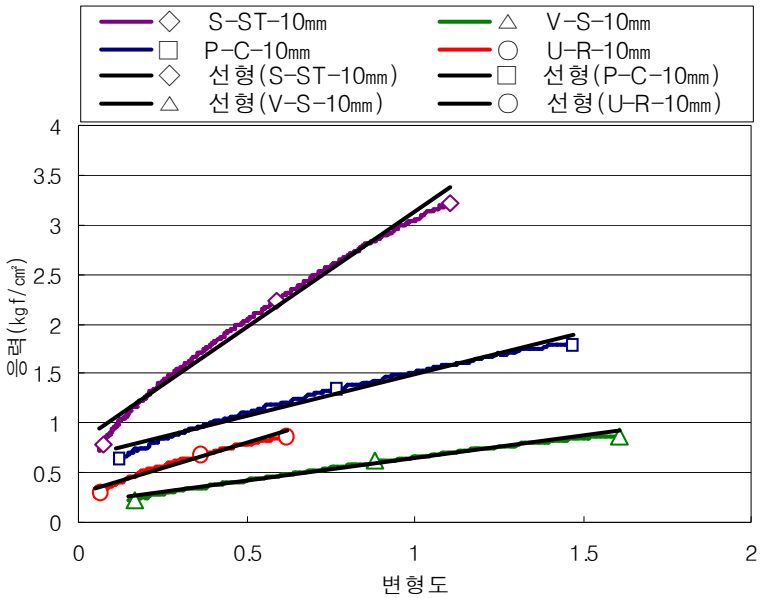


그림 3.35 실링재 종류별 탄성률 (줄눈두께 10㎜, 각종바탕)

표 3.7 실링재 종류별 탄성계수(줄눈두께 10㎜)

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
S-ST-10	y=2.3404x+ 0.7938	R^2=0.9851	2.34
V-S-10	y=0.4518x+ 0.1904	R^2=0.9916	0.45
U-R-10	y=1.0189x+ 0.2862	R^2=0.9731	1.02
P-C-10	y=0.8527x+ 0.6414	R^2=0.9836	0.85

(여기에서 x:변형도, y:응력[kg/㎠])

표 3.7에서 보면, 줄눈두께 10㎜일 때 실링재 종류별 탄성계수 값은 실리콘계(2.34kgf/㎠)가 가장 크며, 우레탄계(1.02kgf/㎠), 폴리설파이드계(0.85kgf/㎠), 변성실리콘계(0.45kgf/㎠)의 순으로 낮게 나타난다. 실링재 종류에 따른 탄성률 특성은 우레탄계를 제외하면 대체로 변형도에서는 다소 차이가 있으나 탄성률이 클수록 최대응력도 높게 나타나고 있으므로 외력에 저항하여 지지하는 성능이 탄성률에 비례한다고 볼 수 있으나, 이러한 실링재 종류별 탄성률 차이의 특성은 실링부 설계에서 충분히 고려하여야 할 사항임을 알 수 있다.

(2) 줄눈두께 5㎜일 때 실링재 종류별 탄성률

그림 3.36~그림 3.39는 실리콘계 실링재, 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체의 실험결과에서 응력-변형도 곡선과 추세선을 나타내었다.

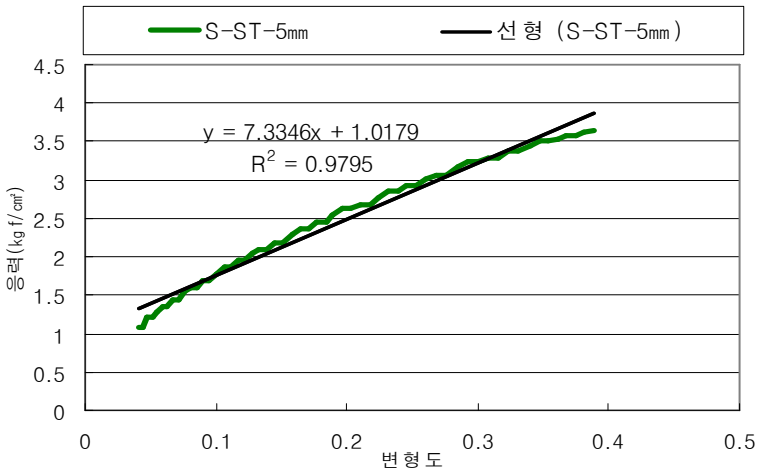


그림 3.36 S-ST-5㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

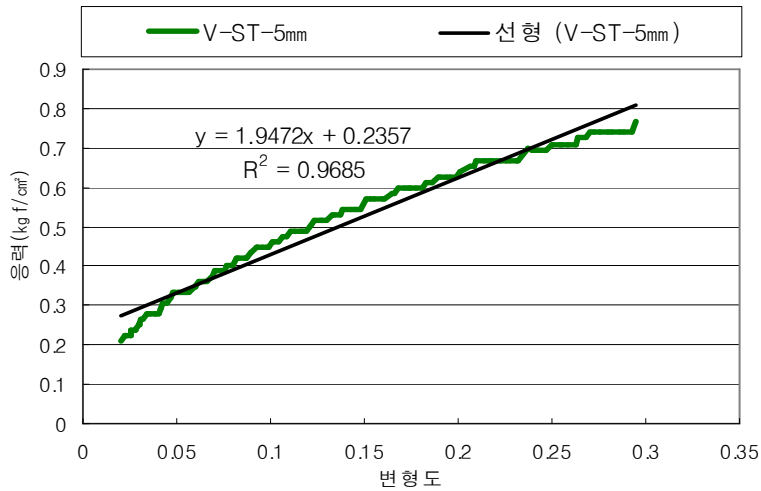


그림 3.37 V-ST-5㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

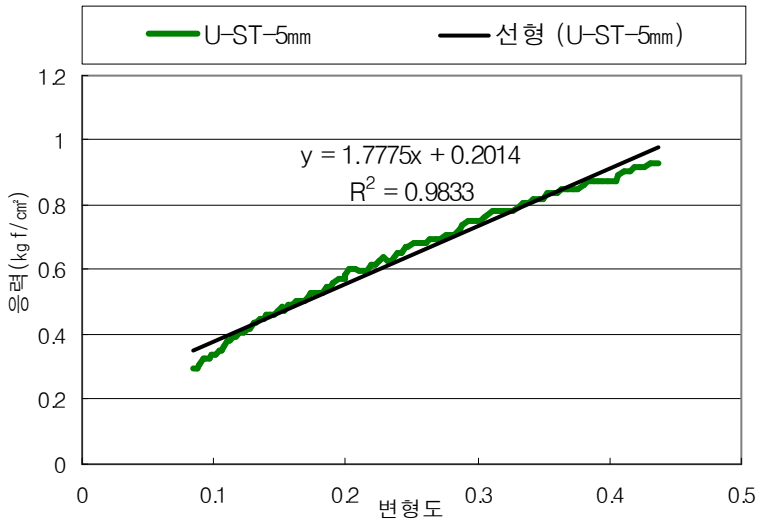


그림 3.38 U-ST-5㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

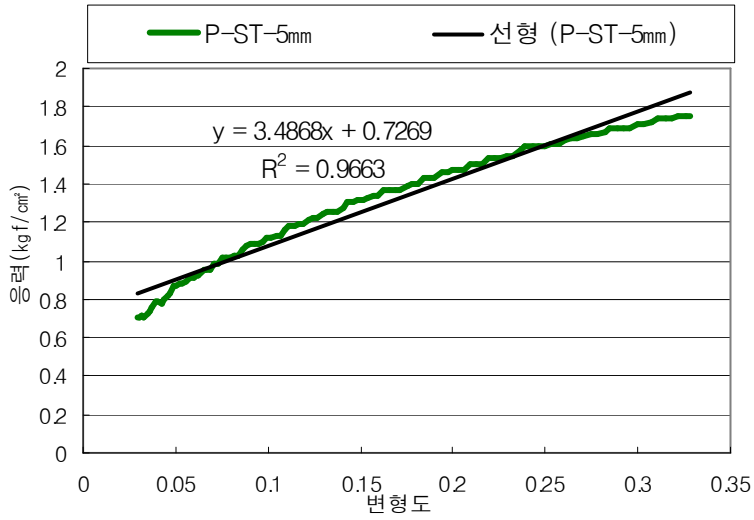


그림 3.39 P-ST-5㎜ 폴리설파이드계 실링재의
탄성률(스테인리스바탕)

그림 3.40은 줄눈두께 5㎜일 때의 실링재 종류별 탄성률을 비교하기 위하여 실링재 종류별로 응력-변형도 곡선과 추세선을 함께 나타내었다.

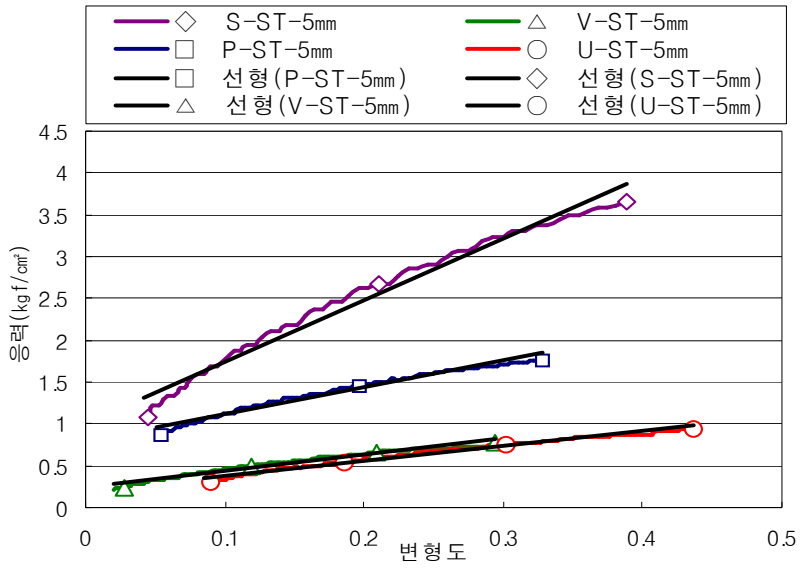


그림 3.40 실링재 종류별 탄성률(줄눈두께 5㎜, 스테인리스바탕)

아래 표 3.8은 위 그림 3.36~그림 3.40의 그래프에서 나타난 응력-변형도 관계 추정식에서 탄성계수를 산정하여 나타낸 것이다.

표 3.8 실링재 종류별 탄성계수 (줄눈두께 5㎜)

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
S-ST-5	y=7.3346x+ 1.0179	R^2=0.9795	7.33
V-ST-5	y=1.9472x+ 0.2357	R^2=0.9685	1.94
U-ST-5	y=1.7775x+ 0.2014	R^2=0.9833	1.78
P-ST-5	y=3.4868x+ 0.7269	R^2=0.9663	3.49

(여기에서 x:변형도, y:응력[kg/㎠])

줄눈두께 5㎜일 때 실링재 종류별 탄성계수 값은 실리콘계가 7.33kgf/㎠으로 탄성계수가 가장 크며, 폴리설파이드계(3.49kgf/㎠), 변성실리콘계(1.94kgf/㎠), 우레탄계(1.78kgf/㎠)의 순으로 낮게 나타난다. 그러나 최대 응력의 차이가 각 실링재 재료마다 다르기 때문에 이러한 탄성계수의 크고 작음만을 줄눈부 실링재 설

계에서 단순히 내력이 우수하다고 보고 적용하는 것은 문제가 있으므로 항상 최대 인장응력 발휘 능력을 고려하면서 채택해야 할 것이다.

(2) 줄눈두께 1㎜일 때 실링재 종류별 탄성률

그림 3.41~그림 3.44는 줄눈두께 1mm인 경우의 실리콘계 실링재, 변성실리콘계 실링재, 우레탄계 실링재, 폴리설파이드계 실링재를 사용한 공시체의 실험결과에서 응력-변형도 곡선의 추세선을 나타내었다.

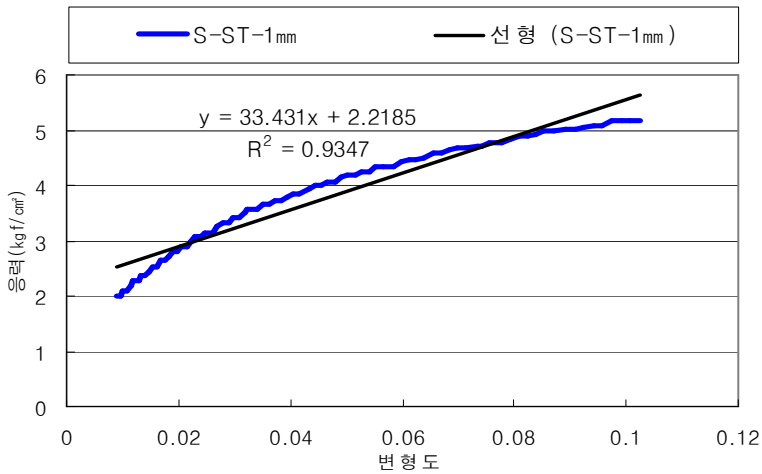


그림 3.41 S-ST-1㎜ 실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

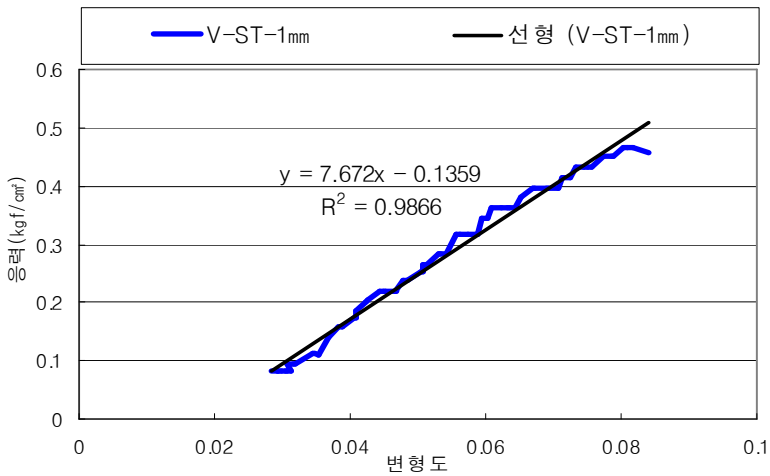


그림 3.42 V-ST-1㎜ 변성실리콘계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

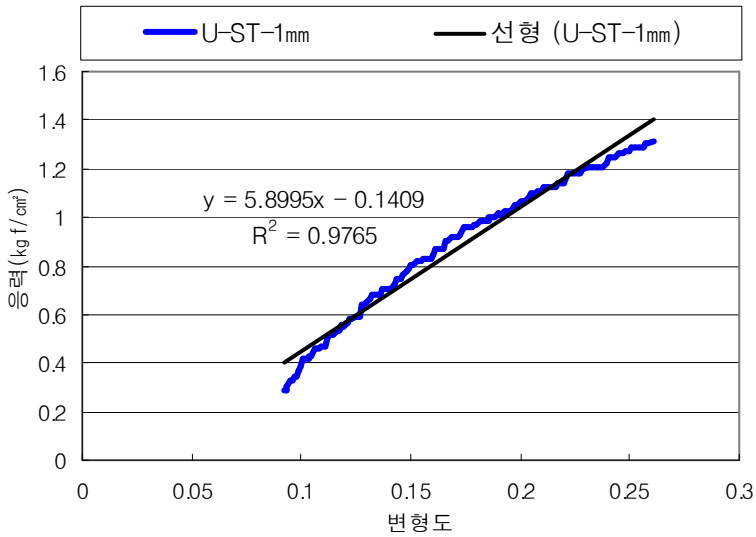


그림 3.43 U-ST-1㎜ 우레탄계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

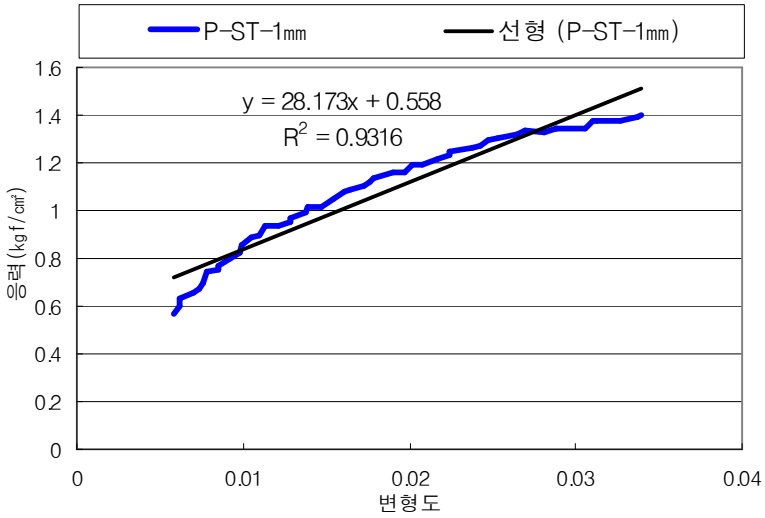


그림 3.44 P-ST-1㎜ 폴리설파이드계 실링재의 탄성률(스테인리스바탕)

그림 3.45는 실링재 종류별 탄성률을 비교하기 위하여 줄눈두께 1㎜일 때 응력-변형도 곡선의 추세선을 실링재 종류별로 구분하여 함께 나타내었다.

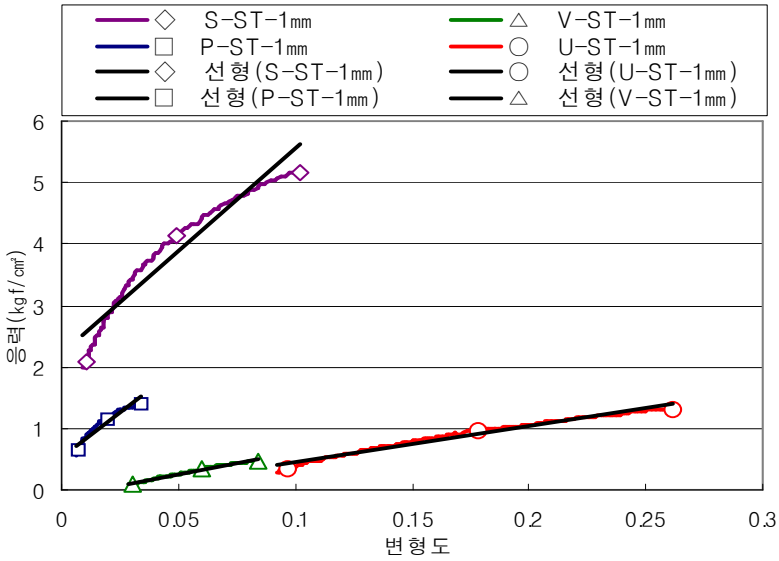


그림 3.45 실링재 종류별 탄성률 (줄눈두께 1㎜, 스테인리스바탕)

아래 표 3.9는 위 그림 3.41～그림 3.44의 줄눈 두께 1mm인 시험체의 응력-변형도 관계 그래프에서 탄성계수를 산정하여 나타낸 것이다.

표 3.9 실링재 종류별 탄성계수(줄눈두께 1㎜)

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
S-ST-1	y=33.431x+ 2.2185	R^2=0.9347	33.43
V-ST-1	y=7.672x-0.1359	R^2=0.9866	7.67
U-ST-1	y=5.8995x-0.1409	R^2=0.9765	5.90
P-ST-1	y=28.173x+ 0.558	R^2=0.9316	28.17

(여기에서 x:변형도, y:응력[kg/㎠])

줄눈두께 1㎜일 때 실링재 종류별 탄성계수 값은 실리콘계(33.43kgf/㎠)가 가장 크고, 폴리설파이드계(28.17kgf/㎠), 변성실리콘계(7.67kgf/㎠), 우레탄계(5.90kgf/㎠)의 순으로 낮게 나타난다. 줄눈두께 10mm, 5㎜일 때와 같이 실리콘계 실링재가 1mm 줄눈두께서도 가장 탄성계수가 크며, 폴리설파이드계, 변성실리콘계,

우레탄계 순으로 나타났다. 그러나 이러한 차이는 단순히 줄눈두께에 의한 차이만으로 보기에는 무리가 있을 것으로 판단된다. 즉, 줄눈 두께가 얇으므로 인해 충전작업의 불량과 가력시험 시 편심에 의한 오차 등 복합적 요인으로 나타나는 결과일 수도 있으므로 보다 면밀한 실험 연구의 필요성이 있다고 본다. 그러나 대체적인 경향에서 볼 때 실리콘계 실링재는 일액형으로서 점도가 비교적 낮고 충전하기 쉬운 장점과 재료 자체의 고유 성질이 강도, 연신율, 탄성률 및 피착재와의 부착성능 측면에서 모두 유리한 것으로 나타난다. 반면에 변성 실리콘계와 우레탄계는 모두 2액형으로서 점도가 비교적 높고 피착재와의 부착성능이 떨어지는 관계로 부재와의 접착상태에서 발휘되는 내력강도, 탄성률 및 변위 추종성에서 낮게 나타나는 특징을 볼 수 있다. 그런데 실링재는 이상의 물리적 특성 이외에 도 중요한 요소로서 내구성 및 비오염성 등을 들 수 있으므로 이에 대한 성능 차이는 별도의 연구를 통해 파악되어야 할 것이다.

3.4 줄눈두께별 부착강도 및 연신율

3.4.1 줄눈두께별 부착강도

그림 3.46은 줄눈두께별 부착강도를 나타낸 그래프이다. 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 부착강도는 1㎜일 때 4.36㎏f/㎠으로 가장 높고 5㎜(4.11㎏f/㎠), 10㎜(3.67㎏f/㎠) 순으로 측정되었고, 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 부착강도는 10㎜일 때 1.03㎏f/㎠으로 가장 높고 5㎜(0.81㎏f/㎠), 1㎜ (0.64㎏f/㎠) 순으로 측정되었다. 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 부착강도는 1㎜일 때 1.44㎏f/㎠으로 가장 높고 10㎜(1.09㎏f/㎠), 5㎜(1.00㎏f/㎠) 순으로 측정되었으며 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 부착강도는 10㎜일 때 2.00㎏f/㎠으로 가장 높고 5㎜(1.89㎏f/㎠), 1㎜(1.45㎏f/㎠) 순으로 측정되었다.

따라서 줄눈 두께별 부착강도는 실링재 종류별로 많은 차이가 나타남을 알

수 있다. 그러나 대체로 줄눈두께에 반비례하는 경향을 볼 수 있으며, 그것은 가력시험 시 두께가 얇을수록 부착면에서의 인장파괴 보다는 경화된 재료 자체의 전단파괴가 일어나는 형태로 되기 때문인 것으로 본다. 따라서 실링재의 부착강도만을 측정하기 위해서는 직접인장방식의 공시체에 의한 방법으로 해야 할 것으로 본다. 본 연구에서는 부착강도 이외에도 실제 건축물에서의 실랭 부위를 상정하여 부재변위에 따른 추종성과 실링부의 구조적 내력을 주로 한 관점에서 실험하였으므로 이와 같은 차이가 발생한다고 본다.

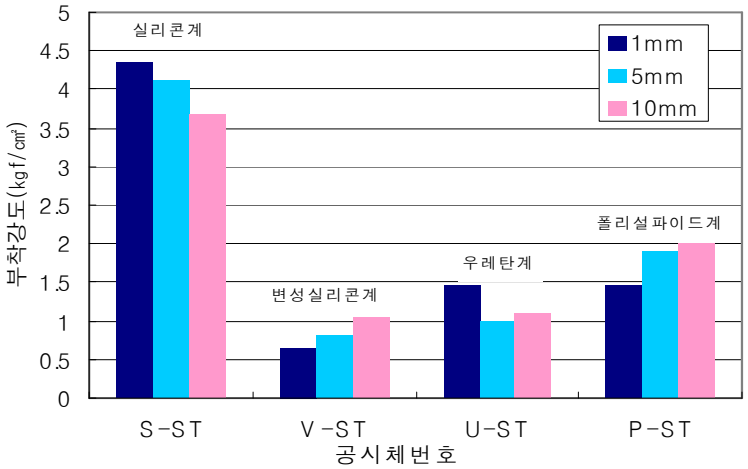


그림 3.46 줄눈두께별 실링재 부착강도

3.4.2 줄눈 두께별 연신율

그림 3.47~그림 3.50 각종 실링재 종류별로 줄눈 두께(1.0, 5.0, 10.0mm)를 달리한 공시체의 실험 결과에서 연신율을 나타낸 그래프이다.

그 중 그림 3.47은 실리콘계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 연신율을 나타낸 그래프이다. 실리콘계 실링재의 줄눈 두께별 연신율은 10㎜일 때 169%로 가장 큰 연신율을 보였고 5㎜(78%), 1㎜(19%)순으로 큰 차이가 나타났다.

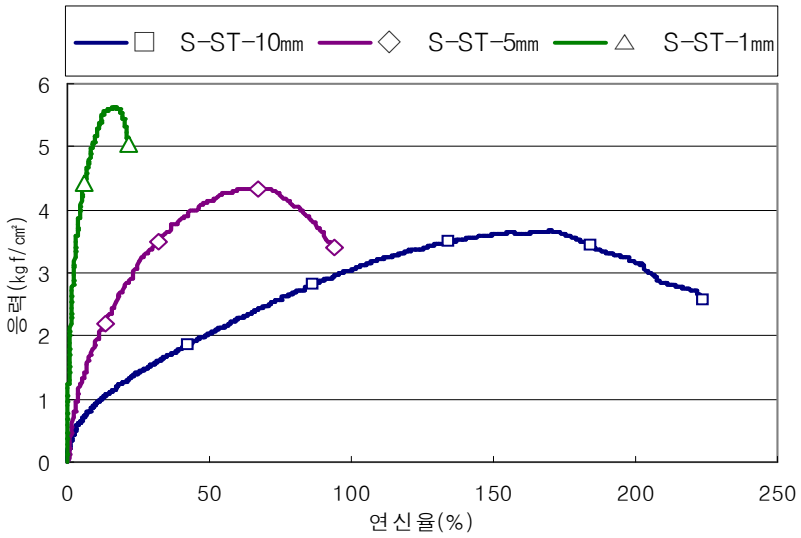


그림 3.47 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 연신율(스테인리스바탕)

그림 3. 47 그래프에서의 줄눈 두께별 확연한 차이는 앞에서 기술한 바와 같이 실험방법 및 공시체 제작 형상의 특성에서 나타는 결과로 볼 수 있다. 그러나 이러한 수준으로의 큰 차이는 실제 실링부를 설계하는 단계에서 본다면, 강도를 우선할 경우와 부재 변위에 대한 실링재 추종성을 우선하고자 하는 경우가 구별 되어야 하며, 동일 재질의 실링재를 사용한다 하더라도 설계두께 차이를 통해서 다른 결과를 얻을 수 있다는 점을 드러내고 있는 것이다.

그림 3.48은 변성 실리콘계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 연신율을 나타낸 그래프이다. 줄눈 두께별 연신율은 10㎜일 때 246%로 가장 큰 연신율을 보였고 5㎜(40%), 1㎜(15%)순으로 나타나 실리콘계와 유사한 경향이다.

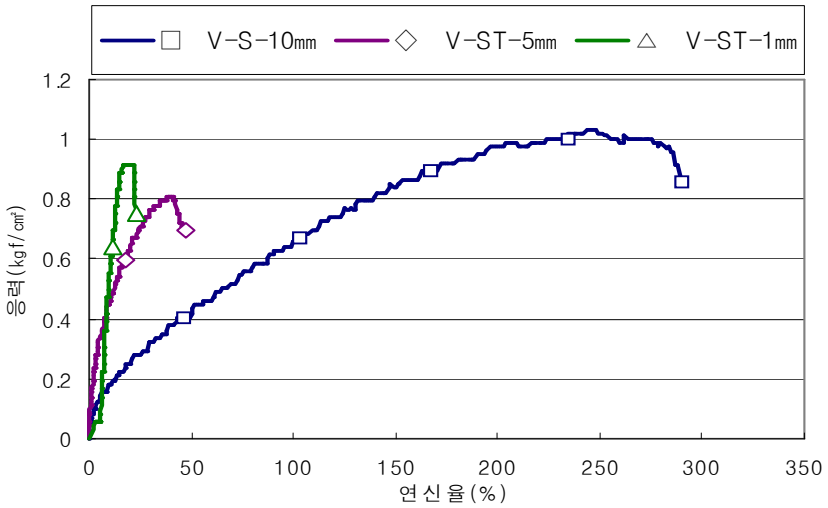


그림 3.48 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 연신율
(화강석, 스테인리스바탕)

그림 3.49는 우레탄계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 연신율을 나타낸 그래프이고, 그림 3.50은 폴리설파이드계를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 연신율을 나타낸 그래프이다.

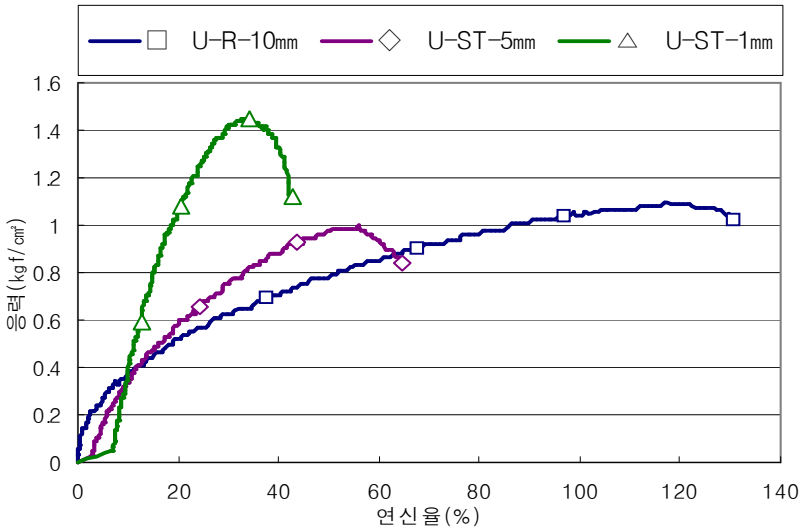


그림 3.49 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 연신율
(점토벽돌, 스테인리스바탕)

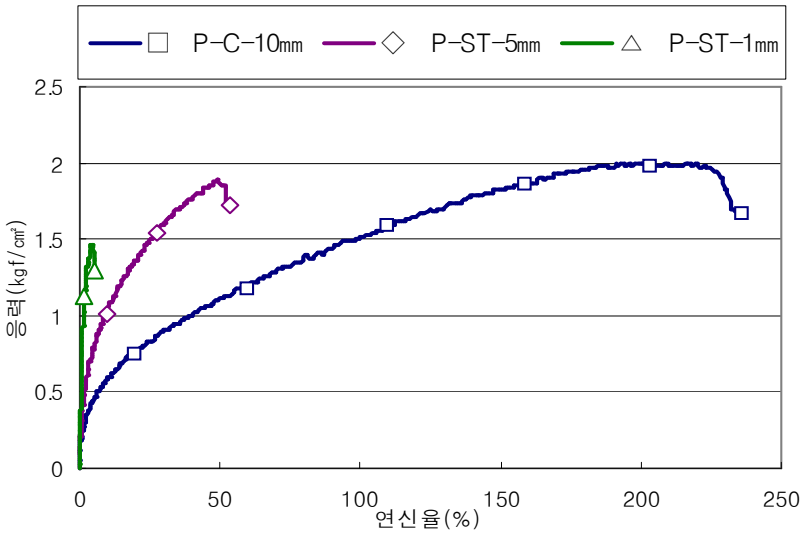


그림 3.50 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 연신율
(시멘트벽돌, 스테인리스바탕)

그림 3.49와 같이, 우레탄계의 경우 줄눈 두께별 연신율은 10㎜일 때 130%로 가장 큰 연신율을 보였고 5㎜(56%), 1㎜(33%)순으로 나타난다. 그림 3.50의 폴리설파이드계의 경우도 타 실링재와 같은 경향으로 줄눈 두께별 연신율은 10㎜일 때 217%로 가장 큰 연신율을 보였고 5㎜(49%), 1㎜(4%)순으로 나타난다

따라서 줄눈두께별 연신율은 대체로 실링재의 종류와는 관계없이 10㎜가 가장 크고 5㎜, 1㎜순으로 나타나 줄눈두께가 클수록 연신율이 크게 나타나는 것을 알 수 있다.

3.4.3 줄눈두께별 탄성률

그림 3.51~그림 3.54는 각종 실링재별로 줄눈 두께를 달리한 시험체의 측정결과에서 탄성률을 나타낸 그래프이다.

그림 3.51은 실리콘계 실링재를 사용하였을 때의 줄눈 두께별 탄성률을 나타낸 그래프이다. 줄눈 두께별 탄성률은 1㎜일 때 33.43kgf/㎠로 가장 높은 탄성계수를 보였고 5㎜(7.33kgf/㎠), 1㎜(2.34kgf/㎠)순으로 나타난다. 줄눈두께가

적을수록 큰 탄성계수를 보여 줄눈두께와 탄성률은 반비례한다고 할 수 있다. 이러한 결과는 재료자체의 물성은 동일하다고 볼 수 있으나, 두께차이에 따른 실링부 경화체의 균질성 여부 및 피착재와의 부착효과 차이 등에서 비롯되는 결과로 볼 수 있다. 따라서 이러한 동일재질에서의 줄눈두께에 따른 탄성률 차이는 실링부 설계에서 고려하여야 할 사항으로 볼 수 있다.

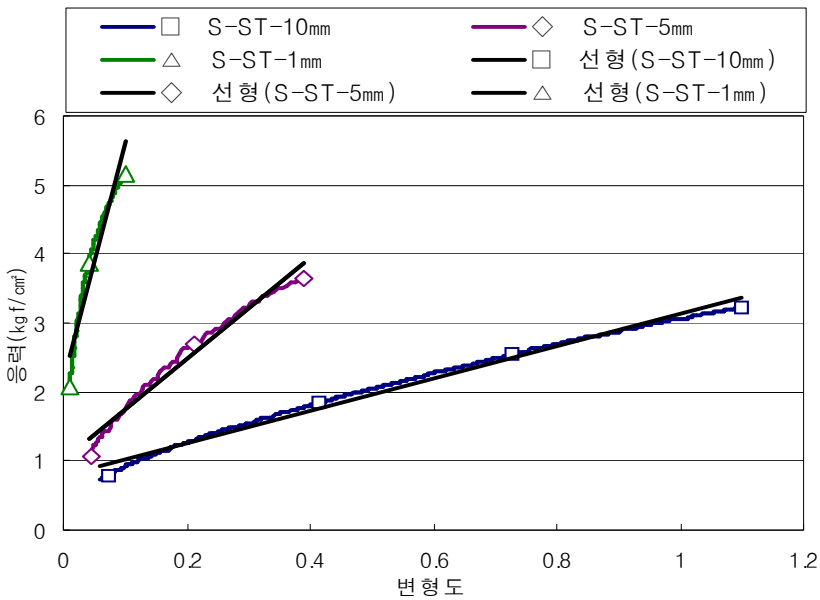


그림 3.51 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성률(스테인리스바탕)

표 3.10 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
S-ST-10	y=2.3404x+ 0.7938	R^2=0.9851	2.34
S-ST-5	y=7.3346x+ 1.0179	R^2=0.9795	7.33
S-ST-1	y=33.431x+ 2.2185	R^2=0.9347	33.43

(여기에서 x:변형도, y:응력[kgf/㎠])

그림 3.52는 변성 실리콘계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 탄성률을 나타낸 그래프이다.

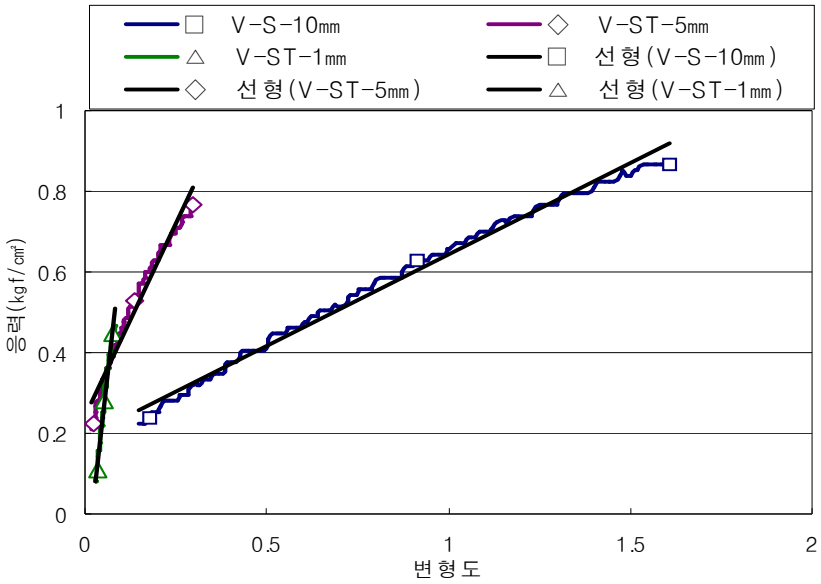


그림 3.52 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성률
(화강석, 스테인리스바탕)

그림 3.52 그래프에서 변성실리콘재 실링부의 줄눈 두께별 탄성률은 1㎜일 때 7.67kgf/㎠로 가장 높고 5㎜(1.94kgf/㎠), 10㎜(0.45kgf/㎠)순으로 나타난다. 이러한 경향은 실리콘계 실링재에서와 동일한 현상이다.

표 3.11은 변성실리콘계 실링재의 줄눈 두께별 탄성계수를 나타낸 것으로 다른 실링재와 유사한 경향이다.

표 3.11 변성실리콘계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
V-S-10	y=0.4518x+0.1904	R^2=0.9916	0.45
V-ST-5	y=1.9472x+0.2357	R^2=0.9685	1.94
V-ST-1	y=7.672x-0.1359	R^2=0.9866	7.67

(여기에서 x:변형도, y:응력[kgf/㎠])

그림 3.53은 우레탄계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 탄성률을 나타낸 그래프이다.

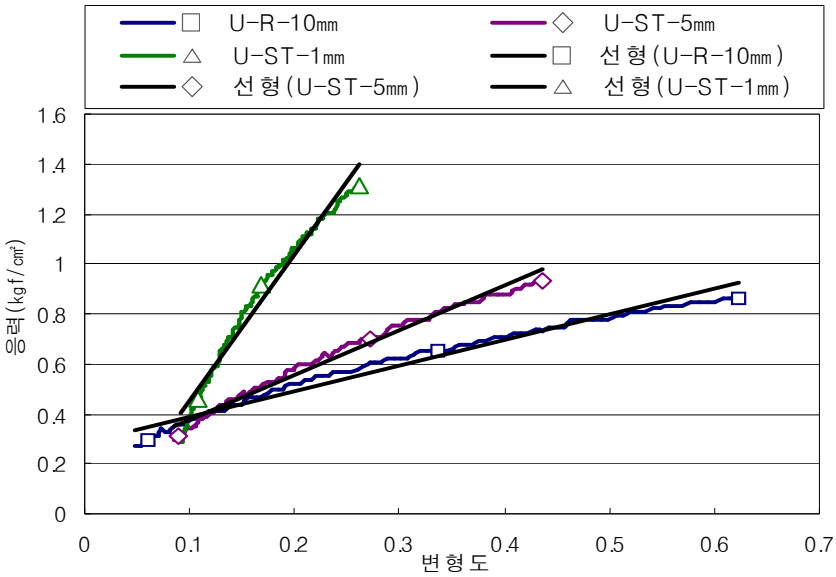


그림 3.53 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성률
(점토벽돌, 스테인리스바탕)

그림 3.53 그래프에서 보면 절대값의 차이는 다소 있으나 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성률도 실리콘계 및 변성실리콘계와 유사한 경향을 보이고 있다.

표 3.12는 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수를 나타낸 것이다.

표 3.12 우레탄계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
U-R-10	y=1.0189x+0.2862	R^2=0.9731	1.02
U-ST-5	y=1.7775x+0.2014	R^2=0.9833	1.78
U-ST-1	y=5.8995x-0.1409	R^2=0.9765	5.90

(여기에서 x:변형도, y:응력[kgf/㎠])

표 3.12에서 우레탄계 실링재의 줄눈 두께별 탄성계수는 1㎜일 때 5.90kgf/㎠로 가장 높고, 5㎜(1.78kgf/㎠), 1㎜(1.02kgf/㎠)순으로 나타나 실리콘계 및 변성실리콘계와 유사한 경향이다.

그림 3.54는 폴리설파이드계 실링재를 사용하였을 경우 줄눈 두께별 탄성률

을 나타낸 그래프이다.

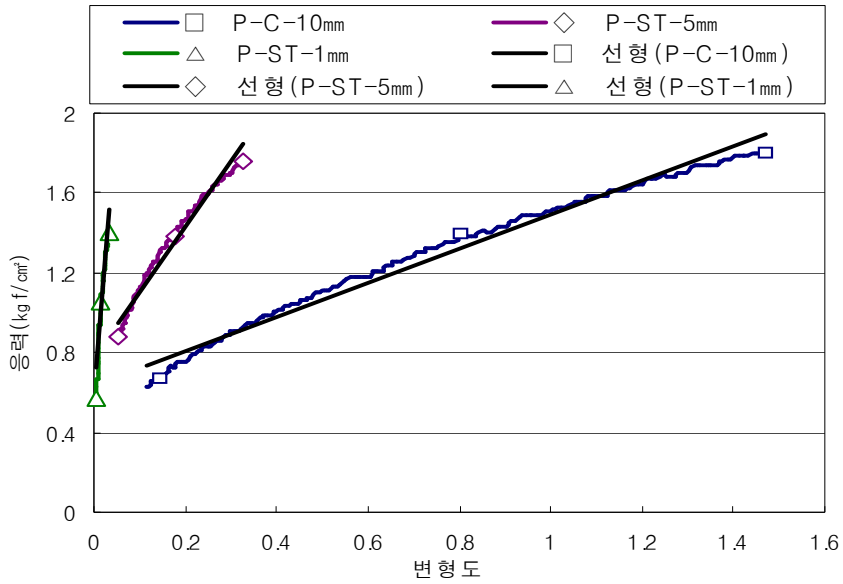


그림 3.54 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 탄성률
(시멘트벽돌, 스테인리스바탕)

그림 3.54에서 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 탄성률도 실리콘계 등과 같이 두께가 얇을수록 높고, 두꺼울수록 낮은 동일한 경향으로 나타나고 있다.

표 3.13은 폴리설파이드계 실링재의 줄눈 두께별 탄성계수를 나타낸 것이다.

표 3.13 폴리설파이드계 실링재의 줄눈두께별 탄성계수

공시체부호	탄성률 추정식	회귀계수	탄성계수(kgf/㎠)
P-C-10	y=0.8527x+0.6414	R^2=0.9836	0.85
P-ST-5	y=3.4868x+0.7269	R^2=0.9663	3.49
P-ST-1	y=28.173x+0.558	R^2=0.9316	28.17

(여기에서 x:변형도, y:응력[kgf/㎠])

표 3.13에서 폴리설파이드계 실링재의 줄눈 두께별 탄성계수는 1㎜일 때 28.17kgf/㎠로 가장 높고, 5㎜(3.49kgf/㎠), 1㎜(0.85kgf/㎠)순으로 낮게 나타나 탄성계수에서도 다른 종류의 실링재와 유사한 경향으로 나타난다.

Ⅴ. 결 론

건축물의 각종 마감부위에서 수밀 및 기밀의 목적으로 충전하여 부착 또는 완충재 기능을 하는 건축용 실링재는 피착면의 거동에 따라 추종하는 정도가 내구성과 더불어 매우 중요하다. 이러한 실링재의 피착면 추종성은 바탕면의 종류와 실링재 품질에 따라 차이가 있으므로 이에 대한 정도를 실험을 통해 파악하고자 하였다. 실험방법은 건축용 실링재 품질 4종류, 피착재료 8종류, 줄눈두께 3종류(1, 5, 10㎜)로 하여 시방에 따라 공시체를 제작하고 접착강도 및 연신율을 측정하였다. 실험결과에서 실링재의 종류, 피착재 종류, 충전두께에 따른 부착강도와 피착부재 변위에 따른 연신율을 고찰하였다.

연구 결과는 다음과 같다.

(1) 실링재 종류에 따라 부착강도, 연신율, 탄성률이 큰 차이가 있었다. 실링재 종류별 부착강도는 줄눈두께에 크게 영향을 받지 않고 실리콘계 실링재, 폴리설파이드계, 우레탄계, 변성실리콘계 순으로 나타났다. 최대 응력에서의 연신율은 줄눈두께 10㎜일 때 변성실리콘계(246%), 5㎜일 때 실리콘계(78%), 1㎜일 때 우레탄계(33%)가 가장 높게 나타났다. 실링재 종류별 탄성률은 실리콘계가 타 실링재보다 매우 높게 나타났다. 따라서 건축용 실링재의 종류를 선택함에 있어서 피착재의 변위에 따른 추종성 즉, 실링재의 연신율이 중요시 될 때는 바탕면의 종류 보다는 실링재 종류별 품질특성에 대한 고려가 우선되는 것이 바람직하다고 볼 수 있다.

(2) 바탕재 종류에 따른 부착강도, 연신율, 탄성률은 차이가 크지 않았다, 실리콘계 실링재를 사용한 경우 부착강도의 크기는 타일이 4.33㎏f/㎠으로 가장 높게 나타났고, 유리(4.03㎏f/㎠), PVC(3.76㎏f/㎠), 스테인리스 스틸(3.68㎏f/

㎠), 알루미늄(3.57㎏f/㎠)순으로 나타났다. 최대응력에서의 연신율은 실리콘계 실링재 일 때 타일이 207%로 가장 높고, 유리, 알루미늄, 스테인리스 스틸, PVC 순으로 나타났다. 바탕재료 종류에 따른 탄성계수 차이는 매우 작았다.

(3) 줄눈 두께 차이에 따른 부착강도, 연신율, 탄성률은 차이가 크게 나타났다. 실리콘계 실링재의 줄눈두께별 부착강도는 1㎜일 때 가장 높게 측정되고 5㎜, 10㎜순으로 낮았다. 그러나 우레탄계 실링재의 부착강도는 1㎜, 10㎜, 5㎜ 순이며, 변성실리콘계 및 폴리설파이드계 실링재의 경우는 10㎜, 5㎜, 1㎜순으로 나타나 일정한 경향성을 파악하기 어려웠다. 그러나 대체로 실리콘계에서 나타나는 바와 같이 실링 두께가 얇을 경우 부착강도는 커지는 것으로 판단된다. 그 이유는 재료자체의 물성은 동일하다고 볼 수 있으나 실링부 두께가 두꺼울수록 충전 및 경화체 자체의 균질성차이와 미경화체의 영향 등으로 하중 측정값이 낮아지고, 시험체 형상에서도 실링부의 두께가 두꺼울수록 인장에 의한 파괴가 일어나기 쉽고 얇을수록 실링재 부착 전체 단면에서의 전단파괴에 의한 내력값으로 측정이 되는 형태이므로 하중 측정치가 높게 나타나는 것에서 기인한다고 본다.

(4) 실링부 줄눈두께별 최대응력에서의 연신율은 실링재 모든 종류에서 줄눈두께 10㎜가 가장 높고 5㎜, 1㎜ 순으로 나타났다. 그리고 줄눈 두께별 탄성률의 값은 반대로 1㎜가 가장 높고, 5㎜, 10㎜의 순으로 나타나 연신율과 탄성률의 관계는 반비례하는 것으로 나타났다. 같은 재질의 공시체에서 이와 같이 줄눈 두께별로 연신율과 탄성률의 관계가 반비례하는 것으로 나타나는 것은 줄눈두께가 두껍거나 얇다는 것은 실링부에 채워진 탄성재질의 실링재량이 많고 적음의 차이를 나타내므로 최대 연신량의 차이가 있을 수밖에 없으며, 또한 앞의 줄눈두께 차이에 따른 부착강도에서 기술한 바와 같은 이유에서 비롯된다고 본다. 이러한 차이는 건축물 실링부의 설계과정에서 고려되어야 할 사항으로 본다.

이상의 결과에서 각종 건축용 실링재의 부착강도, 연신율 및 탄성률은 바탕재료에 따른 차이는 미미하며, 실링재의 종류별 품질과 줄눈두께에 따라서 크게 다르다는 것을 알 수 있었다. 이러한 기초자료를 토대로 건축물의 각종 실링작업에 대한 시방사항 작성 및 품질관리 기준에 대한 더욱 세밀한 연구가 계속되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

1. 김경민 외 2인, 석공사 줄눈부위의 실링재에 의한 석재오염도의 평가, 대한건축학회논문집 제21권 3호, pp.161～168, 2005.
2. 이원현, 실링(Sealing)재의 올바른 이해와 사용, 대한건축학회지 30권 2호 통권 129호, pp.56～59, 1986.
3. 대한주택공사편, 실링(Sealing)의 결함과 보수, pp.66～81, 1991.
4. 대한주택공사편, 건물의 열화진단과 보수개수공법, pp.1～64, 1994.
5. 건축정보센터편, 건축 Detail Bank 12. 줄눈의 이음과 디테일, 시공문화사, 1997.
6. 건설도서편집부 역, 건축시공관리 체크리스트, 건설도서, 1998.
7. 한국건설기술연구원, 기존 건축물의 유지관리 지침개발, 1993.

(관련규격)

1. ASTM C 1248, Standard test method for staining of porous substrate by joint sealants, 1993.
2. KS F 2621, 건축용 실링재 시험방법, 2000.
3. KS F 3215, 건축용 개스킷, 2000.
4. KS F 3216, 건축용 발포체 개스킷. 1998.
5. KS F 3718, 접착재의 접착강도 시험 방법 통칙, 2002.
6. KS F 3721, 접착재의 압축 전단 접착 강도 시험 방법, 2002.
7. KS F 4032, 건축용 실링재의 용도별 성능, 1998.
8. KS F 4910. 건축용 실링재. 2000

부 록

[실험 사진]

사진 1. 부착시험 기준 피착재의 가공 형상

사진 2. 피착재료의 가공 (벽돌)

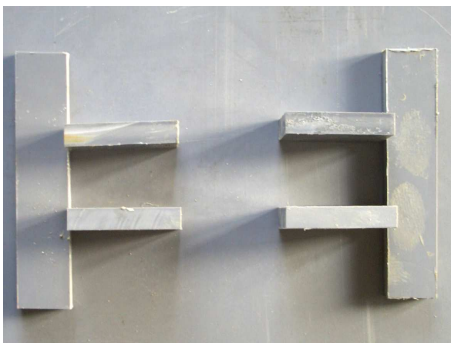


사진 3. 공시체 제작용 고정 형틀

사진 4. 바탕면 세척

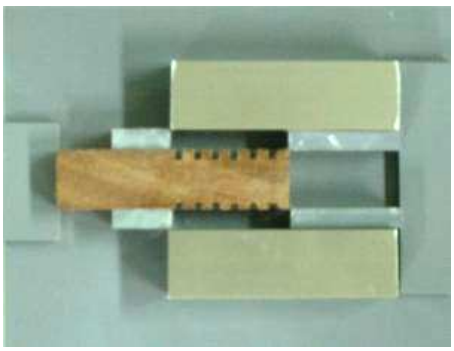


사진 5. 가력용 철형(凸) 기준봉과 피착재의 조합 상태

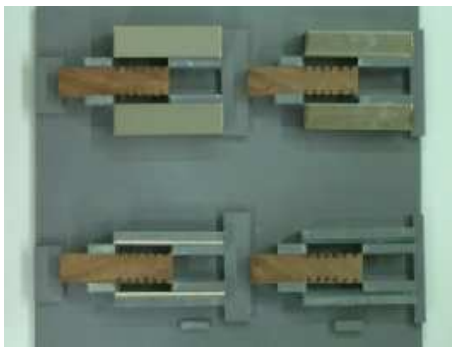


사진 6. 실링재 충전 전의 모습

사진 7. 실링재 혼합 모습

사진 8. 실링재 충전 모습

사진 9. 실링재 충전 후 양생 (21일간)

사진 10. 압축전단부착강도 시험 모습

사진 11. S-A-10 공시체의 파괴직전 모습

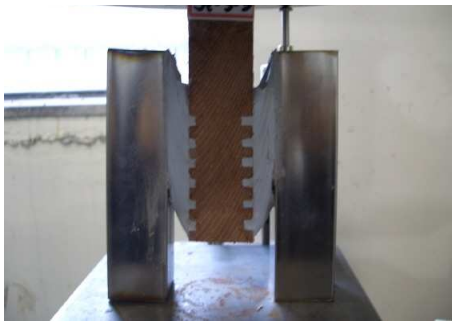


사진 12. S-ST-10 공시체의 파괴직전 모습

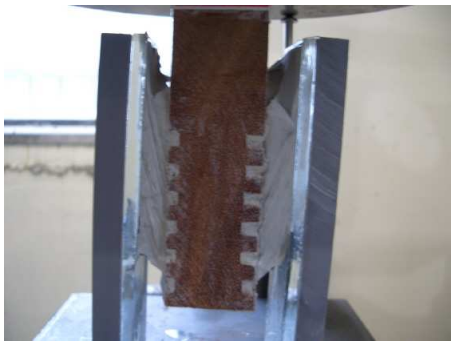


사진 13. S-G-10 공시체의 파괴직전 모습

사진 14. S-T-10 공시체의 파괴직전 모습

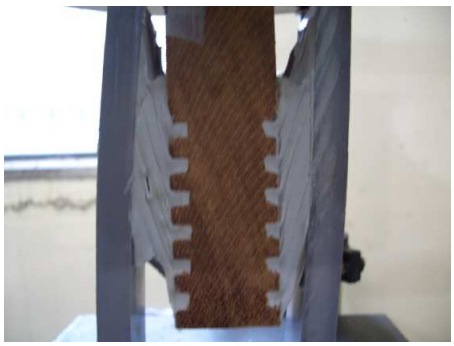


사진 15. S-P-10 공시체의 파괴직전 모습

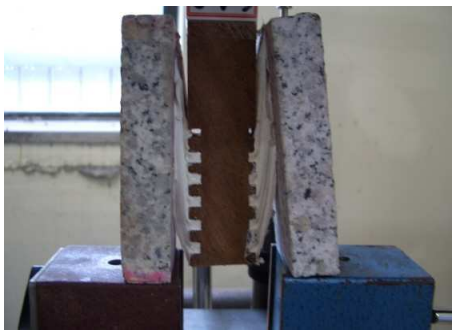


사진 16. V-S-10 공시체의 파괴직전 모습

사진 17. U-R-10 공시체의 파괴직전 모습

사진 18. P-C-10 공시체의 파괴직전 모습