

방수시트의 평행접합방법에 따른 인장성능 평가연구

A Study on the Evaluation of Tensile Performance According to Parallel Jointing Methods of the Sheet Membrane Waterproofing System

○ 이 정 윤*

Lee, Jeoung-Yun

오 미 현**

Oh, Mi-Hyun

곽 규 성***

Kwak, Kyu-Sung

오 상 근***

Oh, Sang-Keun

Abstract

A heat and room temperature construction method of asphalt have been mainly applying to rooftop waterproofing in concrete structure, and the rest construction method are sheet, membrane and mortar waterproofing construction method.

In particular, joint method in sheet waterproof method is as overlap joint which on being reinforced with fiber and tape, have been applying for job site to mechanical fix using protection disk and anchorage and metal ironwork on the end of sheet. These construction method cause cutting off joint of sheet as behavior of structure according to repairs of sheet itself and thermal conduct, outdoor air environment.

In conclusion, we analyzed and examined the application of various sheets and piece ashes about superior "I" joint which divide from one and the other sheet and progressed about joint construction method of fixing method for overlap.

키 워 드 : 시트 방수재, 조인트, 폴리우레탄, 인장성능, 신장률.

Keywords : Sheet Membrane Waterproofing, Joint, Polyurethane, Tensile Performance, Tensile Ratio

1. 서 론

구조물의 옥상방수(Roof Waterproofing)는 거주자의 쾌적성, 사용성 및 구조물 자체의 안정성에 영향을 미치기 때문에, 구조물의 누수안정성을 확보하기 위하여 방수재료 및 공법에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있다.

지금까지 사용되어온 옥상방수 공법으로는 아스팔트 열공법 및 상온공법이 주로 사용되어져 왔으며, 시트방수공법과 도막방수공법, 스테인레스 방수, 모르타 방수가 부분적으로 적용되어 왔다. 특히, 시트 방수공법에 있어서 접합방식은 오버랩 조인트 방식을 사용하여 적층식으로 접합하고, 그 부위에 보강포 및 테이프를 시공한 후, 보호 디스크와 앵커(칼블럭)를 사용해 기계적으로 고정하는 방법이 많이 사용되어 왔으며, 단부에서도 금속철물을 사용하여 강제 고정하고 있다. 이러한 방식은 시트 자체의 수축 및 열적 거동, 외기 환경 등에 따라 거동이 발생되며, 시트간 연결부위가 파단되는 등의 문제점을 유발하게 되었다.

따라서 본 연구는 시트간 접합 및 고정 방식중 오버랩이 발생되지 않는 접합방식에 대하여 연구를 진행하였으며, 연구범위 평행접합방법인 "I" 조인트(시트와 시트를 일정간격 이격 시킨 조인트)에 대하여 인장성능을 검토하였다.

2. 시트계 방수공법의 접합방법 및 문제점 검토

2.1 기존 시트 방수재의 접합방법

1) 용융 아스팔트 접합

아스팔트를 열로 용융시켜 사진 1과 같이 도포하거나, 버너를 사용하여 사진 2와 같이 고정시키는 방법을 말한다.

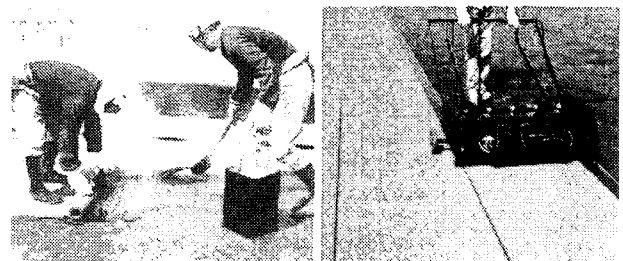


사진 1. 용융 아스팔트 도포

사진 2. 버너를 사용한 도포

2) 열풍 접합 및 칼블럭 고정 접합

열풍접합은 사진 3과 같이 열풍을 이용하여 접합하는 방식을 말하고, 칼블럭 고정 접합 방식은 사진 4와 같이 시트의 종류에 따라 바탕에 칼블럭을 설치하여 고정하는 방식을 말한다.

* 정회원, 서울산업대학교 산업대학원 석사과정.

** 정회원, 서울산업대학교 주택대학원 석사과정.

*** 정회원, BK 방수기술연구소 소장

**** 성회원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수

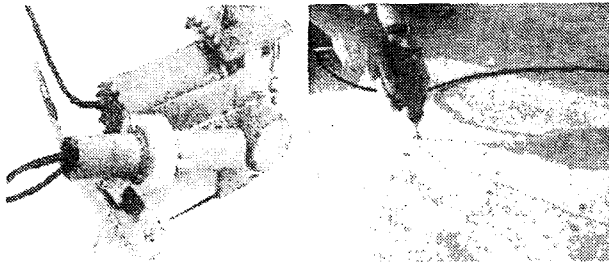


사진 3. 열풍 접합

사진 4. 갈블럭 설치

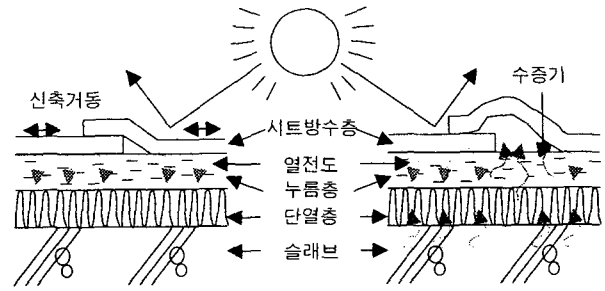


그림 1. 시트간 오버랩 조인트 부위의 성능저하 모식도

2.2 시트방수공법의 문제점

1) 부풀음 및 들뜸, 주름에 의한 성능저하

시트재를 시공한 후 외기 및 일사 등에 의해 시트의 팽창 및 수축이 일어나 부분적으로 들뜸 혹은 주름이 발생하는 경우가 있다. 사진 5와 같이 방수층의 국부적인 들뜸 및 주름 등은 보행용 옥상 방수층의 마모를 촉진하여 성능저하를 초래할 수 있으며, 바닥 슬래브의 구배 불량에 따라 사진 6과 같이 부분적인 물고임 현상이 발생할 수 있다.

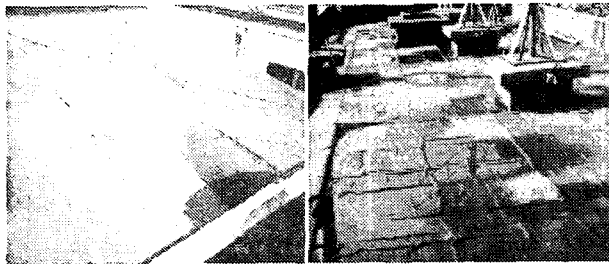


사진 5. 시트의 들뜸 및 주름

사진 6. 부분적 물고임 현상

2) 조인트 부위의 파단

시트 내부에 잠재되어 있는 응력과 재료적 특성에 기인하여 현장시공된 시트 방수층은 지속적인 응력을 받게되며, 자기수축 및 팽창 등에 의해 시트간 연결 조인트 및 방수층 단부에 집중응력이 가해져 사진 7과 같이 파단되는 예가 있다.

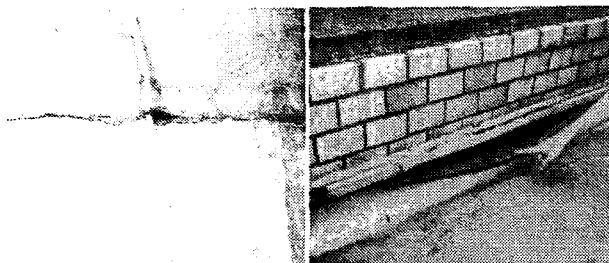


사진 7. 시트간 조인트 및 단부의 성능저하 사례

오버랩 조인트의 접합부에 있어서 성능저하 및 파단 메카니즘은 그림 1과 같이 바탕의 거동, 외기 온도의 변화 등에 의해 시트가 거동을 하게 되며, 바탕의 수증기 기화에 따른 팽압 작용, 장기적인 반복거동과 바탕의 균열, 옥상공간의 사용에 따른 마찰, 마모 등에 의해 영향을 받아 서서히 성능저하가 일어나게 된다.

3. 실험 내용 및 범위

3.1 실험 내용

시트간 연결 조인트 부위의 구조적 개선을 통하여 새로운 조인트 방식의 도입을 도모하였으며, 각각의 타입에 따른 조인트 부위의 성능을 평가하였다. 또한 시트간 접합 및 고정 방식중 오버랩이 발생되지 않는 평행 접합방식의 시트간 접합 형태를 맞댄 조인트 형태와 시트를 일정간격을 이격 시킨 "I"조인트 타입에 대하여 인장성능을 비교평가하였다.

측정결과를 바탕으로 가장 안정적인 조인트 접합형태에 대하여 유리섬유 보강 폭에 따른 강도증진 성능을 검토하였다.

또한 다양한 시트재 및 도막재를 사용하여 시트간 접합방식을 3면 접합 "I"조인트의 형태로 접합하였을 경우의 인장강도 및 신장성능에 관한 비교평가함으로써 "I"조인트 적용성능을 검토하고자 하였다.

3.2 맞댄 접합방식과 "I" 조인트 접합방식에 따른 인장성능 평가

1) 실험계획

시트간 오버랩이 발생되지 않는 시트간 접합방식에 대한 인장성능 평가에 관한 실험계획은 표 1과 같다.

시트간 조인트 접합형태로서 A, B Type은 시트를 맞댄 상태에서 상부에 폴리우레탄으로 고정되는 방식과 상부 및 하부에 폴리우레탄 도막을 형성하는 조인트 형식을 대상으로 하였다.

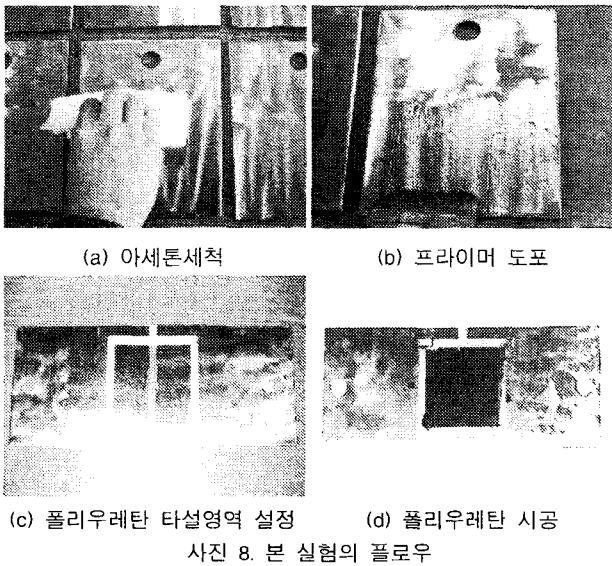
표 1. 실험계획

Type	시험체 모식도		평가항목
A	맞댄 1면		·인장강도 (kgf/cm)
B	맞댄 2면		
C	I조인트 2면		·신장량 (mm)
D	I조인트 3면		

C Type의 경우 시트를 10mm 띄운 상태로 설치하고 폴리우레탄을 조인트 부위에 부어 넣는 방식으로서 상면과 조인트 면에 대하여 2면 접착한 형태를 한 형식으로 하였으며, D Type의 경우 조인트 부위와 상부 및 하부 면을 모두 접합하는 3면 접합방식을 대상으로 하였다.

2) 사용재료 및 측정 방법

본 연구에서는 사진 8과 같이 스테인레스판 및 폴리우레탄에 시트에서 발생하는 인장력, 변형 및 탄성력 등 외적요인에 대한 영향을 제거하기 위하여 5mm 두께의 스테인레스판을 시트재로서 사용하였다. 또한, 조인트 접합에 사용한 도막방수제는 폴리우레탄을 사용하였다.



3) 실험 결과 및 고찰

두께 5mm의 스테인레스 철판에 폴리우레탄 도막재를 사용하여 조인트를 각각의 Type별로 접합시킨 시험체의 인장강도 및 신장량 측정결과를 표 2에 나타내었다.

표 2. 인장강도 및 신장량 측정결과

Type	시험체 모식도	인장강도 (kgf/cm)		신장량 (mm)	
		측정치	평균	측정치	평균
A		1	4.6	1	12.4
		2	3.4	2	15.8
		3	4.0	3	8.9
B		1	8.6	1	12.6
		2	7.8	2	9.5
		3	8.0	3	10.5
C		1	13.6	1	12.5
		2	12.6	2	12.3
		3	15.2	3	11.3
D		1	17.6	1	12.4
		2	16.8	2	12.1
		3	17.0	3	11.8

C, D 시험체의 시트간 이격거리 : 10mm

각 조인트 Type에 따른 인장강도 및 신장량 평가결과 및 대조 조인트(1면 접합, 2면 접합)에 비하여 "1" 조인트(2면, 3면 접합)의 인장강도가 높게 나타났다. 시트 접합방식 중 시트간 맞댄 이음방식인 A, B Type의 인장강도 평가결과 A Type의 경우 4kgf/cm, B Type은 8.1kgf/cm로 나타났고, "1" 조인트(10mm 이격)방식인 C Type(2면)의 경우 13.8kgf/cm D Type(3면)의 경우 17.1kgf/cm로 폴리우레탄에 의한 접합면적이 증가함에 따라 비례적으로 인장강도도 증가하는 경향으로 나타났다.

3.3 유리섬유보강에 따른 "1" 조인트의 인장성능 평가

1) 실험계획

시트간 접합 조인트 형태에 따른 인장강도 평가결과 가장 높은 강도발현 성상 및 균질한 파단형태를 나타낸 3면 접합 "1"조인트에 대하여 유리섬유 보강에 따른 강도증진 효과를 검토하였다.

하부 우레탄 시공 후, 시트를 10mm 이격시키고, 한쪽 시트 면에 대하여 유리섬유를 각각 무처리, 10mm(전체 섬유길이 30mm), 20mm(50mm), 30mm (70mm) 및 45mm (100mm)로 하여 시트간 조인트를 접합 시공하였으며, 조인트 처리재로 사용한 폴리우레탄 경화시간을 고려하여 상온 하에서 2주간 방치한 후 인장강도 및 신장량을 평가하였다.

본 연구의 실험계획은 표 3에 나타낸 바와 같다.

표 3. 실험계획

Type	유리섬유 보강폭	시험체 모식도	평가항목
D	무처리		·인장강도 (kgf/cm) ·신장량 (mm)
	10mm		
	20mm		
	30mm		
	45mm		

2) 사용재료 및 측정방법

본 실험에 사용한 시트재 및 조인트 처리재는 3.2에 나타낸 스테인레스 철판 및 폴리우레탄을 사용하였으며, 조인트 보강을 위해 사용한 유리섬유 직포의 물리적 성질은 표 4에 나타낸 바와 같다.

표 4. 유리섬유 직포의 물리적 성질

밀도 (올/25mm)	중량 (g/m ²)	인장강도 (kgf/25mm)	두께 (mm)	비고
경사 : 6.0 위사 : 5.8	147.8	경사 : 81.4 위사 : 103.7	0.5	

시공 방법은 3.2절의 D Type 시험체와 동일한 방법으로 진행하였으며, 유리섬유 보강에 있어 조인트 우레탄 시공시 들뜸을 방지하기 위하여 스테인레스 철판면에 밀착하여 시공하였다.

3) 실험결과 및 고찰

본 연구의 측정결과를 표 5에 나타낸 바와 같다.

표 5. 인장강도 및 신장률 측정결과

유리섬유 보강폭	시험체 모식도	인장강도 (kgf/cm)		신장률 (mm)			
		측정치	평균	측정치	평균		
무처리		1	17.6	17.1	1	12.4	12.1
		2	16.8		2	12.1	
		3	17.0		3	11.8	
10mm		1	24.6	24.8	1	10.2	9.4
		2	25.2		2	9.0	
		3	24.6		3	9.0	
20mm		1	34.8	35.1	1	10.3	10.5
		2	35.6		2	10.2	
		3	35.0		3	11.1	
30mm		1	50.8	50.5	1	9.6	9.2
		2	50.6		2	8.8	
		3	50.2		3	9.3	
45mm		1	59.6	60.4	1	8.0	8.1
		2	61.4		2	8.2	
		3	60.3		3	8.0	

유리섬유를 보강하지 않은 시험체의 단위길이당 인장강도는 17.1kgf/cm 정도로 나타났으며, 유리섬유를 보강한 시험체의 경우 유리섬유 보강폭이 증가함에 따라 인장강도도 크게 증가되는 경향을 보이고 있다.

유리섬유 보강폭에 따른 단위길이당 인장강도는 10mm의 경우 24.8kgf/cm, 20mm는 35.1kgf/cm, 30mm는 50.5kgf/cm로 나타났으며, 기존에 사용되고 있는 유리섬유(총 길이 100mm)를 절단하지 않고 그대로 사용한 경우의 인장강도는 60.4kgf/cm로 나타나 본 연구 범위에 있어서 유리섬유 보강폭이 증가함에 따라 인장강도는 더욱 증가될 것으로 사료된다.

한편, 신장률 측정결과를 보면 보강폭 10mm 및 20mm에 있어 다소의 증가경향도 보이고 있으나, 유리섬유 보강폭 증가에 따라 전체적으로 감소하는 추세를 보이고 있다.

유리섬유 보강에 따라 인장강도는 150~350%의 증가 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났으며, 인장강도 증가경향에 비하여 신장률의 현저한 저하는 없는 것으로 사료된다.

3.4 각종 시트와 도막재를 사용한 "I" 조인트의 성능평가

다양한 시트재 및 도막재를 상용하여 시트간 접합방식을 3면 접합 "I"조인트의 형태로 접합 하였을 경우의 인장강도 및 신장률에 대해 비교평가함으로써 "I"조인트 적용성능을 검토하고자 하였다.

1) 실험계획 및 실험방법

표 6는 실험계획을 나타낸 것으로 시트재로는 개량아스팔트 시트와 PVC 시트를 대상으로 하였으며, 개량아스팔트 시트의 종류로서 부직포 및 직포, 모래뿌림 등의 처리를 한 4가지 종류를 선정하였다. 또한, 조인트 및 시트층 상부의 도막 방수층 형성용 도막재로서 수반응형 우레탄과 일반적으로 사용되는 2액형 도막방수용 우레탄을 선정하였다.

표 6. 실험계획

기호	시트재	도막재	평가항목	
A-A	개량아스팔트 1면 부직포(P.E) 양면 부직포(P.E) 1면 부직포(P.P) 1면 부직포(P.P) 심재: 부직포(P.E) 1면 미세모래	A	· 촉진노출 시험 전·후 인장강도 (kgf/cm) · 신장률 (%) · 내피로 성능	
A-U		수반응형 우레탄		A
B-A		2액형 우레탄		U
B-U		수반응형 우레탄		A
B-A		2액형 우레탄		U
C-A		수반응형 우레탄		A
C-U		2액형 우레탄		U
D-A		수반응형 우레탄		A
D-U		2액형 우레탄		U
E-A		PVC		E
E-U	2액형 우레탄		U	

※ P.E = 폴리에스터, P.P = 폴리 프로필렌

표 7. 실험조건

실험명	실험조건	비고
촉진노출시험	KS F 2274 120분 자외선 폭로 18분 살수방식을 1사이클 총 250시간	
인장강도 및 신장률	만능재료 시험기 사용 100mm/m 속도로 인장	

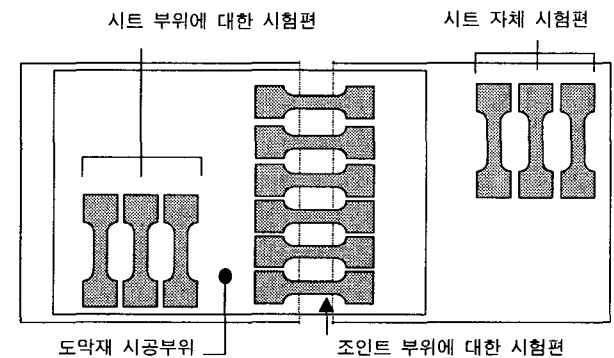


그림 2. 시험체 채취 부위 모식도

2) 실험결과 및 고찰

4개의 개량아스팔트 시트와 PVC시트에 수반응형 우레탄(기호 A) 및 일반용 2액형 우레탄(기호 U)을 사용하여 "I" 조인트 접합시킨 시트의 조인트부위("I" 조인트)에 대하여 촉진노출 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과를 그림 3 ~ 그림 11에 각각 나타냈다.

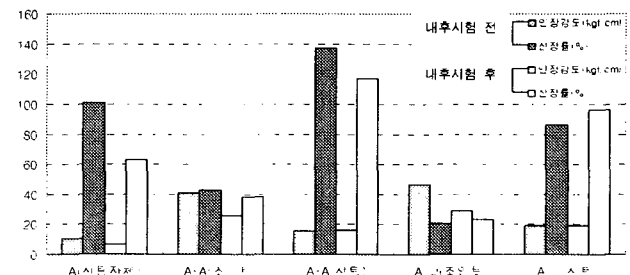


그림 3. 촉진폭로 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과 (A TYPE)

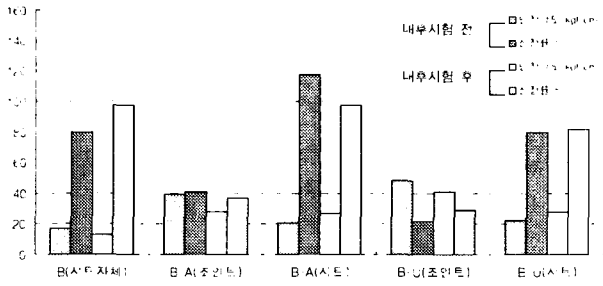


그림 4. 축진폭로 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과 (B TYPE)

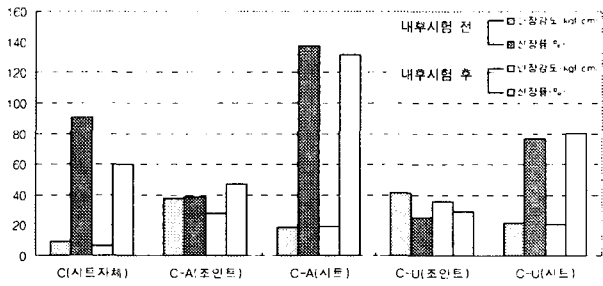


그림 5. 축진폭로 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과 (C TYPE)

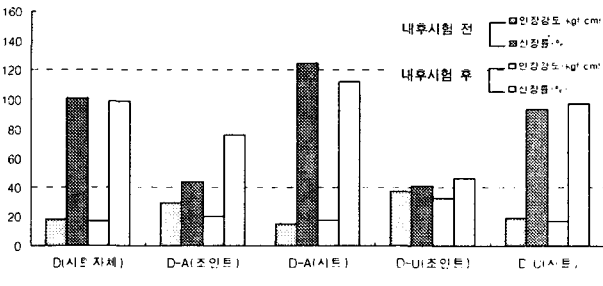


그림 6. 축진폭로 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과 (D TYPE)

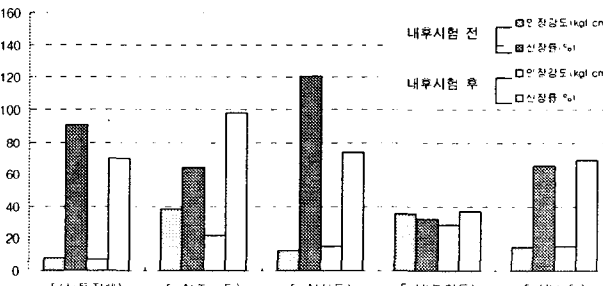
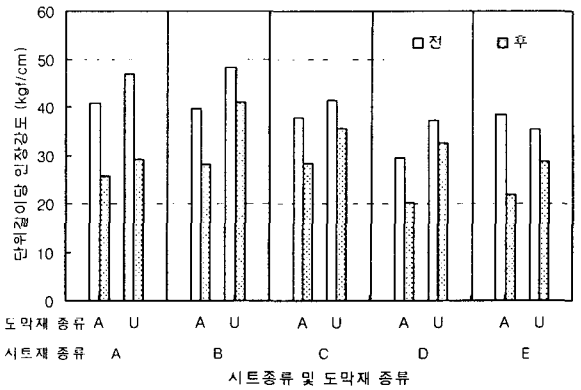


그림 7. 축진폭로 시험 전·후의 인장강도 및 신장률 평가결과 (E TYPE)

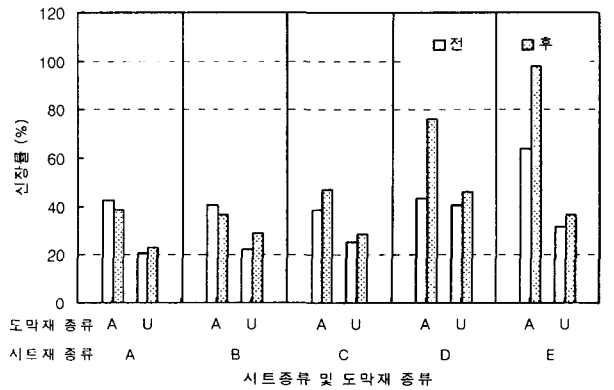
그림 3 ~ 그림 7 까지 결과를 보면 축진폭로 시험후 인장강도와 신장율이 축진폭로 시험전 인장강도와 신장률보다 다소 낮게 나타났다.

각 시트 종류별 시트 자체의 단위길이당 인장강도는 20kgf/cm이하, 시트에 도막재를 도포한 시트의 단위길이당 인장강도는 25kgf/cm이하였으나, 조인트 부위의 경우 대부분 30kgf/cm 이상을 발휘하는 것으로 나타났다.



도막재 종류 A : 수반응형 우레탄
U : 일반용 2액형 우레탄

그림 8. 축진폭로 시험 전·후의 인장강도 평가결과

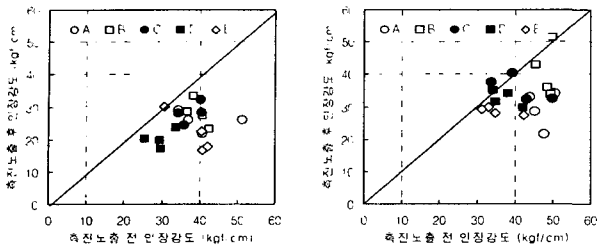


도막재 종류 A : 수반응형 우레탄
U : 일반용 2액형 우레탄

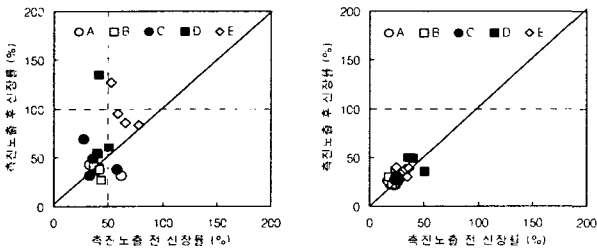
그림 9. 축진폭로 시험 전·후의 신장률 평가결과

축진노출 시험 전의 단위길이당 인장강도는 시트 종류 및 도막재 종류에 따라 다소의 차이는 보이고 있으나 30~50 kgf/cm의 영역으로 나타났으며, 축진노출 시험 후의 단위길이당 인장강도는 20~40kgf/cm로 다소 저하하는 경향을 보이고 있다. 조인트 도막재 종류에 따라 보면 일반용 2액형 우레탄의 경우가 수반응형 우레탄에 비하여 조인트의 인장강도는 높게 발휘되는 경향을 보이고 있으며, 신장률의 경우 큰 경향은 나타나지 않고 있다. 한편, 조인트 부위의 신장률은 A, B, C Type 개량아스팔트 시트의 경우 유사한 수준을 보이고 있으며, D, E Type 시험체의 경우 다소 신장률이 큰 경향을 보이고 있다.

축진노출 시험 전·후의 수반응형 우레탄 및 일반용 2액형 우레탄을 시공한 시트재의 인장강도 및 신장률의 상관성을 나타낸 그림 10 및 그림 11을 보면 인장강도는 큰 저하경향 없이 유사한 것으로 나타나고 있으며, 신장률의 경우 축진노출 시험에 따라 수반응형 우레탄은 다소 저하하는 경향을 보이고 일반용 2액형 우레탄은 유사한 수준으로 나타났다.



(a) 수반응형 우레탄 (b) 일반용 2액형 우레탄
 그림 10. 축진노출 시험 전·후의 "I"조인트의 인장강도 상관도



(a) 수반응형 우레탄 (b) 일반용 2액형 우레탄
 그림 11. 축진노출 시험 전·후의 "I"조인트의 신장률 상관도

2) 축진노출 시험 전·후의 인장강도 및 신장률은 수반응형 우레탄 및 일반용 2액형 우레탄 모두 축진노출 시험을 실시함에 따라 인장강도는 저하하는 경향을 보이고 있으며, 신장률도 유사하거나 다소 저하하는 경향으로 나타났다.

3) 시트 종류에 따른 조인트의 성능은 큰 차이를 나타내지 않고 있으며, 도막재의 경우 수반응형 우레탄을 사용한 조인트가 일반용 2액형 우레탄에 비하여 다소 높은 인장강도를 보였다.

4) 각종 시트와 도막재를 사용한 시트부위 및 "I" 조인트 부위의 인장 및 신장성능을 축진노출시험 전·후로 평가하여 본 결과 시트재 자체에 비하여 도막재를 도포할 경우 인장강도를 향상시킬 수 있었으며, 각각의 시트재 및 도막재에 따라 다소의 인장성능 및 신장률의 차이는 보이고 있으나, 현저한 저하는 없는 것으로 사료되어 본 연구의 범위 내에서는 모든 재료의 "I"조인트 적용이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 자 료

4. 결 론

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 유리섬유를 보강하지 않은 조인트 타입에 따른 인장강도는 시트와 폴리우레탄의 접착면적이 증가할수록 증가하는 경향을 보였으며, 맞댐 조인트 형식보다 일정간격을 이격시켜 시공한 "I"조인트의 인장강도가 크게 나타났다. 동일조건 하에서 시트간 조인트 접합방식(맞댐방식, "I"조인트방식)에 의해 시공된 조인트 부위에 인장력이 작용하는 경우 전달 수 있는 인장성능은 접합면적이 보다 큰 "I"조인트가 우수한 것으로 판단되며, 파단시 신장되는 특성에 있어서도 맞댐 접합에 비하여 "I"조인트의 경우가 보다 균질한 접합특성을 갖는 것으로 사료된다. 또 유리섬유 보강에 따른 인장강도 발현성능 평가결과 유리섬유 보강 폭이 증가할수록 인장강도는 증가하는 경향을 보였으며, 신장량은 다소 감소하는 경향을 보였다. 인장강도 발현성상은 무보강 시험체에 대하여 유리섬유를 보강 할 경우 보강 폭에 따라서 150~350%의 인장강도 증가 효과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

1. Michael T.Kubal, 「Waterproofing ; the Building Envelope」, Mc Graw-Hill, p.30, 1993.
2. 小池迪夫, 全國塗膜防水工事業團體聯合會, 「塗膜防水ガイドブック」, 1986.
3. 栗原福次, 日刊工業新聞社, 「高分子材料 フィールツノート(ゴム, プラスチック, 纖維の素顔)」, pp 1~9
4. 한국건설기술원, 건설기술정보센터, 「방수시공 종합 정보집」, 1998.
5. 한국산업규격, KS F 3211, 「지붕용 도막 방수재」.
6. 한국산업규격, KS F 4920, 「외벽용 도막 방수재」.
7. 阪神高速道路 公団 日本材料学会, 「付録II樹脂 ノート」, p.71~78, 1988.
8. 김상갑, 시트계 멤브레인 방수공법의 시트접합방법에 따른 접합부 성능 평가에 관한 연구, 2002