

# 옥상용 합성고분자 시트를 이용한 지붕노출 시스템 적용에 관한 연구

## A Study on Application of Exposure System using Waterproofing Sheets of Synthetic Polymer for Rooftop

이 상 수\*  
Lee, Sang Su

김 수 려\*\*  
Kim, Su-Ryon

곽 규 성\*\*\*  
Kwak, Kyu-Sung

오 상 근\*\*\*\*  
Oh, Sang-Keun

### Abstract

In apply roof waterproof system using of synthetic high polymer sheet for rooftop measure physical performance (tension · tearing ability, temperature relativity, heating stretch performance, junction performance, wind resistance test) by various test ,environment condition waterproof test of structure and performance of construction work aspect, present suitable form of construction work under these environment.

Also, wish to improve durability of concrete structure as that examine in priority about adhesion method and joint junction method with waterproof out surface, and present new direction about roof system application of waterproofing method for rooftop.

키 워 드 : 합성고분자시트, 지붕노출방수시스템, 인장·인열성능, 온도의존성, 가열신축성상, 접합성상, 내풍압성시험

Keywords : Synthetic high polymer sheet, Roof exposure waterproofing system, Tension, tearing ability, Temperature relativity, Heating stretch performance, Junction performance, Wind resistance test

## 1. 서 론

지금까지 국내에서 시공되어지는 방수공사 중 건축물 또는 콘크리트 시설물의 지붕 구조물은 대부분 방수재료가 콘크리트 구조물에 완전 밀착 시공되어지는 전면접착공법으로 시공되어져 왔다. 하지만 전면접착공법은 기후의 영향, 습기에 의한 결로, 바탕재의 유동에 의한 박리현상 등으로 많은 방수하자를 유발시키고 있고, 이러한 하자 발생으로 인해 외부로부터 물이 침투하게 되어 하자의 원인으로 작용하게 된다.

콘크리트 내부에 물의 침투는 곧 콘크리트의 염해, 동결파손 및 중성화의 진행으로 연결되고 결국 구조물의 내구성을 저하시키게 된다. 따라서 이러한 방수하자를 발생시키는 요소들을 사전에 차단하고 방수 바탕면의 표층부로부터 발생하는 수분·균열(조인트)거동 등의 결합발생요인에 대해 방수재료를 바탕면과 절연접착(열풍용착)하여 구조물의 장기적인 내구성을 향상시킬 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 옥상용 합성고분자 시트를 이용한 지붕 방수시스템을 적용함에 있어서 구조물의 방수성능 및 시공성 측면에서 다양한 성능 및 환경조건에 의한 물리적 성능 변화를 측정하여, 옥상용 방수공법의 지붕시스템 적용에 대한 새로운 방향을 제시하고자 한다.

## 2. 옥상방수재료의 요구 성능

콘크리트 구조물의 옥상 노출용 방수공법 적용 시 요구되어지는 성능으로는 아래와 같이 구분 할 수 있다.

### 2.1 내풍압성(부착성능)

바탕재에 관한 부착성능이란 옥상층의 풍압에 의한 부압이 가해질 때 지붕재료가 떠오르는 현상에 대한 저항성을 말한다.

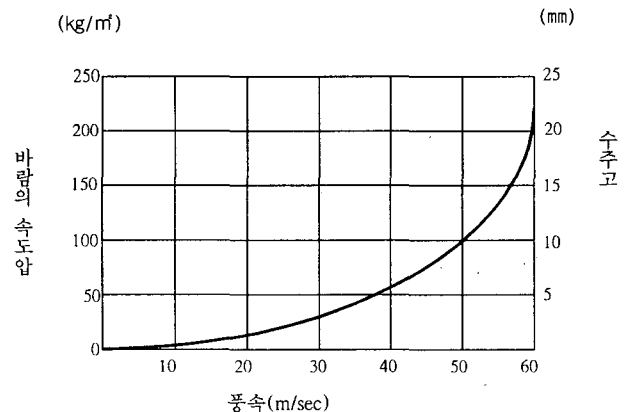


그림 1. 풍속과 바람의 관계

따라서 바탕재와 바탕재에 접한 층과의 계면 접착성이 문

\* 정희원, 동선직업전문학교

\*\* 정희원, 서울산업대학교 비엔케이방수기술연구소 연구원

\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 비엔케이방수기술연구소 소장

\*\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 건설대학 건축학부 교수, 공학박사

제가 되고, 바탕재에는 접착에 견디는 강도가 요구된다. 이것은 바탕재의 지질에도 영향을 받으므로 바탕재는 표면이 방수층 접착에 충분히 결될 만큼 단단해야 하며, 만약 표면이 취약한 상태일 경우에는 어느 정도 강화처리를 해야 한다. 그림 1은 풍속과 바람과의 상관관계를 그래프로 나타낸 것이다.

## 2.2 바탕재 거동 추종성

바탕재의 거동은 사진 1과 같이 방수층의 파단에 미치는 영향이 크기 때문에 방수층에 커다란 결함이 발생하게 된다.



사진 1. 도막방수층의 파단

바탕재의 거동에는 다음과 같이 크게 2가지로 구분된다.

첫 번째는 영구적 거동으로 수축균열이나 구조균열 등과 같은 정적인 움직임을 말하며, 이 움직임에 대해서는 방수재료에 무절점 인장력(Zero Span Tension)에 대한 가소성 변형이 요구된다.

두 번째는 동적 거동으로 일상적인 수축반복을 일으키는 열이나 온도 변화 등의 진습반복에 따른 연속적인 반복거동을 말하며, 이 거동에 대해서는 방수재료에 탄성적 변형이 요구된다.

이들 움직임에 대한 대책은 예상된 거동을 포착하여 그 거동을 제어하는 것이다. 예를 들어, 콘크리트의 균열발생이 예상되는 부분에 대해 적극적으로 대처하기 위하여 보강철근을 배치하거나, 균열조절줄눈(Control Joint)을 설치한다. 이러한 처리는 어느 정도 균열에 대한 제어가 가능하지만 근본적인 대책은 되지 못하므로 방수재의 균열 추종성 또는 절연화 성능이 반드시 필요하다.

## 2.3 바탕재의 습기(수분) 처리

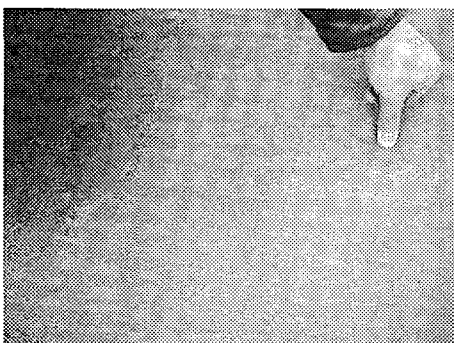


사진 2. 습기(수분)에 의한 부풀음 현상

바탕재의 습기(수분)의 영향 때문에 사진 2와 같이 방수층의 부풀음, 부착저하, 부식, 동결융해 등의 문제 발생에 대하여 콘크리트 바탕재 등 옥상층의 여러 가지 시공환경을 고려하여야 한다. 또한 방수층 시공이 가능한 적당한 건조상태를 유지하기 어려우므로 탈기를 포함한 습기처리를 위한 공법상의 고려가 필요하다.

## 2.4 통기성

옥상층 전체에서 확보하지 않으면 안 되는 성능의 분류에 속할지 모르겠지만 실내에서는 생활에 의해 많은 습기가 발생한다. 목조주택의 내구성을 좌우하는 것의 하나에 이 통기성의 좋고 나쁨이 있을 정도이다. 최근 내화구조의 공동주택이 증가하고 있지만, 이러한 주택 내에서의 생활에도 습기가 발생함에는 변함이 없다. 이것이 표면 결로를 일으키는 원인이 된다. 현대의 내화 건축물에는 평지붕(슬래브 형)식이 많으며, 방수조치로서 멤브레인 방수를 이용하고 있다. 이 방수 방법은 바탕재 표면을 피복하여 방수막을 형성하기 때문에 빗물이 실내로 진입하는 것을 막아주지만, 실내에서 발생하는 습기는 차단시켜 버리기 때문에 바탕재(콘크리트 구조체)에 수분이 축적된다. 따라서 이러한 구조체의 통기성을 좋게 하기 위해 수분을 제거하는 시스템(탈기 시스템)을 고려해 볼 필요가 있다.

## 2.5 단열성

방수공법에는 콘크리트나 블록 등의 불연재료를 방수 누름층에 사용하는 보호누름 공법과 방수층이 그대로 외기에 노출되어지는 노출공법이 있다. 보호누름 공법에는 방화성의 문제는 없다고 생각되지만, 노출공법에는 방수재료가 유기질계 재료가 대부분이기 때문에 연소할 가능성이 있다. 노출방수에는 지붕바탕에 방수층만을 시공하는 것과 단열 노출방수가 있는데, 최근 에너지 절약이나 거주성 확보 측면에서 단열이 일반화하고 있고, 단열재를 구체의 외부 쪽에 시공하는 소위 외단열 공법도 시행되고 있다.

## 2.6 내 충격성

노출방수에는 돌이나 유리의 파편 등이 날아와 구멍이 나거나, 비둘기 등과 같은 새들이 주둥이로 계속해서 손상을 가하는 경우가 있어 장소에 따라 이에 대한 적절한 대책이 필요하다. 또한 인위적인 것으로서는 사용자의 부주의로 인해 위로부터 물건을 떨어뜨리는 경우가 발생한다. 따라서 방수층이 얇거나 내 충격 성능이 떨어질 경우 필연적으로 하자를 발생시키게 된다.

## 2.7 내마모성

차량의 통행에 따른 마모에는 그 나름의 대책을 세우는 경우가 많지만, 사람들의 보행에 따른 마모에는 주의하지 않는 경우가 많다. 따라서 방수층이 보호 누름층 없이 옥외환경에 노출될 경우 마모성능이 우수한 재료를 사용하여 방수층의 하자발생을 최소화 해야 한다.

## 2.8 내 자외선성

지상에 미치는 태양에너지의 단파장 자외선은, 광에너지가 많아 활성이 풍부하기 때문에 일종의 화학광선이라고 불리는데 방수재와 같은 유기화합물에 대해서는 그 품질에 큰 영향인자로 작용한다. 특히, 표면층이 방수층인 동시에 보호층의 역할을 하는 노출방수 공법은 이러한 영향인자를 고려할 때, 방수층 전체의 내용연한은 비교적 짧다고 말할 수 있다. 그러므로 노출방수에 있어서는 방수층과 보호층과는 그 역할을 분담할 수 있는 공법으로 시공을 하는 방법을 취하는 것이 좋으며, 또한 노출방수에 있어서는 보호 코팅재 등을 도포하여 자외선의 영향을 차단하도록 하는 것이 바람직하다.

## 2.9 내 오존성

공기 중의 산소가 자외선을 흡수해서 생기는 오존은 산성이 강해 살균이나 소독효과가 있는 반면, 천연 고무나 일부 합성고무 등의 분자 내 이중결합을 갖는 조직을 분단시켜 균열이 생기도록 하는 작용도 한다. 오존 열화에 대한 대책으로는 방수층과 외기가 접촉하지 않게 완충층을 만드는 것이 바람직하며, 내후성이 있는 도막재를 도포하는 것이 좋다.

## 3. 합성고분자시트 방수재의 옥상방수시스템 적용

### 3.1 합성고분자시트 옥상방수시스템

이 공법은 열풍 용착(hot air welding)의 고강도 이음매 특성으로 접침 자체 간 일체화로 결합시킨 방수공법이다. 또한 선 조립된 Fastener를 사용하는 기계적 공법의 도입으로 공기의 단축과 내풍(wind resistance)효과를 보이며, 현재까지 사용되어 왔던 접착식 합성 고분자 시트 제품에 비하여 각종 내화특성과 기후에 대한 내구성이 보장되고 돌출부 보강 등의 자유로운 방수설계가 가능하다.

#### 1) 이론적 메카니즘 분석

합성고분자시트는 그림 2와 같이 Polypropylene(PP)와 Ethylene-Propylene Rubber (EPR)을 캐타로이 처리과정을 통해 생산된 2점의 Polyester층 사이에 Polyester Scrim으로 보강 결합된 제품으로 EPR 화합물에서 얻어지는 유연성, 낮은 온도특성, 열풍용접의 특성에 PP폴리머의 특성인 찢어짐, 구멍뚫림, 마멸, 그리고 화학제품의 특성을 갖는 지붕자재로 구성되어 있다.

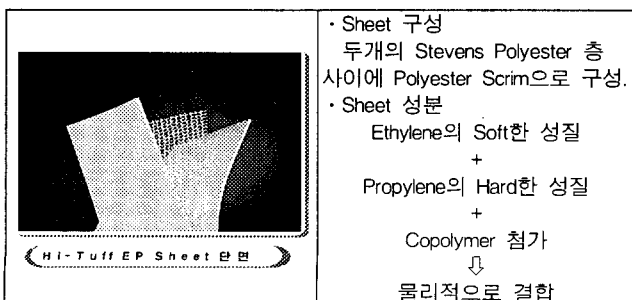


그림 2. 합성고분자 시트 단면

#### 2) 합성고분자 시트의 구성

합성고분자시트는 그림 3과 같이 7개의 재료로 구성되어 있다.

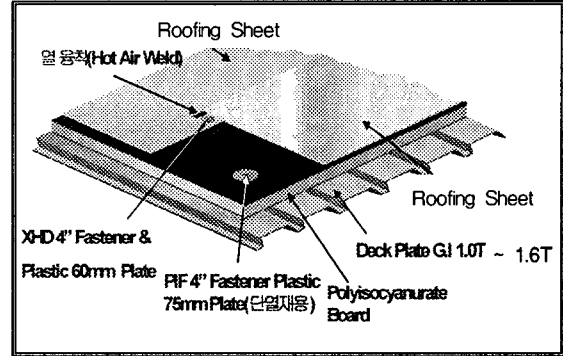


그림 3. 합성고분자시트의 구성

### 3.2 합성고분자시트 방수재의 성능평가 방법

합성고분자시트 방수재의 성능 평가하여 재료의 성능 분석을 실시하였다. 또한 물리적 성능 평가와 외부환경을 고려한 성능 평가를 시험 평가 하였다.

#### 1) 성능평가항목

성능평가는 인장, 인열, 온도의존성, 가열신축성상, 내풍압성 시험으로 총 5종류로 실시하였으며, 인장 및 인열 시험은 바탕층의 균열을 추종할 수 있는 방수시트의 탄성 변형 및 소성 변형의 한계에 대한 성능을 평가하기 위함이다. 온도의존성 시험은 온도 환경 변화에 따른 방수시트의 인장선능 변화를 관찰하기 위함이며, 가열신축성상 시험은 다양한 계절의 온도환경 변화에 따른 방수시트의 가열신축성상을 평가하기 위함이다. 또한 접합성상시험은 열풍용접에 의한 시트 상간 열풍용접 이음접착부의 접합 안전성을 평가하기 위함이며, 내풍압성 시험은 방수시트가 옥상에서 강풍에 노출 되어 방수층 부위의 압력 변화에 따른 방수층의 안전성을 평가하기 위함이다.

#### 2) 성능평가 관련 규격

합성 고분자재 복합 방수시트로서 노출형 옥상 부위 등에 적용된다. 따라서 KS F 4911 「합성 고분자재 방수시트」를 고려하여 건축물 옥상 노출부위의 환경적인 요인에 의한 손상, 기존 노출 방수층이 가져야 할 기본 성능에 대하여 전체적인 시험을 실시하려고 한다. 외부 환경을 고려한 내풍압 성능에 대한 시험은 KS F 2622 「멤브레인 방수층의 성능평가 방법」을 이용하여 시험을 실시하였다.

### 3.3 합성고분자시트 방수재의 성능평가 및 분석

#### 1) 인장성능

옥상용 합성고분자 시트의 인장성능은 5개의 시험편 중 최고, 최저값을 제외한 3개의 평균치로 나타낸다.

시험결과 표 1, 그림 4와 같이 약 469.75N/cm로 측정되었으며, 신장률의 경우 약 89.66%로 나타나고 있다. 이러한 인장강도와 신장률은 KS F 4911의 보강복합형 성능기준인 인

장강도 240N/cm 이상, 신장률 15%이상을 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

표 1. 인장 성능 측정결과

구 분	인장 강도(N/cm)	신장률(%)	비 고
①	470.02	86.31	KS F 4911 성능기준 인장강도: 240N/cm 신 장 륜: 15%
②	470.02	90.21	
③	469.22	92.47	
평균	469.75	89.66	

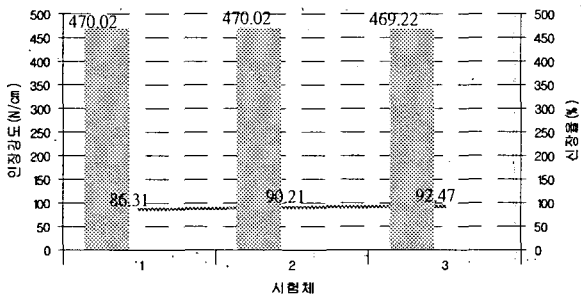


그림 4. 인장 성능 시험 결과

## 2) 인열성능

인열 성능은 표 2.와 그림 5와 같이 약 94.73N으로 나타났다. 이는 KS F 4911 성능기준인 인열 성능 50N과 비교할 때 기준성능을 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

표 2. 인열 성능 측정결과

구 분	인 열 강 도(N)	비 고
①	94.22	KS F 4911 성능기준 인열강도: 50N
②	95.98	
③	94.00	
평균	94.73	

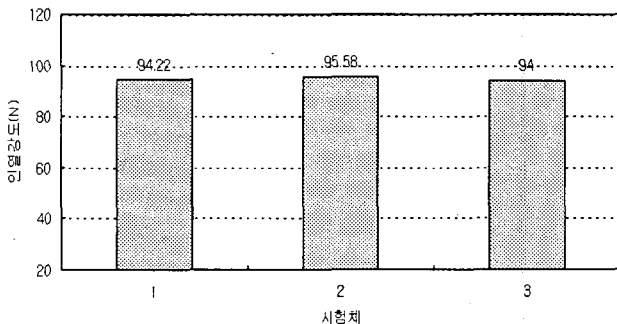


그림 5. 인열 성능 시험결과

## 3) 온도의존성

온도의존성 시험결과 표 3, 4과 같이 -20℃에서는 약 861.36N/cm, 60℃의 경우 약 274.92N/cm로 측정되었다. 신장률의 경우 -20℃에서는 88.25%, 60℃의 경우 99.28%로 이러한 인장강도와 신장률은 KS F 4911의 보강복합형 성능기준인 인장강도 100N/cm 이상, 신장률 7.5% 이상을 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

표 3. 온도의존성 측정결과(-20℃)

구 분	온도 의존성 (-20℃)		
	순 번	시험결과	성능기준
인장강도 (N/cm)	①	856.82	100 이상 (KS F 4911)
	②	869.26	
	③	857.99	
	평균	861.36	
신장률(%)	①	90.21	7.5 이상 (KS F 4911)
	②	84.88	
	③	89.65	
	평균	88.25	

표 4. 온도 의존성 측정결과(60℃)

구 분	온도 의존성 (60℃)		
	순 번	시험결과	성능기준
인장강도 (N/cm)	①	271.91	100 이상 (KS F 4911)
	②	275.71	
	③	277.14	
	평균	274.92	
신장률(%)	①	100.77	7.5 이상 (KS F 4911)
	②	102.15	
	③	94.91	
	평균	99.28	

## 4) 가열신축성상

옥상용 합성고분자 시트의 가열 신축 성상 측정결과 표 5와 같이 약 -0.47mm 정도의 수축량을 보였으며, 이러한 수축량은 KS F 4911의 보강복합형 성능기준인 신장 2mm이하, 수축 4mm이하를 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

표 5. 열신축성상 측정결과

시험체 좌			시험체 우			비 고
시험전 (mm)	시험후 (mm)	신축량 (mm)	시험전 (mm)	시험후 (mm)	신축량 (mm)	
149.08	148.50	-0.58	149.63	149.00	-0.63	KS F 4911 참고
149.20	148.90	-0.3	149.62	149.25	-0.37	
149.21	148.75	-0.46	150.00	149.52	-0.48	
평균		-0.45	평균		-0.49	

## 5) 접합성상

표 6. 접합성능 시험결과

구 분	순 번	시험결과	성능기준
접합인장성능 (N/cm)	①	340.06	240 이상 (KS F 4911)
	②	336.62	
	③	338.98	
	평균	338.55	

옥상용 합성고분자 시트의 접합 성상 측정결과 표 6과 같이 약 338.55N/cm 정도의 접합인장성능을 보였으며, 이러한 접합인장성능은 KS F 4911의 보강복합형 성능기준인 240N/cm를 만족하고 있는 것으로 확인되었다.

## 6) 내풍압성시험

내풍압성시험은 사진 3과 같이 가로 1000mm× 세로 1000mm× 두께 100mm의 바탕재 위에 설계서 또는 시방서에 따라

가로 1000mm× 세로 1000mm의 방수층을 시공한다. 바탕재 위에 방수층을 시공할 때 중앙부에 바탕재와 방수층이 절연되는 직경 100mm의 절연 부위를 설치하고, 방수층의 종류에 따라 필요한 양생기간이 경과할 때까지 양생한다. 양생 후 방수층 표면 위에 감압조 내부의 온도를 측정할 수 있는 온도센서를 부착하고, 투명아크릴판으로 만든 감압조를 설치한다. 시험체 수는 1개로 한다.

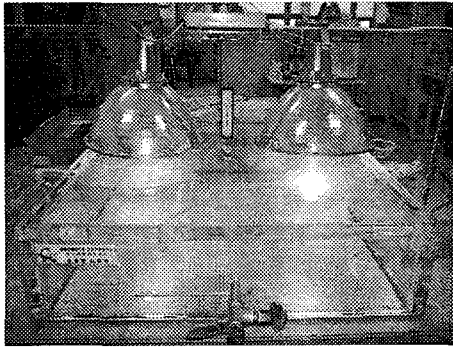


사진 3. 내풍압성시험

전면접착형의 내풍압 성능 시험결과 표 7과 같이 최초 -2.0kPa, -5.0kPa, -10.0kPa에서에서 각각 30분간 감압하였으나 전혀 팽창 또는 박리현상이 발생하지 않았다. 반면, 절연 접착형 EP 시트는 표 8과 같이 -10.0kPa에서 방수시트의 늘어짐 현상이 나타나는 것으로 보아 방수시트의 탄력성을 보강해야 할 것으로 사료된다. 하지만 재료상의 탄력성만 보강한다면 절연 접착형이 전면 접착형 보다 외부 환경에 쉽게 적응한다는 사실을 알 수 있다. 이러한 시험결과는 합성고분자시트 비통기성 지붕의 일반부위에서 약 150% 정도의 풍속에 의한 부압을 견딜 수 있음을 나타내는 것이다.

표 7. 시트의 풍압 저항성 시험결과

압 력	시험결과	KS기준
-2.0kPa	30분의 감압 후 팽창·박리 현상이 생기지 않음	팽창·박리가 생기지 않을 것
-5.0kPa	30분의 감압 후 팽창·박리 현상이 생기지 않음	
-10.0kPa	30분의 감압 후 팽창·박리 현상이 생기지 않음	

표 8. 풍압 저항성 시험결과

압 력	시험결과	KS 기준
-2.0kPa	팽창현상이 일어났으나, 고정부위에는 이상없음	팽창·박리가 생기지 않을 것
-5.0kPa	팽창현상이 일어났으나, 고정부위에는 이상없음	
-10.0kPa	팽창현상이 일어났으며, 고정부위 시트의 늘어짐 현상이 보임	

## 5. 결 론

옥상방수공법을 위한 재료 및 공법을 선정하는데 있어 고려해야 할 사항은 해당 구조물별 단순한 일반적 특성에서부터 방수재가 처한 특수한 환경까지에 대한 적용성에 대해 충분한 검토가 선행되어야 한다.

이와 같은 검토 없이 단순히 방수재 자체의 단독 물성만을 강조하면 많은 결함 및 하자 발생과 구조물의 내구연한의 단축 등이 발생할 수 있는 것이다. 그러므로 방수재를 현장에 적용함에 있어서는 재료자체의 품질확보 뿐만 아니라 방수재별 사용조건에 맞는 시방서 및 현장 품질관리 기준에 마련을 위한 지속적인 보완이 필요할 것이다.

따라서 지금까지 검토된 “옥상용 합성고분자 시트를 이용한 지붕방수 시스템”에 대한 성능평가를 통해 구조물의 방수성능 및 시공성 측면에서 다양한 성능 및 환경조건에 의한 물리적 성능 변화를 측정한 결과 재료적인 안정성 및 환경적 요인에 대한 효과를 기대 할 수 있을 것으로 사료된다. 그러므로 일반적인 시공현장 뿐만 아니라 환경적 요인으로 인해 발생하는 문제점 해결의 새로운 방향을 제시하고자 하였고, 나아가 구조물의 장기적인 안정성을 확보하는데 있어서 효과를 기대 볼 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 오상근(2002.11), 콘크리트 구조물의 누수와 대처 방안에 대한 견해, 한국콘크리트학회지 제 14권 6호 )
2. 장혁수, 오상근(1999.4), 콘크리트 구조물의 방수 및 누수 보수 기술의 접근한국구조물 진단학회 제3권 제2호
3. 건축물 방수결함과 대책, 시공문화사, 1996.
4. 오상근, 정수장 시설물 옥상방수 개·보수공사 시공관리 요령, 서울특별시 상수도사업본부 생산관리부, 1998
5. 임채중, 배문옥(2001), 지하콘크리트 구조물 외부 방수공법의 기술성 및 경제성에 관한 연구한국콘크리트학회논문집 제 13권 1호
6. 한국표준협회, KS F 3211 지붕용 도막 방수재
7. 한국표준협회, KS F 4920 외벽용 도막 방수재
8. 한국표준협회, KS F 4911 합성고분자계 방수 시트
9. 건축품질시험 실무지침, 공간예술사, 1998
10. Waterproofing-the Building Envelope-(Michael T Kubal, McGraw Hill, 1993)
11. Waterproofing Concrete Foundations(The Aberdeen Group, 1999)
12. 建築工事標準仕様書 同解説 JASS 8 防水工事 (日本建築學會, 2002)
13. 日本建築學會：珪酸質塗布防水工事施工指針(案), 建築工事標準仕様書·同解説 JASS 8, pp.350-351, 1986