

# 인공녹화 기반 콘크리트 구조체의 안전성 확보를 위한 옥상녹화 방수층의 내근성 평가

## Test for Root Penetration Resistance for Waterproofing Layer proper to assure Structural Safety on the Concrete

권 시 원\*\*\*  
Kwon, Shi Won

선 윤 숙\*\*\*  
Sun, Yun Suk

곽 규 성\*\*  
Kwak, Kyu Sung

오 상 근\*  
Oh, Sang Keun

### ABSTRACT

At the green roof on the concrete structure, root penetration can be the most problem to water leakage. Root occur cracks due to penetrate to concrete which have porous organization by itself. Crack on the concrete structure would be constantly shrinks and expands, it occur to water leakage and decrease durability of concrete structure. Therefore, in this paper, the result of the root penetration test for waterproofing which protect concrete structure from the water leakage or other environment conditions would be apply to understand the reason of root penetration.

### 1. 서 론

콘크리트 구조물의 인공녹화는 도심 속의 환경개선의 일환으로 시도되고 있지만, 건물의 사용자나 시공사 등은 사실상 구조물에 대한 녹화부의 유해적 영향을 우려하고 있다. 이러한 측면에서 방수층은 콘크리트를 여러 가지 누수의 환경으로부터 보호하는 막(膜)기능을 하지만, 사실상 방근에 대한 기술적 검증이 이루어지지 않고 재료 의존적인 기술자·시공자의 방관적 태도에 기인하고 있다는 것이 주된 문제점으로 지적되고 있다. 콘크리트 구조물에 인공녹화를 할 경우, 누수의 가장 큰 요인은 식물뿌리의 침입이라고 할 수 있다. 실제적으로 식물뿌리는 콘크리트의 다공성 구조속으로 파고들어 균열을 발생시키며 발생된 균열은 장기간 외기 환경의 변화에 따라 수축·팽창에 의한 거동이 계속되어 누수뿐 아니라, 구조적 안정성에 까지 영향을 미치게 된다. 이와 관련하여 방수층은 균질한 화학적 안정성을 갖는 미세한 분자구조의 결합형태를 갖는 것이 대부분이며, 특히 합성고분자계열의 방수재는  $H_2O$  및  $Ca(OH)_2$ ,  $HNO_3$ ,  $HCl$ ,  $NaOH$  등의 콘크리트에서 기인하는 화학성분, 저온·고온에서의 반복적 피로 등에서도 열화가 쉽게 되지 않고 견디는 특징이 있다. 그럼에도 불구하고, 방수층에 식물뿌리가 침입하여 재료막이 손상되거나, 혹은 손상된 방수층의 성능저하로 인해 누수가 발생되는 경우도 야기되었다. 이는 식물뿌리의 물리적인 힘 뿐만 아니라 식물의 다양한 성장원리에 의해 재료막이 손상된다는 것을 예측할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 실질적인 식물뿌리 성장실험을 통하여 시간경과에 따른 방수층의 뿌리 침입여부를 확인 하여 각 재료별 결과를 조사·분석함으로써, 향후 뿌리의 침입원인을 파악하는데 활용하고자 한다.

\* 정희원, 서울산업대학교 공과대학 건축학부, 교수, 공박

\*\* 정희원, BK방수기술연구소, 소장

\*\*\* 정희원, 서울산업대학교 대학원, 석사과정

## 2. 식물뿌리의 침입력에 대한 저항성 실험1)계획

본 내근실험을 위하여 다음 표1과 같은 조건으로 시험체(실험장치+방수층), 수목, 토양층을 구분하여 2004년 7월부터 2006년 7월에 걸쳐 2년간 실시하였다. 실험기간 내 식물성장 조건을 균일하게 하기 위해, 온도 20±5℃, 습도 60%이상의 온실조건에서 관리하였다. 실험장치, 방수층의 시공, 수목구분, 토양조건은 표 1의 상세와 같으며, 펀칭메탈박스과 플라스틱 박스 사이에 습윤한 토양층을 채워 내에서 식물의 뿌리 침입을 외부에서 관찰할 수 있도록 유도 계획한다.

표 1 내근실험 계획 상세

		실험요인(구체내용)					실험장치(펀칭메탈박스 제작 설계상세)	
시 험 체	방 수 층	우레탄 도막	(경질) ← 경질도 ← (연질)					
			1	2	3	4	5	
		고무 시트	두께 및 보강유무별					
			1.0mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	1.5mm	
			균일	균일	유리 섬유	poly- ester	poly- ester	
	종 류	염화비 닐시트	두께 및 보강유무별					
			0.1mm	0.2mm	0.5mm	1.5mm	1.5mm	
		균일	균일	균일	poly- ester	균일		
			개량아스팔트시트		1.5mm 무보강			
			용융아스팔트 도막					
수목구분	초본1	잔 디						
	초본2	조릿대						
토양 조건	상층 15cm	재료명	상 세	배합비				
		경량인공토	소립	50%				
		파 라 소	입 도 1.7~5.0mm	25%				
		피트모스	단섬식물(지피류)	25%				
	비 료	NPK=16:15:10	100g					
하층3cm	파 라 소	입도 4.0~2.5mm	-					
측정 평가	방수층	측정위치 : 일반부, 드레인부, 모서리부						
	뿌리 부분	식물 뿌리의 생육여부 관찰						
기간	2004.7(식재), 2004.10(1차확인), 2006.7(2년경과 확인)							
장소	日本, 君津							

## 3. 옥상녹화 방수층의 내근실험결과

### 3.1 우레탄 도막의 내근실험결과

우레탄 도막은 사진 1 (b)와 같이 실험초기에 고연질(高軟質) 등급의 시험체 일반부에 초본2의 뿌리가 침입하였으며, 2년 경과 후 사진 1 (c)와 같이 고경질에서 뿌리침입을 확인할 수 있었다.

### 3.2 고무시트의 내근실험결과

고무시트는 실험초기에 1.5mm 두께의 시험체 중 일반 시험체와 유리섬유 보강 시험체의 드레인부가 사진 2 (b)와 같이 초본2의 잔뿌리가 침입한 것을 확인할 수 있었다. 2년 경과 후 사진 2 (c)와 같이 1.5mm 폴리에스터 무보강 시험체를 제외한 다른 모든 시험체에서 뿌리가 침입한 것으로 파악되어 시험체의 두께와 보강유무와의 상관성 파악하는 것이 중요한 것으로 사료된다.

### 3.3 염화비닐시트의 내근실험결과

염화비닐시트는 사진 3 (b)와 같이 실험초기에는 0.1mm의 시험체 모두 뿌리관통, 0.5mm 시험체는 초본2가 방수층 일반부를 침입, 1.5mm 시험체는 폴리에스터 보강유무와 상관없이 초본2에 의해 드레인부를

1) 본 연구에서 실시한 식물뿌리 침입에 대한 저항성 실험을 내근(耐根)실험이라고 한다.

날짜	분류	PU-1 고경질	PU-2 경질	PU-3 보통	PU-4 연질	PU-5 고연질
2004.10	초본1	○	○	○	○	○
	초본2					×
2006.7	초본1	×	○	○	×	×
	초본2				○	×



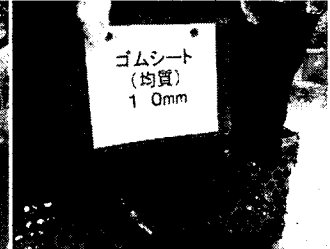
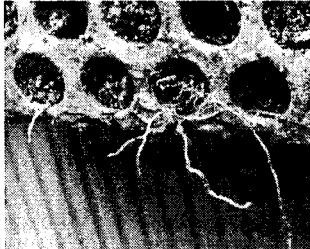
(a) 두께 및 보강유무별 내근시험결과

(b) 2004.10\_뿌리 침입(PU-5)

(c) 2006.7\_뿌리침입후 성장(PU-1)

사진 1 고연질 우레탄 도막의 내근실험 현황

날짜	분류	1.0mm	1.5mm	1.5mm 유리섬유 有	1.5mm polyester 有	1.5mm polyester 無
2004.10	초본1		○	○		
	초본2	○	×	×	○	○
2006.7	초본1	○	○	×		
	초본2	×	×	×	×	○



(a) 두께 및 보강유무별 내근성능 실험결과

(b) 2004.10\_뿌리침입(1.5mm유리섬유有)

(c) 2006.7\_뿌리 침입후 성장(1.0mm)

사진 2 고무시트의 내근실험 현황

날짜	분류	0.1mm	0.2mm	0.5mm	1.5mm polyester 有	1.5mm polyester 無
2004.10	초본1			○	○	○
	초본2	×	○	×	×	×
2006.7	초본1				×	
	초본2	×	×	×	×	×



(a) 두께 및 보강유무별 내근성능 실험결과

(b) 2004.10\_뿌리침입(0.1mm\_

(c) 2006.7\_뿌리침입 후 성장(0.1mm)

사진 3 1.5mm 얇화비닐시트의 내근실험 현황

침입한 것으로 나타났다. 2년 경과 후 모든 시험체에서 뿌리침입에 영향을 받은 것으로 나타났다.

### 3.4 개량아스팔트시트의 내근실험결과

개량아스팔트시트는 일반적으로 적용되는 1.5mm시트를 시공하여 비교·실험하였다. 그 결과, 실험초기에는 사진 4 (b)와 같이 시험체 일반부를 초본1에 의해 침입한 것으로 나타났고, 2년 경과 후 모든 시험체에서 뿌리침입에 영향을 받은 것으로 나타났다.

### 3.5 용융아스팔트 도막의 내근실험결과

두께 150mm의 용융아스팔트 도막은 실험초기 사진 5 (b)와 같이 초본 1,2에 의해 손상되었으며, 2년 경과 후 사진 5 (c)와 같이 전면적으로 침입하여 뿌리가 지속적으로 성장하고 있었다.

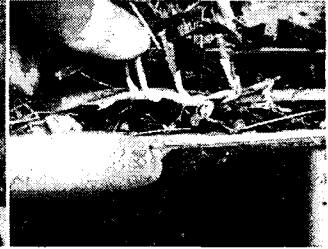
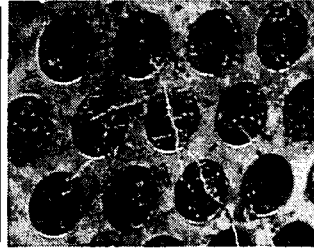
### 3.6 FRP도막의 내근실험결과

FRP도막은 실험초기나 2년 경과 후에도 사진 6과 같이 드레인부, 모서리부, 일반부 모두 뿌리침입이 없는 것으로 나타났다.

## 4. 내근실험결과 종합 분석

(1) 각 시험체가 계열별 재료를 대표하는 것이 아니므로 뿌리가 침입하는 방수층의 공통적 물성을 판단하기에는 개연성이 부족하지만, 금속이나 플라스틱계열 정도의 밀실한 조직형상을 갖는 재료가 내근성이 있는 것으로 볼 수 있다.

날짜	초본1	초본2
2004.10	×	○
2006.7	×	×



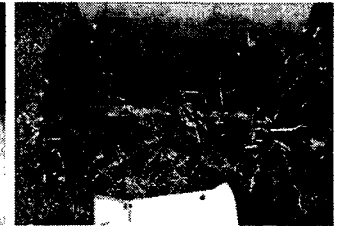
(a) 내근성능 실험결과

(b) 2004.10\_뿌리침입

(c) 2006.7\_뿌리침입후 성장

사진 4 개량아스팔트시트의 내근실험 현황

날짜	초본1	초본2
2004.10	×	×
2006.7	×	×



(a) 내근성능 실험결과

(b) 2004.10\_뿌리침입

(c) 2006.7\_전면뿌리침입

사진 5 용융아스팔트의 내근실험 현황

날짜	초본1	초본2
2004.10	○	○
2006.7	○	○



(a) 내근성능 실험결과

(b) 2004.10\_건전상태

(d) 2006.7\_건전상태

사진 6 FRP 도막의 내근실험 현황

- (2) 내근성능 실험결과, 드레인부는 수분발생이 용이하거나 고이기 쉬운 곳이므로, 내근성이 취약한 부위에 대한 보강공법이 요구된다.
- (3) 결함발생이 높은 시트의 접합부·끝단부에 뿌리가 침투하지 않도록 재료·공법이 개발되어야 한다.

## 5. 결론

인공녹화의 기반이 되는 콘크리트 구조체에 사용되는 방수층을 대상으로 내근실험을 실시한 결과, 대부분의 방수층에서 내근성이 부족한 것으로 나타났다. 뿌리가 침입하지 않은 방수층은 재분류하여 내근재로서의 다양한 성능분석이 요구되며, 지속적인 옥상녹화의 성능유지 및 용이한 시공성을 위해서 방수층의 내근성능 개선이 필요하다는 결론을 얻었다. 또한, 본 실험결과를 통해 옥상녹화의 우려요소(뿌리침입)에 대한 근본적인 대응책을 제시함으로써 인공녹화에 대한 콘크리트 구조물의 장기적 안전성 및 내구성을 유지할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 오상근 외, 옥상녹화에 적용되는 방수층의 내근성능평가연구, 대한건축학회 추계학술발표대회, 2005.
2. ことよしやつき, 日本の屋上緑化技術-防水及び耐根保護に関する技術,たじまる-フィンク, 한국인공지반녹화협회, 2004.8
3. (財)都市緑化技術開発機構 特殊緑化共同研究会, 屋上緑化の Q&A, 2003.12
4. 第2回 防水シンポジウム資料集, 日本建築学会, 2003.8