

인공지반 녹화용 방수방근 복합공법의 시공환경을 고려한 성능평가 시스템 연구

Performance Evaluation System for Construction Environment of the Unified Waterproofing-Root Resistance Membrane layer of the Green Roof System

박 창 화¹

오 상 근²

임 남 기^{3*}

Park, Chang-Hwa¹ Oh, Sang-Keun² Lim, Nam-Gi^{3*}

Graduate School, Tongmyong University, Nam-Gu, Busan, 608-711, Korea ¹

Dept. of Architectural Eng. Seoul National University of Science and Technology, Nowon-Gu, Seoul, 136-777,
Korea ²

Dept. of Architectural Engineering, Tongmyong University, Nam-Gu, Busan, 608-711, Korea ³

Abstract

Installation of a proper root barrier in a green roof system is very important in order to protect the concrete slab of roof and the root penetration in the waterproofing layer. To select the proper root barrier materials and methods, it is necessary to understand the environmental conditions affecting the waterproofing-root barrier system in green roof construction site. Therefore, we suggested as the environmental performance indexes four kinds of performance requirements; root penetration, chemical attack by chemical agent or fertilizer, load impact by soil depth and size of plant, and water pressure. The related four test methods were suggested for the inspection of these performance indexes. In this research, we could suggest for kinds of test methods as standard test methods to evaluate the environmental performance of waterproofing-root barrier for greening roof system.

Keywords : Green Roof System, Root Proofing Materials, Environmental Performance Index, Resistance To Root Penetration

1. 서 론

현재 국내에는 콘크리트 기반용 녹화를 목적으로 다양한 방근기술(공법 및 재료)이 개발되어 적용되고 있다. 이들 기술은 주로 녹화층에 방수층과 방근층을 별도로 구성하는 이원화 시스템과, 방수층과 방근층을 동시에 구성하는 일원화된 시스템(이하 복합공법이라 한다)으로 되어 있다[1]. 최근에는 방수와 방근을 겸용한 복합공법이 증가하고 있으며, 이는 단일 방수

방근 재료에 비하여 비용, 시간 등을 절약할 수 있어, 실제로 정부기관의 녹화지원 사업 등에 많이 적용되고 있다.

그러나, 인공지반 녹화가 증가하면서, 옥상녹화라는 특수한 환경(완전방수, 뿌리 침입 방지)을 고려한 안전성을 담보한 방수방근 공법의 제시가 부족한 상황이고, 특히 이와 관련한 성능 검증 방법도 체계적으로 구축되어 있지 않아 옥상녹화의 장기적 안전성 확보를 위한 평가시스템 구축이 필요한 실정이다.

현재로서는 방수방근층의 성능 평가방법으로는 KS F 4938¹⁾에서 식물 뿌리에 대한 방수방근층의 저항력만을 평

Received : February 23, 2011

Revision received : April 6, 2011

Accepted : April 6, 2011

* Corresponding author : Lim, Nam-Gi

[Tel: 82-51-629-0500, E-mail: ing@tu.ac.kr

©2011 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

1) Korean Standards Association, Test methods for the resistance to root penetration of waterproofing and root resistance materials for green roof systems, KS F 4938, 2010

가하고 있을 뿐, 옥상녹화 시스템 전반의 환경(시공 중 방근재의 파손, 유지관리용 화학 비료 사용 등)에 대한 평가는 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이는 시공 과정에서의 방수방근층 파손 및 장기적 안전성 확보에 있어서 개선되어야 할 기술적 과제이다.

이에 본 연구는 방수방근 복합공법의 일반적 시공 현황을 조사하고, 방수방근층에 미치는 환경 영향에 의한 하자사례를 분석하여, 이를 방수방근 복합공법에서의 공통적 환경 성능 평가 지표를 제안하고, 이에 적합한 평가 방법을 제시하고, 검증하는 것을 목적으로 한다.

2. 방수방근 복합공법의 환경 성능 지표 선정

2.1 우리나라 방수방근 기술의 현황

우리나라에서의 인공지반 녹화용 방수방근 기술은 2002년부터 시작된 서울특별시 옥상녹화 지원사업에서 부터 본격적으로 발전되기 시작하였다[2]. 해당 사업이 지금까지 지속되면서 주로 사용된 방수방근 기술은 우레탄계 도막방수재 또는 합성고분자계 시트방수재 위에 PVC계 방근용 시트를 별도로 깔아주는 형태이었다. 그러나 이는 방수층과 방근층 시공의 이원화, 방근재 겹침부의 불안정성, 방수재의 내근성능 미확보 등 현장에서의 품질 안전성 보증에 문제점이 제기되어 왔다. 이에 관련 학계 및 연구계에서는 이러한 문제를 보완하고자, 2009년에 방수방근층에 대한 방근성능 평가방법을 개발[3]하여 한국산업표준(KS F 4938)을 제정하였고, 업계에서는 2008년부터 방수방근 성능을 겸용한 복합공법 등을 개발하여 건설신기술로 지정받는 등 활발한 연구가 이루어져 왔다.

그러나, 이들 개발 기술에 대해서도 장기적 안전 성능에 대해서는 여전히 의문점이 제기되고 있고, 그 것은 현재의 성능 평가 방법(KS F 4938)이 현실적으로 녹화 공사의 시공 환경과 실질적 요구 성능을 정확히 반영하고 있지 않기 때문으로 지적되어 왔다. 따라서 본 관련 산업 분야에서는 인공지반 녹화용 방수방근 기술의 안정된 보급과 안전한 성능 확보를 위한 평가 방법의 개선이 필요함을 인식하고, 이를 위한 실태 조사와 현장 환경을 고려한 새로운 평가 방법의 도입을 요구하고 있다.

2.2 방수방근 복합공법의 시공 환경 조사

기존의 옥상녹화 현장을 대상으로 시공 현황 조사한 결과 다음의 4가지 현상이 많이 발견되었다. 먼저 적절한 방수방근층을 설치하지 않은 곳에서는 Figure 1의 (a)와 같이 방수층이 뿌리에 뚫리고, 누름콘크리트의 줄눈부에 뿌리가 침입하는 현상이 나타났다. 그리고, 방수방근층 위에 Figure 1의 (b)와 같이 각종 조경용 시설물, 재료 등이 운반, 적재, 시공되는 과정에서 방수층 혹은 방근층이 손상되고 있다.



Figure 1. Construction and maintenance situations of the green roof system

또한, Figure 1의 (c)와 같이 옥상층에 놓이는 각종 설비 기구에 의해 방수방근층이 국부적으로 장기간 누름 압력을 받음으로써 부분적 훼손의 문제도 안고 있으며, Figure 1의 (d)와 같이 식물 성장 관리를 위해 다양한 종류의 비료 등 화학약품이 사용되고 있어 방수방근층의 내화학성도 요구되고 있다[4].

2.3 복합공법의 환경 성능 평가 항목

2.2의 현장 환경 조사 자료와 방수방근 분야의 전문가 10명을 대상으로 조사한 방수 방근 공법에 영향을 주는

환경 요인은 Table 1과 같이 총 8가지로(방근성, 수밀성, 내음폭패임성능, 내화학성, 내피로성능, 내충격성, 부착성능, 내하중성)로 정리되었다. 이를 대상으로 AHP 기법을 통하여 Figure 2와 같이 비일관성지수 0.1을 넘는 중요도가 큰 방근성, 수밀성, 내음폭패임성능, 내충격성, 내화학성 등 5가지 항목을 환경 성능 지표로 설정하였다.

Table 1. Environmental performance requirements index of green roof system

No.	Item	Average	Ranking
1	Resistance to root penetration	0.245	1
2	Watertightness	0.245	1
3	Pitting resistance	0.180	3
4	Impact resistance	0.119	5
5	Fatigue resistance	0.030	6
6	Impact resistance	0.133	4
7	Adhesive performance	0.023	8
8	Load resistance	0.028	7

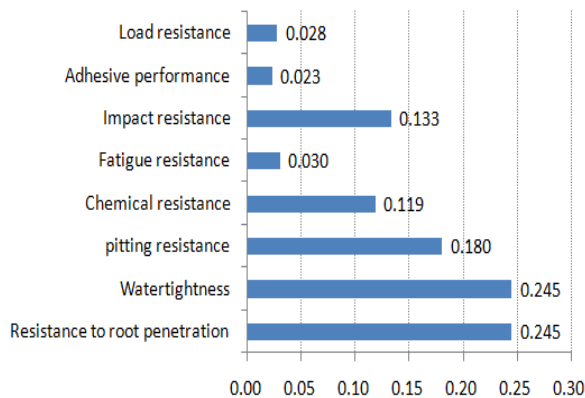


Figure 2. AHP analysis result for performance requirement of green roof system

2.4 선정된 환경 성능의 평가 목적

1)방근성능

사용한 방수방근재료는 식물 뿌리의 성장에 의한 침입에 대하여 장기적으로 잘 견뎌야 한다. 이에 방수방근재는 인공지반 녹화에 사용되는 식물의 뿌리에 대한 뚫림 및 손상 유무를 평가한다.

2)수밀성능

사용한 방수방근재료는 장기적으로 체류수의 영향에 수밀

성을 확보하여야 한다. 옥상녹화의 토양층은 항상 습윤 상태이며, 녹화부의 잔류수 및 침체수 등에 의한 재료의 수밀성을 평가한다.

3)내음폭패임성능

사용한 방수방근재료는 장기적으로 토양 및 설치재의 누름 압력에 손상을 입어서는 안된다. 옥상녹화 시스템의 방수방근층 상부에 올라가는 식중, 토양 등과 같은 옥상녹화 시스템과 조경시설물 등에 의한 방근재의 눌림에 대한 저항성을 평가한다.

4)내충격성능

사용한 방수방근재료는 시공 중 방수방근층 위에서 많은 작업이 이루어지므로 이와 관련한 도구, 설비, 설치재의 충격에 견디는 성능을 가져야 한다.

옥상방수공사와 달리 옥상녹화의 시공 시에는 방수방근층 상부에서 조경시설물 설치 작업이 빈번하게 발생하며, 이때 공구 및 부자재의 낙하 등 시공 환경을 고려하여 충격에 대한 저항성을 평가한다.

5) 내화학성능

사용한 방수방근재료는 식물 성장을 위한 비료 등의 화학물질에 대하여 장기적으로 성능을 유지하여야 한다.

옥상녹화 시스템의 유지관리 시 사용되는 비료, 대기중 공기 오염, 공장지대와 같은 주변 환경 등에 의한 내화학성을 평가한다.

3. 성능 평가 방법 및 검증 시험

3.1 평가 대상 공법 선정

지금까지 많은 인공지반 녹화 공사에는 도막재, 시트재를 이용한 단일 방근층이 사용되었으나, 2008년 옥상 녹화 방수방근 기술에 대한 건설신기술이 인정되면서 복합 방수방근 공법이 등장하기 시작하였다.

본 연구의 평가 대상 복합공법은 현재 국내에서 건설신기술로 지정되어 사용하고 있는 공법 2종류, 현장 사용 실적이 많은 공법 1 종류를 선택하였다[1]. 해당 복합공법은 구리시트와 접착유연형 쉘형 도막재를 적용한 복합공법(이하 A공법이라 함), 자착형 부틸고무시트와 FRP를 적용한 복합공법(이하 B공법이라 함), 고무아스팔트계 시트와 PVC계 시트를 적용한 복합공법(이하 C공법이라 함)이다(Figure 3, 4, 5)[5].

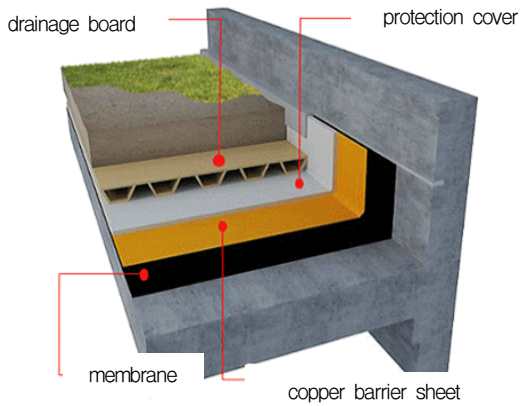


Figure 3. Formation of A Method

하고, 그 상면에 알루미늄막과 유리섬유 매쉬로 보강처리된 구리방근시트를 시공한다. A공법의 시공 과정은 Figure 6과 같다[6].



(a)Waterproofing layer installation (b)Root barrier sheet installation

Figure 6. Root barrier construction situation of A Method

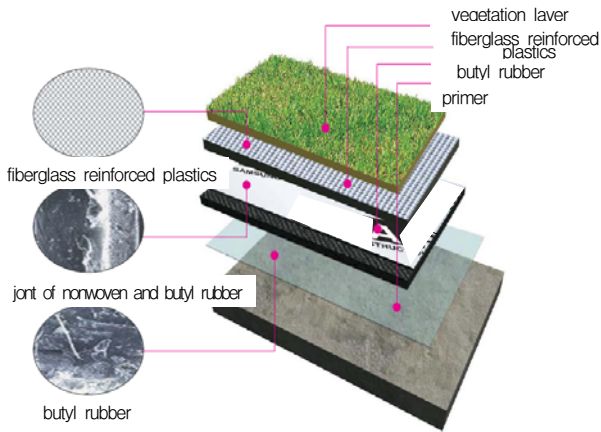


Figure 4. Formation of B Method

3.1.2 B공법

B공법은 자착형 부틸고무시트와 FRP를 적층한 복합공법으로 도막재 및 시트를 이용한 방근 기술이다. 식재기반 부위에 자착식 부틸고무시트와 유리섬유로 보강한 FRP를 적층하여 방수층과 방근층을 하나의 층으로 구성하는 공법이다. FRP는 내근성능이 있는 재료로 이미 알려져 있으며, 방근층 상단에 접합부 시공이 없는 막을 형성할 수 있다. B공법의 시공 과정은 Figure 7과 같다.



(a)Waterproofing layer installation (b)Root barrier sheet installation

Figure 7. Root barrier construction situation of B Method

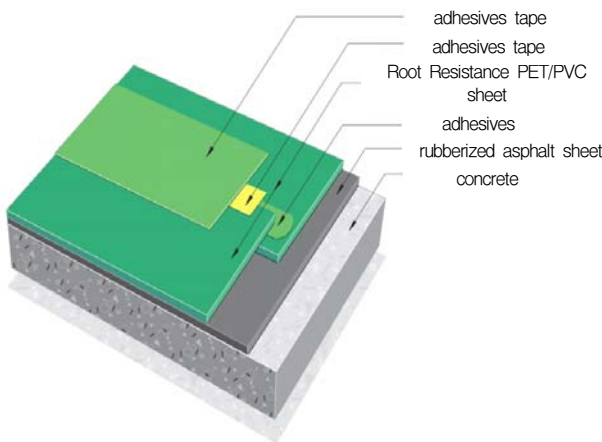


Figure 5. Formation of C Method

3.1.1 A공법

A공법은 점착 유연형 싨 도막방수재와 구리방근시트를 적층시킨 복합공법이다. 비경화 타입의 반액체 상태인 페타이어 용융 액상 도막 방수재인 점착싨로 방수층을 구성

3.1.3 C공법

C공법은 고무아스팔트계 방수시트와 PVC계 방근시트를 이용한 복합공법이다. PVC계 시트는 내근성을 지닌 재료로써 주로 방수재료써 사용되어 왔으나, 최근 방수와 방근을 겸용하여 사용되기도 한다. 그러나 시트 접합부(조인트/접착부) 시공의 일체와 성형에 많은 어려움이 따르고 있어, 이를 해결하기 위한 방안으로 시트재를 적층한 공법이다. C공법의 시공 과정은 Figure 8과 같다.



(a)Waterproofing layer installation (b)Root barrier sheet installation

Figure 8. Root barrier construction situation of C Method

3.2 평가 방법

평가는 방수성능과 방근성능을 동시에 확인하는 것으로써 현재 표준 시험방법이 존재하지 않기 때문에 기존 한국산업 표준(KS)을 이용하여, 옥상녹화 시공 환경 조건에 적합한 시험 방법을 5종류를 선정하였다(Table 2).

Table 2. Test methods related performance requirement

No.	Items	KS
1	Resistance to root penetration	KS F 4938 ²⁾
2	Watertightness	KS F 4934 ³⁾
3	Pitting resistance	KS F 4934
4	Impact resistance	KS F 2622 ⁴⁾
5	Chemical resistance	KS F 3211 ⁵⁾

- 2) Korean Standards Association, Test methods for the resistance to root penetration of waterproofing and root resistance materials for green roof systems, KS F 4938, 2010
- 3) Korean Standards Association, Self adhesive rubberized asphalt sheet, KS F 4934, 2008
- 4) Korean Standards Association, Method of test for performance evaluation of membrane roofing systems, KS F 2622, 2008
- 5) Korean Standards Association, Waterproofing membrane coating for construction, KS F 3211, 2008

3.2.1 방근성능 평가

방근성능 시험은 KS F 4938 인공지반 녹화용 방수 및 방근 재료의 방근성능 시험방법을 사용하여, 시험용기에 시험편을 장착 후 피라칸사, 사사조릿대를 식재하여 2년이내의 기간동안 복합방근층의 뿌리 침투 유무를 확인한다. 그 시험내용은 Table 3과 같다.

Table 3. KS F 4938 test method

Items	Content
Container	800×800×250 8EA (test group 6 + control group 2) inside container 800×800×220, outside container 860×860×280, control container 800×800×220
layer of moisture	horizontal moisture layer: Perlite grading 1.2~5mm, vertical moisture layer: high absorptive nonwoven 900g/m ² over, high elastic nonwoven 300g/m ² over
nonwoven for preserve root barrier	horizontal moisture layer: boot nonwoven 170 g/m ² over
valuation materials	Sheet material, Membrane material
soil	peat moss 70%, Perlite 30%
manure	N(16±5)%, P(5±3)%, K(10±5)%
a moist tester	O (Tensiometer)
plant for valuation	a herbaceous plant : <i>Pleioblastuspygmaeus</i> a woody plant : <i>Pyracanthacoccinea</i>
a term of test	in two years
Environment	daytime 16℃ over, night 14℃ over, the greatest 35 ℃
valuation in the test	1)inside observation every six months 2)observation after soil removal, comparative growth

3.2.2 수밀성능 평가

수밀성능 시험은 KS F 4934의 시험 방법을 준용하여 ϕ 100mm×20mm 모르타르 시편위에 시험편을 시공 한 다음 Out-Put 방식의 투수시험기를 이용하여 0.3N/mm²의 수압을 24시간 동안 가한 후 시험체를 꺼내 물기를 제거하고 중앙부를 절단하여 육안 관찰을 통하여 투수 유무를 확인한다 (Figure 9).



Figure 9. Watertightness test

3.2.3 내음폭폐임 성능 평가

내음폭폐임 성능 시험은 KS F 4934의 시험방법을 준용하여 시험 하되 주어지는 하중 조건은 옥상정원 토심 30cm에 대한 지붕면적 1㎡의 중량 570kg/m²[7]를 30×30cm의 단위면적당 주어지는 50kg의 하중으로 24시간 가압한 후, 시험 전후 방근재의 뚫림, 파손 등을 관찰한다(Figure 10).

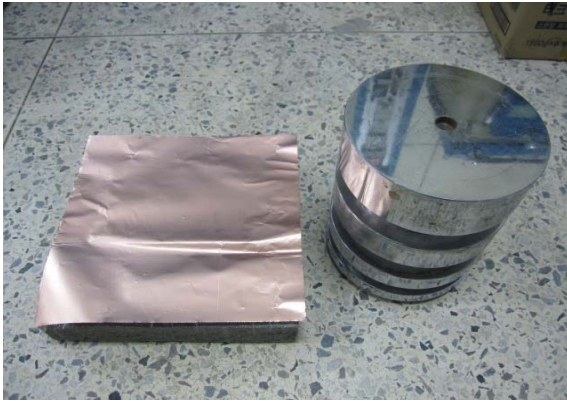


Figure 10. Pitting resistance test

3.2.4 내충격성능 평가

본 시험은 KS F 2622 멤브레인 방수층 성능 평가 시험 방법에 준하여 구형 추와 가지형 추를 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m의 높이에서 추를 낙하시켜 방수방근층의 파손 여부를 관찰한다(Figure 11).



(a) Weight of sphere-type (b) Weight of branch-type

Figure 11. Impact resistance test

3.2.5 내화학성능

산처리(염산, 황산, 질산 각 2%), 알칼리(수산화나트륨 0.1%+수산화칼슘 포화) 그리고 염화나트륨 10% 처리를 각각 하여 168시간 침지 후 뚫림, 부식, 표면의 변색 및 중량 변화를 관찰한다(Figure 12).



Figure 12. Chemical resistance test

3.3 평가 결과 및 고찰

3.3.1 방근성능

관찰(18개월) 결과 3가지 복합공법에서 뿌리의 침입 및 뚫림 현상이 관찰되지 않았다(Figure 13). 이 결과를 통하여 본 성능 평가 방법은 복합 방수방근층이 뿌리 침입에 대하여 안전한 저항성을 확보하고 있는지를 평가할 수 있는 적절한 시험 방법으로 사용이 가능할 것으로 판단된다.



A Method(18months)



B Method(18months)



C Method(18months)

Figure 13. Results of resistance to root penetration

3.3.2 수밀성능

시험체의 중앙부를 절단하여 육안 관찰을 통하여 확인한 결과(Figure 14의 우측 사진), 복합형 방수방근층의 겹침부, 일반부에서 3가지 공법 모두 투수 현상이 발견되지 않았다. 이 결과를 통하여 본 성능 평가 방법은 복합 방수방근층이 옥상층 수변 공간에서 수밀안전성을 확보할 수 있는지를 평가할 수 있는 적절한 시험 방법으로 사용이 가능할 것으로 판단된다.

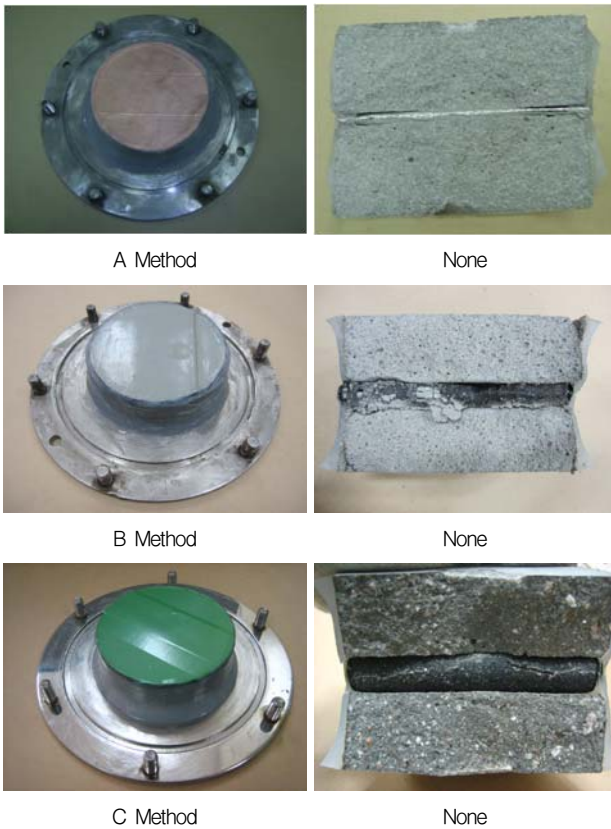


Figure 14. Results of watertightness test

3.3.3 내충격성능

A공법을 제외한 B공법, C공법에서 눌림 현상은 관찰되었으나, 3가지 복합공법 모두에서 파손이나 뚫림이 관찰되지 않았다(Figure 15). 이 결과를 통하여 본 성능 평가 방법은 복합 방수방근층이 장기간의 중량물 누름 압력에 대해 안전한 저항성을 확보하고 있는지를 평가할 수 있는 적절한 시험 방법으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

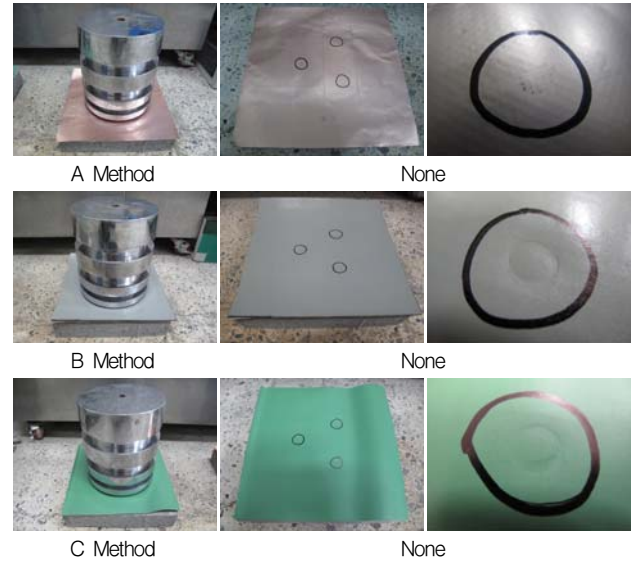


Figure 15. Results of pitting resistance Test

3.3.4 내충격성능

구형 추를 이용한 충격 시험에서는 낙하 높이 0.5m, 1.0m, 1.5m, 2.0m에서 3가지 공법에서 구멍이 뚫린 곳이 없었으나(Table 4), 가지형 추를 이용한 충격 시험에서는 A공법 전체, C공법 전체, B공법의 0.5m를 제외한 모든 시험체에서 뚫림 현상이 관찰되었다(Table 5). 이 결과를 통하여 본 성능 평가 방법은 복합 방수방근층이 시공 시의 물체 충격에 대해 안전한 저항성을 확보하고 있는지를 평가할 수 있는 적절한 시험 방법으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

Table 4. Results of Impact resistance test(sphere-type)

Methods	An impact point (Weight of sphere-type)			
	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
A Method				
	None	None	None	None
B Method				
	None	None	None	None
C Method				
	None	None	None	None

Table 5. Results of Impact resistance test(branch-type)

Methods	An impact point(Weight of branch-type)			
	0.5m	1.0m	1.5m	2.0m
A Method				
	Torn	Torn	Torn	Torn
B Method				
	None	Torn	Torn	Torn
C Method				
	Torn	Torn	Torn	Torn

3.3.5 내화학성능

A 공법의 경우 화학물질에 침지시킨 결과, 표면 부식이나 뚫리는 현상은 없었으나, 질산처리 후 표면 색깔이 탁해지는 현상이 관찰되었고, 중량변화율도 전반적으로 늘어난 것으로 나타났다. 중량이 늘어난 것은 알루미늄판막을 통해서 중심재인 유리섬유매쉬가 어느 정도의 용액을 흡수한 것으로 판단되며, 질산과 알칼리 부분의 3개의 시편 중 1개의 시편에서 중량변화율이 감소하였지만, 시편을 확인하여 보면 화학적인 침식에 의해 구멍이 뚫리지는 않았다(Table 6, Figure 16).

Table 6. Results of chemical resistance(A Method)

Items	before (g)	after (g)	variation (%)	contact
HCl 2%	1.10	1.11	0.91	None
	1.11	1.16	4.50	None
	1.13	1.15	1.77	None
NH ₃ 2%	1.04	1.06	1.92	Discoloration
	1.12	1.08	-3.57	Discoloration
	1.05	1.07	1.90	Discoloration
H ₂ SO ₄ 2%	1.11	1.12	0.90	None
	1.09	1.14	4.59	None
	1.09	1.16	6.42	None
NaCl 10%	1.14	1.18	3.51	None
	1.08	1.12	3.70	None
	1.10	1.17	6.36	None
NaOH 0.1% +Ca(OH) ₂ Saturated	1.11	1.12	0.90	None
	1.09	1.10	0.92	None
	1.04	1.03	-0.96	None

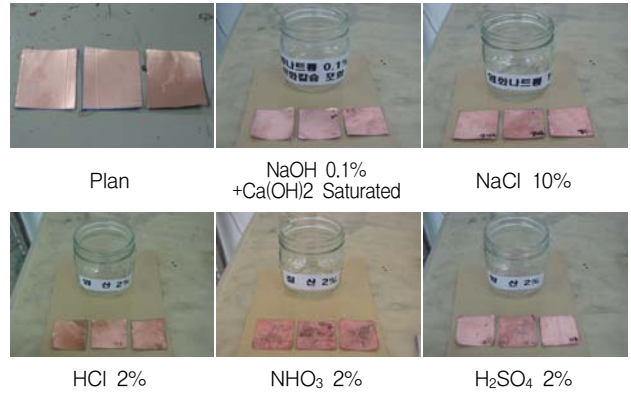


Figure 16. Results of chemical resistance(A Method)

B 공법의 경우 화학물질에 침지시킨 결과, 방수층인 고무시트층에서 표면 변화가 발생되었다. 특히 염산에서는 Table 7 과 같이 다른 산처리에 비하여 중량변화율이 감소하는 것으로 나타났다. Figure 18에서 보는 바와 같이 무처리와 비교하여 보면 표면의 광택이 사라졌으며, 손으로 만져 보았을 때 무처리에 비하여 약간의 끈적이는 점성이 증가하였다. 또한 황산처리의 경우 침지 용액 안에서 방수재 시험편의 전반적인 표면에 기포가 발생하였으며, 건조 후에는 기포자국과 기포로 인한 구멍이 남아있다. 이는 고무시트 층이 산에 의해 용해 된 것으로 판단된다 (Table 7, Figure 17, 18, 19).

Table 7. Results of chemical resistance(B Method)

Items	before (g)	after (g)	variation (%)	contact	
				Root barrier	Water-proofing
HCl 2%	12.26	12.23	-0.24	None	D*
	12.71	12.69	-0.16	None	D
	12.55	12.53	-0.16	None	D
NH ₃ 2%	12.58	12.57	-0.08	None	D
	12.37	12.36	-0.08	None	D
	12.65	12.64	-0.08	None	D
H ₂ SO ₄ 2%	12.54	12.53	-0.08	None	D
	12.54	12.53	-0.08	None	D
	12.30	12.30	0.00	None	D
NaCl 10%	12.57	12.57	0.00	None	None
	11.93	11.94	0.08	None	None
	12.03	12.04	0.08	None	None
NaOH 0.1% +Ca(OH) ₂ Saturated	12.34	12.35	0.08	None	D
	12.53	12.53	0.00	None	D
	12.04	12.06	0.17	None	D

* discoloration : D

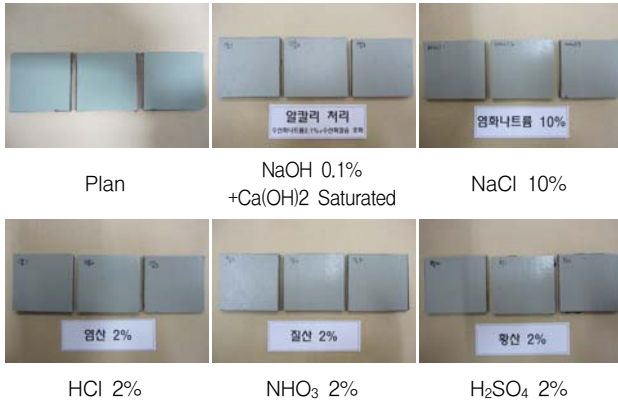


Figure 17. Results of chemical resistance (B Method : Root barrier)

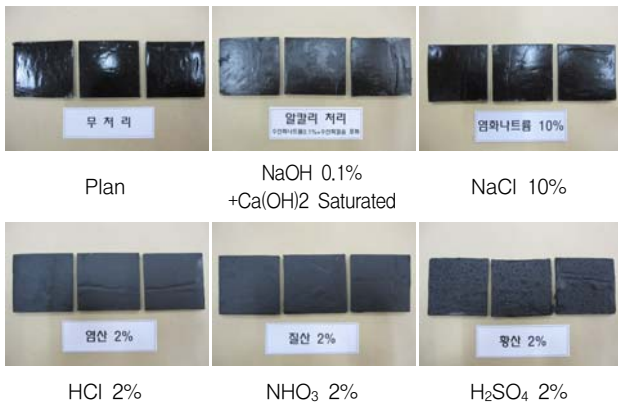


Figure 18. Results of chemical resistance (B Method : Waterproofing)



Figure 19. Results of chemical resistance (B Method : Waterproofing, H₂SO₄ 2%)

C 공법의 경우 화학물질에 침지시킨 결과, 방수층과 방근층 모두 변색이나 풀림 현상은 발생하지 않았으나 중량변화율은 산처리, 염화나트륨처리, 알칼리 처리 모두 증가 하였다. 이는 화학반응에 의하여 방수방근재의 표면이나 방수층과 방근층 사이에서 흡수가 발생된 것으로 판단된다(Table 8, Figure 20).

Table 8. Results of chemical resistance(C Method)

Items	before (g)	after (g)	variation (%)	contact	
				Root barrier	Water-proofing
HCl 2%	16.18	16.24	0.37	None	
	14.94	14.99	0.33	None	
	11.59	11.62	0.26	None	
NH ₃ 2%	16.25	16.32	0.43	None	
	15.23	15.30	0.46	None	
	14.87	14.93	0.40	None	
H ₂ SO ₄ 2%	12.18	12.25	0.57	None	
	12.44	12.53	0.72	None	
	11.53	11.57	0.35	None	
NaCl 10%	14.71	14.80	0.61	None	
	16.60	16.70	0.60	None	
	14.23	14.33	0.70	None	
NaOH 0.1% +Ca(OH) ₂ Saturated	14.75	14.84	0.61	None	
	13.84	13.92	0.58	None	
	15.39	15.46	0.45	None	

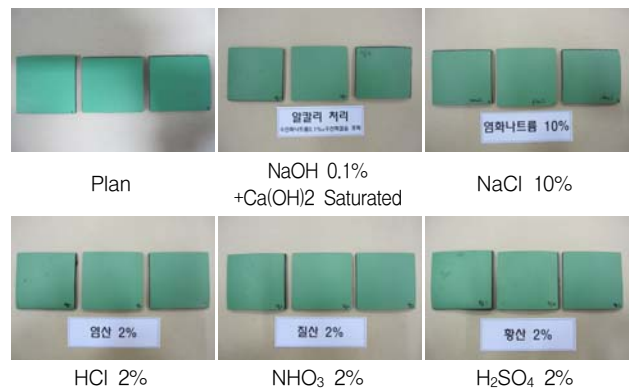


Figure 20. Results of chemical resistance(C Method)

3.3.6 고찰

본 평가를 통하여 방수방근 복합공법을 대상으로 현장 환경 조건을 고려한 방근 성능 시험, 수밀 성능 시험, 내음폭 폐임 성능, 내충격 성능, 내화학성능 시험을 수행한 결과 내 화학성의 질산 처리의 경우 색깔이 탁해지거나 방수층의 표면 변화가 나타났고, 내충격 시험의 경우 가지형후에 의해 찢김이 발생하는 현상이 관찰되었다. 이와 같은 결과로 방수방근 재료로 선택되어지는 재료에 대하여 KS F 4938의 방근 성능 평가뿐만 아니라, 시공 또는 유지관리 환경을 고려한 평가 방법도 공통적으로 적용되어 품질관리가 이루어질 수 있음을 확인하였다.

4. 결 론

현재의 콘크리트 기반 녹화용 방수방근 공법은 KS F 4938에 의한 식물 뿌리 침입 저항성만 평가하고 있는 실정이다. 그러나, 녹화 공사 현장은 다양한 시공 환경이 조성됨으로써 방수방근층이 손상을 입기 쉽다. 따라서 방수방근층은 이러한 현장 조건에서 안전한 저항성을 가져야하며, 이를 평가하기 위한 성능 지표(항목)의 설정이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 복합 방수방근 공법의 현장 시공 환경을 고려한 성능 평가 지표를 제안하였으며, 그에 적합한 평가 방법을 제안하였고, 그 적합성을 검증하였다.

- 1) 본 연구에서는 콘크리트 기반 녹화용 방수방근 공사현장에서 발생하는 환경으로서 8가지 환경을 제시하였고, 그 중 전문가의 의견을 반영한 AHP 기법에 의해 방근성, 수밀성, 움푹패임 저항성, 충격저항성, 내화학성이 방수방근층에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알 수 있었다.
- 2) 본 연구에서는 방수방근 공법에 직접적 영향을 미치는 5가지 환경 조건을 환경 성능 지표로 제안하였으며, 이러한 5가지 요인이 방수방근층에 미치는 영향을 평가하기 위해 방근 성능 시험 방법, 수밀성 시험 방법, 움푹패임 저항성 시험 방법, 충격저항성 시험 방법, 내화학성 시험 방법을 제시하였다.
- 3) 2)항의 5가지 성능 시험 방법을 이용하여, KS F 4938의 품질기준에 적합한 점착형 쉘 도막방수재와 구리방근시트를 적층한 복합공법(A공법), 자착식 부틸고무시트와 FRP를 적층한 복합공법(B공법), 합성고분자계 방수시트와 금속계 방근시트를 적층한 방근공법(C공법)을 대상으로 검증 평가를 수행한 결과, 각각의 방수방근층에서 물성 변화가 다르게 나타남을 확인하였고, 이는 현장 적용에 있어 시공 및 품질 관리를 명확히 할 수 있는 평가 방법으로 제안이 가능함을 확인하였다.

본 연구의 결과를 바탕으로 향후 복합 방수방근층에 대한 현장 시공 환경을 고려한 표준적 평가 방법 개발을 위한 후속 연구가 필요하다.

요 약

도심지 환경 개선을 위한 인공지반녹화(옥상녹화 등)사업

의 확대 보급을 위해서는 옥상부 구조체의 장기적 안정성을 보증할 수 있는 안전한 방수방근층을 구성하여야한다. 따라서 인공지반 녹화용 방수방근층은 식물 뿌리의 침입으로부터 안전해야 하며, 녹화부의 잔류수 및 침체수 등에 대해 장기적으로 수밀해야 하며, 식물 성장에 필요한 비료 등의 화학물질 및 기타의 화학성분에 장기적으로 안전해야 하며, 시공 시에 발생하는 각종 공구류, 설비류, 가설물에 의해 손상되지 않아야 하고, 식재 및 토심의 하중, 설비류의 하중에 의해 손상되지 않는 종합적 성능이 요구된다.

이에 본 연구에서는 옥상녹화 현장의 환경 조건을 대상으로 방수방근층의 환경 성능 지표를 설정하였고, 이와 관련한 방근성능, 수밀성능, 내움패임 저항성능, 충격저항성능, 내화학성능을 방수방근층의 요구 성능으로 정하였으며, 그와 관련한 평가 방법을 제시하고, 실무적인 검증 시험을 통하여 복합 방수방근층의 성능 평가 시스템을 제안하였다.

키워드 : 인공지반녹화, 방수방근재료, 복합공법, 방근시험방법
환경 성능 지표

Acknowledgement

This research was supported by a grant (Technical development of high durability root resistance sheet and environment friendly artificial soil for green roof systems) from Program funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs

References

1. Kwon SW, Jo IG, Bae KS, Oh SK, The Necessity Analysis of Development Waterproofing Materials and Methods of Construction Technologies for Green Roofs, Journal of the Korea Institute of Building Construction 2004;4(1):111-118.
2. Oh SK, Kwon KJ, Kwon SW, A Technical Point to be Considered Friendly Environment Greenng System in Architectural Plan, Journal of the Architectural Institute of Korea 2008;(5):59-63.
3. Oh SK, Kim YG, Shin JJ, Kim HS, K SW, A Standard Test Methods of Resistance to Root Penetration for Waterproofing and Rootproofing Membrane Using Green Roof System, Journal of the Architectural Institute of Korea

-
- 2009;25(11):95-104.
4. Oh SK, Kwak KS, Seon YS, Kwon SW, A Study on Test Methods for Performance Appraisal of Root Barrier Appling to Green Roofs, *Journal of the Korea Institute of Building Construction* 2007;7(1):79-84,5
 5. Oh SK, Choi SK, Choi SM, An Experimental Study on the Root Barrier Design of Joint pf Panel Type Waterproofing Method by Considering the Growth Diagnosis of Root, *Journal of the Architectural Institute of Korea* 2009;25(9):117-124.
 6. CHO IK, A Study on the Performance Appraisal for Copper Sheet as Root Barrier Material Appling to Green Roof System [MD dissertation], Seoul: Seoul Nation University of Science & Technology; 2007.
 7. Seon YS, A Study on How structural Load Affects the Physical Property Change of the Non-exposed Water-proof Membrane Layer [MD dissertation], Seoul: Seoul Nation University of Science & Technology; 2007.