

조경 녹화용 방수·방근층의 방근 성능평가 시험방법에 관한 연구

- 모의 바늘과 지하경을 이용한 방근 성능평가 시험방법 -

A Study on Test Method for Evaluating Root Resistance in Waterproofing and Root Resistance Membrane Used in Landscape Architecture

- A Test Method for Evaluating Root Resistance that Use a Simulated Needle and a Rhizome -

이 준 호* 표 순 주** 신 진 학*** 오 상 근****
 Yi, Jun-Ho Pyo, Soon-Ju Shin, Jin-Hak Oh, Sang Keun

Abstract

As landscaping building roofs and concrete structures increase gradually for low carbon green growth policy of government, But waterproofing membranes of those structures are effecting by root penetration of landscape plant. So, we progressed study about test method for fast evaluating root resistance of waterproofing materials jointly with Tokyo Institute of Technology.

The result of the study is as follows:

- (1) The penetrating load of the needle at the displacement speed of 1mm/min was measured for various membrane to basis and lap joints of membrane, the load force was 3~50 N by material variously.
- (2) According to the test method of deriving rhizomes of bamboo grass to basis and lap joints of membrane, there were no penetrated membrane until present, but need persistent observation.
- (3) Test method of deriving rhizomes of bamboo grass to basis and lap joints of membrane can shorten from period of 2 years to 1 year for testing. Because rhizomes of bamboo grass can grow from May to September, test is possible in same period.

키 워 드 : 방수층, 시험방법, 조경, 방근층, 근압, 접합부, 지하경 유도, 조릿대

Keywords : Waterproofing Membrane, Test Method, Landscape Architecture, Root Resistance Membrane, Penetrating Force, Lap Joint, Deriving Rhizome, Bamboo Grass

1. 서 론

1.1 연구의 목적

최근, 정부는 2008년 주요 정책으로 저탄소 녹색성장(Low Carbon, Green Growth)을 제시하였다. 여기에서 저탄소 녹색성장의 핵심은 지구온난화의 주원인인 온실기체(이산화탄소, 일산화이질소, 프레온 가스) 등의 배출량을 줄이는 것이다.

이산화탄소(CO₂)를 산소(O₂)로 바꾸는 식물의 광합성 메커니즘은 잘 알려져 있다. CO₂를 저장하기 위해 수목을 심어 아름다운 경관을 만드는 것을 조경녹화라 하며, 사진 1과 같다.

정부는 녹화를 장려하기 위해 주거성능 등급표시제도, 친환경 건축물 인증제도와 2008년부터 대규모 신도시, 택지개발에 생태면적율 30~50 % 이상 의무화 등 제도를 마련하였다.

또한, 서울시에서는 민간건물의 경우 설계공사비의 50%, 옥상 공원화 촉진지구인 남산가시권의 경우 70%를 지원하는 제도적 지원을 하고 있으며, 2003년부터 16층 이상 또는 연면적 3만㎡ 이상의 다중이용 건축물에는 옥상녹화를 의무화하고 있다.

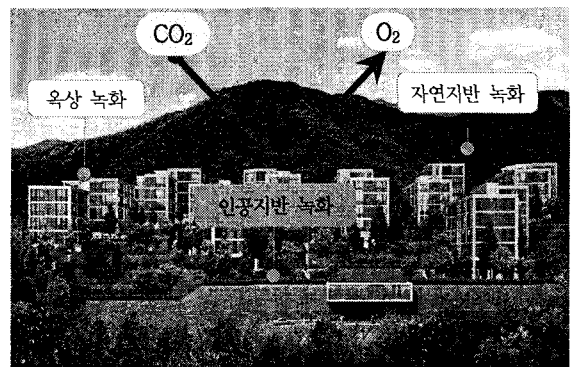


사진 1. 조경 녹화의 종류

이에 따라 녹화산업의 발전은 더욱 가속화 되는 추세이다.

* 삼성물산(주) 건설부문 주택ENG팀
 ** 삼성물산(주) 건설부문 주택ENG팀, 공학박사
 *** 삼성물산(주) 건설부문 주택ENG팀
 **** 국립서울산업대 건축학부 교수, 공학박사

국내에서도 녹화의 중요성을 인식하고 일본, 독일 등의 선진기술을 벤치마킹하여 기술개발 및 적용을 시작하였으나, 유지관리의 어려움이 생기고 있으며, 왕성한 수목의 뿌리가 구조물을 관통하고, 누수 되는 하자사례가 표 1과 같이 발생하여 구조물의 내구성, 안전성 확보의 중요성이 대두되고 있다.

표 1. 구조물에 뿌리의 관통 사례



그러므로 정부의 저탄소 녹색성장 정책과 보조를 맞추어 조경녹화를 확대하기 위해서는 녹화가 적용될 하부 구조물을 안전하게 조성하여야 한다. 즉, 그림 1과 같이 식재된 녹화부(수목, 토양, 물, 비료 등)의 환경조건으로부터 구조물의 구조적 안전성 및 장기적인 내구성 확보가 필요하여, 하부 구조물에 수목의 뿌리에 의한 뚫림 방지를 위한 방근(防根)기술 개발 및 확보가 절실히 필요하다.

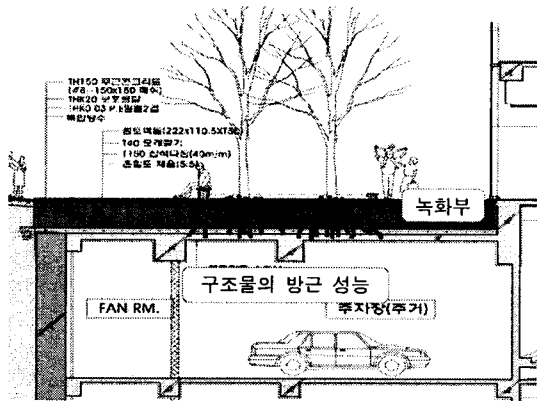


그림 1. 인공지반 녹화의 방근 성능

이미, 유럽, 일본은 방근 성능평가 시험기준을 제정하였으나, 국내에서는, 서울산업대, 한국전자재시험연구원 등에서 많은 연구가 진행 중이나, 검증을 위해서는 시간이 필요하므로, 아직까지 표준화된 방근 성능평가 방법이 정해지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 국내에 사용되는 방근 재료를 표준화된 평가방법에 의해 검증할 수 없어, 해외 전문 연구기관(일본 동경공업대 건축물리연구센터 응용세라믹스연구소)과 공동연구를 통해 뿌리를 대신하여 모의 바늘 방근 성능평가 방법과 뿌리 유도에 의한 방근 성능평가 방법을 통해 빠른 시간에 효율적이고 새로운 방근 성능평가 방법 및 체계를 제안하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 일본건축학회 방수공사운영위원회의 방수층 내근성 시험방법 Work Group에 참가하여 시험방법을 조사하

고, 뿌리, 방근 성능 등에 관한 논문 및 문헌을 통해 조사했다.

이를 바탕으로, 뿌리의 근압력을 모의(模擬)한 바늘을 이용하여 간단한 방근 성능방법과 식물의 뿌리를 방근 재료에 직접 유도하여 관통여부를 평가하는 방근 성능방법을 연구하였고, 국내에서 방수, 방근 재료의 시편을 제작 후 일본 동경공업대에서 평가시험을 실시하는 방법으로 진행하였다. 방근 성능평가 방법 연구의 흐름은 그림 2와 같다.

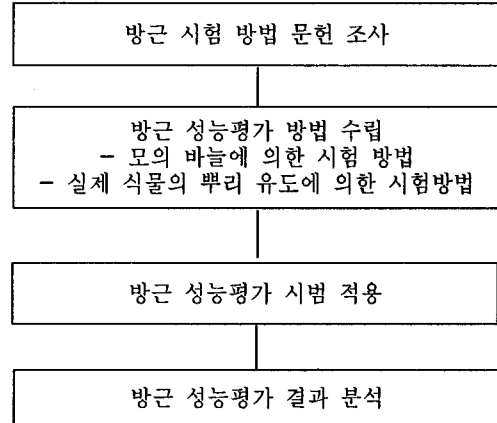


그림 2. 녹화용 방수층의 방근 성능 평가 연구 방법

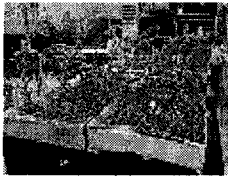

다만, 일본에서 시험이 진행되어, 국내에서 제작하여 수집된 한정된 시편에 대해서만 성능 평가를 수행하였다.

2. 기존 연구의 고찰

2.1 방근 성능평가 방법 연구

유럽은 EN 13948을 제정하였고, 일본도 방수층 내근성 시험방법 Work Group에서 JASS 8 T-401 옥상녹화용 멤브레인 방수공법의 耐根성능 평가방법을 표 3과 같이 제정하였다.

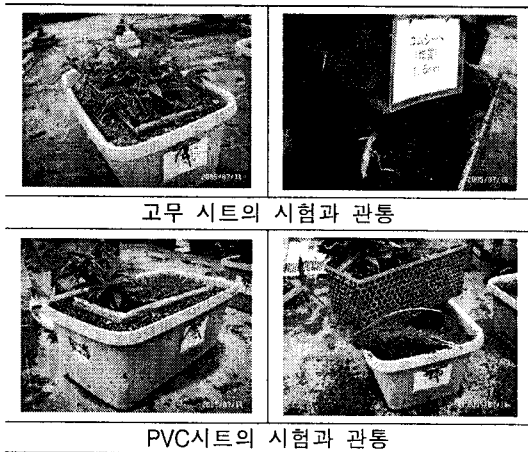
표 3. 식재에 의한 방근 성능 평가 방법(예)

분류	유럽	일본
기준	EN 13948('07년)	JASS 8 T-401('08년)
전경		
수종	개밀	잔디, 대나무
목본	피라칸타	후박나무, 사방오리나무
시험기간	2년	2년
시험개수	8개	8개(각 4개)
평가기준	8개 모두 뿌리의 관통 및 접합부에 침입이 없는 것	

이 평가방법은 주로, 식물을 식재하여 방수·방근층의 뿌리에

의한 풀림 여부를 실제에 가장 근접하게 확인할 수 있는 시험 방법이나, 2년의 시험기간이 소요되고 있다. 또한, 식물의 생육에 의존하므로 식물이 잘 생육할 수 있도록 토양, 수분, 비료, 햇빛, 온도 등의 환경조건을 잘 유지 관리해야 하는 문제점이 있다. 일본의 경우, 실제에 가장 유사하게 방근 성능평가 방법으로 사진 2와 같이 조릿대나 잔디를 식재하여 방수·방근층에 뿌리에 의한 풀림 여부를 확인할 수 있다는 보고가 있었고, 조릿대가 잔디보다 빠른 시기에 관통되었으며, 딱딱한 재료가 부드럽거나 얇은 재료보다 지하경이 관통하기 어려운 경향을 나타내었다.

표 4. 식재에 의한 방근 성능(관통 사례)



고무 시트의 시험과 관통

PVC시트의 시험과 관통

2.2 뿌리의 형상에 대한 연구

표순주 외 1인(2006)등의 연구에 의하면 조릿대와 잔디 뿌리를 현미경으로 관찰하니, 지하의 토양, 수분 등 환경조건이 다양해, 지하경마다 성장 상태, 형상이 다르며, 끝부분의 형상은 보통 예각을 이루고 있다. 조릿대의 직경은 0.14, 0.37, 0.50mm, 잔디는 0.1, 0.17mm 를 보이며, 사진 2와 같다.



사진 2. 뿌리 끝의 형상과 직경

2.3 뿌리의 생육과 힘에 대한 연구

표순주 외 3인의 연구에 의하면 조릿대 지하경의 생육이 5월부터 9월까지 자라, 9월에는 생육이 멈춘다는 보고가 있었다.

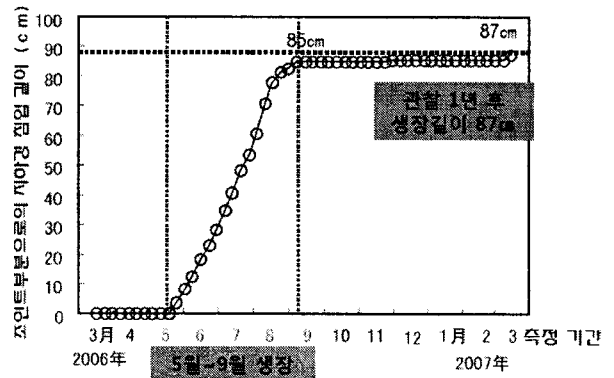


그림 3. 조릿대 지하경의 성장 길이 측정 결과

또한, 표순주 외 1인(2006)등의 연구에 의하면, 지하경, 뿌리 등이 방수층을 관통할 때 조릿대 지하경의 관통력(침입력)은 약 10N(1kg)정도로 그림 4와 같으며, 잔디는 약 6N이 확인되었다. 다만, 관통력(침입력)이 더욱 강한 식물이 있을지도 모르기 때문에 뿌리의 힘의 최대치라고 생각해서는 안 된다.

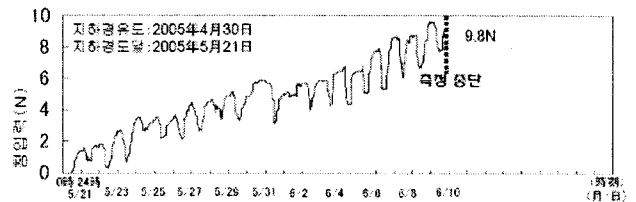


그림 4. 조릿대의 관통력(침입력) 측정 결과

2.4 뿌리 및 방근 관련 주요 연구 현황

뿌리의 힘을 측정하는 연구와 방근 성능평가 연구에 관련한 일본에서의 연구는 표 2와 같이 다양하게 진행되고 있다.

최근, 일본에서는 단기간에 간편하게 방근 성능평가가 가능하며 경제성 및 효율성을 높일 수 있는 연구로의 방향이 집중되고 있다.

표 2. 뿌리의 힘 및 방근 성능 관련 주요 연구

분류	연구자	연구내용
	Lawrence J. Clark 외 1인(1999)	쌍자엽 식물과 단자엽 식물의 뿌리가 누르는 최대압력을 측정
	表淳珠 외 1인(2005)	뿌리의 방수층 침입력 측정
	田中享二 외 2인(2006)	방수층의 지하경 선단 근압력 측정 장치 개발 및 그 결과
	表淳珠 외 2인(2006)	지하경 신장 측정
	栗原由佳 외 3인(2006)	지하경 근압력 측정
	Kyoji TANAKA 외 3인(2008)	내근성능평가 장치의 개발
	石原沙織 외 2인(2008)	식물뿌리의 비대력 측정

분류	연구자	연구내용
	田中享二 외 2인 (2006)	방수층의 내근성 평가 시험방법의 검토
	橋大介 외 6인 (2005)	옥상녹화 방수층의 내근 성능평가시험방법에 고려할 사항
	澤西良三 외 6인 (2005)	옥상녹화 방수층의 내근 성능평가시험방법 검토
	清水市郎 외 6인 (2005)	옥상녹화 방수층의 내근 성능평가시험방법 및 그 결과
	表淳珠 외 2인 (2006)	방수층의 내근성 평가를 위한 간단한 시험방법의 개발
	清水市郎 외 6인 (2006)	옥상녹화 방수층의 내근 성능평가시험방법 평가결과 경과
	石原沙織 외 3인 (2006)	방수층의 내근성 평가 시험방법의 검토
	Kyoji TANAKA 외 3인(2007)	조릿대를 사용한 방수층의 내근성 평가 시험방법의 개발
	表淳珠 외 1인 (2007)	방수층, 내근시트 조인트의 내근성
	表淳珠 외 3인 (2008)	방수층, 내근시트 조인트의 내근 성능평가를 위한 간단한 시험방법
	石原沙織 외 2인 (2006)	실제 식물을 이용한 녹화방수내근시트의 내근성 평가 시험방법
	石原沙織 외 1인 (2008)	녹화용 방수의 간편한 내근 성능평가 시험방법
	田中享二 외 7인 (2008)	옥상녹화 방수의 내근 성능평가 시험방법 개발
	田中享二 외 1인 (2008)	녹화용 방수 접합부의 간편한 내근성평가 시험방법
	石原沙織 외 2인 (2008)	녹화용 방수의 간편한 내근 성능평가 시험방법

3. 모의 바늘을 이용한 방근 성능평가

기존 연구를 바탕으로 지하경의 형상 및 직경과 유사한 모의 바늘을 만들어 방근 재료의 하중과 변위를 간편하게 측정하여 상대적인 방근 성능의 유무를 확인하는 것으로 그림 5와 같이 시험체는 일반부, 접합부로 나누어 시험을 진행했다.

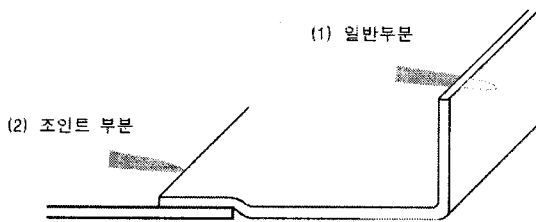


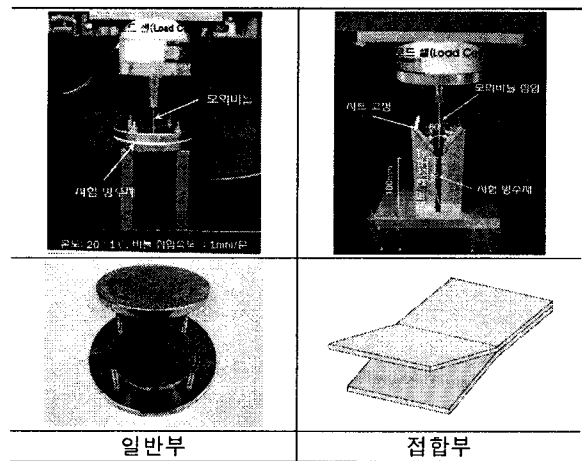
그림 5. 시험체의 일반부와 접합부

3.1 시험장치

지하경의 직경과 형상과 유사하게 강재 재질로 만든 모의 바늘을 사용했다. 일반부는 침단을 0.5mmφ의 구상, 축부는 3

mmφ인 모의 바늘을 사용해 중심에 3mmφ의 구멍이 뚫린 두께 8mm의 원형의 2매의 고정판의 중간에 방수층을 삽입한 후, 모의 바늘을 방수층에 밀어 넣어, 그 때의 하중과 모의 바늘의 변위를 측정했다. 접합부는, 침단을 0.5mmφ의 구상, 축부는 2mmφ, 재질은 강재인 모의 바늘을 사용해 시험편을 좌우로 60° 벌리는 고정대에 시험체를 고정하고, 모의 바늘의 침단을 시험편에 밀어 넣어, 그 때의 하중과 모의 바늘의 변위를 측정했다. 고정대의 틈(간격) 폭은, 시험편을 고정대에 닿지 않고, 수직으로 모의 바늘을 시험편 접합부에 침입시키도록 했으며, 표 5와 같다.

표 5. 모의 바늘 방근 성능 시험 장치 및 시험체



3.2 시험체

1) 일반부

일반부 시험체는 방수재 21종, 방근 시트 10종이며, 시험편의 크기는 각 50mm×50mm이다.

2) 접합부

접합부 시험체는 방수재 8종, 방근 시트 14종이며, 시험편의 크기는 각 50mm×100mm로 했다.

3.3 시험 방법

1) 시험방법

모의 바늘을 시험편 위에서 1.0mm/분의 속도로 밀어 넣고, 그 하중과 변위를 측정했다. 단, 50N이상시 시험을 중지했다.

2) 시험조건

시험 시는 온도를 20℃ 일정하도록 유지했다.

3) 시험체의 개수

일반부 시험체수는 방수재 21종, 방근 시트 10종이며, 각 시험편에 대해 5회씩 측정했다.

접합부 시험체수는 방수재 8종, 방근 시트 14종류이며 각 시험체에 대해, 5개씩 측정했다.

4) 평가 항목

일반부는 각 시험편의 「최대 하중」, 접합부는 모의 바늘이 시험체에 접촉하고 나서 10 mm 변위했을 때의 하중으로 했다.

3.4 시험 결과 및 방근성 판정 기준

1) 일반부

일반부의 측정결과 아래 그림6과 같은 하중 변위 곡선의 예를 얻을 수 있었다. 약 50N 이상의 최대 하중치 결과가 나왔다.

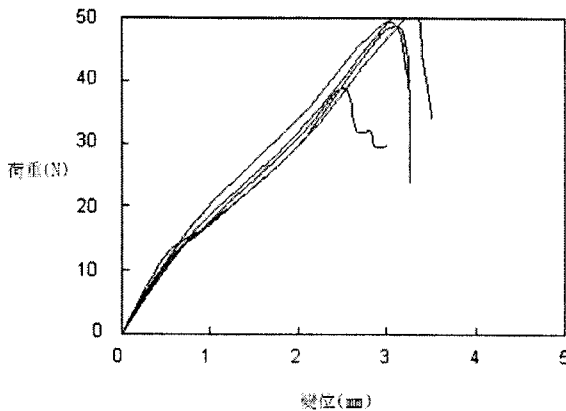


그림 6. 일반부의 하중 변위곡선의 예

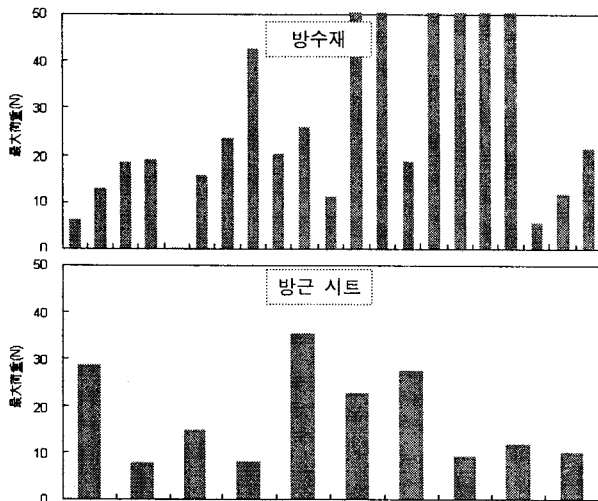


그림 7. 일반부의 최대하중

방수재와 방근 시트의 모의 바늘 관통 시험의 결과 「최대

하중치」는 그림 7과 같다. 방근력의 높고, 낮음의 판정 기준으로 이용한다.

현재까지의 경험에 근거하면, 최대 하중치 50N이상인 경우는 충분한 방근성이 있고, 20N~50N의 경우는 방근성은 있지만, 다소 불안한 면이 있는 구역이라고 판단되며, 20N미만인 경우는 방근성이 적다고 추정된다.

2) 접합부

접합부의 측정결과 아래 그림 8과 같이 10mm 변위시 하중 변위 곡선의 예를 얻을 수 있었다. 약 50N 이상의 최대 하중치 결과가 나왔다.

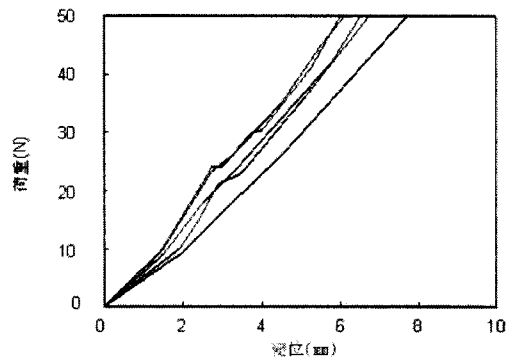


그림 8. 접합부의 10mm변위시 하중 변위곡선의 예

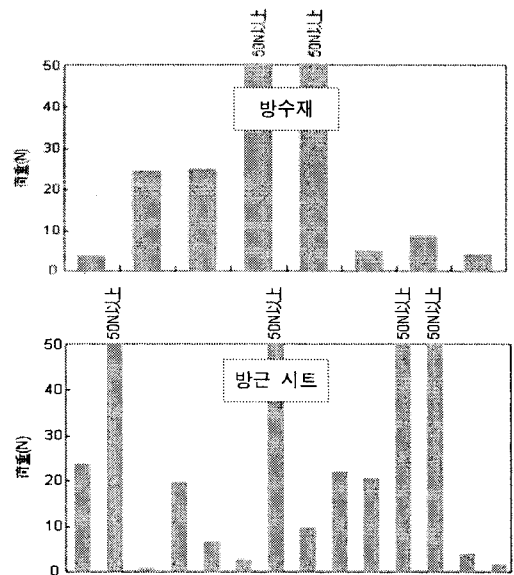


그림 9. 접합부의 10mm 변위시 하중

방수재와 방근 시트의 모의 바늘 관통 시험의 결과인 「10mm 변위시 하중」에 대한 결과는 그림 9와 같다.

방근성의 판정 기준은 모의 바늘 관통 시험에서 모의 바늘 침입시 시험편에 「10mm 침입했을 때의 하중치」이다. 현재까지의 경험에 근거하면, 하중치가 50N이상인 경우, 충분한 방근성이 있고, 20N~50N인 경우는 방근성은 다소 있지만, 불

안한 측면이 있으며, 20N미만인 경우는 방근성이 적다고 추정된다.

4. 식물 뿌리를 유도하는 방근 성능평가

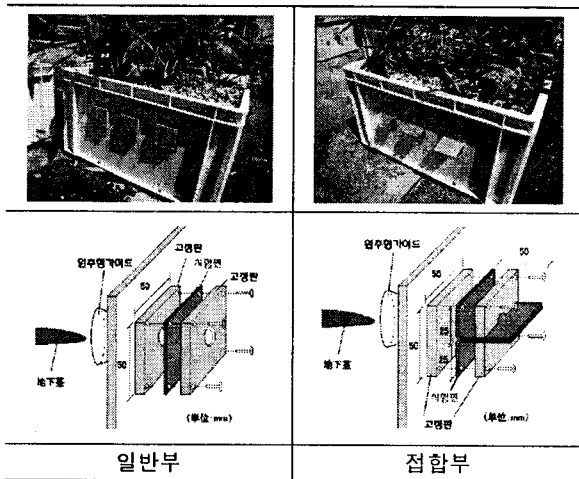
4.1 시험 장치

일반부는 지하경을 시험체에 접촉시키기 위해, 시험 용기의 측면으로 지하경이 빠져 나가는 10mmφ의 구멍을 뚫고, 지하경유도를 위한 원추형의 가이드를 달았다.

지하경의 신장하는 방향으로 앞에 시험체를 고정판에 고정했고, 시험편의 미끄럼 방지를 위해, 염화비닐 수지 고정판과 시험편의 사이에 #80의 사포를 고정하는 경우도 있었다. 접합부는 일반부와 같이 설치하되, 접합부가 상하로 위치하도록 T형상의 시험편을 고정했다.

일반부와 접합부 시험 장치는 표 6과 같다.

표 6. 식물 뿌리를 유도한 방근 성능 시험 장치 및 시험체



4.2 시험체

방근 시트 시험편은 일반부는 50mm×50mm크기, 11종이며, 접합부는 지하경을 확실히 접합부에 유도시키기 위해, T형상의 시험체로, 조인트 길이는 50mm, 시험체수는 14종이다.

4.3 시험방법

1) 사용 식물

조릿대 사용

2) 시험 방법

2008년 7월 29일에 조릿대를 시험용 용기에 재배해, 1개월 간 식물을 순응시킨 후, 2008년 8월 29일에 조릿대의 지하경

침단을 지하경 유도 가이드에 유도한 후 조릿대의 생육 관리를 계속하면서, 1주간에 1회, 지하경의 관통의 유무를 관찰했다.

3) 시험 장소

일본 동경공업대학 캠퍼스 J1동 옥상

4) 시험편의 개수

일반부는 11종류 2개씩, 접합부는 14종류 2개씩이다.

4.4 현재까지의 시험결과 및 고찰

1) 일반부

시험결과는 그림 10과 같고, 현재까지 관통은 보이지 않았다.

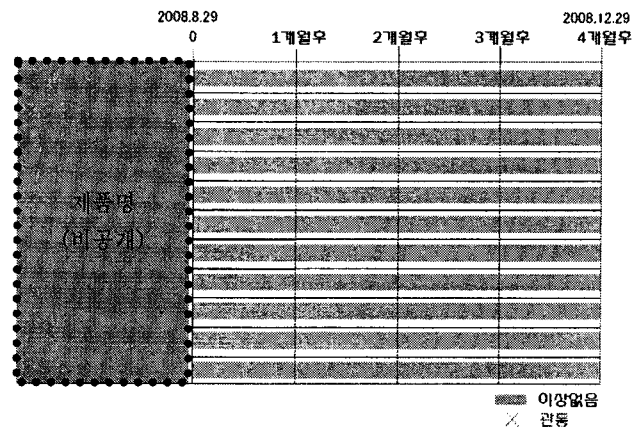


그림 10. 일반부의 시험결과

2) 접합부

접합부 시험결과는 아래 그림11과 같으며, 현재까지 관통은 보이지 않았다.

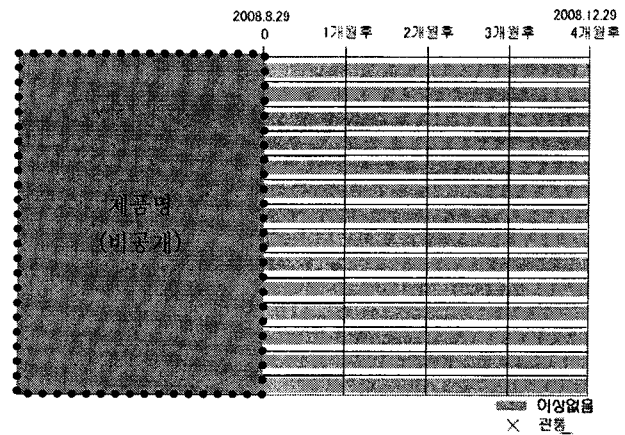


그림 11. 접합부의 시험결과

3) 고찰

일반부 및 접합부 모두 현재까지는 관통이 없었다. 현재까지

관통이 관찰되지 않는 것은 표순주 외 3인의 연구에 의하면 조릿대 지하경의 생육이 8월 이후로는 지하경의 생육이 멈추어 시험편에 도달하지 못한 것으로 추정되며, 지속적인 관통여부의 관찰이 필요하다. 또한, 뿌리나 지하경의 힘이 더 강한 식물로 뿌리를 유도하는 시험을 한다면 더욱 쉽게 방근 성능 확인을 할 수 있으리라 생각되어 앞으로의 연구 과제라고 생각한다.

5. 결론 및 고찰

5.1 방근 성능평가의 결과

동경공업대와 공동으로 연구한 간편한 방근 성능평가 방법에 의한 연구의 결과는 다음과 같다.

- 1) 모의 바늘을 이용한 일반부의 방근 성능평가 결과, 방수재의 경우, 단단한 재질의 폴리 우레아 등은 방근 성능(최대 하중)이 최대 50N 이상이 나오지만, 7~8N으로 낮게 나오는 방수재도 있었다.
또한, 방근 시트의 경우 종류별로 방근 성능(최대 하중)이 35N 정도에서 8~9N 정도로 다양한 하중치가 나왔다.
- 2) 모의 바늘을 이용한 접합부의 방근 성능평가 결과, 방수재의 경우, 합성고분자계 시트 등은 방근 성능(최대 하중)이 최대 50N 이상이 나오지만, 3~4N으로 낮게 나오는 방수재도 있었다.
또한, 방근 시트의 경우 종류별로 방근 성능(최대 하중)이 50N 이상에서 2~3N 정도로 다양한 수치가 나왔다.
- 3) 모의 침 시험에 의해 방근 성능을 확인한 후, 식물 뿌리를 유도하는 방근 성능평가 결과, 일반부와 접합부 모두에서 현재까지 관통된 것은 없었다.

5.2 방근 성능평가 시스템 제안

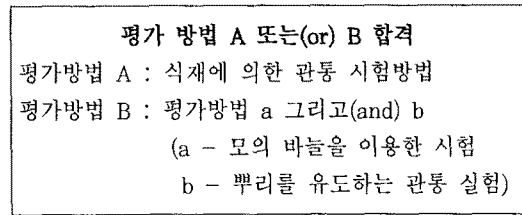
기업 입장에서 제품 개발 후 2년이라는 장기간동안 방근 성능을 확인하기 위해 시간적, 경제적 손실을 감수할 수밖에 없어 방근 기술개발 투자를 하기 어렵다.

그러므로 기존의 식재 실험과 함께 간편하고 단기간에 실시할 수 있는 방근 성능평가 방법 및 체계를 그림 12와 같이 제안하고자 한다.



그림 12. 방근 성능평가 방법 및 체계

- 1) 평가방법 A[식재에 의한 실험] 만족 또는 평가방법 B [a(모의 바늘실험) 그리고 b(뿌리 유도실험)]를 만족하는 제품을 방근 성능평가에 합격한 것으로 한다.



- 2) 평가방법 A는 조릿대를 식재하여 생육관리를 하면서 방근 재료의 성능 평가를 2년간 실시하며, 3개월에 1회씩 관통 여부를 확인하여, 합부를 판정한다.
- 3) 평가방법 B는 방근 재료가 개발되면 모의 바늘 실험을 통해 일반부, 접합부의 방근력을 측정하고, 수치가 기준 수치 이상인 제품을 선정하여 5월~9월까지 뿌리 유도 실험을 실시하여 생육관리를 하면서 1주에 1회씩 관통 여부를 확인하여, 합부를 판정한다.(1년) 평가방법 B의 절차는 그림 13과 같다.

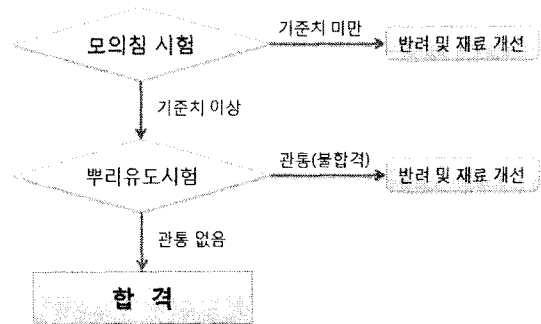


그림 13. 방근 성능 평가 방법 B 절차

단, 신뢰 수준을 높이기 위하여 식재에 의한 실험과 뿌리 유도 시험을 반복 비교하여 신뢰 수준을 80% 이상으로 높일 필요가 있다.

5.3 고찰

- 1) 모의 바늘에 의하여 침입력을 측정하면, 딱딱하고, 조인트의 접합방법이 용접에 의하여 일체화된 재료일수록 높은 수치가 나오겠지만, 그 수치만으로는 방근력이 상당히 크다고 확신하기는 어렵다고 생각되어, 실제의 방근력과 더욱 가깝게 방근력을 평가할 수 있는 방법에 대한 추가 연구가 필요하며, 모의 바늘에 의한 방근력을 추정 한 뒤 실제 식물을 이용한 방근 성능평가 시험방법을 실시하는 방법으로 진행해야 한다고 생각된다.
- 2) 뿌리 유도에 의한 방근 성능평가 실험에서 식물을 선정함에 있어 비교적 뿌리의 근압력이 강한 조릿대를 사용 하였지만, 더욱 뿌리의 근압력이 강한 식물이 있을 수 있

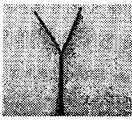
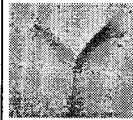

으므로, 향후 조경분야의 전문가들과 함께 다양한 식물을 실험하여 확실하게 방근 성능을 시험하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

- 3) 뿌리 유도에 의한 시험은 식물이 생육하는 1년의 기간 동안 5~9월 동안만 진행이 가능하므로, 이 기간 외에도 식물이 잘 생육할 수 있는 온도, 습도, 비료, 토양, 햇빛, 배수, 관수, 등의 최적의 환경조건을 만드는 연구와, 그 환경 조건을 다르게 하여 종류별로 식물을 식재하는 연구를 진행해 1~2개월의 단시간 내에 방근성능을 확인할 수 있도록 향후 연구가 필요하다.
- 4) 위의 평가 시스템의 절차에 의해, 방근 재료 개발의 순서에 따라 모의 바늘에 시험에 의해 방근성이 높은 것으로 추정되는 재료를 선정하고, 뿌리 유도에 의한 실험에 합격하는지를 확인하는 방법으로 재료 개발을 진행하여 보니, 추천할 수 있는 방근 공법은 도막류와 시트류중 접합부의 접합이 강한 재료로, 시트류의 경우 접합부의 틈을 없애기 위한 가장 효율적인 방법은 서로를 녹여서 접합부를 하나로 만들어 뿌리가 틈을 찾을 수 없도록 할 수 있는 열풍(熱風) 가열 용접 방식인 것으로 생각되며, 표 7에 나타낸 바와 같다.

▶ 향후 방근 재료의 개발 방향

- ① 일반부보다 접합부에서 대부분 뿌리에 뚫리므로 접합부 방근 성능 확보 또는 도막류의 개선
- ② 접합부 처리 방법 : 열풍 용접 등에 의한 일체화

표 7. 추천된 방근 시스템 비교

구분	"A" 시트	"B" 시트	"C" 도막
사진			
모의 바늘	일반부	28N	27N
	접합부	50N 이상	50N 이상
접합부 특징	열풍 용착	열풍 용착	도막(연속)
경제성	중가	저가	고가
시공성	장비필요 간단	장비필요 간단	장비필요 용이

감사의 글

본 연구는 2008년 1월부터 12월까지 日本 東京工業大와의 공동연구에서 나온 일련의 결과로 공동 연구해주시고 지도해 주신 다나카 교지(田中 享二) 교수님께 감사를 드립니다.

또한, 연구 및 실험에 도움을 주신 미야우치 히로유키(宮内 博之) 총남대 조교수, 이시하라 사오리(石原 沙織) 동경공업대

박사과정 연구원과 日本建築學會 防水工事運營委員會 · 耐根시트試驗方法 WG委員께 깊은 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. 김영찬, 구리방근 시트와 페타이어 용융 액상 도막방수재를 이용한 옥상녹화용 방수공법에 관한 실험적 연구, 서울산업대 주택대학원 석사학위논문, pp 1-10, 2008
2. 안승일, 서울시 도시공원화 사업 추진현황 및 향후 계획, 제3회 한일 옥상녹화기술 국제세미나 지속가능한 도시인공지반녹화, pp 25-46, 2008
3. 표순주, 옥상녹화용 지하경의 근압측정장치 개발과 측정결과, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제28권 제1호(통권 제52집), 2008.10.24-25
4. 표순주, 옥상녹화용 방수층 일반부의 내근성 평가를 위한 시험장치 개발, 대한건축학회 학술발표대회 논문집 제28권 제1호(통권 제52집), 2008.10.24-25
5. P.Fischer, R.Bohlen, R.Klein, J.Liesecke, G.Losken, P.Siegert, W.Tebart and R.Walter: Procedure for investigation resistance to root penetration at green-roof sites; The Landscaping and Landscape Development Research Society e.v.(FLL), January 2002
6. Kyoji TANAKA, Saori ISHIHARA, Soonju PYO, Hiroyuki MIYAUCHI, 「DEVELOPMENT OF TEST METHOD FOR EVALUATING ROOT RESISTANCE OF WATERPROOFING MEMBRANE」, Proceedings of the Eleventh International Conference on Durability of Building Materials and Components, 11dbmc' Volume Three' pp.1047-1056, 2008
7. Kyoji TANAKA, Soonju PYO, Hiroyuki MIYAUCHI 「DEVELOPMENT OF APPARATUS FOR MEASURING PENETRATION FORCE OF RHIZOME TIP TO WATERPROOFING MEMBRANE, AND SOME MEASURED FORCE ON BAMBOO AND LAWN GRASS」, ICBEST '07 Proceedings, pp.143-150, 2007
8. Lawrence J. Clark and Peter B. Barraclough 「Do dicotyledons generate greater maximum axial root growth pressures than monocotyledons?」, Journal of Experimental Botany, Vol.50, No.336, pp.1263-1266, 1999
9. 石原沙織, 表淳珠, 宮内博之, 田中享二, 「防水層耐根性評価のための試験方法の検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.863-864, 2006
10. 石原沙織, 田中享二, 「緑化用防水の簡便な耐根性試験方法」, 2008年度 日本建築学会関東支部研究報告集 pp.89-92, 2008

11. 石原沙織, 明石礼代, 田中享二, 「緑化用防水の耐根性を考慮した植物の肥大成長力の測定」, 2008年度 日本建築学会関東支部研究報告集 pp.93-96, 2008
12. 石原沙織, 宮内博之, 田中享二, 「緑化防水・耐根シートおよびそれらのジョイント部耐根性の植物を用いた簡便な評価試験方法」, 日本建築学会構造系論文報告集 第634号 pp.2085-2090, 2008
13. 石原沙織, 明石礼代, 田中享二, 「緑化用防水の簡便な耐根性試験方法」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.29-30, 2008
14. 田中享二, 表淳珠, 「防水層耐根性評価のための試験方法の検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.799-800, 2005
15. 田中享二, 表淳珠, 宮内博之, 「防水層に対する地下茎先端の押し付け力測定装置の開発と測定結果」, 日本建築学会構造系論文報告集 第602号 pp.67-71, 2006
16. 田中享二, 石原沙織, 「緑化用防水層のジョイント部の耐根性評価のための簡便な試験方法」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.27-28, 2008
17. 田中享二, 橘大介, 清水市郎, 澤西良三, 三輪隆, 立山富士彦, 大森僚次, 後藤良昭, 「屋上緑化防水の耐根性試験方法の開発」, 日本建築学会技術報告集 第14巻 第27号 pp.13-16, 2008
18. 表淳珠, 田中享二, 「根先の防水層浸入力測定」日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.797-798, 2005
19. 表淳珠, 宮内博之, 田中享二, 「防水層の耐根性評価のための簡便な試験方法の開発」, 日本建築学会構造系論文報告集 第606号 pp.35-41, 2006
20. 表淳珠, 田中享二, 「防水層・耐根シートの重ね合わせ部の耐根性」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.919-920, 2007
21. 表淳珠, 石原沙織, 宮内博之, 田中享二, 「防水層・耐根シートのジョイント部の耐根性評価のための簡便な試験方法の開発」, 日本建築学会構造系論文報告集 第623号 pp.43-48, 2008
22. 表淳珠, 石原沙織, 宮内博之, 田中享二, 「防水層・耐根シートのジョイント部の耐根性評価のための簡便な試験方法の開発」, 日本建築学会構造系論文報告集 第623号 pp.43-48, 2008
23. 表淳珠 외 2인, 防水層의耐根性평가의ための簡便な試験方法の開発, 日本建築學會
24. 栗原由佳, 表淳珠, 宮内博之, 田中享二, 「地下茎の押し付け力の測定」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A, pp.861-862, 2006
25. 橘大介, 清水市郎, 澤西良三, 田中享二, 三輪隆, 立山富士彦, 大森僚次, 「屋上緑化防水システムのための耐根性能の評価・その1・耐根性能評価試験の考え方」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.801-802, 2005
26. 澤西良三, 清水市郎, 橘大介, 田中享二, 三輪隆, 立山富士彦, 大森僚次, 「屋上緑化防水システムのための耐根性能の評価・その2・耐根性能評価試験方法」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.803-804, 2005
27. 清水市郎, 橘大介, 澤西良三, 田中享二, 三輪隆, 立山富士彦, 大森僚次, 「屋上緑化防水システムのための耐根性能の評価・その3・耐根性能評価試験結果」, 日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.805-806, 2005
28. 清水市郎, 橘大介, 澤西良三, 田中享二, 三輪隆, 立山富士彦, 大森僚次, 「屋上緑化防水システムの耐根性能評価方法の検討: その4 耐根性能評価の経過結果」日本建築学会大会学術講演梗概集 A pp.857-858, 2006
29. 日本建築學會, 「JASS8 T-401 屋上緑化用メンブレン防水工法の耐根性試験方法(案)」, 建築工事標準仕様書・同解説 8 防水工事, 技報堂, pp.410-437, 2008