

식물뿌리의 생장특성을 고려한 패널형 방수공법의 조인트부 방근설계에 관한 실험적 연구

A Experimental Study on the Root Barrier Design of Joint of Panel Type Waterproofing Method by Considering the Growth Diagnosis of Root

최 성 민*

Choi, Sung-Min

최 수 경**

Choi, Soo Kyung

오 상 근***

Oh, Sang-Keun

Abstract

In this study, the growth diagnosis of root is analyzed through plant's auxanology point of view, and the inductive root barrier ability of panel type waterproofing method which is designed to deal with it, is confirmed positively through long term(2 years) mock-up test. Moreover, basic ideas for inductive root barrier design in joint is presented through this study.

The experiment result for the root barrier of sealed A-type during 24 months, there were no damages found on the waterproofing layer. -urethane sealing material was used to apply for waterproofing of joint- for roots.

As the result, it was confirmed that it is possible to maintain the root barrier of method through applying inductive root barrier design such as the installation of decreasing space of bearing power which considers the growth diagnosis of root, even if the root barrier was not secured.

키 워 드 : 옥상녹화, 하부시스템, 건식화, 일체화, 방수, 유도적 방근

Keywords : Green Roofs, Sub-Organization, Dried, Unified, Waterproofing, Inductive Root Barrier

1. 서 론

도시지의 환경이 갈수록 열악해지면서 환경 개선을 위한 노력으로 건축물의 옥상을 대상으로 한 녹화 공간 조성의 필요성이 강조되면서, 이에 대한 관심이 점차 확산되어가고 있다. 국제적으로도 건축 밀도가 높은 도시가 많은 독일 및 일본 등에서는 이미 오래전부터 옥상녹화 기술을 본격적으로 개발하여 실용화하고 있는 실정이다.

우리나라에서는 국토해양부의 고시 제2000-159호(2000. 6.20)가 발효된 시점부터 옥상녹화가 건축설계 등에 도입되고1), 건축주들의 관심이 높아지면서 현재까지 몇 가지 형태의 옥상녹화 시스템과 식재유형이 적용되고 있다.

이러한 옥상녹화 시스템에 있어서는 장기적인 활용과 효율적 유지관리를 위한 안정성 확보를 위해서는 방수방근 성능을 향상 혹은 개선시키는 것이 최우선적 과제이며, 이를 위해서는 방수층으로 사용되는 재료가 기본적으로 방근 성능을 확보할 수 있는 재질 특성을 가져야 하고, 시공 기술에 있어서도 건식화(乾式化) 공법으로

전환이 필요하다.

이와 함께 최근 방수, 방근, 배수의 3가지 기능을 통합하여 방근 성능을 확보한 플라스틱계의 패널형 방수공법 개발이 시도되고 있지만, 이 공법에 있어서 조인트부의 방근성능 동시 확보에는 번번이 실패하여 왔다. 즉 재료적 관점에서의 방근 성능과 시공적 관점에서의 방근 성능을 동시에 확보하기 위한 제약 사항이 많아 적절한 방근 설계가 어려운 실정이었다.

지금까지의 방근 설계는 뿌리의 침입에 대해 물리적인 힘(방근층의 강도, 밀도 등)으로만 대응하는 재료적 측면의 성능이 강조되었지만, 조인트부를 어떤 방법으로 설계하고, 뿌리를 어떻게 처리할 것이냐에 관한 공법적 방근설계에는 상대적으로 관심이 적었던 것이 사실이다. 즉, 방수에도 유도 방수개념이 존재하듯이 방근 측면에서도 식물 뿌리를 막으려고만 하기 보다는 그 생장 특성을 이용하여 생장에 영향이 없는 범위 내에서 적절한 유도 및 회절 또는 고사시키는 등의 간접적(유도적) 방근 방법으로서의 접근이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 식물의 생장학점 관점에서 뿌리의 생장 특성에 대해 분석하고, 이에 대응할 수 있도록 설계한 패널형 방수공법의 조인트부에서의 유도 방근 성능을 장기간(약 2년)의 적용성 실험(Mock-Up Test)을 통해 실증적으로 확인하고, 이러한 연구

* 건설신소재연구소 소장, 건국대학교 건축공학과 박사수로

** 한서대학교 건축공학과 교수, 공학박사

*** 서울산업대학교 건축학부 교수, 공학박사

과정 및 결과를 통해 조인트부 유도 방근 설계의 기초적 개념을 제시하고자 한다.

2. 식생특성에 대한 문헌연구

2.1 식물 뿌리의 성장 특성

1) 옥신의 역할과 작용

식물은 주위에서 광선을 고르게 받지 못할 경우 광선이 강하게 쬐는 방향을 향해 굽는데, 이것을 굴광성(phototropism)이라고 한다. 또, 식물체를 수평으로 놓으면 지상부가 일어서면서 중력과 반대방향으로 성장하고, 반대로 뿌리는 중력이 가해지는 방향을 향해 굽으면서 하부로 신장한다. 이와 같은 현상을 굴지성(geotropism)이라고 한다. 이와 같이 동일한 식물체 내에서도 굴광성 또는 굴지성과 같은 조향성(tropism)이 생기는 이유는 빛 또는 중력의 영향에 의하여 식물체 내에 옥신의 분포와 작용이 고르지 못하기 때문이다.

옥신은 식물의 뿌리에서 세포의 분화를 촉진하고 세포내의 수분포텐셜을 조절하여 세포를 팽창시키는 역할을 하게 된다. 즉, 식물체가 생육하려면 식물이 외부로부터 흡수하는 물질이나 에너지, 즉 수분, 빛 에너지, 이산화탄소, 무기염류 등과 더불어 체내에 있어서의 특수한 화학물질을 필요로 한다. 이 특수한 화학물질을 식물호르몬(plant hormone 또는 phytohormone)이라고 하는데, 그 중에서 특히 성장을 지배하는 호르몬을 생장호르몬(growth hormone)이라고 하며, 대부분의 고등식물에서 볼 수 있는 주요한 생장호르몬이 옥신(auxin)이다.

옥신의 생리적 작용은 크게 성장 및 성장방향의 조절과 억제, 세포분열 촉진, 감염된 세포층과 정상세포의 분리를 위한 이층(abscission layer)형성, 꽃을 피우기 위해 새순을 올리는 개화조발, 속씨식물이 수정하지 않고도 씨방이 발달하여 열매가 되는 현상인 단위결과, 잡초구제 등 6가지로 나눌 수 있다.2)

2) 식물뿌리 세포의 수분포텐셜과 팽창압

식물뿌리의 세포와 세포 또는 세포와 주변부와의 각 지점 사이에서는 수분포텐셜(ψ)의 차이 $\Delta\psi$ 가 생긴다. 이러한 현상은 전기적 관점에서 서로 위치의 차가 있을 때 전압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 것과 같은 개념이다.

식물의 세포내에서의 수분포텐셜은 식물 조직 내에서 물을 얼마나 포함하고 있는지를 알려주는 척도로 이용할 수 있다. 식물세포 내부의 ψ 의 값이 적으면 외부로부터 수분을 흡수할 확률이 높아지고, 반대로 ψ 값이 클수록 식물세포 주변 즉, 인접한 다른 세포나 외부의 물질(토양)로 수분을 빼앗길 확률이 높아지는 것이다. 예를 들어 식물 뿌리의 주변에 염수 혹은 염토수 등이 있을 경우 삼투포텐셜에 의해 세포에서 수분이 빠져 나올 수 있는 것이다.

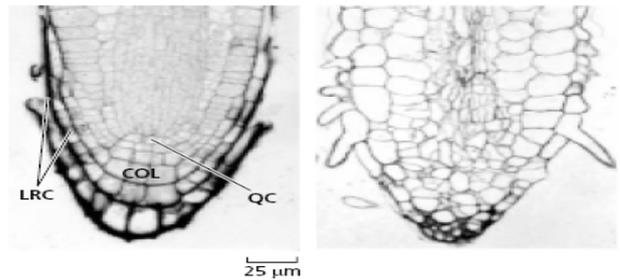
즉, 세포에서 수분이 빠져 나온다는 것은 팽창압이 감소된다는

의미이며, 이때 인접한 세포와 세포의 사이에서 열역학적 평형을 위한 수분이동을 지속하게 되는데 이러한 경우 식물 뿌리의 전체적인 성장력은 감소하게 된다.

따라서 세포의 수분이 포화상태일 때 부피가 커지고, 세포벽에 가장 큰 압력을 가하면서 세포벽이 팽창압(내부압)으로 인해 최대한 팽창하게 된다.2)

2.2 식물 뿌리의 성장특성에 따른 방근 특성 검토

식물의 뿌리는 그림 1에서 나타난 바와 같이 식물 뿌리 끝 성장점(QC)에서 발생하는 옥신의 작용과 그에 따른 세포분화가 발생되고, 분화된 세포는 수분포텐셜에 의한 팽창압 발생으로 그 부피가 점차 커지면서 성장하게 되는 것이다.



※ LRC: 뿌리 외피, COL: 뿌리골무, QC: 성장점

그림 1. 뿌리의 구조와 단면²⁾

식물의 뿌리가 방수층을 뚫기 위한 직진성을 확보하기 위해서는 식(1)과 그림 2에서와 같이 뿌리 줄기의 세포 주변에 뿌리의 끝에서 발생하는 분화된 세포의 팽창압 이상의 마찰력이 작용되어야 한다. 이 때 팽창압을 지속적으로 유지시켜 줄 수 있는 수분의 공급은 필수적이다.

$$V_{cell P} < \sum V_{cell F} \quad (1)$$

여기서 $V_{cell P}$: 성장점에서 분화된 세포의 팽창압

$V_{cell F}$: 뿌리줄기 세포에 작용되는 마찰력

$$F = \mu N (\mu : \text{마찰계수}, N : \text{수직항력})$$

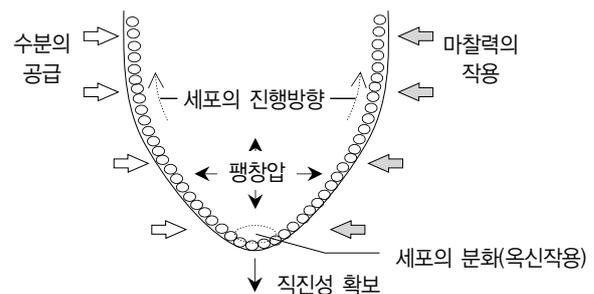


그림 2. 식물 뿌리의 직진성 확보 원리

또한 식물의 뿌리가 성장하여 방수층과 같은 장애물을 만나서 뚫으려고 할 때 뿌리의 직진력에 대한 방수층의 반발력이 작용하게 된다.

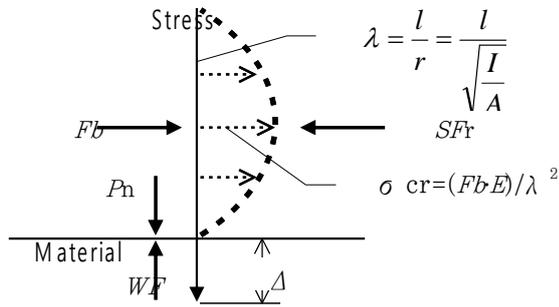


그림 3. 뿌리의 직진성과 휨응력과의 관계

이때 뿌리의 길이가 길 경우 세장비에 따른 뿌리 진행방향의 직각방향으로 휨응력이 발생되게 되는데 이를 받쳐줄 수 있는 반발력이 없거나 적을 경우 뿌리는 직진하여 방수층을 뚫을 수 있는 힘을 잃게 된다. 아래 그림 3에서와 같은 식물 뿌리의 직진성과 휨응력과의 관계에 있어서 $P_n > WFr$, $M_n = SFr$ 는 가정이 성립된다면, 식물 뿌리는 ΔP_n 만큼의 침투력을 가진다.

이러한 식물 뿌리의 생장원리 및 작용되는 물리적 힘의 관계를 감안할 때 방근력을 확보하기 위해서는 $\Delta P_n \leq 0$ 조건을 만족하여야 하며, 이를 위해서는 $P_n \leq WFr$, 또는 방수층을 뚫을 수 있는 직진성에 대한 지지력(공급되는 수분, 뿌리주변의 마찰력(F), 토양층의 반발력(SFr) 등) 형성 조건을 제거해야 한다. 즉, 이러한 원리를 감안했을 때 패널형 방수층의 조인트 설계에 있어 “뿌리의 지지력을 감소시킬 수 있는 공간($F \cdot SFr = 0$)”을 설치할 경우 방근성을 충분히 확보할 수 있다는 추론이 가능하다. 이에 본 연구에서는 플라스틱 패널을 이용하여 패널 조인트부를 특수하게 설계 제작한 후, 그 조인트 부에 “뿌리 지지력 감소 공간”을 설치하여, 뿌리의 침투 상태를 실험적으로 확인함으로써 공법적으로 방근성을 확보하는 기술을 입증하고자 한다.

3. 실험 계획

3.1 패널형 방수공법의 조인트부의 방근 설계

이 실험을 위한 조인트부는 크게 두 가지 형태로 계획하였다. 첫 번째 형태는 조인트부의 기계적인 결합과 씰링처리로 외부로부터 침입하는 물과 뿌리의 침입을 완전히 차단하기 위해 설계된 밀폐형인 A-Type으로써 지지력 감소 공간에서의 뿌리의 침입여부를 확인하고자 하였다. 두 번째 형태는 패널간 조인트를 엇갈기 방식으로 처리하고 그 하부에 유도배수로(PVC 재질)를 설치하여 물과 뿌리를 유도하도록 설계된 개방형인 B-Type으로써 뿌리의 유도처리에 따른 생장 특성(회절, 고사 등)을 확인하고자 하였다.

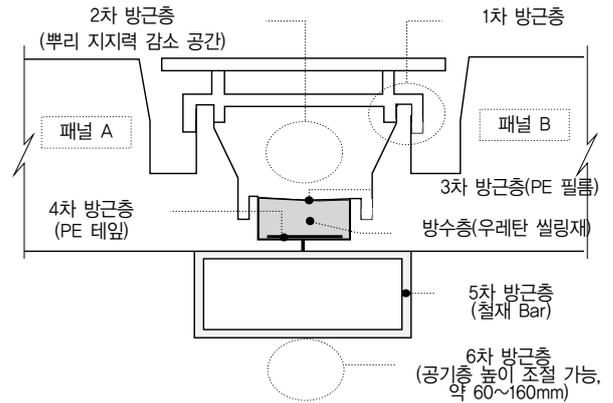


그림 4. A-Type 방근설계 개념도

1) A-Type 방근설계(밀폐형)

밀폐형인 A-Type은 그림 4와 같이 패널의 상부 플레이트는 두께 3mm의 ABS 수지를 사용하여 기본적인 방근성을 확보하고, 패널과 패널 조인트부는 우레탄계 씰링재를 시공한 후 ABS수지로 된 조인트 바와 조인트 스퀘어를 그 상부에 설치하여 뿌리 지지력 감소 공간(2차 방근층: airspace)을 설치한다.

2) B-Type 방근설계(개방형)

개방형인 B-Type은 그림 5와 같이 패널의 두께 3mm의 PE수지를 사용하여 기본적인 방근성을 확보하고, 패널과 패널 조인트부는 PVC 조인트 바에 엇갈기 방식으로 설치하여 지지력 감소 공간(2차 방근층: airspace)을 설치한다.

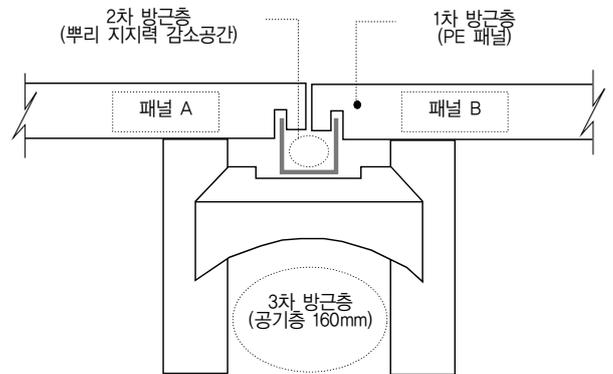


그림 5. B-Type 방근설계 개념도

3.2 실험체의 설계

1) A-Type(밀폐형) 방근실험

시험체는 그림 6과 같이 세로 축은 A~J까지, 가로 축은 1~6까지 총 60개의 패널을 설치하였다. 조인트부는 우레탄 씰링재(두께: 5mm)로 처리하고, 우레탄 씰링재에 대한 뿌리의 영향을 직접적으로 살피기 위해 설계상 계획된 3차 방근층(PE 필름)은 설치하지 않았다.

J	J-1	J-2	J-3	J-4	J-5	J-6
I	I-1	I-2	I-3	I-4	I-5	I-6
H	H-1	H-2	H-3	H-4	H-5	H-6
G	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6
F	F-1	F-2	F-3	F-4	F-5	F-6
E	E-1	E-2	E-3	E-4	E-5	E-6
D	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
C	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
B	B-1	B-2	B-3	B-4	B-5	B-6
A	A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6
구분	1	2	3	4	5	6

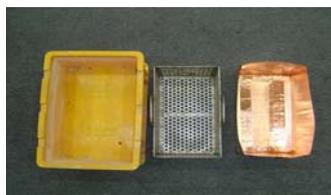
그림 6. 패널형 방수층 설치 위치도

표 1. 패널형 방수층 방근시험 재료 및 시험조건

항 목	내 용	
1. 재료	보습층	마사토 10cm
	보호용부직포	(60g/m ² 중량의 합성섬유)
	식재층	하층20cm(50:25:25=경량상토:펄라이트:피트모스)
	비료	토양:퇴비=7:3
2. 식물	2년용	사사조릿대, 회양목, 철쭉,
3. 시험기간		24개월(2년)
4. 식재관리		실외(옥상)

밀폐형인 A-Type의 대조군 방근실험을 위해 패널 조인트 완전한 밀폐와 수밀성 확보를 위해 적용되는 우레탄 씰링재를 대상으로 방근성능을 확인하기 위하여 일반적인 방근시험 방법론을 적용하여 시험하였으며, 두께는 실제 사용두께인 5mm로 시공하였다.

표 2. 우레탄 씰링재 방근시험 재료 및 시험조건

항목	내 용	
1. 재료	시험용 컨테이너 (내부용기: 3개(550×550×200mm))	
	보습층	식재층과 동일 토양
	보호용부직포	(60g/m ² 중량의 합성섬유)
	식재층	(하층3cm(경량자갈)/상층15cm(50:25:25=경량상토:펄라이트:피트모스))
	비료	토양:퇴비=7:3
2. 식물	2년용	사사조릿대
3. 시험기간		3개월
4. 식재관리		옥외(옥상)

2) B-Type(개방형) 방근실험

B-Type(개방형) 방근실험을 위한 시험용기는 표 3과 같이 내부 용기와 외부 용기의 이중구조로 하여, 내부 용기는 편칭메탈로 만들고 외부 용기는 직각으로 만나는 측벽 2개소에 경첩을 달아 중간 관찰시 내부 용기를 끄집어 내지 않고도 측벽을 개방하여 외부로부터 뿌리의 관통 여부를 용이하게 관찰할 수 있도록 제작하였다. 내부 용기와 외부 용기 사이에는 두께 50mm의 암면을 삽입하고, 그 부위에 항상 물기를 머금게 하여 만약 뿌리가 방근층을 관통할 경우에도 건조하여 생장을 멈추는 일이 없도록 조치하였다.4)

표 3. B-Type 방근시험 재료 및 시험조건

항 목	내 용	
1. 재료	시험용 컨테이너 (내부용기)	 3개 (800×800×200mm)
	보습층	암면(두께 50mm)
	보호용부직포	60g/m ² 중량의 합성섬유
	식재층	진주암 펄라이트:피트모스 = 3 : 1(부피비)
2. 식물	2년용	사사조릿대, 피라칸타
3. 시험기간		1, 3, 6, 9, 13개월
4. 식재관리		실내

밀폐형인 A-Type의 대조군 방근실험을 위해 상기 표 3과 동일한 시험조건 하에서 기존 연구5)에서 방근성능이 전혀 없는 것으로 알려진 아스팔트시트 방수재를 방근시험용 재료로 사용하였다.

3) 이 실험에서 각 Type별로 주요 실험인자로서 뿌리의 성장속도(1일 약 3mm 의 신장량6))를 감안하여 사사조릿대를 적용하였으며, 실제 조성수로 많이 사용되는 회양목, 철죽 등 다른 종의 식물을 혼합식재하여 그 침입특성도 동시에 확인하고자 하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 A-Type(밀폐형) 방근실험 결과

1) 뿌리 침입상태의 관찰

최초 설치 후 약 2년 동안 시험체를 관찰하여 패널과 패널의 조인트부(지지력 감소 공간)에서의 뿌리 성장 상태를 관찰하여 뿌리의 침입 등 손상이 없는 경우는 ○표(유형 ○), 뿌리의 접근이 있는 경우 △표(유형 △), 뿌리의 침입이 있는 경우는 X표(유형 X)로 구분하여 분석하였다.

① 뿌리의 침입 손상이 없는 경우(유형 ○)

A-Type(밀폐형) 조인트부(지지력 감소 공간)에서 우레탄 씰링

재로 방수 처리한 부위가 배수로의 역할을 함으로써 토사의 유입에 의한 레이턴스 막은 형성되었으나, 뿌리의 접근이 없었음이 관찰되었다.

② 뿌리의 접근이 있는 경우(유형 △)

조인트부의 뿌리 지지력 감소 공간으로 뿌리가 접근한 경우, 이를 유형별로 구분하여 관찰하기 위해 회양목의 뿌리가 접근한 경우를 △1, 사사조릿대의 뿌리가 접근한 경우를 △2로 정의하였다. 관찰결과 뿌리의 접근은 주로 조인트부 교차부에 집중되었으며, 사진 8과 같이 뿌리의 침입여부를 확인한 결과 우레탄 씰링재로의 침입은 없는 것으로 확인되었다.

또한 유형 △2를 관찰한 결과 식물 뿌리가 주로 조인트부 교차부에 접근하여 조인트부로 이동하는 것으로 파악되었으며, 우레탄 씰링재의 침입은 없는 것으로 확인되었다.



사진 1. 유형 X2 : 사사조릿대 뿌리의 침입이 있는 경우

③ 뿌리의 침입이 있는 경우(유형 X)

조인트부의 뿌리 지지력 감소 공간에 뿌리가 침입한 경우, 이를 유형별로 구분하여 관찰하기 위해 세근(잔뿌리)이 접근한 경우를 X1, 사진 1과 같이 주근(굵은뿌리)이 접근한 경우를 X2로 정의하였다.

회양목 뿌리가 패널 가장자리 굴곡부 틈으로 침입한 경우는 시공 당시 조인트부의 과도한 씰링처리로 인해 씰링재가 굴곡부로 넘쳐 흘러 들어갔고, 흘러들어난 씰링재와 굴곡부의 좁은 틈이 형성된 곳으로 뿌리가 침입한 것을 확인 할 수 있었다. 이는 씰링재의 넘침으로 인해 좁아진 틈으로 뿌리가 진입하면서 뿌리 주변으로 뿌리의 직진성을 확보해 줄 수 있는 마찰력 조건(지지력)이 형성되었기 때문인 것으로 판단된다. 또한 이와 같은 현상은 주로 조인트 교차부에서 집중적으로 발생되고 있다. 다음 사진 1도 이와 동일한 현상으로써 사사조릿대의 뿌리가 침입한 경우이다. 이 실험에서 철축의 뿌리는 관찰되지 않았다.

2) 관찰 결과 분석

A-Type(밀폐형) 방근실험의 관찰 결과는 표 4, 그림 6과 같다.

표 4. A-Type(밀폐형) 방근실험 결과

NO	1면								
	2면								
A1	○	B1	○	C1	○	D1	○	E1	○
	○		X2		X2		○		○
A2	○	B2	○	C2	○	D2	○	E2	△1
	○		X2		○		○		△1
A3	○	B3	○	C3	○	D3	○	E3	○
	○		△2		△2		○		△1
A4	○	B4	○	C4	○	D4	○	E4	○
	○		X2		X2		○		X2
A5	○	B5	△1	C5	○	D5	○	E5	△1
	△2		△1		○		○		X1
A6	○	B6	○	C6	△1	D6	○	E6	○
	△1		○		△1		○		△1
F1	○	G1	○	H1	○	I1	○	J1	○
	△1		△1		○		○		△1
F2	○	G2	○	H2	○	I2	○	J2	○
	△1		△1		X2		△1		△1
F3	○	G3	△1	H3	○	I3	○	J3	○
	○		△1		○		△1		○
F4	○	G4	○	H4	○	I4	○	J4	○
	○		△1		△1		○		△1
F5	○	G5	△1	H5	○	I5	○	J5	○
	○		△1		△1		△1		○
F6	○	G6	○	H6	△1	I6	○	J6	○
	△2		X1		△1		△1		△1

※ ○:뿌리침입 없음, △:뿌리접근(△1: 세근, △2: 주근), X: 뿌리침입(X1: 세근, X2: 주근)

전체 120개소의 조인트부를 관찰한 결과 식물 뿌리침입이 전혀 없는 곳(유형 0)이 75개소로 가장 많았고, 식물 뿌리의 접근이 있었지만 침입이나 손상이 없었던 곳(유형 △)이 36개소, 패널부 요철부로의 뿌리의 침입이 있었던 곳(유형 ×)이 9개소로 관찰 되었다.

여기에서 뿌리가 침입한 경우 어떠한 경로를 통하여 뿌리가 진입하였는지를 알아보기 위해 조인트 부위에 대한 상세를 그림 7과 같이 표시하였다.

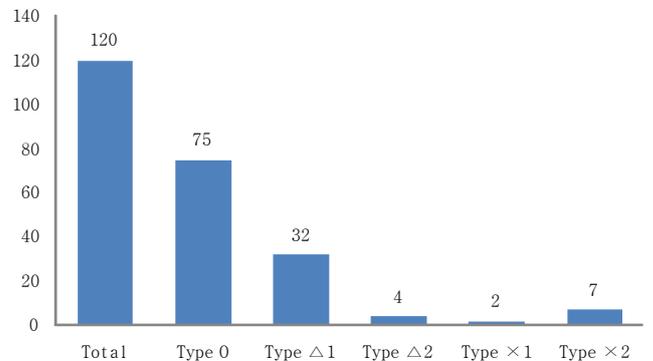


그림 6. 뿌리 접근 유형별 관찰 결과

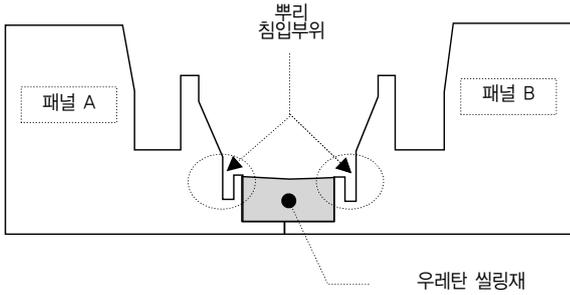


그림 7. 패널 조인트부의 뿌리 침입 위치

또한 패널 조인트부에서 뿌리가 침입한 형태를 최종 확인하기 위해 해당 부위에서 침입한 뿌리를 전부 들어내어 뿌리의 형태를 관찰한 결과 사진 2와 같이 패널의 요철부에서 사사조릿대의 뿌리가 성장한 현황을 자세히 관찰 할 수 있었다.

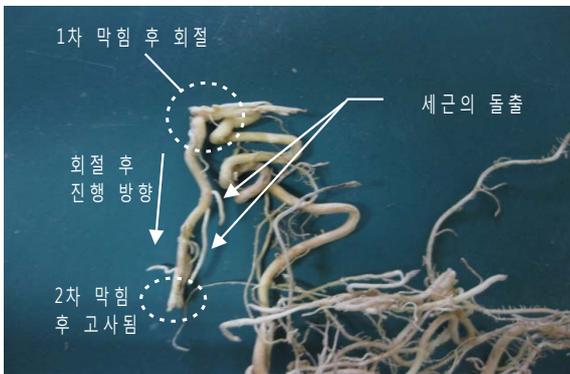


사진 2. 패널 요철에 침입한 뿌리 관찰 결과

상기 사진 2의 경우 사사조릿대의 뿌리(주근)가 패널요철부에 침입한 후 패널벽에 막히면서 방향전환을 거듭하며 지그재그로 진행하다 요철 공간의 코너부에서 1차 막힘 현상이 발생하였고, 반대방향으로 회절하였으나 다시 코너부를 만나 2차 막힘현상이 발생되었다.

결국 기존뿌리 뭉치와 코너부로 인해 더 이상의 회절방향을 찾지 못한 뿌리의 끝단부는 고사되었으며, 이후 세근이 돌출되었다. 이러한 뿌리의 움직임은 식물뿌리의 성장특성을 잘 보여주는 사례 중 하나이다.

4.2 A-Type 조인트 적용 우레탄 실링재 방근실험 결과

A-Type에 조인트 방수막 형성을 위해 사용한 우레탄 실링재의 방근성능을 확인하기 위한 시험용 컨테이너에 5cm두께의 실링재 층을 형성하여 방근실험을 실시한 결과는 다음 사진 3과 같다.

사진 3에서 확인된 바와 같이 우레탄 실링재의 경우 식재 완료 후 3개월 이내에 3개의 시험체의 모든 면에서 사사조릿대의 뿌리(주근 및 세근)가 관통되어 돌출되는 것을 확인하였다. 이러한 시험결과가 나타남에 따라 이후 6개월, 12개월의 관찰은 생략하고,

시험체를 모두 해체하여 우레탄 실링재의 단면 상태를 확인한 결과 모두 뿌리가 실링재 층을 정확히 관통하고 있는 모습이 관찰되었다.



사진 3. 3개월 경과 후 시험체 현황(뿌리 관통)

이 실험결과 밀폐형인 A-Type 패널 조인트 방수처리용으로 사용되는 우레탄 실링재는 5mm 이내에서 방근성능을 보유하고 있지 않음을 알 수 있었다.

4.3 B-Type(개방형) 방근실험 결과

B-Type(개방형) 방근실험의 경우 제작(2008.6.11)하여 온실에 설치한 이후 1개월, 3개월, 6개월, 9개월, 13개월이 경과하는 과정에 따른 중간관찰을 실시한 결과 중 최초 1개월 관찰 결과와 최근 13개월 관찰결과 먼저 대조군에 대한 시험결과를 살펴보면 결과 3개월이 경과한 시점에서 시험체 2개 모두 뿌리가 사방으로 길게 뚫고 나와 방근성능을 보유하고 있지 않다7)는 사실을 확인하였다.

개방형인 B-Type에 대한 방근성능 실험결과 이 실험에서 주요 실험인자로 고려되었던 사사조릿대 뿌리는 13개월관찰시 까지도 발견되지 않았고, 피라칸타의 뿌리는 여러뿌리의 성장 특성에 따라 다소 차이는 있으나 최초 1개월까지 지지력 감소 공간 내부 중력 방향으로 평균 약 2.5cm 정도까지 활발하게 자라고 있는 것을 확인하였다.

그러나 1개월 관찰 이후 6개월, 9개월, 13개월 진행과정 동안 더 이상의 생장이 없음을 확인할 수 있었으며, 특히 3개월부터 몇몇 뿌리들의 끝단부가 고사되기 시작하여 6개월에 대부분 뿌리의 끝단부가 고사된 것을 확인하였다. 그러나 이후 13개월까지도 식물의 성장에는 큰 영향이 없는 것으로 확인되었다. 이는 시험체에 활착하고 있는 식물 뿌리의 전체량을 고려할 때 조인트부로 침입하여 고사된 뿌리의 개수는 극히 일부분에 국한되므로 식물의 성장에는 큰 영향은 주지 않는 것으로 판단된다.

5. 결 론

식물의 생장학적 관점에서 뿌리의 생장특성에 대해 분석한 후 이에 대응할 수 있도록 설계한 패널형 방수공법의 조인트부의 방근성능에 대한 이 연구의 결론은 다음 과 같다.

- 1) A-Type의 대한 24개월간의 방근 실험 결과 전체적으로 뿌리에 의해 방수층(조인트 수밀 처리용 우레탄 씰링제)의 손상은 발견되지 않았고, 회양목 및 사사조릿대 뿌리가 적절히 유도 처리되고 있음을 확인하였다.
- 2) A-Type에 대한 대조군으로서 조인트 처리용 우레탄 씰링제에 대한 재료적 방근성능 실험 결과 3개월 만에 뿌리 관통에 의한 손상이 발생하는 것을 확인하였다.
- 3) 상기 (1)항과 (2)항의 내용을 비교해 볼 때 재료적 측면에서는 방근성능을 확보하지 못하는 재료를 적용한다 하더라도 뿌리의 생장 특성을 고려한 지지력 감소 공간 확보 등의 적절한 유도 방근설계를 적용함으로써 공법적 측면의 방근성능 유지가 가능한 것으로 판단된다.
- 4) B-Type의 대한 13개월간의 방근 실험 결과 1개월째까지는 피라칸타의 뿌리가 활발하게 성장하여 평균 약 2.5cm정도 성장하였으나 그 이후부터는 생장이 멈추었으며, 6개월 정도에서는 뿌리의 끝부분이 고사되었으나 13개월 까지도 식물 성장에는 큰 영향이 없는 것으로 확인되었다.
- 5) B-Type에 대한 실험결과 식물뿌리 생장 특성에 따라 식물 성장에 영향이 없는 범위 내에서 적절한 유도 및 고사시키는 등의 간접적(유도적) 방근 방법으로서의 접근이 가능함을 확인하였다.

참 고 문 헌

1. 장상목, 건물옥상녹화 성능향상을 위한 조립식 플라스틱 성형판자재 적용 이중바닥구조 시공기술에 관한 연구, 서울산업대학교 대학원, 석사학위논문, pp.1~83, 2008
2. 문유석외 4명, 블록형 패널을 이용한 옥상녹화 하부시스템의 건식화·일체화 시공기술에 대한 실험적 연구, 한국건축시공학회 논문집, 제7권 제2호, pp.119~124, 2007
3. 김현수, 최수경, 장대희, 신윤희, 옥상녹화용 방근층 구성재료의 방근성능에 관한 실험적 연구, 한국건설기술연구원 pp.4~5, 2008
4. 오상근 외, 옥상녹화에 적용되는 방수층의 내근성평가 연구, 대한건축학회논문집 구조계 제21권 제7호, pp.67~72, 2005
5. 표순주, 옥상 녹화용 방수층의 내근성 평가 방법 제안 및 근압측정 장치의 개발, 대한건축학회 논문집 구조계, 제25권 제1호, pp.129~136, 2009
6. 김현수, 최수경, 장대희, 신윤희, 옥상녹화용 방근층의 방근성 시험조건 설정 및 주요 방근소재에 대한 3개월간의 중간관찰 결과, 한국건축시공학회 논문집, 제8권 제2호, pp.245~249, 2008
7. 오상근, 최수경, 최성민, 식물뿌리의 생장특성을 고려한 패널형 방수공법의 조인트부 방근설계에 관한 실험적 연구, 대한건축학회 논문집 구조계, 제25권 제9호, pp.117~124, 2009
8. Taiz, Zeiger, Plant Physiology, pp.1~623, 2006