

# 옥상녹화 방수 및 방근 기술로서 동판재의 적합성 및 시공성에 관한 연구

## A Study on the Workability and Application of Cooper Plate based on the Waterproofing and Root Penetration Resistance

**박 창 화\***  
Park, Chang Hwa

**조 일 규\***  
Cho, Il Kyu

**권 시 원\*\***  
Kwon, Shi Won

**오 상 근\*\*\***  
Oh, Sang Keun

### Abstract

To build up the green roofs, it must not adverse effect to durability and structural safety. That is conducted by safety system which consist of waterproofing to form basically, root barrier to protect the waterproofing. The reason why root barrier form is to protect the penetration force of root growth and the root could penetrate concrete surface, move inward so far. It may cause shorten the life span on concrete structure.

For this problem, government constantly demand the solution to form the root barrier for waterproofing and concrete structure before the building is service. However, the technical action is not fully prepared.

Therefore, in this study, we would like to suggest the workability and suitability of the copper plate to solve not only the side of waterproofing but also root barrier for green roof system and exhibit the mechanism for root penetration resistance and corrosion resistance.

키워드 : 동판재, 옥상녹화 적합성, 시공성, 방근성, 내식성

Keywords : Copper plate, Suitability for green roof, workability, root penetration resistance, corrosion resistance

## 1. 서론

옥상녹화를 안정되게 하기 위해서는 옥상녹화부가 적용될 구조물에 안전한 기반을 구축하여 구조적 안정성 및 내구성에 영향을 미치지 않도록 처리해야 한다. 안전한 기반의 구축이라는 것은 구조물 옥상 상부에 가장 기본적으로 시공하는 방수층과 옥상녹화부(식물, 물, 토양, 비료 등)로부터 방수층을 보호하기 위한 방근층의 형성이라 할 수 있다. 방근층을 설치하는 근본적인 이유는 구조물 상부에 식재시공을 할 경우에 발생하는 식물뿌리의 활착력 때문으로서, 식물뿌리의 생장은 매우 왕성하여 방수재를 뚫게 되며, 심지어는 구조물까지 뚫는 경우가 발생하게 되어 구조물의 수명을 단축시키는 큰 요인으로 작용하고 있다. 이러한 문제점을 해소하기 위해 정부에서는 옥상녹화 시공 전에 방수층 및 구조물 보호용 방근층을 형성하도록 정책적으로 끊임없이 요구하고 있으나, 이에 대한 기술적 대응책은 매우 미비한 상황이다.

따라서, 본 연구에서는 시간이 경과함에 따라 형성되는 녹청이 부식진행을 감소시키고, 내식성을 증진시키는 반영구적 재료로서 기존에도 많이 활용되고 지붕재인 동판재를 이용하여 옥상녹화 분야에 적용 가능한지를 판단하고자 방수 및 방근성

능 분석을 위한 동판재의 내식 및 방근 메커니즘을 제시하고, 이를 토대로 옥상녹화 방수 및 방근기술로서 동판재의 적합성 및 시공성을 제안하고자 한다.

## 2. 방수·방근용 동판재의 적합성 근거

### 2.1 동의 내식성

동(銅)은 습기나 물과 접하면 얇은 피막이 형성되어 표면자체를 보호함으로써 부식의 진행을 감소시킨다. 산화피막이 형성되어 상당 시간 공기 중에 노출되어 있으면 사진 1과 같이 처음엔 짙은 갈색으로 변하고, 그 후엔 국회의사당의 지붕과 같이 점차적으로 녹청색(연두색)으로 변한다. 이는 내식성이 발현되어 타재료에 비해 오래 지속되며, 반영구적인 형태로 유지하게 된다.

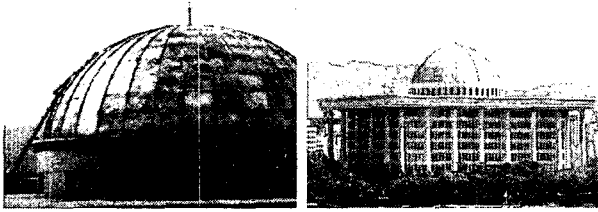
동의 내식성이 발현하여 나타나는 녹청은 그림 1과 같이 동이 공기 중의 수분이나 물과 접촉하여 형성된 산화물로서 여러 단계에 거쳐 변화가 일어나며, 부식진행이 차단되는 최종단계의 색이다. 동의 색상변화에 따른 내부부식성에 대해 정량적 평가를 위해 경년변화에 따른 동판재의 두께 감소율을 측정된 결과, 표 1과 같이 두께 1mm를 뚫는 가장 짧은 기간이 757년(내륙 연안의 산업도시)으로 나타나 재료적 부식정도는 극히 미미한 것으로 나타났다. 이러한 동의 내식성은 방수성과 수밀성에 밀

\* 서울산업대학교 주택대학원 석사과정

\*\* 서울산업대학교 산업대학원 석사과정

\*\*\* 서울산업대학교 건축학부 교수

접하게 연관되는 물성으로서 지봉재(방수재)로 활용되는 이유 중 하나이다.



여수의회건물                      국회의사당  
 사진 1. 시간경과에 따른 동 색변화에 따른 내식성 발현

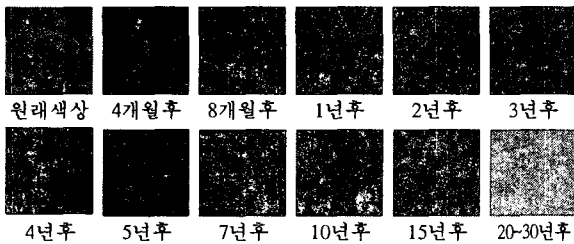


그림 1. 경년변화에 따른 색상의 변화<sup>5)</sup>

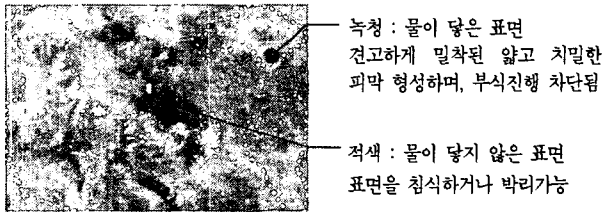


그림 2. 물 접촉 여부에 따른 색상의 변화

표 1. 지역별 경년변화에 따른 동판의 두께감소율<sup>4)</sup>

노출환경	두께감소 (mm/년)	두께 1mm동판이 풀어지는 기간(년)
내륙에 연한 산업도시	0.0013208	757
해안에 근접한 산업도시	0.0012192	820
해안에 근접한 다습지역	0.0014224	703
해안에 근접한 전원도시	0.0005080	1,968
한냉한 전원도시	0.0003556	2,812
건조한 전원도시	0.0000762	13,123

## 2.2 동의 미량작용

동의 미량작용은 정화작용이라고 하며, 동전 제조시 동이 사용되는 것도 같은 원리로서 주화표면을 항상 무균상태로 유지시켜 전염이나 감염의 염려가 없도록 한 것이다. 이는 옥상녹화부에 활용됨으로써 다음 표 2와 같은 영향을 미칠 수 있다.

표 2. 동 미량작용에 따른 식재부에 미치는 영향<sup>5)</sup>

항 목	내 용
물의 정화	상수도의 취수원으로 쓰이는 저수지의 물을 살균 및 정화시키기 위해 황산동(黃酸銅)을 주입하고 있는 것과 같이 배수로 및 배수구의 고인물을 간접적으로 정화하여 식물에게 항상 정화된 물을 공급할 수 있다.
식물의 신진대사 원할	지구상에 존재하는 대부분의 식물이나 동물체 내에는 일정량의 동이 함유되어 있다. 식물이나 동물은 일정량의 동을 필요로 하는데 이는 정상적인 신진대사에 꼭 필요한 필수금속이기 때문이다.

## 2.3 동의 가공성

동(銅)은 가공성이 좋아 최대 0.03mm까지 생산할 수 있어 활용도가 높은 자재이다. 특히, 동 자체의 용접성이 우수하며 알루미늄을 제외한 모든 타 금속과 용접 접합이 가능하여 조인트 접합 안정성을 확보할 수 있다.

## 2.4 동의 방근성<sup>1)</sup>

표 3은 동의 주성분인 구리(Copper, 銅)는 식물의 성장점을 억제하는 화학적 성분을 내포하고 있음을 입증하고 있다. 이는 동의 화학적 성분이 심근(藩根)<sup>2)</sup>의 성장점을 억제하여 수직으로 활착하려는 뿌리를 더 이상 성장하지 못하게 하는 효과가 있다. 이때, 식물의 성장점을 억제하는 것은 식물 성장에 악영향을 미치는 것이 아니라 식물의 심근이 자라지 않으면 잔뿌리가 상대적으로 많이 형성되어 토양 속으로 뿌리를 활착시켜 생육하게 되는 원리를 이용한 것이다. 이는 제조체 및 구층체로 처리된 기존의 화학 방근제와는 다르게 식물 성장에 대한 안정성을 도모할 수 있는 장점이 있다. 사진 2는 동 성분이 다량 함유된 트레이에서는 소량 함유된 트레이 보다 뿌리의 길이성장이 낮았으며, 뿌리의 길이 성장과 식물의 성장과는 무관한 것으로 보아 동 성분은 식물에 어떠한 영향도 미치지 않는다는 결과를 나타낸 것이다.<sup>2) 3)</sup>

표 3. Effect of copper-coated plug tray on root length(cm) of Chinese cabbage during seeding stage<sup>1)</sup>

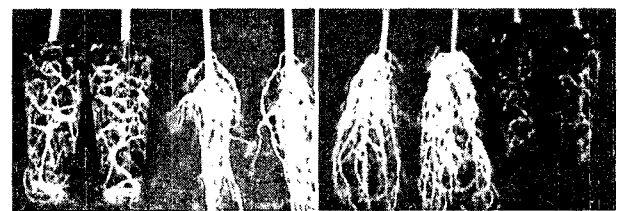
treatment	Days after seeding		
	10	20	30
A <sup>2)</sup>	3.26 d <sup>3)</sup>	5.37 d	6.26 d
B	5.49 b	8.12 bc	8.33 c
C	4.08 c	8.64 b	10.50 b
Non-treated	7.46 a	16.21 a	16.93 a

<sup>2)</sup>A: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper.

B: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper.

C: Plastic sheet coated with compounding chip containing 20% copper.

<sup>3)</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P=0.05



(a) 심근발달(일반트레이)                      (b) 잔뿌리많음(동트레이)



(c) 일반트레이와 동 트레이에서의 식물성장비교  
 사진 2. 뿌리길이 및 성장성 비교

1) J. Kor. Soc. Hort. Sci. 42(4) : 405-409. 2001

2) 땅속을 깊이 파고드는 굵고 질긴 뿌리

### 3. 시공성 평가

#### 3.1 사용재료

육상녹화 방수 및 방근용으로 사용가능한 동판재로서 부식에 견디는 힘이 특히 강하고 용접, 구부림등 가공성이 좋은 인탈산동(磷酸酸銅)을 사용하였으며, 일정한 폭과 길이로 절단된 판(板, sheet)모양의 동판재의 규격은 두께 0.4mm-0.6mm, 폭 600mm의 것으로 하였다. 또한, 질별(質別)에 따라서 연질, 1/4경질, 1/2경질, 경질로 분류되는데 지붕재용으로는 주로 1/4경질이 사용되며 지붕재외에 골, 물받이, 흙통 등에도 이용되고 있다.

본 실험에서는 1/4경질의 지붕 동판재를 이용하여 시험체를 제작하였다. 용접봉은 건축, 차량, 조선, 화학부분 등에서의 각종 배관 밸브 탱크 등의 용접, 스위치 접점 모타 등의 접속 배선을 용접할 때에 사용하는 것으로 본 실험에서 사용된 용접봉의 성분은 다음 표 5와 같다.

표 4. 지붕용 동판재의 성분<sup>6)</sup>

항목		성능 및 성분
외관 특성	구성(Composition)	인탈산동(순동 99.9%)
	마감상태(FINISH)	자연발색
	색상(Color)	최초 황동색→3개월-10년 갈색-밤색→10년 이후 녹청색
	두께(T)×폭(W)	0.4T 600W(일반동판)
기계적 특성 및 물리적 특성	인장강도(Tensile Strength)	25kgf/cm <sup>2</sup>
	열팽창계수 (Thermal Expansion)	0.017mm/m°C
	열전도율(Electrical Conductivity)	0.923cal/cm°Csec
	비중(Density)	8.94g/cm <sup>3</sup>
내구성	내식성 (Corrosion Resistance)	좋음
	내염해성 (Damage From Salt Resistance)	좋음
	절단부내식성 (Cutting Corrosion Resistance)	좋음

표 5. 동판재 용접봉의 성분<sup>6)</sup>

항목		성능 및 성분
기계적 특성 및 물리적 특성	인장강도(Tensile Strength)	23-35kgf/cm <sup>2</sup>
	도전율 (electric conductivity)	14.5%
물리적 특성	고상선 온도	645°C
	액상선 온도	800°C
	비중(Density)	8.5g/cm <sup>3</sup>

#### 3.2 제작 플로우 및 평가항목

본 실험의 제작 플로우 및 평가항목의 내용은 다음 사진 3, 표 6과 같다.1)

표 6. 동판재 시공플로우 및 시공성 평가항목

<순서>	<평가항목>
동판재 재단	1) 재단의 용이성, 작업자 위험도
재단된 동판재 용접	2) 모서리부, 배수구, 조인트부 시공성
용접완료 후 담수시험	3) 용접상태 확인
방수성 확인 후 식재	4) 시간경과 후, 방근성능 확인



사진 3. 시험체 제작 순서

시험체 제작이 완료된 후, 담수시험을 통해 동판재의 용접부에 대한 방수성 및 수밀성을 확인하고, 식재용 자재(대나무과 사사, 인공토, 자갈, 보호재) 사용하여 식재시공을 실시하였다.

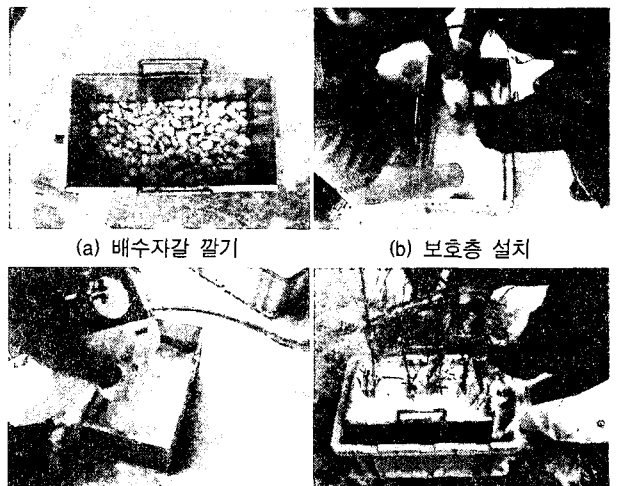


사진 4. 방근성능 시험체 내 식재현황 (2006.10.17)

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 제작 플로우에 따른 시공성 평가 결과

#### 4.1.1 재단의 용이성 및 작업자의 위험도

동판재의 두께가 0.4mm이므로 일반부 및 세밀한 부분의 재단은 용이한 것으로 나타났으나, 두께가 얇아 날카로운 면에 작업자가 베일 수 있어 시공시에는 반드시 장갑 및 작업복을 착용하는 것이 안전한 것으로 판단되었다.

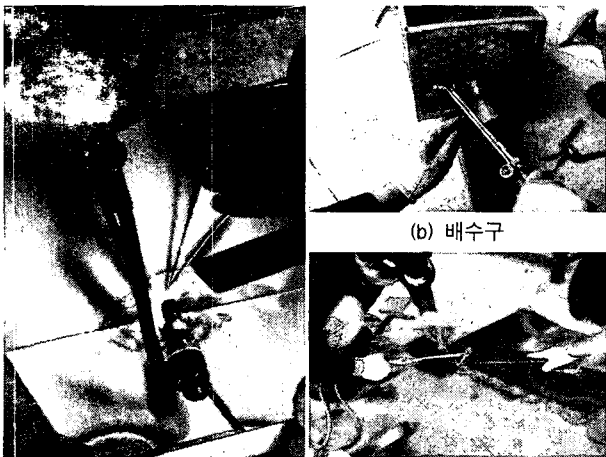


(a) 재단의 용이 (b) 작업자의 위험도

사진 5. 방근성 실험(3개월 이내)

#### 4.1.2 모서리부, 배수구, 조인트부 시공성

지름이 1mm 정도의 용접봉을 이용하여 용접시공을 하므로 시공도가 요구되는 난이한 곳(미세한 곳)의 처리도 용이하였다.



(a) 모서리부 (b) 배수구 (c) 조인트부

사진 6. 방근성 실험(3개월 이내)

#### 4.1.3 용접상태확인

용접봉이 용융되어 접합되는 원리에 의해 동판재와 일체화가 되므로 접착테이프나 접착제에 의한 접합 조인트부 접합안정성을 확보할 수 있었다.



(a) 용접용이성 (b) 용접상태확인(담수시험)

사진 7. 방근성 실험(3개월 이내)

### 4.2 방근성 평가 결과

2006년 10월 17일 식재한 이후, 5개월이 경과된 2007년 3월 17일 시험체를 확인한 결과, 식물뿌리에 대한 침투 및 손상된 곳은 관찰되지 않았다. 식물의 성장상태도 양호하여 동 성분에 의한 식물에 미치는 영향은 무해한 것으로 나타났다.

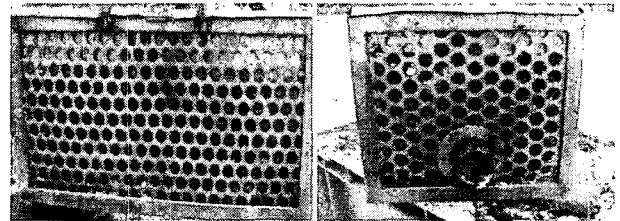


사진 8. 방근성 실험(3개월 이내)

## 5. 결론

해외의 옥상녹화 기술 및 2000년 이후 많은 발전을 거듭해 온 국내의 경우도 아직 옥상녹화 및 인공지반에 적합한 방수 및 방근기술에 대한 명확한 대안을 제시하지 못하고 있다. 이러한 측면에서 본 연구에서 제안한 동판재를 대상으로 방수성능 및 방근성능을 실험한 결과 다음과 결론을 얻었다.

- 1) 시공성 평가시 조인트부 용접결과, 담수시험에 의해 방수성 및 수밀성을 확인할 수 있었다.
- 2) 동 성분이 다량 함유된 트레이에서는 소량 함유된 트레이보다 뿌리의 길이성장이 낮았다.
- 3) 뿌리의 길이 성장과 식물의 생장과는 무관한 것으로 보아 동 성분은 식물에 어떠한 영향도 미치지 않는다.
- 4) 이러한 원리에서 착안하여 동판재를 방근재로 활용할 수 있는지에 대한 시공성 평가를 실시하였으며, 그 결과 용접봉에 의한 조인트 용접접합이 시트재의 단점을 보완하여 일체화된 막(membrane)을 형성하였다.
- 5) 5개월 경과 후 방근성능 여부를 확인한 결과, 뿌리 침입은 관찰되지 않아 방근재로서의 가능성을 확보하였으며, 향후 2년간 지속적으로 관찰할 예정이다.

## 참고 문헌

- 1) 오상근 외, 옥상 및 인공지반녹화용 방근재의 성능기준 설정을 위한 방근성 시험방법에 관한 연구, 한국건축시공학회지, 2007. 3
- 2) 심상연, 용영록, 식물 근계 생육조절용 기능성 플러그 트레이의 제조 및 리칭 특성, J. Krea Ind. Eng. Chem, Vol 11, No 7, Nov. 2000, 720-723
- 3) 용영록 외, 구리코팅된 플러그 트레이가 배추의 묘소질과 정식 후 생육에 미치는 영향, J.Kor.Soc.Hort. Sci. 42(4):405-409. 2001
- 4) Procedure of investigating resistance to root penetrations at green roof site, 1999 edition, with editorial changes dated, jan. 2002
- 5) [http://cafe.naver.com/dhhanok.cafe?iframe\\_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=49](http://cafe.naver.com/dhhanok.cafe?iframe_url=/ArticleRead.nhn%3Farticleid=49)
- 6) <http://www.airtecpipe.co.kr>