

국내 흰개미(*Reticulitermes speratus kyushuensis*)의 최소 통과 직경 연구

김시현* 국립문화재연구소 안전방재연구실 학예연구사

이상빈 플로리다대학교 곤충 및 선충학과 박사수로

임익균 충북대학교 문화재과학 협동과정 박사과정

*Corresponding Author : shkim1242@korea.kr

국문 초록

흰개미는 산림생태계의 분해자로 중요한 역할을 담당하지만 목조건축물과 농작물의 중요 피해 요인으로 막대한 경제적 피해를 입힌다. 현재 국내에서는 지중흰개미 2종이 서식하는 것으로 보고되어 있으며 기후변화와 산림비옥화, 산림과 인접한 문화재의 입지적 특성 등과 맞물려 목조건축문화재의 흰개미 피해가 전국적으로 나타나고 있다. 지중흰개미는 땅 속이나 목재 내부에 서식하며 땅 속으로 이동하여 지면과 인접한 기둥 하부, 하인방 등을 통해 목조건축물로 유입된다. 흰개미 피해를 입은 목부재는 내부가 공동화되어 문화재 고유의 진정성을 훼손할 뿐 아니라 재료의 강도 저하로 인해 구조적 안정성 또한 저해되므로, 흰개미 피해가 발생하기 전 예방하는 것이 중요하다.

현재 흰개미 방제와 피해 예방을 위해 국내에서는 훈증, 토양 처리, 군체 제거 등 화학적 처리 방법들이 주로 활용되고 있다. 외국에서는 흰개미 피해 예방을 위해 화학적 약제 처리와 함께 흰개미가 목조건축물로 유입되는 것을 물리적으로 차단하는 물리적 장벽이 활용되고 있다. 물리적 장벽은 흰개미가 통과하지 못하는 망이나 입자 등을 건물 하부, 배관 주변, 건물 가장자리나 외벽과 내장재 사이 등에 설치하는 방법으로 설치 후 장기간 효력이 유지되며 약제를 사용하지 않는 친환경 방식이라는 장점이 있다. 물리적 장벽의 적용을 위해서는 흰개미 종의 생태적 특성에 대한 연구가 선행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 국내 전역에 서식하는 *Reticulitermes Speratus kyushuensis*를 대상으로 각 계급별 통과 가능한 최소 직경을 확인하고자 하였다. 통로가 0.1mm 단위로 좁아지는 아크릴 평면 실험 장치를 이용하여 흰개미 계급별로 통과할 수 있는 최소 직경을 평가한 결과, 일흰개미는 0.7mm, 병정흰개미는 0.9mm, 2차 생식흰개미는 1.1mm까지 통과할 수 있었으며 일흰개미의 머리 높이가 최소 통과 직경을 결정하는데 있어 중요한 요인임을 확인하였다. 이 결과는 향후 흰개미 피해 예방을 위해 망 형태의 물리적 장벽을 적용할 때 각 눈의 최대 크기를 결정하는 기준으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

주제어 목조건축문화재, 흰개미, 물리적 장벽, 일본흰개미

투고일자 2020. 09. 07 ● 심사일자 2020. 10. 19 ● 게재확정일자 2020. 10. 26





I. 서론

흰개미는 사회성 곤충(social insect)의 일종으로 전 세계적으로 3,106종이 서식하고 있다(Krishna 외 2013: 171). 흰개미는 원생동물(protozoa) 등 공생자(symbiont)를 장 속에 두거나 자체적으로 만들어 내는 효소를 통해 목재를 분해하여 영양원으로 사용한다. 때문에 생태계의 에너지 순환에서 분해자로 중요한 역할을 담당하며 특히 기후가 건조하여 부후균의 활성이 저조한 열대 건조 지역 등에서는 그 중요성이 더욱 크다(Brune 2014: 168). 반면 이러한 목재를 분해할 수 있는 능력이 인간에게는 큰 경제적 피해를 입히는데, 인공적으로 만들어진 목구조물이나 건축물, 농작물 등도 흰개미의 먹이기 때문이다. 흰개미로 인한 손실과 방제 비용 등을 합한 총 경제적 비용은 2010년 기준 미국에서만 매년 약 400억 달러에 달한다(Rust·Su 2012: 356).

흰개미는 생태적 특징에 따라 습재흰개미(dampwood termite)와 건재흰개미(drywood termite), 지중흰개미(subterranean termite)로 분류되며 경제적 피해의 약 80%는 지중흰개미로 인해 발생한다(Rust·Su 2012: 356). 지중흰개미는 땅 속이나 목재 내부에 서식처(nest)를 형성하고 일흰개미들이 서식처 외부로 통로(gallery)를 만들면서 먹이를 찾으러 다니는데(foraging), 이 과정에서 목조건축물 등 먹이가 될 만한 대상을 찾으면 통로에 페로몬을 분비하여 다른 개체들을 불러오고 목재 내부를 섭식한다.

지중흰개미로 인한 피해를 줄이기 위해 다양한 방제 방법이 사용되고 있으며, 현재 전세계적으로 지중흰개미의 방제를 위해 가장 널리 사용되고 있는 방제법은 화학적 방법이다(Su·Scheffrahn 1998: 2). 화학적 방제는 크게 토양처리제(soil termiticide)를 목조건축물 하부나 주변 토양에 도포 또는 주입하여 목조건축물 주변부에 화학적 장벽(chemical barrier)을 구축하는 방법과 곤충생장 조절제(insect growth regulator)를 이용하여 흰개미 군체 전체를 제거할 수 있는 군체제거법이 널리 사용되고 있다

(Su·Scheffrahn 1998: 2; Su 2019: 126).

화학적 방제법은 즉각적인 살충 효과를 기대할 수 있다는 장점이 있지만, 인축에 유해한 약제를 지속적으로 사용하며 약제의 종류나 토양, 각종 환경 조건에 따라 약제를 일정 기간마다 재처리해야 하며 지속성이 낮은 문제가 있다. 이에 미국, 호주, 일본 등 지중흰개미 피해가 심한 곳에서는 야외 흰개미 군체가 목조건축물로 유입되는 것을 차단하기 위해 물리적 장벽(physical barrier)을 설치하기도 한다. 물리적 장벽은 목조건축물 하부나 배관 주변, 건물 가장자리, 외벽과 내장재 사이 등에 흰개미가 통과하지 못하는 망, 또는 입자를 이용하여 흰개미들이 유입되는 것을 차단하는 방법이다(그림 1). 이러한 방법은 화학적 방법과 비교하였을 때 설치 후 장기간 흰개미 유입을 방지할 수 있으며 인축에 무해한 장점이 있다(Su 외 1991: 912; Lenz·Runko 1994: 1). 국외에서는 스테인리스 망(Grace 외 1996: 366), 분쇄한 화강암(French 외 2003: 129), 소결 유리(Ahmed·John 2011: 327), 유리 튜브(Keefer 외 2013: 447) 등 다양한 재료들이 물리적 장벽으로 사용 가능할지에 대한 적용성 연구들이 다수 수행되었다.

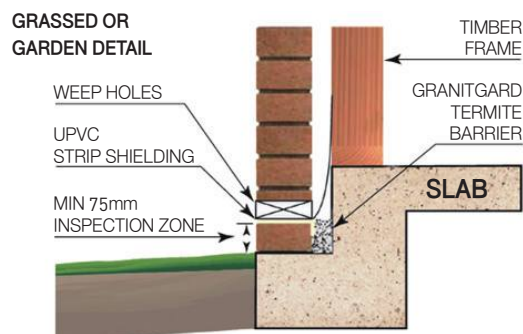


그림 1 물리적 장벽의 설치 예시(그림 출처: <https://granitgard.com.au/50-year-warranty/>).

국내에서는 일제 강점기 이후 흰개미 서식이 보고되기 시작하였으며, 1990년대 종묘와 해인사 등 중요 목조건축물 주변에서 흰개미 피해가 확인되었다. 이후 전국의 목조건축물에서 흰개미 피해가 확인되기 시작하였으며 현재는 목조건축물 원형 보존의 가장 중요한 위협 중

하나가 되었다. 실제로 국립문화재연구소의 목조문화재 생물 피해 조사 결과 전국 목조문화재 312건 중 약 80%에 달하는 252건에서 흰개미 탐지전의 반응이 나타났다(김영희 외 2019: 117).

목조문화재의 흰개미 피해가 증가하는 것에는 다양한 원인이 있다. 흰개미의 분포 범위나 활동은 온도에 의해 결정되는데 기후 온난화로 인해 겨울철 최저 기온이 상승하면서 흰개미의 분포 범위가 확대되고 활동 기간 또한 길어졌다(김시현·이상빈 2019: 140). 또한 흰개미의 분포 밀도는 먹이가 될 수 있는 식물질의 양과 비례하는데, 산림이 비옥화되면서 흰개미들이 생존하기 유리한 조건이 조성된 것도 한 가지 이유가 될 수 있다. 상기한 환경적 요소로 흰개미의 분포 및 밀도가 확대되는 가운데, 우리나라 목조문화재의 입지적 특성 또한 문화재 흰개미 피해 증가의 한 원인이다. 우리나라 목조문화재는 대다수가 산중에 위치하거나 산지에 인접하여 위치하고 주변에 다수의 수목이 있는데, 이로 인해 주변 산림에서 서식하던 흰개미들이 목조문화재 방향으로 유입될 위험성이 높아졌다.

국내에 서식하는 흰개미는 1920년대부터 확인된 일본흰개미 아종(*Reticulitermes speratus kushuensis*)과 최근 전북 일부 지역에서 확인된 칸몬흰개미(*Reticulitermes kanmonensis*) 2종이며 모두 지중흰개미의 일종이다. 이들은 주로 땅 속을 통해 이동하다가 목조건축물에서 지면과 가까운 기둥 하부, 하인방 등을 통해 목조건축물에 유입되고 목부재 내부를 동심원 형태로 가해하여 목조건축물의 원형을 손상시키고 구조적 안정성을 저해한다(사진 1). 현재 목조문화재의 흰개미 피해 예방을 위해 주로 사용되는 방법은 외국과 유사하게 훈증 처리와 토양 처리, 군체 제거 등이 사용되며, 물리적 장벽은 활용되지 않고 있다.

물리적 장벽은 화학적 방제법과 각기 다른 적용 범위와 장단점을 가지고 있기 때문에 함께 사용될 때 흰개미 피해 예방 효과가 극대화된다. 그러나 현재 국내에서는 물리적 장벽이 사용되고 있지 않으며, 향후 적용을 위



사진 1 흰개미 피해를 입은 기둥과 하인방.

한 연구 개발이 요구된다. 물리적 장벽의 적용 시 사용하는 재료는 해당 지역에 서식하는 흰개미 종의 생태적 특성에 따라 달라질 수 있다. 흰개미 종, 또는 군체의 성숙도, 계급, 계급 내 개체의 발달 정도 등에 따라 통과할 수 있는 물리적 장벽의 최소 단위가 다르기 때문에, 물리적 장벽의 적용을 위해서는 각 흰개미 종 또는 각 계급이 통과할 수 있는 최소 직경에 대한 연구가 필요하다. 따라서 이 연구에서는 국내 전 지역에 서식하며 목조건축물과 문화재 등에 심각한 피해를 입히는 일본흰개미 아종(*Reticulitermes speratus kyushuensis*)의 피해 예방을 위해, 이 종이 통과할 수 있는 최소 직경을 평가하여 물리적 장벽 적용의 기초연구로 활용하고자 하였다.



II. 재료 및 방법

1. 연구 재료

1) 공시충

본 연구의 대상은 국내 전역에 서식하며 주요 목조 문화재 생물피해종인 일본흰개미 아종(*Reticulitermes speratus kyushuensis*)이다. 실험에 사용된 공시충은 충북 충주시 칠금동 탄금대 인근 야산(북위 36.9도, 동경 127.9도)에서 채집하였다. 등산로 인근에 적재된 목재 중 흰개미 군체가 서식 중인 목재만을 채집하고, 암실에서 증류수를 주기적으로 분무하며 보관하다가 평가 전 해체하여 공시충을 분리하였다.

2) 실험 장치

공시충들이 통과할 수 있는 최소 통과 직경을 평가하기 위해서 선행 연구(Lee 외 2019: 2883)에 따라 평면 아크릴 실험 장치(planar arena)를 제작하여 사용하였다. 이 방법은 흰개미의 움직임을 잘 관찰할 수 있고 흰개미의 생존율이 높으며 연구자의 목적에 따라 다양하게 적용할 수 있어 유용하다(Chouvenc 외 2011: 821; Chouvenc 2018: 2019). 투명 플렉시 글라스(plexi glass)를 직사각형(40mm×100mm×2mm)으로 제작하여 위, 아래층으로 하

고 가운데 부분에 검은색 아크릴 판을 두었다. 검은색 아크릴은 공시충을 투입하는 공간(20mm×10mm×2mm)이 가장 위에 있고, 아래로 11개의 작은 공간(20mm×5mm×2mm)이 있으며 각 공간의 사이는 1.2mm부터 0.1mm까지 0.1mm씩 작아지는 통로를 통해 연결된다(그림 2).

2. 연구 방법

각기 다른 4개의 흰개미 군체에서 일흰개미(worker), 병정흰개미(soldier), 2차 생식흰개미(secondary reproductive)를 각각 5회 채집하여 공시충으로 사용하였다. 실험 장치의 양 끝을 집게로 고정하고 공시충 투입 공간에 공시충 1두를 투입한 뒤 12시간 동안 비디오 카메라(HDR-PJ675, Sony)로 관찰하였다. 실험은 20회 반복하였다.

III. 결과 및 고찰

실험 결과 흰개미 계급별로 통과할 수 있는 직경의 차이가 나타났으며, 같은 계급 안에서도 개체별로 0.1~0.2mm의 차이를 보였다. 일흰개미는 개체마다 0.7mm~0.9mm까지 통과하는 모습을 보였으며 모든 개체들이 0.6mm는 통과하지 못하였다(표 1, 사진 2). 병정흰개미의 경우에는 개체마다 0.9~1.1mm 직경을 통과하였으며 모든 개체들이 0.8mm는 통과하지 못하였다(표 1, 사진 3). 2차 생식흰개미의 경우 1.1mm~1.2mm까지 통과하였으며 1.0mm는 통과하지 못하였다(표 1, 사진 4).

실험 결과처럼 흰개미의 계급 간, 계급 내에서 개체별 차이가 나타나는 것은 공시충 개체별 크기가 다르기 때문이다.

흰개미 개체 간 크기 차이는 흰개미의 발달과 직접적으로 관련되어 있다. 흰개미는 불완전 변태를 하는 곤충으로 알에서 유충이 되었을 때 이미 성충과 비슷한 형태의 몸을 가지고 있으며, 다만 탈피를 반복하며 몸의 크기가 점점 커진다. 따라서 동일한 계급이라도 탈피 횟수

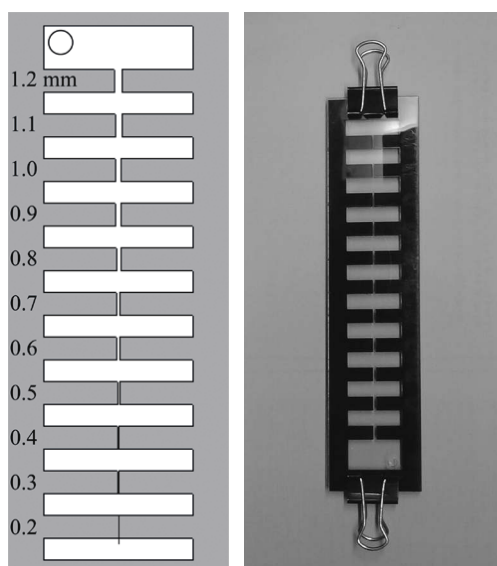


그림 2 실험 장치(좌측 그림 출처: Lee et al., 2019).

표 1 흰개미 계급별 최소 통과 직경

	Worker	Soldier	Secondary Reproductive
0.6mm	-	-	-
0.7mm	7	-	-
0.8mm	10	-	-
0.9mm	3	6	-
1.0mm	-	13	-
1.1mm	-	1	8
1.2mm	-	-	12
계	20	20	20

에 따라 몸의 크기가 다르므로(Higa 1981: 181) 표본으로 사용된 공시충의 령(齡, instar) 수에 따라 통과할 수 있는 직경도 다르게 나타난 것으로 보인다.

또한 흰개미의 계급 간 분화는 종마다 차이가 있으나 대개 유충(larva)이 일흰개미가 되고, 그 중 일부가 병정흰개미가 되거나 2차 생식흰개미로 분화하는 방식으로 이루어진다. 일반적으로 일흰개미는 령 수가 낮은 미분화 계급이므로 탈피 횟수가 적어 성숙한 일흰개미나 병정흰개미, 생식흰개미 등에 비해 몸의 크기가 작다. 병정 계급은 다수의 탈피를 거치면서 외부 침입을 막기 위한 방어 전략(defense strategy)의 일환으로 머리 부분(head capsule)이 경화되고 크기 또한 크다. 생식 계급 또한 대체로 일흰개미의 종령에 가까운 일흰개미들이 생식 계급으로 분화하기 때문에 다른 일흰개미에 비하여 크기가 클 가능성이 더 높다.

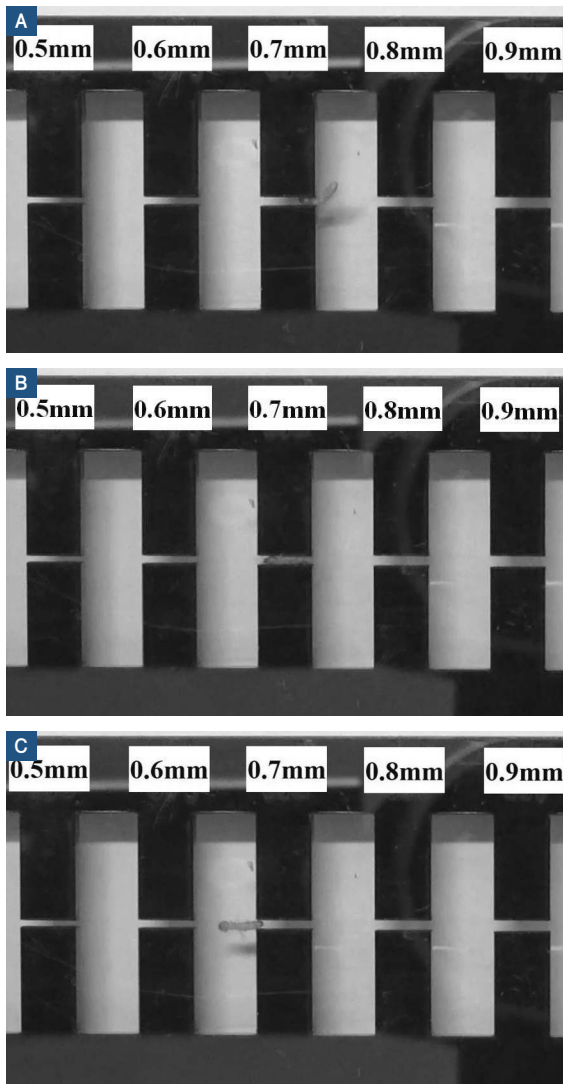


사진 2 0.7mm 구간을 통과하는 일흰개미.

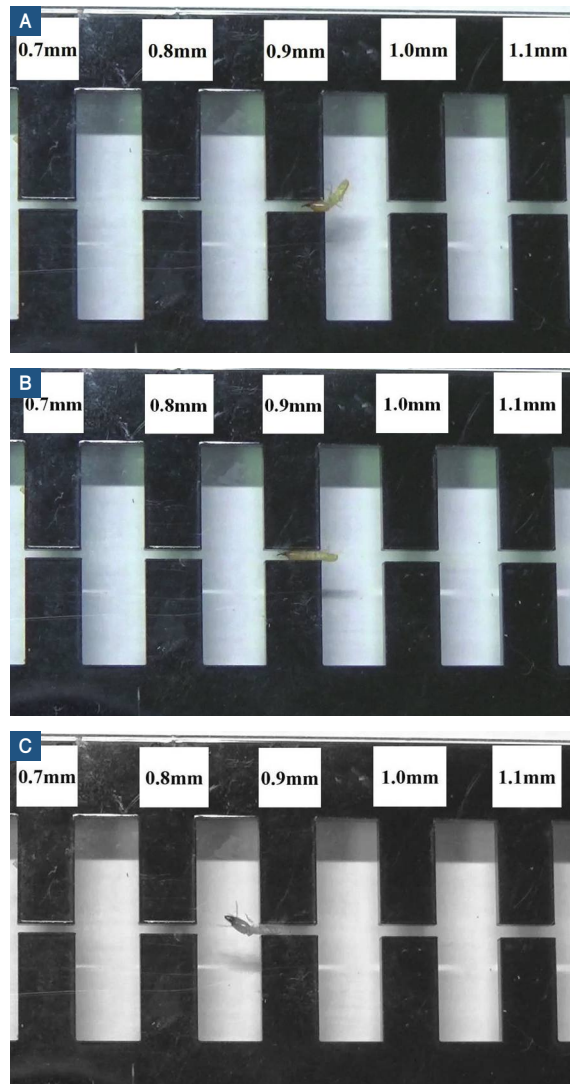


사진 3 0.9mm 구간을 통과하는 병정흰개미.



흰개미들이 좁은 통로를 지나가는 모습은 모든 계급에서 유사한 양상을 보였다. 일흰개미와 병정흰개미, 생식흰개미 모두 머리의 폭(head width)이 높이(head height)보다 크기 때문에, 처음에는 지면과 평행한 방향으로 이동하다가 통로의 폭이 머리의 폭 보다 작아 지나갈 수 없는 크기가 되면 몸을 옆으로 돌려서 통과한다(사진 2, 3, 4). 이후 통로의 폭이 머리의 높이보다도 작아져 옆으로도 지나갈 수 없는 크기가 되면 더 이상 진입하는 것을 멈추고 출발했던 위치로 돌아가게 된다. 다만 생식 흰개미는 난소의 발달 정도에 따라 배가 점점 굵고 길어지기 때문에 머리카나 가슴 부위의 크기보다 배의 크기가 더 중요하였다(사진 4).

일흰개미가 다른 계급들보다 몸 크기가 가장 작기 때문에 일흰개미의 머리 높이가 최소 직경을 결정하는데 가장 중요한 요소이며, 이는 대만흰개미(*Coptotermes formosanus*)에 대한 선행 연구(Lee 외 2019: 2886)와 동일하였다. *C. formosanus*의 일흰개미는 0.7mm, 병정흰개미는 0.8mm, 왕과 여왕은 1.0mm까지 통과할 수 있었는데, 본 실험의 결과와 비교할 때 일흰개미는 유사했지만 병정흰개미와 생식 계급은 일본흰개미의 최소 통과 직경이 더 크게 나타났다. 일본흰개미의 병정은 대만흰개미의 병정에 비해 머리가 장방형에 가깝고 몸에 비해 머리의 크기가 큰 편인데, 이는 외부의 적이 들어왔을 때 통로를 머리로 막아 다른 일흰개미들이 지나갈 시간을 버는 방어 전략과 관련이 있을 것으로 보인다

(Matsuura2001: 178).

사회성 곤충인 흰개미는 군체 내 여러 일흰개미들 또는 병정흰개미 중에서 상대적으로 더 오래 산 개체들이 먹이 탐색(foraging) 또는 외부 침입자 방어 시 더 바깥쪽으로 이동하는 경향을 보인다(Du 외 2017: 317; Su 외 2017: 1733; Yanagihara 외 2018: 4). 실험 결과 일흰개미들이 0.7~0.9mm까지 통과하였는데(표 1), 이는 흰개미 서식처(nest)와 가까운 곳이라면 직경 0.7mm, 흰개미 서식처와 먼 곳이라도 직경 0.9mm의 틈만 있어도 흰개미가 유입될 수 있음을 의미하며 목조문화재의 경우 지면과 맞닿아 있는 초석이나 고막이 등에 발생하는 작은 균열을 통해 기둥 하부, 하인방 등에 접근할 수 있음을 시사한다.

마지막으로 본 연구에서 수행된 실험 결과를 통해 볼 때, 국내 서식 흰개미의 유입 방지를 위한 망 형태의 물리적 장벽은 눈(mesh)의 크기가 0.6mm 이하 이어야 한다. 국외에서 사용 중인 물리적 방제를 위한 상용 제품들은 0.4×0.4mm(대각선 길이 0.56mm) 또는 0.45×0.66mm(대각선 길이 0.79mm) 등이며 (Lenz·Runko 1994: 14, Grace 외 1996: 366) 향후 제품 개발 또는 도입 시 대각선의 길이가 0.6mm 이하인 크기가 기준이 될 수 있을 것으로 보인다.

IV. 결론

본 연구에서는 지중흰개미의 목조건축물 유입 방지를 위한 물리적 장벽의 기초 연구로써 국내 서식 흰개미 *Reticulitermes speratus kyushuensis*가 통과할 수 있는 최소 직경을 측정하였다. 그 결과 일흰개미는 0.7mm, 병정흰개미는 0.9mm, 2차 생식흰개미는 1.1mm까지 통과할 수 있었으며, 일흰개미의 머리 높이(head height) 수치가 최소 직경의 결정에 있어 가장 중요한 인자임을 확인하였다. 향후 국내 서식 흰개미의 유입 방지를 위해 사용되는 망 형태의 물리적 장벽은 눈금의 크기가 최대 0.6mm 이하여야 할 것으로 추정되었다. 향후 목조문화재의 물리

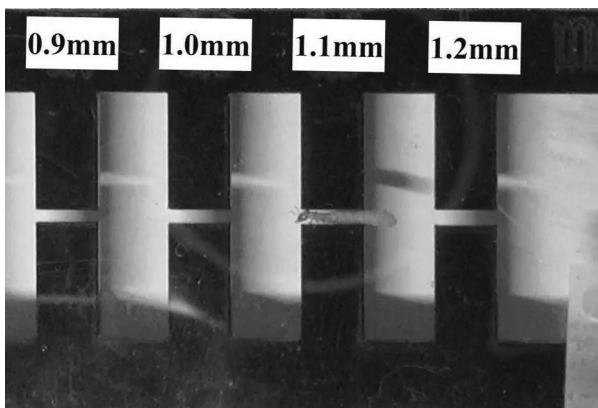


사진 4 1.1mm 구경을 통과하는 2차 생식흰개미.

적 흰개미 방제법 적용을 위해서는 본 연구 결과와 목조 문화재의 건축적, 재료적 특성을 반영하여 다양한 흰개미 유입 경로를 효율적으로 차단할 수 있는 응용 연구가 필요하다.*

* 본 논문은 문화재청 국립문화재연구소 안전방재연구실에서 수행 중인 '건조물문화재 안전관리 조사연구' 과제의 일환으로 수행되었습니다.



참고문헌

- 김시현·이상빈, 2019, 「외래흰개미의 유입에 따른 목조문화재의 위협」, 『문화재방재학회논문집 4권 2호』, (사)문화재방재학회, pp.139~147
- 김영희·조창욱·김수지·박지희, 2019, 「국내 목조문화재 생물피해 현황 및 지역적 특성 비교」, 『제49회 (사)한국문화재보존과학회 춘계학술대회』, (사)한국문화재보존과학회, pp.117~118
- Ahmed (Shida), B. M., French, J. R. J., 2011, 'Termite foraging behaviour and biological response against sintered glass screening as a potential graded physical barrier', *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(4), Academic Journals, pp.327~336
- Brune, A., 2014, 'Symbiotic digestion of lignocellulose in termite guts', *Nature Reviews Microbiology* 12(3), Nature Publishing Group, pp.168~180
- Chouvenc, T., Bardunias, P., Li, H.-F., Elliott, M.L., Su, N.Y., 2011, 'Planar arenas for use in laboratory bioassay studies of subterranean termites (Rhinotermitidae)', *Florida Entomologist* 94(4), *Florida Entomological Society*, pp.817~827
- Chouvenc, T., 2018, 'Comparative impact of chitin synthesis inhibitor baits and non-repellent liquid termiticides on subterranean termite colonies over foraging distances: colony elimination versus localized termite exclusion', *Journal of Economic Entomology* 111(5), Entomological Society of America, pp.2317~2328
- Du, H., Chouvenc, T., Su, N. Y., 2017, 'Development of age polyethism with colony maturity in *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae)', *Environmental Entomology* 46(2), Oxford Academic, pp.311~318
- French, J. R. J., Ahmed (Shida), B., Trajstman, A., 2003, 'Laboratory and field evaluation of granite aggregate as a physical barrier against subterranean termites of the genus *Coptotermes* spp. (Isoptera: Rhinotermitidae)', *Sociobiology* 42(1), Universidade Estadual de Feira de Santana, pp.129~149
- Grace, J. K., Yates, J. R., Tome, C. H. M., Oshiro, R. J., 1996, 'Termite-resistant construction: use of a stainless steel mesh to exclude *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae)', *Sociobiology* 28(3), Universidade Estadual de Feira de Santana, pp.365~372
- Higa, S. Y., 1981, 'Flight, colony foundation and development of the gonads of the primary reproductives of the Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus* Shiraki', Ph.D. dissertation, University of Hawaii, pp.150~195
- Keefer, T. C., Zollinger, D. G., Gold, R. E., 2013, 'Evaluation of aggregate particles as a physical barrier to prevent subterranean termite incursion into structures', *Southwestern Entomologist* 38(3), The Society of Southwestern Entomologists, pp.447~464
- Krishna, K., Grimaldi, D. A., Krishna, V., Engel, M. S., 2013, 'Treatise on the Isoptera of the World', *Bulletin of the American Museum of Natural History*, pp.147~182
- Lee, S.-B., Chouvenc, T. and Su, N.-Y., 2019, 'A reproductives excluder for subterranean termites in laboratory experiments', *Journal of Economic Entomology* 112(6), pp.2882~2887
- Lenz, M., Runko, S., 1994, 'Protection of buildings, other structures and materials in ground contact from attack by subterranean termites (Isoptera) with a physical barrier: a fine mesh of high-grade stainless steel'. *Sociobiology* 24(1), Universidade Estadual de Feira de Santana, pp.1~16
- Matsuura, K., 2002, 'Colony-level stabilization of soldier head with for head-plug defense in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae)', *Behavioral Ecology and Sociobiology* 51, Universidade Estadual de Feira de Santana, pp.172~179
- Rust, M. K., Su, N.-Y., 2012, 'Managing Social Insects of Urban Importance', *Annual Review of Entomology* 57(1), Annual Reviews, pp.355~375

참고문헌

- Su, N.-Y., 2019, 'Development of Baits for Population Management of Subterranean Termites'. *Annual Review of Entomology* 64, Annual Reviews, pp.115~130
- Su, N.-Y., Scheffrahn, R. H., 1998, 'A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programmes', *Integrated Pest Management Reviews* 3(1), Springer, pp.1~13
- Su, N.-Y., Scheffrahn, R. H., Ban, P. M., 1991, 'Uniform size particle barrier: a physical exclusion device against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae)', *Journal of Economic Entomology* 84(3), Entomological Society of America, pp.912~916
- Su, N. Y., Osbrink, W., Kakkar, G., Mullins, A., Chouvenc, T., 2017, 'Foraging distance and population size of juvenile colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in laboratory extended arenas', *Journal of Economic Entomology* 110(4), Entomological Society of America, pp.1728~1735
- Yanagihara, S., Suehiro, W., Mitaka, Y., Matsuura, K., 2018, 'Age-based soldier polyethism: old termite soldiers take more risks than young soldiers', *Biology letters* 14(3), The Royal Society, pp.1~4



Study of Minimum Passage Size of Subterranean Termites (*Reticulitermes speratus kyushuensis*)

Sihyun Kim* Researcher, Safety and Disaster Prevention Division, National Research Institute of Cultural Heritage

Sangbin Lee Ph.D candidate, Entomology and Nematology Department, University of Florida

Ikgyun Lim Ph.D student, Dept. of Cultural Heritage Science, Chungbuk National University

*Corresponding Author : shkim1242@korea.kr

Abstract

Termites play an important role as decomposers of the forest ecosystem, while simultaneously causing enormous damage to wooden structures. Currently, two species of subterranean termites have been reported in Korea, and termite damage to historical wooden buildings is occurring nationwide due to climate change, forest fertility, and the locational characteristics of historical wooden buildings. Subterranean termites make their nests underground or inside timber. Termites move underground and access wooden structures through the lower parts of the buildings, adjacent to the ground. Once termites attack the wooden structures, it not only spoils the authenticity of cultural heritage structure, but also hampers structural stability due to the decrease in the strength of the material. Therefore, it is important to prevent termite damage before it occurs. Chemical treatments are mainly used in Korea to control and prevent the damage. In foreign countries, physical barriers are also used to prevent entry to wooden buildings, along with chemical treatments. Physical barriers involve installing nets or particles that termites cannot pass through in the lower part of the building, around the pipes, and between the edges of the building or exterior walls and interior materials. Advantages of a physical barrier are that it is an eco-friendly method, maintains long-term effect after installation, and does not require the use of chemical treatments. Prior to applying physical barriers, studies into the characteristics of termite species must be undertaken. In this study, we evaluated the minimum passage size that each caste of *Reticulitermes speratus kyushuensis* can move through. We found that workers, soldiers, and secondary reproductive termites were able to pass through diameters of 0.7mm, 0.9mm, and 1.1mm respectively. Head height of termites was an important factor in determining the minimum passing size. Results from the current study will be used as a basis to design the mesh size for physical barriers to prevent damage by termites in historical wooden buildings in Korea.

Keywords Historical wooden buildings, termites, physical barrier, *Reticulitermes speratus kyushuensis*

Received 2020. 09. 07 • Revised 2020. 10. 19 • Accepted 2020. 10. 26

