

방부처리 원주가공재의 방부제 침윤도 향상 및 건조 할렬 방지를 위한 폴리에틸렌 글리콜 처리 효과*1

이종신*2† · 윤선미*2

Effects of Polyethylene Glycol Treatment for Improvement of Preservative Penetration and Prevention of Drying Check of Preservative Treated Round Post*1

Jong-Shin Lee*2 · Sun-Mi Yoon*2

요 약

PEG 처리가 고풍수율 상태의 방부처리 삼나무 원주가공재의 건조 할렬 방지 및 방부제의 침투성에 미치는 영향을 검토하였다. 농도 10%의 방부제(Basilit CFK) 용액에 1일간 침지 처리한 시험체의 표면에 농도 50%의 PEG-400을 각각 3, 5, 10회 도포하여 30일간 천연 건조한 후, 할렬의 발생정도 및 변재부의 방부제 침윤도를 조사하였다. 변재부의 방부제 침윤도를 조사한 결과, 방부제 단독처리 시험체에서는 약 23.2%였으나, 방부제-PEG 처리 시험체에서는 약 51.2~64.5%로 비교적 높은 값을 나타내 PEG 처리에 의하여 방부제의 침투가 촉진된 것으로 추정되었다. 천연건조 기간 중에 방부제-PEG 처리 시험체에서의 건조 할렬 발생은 PEG 도포횟수의 증가와 함께 뚜렷하게 감소하였을 뿐만 아니라 발생된 몇 개의 할렬의 크기도 방부제 단독처리 시험체에서 발생한 것에 비하여 현저하게 작았다. 그러나 2개월간 옥외 폭로 후에는 방부제-PEG처리 시험체에서 많은 할렬이 발생하여 PEG 처리 효과가 인정되지 않았으나, PEG 처리 후, 폴리우레탄수지 래커로 도장 처리한 결과, 옥외 폭로기간 중에 할렬 발생이 뚜렷하게 방지되었다.

ABSTRACT

We investigated the effect of polyethylene glycol(PEG) treatment of preservative treated green japanese cedar(*Cryptomeria japonica*) round posts on their preservative penetration and check formation during the air drying. The round rods were dip-treated in 10% preservative solution of Basilit CFK for 1 day,

*1 접수 2002년 2월 18일, 채택 2002년 3월 26일

*2 충남대학교 임산공학과 Dept. of Forest Products, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

† 주저자(corresponding author) : 이종신(e-mail: lee_js@cnu.ac.kr)

followed by application(3, 5, and 10 times) with 50% PEG-400 solution, and then dried for 30 days under natural conditions.

The rate of preservative penetration into sapwood was a low by 23.2% without PEG treatment, whereas that was a high by about 51.2~64.5% with PEG treatment. From these results, it was assumed that PEG played an affirmative role in the penetration of preservative components loaded onto the surface of round rods by dipping. During the air drying, the formation of drying checks decreased significantly with increasing application times of PEG. Even though some drying checks in PEG treated rods were developed, the number and size of checks was reduced remarkably by PEG treatment. After 2 months of outdoor exposure, PEG treatment failed to reduce checking in preservative-treated rods whereas finishing of polyurethane resin lacquer after PEG treatment was significantly effective in preventing check development.

Keywords: polyethylene glycol, preservative penetration, drying check, green round post, polyurethane resin lacquer

1. 서 론

조경시설물 제작에 국내산 침엽수 원목이 대량으로 사용되고 있으며, 이들 원목은 생재 또는 고풍수율 상태에서 원주가공한 후, 내구성 부여를 위하여 방부처리를 실시하고 있다. 목재 방부처리에 있어 일정 기준의 방부제 흡수량 및 침윤도를 달성하기 위해서는 가압식 주입법에 의하여 처리하는 것이 효과적이다. 그러나 지방의 소규모 조경시설물 제작업체에서는 많은 비용이 소요되는 가압식 방부처리 설비를 갖추지 못하여 대부분 침지법으로 처리하고 있는 것이 현실이다. 또한 방부처리 후, 처리재의 양생과 함께 고풍수율 상태의 원주가공재를 건조하기 위하여 장기간 천연건조를 실시하고 있다. 그러나 건조기간 중에 원주가공재의 표면에 많은 할렬이 발생하여 방부제 미침투 부위가 노출됨에 따라 내구성 저하의 원인이 되고 있으며, 또한 외관 손상으로 인한 품질 저하 등 많은 문제를 야기하고 있어 이를 해결하기 위한 대책이 시급히 요구되고 있다. 일부 업체에서는 할렬 발생을 줄이기 위해 벌채 원목을 1년 이상 장기간 야적하여 생재 함수율을 떨어트린 후 원주가공재 생산에 투입하고 있으나, 원주 가공성이 불량하고 재 내부로의 방부제 침투성이 떨어지는 문제가 발생하고 있다.

수축 이방성을 나타내는 목재에 치수안정성을 부여하기 위하여 폴리에틸렌 글리콜(polyethylene glycol, 이하 PEG로 略記) 처리가 행해지고 있으며, 이 처리에 의하여 건조할렬 발생이나 재의 광변색 억제 등의 효과도 가져올 수 있다고 알려져 있다(鈴木와 徳田 1993). PEG 처리에 관해서는 국내에서도 다수의 연구가 진행되어 Lee 등(2000)은 국내산 소경재에 PEG-400을 처리한 결과, 수축율의 감소로 치수안정성은 향상되었으나 휨강도가 감소됨을 보고하였다. 또한 권·김(1999, 2000)과 권 등(2001)은 PEG를 처리한 국내산 소경재에 대하여 수종 및 PEG 분자량 별로 치수안정성 효과를 조사하였으며, 정과 한(1999)은 PEG 처리의 목재 광변색 방지 효과에 관하여 조사한 바 있다. 이와 같이 PEG 처리에 의한 목재의 치수안정이나 광변색 방지 효과에 관한 연구는 다수 수행되었으나, 건조할렬 발생억제 효과 또는 방부제의 침투성에 미치는 영향에 관해서는 아직 조사된 바 없다. 본 연구에서는 조정시설용 방부처리 원주가공재의 건조할렬 발생 방지를 위한 PEG의 처리 효과와 함께 방부제 침투성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

2.1.1. 공시목적

협력업체인 (주)원목조경에서 조경시설용 원주가공재로 사용하고 있는 길이 약 4.5m의 남부 지방산 삼나무(*Cryptomeria japonica*) 원목(벌채 후 7개월 경과)을 직경 15cm로 원주가공한 다음 길이 30cm가 되도록 절단하여 시험체로 사용하였다. 또한 시험체 절단과 함께 두께 1cm의 원판을 채취하여 함수율 측정에 사용하였다.

2.1.2. 공시 방부제와 PEG 및 도료

목재방부제는 협력업체에서 사용하고 있는 상품명 Basilit CFK [조성: $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 63%, CuSiF_6 36%, CrO_3 1%]의 수용성 약제를 사용하였으며, PEG는 평균 분자량 400인 액상의 공업용(농도 50%)을 시중에서 구입하여 사용하였다. 또한 일부의 시험체에 대해서는 PEG 처리 후, 2액형의 폴리우레탄수지 래커(주제: 코오락 CL446-9000, 경화제: 코레탄 3910CA, 고려화학)로 마무리 도장을 실시하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 방부처리

협력업체에서 실시하고 있는 방법에 따라 현장의 약액조를 사용하여 농도 10%의 약액 중에 24시간 침지처리하였다. 처리 중에 시험체가 서로 접촉하거나 액면 위로 떠오르지 않도록 설치하여 처리하였다.

2.2.2. PEG 처리 및 폴리우레탄수지 래커 도장

방부처리한 시험체의 표면을 가볍게 닦아내어 과잉의 약액을 제거(이하, 방부제 단독처리 시험체로 略記)한 후, 이어서 일부의 시험체에 대하여 표면에 붓

을 사용하여 PEG 용액을 3회, 5회, 10회 각각 반복 도포하였다(이하, 방부제-PEG 처리 시험체로 略記). 반복 도포는 1회 째 도포 후, 3시간 방치한 다음 2회 째 도포를 실시하는 방법을 적용하였으며, PEG 도포량은 매회 평균 $136.9\text{g}/\text{m}^2$ 였다. PEG 처리를 완료한 각각의 시험체는 30일간 음지에서 풍건시킨 후, 일부의 시험체에 대하여 표면에 폴리우레탄수지 래커로 1회 마무리도장 처리(이하, 방부제-PEG-래커 처리 시험체로 略記)를 실시하였으며, 도포량은 평균 $271.1\text{g}/\text{m}^2$ 였다.

2.2.3. 방부제 침윤도 조사

30일간 풍건시킨 방부제 단독 처리 시험체 및 방부제-PEG 처리 시험체에 대하여 길이의 중간부분(15cm 부분)을 횡절하고 노출된 횡단면에 구리 지시약인 Chrome Azurol-S 수용액을 분무한 후, 변재부 부분의 방사방향 정색 깊이를 측정하여 침윤도를 조사하였다. 침윤도(%)는 (변재부분의 정색 깊이/변재부분의 깊이) $\times 100$ 의 계산식에 의하여 구하였으며, 측정 은 시험편 마다 횡단면의 6곳(수를 중심으로 하여 60° 각도 간격)에서 실시하였다.

2.2.4. 옥외 폭로 시험

방부제-PEG 처리 시험체 및 방부제-PEG-래커 처리 시험체를 2개월간(7~8월) 야외에 폭로시켜 할렬 발생 정도를 조사하였으며, 이 기간 중에 시험체가 강우에 폭로된 총 시간은 8일 7시간이었다.

2.2.5. 할렬 발생정도 조사

방부제 단독 처리 시험체 및 일부의 방부제-PEG 처리 시험체에 대해서는 음지에서 30일간 풍건시키는 동안, 일부의 방부제-PEG 처리 시험체 및 방부제-PEG-래커 처리 시험체는 2개월 옥외 폭로기간 동안 발생된 표면 할렬의 수 및 길이를 각각 조사하여 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. PEG 처리에 의한 방부제 침윤도 향상 효과

목재의 방부 또는 개질처리에 있어서 침지법이나 도포법은 모세관 상승력에 의해 약액을 침투시키는 처리법으로 재 내부로의 약제의 침투는 처리목재의 함수율의 영향을 크게 받는다. 24시간 침지처리에 의하여 삼나무 변재부에서 방사 또는 접선방향으로의 수용성 약제의 침투 깊이는 약제 흡수량에 비례하지만 대략 최대 2~3mm 정도로 알려져 있다(日本木材保存協會 1982). 이에 근거하여 원주가공재에서도 방부제 또는 PEG의 침투는 표층부에 한정될 것으로 판단되어 이 부위의 함수율을 조사한 결과, 원주표면으로부터 방사방향 깊이 10mm까지 부분에서 평균 94.6%를 나타냈다. 이들 시험체를 현장의 약액조에서 24시간 침지처리한 후, 시험체의 중량변화로부터 구한 방부제 흡수율은 평균 8.7%이었다.

방부처리 후, PEG 처리가 방부제 침투에 미치는 영향을 조사하였다. Fig. 1에서와 같이 PEG를 처리한 원주가공재에서는 처리하지 않은 것에 비하여 방부제의 변재부 침윤도가 뚜렷하게 증가하였으며, 이들 간에는 고도의 유의성이 인정되어 PEG처리가 방부제 침윤도 향상에 기여하는 것으로 밝혀졌다. 이것은 방부처리 후, 젖은 상태에서 원주가공재 표면에 고농도의 수용성 PEG를 반복 도포함으로써 재 내부로의 PEG의 확산·침투가 재 표면에 얇게 침투되어 있던 방부제 성분과 함께 이루어져 나타난 효과라고 판단된다. 한편 PEG의 도포횟수와 방부제 침윤도와와의 관계를 살펴보면, 각각 3회, 5회, 10회 도포에서 평균 51.2%, 62.8%, 64.5%의 침윤도를 나타내어 도포횟수의 증가와 함께 방부제의 침투도 향상되었다. 그러나 도포횟수간의 침윤도 차이를 명확히 밝히기 위하여 Duncan 다중검정을 실시한 결과, 5회와 10회는 동일 그룹에 속하는 것으로 나타났다. 따라서 이들 간에 뚜렷한 침윤도 차이가 인정되지 않음으로써 PEG 5회 도포만으로도 방부제의 최대 침투효과를 얻을 수 있을 것으로 추정된다. 한편, 목재의 방부·방충처

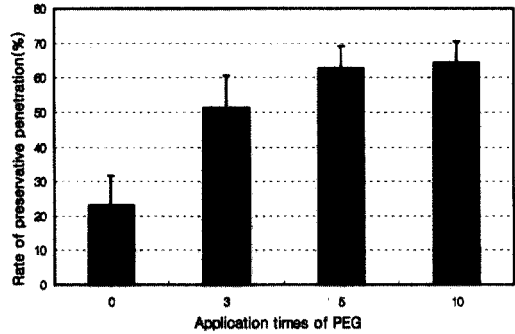


Fig. 1. Relationships between rate of preservative penetration and application times of polyethylene glycol (PEG).

리기준에서는 방부처리 목재의 사용용도에 따라 사용환경 범주 및 사용환경 별 품질기준을 제시하고 있다(산림청 1999). 원주가공재는 주로 파고라, 놀이시설, 조경시설재 등으로 사용되고 있기 때문에 사용환경 범주 H3에 해당하며, H3 사용환경에 사용할 방부처리 목재의 침윤도는 변재부분 80% 이상을 만족시켜야 한다. 그러나 PEG 처리에 의하여 원주가공재의 방부제 침윤도가 평균 23.2%(무처리)에서 64.5%(5회 도포)로 향상되었으나, 품질기준에는 미치지 못하였기 때문에 적정 방부제의 침지시간 및 피복처리에 의한 PEG의 확산기간 연장 등에 대한 검토가 요구되며, 또한 방부제 흡수량을 포함한 침투부위에서의 방부제 농도의 변화에 관해서도 연구할 필요가 있다고 생각된다.

3.2. PEG 처리에 의한 건조 할렬 발생 억제효과

방부제 단독처리 및 방부제-PEG 처리 후, 30일간 풍건 과정 중에 각 시험체의 원주표면에 발생한 할렬의 수 및 길이를 조사하였다. Fig. 2에서와 같이 PEG 단독처리 시험체에서는 평균 5개의 할렬이 발생하였으며, 이들 할렬 중에서 일부는 길이가 매우 길어 30cm에 이르는 등 시험체 길이 전체에 걸쳐 발생하였다. 또한 할렬의 깊이, 즉 방사방향으로 깊이도 매우 깊어 시험체의 중심부인 수(pith)까지 진행되었으며,

Fig. 2. Number and length of check occurred during natural drying in untreated and treated specimens with polyethylene glycol (PEG), PEG3, PEG5, and PEG10 indicate 3 times, 5 times, and 10 times of PEG application, respectively.

할렬의 폭은 넓은 부분이 약 5mm에 이르렀다. 그 밖에 나머지 할렬도 길이가 15cm 이상으로 방부제 단독 처리 시험체에 발생된 할렬은 모두 대형이었다. 그러나 방부제-PEG 처리 시험체에서는 할렬 발생이 현저하게 억제되어 발생 수가 감소하였으며, 발생된 할렬도 모두 길이 5cm, 폭 1mm 이하의 거시적으로 쉽게 구분이 안될 정도의 미세한 할렬이었다. 한편, PEG 도포횟수간에 할렬 발생수의 차이는 인정되지 않았으며, 따라서 PEG 3회 도포만으로도 방부처리 원주가공재의 건조할렬 발생을 충분히 억제시킬 수 있을 것으로 판단되었다. 이러한 PEG의 할렬발생 억제효과는 저분자량의 PEG 용액이 세포벽으로 침투해 들어가 용적효과를 발현함으로써 건조가 진행되어도 목재의 수축이 방지되기 때문에 나타난 결과라고 할 수 있다.

우수한 목재의 치수안정화제로 널리 알려진 PEG는 수용성이기 때문에 처리 목재를 옥외에 폭로할 경우, 수분에 의한 PEG의 용탈로 처리효과가 상실되는 단점이 있어 이를 방지하기 위하여 일반적으로 폴리우레탄계 도료를 사용한 도장이 이루어지고 있다(鈴木와 徳田 1993). 방부제-PEG 처리 시험체에 폴리우레탄수지 래커를 도장한 후 옥외에 폭로시켜 할렬발생 정도를 조사한 결과(Fig. 3), 길이 5mm 미만의 할렬이 평균 0.3개 발생하였으나, 래커도장에 의하여 폭

Fig. 3. Number and length of check occurred during exterior exposure in treated specimens with polyethylene glycol (PEG) only or PEG and polyurethane resin lacquer (PRL).

로기간 중 PEG의 용탈이 방지됨으로써 우수한 할렬 발생 억제효과가 인정되었다. 그러나 폴리우레탄수지 래커를 도장하지 않은 방부제-PEG 처리 시험체에서는 PEG의 도포횟수에 관계없이 다양한 길이의 할렬이 대량으로 발생하였다. 이것은 옥외 폭로기간 중에 PEG가 용탈되어 치수안정화 효과(용적효과)를 잃음으로써 시험체의 수축·팽윤이 반복되어 초래된 결과라고 할 수 있다. 이상의 결과에 의하여 방부처리 원주가공재에 PEG를 처리함으로써 건조 중 할렬 발생을 억제할 수 있으며, 이에 더하여 폴리우레탄수지 래커로 마무리 도장을 실시할 경우 옥외 폭로 시에도 할렬발생이 방지됨을 알 수 있었으나, 앞으로 2개월 이상의 장기간 폭로에서도 할렬 발생 방지효과가 지속되는지에 대한 검토가 필요하다고 생각된다.

3. 결 론

고함수율 상태의 원주가공재를 침지법에 의하여 방부처리한 후, 천연건조 기간 중에 다량으로 발생하는 할렬의 문제점을 해결하기 위하여 PEG 처리 및 폴리우레탄수지 래커 도장 효과를 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

PEG 처리 원주가공재에서 방부제의 변태부 침윤도가 현저하게 증가됨으로써 PEG처리가 방부제의 침

투 촉진에 기여하는 것으로 밝혀졌으며, PEG의 적정 도포횟수는 약 5회 정도인 것으로 판단되었다. PEG 처리 원주가공재에서는 천연건조 기간 중에 할렬 발생 수가 감소하였을 뿐만 아니라 발생된 할렬의 크기도 미세하여 PEG의 용적 효과에 의한 건조할렬 발생 억제효과가 인정되었다. 옥의 폭로기간 중에 PEG 처리 원주가공재에서는 다양한 크기의 할렬이 발생하였으나, PEG 처리 후, 폴리우레탄수지 래커를 도장함으로써 수분의 침투 및 PEG의 용탈이 방지되어 옥외에서의 할렬 발생이 억제되었다. 따라서 방부처리 원주가공재의 할렬 방지를 위해서는 PEG 처리에 의하여 건조 중 할렬 발생을 억제한 후, 래커를 도장하여 내후성을 부여하는 것이 효과적인 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. Lee, J. J., J. I. Koo and S. K. Chun. 2000. Dimensional stability and bending properties of small diameter log treated by sap-displacement method. *Mokchae Kongbak* 28(4): 61~71.
2. 日本木材保存協會. 1982. 木材保存學. 文教出版. 大阪. p. 219.
3. 鈴木政治, 德田迪夫. 1993. 木質資源材料. 海青社. 大津. p. 23.
4. 권구중, 김남훈. 1999. 간벌재 및 폐잔재의 고도 활용방안 (I): PEG를 이용한 목재의 치수안정화. '99 한국목재공학회 추계 학술발표 논문집: 57~60.
5. 권구중, 김남훈. 2000. PEG 처리에 의한 국내산 소경재의 치수안정성 증대 방안. 2000 한국목재공학회 추계 학술발표 논문집: 93~99.
6. 권구중, 권성민, 김남훈. 2001. PEG 처리에 의한 국내산 소경재의 치수안정화에 관한 연구(II): 환공재와 산공재의 비교. 2001 한국목재공학회 추계 학술발표 논문집: 101~103.
7. 산림청. 1999. 목재의 방부·방충처리 기준. 산림청고시 1999-8호.
8. 정재열, 한규성. 1999. PEG 처리에 의한 목재의 변색 방지. '99 한국목재공학회 추계 학술발표 논문집: 150~155.
1. Lee, J. J., J. I. Koo and S. K. Chun. 2000. Dimensional stability and bending properties of small diameter