

수침목재의 PEG, 락티톨, 슈크로오스 처리에 의한 치수안정화 효과

이효선 · 강애경* · 박상진*

영남문화재연구원, 경북 칠곡군 가산면 청평리 221

*경북대학교 임산공학과, 대구시 북구 산격동

Dimensional Stability of Waterlogged Archaeological Wood in PEG, Lactitol and Sucrose Treatment

Lee Hyo Sun, Ae Kyung Kang and Sang Jin Park

The Institute of Yongnam Cultural Properties, 221 Chungpyong-ri, Gasan-myun, Chilgok-kun, Kyungpook, KOREA

*Dept. of Wood Science and Technology, Kyungpook National University,

Sankyuk-dong, Bukgu, Taegu 702-701, KOREA

초 록 비교적 치수안정화 처리가 어려운 참나무과 고목재를 선택하여 락티톨, PEG (Mw, 4000), 슈크로오스를 이용하여 치수안정화효과에 대한 비교실험을 하였다. 시료 제작은 접선단면 판재 형태의 유물에서 굽음, 뒤틀림 등의 변형이 발생할 우려가 특히 크므로 접선단면이 넓게 나오도록 제작하였다. 보존처리약제의 처리농도는 10, 30, 50, 70%로 상승시켰고 각 농도단계별로 3일간, 7일간씩 처리하여 중량증가율을 측정하였다. 처리가 종료된 후의 시험편의 치수안정화효과를 평가하기 위한 지표로써 횡단면수축율을 산출하였다. 그 결과 슈크로오스를 함침처리한 시험편은 중량 증가율이 가장 높았으며, 횡단면수축율도 3일, 7일 처리에서 각각 7%, 4%로 가장 높은 치수안정화효과를 나타내었다.

ABSTRACT The performance of dimensional stabilization of lactitol, PEG (Mw, 4000), and sucrose was evaluated for thin sections of oak wood (*Quercus* sp.) that had been buried in underground for presumably 1500 years. Thin wood sections of the specimen were soaked for three and seven days in each stabilizing agent with wide concentration ranges of 10, 30, 50, and 70% by weight. Sucrose showed the largest weight gain among three agents, and the shrinkage of cross sections were found to be 7% and 4% for three and seven days soaking, respectively. The result showed that sucrose among three stabilizing agents used was the best for the dimensional stabilization of the oak wood.

1. 서론

수침출토목재는 오랜 매장기간동안 미생물의 분해로 인해 목재 고유의 강도를 소실하여 매우 연

하고 고풍수율의 상태에 있다. 따라서 출토 후 공기 중에 노출되어 건조됨에 따라서 그 원형을 거의 알아 볼 수 없을 정도로 심하게 수축, 변형하므로 치수를 안정시키기 위해 적당한 보존처리를

실시해야한다.^{8,9}

현재 가장 널리 사용중인 보존처리법은 PEG (polyethylene glycol) 함침법으로 비교적 간단한 처리로 높은 치수안정화 효과를 얻을 수 있는 방법이다. PEG 함침법은 1970년대에 인양된 경주 안압지 출토 목선, 1976년에서 1984년에 걸쳐 전남 신안에서 인양된 해저선박, 1983년에서 1984년에 인양된 완도 해저 침몰선 등에 적용되었으며 지금까지도 우리나라에서 가장 많이 사용중인 방법이다.

PEG는 (PEG 4000의 경우 녹는점이 66 °C) 결정성이 크고 끈끈한 수용액을 만들고 물에 용해도가 높지만 흡습성이 크다는 것과 처리 후 표면이 번들거리며 흑화현상이 나타난다는 것, 고분자량 처리는 장시간이 소요된다는 등의 단점이 지적되고 있다.^{9,10}

이와같은 PEG 함침법의 단점을 극복하기 위해서 1980년대 후반부터 당류를 이용한 처리법이 시도되어지고 있다. 그 한 종류로써 슈크로오스가 사용되고 있는데, 슈크로오스의 수침출토목재에 이용 연구는 Gross에 의해 실험적으로 실시되었다.¹⁴ 우리나라에서도 PEG에 비해 가격이 저렴하여 경제적이란 것, 처리후 표면색이 자연색상이 되는 것, 저분자량이라 침투성이 좋다는 장점으로 PEG 함침처리 대체 방법으로서의 가능성을 보이는 이의 실험적 연구가 진행되었다.^{6,12} 하지만, 슈크로오스도 PEG와 마찬가지로 흡습성이 높다는 것과, 함침 과정중에 미생물의 번식과 처리 후 생물의 피해를 입을 수 있다는 문제점이 Gattan에 의해 지적되었다.¹⁵

이러한 슈크로오스의 미생물에 대한 약점을 극복하기 위한 방법으로 락티톨 함침법이 개발되었다. 락티톨은 당알콜류의 일종으로 자연계에 존재하는 슈크로오스 등의 천연당과는 다르게 고압접촉환원에 의해서 공업적으로 합성되고, 분자식은 $C_{12}H_{24}O_{11}$ 이고 분자량은 344로 저분자이며 미생물의 부후에 대해서 안정하며, 열에 안정하고 용해도가 높으며 흡습성이 낮은 우수한 성질을 가진 재료이다.¹⁶

이들 보존처리제를 실제 유물처리에 적용함에 있어서 보다 효율적인 처리를 위해서는 각각의 처리대상 수침목재의 상태나 용액의 침투속도에 관련된 보다 많은 다양한 자료가 필요할 것이다.

이러한 전지에서 본 실험에서는 금후의 다양한 상태에 있는 수침목재의 보존처리를 위한 기초자료로써, 비교적 부후가 약하며 침투가 어려운 수종의 시험편을 대상으로하여 각 보존처리제의 함침기간에 따른 치수안정효과를 검토하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 실험재료

경북대학교 박물관 주관으로 발굴한 대구시 북구 구암동 대단지 아파트 단지 개발지역의 생활유적지에서 출토된 자연목 중, 목재조직 3단면 프레파라트 관찰 후 졸참나무(학명 ; *Quercus serrate* Thunb.)를 선택하여 사용하였다.⁷ 동일재료에서 섬유방향에 연속적으로 1.5(R)×5(T)×5(L) cm 크기로 시험편을 채취하였다. 이 방법에 의해서 열화상태가 거의 균일한 재료를 얻을 수가 있어 동일한 상태의 재료 내에서 실험을 가능하게 하였다. 특히 판재형의 유물일 경우, 방사단면판재에 비해 접선단면이 넓게 나오는 접선단면판재에서의 굽음, 뒤틀림 등의 결함이 심하게 발생하므로 시료제작시 접선단면의 폭이 5 cm가 되도록 하였다.

우선 시험편의 열화상태를 파악하기 위해서 증류수중에 보관된 시험편의 최대흡수율을 전건증량 기준으로 계산하였으며 평균포화흡수율은 344.9%로 비교적 부후가 심하지 않은 육안관찰시에도 거의 생재와 유사한 상태였다.

또한 처리재와의 비교를 위해서 무처리재의 수축율을 측정하였다.

보존처리가 종료된 후의 치수안정화효과를 파악하기 위한 지표로써 횡단면수축율을 산출하였다. 먼저 횡단면상에서 접선, 방사방향의 치수변화를 알기위 해 시료의 각 방향에 스틸렌판을 끼운 후 버니어캘리퍼스로 건조전 치수를 측정하고 105±2 °C 건조기에서 전건시킨 후 치수변화를 측정하였다. 접선방향수축율(β_1), 방사방향수축율(β_2)을 계산하여 횡단면수축율(β_0)을 산출하였으며 무처리재의 횡단면 수축율은 57.2%로 나타났다.

2.2. 실험방법

시험편은 우선 처리전의 증량과 치수를 측정하고 함침처리 용액에 침지하였다. 치수안정화처리약

제로는 락티톨 (Touwa Kasei Co., Ltd.), PEG 4000 (Shinyo Pure Chemicals Co., Ltd.), 슈크로오스 (동양화학)를 사용하였다. 초기농도를 10%로 하여 3일간 처리한 후 30%, 50%, 70%로 농도를 상승하였으며 각 농도단계에서 3일간씩 총 12일간 처리하였다.

또한 처리시간에 따른 치수안정화 효과를 알아보기 위하여 동일한 실험조건하에서 처리기간만을 7일간씩으로 달리하여 총 28일간 함침처리하였다. 시험편을 침지한 함침조 내의 온도는 60 °C를 유지하였다.

시험편은 각 농도 및 약제별로 3개씩을 준비하여 각 농도에서 함침이 완료될 때마다 함침조에서 꺼내어 표면의 액을 흡습지로 가볍게 제거한 후 중량을 측정하였다. 함침기간중에는 매일 시험편의 중량을 측정하였다.

함침 종료후의 각 시험편은 실내에서 2개월간 자연건조시킨 후에 버니어캘리퍼스로 각 치수를 측정하여 중량변화율 및 횡단면수축율(β_c)을 산출하여 치수변화를 관찰하였다.

3. 결과 및 고찰

각 농도별로 3일간씩 처리한 후의 약제의 농도 상승에 따른 중량 변화율을 Fig. 1, 횡단면수축율(β_c)을 Fig. 2에 나타내었으며, 각 농도별로 3일, 7일간씩 처리한 후의 시험편의 중량변화율을 Fig. 3에, 횡단면수축율을 Fig. 4에 나타내었다.

시험편의 중량은 모든 약제에서 50% 처리농도까지 초기중량보다 감소하였다. 70% 처리후 락티톨과 슈크로오스를 처리한 시험편의 중량은 다

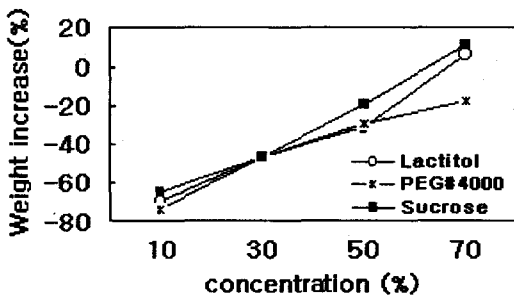


Fig. 1. Weight increase of samples in samples in increasing concentration.

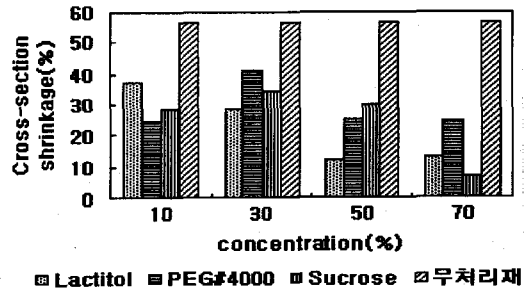


Fig. 2. Cross-section shrinkage of samples in increasing concentration.

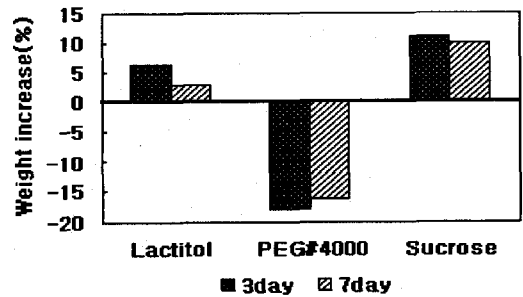


Fig. 3. Weight increase of samples in treatment time.

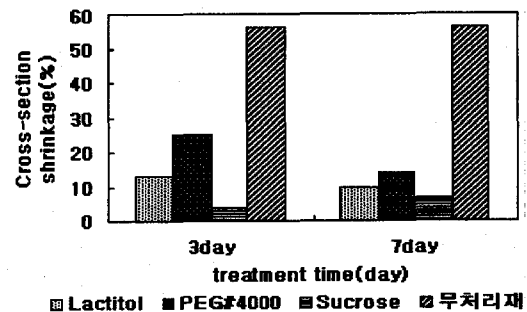


Fig. 4. Change in dimensional stability of samples in treatment time.

소 증가하였지만 PEG 4000을 처리한 시험편은 여전히 초기중량보다 감소하는 경향을 나타내었다.

세가지 약제의 중량변화율에서는 슈크로오스가 가장 높은 중량증가를 보였다. 이는 비교적 부후가 약한 본 시험편에 있어서 고분자량의 PEG 4000이 목재내부로의 침투가 어렵기 때문에 원활한 수분과 약제의 치환이 일어나지 않았음을 알 수 있다. 이에 반해서 상대적으로 분자량이 낮은

락티톨과 슈크로오스를 처리한 시험편은 고농도에서 약간의 중량증가를 나타내었는데 약제의 분자량이 낮음에도 불구하고 시험편의 부후정도가 약하므로 역시 침투에 상당한 시간이 소요됨을 알 수 있다.

Fig. 2에서처럼 횡단면수축율(β_c)은 처리용액의 농도가 증가됨에 따라서 점진적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 70% 처리종료 후 슈크로오스의 횡단면수축율(β_c)이 6.9%로 가장 낮았으며 다음으로 락티톨이 13.1%였다. PEG 4000은 70% 처리 완료 후에도 횡단면수축율(β_c)이 24.9%로 가장 높게 나타났다. 이는 시료의 수종이 약제 침투가 비교적 어려운 졸참나무인데다 부후정도도 약한 상태이므로 저농도의 초기 침투단계에서부터 고분자량의 PEG 4000과 수분의 치환이 원활히 이루어지지 않았음을 알 수 있었다.

슈크로오스는 다른 두 약제에 비해 치수안정화 효과가 높은 것으로 나타났다. 그러나 Fig. 5에서 보듯이 세 가지 약제의 처리완료 후 모든 시험편에서는 자연건조과정에서 할렬 및 굽음 등의 변형이 발생하는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 시험편이 부후정도가 비교적 심하지 않고 양호한 상태에서 목재내부까지 약제의 침투가 충분하지 않았음을 알 수 있다.

각 농도별로 3일간씩과 7일간씩 처리한 후의 약제의 농도 상승에 따른 중량 변화율을 Fig. 3, 횡단면수축율(β_c)을 Fig. 4, 처리완료된 시험편의 상태

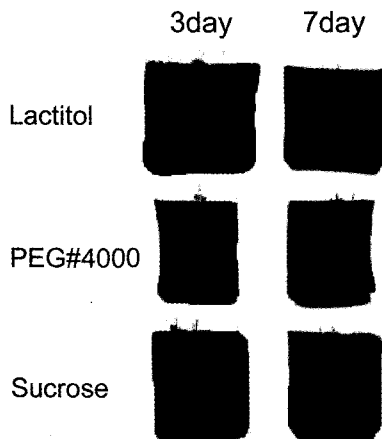


Fig. 5. Change in dimensional stability of samples in treatment time.

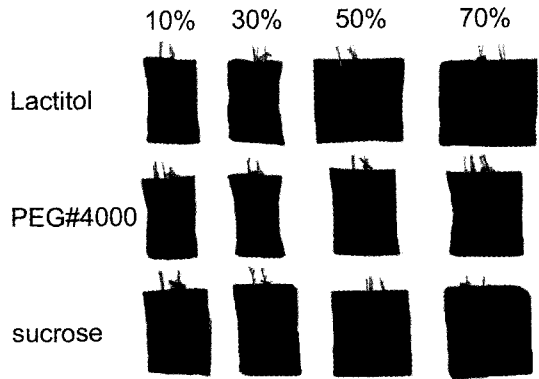


Fig. 6. Change in dimensional stability of samples in increasing concentration.

는 Fig. 5와 Fig. 6에 비교하여 나타내었다.

Fig. 3에서 보면 중량변화율은 락티톨과 슈크로오스의 경우, 각 농도단계에서 3일간 처리한 것보다 7일간씩 처리한 것이 더 낮게 나타났고, PEG 4000은 다소 높게 나타났으나 현격한 차이는 나타나지 않았다.

Fig. 4에서 보듯이 치수안정화 효과를 판단할 수 있는 처리종료 후 시험편의 횡단면수축율은 슈크로오스 처리 시험편이 가장 낮았으며 특히 7일간씩 처리후의 시험편이 가장 낮은 수축율을 나타내었다.

70% 3일, 7일 처리완료된 시험편의 상태는 다음의 Fig. 5와 같다. 세가지 약제를 비교해 보았을 때는 70%, 7일 처리완료 후에서도 70%, 3일 처리때와 마찬가지로 PEG 4000을 처리한 시료는 흑화현상이 더 심하게 나타났으며, 락티톨 처리시료는 3일 처리완료 시료와 비슷하게 횡단면에 심한 할렬이 발생하였다.

슈크로오스는 가장 치수안정화 효과가 컸으며, 70% 처리종료 후 횡단면수축율(β_c)이 3일간씩 처리시에는 6.9%, 7일간씩 처리시에는 3.9%로 다른 처리조건에 비해 가장 좋은 효과를 나타내었다. 자연건조 후에 다른 약제처리시료에 비해 목재 고유색을 가장 양호하게 유지하고 있었다.

PEG 4000, 락티톨, 슈크로오스를 각 농도별로 3일간씩과 7일간씩으로 나누어 처리한 결과 슈크로오스에서 가장 좋은 효과를 얻었지만 함침시간의 연장에 따른 효과를 얻을 수가 없었던 바 이러한 종류의 시험편에 관한 추후의 검토가 더 필요할 것이다.

4. 결론

수침출토목재 보존처리에 있어서 치수안정화 효과에 영향을 미치는 인자들에는 여러 가지가 있다. 즉, 수종의 특성, 분해의 정도 및 유물의 단면형태를 들 수가 있는데 유물의 형태가 접선단면이 넓게 나오는 접선단면 판재의 경우 굽음, 뒤틀림 등의 변형 가능성이 높다. 또한 유물이 치수안정화가 어려운 참나무과의 수종이거나 분해의 정도가 약한 경우에 보존처리에 큰 어려움이 있음이 지적되고 있다.

따라서 본 연구에서는 시험편 선정에 있어서 비교적 분해의 정도가 약한 참나무과의 수종인 졸참나무를 선택하여 접선단면 판재를 제작하였으며 락티톨, PEG 4000 및 슈크로오스에 각각 동일한 조건으로 함침처리하여 그에 따른 치수안정화 효과를 비교 검토하였다.

각각의 처리약제는 10%에서 시작하여 20%씩 농도를 상승시켜서 30%, 50%, 70%의 농도단계에서 3일간씩 총 12일간과 7일간씩 28일간 함침처리하였다.

그 결과 슈크로오스 처리한 시험편에서 약제의 침투정도를 나타내는 중량증가율이 가장 높았다. 또한, 처리결과 치수안정화 효과를 나타내는 지표인 횡단면수축율(β_c)을 산출하였을 때 3일 처리가 약 7%, 7일 처리가 약 4%로 가장 좋은 효과를 나타내었다. 이와달리 PEG 4000을 처리한 시험편은 중량증가를 나타내지 않았고 횡단면수축율(β_c)이 24.7%로 심한 수축을 나타내었다.

이상의 결과에서 유물의 상태조사시 분해가 약하고 약제의 침투가 어려운 것으로 판정되는 경우에는, 기존의 PEG 4000 처리보다는 분자량이 낮은 슈크로오스 등의 보존처리제 사용 시도를 가능케 함에 그 의의를 둘 수 있다.

5. 참고문헌

- 정우양, "목재건조학", 선진문화사, 서울, 1991.
- 박상진, 이원형, 이화영, "목재조직 및 식별", 향문사, 서울, 1987.
- 박상진, 이종운, 조남석, 조병목, "목재과학실험서", 광일문화사, 서울, 1993.
- 전학제 외, "최신이화학대사전", 법경출판사, 서울, 1990.
- 이성우, "성문이화학사전", 성문각, 서울, 1983.
- 강애경, "Sucrose에 의한 수침출토목재의 보존처리", 경북대학교 농학박사학위논문, 1996.
- "칠곡택지(2)지구 문화유적기초조사보고서", 경북대학교 박물관, 1993.
- 김익주, "해양에서 열화된 완도선 수침고목재의 화학적/미시형태학적변화", *보존과학연구*, **11**, 157-169 (1990).
- 김용한, "침물신체의 보존", *보존과학연구*, **5**, 152-165 (1984).
- 최광남, "신안침물신체의 구조적 특징과 과학적인 보존처리", *보존과학연구*, **5**, 140-145 (1984).
- 김익주, "진도통나무배의 재질 특성과 보존처리, 진도 벽파리 통나무배 발굴조사 보고서", 목포해양유물보존처리소, 1993: pp 121-131.
- 강애경, 박상진, "수침출토목재의 PEG 4000과 Sucrose 처리에 따른 변화", *보존과학회지*, **5(2)**, 3-14 (1996).
- 도춘호, "화학적 방법에 의한 고고학적 및 문화적 가치가 있는 목조물의 보존", *보존과학회지*, **6(2)**, 150-152 (1997).
- G. H. Gross, "Experiments with sugar in conserving waterlogged wood", 6th Triennial Meeting of the International Council of Museums Conservation Committee, 1987: pp 81-89.
- D. W. Gattan, "Conservation of Waterlogged wood - The use of sugar", in *Conservation of marine archaeological objects*, Butterworths, London, 1987: pp 167-169.
- S. IMAZU, "당알콜을 이용한 수침출토목제품의 보존(1), 당함침법과 PEG 함침법의 비교연구", *Archaeology and National Science*, **28**, 77-95 (1993).