

폴리에틸렌글리콜(PEG) 처리에 의한 일본잎갈나무의 치수안정화¹

정재열² · 한규성²

Dimensional Stabilization of Japanese Larch by Poly(ethylene glycol) Treatment¹

Jai-Yeoul Jeong² · Gyu-Seong Han²

요 약

본 연구는 목재에 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 주입하였을 때 얻어지는 치수안정화 효과를 구명하고자 수행하였다. 실험에 사용된 수종은 일본잎갈나무(낙엽송, *Larix kaempferi*)이었고, 분자량이 각각 1000, 1500, 4000, 6000인 PEG를 각각 30%, 40%, 50% 수용액으로 하여 함침 처리에 사용하였다. 치수안정성은 항팽윤율을 측정하여 평가하였다. PEG 주입에 따른 중량증가율은 PEG 처리 농도 40%가 가장 높은 값을 보였고, PEG 분자량 1500 처리가 가장 높은 값을 나타냈다. 또한, 평균 분자량 1500이상이 되면, 분자량이 커질수록 중량증가율은 감소하는 경향을 보였다. PEG 처리재의 항팽윤율(ASE)은 PEG #1000 또는 PEG #1500 처리시 접선, 방사방향 모두 가장 높은 값을 나타냈으며, PEG 분자량이 증가하면, ASE 값이 감소하는 경향을 보였다.

ABSTRACT

Japanese Larch(*Larix kaempferi*) was treated with aqueous solutions(30%, 40%, 50%) of polyethylene glycols(PEG, #1000, #1500, #4000, #6000) for the dimensional stabilization. The antishrinkage efficiency(ASE) was measured for the evaluation of the dimensional stabilization. The weight percent gains(WPGs) of the woods treated with 40% solutions were higher than those of the others, and the highest WPG was achieved by treatment with 40% solution of PEG #1500. The ASE decreased with increasing molecular weight of PEG. ASE of woods treated with PEG #1000 and PEG #1500 were higher than those of the others.

Keywords : poly(ethylene glycol), dimensional stability, ASE, WPG

1. 접수 2001년 11월 30일 Received on November 30, 2001.

2. 충북대학교 산림과학부 School of Forest Resources, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

1. 서론

목재는 수분에 의해 치수가 변동하는데, 이러한 목재의 치수안정성을 높이기 위한 노력은 오랜 역사를 가지고 있다. 그 중에서도 폴리에틸렌글리콜(PEG)을 이용한 목재의 치수안정화는 1950년대 미국의 임산물 연구소의 Stamm(1959)이 southern pine 원판의 건조 할렬을 방지하기 위하여 30%-PEG(MW 1000)용액에 함침 처리하여 높은 ASE값을 얻었다고 보고한 이후로 계속되고 있다. 또한 Stamm 등(1960)은 목재의 내부후성과 치수안정성을 향상시키는 여러 가지 방법에 대하여 보고하였는데, PEG로 목재를 팽윤시키는 것은 좋은 내부후성과 치수안정성을 보인다고 하였다. Mitchell 등(1959, 1961)은 Stamm과 동일한 방법으로 호두나무재를 처리하여 총의 개머리판 및 지지 부분을 제조하여 수축팽윤성, 건조성, 할렬 등을 조사, 검토하였다. 堀岡 등(1968)은 가장 좋은 항수축률을 나타내는 PEG 분자량은 2,000정도라고 보고하였다.

富永 등(1971)은 PEG 함침량에 따른 목재의 접착성에 대한 연구에서 PEG 함침량이 많을수록 접착성은 저하된다고 보고하였다. 또한 佐道(1983)는 PEG분자량 따른 흡습성과 역학적 성질의 변화에 대한 연구에서, 저분자량의 PEG는 흡습성이 높고, 고분자량의 PEG는 흡습성이 낮다는 결과를 보고하였다. 그리고 石丸(1976, 1977, 1980, 1981, 1986)은 PEG를 목재에 처리함에 있어, 전팽윤제와 분자량 및 용매에 대한 의존성에 대해 보고하였는데, 목재의 팽윤 효과 및 항팽창율은 주입된 PEG의 양과 비례관계에 있음을 설명하였다.

국내에서는 임 등(1995)이 국내산 소나무와 삼나무를 이용한 목질재료의 치수안정화에 관한 연구에서 PEG와 PPG(polypolypropylene glycol)에 acryloyl chloride를 반응시켜 PEG-macromer와 PPG-macromer를 만들어 개시제로 benzoyl peroxide를 첨가하여 목재에 침투시킨 다음 중합시키고, 이를 냉수추출하여

치수와 무게 변화를 측정한 결과 PEG와 PEG-macromer는 분자량이 낮을수록 침투량이 많아 밀도 증가가 높고, 그에 비례하여 체적 팽창률도 높아지나 분자량 6000이상에서는 완만하다고 보고하였다. 전 등(1985)은 국내산 침, 활엽수 6수종에 대해 PEG 분자량 200~6000까지 실험한 결과에서, PEG 주입율은 분자량 400이 가장 높았으며, 비중이 낮을수록 PEG 주입율은 증가한다고 하였다. 또한 활엽수에 대한 PEG처리가 침엽수에 비해 효율적이며, 분자량 200~1500사이의 것을 적절하게 혼합하여 사용하는 것이 좋다고 하였다.

한편 국내의 주요 조림수종인 일본잎갈나무(낙엽송, *Larix kaempferi*)는 광변색이 매우 심한 수종으로 알려져 있다. 따라서 PEG 처리에 의한 치수안정화 효과와 광변색방지 효과에 대하여 연구하였는바, 본 논문에서는 치수안정화 효과에 대해서만 다루고자 한다. 분자량에 따른 항팽윤을 및 건조환경 하에서의 용탈량 등으로 치수안정효과를 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

본 연구에서는 공시재료로 충북 진천군에서 1998년 벌채된 수령 20년생 이하의 간벌재 중에서 각재로 제작된 일본잎갈나무(낙엽송, *Larix kaempferi*)를 사용하였다. 약제 처리에 의한 목재의 치수안정화를 측정하기 위해 30mm(T)×30mm(R)×5mm(L)의 시편을 제작하여 사용하였다.

2.2 PEG 처리

치수안정성을 부여하고 변색을 방지할 목적으로 평균분자량이 #1000, #1500, #4000, #6000인 PEG를 사용하였다.

추출물에 의한 영향을 없애기 위해서 목재시편을 2일간 냉수추출 한 후 전건하였으며, 처

리용의 PEG는 각 분자량 별로 30%, 40%, 50%(w/w)의 수용액을 제조하여 상온에서 1주일간 함침 처리하였다. 함침 처리가 끝난 시편을 60℃에서 2일간, 105℃에서 1일 동안 건조시켜 중량증가율(weight percent gain, WPG)을 측정하였다.

2.3 치수안정성 평가

다른 분자량 및 농도를 가진 PEG로 처리한 시편을 일주일간 상대습도 95%이상의 상태로 방치한 후 중량 및 접선방향, 방사방향 치수를 측정하였고, ASE (antishwelling efficiency)를 계산하였다. 측정이 끝난 시편을 전건시킨 후 95%이상의 상대습도 처리를 다시 행하였다. 이와 같은 주기로 반복 처리하여 치수안정성을 평가하였다. 비교를 위해 무처리재를 같은 주기로 반복 처리하여 치수 및 중량 변화를 구하였다. ASE는 다음 식에 따라서 구하였다.

$$ASE(\%) = \frac{S_C - S_T}{S_C} \times 100$$

SC : 무처리재의 팽윤율(%)

ST : 처리재의 팽윤율(%)

2.4 용탈량 측정

농도 30%인 PEG #1000, #1500, #4000, #6000 수용액으로 처리한 시편을 하루동안 증류수에 함침한 후 중량을 측정하였고 이 시편을 다시 전건시켜 중량을 측정하였다. 같은 주기로 반복 처리하여 중량 변화율을 계산하였다. 이때의 중량변화율을 통해서 용탈량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 중량증가율

그림 1은 PEG의 평균 분자량과 처리 농도에

따른 중량증가율을 나타낸 것으로, 처리 농도에 있어서는 40%가 가장 높은 중량 증가율을 보였다. 한편, 분자량이 증가함에 따라 약간 감소하는 경향이긴 하나 본 연구에 사용된 범위 내에서는 큰 차이를 나타내지 않았다. 처리별로는 분자량 1500의 40% 농도 처리가 가장 높은 중량증가율을 나타냈다.

처리 농도가 증가하면 건조 후 세포내에 남은 PEG의 양이 늘어나지만, 농도가 너무 높아지면 점도도 따라서 상승하여 상온상압하에서의 함침에 의해서는 세포내강에 충분히 들어가지 않는 것으로 여겨진다. 또한 분자량이 증가하면 점도가 증가하므로 중량증가율은 감소하는 것으로 생각된다.

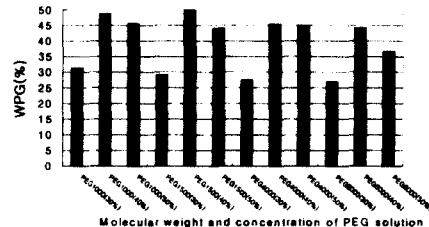


Fig. 1. WPG of PEG-treated wood for dimensional stabilization.

3.2 접선방향의 항팽윤율(ASE)

그림 2는 PEG 처리재의 접선방향의 항팽윤율을 나타낸 것이다. PEG 분자량과 농도 측면에서 볼 때, PEG #1500의 40% 처리와 PEG #1000의 40% 처리가 가장 높은 ASE 값을 나타내어 70% 이상의 높은 ASE 값이었다. 또한 같은 분자량에서는 40% 처리가 높은 ASE 값을 나타냈다.

그림 1에서의 분자량과 농도에 따른 중량증가율의 경향과 같이, 분자량이 증가할수록 중량증가율이 감소하는 경향과 일치하는 것을 보였다. 분자량이 4000 이상이 되면 ASE 값은 중량증가율의 감소보다 더 큰 감소 경향을 나타냈다. 즉, 같은 정도의 중량증가율을 나타내더라도, 분자량이 높은 것이 더 낮은 ASE를

나타냈다. 이는 분자량이 1000 정도의 저분자량의 PEG는 세포내강은 물론 세포벽까지 들어 가는데 비하여, 고분자량의 PEG는 대부분이 세포내강에만 국한되어 들어가기 때문인 것으로 생각한다. 이른바 팽윤효과에 의한 치수안정에 기여하는 PEG의 분포가 원인인 것으로 생각된다.

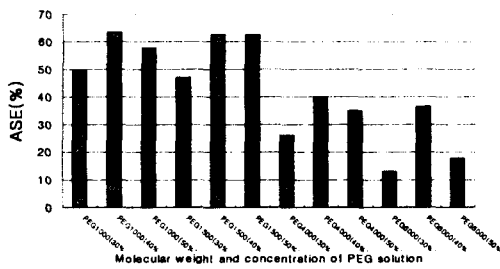


Fig. 2. ASE of PEG-treated woods on tangential direction.

3.3 방사방향 팽윤율(ASE)

그림 3은 PEG 처리제의 방사방향의 팽윤율을 나타낸 것이다. PEG 분자량과 농도 측면에서 볼 때, PEG #1000의 40% 처리가 가장 좋은 ASE값을 나타내었고 같은 분자량의 경우에는 40% 농도처리가 높은 ASE 값을 나타내었다. 여기에서도 분자량이 증가할수록 ASE 값이 감소하는 경향을 나타내었다. 이것은 분자량이 증가할수록 증량증가율이 감소하는 경향과 일치하는 것을 보였다. 이는 접선방향 팽윤율에서 보이는 것과 같은 이유로 생각된다.

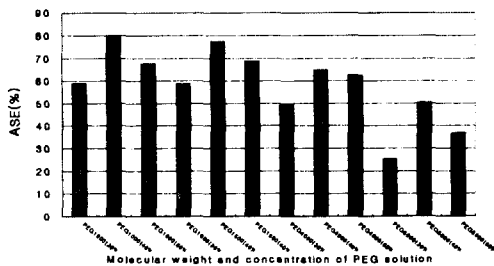


Fig. 3. ASE of PEG-treated woods on radial direction.

3.4 건조 반복에 따른 증량변화율

그림 4는 치수안정화 시편을 25℃, 상대습도 95% 이상에서 일주일간 흡습시킨 후, 105℃에서 1일간 건조하는 건조 반복 처리에서 의해 발생하는 증량변화율을 나타낸 것이다. 그 결과 환경의 변화에 따라 흡습과 탈습을 정확하게 반복하였다. 증량변화를 보면 무처리제에 비해 PEG 처리제의 흡습량이 많은 것을 알 수 있었는데, 이는 PEG 자체의 흡습성에 기인한 것으로 생각된다. 즉, 분자량이 높으면 흡습률이 작게 나타났는데, 이는 고분자량 PEG는 분자말단에 있는 수산기가 저분자량 PEG에 비해 적기 때문에 흡습성이 작아지기 때문이다.

한편, 본 연구에서 사용한 PEG의 분자량 영역에서는 건조 반복에 따른 PEG의 용탈은 거의 발생하지 않았으며, 또한 치수안정성도 변함이 없었다.

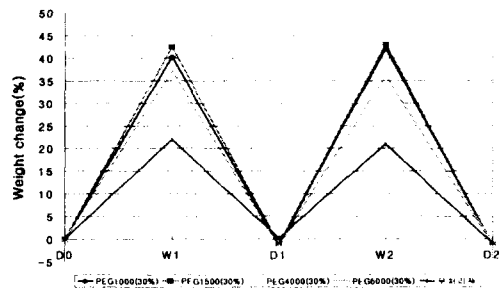


Fig. 4. Weight change of PEG-treated woods by cyclic absorption-drying treatments.

Note : D0, D1, D2 means drying treatment. W1, W2 means absorption treatment.

3.5 수침지에 의한 PEG의 용탈

그림 5는 치수안정화 시편을 25℃의 물에서 1일간 침지하여 흡수시킨 후 105℃에서 1일간 건조하는 침지-건조의 반복에 따른 증량변화율을 나타낸 것이다. 첫 번째 증류수 침지 처리 후 건조 시에는 PEG의 용탈이 발생하지는 않았다. 그러나 두 번째 증류수 침지 후 건조시

PEG 용탈에 의해 중량이 감소하는 것을 알 수 있었는데, 이 때 거의 대부분의 PEG가 용탈됨을 알 수 있다. 세 번째의 침지-건조 처리시의 중량변화율을 보면, 2차 침지에서 대부분의 PEG가 용탈되고 그에 따라 수분 흡수량이 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

한편, 분자량에 따른 중량 변화율의 차이는 거의 없다고 할 수 있었다. 즉, 본 연구에 적용한 분자량 6000 까지의 PEG는 침지에 의한 흡수처리에 의해 쉽게 용탈됨을 알 수 있었다.

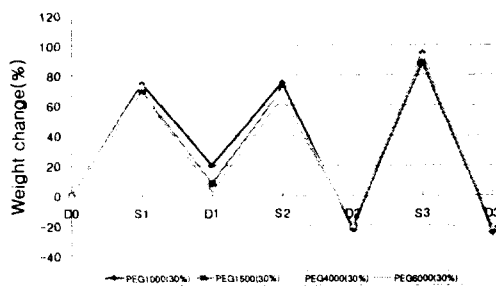


Fig. 5. Weight change of PEG-treated woods by cyclic soaking-drying treatments.

Note : D0, D1, D2, D3 means drying treatment.
S1, S2, S3 means soaking treatment.

참고문헌

- Mitchell H. L. and H. E. Wahlgren., 1959. Shrink and swell of walnut gunstocks. Forest Products Journal 9: 437~441.
- Mitchell H. L. and E. S. Iversen., 1961. Seasoning green-wood. Forest Products Journal 11: 6~7.
- Stamm A. J., 1959. Effect of polyethylene glycol on the dimensional stability of wood. Forest Products Journal 9(10): 375~381.
- Stamm, A. J. and Baechler, R. H., 1960. Decay resistance and dimensional stability of five modified woods. Forest Products

Journal 10(1): 22~26.

- 堀岡邦典, 富永洋司, 清川伸夫. 1968. 木材のPEGによる寸法安定化の分子量依存性, 日本木材學會 第20回大會要旨.
- 富永洋司, 池田淳一郎, 松田邦康. 1971. PEGとPPG 處理木材の機械的性質について. 木材工業 26(2): 22~25.
- 石丸 優, 井上惠美子, 佐道 健, 中戸莞二. 1986. ポリエチレングリコール吸着木材の寸法安定性(第1報)-分子量の影響. 木材學會誌 32(11): 888~895.
- 石丸 優. 1976. 膨潤木材へのポリエチレングリコールの吸着(第1報)-分子量依存性. 木材學會誌 22(1): 22~28.
- 石丸 優, 高橋靖司. 1977. 膨潤木材へのポリエチレングリコールの吸着(第2報)-分子量選擇性. 木材學會誌 23(9): 451~458.
- 石丸 優. 1980. 膨潤木材へのポリエチレングリコールの吸着(第3報)-膨潤度依存性. 木材學會誌 26(3): 178~184.
- 石丸 優. 1981. 膨潤木材へのポリエチレングリコールの吸着(第4報)-溶媒効果. 木材學會誌 27(3): 163~169.
- 佐道 健. 1983. ポリエチレングリコール(PEG)と木材, 木材工業 38(5): 7~13.
- 임기표, 조종수, 김익선, 나은선. 1995. 치수안정화를 위한 목질재료의 고분자하이브리드화에 관한 연구. 목재공학회지 23(4): 1~9.
- 전철, 오정수. 1985. Polyethylene Glycol의 분자량이 木材의 치수안정화에 미치는影響. 韓國林學會 71: 14~21.