

煮沸處理에 의한 소나무 曲木製造*¹

蘇 元 澤*²

Solid Wood-Bending of Red Pine Lumber by Boiling Treatment *¹

Won - Tek So*²

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the solid wood bending properties of red pine(*Pinus densiflora* S. et Z.) naturally grown in Korea by boiling treatment. The specimens were green and their dimension was 15×15×350mm.

The optimum conditions for solid wood bending processing of pine lumber are shown in Table 6 and the minimum solid-bending radius was 240 mm in boiling treatment.

The effects of knot on the degradation of bending processing properties were very severe and the failures of diagonal and torn grained wood were 20% and 30%, respectively.

1. 緒 論

지금까지 목재는 주로 直線的이고 平面的인 측면에서 이용되어왔으며 曲線的이고 立體的인 이용은 극히 제한되어왔다고 생각된다. 따라서 木製品의 부득이한 곡선적인 부분은 절삭기계를 사용하여 曲形을 만들고 이것을 접착에 의해 이어 붙이는 방법을 사용해오고 있으나 이러한 방법은 접착부위에서 목재무늬의 연결이 중단되므로 美的價値를 저하시키고 절삭에 의한 재료손실을 초래하며 특히 部材의 강도를 현저히 떨어뜨리는 단점을 가지고 있다.

이에 반해 素材曲木의 이용은 목재조직이 연

속되어 강도손실이 없고 절삭방법에 의해서는 할 수 없는 다양한 형태의 곡형을 만들 수 있는 이점을 지니고 있다. 다만 素材曲木製造는 기존의 보유하고 있는 절삭기계만을 가지고는 곤란하며 별도의 곡목제조설비를 위한 시설투자를 해야하는 문제점이 있으나 장치 및 기술이 단순하고 저가의 비용으로 시설이 가능하다고 생각된다. 더우기 수입원목의 품질을 높이고 고급제품을 개발하는 데 主力하고 있는 현 시점에서 素材曲木의 활용은 상당한 가치가 있음을 지적하고 싶다.

본실험에서는 國產天然樹種으로서 가장 많이 사용되고 쉽게 구할 수 있는 소나무를 대상으

*1. 接受 1991年 6月 7日 Received June 7, 1991.

*2. 全南大學校 農科大學 College of Agriculture, Chonnam National University, Kwangu 505-757, Korea.

로 煮沸法에 의한 소재 휨 가공성을 구명하였다.

2. 材料 및 方法

2.1 供試材料 및 裝置

본 실험에서 사용한 供試木은 전남 곡성산 소나무(*Pinus densiflora* S. et. Z.)를 공시수종으로 하여 수간이 통직하고 생장이 양호한 원목을 선정하였으며, 공시목을 2cm두께로 板目製材한 후 다시 2cm각재로 재제재한 다음 1개월간 상온침지하여 충분한 상재상태가 되도록 흡수시킨 후 두께 15mm각재로 대패가공하여 曲木試片으로 사용하였다.

軟化處理用 煮沸槽는 가로 400mm, 세로 450mm, 높이 500mm의 스텐레스강철제로서 전기히터로 가열시켜 사용하였고 연화처리된 시편을 여러가지 曲率半徑으로 휘 수 있도록 간단한 手加工裝置¹⁰⁾를 제작하여 曲木을 제조하였으며 사용된 供試木의 形質은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of sample trees.

| Species | Age (yr.) | Number (pcs) | Dia.* (cm) | Sapwood (%) | Eccen- tricity(%) |
|-------------------------|--------------|-----------------|---------------|----------------|----------------------|
| <i>Pinus densiflora</i> | 59 | 4 | 39 | 80 | 7.6 |
| | 54-65 | | 35-42 | 76-83 | 5.4-10.3 |

Note : *Diameter on the top end.

2.2 試驗方式

2.2.1 木材의 物理的 性質調查

공시수종의 기본적인 물리적 성질을 조사하기 위하여 평균연륜폭, 생재함수율, 비중 및 수축률 등을 KS규격에 따라 측정하였다.

2.2.2 試片의 軟化處理

시편의 연화는 煮沸處理槽內에 30ℓ의 물을 넣어 격렬하게 끓을 때까지 가열한 후 板目木理의 변제시편을 침지하여 100℃에서 30분간 연화처리하였다.

2.2.3 曲率半徑의 測定

시편을 연화처리한 다음 휨가공장치를 사용하여 각 곡률반경으로 휨가공을 실시하였다. 예비시험에서 얻어진 基準曲率半徑 300mm에서 1차 휨가공을 행한 후 이 곡률반경에서 손상이 생기면 順次的으로 보다 큰 곡률반경으로 휨가공하고 손상이 생기지 않으면 보다 작은 반경으로 휨가공을 진행하였다. 그 결과 가장 적합하다고 판단되는 곡률반경 및 그 전후의 곡률반경에 대하여 5회 휨가공을 실시하고 얻어진 결과를 분석하여 휨가능한 最小曲率半徑을 구하였다.

2.2.4 휨가공성의 評價

시편의 휨가공성 평가는 가공후의 표면상태를 관찰해서 日本 林業試驗場(1977)¹¹⁾의 평가기준을 보완한 A급(압축축, 인장축 모두 전혀 손상이 없는 것), B급(압축축에 약간의 압축주름이 보이지만 연삭에 의하여 제거될 수 있는 것), C급(일단 휘 수는 있으나 압축파괴가 심한 것) 및 D급(질손 또는 인장파괴가 심한 것)의 4단계로 구분하고 각 곡률반경에 대해서 5본의 시편을 사용하여 A, B급이 3개 이상일 때 휨가공가능으로 판정하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 木材의 物理的 性質

공시목으로 사용된 소나무의 물리적 성질을 구명하고자 평균연륜폭, 생재함수율, 비중, 수축률 등을 측정하였으며 그 결과를 종합한 평균치는 Table 2와 같다.

3.2 木材의 素材휨加工性

3.2.1 邊, 心材

소나무의 煮沸處理時 變·심재가 목재의 휨가공성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 3과 같다.

소나무의 煮沸處理時 變재는 곡률반경 280mm에서 휨가공이 완전한 A급이 2개, 약간

Table 2. Physical properties of red pine wood.

| Width of annual ring(mm) | Specimen | M.C. in green (%) | Sp.Gr. at 12% | Shrinkage(%)* | | |
|--------------------------|-----------|-------------------|---------------|---------------|-------|--------|
| | | | | Rad. | Tan. | Lon. |
| 3.32 | Sapwood | 109±18 | 0.498±0.112 | 4.12 | 7.80 | 0.265 |
| ±0.85 | Heartwood | 104±15 | 0.523±0.110 | ±1.32 | ±2.23 | ±0.085 |

Note : *Shrinkage from water saturated to oven dry.

- Rad. : radial direction
- Tan. : tangential direction
- Lon. : longitudinal direction

Table 3. Effect of sapwood and heartwood on solid wood bending of red pine lumber by boiling treatment.

| Specimen | R.O.C. tested (mm) | No. of specimens graded in bending | | | | Bending possibility | Minimum R.O.C. (mm) |
|-----------|--------------------|------------------------------------|---|---|---|---------------------|---------------------|
| | | A | B | C | D | | |
| Sapwood | 280 | 2 | 2 | 1 | | PS | 260 |
| | 260 | 1 | 2 | 2 | | PS | |
| | 240 | | 2 | 3 | | IS | |
| Heartwood | 280 | 4 | 1 | | | PS | 260 |
| | 260 | 2 | 2 | 1 | | PS | |
| | 240 | 1 | 1 | 3 | | IS | |

Note : R.O.C. : Radius of curvature

- A : without bending failure
- B : with minor compressive failure-negligible for practical use-in the concave side
- C : with remarkable compressive failure
- D : with breakage or tension failure
- PS : possible, IS : impossible

의 결점이 있으나 曲木으로 사용가능한 B급이 2개, 압축파괴가 심한 C급이 1개로 휨가공이 가능하였으며 곡률반경 260mm에서는 A급 1개, B급 2개, C급 2개로서 곡목제조가능한 A, B급이 60%이상이므로 역시 휨가공가능으로 판정되었다. 曲率半徑 240mm에서는 B급 2개, C급 3개로서 A, B급이 40%에 해당되어 휨가공불능으로 조사되어 이때의 최소곡률반경은 260mm로 결정되었다. 마찬가지로 심재도 곡률반경 280mm, 260mm에서는 휨가공이 가능하였으나 240mm이하에서는 휨가공 불능으로 판정되어 최소곡률반경은 변재와 동일한 260mm로 결정되므로써 변재와 심재의 휨가공

성은 차이가 없는 것으로 판명되었다.

蘇(1985)⁹⁾의 연구에서 蒸焠휨가공시는 소나무의 변·심재간 차이가 없으나 煮沸휨가공시는 변·심재의 최소곡률반경이 각각 260mm, 280mm로서 변재의 휨가공성이 심재보다 다소 양호하였다고 발표한 바 있으나 그 차이가 20mm에 불과하여 有意性을 인정할 정도는 아니며 다만 Stevens와 Turner(1970)⁷⁾가 제안한 曲木用材로서 偏心生長材나 髓心부근의 목재는 피하는 것이 안전하다는 내용은 유의할만하다.

3.2.2 年輪角度

휨가공면에 대한 연륜의 각도를 0°(板木材),

45°(追柁木材) 및 90°(柁木材)의 3가지로 구분하여 소나무의 변재에 대한 휨가공성에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 4와 같다.

소나무는 煮沸휨가공시 年輪角度 0°와 45°의 최소곡률반경은 동일한 260mm를 나타냈으며 年輪角度 90°에서 최소곡률반경은 240mm로서 정목재의 휨가공성이 가장 양호한 반면에 판목재와 추정목재의 휨가공성은 차이가 없는 것으로 나타났다.

蘇(1989)¹⁰⁾의 증자에 의한 소나무휨가공에서도 정목재의 휨가공성이 가장 양호하였으며 이때의 최소곡률반경은 280mm였고 추정목재의 最小曲率半徑은 320mm로서 판목재의 300mm보다 불량하였다. 따라서 재질이 均一한 정목재의 휨가공성은 煮沸 또는 蒸蒸處理等 연화방법에 관계없이 동일한 수준의 휨가공성을 보였으며 3개 年輪角度 모두 蒸蒸보다 煮沸處理에서 다소 양호한 휨가공성을 얻을 수 있었다.

목재에 열을 제공하여 가소성을 증대시키는 작용은 자비와 증자 모두 마찬가지이나 특히 자비의 경우에는 연화처리중 목재내부로의 흡수에 의한 가소화가 병행되기 때문에 목재의 柔軟性を 더욱 높여주는 효과가 기대되므로 본 실험에서와 같은 완만한 곡률로 휨가공할 경우

에는 증자보다 양호한 휨가공성이 얻어진다고 생각된다.

3. 2. 3 軟化處理溫度

연화처리온도는 30℃에서 100℃까지 5단계로 구분해서 연화처리를 실시하고 그 때의 휨가공상태를 관찰한 결과는 Fig.1과 같다.

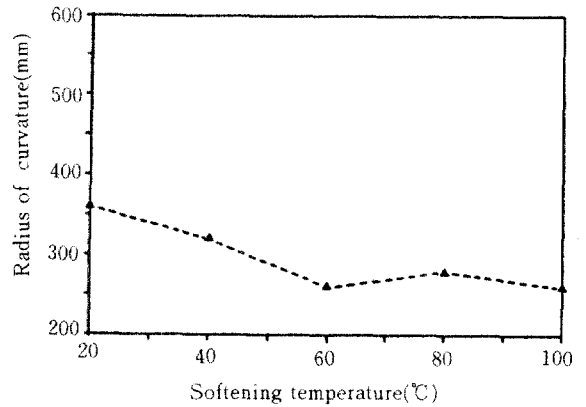


Fig.1. Relation between softening temperature and minimum radius of curvature.

소나무의 자비휨가공시 연화처리온도 20℃일 때의 最小曲率半徑 360mm에서 60℃일 때는 260mm까지 감소하여 수온이 증가할수록 곡률반경이 현저하게 감소하는 경향을 보였다. 蘇(1985)⁹⁾의 연구에서 활엽수인 상수리나무는

Table 4. Effect of annual ring placement to bent plane on solid wood bending of red pine lumber by boiling treatment.

| Annual ring placement (°) | R.O.C. tested (mm) | No. of specimens graded in bending | | | | Bending possibility | Minimum R.O.C. (mm) |
|---------------------------|--------------------|------------------------------------|---|---|---|---------------------|---------------------|
| | | A | B | C | D | | |
| 0 | 280 | 2 | 2 | 1 | | PS | 260 |
| | 260 | 1 | 2 | 2 | | | |
| | 240 | | 2 | 3 | | | |
| 45 | 260 | 2 | 2 | 1 | | PS | 260 |
| | 240 | 1 | 1 | 3 | | | |
| | 220 | | 1 | 4 | | | |
| 90 | 240 | 1 | 2 | 2 | | PS | 240 |
| | 220 | 1 | 1 | 3 | | | |
| | 200 | 1 | 1 | 3 | | | |

Note : see the note of Table 3.

연화온도 40℃의 300mm에서 90℃의 80mm까지 최소곡률반경이 감소하고 침엽수인 소나무는 40℃의 400mm에서 80℃의 260mm까지 감소하였다고 보고하였는데 본 실험의 소나무에서도 상수리나무만큼은 못하지만 연화처리 온도의 증가가 휨가공성향상에 미치는 영향이 뚜렷하게 나타났다.

다만 연화온도 60℃에서 이미 곡률반경의 최소치에 도달하여 80℃ 이상 고온의 연화처리에 도 더 이상의 軟化效果를 나타내지 않는 것으로 볼 때 곡률이 완만한 소나무의 휨가공시에는 60℃의 온도로도 연화효과가 충분하다고 판단된다. 이때 낮은 온도에서는 휨가공에 많은 힘이 소요된 반면에 높은 온도로 증가할수록 hand bending에 요하는 힘이 상당히 약화됨을 감지할 수 있었다.

Nakamura(1951)²¹가 煮沸處理時 水温은 80℃ 이상이 적당하고 40℃ 이하에서는 연화처리효과가 거의 없었다고 발표한 바 있으며 수온을 100℃로 유지하는 데는 특별한 온도조절장치가 없어도 단순한 가열만으로 쉽게 가능하므로 지금까지 100℃ 煮沸를 慣行으로 사용해 왔다. 그러나 Nakamura(1951)²¹, 蘇(1985)²² 및 본 실험에서 立證된 바와 같이 수중에 따라서는 100℃ 이하에서도 충분한 연화효과를 기대할 수 있으므로 필요한 곡률로 휨가능한 慣行的인 100℃ 연화를 止揚하고 연화처리온도를 낮추는 것이 高温露出에 의한 목재의 강도적 성질의 劣化와 에너지손실을 줄일 수 있어서 바람직하다고 생각한다.

3.2.4 軟化處理時間

소나무의 煮沸에 의한 연화처리시간이 휨가공성에 미치는 영향을 구명하고자 연화하지 않은 無處理에서 120분까지 5개 번이를 주어 휨가공을 실시해서 얻어진 결과를 Fig. 2에 표시하였다.

소나무의 煮沸휨加工時 무처리재의 휨가능한 최소곡률반경이 360mm이었으나 증자시간 15분만에 최소치 260mm에 이르게 되어 연화처

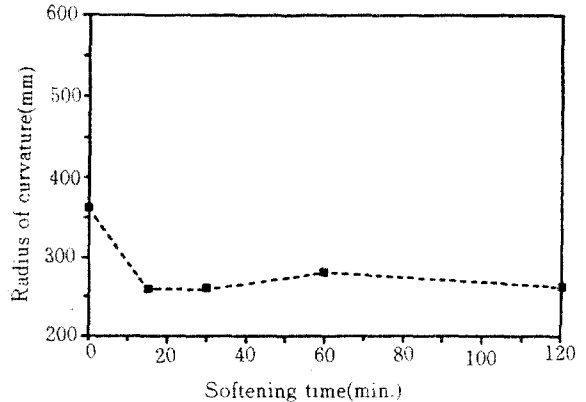


Fig. 2. Relation between softening time and minimum radius of curvature.

리의 영향이 매우 크게 작용함을 알 수 있었으며 30분 이상 연장연화해도 연화효과와 附加의 인 증대는 얻을 수 없었고 또한 장시간 연화해도 過度軟化現象은 보이지 않았다.

蘇(1989)¹⁰는 소나무 증자휨가공시 무처리재의 최소곡률반경은 600mm였고 증자 15분만에 최소치 280mm에 도달하였다고 발표하였는데 일반적으로 蒸煮보다 煮沸에 의한 곡재의 열전달이 빠르므로 자비처리재의 연화시간이 보다 단축되지만 활엽수인 상수리나무의 15mm 각재가 실온에서 100℃까지 도달하는 시간은 9.6-11.2분이고 침엽수인 소나무는 이보다 빠른 7.6-8.1분으로서 본 실험의 연화시간 15분은 소나무곡재가 목표온도인 100℃에 도달할 수 있는 충분한 시간이므로 연화방법에 관계없이 연화시간 15분에서 이미 최대의 可塑化를 나타낸 것이며 Saito등(1951)¹⁴이 너도밤나무 10×10mm재를 1시간 이상 煮沸했을 때 과도한 연화가 나타났다고 하였으나 소나무와 같이 300mm내외의 완만한 곡률반경에서는 연화과도현상이 일어나기 어렵다고 思料된다.

본 실험에서 발생된 휨가공손상은 주로 壓縮破壞이고 引張破壞를 보이는 D급 손상은 거의 나타나지 않았는데 이는 Jorgensen(1968)¹¹의 주장과 같이 시편의 양횡단면에 휨가공장치내 부착되어 있는 양끝나사에 의한 압력이 가해져서 인장축의 伸張을 충분히 억제해준 결과라고

추정된다.

3.2.5 木材缺陷

임목생육과정에서 자연적으로 발생된 옹이와 절삭과정에서 유발되는 斜走木理 및 逆目과 임 등이 휨가공에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 5와 같다.

휨가공시 압축에 저항하므로 파괴되기 쉬우며 작은 枝條, 割裂 및 burls와 같은 미소한 결함은 목재의 외면에 위치하거나 완만한 곡률의 內面に 있을 때는 허용될 수 있지만 심한 곡률의 내면에 있을 때는 應力集中을 일으켜서 압축파괴되기 쉽다고 주장하였는데 본 실험결과

Table 5. Effect of wood defects on solid wood bending of red pine lumber by boiling treatment.

| Type of defect | Side of defect | R.O.C. tested (mm) | No. of specimens(pcs) | | Rate of failure (%) |
|----------------|----------------|--------------------|-----------------------|--------|---------------------|
| | | | tested | failed | |
| Knot | Concave | 300 | 20 | 19 | 95 |
| Knot | Convex | 300 | 20 | 14 | 70 |
| D.grain | Concave | 300 | 20 | 4 | 20 |
| T.grain | Concave | 300 | 20 | 6 | 30 |

Note : D. grain(Diagonal grain)
T. grain(Torn grain)

소나무의 옹이에 의한 휨破損率은 20개 시편 중 70%이상으로 매우 심하며 특히 곡재의 압축측에 있을 때는 95%의 휨파손율을 나타내어 옹이재는 曲木製造에 거의 사용할 수 없음을 확인할 수 있었다. 일부 옹이재가 휨가공된 것도 대부분 옹이의 크기가 극히 작고 옹이의 위치 또한 곡재의 중앙부위를 벗어난 것이며 옹이의 직경이 10mm이상되는 것은 전혀 휨가공되지 않았다.

인장측 옹이의 영향이 작은 것은 引張帶鐵의 사용으로 인장측의 伸張이 제한된 반면에 壓縮側의 압축변형은 오히려 증대된 데서 비롯된 것이며 따라서 옹이를 완전히 除去하기 곤란하거나 이미 포함된 재료를 휨가공할 때는 옹이 부위가 引張側이 되도록 配置하므로써 옹이의 영향을 최대한 억제할 수 있고 재료의 손실도 줄일 수 있다고 생각된다.

그러나 옹이의 크기가 10mm이상 대형인 것은 옹이자체뿐 아니라 옹이주위에 있는 인접조직의 硬直性때문에 옹이의 위치에 상관없이 전혀 휨가공되지 않았다. Peck(1968)³¹⁾에 의하면 옹이는 주위에 歪曲된 목리를 수반하고 또한

와도 일치하고 있다.

재제절삭과정에서 발생하는 斜走木理에 의한 파손률은 20%로서 비교적 작은 편이나 불필요한 재료손실과 작업시간의 낭비를 방지하기 위하여 가능한 通直木理를 갖도록 채취과정에서 충분한 주의를 사전에 기울이는 것이 중요하며 특히 옹이주변의 불규칙한 목리가 확대되어 생긴 局部的인 사주목리는 조직의 경직성 때문에 전혀 휘어지지 않는 성질을 나타냈다.

이에 대하여 Peck(1968)³¹⁾은 사주목리는 통직목리보다 파손되는 경향이 심하므로 목리가 시편길이 15inch에 대하여 1inch이상 경사져서는 곤란하고 부분적인 사주목리도 그 부위가 휨가공에 약하기 때문에 극히 주의할 것을 제안하였다.

불량절삭과정에서 초래하는 역목파임재의 파손률은 30%로서 절삭결합이 휨가공에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있었으며 휨작업 중 역목파임의 정도가 外觀으로 보이는 것보다 훨씬 깊은 내부까지 할렬되어 있는 것을 관찰할 수 있었다.

蘇(1985)³²⁾는 휨가공전에 목재의 두께를 균

일하게하고 톱자국 및 기타 不均質 部分 (irregularities)을 제거함으로써 여러 가지 미소한 휨파손을 방지할 수 있으며 곡재보다 통직재의 포삭가공이 용이하기 때문에 지금까지 통상 휨가공전에 포삭을 행하고 있지만 이때 발생하는 절삭결함은 오히려 더 심한 휨손상을 招來할 위험이 있으므로 신중할 필요가 있고 따라서 절삭성이 매우 불량한 목재는 포삭을 하지않고 휨가공후 研削에 의한 표면마무리를 실시하는 것도 가능하며 특히 자비휨가공시는 생재를 휨가공한 후 건조시키는 과정에서 수축되어 재면이 불규칙해지기 때문에 효과적인 방법이라고 소개한 바 있다.

지금까지 휨가공에 대한 몇가지 關聯因子の 영향을 조사해서 얻어진 最適條件은 Table 6과 같이 종합되며 이들 조건을 적용하여 소나무의 자비휨가공을 실시한 결과는 Table 7과 같다.

適正條件으로 휨가공해 본 결과 소나무의 最小曲率半徑은 250mm로 최종조사되었으며 인장파괴는 발생하지 않고 압축파괴형태만 발생하였다. 한편 被曲木材의 두께(t)와 최소곡률반경(r)의 비(r/t)는 수종, 재질 및 연화방법등에 따라 달라지나 증자처리시의 대략적인 기준은 引張帶鐵을 사용할 경우 활엽수에서 r/t=10, 침엽수에서 r/t=15로 밝혀져 있는 데 본 실험의 煮沸 휨가공시 소나무 r/t=16으로서

침엽수 기준과 일치하였다.

Schuerch(1964)⁵⁾가 지적한 침엽수와 같이 低密度 수종은 高密度 수종보다 압축파괴가 쉽게 발생한다고 지적한 것처럼 소나무에서도 비교적 큰 곡률반경에서 쉽게 압축주름이 발생하여 휨작업이 진행됨에 따라 압축파괴로 발전되는 경향을 나타냈다. 이와같이 압축파괴가 심한 수종은 내면에 압축성이 우수한 수종의 라미나를 접착하여 휨작업을 용이하게한 후 마무리공정에서 절삭제거하는 방법이 Stevens와 Turner(1950)⁶⁾에 의하여 시도된 바 있는데 접착성이 좋은 耐熱接着劑를 사용한다면 침엽수종의 曲率限界를 감소시키는 데 도움이 되리라고 생각한다.

4. 結 論

本 實驗은 우리나라 天然自生樹種이며 임목축적량이 많은 소나무를 公試木으로 선정하여 曲木加工分野에서 널리 이용되고 있는 煮沸法에 의한 素材휨加工性을 조사하였다. 이때 사용된 휨가공시편의 일반크기는 두께와 폭 15mm, 길이 350mm로 제작하였으며 生材狀態를 유지하도록 浸漬處理를 하여 사용하였다.

본 실험에서 얻은 結果를 要約하면 다음과 같다.

Table 6. Optimum conditions tested for solid wood bending of red pine lumber by boiling treatment.

| Species | Specimen | Annual ring placement | Softening temp.(°C) | Softening time(min.) |
|-------------------------|----------|-----------------------|---------------------|----------------------|
| <i>Pinus densiflora</i> | Sapwood | Edge grain | 60 | 15 |

Table 7. Solid wood bending of red pine lumber by optimum conditions.

| Specis | R.O.C. tested (mm) | No.of specimens graded in bending | | | | Bending possibility | Minimum R.O.C. (mm) |
|-------------------------|--------------------|-----------------------------------|---|---|---|---------------------|---------------------|
| | | A | B | C | D | | |
| <i>Pinus densiflora</i> | 260 | 3 | 1 | 1 | | PS | 240 |
| | 240 | 1 | 2 | 2 | | PS | |
| | 220 | 1 | | 4 | | IS | |

Note:R.O.C.(Radius of curvature)

- (1) 邊材와 心材의 最小曲率半徑은 모두 260mm로서 翳 가공성의 差異가 없었다.
- (2) 板目材와 追柁木材의 最小곡률반경은 동일한 260mm를 나타냈고 柁木材는 240mm로서 가장 양호한 翳 가공성을 보였다.
- (3) 翳 가공을 위한 最低軟化溫度는 60°C였다.
- (4) 翳 가공을 위한 最少軟化處理時間은 15분이었다.
- (5) 용이재의 翳 破損率은 70%이상으로 매우 심하였고 斜走木理의 파손율은 20%, 逆目파임의 파손율은 30%를 나타냈다.
- (6) 본 실험에서 얻은 最適條件으로 翳 가공을 실시한 결과 소나무 15mm角材의 最小曲率半徑은 煮沸處理時 240mm로 최종 측정되었다.

參 考 文 獻

1. Jorgensen, R. N. 1968. Steam bending of hickory. Hickory Task Force Report. No.11:1-12.
2. Nakamura, G. 1951. The bending test on the wood(buna), treated by the water dipping and boiling. Jour. of the Japan. Forestry Res. Soc. 33(6):211-214.
3. Peck, E. C. 1968. Bending solid wood to form. Agr. Handbook 125. USDA Forest Ser.:1-37.
4. Saito, Y., Kitahara, K., and Ishii, K. 1951. Experimental study of the wood bending. Wood Industry. 6(1):12-17.
5. Schuerch, C. 1964. Principles and potential-wood plasticization. Forest Prod. J. 14(9):377-381.
6. Stevens, W. C. and Turner, N. 1950. A method of improving the steam bending properties of certain timbers. Wood (London)15:79-84.
7. Stevens, W. C. and Turner, N. 1970. Wood bending handbook. Forest Prod. Lab. 110pp.
8. Working group on utilization of tropical woods. 1977. Properties of some Papua New Guines woods relating with manufacturing process V. Bull. Gov. For. Exp. Sta. No. 295:175-220.
9. 蘇元澤. 1985. 煮沸, 蒸煮 및 藥劑處理가 상수리나무와 소나무의 翳加工성에 미치는 影響. 목재공학13(1):19-62.
10. 蘇元澤, 林奇杓. 1989. 國產主要針葉樹種의 複合集成材 開發 및 翳加工性 分析(I) -소나무, 리기다소나무 및 낙엽송의 蒸煮에 의한 素材 翳加工性. 목재공학17(3):8-19.