

은행나무 목재의 가공적 성질*1

김규혁 · 김재진 · 조재성*2

Processing Properties of Ginkgo Wood*1

Gyu-Hyeok Kim · Jae-Jin Kim · Jae-Sung Cho*2

ABSTRACT

Ginkgo trees have long been planted in Korea as roadside trees and ornamental trees, but the wood was seldom used except some utilization for small artifacts. Soaring prices of imported wood and future uncertainty about long-term supply of foreign woods have stimulated research on value-added utilization of less-utilized domestic wood resources such as Ginkgo wood. The processing properties of Ginkgo wood were investigated to determine its utilization potential in this study, and the results of treatability, drying characteristics, gluability, paintability, bending properties, chemical discoloration characteristics were presented.

Keywords: Ginkgo wood, treatability, drying characteristics, gluability, paintability, bending properties, chemical discoloration characteristics

*1 본 연구는 1995년도 농림수산기술개발사업(현장애로과제)의 연구비 지원에 의한 결과의 일부임.

*2 고려대학교 산림자원환경학과 Department of Forest Resources and Environmental Sciences, Korea University, Seoul 136-701, Korea

1. 서 론

은행나무(*Ginkgo biloba* L.)는 오래 전부터 가로수나 조경수 등의 관상용으로 많이 식재되어 이미 상당한 직경으로 성장하였으나 유용한 목재자원이어서 관심을 끌지 못한 채 사용이 거의 도외시 되어왔다. 이는 은행나무 자체가 목재를 생산할 목적으로 식재된 것이 아니기 때문에 축적량이 적을 뿐만 아니라 경제성이 있는 목재 생산이 가능한 중·대경목의 비율이 낮기 때문이라 사료된다. 그러나 최근에 국내 제약회사들이 주성분이 "gingkoflavonglycoside"인 은행나무 잎 추출물로부터 말초동맥 혈액순환 개선제를 대량 생산하면서 서부터 은행나무 잎이 고부가의 새로운 천연물 자원으로 각광을 받고 있어서, 앞으로 잎 채취를 목적으로 많은 양의 은행나무들이 식재되리라 예상할 수 있다. 잎의 수확을 위해 조립된 은행나무의 일부는 향후 대경목으로 성장하게 될 터인데, 은행나무의 종합적 이용 측면에서 볼 때 목재의 적정 용도개발이 필요하다고 본다.

은행나무의 해부학적 특성에 대한 연구논문은 몇 편(김, 1977; 박 등, 1981; Lee et al., 1988; Eom, 1991) 발표되었으나 은행나무 목재의 합리적인 가공 및 이용을 위한 목재의 제반 성질에 대한 연구는 국내외적으로 거의 전무한 실정이다. 따라서 현재 적정용도가 구명되지 않은 은행나무 목재를 향후 고부가가치로 이용하기 위해서는 은행나무의 기초재질과 가공성 구명에 대한 연구는 절실하다고 본다. 따라서 본 연구는 은행나무 목재의 적정용도 개발을 위한 기초자료인 은행나무 목재의 기초재질 및 제반 가공적 성질들을 종합적으로 조사하기 위하여 수행되었다. 기초재질에 대한 전보(김 등, 2000)에 이어 본보에서는 은행나무 목재의 가공적 성질인 약제주입성, 건조가공성, 접착가공성, 도장가공성, 휘가공성, 화학적 변색 특성에 대하여 보고한다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시원목

전라북도 완주군 지역에 고립목 상태로 산재하고 있던 은행나무 6본을 별채하여 본 연구의 공시목으로 사용하였는데, 그 성상은 Table 1과 같다.

Table 1. Characteristics of sample trees.

| Sample tree | DBH (cm) | Height (m) | Clear length (m) | Age (year) | Sex |
|-------------|----------|------------|------------------|------------|--------|
| 1 | 29.2 | 10.0 | 3.7 | 64 | Male |
| 2 | 30.5 | 12.6 | 2.0 | 28 | Male |
| 3 | 29.0 | 5.9 | 1.8 | 26 | Male |
| 4 | 27.7 | 7.3 | 2.7 | 20 | Female |
| 5 | 40.1 | 6.6 | 2.3 | 22 | Female |
| 6 | 24.2 | 8.1 | 2.4 | 21 | Male |

2.2 시험방법

약제주입성과 자연내후성 실험을 제외한 본 연구의 모든 시험은 산림청 임업연구원의 표준임업시험 실시요령(임업연구원, 1993)에 의거하여 실시하였다.

2.2.1 약제주입성

은행나무 목재의 제반 개질제 주입 용이도를 판정하기 위하여 수용성 개질제의 용제로 사용되는 물을 목재 내로 가압 주입하여 그 주입성을 판정하였다. 횡단면의 치수가 5×5cm이고 길이가 20cm인 처리용 시험편들을 변재부에서 채취하여 기건시킨 후 산업용 silicone sealant로 end-coating 하였다. 수종 자체가 심재율이 매우 낮은 관계로 시험편은 변재부에서만 채취하였으며, 일반적으로 모든 수종의 변재부는 처리가 용이하다고 알려져 있으나 전보(김 등, 2000)에 보고한 기초재질 시험 결과, 은행나무 목재의 물 흡수량이 타 수종들에 비하여 상당히 낮았기 때문에 변재부를 대상으로 주입성을 판정하였다. 처리는 pilot 규모의 소형 가압처리 시설을 이용하여 충세포법으로 실시

하였는데, 760mmHg의 진공하에서 30분간 전배기를 실시한 후 물을 주약관 내로 유입시키고 10.5kg/cm²의 압력 하에서 refusal point에 도달할 때까지 가압을 실시하였다.

2.2.2 자연내후성

자연내후성 시험은 ASTM D 2017 표준규격 (ASTM, 1996)에 준한 soil-block 시험법에 의거하여 실시하였다. 한 변의 길이가 19mm인 입방체 시험편들을 변재부와 심재부에서 별도로 채취하여 103±2℃에서 항량에 도달할 때까지 전건시킨 후 각각의 중량을 측정하였다. 그 후 121℃의 autoclave에서 30분간 시험편들을 멸균한 후 갈색부후균인 *Tyromyces palustris*와 백색부후균인 *Trametes versicolor*를 접종하여 28±1℃의 항온습기 내에서 강제부후시켰다. 12주간의 부후기간이 종료된 후 시험편 표면에 붙어있던 균사체를 제거하고 다시 시험편의 전건중량을 재측정하였다. 변재부와 심재부/갈색부후균과 백색부후균의 조합별로 시험편의 평균 중량감소율에 의해 은행나무 목재의 자연내후성을 판정하였다(Table 2).

Table 2. Indicated class of natural decay resistance based on average weight loss of wood samples.*1

| Average weight loss (%) | Indicated class of decay resistance |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 0 to 10 | Highly resistant |
| 11 to 24 | Resistant |
| 25 to 44 | Moderately resistant |
| 45 or above | Slightly resistant or nonresistant |

*1Source : ASTM D2017

3. 결과 및 고찰

3.1 약제 주입성

은행나무 변재부의 평균 물 흡수율은 처리가 용이하다고 알려진 라디에타소나무 변재부의 흡수

율과 비슷하였으나, refusal time은 국산 소나무 변재(refusal time = 60분 이내)와 비교할 때 길게 나타났다(Table 3). 전보(김 등, 2000)에 보고한 바와 같이 단순 침지에 의한 물 흡수량은 여러 문헌들에 조사·보고된 타 수종들의 물 흡수량에 비하여 낮게 나타났지만, 이상의 약제주입성 시험결과를 놓고 볼 때 가압처리법을 이용한 개질처리시 은행나무 변재부의 처리는 용이하리라 판정된다.

Table 3. Water treatability of *Gingko biloba* sapwood.

| Charge*1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | Average |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Absorption (%) | 107.28 | 157.26 | 167.44 | 159.87 | 188.84 | 156.14 |
| Refusal time (min.) | 180 | 80 | 100 | 80 | 100 | 108 |

*1Each charge has five samples.

3.2 건조가공성

100℃ 급속건조 결과, 횡단면 할렬과 표면할렬이 총 30개의 시험재중 2개의 시험재에서만 관찰될 정도로 할렬의 발생이 미미하였다. Collapse에 의한 판재 두께의 감소도 모두 0.4mm 미만이었고 내부할렬은 전혀 관찰되지 않았다. 급속건조법에 의해 추정된 함수율기준 건조스케줄인 T₁₀F₅(Table 4)를 실제 건조에 적용시킨 결과, 초기 함수율 167%에서 최종 함수율 10%까지 건조시키는데 약 3.2일이 소요되어서 표준 임업실시요령(임업연구원, 1993)에 나와있는 건조성 양호 판정기준인 3.5일보다 건조 소요시간이 짧았고, 또한 건조결합의 발생이 전혀 관찰되지 않아서 은행나무의 건조성은 매우 양호한 것으로 판정되었다. 참고로 Figure 1은 은행나무 목재의 건조속도를 보여주는데, 향를건조기간중 건조속도인 자유수 제거속도는 2.17%/시간이었고 감률건조기간중 건조속도인 결합수 제거속도는 1.33%/시간이었다.

3.3 접착가공성

접착제의 종류에 관계없이 접착강도는 약하게 나타났지만 접착강도에 비하여 목파율이 매우 우

수하게 나타나서 은행나무 목재의 접착제품이 비구조용으로 사용되는 경우에는 접착력에 문제가 없는 것으로 나타났다(Table 5). 사용된 네 종류의 접착제간에 상태접착력은 큰 차이가 없었으며, 내수조작에 의한 접착층의 심한 박리로 인해 접착력 시험이 불가능한 초산비닐 에멀전수지 접착제의 경우를 제외하고는 내수 및 내온수 접착력과 상태 접착력간에도 큰 차이가 관찰되지 않았다. 실제로 은행나무 목재의 접착제품이 옥내용이 될 것이므로 가격이 저렴하고 작업성이 뛰어난 상온경화형 요소수지 접착제나 초산비닐 에멀전수지 접착제의 사용이 권장된다.

Table 4. Estimated kiln schedule(T₁₀F₅) for *Ginkgo biloba*.

| MC(%) | DBT(℃) | WBT(℃) | EMC(%) | RH(%) |
|----------|--------|--------|--------|-------|
| Green-70 | 60 | 54.5 | 12.1 | 75 |
| 70-60 | 60 | 52 | 9.9 | 66 |
| 60-50 | 60 | 49 | 8.1 | 55 |
| 50-40 | 60 | 46 | 4.8 | 30 |
| 40-35 | 60 | 43 | 2.8 | 14 |
| 35-30 | 60 | 40 | 2.8 | 14 |
| 30-25 | 65 | 45 | 3.1 | 17 |
| 25-20 | 70 | 50 | 3.3 | 20 |
| 20-15 | 75 | 55 | 3.4 | 23 |
| 15-Final | 80 | 52 | 3.5 | 25 |

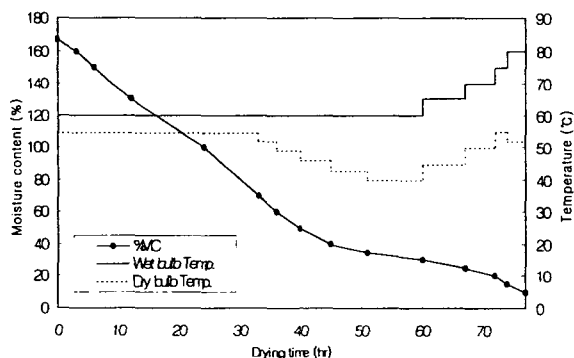


Figure 1. Drying curve of *Ginkgo biloba*.

Table 5. Adhesion characteristics of *Ginkgo biloba*.^{*1}

| Test items | Polyvinyl acetate emulsion resin | Urea resin | Epoxy resin | Water based polymer isocyanate |
|--|----------------------------------|---------------|---------------|--------------------------------|
| ------(kg/cm ²)----- | | | | |
| Dry bond test | 29.16 (96) ^{*2} | 24.86 (95) | 26.16 (95) | 29.08 (95) |
| Water proofing test ^{*3} | -- | 23.31 (89) | 24.83 (85) | 25.84 (94) |
| Warm water proofing test ^{*4} | -- | 26.21 (90) | 21.28 (72) | 26.61 (93) |

^{*1} Values represent means of 10 replicates.

^{*2} Values in parentheses represent percent wood failure.

^{*3} Test after soaking the specimens into the water (30℃) for 3 hours.

^{*4} Test after soaking the specimens into the warm water(60℃) for 3 hours.

3.4 도장가공성

도장경화 시간은 폴리우레탄 도료와 목공용 락카 모두 대조구인 유리판에 비하여 큰 차이를 보이지는 않았으나 다소 길었다(Table 6). 그리고 도막할릴 정도의 관찰을 위하여 실시한 진공침수시험과 습냉건조시험의 두 조건에서는 도막의 할릴이 전혀 발생하지 않아 은행나무는 도장성도 매우 양호한 수종이라고 사료된다.

3.5 휨 가공성

휨가공성 시험은 각 곡률반경 별로 절손 또는 압축파괴 및 인장파괴 등의 정도를 A, B, C의 3등급으로 구분하여 A가 3개 이상일 때 휨가공성이 가능한 것으로 판정하였는데, 그 결과는 Table 7에 보여준다. 은행나무 목재는 곡률반경 30cm까지도 가공이 가능한 정도로 휨 가공성이 극히 양호하여 휨가공재로 이용하기에 적합한 수종으로 사료된다.

Table 6. Paintability of *Ginkgo biloba*.

| | | Curing time | | Film cracks | | | |
|--------------|----------------|-------------|------|------------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| | | (hr.) | | Soak under dry test after 5 cycles | | Wet-cold-dry test after 30 cycles | |
| | | Avg. | Std. | No. | Length(mm) | No. | Length(mm) |
| Polyurethane | Flat grain | 3.20 | 0.01 | - | - | - | - |
| | Edge grain | 3.19 | 0.01 | - | - | - | - |
| | Control(glass) | 2.70 | 0.01 | | | | |
| Lacquer | Flat grain | 2.58 | 0.01 | - | - | - | - |
| | Edge grain | 2.58 | 0.01 | - | - | - | - |
| | Control(glass) | 2.35 | 0.01 | | | | |

Table 7. Bending processing of *Ginkgo biloba*.

| Specific gravity | Moisture content(%) | Radius of bending curvature (cm)* | | | | | Grade |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|----|-------|-------|------------------|-------|
| | | 80 | 58 | 45 | 36 | 30 | |
| 0.36 | 15.06 | | | AAAAA | AAAAA | AAABB (11.67) | Good |

* A : Specimens with or without minor compressive failure in the concave side

B : Specimens bent with remarkable compressive failure

C : Specimens bent with breakage or tension failure

() : Change in radius of curvature after one month exposure (%)

3.6 화학적 변색

시험편의 처리 전후의 재색을 나타내는 X, Y, Z 값, 색차(ΔE), 명도감소율(Yd)를 Table 8에 보여 주고 있다. 변색도의 판정은 Table 9에 보여주는堀地 등(1977)이 사용한 판정기준에 의거하였는데, 철, 알칼리, 산 변색은 중간의 감성(부호 M)을 나타냈지만, 태양광 변색은 강한 감성(부호 S)를 나타내었다. 은행나무의 경우 태양광 변색, 즉 자외선 변색이 심한 것으로 나타나서 향후 은행나무를 가구재 등의 내장재로 사용할 경우 자외선 변색을 최소화 또는 예방할 수 있는 적절한 도장처리가 필수적이라 하겠다.

3.7 자연내후성

Table 10에서 볼 수 있듯이 변재의 내후성은 우수하지 못하였지만 심재의 내후성은 매우 양호하였다. 이는 심재 성분들중 일부가 부후균에 대해 상당한 독성을 보유하고 있음을 의미하는데, 앞으로 은행나무 심재 추출물의 항균효능에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 실제적으로 은행나무 목재를 옥외에 사용할 경우는 거의 없겠지만, 변재부에 대한 내후성시험 결과는 옥외 사용시 변재의 방부처리가 필수적으로 필요함을 의미한다.

Table 8. Discoloration sensitivity of *Ginkgo biloba* to iron, alkali, acid, and sunlight stain.

| Type | Change of wood color | | | | | | Color difference ΔE | Decrease ratio of lightness Yd(%) | Stain grade |
|---|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------|-------------|
| | Untreated | | | Treated | | | | | |
| | X | Y | Z | X | Y | Z | | | |
| Iron (FeCl ₃) | 56.89 ^{*1} (1.03) ^{*2} | 57.12 (1.24) | 40.06 (1.87) | 47.11 (1.40) | 47.05 (1.64) | 32.30 (1.77) | 7.32 (1.14) | 17.64 (2.11) | M |
| Alkali (NaOH) | 57.33 (0.94) | 57.68 (0.93) | 41.07 (0.61) | 52.73 (0.96) | 52.52 (0.95) | 37.61 (2.13) | 4.35 (1.12) | 8.95 (1.14) | M |
| Acid (C ₂ H ₂ O ₄) | 57.41 (0.89) | 57.82 (0.85) | 41.07 (1.67) | 47.64 (1.17) | 46.25 (1.28) | 28.89 (1.96) | 9.31 (1.01) | 20.01 (2.21) | M |
| Sunlight | 57.71 (0.85) | 58.02 (0.88) | 41.43 (1.74) | 44.97 (0.57) | 44.02 (0.63) | 24.29 (0.61) | 10.86 (0.39) | 24.12 (0.60) | S |

*¹Values represent average of 20 replicates.

*²Numbers in parentheses indicate the standard deviation.

Table 9. Values(ΔE) of color difference for stain rating.

| Type | ΔE (color difference) for stain grades | | |
|----------------------|--|---------------------|---------------------|
| | L (light stain) | M (medium stain) | S (strong stain) |
| Iron stain | <2.5 | 2.5 ~ 12.0 | >12.0 |
| Alkali stain | <3.6 | 3.6 ~ 9.0 | > 9.0 |
| Acid stain | <2.5 | 2.5 ~ 10.0 | >10.0 |
| Exposing to sunlight | <2.5 | 2.5 ~ 6.5 | > 6.5 |

Table 10. Resistance of *Ginkgo biloba* to fungal attack in an ASTM soil-block test.*¹

| Type of wood | Weight loss (%) | |
|--------------|----------------------------|----------------------------|
| | <i>Tyromyces palustris</i> | <i>Trametes versicolor</i> |
| Heartwood | 1.80±0.08 | 1.50±0.44 |
| Sapwood | 31.74±1.17 | 25.93±1.98 |

*¹ Values represent means of 10 replicates.

4. 결 론

은행나무 목재의 적정용도를 구명하기 위한 기초자료를 제공하고자 수행한 기초재질 조사 결과 얻어진 주요 결론들을 다음과 같이 요약할 수 있다.

약제주입성 시험 결과, 은행나무 변재부의 평균 물 흡수율은 처리가 용이하다고 익히 알려진 라디에타소나무 변재부의 흡수율과 비슷하여 제반 필요한 개질처리시 가압처리법을 이용할 경우 은행나무 변재부의 처리는 용이하리라 판정된다. 추정된 함수율 기준 스케줄인 $T_{10}F_5$ 를 이용하여 pilot 규모의 건조실에서 실제 건조시험 결과, 생재 상태에서 함수율 10%까지 건조시 소요시간이 약 3.2일로 이는 표준 임업실시요령에 나와있는 건조성 판정기준인 소요시간 3.5일보다 짧았다. 그리고 실제 건조 결과 건조결함의 발생이 전혀 관찰되지 않아서 은행나무의 건조성은 매우 양호한 것으로 판정되었다. 목재의 휘가공성이 극히 양호하여 은행나무는 휘가공재로 이용하기에는 적합한 수종임을 알 수 있었다. 폴리우레탄 도료와 목공용 락카를 이용한 도장 가공성 조사 결과, 도료경화시간 및 도막 내구성 측면에서 볼 때 은행나무는 도장성이 양호한 수종이라고 사료된다. 시험된 접착제의 종류에 관계없이 접착강도는 약하게 나타났지만 접착강도에 비하여 목파율이 매우 우수하게 나타나서 은행나무 목재의 접착제품이 비구조용으로 사용되는 경우에는 접착력에 문제가 없는 것으로 나타났다. 실제로 은행나무 목재의 접착제품이 옥내용이 될 것이므로 가격이 저렴하고 작업성이 뛰어난 상온경화형 요소수지 접착제나 초산비닐 에멀전수지 접착제의 사용이 권장된다. 은행나무 목재의 철, 알카리, 산 변색에 대한 예민도는 중간 정도였으나, 태양광 변색에 대해서는 대단히 예민하여 은행나무를 가구재 등의 내장재로 사용할 경우 적절한 도장처리를 통한 자외선에 대한 적절한 보호가 필수적이라 하겠다. 변재의 내후성은 우수하지 못하였지만 심재의 내후성은 매우 양호하였다. 이는 심재 성분들중 일부가 부후균에 대해 상당한 독성을 보유하고 있음을 의미하는데, 앞으로 은행나무 심재 추출물의 항균효능

에 대한 연구가 필요하다고 사료된다. 실제적으로 은행나무 목재를 옥외에 사용할 경우는 거의 없겠지만, 변재부에 대한 내후성시험 결과는 변재의 옥외 사용시 방부처리가 필수적으로 필요함을 의미한다.

참 고 문 헌

1. 김규혁 · 조재성 · 김재진. 2000. 은행나무 목재의 재질. 한국가구학회지 11(1):75-84.
2. 김재경. 1977. 은행나무의 2 수종의 해부학적 성질에 관한 연구. 진주농전 논문집 15:247-252.
3. 박상진 · 이원용 · 이필우. 1981. 목재조직의 도해. 정민사. 174pp.
4. 산림청 임업연구원. 1993. 표준 임업실시요령. 산림청 임업연구원
5. 堀池 清 外 2人. 1977. 파프아뉴기니아재의 가공적 성질(제 5보). 日本林業試驗場 研究報告 第 265號:196-215.
6. ASTM. 1996. Standard Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. American Society for Testing and Materials. Standard D2017. Philadelphia, PA.
7. Eom, Y. G. 1991. Anatomical comparison between compression wood and opposite wood in a branch of *Ginkgo biloba* L. Mogjae Gonghak 19(3):77-85.
8. Lee, P. W., Y. G. Eom and Y. J. Chung. 1988. The distribution and type of crystals in woods of *Ginkgo biloba* L. and *Abies holophylla* Max. Mogjae Gonghak 16(3):1-4.