서울 화계사 대웅전 목부재의 수종 및 연륜연대 분석

Species Identification and Tree-Ring Analysis of Wooden Elements in Daewoong-jeon of Hwagye-temple, Seoul, Korea

이광희¹, 박창현², 김수철^{3,*}

¹한국전통문화대학교 목재문화재연구소, ²한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과,

³한국전통문화대학교 기술과학대학 문화재보존과학과

Kwang Hee Lee¹, Chang Hyun Park², Soo Chul Kim^{3,*}

¹Research Institute of Wooden Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

²Department of Heritage Conservation and Restoration, Graduate School of Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

³Department of Conservation Science, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

Received August 04, 2020
Revised October 05, 2020
Accepted October 08, 2020

*Corresponding author

E-mail: kim6768@hanmail.net
Phone: +82-10-5048-1592

Journal of Conservation Science
2020;36(5):326-332

<https://doi.org/10.12654/JCS.2020.36.5.03>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed
under the terms of the Creative
Commons Attribution Non-Commercial
License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits
unrestricted non-commercial use,
distribution, and reproduction in any
medium, provided the original work is
properly cited.

초 록 본 연구에서는 서울 화계사 대웅전의 목부재에 대한 수종과 연륜연대분석을 진행하여 재질과 정확한 건축역사를 조사하고자 하였다. 대웅전 목부재(27점)의 수종은 대부분 소나무속 중 경송류로 식별되었고, 대보 1점만 전나무속으로 식별되었다. 연륜연대분석은 코어링법을 이용하여 시료 채취하였으며, TSAP 프로그램을 이용하여 크로스데이팅 하였다. 연륜연대분석 결과, 보와 기둥과 같은 구조재 20점들에 대한 최외각 연도는 1839년에서 1870년으로 확인되었다. 그 중 수피가 존재하는 5점의 벌채연도는 1869년과 1870년으로 나타내어, 2012년 실측조사에서 종도리 복장물에서 확인된 중건기록(1870년)과 일치하는 것을 확인할 수 있었다.

중심어 대웅전, 연륜연대, 경송류, 전나무속, 크로스데이팅, 벌채연도

ABSTRACT The this study's objective was to conduct species identification and tree-ring dating for the wood elements of Daewoong-jeon(main temple), Hwagye-temple, Seoul, Korea. Most of the wood elements were made from *Pinus* spp.(hard pine). However, one large beam was constructed from *Abies* spp.. For the tree-ring dating, cores were taken from the elements using a drill, and ring-width plots of individual samples were produced with the TSAP software program. The tree-ring dating results showed that, the date of the outermost ring of most elements (20 elements), including beams and pillars, were from AD 1839 to 1870. Among them, five elements had bark, and felling dates were AD 1868 and 1869. These dates confirmed the historical records that Daewoongjeon was rebuilt in AD 1870 from the records of hidden materials(Bokjangmul) in Jongdori by the survey 2012.

Key Words Daewoong-jeon, Tree-ring dating, *Pinus* spp., *Abies* spp., Cross-dating, Felling dates

1. 서론

목재에 대한 과학적 연대측정 방식에는 방사성탄소연대분석법과 연륜연대분석법이 있다. 방사성탄소연대분석법은 시료 내부에 함유된 방사성탄소의 농도를 측정하고 방사성탄소의 반감기를 이용하여 연대를 측정하는 방식으로 1950년경 시카고대학의 Willard F. Libby가 발견한 이후 세계적으로 널리 이용되고 있는 절대연대분석법이다. 연륜연대분석법은 수목이 성장환경 특히 기후의 영향에 의해 일정한 지역에서 시대별로 나타나는 독특한 연륜패턴을 통해 나이테의 변동패턴을 비교하여 각 연륜에 절대연대를 부여하는 방법으로, 1900년대 초 미국 애리조나주 북부의 천문대의 천문학자 A.E. Douglas교수에 의해 진행되었다(Park *et al.*, 2006a). 연륜연대분석법은 대상 목재가 30개 이상의 연륜(나이테)를 가지고 있어야 하며, 생물 각각의 생육환경에 따른 연륜변화로 인한 연대측정의 한계와 같은 단점이 존재하지만, 연대가 밝혀진다면 오차가 없다는 장점이 있기 때문에 국내에서는 1999년에 시작되어서 건축부재부터 발굴목재까지 다양한 목재문화재에 적용되고 있다. 연륜연대분석법을 이용해 연대를 밝혀낸 대표적인 국내 연구로는 경희루와 창경궁 목부재를 뽑을 수 있다. 경희루 목부재는 대부분 1865~1866년으로 1867년이 넘지 않아 문헌상의 기록과 일치하였다(Cultural Heritage Administration, 2000). 창경궁 통명전 목부재들의 경우 19세기 초(1826-1833)와 20세기 초(1910-1913)에 벌채된 목재가 확인되어 19세기 목재는 순조 34년(1834) 통명전 중건 당시의 부재였고, 20세기 목재는 한일합방 직후 통명전의 평면구조가 방에서 마루로 변경된 시점을 확인시켜 주었다(Park *et al.*, 2003). 또한 연륜연대분석법은

발굴 목재문화재에도 적용되고 있다. 별채연도 부여를 통해 군산 내흥동 유적에서 발굴된 6기의 목관재들이 16세기의 비슷한 시기에 매장된 것으로 확인되었다(Park and Lee, 2009). 서울 신내동 유적에서 발굴된 10기의 목관재들의 경우 회곽의 사용 유무를 통해 회곽묘가 사용된 시기를 16세기와 17세기 사이인 것으로 추정할 수 있었다(Lee *et al.*, 2013). 남양주 호평유적에서 출토된 2기의 합장묘 또한 연륜연대분석을 통해 매장시기의 전·후 관계를 확인할 수 있었다(Park *et al.*, 2006b).

본 연구대상인 서울 화계사 대웅전은 서울특별시 유형문화재 제 65호로 정면 3칸, 측면 3칸이며 정면이 측면보다 긴 장방형 평면의 다포형식으로 팔각지붕의 건물이다(Figure 1). 화계사 대웅전은 1938년 발간된 「삼각산화계사약지(三角山華溪寺略誌)」와 2012년 대웅전 실측조사와 정에서 종도리 옆면에서 발견된 복장물의 목서에서 고종 7년(1870)에 중건되었음을 확인하였다. 이 중 삼각산화계사약지에서 중건기록이 자세히 기록되어 있는데, 용선(龍船)과 초암(草庵) 두 선사가 발원하여 대웅전을 중건한 경위를 적고, 석수 30명과 목공 100명을 불러 수개월 만에 공사를 완공하였다고 기록되어 있다. 목재로 지어진 건축물은 오랜 기간 주변 야외환경에 노출되어 부후와 손상이 발생되기 때문에 교체 및 수리가 이루어지는데 서울 화계사 대웅전은 2005년 전까지의 수리기록은 확인되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 서울 화계사 대웅전의 목부재에 대한 연륜연대분석법을 적용하여 중건기록에서 확인된 연대와 각 부재들의 연대가 일치하는지 확인하고, 1870년 중건 이후 약 130년 동안 수리가 이루어졌는지 확인하고자 하였다.

Figure 1. Daewoong-jeon in Hwagye temple, Seoul(Cultural Heritage Administration, 2000).

2. 분석대상 및 방법

2.1. 분석대상 및 채취

화계사 대웅전의 목부재 중 연륜이 50개 이상 있으며 수피부에 근접한 부분을 가지는 27점의 부재를 대상으로 시료를 채취하였다(Table 1). 시료채취는 코어링법을 적용하였다. 코어링법은 특수 제작된 코어형 비트로 전기 드릴을 이용하여 코어(직경 6 mm, 길이 8 cm 이내)를 채취하는 방법이다. 채취가 완료되어 뚫린 부분은 방부제(WOOD KEEPER-A, Hanchem, KOR)로 방부처리 이후 목재문화재 보수용 수지(SV427/HV427)로 시료를 채취한 공동을 충전하였다.

2.2. 분석방법

2.2.1. 수종분석

연륜연대분석을 위해 채취한 코어를 대상으로 스테인리스 날(Dorco社, VIET)을 이용한 핸드섹션방법으로 목재시편을 약 20 μ m 두께로 절단하여 삼단면 박편을 제작하였다. 슬라이드글라스 위에 삼단면의 박편을 올려놓고, 글리세린 수용액(50%)을 떨어뜨린 뒤 기포가 생기지 않도록 주의하여 커버글라스를 덮어 프레파라트를 완성하였다. 제작된 프레파라트는 광학현미경(ECLIPSE LV100, Nikon, JPN)으로 조직을 관찰하여 수종을 식별할 수 있는 특징을 찾아 사진을 촬영하였다.

2.2.1. 연륜연대분석

채취한 코어를 나무로 제작된 고정대 위에 부착시키고 사포로 연륜이 선명하게 관찰될 정도로 연마하였다. 각 연륜의 폭은 컴퓨터와 연결된 정확도가 0.01 mm의 연륜폭측정기(LINTAB, GER)로 측정하였다. 작성된 연륜폭 그래프는 크로스데이팅(상대연대)을 실시하였다. 크로스데이팅은 연대와 지역이 동일한 목재들의 연륜패턴을 조사·비교하여 위(僞)연륜과 실(實)연륜을 찾아낸 후, 알고

있는 기준연대(현생목의 채취연도)를 이용하여 정확한 생육연대를 각 연륜에 부여하는 것을 말한다(Kim and Park, 2005). 100년 이상 기간의 연륜폭 그래프를 상호 비교할 때 t값은 3.5이상, Glk값은 65%이상의 값인 경우 1% 수준에서 유의성이 있다고 볼 수 있다(Park *et al.*, 2003). 연륜분석은 TSAPwin 프로그램(Rinntech, DEU)을 통한 그래프와 통계분석을 병행하여 실시하였으며, 제작된 화계사 연대기에 절대연도를 부여하기 위해 한국전통문화대학교에서 소장하고 있는 소나무 표준 연대기와 크로스데이팅을 실시하여 연도를 부여하였다.

3. 분석결과

3.1. 수종분석

서울 화계사 대웅전에서 채취한 27점의 목부재를 대상으로 수종분석을 실시한 결과, 좌측대보 1점은 전나무속으로 식별되었고, 나머지 26점은 모두 소나무속 중 경송류로 식별되었다. 부재 종류별 수종 식별결과를 Table 2에 요약하였다.

3.1.1. 수종별 해부학적 특징

1) 경송류(Hard pine) - 소나무과(PINACEAE) 소나무속(Pinus)

침엽수재로 박벽의 에피테리알세포를 가지고 있는 수직수지구가 관찰되었다. 방사조직은 방사유세포와 방사가도관으로 이루어져 있고, 직교분야 벽공은 창상형이 관찰되었다. 특히 소나무속 중 경송류의 주요한 특징이라 할 수 있는 거치상비후가 방사가도관 내에서 관찰되었다. 축방향가도관내의 유연벽공 배열은 1열이 관찰되었다. 접선단면에서는 수평수지구가 관찰되었고 방사조직은 단열방사조직과 방추형방사조직이 모두 관찰되었다(Figure 2). 소나무속에는 경송류(소나무, 곰솔)와 연송류(잣나무, 눈잣나무, 섬잣나무)가 존재하며, 우리나라에 분포하는 경

Table 1. The numbers of samples for species identification and tree-ring dating

Sample		Number	Sample		Number
Pillar	Gidung	4	Purlin	Oemok dori	3
	Daebo	3		Jeoksim chunyeo	1
	Chungbo muri	1		Southwest chunyeo	1
Pyeongbang	Pyeongbang	1	Support	Jusim-dori	2
Jangyeo	Oemok	4	Bracket arm	Salmi	1
	Jusim	2	Jeoksim		4

Table 2. The results of species identification

	Sample	Number	Species
Pillar	1th Gidung	HGGD 01	Hard pine
	3th Gidung	HGGD 06	Hard pine
	4th Gidung	HGGD 07	Hard pine
	7th Gidung	HGGD 02	Hard pine
Beam	Left daebo(back)	HGBO 24	Hard pine
	Left daebo(front)	HGBO 25	<i>Abies</i> spp.
	Right daebo(front)	HGBO 26	Hard pine
	Chungbo muri 4	HGBO 19	Hard pine
Pyeongbang	4th Pyeongbang	HGPB 03	Hard pine
Jangyeo	1th Oemok jangyeo 4(Left)	HGJY 20	Hard pine
	1th Oemok jangyeo 4(Right)	HGJY 21	Hard pine
	1th Oemok jangyeo 12(Left)	HGJY 11	Hard pine
	1th Oemok jangyeo 12(Right)	HGJY 10	Hard pine
	Jusim jangyeo 7(Left)	HGJY 08	Hard pine
	Jusim jangyeo 7(Right)	HGJY 09	Hard pine
Purlin	Oemok dori 7-1	HGDR 27	Hard pine
	Oemok dori 7-2	HGDR 22	Hard pine
	Oemok dori 9-1	HGDR 23	Hard pine
Angle rafter	Jeoksim chunyeo	HGCN 13	Hard pine
	Southwest chunyeo	HGCN 16	Hard pine
Support	Jusimdori (juganpo 2)	HGDR 04	Hard pine
	Jusimdori (gwipo 4)	HGDR 05	Hard pine
Bracket arm	6th Jusimpo salmi	HGPO 12	Hard pine
Jeoksim	Jeoksim 1	HGJS 14	Hard pine
	Jeoksim 2	HGJS 15	Hard pine
	Jeoksim 3	HGJS 17	Hard pine
	Jeoksim 4	HGJS 18	Hard pine

Figure 2. The anatomical features of hard pine. (a) Cross section(x100), (b) Radial section(×400), (c) Tangential section(×200).

송류에는 곰솔, 소나무가 존재하나 해부학적으로 구분이 어려우므로 최종 경송류로 식별하였다.

2) 전나무속(*Abies*) - 소나무과(PINACEAE)

침엽수재로 가도관의 조·만재 이행은 완만하거나 급하고 횡단면에서 정상수지구는 관찰되지 않는다. 방사조직은 방사유세포로만 구성되어 있고, 방사유세포의 수평

벽에는 단벽공대가 잘 발달되어 있으며, 말단벽은 염주상을 나타내었다. 직교분야벽공은 삼나무형과 편백형이 혼재되어 관찰되며, 방사가도관은 관찰되지 않았다. 축방향가도관의 유연벽공은 1~2열로 배열되어 있었다. 접선단면에서는 수평수지구는 관찰되지 않았고, 단열방사조직만 관찰되었다(Figure 3). 우리나라에 분포하는 전나무속에는 전나무, 분비나무, 구상나무 등 3종이 성장하고 있

나 해부학적으로는 구분이 되지 않아 최종 전나무속으로만 식별하였다.

3.2. 연륜연대분석

서울 화계사 대웅전에서 채취한 27점의 목부재 중 좌측대보(HGBO 25) 1점은 전나무속이고, 연륜이 54개로 짧아 연대를 부여할 수 없었다. 그 외 부재들은 경송류이므로 서로 간에 크로스데이팅을 통해 1개의 화계사 경송류 연대기가 작성되었다. 경송류 연대기(HGS 1S)는 총 26점의 경송류 목부재 중 20점이 서로 간에 일치하여 작성되었다(Figure 4). 연륜연대기 기간은 127년으로 절대연도를 부여하기 위해 한국전통문화대학교에서 소장하고 있는 경송류 표준연대기와 크로스데이팅 하였다. 분석 결과, 경복궁 근정전 경송류 연대기와 123년간 비교하였으며, t값 5.4, G값 66%로 비교적 높은 통계값으로 일치하였고, 그래프상으로도 일치하였다. 따라서 화계사 대웅전 경송류 연대기는 1744년-1870년으로 부여하였다(Figure 5).

연대기에 포함된 부재들 중 수피가 존재하는 우측대보(HGBO 26), 외목도리(HGDR 23)는 1869년에 만재가 형성되어 있었으며, 적심추녀(HGCN 13)는 1870년 조재, 남서추녀(HGCN 16)와 층량 보머리(HGBO 19)는 1870년에 만재가 형성되어 있었다. 따라서 화계사 대웅전에 사용된 부재들은 대부분 1869년 늦가을부터 1870년 늦가을 또는 1871년 초봄사이에 벌채된 것으로 판단된다(Figure 6).

4. 고찰 및 결론

서울 화계사 대웅전의 목부재 27점을 채취하여 수종분석을 실시한 결과, 좌측대보 1점은 전나무속으로 확인되었고, 나머지 부재들은 모두 경송류로 식별되었다. 이 중 경송류는 연륜패턴이 우리나라 소나무의 마스터연대기와 일치하는 점으로 보아 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)로 판단된다. 경송류는 적송 또는 육송이라고 불리기도 하며, 북부 고원지대를 제외한 우리나라 전역에 자생하는 수종이다(Lee, 1997). 이전 연구에서 우리나라 조선 전기

Figure 3. The anatomical features of *Abies* spp. (a) Cross section(x100), (b) Radial section(x400), (c) Tangential section(x200).

Figure 4. The Hwagye chronology(HGS 1S) made from wood elements of Daewoong-jeon (upper graph: Hwagye chronology, under graph: chronology of 20 wood elements).

의 목조건축물 기둥에는 74%, 조선 후기에는 88%의 높은 비율로 소나무가 사용된 것을 확인하였으며(Park and Lee, 2007), 조선시대에 증건된 화계사 대웅전에서도 이와 동일한 결과를 확인할 수 있었다. 우리나라에 자생하는 전나무속에 속하는 수종으로는 전나무, 분비나무, 구상나무 3종이 존재하며, 분비나무와 구상나무는 주로 고산지대에 분포하기 때문에 사용되었을 가능성은 비교적 적다(Lee, 1997). 따라서 본 연구에서 식별된 전나무속은 전나무(*Abies holophylla*)로 판단된다.

서울 화계사 대웅전 목부재 26점에 대한 연륜연대 분석 결과, 20점에 대해 연대가 부여되었다. 이 중 대보, 외목도리, 추녀에 수피가 잔존하고 있었으며, 마지막 연륜에 각각 1869년과 1870년의 연대가 부여되었다. 따라서 대보와 외목도리는 1869년 늦가을부터 1870년 초봄사이, 추녀는 1870년 늦가을 1871년 초봄사이에 벌채되어 화계사 대웅전에 사용된 것으로 확인할 수 있었다. 서울 화계사 대웅전에 대한 증건 기록 중 「삼각산화계사약지」에 ‘용선(龍船) 과 초암(草庵) 두 선사가 발원하여 대웅전을

Figure 5. The Hwagye chronology(HGS 1S) cross-dated with master-chronology (upper graph: Hwagye chronology, under graph: master chronology).

Figure 6. Dendrochronological dates of individual wood elements (◆ indicated the outermost annual rings that are just below barks and have completed latewood formation; ◇ indicated the outermost annual rings that form earlywood).

증긴한 경위를 적고, 석수 30명과 목공 100명을 불러 수개월 만에 공사를 완공하였다고 한다' 라고 비교적 자세히 기록되어 있다. 일반적으로 우리나라 소나무의 생재함수율은 115.4%로 자연건조 조건일 때 주변의 상대습도와 평형을 이룰 수 있도록 1-2년의 건조기간이 필요하다 (Kang *et al.*, 2008). 하지만 화계사 대웅전의 경우 증건기록과 연륜연대분석 결과를 비교한다면, 대보, 외목도리와 같은 구조재 대부분은 1870년 초봄 전에 벌채하여 1년 정도의 건조기간 후에 사용되었으나, 추녀와 같은 지붕부재들은 1870년에 벌채하여 바로 사용된 것으로 추정된다. 이는 「삼각산화계사약지」에서 수개월 만에 공사를 완료했다는 기록이 있는 것으로 보아 미리 건조된 목재로 화계사 대웅전을 증건하는 과정에서 부족한 부재들은 바로 벌채하여 사용했던 것으로 추정할 수 있다. 또한 확인된 연대 이후의 추가적인 연대는 확인되지 않아 화계사 대웅전은 1870년(고종 7)에 증건한 이후 큰 수리·보수는 이루어지지 않는 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Cultural Heritage Administration, 2000, Report on the survey and repair of the Gyeonghoeru. 326-332. (in Korean)
- Kang, C.W., Kim, N.H., Kim, B.R., Kim, Y.S., Byun, H.S., So, W.T., Yeo, W.M., Oh, S.W., Lee, W.H. and Lee, H.H., 2008, Physics and mechanics of wood. Hyangmunsa, 47-48. (in Korean)
- Kim, Y.J. and Park, W.K., 2005, Tree-ring dating of Korean furniture and woodcraft works of the late Joseon period and the Modern era: A case study. Korean Journal of Art History, 246, 247-274. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.H., Son, B.H. and Park, W.K., 2013. Tree-ring dating of coffin woods excavated from Shinnae-dong in Seoul, Korea. Journal of Korean Wood Science & Technology, 41(5), 406-414.
- Lee, P.W., 1997, Properties and utilization of Korean woods. Seoul National University Press, 26-56. (in Korean)
- Park, W.K. and Lee, K.H., 2007, Changes in the species of woods used for Korean ancient and historic architectures. Journal of Architectural History, 16(1), 9-28. (in Korean with English abstract)
- Park, W.K. and Lee, K.H., 2009. Tree-ring dating of coffin woods from Naeheung-dong in Gunsan, South Korea. IAWA Journal, 30(4), 459-468.
- Park, W.K., Choi, J.K. and Kim, Y.J., 2006b, Analysis of species and tree-ring dating of coffin woods excavated at Hopyungri, Namyangju, Korea. Journal of Conservation Science, 18, 105-110. (in Korean with English abstract)
- Park, W.K., Son, B.H. and Han, S.H., 2003, Tree-ring dating of wood elements used for Tongmyungjeon hall of Changkyung palace. Journal of Architectural History, 12(3), 53-63.(in Korean with English abstract)
- Park, W.K., Yoon, D.H. and Park, S.H., 2006a, Species identification and tree-ring dating of coffin woods excavated at Ma-Jeon relic in Jeonju, Korea. Journal of Korean Wood Science & Technic, 34(6), 12-20. (in Korean with English abstract)