

해인사 팔만대장경판을 통해본 고려의 과학기술과 보존환경

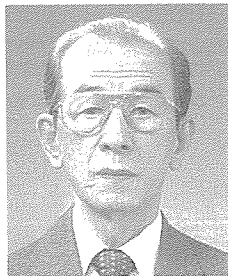
목재변질 막고 소독·환기 완벽

일찍이 고려 초 현종조 때 거란군의 침입으로 수도를 비롯 국토가 유린되자 호국 염원을 담고 20년의 각고 끝에 초조(初彫)대장경판(1031년)을 완성하였다. 다행히 거란군은 스스로 물러났다.

그러나 이 초조대장경은 그 후 계속해서 경전과 고승들의 논저를 추가해 만들어 1087년에 완결된 고려속경(高麗續經)경판들과 더불어 초조대장경판이 고종때 침입한 몽고군에 의해 모두 소각되어 없어지자, 군신이 일체가 되어 나라의 수호와 안태(安泰)를 위해, 다시금 정성을 들여 만든 재조(再彫)대장경판이 바로 현재 합천 해인사에 봉안된 고려대장경판(高麗大藏經板)이다. 이 재조조(再彫造)사업은 고려 고종 23년(1236년) 몽고 항쟁 와중에서 16년이란 세월 끝에 고종 38년(1251년)에 완성된 신앙의 결정체이며, 민족적 자긍·자존의식이 표출된 상징물이다.

자연과 잘 조화되게 설계

팔만이 넘는 고려대장경은 불교에 관한 교리, 철학, 윤리, 논리, 문예, 미술, 공예, 의료, 법제, 수행, 명상 등의 내용을 포함하고 있다. 그 외에도 불전, 보살, 불제자, 승려, 선인, 신, 거사, 외도, 국왕, 장자, 이승, 여인에 관한 전기로부터 지지, 풍속, 화식(貨殖), 수축(獸畜), 향약(食藥), 보주(금석), 천문, 언어, 문자, 음악, 제사, 기후, 종족 등 일체의 인도 문명사적 자료가 망라된 백과 총서로



李泰寧

(서울대 명예교수/한국문화재보존과학회 명예회장)

볼 수 있다.

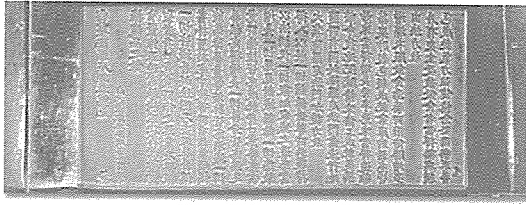
한편 한역(漢譯)된 일체경과 이에 포함된 동양의 고승의 논서들은 한자 문화권에 있어서의 1천여년간의 노력의 기념물이기도 한 아시아 문화의 정화이며 세계 최고의 성전 문학으로 알려지고 있다.

이와 같이 고려대장경판은 불교의 성스러운 숭상의 대상

물인 법보(法寶)로서 양에 있어서나 질에 있어서, 그리고 완전무결하다는 점에서 타의 추종을 불허하는 대장경판이다. 어려운 전시임에도 불구하고 사상, 예술, 과학기술을 총 망라해서 이룩한 고려문화의 정수인 이 소중한 대장경판을 오늘날 우리에게까지 전승을 가능하게 한 것은 보전을 고려한 고도의 기술과 세계가 놀랄 만한 자연과 잘 조화되게 설계된 해인사 장경판전의 건축구조와 환경이 아닐 수 없다.

국보 제52호로 지정된 4동의 장경각 판전은 국보 제32호로 일괄하여 지정된 8만2천여장의 고려 대장경판(再彫藏經板)을 보관, 안치(安置)하고 있다. 이 팔만여장의 고려 대장경판과 장경각 건물들은 다 같이 연소될 위험성이 있고 균열, 변형, 부패되기 쉬운 목재 문화재들이다. 목질로 구성된 경판과 장경각이 오랜 세월 무사하게 보존되어 온 이면에는 신심 어린 스님들의 관리의 철저는 물론 탁월한 경험을 통한 경험 과학과 기술의 뒷받침이 있었음을 간과해서는 아니되겠다.

경판의 처리 제조 공법과 대장경을 봉안한 판전



팔만대장경 판전은 경사분지에 위치한 서남향에서 약간 서쪽으로 치우친 건물의 방향과 특징있는 넓은 창문, 경판 배열상태 등이 기상과 잘 어우러진 조화의 극치이다.

창의 크기, 위치를 조절해 흠바닥엔 햇빛이 들게 하고 경판에는 햇빛이 들지 않게 했다.

건물이 자리한 위치선정에 있어서의 지리, 기상 등 환경 조건과 판전 건물 구조는 실로 현대 과학과 기술로서도 경이로울 정도로 훌륭함이 필자가 주도한 연구결과 입증되었다(李泰寧編 “高麗大藏經 基礎 學術 研究” 海印寺 1996). 연구 범위는 1) 해인사 고려대장경판을 봉안한 장경각의 자연 보존 환경 조사와 2) 해인사 고려대장경판의 과학적인 보존을 위한 기초 조사였다. 제1권 : 대장경판의 보존 과학적 기초 연구(1993~1994년, 304쪽)를 위시하여 사진 및 도면 자료 14권 총 15권의 보고서로 발표되었다.

해인사를 탐방한 사람들이면 벽면의 절반 이상을 차지한 격자로 된 넓은 유자창, 그것도 위 아래, 앞 뒤의 창 크기가 다른 독특한 배열 상태의 장경판전 건물 구조와 판가(板架, 경판꽂이)구조에 호기심을 느꼈을 것이다.

자외선은 곰팡이번식 막아

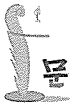
넓은 창을 통해 흠바닥 위에 입사되는 일광 중의 자외선은 흙을 소독, 이끼·곰팡이·곤충·식물 등 생물의 번식을 막는 작용이 있으며, 일광 중의 적외선은 찬 바닥 흠면을 데워서 실내 공기의 대류작용을 야기시키며 중앙에 설치된 5단의 판가를 감싸면서 순환시키며 한편 창을 통해 외부로부터 들어오는 공기를 조절하는 효과를 발휘한다.

한편 일광중의 적외선, 자외선과 가시광선은 목재를 변질시킨다. 이 긍정적인 면과 부정적인 성질의 양면을 지닌 일광의 작용을 어떻게 교묘하게 제어할 수 있을 것인가? 이 해답을 쥐고 있는 것은 바로 독특한 지형(地形)과 기상의 자연 환경을 잘 활용

용하게끔 설계된 장경판전 건물과 판가라고 생각된다. 즉 경사(傾斜)분지(盆地)에 위치한 서남향에서 약간 서쪽으로 치우친 건물의 향(向)과 특징있는 넓은 창문, 경판 배열상태 등이 기상과 조화된 결과가 아닐 수 없다. 필요한 곳 즉 흠바닥으로는 일광을 안내하고 경판에는 가급적 접근시키지 않게끔 햇빛이 투입되는 창의 위치, 창의 크기를 조절해서 목적을 달성하고 있는 것으로 해석되었다.

판전에 경판이 노출되는 것을 가급적 피하기 위해서 원래 구조에서는 창이 있는 전·후면 벽면에서 상당한 거리의 공간을 두고 중앙 판가를 일자형으로 배치하였다. 이 여유공간에는 오전중에는 뒷면 창으로부터 일광이 투입되고 오후에는 앞면 창으로부터 일광이 비치게 되어 아침에는 판가 뒷쪽 흠바닥은 따뜻한 아랫목이 되고 공기 밀도가 큰 판가 앞쪽의 흠바닥은 옷목 구실을 해서 대류작용을 야기시킨다. 건물 내부 동북쪽 끝에서 관찰할 때 시계바늘 도는 반대방향으로 중앙의 5단으로 된 판가를 감싸면서 공기의 순환을 돕는다. 오후에는 이와 반대로 판가 앞쪽 흠면에 해가 비치면서 시계바늘 도는 방향으로 대류가 일어난다.

경판 두장을 마주 놓을 때 경판 손잡이의 얇은 턱으로 말미암아 생기는 계산된 경판 사이의 틈새, 그리고 매 단마다 아래 위로 두장을 포개 세워 경판 10장이 세로 세워져 꽂혀 있는 독특한 배열상태는 공기가 좁은 간극(間隙)을 타고 완만하게 상승케 하는 제2의 대류를 유도한다. 비오는 날이나, 습기가 많은 날의 대기는 경판 사이 간극을 따라서 판가 1 단 아래로부터 상단을 향해 상승하는 동안 대기중에 포함된 수분은 각 단에 위치한 경판 사이



를 지나가면서 계속 흡수되며, 10매의 경판 간극을 거치는 동안 수분의 일부를 빼앗기고 5단의 상부로 나온 대기는 다시 큰 대류에 합쳐지면서 다시 경판 사이의 상승기류에 흡수, 순환하면서 경판에 의해 탈수작용을 계속 당하며 경판은 수분을 흡수하고 대기는 점차 습도가 낮아진다.

반대로 건조한 일기의 대기에서는 대류를 타고 경판 사이를 상승하기를 거듭하는 마른 대기는 수분을 많이 보유하고 있는 경판을 건조시키는 작용을 되풀이 하면서 습한 대기로 변한다.

이와 같이 경판은 습한 대기환경에서는 수분을 흡수하고 건조한 대기환경에서는 수분을 방출함으로써 실내의 습도를 완충하면서 경판의 수분 함량(흡수율)을 목재의 변형을 막는 일정한 범위에 머무르게 하고 있다. 경판이 수분을 흡수할 때는 열을 발산하여 주위의 대기의 온도를 높이고 반대로 수분을 방출할 때는 열을 흡수하여 주위의 대기를 냉각시킨다. 측정 결과 기후조건에 따라서 경판의 중량은 2~3% 증감한다.

평균 중량이 3kg 가량인 경판이 범보전 한 건물 안에 4만여장 배열돼 있음으로 총 12만kg 즉 1백 20톤 중량에 해당하는 총 경판이 흡수하기도 하고 방출하기도 하는 수분의 양은 실로 2.4 내지 3.6톤에 달하는 양이다. 즉 건조한 더운 날에는 11~18드럼의 물을 증발시키는데 필요한 에너지 1백30만kcal를 주위 대기와 경판에서 빼앗아 결과적으로 실내 공기와 경판을 냉각시키고, 비가 오거나 습한 흐린 날 그리고 기온이 내려가는 아침에는 반대로 수분을 흡수하면서 1백30만kcal의 열을 방출하기 때문에 장경판전 내부를 가열하는 효과를 가져온다. 실제로는 많은 양의 판가를 구성하는 목재와 기둥, 석가래 등 엄청나게 많은 목재가 사용된 전통 목조건물이 갖는 수분의 흡수 방출의 능력이 또한 경판의 기능에 가세해서 무시할 수 없는 많은 양의 수분의 흡수 방출이 계속된다.

따라서 이에 수반되는 에너지의 발산 흡수로 판전 내부의 공기와 경판은 가열, 냉각작용을 받아 경판과 실내 온도의 완충작용이 이루어지고 있다.

경판전 외기는 보통 큰 일교차를 보여주는데 반하여 경판 주위에서는 연중 제일 큰 경우에도 4~5도를 넘는 수가 없다. 판전 내부 여러 공간에 위치해 있는 경판의 각 표면온도는 2℃를 벗어나지 않는 균일한 온도 분포를 보여 놀라운 온도 균일화 효과가 발휘되고 있음을 알 수 있다.

개방상태에 가까운 공간에서 기계 공조 시설로서 과연 이만한 온도 균일화 효과를 기대할 수 있을 것인가 의심스럽다. 한편 상대 습도는 외부 영향을 예민하게 받으면서 변화하지만 외기에 비해서 완만하며 비교적 높은 상대 습도를 유지하고 있다. 보통 70~80% 이상의 상대 습도를 보여주며 몹시 건조한 계절에 있어서도 30~40% 이하로 내려가는 시간대는 길지 않은 것이 특징이다.

수년에 걸쳐 32개의 센서를 통해서 계속 수집한 값에 견주어 볼 때 장경판전은 항시 비교적 높은 관계습도를 유지하고 있는 환경임을 파악할 수 있었다. 이것은 팔만대장경이 승상의 대상일 뿐 아니라 귀중한 인쇄매체이기 때문에 목판으로서의 기능을 유지하기 위해서 판의 균열이나 변형을 가져오는 과도한 건조상태를 피하고자 충분한 습도 환경을 마련, 보존의 만전을 기하고자 6백m 이상 두 하천 계곡 사이에 위치한 해인사 장경각을 보관장소로 선정된 것으로 사료된다. 아마도 장경각은 신라시대 이래 목판이나 지류 보존에 이상적인 장소로 검증이 되었던 것이 아닌가 한다. 고려실록도 왜구 침략의 위험성을 피해서 죽산으로 옮길 때 까지 이곳에 보관되었었다.

목재의 변형을 막는 습한 환경은 한편으로는 유해 미생물과 곤충의 서식에 유리한 장을 마련하게 된다. 이 이율배반적인 허점을 어떻게 극복할 수 있었을까? 이 해답은 우리가 자랑하는 3겹으로 도포한 옷칠 처리였다.

과학이란 이름은 없었지만, 축적된 경험을 통한 놀라운 자연과의 조화로 자연을 잘 이용한 슬기로운 과학과 기술을 새삼 발견할 때 옛 지혜까지도 엿볼 수 있는 문화재인 고려대장경과 장경판전이 더욱 대견스러워진다. ⑤7