

기 획 | 국립문화재연구소 건축문화재연구실
사 진 | 서헌강, 박성호, 민황식, 권혁남
인 쇄 | 지그래픽

국립문화재연구소 건축문화재연구실
대전광역시 유성구 문지로 132 / 042-860-9214

미륵사지 석탑 보수정비사업단
전라북도 익산시 금마면 미륵사지로 362 / 063) 836-7932



미륵사지 석탑 보수정비사업

Restoration Project
of Stone Pagoda of Mireuksa Temple Site

국립문화재연구소 전라북도

백제 미륵사(彌勒寺)

미륵사는 백제 제30대 무왕(武王, 600~641)이 창건한 사찰로 『삼국유사(三國遺事)』 무왕조(武王條)에 왕이 부인과 함께 사자사(師子寺)에 가는 길에 용화산 밑 큰 연못에서 미륵삼존이 출현하여 왕비의 청에 의해 이곳을 메우고 세 곳에 금당과 탑 그리고 회랑 등을 세웠다고 전해진다.

미륵사지는 1974년 동탑지 조사 이후 약 17년간의 발굴조사를 통해 백제 최대의 사찰이었음이 밝혀졌다. 미륵사는 기존의 전형적인 백제 사찰의 배치형식에서 벗어나 세 개의 탑과 세 개의 금당이 회랑으로 구획되어 각각의 영역을 형성하고 있다. 현재의 미륵사지 석탑은 바로 서원(西院)에 위치한 서탑(西塔)이며 반파된 상태로 남아있었다. 중원(中院)의 탑지는 목탑지로 추정되고 있으며 동탑은 발굴조사 결과 및 9층 석재들이 확인되면서 1992년에 9층으로 복원되었다.

한편, 미륵사는 건물지와 출토 유물 등을 통해 통일신라를 거쳐 조선시대까지 경영되었던 것으로 보이며 17세기 이전에 폐사된 것으로 추정된다. 미륵사는 주변의 왕궁리유적, 제석사지와 더불어 무왕의 천도(遷都)설과 관련성이 높은 것으로 추정되고 있어 더욱 주목된다.



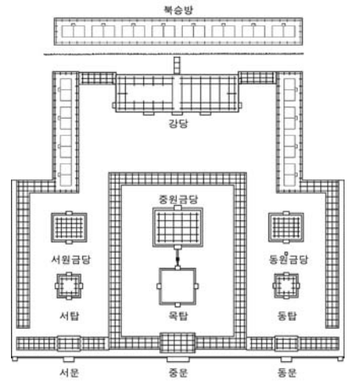
익산 미륵사지(사적 제150호)

미륵사의 배치

미륵사는 백제 최대의 사찰로서 독특한 가람배치를 보이고 있다. 미륵사의 배치는 소위 '品'자형이나 쌍탑 가람의 시원형 등으로 논의되었으나 1980년부터 국립문화재연구소에 의해 전면 학술발굴조사가 이루어지면서 탑과 금당이 일축선을 이루며 각 3개소가 있음이 확인되었다. 이러한 가람배치는 백제가 사비로 도읍을 옮긴 뒤 조영된 사찰에서 보이는 기존의 일탑일금당식 유형과는 다른 형식이다.

기존의 미륵사 배치에 관한 이해는 이러한 배치를 3원 병렬식으로 명명하고 고구려의 3금당식, 백제의 1탑1금당식, 황룡사의 배치 등과 비교하여 유사성과 동시에 차별성을 갖고 있는 독특한 배치 형식으로 이해되어 왔다.

미륵사의 가람배치는 중심영역이 3개의 원(院)으로 구분되는데 중원과 동·서원 각각에는 문-탑-금당이 있다. 한편, 중심영역의 북편에 위치한 강당은 동서로 길게 형성되며 그 좌우에 승방이 남북방향으로 배치되어 있다. 중원은 4면을 모두 회랑으로 구획하여 공간을 명확하게 형성하고 있는 반면 동·서 양원의 경우 북쪽의 강당과 승방이 있는 부분이 막혀있지 않다.



미륵사 배치도

미륵사의 건축유구 현황

중원

중원 회랑지는 중문지, 동회랑지, 서회랑지, 북회랑지가 중원 금당지를 중심으로 하나의 영역을 형성하고 있다. 초석은 원형주좌가 있는 원형초석이 사용되었으며 기단의 형식은 갑석과 면석으로만 구성되어 지대석이 생략되어 있다. 평면형태는 복랑(復廊)으로 동·서 회랑은 25칸, 북회랑은 22칸으로 확인되었고 남회랑지 중문은 정면5칸×측면2칸 또는 3칸으로 추정하고 있다.

목탑지는 방형의 이중기단으로 측면에 하층기단면석과 갑석, 상층기단 지대석 등이 남아 있다. 계단지는 북편에서만 확인되는데, 계단과 중원 금당지 사이에는 석등지와 이를 연결하는 판상의 포석(鋪石)유구가 확인되었다. 목탑은 국내·외 현존 사례 등을 토대로 정면5칸×측면5칸의 9층 복원안이 제시 된 바 있다.



중원영역 전경

중원 금당지는 이중기단 구조로 동·서원 금당지보다 그 규모가 크다. 중원 금당은 중층 또는 삼층으로 추정되고 있으며, 장초석은 확인되지 않았으나 노출된 초반석 등을 통해 평면 규모가 정면5칸×측면4칸임을 확인할 수 있다.


중원 동회랑지


중원 목탑지 북측 계단


중원 금당지

동원

동원 회랑지는 동원 중문지, 동회랑지, 남회랑지, 북회랑지로 구성된다. 기단 형식은 단층기단으로 면석 위에 갑석이 놓이는 간단한 형태이나, 북측면 양 모서리에서 우주석이 확인되었다. 평면은 원형주좌가 있는 초석이 설치된 24칸의 복랑으로 추정하고 있다. 동원 중문지는 북쪽에 문지 기단부 유구를 통해 정면 3칸×측면2칸으로 추정하고 있다.


동원 영역 전경

동원 석탑은 1992년 복원된 것으로 1974년과 1975년 부분 발굴조사를 통하여 초석과 기단, 4면에 부설된 계단석 부재들이 확인되었다. 복원된 석탑은 서원 석탑의 형태와 출토된 부재의 치수 등에 근거하여 이중기단에 평면형태 3칸×3칸, 상륜부를 포함한 높이 27.67m의 9층 석탑으로 복원되었다.

동원 금당지는 기단 부재가 가장 많이 남아 있어 그 구조 및 서원과 중원의 금당지 기단부 추정에 근거가 되고 있다. 초석은 매우 특이한 구조로 초반석 위에 춤이 높은 마름모꼴의 초석이 올려진 이중 초석구조를 하고 있다. 초석의 상부는 홈이 있어 사이를 연결하는 부재가 있었을 것으로 추정하고 있다. 이러한 초석의 이중구조 및 장초석의 사용은 제석사지 목탑지와 익산 왕궁리 유적에서만 나타나는데 중국 고대 건축의 상돈(磉墩)구조와의 연관성이 제시되고 있다. 초석을 통해 추정한 금당지 평면은 정면 5칸×측면 4칸으로 확인되었다. 기단은 이중기단으로 전 · 후면에 계단이 1개소씩 있다.


동원 동회랑지 남단


복원된 동원 석탑


동원 금당지

서원

서원 회랑지는 남회랑, 서회랑, 북회랑으로 구성되며 서원 북회랑에 해당하는 곳이 승방지 남단과 연결된다. 서원 회랑의 연결부에는 암거(暗渠)형식 배수시설이 있어 동원 회랑과 동일한 모습이다. 서회랑의 규모는 24칸의 복랑이며, 남회랑은 동서3칸×남북2칸의 중문을 중심으로 좌측은 정면7칸×측면2칸, 우측은 정면4칸×측면2칸의 규모로 추정하고 있다.

서원 석탑은 국보 제 11호로 지정되어 있으며 우리나라 누각식 목조탑을 석탑으로 재현한 예로써 국내 최대(最大), 최고(最高)의 석탑으로 평가받고 있다. 이중기단의 구성, 기둥의 귀솟음, 공포 형식의 구조를 반영한 옥개받침석, 지붕 추녀를 표현한 옥개석 등이 백제계 양식 석탑의 특성을 조성하는 결정적 요인들로 보고 있다. 평면형태는 동원석탑과 같은 3칸×3칸으로 본래 9층이었을 것으로 추정하고 있다.

서원 금당지는 동원과 마찬가지로 초반석 위에 장초석을 둔 이중 초석구조이다. 기단은 이중기단으로 발굴 당시 하층기단 면석은 비교적 잘 남아 있었으나 상층기단면석이 전부 결실되어 정비공사시 동남측, 남동측 일부에 부재를 이설하였다. 평면의 규모는 전면5칸×측면4칸으로 동원 금당지와 동일하다.


서원영역 전경


서원 금당지

강당과 승방

강당지는 단층기단으로 남동측 모서리에는 우주석과 함께 'ㄱ'자형 기단 갑석이 잘 남아 있다. 계단은 동 · 서 · 남측면에서 확인되는데 남측면 기단에는 중앙을 기준으로 좌측, 우측에 계단이 있다. 평면은 동서13칸×남북4칸으로 남측면 중앙 계단을 중심으로 서편은 벽체로 구성, 동편은 가구식으로 공간을 형성하고 있다. 강당지의 좌우에는 접랑지가 붙어 있어 강당지와 동 · 서원 승방지를 연결하고 있다.


강당지 전경

승방지는 동 · 서원 금당지의 북측에 위치하고 있으며 각각 동 · 서원의 북회랑과 연결되어 있다. 기단은 회랑지와 동일하게 갑석과 면석으로 구성된다. 승방지의 규모는 남북17칸×동서4칸이며, 내부는 한 변 6m의 정방형 방(房) 2개가 한 조를 이루어 각 4조가 있다. 동승방지에서는 아궁이로 추정되는 유구와 토기를 묻은 곳이 4개소 확인되었고, 북승방지는 동서방향으로 길게 배치된 큰 건물지로 강당지 북편에 자리하고 있다. 동단부에서는 동원 승방지와 동일한 형태의 방 유구가 확인되어 승방지로 추정하고 있다. 기단부는 승방지 및 회랑지와 마찬가지로 면석과 갑석으로 구성되어 있다. 평면형태는 동 · 서원 승방지와 같은 구조로 방 2개가 한 조를 이루고 있으나 일부는 승방으로 사용하고 일부는 간단한 도구 제작 관련 작업장 또는 창고로 추측된다.



해체 전 미륵사지 석탑

익산 미륵사지 석탑(국보 제11호)

미륵사지 석탑은 절반 이상 붕괴되어 6층 일부까지만 남아 있었는데 본래 9층이었을 것으로 추정된다. 서측면을 중심으로 1층 높이까지 석축이 보강되어 있었고 그 윗부분은 1915년 일본인들에 의해 콘크리트로 덧씌워 보수된 상태였다.

1층 내부에는 동서남북 네 방향으로 십자형 공간이 있으며 그 중심에는 심주석이 형성되어 있는 것이 특징이다. 또한, 고대 목탑의 구조와 양식을 반영하고 있어 당시 백제 건축기술의 수준을 엿볼 수 있으며 우리나라 최고(最古), 최대(最大)의 석탑으로 그 가치가 크다.

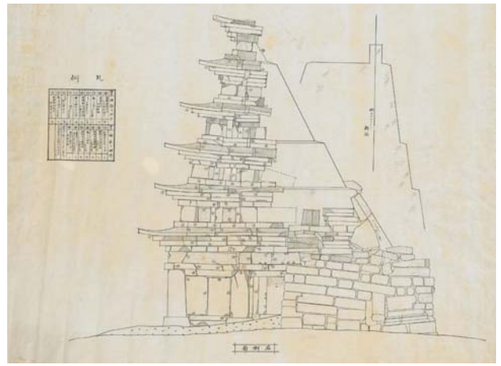
한편, 2009년 1월 석탑 1층 심주석에서 사리장엄이 출토되었는데 금제사리봉영기(金製舍利奉迎記)에서 己亥年(639년) 명문이 확인됨으로써 서탑의 건립시기 및 미륵사 창건의 주체와 성격이 밝혀졌다.



미륵사지 석탑 동측면 (조선고적도보)



붕괴된 상태의 석탑 서측면 (조선고적도보)



석탑 수리도면 (1915년)

미륵사지 석탑 보수정비사업

미륵사지 석탑은 1998년 안전진단 결과 구조적안전이 우려되어 1999년 해체보수정비가 결정되었다. 이후 전라북도와 국립문화재연구소는 대행사업 협약을 체결하고 2001년 10월부터 연구소에서 석탑의 해체조사 및 보수정비를 추진하고 있다.

현재 미륵사지 석탑은 해체가 완료되어 기초부만 남아있는 상태이다. 석탑의 해체는 6층부터 순차적으로 진행되었으며 보강된 콘크리트와 석축까지 모두 해체되었다. 해체 전 석탑에 대해서는 구체적인 문헌기록이나 자료를 찾기 어려웠으나 해체 및 발굴 조사 과정에서 상세한 자료가 축적되기 시작하였고 건축, 보존과학, 고고학, 미술사 등 다양한 분야에 걸쳐 연구가 진행되었다.

그동안의 조사 및 연구 내용은 심포지엄, 공개설명회 등을 통해 관련 전문가 및 일반인에게 공개하고 있으며 해체조사보고서 발간 등 기록보존을 지속적으로 진행하고 있다.



고유제 (해체시연)



심초석 해체

해체조사

미륵사지 석탑은 2001년 10월 6층 옥개석을 시작으로 해체가 실시되어 2004년 2층까지 해체 및 콘크리트의 제거를 완료하였다. 이후 1층 해체에 앞서 내부의 십자형 공간과 석축에 대한 정밀조사를 실시하였고 2005년부터 1층 해체를 시작하였다. 석축은 2008년에 해체가 완료되었고 1층 및 기단은 2010년에 해체가 완료되었다.

석탑 해체 시에는 해체 전, 중, 후 단계에서 각각 정밀조사가 이루어졌다. 원형의 정확한 기록보존을 위해 해체 전, 부재의 해체 순서, 방법, 기초조사내용 등을 현장에서 기록하였다. 주요 부재는 해체 전 위치와 조적상태, 파손 및 절단상태 등을 기록하고, 해체과정에서 노출되는 유물 등은 상세한 조사와 사진촬영을 마친 다음 별도로 수습하여 보관하였다.



해체 전 부재별 위치 측량



해체 전 현황 3D 스캔



해체

실측조사

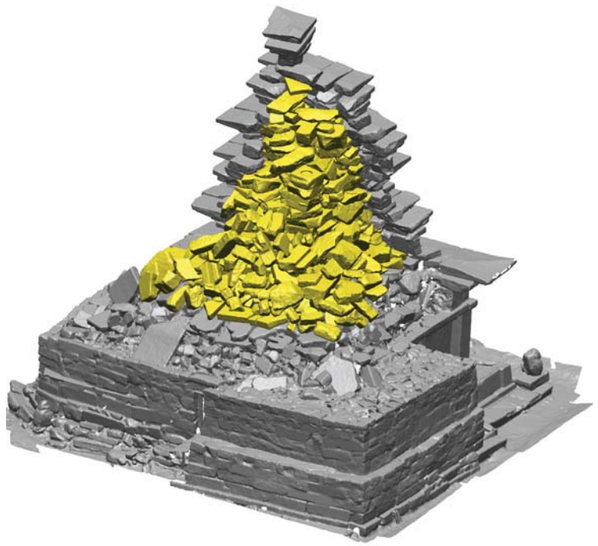
문화재를 보수 · 복원하기 위해서는 먼저 각 대상물의 현황을 정확히 파악하고 기록하여야 하기 때문에 실측조사는 기초적이면서도 가장 중요한 일이다. 미륵사지 석탑에서는 더욱 정확한 데이터를 얻기 위해 여러 가지 방법으로 실측조사를 실시하였다. 전통적인 조사방법을 기본으로 하고 3차원 레이저 스캔을 실시하여 기존의 2차원적 도면과 함께 3차원 형상정보 데이터를 작성하였으며 이를 보존처리 및 관련 연구의 자료로 활용하고 있다.

3D 스캔 정밀실측

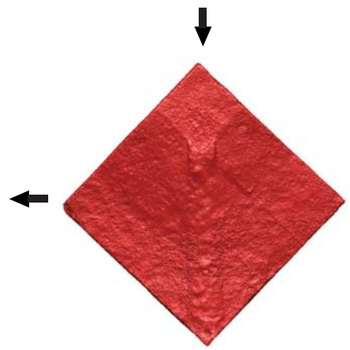
3차원 스캐닝은 해체 전 현황 기록뿐만 아니라 해체 후 개별 부재에 대해서도 실시하였다. 스캔작업은 부재의 회전과 이동이 용이하도록 시설이 갖춰진 공간에서 작업은 이루어지며 해체 순서에 따라 진행하였다.



부재별 3D 스캔 : 해체 후 부재별 8회(윗면 4회, 바닥면 4회)를 기본으로 3D 스캔을 실시한다.



3차원 모델링, 설계 및 보존처리 등에 활용



3D Model 생성 : 점군(Point Clouds)의 형태의 원시데이터

기단부 발굴조사

석탑의 기초 등 주요 부분의 상태를 확인하고 조성방식을 밝히고 발굴조사가 실시되었다. 발굴조사는 기존토층을 최대한 보존하는 범위 내에서 실시되었다. 조사결과 대지를 조성하기 위한 성토층과 석탑 축조를 위해 되파기 후 할석을 혼합하여 더욱 견고하게 조성한 다짐층이 확인되었다. 성토층은 석탑 건립 이전 사지를 조성하는 과정에서 동시에 조성된 것으로 추정된다. GPR탐사 및 지내력 시험을 실시한 결과 현 석탑의 기초는 상당히 견고하고 안정적인 상태로 확인되었다.

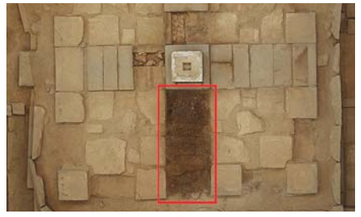

발굴조사 완료 후 전체평면


목봉 다짐흔

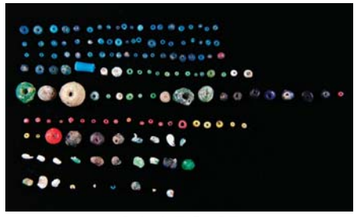

서측 트렌치 내부 상태

진단구(鎭壇具) 출토

십자형 공간의 남측 통로바닥석 하부에서 지진 등 액을 막는 의미를 갖는 진단구가 산발적으로 출토되었다. 토제나발 등 토제품을 비롯하여 청동뒤꽂이, 청동구슬 등의 청동제품과 관옥, 홍옥, 유리구슬 등 옥석 유리제품, 철제류 등 종류가 매우 다양하며 백제 석탑에서 발견된 진단구로써 의미가 크다.


진단구 출토 위치


토제나발


유리구슬 등 출토유물

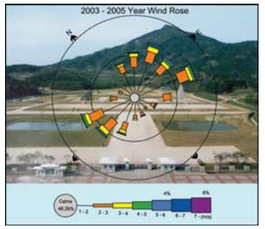
보존과학조사

석재의 풍화는 노출환경에 지배적인 영향을 받는다. 미륵사지 석탑은 오랜 세월동안 외부 환경에 노출되면서 다양한 풍화산물이 표출되었다. 이러한 훼손상태를 분석하기 위해서는 환경조사와 더불어 풍화상태의 훼손지도 작성이 필요하게 되며 대부분 현장에서 이루어진다. 훼손특성에 대한 정보는 해체 후 부재 현황조사를 통해 단위부재 상태조사카드에 기록되며, 이러한 데이터는 추후 보존처리 방안을 강구하는데 기초자료로 활용된다.

환경조사

환경조사는 석조문화재 주변 환경자료를 수집·분석하여 풍화원인에 대한 규명과 보존대책을 마련할 수 있는 기초조사이다. 석탑 주변에 자동기상관측기를 설치하여 온·습도, 강수량, 일사량, 풍향 및 풍속 등을 측정하였다.

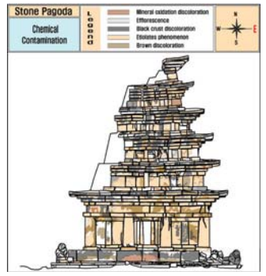

기상관측기(S-10RM)



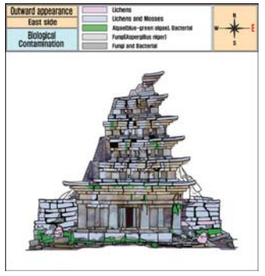
2003~2005년 바람장미

훼손지도 작성

석조문화재는 자연환경에 노출되면서 물리적, 화학적, 생물학적 손상이 복합적으로 진행된다. 따라서 석탑에서 관찰되는 훼손상태를 종합적으로 관리하기 위해 훼손지도를 작성하였다. 이러한 작업은 훼손 유형별 정보의 기록 및 보존처리 방안을 수립하는데 중요한 자료로 활용된다.



화학적 훼손지도


생물학적 훼손지도

단위부재상태조사

육안으로 관찰되는 각 부재의 유형별 훼손 특성과 범주 등을 상세히 조사, 기록하는 과정으로 규격조사, 입면사진, 훼손유형별 세부사진을 첨부하여 부재별 상태에 대한 진단을 하게 된다. 특징적 훼손양상이 표출된 경우에는 미세확대현미경을 이용하여 정밀한 데이터를 확보하였으며 각 부재의 형태적, 암석학적, 훼손도 등을 종합적으로 관리할 수 있도록 단위부재조사카드를 작성하였다.


부재표면 미세확대현미경 촬영


단위부재조사카드 작성

보존처리

환경조사, 훼손지도 작성, 단위부재조사카드와 학술조사연구 등을 바탕으로 부재별 보존처리 범위와 방법을 설정하고 직접적인 처리가 진행되었다. 향후 재사용 대상 부재를 우선적으로 세척, 파손부 접합, 복원, 충전 등의 보존처리를 진행하고 있으며 장기적인 보존관리 방안을 마련 중에 있다.

세척

미륵사지 석탑은 일반적으로 건식과 습식세척을 사용하고 있으며, 2차 훼손을 방지하기 위한 다양한 세척방법에 대한 적용성을 시험하였다. 그 결과 스팀과 소다블라스팅을 이용한 방법이 가장 효과적이며 부재의 2차 훼손을 최소화하는 것으로 파악되었다.



스팀세척

접합

파손부재들 중 구조적으로 많은 영향을 받는 위치의 부재는 금속보강재를 매입하여 석재용 에폭시수지로 접합하고 있다. 또한, 충전제를 사용하여 미세균열의 충전 및 압축강도의 증가를 유도할 수 있고 여기에 동질의 석분을 선택적으로 첨가하여 표면의 이질감이나 색상을 보정하고 있다.



구조 보강 접합

복원

부재 결실부의 복원 기준은 결실부의 구조적 위치와 규격의 대소에 따라 차등 적용한다. 따라서 구조 및 형태적 복원이 필요한 부위에는 신석재로 복원하고, 경미한 표면 결실이나 균열이 진행된 부분에는 에폭시수지로 복원한다.



수지복원 후 표면 가공

충전

부재의 균열은 점진적으로 절단의 가능성이 높은 유도선 역할을 하기 때문에 기본적으로 에폭시수지로 충전하고 또한, 지속적 위험성에 노출된 부분 즉, 공동이나 박리로 인해 표면유실이 발달될 소지가 있는 부분에 대해서도 에폭시수지를 충전한다.



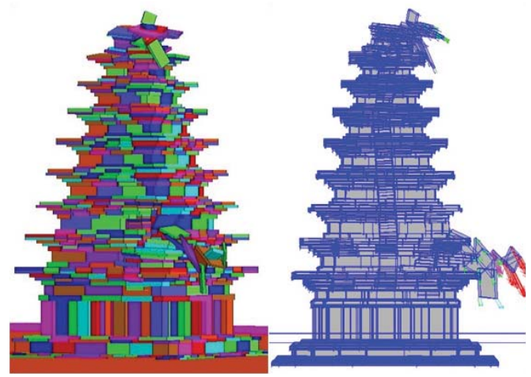
균열부 충전

학술조사연구

붕괴원인조사연구

석탑의 붕괴원인을 규명하기 위해 문헌기록 및 현황을 면밀히 검토하여 지진, 벼락, 지반구조의 취약, 석재의 내구성 저하 등을 석탑의 붕괴원인으로 가정하였다. 이를 토대로 축조방식조사, 재료시험, 수치해석 및 시뮬레이션을 실시하여 붕괴원인을 규명하고자 하였으나 명확한 결론을 도출하기는 어려웠다.

한편, 발굴조사에서 확인된 바에 의하면 초반석들이 심하게 파손되거나 풍화된 것들이 많고 부재두께도 각각 달라 불규칙한 모습이었는데,정확한 선·후 관계는 알 수 없으나 초반석의 내구성 저하나 불규칙한 형태가 석탑의 붕괴에 영향을 미쳤을 가능성도 있다.

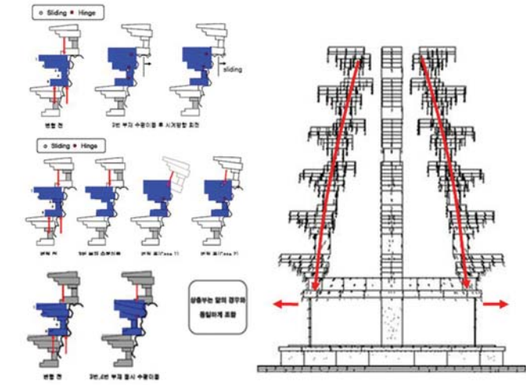


붕괴원인 시뮬레이션

구조안정성평가연구

석탑의 지반내력 및 허용 침하량 산출을 통한 지반의 안정성, 석탑 내의 하중경로 및 부재 작용 응력, 복원안별 안정성 등을 검토하였다. 연구결과 6층까지 축조 시 지반상태는 안전하며 복원안별 석탑의 안정성을 저해시키는 요소는 없는 것으로 판단되었다.

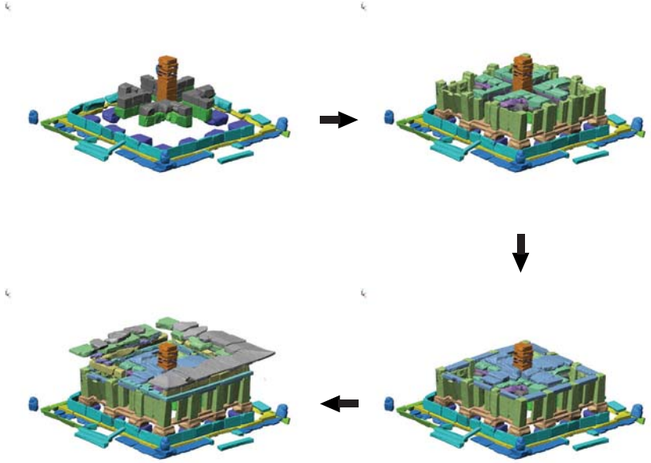
석탑은 외부부재와 적심이 분리된 구조로써 외부부재 자중(自重)의 약 30% 정도가 내부 적심으로 전달되며 구조적 안정성을 증가시키기 위해서는 옥개석 등의 뒷뿌리가 적심에 확장되도록 하고 탑신받침석등 수평재는 편심에 의한 응력의 집중을 완화하도록 견실한 부재의 설치가 요구되었다. 또한, 기존 석탑부재의 강도는 작용응력에 대해 역학적인 강도는 안전하나 부재별 안전도를 검토하여 사용하도록 제안되었다.



상부하중 전달 경로 분석

3차원 데이터를 활용한 정밀모형 제작 및 실시설계

미륵사지 석탑은 2002년부터 해체 전 · 후 개별 부재 및 전체 형상에 대한 레이저 스캐닝이 실시되었으며 2010년까지 석탑에 대한 3차원 데이터 구축이 완료되었다. 이러한 3차원 데이터는 컴퓨터 시뮬레이션 및 자동화 공정을 통해 정밀모형 제작에 적용되었으며 향후 보수정비설계 및 시공방법을 검토하는데 중요한 자료로 활용된다.



3차원 시뮬레이션 – 1층 가상 조립의 예



3차원 데이터를 활용한 모형 제작



미륵사지 석탑 복원안(남동측)



미륵사지 석탑 복원안(동북측)

기초토층 보강방안 연구

지금까지의 학술연구와 시험결과 등을 검토하여 백제시대 창건 기초는 석탑을 6층까지 복원하여도 안전한 것으로 판단되었다. 그러나 조사과정에서 불가피하게 변형된 기단내부의 토층은 보강이 필요하며 장기적으로 구조적 안전을 장담하기 어렵기 때문에 이에 대한 연구가 실시되었다.

연구결과 개선된 판축다짐 보강방안은 설계하중 요구치 지지력의 약 2배를 상회하는 것으로 확인되었다. 또한 함수율 변화가 허용지지력에 미치는 영향을 검토한 결과 판축다짐 이후 여름철 우기에도 안정성에는 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. 한편, 무기질재료를 보강하여 시공할 경우에는 구조적으로 안전하지만 실제 문화재수리에 적용한 사례가 없어 신중한 검토가 필요하다는 결과가 도출되었다.



판축다짐 보강



무기질재료 보강

미륵사지 축기부 토양 성분 분석 및 조사연구

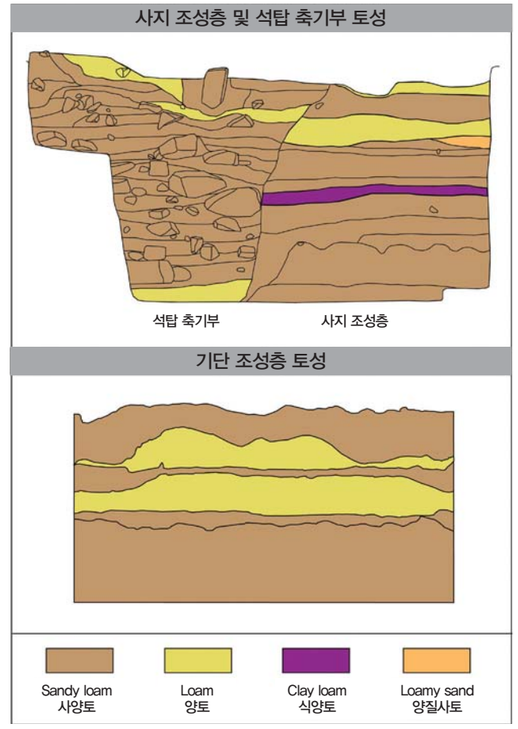
석탑의 기초는 기단 바깥으로 성토층을 조성하여 되파기한 후 흙과 잡석을 사용하여 견고하게 다진 것으로 확인되었다. 이러한 판축층은 여러 켜로 층층이 다져올라간 모습이며 구조적으로도 상당히 안정적인 것으로 판단된다.

토층을 구성하고 있는 토양의 물리적·광물학적 특성 분석과 입도 분석 및 토양의 유기물 함량 분석, 산지추정 및 제작기법 등을 규명하고자 하였다. 결과적으로 석탑 축기부의 토양은 대체로 양토와 사양토로 구성되었으며 석회나 점토를 사용하거나 특별한 정선 과정을 거치지는 않은 것으로 조사되었다.

신석재 공급지 암석학적 조사연구

석탑을 복원하기 위해서는 신석재의 보충이 필요하며 공급 대상 석재는 석탑 원암과 재료학적으로 동일해야 한다. 조사결과 미륵사지 석탑의 석재 산지는 사지 북편에 있는 미륵산이지만 제반여건상 원석 확보에 많은 어려움이 있다. 따라서 현재 채석이 가능한 익산지역을 중심으로 암석학적 동질성 해석 및 물성연구를 통해 석탑 원암과 가장 유사한 지역을 선정하게 되었다.

암석학적으로 석탑 원암과 가장 유사한 거동특성을 보인 지역은 낭산과 황등의 채석장이었으며, 물성평가에서는 황등 채석장의 암석이 가장 안정적인 것으로 확인되었다.



석탑 기초 토양의 구분 모식도

사리장엄 발견

2009년 1월 14일, 1층 해체조사를 진행하던 중 심주석 상면 중앙에서 사리공이 발견되었다. 사리공 주변에는 십자(十字) 먹선과 석회로 밀봉한 흔적이 남아있었다. 사리장엄은 사리공 안에 안치되어 있었는데 사리호, 금제사리봉영기, 은제관식, 청동합 등 다양한 공양품이 일괄로 출토되었다. 이를 통해 석탑의 건립시기가 밝혀졌으며 미륵사 창건의 성격과 주체 등이 밝혀졌다. 또한, 출토 유물 편년에 절대연대가 확인됨으로써 당시 백제의 역사와 문화 연구에 획기적인 자료를 제공하게 되었다. 미륵사지 석탑 사리장엄 출토는 백제지역 최대의 고고학적 성과중 하나로 평가되고 있다.



최초 발견 모습

유물 출토상황

석탑 1층 심주석 중앙에 방형 사리공(한 변 25㎝, 깊이 27㎝)을 조성하고 바닥에는 바닥면을 덮을 수 있는 크기의 판유리를 깔고 그 위에 다양한 유물을 차례로 안치하였다. 먼저 사리공 사면에 청동합 6개를 두고 이 합들 사이에는 유리구슬을 채운 뒤 남측에는 은제관식과 금제소형판들을, 북측에는 직물에 싼 칼(刀子) 4자루를 두고, 동측에 1자루, 서측에 2자루의 칼을 각각 올려놓았다. 그리고 남측 벽면에 비스듬히 금제사리봉영기를 올려놓고 정중앙에 사리호를 마지막에 안치한 상태로 확인되었다.

사리장엄 유물목록

건	유 물 명	크 기(㎝)	점	비 고
1	금동제사리외호	7.7×13	1(일괄)	금제구슬, 유리구슬, 광물, 유기물 등(3,990여점)
2	금제사리내호	2.6×5.9	1(일괄)	금제구슬, 유리구슬, 유기물, 사리 등(275점)
3	유리제사리병	0.9×1.5(잔존부)	1	파편 일괄 포함
4	금제사리봉영기	15.3×10.3×0.13	1	己亥年(639년), 百濟王后 명문, 193자(앞 99자, 뒤 94자)
5	금제족집게	0.8×5	1	금사 등 실을 꼬아 만든 끈 포함
6	금판	1.5×8.3×0.1 내외	18	시주자 명문 3점
7	금괴	2.9×1.9 이하	3	크기 및 형태 각각 다름
8	금제고리	Ø1.5	1	
9	금제구슬	Ø0.4 이하	23	화형 6점, 원형 17점
10	금동제고리	2.1(Ø1.4)	1	두 개가 연결된 한쌍
11	금분	–	1	직물 주변에서 수습
12	은제관식	3.7×13.4, 4×13.2	2	1단형, 2단형
13	은제과대장식	2×13.8, 2.1×3.9	2	띠드리개장식 1점, 과판 1점
14	은괴	1.3×1.8	1	
15	주석괴	3.6×2.8	1	유리판 위에서 수습
16	청동합	8.3×4.6 이하	6	금제고리, 금제구슬, 금판, 금제이식, 금괴, 유리구슬, 호박, 곡옥, 진주구슬, 금속사, 직물, 유기물 등(4,970여점)
17	유리판	23×23×1	1	사리공 내 최하부에 위치
18	유리구슬	Ø1~Ø1.8	566	
19	소형유리구슬	Ø0.2~Ø0.4	30	
20	도자	2.2×18 내외	7	부식이 심한 상태
21	호박	2.2×1.9, 2.1×1.2	2	
22	진주구슬	Ø0.5~Ø0.8	32	
23	직물	–	1(일괄)	견직물 및 금사 등, 부식이 심한 상태
계		23건 9,900여점		* 사리호 및 청동합 내부유물 포함





01

금동제사리외호 | 金銅製舍利外壺

높이 13㎝ 어깨 폭 7.7㎝

외호는 보주형(寶珠形) 꼭지가 달린 뚜껑과 긴 목, 둥근 어깨를 지닌 동체(胴體)로 되어 있다. 특히 외호 동체는 상하로 나뉘며 아랫부분에 'ㄴ'자형으로 홈을 파고 돌려 끼우는 방식으로 결합된다. 외호 안에는 내호를 비롯해 다양한 색상의 유리구슬과 금제구슬, 향분추정 유기물 등이 채워져있다.

02

금제사리내호 | 金製舍利內壺

높이 5.6㎝ 어깨 폭 3.1㎝

내호는 외호와 달리 뚜껑과 동체 상부가 일체형이며 금판을 두드려서 만든 단조기법으로 제작되었다. 내호에서는 유리제사리병 파편과 사리 등이 추가로 확인되어 미륵사지 석탑 사리봉안은 금동제사리외호-금제사리호-유리제사리병의 3중 구조로 밝혀졌다.

03

유리제사리병 | 琉璃製舍利甁

구연부 직경 4㎜ 두께 약 0.3㎜ 유리편 두께 약 0.1㎜

내호를 조사하는 과정에서 유리제사리병과 사리가 확인되었다. 구연부와 뚜껑 외에는 작고 얇은 수십개의 파편상태로 수습되었다. 사리는 사리병 안에 봉안되었던 것으로 보이며 꼭지가 달린 구형(球形)의 뚜껑은 짙은 갈색을 띠고 있다.



사리병 구연부 및 뚜껑



사리

04

금제사리봉영기 | 金製舍利奉迎記

가로 15.3㎝ 세로 10.3㎝ 두께 1.3㎜

백제 왕후가 가람을 창건하고 己亥年(639)에 탑을 조성하여 왕실의 안녕을 기원하는 내용의 발원문으로 미륵사 건립의 성격, 발원자, 석탑 건립연대 등을 알 수 있다. 앞면에 9자씩 11줄로 99자, 뒷면에는 94자를 새겨 전체 193자를 각자(刻字)하였으며 특히, 앞면에는 주사(朱砂)를 사용하여 글자를 더욱 선명히 드러나게 하였다.



금제사리봉영기(뒷면)



금제사리봉영기(앞면)

■ 원문해석

김상현 (동국대학교 교수)

가만히 생각하건데, 法王께서 세상에 출현하시어 根機에 따라 赴感하시고, 중생에 응하여 몸을 드러내신 것은 마치 물 가운데 비치는 달과 같았다. 이 때문에 王宮에 의탁해 태어나 娑羅雙樹 아래에서 열반에 드셨는데, 8斛의 舍利를 남겨 三千大天世界를 이익 되게 하셨다. 마침내 찬란히 빛나는 五色(사리)으로 일곱 번을 돌게 하였으니, 그 神通變化는 不可思議하였다.

우리 百濟王后는 佐平 沙宅積德의 딸로서 오랜 세월[曠劫] 동안 善因을 심으시어 금생에 뛰어난 과보[勝報]를 받으셨다. (왕후께서는) 萬民을 어루만져 기르시고 三寶의 棟梁이 되셨다. 때문에 삼가 깨끗한 재물을 희사하여 伽藍을 세우고, 己亥年 정월 29일에 사리를 받들어 맞이하셨다.

원하옵건대, 世世토록 공양하여 영원토록[劫劫] 다함이 없어서 이 善根으로 우러러 大王陛下의 수명은 산악과 나란히 견고하고, 王位[寶曆]는 천지와 함께 영구하여, 위로는 正法을 크게 하고 아래로는 蒼生을 교화하는데 도움이 되게 하소서.

다시 원하옵건대, 왕후의 몸에 나아가서는, 마음은 水鏡 같아서 法界를 항상 밝게 비추시고, 몸은 金剛과 같아서 허공과 같이 不滅하시어, 七世를 永遠토록 다함께 福利를 받고, 모든 중생들이 다함께 佛道를 이루게 하소서.



05

금판 | 金板

폭 1.5㎝ 길이 8.3㎝ 두께 1㎜

손가락 길이의 얇은 금판으로 당시 화폐의 기능을 담당한 금정(金錠)으로 추정된다. 중부(中部), 하부(下部), 덕솔(德率)과 같은 명문을 통해 당시의 행정체제나 관등을 살펴볼 수 있다.



06

금제족집게 | 金製鑷

폭 0.8㎝ 길이 5㎝

족집게 표면은 누름기법 및 어린문(魚鱗紋)이 음각으로 장식되었다. 특히, 상부에는 고리가 있고 금사 등으로 실을 꼬아 만든 끈이 연결되어 있었다.



07

청동합 | 青銅盒

지름 8㎝ 높이 4.3㎝ 내외

사리장엄에서 흔히 사리병과 봉안되는 유물 중 하나로 모두 6점을 수습하였는데 크기와 형태가 각각 다르다. 사리호 주변을 에워싸는 형태로 놓인 것으로 보이며 내부에서 다양한 유물이 확인되었다.



08

은제과대장식 | 銀製銙帶裝飾

과판 폭 2.1㎝ 길이 3.8㎝

띠드리개장식 폭 2㎝ 길이 13.8㎝

허리띠(銙帶)에 사용된 과판(銙板)과 띠드리개장식이 각각 1점씩 수습되었다. 사리장엄 안치 시 허리띠 없이 장식만 공양물로 안치한 것으로 보인다.



09

은제관식 | 銀製冠飾

폭 4㎝ 길이 13.2㎝

폭 3.7㎝ 길이 13.4㎝

얇은 은판에 좌우 대칭의 도안을 그린 다음 끌로 오려내고 장식의 좌우를 접어 '∧자' 모양으로 각지게 만들었다. 중심 줄기에는 곁가지를 내었는데 1단과 2단의 두 가지로 그 끝을 당초문과 꽃봉오리모양으로 장식하였다.



10

유리판 | 琉璃板

가로 23㎝ 세로 23㎝ 두께 1㎝

사리공 크기에 맞추어 정방형으로 제작되었는데 가장 밑면에 깔아 공양물을 안치할 수 있도록 한 것으로 보인다. 여러 조각으로 파손된 상태이나 백제시대 유리의 제조기술이나 도입 경로를 파악할 수 있는 중요한 유물이다.



11

금괴 | 金塊

폭 1.4㎝ 길이 2.9㎝ 내외

금괴는 3점이 출토되었는데 크기 및 형태가 각각 다르다. 이 중 2점은 타원형에 가깝고 나머지 1점은 일정한 형태로 잘라서 쓴 것으로 추정되는데 모서리가 둥글게 처리되어 있고 표면에 부식물이 덮여 있는 상태였다.



12

곡옥 | 曲玉

가로 1.4㎝ 세로 1.2㎝ 내외

4번 청동합에서 발견된 곡옥으로 1점 확인 수습되었다. 초승달 모양의 비취색으로 채색된 금모를 씌워 장식하였다. 어려운 누금기법장식 등을 통해 백제인의 수준높은 금속공예 기술을 보여준다. 몸체인 곡옥과 금모를 함께 관통한 구멍이 크게 뚫려 있다.



13

금판, 금제이식 | 金板, 金製耳飾

가로 1.38㎝ 세로 5.8㎝

가로 1.4㎝ 세로 5.5㎝ 직경 2.93㎝

4번 청동합에서 발견된 2점의 금판과 금제이식이 수습되었다. 둥글게 말려진 상태로 발견되었고 금제이식의 머리부분은 연봉형태이다.



14

호박 | 琥珀

가로 2.9㎝ 세로 1.9㎝

가로 2.1㎝ 세로 1.2㎝

4번 청동합 내에 1점의 호박이 발견되었다. 호박의 보존 상태는 3점 모두 표면에서 내부층까지 미세 균열이 심각하게 풍화된 상태이다.



15

도자 | 刀子

가로 2.2㎝ 세로 18㎝ 내외

도자는 모두 7점이 확인되었는데, 덮여있던 직물과 함께 부식되어 보존상태가 좋지 못하다. 몸체는 목재로 제작되었으며 양 끝에 금제로 투겁을 씌워 마감하였고 특히 1점은 손잡이인 환두(環頭)에 투조(透彫)로 화려하게 장식하였다.



16

직물 | 織物

가로 2.9㎝ 세로 1.9㎝ 내외

직물은 청동합 내부 및 사리공에서 도자를 감싸고 유리구슬 주변을 덮고있던 형태로 수습되었다. 금(錦), 라(羅), 사(沙), 능(綾)과 같은 고급 직물을 사용하였다.



청동합 내부 유물

주요 추진경과

1998년	미륵사지 석탑 구조안전진단
1999년	문화재위원회 미륵사지 석탑 해체보수 결정
2000년	가설덧집 설치 / 미륵사지 석탑 보수정비사업단 구성
2001년	해체 전 석탑 실측조사 / 석탑 해체용 목재비계 설치 / 전라북도와 국립문화재연구소 대행사업협약 체결, 고유제 실시
2002년	사업 자문위원회 구성 / 석탑 6층~3층 해체 완료 / 생물침해현황 및 처리제 조사연구
2003년	「미륵사지 석탑 해체조사 보고서 Ⅰ」발간 석탑 2층 해체 완료 / 캄보디아 앙코르와트유적 복원 현장조사
2004년	「미륵사지 석탑 해체조사 보고서 Ⅱ」발간 / 콘크리트 해체 완료(185톤) / 석탑 표면오염물 조사연구 인도네시아 보로부두르유적 복원 현장조사 / 「미륵사지 석탑 해체조사보고회」개최
2005년	석탑 1층부 정밀조사 및 붕괴원인조사연구 / 콘크리트 성분분석 및 강도조사 / 「미륵사지 석탑 해체 및 복원 심포지엄」개최 그리스 · 이탈리아 석조유적 현장조사 / 「미륵사지 석탑 해체조사 보고서Ⅲ」발간
2006년	석탑 1층 석축 해체조사 착수 / 석탑 부재 물리 · 화학적 풍화도 조사연구
2007년	미륵사지 석탑 구조안정성평가연구 / 석탑 풍화부재 강화처리 조사연구
2008년	지역민 현장간담회 및 현장공개설명회 개최 수습유물 성분분석 및 조사연구 / 미륵사지 주변 석부재 현황조사 미륵사지 석탑 기초설계 및 모형 제작 / 십자형 내부공간 3D스캔 정밀실측조사 석축 해체 완료
2009년	사리장엄 발견 및 수습조사, 기자설명회 / 「사리장엄 특별전」공동개최 보강처리부재 구조성능 조사연구, 기단부재 보존처리 / 석탑 기단부 발굴조사 착수
2010년	석탑 해체 및 발굴조사 완료, 기단 및 1층부재 보존처리 / 부재 보강처리 설계기준 1차, 2차 연구 「백제 불교문화의 寶庫, 미륵사」국제학술심포지엄 개최 축기부 토양 성분분석 및 조사연구, 신석재 공급지 암석학적 조사연구 기단부 GPR탐사, 토층전사, 평판재하시험
2011년	「미륵사지 석탑 해체조사 보고서Ⅳ」발간 / 3차원 실측을 통한 정밀모형제작, 사리장엄 3D스캔 실측조사 미륵사지 석탑 보수정비 계획설계, 기단 및 1층부재 보존처리 미륵사지 석탑 축기부 토층 보강방안 연구 / 「미륵사지 석탑 국제포럼 개최」, 지역민 공개설명회 개최
2012년	「미륵사지 석탑 기단부 발굴조사보고서」발간, 기술지도위원회 구성 미륵사지 석탑 보수정비 실시설계, 기단 및 1층~2층부재 보존처리 석축부재 및 출토유물 조사, 봉안물 제작, 시설유지보수공사 석조문화재 구조보강처리방법 특허 출원, 무기질 보수재료 연구
2013~현재	미륵사지 석탑 기초 보강방안 연구 / 석조문화재 보수기술 분야 특허 출원 미륵사지 석탑 보수정비공사 및 감리용역 착수 / 1층~2층 부재 보존 처리 「미륵사지 석탑 복원 착수식」개최 / 「미륵사지 석탑 사리장엄」도록 발간