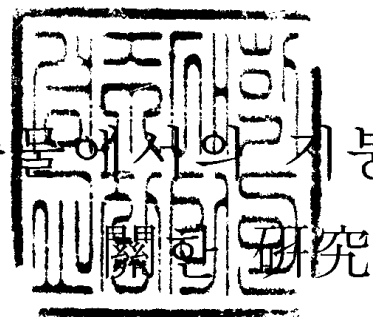


碩士學位 請求論文

傳統 木造건축물에서 의 지붕하중 경감효과에



關한 研究

慶州大學校 産業經營大學院

建設工學科

李 相 岸

指導教授 尹 相 泉

2004年 8月

016400

傳統 木造건축물에서의 지붕하중 경감효과에
關한 研究

慶州大學校 産業經營大學院

建設工學科

李 相 岸

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

指導教授 尹 相 泉

2004年 8月

李相岸의 碩士學位論文을 認准함

審査委員 崔 戊 鉉



審査委員 金 閏 七



審査委員 尹 相 泉



慶州大學校 産業經營大學院

2004年 8月

목 차

제1장 서론	1
1.1. 연구의 목적	1
1.2. 연구의 범위 및 방법	2
1.3. 선행연구의 고찰	4
제2장 대적광전(大寂光殿)의 개요	5
2.1. 소재지	5
2.2. 연혁	5
2.3. 기림사의 배치	7
2.4. 대적광전(大寂光殿)	9
제3장 구성요소 및 특징	13
3.1. 평면(平面)	13
3.2. 기단(基壇) 및 초석(礎石)	15
3.3. 기둥(柱)	17
3.4. 공포(栱包)	20
3.5. 처마	23
3.6. 지붕	26
제4장 구조해석 결과 및 고찰	30
4.1. 구조부재의 성질	30
4.2. 해석모델 및 적용	33
4.3. 적용하중	37
4.4. 결과 및 고찰	39
제5장 결 론	51
참고문헌	52

표 목 차

표 1. 경주지역 주요 전통 목조건축물	3
표 2. 기둥의 분류	18
표 3. 목재의 용도	30
표 4. 목재의 물리적 성질	31
표 5. 목재의 강도	32
표 7. 한식 기와의 치수 및 소요량	37
표 8. 전통적인 기와 얹기	38
표 9. 덧서까래식 기와 얹기	38
표 10. 하중조건 변화에 따른 변형해석 결과	39
표 11. 기둥에 작용하는 압축하중(tonf)	40
표 12. 기둥의 허용 응력도	41

그림 30. Deformed Shape (X5열)	48
그림 31. Deformed Shape (X6열)	49
그림 32. 기둥의 Reaction Forces	50

제1장 서론

1.1. 연구의 목적

우리나라의 전통 건축물은 목재를 주요 재료로 이용하여 건축되어졌다. 이러한 전통 목조 건축물은 목재라는 재료의 특성상 서양의 석조건축물에 비해서 보존과 전수가 어렵다. 고구려 벽화고분을 통해보면 이미 삼국시대 공포(栱包)를 지닌 목구조가 존재하였음을 알 수 있다¹⁾. 지금은 고려시대 건축물인 부석사 무량수전과, 봉정사 극락전이 최고(最古)의 건축물로 남아있다.

오랜 세월을 거쳐 오면서 우리 고유의 건축문화를 형성하였던 전통목조건축물은 오늘날 소중한 문화유산으로 가능한 원형을 잘 보존하여 후손들에게 물려주어야할 책무가 우리들에게 주어졌다.

현재까지의 전통목조건축과 관련한 기존의 연구는 주로 공포에 근거를 둔 다포(多包), 주심포(柱心包), 익공(翼工), 하양(下昂) 등 형태에 근거한 양식사가 주된 관심사였다. 하지만 전통 목조건축물은 소위 가구식(架構式) 구조기법을 채택하여 목재의 선택 및 조합방식에 따라 구조물의 강성이 많이 좌우되는 특성을 가지고 있다. 이러한 전통 목조건축물은 과거 경험적 지식에 근거하여 축조되고 계승되고 있으므로 재료 및 구조적 특성을 고려한 공학적(工學的) 검토가 필요한 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 경주지역에 소재하는 기림사 대적광전에서의 지붕하중 경감방안을 제시하고, 이에 따른 효과를 검토·고찰하고자 한다.

1) 김동욱, 한국건축의역사, 기문당, 2001年, 52쪽

1.2. 연구의 범위 및 방법

전통목조건축물은 서양식목조건축물 비하여 건물자체 하중 특히 지붕의 하중이 상당히 큰 비중을 차지하고 있다. 전체적으로 무거운 고정하중(固定荷重)은 서양식 목구조에 비해 강성(鋼性)이 부족한 결구(結構)를 눌러주어 결구의 강성을 보강해주는 역할을 함으로써 긍정적인 면을 가지고 있다. 가구 자체 하중이 무거운 것은 또한 지진이나 바람으로부터 건축물의 변형을 일차적으로 저항해주는 역할을 하고 있다. 그러나 상부의 무거운 자체하중은 목구조 전체에 균등히 분배되지 않을 때에는 가구 전체의 뒤틀림, 쏠림 등의 변형을 초래케 된다.²⁾

이러한 특징을 가진 경주지역 전통 목조건축물은 양동 민속마을의 관가정, 향단, 무침당, 심수정, 독락당, 옥산서원 등 많이 분포하고 있지만, 본 연구에서는 기림사 대적광전을 대상으로 재료 및 구조특성을 고려한 공학적 성질을 검토 하고자 한다.

대상구조물의 모델링 및 해석은 구조해석 프로그램인 MIDAS/GEN을 이용하였다.

2) 金奉健, 傳統木造建築의 構造解析, 대한건축학회지(1992年7月)

표 1. 경주지역 주요 전통 목조건축물

No.	건물명	소재지	비고
1	무첨당	경주시 강동면	보물 411호
2	향단	경주시 강동면	보물 412호
3	독락당	경주시 안강읍	보물 413호
4	관가정	경주시 강동면	보물 442호
5	기림사대적광전	경주시 양북면	보물 833호
6	옥산서원	경주시 안강읍	사적 154호
7	경주나정	경주시 탑동	사적 245호
8	재매정	경주시 탑동	사적 246호
9	경주향교	경주시 교동	유형문화재 191호
10	서백당	경주시 강동면	중요민속자료 23호
11	김현용고가	경주시 탑동	중요민속자료 34호
12	낙선당	경주시 강동면	중요민속자료 73호
13	사호당	경주시 강동면	중요민속자료 74호
14	상춘헌	경주시 강동면	중요민속자료 75호
15	근암고택	경주시 강동면	중요민속자료 76호
16	두곡고택	경주시 강동면	중요민속자료 77호
17	수졸당	경주시 강동면	중요민속자료 78호
18	이향정	경주시 강동면	중요민속자료 79호
19	수운정	경주시 강동면	중요민속자료 80호
20	심수정	경주시 강동면	중요민속자료 81호
21	안락정	경주시 강동면	중요민속자료 82호

1.3. 선행연구의 고찰³⁾

김봉건의 <전통 중층 목조건축에 관한 연구>(1994)에서는 중층 목조건축 가운데 온칸물림 방식 및 반칸물림 방식의 전단력, 축하중, 모멘트, 변형 등의 구조거동을 컴퓨터 프로그램을 통해 시뮬레이션하여 중층건축의 구조적 특성을 밝히고 있다.

배병선, 이영욱의 <정림사 석불보호각 구조진단보고서>(1999)는 컴퓨터 해석 프로그램과 1/2 공포 모형의 실험을 통해 공포를 구성하는 부재의 전단력과 모멘트, 변형 등 구조적 거동을 분석하여 추력을 축력으로 바꾸어주는 현상을 발견하였다.

홍성걸의 <경희루 추녀부의 구조 안전도에 관한 연구조사>(2000)는 목조건축의 단면에 대한 응력 해석을 시도하여 그 구조적 특성을 밝히고 부재 내력을 검토한 연구이다.

3) 배병선, 목구조 연구의 현황과 과제, 한국건축역사학회창립10주년기념 학술발표대회

제2장 대적광전(大寂光殿)의 개요4)

2.1. 소재지

본 연구의 대상은 기림사 대적광전(보물 제833호)이다. 기림사의 현 행정구역상의 위치는 경상북도 경주시 양북면 호암리이다.

2.2. 연혁

기림사의 창건 시기에 대해서는 선덕여왕 때라는 설과 인도의 광유성인이 창건했다는 설이 각각 다른 문서로 기록되어 전해져 오고 있다. 전자는 <사적>(1970年刊)이나 대적광전 제6중창 상량문서(1785년)에서 볼 수 있다.⁵⁾ 후자는 <기림사중창기>(1705년)에 실려 있는 내용이다.

상량 문서명에 의하면 현존 대적광전은 1629년이나 1755년에는 대웅전으로 불렸으나 1785년의 6중창 때 대적광전으로 명칭이 변경되었음을 알 수 있다.

대적광전은 도리(道里)에 기록된 문서명에 의하면 건물이 지어진 후부터 1978년까지 7차례의 중수가 시행되었음을 알 수 있다. 그 이후에는 1989년에 번와 공사가 시행되었고 1997년에는 완전해체 보수공사가 시행되어 지금까지 9차례의 중수공사가 시행되었다.

4) 祇林寺大寂光殿 解體實測調查報告書, 慶州市(1997年12月)

5) 祇林寺大寂光殿 初創自新羅善德大王願堂也

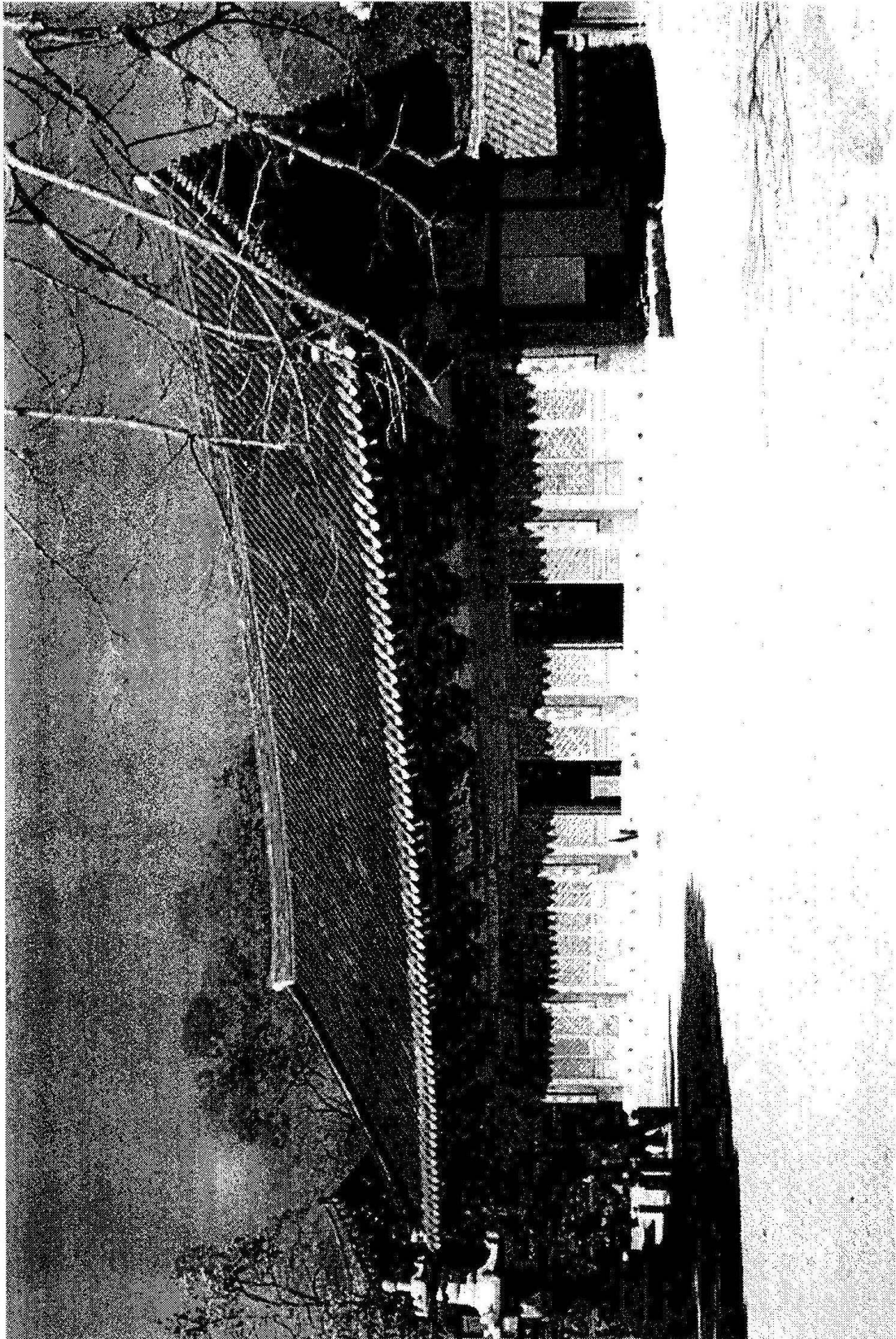


그림 1. 대적광전 정면

2.3. 기림사의 배치

기림사의 건물들이 자리 잡고 있는 경역은 지형상 높은 쪽과 낮은 쪽으로 나뉘어 진다. 낮은 쪽에는 천왕문, 범종루, 진남루, 응진전, 대적광전, 약사전, 주지실, 요사채 그리고 목탑지 등이 자리 잡고 있는데 현재 기림사에 남아 있는 옛 건물중 주요 불전들은 대부분 낮은 쪽에 세워져 있다.

대적광전은 지형상 낮은 쪽의 가장 안쪽에 자리 잡고 있는 불전인데 기림사에서 가장 격이 높은 중요한 건물이다. 대적광전이 자리 잡고 있는 경역은 대적광전의 남측으로 진남루, 서측으로 응진전, 동측으로 목탑지가 자리 잡아 내부에 중정공간을 형성하고 있다. 그리고 대적광전과 평행하여 동측으로 약사전, 진남루와 평행하여 동측으로 주지실 이 자리 잡고 있어 목탑지 남.북측의 사선방향으로 시선의 흐름이 빠져나가는 것을 막아주고 있다. 또한 동편계곡 건너편의 산세는 병풍을 두른 듯이 느껴지는데, 이로 인해 중정공간은 더욱 폐쇄되고 안정감 있는 내부 공간으로 느껴지고 있다.

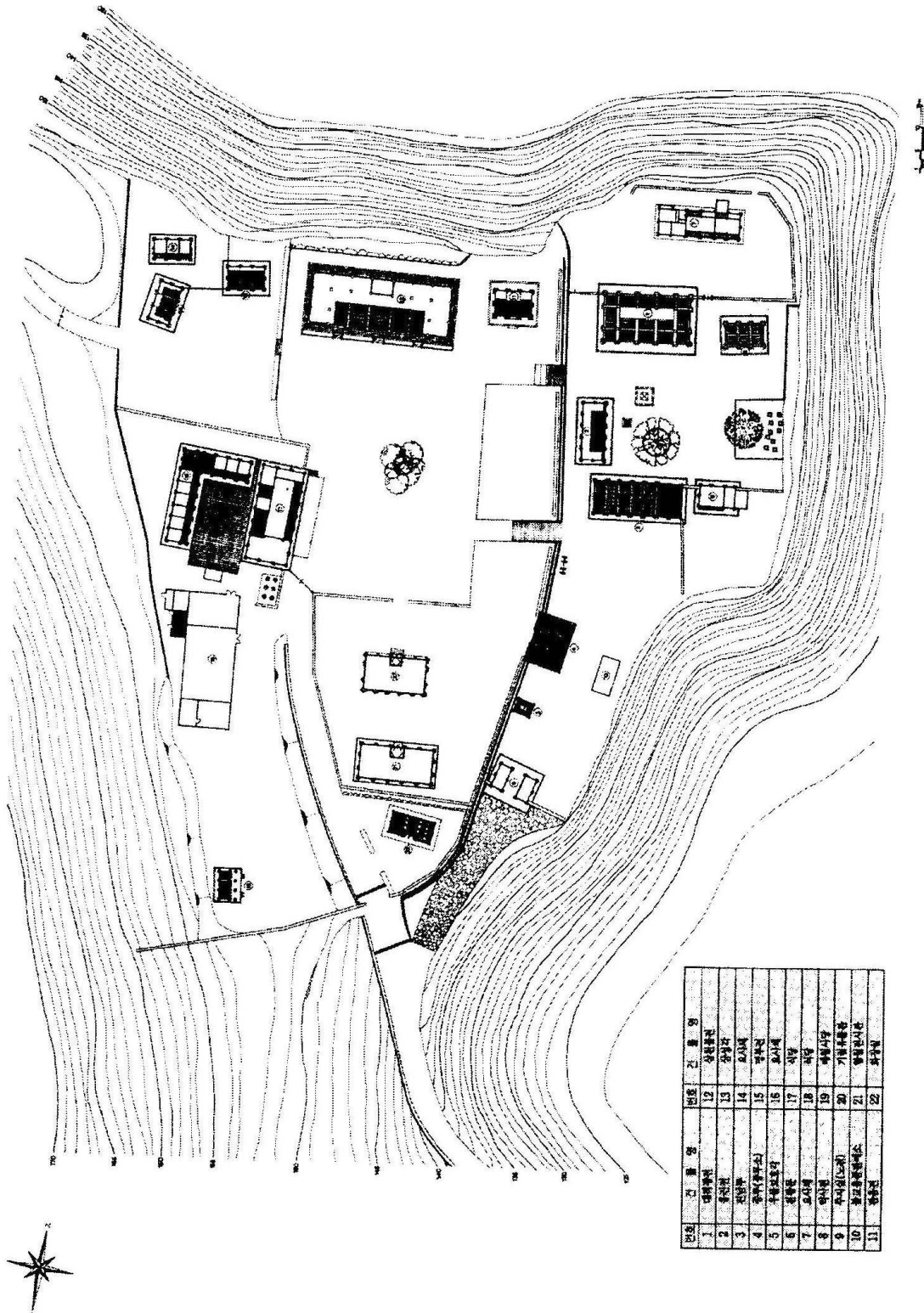


그림 2. 기림사 배치도

2.4. 대적광전(大寂光殿)

대적광전은 정면5칸 측면3칸 단층 맞배지붕의 전각(殿閣)이다. 기단위에 화강석초석을 놓고 약한 배흘림이 있는 두리기둥을 세워 창방과 평방으로 결구하고, 공포(栱包)를 짜 주상(柱上)에는 물론 주칸(柱間)에도 놓은 다포식 구조이다. 어칸과 협칸의 공간포는 2구씩이고, 측칸의 공간포는 1구이다.

공포의 짜임은 외3출목 내4출목으로 주두와 소로의 굽면은 사면이고 굽받침은 없다. 살미첨차⁶⁾의 끝은 비교적 실한 앙서(仰舌)⁷⁾로 되어 있으나, 내부에서는 각 제공들 간에 아무런 구별 없이 하나의 판형으로 서로 붙고, 또 연봉을 초각하여함으로서 조선후기의 공포 양식을 보여주고 있다.

가구(架構)는 내부는 9량가구 이고 외부에 출목도리가 하나씩 더 있어 전체적으로는 11량가구를 이루고 있고, 내부에는 후면 측칸 열에 전후면 각 평주 열 마다 평주를 세우고, 전면 쪽에서는 양 측칸 열에만 평주를 세워 내진(內陣)을 이룬다. 대들보는 전면 평주와 내진의 후면 평주상에 걸고, 이 위에 동자주를 세워 중보를 걸었다. 중보 위에 다시 운형(雲形)의 운두⁸⁾가 낮은 동자주를 세워 중보를 받치고, 이 중보 위에 파련대공⁹⁾을 놓아 종도리를 받치고 있다.

6) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 80쪽

살미는 다포형식 공포의 보 방향으로 놓이는 공포부재를 통칭하여 부르는 명칭이다.

7) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 80쪽

살미의 마구리가 치켜 올라가는 모양으로 만든 것을 앙서형 이라 하고.....

8) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 79쪽

주두의 윗부분 목침형태로 윗면이 십자로 트여져서 첨차와 살미가 짜여지든지, 장혀와 보가 짜여지는 부분을 운두라고 한다.

9) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 105쪽

하나의 판재를 불로초나 구름모양으로 입체적으로 화려하게 초각한 것을 파련대공이라 한다.

내부 바닥은 우물마루¹⁰⁾를 깔고, 천장은 상·하중도리 사이에는 빗천장¹¹⁾이고, 전후 상중도리에는 우물천장¹²⁾을 두어, 종보 위를 가리고 있다. 불벽(佛壁)을 내진 후면 고주 사이에 만들고 불벽 앞에는 불단(佛壇)을 형성하였다.

부연을 달아 겹처마를 이루고, 맞배지붕 양 측면에는 풍판¹³⁾을 달았다.

10) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 160쪽

기둥과 기둥 사이에 방형단면의 장귀틀을 건너지르고 장귀틀사이에 여러 동귀틀을 건너 지른 후 동귀틀 양쪽 홈에 마루판을 끼워 밀어넣어 완성하는 것이다.

11) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 175쪽

수평이 아닌 서까래의 방향에 따라 비스듬하게 천장을 만든 것을 말한다.

12) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 172쪽

우물마루처럼 장귀틀과 동귀틀을 바둑판 모양으로 짜고 그 가운데에 반자청판을 끼워 만든 천장이다.

13) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 118쪽

맞배지붕의 측면에서 박공 밑에 대는 비바람막이 판이다. 얇고 긴 판재를 세로로 붙여대대 사이사이를 줄대로 연결하였다.

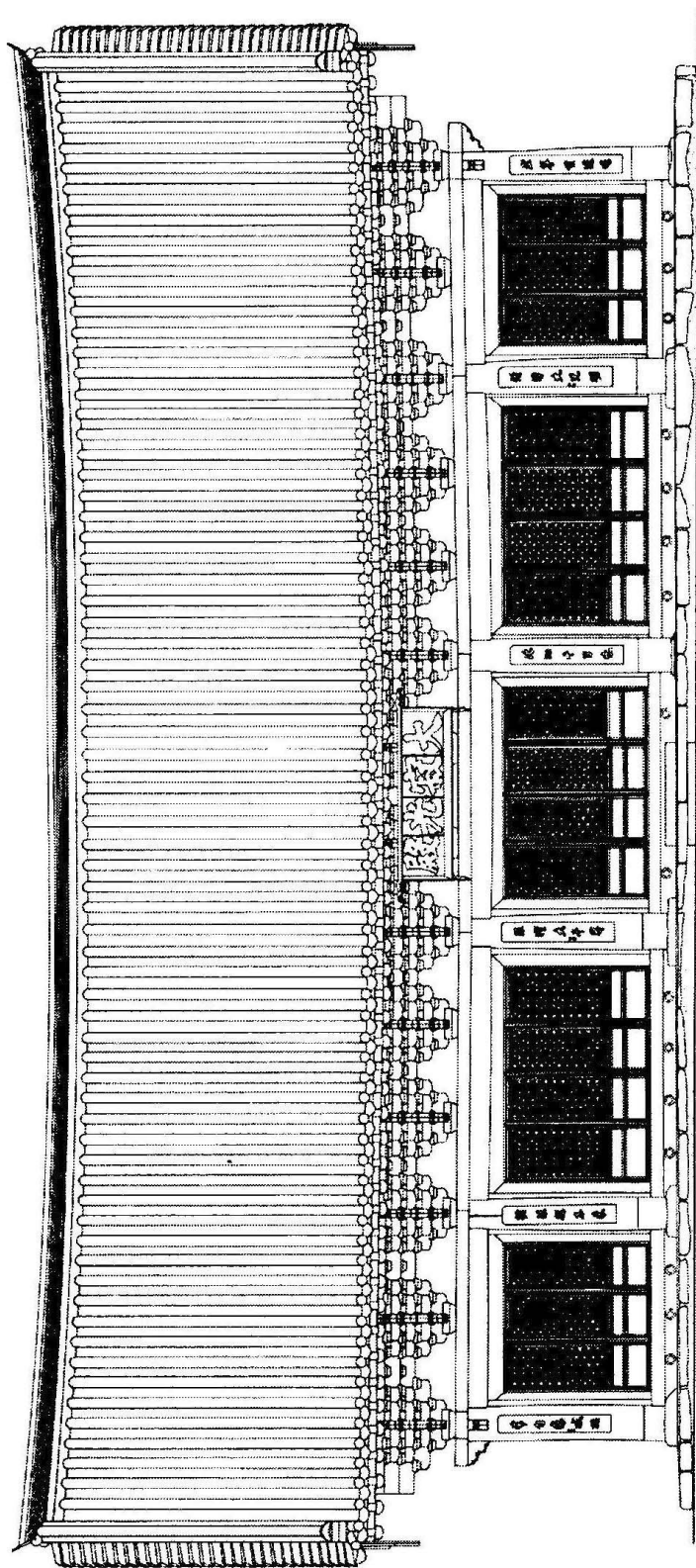


그림 3. 대적광전 정면도

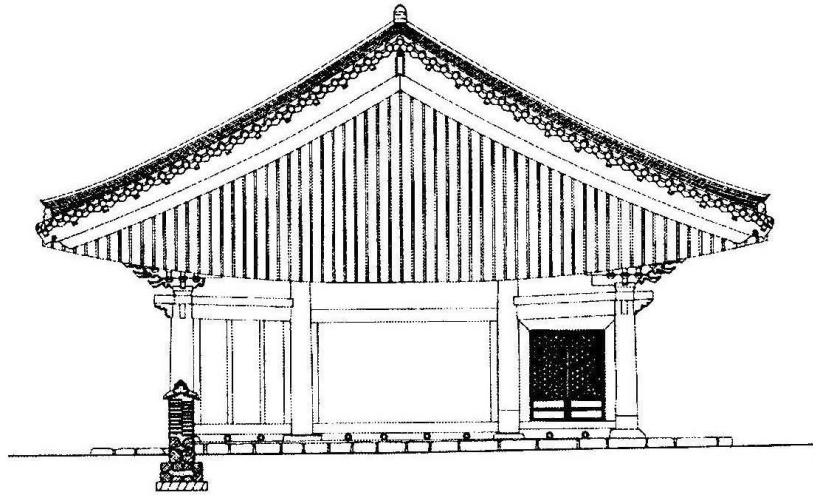


그림 4. 대적광전 서측면도

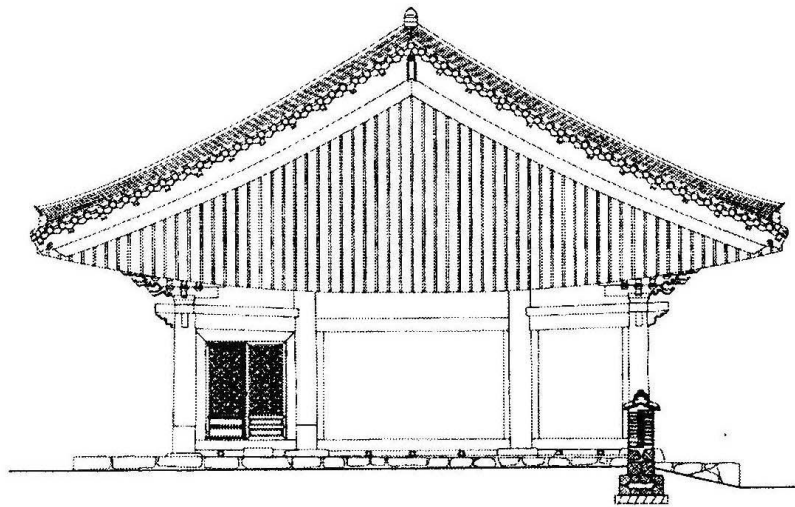


그림 5. 대적광전 동측면도

제3장 구성요소 및 특징

3.1. 평면(平面)

기림사 대적광전은 정면이 5칸이고 측면이 3칸으로서, 일반적인 전각(殿閣)의 평면들처럼 정면이 측면보다 길이가 길고 칸수도 많다.

마루바닥은 상단 불단부분을 제외한 내부전체에 우물마루로 되어있으며 후면쪽으로 4개, 전면쪽으로 동서 양측 끝쪽으로 2개, 모두 6개의 고주(高柱)가 세워져 있는데, 이들 고주들은 측면의 전후(前後) 고주들과 선(線)을 맞추어 세워져 있다.

주칸(柱間)¹⁴⁾은, 정면에서는 어칸¹⁵⁾과 양 협칸은 같은 너비로 잡았는데 양 퇴칸에 비해 넓게 잡았고, 측면에서는 어칸을 전후 퇴칸 보다 넓게 잡았다.

기둥하부에서 측정한 정면의 어칸과 양 협칸은 4,276mm 정도이고, 퇴칸은 3,827mm 정도이다. 측면의 주칸을 살펴보면 어칸은 4,895mm 정도이고, 퇴칸은 2,736mm 정도이다.

14) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 62쪽
기둥과 기둥 사이를 주칸(柱間)이라 한다.

15) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 62쪽
정중앙칸을 어칸이라 하고 어칸 양쪽칸을 협칸이라고 하며 협칸 양쪽을 퇴칸이라 한다.

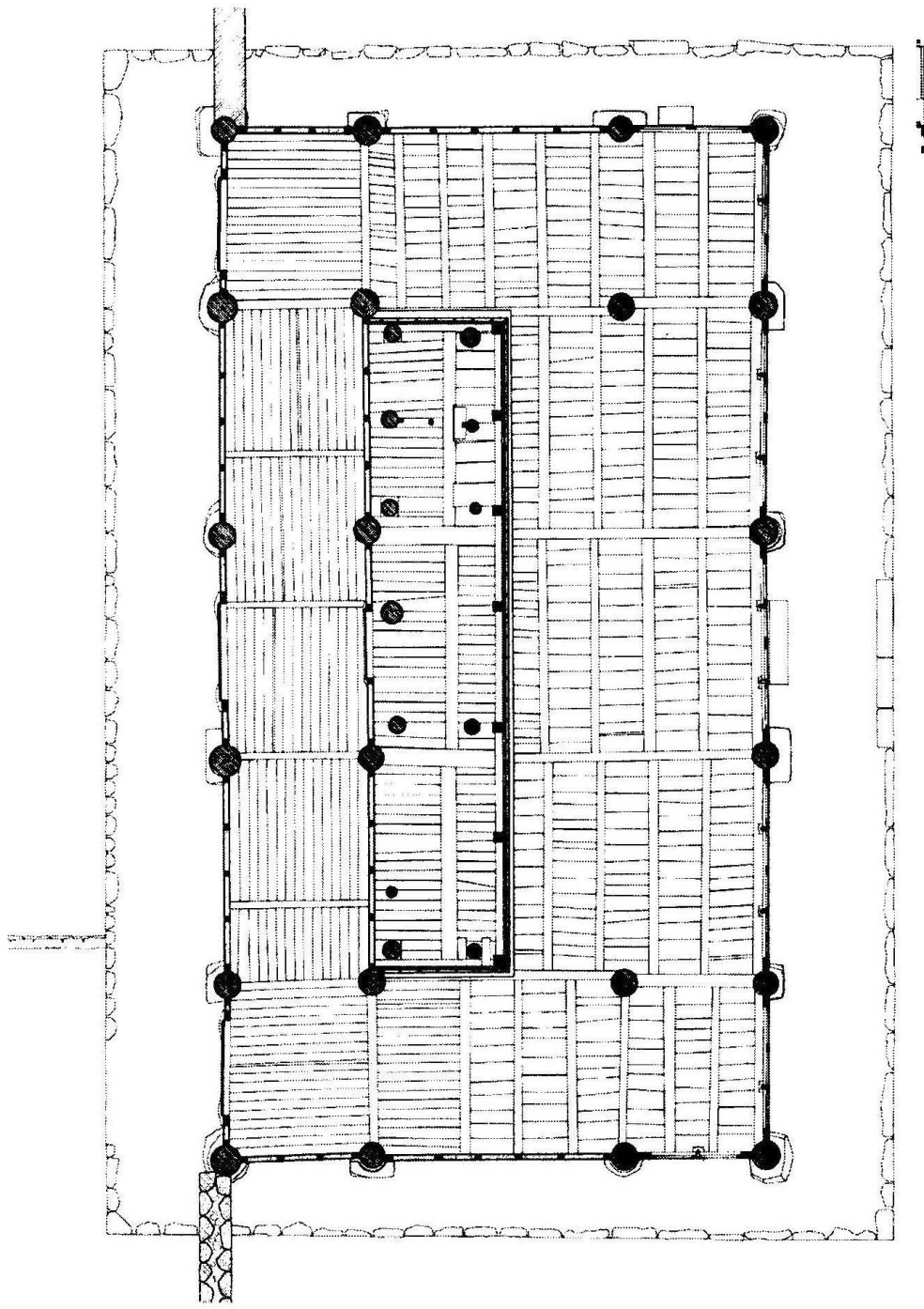


그림 6. 대적광전 평면도

3.2. 기단(基壇) 및 초석(礎石)

대적광전의 기단¹⁶⁾은 배면 일부만 제외하고는 모두 장대석 외벌대로 되어 있다. 배면 기단은 서퇴칸 쪽을 제외한 나머지 부분이 다른 부분보다 기단이 높아지면 서협칸 쪽 일부는 두 단으로 되어 있고 어칸부터 동퇴칸 쪽 나머지 부분은 높이가 높은 석재를 사용하여 한 단으로 기단을 구성하였다. 기단열은 약간 흐트러진 상태이다.

초석¹⁷⁾은 외진기둥¹⁸⁾에 사용된 것이 16개, 내진기둥¹⁹⁾에 사용된 것이 6개로서 모두 22개이다. 현재 초석들 중 일부에는 주좌(柱座)²⁰⁾가 다듬어져 있는 것들이 있다. 주좌의 가공 상태는 정치(精緻)한 상태는 아니고 조잡한 상태로 볼 수 있는 것들도 있다.

16) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 17쪽

기단은 집을 지면으로부터 높여주는 역할을 한다. 그래야 지면의 습기를 피할 수 있고 밝은 빛을 집안에 충분히 받아들여 쾌적하게 생활할 수 있다.

17) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 31쪽

초석(礎石)은 주초(柱礎)라고도 하며 기둥 밑에 놓여 기둥에 전달되는 지면의 습기를 차단해주고 기둥을 통해 내려오는 하중을 지면에 효율적으로 전달해주는 역할을 한다.

18) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 50쪽

외진칸을 감싸고 있는 기둥을 외진주 또는 외진평주라고 부른다.

19) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 51쪽

내진칸을 감싸고 있는 기둥을 내진주 또는 내진고주라고 부른다.

20) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 32쪽

가공석 초석에서 지면에 닿는 부분을 초반이라 하고 초반에서 도드라져 올라와 방석처럼 생긴 받침을 주좌라고 한다.

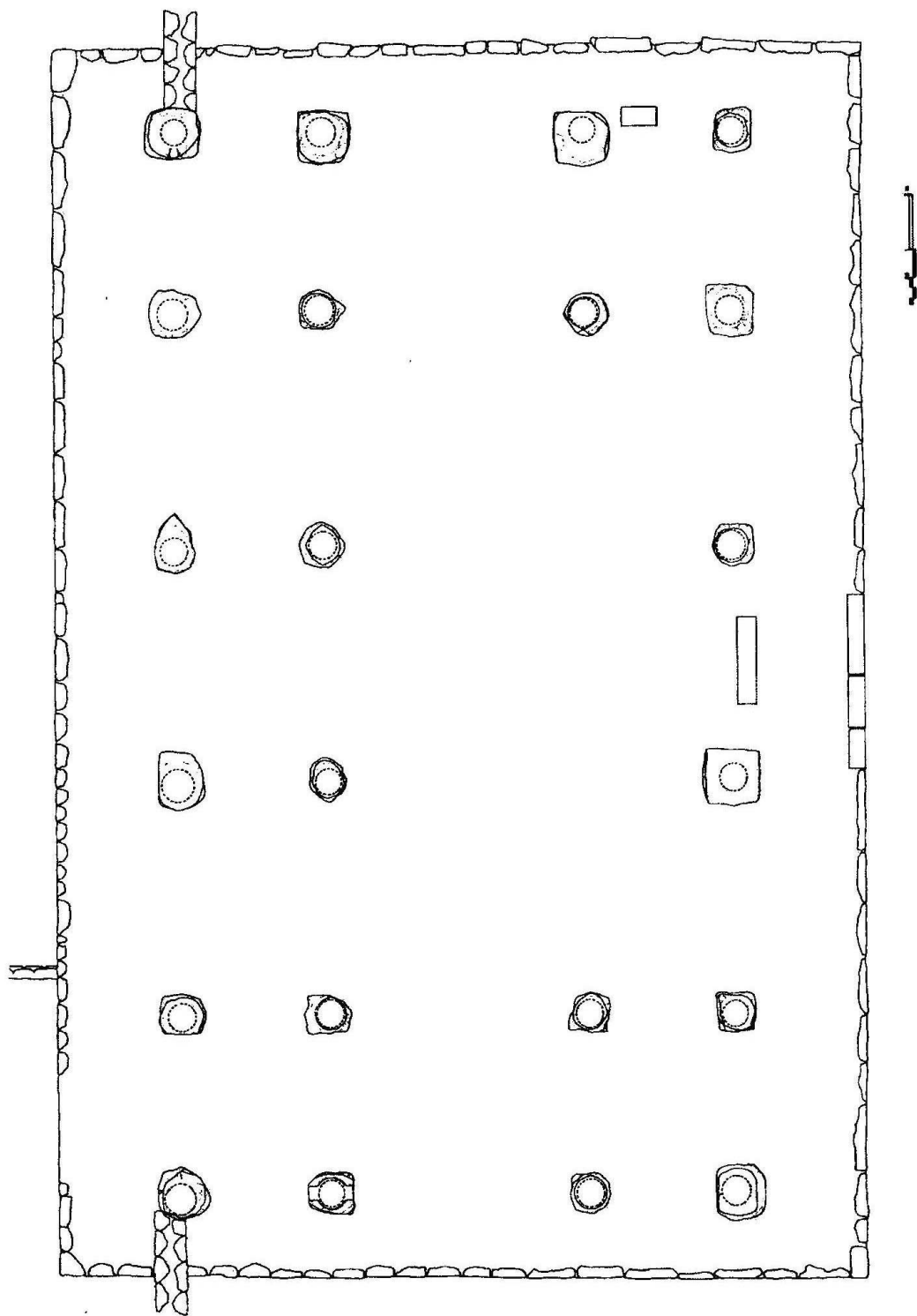


그림 7. 기단 및 초석 평면도

3.3. 기둥(柱)

대적광전의 기둥은 모두 22개가 사용되었는데, 이들은 위치, 단면형태, 높이, 입면형태 등에 따라 구분할 수 있다. 위치에 따라 나누어 보면 16개의 외진(外陣)기둥과 6개의 내진(內陣)기둥으로 나뉘어 지며, 모서리의 기둥은 따로 우주(隅柱)로 분류할 수 있다. 단면형태는 내진기둥 외진기둥 모두 두리기둥²¹⁾이다.

높이에 따라서는 평주(平柱)와 고주(高柱) 그리고 중고주(中高柱)로 나눌 수 있다. 평주는 외진의 정면과 배면에 사용되었는데 12개이고, 고주는 외진 양측면의 어칸에 사용된 외진고주 4개와 내진기둥들 중에서 우주 4개를 합하여 모두 8개인데 실제 길이는 외진고주가 내진고주들 보다 약간 길지만 함께 고주로 분류한다. 그리고 중고주는 내진기둥들 중 후면 쪽 어칸에 사용된 두 개의 기둥들이 평주보다는 길지만 고주보다는 짧으므로 중고주라 구분한다.

입면형태에서 상하의 굽기는 일정치 않은데 일자형²²⁾, 민흘림²³⁾, 배흘림²⁴⁾이 모두 사용되었다.

기둥들은 대부분 하부를 동바리 이음한 상태인데 전체 기둥 중 배면 양측 퇴칸의 4개와 내진기둥 중 후면 쪽 어칸의 중고주 2개 모두 6개만 동바리²⁵⁾ 이음을

21) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 43쪽

원기둥은 원주(圓柱) 또는 두리기둥으로 불리며 한국에서 가장 많이 사용된 기둥이다.

22) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 48쪽

직립주(直立柱)는 기둥머리와 기둥뿌리의 직경이 같은 기둥을 말한다.

23) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 48쪽

민흘림기둥은 기둥머리보다 기둥뿌리의 직경을 크게 만드는 것을 말하는데 안정감을 주기 위한 방편이다.

24) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 47쪽

배흘림기둥은 기둥뿌리부터 1/3지점에서 직경이 가장 크고 위와 아래로 갈수록 직경을 줄여가면서 만든 기둥을 말한다.

25) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 56쪽

동바리는 고임 또는 받침 기둥의 의미로 보통은 마루 밑을 받치는 짧은 보조기둥을 말한다.

하지 않았고 나머지 16개는 모두 동바리 이음을 한 상태이다.

표 2. 기둥의 분류

명칭 및 특징 기둥	명칭I	명칭II	기둥높이 (mm)	홀림율(%)	柱長/最大徑	입면형태
X1,Y4	평주	외진	3,021	1.81	5.19	민홀림
X2,Y4	평주	외진	3,045	2.22	5.97	배홀림
X3,Y4	평주	외진	3,006	2.75	5.61	배홀림
X4,Y4	평주	외진	3,055	1.25	5.76	배홀림
X5,Y4	평주	외진	3,023	3.33	5.63	배홀림
X6,Y4	평주	외진	3,133	2.26	6.26	민홀림
X6,Y3	고주	외진	5,730	2.10	11.79	배홀림
X6,Y2	고주	외진	5,687	1.73	11.19	배홀림
X6,Y1	평주	외진	3,072	1.30	6.34	민홀림
X5,Y1	평주	외진	2,975	1.34	5.29	민홀림
X4,Y1	평주	외진	2,946	1.40	5.85	일자형
X3,Y1	평주	외진	2,895	1.93	5.63	민홀림
X2,Y1	평주	외진	2,950	1.89	5.78	민홀림
X1,Y1	평주	외진	3,047	1.89	5.27	민홀림
X1,Y2	고주	외진	5,740	1.67	11.76	배홀림
X1,Y3	고주	외진	5,735	1.49	11.44	배홀림
X2,Y3	고주	내진	5,405	1.43	10.47	배홀림
X5,Y3	고주	내진	5,453	1.26	10.79	배홀림
X5,Y2	고주	내진	5,435	2.70	9.81	배홀림
X4,Y2	중고주	내진	3,815	2.44	7.46	배홀림
X3,Y2	중고주	내진	3,913	1.83	8.15	민홀림
X2,Y2	고주	내진	5,398	1.20	1.42	배홀림

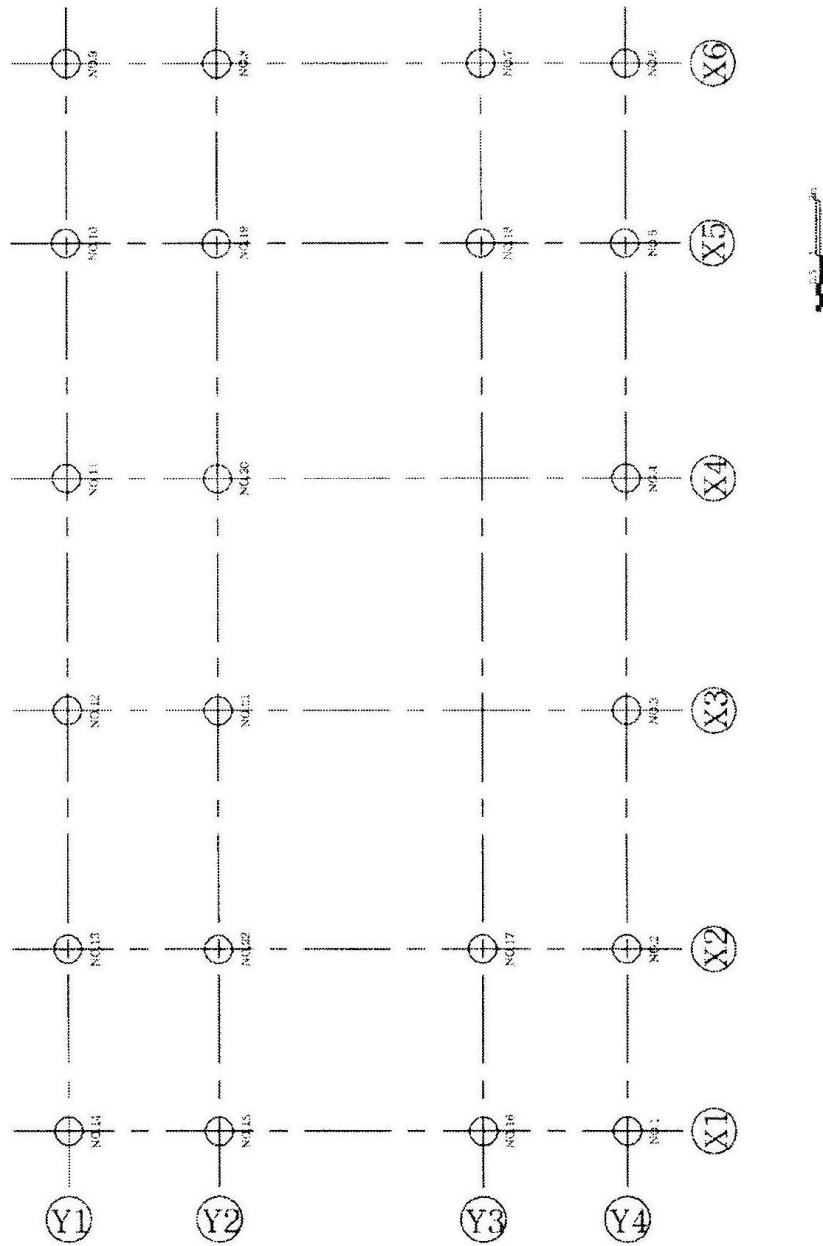


그림 8. 대적광전의 기동 부호도

3.4. 공포(拱包)

대적광전의 공포는 다포계(多包系)²⁶⁾인데, 통상적인 다포계 맞배집의 경우처럼 정면과 배면에만 공포가 배치되어 있다. 그런데 정면과 배면의 공포는 내부공포 구성에서 차이가 있다. 정면 쪽은 외3출목7포작 내5출목11포작으로 짜여져 있고, 배면 쪽은 외3출목7포작 내4출목9포작으로 짜여져 있다. 특히 배면 주간포만은 외3출목7포작 내5출목10포작으로도 짜여져 있다.

주간포(柱間包)²⁷⁾는 정면과 배면 모두 어칸과 양 협칸 에는 가가 2구씩 배치되었고 동서 양 퇴칸 에는 각각 1구씩 배치되어 있다. 위치에 따른 공포의 종류와 개수는 주상포가 12구, 주간포 16구로서 모두 28구의 공포가 짜여져 있다.

26) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 70쪽

다포(多包)란 기둥과 기둥사이에 포가 놓인 공포형식을 말한다.

27) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 70쪽

기둥 위에 있는 포를 주심포(柱心包), 기둥사이에 놓인 포를 주간포(柱間包) 또는 간포(間包)라고도 한다.

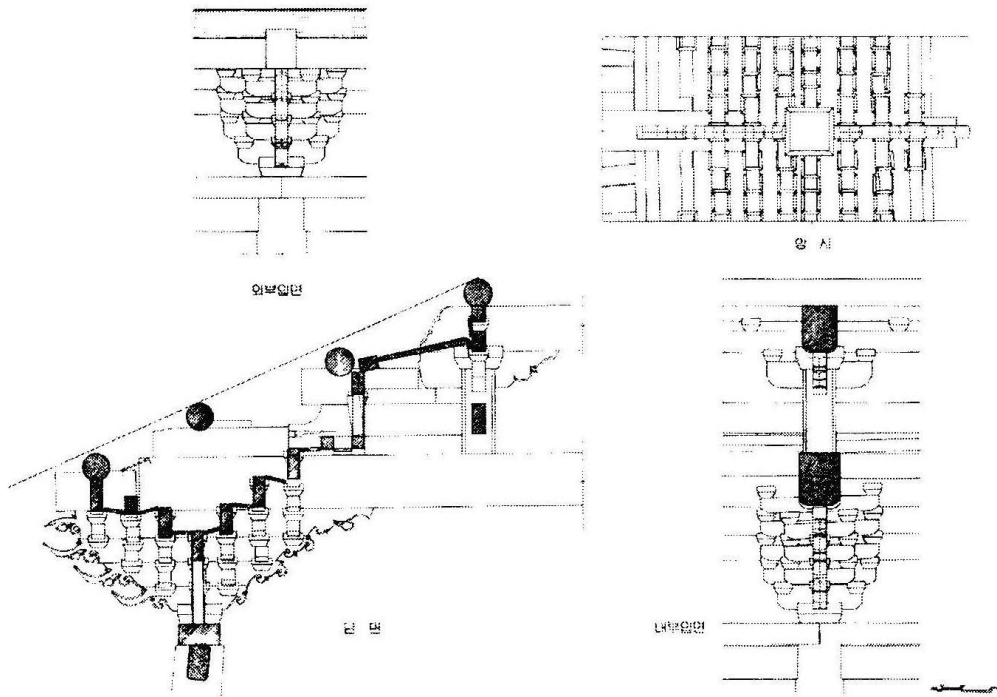


그림 9. 정면 어칸 주상포

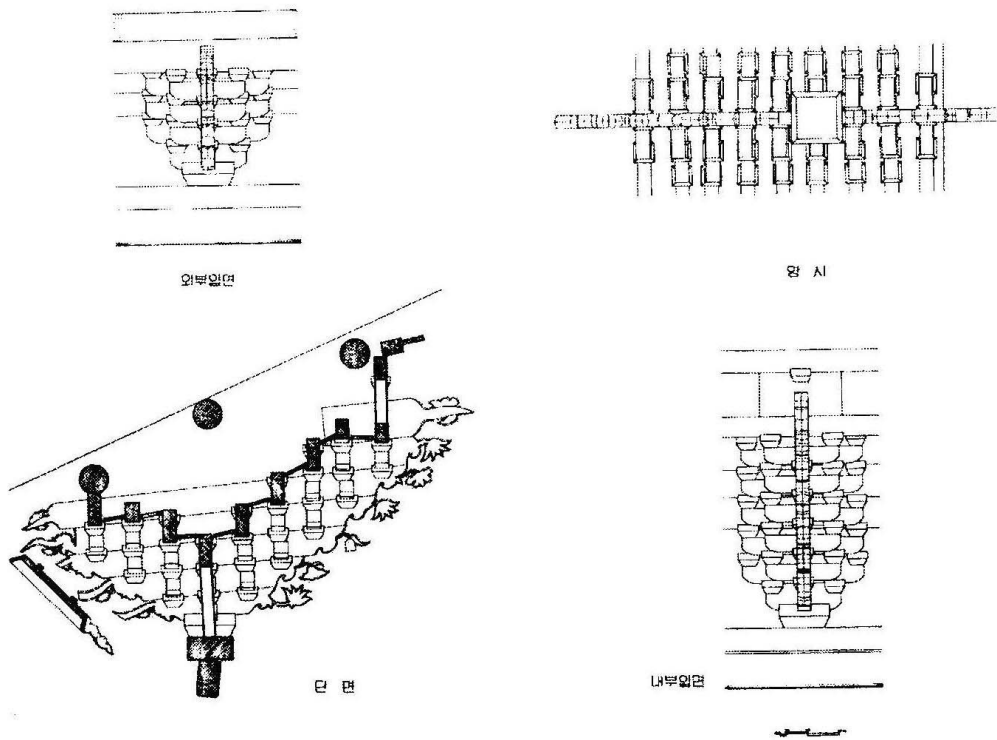


그림 10. 정면 어칸 주간포

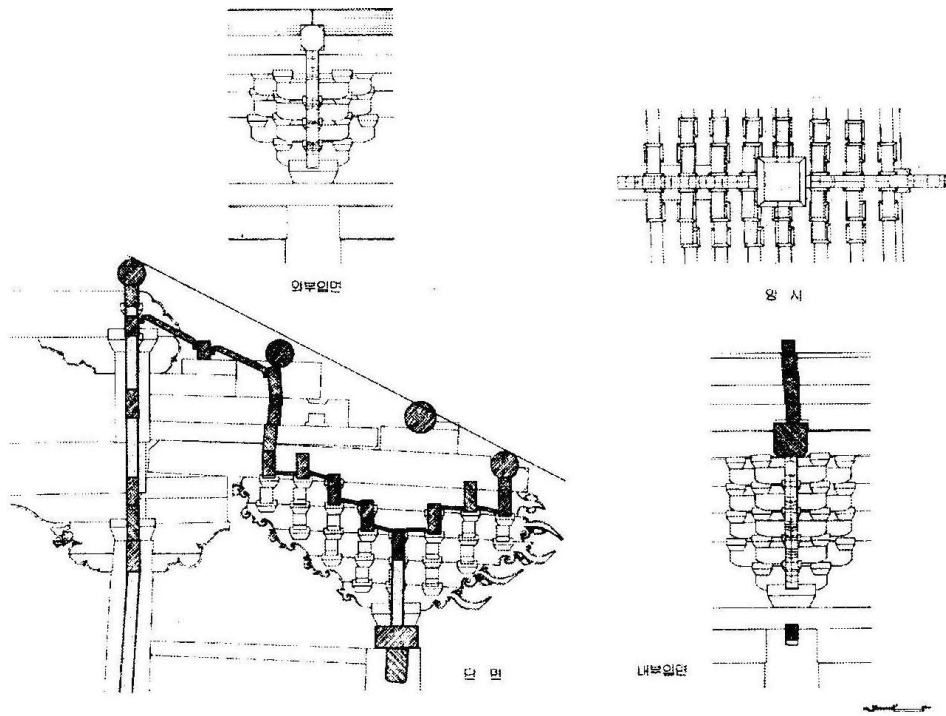


그림 11. 배면 어칸 주간포

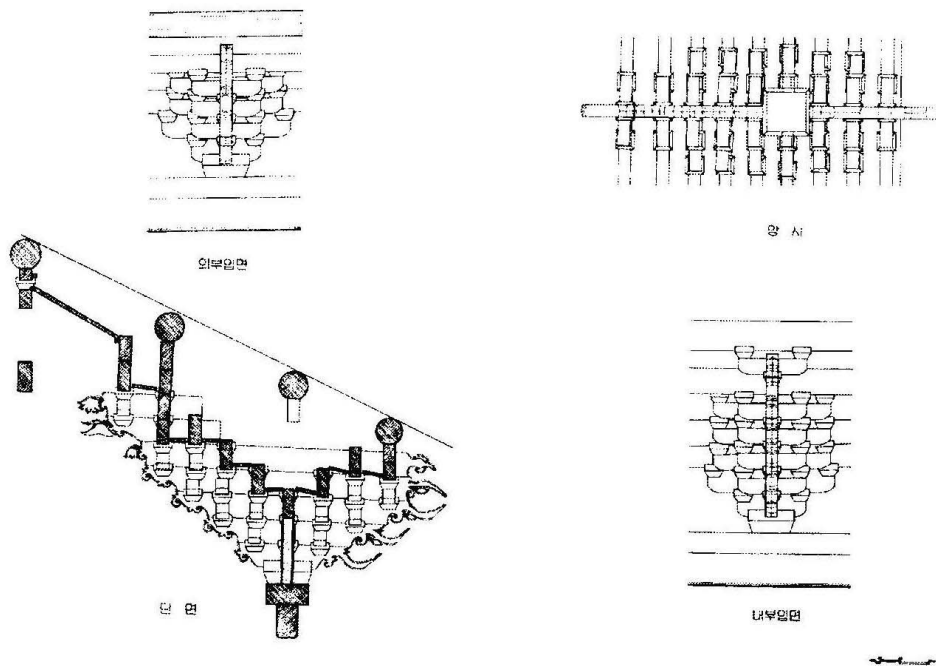


그림 12. 배면 퇴칸 주간포

3.5. 처마

대적광전의 처마는 정면과 배면 쪽 모두 서까래에 부연²⁸⁾을 사용한 겹처마²⁹⁾이다. 측면 쪽은 도리를 바깥쪽으로 내밀고 박공³⁰⁾과 목기연³¹⁾을 설치한 다음 풍판(風板)을 단 박공처마를 구성하고 있다.

처마 내밀기는 정면과 배면이 같은 정도이다. 처마선의 흐름은 한식(韓式)지붕에서 처마곡선에 대한 기법인 양끝 처마 쪽을 위로 들어주는 앙곡³²⁾과 앞으로 내밀어 주는 안허리³³⁾, 이 두 가지 곡률에 의해 조화를 이루고 있다.

28) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 110쪽

서까래만가지고는 처마를 깊이 빼는데 한계가 있어서 서까래 끝에 부연(浮椽)이라는 방형단면의 짧은 서까래를 덧달아내기도 한다.

29) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 110쪽

부연이 걸린 처마를 겹처마라 부르고 부연이 없는 처마를 홑처마라 지칭한다.

30) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 118쪽

박공(朴工)은 맞배지붕이나 팔작지붕의 합각부분에 ‘人’자 모양으로 걸린 판재이다.

31) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 116쪽

맞배나 합각지붕의 박공부분에는 부연과 똑같이 생기고 길이는 훨씬 짧은 서까래가 걸리는데 이를 목기연(木只椽)이라고 한다.

32) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 112쪽

한옥의 처마곡선은 입면상에서 볼 때 중앙에서 양쪽으로 갈수록 들려 올라간 곡선인데 이를 처마의 앙곡이라고 한다.

33) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 112쪽

입면에서 뿐만 아니라 위에서 내려다 볼 때도 추녀쪽으로 갈수록 처마를 점점 많이 내미는 곡선으로 만들어지는데 이를 처마의 안허리곡이라고 한다.

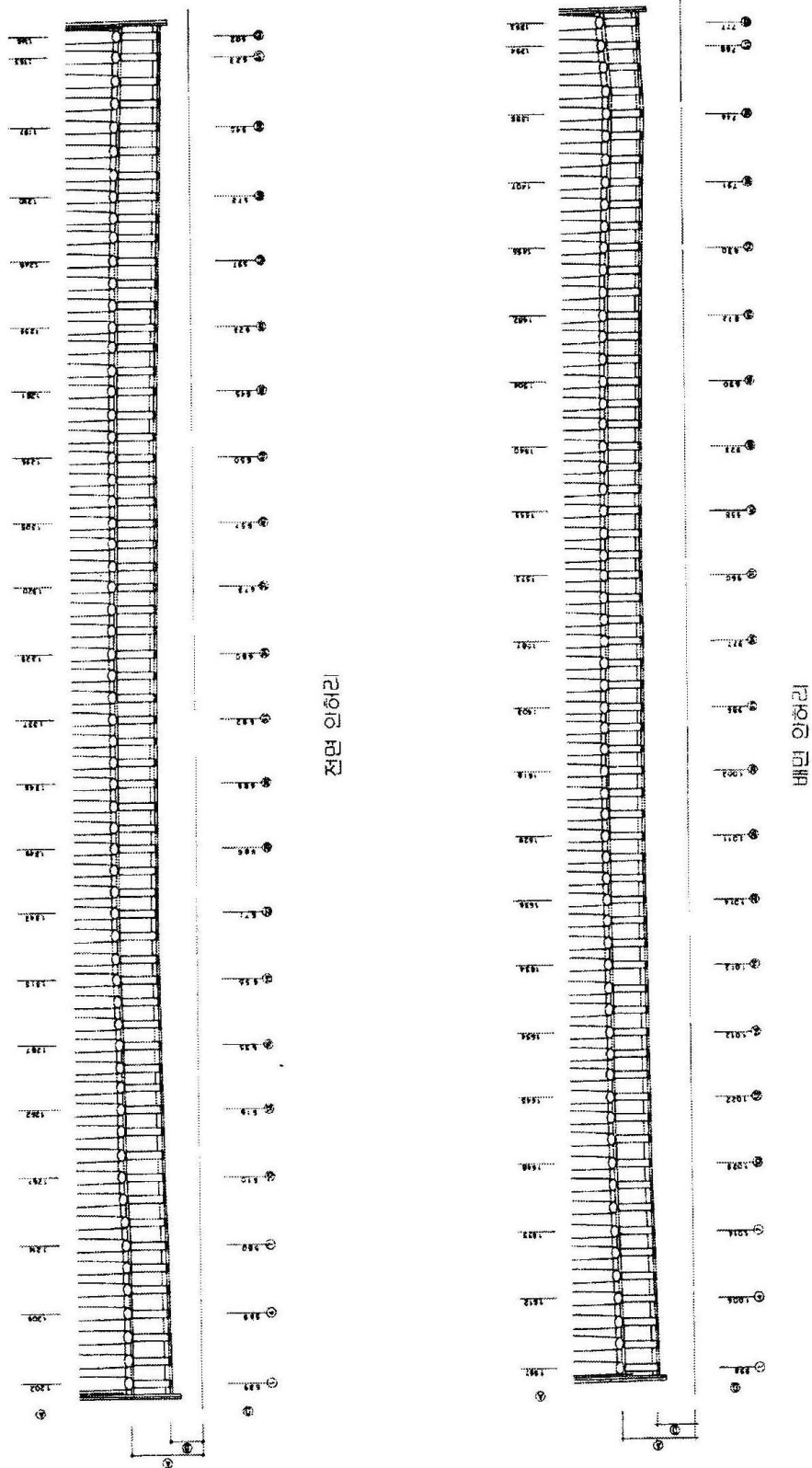
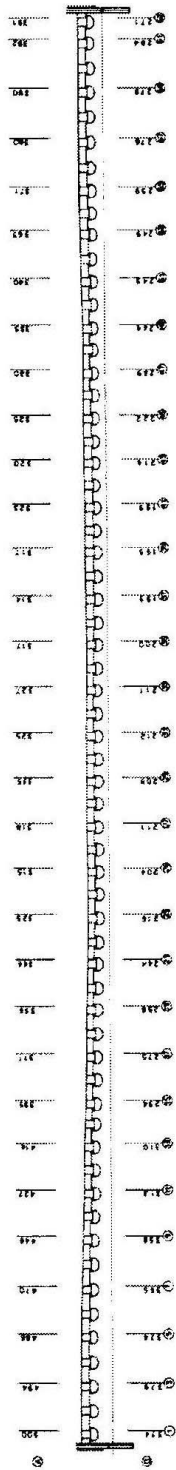
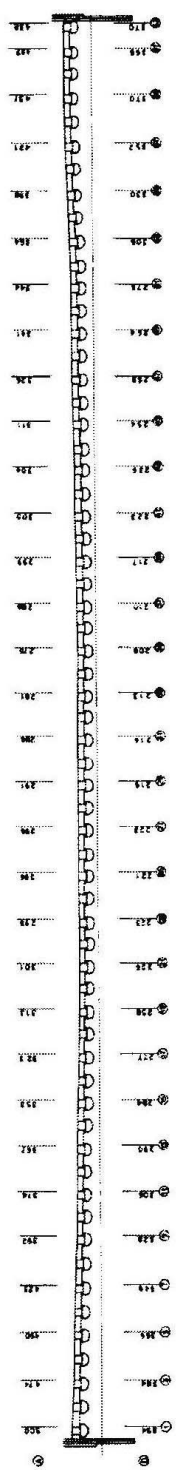


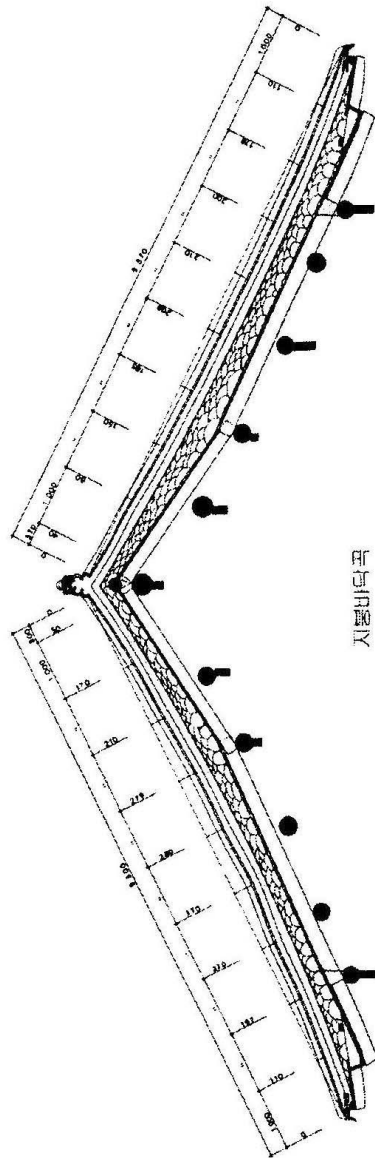
그림 13. 안허리곡 실측도



정면양곡



배수양곡



지붕바닥

그림 14. 양곡 및 지붕바닥

3.6. 지붕

맞배지붕³⁴⁾으로서 양 측면에 박공과 풍판이 설치되어 있다. 맞배지붕이므로 지붕에는 용마루³⁵⁾, 내림마루³⁶⁾가 설치되어 있다. 용마루는 착고와 부고를 설치하고 그 위에 적새 7장 쌓기한 후 마루대 얹어 구성하였고, 박공마루는 착고 위에 적새 5장 쌓기한 후 마루대 얹어 구성하였다.

기와는 암키와, 수키와, 내림새, 막새³⁷⁾, 망와³⁸⁾가 사용되었으며, 용두³⁹⁾나 잡상⁴⁰⁾ 등은 사용되지 않았다. 기와는 규격과 와당(瓦當) 문양이 여러 가지가 섞여 있어, 여러 번의 중수(重修)를 거친 자취를 남기고 있다.

대적광전의 가구는 내진고주가 설치되는 위치에 따라 2가지 형식으로 구분되는데, 내진고주는 배면 쪽 고주 옆에 4개 전면 쪽 고주 옆에는 동·서퇴칸 쪽으로 각 1개씩 2개가 배열되어 있어 모두 6개가 세워져 있다.

34) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 122쪽

맞배지붕은 건물의 앞뒤에서만 지붕면이 보이고 용마루와 내림마루로만 구성되었다.

35) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 127쪽

앞 지붕면과 뒤 지붕면이 서로 만나게 되는 지붕에서 가장 높은 부분에 생기는 지붕마루를 용마루라고 한다.

36) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 127쪽

내림마루는 맞배집에서 지붕의 양쪽 마무리를 깨끗하게 마감하기 위해서 생기는 지붕마루를 말한다.

37) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 129쪽

처마 끝부분의 기와 끝에서 솟기와 속의 홍두깨흙이 보이는 등 마감이 깨끗하지 못하여 석회로 마감하는데 이를 와구토라 한다. 와구토는 시간이 지남에 따라 잘 떨어져 오래 전부터 처마 끝에 거는 마구리 기와는 허를 내서 특수하게 만들었는데 이를 막새라고 한다.

38) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 131쪽

장식기와로 지붕의 용마루 양쪽 끝이나 내림마루 및 추녀마루 끝에는 마감을 위하여 암막새를 뒤집어 이은 것과 같은 장식기와가 올라가는데 이를 망새기와, 망와(望瓦)라고 한다.

39) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 132쪽

내림마루 끝에는 용머리 모양의 장식을 올리기도 하는데 이를 용두(龍頭)라고 한다.

40) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 132쪽

추녀마루 끝에는 제일 앞에 앉아 있는 사람모양의 장식기와를 필두로 여러 동물형상의 기와가 올라가는데 이를 잡상(雜像)이라고 부른다.

어칸에서는 내진고주와 정면 평주 사이에 대들보⁴¹⁾를 건너지르고 내진고주와 배면평주 사이에는 퇴보를 결구하였다. 중보는 중고주 위에 세운 동자주⁴²⁾와 대들보 위 이에 대칭되는 위치에 세운 동자주 사이에 결구되어 있다. 중보는 중보 위에 세운 화반대공 사이에 걸쳐져 있다. 중보 중앙에는 마루대공을 세워 종도리를 받쳤다. 상·하중도리 외에 외목도리, 주심도리, 내목도리가 사용되어 전체적인 가구형식은 1고주11량가로 되어 있다.

동·서퇴칸에서는 정면 쪽 내진고주와 정면 평주사이, 배면 쪽 내진고주와 배면 평주 사이에 퇴보를 건너지르고 전후 고주 사이에는 중보를 결구하였다. 중보 상부의 구성은 어칸부분과 같이 중종량 위에 세운 화반대공 사이에 중보를 걸고, 중보 중앙에는 마루대공을 세워 종도리를 받쳤다. 도리는 상·하중도리 외에 외목도리, 주심도리, 내목도리가 사용되어 전체적인 가구형식은 2고주11량가로 구성되어 있다.

41) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 96쪽

보(樑)는 보통 건물의 앞뒤 기둥을 연결하는 수평구조부재를 말한다. 서까래와 고리를 타고 내려온 지붕의 하중은 최종적으로 보를 통해 기둥에 전달된다.

42) 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000년, 55쪽

동자주(童子柱)는 1고주5량집이나 7량집에서 대들보나 중보 위에 올라가는 짧은 기둥을 말한다.

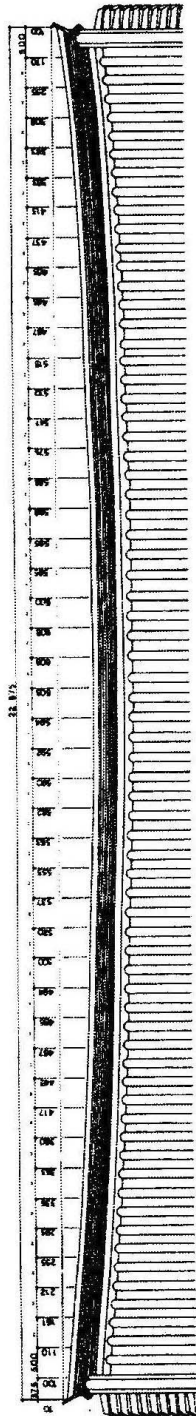


圖 158

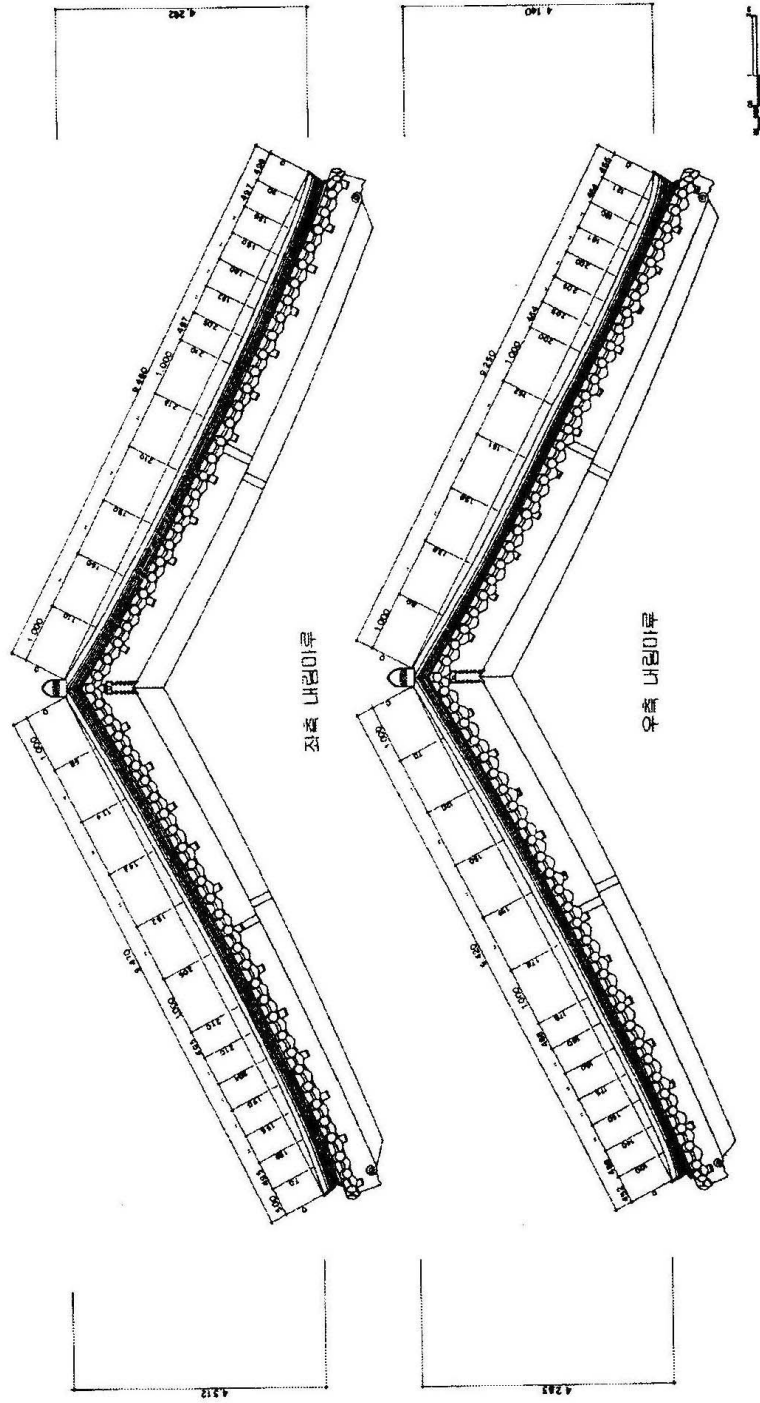


그림 15. 용마루 및 내림마루곡

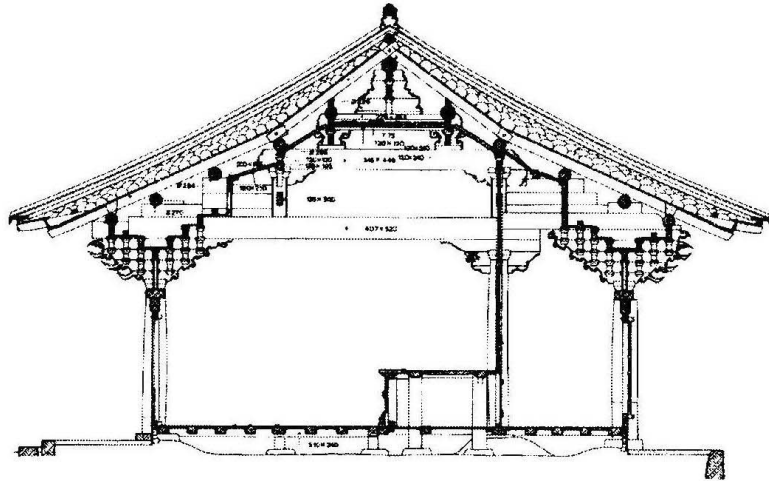


그림 16. 대적광전 어칸 종단면도

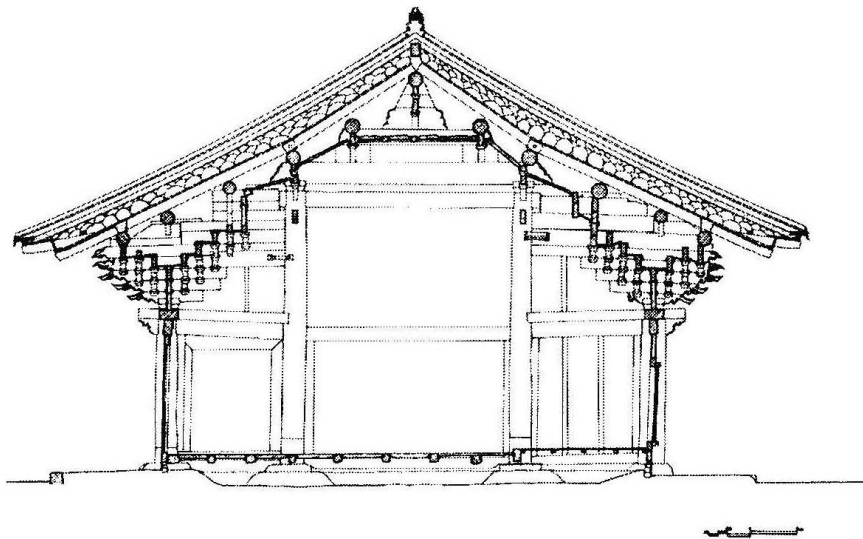


그림 17. 대적광전 측칸 종단면도

제4장 구조해석 결과 및 고찰

4.1. 구조부재의 성질⁴³⁾

전통목조건축물의 중요 구조재료는 木材이다. 목재는 침엽수재(softwood)와 활엽수재(hardwood)로 구분된다. 침엽수재는 활엽수재에 비하여 조직의 단순함과 균일성 때문에 외관이 비슷하게 보이며, 비중에 비하여 강도가 크기 때문에 주로 건축재로 쓰인다.

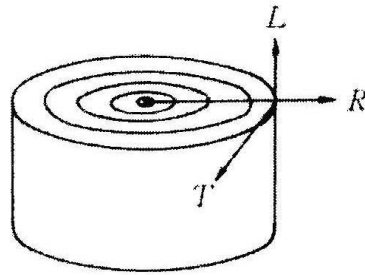
한 연륜 안에는 생장 초기에 자란 춘재(春材)와 생장 후기에 자란 추재(秋材)가 있다. 춘재는 담색이고 비교적 연한 편이며, 추재는 농색이고 치밀하다. 춘재 세포벽은 얇고 내강이 크지만, 추재 세포벽은 두껍고 치밀하기 때문에 건축용 목재의 벌목은 추분에서 춘분사이에 한다.

목재의 방향은 목구조 건축에서 하중에 대한 목재의 거동에 영향을 미치는 중요한 특성이다. 이러한 목재거동을 파악하는 데는 목재의 해부학적 구조를 이해하여야 한다.

표 3. 목재의 용도

구분 분류	주요용도	재질	수종
구조용 재료	건물의 골조용 (기둥,벽,보,바닥)	강도 및 내구성이 큰목재	침엽수(소나무,낙엽송,전나무, 삼나무,나왕,미송 등)
장식용 재료	실내의 치장용 (수장재,가구재,창호재)	무늬 및 나무결이 좋은 목재	침엽수(적송,홍송,낙엽송 등) 활엽수(느티나무,단풍나무,박달 나무 등)

43) 鄭希錫, 木材切削學, 서울대학교출판부(1994)



L : 섬유방향
 R : 방사방향
 T : 접선방향

그림 18. 목재의 방향

목재 세포의 배열과 방향이 材面에 나타난 상태를 의미하는 木理(grain)는 그 방향에 따라 목재강도에 차이가 크다. 인장강도와 압축강도는 섬유방향에 외력이 작용할 때 최대이고, 휨강도는 섬유가 목재 長輪에 평행하고 외력이 섬유에 직각으로 작용할 때 최대이다.

표 4. 목재의 물리적 성질*

성 질 \ 방 향	섬유방향	방사방향
탄성계수 (tonf/m ²)	1.20×10^6	1.25×10^5
포아송비	0.6	0.6
열팽창계수 (1/[T])	3.52×10^6	2.71×10^5
단위중량 (tonf/m ³)	0.51	0.51

*: 鄭希錫, 木材切削學, 서울대학교출판부(1993)

표 5. 목재의 강도"

응력도	고 재 (kgf / cm ²)	신 재 (kgf / cm ²)
허용압축응력도	50	50
허용휨응력도	90	60
허용전단응력도	12	4

** : 박원규, 전주객사 목부재의 강도측정 및 허용응력산출 보고서, 충북대학교

표 6. 구조부재의 크기

No.	부재명	목재의방향	지름*길이(mm)	가로*세로*길이(mm)
1	평주	섬유방향	500*3,586	
2	고주	섬유방향	500*6,926	
3	대공	섬유방향	300*n	
4	도리	방사방향	300*n	
5	장연	방사방향	210*570	
6	단연	방사방향	180*330	
7	대량	방사방향		520*407*8,647
8	퇴량	방사방향		338*333*3,737
9	중량	방사방향		448*345*4,910
10	종량	방사방향		353*228*2,618
11	평방	방사방향		196*412*n
12	인방	방사방향		180*120*n
13	살미	방사방향		238*120*n
14	소로	방사방향		120*120*n
15	장여	방사방향		240*120*n

4.2. 해석모델 및 적용

대적광전은 정면 5칸, 측면 3칸의 맞배지붕이며 공포는 정면과 배면의 내부공포 구성에서 차이가 있지만 모델의 단순화를 위해 동일하다고 가정하고, 구조해석 프로그램인 MIDAS/GEN을 이용하여 3차원 해석모델을 작성하였다.

전통 목조 건축물의 구조해석에서 가장 취약한 결구(結構)의 문제를 비롯한 목재의 특성을 감안하여 다음과 같이 각 절점을 단순화 등의 가정을 설정하였다.

첫째, 목재의 수종은 육송을 기준으로 하며, 다른 수종을 사용할 경우 육송과 동일하거나 그 이상의 강도를 확보할 수 있는 재료를 사용하는 것으로 가정한다.

둘째, 기둥 및 보 등의 주요 구조 부재는 웅이 등의 단면결합이 없는 직선재가 사용된 것으로 하고, 특히 시공 후 시간이 흐름에 따라 갈라짐이 발생되지 않도록 잘 건조된 목재를 한 것으로 가정한다.

셋째, 보와 기둥의 접합부는 틈이 생기지 않도록 정밀하게 가공하여 맞춤. 이음을 한 하는 것을 전제로 한다.

넷째, 기둥하부와 초석과의 접합은 그랭이공법⁴⁴⁾을 전제로 하고, 수평력에 대한 마찰저항 및 수직하중에 대한 직압력 전달에 문제가 없는 것으로 가정한다.⁴⁵⁾

다섯째, 보가 기둥과 만나는 부분은 모멘트가 전달되지 않도록 한다.⁴⁶⁾

여섯째, 공포는 가장 모델링하기에 힘든 부분인데 기둥상부와의 연결부분과와 보와의 연결부분은 모멘트가 전달되지 않지만 공포 내부 첨차와 첨차 사이에는 모멘트가 전달되도록 한다.

44) 그랭이 공법 : 기둥이 놓일 자리의 초석 상면굴곡과 똑같이 기둥뿌리를 다듬는 일.

45) 기둥하부 : HINGE ENDED BOUNDARY

46) BEAM END RELEASE

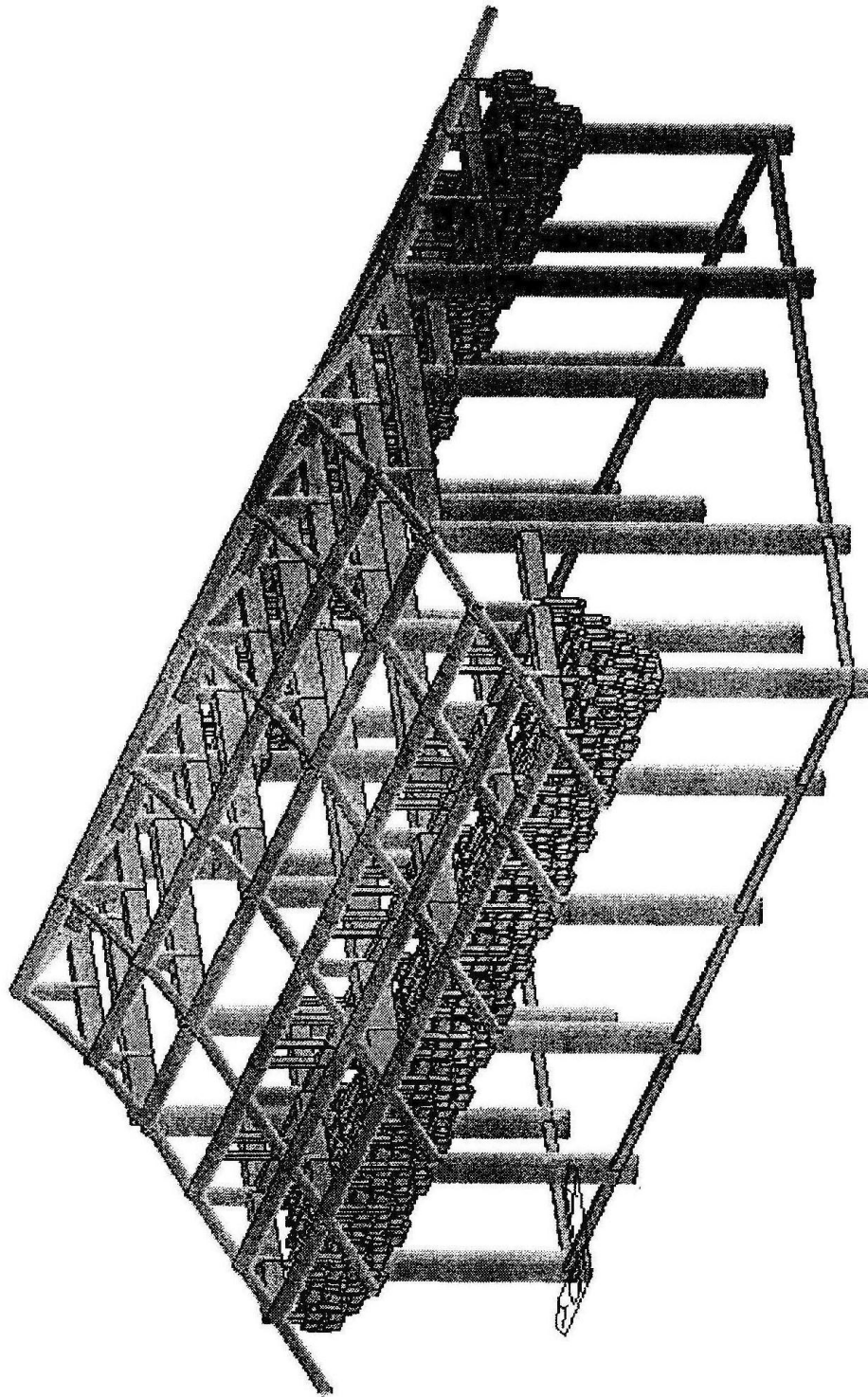


그림 19. 대적광전 해석 모델링도

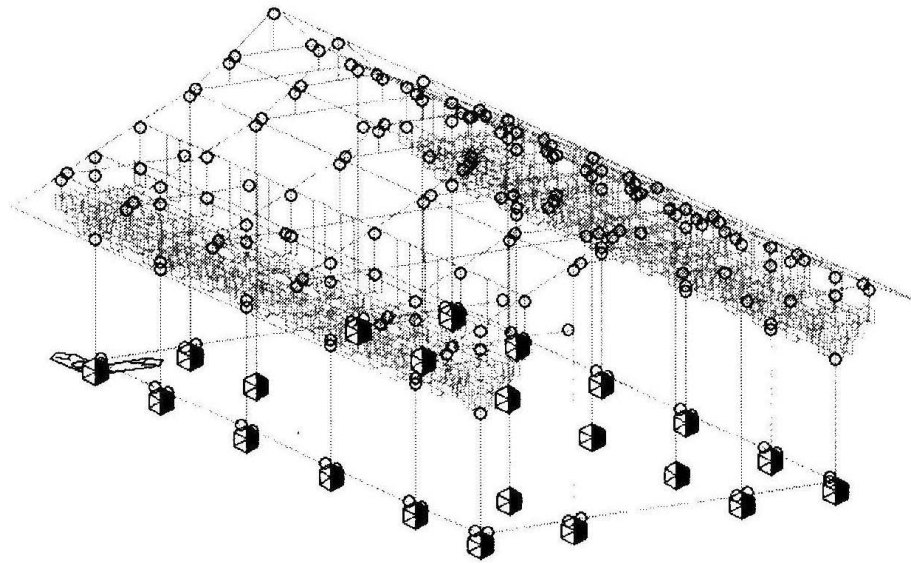


그림 19. 대적광전 전체 절점조건

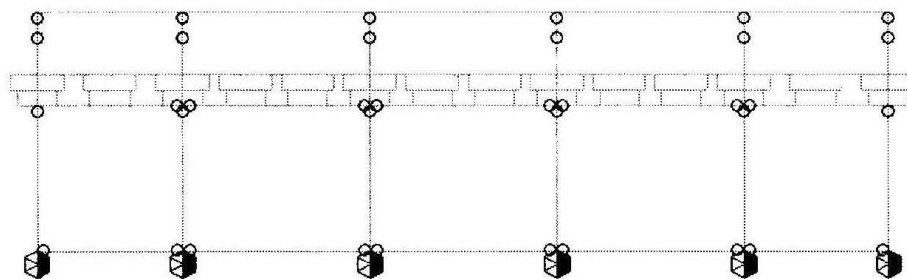


그림 20. 대적광전 Y4행 절점조건

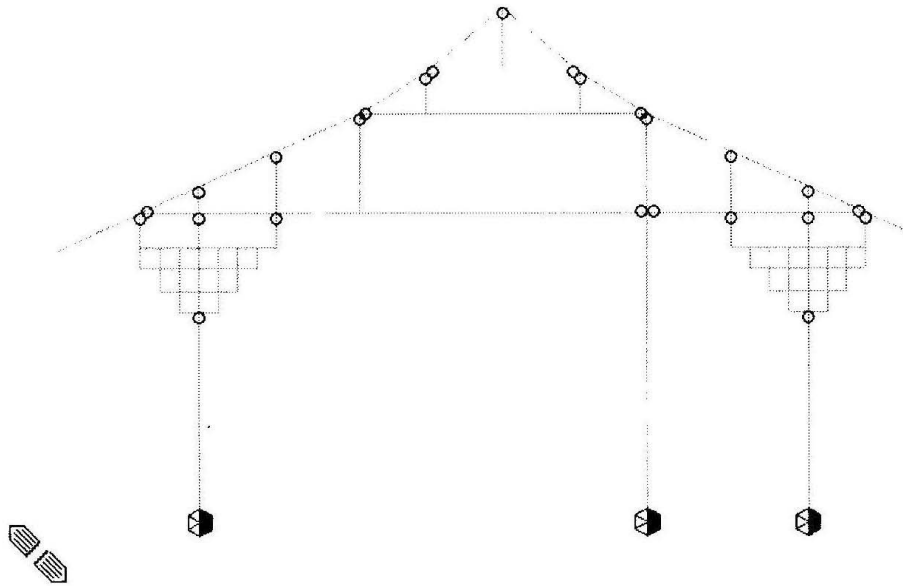


그림 21. 대적광전 X4열 절점조건

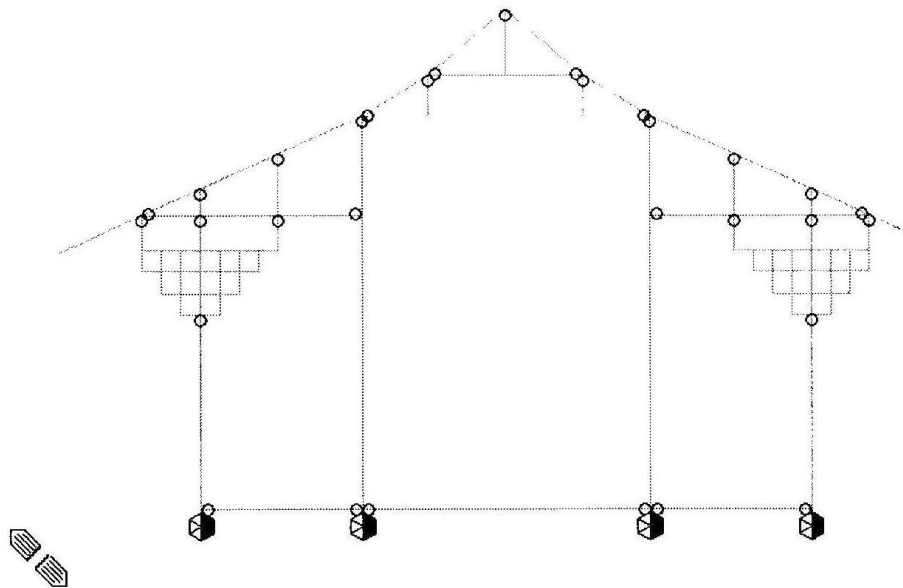


그림 22. 대적광전 X6열 절점조건

4.3. 적용하중

본 연구에서는 구조해석의 단순화를 위해 지진하중, 풍하중, 적설하중 등을 무시하고 단순히 자중(自重)만을 고려한다.

구조물에 작용하는 하중은 서까래 위에 개판, 부연, 부연개판, 적심, 기와를 얹는 전통적인 축조방식과 개판, 부연, 부연개판, 느리개, 단열재⁴⁷⁾, 덧서까래⁴⁸⁾, 덧서까래개판, 기와를 얹은 덧서까래 축조방식으로 구분하여 하중을 상정하였으며, 표 7 및 표 8와 같다.

표 7. 한식 기와의 치수 및 소요량^{***}

종 별	암 키 와 (장)					수 키 와 (장)		
	크 기 (mm)		접 치 기			크 기 (mm)		장 수
	길 이	나 비	2/3	2/5	1/2	길 이	지 림	
보통기와	300	270	37.0	30.9	24.7	270	120	13.7
고급기와	330	300	36.6	25.2	20.2	300	135	11.1
고(古)건축 큰기와	330	315	35.0	24.1	19.1	315	150	10.0

***: 추영수外, 건축시공학, 동명사, 1991년, 574쪽

47) 신영훈, 우리한옥, 현암사, 2000년, 267쪽

덧서까래 아래 빈 공간에 불에 타지 않고 부패하지 않는 단열재를 넣어 추위와 더위를 막는다.

48) 신영훈, 우리한옥, 현암사, 2000년, 267쪽

맞배 박공판과 서까래 설치한 바닥 사이에 함몰된 공간이 지붕 전체에 생겼다. 그것을 메우기 위해 종도리에서 처마에 이르는 긴 각재로 서까래를 건다. 이를 ‘덧서까래’라 부른다.

표 8. 전통적인 기와 얹기

부재명	가로	세로	높이	n	기와소요장수 (/㎡)	단위무게	기와무게 (/장)	하중
초목이평고대	22.704	0.120	0.090	2		530		259.9kg
개판	22.704	9.335	0.029	2		530		6,515.1kg
부연	1.535	0.120	0.180	124		530		2,719.0kg
이맥이평고대	22.704	0.120	0.090	2		530		259.9kg
착고	15.300	0.180	0.029	2		530		84.7kg
부연개판	22.704	1.535	0.029	2		530		1,071.3kg
적심,보토	22.704	9.335	0.250	2		1600		169,553.5kg
암키와	22.704	9.335		2	24.10		3.2	32,689.9kg
수키와	22.704	9.335		2	10.00		3.2	13,564.3kg
용마루	22.704	0.315		7	24.10		3.2	3,860.8kg
내림마루	9.405	0.315		20	10.00		3.2	4,569.5kg
총지붕하중								234,607.8kg
지붕면적								424㎡
단위하중								553kg/㎡

표 9. 덧서까래식 기와 얹기

부재명	가로	세로	높이	n	기와소요장수 (/㎡)	단위무게	기와무게 (/장)	하중
초목이평고대	22.704	0.120	0.090	2		530		259.9kg
개판	22.704	9.335	0.029	2		530		6,515.1kg
부연	1.535	0.120	0.180	124		530		2,719.0kg
이맥이평고대	22.704	0.120	0.090	2		530		259.9kg
착고	15.300	0.180	0.029	2		530		84.7kg
부연개판	22.704	1.535	0.029	2		530		1,071.3kg
느리게	22.704	0.120	0.250	2		530		722.0kg
단열재	22.704	9.335	0.200	2		100		8,477.7kg
덧서까래	8.700	0.120	0.240	126		530		16,732.4kg
덧서까래개판	22.704	9.335	0.029	2		530		6,515.1kg
암키와	22.704	9.335		2	24.10		3.2	32,689.9kg
수키와	22.704	9.335		2	10.00		3.2	13,564.3kg
용마루	22.704	0.315		7	24.10		3.2	3,860.8kg
내림마루	9.405	0.315		20	10.00		3.2	4,569.5kg
총지붕하중								97,501.5kg
지붕면적								424㎡
단위하중								230kg/㎡

4.4. 결과 및 고찰

기림사 대적광전을 대상으로 지붕하중 경감방안으로 제시한 덧서까래 기법 적용 시의 효과를 검토하기 위하여 수평 부재에서 발생하는 변형량 및 기둥에 작용하는 압축하중을 산출하였으며 그 결과는 각각 표 10, 그림 24 - 그림 31 및 표 11, 그림 32와 같다.

지붕하중 변화에 따른 수평부재에서의 변형해석결과, 변형은 대공간 확보를 위하여 기둥을 생략한 것으로 추정되는 어칸 부분의 대들보(X4-Y2~Y4) 및 하중도리(Y3-X3~X4) 부재에서 각각 58.99mm 및 59.10mm로 가장 크고 협칸, 퇴칸의 순으로 나타났다. 덧서까래 기법의 적용 시 최대변형은 기존의 지붕하중을 적용한 경우에 비하여 63.0~63.7% 감소되는 것으로 나타났다.

각 기둥에 작용하는 압축하중 산출결과 표 11 및 그림 32에서와 같이 어칸 전면부분 평주(X3Y4 및 X4Y4)에서 상대적으로 큰 값이 나타나 수평부재의 변형량

표 10. 하중조건 변화에 따른 변형해석 결과

부재명	기존하중[A] (553kg/m ³)	덧서까래기법[B] (230kg/m ³)	감소량[B/A] (%)
X4-Y2~Y4	58.99	37.6	63.7
X5-Y3~Y4	0.52	0.33	63.5
X6-Y3~Y4	0.24	0.19	79.2
Y4-X3~X4	12.47	7.66	61.4
Y3-X3~X4	59.10	37.22	63.0
Y2-X3~X4	0.35	0.23	65.7
Y1-X3~X4	8.64	5.33	61.7

측정결과에서와 마찬가지로 어칸 부분의 기둥 생략에 의한 영향으로 평가된다. 또한 목재의 허용압축응력도 및 허용좌굴 응력도에 의한 기둥의 허용응력도 검토결과 표 12에서와 같이 모든 기둥이 안전측에 있는 것으로 평가되었다.

표 11. 기둥에 작용하는 압축하중(tonf)

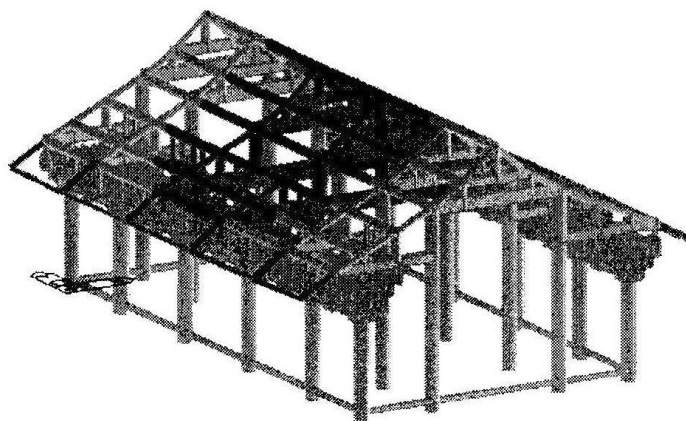
명칭 및 기둥 특징	기존하중 (553kg/m3)	덧서까래기법 (230kg/m3)
X1,Y4	9.60493	7.68737
X2,Y4	19.53530	13.68722
X3,Y4	33.20067	22.27997
X4,Y4	33.18937	22.27335
X5,Y4	19.53981	13.69039
X6,Y4	9.60060	7.68472
X6,Y3	11.68151	9.88584
X6,Y2	10.87765	9.39492
X6,Y1	11.02506	8.55830
X5,Y1	20.75920	14.43060
X4,Y1	27.48644	18.72620
X3,Y1	27.49018	18.72819
X2,Y1	20.76181	14.43188
X1,Y1	11.02604	8.55875
X1,Y2	10.87650	9.39440
X1,Y3	11.68113	9.88581
X2,Y3	21.32586	15.09034
X5,Y3	21.33279	15.09407
X5,Y2	17.96509	13.02810
X4,Y2	15.48370	11.48280
X3,Y2	15.48225	11.48196
X2,Y2	17.96334	13.02727

표 12. 기둥의 허용 응력도

부재No.	Ps (kgf)	높이(H) (m)	직경 (D)(cm)	A (cm ²)	I (cm ⁴)	i	세장비 (λ)	σ (kgf/cm ²)	fk	σ / fk	Remark
X3,Y4(a)	33,200	300.6	50.7	2,018	324,176	12.7	23.7	16.5	41.70	0.39	평주
X4,Y4(a)	33,189	305.5	51.7	2,098	350,519	12.9	23.6	15.8	41.73	0.38	평주
X2,Y3(a)	21,325	540.5	49.1	1,892	285,151	12.3	44.0	11.3	34.59	0.33	고주
X5,Y3(a)	21,332	545.3	48.8	1,869	278,246	12.2	44.7	11.4	34.36	0.33	고주
X3,Y4(b)	22,279	300.6	50.7	2,018	324,176	12.7	23.7	11.0	41.70	0.26	평주
X4,Y4(b)	22,273	305.5	51.7	2,098	350,519	12.9	23.6	10.6	41.73	0.25	평주
X2,Y3(b)	15,090	540.5	49.1	1,892	285,151	12.3	44.0	8.0	34.59	0.23	고주
X5,Y3(b)	15,094	545.3	48.8	1,869	278,246	12.2	44.7	8.1	34.36	0.24	고주

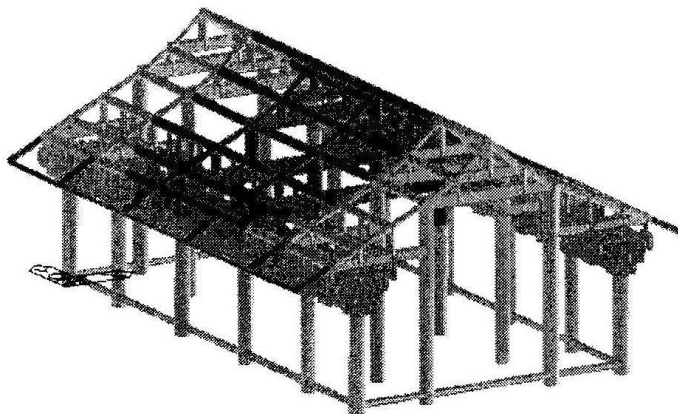
허용압축응력도 $f_{ck} = 50 \text{ kg/cm}^2$

허용좌굴응력도 $f_k = f_{ck}$ ($\lambda = 20$)
 $= f_{ck} (1 - 0.007\lambda)$ ($20 < \lambda = 100$)
 $= 0.3 f_{ck} / (\lambda/100)$ ($100 < \lambda$)



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DISPLACEMENT	
RESULTANT	
	2.76721e-001
	2.52222e-001
	2.28044e-001
	2.02796e-001
	1.77268e-001
	1.52040e-001
	1.26811e-001
	1.01553e-001
	7.60145e-002
	5.04785e-002
	2.52222e-002
	0.00000e+000
SCALE FACTOR=	
1.0000E+000	
CB: 하중조합	
MAX : 1637	
MIN : 10	
FILE: 하중553	
UNIT: m	
DATE: 08/03/2004	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.483	Z
Y: -0.837	X
Z: 0.259	

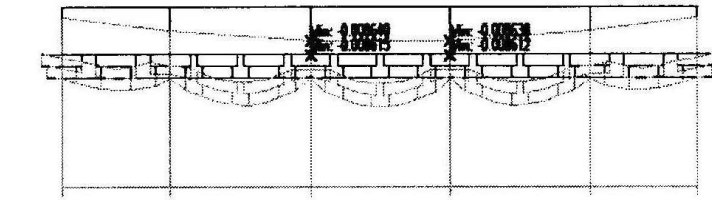
(a)하중: 553kg/m²



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DISPLACEMENT	
RESULTANT	
	1.40250e-001
	1.27500e-001
	1.14750e-001
	1.02000e-001
	8.92500e-002
	7.65000e-002
	6.37500e-002
	5.10000e-002
	3.82500e-002
	2.55000e-002
	1.27500e-002
	0.00000e+000
SCALE FACTOR=	
1.0000E+000	
CB: 하중조합	
MAX : 1637	
MIN : 1	
FILE: 하중230	
UNIT: m	
DATE: 08/03/2004	
VIEW-DIRECTION	
X: -0.483	Z
Y: -0.837	X
Z: 0.259	

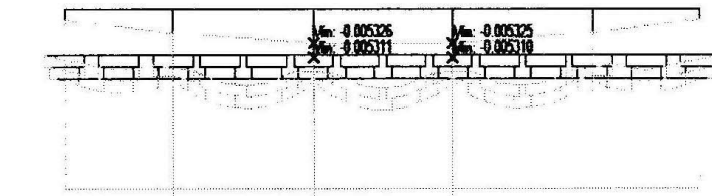
(b)하중: 230kg/m²

그림 24. Displacement Contour 전체 모델링



MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -8.640E-003
NODE= 1130
CONS.= 3.771E-002
NODE= 1639
SCALE FACTOR=
CB: 하중조합
MAX : 339
MIN : 1130
FILE: 하중553
UNIT: m
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X:-1.000 Z
Y: 0.000
Z: 0.000

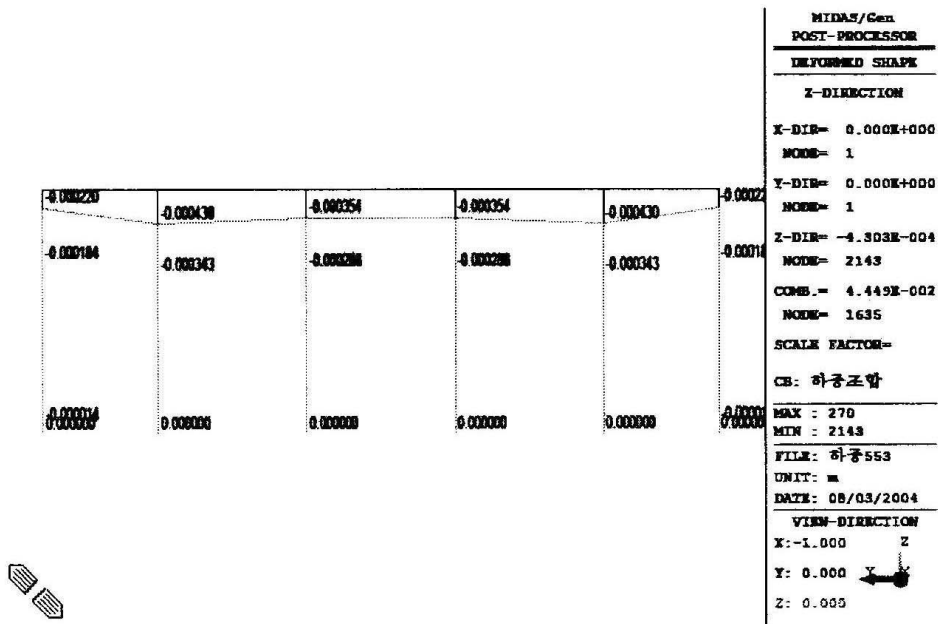
(a)하중: 553kg/m²



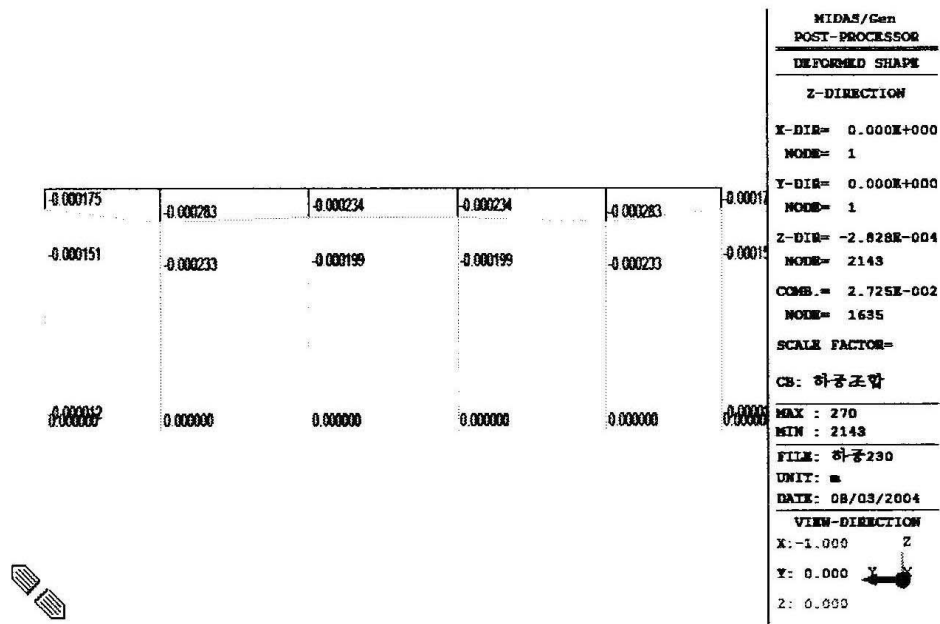
MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -6.326E-003
NODE= 1130
CONS.= 2.273E-002
NODE= 1639
SCALE FACTOR=
CB: 하중조합
MAX : 339
MIN : 1130
FILE: 하중230
UNIT: m
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X:-1.000 Z
Y: 0.000
Z: 0.000

(b)하중: 230kg/m²

그림 25. Deformed Shape (Y1행)

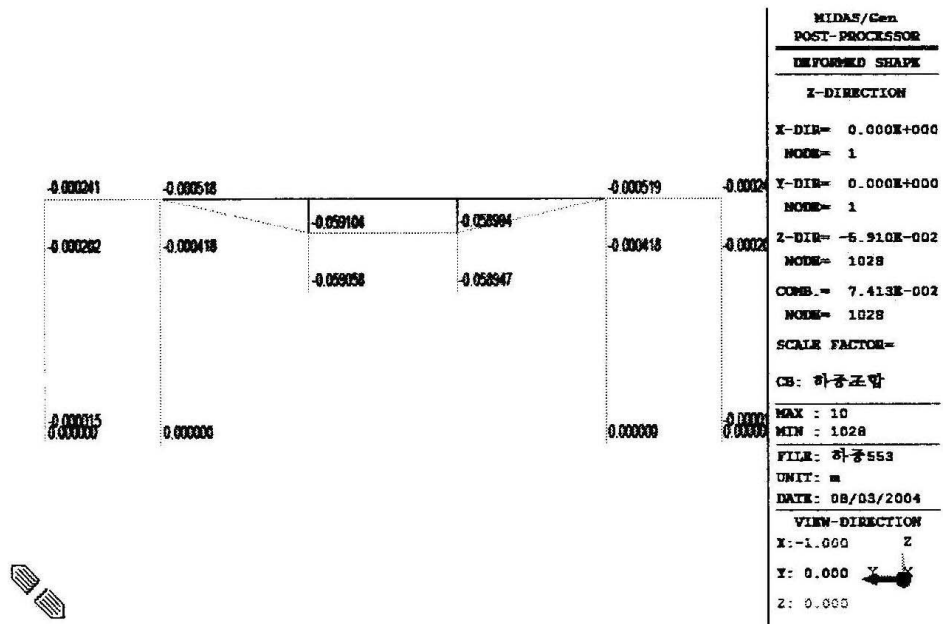


(a) 하중: 553kg/m²

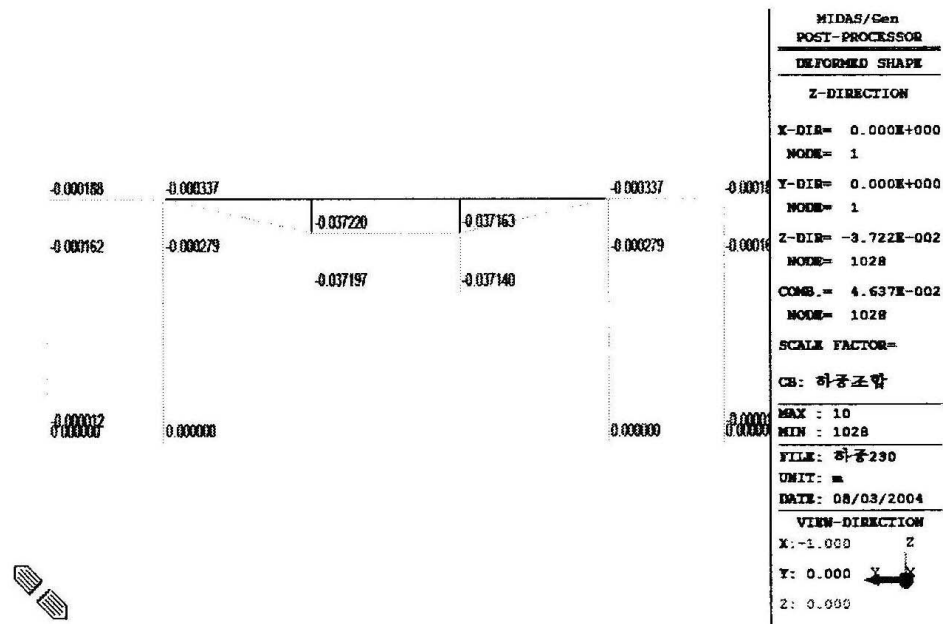


(b) 하중: 230kg/m²

그림 26. Deformed Shape (Y2행)

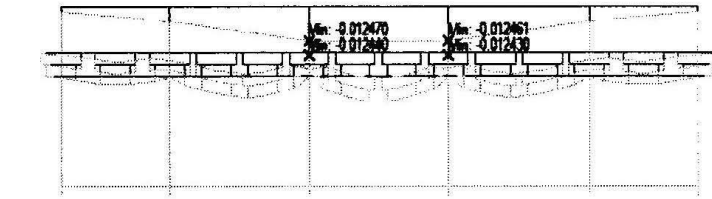


(a)하중: 553kg/m²



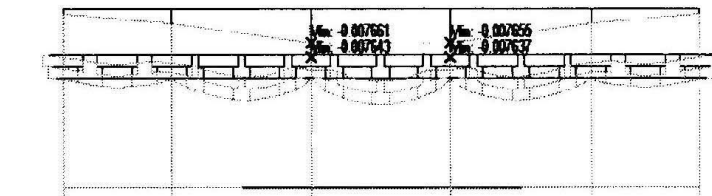
(b)하중: 230kg/m²

그림 27. Deformed Shape (Y3행)



MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -1.247E-002
NODE= 1038
COMB.= 3.412E-002
NODE= 1549
SCALE FACTOR=
CB: 하중조합
MAX : 2477
MIN : 1038
FILE: 하중553
UNIT: m
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X: -1.000 Z
Y: 0.000 Y
Z: 0.000

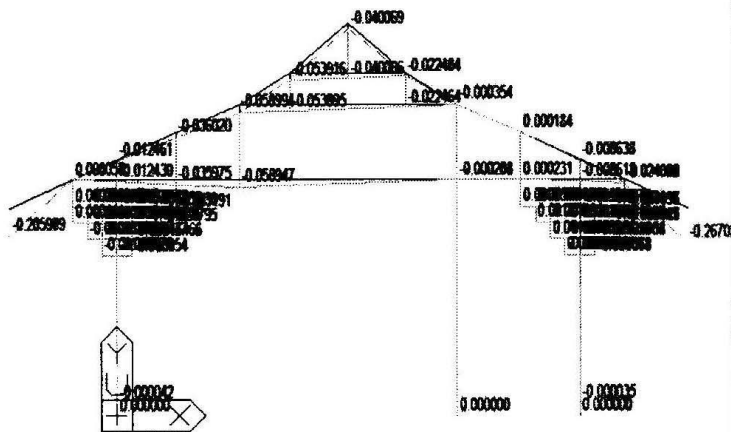
(a)하중: 553kg/m²



MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
DEFORMED SHAPE
Z-DIRECTION
X-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Y-DIR= 0.000E+000
NODE= 1
Z-DIR= -7.661E-003
NODE= 1038
COMB.= 2.109E-002
NODE= 1549
SCALE FACTOR=
CB: 하중조합
MAX : 2477
MIN : 1038
FILE: 하중230
UNIT: m
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X: -1.000 Z
Y: 0.000 Y
Z: 0.000

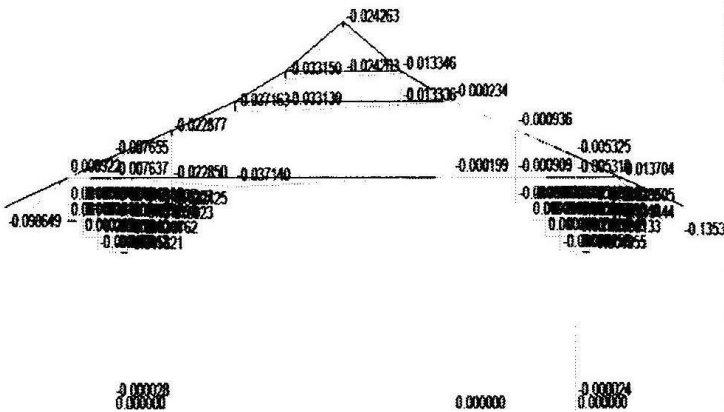
(b)하중: 230kg/m²

그림 28. Deformed Shape (Y4행)



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Z-DIR=	-2.670E-001
NODE=	1637
COMP.=	2.787E-001
NODE=	1637
SCALE FACTOR=	
CB:	하중조합
MAX :	1672
MIN :	1637
FILE:	하중553
UNIT:	m
DATE:	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X:	0.000
Y:	-1.000
Z:	0.000

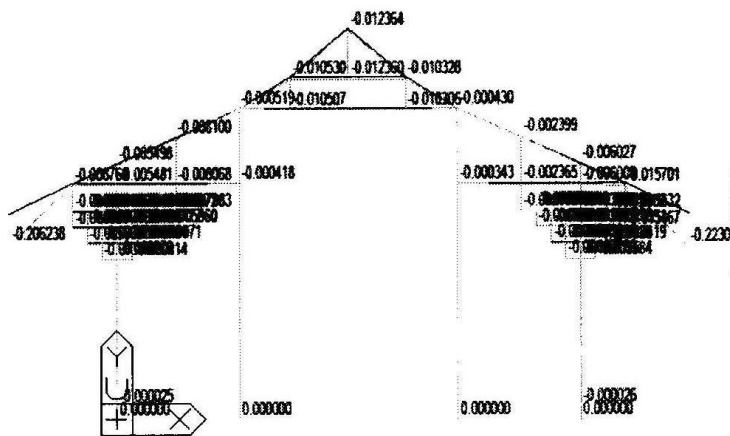
(a)하중: 553kg/m²



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Z-DIR=	-1.354E-001
NODE=	1637
COMP.=	1.403E-001
NODE=	1637
SCALE FACTOR=	
CB:	하중조합
MAX :	1555
MIN :	1637
FILE:	하중230
UNIT:	m
DATE:	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X:	0.000
Y:	-1.000
Z:	0.000

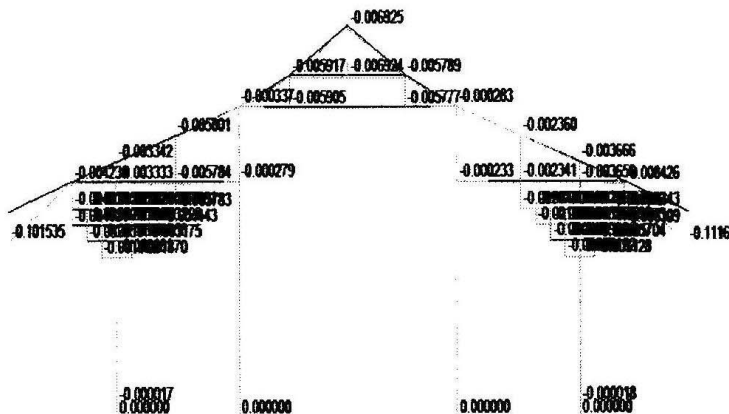
(b)하중: 230kg/m²

그림 29. Deformed Shape (X4열)



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
MODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
MODE=	1
Z-DIR=	-2.231E-001
MODE=	2145
COMP.=	2.375E-001
MODE=	2145
SCALE FACTOR=	
CB: 하중조합	
MAX :	2043
MIN :	2145
FILE:	하중553
UNIT:	m
DATE:	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X:	0.000 Z
Y:	-1.000
Z:	0.000

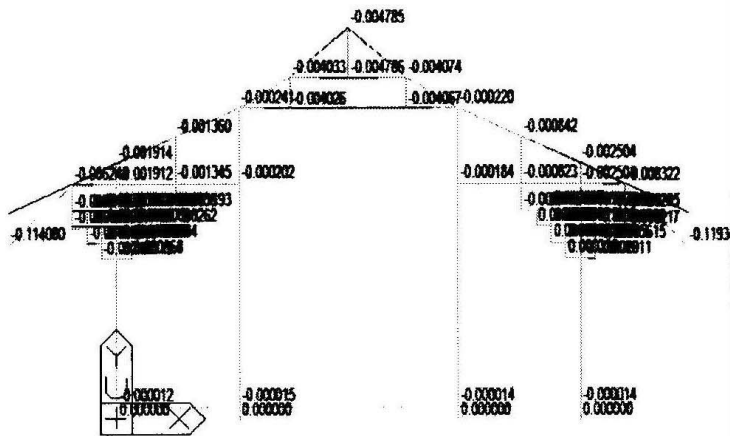
(a)하중: 553kg/m²



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
MODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
MODE=	1
Z-DIR=	-1.117E-001
MODE=	2145
COMP.=	1.183E-001
MODE=	2145
SCALE FACTOR=	
CB: 하중조합	
MAX :	2043
MIN :	2145
FILE:	하중230
UNIT:	m
DATE:	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X:	0.000 Z
Y:	-1.000
Z:	0.000

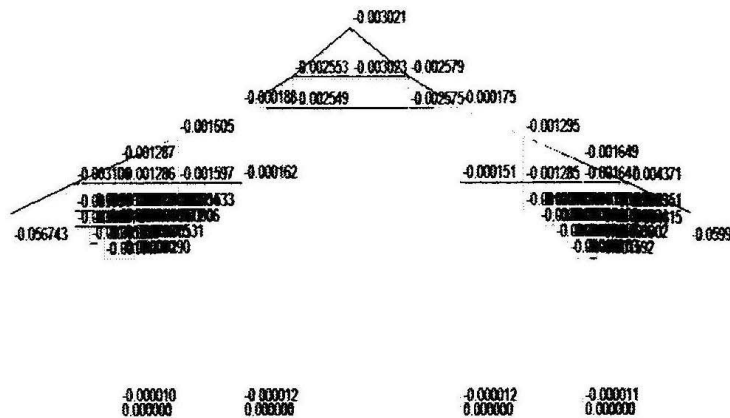
(b)하중: 230kg/m²

그림 30. Deformed Shape (X5열)



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Z-DIR=	-1.193E-001
NODE=	2496
COMP.=	1.281E-001
NODE=	2404
SCALE FACTOR=	
CB: 하중조합	
MAX :	2505
MIN :	2496
FILE :	하중553
UNIT :	m
DATE :	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X :	0.000 Z
Y :	-1.000
Z :	0.000

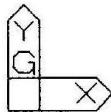
(a)하중: 553kg/m²



MIDAS/Gen	
POST-PROCESSOR	
DEFORMED SHAPE	
Z-DIRECTION	
X-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Y-DIR=	0.000E+000
NODE=	1
Z-DIR=	-5.993E-002
NODE=	2496
COMP.=	6.412E-002
NODE=	2404
SCALE FACTOR=	
CB: 하중조합	
MAX :	2392
MIN :	2496
FILE :	하중230
UNIT :	m
DATE :	08/03/2004
VIEW-DIRECTION	
X :	0.000 Z
Y :	-1.000
Z :	0.000

(b)하중: 230kg/m²

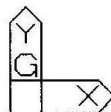
그림 31. Deformed Shape (X6열)



9.60493	11.68133	10.87620	11.02604
19.53530	21.32586	17.96304	20.75181
31.28067		15.48225	27.43018
31.18937		15.48370	27.43644
19.53981	21.33279	17.96500	20.75820
9.60060	11.68151	10.87765	11.02506

MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE
FORCE-Z
MIN. REACTION
NODE= 2392
FZ: 9.6006E+000
MAX. REACTION
NODE= 1024
FZ: 3.3201E+001
CB: 하중조합
MAX : 1024
MIN : 2392
FILE: 하중553
UNIT: tonf
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

(a)하중: 553kg/m²



7.68737	9.88581	9.39440	8.55875
13.68722	15.09034	13.02727	14.43188
22.27997		11.48196	18.72819
22.27335		11.48280	18.72620
13.69039	15.09407	13.02810	14.43060
7.68472	9.88584	9.39432	8.55830

MIDAS/Gen
POST-PROCESSOR
REACTION FORCE
FORCE-Z
MIN. REACTION
NODE= 2392
FZ: 7.6847E+000
MAX. REACTION
NODE= 1024
FZ: 2.2280E+001
CB: 하중조합
MAX : 1024
MIN : 2392
FILE: 하중230
UNIT: tonf
DATE: 08/03/2004
VIEW-DIRECTION
X: 0.000
Y: 0.000
Z: 1.000

(b)하중: 230kg/m²

그림 32. 기둥의 Reaction Forces

제5장 결 론

본 연구는 과거 경험적 지식에 근거하여 축조되고 계승되고 있는 전통 목조 건축물중 하나인 대적광전을 대상으로 목재의 재료 및 구조적 특성을 고려하여 공학적(工學的)으로 검토·고찰하였다. 또한 서양식 목조 건축물에 비하여 상대적으로 큰 비중을 차지하고 있는 전통 목조건축물에 대한 지붕하중 경감방안을 제시하고, 이에 따른 효과를 검토·고찰하였으며 결론은 다음과 같다.

1. 지붕하중 경감방안의 일환으로 전통 건축물의 지붕 축조방식에서 적심을 제거하고 단열재를 활용하는 덧서까래 기법의 적용 시, 59% 정도의 고정하중을 감소 효과를 기대할 수 있었다.
2. 수평부재에서의 변형량은 대공간 확보를 위하여 기둥을 생략한 것으로 추정되는 어칸 부분의 대들보 및 하중 도리에서 가장 크고 협칸, 퇴칸의 순으로 나타났다. 또한 덧서까래 기법의 적용 시 변형은 기존의 지붕하중을 적용한 경우에 비하여 60% 이상 감소되는 것으로 나타났다.
3. 기둥에 작용하는 압축하중 산출결과, 변형량에서와 마찬가지로 어칸 전면에서의 중고주 생략에 의한 영향이 큰 것으로 나타났으며, 각 기둥에 대한 허용응력도 검토결과 모든 기둥이 안전측에 있는 것으로 평가되었다.

참고문헌

- 건구조엔지니어링, 전주객사구조계산서, 2002
- 경주시, 기림사대적광전 해체실측조사 보고서, 1997
- 김동욱, 한국건축의역사, 기문당, 2001
- 김동현, 한국목조건축의기법, 발언, 1993
- 김봉건, 전통목조건축의구조해석, 대한건축학회지, 1992
- 김봉건, 전통목조건축의구조에관한해석적연구, 서울대석사논문, 1985
- 김봉건, 전통중층목조건축에관한연구, 1994
- 김왕직, 한국건축용어, 발언, 2000
- 대한건축학회, 건축학전서4(구조계획), 기문당, 2003
- 대한건축학회, 건축학전서7(건축재료), 기문당, 1997
- 박용주, 한국전통목조건축구조의기본응력에관한연구, 영남대석사논문, 1995
- 배병선, 목구조연구의현황과과제, 한국건축역사학회창립10주년기념학술발표대회
- 배병선, 정림사석불보호각구조진단보고서, 1999
- 서정문, 역사지진의진동추정을위한초가삼간의내진성평가실험, 1998
- 송호산, 건축구조디자인의세계, 기문당, 2001
- 신영훈, 우리가정말알아야할우리한옥, 현암사, 2000
- 유성희, 한국목조건축결구방법에관한연구, 1987
- 이석하, 금산사미륵전구조부재내력검토와분석, 1987

- 장기인, 한국건축대계V(목조), 보성각, 1996
- 장기인, 건축구조학, 보성각, 1996
- 정희석, 목재이학, 서울대학교출판부, 1993
- 정희석, 목재절삭학, 서울대학교출판부, 1994
- 주남철, 한국건축사, 고려대학교출판부, 2000
- 추영수外, 건축시공학, 동명사, 1991
- 홍성걸, 경회루추녀부의구조안전도에관한연구조사, 2000