

# 첨성대축조 기준방식과 드잡이기술에 대한 기술사적 접근 연구

김덕문

국립문화재연구소 건축문화재연구실

투고일자 : 2012. 09. 26 · 심사일자 : 2012. 11. 01 · 게재확정일자 : 2012. 11. 20

## 국문초록

본 연구는 고건축 기술사적 관점에서 첨성대 축조당시 가설공법을 규명하고자 하였다. 독특한 구조와 형태로 이루어진 첨성대는 그동안 많은 관심을 끌며 연구되어왔으나 고건축 기술사적 측면에서 접근한 사례를 보기 어렵다. 더욱이 첨성대 축조기술에 관한 연구는 고건축 기술사적 고찰기반이 취약한 추론으로 전개되어 있으므로 많은 의문점을 남기고 있다. 여러 가지 의문점 가운데 가설공법에 대한 논의는 고건축시공 기준방식과 드잡이에 관한 기술사적(技術史的) 고찰을 결여한 추론으로 전개되어 있으므로 신빙성 있는 역사적 사실규명으로 보기 어렵게 한다.

연구결과 첨성대축조 가설공법에 대한 규명은 실제유구가 남아있지 않아 직접 고찰에 한계가 있었으나, 그간의 오류 폭을 좁히고 기초자료 제공에 의한 기술사(技術史) 연구 활성화를 기대할 수 있게 되었다.

주요 연구결과는 세 가지로 정리되었다.

1. 원통형 구조로 이루어진 첨성대축조 기준방식은 또한 십자막 규구법과 다림추를 이용한 준승방식에 기초한 중심축 기준을 적용하였으므로 고찰되었다.
2. 첨성대 축석공사는 규구준승에 기초한 기준방식과 부합하는 드잡이공사 방법으로 녹로사용 가능성이 고찰 검토되었다.
3. 첨성대축조 기준과 드잡이기술에 대한 고찰 결과 규구준승에 의한 기준방식과 녹로(轆轤)를 이용한 드잡이공사는 축석공사에 별도로 운반을 위한 비계가설을 요하지 않는 고건축 시공기술로 고찰되었다.

※ 주제어 : 첨성대, 고건축기술사, 가설공법, 기준, 드잡이기술

## 서론

첨성대는 신라 선덕왕(632~646년) 시기에 창건되었다고 알려져 있다. 원통형 구조와 유려한 곡선으로 이루어진 첨성대 입면은 고건축 중에 비슷한 건물을 찾아보기 어려울 정도로 독특하다. 첨성대의 기능은 구체적인 기록을 보기 어려운 까닭에 아직도 명확하게 밝혀지지 않고 있으며 다양한 논의가 이루어지고 있다.<sup>01</sup> 일반적으로 첨성대(瞻星臺)는 『삼국유사』에 나타나 있는 명칭이며 글자 그대로 “별을 바라보는 대(瞻星臺)”로 해석되어 천체운행을 관측하는 천문대(天文臺)로 추정되고 있다.<sup>02</sup> 첨성대는 아직 용도와 기능이 구체적으로 밝혀지지 않았을 뿐만 아니라 축조방법 또한 기술사적(技術史的) 측면에서 접근한 고찰을 보기 어렵다.

첨성대는 그동안 축조방법에 대한 논의가 이루어지기는 하였으나 고건축시공 표준방식과 드잡이기술에 관한 고찰을 보기 어렵다. 구조 표준과 드잡이기술에 대한 고건축 기술사적 고찰이 결여된 상태로 제시된 첨성대 축조방법은 당연한 결과로 수용되지 않으며 미진한 여운을 남긴다.<sup>03</sup> 원형평면과 곡선입면으로 이루어진 첨성대 축조방법에 대한 규명은 그 구조 표준방식과 드잡이기술에 대한 고찰에서 시작되어야 할 문제로 예견된다.

고건축 기술사 연구에서 표준과 드잡이 같은 가설공법은 직접적인 사료를 찾아볼 수 없을 정도로 희박하다. 구조시공 기준이 되는 표준은 각각의 부재 제작과 설치를 함께 고려한 규구준승(規矩準繩)에 의한 기하학적 원리에 기초한 기술로 이루어진다. 규구준승 기법은 각각의 부재 제작단계에서 구조기준을 포함한 먹줄표기가 이루어지는 시공 전반에 걸친 방대한 연계 고찰이 필요한 문제라 할 수 있지만 본고에서는 첨성대 구조특성에 따른

축석 규구준승 방법을 중심으로 살펴보고자 한다.

첨성대는 정방형 기단과 정자석(井字石) 틀, 원형석단을 조합해 허리가 잘록한 곡선입면을 이루도록 정교하게 석재를 쌓아올린 드잡이방법 또한 의구심을 떨칠 수 없게 한다. 드잡이는 무거운 부재를 들어올려서 규준에 맞추어 설치하는 고건축기술이다. 드잡이기술은 아주 오래 전부터 지레 활차와 같은 도구 발명과 함께 역학적 원리를 이용하는 운반기술로 한국 중국을 비롯한 동아시아 고건축기술로 발전되어왔다. 활차를 이용한 드잡이기술은 전통적으로 사용되고 있는 고건축기술인데 그동안 첨성대 축조방법을 논하는 글에서 언급조차 되지 않고 있음에 다소 의문을 품게 한다.<sup>04</sup>

고건축 표준과 드잡이 기술은 체계적으로 기록 정리한 사료를 찾아보기 어려우나 다양한 옛 문헌에 단편적으로 나타나 있는 내용을 참고해 볼 수 있다. 더욱이 표준과 드잡이기술은 가설공사로 진행되며 그 시공흔적을 남기지 않는 점 또한 연구에 어려움을 겪게 한다.

기술에 관한 연구는 구체적인 결론도출을 요하는 문제이지만 사적 입장에서 문헌을 통한 유추해석과 사례에 대한 배경 고찰수준에서 전개할 수밖에 없는 한계점을 미리 밝히면서 내용을 전개하고자 한다. 실제적인 연구에 한계가 있을지라도 이러한 시도는 여러 가지 의문점을 다소나마 해소하고 기술사연구 기초자료 제공에 의의를 두고자 한다.

## 기술사적 고찰

### 1. 규구준승

고건축에서 표준설치에 관한 기술은 단지 “규구준승(規矩準繩)”이라는 용어를 통해 전해지고 있다. “규구준승

01 첨성대 기능은 주비산경(周髀算經)에 나타나 있는 역법(曆法)적 수리에 따른 해석이 이루어지기도 하였다.(金容雲, 1974, 瞻星臺의 構造와 周髀算經, Korea Journal, 참조) 한편 불교 우주관에 기초한 수미산(須彌山) 형상을 가정한 제단(祭壇)으로 축조하였을 것이라는 주장도 제기되고 있다.(李龍範, 1974, 瞻星臺 存疑, 農壇學報 38號, 참조)

02 南天祐, 1974, 「瞻星臺에 관한 諸說의 檢討 -金容雲, 李龍範, 兩氏說을 中心으로-」 『歷史學報』 第64輯, p.135.

03 「첨성대 건립에 대한 시공방법론」에서는 첨성대 내부 흠다짐과 몸체 상부 체감과 정자석(井字石) 설치에 따른 내부 가설 설치와 철거에 대한 불합리성을 강조하고, 창건 당시 기중장비 존재 가능성이 희박하다고 이르면서 “흠비계”를 사용하였으므로 결론짓고 있다. 김정훈·박상훈, 2009, 「문화재」 42권 2호, 국립문화재연구소 pp.46~48, 참조. 고건축시공 표준과 드잡이에 관한 기술사적 입장에서 흠비계를 이용한 가설공법은 다소 회의적인 입장을 취하게 한다.

04 현재 첨성대 안내문을 비롯해 일반적으로 알려져 있는 흠비계는 기원전 피라미드 축조 시에 사용하였던 공법이다. 첨성대는 천문관측을 목적으로 세운 건축물이며 그 건축기술 또한 상당한 수준을 기대하게 한다.

(規矩準繩)은 부재 제작 조립공사 전반에 걸쳐 곱자(矩)와 그림쇠(規)<sup>05</sup>, 수준기(準), 먹줄(繩)을 이용하는 기법을 말한다. 규구준승 기법에 대한 규명은 실제로 고건축 기술 전반에 걸친 이해를 필요로 한다 해도 과언이 아니라고 할 수 있다.

곱자(矩)와 그림쇠(規)는 신화시대 전설에 나타날 정도로 오래된 건축도구로 전해지고 있다. 한대 화상(漢代 畵像) 중에는 복희(伏羲)와 신농(神農), 헌원(軒轅) 삼황과 함께 그려진 곱자와 그림쇠를 볼 수 있다. 삼황 중에 헌원(軒轅)은 사람들에게 집짓는 방법과 옷감 짜기를 가르쳤으며 수레를 발명하였다고 전해진다. 기남(沂南) 화상묘(畵像墓, 北魏初)<sup>06</sup>에 나타나 있는 삼황 그림에는 그림쇠(規)와 곱자(矩)를 양쪽 어깨에 둘러메고 있는 헌원(軒轅)을 가운데에 두고 좌우에 하체가 뱀으로 이루어진 복희와 여와(女媧)가 그려져 있다. 그 아래 절구질을 하고 있는 두 인물 가운데에 신농(神農)이 큰 절구모양의 자에 앉아 있다(그림 1).

헌원(軒轅) 신화와 한대(漢代) 화상을 통해 보면 그림쇠(規)와 곱자(矩)는 이미 전국시대(戰國時代 B.C. 403~221년) 이전에 발명되어 사용되어 왔을 것으로 짐작된다. 그림쇠(規)와 곱자(矩)는 발명시기를 정확히 알 수 없지만 적어도 첨성대가 세워지기 훨씬 이전부터 건축을 비롯한 여러 가지 작업에 사용되었다고 볼 수 있다.<sup>07</sup>

『묵자(墨子)』에는 “장인은 누구나 곱자(矩)로 사각형(方)을, 그림쇠(規)로 원을 그리며 먹줄(繩)로 직선(直)을 긋고 추를 매달아(縣) 수직(正)을 구한다. 기술이 없으면 기술자가 아니며 모든 작업은 이 다섯 가지 방법으로 이루어진다.”<sup>08</sup>고 나타나 있다. 여기서 다섯 가지 이름은

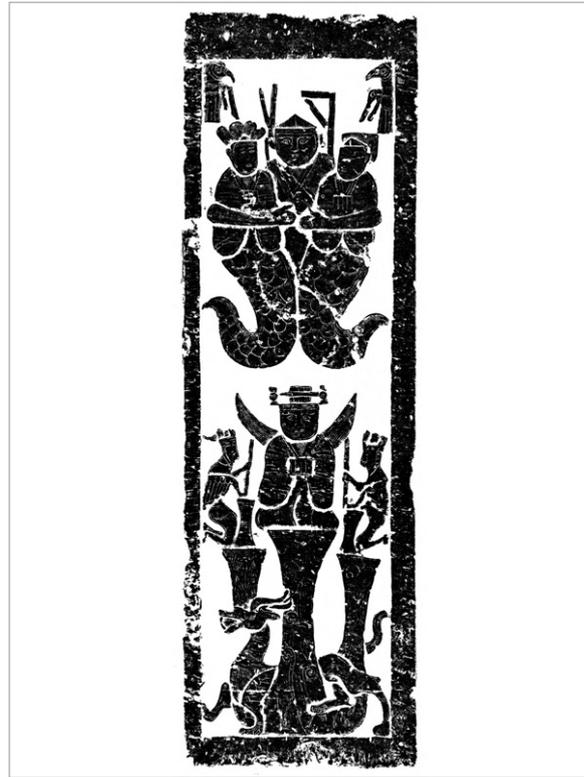


그림 1 한대 화상(沂南畵像廟發掘報告書)

수준기와 먹줄을 뜻하는 “준승(準繩)”에 대한 용어를 줄여 “승(繩)”으로 표현함에서 비롯되었을 것으로 보인다. 목자가 이르는 이 다섯 가지 기술은 이미 고건축 시공에서 수직수평 보기(準繩) 방법에 의한 규준설정 기술이 활용되고 있었음을 미루어 짐작해 볼 수 있도록 한다.

그림쇠(規)와 곱자(矩)를 이용한 원과 사각형 작도법은 중국 최초의 수학, 천문학 서로 알려진 『주비산경(周髀算經)』<sup>09</sup>에 “원은 사각형에서 얻어내고, 사각형은 직각에서 구한다.”<sup>10</sup>는 기하학적 원리가 나타나 있으므로 규구법을 알아볼 수 있도록 한다.

05 그림쇠(規)는 본래 원을 작도하는 도구로 사용하였을 것으로 보이나, 오늘날에는 주로 기둥 그레질과 같은 현존도 모사와 이기 등 간격 분할표기 같은 그레칼(다바이더)로도 사용하고 있다.

06 기남 화상묘(沂南 畵像墓)는 연대를 추정할만한 유물이 발견되지 않았다. 기남묘(沂南墓)는 효당산(孝堂山) 석실, 무량사(武梁祠) 등의 한대(漢代) 화상보다 발전된 요소를 보이고 있으며 고구려 석실 고분에 비교적 가깝다. 특히 A.D 357년의 고구려 동수묘(冬壽墓)는 가장 비슷한 모습을 띠고 있다. 따라서 이 묘는 북위초(北魏初), 한말(漢末), 당시로 위진(魏晉)이 존재했던 시기로 비정해 볼 수 있다.

07 김덕문, 2011, 『석조문화재 안전관리 방안연구보고서』, 국립문화재연구소, p.28.

08 『墨子』 卷一 法儀第四：百工爲方以矩，爲圓以規，直以繩，正以縣。無巧工不巧工，皆以此五者爲法。正：한쪽으로 치우치지 않음. 곧 수직을 뜻함. 縣：추를 매달다. [禮記] 故衡謂縣，不可欺以輕重.

09 『주비산경(周髀算經)』: 오늘날까지 전해지는 중국 최초의 수학 천문학 저서 중 하나임. 현재 전해지는 글은 주(周)의 상고(商高)가 주공(周公)과 문답한 내용을 대략 서한 시기(西漢 기원전 1세기)에 작성한 것으로 추정되고 있으며 남송본(南宋本 1213년)이 가장 오래된 판각본으로 전해지고 있다.

10 『周髀算經』卷上：商高曰。數之法。出于圓方。矩出于九九八十一。故折矩。廣三。股修四。徑隅五。既方其外。半之一矩。環而共盤。得成三四五。兩矩共長二十有五。是謂積矩。圓出于方。方出于矩。

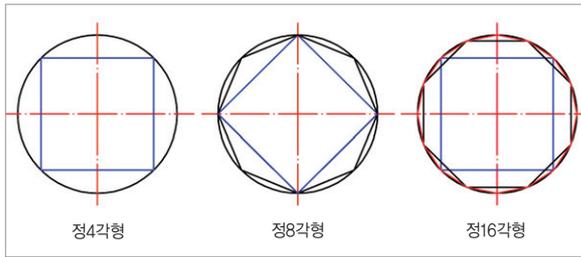


그림 2 원기둥 치목 방법

원형으로 이루어진 첨성대 몸체평면은 “원은 사각형에서 구한다.(圓出于方)”는 『주비산경(周髀算經)』 기하학적 원리에 따른 작도법과 비교검토해 보도록 한다. 『주비산경(周髀算經)』에서 원은 정사각형 4모를 각 변의 중심으로 회전시켜 연결 작도하여 8각형을 구하며 같은 방식으로 반복하여  $4 \times 2n = 16, 32, \dots$  각형으로 작도해 나가면 원주에 근접하는 다각형에 이른다는 원리로 나타나 있다.<sup>11</sup> 이처럼 곱자를 사용해서 정사각형과 원을 작도하는 방법은 오래전부터 전승되고 있는 고건축 치목기법에서도 살펴볼 수 있다(그림 2).

첨성대 창건(632~646년) 이전에 신라에서는 이미 황룡사 창건(1차 553~566년)이 이루어졌으며, 645년에는 9층 목탑이 완공되었으므로 밝혀지고 있다. 특히 목탑 시공은 복잡한 가구구조를 9층 높이까지 짜 맞추어 세우기 위한 표준설치와 무거운 부재를 들어 올리는 드잡이기술에 관한 수준을 미루어 짐작하게 한다.

첨성대 구조는 단순한 원통형으로 이루어져 있지만 외벽 석축 쌓기에서 들여쌓기에 의한 체감곡선 입면을 형성하고 있다. 완만한 S자형 곡선 입면은 기하학적으로 여러 개의 초점을 갖는 고도로 복잡한 곡선이라 할 수 있다. 이러한 첨성대 구조는 기하학적 작도법에 의한 설계와 곡률변화에 따른 표준방식에 기초한 시공기술을 수반한다고 할 수 있다.

고건축 시공에서 활용한 표준방법은 앞서 언급한 규준승(規矩準繩)이 주로 수직 기준방법이라면, 수평 기

준방법에 관한 기록도 볼 수 있다. 『주관·고공기(周官·考工記)』에는 ‘장인이 물을 매달아 땅을 다스려 나라를 세운다.’ 라고 나타나 있다. 『정사농(鄭司農)』에 이르기를 ‘네 모서리에 기둥을 세우고 매달아 그 물로 높고 낮음을 살펴본다. 높고 낮음을 설정하면, 위치를 그려 평지를 이루게 한다.’ 고 되어 있다. 『장자(莊子)』에는 ‘고요한 물이 치우치지 않음은 장인이 평평한 수준기(準)로 마땅히 취해야 할 법칙이다.’ 『관자(管子)』에는 ‘수준기(準)를 다루어 허물고 넓게 펴서 평평하게 만든다.’ 『상서·대전(尙書·大傳)』에는 ‘물이 아니고는 만리를 평평하게 할 방법이 없다.’ 『석명(釋名)』에는 ‘수평을 이루는 것은 물이다. 그러므로 평평함은 수준기(準)로 살펴본다.’ 하안(何晏)의 『경복전부(景福殿賦)』에는 ‘오직 수많은 장공의 굳건한 진실 속에 변화무쌍함 끝없다. 하늘과 땅에 들어맞도록 티를 닦고 늘어진 별자리와 더불어 법도에 맞추어 만들었도다. 법도는 비천함 없고, 풍모에 부적합함 없네. 수평기(水泉)<sup>12</sup>로 어렴풋함 없이 어긋나지 않게 하였구나.’ 라는 글이 나타나 있다. “오신(五臣)의 주석에 이르기를 ‘수평기(水泉)는 수평을 이룬다.’ 라고 되어 있다. 『광류정속·음자(匡謬正俗·音字)』에는 ‘오늘날 산둥(山東) 장인들은 유독 다림추(鍾)를 내려 헤아려 보는 일을 두고 “단(搏)”이라고 말한다.’ 라고 나타나 있다.<sup>13</sup> 이러한 기록들은 주대(周代 BC. 221~1,016년)부터 위·진 남북조(魏晉南北朝 220~589년) 시기까지에 걸쳐 편찬된 자료이며 고건축시공에서 표준방법이 상당한 수준으로 발전 정립되었음을 짐작하게 한다.

이들 기록에서 보이는 건축시공 표준에 사용한 도구와 기술은 오늘날 고건축 현장에서 적용하고 있는 방식과 크게 다르지 않게 느껴진다. 수평은 도구가 보다 정교해지고 편리하게 개선된 물수평기를 사용하고 있지만 물의 물리적 특성을 이용한 그 원리와 방식은 크게 다르지 않

11 『周髀算經』卷上：故禹之所以治天下者。此數之所生也。周公曰。大哉言數。請問用矩之道。商高曰。平矩以正繩。儂矩以望高。覆矩以測深。臥矩以知遠。環矩以爲圓。合矩以爲方。

12 水泉(수일) : 물 말뚝, 즉 물수평기를 뜻함.

13 李戒 宋『營造法式』看詳：『周官·考工記』匠人建國 水地以懸 『鄭司農』於四角立植而懸 以水望其高下。高下既定 乃爲位而平地 『莊子』水靜則平準 大匠取法焉。『管子』夫準 環澗以爲平。『尙書·大傳』非水無以準萬里之平。『釋名』水準也 平 準物也。『景福殿賦』唯工匠之多端 高萬變之不窮 繼天地以開基 並列宿而作制。制無細而不協於規景 作無微而不達於水泉。五臣注云 水泉 水平也。『匡謬正俗·音字』今山東匠人猶言垂繩視正爲搏。

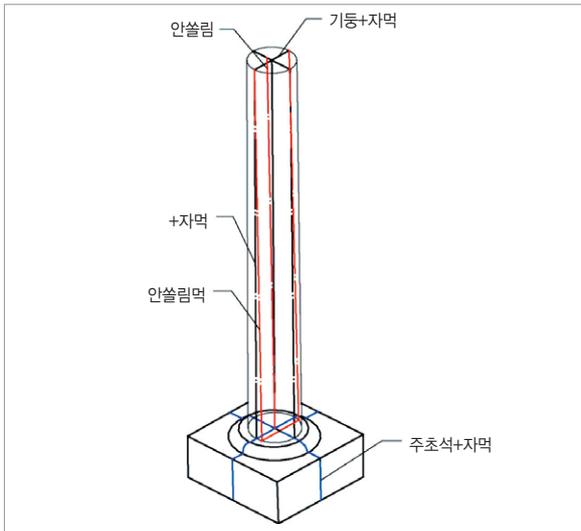


그림 3 +자먹과 안솔림막

음을 알 수 있다.

수직규준 방식은 기본적으로 다림추와 먹줄을 이용함에서 고대로부터 전승되고 있는 기술이라고 할 수 있다. +자먹과 다림추를 이용한 수직보기는 오늘날에도 고건축 현장에서 적용하고 있는 일반적인 규준방식이다. 고건축 부재 조립에는 기본적으로 +자먹을 이용해 중심축을 맞추고 있다. +자먹은 부재 중심을 직교하는 먹줄이므로 형태와 크기에 상관없이 2개 축선을 일치시켜 연결 접합하면 두 부재 사이에 중심축이 맞추어지도록 한다.

실 예로 +자먹을 이용한 기둥세우기는 고건축 규준방식을 쉽게 알아 볼 수 있도록 한다. 기둥에는 상단과 하단 마구리에 +자먹을 표기하고 몸체 측면으로 먹줄을 연장하는 심먹을 가하여 중심축을 입면에서 가늠할 수 있도록 하고 있다. 기둥 심먹은 초석과 상부 부재에 표기된 +자먹에 맞추어져서 전체 가구구조에 대한 중심축을 이루게 하며 동시에 횡으로 연결되는 부재 조립을 위한 기준선으로 작용을 한다. 기둥 중심축에 대한 수직 보기는 다림추를 내려 추실과 +자먹에서 연장된 심먹이 일치하도록 조절함으로써 이루어진다(그림 3).<sup>14</sup>

첨성대와 비슷한 시기에 건축된 익산 미륵사지 석탑(무왕 600~641년)은 석조건축에서 나타나는 준승규준 방법



그림 4 미륵사지 서탑 1층 현황

을 고찰해 볼 수 있는 사례로 남아 있다. 그 구조는 내부 중심에 심주가 있으며 외면 탑신과 옥개석이 여러 개의 부재로 4면 대칭을 이루고 있다. 구조 중심축을 이루는 심주는 +자먹을 이용한 규준설치와 석재 쌓기를 생각해 볼 수 있게 한다. 우선 심주석을 쌓을 때 +자먹을 이용하면 석재 규격과 상관없이 수직 중심축을 얻어낼 수 있다. 대칭으로 이루어진 평면 중심점과 수직 중심축 표기가 동시에 이루어질 수 있는 +자먹 규준방식은 석탑 탑신과 옥개석 쌓기에 적용 가능성을 농후하게 한다(그림 4).

## 2. 드잡이 도구와 기술

첨성대와 같은 석조건축 시공은 무거운 부재를 들어 올려 규준에 정확히 맞추어 조절할 수 있는 드잡이기술을 수반한다. 고건축에서 드잡이기술은 석조건축뿐만 아니라 대규모 또는 다층 목조건축에서도 필수적인 시공기술로 발전되어 왔다.

고건축 시공에서 수직운반은 처음에 사다리를 이용한 인력에 의존하여 발전되었을 것으로 보인다. 『묵자(墨子)』비성(備城)편에는 비제(備梯) 제56에 사다리의 일종인 “운제(雲梯)<sup>15</sup>”가 나타나 있다. 운제구조는 당대(唐

14 김덕문, 2010, 『공궐 정전건축 기둥 안솔림기법 고찰』, 『문화재』 43권 2호, 국립문화재연구소, p.46.

15 『墨子』 備城： 備梯第五十六 軍卒竝進，雲梯既施，攻備已具... 墨子曰 問雲梯之守邪 雲梯者重機也.

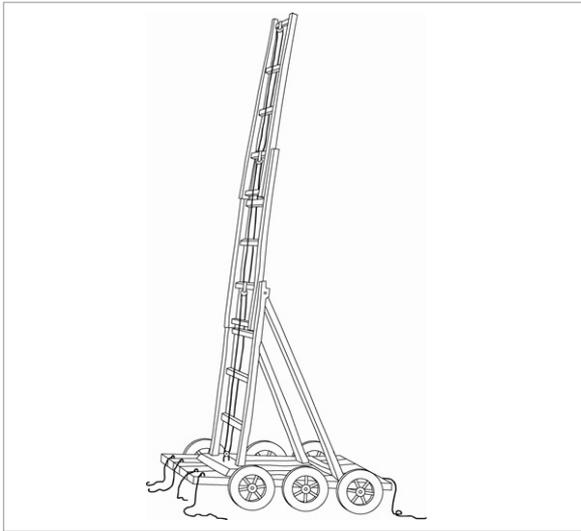


그림 5 비운제(飛雲梯) 《中國古代建築技術史》

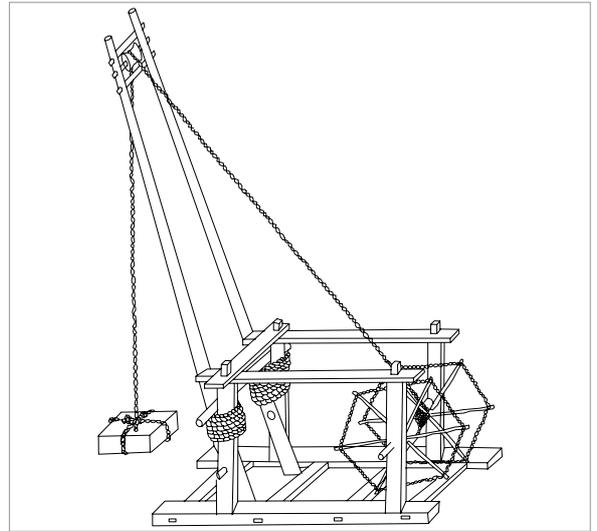


그림 6 녹로 전도 《華城城役儀軌》

代) 두우(杜佑)가 저술한 『통전(通典)』공성전구부(攻城戰具附)에 나타나 있다.<sup>16</sup> 또한 꼭대기에 활차가 달려 있는 비운제(飛雲梯)를 언급하고 있다(그림 5).

비운제(飛雲梯)는 『화성성역의궤(華城城役儀軌, 正祖 18년(1794)도설(圖說) 편에 나타나 있는 녹로(輓轆)와 비슷한 구조로 이루어져 있으므로 흥미롭게 보인다. 녹로(輓轆)는 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』에서 그 기능과 제원에 대한 설명을 볼 수 있다.<sup>17</sup> 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』에는 녹로(輓轆) 외에도 거중기(舉重機), 발차(發差), 동차(童車)와 같은 활차를 활용한 여러 가지 건축운반 드잡이도구가 나타나 있다.

활차발명은 기록에 의한 정확한 시대를 알 수 없으나, 중국 신화시대 황제 현원(軒轅)<sup>18</sup> 이 바퀴달린 수레를 발명하였다고 전해지고 있다. 미루어 짐작컨대 활차는 수레바퀴로 활용되기 이전에 발명되어 여러 가지 운반도구에 적용되었을 듯하다. 고분벽화에는 우물에 정가(井架)

를 세우고 활차를 매달아 물을 길어 올리는 장면이 종종 발견되고 있다. 활차발명은 고대 건축에서 다양한 드잡이 도구와 기술 개발 가능성을 짐작 볼 수 있게 한다.

한편 드잡이공사 사례는 미륵사지석탑 주변 발굴조사 자료를 통해 고찰해 볼 수 있다. 1988년 미륵사지 동탑 주변과 2000년 서탑 주변 발굴조사 결과 석탑기단 남측에서 H자형 평면으로 이루어진 석렬과 3개의 목심 구덩이가 발견되었다. 이 유구는 고찰결과 석탑 조영에 사용한 거중기와 유사한 운반시설의 하부구조로 밝혀져 있다.<sup>19</sup>

H자 형태로 나타나 있는 석렬과 목주 유구는 운제(雲梯) 또는 녹로(輓轆) 같은 드잡이 시설과 관련된 기초 유구로 생각해 볼 수 있다. 녹로는 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』에 나타나 있는 제원에 대한 설명을 통해 보면 지면에 양쪽으로 받침대를 나란히 깔고, 가로로 띠장을 건너질러 바닥구조를 형성하고 있다. 그 위에 녹로 기둥은 바닥 받침대 앞쪽 1/3 위치에 양쪽으로 세우며 4~5尺

16 『通典』兵十三 攻城戰具附：以大木爲床 下置六輪 上立雙牙 牙有檢 梯節長丈二尺 有四桃 桃相去有三尺... 又設有上城梯 首冠輓轆 枕城而上 爲之飛雲梯；큰 목재로 만든 받침대 밑에는 바퀴가 6개 달려있고, 그 위에 가지런히 양쪽으로 길이 1丈2尺 기둥을 세우고 가로 막대 4개를 3尺 간격으로 설치한 사다리를 세운다. 또한 성 위에 있는 사다리는 꼭대기에 도르레(輓轆) 2개가 달려 있으며 비운제(飛雲梯)라 부른다.

17 녹로 기둥은 길이 35尺, 직경 1尺5寸을 이룬다. 기둥 상단에 나란히 구멍 3개를 뚫어 막대를 좌우로 건너지르고 가운데에 지름 1尺5寸, 폭 2尺5寸, 골 깊이 3寸 되는 활차를 끼워 매단다. 녹로 기둥은 비스듬히 세우고 하단을 비너장으로 꽂아 받침대에 고정시킨다. 그다음 받침대 좌우 기둥에 막대를 건너지르고 밧줄로 감아 묶는다. 앞쪽으로 4~5尺 정도 기울어지게 세운 녹로기둥 상단 활차에는 밧줄을 걸어 열레 굴대에 묶는다. 드잡이 작업은 활차를 감아 내려온 밧줄에 부재를 매달고 장정 8명이 양쪽으로 4명씩 갈라서서 열레를 잡고 돌린다. 부재가 일정 높이까지 들어 올려지면 4尺 쯤 떨어진 곳에서 줄 달린 갈고리로 밧줄을 걸어 끌어당겨 지정한 위치로 부재를 옮겨 내려놓는다. 부재를 내려놓을 때는 열레를 반대로 서서히 돌려 밧줄을 풀어서 늦추어 주면된다. 김덕문, 2005. 12, 「드잡이기술의 보존과제」 『大韓建築學會誌』 제49권 제12호(통권319호), p.64.

18 軒轅：사마천(司馬遷, BC 145~BC 86) 『사기(史記)』 오제본기(五帝本紀)에 “황제(黃帝)는 소전(少典)의 아들로 성은 공손(公孫), 이름이 현원(軒轅)”이라고 기록되어 있다. 현원(軒轅)은 수레와 수레끌채를 뜻하며 수레를 발명하였다는 신화 내용을 담고 있다.

19 국립부여문화재연구소, 2001, 『彌勒寺址 西塔 發掘調査 報告書』, p.160.

정도 앞쪽으로 기울여 세운다고 되어 있다. 열레장치는 녹로기둥을 중심으로 받침대 후면 2/3 부위에 설치한다고 설명되어 있다(그림 6).

녹로 기둥구조는 드잡이 공사방식을 알아볼 수 있는 단서가 된다. 기둥을 작업방향을 향해 녹로 앞쪽으로 4~5尺 정도 기울여 세운 구조는 부재를 들어 올린 다음 제 위치로 옮기기 위한 수평운반 작업과 관련해 고찰해 볼 수 있다. 녹로는 활차 밧줄에 묶어 들어 올리는 부재가 공중에서 유동적인 상태에 놓이게 되며 녹로기둥이나 주변 구조물에 방해를 받지 않는 작업 반경 확보가 필요하다. 그리고 일정 높이에 들어 올려진 부재를 제 자리에 수평으로 옮기는 과정 또한 작업공간과 도구가 필요하다. 이러한 점에서 녹로기둥은 작업반경을 확보하기 위해 4~5尺 기울여 세우도록 되어 있음을 알 수 있다.

녹로로 들어 올려진 부재는 제자리에 옮겨 설치할 때 한쪽 끝에 갈고리가 장착된 장대를 사용한다. 갈고리장대는 녹로뿐만 아니라 큰 저울대 등 밧줄로 묶어 들어 올리는 드잡이작업에서 공중에 매달린 부재를 옮겨 안치할 때 도구로 흔히 사용된다.

한편 녹로기둥이 작업방향으로 4~5尺 기울어진 구조는 드잡이작업을 할 때 녹로몸체를 고정시켜 힘의 평형을 이루어야 하는 역학적 현상을 볼 수 있다. 앞쪽으로 기울어진 녹로기둥은 부재를 매달아 들어올리면 4~5尺 × 부재무게(斤)에 해당하는 모멘트를 녹로몸체에 전달하게 된다. 따라서 드잡이작업을 위해 녹로를 설치할 때는 고정시설이 수반되어야 함이 고찰되고 있다.

녹로기둥 구조는 드잡이 부재 하중과 운반높이에 따른 고정시설이 필요하다. 목심주(말뚝)와 밧줄을 이용한 장비 안정화 시설은 오늘날 전통 드잡이공사에 주로 활용되고 있는 회룡기 작업에서 구체적으로 그 실례를 볼 수 있다(그림 7).

미륵사지동탑 주변 발굴지 H자형 평면에서 탑을 향해 나란히 2열로 나타나 있는 석렬은 녹로 받침대에 뼈대로 설치되는 체장을 지지하였던 기초유구로 생각해 볼 수 있다. 받침대 기초 2열을 횡으로 연결하는 석렬은 대략 앞쪽 1/3 지점에 위치하고 있다(그림 8).

이 위치는 녹로에서 부재를 들어 올릴 때 하중을 지탱하는 기둥을 세우는 자리로 고찰된다. H자형 평면에서

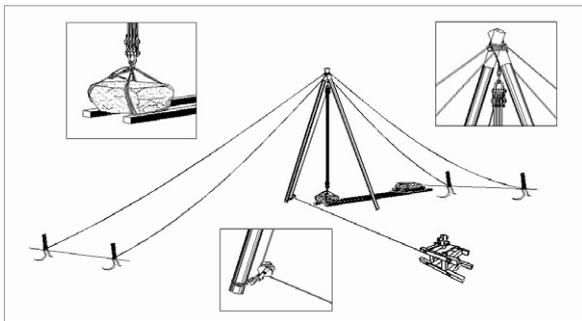


그림 7 회룡기 설치도

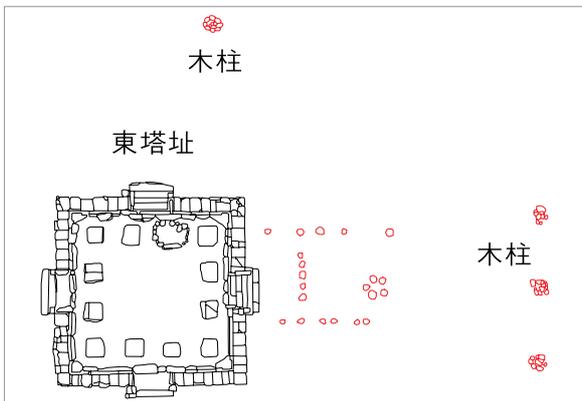


그림 8 미륵사 동탑지 드잡이시설 유구

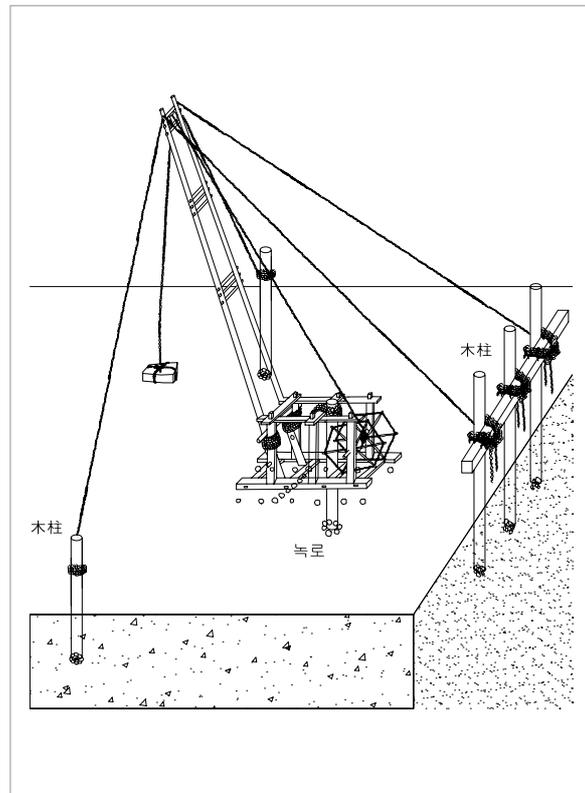


그림 9 녹로설치 추정도

가로지른 석렬 뒤로 나머지 2/3 부위는 녹로기둥 후면부로 열레장치가 설치되는 위치로 볼 수 있다. 또한 이 위치에서 발견된 단일 목심주 흔적은 드잡이작업에서 녹로기둥 꼭대기 활차로 연결된 밧줄을 당길 때 발생하는 힘에 대해 열레와 받침대를 고정시키기 위한 말뚝기둥을 세웠던 자리로 고찰된다(그림 9).

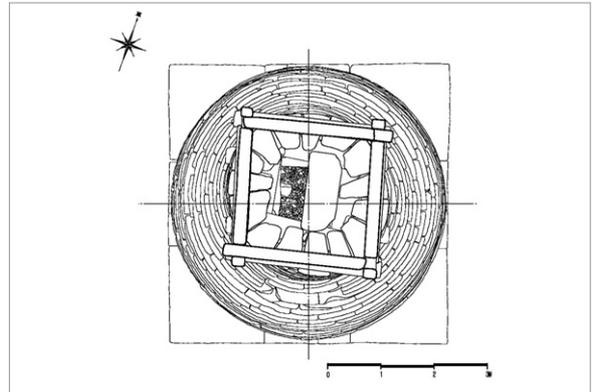


그림 10 첨성대 평면도

## 축석규준과 드잡이기술 검토

### 1. 축석 규구준승 기법 고찰

첨성대는 정방형 기단 위에 원형 평면으로 이루어진 석단을 27단으로 쌓아 올린 원통형 구조로 축조되어 있다. 몸체는 각 석단에서 들여쌓기로 직경을 조절하여 점차 허리 부위가 가늘어진 병 모양으로 이루어져 있다. 입면 형태는 마치 우물을 지상으로 끌어올려 놓은 듯하여 기묘한 느낌이 들게 한다. 몸체 꼭대기는 장대석으로 정(井)자 모양 틀을 짜서 2단으로 쌓아올려 마감하였다.

첨성대 부재제작 규구법은 정방형과 원으로 구성된 평면에서 그림쇠(規)와 곱자(矩)를 이용한 고대 기하학 작도법을 주목하게 한다(그림 10).

원형 평면으로 이루어진 몸체는 실측조사 자료를 검토해 보았을 때 곱자(矩)를 이용한 계획수법으로 보기 어렵게 한다. 곱자를 이용하여 정사각형을 작도하고 원에 이르는 평면을 계획하였을 경우에는 외주를 구성하는 부재 폭이 일정한 간격으로 치석되어 나타나게 된다.

각 석단 평면은 “첨성대 부재제작 규구법은 몸체 각 석단평면을 이루고 있는 규격구성으로 보아 “원출우방(圓出于方)” 보다는 그림쇠를 이용한 동심원 작도법에 가깝게 고찰되고 있다.<sup>20</sup> 더욱이 각 석단에 구성되어 있는 부재 외주면은 원을 이루는 곡선으로 다듬어져 있으므로 동심원 작도 규구법에 의한 치석과 함께 축석에 적용한 표준방법을 유추해볼 수 있다(표 1).

표 1 첨성대 몸체 석단 구성

단수	부재수	직경(mm)	부재무게(t)	비고
제 1단	16	5,180		
제 2단	15	5,150		
제 3단	15	5,110		
제 4단	16	5,040		
제 5단	16	4,980		
제 6단	15	4,920		
제 7단	18	4,870		
제 8단	15	4,750		
제 9단	15	4,580		
제 10단	14	4,425		
제 11단	14	4,255		
제 12단	13	4,085		
제 13단	11	3,930	0.5~0.9	
제 14단	10	3,780	0.6~0.8	
제 15단	11	3,640	0.5~0.7	
제 16단	11	3,500	0.3~0.6	
제 17단	11	3,370	0.4~0.8	
제 18단	11	3,270	0.3~0.8	
제 19단	9	3,150	0.2~0.7	장대석
제 20단	10	3,030	0.2~0.4	
제 21단	13	3,020	0.2~0.4	
제 22단	12	2,980	0.2~0.4	
제 23단	14	3,000	0.15~0.35	
제 24단	14	3,000	0.2~0.35	
제 25단	14	3,010	0.1~0.9	장대석
제 26단	14	3,040	0.1~0.9	장대석
제 27단	15	3,030	0.1~0.8	
평균	13개		0.27t	

20 김덕문, 2011, 『석조문화재 안전관리 방안 연구보고서』, 국립문화재연구소, pp.27~28.

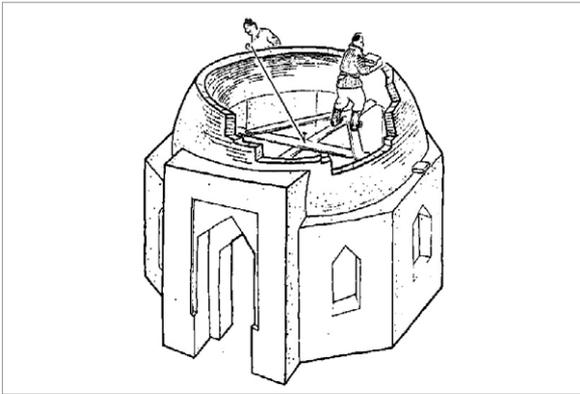


그림 11 궁륭천장 쌓기 기준 (中國古代建築技術史) p.365.

고건축에서 원 중심을 이용한 기준방식은 궁륭천장 (돔) 축조 그림에서 볼 수 있다. 궁륭천장 쌓기 기준은 하부 평면상에 위치하는 구심점에 못을 박아 기준점을 설정한다. 그 다음 구심기준 못에 궁륭천장 반경에 맞추어 기준실을 띄워 석재를 쌓아올리고 상단 정수리 부분에 원형 천개석을 덮어 마감하는 과정으로 이루어져 있다.<sup>21</sup>

궁륭천장 축조방식은 구심을 기준으로 적용하고 있다. 궁륭을 형성하는 각 석단 평면은 원으로 이루어지며 구의 반경기준에 맞추어 쌓아올림에 따라 점차 직경이 감소되는 기준방법임을 알 수 있다(그림 11).

궁륭천장 축석 기준방식은 첨성대에서 검토해 볼 수 있도록 한다. 첨성대 몸체 역시 각 석단은 원형 평면으로 이루어져 있으며 기본적으로 원 중심을 이용한 기준방식을 전제하게 한다. 다만 각 석단에서 나타나는 쌓기 체감은 구심에 의한 궁륭천장과 달리 매 단마다 반경을 조절하는 기준방식을 적용하였으므로 고찰된다. 이를테면 원통형 구조로 이루어진 첨성대는 중심축에 부합하는 수직 기준이 필요한 기준방식을 요한다.

원통형 몸체 구조에 따른 중심축 수직 기준은 +자막과 다림추 보기에 의한 준승기준 방식을 참고해 볼 수 있다. 심주구조를 갖추지 않고 있는 첨성대 몸체는 축석과정에서 각 석단마다 중심점을 확인하고 기준을 확보할 수 있는 기준방식을 요한다고 할 수 있다. 이를테면 궁륭

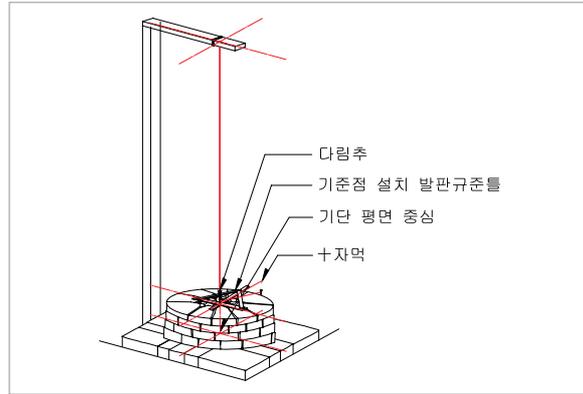


그림 12 +자막과 다림추를 이용한 기준

천장 쌓기에서 적용하고 있는 기준들이 매 석단 쌓기마다 설치되어야 함을 우선 생각해 보게 한다.

한편 처음부터 중심축을 표기하는 기준말뚝이나 기준실 띄우기 방식이 보다 짐쳐볼 만한 적용 가능성을 지니고 있다. 다만 일반적으로 고건축 시공현장에서 기준설치를 위한 가설기준틀 사례나 관련 기록을 볼 수 없어 확신하기 어렵다.

(그림 10)에 나타나 있는 궁륭천장 쌓기 장면을 좀더 자세히 보면 기준틀과 발판가설이 함께 설치되어 있다. 이 기준가설을 첨성대 몸체 축석공사와 함께 고찰해 보면, 기준틀과 공사발판으로 이용하는 가설은 매 석축 쌓기마다 이동 설치가 용이한 방식으로 채용 가능성을 보인다. 실제로 궁륭천장 쌓기에 나타나 있는 기준가설은 쉽게 이동 설치할 수 있는 간편 구조로 이루어져 있다.

첨성대 축석 기준은 우선 사각형 평면으로 이루어진 하부 기단에서 +자막을 이용한 중심 기준설정 방식이 고찰된다. 그 다음 첨성대 높이에 맞추어 세운 기준말뚝과 중심을 지나는 막대를 설치하고 다림추를 내려 중심축 기준을 확보하는 준승방식을 유추해 보게 한다. 다림추 내림에 의한 준승 방식은 축석 석단 높이에 따라 +자막으로 중심이 표기된 수평 기준틀을 이동설치 할 경우에 수직 기준틀의 추실길이를 조절하여 기준을 확보하기에 용이한 방법임으로 적용 가능성 있음으로 검토된다(그림 12).

21 中國科學院自然科學史研究所主編, 1985, 『中國古代建築技術史』, 科學出版社, p.365.

## 2. 드잡이기술 검토

미륵사지동탑 주변에서 발견된 가설 기초유구는 첨성대를 비롯한 고대 석조건축에 적용된 운반기술과 장비에 관한 구체적인 추정 단서가 되고 있다.

첨성대 축조 드잡이시설은 비슷한 시기에 축조된 미륵사지석탑에서 발견된 유구를 통해 보면 운제에서 발전 개선된 녹로 사용을 검토해 볼 수 있도록 한다. 곡선 입면으로 이루어진 첨성대는 석재를 쌓아올리면서 규준화인이 가능한 드잡이방식을 고려하였을 것이라는 점에서 녹로에 더욱 심증을 기울이게 한다.

『화성성역의궤(華城城役儀軌)』에 나타나 있는 녹로와 춘추전국시대의 운제는 비록 시기에 차이가 있지만 활차를 이용한 드잡이원리가 같다고 할 수 있다. 또한 미륵사지 드잡이시설 유구에 대한 고찰을 통해 첨성대축조에도 드잡이장비는 녹로 사용 가능성을 짐쳐보게 한다.

녹로에 대한 구체적인 제원과 드잡이성능은 첨성대와 축조 연대가 다르지만 『화성성역의궤』에 잘 나타나 있다. 녹로는 장정 8명이 양쪽으로 4명씩 갈라서서 알레를 돌리며 대략 1t 정도의 드잡이성능을 갖추고 있다. 첨성대축조 석재는 최소 0.1t 에서부터 정자(井字)틀에 사용된 장대석 0.9t 까지 규격으로 이루어져 있다. 첨성대에 사용된 석재 평균무게는 0.27t 이며 제원과 성능으로 보아 녹로가 적합한 드잡이장비로 검토된다. 또한 녹로는 용도에 따라 성능 규격을 적절히 조절하여 현장에 설치할 수 있는 가설장비로써 예로부터 건축공사에 널리 활용되었을 것으로 짐작된다.<sup>22</sup>

한편 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』 녹로전도에서 보면 녹로기둥은 앞쪽으로 기울어진 구조임으로 부재를 들어 올릴 때 상단 활차에서 발생하는 모멘트를 지지하기 위한 고정방법이 필요함으로 보인다. 녹로기둥 고정은 앞서 규모가 큰 미륵사지동탑 드잡이시설에서도 고찰되고 있다. 다만 부재규격이 별로 크지 않은 첨성대는 녹로기둥을 말뚝처럼 밖아 세우거나 받침대에

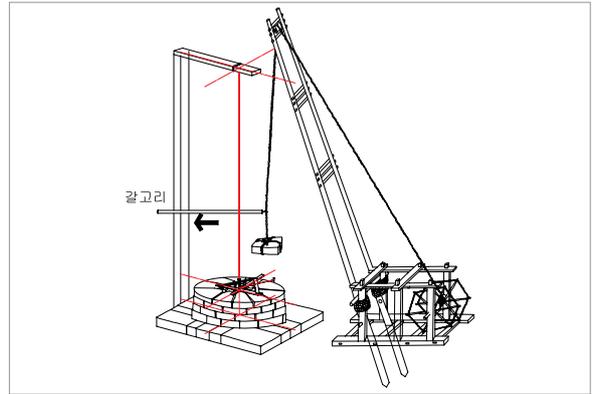


그림 13 첨성대 드잡이공사 추정도

하중을 실어 설치하는 보다 간편한 방법이 적용되었을 듯하다 (그림 13).

녹로는 드잡이공사를 진행하면서 별도의 운반용 비계 가설이 필요하지 않은 장비 특성을 지니고 있다. 이러한 특성은 녹로가 앞에서 고찰해 본 규구준승에 의한 고건축 규준방법과 함께 드잡이공사에 이용하기 적합한 운반 장비로 검토된다. 녹로 드잡이공사에서 비계는 사다리나 경사로와 같은 인력이동 수단 정도로 소용됨으로 고찰된다. 또한 규구준승에 의한 규준방식은 다림추를 이용하여 필요한 상황에 따라 기준을 확인할 수 있으므로 드잡이공사에 영향을 미치지 않는 시공성을 지니고 있다.

## 결론

첨성대 축조기법에 관한 연구는 주로 고대 천문학과 관련된 인문사학 측면 또는 일반적인 건축공법 입장에서 고찰 조명되고 있다. 원통형 구조로 이루어진 첨성대 축석공사에서 규준방식과 드잡이기술은 그 축조기법을 규명함에 핵심적인 문제라 할 수 있으나 고건축 기술사적(技術史的) 측면에서 접근한 연구를 보기 어렵다.

고찰결과 첨성대는 축조당시 사용하였던 가설공사

<sup>22</sup> 미륵사지석탑 드잡이시설 기초유구인 H형 평면 규모는 남북 길이 방향 8.9m, 동서 간격 6.06m로 이루어져 있으며 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』 녹로 좌우 받침대 길이 15尺(≈4.5m), 간격 4尺(≈1.2m) 규격보다 월등히 큰 시설 흔적으로 나타나 있다.

흔적이 아직 발견되지 않아 정확한 공법에 대한 확인 규명에 이르지 못하는 못하였다. 그럼에도 불구하고 첨성대축조 방법에 대해 고건축 드잡이기술과 기준방식을 중심으로 고찰한 내용을 정리하여 조심스럽게 제시하며 고건축 기술사(技術史) 연구의 중요성을 강조한다.

주요 연구결과는 세 가지로 정리하였다.

1. 원통형 구조로 이루어진 첨성대축조 기준방식은 또한 十자막 규구법과 다림추를 이용한 준승방식

에 기초한 중심축 기준을 적용하였으므로 고찰되었다.

2. 첨성대 축석공사는 규구준승에 기초한 기준방식과 부합하는 드잡이공사 방법으로 녹로사용 가능성이 고찰 검토되었다.
3. 첨성대축조 기준과 드잡이기술에 대한 고찰 결과 규구준승에 의한 기준방식과 녹로(轆轤)를 이용한 드잡이공사는 축석공사에 별도로 운반을 위한 비계가 설을 요하지 않는 고건축 시공기술로 고찰되었다.

## 참고 문헌

- 국립문화재연구소, 2011, 『석조문화재 안전관리 방안연구보고서』
- 국립문화재연구소, 2008, 『미륵사지석탑 구조 안정성평가 연구』
- 국립부여문화재연구소, 2001, 『彌勒寺址 西塔 發掘調査 報告書』
- 김장훈, 박상훈, 2009, 「첨성대 건립에 대한 시공방법론」 『文化財』 42권 2호.
- 南天祐, 1974, 「瞻星臺에 관한 諸說의 檢討 -金容雲, 李龍範, 兩氏說을 中心으로-」 『歷史學報』 第64輯
- 杜佑, 唐 玄宗, 『通典』
- 墨子, 戰國, 1999, 『墨經』, 吉林人民出版社
- 山東文物管理委員會, 1956, 『沂南 畫像墓 發掘 報告書0127, 文化部 文物管理局 出版』
- 梁思成, 1983, 『營造法式註釋 卷上』, 中國建築工業出版社
- 李龍範, 1974, 「瞻星臺 存疑」 『震壇學報』 38號
- 張起仁, 2007, 『韓國建築大系V 木造』, 普成閣
- 南宋本(1213년), 『周髀算經, 西漢 BC. 1C』
- 中國科學院自然科學史研究所 主編, 1985, 『中國古代建築技術史』, 科學出版社
- 조선, 정조 18년, 『화성성역의궤(華城城役儀軌)』

# The Study on the Construction Criteria and Dujabee Technique of the Construction of the Cheomseongdae

Kim, Derk Moon

Department of Traditional Architecture, Korea National University of Cultural Heritage

Received : 2012. 09. 27 · Revised : 2012. 11. 01 · Accepted : 2012. 11. 22

## ABSTRACT

The Cheomseongdae was built in the Silla dynasty during the reign of queen Seondeok. It has a round cylindrical structure with a flowing curved façade. The identity of the Cheomseongdae has not been revealed since there is not much historical evidence or documents about the building.

This study is trying to investigate the building technique and method from the technical point of view of the past when it was constructed. There have been much work and studies done for the Cheomseongdae, but not much were focusing on the technical aspects of the building. In addition there are many questions and doubts about the hypothesis of the building technique of Cheomseongdae since there aren't any remaining documents or historical evidence supporting it.

Among many questions, we think that the discussion on falsework technique is not considering traditional construction method of the Dujabee (a traditional construction technique using various tools and equipment for the stability of the building) technique. Therefore, it is hard to identify them as reliable historical facts.

As the result of the study, we want to provide the basic data on the construction techniques of Korean traditional architecture and broaden the study scope of technical history by narrowing the errors.

The study could be summarized into three points.

1. The historical architecture Cheomseongdae was constructed by using traditional crane techniques such as a Noklo (pulley ladder). Cheomseongdae was re-evaluated as a high level technology for the history of architecture.
2. The benchmark method on Cheomseongdae construction has been applied with a precise scientific method based on the geometrical principals using the central axis.
3. In terms of the history of Korean traditional architecture technology, as there aren't many studies done we proposed various basic data for the traditional crane techniques and criteria of Korean traditional architecture technology. We could expect various and active studies for the technical approach of the history of architecture.

**Key Words** Cheomseongdae (Historical Astronomical Observatory), History of Korean traditional Architecture Technology, False-Work Techniques, Dujabee technique (Traditional Korean Building Technique), Traditional Craning Technique (Construction Transport Skill)