

Analysis of observational records of

Dae-gyupyo(大圭表) in 1563

1563년 대구표(大圭表) 관측기록의 분석

Mihn, Byeong-Hee^{1,2,4}, Lee, Ki-Won³, Kim, Sang Hyuk^{1,4}, Ahn, Young Sook¹
and Lee, Yong Sam^{2,4}

¹Korea Astronomy and Space Science Institute, Daejeon, 305-348, Korea

²Department of Astronomy and Space Science, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

³Catholic University of Daegu, Gyeongsan 712-702, Korea

⁴SohNam Institute for History of Astronomy, Seoul 151-050, Korea

bhmin@kasi.re.kr

Abstract

It is known that *Dae-gyupyo* (大圭表, large noon gnomon) and *So-gyupyo* (小圭表, small noon gnomon) were constructed in the reign of King Sejong (1418~1450) of the *Joseon* Dynasty. *Gyupyo* (or *Guibiao* as Chinese pronunciation) is the astronomical instrument measuring the shadow length of a celestial body on the meridian passage time, and basically consists of two parts: a measuring scale (圭) and a vertical column (表). According to the Veritable Records of King *Sejong* and of King *Myeongjong* (1545~1567), the column of *Dae-gyupyo* was 40 *Cheok* (尺) (~8 meters) in height from the measuring scale and had a cross-bar (橫梁), like the *Guibiao* of *Shoujing Guo* of the *Yuan* Dynasty in China. In the latter Veritable Records, three observations for the sun on the date of the winter solstice and two for the full moon on the first month in a luni-solar calendar are also recorded. In particular, the observational record of *Dae-gyupyo* for the sun on 12 December 1563 is approximately 1m shorter than previous two records. To explain the record, we investigated the two cases; the vertical column was leaned and the cross-bar was pulled down. The cross-bar was connected with the column by a supporting arm, and should be assumed to install with the angle of $\sim 36.9^\circ$ (i.e., $\cos^{-1}[4/5]$) to the north on the basis of a geometric structure inferred from the records of *Yuanshi* (元史, History of the *Yuan* Dynasty). As a result, we

found the possibility that the vertical column was leaned $\sim 7.7^\circ$ to the south or the supporting arm was sloped $\sim 58.3^\circ$ to the downward. If so, the supporting arm was totally tilted $\sim 95^\circ$ ($=36.9^\circ+58.3^\circ$) from an extension of the column at that time.

Keywords: *Dae-gyupyo* (large noon gnomon), cross-bar, supporting arm, the date of the winter solstice, full moon on the first month

1. 서론

규표(圭表)는 동아시아에서 가장 오래된 천체관측기기 중의 하나로 수직기둥인 표와 눈금을 새긴 규로 이루어져 있다. 규표는 남중하는 천체의 그림자길이를 관측함으로써 1년의 길이를 구할 수 있다(이은성 1985).

「세종실록(世宗實錄)」, 「명종실록(明宗實錄)」이나 「제가역상집(諸家曆象集)」, 「국조역상고(國朝曆象考)」을 통해 조선시대에 규표를 제작하였음을 알 수 있다(나일성 등 1995). 조선시대에는 세종 16~17년(1434~1435)에 40척(尺)의 대규표와 세종 22년(1440)에 8척의 소규표를 제작하였다(민병희 등, 2011). 대규표는 「원사(元史)」 <천문지>에 수록된 ‘규표’에 의거하여 만들어졌을 것으로 추정되고 있다(Needham *et al.*, 1986).

대규표는 표기둥에 횡량이 있었으며, 영부를 사용하여 이 횡량의 그림자를 획득하였다. 규표의 연구는 대규표를 복원하기 위한 연구(나일성 등 1992; 나일성 등 1995)와 영부에 대한 연구(Needham *et al.* 1986; 이용삼 등 2006)가 있었다. 초기 연구를 바탕으로 대규표의 축소 모델이 다수 제작되었다. 최근에는 소규표에 대한 역사적인 연구가 있었고(민병희 등 2011), 새로운 소규표 복원 모델도 제작되었다(이용삼, 양홍진과 김상혁 2011). 최근에는 대규표의 구조에 대한 새로운 연구(민병희 등 2012)도 진행되고 있다.

「명종실록(明宗實錄)」에는 대규표와 소규표의 관측기록이 있다. 관측기록을 살펴보면 1563년 대규표의 관측결과가 특이한데 본 연구에서는 이에 대한 과학적 분석을 다루고자 한다.

2. 명종실록의 대·소규표 관측기록

「명종실록」에는 5차례의 대규표와 소규표의 관측기록이 있다. 적어도 조선 전 기인 명종(1545~1567) 때까지는 대규표와 소규표로 남중한 천체의 그림자 길이를 측정하였음을 알 수 있다. 「세종실록」에서 규표의 얼이 40척(尺)임을 기록하고 있다. 이 조선시대 규표는 표 위에 횡량이 있는 것으로 알려져 있다(Needham et al. 1986; 나일성 등 1995; 민병희 등 2011). 「명종실록」의 규표의 관측기록을 통해 소규표의 크기를 알 수 있다. 「명종실록」의 대소규표의 그림자 길이는 표 1에 나타내었다(민병희 등 2011).

표 1. 「명종실록」의 대소규표 관측기록 (민병희 등 2011).

음력일자	그림자길이		대규표 관측기록 (A)		소규표 관측기록 (B)		A/B
	기록	척(尺)	기록	척(尺)	기록	척(尺)	
1547. 11. 02. (동지: 11. 01.)	7장3척6촌	73.6	1장4척5촌6분	14.56			5.0549
1548. 01. 14. (망일)	2장9척7촌	29.7	5척8촌5분반	5.855			5.0726
1549. 11. 24. (동지)	7장3척4촌1분	73.41	1장4척5촌4분	14.54			5.0488
1550. 01. 15. (망일)	2장1척3촌2분	21.32	4척1촌9분	4.19			5.0883
1563. 11. 27. (동지)	6장7척5촌2분	67.52	1장4척5촌2분	14.52			4.6501

표 1에서 1563년의 기록을 제외하고는 대규표와 소규표의 그림자길이의 비는 5.066 ± 0.018 이다. 규표에서 얼의 높이(G)와 횡량의 그림자길이(L)의 관계식은 다음과 같다.

$$G = L \cdot \tan a \quad (1)$$

a 는 남중한 천체의 겉보기 고도로서, 같은 날의 관측기록에서 $\tan a$ 가 일정하므로 그림자길이의 비는 얼의 높이의 비와 같다. 따라서 「세종실록」의 규표, 40척 규표를 대규표라고 했을 때, 「명종실록」의 소규표는 8척의 규표이다(나일성 등 1992; 남문현 2008, 민병희 등 2011).

표 1과 같이 「명종실록」의 대·소규표은 태양과 보름달에 대해 관측하였다. 남중하는 태양에 대한 관측은 명종 2년(1547), 4년(1549), 18년(1563)으로 동지일과 관련이 있다. 남중하는 보름달은 명종 3년(1548)과 5년(1550)으로 음력 정월의 망일에 관측한 것이다. 「세종실록」에 의해 대규표의 제작년을 세종 16~17년(1434~1435)으로 추정되고, 「세조실록」으로부터 소규표의 제작년을 세종 22년(1440)으로 추측할 수 있다(민병희 등 2011). 「명종실록」의 관측기록은 대·소규표가 제작된 지 100여년이 지난 후에 관측된 기록이다.

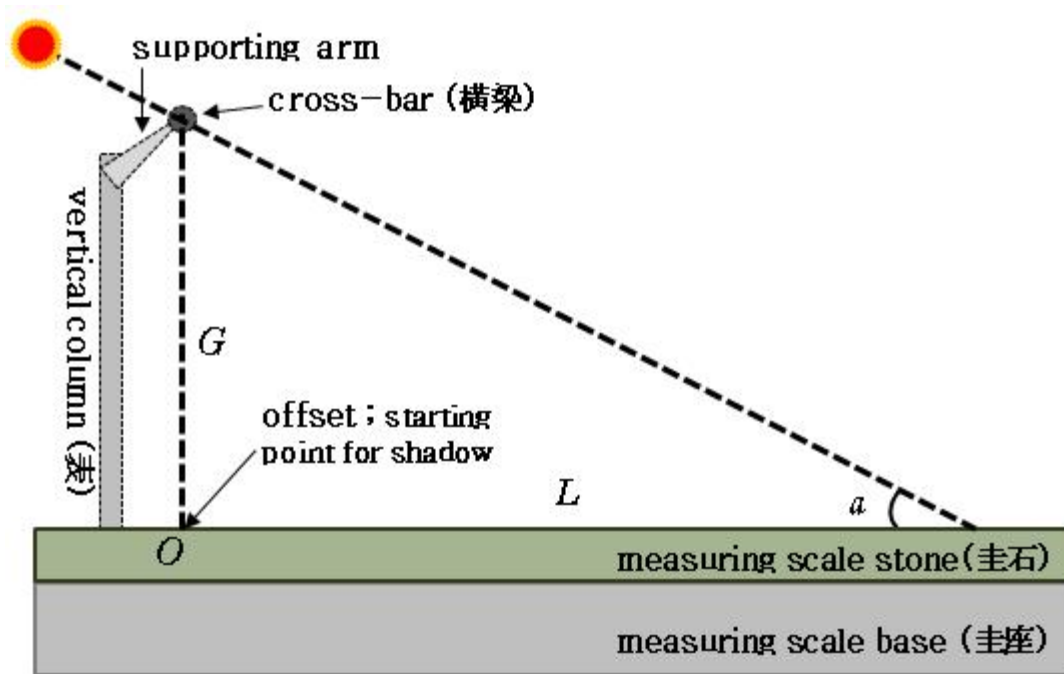


그림 1. 대규표의 측면도. 규표의 일의 높이(G)와 남중고도(a)에서의 횡량 그림자길이(L)

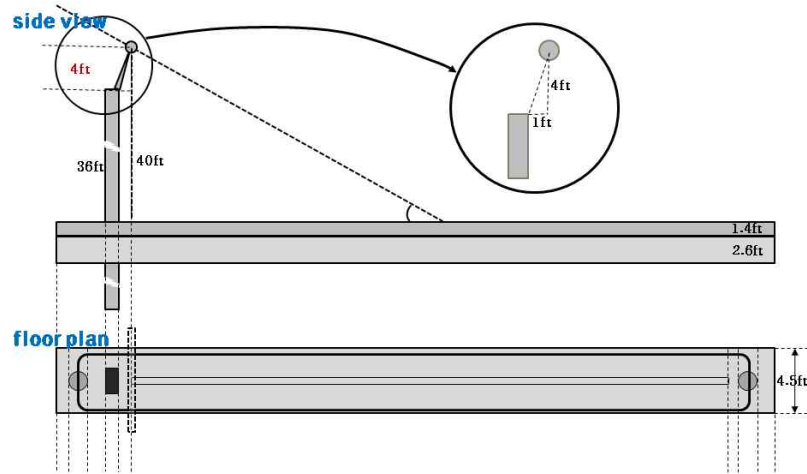
3차례의 태양에 의한 횡량그림자 관측 중에 1547년만 동지 후1일의 관측기록이 다. 동지 전후 1일은 태양의 적위로 약 $10''$, 남중고도로 약 0.00278° 가 높아지므로, 횡량 그림자길이가 2.2×10^4 배 짧아진다(민병희 등 2011). 동지일이나 동지 후1일의 그림자길이는 관측오차 범위 내에 있으므로 서로 비교 분석이 가능하다. 한편 1563년의 대규표 관측기록은 이전 두 그림자 길이보다 크게 짧아졌다. 상대적으로 소규표의 그림자길이는 일정한 기록을 보인다.

표 2. 동지에서 횡량의 그림자길이(L)로부터 얻은 일의 높이(G) (단, 남중고도 28.920°)

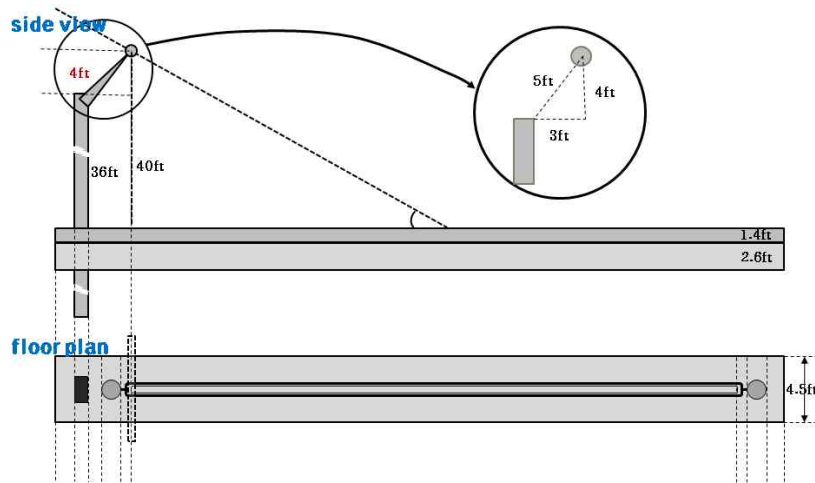
일 자	대규표		소규표	
	L [尺]	G [尺]	L [尺]	G [尺]
1547. 11. 02.	73.60	40.66	14.56	8.04
1549. 11. 24.	73.41	40.56	14.54	8.03
1563. 11. 27.	67.52	37.30	14.52	8.02

식 (1)을 이용하여 횡량의 그림자길이(L) 기록으로부터 일의 높이(G)를 계산하여 표 2에 나타내었다. 동지 때 태양의 적위를 -23.497° , 경복궁에 설치된 간의대의 위도를 37.583° 로 가정하면, 태양의 남중고도는 28.920° 이다($\tan a = 0.552$). 표 2에서도 확인할 수 있듯이 1563년 대규표의 일의 높이가 40척보다 약 3척이 작은 것을 알

수 있다. 1563년 대규표에는 얼의 높이에 변화가 발생하였음을 알 수 있다.



(a) model I (Needham *et al.* 1986)



(b) model II (민병희 등 2012)

그림 2. 표와 횡량의 위치관계에 따른 대규표의 구조.

3. 표와 횡량의 위치관계에 따른 대규표의 구조와 모델

「세종실록」의 40척 규표는 「원사」 <천문지>의 ‘규표’의 모습일 것으로 생각되고 있다(Needham *et al.* 1986). 「세종실록」의 ‘5배 8척의 얼’과 ‘영부(影符)’가 「원사」의 ‘8척 표의 5’와 ‘경부(景符)’에 서로 일대일 대응이 되고 있다. 또한 이 순지의 「제가역상집(諸家曆象集)」과 서호수 등의 「국조역상고(國朝曆象考)」에 규표의 내용이 「원사」와 일치하게 기술되어 있기 때문이다(나일성 등 1995). 규면에는 남에서 북으로 못/물홈-표기둥-눈금-못/물홈의 구조를 가지고 있다(Needham *et*

al. 1986; 나일성 등 1995). 대구표에서 표 위에 횡량이 설치되는데, 그림 1과 같이 옆에서 보았을 때, 표의 북단 끝에서 비스듬한 방향으로 적당히 올라간 지역에 횡량이 설치된다. 그림 2(a)의 측면도에서 표의 정상 북단과 횡량의 중심 간에 직각삼각형을 기하학적으로 나타낼 수 있다.

최근에 대구표의 구조에 대한 새로운 해석에서, 규면이 표기둥-못-물홈-눈금-물홈-못으로 구성되었을 것으로 추정하였다. 이에 따르면, 표와 횡량의 위치관계가 그림 2(b)와 같이 3:4:5 길이 비의 직각삼각형의 구조를 가질 수 있다(민병희 등 2012). 그림 2(a)의 표와 횡량의 위치관계를 가지는 대구표의 구조를 모델 1(model I)이라고 하고, 그림 2(b)의 대구표의 구조를 모델 2(model II)이라고 하자.

4. 대구표 얼의 구조적 변형

표 1의 관측기록에서 명종 18년(1563) 동지일의 대구표 그림자길이가 이전 두 해의 동지일 그림자길이보다 크게 짧았다. 이는 1563년 대구표에 구조적 변화가 발생하였다고 생각할 수 있다. 얼의 구조적인 변형은 지진이나 홍수로 지표면에 변화가 생긴다거나 얼의 구조 자체가 가지는 불안정성에 의해 발생할 수 있다. 실제로 명종 1년(1546)의 실록의 기록에는 대구표의 얼을 보수한 기록이 있다. 기록에 따르면, ‘규표의 표기둥이 터지고 기울었는데, 횡량을 바친 두 마리의 용과 부착한 두갑(頭甲)이 매우 무겁고, 북쪽으로 향하여 횡량을 받치고 있어 북변에 무게가 치우쳐져 있기 때문이다’라고 인식하고 있다(민병희 등 2012).

1563년에 대구표의 표기둥이나 횡량이 구조적으로 변형되었다고 가정하여 보자. 가장 쉬운 예상은 얼의 높이가 짧아져 그림자길어도 짧아진 것으로 추정할 수 있다. 1563년에 표기둥이나 횡량이 파손되어 보수하였는데, 표 2의 자료와 같이 얼의 높이(G)를 약 37척로 만들었다고 가정할 수 있다. 그림 1과 같이 규면에서 표기둥의 높이가 36척이므로 얼의 높이를 약 37척로 설치하였을 가능성도 있다.

객관적인 정보를 얻기 위해, 횡량의 구조적 변형에 대한 다른 원인을 다음 2가지로 모색해 보았다. 대구표의 그림자길이가 비정상적으로 짧아진 원인의 하나는 표기둥이 기울어져서 얼의 높이(G)가 변화되고 그에 따라 그림자길이가 변했을 것으로 추정할 수 있다. 다른 하나는 표기둥의 끝에서 기울여 설치된 횡량과 그 지지대가 기울어져 얼의 높이가 낮아지고, 그림자길어도 짧아졌을 것으로 가정할 수 있다. 위 두 가정에 대해 기하학적 관점에서 다음과 같이 관계식을 세울 수 있다.

4.1 표기둥이 기울여졌을 때

만약 규표의 표기둥이 기울여졌다고 가정하면, 그림 3와 같이 된다. 여기서 표기둥이 \overline{OA} 와 같이 기울여지면 그림자길이는 \overline{OB} 가 된다. 점 O 는 눈금이 시작되는 점으로 오프셋이라고 하자. 이 오프셋은 횡량의 중심선을 포함한 평면이 규면과 수직하게 만나서 만들어지는 직선이다. $\overline{OA}=G$, $\overline{OB}=K$, $\overline{OC}=L$ 기울여진 각도를 θ , 라고 하면 $\triangle OAO'$ 와 $\triangle OAB$ 에서 식 (2)와 식 (3)의 관계를 얻을 수 있다.

$$\overline{OO'} = G \sin \theta \tag{2}$$

$$K = \overline{OO'} + \overline{O'B} = G \sin \theta + G T \cos \theta \tag{3}$$

단, $T \equiv 1/\tan \alpha$

여기서 $\overline{OO'}$ 는 오프셋의 변화량이다. 식 (3)을 θ 에 대해 정리하면 다음과 같다. 그림 3에서 유추해 볼 때, 횡량의 그림자길이가 짧게 관측되려면, 표기둥이 남쪽(θ 가 음수)으로 기울여져야 한다.

$$\sin \theta = \frac{K \pm T \sqrt{G^2(1+T^2) - K^2}}{G(1+T^2)} \tag{4}$$

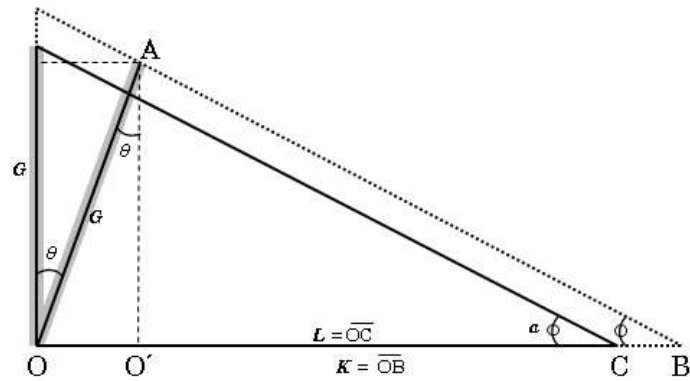


그림 3. 대규표의 표기둥이 기울어졌다고 가정하였을 경우

4.2 횡량지지대가 기울여졌을 때

표기둥 전체가 기울여지지 않고, 횡량을 지지하는 지지대가 기울여졌다고 가정하면 그림 4처럼 표현할 수 있다. 정상적으로 횡량지지대가 설치되었을 때는 $\triangle OAC$ 와 같이, 규면에서 횡량까지의 높이가 G 이고, 태양의 남중고도 α 에서 그림자 길이가 L 이다. 이 때 규면에서 표기둥까지의 높이는 g_1 이고, 횡량지지대의 길이는 g_2 이며, 표기둥의 수직방향의 연장선에서 횡량지지대가 기울여진 각도는 η 이다. 만

약 횡량지지대가 θ 만큼 더 기울여지면, 남중고도 a 에서의 그림자길이를 K 라고 하자. K 는 $\overline{OO'}$ 와 $\overline{O'B}$ 의 합이다. G , $\overline{OO'}$, $\overline{O'B}$ 의 관계식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 G &= g_1 + g_2 \cos \eta \\
 \overline{OO'} &= \overline{DO'} - \overline{DO} = g_2 \sin(\eta + \theta) - g_2 \sin \eta \\
 \overline{O'B} &= T(g_1 + g_2 \cos(\eta + \theta)) \\
 \text{단, } T &\equiv 1/\tan a
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

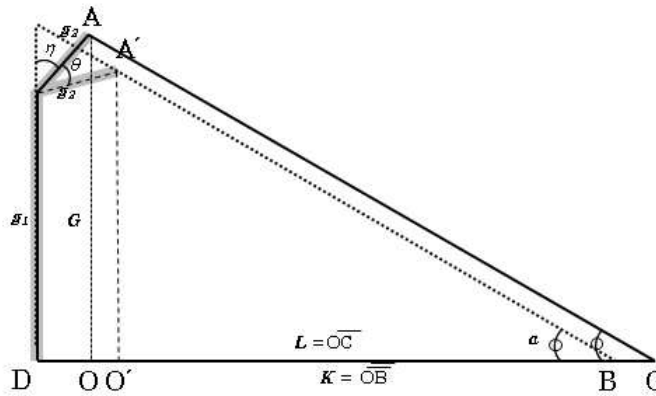


그림 4. 대규표의 횡량지지대가 기울어졌다고 가정할 경우

따라서 K 와 θ 의 관계식은 다음과 같다.

$$K = \overline{OO'} + \overline{O'B} = g_2 (\cos \eta - T \sin \eta) \sin \theta + g_2 (\sin \eta + T \cos \eta) \cos \theta - (g_2 \sin \eta - g_1 T) \tag{6}$$

식 (6)을 θ 에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\sin \theta = \frac{RQ \pm S \sqrt{g_2^2(1 + T^2) - Q^2}}{g_2(1 + T^2)} \tag{7}$$

단, $Q = K + g_2 \sin \eta - g_1 T$

$$R = \cos \eta - T \sin \eta$$

$$S = \sin \eta + T \cos \eta$$

여기서 지구 중력에 의해 θ 는 양수이어야 한다. 모델 1에서 g_2 는 $\sqrt{17}$ 척이고, $\tan \eta$ 가 0.25이므로 η 는 약 14° 이다. 3:4:5 길이비의 직각삼각형이 사용된 모델 2에서의 g_2 는 5척이고, $\cos \eta$ 는 0.8, $\sin \eta$ 는 0.6이며, η 는 약 36.87° 이다.

5. 대규표 얼의 구조적 변형에 대한 결과 및 분석

동지에서의 대규표 관측값이 표기둥이나 횡량의 기울어진 정도를 어떻게 반영하는지 분석하였다. 표 1에서 1547년 동지 후1일의 횡량의 그림자길이를 초기값으로 하여, 최초의 얼의 높이(G)를 40.663척으로 고정하였다. 얼의 높이(G)는 다시 두 부분으로 구분되는데, 규면에서 표기둥까지의 높이(g_1)를 36.663척, 표기둥에서 횡량 중심까지의 수직 높이를 4척으로 고정하여 계산하였다. 또한 표기둥의 대규표 설치 지역에 대한 동지일에서의 태양의 남중고도는 28.920° 로 가정하였다(민병희 등 2011). 이에 대해 입력값은 1549년과 1563년의 그림자길이(L)를 사용하였다. 동지일의 규표 관측에서 관측오차가 상대적으로 클 수 있다. 표 1의 기록에서 관측오차가 없었다고 가정하고 분석하였다.

5.1 표기둥이 기울여졌을 때

식 (2), (3), (4)를 사용하여 대규표의 그림자길이(L) 변화에 따른 표기둥이 기울어진 정도를 표 3에 분석하였다. 이 분석의 경우 대규표의 구조 모델 1과 모델 2 모두 같은 결과를 가져온다. 표기둥이 기울여지는 경우는 단지 얼의 높이의 변화만을 야기하므로, 표기둥과 얼의 관계에 따른 대규표의 2가지의 모델의 성질과 무관하기 때문이다.

표 3. 그림자길이 변화에 따른 표기둥이 기울어진 정도.

연도	L [척]	θ [°]	$\overline{OO'}$ [척]
1549년	73.41	-0.267	-0.189
1563년	67.52	-7.664	-5.423

표 3에 따르면, 1549년에는 표기둥이 남쪽으로 약 0.27° 기울어져서 오프셋의 변화가 약 4cm (0.19척)인 것으로 계산되었다(남문현 (1995)에 따라 1척을 20.7cm로 변환함). 그 변화량이 작아서 오프셋 변화를 측정하지 않는 한 육안으로 쉽게 발견하기 어렵다. 1549년의 대규표는 표기둥이 남쪽으로 약 0.27° 기울여졌을 가능성이 높다.

반면 1563년의 그림자길이로부터는 표기둥이 남쪽으로 약 7.66° 기울여지고 오프셋의 변화가 약 1.12m (5.42척)로 계산되었다. 표기둥은 규표석을 뚫고 지표면 속으로 박혀있다(Needham *et al.* 1986). 대규표의 규석 또는 규좌는 128척의 길이와 4.5

척의 너비를 가졌는데, 이들 돌이 여러 개 나뉘어져 연결되어 있었다. 「영재집(滄齋集)」의 <춘성유기(春城遊記)>에는 길이 7.5~9척 (1.55~1.86m), 너비 4.5척 (0.93m)의 검은돌이 서로 연결되어 있었다고 하여, 최소한 규석이 약 14~17개의 돌로 이어져 있었다고 추측할 수 있다(민병희 등 2011).

만약 표기둥이 심각하게 기울어진다면, 규석의 이음돌에도 문제가 발생하고 대규표의 구조 전체의 붕괴로 이어진다. 1563년 표기둥이 약 7.66° 기울어져 오프셋이 약 1.12m 변형되었다면, 규석의 이음돌의 일부가 서로 분리되고, 이음돌 사이로 연속적으로 연결된 물홈과 눈금이 떨어지는 상태가 되었을 것이다. 또한 오프셋이 약 5.42척으로 대규표 구조 모델 1이나 모델 2에서 횡량의 중심선이 규표석의 남단 근방에 위치한다. 규표석 남단에서 오프셋까지의 거리가 모델 1, 모델 2 모두 약 5.1척이기 때문이다. 육안으로 표기둥이 기울여짐을 인지할 수 있었을 것으로 보인다. 표 3의 1563년의 계산 결과는 표기둥이 기울어지고 이음돌이 떨어져 눈금이 조금 떨어진 상태에서 대규표의 그림자길이를 관측한 것으로 해석할 수 있다.

5.2 횡량지지대가 기울어졌을 때

식 (5), (6), (7)를 사용하여 대규표의 그림자길이(L) 변화에 따른 횡량지지대가 기울어진 정도를 표 4에 분석하였다. 대규표의 구조 모델 1과 모델 2에 대해서 각각 계산하였다.

표 4. 그림자길이 변화에 따른 횡량지지대가 기울어진 정도.

	1549년		1563년	
	모델 1	모델 2	모델 1	모델 2
L [척]	73.41		67.52	
θ [°]	34.121	5.637	89.792	58.325
$\theta + \eta$ [°]	48.157	42.507	103.828	95.195
$\overline{OO'}$ [척]	2.072	0.378	3.004	1.979

표 4에 따르면, 모델 1에 대해 횡량지지대가 기울어졌다고 가정할 경우, 1549년 횡량지지대가 약 34.12° 아래로 기울어진 것으로 계산되었다. 전체 기울어진 정도인 $\theta + \eta$ 은 48.16° 이다. 오프셋은 약 44cm (2.07척)의 변화가 발생한다. 반면 모델 2에 대해서는 1549년 횡량지지대가 약 5.64° 아래로 기울어져 전체 42.51° 만큼 기울어지고, 이때의 오프셋은 약 7.8cm (0.38척)의 변화가 발생한다.

대규표의 구조를 모델 1로 가정할 경우, 1549년 관측 결과는 횡량지지대가 육안으로 확인될 만큼 크게 기울어졌다는 것이다. 표 1을 살펴보면, 불과 50여일 이후인

1550년 1월 15일에 보름달을 관측하였고, 두 관측시기가 공사를 할 수 없는 한겨울이었다. 모델 1의 대규표 구조에서 1549년과 1550년에는 심하게 기울어진 횡량지지대로 그림자 길이를 관측했다고 해석된다.

반면 모델 2의 대규표 구조에서는 횡량지지대가 육안으로 확인될 만큼 크게 기울여지지 않았다. 이는 1549년 당시에 표기둥이 남쪽으로 약 0.27° 기울여졌을 가능성만큼 충분한 결과를 보인다.

모델 1에 대해 횡량지지대가 기울여졌다고 가정할 경우, 1563년 횡량지지대가 약 89.79° 아래로 기울여져 전체 103.83° 기울여지며, 오프셋은 약 62cm (3.00척)의 변화가 발생한다. 모델 2에 대해서는 1563년 횡량지지대가 약 58.33° 아래로 기울여져 전체 95.20° 만큼 기울여지고, 이때의 오프셋은 약 41cm (1.98척)의 변화가 발생한다.

두 모델 모두 1563년에는 육안으로 확인될 만큼 횡량지지대가 크게 기울여져 전체 90° 이상의 수치를 가진다. 다만 횡량지지대가 기울여져 용의 두껍이 횡량을 떨어뜨리지 않을 가능성은 모델 2가 모델 1보다 높다. 모델 1의 경우 1563년 횡량지지대가 전체 103.83° 기울여졌다면, 횡량지지대도 온전할 리 없겠지만 횡량 자체가 떨어졌을 가능성이 높다.

1563년 오프셋의 변화는 모델 2가 가장 작다. 횡량지지대가 기울여진 경우, 모델 2의 오프셋은 약 1.98척이고, 모델 1은 약 3.00척이며, 표기둥이 기울여진 경우 오프셋은 약 5.42척이다.

5. 결 론

1563년 대규표의 관측기록은 대규표의 얼의 구조에 문제가 발생하였음을 암시하고 있다. 이를 해석하기 위해 표기둥이 기울여졌거나 횡량지지대가 기울여졌을 때에 대하여 분석하였다. 대규표는 표기둥과 횡량의 위치관계에 따라 두 가지 가능성을 모두 분석하였는데, 모델 1은 표 북단에서 횡량지지대가 약 14° 도 기울여져 횡량이 설치되었다고(1:4: $\sqrt{17}$ 직각삼각형) 가정하였고, 모델 2는 횡량지지대가 약 36.87° 도 기울여졌다고(3:4:5 직각삼각형)고 설정하였다.

1549년에는 대규표의 관측결과는 모델 1의 경우 표기둥이 남쪽으로 약 0.27° 기울여졌을 가능성이 높았고, 모델 2의 경우 표기둥이 남쪽으로 약 0.27° 기울여지거나 횡량지지대가 약 5.64° 아래로 기울여져 전체 42.51° 만큼 기울여졌을 가능성이 높았다.

1563년의 관측결과는 얼의 높이를 약 37척로 보수했을 가능성도 있지만, 표기둥

이나 횡량지지대가 변형되었을 가능성을 살펴보았다. 계산 결과 1563년에는 표기등이 남쪽으로 약 7.66° 기울여졌을 가능성이 있었다. 한편 횡량지지대가 기울여진 경우는 모델 1은 전체 103.83° , 모델 2는 전체 95.20° 일 가능성이 있었다. 1563년 오프셋의 변화는 횡량지지대가 기울여진 경우, 모델 2가 약 1.98척, 모델 1이 약 3.00척이며, 표기등이 기울여진 경우 오프셋은 약 5.42척로 나타났다. 대규모의 구조가 모델 1인 경우에는 1549년과 1563년의 관측기록과 잘 부합하지 않는 경우가 발견되기도 하였다.

참고문헌

- 나일성, 박성래, 전상운, 남문현, 1992, 과학기술문화재 복원 기초조사 및 설계용역 보고서, 연세대학교 천문대
- 나일성, 정장해, 원유한, 이용삼, 김천휘, 윤명진, 김명희, 나사라, 이충욱, 1995, 축소 제작한 세종의 규표, 세종조 과학기구 규표 복원제작 연구보고서, 세종대왕 유적관리소
- 남문현, 1995, 한국의 물시계 - 자격루와 제어계측공학의 역사, 건국대학교출판부(서울), pp.269-304
- 남문현, 2008, '간의대(簡儀臺)의 어제와 오늘', 고궁문화, 2, 86
- 민병희, 김상혁, 이기원, 안영숙, 이용삼, 2011, 조선시대 소규표(小圭表)의 개발 역사와 구조적 특징, 천문학논총, 26, 129
- 민병희, 이기원, 김상혁, 안영숙, 이용삼, 2012, 조선전기 대규모의 구조와 횡량 설치법, 천문학논총, (심사중)
- 이용삼, 정장해, 김천휘, 김상혁, 2006, 조선의 세종시대 규표(圭表)의 원리와 구조, 한국우주과학회지, 23, 289
- 이용삼, 양홍진, 김상혁, 2011, 조선의 8척 규표 복원 연구, 한국과학사학회지, 33, 509
- 이은성, 1985, 역법의 원리분석, 정음사(서울), pp.13-19
- Needham, J., Lu, G-D., Combridge, J. H., Major, J. S., 1986, The Hall of Heavenly Records-Korean Astronomical Instruments and Clocks 1380-1780, Cambridge University Press(Cambridge), pp.70-74