

제 44회 전국과학전람회
물리 <초.학생>

신라 천마총금관의 비밀 탐구

경상북도 경주시 안강제일초등학교

제 6학년 이승연(李昇娟)

안지영(安智瑛)

지도교사 정진득(鄭鎭得)

차 례

I. 연구동기 및 목적	1
II. 연구내용	2
III. 연구방법 및 결과	3
1. 금관의 모양 및 구조 조사	3
2. 금관의 점열 및 곡옥, 영락 관찰	5
가. 점열 관찰	6
나. 곡옥, 영락 관찰	7
3. 금관의 점열은 어떤 일을 할까?	8
가. 지지도 조사. 나. 흔들림 조사.	8
다. 비틀림 조사	9
라. 충격 흡수 조사. 마. 빛에 대한 반응 조사	10
[의문] 입식과 관대의 작은 점열은 타출 부분이 왜 서로 반대 방향일까?	11
[의문] 관대의 물결무늬 점열을 왜 만들었을까?	14
[의문] 관대의 작은점열과 큰점열은 타출 방향이 왜 반대로 되어 있나?	16
4. 금관의 점열 조건을 달리하면 어떻게 될까?	18
가. 점열의 위치를 달리하면 어떻게 될까?	18
나. 점의 수를 달리하면 어떻게 될까?	19
다. 점의 크기를 달리하면 어떻게 될까?	20
[의문] 작은점과 큰점은 각각 어떤 일을 많이 할까?	21
[의문] 입식 가지의 큰점은 왜 갈라지거나 구부러진 곳의 가운데에 넣었을까?	22
[의문] 입식과 관대의 금판 두께를 왜 같게 만들었을까?	23
[의문] 입식은 왜 지름 20cm의 곡면으로 되어있을까?	24
5. 금관에 매달린 곡옥과 영락 모양의 비밀 탐구	26
가. 옥의 모양을 왜 침표 모양으로 만들었을까?	26
나. 곡옥의 크기가 왜 밑부분이 가장 크고 위로 올라갈수록 점점 작을까?	27
다. 영락은 왜 가장자리에 구멍을 뚫었을까?	28
[의문] 왜 영락을 금관의 재료인 금으로 실을 만들어 매달았을까?	29
라. 영락의 크기를 왜 지름 1.1cm 정도로 만들었을까?	30
IV. 종합결론	31
V. 더 알고 싶은 점	32

I. 연구동기 및 목적

경주문화엑스포 홍보시 부모님과 함께 경주에 구경갔다. 마지막으로 경주국립박물관에 들러 우리 조상들의 유물을 구경하였다. 그 중에서 신라금관이 가장 아름다워 자세히 들여다 보았다. 그런데 금관의 밑받침 및 세움대에 작은 점들과 큰 점들이 선을 이루며 찍혀있었고, 곡옥과 금달개가 불빛에 반짝이며 흔들리고 있었다. 그 다음 날 선생님께 여쭙어 보니 좋은 발견을 했다고 하시기에 금관에 찍혀있는 점의 역할과 곡옥 금달개의 흔들림에 대해 탐구해 보기로 하였다.

(신라 천마총금관의 모습)

II. 연구내용

1. 금관의 모양과 구조는 어떻게 되어 있나?
2. 금관의 점열 및 곡옥과 영락 관찰
3. 금관의 점열은 어떤 일을 할까?
4. 금관의 점열조건을 달리하면 어떻게 될까?
5. 금관에 매달린 곡옥과 영락 모양의 비밀 탐구

(신라 천마총금관의 전개도)

Ⅲ. 연구방법 및 결과

1. 금관의 모양·구조 조사

가. 가야 및 삼국의 금관

구분 나라	금관명	모양 및 특징	느낌	점선
고구려	평양 청암리 토성 진파리 투조금동 관식	투각으로 세움대와 테두리가 하나의 관으로 이루어져있음. 구름 무늬와 방형 무늬의 테두리 위에 5가닥의 인당초 무늬 세움대가 있음	강직성과 웅건함	없음
백제	나주 신촌리 9호 무녕왕릉 관식	점무늬의 테두리 위에 타오르는 불꽃 모양의 세움대가 있음	화려함	가는 점
가야	전(傳) 고령 출토 금관 달성 출토 금관	장식없는 테두리에 나무 모양의 세움대가 3개	아주 간단함	점들이 규칙성이없음
신라	천마총,황남대총,금관총 서봉총,금령총 등 10여점	점무늬와 장식을 단 테두리 위에 출(出)자형 세움대 3개,사슴 뿔 모양의 세움대 2개,곡옥 및 금제의 달개 장식이 많이 달려 있음	찬란함과 아름다움 · 세련미	가는 점과 큰점이 규칙적으로 배열됨

나.전체 높이에 대한 각 부분의 비율 조사

(전체 높이 1)

구분 나라	전체높이 (1)	테두리 높이	가지높이	세움대 하부 폭	세움대 최대 폭	테두리 길이
고구려	1	19/100	100/100	338/100	44/100	338/100
백제	1	17/100	83/100	19/100	64/100	251/100
가야	1	30/100	70/100	29/100	47/100	335/100
신라(은)	1	18/100	82/100	50/100	75/100	302/100
신라(금)	1	10/100	90/100	9/100	33/100	192/100

[알게 된 점]

- ☞ 고구려, 백제보다 신라 금관이 테두리 및 세움대가 가늘어지고 장식 이(곡옥.영락) 많이 달렸다. 품
- ☞ 고구려에 없던 점들이 백제에는 있었으며, 신라시대에는 작은 점과 큰 점이 규칙적으로 배열되어 있고, 곡옥. 영락도 가장 많이 달려있 다. 큰

다. 신라 금관의 모양

구분 금관명	산(山) 의 수	입식1개당 장식수		꼭대기 모양	테두리 점		세움대 점	
		곡옥	영락		작은점	큰점	작은점	큰점
황남대총	3	14	13	보주형	5줄	3	좌우1줄	1
<u>천마총</u>	<u>4</u>	<u>13</u>	<u>64</u>	<u>"</u>	<u>6</u>	<u>3</u>	<u>좌우2줄</u>	<u>1</u>
금관총	3	10	12	"	6	1	좌우1줄	1
서봉총	3	7	14	"	6	3	좌우1줄	1
금령총	4	0	18	"	4	3	좌우2줄	1

[알게 된 점]

- ☞ 천마총 금관이 산(山)모양이 4단이고 장식품이 가장 많이 달렸으며 작은 점열이 입식에 좌.우로 2줄 (큰 점열1), 관대에 작은점열이 6줄 (큰 점열3)로 가장 많다. 작은

2. 점열 및 곡옥. 영락의 관찰

- ◎ 연구의 제한 : ○ 신라 천마총 금관을 중심으로
- 실험재료 : 금관 대신 동판 0.5mm를 사용함

(천마총금관의 점열 모습)

가.점열의 관찰

■凸-점열이 밖으로 돌출. ■凹-점열이 안으로 돌출

1) 입식 : 점열방향(凸)

- 작은 점열
 - 수 - 좌우 각 2줄,
 - 위치 - 가장자리에서 1mm, 3mm
 - 크기 - 지름1mm
 - 모양 - 반구
- 큰 점열
 - 수 - 30개(山입식 1개 당)
17(녹각입식 1개 당)
 - 위치 - 중앙
 - 크기 - 지름 8.4mm
 - 모양 - 반구

2) 관대

- 작은 점열 : 점열방향(凹)
 - 수 - 6줄(직선 4, 물결 2)
 - 위치 - 상.하로부터 1mm, 10mm
물결무늬 점열: 두 직선 점열의 사이에 위치
 - 크기 - 1mm
 - 모양 - 반구
- 큰 점열 : 점열방향(凸)
 - 수 - 29개. 52개
 - 위치 - 중앙. 물결무늬 점열의 좌우
 - 크기 - 지름 7mm
 - 모양 - 반구

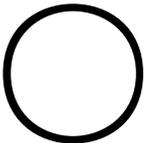
[알게 된 점]

↳ 점열은 작은 점으로 (\varnothing 1mm) 된 것과 큰점(\varnothing 7, 8.4mm)으로 되어 있다.

↳ 입식의 점열은 모두 밖으로 돌출되어 있고, 관대는 작은 점열은 안쪽으로, 큰 점은 밖으로 돌출되어 있다.

↳ 작은 점열은 가장자리에, 큰 점은 입식과 관대의 중앙과 입식의 갈진 부분에 있다.

나.곡옥과 영락의 관찰

구분 내용	곡옥	영락
모양	십표 모양	원모양 
크기	*크기가 단 별로 다름. 밑부분이 크고 위로 올라갈수록 작아짐. 6단: 길이-2.2cm 폭-0.7cm 5단: 2.5cm 0.8cm 4단: 2.8cm 0.9cm 3단: 3.1cm 1.1cm 2단: 3.4cm 1.3cm 1단: 3.7cm 1.4cm	*크기가 모두 같음 원의 지름:1.1cm 두께:5mm
달린 수	58개	386개
구멍의 위치	곡옥의 머리 부분	원의 가장자리

[알게된 점] 곡옥의 크기는 6개의 단 별로 서로 다르나,
영락의 크기는 모두 같다.

3. 금관의 점열은 어떤 일을 할까?

가. 지지도 조사

방법. 동판에 점열을 0, 1, 2, 3줄로 만들어 꼭대기에 추를 달아 휘어지는 각도를 측정하였다.(가로 28cm, 세로 3.2cm, 20회 실험의 평균)

결과

(금관의 지지도 조사)

점열 추의 수	0줄	1줄	2줄	3줄
1개	3.	1.2.	0.5.	0.1.
2	5	2	1	0.2
3	8	3	1.1	0.4
4	12	3.8	1.3	0.5
5	15	4.6	1.5	0.6
6	21	5.8	1.9	0.8
7	25	6.8	2.5	1.0
8	31	8	3	1.1
9	39	8.5	3.3	1.2
10	48	9.4	3.6	1.2

[알게 된 점]

☞ 점열이 많을수록 지지하는 힘이 세다.

나. 흔들림 조사

방법. 동판을 5, 10, 15cm 당긴 후 10초 동안의 진동수를 측정하였다.

처음, 5초, 10초 때의 진폭을 측정하였다.

(점열 - 0.1.2.3. 20회 실험의 평균임.)

결과

<진동수 측정>

구분 당긴거리	점열0	점열1	점열2	점열3
5cm	15회	21회	23회	31회
10	15	21	23	31
15	15	21	23	31

<진폭 측정>

구분 당긴거리	점열0			점열1			점열2			점열3		
	처음	5초	10초	처음	5초	10초	처음	5초	10초	처음	5초	10초
5cm	10 cm	5 cm	1 cm	10 cm	4 cm	1.6 cm	10 cm	2 cm	0.6 cm	10 cm	0.6 cm	0.2 cm
10cm	19	4	2	18	3	1	20	1	0.5	21	1	0.2
15cm	22	6	3	24	3	1	24	2	0.2	25	1.6	0.1

[알게된 점]

☞ 점열이 많을수록 진동수가 많아지고, 진폭이 빨리 줄어든다.

다. 비틀림 조사

방법. 동판 윗부분의 양쪽에 용수철 저울을 걸어 35. 비트는데 늘어난 길이를 측정하였다.

결과

점열	0줄	1줄	2줄	3줄
길이				
용수철눈금(g)	72.5g	87g	170g	190g

[알게된 점]

☞ 점열이 많을수록 비트는데 힘이 많이 든다.

☞ 점열은 비틀림을 막아준다.

라. 충격 흡수 조사

방법. 동판을 45. 당긴 후 진동이 완전히 멈출 때까지 시간을 측정하였다.

시간 \ 점열	0	1	2	3
초	73초	69초	50초	34초

[알게 된 점]

☞ 점열은 충격을 빨리 그리고 많이 흡수한다.

마. 빛에 대한 반응 조사

방법. -가늘고 긴 구멍으로 (2cm×1mm) 햇빛을 구리판에 비추어 반사되는 범위를 측정하였다.

-점열0, 점열1 인 구리판에 비추어 비교하였다.

결과

[알게 된 점]

☞ 점열은 빛의 반사각도를 넓게하여 여러 방향에서 빛의 반짝임을 보이게 한다.

의문. 입식과 관대의 작은 점열은 돌출 부분이 왜 반대 방향일까?

가. 입식은 점열의 돌출부분이 왜 밖으로 나오게 만들었을까 ?

방법1.점열이 2인 동판에凸과 凹 방향에서 추를 1,2,3개 매달아 휘어지는 각도를 측정하였다.

방법2. 동판을 10cm 당긴 후 튕겨 나간 폭을 측정하였다.

방법1의 결과

추의 수	방향	
	凸	凹
1개	2.2。	3.1。
2개	4.1。	5.9。
3개	5.0。	8.1v

[알게 된 점]

- ☞ 점이 돌출된 방향에서 당기면 덜 휘어진다.
- ☞ 금관의 입식이 장식을 많이 단 바깥쪽으로 휘어지는 것을 막아준다.

방법2의 결과

튕긴방향	凸 → 凹	凹 → 凸
거리(cm)	10	6.2

[알게 된 점]

- ☞ 凹 → 凸방향으로 덜 튕겨 나간다.
- ☞ 금관의 입식이 밖으로 넘어지는 것을 막아준다.

[방법1, 2에서 알게 된 점]

☞ 금관의 입식이 밖으로 많이 휘어지고 튕겨 나가 넘어지는 것을 막기 위해 입식의 점열은 밖으로 돌출되어 있다.

나. 관대의 작은 점열은 돌출 부분을 왜 안으로 향하게 만들었을까 ?

방법. 지름 20cm의 관대 두 개에 작은 점열의 돌출방향을 반대로 만들어 세우고 윗부분을 당겨 원모양이 줄어드는 정도를 측정하였다.

결과

추의 수(개) \ 돌출부분	바깥쪽	안쪽
1개	0.4cm	0.2cm
2개	0.6cm	0.4cm
3	0.8	0.5
4	0.9	0.6
5	1.1	0.8
6	1.5	1.0
7	2.0	1.2
8	2.4	1.4
9	2.9	1.6
10	3.2	1.7

[알게 된 점]

☞ 관대의 점열을 안으로 돌출되게 만든 것이 원모양을 지탱하는 힘을 더 크게 한다.

의문. 관대의 물결무늬 점열과 큰 점은 왜 만들었을까 ?

방법1. 동판에 작은 점열과 큰 점을 다르게 하여 위 양쪽 끝을 용수철 저울로 30. 비틀어 보았다.

방법2. 20. 당긴 후 진동이 멈출 때까지의 시간을 측정하였다.

방법3. 수평으로 놓고 끝부분에 추를 매달아 휘어지는 각도를 측정하였다.

방법4. 구리판에 점열0, 물결점열1, 작은직선점열2, 물결점열1을 만들어 큰점열을 앞면과 뒷면에 찍어 구리판이 휘어지거나 쭈글어 드는 정도를 측정하였다.

방법1의 결과 (비틀림 조사)

힘 \ 점열	작은점열 2 큰점열 0	점열점열 2 큰점 1	작은점열 2 큰점 2	작은점열 2 큰점 3
눈금(g)	170g	178g	185g	194g

힘 \ 점열	0	작은점열 2 물결점열 0 큰점열 0	작은점열 2 물결점열 1 큰점열 0	작은점열 2 물결점열 1 큰점열 1
눈금(g)	73g	170g	182g	218g

방법2의 결과 (진동의 지속)

시간 \ 점열	작은점열2 물결점열0	작은점열2 물결점열1	작은점열2 물결점열1 큰점열1
초	2.6 초	1.9 초	1.0 초

방법3의 결과 (지지도 검사)

점열		작은점열2		작은점열2, 물결점열1		작은점열2, 물결점열1, 큰점열1	
추의 수	향	凹↙	凸↘	凹↙	凸↘	凹↙	凸↘
		1		7.	10.	4.	5.
2		16	18	7	12	6	7
3		25	28	12	18	10	15
4		32	38	15	21	12	19

방법4의 결과

(구리판이 쭈글쭈글해진 정도)

점열 구분	점열○	물결점열1 같은방향		물결점열1 반대방향		직선점열2 물결점열1 같은방향		직선점열2 물결점열1 반대방향	
	휘어진 정도	많이 휘어지고 큰점이 찍힌 곳에 쭈글어 듬.	많이 휘어지고 큰점이 찍힌 곳에 쭈글어 듬.	휘어짐과 쭈글어 듬 없음.	많이 휘어지고 큰점이 찍힌 곳에 쭈글어 듬	휘어짐과 쭈글어 듬 없음.	휘어짐과 쭈글어 듬	휘어짐과 쭈글어 듬	휘어짐과 쭈글어 듬

[알게 된 점]

- ☞ 물결 점열과 큰 점은 상하좌우의 비틀림을 막아준다
- ☞ 물결 점열과 큰 점은 충격을 빨리 흡수한다.
- ☞ 물결 점열과 큰 점은 지탱력을 크게 한다.
- ☞ 물결 점열은 큰점을 반대 방향으로 짚을 때 구리판이 휘어지고 **쭈글 쭈글** 해지는 것을 막아준다.

의문. 관대의 작은 점열과 큰 점은 왜 돌출 방향이 서로 반대일까 ?

방법1. 작은 점열과 큰 점을 같은 방향과 반대방향으로 만들어 20. 당긴 후 튕겨 나간 각도를 측정하였다.

방법2. 동판을 수평으로 놓고 추를 매달아 휘어지는 정도를 측정하였다.

방법3. 동판 윗부분을 용수철 저울로 비틀어 늘어난 길이를 측정하였다.

방법1의 결과

튕긴 각도

구분 튕긴각	돌출방향 동일		돌출방향 반대	
	凸 → 凹	凹 → 凸	凸→凹	凹←凸
각도	11.	8.	8.5.	9.

방법2의 결과

휘어진 각도

구분 각도	돌출방향 동일			돌출방향 반대		
	추1	추2	추3	추1	추2	추3
각도	7.	14.	23.	6.	11.	16.

방법3의 결과

비트는데 드는 힘

구분 힘	돌출방향 동일		돌출방향 반대	
	凸 → 凹	凹 → 凸	凸→凹	凹←凸
용수철눈금 (g)	100g	120g	200g	200g

[알게된 점]

- ☞ 관대의 작은 점열과 큰 점의 돌출방향이 반대로 되어 있는 것은 지탱력을 높이고 비틀림을 예방하기 위해서이다.
- ☞ 관대는 안과 밖으로 균등하게 탄력을 갖게 하기 위해 점열의 방향을 반대로 만들었다.

[연구내용3에서 알게된 점]

- ☞ 점열은 지지도를 높게 하고 진폭을 줄이고, 진동수를 많게 하며, 비틀림을 막아주고 충격을 흡수한다.
- ☞ 점열은 빛의 반사각도를 넓게하여 여러방향에서 빛의 반짝임을 보이게 한다.
- ☞ 입식의 점열은 입식이 밖으로 많이 튕겨 나가는 것과 휘어져 넘어지는 것을 막기 위해 돌출부분을 밖으로 만들었다.
- ☞ 관대는 원모양을 지탱하는 힘을 크게하기 위해 작은 점열의 돌출부분을 안으로 들어가게 만들었다.
- ☞ 관대의 물결 무늬 점열과 큰 점은 지탱력을 크게하고 상하좌우 비틀림

을 막아준다.

☞ 관대의 물결무늬 점열은 큰점열을 만들 때 구리판이 쭈글쭈글해지는 것을 막아한다.

☞ 관대의 작은 점열과 큰 점의 돌출방향이 반대로 되어 있는 것은 지탱력을 높이고 비틀림을 예방하기 위해서이다.

☞ 관대는 안과 밖으로 균등하게 탄력을 갖게 하기 위해 작은점열과 큰 점열의 돌출 방향을 반대로 만들었다.

4. 금관의 점열 조건을 달리하면 어떻게 될까?

가. 점열의 위치를 달리하면 어떻게 될까?

방법. 구리판에 가장자리에서 2mm, 8mm, 14mm 위치에 점열을 만들어

10초 동안의 진동수와

진동지속 시간을 측정하였다. (30°휘었다가 놓았을 때)

결과

(진동수)

구분	2mm에 위치	8mm에 위치	14mm에 위치
진동수	24회	21회	21회

(진동지속 시간)

구분	2mm에 위치	8mm에 위치	14mm에 위치
진동지속시간	55초	48초	46초

[알게 된 점]

☞ 점열이 가장자리에 있을 때 진동수가 가장 많고, 진동이 오래 지속된다.

나. 점의 수를 달리하면 어떻게 될까?

방법. 가로, 세로로 점의 수를 달리하여 진동수와 지지도를 조사하였

다.($\varnothing 1\text{mm}$, $28 \times 3.2\text{cm}$)

결과<세로로 점의 수를 많게>

진동수(10초)

점수	13개 2cm간격	29개 1cm간격	57개 0.5cm간격	113개 0.25cm간격
진동수	14.5회	16회	18회	21회

지지도(추 1개 무게 - 10g)

추의 수 \ 점수	13	29	57	113
추1개	17.5°	14.3°	6°	3.8°
추2개	56.5°	50.2°	45.8°	6.2°
추3개	77.2°	75.1°	72°	7.5°

[알게된 점]

☞ 세로로 점의 수를 많게 하면 진동수가 많아지고 지지도도 높아진다.

결과<가로로 점의 수를 많게> <세로폭은 동일함:2cm>

진동수(10초)

점수	5개	7개	13개
진동수	15.5회	16회	16.2회

지지도(추10g)

점수	5	7	13
추의 수			
추1개	29.	27°	25°
추2개	60	56	52
추3개	83	79	76

[알게 된 점]

☞ 가로로 점의 수를 많이 해도 진동수, 지지도는 거의 같다.

다. 점의 크기를 달리하면 어떻게 될까?

방법. 점의 지름을 1, 1.5, 2, 2.5mm로 다르게 만들어 진동수 및 지지도를 조사하였다.

점의 세로 간격: 1cm

결과

진동수(10초)

점의 크기	1mm	1.5mm	2mm	2.5mm
진동수	10.5회	12.5회	15회	22.5회

구리판이 휘어진 정도(지지도 조사) (추10g)

점크기	1mm	1.5	2	2.5
추의 수				
추1개	8.5.	8.1	5	4.3
추2개	58	48	39	7.3
추3개	81	79	75	23.5

[알게 된 점]

☞ 점을 크게 할수록 진동수가 늘어나고 지지도도 세어진다.

의문. 작은점과 큰 점은 각각 어떤 일을 많이 할까?

방법. 구리판의 한가운데 세로로 1cm 간격으로 작은점과 큰 점을 만들어 진동수와 진동지속시간 및 지지도를 측정하였다.

결과

(진동수 및 진동지속 시간)

구분	작은 점	큰 점
진동수(10초)	17회	24회
진동지속 시간	20초	13초

(휘어진 각도)

구분	작은 점	큰 점
추1개	20°	14°
추2개	30°	24°
추3개	39°	32°

[알게 된 점]

☞ 작은 점은 진동이 오래가도록 하고, 큰 점은 진동수를 많게하고 지지도를 세게한다.

의문. 입식가지의 큰 점은 왜 갈라지거나 구부러진 곳의 가운데에 넣었을까?

방법. 산자 모양의 동판에 사진과 같이 6가지의 큰 점을 만들어 충격흡수, 진동정도, 비트는데 드는 힘을 측정하였다.(10초 동안의 진동수, 진동지속 시간 - 20. 당긴 후 놓아 멈추는 시간, 30. 비틀)

결과