

고분보존용 덕트형 공조시스템의 운전 특성

전 용 두[†], 이 금 배, 박 진 양*, 고 석 보*, 전 희 호*, 윤 영 목*

공주대학교 기계자동차공학부, *공주대학교 기계공학과 대학원

Performance of an Duct-type HVAC System for Conservation of Ancient Tombs

Yong-Du Jun[†], Kum-Bae Lee, Jin-Yang Park*, Seok-Bo Ko*, Hee-Ho Jun*, Young-muk Youn*

ABSTRACT: Although the importance of good conservation of historic sites including ancient royal tombs is well aware, still not much attention has been paid for the facilities and systems to preserve those historic sites, which includes precious artifacts as wall paints and carved works, etc. Even the level of general understanding about the environment of the underground space of tombs is not satisfactory. In Korea, researchers have recently begun addressing the importance of maintaining proper environment for underground space as of ancient tombs and are making efforts to develop suitable HVAC(heating, ventilating and air-conditioning) systems for them. In this study, an HVAC system for a tomb (D×W×H=1.3m×3.0m×1.2m) was installed to maintain suitable indoor conditions for conservation of tomb. The temperature and humidity inside the tomb were measured to represent the performance of the installed duct-type HVAC system. Vibration levels due to the installed an HVAC system are alive investigated experimentally. According to the measured data, the level of vibration inside the present model tomb with the duct-type unit showed significantly lower values than the case with the indoor unit inside.

Key words: HVAC system(공조시스템), Humidity control(습도제어), Ancient tomb(고분), Conservation(보존), Vibration levels(진동레벨)

1. 서 론

우리의 문화재에는 선조의 열과 땀이 배어있고 국민 모두가 지키고 가꾸어 나가야 할 민족정신이 살아 숨쉬고 있다. 따라서 우리 고유의 전통 문화와 역사의 결정체인 문화유산을 잘 보존·전승하여 후세에 고스란히 물려주어야 하는 것은 오늘을 살아가는 우리들의 의무이자 권리라 하겠

다. 이러한 문화재는 여러 가지 요인에 의하여 훼손되고 있는데 가장 큰 요인 중 하나는 병충해나 습기, 누수 등에 의한 부패로 자연환경적인 요인이다. 또 다른 요인은 문화재의 상품성에 치중한 나머지 장기보존에 관한 고려가 부족한 상태에서 일반에 공개하였기 때문에 발생한 것이다. 경주 석굴암의 경우 완전개방 상태로 일반에 공개되다 결로에 따른 석재표면의 열화문제로 인하여 현재 공기조화기를 가동한 상태에서 부분적으로 공개하고 있으며, 무령왕릉의 경우에도 보존상의 문제가 대두되어 현재는 연구용으로만 개방되어 있는 상태이다.⁽¹⁻³⁾ 문화재의 보존과 관련

[†]Corresponding author

Tel.: +82-41-850-8618; fax: +82-41-854-1449

E-mail address: yjun@kongju.ac.kr

하여 공기조화 설비는 경우에 따라 반드시 필요하나 고분의 문화재적 특성상 원형을 최대한 유지하여야 하는 등 여러 가지 시공상의 제약이 따르며 한번 훼손된 문화재는 복구가 불가능하므로 설계 및 시공에 많은 연구와 검토가 필요함에도 불구하고 지금까지 이에 대한 관심과 지식이 부족하여 공기조화 설비를 시공함에 있어서도 일반적인 설비기준에 따라 시공하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 여러 가지 문화재 보존영역 중 고분의 장기보존을 목표로 고분 보존용 공조시스템을 개발하는데 도움을 주고자, 공주대 내에 백제식 실물석실 고분을 조성하고 실내기 설치 공조시스템 및 덕트형 공조시스템을 각각 적용하여 고분내부의 온도 및 진동의 영향에 대하여 측정하였다.

2. 문화재 보존환경

2.1 온·습도

문화재의 온·습도 보존환경에 관한 국제박물관회의(ICOM)와 국제보존수복센터(ICCROM), 문화재청의 자료 등에 따르면 문화재는 온도 16~24℃, 45~65%를 유지해야 하는 것으로 알려져 있다.⁽³⁾ 그러나 고분 등의 구조물에 대한 상세한 온·습도 규정은 명확하게 제시된 자료가 없는 상태이다. 지역별 기후와 보관 유물에 따라 상대습도기준은 각각 다르게 선정되며⁽¹⁾, UNESCO, ICOM, ASHRAE는 문화재 보존을 위한 적절한 온·습도 조건을 Table 1⁽¹⁻⁴⁾에 제시하고 있다.

2.2 진동

국제표준화기구(ISO)에서는 병원의 수술실이나 정숙을 요하는 지역의 경우 구조물의 진동허용한계를 51 dB로 규정하고 있고, 스위스에서는 문화재 및 기타 진동에민 구조물에 대하여 교통/기계진동주파수 범위에 따른 허용속도범위를 규정하고 있으며, 10~30 Hz까지는 3mm/s, 30~60 Hz까지는 3~5mm/s로 제시하고 있다. 한편 독일공업규격(DIN 4150)에서는 정상진동에 의한 취약건물 및 문화재등 주요구조물의 진동은 측정되어서는 안 되는 것으로 제시하고 있다. Table 2는 구조물용도별 진동허용기준치를 나타낸다.

Table 1 Temp. and RH condition for the conservation of cultural properties

보존물의 종류	건구온도(℃)	상대습도(%)
책, 종이, 우표	16~24	45~65
양피지	15.5~23.5	55~60
금속제품	16~24	40~63
점토, 모피, 가구, 가죽, 예칭, 조각	16~24	45~63
다공성의 돌, 회화, 목세공품	16~24	55~63
텍스탈 보관소	18~20	65
미술품의 소장	18~22	50

Table 2 Vibration criteria of structure⁽³⁾

Type of structure	regulation	Values			
병원의 수술실, 정숙을 요하는 지역	ISO	연속진동(dB)		충격진동(dB)	
		51(3.5mm/s ²)		54(5.0mm/s ²)	
문화재 및 기타 진동에민 구조물	스위스	발파진동		교통/기계진동	
		주파수범위 (Hz)	입지속도 (mm/s)	주파수범위 (Hz)	입지속도 (mm/s)
		10-60 60-90	8 8-12	10-30 30-60	3 3-5
문화재	일본	60(dB)			
진동에 취약한 건물 (문화재 및 기타 중요건물)	독일 DIN 4150	정상진동에 의한 건물피해 기준			
		-			

3. 실험장치 및 방법

3.1 실물고분 선정 및 제작

고분은 공주대학교 박물관의 자문을 받아 백제식 실물 석실고분을 선택하여 공주대학교 내에 조성하였으며, Fig. 1은 고분의 전개도를 보여주고, Fig. 2는 고분진경을 보여준다.

고분은 1.3m×3.0m×1.2m의 크기로, 외벽 및 문은 암석으로 이루어져 있으며 외기와 완전히 기밀이 되지 않은 상태이다.

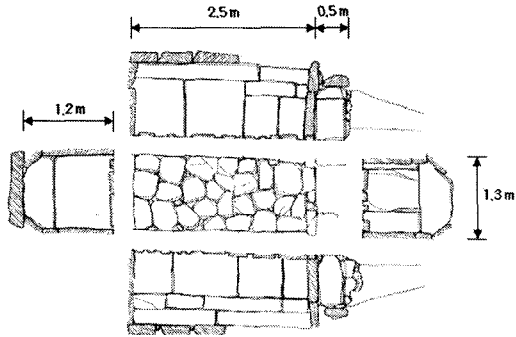


Fig. 1 Schematic of tomb

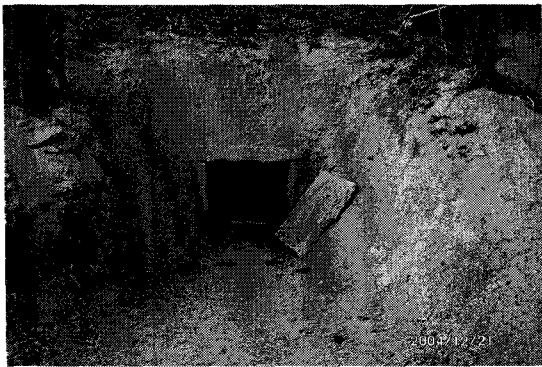


Fig. 2 View of tomb

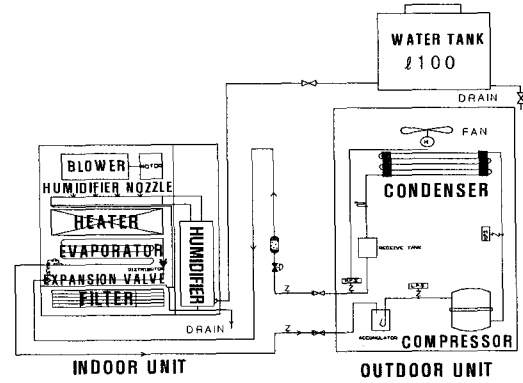
3.2 공조시스템 구성

공조시스템은 히터, 가습기, 냉동시스템 및 송풍기로 구성되어 있으며, 이 시스템은 고분내부를 향온·향습을 유지할 수 있도록 가열, 가습, 냉동 및 제습을 수행한다.

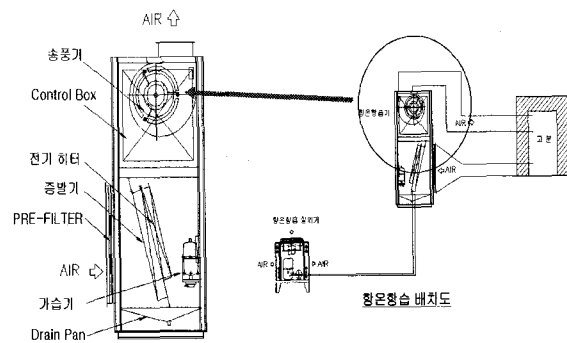
Fig. 3은 실내기 설치형과 덕트형의 개략도를 보여주며, Fig. 4는 실물고분에 설치된 덕트형 공조시스템의 설치전경을 보여준다. 덕트형 공조시스템은 상부투출방식으로 고분의 상부로 공기가 유입된다.

Table 3 Capacity of the HVAC system

	실내기형	덕트형
1) 압축기용량	0.75HP (3/4HP)	2 HP
2) 전기히터용량	3kw	6 kw
3) 가습기용량	4 kg/hr	4 kg/hr



(a) Indoor-type



(b) Duct-type

Fig. 3 Schematic of the installed HVAC system

용량선정을 위해 부하계산을 수행하였으며, 실내기 설치형과 덕트형의 공조시스템용량은 Table 3에 나타내었다.

3.3 실험방법

3.3.1 온·습도 측정

공조시스템은 설정온도 및 습도의 작동상태에서 고분 내 온·습도 변화를 측정함으로써 고분내부 환경자료를 확보하고, 공조시스템의 운전 상태를 관찰하였다. 고분 환경의 측정은 외기 1채널과 실내 4채널을 사용하여 각각 온도 및 습도를 측정하였으며 측정 결과는 별도의 컴퓨터를 통하여 저장 및 처리하였다. Fig. 5는 고분 내에 설치된 온·습도 센서의 위치를 나타낸다.

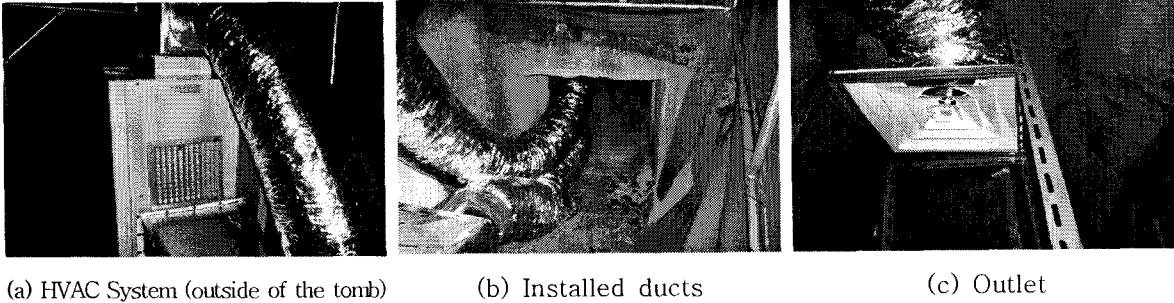


Fig. 4 An Installed view of duct-type HVAC system

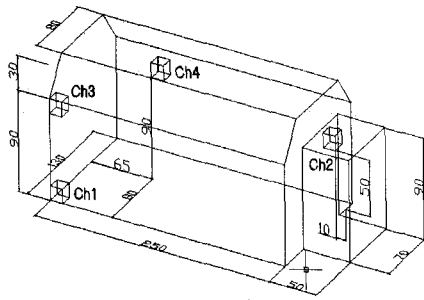


Fig. 5 Measurement location of duct-type system

Table 4 Vibration level meter specification(VM-53A)

적합규격	JIC C1510-1955
주파수범위	1 ~ 80Hz
연산측정	Leq, Lmax, Lmin, L5, L10, L50, L90, L95
출력단자	3방향 독립출력(AC)
사용온도 범위	-10 ~ 50℃ 90%RH 이하
입력	25 ~ 120dB [Lv(V)] 30 ~ 120dB [Lva(H)]

3.3.2 진동 측정

고분내부의 진동을 측정하기 위하여 VM-53A(환경진동계)를 사용하였고, 주파수별 진동특성을 알아보기 위하여 VM-53RT카드를 사용하여 측정하였다. Table 4는 측정기기의 사양을 나타낸 것이다.

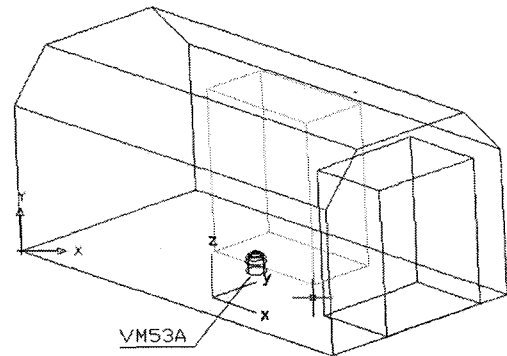


Fig. 6 Measurement point of vibration pick-up.

덕트방식 공조시스템의 측정진동과 배경진동값을 알아보기 위하여 고분내부의 배경진동을 VM-53A 을 사용하여 5분 동안 1초 간격으로 측정하였고, 공조기의 진동에 따른 고분내부의 진동을 5분 동안 측정하였으며, 주파수별진동특성을 분석하기 위하여 VM-53RT 카드를 사용하여 분석하였다. 고분내부의 배경진동레벨은 환경부에서 고시한 L₁₀값으로 결정하였다.

측정위치는 진동이 가장 클 것으로 예상되는 지점의 여러 곳을 선정·측정한 결과 실내기형의 경우 Fig. 6에서 보는 것과 같이 공조기의 바로 옆에서 측정하였고, 덕트형의 경우 공조기 덕트의 출구아래, 즉 고분의 중앙부근이 가장 높은 진동값을 나타내어 측정점으로 선정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 온·습도 측정 결과

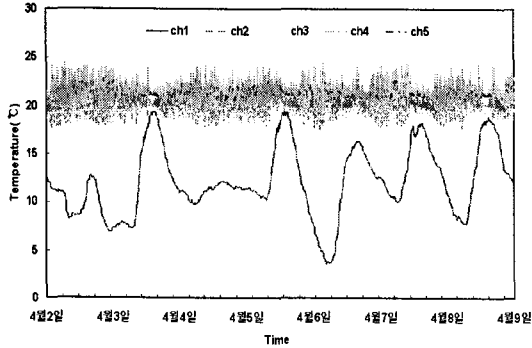


Fig. 7 Measured temperature
(06/04/02 ~ 06/04/09)

고분 내부의 온도는 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 와 상대습도 $55\pm 5\%$ 의 가습상태로 설정하였고, 습도센서의 측정 범위는 20%에서 90%이다. Fig. 7과 Fig. 8은 2006년 4월 2일 0시부터 4월 9일 0시까지 측정된 온·습도이고 ch 1부터 ch 4까지는 고분 내부, ch 5는 외기의 온·습도를 나타낸다.

Fig. 7과 Fig. 8에서는 외기의 온·습도가 일교차에 의해 크게 변화하고 있으나 고분내부의 온·습도는 일정한 상태를 유지하고 있다. 온도의 경우 최소 17.7°C 에서 최대 24.2°C 로 변화폭은 6.5°C 로 나타났다. 습도의 경우에는 최소 32%에서 최대 63.2%로 변화폭은 30.8%이다. Ch. 2의 측정위치가 외기의 영향을 많이 받는 고분의 입구인 점을 감안하여 ch. 2를 제외한 온도 변화폭은 5.9°C , 습도 변화폭은 19.6%이다.

4.2 진동 측정결과

측정진동레벨이 배경진동레벨보다 10dB이상 크면 배경진동의 영향이 극히 작기 때문에 배경진동 보정없이 측정진동레벨을 대상진동레벨로 한다.

실물고분의 배경진동을 측정하기 위해 공조시스템을 정지한 상태에서 5분 동안 측정하였다. 배경진동 측정결과 11dB로 측정되었다. 공조시스템으로부터 고분에 미치는 진동의 영향을 알아보기 위해 5분 동안 1초 간격으로 실내기 설치형과 덕트형 공조시스템에 대한 대상진동레벨을 측정하였다. 진동측정결과는 Table 6에 보여주며, 측정진동레벨과 배경진동레벨이 10dB이상으로 배경진동 보정은 하지 않는다.

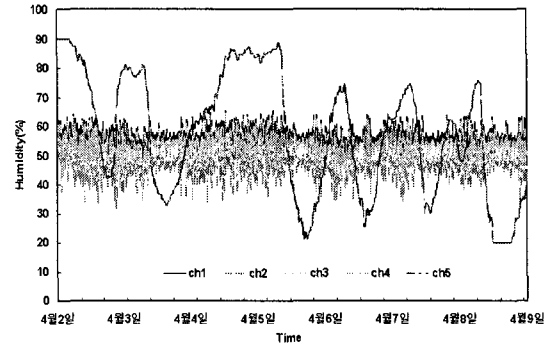


Fig. 8 Measured relative humidity
(06/04/02 ~ 06/04/09)

Table 6 Vibration acceleration level of inside ancient

방향	실내기형(dB)			덕트형(dB)		
	X축	Y축	Z축	X축	Y축	Z축
L_{eq}	50.9	54.3	48.9	48.2	49.2	46
L_{max}	60.1	64.1	55	51.4	52.1	49
L_{min}	49.1	51.5	46.9	45.9	47	43.8
L_5	51.7	55.9	49.8	49.6	50.5	47.3
L_{10}	51.5	55.5	49.6	49.3	50.1	46.9
L_{50}	50.8	54	48.9	48.1	49.1	45.8
L_{90}	50.2	52.8	48.2	47.2	48.2	44.9

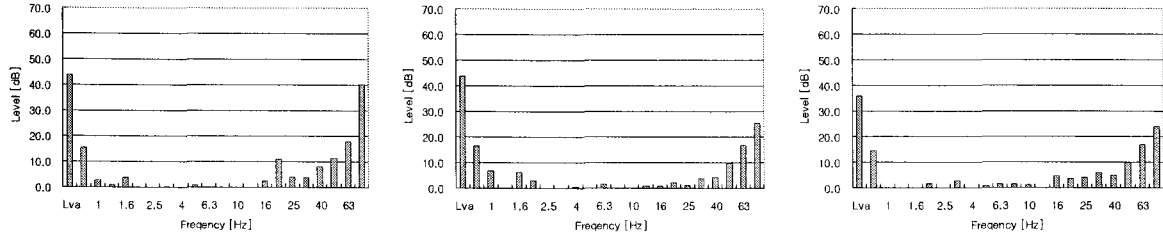
환경부고시 소음·진동공정시험방법에서는 측정자료 분석을 위해 L_{10} 진동레벨 값을 사용한다.

실내기 설치형 공조시스템의 진동레벨은 덕트형 공조시스템에 비해 크게 나타났다. 이 이유는 실내기 설치형 공조시스템의 경우 실내기가 고분 내부에 설치되어 있어 진동의 영향을 직접적으로 받기 때문이다.

Fig. 8은 진동분석을 위해 각 방향에 대한 주파수별에 따른 진동을 나타내었다. 세 방향 모두 높은 주파수에서 큰 진동레벨이 측정되었다.

5. 결론

본 연구에서는 여러 가지 문화재 보존영역 중 고분의 장기보존을 목표로 고분 보존용 공조시스템을 개발하는데 도움을 주고자, 공주대 내에 백



(a) X coordination

(b) Y coordination

(c) Z coordination

Fig. 8 Vibration level(dB) measured inside the tomb.

제식 실물석실 고분을 조성하고 실내기 설치 공조시스템 및 덕트형 공조시스템을 각각 적용하여 고분내부의 온·습도 및 진동의 영향에 대하여 측정하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 고분 내부의 온·습도는 공조시스템의 적용으로 개선이 가능한 것으로 보인다.

(2) 진동의 경우 덕트형 공조시스템이 실내기 설치형 공조시스템보다 영향을 적게 주는 것으로 나타났다. 하지만 문화재에 관한 진동에 대한 구체적인 검토가 필요하다.

후 기

본 연구는 과학기술부 지방과학기술력 향상지원사업 중 전통기술첨단화연구실 사업으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Lee, J. K. and Song, T. H., 1999, Experimental investigation of dew formation

and heat transfer in the original upper structure of Sokkuram grotto, SAREK 1999 Summer Annual Conference, pp. 68-76.

2. Lim, K. H., Jeong, S. U., Lim, Y. G., Kong, S. H., Moon, S. H., Yoon, H. K., 1998, An experimental study on the Sokkuram cave temple dome's indoor environment of miniature model in winter season, SAREK 1998 Summer Annual Conference, pp. 187-190.
3. Suh, M. C., Lee, N. S., Choi, S. W., Kim, G. H., Jeong, S. M., Lee, K. B., 1998, In-situ Status and Conservational Strategy of the Muryong Royal Tomb, the Songsanri Tomb No. 5 and the Songsanri Tomb No. 6 of Baekje Dynasty, The Research Institute of Bas. Sci. Kongju Nat'l. Univ., The Journal of Natural Science, Vol. 7, pp. 147-161.
4. Garry Thomson, 1986, The Museum Environment, second edition, Butterworth-Heinemann, London, pp. 88.
5. Web Site : www.unovics.co.kr