

1.2

가

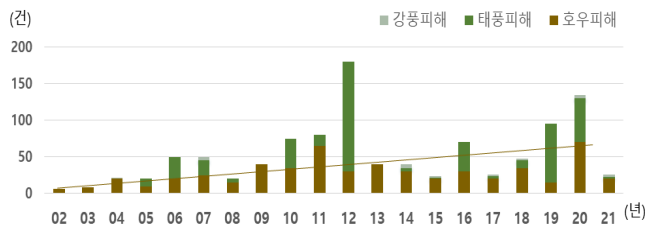


Fig. 1. Number of cases of damage to domestic cultural heritage

가 Kim(2023)¹¹⁾

, CFD

가

가

가

2.2 가

가

가

44 ()

3

가

5

2015

가

가

Table 1¹²⁾

99

741

2015 37

2023 26

Table 1. Current status of cultural heritage

	27	236	263
	72	505	577
	99	741	840

가

11) Kim, Y. "Evaluating environmental factors using microclimate survey and computer fluid dynamics analysis of Korean traditional wooden architectural cultural heritage: focusing on the Kim Myeong-Kwan Gotaek." Heritage Science 11(1), 2023, 100.

12) 가 , 가 , 2024.

2.

2.1

가

Fig. 1⁶⁾ 20 (2002~2021)

979

가 가

10 (2011~2021) 927

가 236 (25.4%)

Kim & You(2018)⁷⁾

Wang et al.(2023)⁸⁾

가

. Wang & Ochiai(2021)⁹⁾

(1868~1912) 가

. Boesgaard et al.(2022)¹⁰⁾

6) 가 , 가 . 2023.

7) Kim, Y. and K. You. "The study to environmental factors using microclimate survey of traditional wooden Silsang Temple in Korea." Environmental monitoring and assessment 190, 2018, 1-17.

8) Wang, P., et al. When the digital twin meets the preventive conservation of movable wooden artifacts. Herit Sci, 2023, 11: 54.

9) Wang, J. and C. Ochiai. "Spatial composition and building techniques of farmhouses prone to windstorms: a case study in Arakawa Village, Shiga Prefecture, Japan." Journal of Asian Architecture and Building Engineering 21(6), 2021, 2232-2246.

10) Boesgaard, C., et al."Prediction of the indoor climate in cultural heritage buildings through machine learning: first results from two field tests." Heritage Science 10(1), 2022, 176.

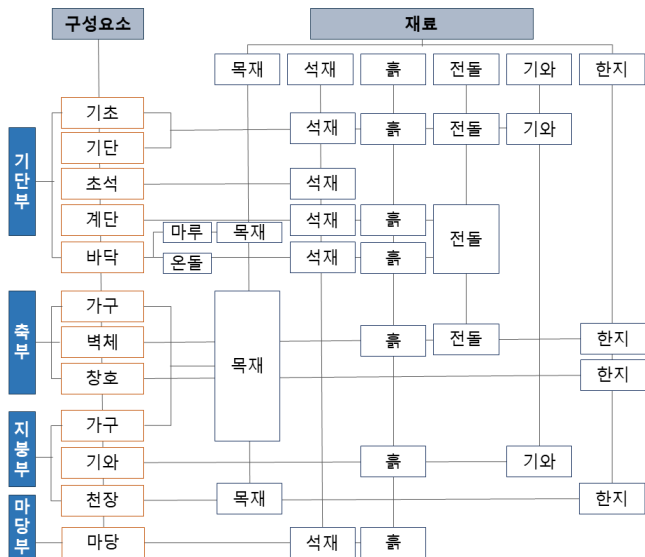


Fig. 3. Material composition by component of wooden architectural

3.

3.1

(1)

노후화	퇴락	마모	들어짐	축 변형	깨짐	안슬림
보수 곤란	파손	변위	침하	교란	기울음	벗겨짐
꿨어짐	들뜸	노출	내려앉음	썩김	박락	돌림
백화	꺾임	분리	균열	윤활	박리	들어감
재료 변형	오염	부식	빠짐	이완	돌출	이격
오염	습해흔	갈라짐	갈렘	합열	열실	탈락
손상	부동침하	오염	변색	이탈	합열	우그러짐
누수(흔)	비틀림	유실	(침몰)결실	구조 변형	배부름	비틀림
풍화	공동화	중해(흔)	천공	공동화	좌굴	압괴
식물 생장	표면 오염균	부후	뜨개짐	휨	처짐	부러짐
퇴색	색윤	생물 서식				

Fig. 4. Cultural heritage investigation damage terminology

가 (2022)

(2023)

Fig. 4 80 가

Fig. 5 a)

Fig. 5

Fig. 6

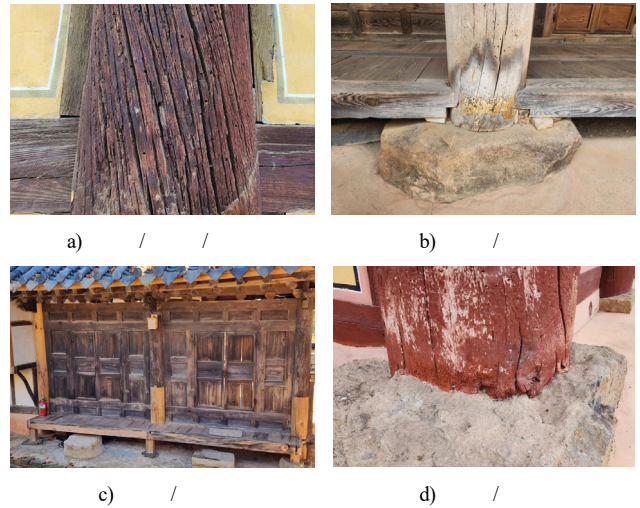


Fig. 5. Major damage to wooden architectural

기단부	기단/계단	균열, 이격, 배부름, 밀림, 파손, 박리, 박락, 변색, 오염, 초분류, 탈락, 유실
축부	초석/고막이	균열, 박락, 파손, 들뜸, 탈락, 빠짐, 침하
	마루/방	균열, 들뜸, 침하, 빠짐, 더짐
	기둥/단청	균열, 압괴, 갈렘, 부후, 할렘, 더짐, 파괴, 쪼개짐, 기울, 뒤틀림, 변색, 오염
	인방 등 수장	균열, 처짐, 이격, 빠짐, 꺾임, 분리, 부후, 뒤틀림, 변색, 오염, 탈락
	벽체/벽화	균열, 배부름, 들뜸, 박리, 박락, 변색, 퇴색
	창호/난간	균열, 갈렘, 부후, 생물피해, 탈락, 파손, 열실
	공포/포벽	균열, 변형, 처짐, 틀어짐, 이격, 파손, 갈렘
	도리, 보	균열, 뒤틀림, 이격, 밀림, 처짐, 갈렘, 부후, 파괴
지붕가구	연목/부연	균열, 갈렘, 이완, 변형, 탈락, 파괴
	천장	이격, 부후, 습해, 갈렘, 빠짐
지붕부	기와/마루	균열, 파손, 이완, 탈락, 흙 빠짐, 지의류, 외생조, 노후화

Fig. 6. Damage to each component of wooden architectural

(2)

1,580

2,318

350

Fig. 7

가

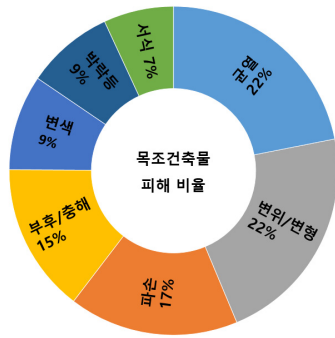


Fig. 7. Damage terminology ratio

균열	압괴, 터짐, 갈래, 할렬, 윤할, 분할
변위/변형	이격, 이완, 기울, 들림, 침하 처짐, 비틀림, 돌아감, 배부름, 휨, 교란, 틀어짐, 쓸림, 이탈
파손	탈락, 들뜸, 깨짐, 쪼개짐, 부러짐, 끊어짐, 분리, 빠짐
부후/충해	부후, 공동화, 충해흔, 천공, 변색, 썩음, 부식, 풍화
변색	습해흔, 누수흔, 퇴색, 오염, 청변, 백화,
서식	식물 성장, 와초, 지의류, 이끼류
기타	멸실, 유실, 박리, 박락, 퇴락, 마모, 벗겨짐, 노출

Fig. 8. Classification by damage phenomenon

3.2

(1)



a) 2024.09

b) 2025.07

Fig. 9. Outdoor experimental model

2024 09

Fig. 9

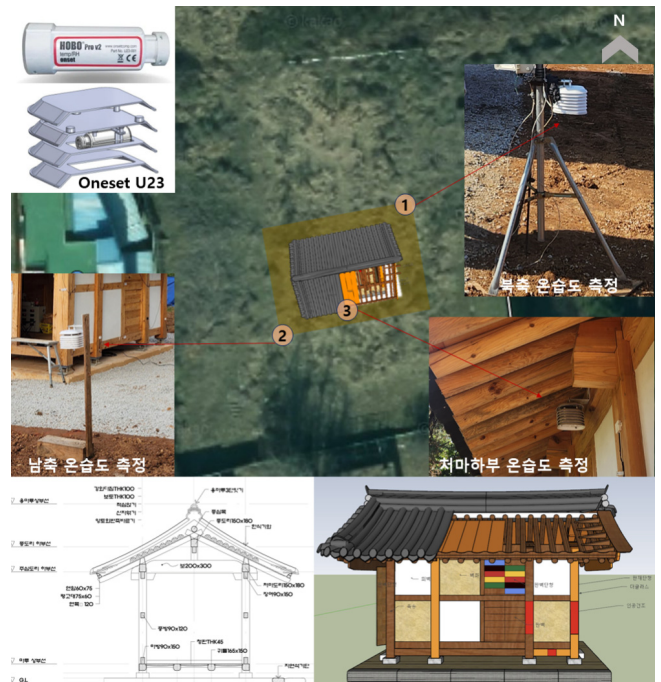


Fig. 10. Temperature and humidity equipment installation location

Fig. 10

2024 10

9 ~ 11 9

가

가

2024 9 ~ 2025 7

Fig. 10 Onset HOBO data logger
 Onset HOBO U23 Pro V2(U23-0001A)
 0-100%(±2.5%),
 -40-70 (±0.2) 1.5m
 2.5m 10

(2)

Fig. 11 가

Fig. 11 a) 5 가

2025 2 가

Fig. 11 b)

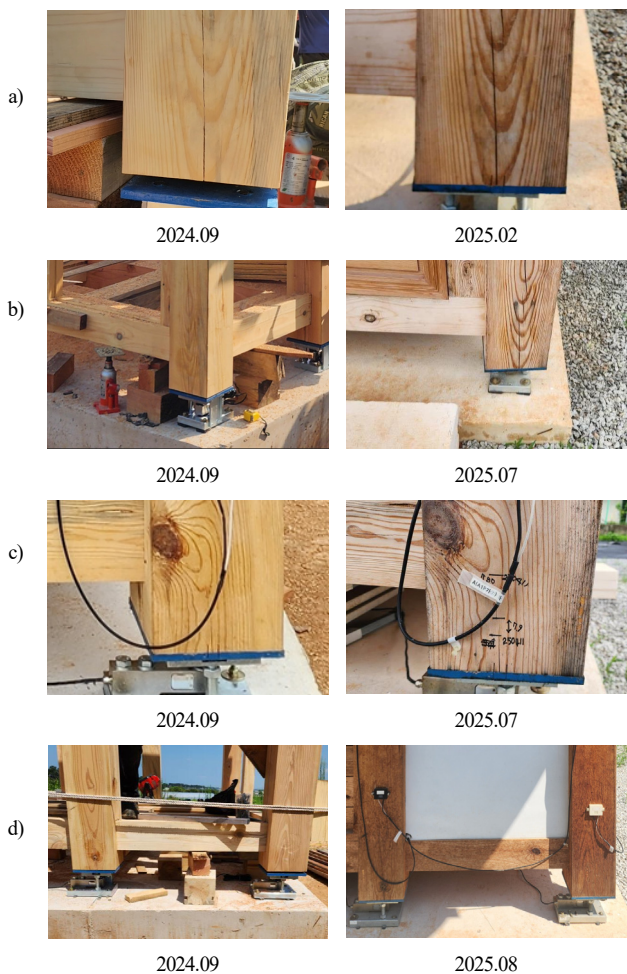


Fig. 11. Damage phenomenon in outdoor experimental models

가 가
 e) , d)

Fig. 12



Fig. 12. Damage to the lower part of the column

(3)

Fig. 13 80%
 가 가 10
 11 80%
 2024 10
 5.9 가 11 , 12.5
 Fig. 13 3
 80% 가 가
 가 가
 1 15 80%
 가 가 Fig. 12
 Fig. 14 24
 7
 10 80% , 13 70%
 3 가 16 가
 가 19 80%
 가 16
 80% 8 , 0 9
 가 85%

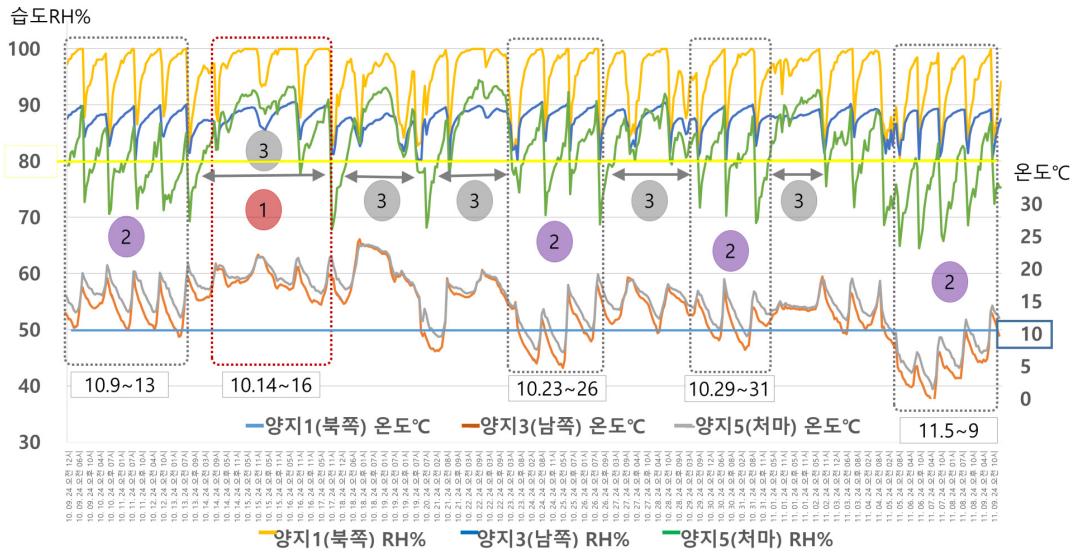


Fig. 13. 30-day Temperature and relative humidity graph

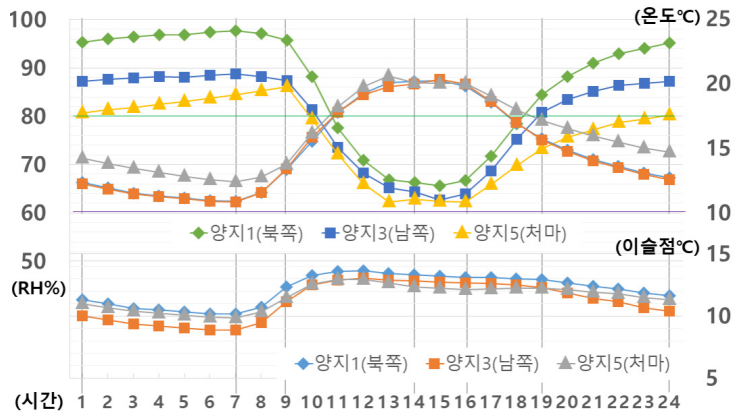


Fig. 14. 24-hour Temperature and relative humidity graph

2

9

가

4.

80%

15

,
가

9

6

2.5m

1.5m,

80 가

가

가

가

30

가 10 가 11
가 80%
24
80%
가 3% , 16 80%
7 가 9
2 가
가
가 1m
가 10% 80%
6
15
가
가
가
가

1. 가 , 가 , 2022.
2. 가 , , 2023a.
3. 가 , 가 , 2023b.
4. 가 , 가 (2023~2027), 2023c.
5. 가 , 가 , 2024.
6. 2050 가 1 가 , 2023.
7. Boesgaard, C., et al., Prediction of the indoor climate in cultural heritage buildings through machine learning: First results from two field tests, *Heritage Science*, 10(1), 2022.
8. Kim, Y., Evaluating environmental factors using microclimate survey and computer fluid dynamics analysis of Korean traditional wooden architectural cultural heritage: Focusing on the Kim Myeong-KwanGotaek, *Heritage Science*, 11(1), 2023.
9. Kim, Y., & You, K., The study to environmental factors using microclimate survey of traditional wooden Silsang Temple in Korea, *Environmental Monitoring and Assessment*, 190, 2018.
10. Shin, D., & Ahn, S., *Wood conservation*, Seoul National University Press, 1996, pp. 66-67.
11. Spalt, H., The fundamentals of water vapor sorption by wood, *Forest Products Journal*, 8(10), 1958.
12. Stamm, A., *Wood and cellulose science*, Ronald Press Company New York, 1964, p. 549.
13. Wang, J., & Ochiai, C., Spatial composition and building techniques of farmhouses prone to windstorms:a case study in Arakawa Village, Shiga Prefecture, Japan, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 21(6), 2021.
14. Wang, P., et al., When the digital twin meets the preventive conservation of movable wooden artifacts, *Herit Sci*, 11, 2023.

: 2025. 10. 10
: 2025. 10. 29
: 2025. 10. 29