

최근 15년간(2007 ~ 2021년) 문화유산 풍수해의 특징과 추세

김지수

국립문화재연구원 안전방재연구실 연구원

Characteristics and trends in heavy rainfall and storm damage to cultural heritage over the past 15 years (2007 ~ 2021)

Kim, Jisoo

Researcher, Safety and Disaster Prevention Division, National Research Institute of Cultural Heritage

ABSTRACT

This study aims to examine the characteristics and trends in heavy rainfall and storm damage to Korean cultural heritage under the influence of climate change. As data for analyzing the disaster damage to cultural heritage, the "Report on Cultural Heritage Damage", which covers a 15-year span (2007 ~ 2021), was used. Over the past 30 years, annual precipitation in East Asia has increased more than the global average. In particular, summer precipitation has increased significantly with higher-intensity typhoons affecting the Korean peninsula. On analysis of the characteristics of each cause of heavy rainfall and storm damage to cultural heritage, typhoons caused the most damage to heritage at 52%, and heavy rainfall was found to be the second cause of damage. The damage to cultural heritage in the top three most-damaged regions (Jeollanam-do, Gyeongsangbuk-do, and Gyeongsangnam-do) among 16 cities and provinces accounted for nearly half of the total number of damage events. For regions adjacent to the coast and in the common path of typhoons, typhoons accounted for more than 60% of damage, while heavy rainfall accounted for more than 60% of damage in the central inland region. It is necessary to identify approaches to minimize damage to cultural heritage from extreme rainfall and storms related to climate change.

Key words: Cultural Heritage, Typhoon, Extreme Rainfall, Trend, South Korea

1. 서론

기후변화는 전 지구적으로 모든 영역 전반에 걸쳐 다양하고 복합적인 영향을 미치고 있으며, 문화유산에 대한 영향도 예외는 아니다. 문화유산을 위협하는 다양한 요인 중 전 세계적으로 가장 많이 발생하는 위협요인으로는 풍수해를 꼽을 수 있다. 1970년부터 2019년까지 지난 50년간 전 세계적으로 보고된 자연재해 9종 중 홍수와 극한기상이 전 기간에 걸쳐 가장 많은 비중을 차지하는 것으로 나타났다(Our World in Data, 2022). 그 발생 빈도는 최근으로 올수록 더욱 높아지고 있으며, 증가세 또한 가장 뚜렷한 양상을 보이고 있다(Our World in Data, 2022). 그 결과 필연적으로 전 세계 많은 지역의 문화유산들이 풍수

해 피해를 지속적으로 겪고 있다.

이는 우리 문화유산도 마찬가지이다. 우리나라는 장마와 늦장마 및 태풍으로 인해 여름철에 강수량이 집중된 기후 특성상 예로부터 풍수해가 가장 많이 발생했고, 그로 인한 유산의 피해 역시 상당한 비중을 차지하였다(NRICH, 2008). 풍수해 원인 중 호우는 문화유산에 누수, 침수와 같은 1차적 피해뿐만 아니라 지반 불안정화 등을 유발하여 2차 피해를 가져온다. 가령 석조유산의 경우 호우로 인해 침식이나 부등침하와 같이 지반에 변화가 생겨 유산 하부에서 상부로 균열이 발생할 수 있다(NRICH, 2007). 또한 며칠간 지속된 강수는 사면붕괴를 유발하여 산지에 위치한 문화유산을 손상시키기도 한다. 태풍의 경우 강풍과 함께 단시간에 집중적인 강수가 동반되면서 유

†Corresponding author : jskim025@naver.com (132 Munji-ro, Yuseong-gu, Daejeon 34122, Korea. Tel. +82-42-860-9232) ORCID [김지수 0000-0001-9468-405X](https://orcid.org/0000-0001-9468-405X)

산을 더욱 심각하게 파괴하는 외력으로 작용하는데, 많은 비로 건조물이나 축대가 쇠약해진 상태에서 강풍이 막대한 피해를 유발하기 때문이다(NRICH, 2007). 또한 고도가 상대적으로 높은 상류부의 소유역에서는 급경사로 인해 유수의 도달시간이 짧아 단시간에 홍수류가 형성될 수 있다(Park et al., 2004). 이러한 환경에서 집중강우 시 유량이 급격히 증가하면서 돌발홍수가 발생하여 산지 문화유산이 손상되기도 한다(Song and Um, 2013).

문제는 호우와 태풍의 특성이 기후변화로 인해 더 극심한 양상으로 변화하고 있어 문화유산이 처한 풍수해 위험이 커지고 있다는 점이다. 그간 우리나라의 기후분석 결과에 따르면 1900년대 초반 30년(1912~1940) 대비 최근 10년(2011~2020)에 연강수량, 강수일수, 여름철 강수량이 각각 -35.7 mm, -3.6일, -64.3 mm로 감소추세를 보인다. 그러나 109년간의 장기적 변화를 비교하였을 때에는 최근 30년(1991~2020)에 각각 +135.4 mm, -2.73일, +97.3 mm로 나타났다(KMA and NIMS, 2021). 즉, 장기적으로 강수 극한성이 심화되는 경향이 나타나는 한편, 시기에 따른 변동성이 커졌다.

한반도 주변의 태풍 활동도 1990년대 중반 이후 강도가 증가하고 있다(KMA, 2020; KMA CCCMI, 2022b). 1971년부터 2000년대 초반까지의 상륙 태풍의 수는 평년과 비슷했고 2000년부터는 오히려 감소하는 경향을 보였으나, 여름철 한반도에 영향을 주는 태풍은 2010년 이전에 비해 최근 들어 증가하고 있다(KMA National Typhoon Center,

2019). 또한 상륙 직전의 태풍 중심기압과 최대풍속의 연평균 값은 2000년부터 증가하고 있어 우리나라에 실질적으로 영향을 미치는 태풍의 강도가 거세지고 있다(Kang et al., 2018; KMA National Typhoon Center, 2019). 태풍 영향력의 증대는 여름철 극한강수 증가 추세와도 연관성을 지니고 있는 것으로 보고되고 있어(KMA, 2020) 그에 따른 피해도 강력해질 수 있다. 이와 같은 추세는 종관기후적인 원인과 더불어 지구온난화로 인한 한반도 주변의 해수 온도 상승 등과 연관이 있다(KMA, 2020).

더 우려되는 것은 기후변화로 인해 향후 우리나라의 극한강수량이 CO₂저배출 시나리오에서조차 최소 30% 이상 증가할 것으로 예측된다는 점이다(Kim et al., 2023). 결과적으로 한반도의 집중호우 빈도와 강도가 1990년대 중반 이후 증가하면서 평지나 저지대에서는 침수, 산지에서는 사면 붕괴로 인한 재해가 급증하고 있으며, 이러한 추세는 향후 더 심화될 것으로 보인다(KMA, 2020; NRICH, 2007).

이러한 맥락에서 본 연구는 기후변화의 영향 하에서 우리나라 문화유산이 처한 풍수해 위험을 고찰하고자 한다. 세부 연구내용으로서 먼저 2007년부터 2021년까지 최근 15년간 문화유산의 풍수해 추이와 특징을 분석할 것이다. 이에 기반하여 국제사회의 보고를 중심으로 문화유산의 풍수해 위험에 대한 기후변화 영향을 검토하면서 기후변화 하에서 향후 문화유산 부문 전망과 과제를 고찰하고자 한다.

Table 1. Scope of the target cultural heritage (corresponding to the gray section)

Subject of designation	Designation Type	Note
State	National Treasure	Cultural heritage
	Treasure	Cultural heritage
	Historic Site	Cultural heritage
	Scenic Site	Excluded (Natural heritage)
	Natural Monument	Excluded (Natural heritage)
	National Intangible Cultural Heritage	Excluded (Intangible heritage)
	National Folklore Cultural Heritage	Cultural heritage
	Registered Cultural Heritage	Cultural heritage
City/ Province	Tangible Cultural Heritage	Cultural heritage
	Intangible Cultural Heritage	Excluded (Intangible heritage)
	Monument	Cultural heritage except some natural heritage
	Folklore Heritage	Cultural heritage
	Cultural Heritage Material	Cultural heritage except some natural heritage

※ The cultural heritage designation system described in the table above is based on the Cultural Heritage Protection Act. From May 23, an improved designation system was established based on the newly enacted Framework Act on National Heritage.

2. 연구자료 및 방법

본 연구의 대상은 남한에 소재한 문화유산이다. 우리나라 정부에 의해 ‘문화재’로 지정된 유산들 중 자연유산과 무형유산을 제외한 나머지 지정문화재를 대상으로 하여 분석을 수행하였다. 여기에는 문화재 지정유형상 국가지정문화재(국보, 보물, 사적, 국가민속문화재), 국가등록문화재, 시도지정문화재(시도유형문화재, 시도민속문화재, 시도기념물), 문화재자료가 포함된다(Table 1).

문화유산의 재난 피해 분석 자료로서 최근 15년(2007~2021년)의 「문화재 재난상황 발생보고」자료를 활용하였다. 우리나라는 2007년 문화재청 내 문화재 방재업무를 전담한 문화재안전과(현 안전기준과)가 신설된 이래, 전국 각지의 지정문화재에 화재, 도난, 풍수해, 지진 피해발생 시 지자체별 문화재관리 담당부서에서 문화재청 안전기준과로 피해상황을 보고하는 체계를 갖추고 있다. 문화재 안전과 신설 이전 자료도 존재하나, 전담부서 신설 이후보다 체계적으로 문화재 재난 피해자료가 축적되고 있다. 이 자료는 기본적으로 피해건별 문서(아래아한글, PDF 형식)로 작성되어있어 분석을 위해 엑셀상 데이터베이스화하는 작업이 선행되었다. 이를 기반으로 연도별 원인별 피해건수를 도출하고 선형 추세 모형으로부터 장기적 추세를 검토하였다. 또한 지역별, 문화재 지정유형별 피해분포를 살펴보았다. 풍수해와 관련된 우리나라 주변의 기후변화 추세 및 이에 관한 문화유산 부문의 국제사회 논의를 중심으로 한 고찰은 관련 선행연구를 검토한 결과를 토대로 연구에서 논의하였다.

3. 우리나라 문화유산의 풍수해 발생 추이와 특징

3.1. 풍수해 전반 현황과 추이

최근 15년(2007~2021년) 문화재 재난상황 발생보고

자료에 근거하면 문화유산의 전체 풍수해 피해는 총 895 건이다. 이 중 풍수해 원인을 크게 호우, 태풍, 강풍으로 나누어 피해건수를 살펴보면 태풍 466건, 호우 419건, 강풍 10건순으로 나타난다. 즉, 태풍이 52% 가량의 가장 큰 유산 피해를 유발하고, 호우가 그에 버금가는 풍수해 원인이며 강풍은 상대적으로 비중이 매우 낮은 피해원인을 알 수 있다. 유산에 피해를 발생시킨 연도별 태풍명은 Table 2와 같다. 강풍의 경우 일최대풍속이 14 m/s 이상인 강풍과 20 m/s 이상인 돌풍으로 나누어볼 수 있다(Kim et al., 2019). 우리나라에서 최근 26년(1993~2018) 간 강풍은 연평균 약 122회, 돌풍은 약 252회 발생한 가운데 지속적으로 감소 추세를 보이고 있는데(Kim et al., 2019; KMA CCCMI, 2022c), 이는 지구온난화, 도시화 등으로 인해 전 세계적으로 나타나는 경향이다(Wu et al., 2018).

문화유산의 풍수해는 Fig. 1에서와 같이 2007년부터 2021년까지 피해건수의 전반적인 선형 증가 추세가 확인되는 가운데, 시기적으로 2000년대 후반으로 갈수록 피해가 점차 증가하다가 2013년을 기점으로 급감하고, 2010년대 후반에 다시 증가하는 경향이 나타난다(Fig. 1). 이는 동아시아 및 한반도 일대에서 1990년대 이래 연강수량이 전 지구 평균보다 강한 증가추세를 보이는 가운데(KMA, 2020, 2021; KMA and NIMS, 2021; NGII, 2020), 최근 10년(2010~2019) 동안에는 연강수량이 평년에 비해 감소하면서도 강수 특성의 변동성이 커지는 양상이 나타난 것과 일맥상통한다(KMA, 2021; NGII, 2020). 우리나라는 지난 109년(1912~2020)간 시간당 30 mm 이상의 높은 강수강도로 발생한 호우일수가 장기적으로 확연한 증가 추세를 나타내는 동시에, 호우일수의 강수량이 총 강수량의 대부분을 차지한 가운데 그 양이 뚜렷하게 증가하는 것으로 나타났다(KMA and NIMS, 2021; KMA CCCMI, 2022a). 또한 강한 강수는 증가하고 약한 강수는 감소하여 여름철 집중호우가 증가하는 특성이 보고되었다(Kim et al., 2018). 다만 우리나라 전역에서 최근 10년(2011~

Table 2. Typhoons that caused damage to cultural heritage

Year	Name	Year	Name
2007	Nari	2016	Malakas, Chaba, UNCLEAR
2008	Kalmaegi	2017	UNCLEAR
2010	Kompasu	2018	Prapiroon, Soulik, Kong-rey
2011	Muifa	2019	Danas, Lingling, Mitag, Tapah, Francisco, UNCLEAR
2012	Damrey, Tembin, Bolaven, Sanba, UNCLEAR	2020	Maysak, Haishen, UNCLEAR
2014	UNCLEAR*	2021	Omais, Chanthu

*It indicates that the damage caused by a typhoon was specified, but the name of the typhoon that caused the damage is unclear.

2020) 내 강수량이 지난 100여 년간의 장기추세에 비해 최근 급감한 것으로 나타난 한편, 연도에 따라 강한 강수의 발생-미발생 사이의 양극화가 심화되었다(KMA and NIMS, 2021). 장마 특성 또한 변화하여 통상적으로 6월 말에서 7월 중순까지 발생하는 장마와 8월 말에서 9월 초까지의 늦장마 사이의 휴지기가 최근으로 올수록 점차 짧아지고 있는 동시에, 여름철 몬순 기간이 전반적으로 더욱 길게 지속되고 있다(KMA, 2020).

3.2. 이례적인 풍수해 특징이 나타나는 시기별 특징

전체 및 원인별 피해 추이를 살펴보면 이례적인 특징을 보이는 해들이 나타난다¹⁾. 지난 15년간 피해건수가 가장 많았던 2012년의 경우 특히 태풍에 의한 피해건수가 이례적으로 높았는데, 여기에는 당시 한반도에 영향을 준 태풍 5개 중 3개의 영향이 컸다. 대형태풍 볼라벤과 소형태풍 덴빈이 8월 하순 동시에 한반도에 큰 영향을 미쳤고, 이어 9월 중순 중형태풍 산바가 영향을 더하면서 많은 유산 피해가 발생하였다.

그러다 2013년부터 전체 피해건수가 급감하는 양상이 나타나는데, 이는 이 무렵 수년간 지속된 가뭄으로 인해 2010년대 후반까지 호우일수가 적었기 때문이다. 2016년과 2018년에는 여름철 기록적인 폭염과 함께 급격한 가뭄이 빈번히 발생하기도 하였다(Kim et al., 2022). 뿐만 아니라 우리나라에 영향을 미쳤던 태풍들도 상대적으로 위력이 약해 유산 피해가 적었다. 실제로 이 기간 동안 문화

유산 부문뿐 아니라 사회 전반에서 나타난 인명 및 재산 피해도 매우 적은 수준을 나타낸다(National Disaster and Safety Portal, 2022).

2019년의 경우 원인별 비중을 검토했을 때 호우 피해의 비중은 매우 적은 반면 태풍 피해 비중이 대다수를 차지하는 것으로 나타난다. 이는 당시 장마기간 내 평균강수량 평년값(356 mm)에 훨씬 못 미치는 강수(299.7 mm)가 발생한 ‘마른 장마’였고(KMA Open MET Data Portal, 2022), 그에 따라 호우로 인한 피해건수(12건)가 매우 적었던 데에서 기인한다. 반면, 같은 해 태풍 피해건수(87건)는 그의 7배 이상을 기록하였는데, 이는 당시 7개의 태풍이 한반도에 영향을 미치면서 유산에 누적된 스트레스로 인해 피해가 빈발했기 때문이다.

연이은 2020년은 최근 15년 내 두 번째로 문화유산 풍수해 발생이 많았던 해로, 특히 호우로 인한 피해비중이 높았다는 점이 특징적이다. 이 해는 장마기간 중 전국 평균 강수량이 696.5 mm, 강수일수는 28.5일로 역대 최장기간 최대강수량의 장마를 기록한 해(KMA Open MET Data Portal, 2022)로, 기나긴 장마 기간 중에 태풍의 영향 또한 가세하면서 가장 많은 호우 피해(74건)가 발생하였고 태풍 피해(74건) 역시 상당하였다.

한편 2021년의 경우 역대 가장 짧고(9.9일) 강수량도 적은(146.2 mm) 장마(KMA Open MET Data Portal, 2022)가 발생했을 뿐 더러, 한반도에 영향을 가한 태풍 수도 평년 정도였고 그 영향력도 낮아 문화유산의 호우 및

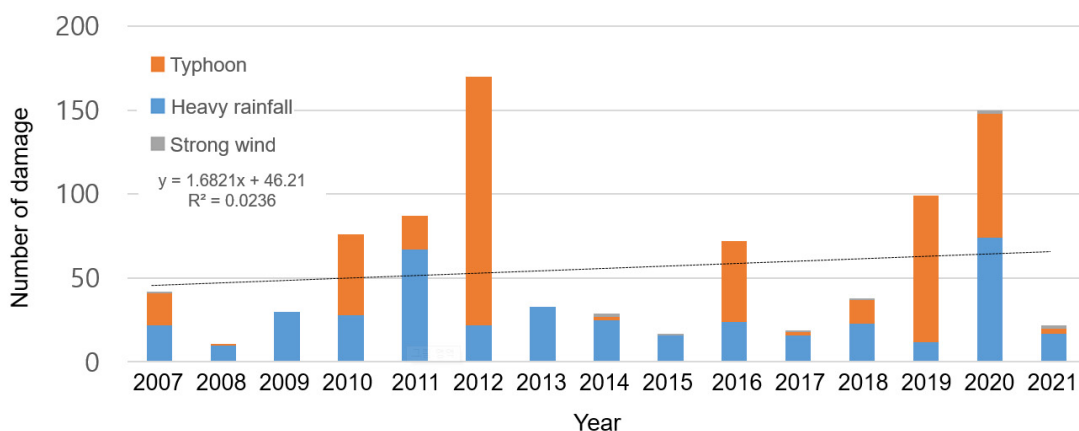


Fig. 1. Number of damage caused by heavy rainfall and storm to cultural heritage from 2007 to 2021

1) 앞서 언급한 바와 같이 2007년 안전기준과가 신설되어 그 이후부터 유산 피해자료가 체계적으로 축적된 한편, 2007년 이전의 피해자료는 지속적으로 현행화 중이므로 이를 감안할 필요가 있다.

태풍 피해건수가 매우 낮은 수준을 보여 2020년과는 극명한 차이가 확인되었다.

3.3. 지역별 풍수해 특징

문화유산 풍수해 발생건수의 지역별 분포를 살펴본 결과 16개 시도 중 전남이 160건으로 가장 높았고, 이어 경북 150건, 서울 107건, 경남 105건 등의 순으로 높게 나타났다(Fig. 2). 이들 중 상위 3개 지역에서의 문화유산 피해가 전체 풍수해 건수의 절반에 육박하며, 모두 남부지방에 위치하고 있다는 공통점을 지닌다. 지역별로 소재한 문화유산수 대비 피해를 입은 유산수의 비중을 분석한 결과에서는 제주도(9.9%), 전남(8.5%), 경북(5.1%), 충남(5.1%), 전북(4.4%) 등의 순으로 나타났다. 이처럼 남부지방에서 문화유산 풍수해 피해가 많았던 데에는 풍수해 원인의 가장 큰 비중을 차지하는 태풍이 다른 지역에 비해 이들 지역에 자주 그리고 가장 센 강도로 영향을 미치기 때문으로 판단된다.

지역별로 어떤 원인에 의한 문화유산 피해가 많은지 살펴보기 위해 지역별 풍수해 원인별 피해건수를 검토하였다. 그 결과 태풍으로 인한 피해 비중이 높은 곳은 제주(91%), 부산(68%), 울산(67%), 경북(63%), 전남(61%), 충남(55%), 경남(54%) 등의 순으로 나타났다. 이들은 모두 해안에 인접해 있으며 태풍 이동경로상 피해다발지역에 해당된다. 반면 호우피해 비중이 가장 높은 곳은 대전

(100%), 충북(88%), 광주(83%), 대구(75%), 경기도(67%), 전북(65%), 서울(60%) 등의 순으로 나타났다. 이들 지역은 전북을 제외하면 주로 중부 내륙지방에 위치한다는 공통점을 지닌다. 문화유산의 강풍 피해건수는 총 10건으로 서울에서 3건, 강원도, 경북, 전북 지역에서 각 2건, 광주에서 1건이 발생한 바 있으나, 사례수가 적어 결과를 일반화하기 어려운 점이 있다.

지역별로 이례적으로 큰 피해가 나타난 연도를 살펴보면 2012년 전남 지역과 2020년 경북 지역을 들 수 있다. 2012년 전남지역의 경우 총 64건의 피해를 입었는데 이는 모두 태풍에 의한 것으로 나타났다. 특히 8월 하순경 태풍 덴빈과 볼라벤 동시에 전남 지역으로 상륙하면서 이 일대의 문화유산에 많은 피해가 발생하였다. 2020년 총 63건의 이례적으로 많은 피해가 발생한 경북지역의 경우 태풍 마이삭과 하이선에 의한 경주 일대의 피해가 주를 이루었다. 당시 9월 초순 태풍 마이삭이 부산에 인접하게 상륙하여 경북과 강원을 관통해 빠져나가면서 일반적인 태풍 진로와는 다르게 남북 방향으로 이동하였고, 그 결과 동해안을 중심으로 피해가 컸으며 특히 문화유산 분포 밀도가 높은 경주에서는 많은 피해가 발생하였다. 이어 4일 만에 마이선이 연달아 상륙하면서 피해가 더욱 커진 것으로 나타났다.

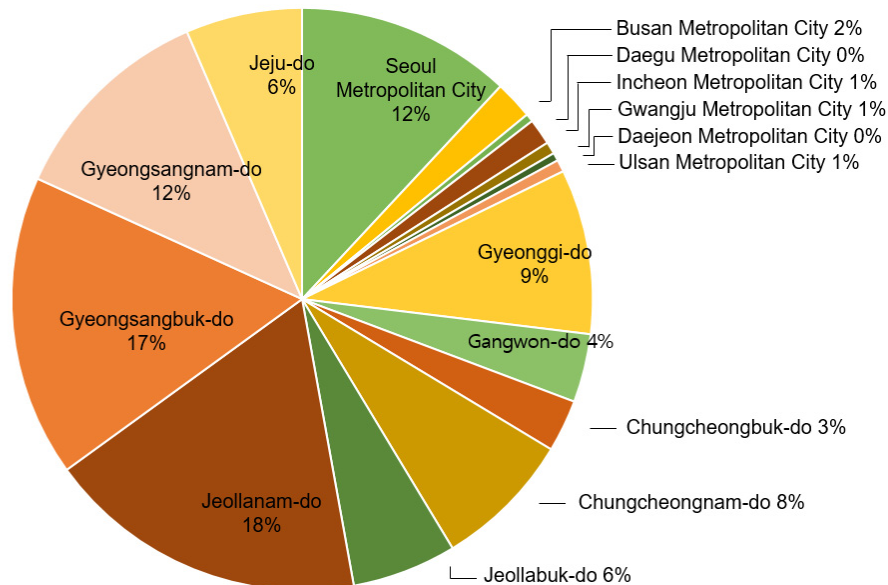


Fig. 2. Number of damage caused by heavy rainfall and storm to cultural heritage by city and province

3.4. 문화재 지정유형별 피해

우리나라 문화유산의 지정유형별 풍수해 현황을 살펴 보면 전체 피해건수 중 국가지정문화재의 피해가 78%로 대다수를 차지한다(Fig. 3). 그 중에서도 사적이 43%로 가장 많은 비중을 보이며, 보물, 국가민속문화재 등의 순으로 풍수해가 많았던 것으로 나타났다. 풍수해 사례 중 특히 사적이 많았던 데에는 사적 특성상 당해유산 개수뿐 아니라 관련 부대시설과 전통경관을 이루는 많은 수목 등이 유산지역 내 다수 포함되어있고 지정면적도 넓어, 좁은 면적에 점(點)적으로 나타나는 다른 지정유형 유산보다 더 많은 피해가 발생하는 양상을 보인다. 전체 문화유산수 대비 지정유형별 피해유산수 비중을 살펴봐도 전체 사적의 36%가 1회 이상의 피해를 입은 적이 있으며 이러한 비중은 지정유형들 중 가장 높았다.

4. 논의

우리나라 문화유산을 위협하는 가장 대표적인 재해가 풍수해로 꼽히는 것은 자명한 사실이다. 문제는 그 위협이 기후변화로 인해 더 커질 것으로 전망되고 있다는 점이다. 우리나라에서 여름철 강수량의 증가와 강수의 극한성 심화, 태풍 강도 증가 등 풍수해와 밀접한 기후요소의 변화 속도가 전 지구 평균보다 더 빠르게 나타나는 가운

데, 문화유산 풍수해 피해건수도 장기적으로 증가세를 보이고 있다.

그 중에서도 우리나라 문화유산의 풍수해 원인으로 가장 강력한 영향을 미치는 것은 태풍이다. 매해 한반도 영향 태풍의 세력과 이에 동반된 강수의 극심한 정도에 따라 연도 별 피해건수에 차이가 나타나긴 하나, 장기적인 추세를 분석했을 때 최근 들어 태풍의 강도 증가는 뚜렷하며 그 영향력이 점차 증대되고 있다. 기후변화로 인해 태풍의 발생빈도와 강도의 변화, 진로의 변화, 한반도 상륙시점에서의 세력 변화 양상이 문화유산 피해를 증가시키는 방향으로 진행되고 있으며, 여러 개의 태풍이 동시에 영향을 미치거나 연달아 상륙하는 사례가 증가하면서 태풍에 의한 문화유산 피해 증가세도 가장 빠르게 나타나고 있다.

호우 역시 태풍에 버금가는 문화유산 풍수해 원인으로 꼽힌다. 최근 10년 동안에는 여름철 장마-늦장마 기간과 이때 발생하는 강수특성이 해마다 큰 폭으로 변화하여 그에 따른 유산 피해양상도 큰 변동폭을 보였지만, 장기적인 관점에서 여름철 집중호우는 확연히 증가하고 있으며, 문화유산의 호우 피해 증가세 또한 태풍과 비등하게 나타난다. 또한 장마기간이 길어지면서 장기간의 습윤기 동안 약해진 지반과 문화유산에 더욱 잦아지고 강력해진 태풍 위력이 더해지면서 큰 피해가 나타나는 사례가 나타나고 있다.

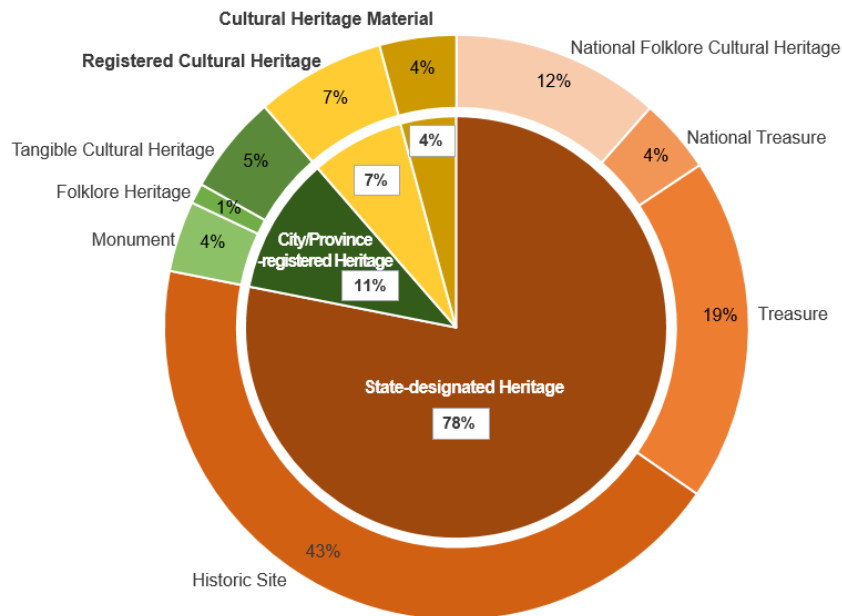


Fig. 3. Number of damage caused by heavy rainfall and storm to cultural heritage by designation type

강풍의 경우 지속적으로 감소하는 추세로 나타나며, 문화유산 피해 원인 중에서도 그 비중은 상대적으로 미약한 상황이다. 다만 서울 같은 대도시 지역의 경우, 고층건물과 대형 건조물이 밀집한 도심과 외곽지역 사이의 기류와 온도차에 의해 도심지역에서 국부적으로 발생 하는 강한 바람(NRICH, 2020)으로 정의되는 빌딩풍의 영향을 간과해서는 안 된다. 문화유산을 대상으로 이뤄진 빌딩풍 연구는 저조하나, 빌딩풍으로 인한 안전사고 발생 빈도가 증가함에 따라 국내외 건축, 조경, 도시계획설계 부문에서 관련 연구가 이루어지고 있다. 최근 국립문화재연구원의 연구에서도 이를 문화유산의 재난 위험요인 중 하나로 논한 바 있다(NRICH, 2020).

문화유산의 풍수해 위험에 대한 기후변화 영향과 관련하여 2019년 국제기념물유적협의회(International Council on Monuments and Sites, 이하 ICOMOS) 산하 기후변화와 문화유산 실무그룹에서 문화유산을 동산유산(박물관 및 소장품 포함), 고고유산(수중유산 포함), 건조물, 문화경관(수물 문화경관, 역사도시경관, 공원 및 정원 포함), 관련·전통 공동체, 무형문화유산의 6개 범주로 나누어 유산 범주별 총 15개 부문의 다양한 기후변화 영향을 정리한 보고서를 발간한 바 있다(ICOMOS CCCHWG, 2019). 그 중 기후변화로 인한 풍수해 위험 관련 부문으로는 (1) 강수량 증가 및 더 극심한 강수현상(Increased Precipitation and more intense Rainfall Events), (2) 급성의 해안 범람현상(Acute Coastal, Estuarine & Freshwater Flooding Events), (3) 강한 폭풍(허리케인/사이클론/태풍 포함) 및 폭풍해일(Intensified Storms, (including Hurricanes & Cyclones) and Storm Surge)이 지목되었다. ICOMOS 기후변화와 문화유산 실무그룹에서 작성한 이 보고서가 갖는 의미는 기후변화 영향을 받는 문화유산 범주를 개별 유산/유적지 수준을 넘어 관련 공동체와 무형유산까지 포괄적으로 다루어 종합적인 관점에서 문화유산에 대한 기후변화 영향을 이해할 수 있도록 돕는다는 데 있다. 또한 부문별 기후변화 영향을 당해 유산의 직접적 손상 측면만 다루는 데에서 나아가, 기반침식·붕괴 등의 2차 피해를 포함하여 재난 도중 발생할 수 있는 피해, 재난 사상이 완료된 이후에 발생하는 피해(post-disaster damage)도 다루고 있다. 우리나라의 경우 문화재청에서 지정문화재 대상 화재·도난, 풍수해, 지진, 산사태에 대한 대응매뉴얼을 구비하고 이들 4대 재난 대응을 위한 각종 방재시스템 및 재난대응 및 관리체계를 구축하고 있지만, 이들은 주로 건조물 등 유형 문화유산에 초점을 맞추어 진행되고 있으며 변화하는 기후환

경에 대한 고려는 담고 있지 못하다. 우리나라뿐만 아니라 많은 나라들이 이와 같은 상황이라는 점에서 세계유산센터는 우선적으로 기존의 재난위험관리주기(disaster risk management cycle) 상에서 기후변화로 인한 다각적인 유산 피해양상을 포괄하는 방안을 마련하는 것이 필요함을 강조하고 있다(ICCROM et al., 2010).

5. 향후 과제 및 결론

현재의 기후변화는 극한 기상현상의 발생을 증대시키고 있다는 점에서 앞으로 문화재의 풍수해 위험은 본 연구에서 확인한 피해현황을 넘어서 더욱 심화될 수 있다. 이러한 추세는 날로 심화되는 개발 압력과 결부되어 향후 문화재의 풍수해 위험을 더욱 키울 것으로 예상되는 바이다. 이와 관련하여 우리나라 문화유산 분야는 기후변화로 인한 피해 최소화를 위한 적응대책으로서 「저탄소 녹색성장 기본법」에 근거한 제3차 국가기후변화적응대책(2021~2025)에 참여하여 기후변화에 취약한 유산 관리 강화를 목표로 한 세부과제를 추진하고 있다. 주요 과제내용으로서 문화재 재난이력 데이터베이스 구축, 문화재 기후변화 취약성 평가 강화가 이루어지고 있다(Jo and Kim, 2023; Ministry Concerned, 2022). 또한 「문화재보호법」에 근거한 제4차 및 제5차 문화재 보존·관리·활용 기본계획을 통해 문화재청에서 여러 방재기반 확충사업, 드론활용 맞춤형 방재기술 개발, AR·VR기술활용 재난 대응 교육 훈련 콘텐츠 개발 등 부동산문화재 안전진단을 위한 지능형 영상정보 분석 기반 손상 탐지·경보 기술 개발 연구를 계획하여 이행 중이다(Cultural Heritage Administration, 2017, 2022; Jo and Kim, 2023). 2023년 4월에는 기존의 「문화재보호법」을 대체하여 제정된 「국가유산기본법」에 기후변화에 대응한 국가유산 보호를 위해 법적 근거를 마련하고, 문화재청 차원에서 전방위적인 기후변화 대응 조치를 수행하기 위한 발판으로서 국가유산 기후변화 대응 종합계획을 수립 중에 있다.

중장기적으로 이뤄지고 있는 위 노력들에 더하여, 기후변화로 인한 풍수해 피해를 최소화하기 위한 방안이 시급한 상황에서 우선적으로 적용할 수 있는 방안을 모색하는 작업도 필요하다. 먼저 기존에 문화유산 분야에서 기후변화에 대비한 것이 아니더라도 풍수해 등 재해 피해저감을 위해 이미 개발된 관련 기술의 재평가 및 도입이 우선 적용될 수 있을 것이다. 가령 2016~2017년 경주·포항 일대 지진 피해를 계기로 국립문화재연구원에서는 ‘기와 고정

장치 및 이를 포함하는 기와지붕(특허 등록 제10-1990849호)을 개발한 바 있다. 이 기술의 효과는 기와와 구조체 간의 결속을 공고히 한다는 점에서, 지진뿐만 아니라 태풍 등 바람으로 인한 기와 피해를 저감하는 데에도 적용할 수 있는 기술에 해당된다.

문화유산이 아닌 타 부문에서 개발된 기술 중에서도 기후변화와 관련하여 문화유산에 적용할 가능성이 있는 것들을 적극 탐색하는 작업 또한 요구된다. 앞서 기후변화 추세를 고려했을 때 여러 부문 중 태풍 및 강풍에 대비한 건축공학적 측면에서 구조 및 재료 보강기술이 우선적으로 필요할 것으로 사료된다. 집중호우와 관련하여 기존에는 주로 유산지역 내 이미 설치된 배수로를 관리 및 일부 정비하는 작업에 그쳤다면, 이제는 노면 배수로, 우수관, 맨홀, 물받이, 저류지, 빗물펌프장 등의 수방시설을 종합적으로 고려하여 노후되거나 통수능, 용량 등이 부족한 시설을 교체, 확장 및 추가 설치하는 작업이 요구된다. 산지가 많은 우리나라 지형 특성상 기후변화로 인한 호우의 전반적인 증가와 함께 지형성 강수의 영향 또한 배제할 수 없다. 또한 향후 여름철 습윤기가 연장됨에 따른 석축 배부름현상, 사면붕괴, 토사유출 등 지반 불안정성이 더욱 커질 것을 대비하여 개별 유산 지역에 적합한 지반공학 기반 기술의 개발 및 도입이 필요하다. 이러한 탐색 과정에는 유산 보존원칙과 관련하여 유산적 가치의 손상에 문제가 없도록 문화재 부문 전문가뿐만 아니라 해당 기술분야의 전문가 그룹이 긴밀하게 협력하는 절차가 필수적일 것이다.

그 동안 이루어진 문화유산 대상의 풍수해 대응 연구 및 정책은 일정 수준의 변동성 내에서 현 사회가 지닌 자원을 활용하여 회복가능한 정도의 풍수해를 전제하였다. 그러나 최근 들어 기후변화로 인해 그간의 풍수해 빈도, 강도, 규모를 넘어서는 재난 사상이 많아지고 인위적 위험요인들이 점차 증가하는 상황 속에서 문화유산은 더욱 큰 위험에 노출되고 있다. 대형 태풍의 연달은 영향, 유래 없이 긴 장마, 매년 기록을 경신하는 집중호우 등 이상기후가 점차 심화될 것으로 예상되는 상황에서 향후 문화유산의 피해 최소화를 위한 방안을 마련하기 위해서는 유산과 재해의 세부 특성을 고려한 분석 연구가 뒷받침될 필요가 있다. 유산의 세부 특성으로는 유산이 소재한 지역의 지리적 특성(예. 도시, 해안, 산지 등), 유산별 재료, 보존상태 등을, 재해의 세부 특성으로는 태풍/호우/강풍별 강도, 빈도, 지속시간, 복합성 등을 논할 수 있을 것이다. 이를 토대로 하여 풍수해 사상 특성에 따른 유산 특성별

피해 양상과 범위를 분석함으로써 선제적 기후변화 대응책을 수립하기 위한 근거를 마련할 수 있을 것이다.

유산 분야에 미치고 있는 기후변화 문제가 그 이전의 문제들과 다른 중요한 특징은 그것이 우리의 시행착오를 기다려주지 않는다는 점이다. 문제를 먼저 확인한 후에 해결책을 구하는 전통적인 접근방법을 적용하기에는 너무 빠른 속도로 기후변화의 영향이 심화되고 있다. 따라서 문화유산 현장에 우선적으로 적용할 만한 피해저감 기술의 모색과 동시에 유산 보존 원칙을 해하지 않는 선에서의 보강 및 개선 작업을 조율하는 작업이 적극적으로 시행되어야 할 것이다. 한편 기후변화 문제의 또 다른 특징은 그것이 끝이 없다는 것이다. 그러므로 눈앞에 당면한 문제 해결을 위한 단기적 방안 마련과 시행뿐만 아니라, 장기적인 관점에서 좀 더 적극적으로 우리나라 문화유산별 특징과 속성을 고려한 기후변화 적응기술 개발이 뒷받침되어야 할 것이다.

사사

본 논문은 2023년도 문화재청 국립문화재연구원에서 수행하는 문화재 조사연구(R&D) 과제인 문화재 재해영향 분석 및 피해저감 연구(NRICH-2305-A65F-1)의 지원을 받아 수행된 연구 결과이며, 『우리나라 문화·자연유산의 기후변화 대응 현황과 과제』(국립문화재연구원, 2022) 내 저자의 원고 일부를 수정·보완한 것입니다.

References

- Cultural Heritage Administration. 2017. Master plan for preservation, management, and utilization of cultural heritage (2017~2021). Daejeon, Korea: Cultural Heritage Administration.
- Cultural Heritage Administration. 2022. Master plan for preservation, management, and utilization of cultural heritage (2022~2026). Daejeon, Korea: Cultural Heritage Administration.
- ICOMOS (International Council on Monuments and Sites) CCCHWG (Climate Change and Cultural Heritage Working Group). 2019. The future of our pasts: Engaging cultural heritage in climate action. Paris: ICOMOS.

- Jo SS, Kim J. 2023. A study on the cultural heritage policy to cope with climate change. *J Soc Cult Herit Dis Prev.* 8(1): 29-39 (in Korean with English abstract).
- Kang HW, Son CY, Park JH, Jang SU, Kim JM. 2018. A study on the time-periodic characteristics of changes in typhoon activities and typhoon-induced rainfall over the Korean Peninsula. *J Korean Soc Hazard Mitig.* 18(7): 395-402 (in Korean with English abstract). doi: 10.9798/KOSHAM.2018.18.7.395
- Kim JU, Boo KO, Choi JT, Byun YH. 2018. 100 years of climate change on the Korean Peninsula. Jeju, Korea: NIMS (National Institute of Meteorological Sciences) (in Korean).
- Kim KM, Woo SH, Baek EH, Jeong JH. 2022. Characteristics of and changes in summertime flash droughts in South Korea, 1982~2020. *J Clim Chang Res.* 13(3): 283-298 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2022.13.3.283
- Kim ST, Lee US, Jeong IW, Han JM, Byun YH, Kim JW. 2023. Change in extreme precipitation by watersheds of South Korea under future Shared Socio-Economic Pathway (SSP) scenarios. *J Clim Chang Res.* 14(2): 83-93 (in Korean with English abstract). doi: 10.15531/KSCCR.2023.14.2.083
- Kim YU, Kim BJ, Nam HG, Jong JH, Shim JK. 2019. Climatological spatio-temporal variation of strong wind in Korea. *Atmos. Kor Meteo Soc.* 30(1): 47-57 (in Korean with English abstract). doi: 10.14191/Atmos.20.20.30.1.047
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2020. Korean Climate Change Assessment Report 2020: Scientific Basis of Climate Change. Seoul, Korea: KMA (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration). 2021. 2020 Climate Change Monitoring Comprehensive Analysis Report. Seoul, Korea: KMA (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration) CCCMI (Comprehensive Climate Change Monitoring Information). 2022a. Atmosphere-Precipitation (heavy rainfall days) [accessed 2022 June 2]. http://www.climate.go.kr/home/09_monitoring/meteo/prec_days (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration) CCCMI (Comprehensive Climate Change Monitoring Information). 2022b. Atmosphere-Wind Direction & Wind Speed (Related information) [accessed 2022 June 2]. http://www.climate.go.kr/home/09_monitoring/wdws/ws_typh (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration) CCCMI (Comprehensive Climate Change Monitoring Information). 2022c. Atmosphere-Wind Direction & Wind Speed (Number of days per year by wind speed class) [accessed 2022 June 2]. http://www.climate.go.kr/home/09_monitoring/wdws/ws_sum (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration) National Typhoon Center. 2019. Development of Typhoon Analysis and Prediction Technology. Jeju, Korea: National Typhoon Center (in Korean).
- KMA (Korea Meteorological Administration), NIMS (National Institute of Meteorological Sciences). 2021. Climate Change Analysis Report for the Last 109 Years (1912-2020) in Korea. Seoul, Korea: KMA and NIMS (in Korean).
- KMA Open MET Data Portal. 2022. Climate Data Analysis - Jangma [accessed 2022 June 10]. <https://data.kma.go.kr/climate/rainySeason/selectRainySeasonList.do?pgmNo=120> (in Korean).
- Ministry Concerned. 2022. The Third National Climate Change Adaptation Plan Measures (2021-2025). Sejong, Korea: Ministry Concerned.
- National Disaster and Safety Portal. 2022. Natural Disaster Statistics [accessed 2022 June 10]. <http://www.safekorea.go.kr/idsiSFK/neo/sfk/cs/sfc/tot/toteaiList.jsp?emgPage=Y&menuSeq=111> (in Korean).
- NGII (National Geographic Information Institute). 2020. The National Atlas of Korea II 2020. Suwon, Korea: NGII Ministry of Land, Infrastructure and Transport (in Korean).
- NRICH (National Research Institute of Cultural Heritage).

2007. Development of disaster prediction system for stone cultural properties. Daejeon, Korea: NRICH (in Korean).
NRICH (National Research Institute of Cultural Heritage).
2008. A study on the disaster prevention of architectural cultural heritage. Daejeon, Korea: NRICH (in Korean).
NRICH (National Research Institute of Cultural Heritage).
2020. A study on the climate change and new disaster response for architectural cultural heritage. Daejeon, Korea: NRICH (in Korean).
- Our World in Data. 2022. Global reported natural disasters by type, 1970 to 2021 [accessed 2022 Apr 20]. <http://ourworldindata.org/grapher/natural-disasters-by-type?tab=chart&country=~Flood>.
- Park KB, Park JK, Ji HG. 2004. Analysis of hydrological causes of flood damage in the upper reaches of dams. Proceedings of 2004 the Korean Environmental Sciences Society Fall Conference; 2004; The Korean Environmental Sciences Society. p. 389-383 (in Korean).
- Song YH, Um DY. 2013. A improvement of flood simulation accuracy in upriver according to application of backwater. Proceedings of 2013 Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography Spring Conference; 2013 Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography. p. 279-281 (in Korean with English abstract).
- Wu J, Zha J, Zhoa D, Yang Q. 2018. Changes in terrestrial near-surface wind speed and their possible causes: An overview. *Clim Dyn*. 51: 2039-2078. doi: 10.1007/s00382-017-3997-y