

2025년 추계학술발표대회 : 일반부문

# 건축유산 수리 진단을 위한 생성형 인공지능 RAG 응용 가능성 - 국가유산수리 표준시방서를 중심으로 -

## Potential of Generative AI RAG to Diagnostic Support in Architectural Heritage Repair

- Focusing on the National Standard Repair Specifications for National Heritage Repair-

○이 왕 훈\* 김 영 재\*\*  
Rhee, Wanghoon Kim, Young-Jae

### Abstract

Architectural heritage is a vital asset embodying cultural identity, and systematic repair and diagnosis are essential to prevent damage. However, current heritage repair practices are heavily reliant on field experience, resulting in discrepancies in repair quality. This study explores the potential of generative AI to improve overall repair quality, with a particular focus on applying Retrieval-Augmented Generation (RAG) to the National Standard Specifications for Heritage Repair. The specifications were restructured into an ontology centered on three axes—materials, structures, and procedures—and a RAG pipeline was designed. The proposed system guides generative AI to produce responses grounded in the contents of the specifications when users submit queries. This approach is expected to support decision-making in heritage repair and offers the potential to develop an integrated cultural heritage management system in connection with diverse data sources in the future.

키워드 : 건축유산, 유산 수리, 국가유산수리 표준시방서, 생성형 AI, 검색 증강 생성(RAG)

Keywords : Architectural Heritage, Heritage Repair, National Standard Specifications for Heritage Repair, Generative AI, RAG(Retrieval-Augmented Generation)

### 1. 서론

건축유산(architectural heritage)은 단순히 오래된 건축물이 아니라, 문화적인 정체성을 담고 있는 중요한 국가적 자산이다. 또한 유산(heritage)이라는 개념이 내포하는 공익적인 관점을 고려 했을 때, 건축유산의 가치를 훼손되지 않게 보존하여 후속세대로 물려줄 당위성을 갖는다. 다만 건축유산은 규모 크고 외부에 노출된다는 특성으로 인해, 필연적으로 훼손을 겪게 된다. 따라서 유산 가치 보존을 위해서, 수리에 관한 전문적인 진단과 체계가 필수적이다.

현재까지의 건축유산 수리 현장에서는 주로 현장에서 축적된 경험과 지식이 중요하게 적용되었다. 이런 접근은 각 개별 건축물이나 특정 지역에 특화하여 높은 수리 품질이 제공된다는 장점이 존재한다. 하지만 각 현장별로 판단과 접근 방식이 달라 전체적인 수리 품질의 편차가 존재한다는 단점 또한 존재한다. 또한 국가 정책적인 부분이나 국제적인 지침들이 변화할 때, 현장에서 이를 즉시 반영하기에 어렵다는 문제도 존재한다.

이에 본 연구에서는 이와 같은 현장 중심의 한계를 보완하기 위해, 최근 급속히 발전하는 생성형 AI를 활용하는

가능성을 제시하고자 한다. 특히 유산 수리에 특화된 전문 답변을 생성하기 위해서 검색 증강 생성(Retrieval-Augmented Generation, RAG) 기법을 중심으로 고찰하였으며, 우선 가장 수리현장에서 기본이 되는 국가유산수리 표준시방서를 중심으로 시험 모델을 설계하였다.

### 2. 기술 개요

#### 2.1 생성형 인공지능

생성형 인공지능은 학습된 데이터를 바탕으로 텍스트, 이미지 등을 생성(generate)하는 기술이다. 특히 최근에는 GPT와 같은 대규모 언어모델(LLM, Large Language Model)<sup>1)</sup>이 대중화되어, 질의응답·번역·요약 등 다양한 기능 사용이 가능하게 되었다. 건축을 포함한 다양한 분야에서 이와 같은 기술의 활용을 고민하는 것이 최근 활발하게 되고 있다. 그러나 생성형 AI는 사실과 다른 엉뚱한 내용을 만들어 내는 환각(hallucination)이 발생한다는 단점이 존재한다. 이것은 생성형 AI가 언어를 학습하고 대답을 생성할 때 어휘의 뜻을 이해하여 사용한 것이 아니라 각 어휘를 복호화(decoding)하여 확률적으로 조합·배열하기 때문이다(Mizrahi, 2024). 따라서 이런 기술 한계를 보완할 방안이 고려된다.

\* 한국전통문화대 유산기술학과 건축·조경·도시전공 박사

\*\* 한국전통문화대 유산기술학과 건축·조경·도시전공 교수

(Corresponding author : Department of Heritage Science and Technology Studies, Korea National University of Heritage, kyjandy@knuh.ac.kr)

<sup>1)</sup> 대규모 언어 모델(LLM)은 사람들이 사용하는 한국어, 영어와 같은 일상 언어인 자연어(natural language)를 기반으로 하는 인공지능 모델을 뜻한다.

## 2.2 검색 증강 생성 (RAG)

RAG는 환각을 보완하는 주요 기술 중의 하나로, 이용자의 질의를 별도로 구축한 데이터베이스에서 정보를 검색(retrieval)한 뒤 이를 기반으로 답변을 생성하는 것이다(Yoon, 2024). 이 과정을 통해 생성하는 답변의 정확도를 높이고, 보다 전문적이고 최신의 정보를 반영할 수 있다. 의료·금융·법률 등의 분야에서는 RAG를 활용하는 연구 사례가 등장하고 있으며, 마찬가지로 전문 지식을 요구하는 건축유산 분야에서도 충분히 활용 가능성이 있다.

## 3. 시스템 설계

### 3.1 국가유산수리 표준시방서 데이터 구조화

국가유산수리 표준시방서는 국내 유산 수리 현장에서 사용하는 기본 지침으로, 각 공종별 수리 절차와 기준을 규정한다. 그러나 방대한 분량과 서술식 기술로 인해 필요한 내용을 신속하게 찾아 적용하기 어려운 한계가 있다.

RAG에 사용하는 데이터 구축 방식에는 벡터방식(vector)과 지식그래프(knowledge graph)<sup>2)</sup> 방식이 존재한다. 이 중 지식그래프방식은 정의된 지식구조 관계에 기반하여 맥락적으로 답변에 반영하기에 전문 지식 분야에서 유리한 것으로 판단된다(Park et al, 2024). 따라서, 본 연구에서는 표준시방서를 온톨로지<sup>2)</sup>로 변환하는 방안을 고려하였다. 구체적인 방법으로는, 표준시방서 중 건축 관련 내용을 파악하여, 재료·구조·공정 등으로 구분하여 주요 클래스(class)로 구축하고 세부 사항은 도메인에 기반하여 관계를 정의하였다.

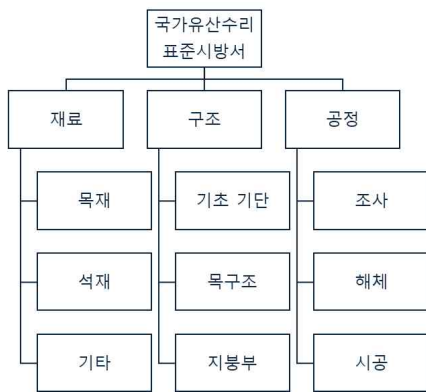


그림1. 국가유산수리 표준시방서 데이터 계층 구조화

### 3.2 RAG 파이프라인 설계

본 연구에서 설계한 RAG기반 수리 진단 시스템 ‘질의-검색-생성-응답’의 4단계로 구성된다. 1) 질의(query)는 사용자가 입력하는 문제나 의문을 의미한다. 2) 검색(retrieval)은 RAG로 구현된 데이터베이스에서 사용자 질의와 관련된 항목을 찾는 것이다. 3) 생성(generation)은 검색된 데이터에 기반하여 생성형 AI가 답변을 만들어 내는 것을 의미한다. 이때 환각을 최소화하기 위해서, 검색 단계에서 확인한 내용에 근거하게 한다. 4) 응답(answer)은 최종적으로 완성된 답변을 사용자에게 주는 것이다.

<sup>2)</sup> 지식그래프(knowledge graph) 방식 혹은 온톨로지(ontology) 방식이라고도 불린다.

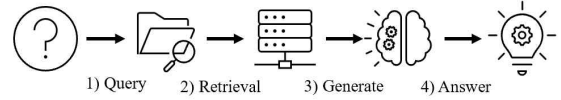


그림2. RAG 파이프라인 설계

예를 들어 사용자가 “기와지붕이 뒤틀렸을 때 어떻게 수리?” 라고 물어보면, 우선 시스템은 질의 내용을 기와/지붕/뒤틀림/수리 등의 키워드로 나누어 검색을 진행한다. 이후 데이터 중에서 재료인 기와와 목부재 등의 연관된 내용을 가져오며, 구조에서는 지붕에 해당하는 서까래·추녀·적심과 관련된 지식이 연결되어 파악된다. 또한 마찬가지로 필요한 공정상의 행위 데이터를 연결하여, 생성형 AI에 필요한 정보가 종합적으로 제공된다. 이후 적용된 정보들을 기반으로 AI가 적합한 대응 방안을 설정된 프롬프트(prompt)에 따라 생성한다. 본 연구에서 설계한 프로토타입은 발표 자리에서 시연할 예정이다.

표1. 답변 생성구조 ( 예시 : 기와지붕 뒤틀림)

|    |                                                                       |
|----|-----------------------------------------------------------------------|
| 질의 | “기와지붕이 뒤틀렸을 때 어떻게 수리?”                                                |
| 검색 | 재료: 기와, 목부재, 석회, 홍두깨 흙 등<br>구조: 추녀, 서까래, 적심 등<br>공정: 사전·해체 조사, 해체, 시공 |
| 생성 | 재료-구조-공정의 지식구조<br>연결에 따라 답변 구성                                        |
| 응답 | 구조화된 지식구조를 기반으로<br>프롬프트에 맞게 설정된 답변을 제공                                |

## 4. 결론 및 기대효과

본 연구는 건축유산의 수리 진단에서 생성형 AI를 활용하는 가능성을 탐색하였다. 특히 국가유산수리 표준시방서를 RAG로 적용하는 시스템을 설계하여, 전문적인 지식 활용을 고찰하였다. 이런 접근은 기존의 현장 중심의 방식을 보완하여, 전반적인 건축유산 수리 품질 향상에 기여될 것으로 기대된다.

또한 제안한 시스템은 지식그래프 기반 구조이기 때문에, 시방서 개정 시 업데이트를 통한 반영이 가능하다. 이외에도 수리 보고서 및 HBIM 데이터 등 다양한 자료들과 연계 확장하여, 통합적인 문화유산 관리 시스템 구축으로 발전할 잠재력을 갖는다. 다만 본 연구는 이론적인 설계와 가능성에 중점을 두었기 때문에, 실제 현장 적용을 위한 검증은 향후 과제로서 요구된다.

## 참고문헌

1. 국가유산청. 국가유산수리 표준시방서. 2025
2. 윤성재. RAG 시스템 구축을 위한 랭체인 실천가이드. 루비페이퍼. 2024. p.54
3. Mizrahi, G. 저, 김진호 역. 프롬프트 엔지니어링의 비밀. 길벗. 2024. p.38
4. Park, Y., Witherell, P., Surovi, N. A., & Cho, H. (2024). Ontology-based Retrieval Augmented Generation (RAG) for GenAI-supported Additive Manufacturing. The 35th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium. NIST.