KJCEM 24. 1. 051~060
January 31, 2023

www.kicem.or.kr (pISSN 2005-6095 / eISSN 2465-9703)
http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2023.24.1.051

온톨로지를 활용한 신한옥 시공기술정보의 체계적 관리 방안

이희우[1] · 문경필[2] · 정영수[3] · 이윤섭[4*]

[1]명지대학교 건축공학과 석사과정 · [2]이촌회계법인 대리 · [3]명지대학교 건축공학과 교수 · [4]명지대학교 건축공학과 연구교수

Ontology-based Information Management for the Systematization of Modernized Hanok Construction Data

Lee, Heewoo[1], Moon, Kyeongpil[2], Jung, Youngsoo[3], Lee, Yunsub[4*]

[1]Grauduate Student, College of Architecture, Myongji University
[2]Assistant Manager, Echon Accounting Corporation
[3]Professor, College of Architecture, Myongji University
[4]Research Professor, College of Architecture, Myongji University

Abstract : This paper aims to propose a method for the systematic management of construction information using ontology. In particular, it was intended to propose a method to systematically manage the construction method information required by designers and constructors. The information used in this paper is a case of test-bed construction resulting from 10 years of modernized Hanok technology development research. The new construction methods of modernized Hanok were organized using the ontology editor, Protege. To this end, the concept of ontology and the process of constructing ontology have been summarized through a review of existing research first. A conceptual diagram for constructing a domain ontology of the modernized Hanok construction methods was then proposed, and the effectiveness of the proposed domain ontology was verified using the SPARQL Query function of Protege. Finally, the defined classes and construction method metadata were published on the web using ontology web language (OWL).

Keywords : Semantic Web, Ontology, Metadata, Construction Method, Modernized Hanok

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 다양한 발주자의 요구 조건을 충족하기 위해 많은 신자재를 활용한 신공법이 개발되고 있으나 통합적인 시공사례의 축적 및 관리는 부족한 실정이다. 더욱이 앞으로의 친환경 건축 및 에너지 저감형 건축의 자리매김을 위해서는 공법 및 자재의 정보가 더욱 가치 있게 관리되어야 한다(Cho & Kim, 2014). 이와 같은 관점에서 최근 친환경 재료인 목자재에 대한 관심과 목조 건축물의 수요가 지속해서 증가하고 있으며, 이 수요를 맞추기 위해 한국형 목구조인 전통 한옥의 현대화 가능성을 모색하기 위한 다양한 재료 및 공법 개발에 대한 여러 시도가 이어지고 있다(Pang et al., 2010). 하지만 아직 소규모의 목구조 시장 구조와 현장의 시공자를 중심으로 하는 제한적 기술 계승이 이루어지는 한옥 건설의 특성으로 인해 새롭게 개발된 시공법의 보급에는 한계를 가진다(Jeon, 2008). 개발 공법들에 대한 체계적 관리와 기술의 보급을 위해서는 우선 설계자 그리고 시공자가 참고할 수 있는 형태의 정보로 정리되어 적정 공법이 선택되기 위한 기본 자료가 제공되어야 한다. 그러나 아직 일반건설에서조차 건축자재의 종류 및 특성 그리고 시공사례 등을 종합적으로 망라한 자재 시스템이 없어 설계자는 건축재료의 선정에 있어 기존 프로젝트의 경험 내에서의 한정적 정보 안에서만 진행하고 있는 것이 현실이다. 따라서 자재 정보 시스템의 검색 및 활용을 지원하기 위해서는 우선 자재 시스템을 지원하기 위한 자재 정보 분류 및 확립된 체계의 제안이 요구된다(Jung & Kim, 2009). 또한 대부분의 건설정보 시스템이 가지는 Stand Alone 형식을 탈피하여, 타 전산 시스템들과 연계성이 떨어

* **Corresponding author:** Lee, Yunsub, College of Architecture, Myongji University, 116 Myongji-ro, Cheoin-gu, Yongin, Gyeonggi-do, 17058, Korea
E-mail: rhee654@nate.com
Received October 8, 2022: **revised** November 24, 2022
accepted January 12, 2023

지는 한계를 극복하기 위한 기술적 정보 체계화가 요구된다(Choi et al., 2004; Kim et al., 2016; Park et al., 2010).

이에 본 고에서는 다관점 연계성을 가진 신공법 및 신자재 정보의 체계적 관리를 위해 온톨로지를 활용한 정보 관리 방안 제안을 목표로 한다. 이를 위해 시공법 등의 정보 관리 및 검색을 위한 도메인 온톨로지를 제안한다. 또한 구체적인 사례 정보를 통한 온톨로지 구축을 위해 2010년부터 2021년까지 진행된 "신한옥 기술개발" 연구과제를 통해 개발된 159개의 공법을 대상으로 하였다. 본 고에서는 "온톨로지를 활용한 체계적 시공법 및 자재 정보 관리 방안 제안"을 위해 2장: 온톨로지의 기본 개념 정리, 3장: 도메인 온톨로지의 정의, 4장: 한옥 시공법 도메인 온톨로지 구축을 위한 클래스와 시공법 메타데이터의 정의, 5장: Protege를 통한 온톨로지 구현 및 OWL 발행을 순서로 연구 진행하였다.

2. 온톨로지 기반의 시공기술 체계화 방안

건설사업의 성공적 관리를 위해서는 기획 및 설계 단계의 중요성은 수없이 많은 연구자를 통해 강조돼왔다. 또한 건설사업에서 기획 및 설계 단계에서 많은 양의 정보가 생성되며 또한 축적된 DB 자료가 활용된다(Shin et al., 2008). 그 예로는 기획 단계에서의 적정공사비의 예측, 공기의 예측 및 공법에 대한 사례 검토 등이 있으며, 설계가 상세해져 갈수록 자재, 설비 및 공법의 선정은 건설산업에 중요한 요소로 고려되게 된다. 일반적으로 자재는 설계자에 의해 결정되며, 개별공법에 대한 선정은 현장 소장이나 공사경험자의 직관에 의하여 선정되는 경우가 많았으며 이러한 과정에서 정확한 현장 판단의 기준이 마련되지 않은 관계로 잘못된 공법선정이 이루어진 경우 공사 기간의 연장 및 공사비용의 증가를 초래하여 공사 전반에 많은 영향을 미치게 된다(Yang & Yoon, 2002).

Table 1. Status of Hanok construction data management

Prior research	Problem & improvement plan
Jeon, 2008	Necessary to strengthen the material procurement information network centered on the construction DB
Jeon, 2009	All information related to Hanok is disseminated in a very limited manner, and essential information for modernized Hanok such as specifications, cost, laws, insulation, and equipment is lacking
Jeon & Kim, 2011	Lack of information for design (only detailed drawings for a small number of Hanok buildings)
Yun, 2011	Very few studies on the construction method, and lack of schedule information for each construction method
Kim et al., 2012	Although the number of cases of building Hanok DB is increasing, the information is managed in a distributed manner and it is difficult to use it, so a systematic management plan for Hanok construction technology is required.

공법과 관련된 체계화된 정보로는 국가에서 관리 및 발간하는 시방서가 가장 대표적이다. 국내에서는 2016년 건설기준 코드체계로 전환 및 국가건설기준 코드로서 설계기준(KDS)과 표준시방서(KCS)를 제공하고 있으며, 표준시방서를 기본으로 전문시방서와 공사시방서 작성에 활용되고 있다. 하지만 정부의 노력에도 불구하고 국가 표준시방서는 소규모 건축물 시장의 사업자, 작업자의 활용성은 매우 낮다. 현장에서는 건축허가를 받은 최소한의 도면으로 시공이 진행되고 있으며, 소규모 현장에서 시방서 활용성을 높이기 위해서는 시각화된 시공 가이드라인 개발이 강조되고 있다(Moon et al., 2017; PHIKO, 2019; Lee et al., 2021).

특히 한옥의 경우 최근 높은 공사비 및 성능개선을 위한 다양한 공법의 개발 및 연구가 진행되어 왔으나 개발된 신공법의 보급 확산은 더딘 상황이다. 보급확산의 어려움의 원인으로 다음의 3가지 원인을 제시하고 있다. 첫째 지금까지의 한국 전통 목조 건축의 구축은 설계자 중심이 아닌 시공기술자 중심으로 진행되어 왔다는 점이다. 한옥은 장인 목수에 의하여 도면 없이 짓는 집으로 알려져 있으며, 이로 인해 설계보다는 시공이 강조되는 건축분야로 이야기되어왔다(Lee at el., 2013; Shin et al., 2016). 따라서 설계자가 시공단계에 제안된 신재료와 구법/공법에 대한 자료 습득 경로가 부족한 실정이다. 둘째, 한옥은 소규모 공사로 개발 기술을 체계적 포괄적으로 정리 및 구축할 수 있는 주체의 부재이다. 특히 '한옥의 설계는 현재 소수의 전문가에 의해서만 행해지고 있으며, 전통 한옥이 가지는 용어로 인한 접근의 어려움 등의 문제점도 가지고 있어 대다수의 비전문가 입장에서는 한옥 설계에 대한 접근성이 현저히 낮다'(Kim at el.. 2020). 또한 아직 '현대건축을 전공하여 전통 목구조 건축에 대한 지식이 없는 설계자가 한옥을 설계하고자 할 때, 즉각적인 도움을 제공하는 연구가 미흡한 상황이다'(Ma, 2013). 〈Table 1〉은 한옥의 시공기술 보급의 문제개선을 위한 기존 연구로서 체계화된 한옥 시공기술 분류체계의 부재, 통합된 DB의 필요성을 강조하고 있다. 따라서 한옥 공사의 품질을 향상하고 개선된 시공법을 보급 확산하기 위해서는 한옥 기술 정보를 체계화하기 위한 터미널로지(Terminology) 정의, 분산되어있는 정보의 시맨틱(semantic) 정리를 통한 통합 DB 구축이 요구되며, 한옥이 가지는 용어의 특수성과 현대건축의 용어의 시소러스 적(Thesaurus) 관리를 통해 실무자들이 쉽게 정보를 검색할 수 있는 관리 방안이 필요하다.

물론 현재에도 웹을 기반으로 한 다양한 건설정보 사이트가 운영되고 있으며, 각각의 건설사업별로 필요한 자재 정보를 얻기 위해 자재생산 업체 또는 조달청, 대한주택공사, 건축자재협회 등의 인터넷 자재정보 웹사이트를 통하여 정보를 획득하고 있다(Han & Ju, 2009). 그러나 자재업체나 웹사

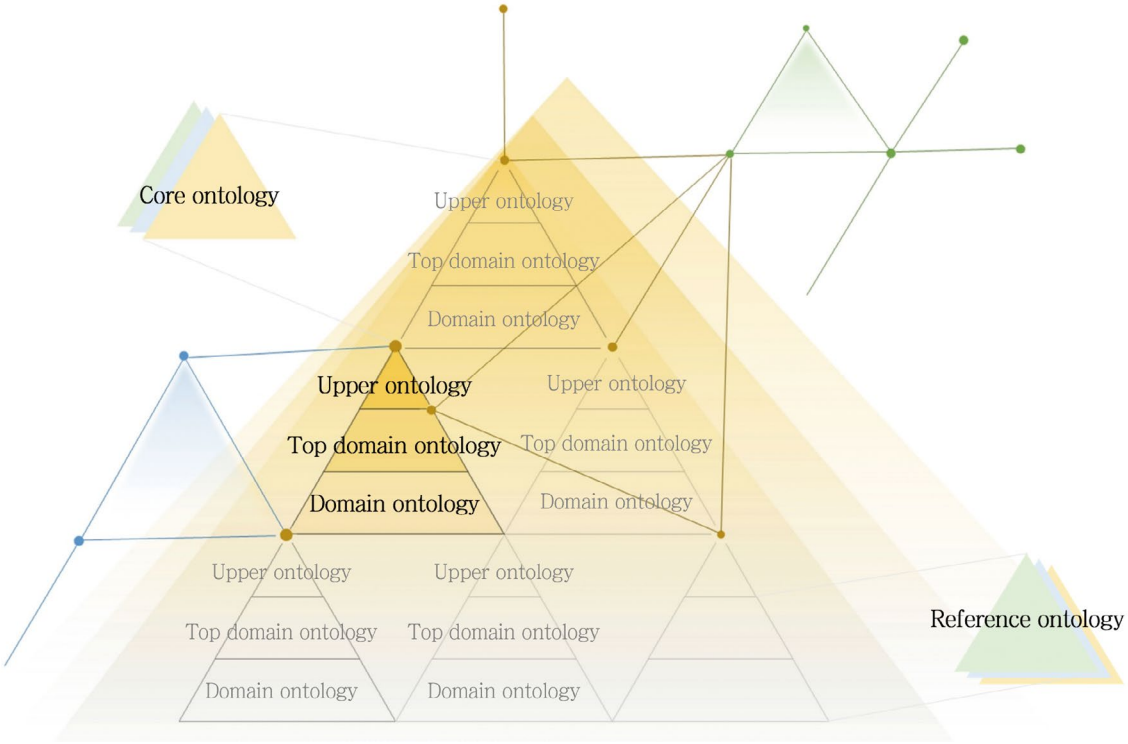

Fig. 1. Concept of ontology hierarchy

이트의 정보는 대부분 물성, 친환경 등급 등과 같은 일반정보의 제공에 치중되어 있다. 따라서 설계자가 적정한 대안을 선정하기 위해서는 시공성, 하자 사례와 같은 지식정보를 획득하기 위하여 더 큰 노력과 시간을 소요하게 된다. 또한 기존 구축된 데이터베이스의 경우 요구사항(검색 및 정보 활용의 목적)에 따라 데이터의 스키마를 재정리해야 하는 문제를 가지고 있다. 또한 다양한 관점을 고려하여 정리된 데이터베이스 모델의 경우에도 스키마가 사물의 의미를 기술하는 표현에서 공리가 부족하기 때문에 시스템 내에서 추론에 의한 정보의 습득이 어렵다. 따라서 기존 건설 정보 또한 온톨로지의 그래프 구조 및 트리플 구조를 통한 정보의 관리 방안이 고려되어야 한다(Martinez-Cruz et al., 2012).

2.1 온톨로지

여러 산업에서 4차 산업혁명의 초연결, 초지능화라는 특징으로 다양한 분야의 기술이 융합되면서 정보들을 연계하고 분석하여 새로운 가치를 만들어 내기 위한 노력이 더욱 강조되고 있다. 건설산업에서도 오래전부터 기업별 업무기능에 따라 전산시스템을 구축하여 활용하고 있으나, 대부분의 시스템은 독립된 형식을 가지고 있어 타 전산시스템과의 연계성이 떨어지는 한계를 가지고 있다. 또한 발주자의 요구사항의 변화에 따른 건설산업의 사업모델이 다양해지고 있으며, 이를 반영하기 위한 조직 내 전산시스템을 변화된 사업모델에 맞춰 재구축하거나 대대적인 시스템 개편 등에 큰 노력이 반복적으로 발생하고 있다. 더욱이 최근 사업관리 관점이 운영・유지관리까지 확대되었지만, 단계별 생성된 건설정보가 운영단계에서 활용되기에는 상호운용성이 부족한 실정이다(Lee & Jung, 2016). 또한 이 과정에서 축적된 방대한 양의 정보가 모두 새로운 시스템에 반영되지 못하는 정보 누락, 필요 시점에서의 정보 검색의 어려움 등의 문제를 야기하고 있다(Ok & Kim, 2015). 특히 건설산업이 가지는 작업환경, 발주방식, 참여자 등이 매번 다른 비정형적인 특징으로 인해 공유와 재사용에 더욱 어려움을 가진다. 따라서 이를 해결하기 위해 통합적인 정보 관리 방안이 강조된다. 이 같은 복잡한 정보의 특성은 대상물이 긴 수명을 가지는 산업에서 더욱 강조된다. 그 예로 CFIHOS는 ISO 15926 국제표준을 기반으로 오일 및 가스설비를 포함한 프로세스 플랜트에서 전 생애주기에 걸쳐 공통으로 사용하는 참조 데이터 라이브러리를 구축하고 있다. 참조 데이터 라이브러리는 관리대상물을 중심으로 정보를 오픈하고 공유하는 방식으로, 이처럼 오픈 데이터를 발행하여 공유하는 흐름은 전 세계적인 추세이다(Ha et al., 2017). 이에 기반이 되는 기술은 기계가 데이터의 의미를 이해할 수 있도록 하는 시맨틱 웹으로, 구현을 위해서는 온톨로지 기술을 필요로 한다

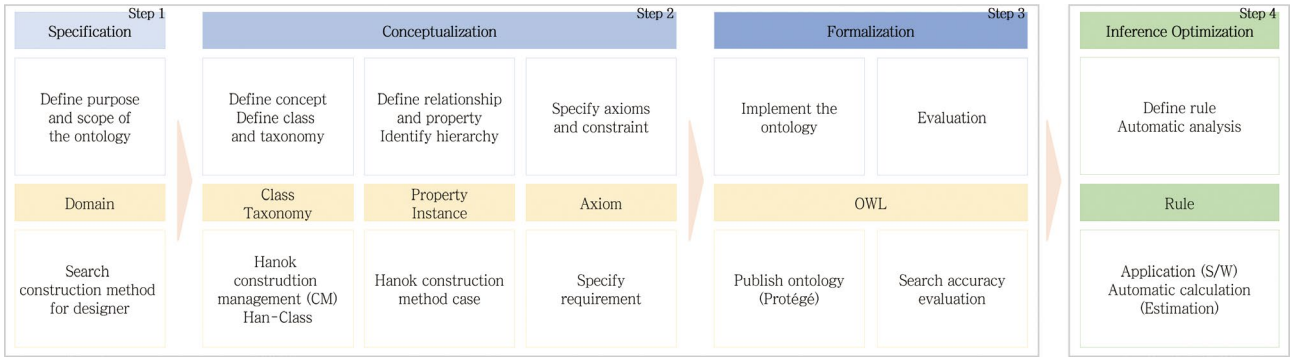

Fig. 2. Process of building ontology

(Berners-Lee et al., 2001). 기존 정보시스템은 단순 자료축적을 통한 정보제공이 대부분이며, 정보를 체계적으로 축적하거나 효과적으로 활용하지 못하고 있다. 그 이유는 HTML 형태의 문서들로 구성된 웹이 사용자에게 정보를 주는 역할을 하지만 컴퓨터가 정보의 의미를 이해하지 못해 사용자가 정보를 처리해야 하기 때문이다. 또한 구조화된 XML 방식의 경우에도 1:1 또는 1:n 구조로 정보를 연계하여 처리하고 있을 뿐 n:n, 즉, 다대다 관점으로의 정보 정리에는 한계를 가진다. 따라서 다관점에서의 정보의 제공 및 검색은 어려운 실정이다(Choi, 2003). 하지만 온톨로지는 문서의 내용과 의미 관계를 표현하는 것이 가능하며 이를 바탕으로 시맨틱 웹에서 공유, 재사용, 의미추론을 가능하게 한다. 온톨로지로 데이터를 표현하면 기존 2차원에서 레코드와 테이블 중심으로 구성되어 분류체계 안에 한정되었던 정보들이 그래프 구조로 관점에 따라 관계가 달라지고 여러 속성을 포함하는 것이 가능해진다.

온톨로지는 시맨틱 웹을 구현하는 기술로 정보를 자동으로 처리하기 위해 표준화된 언어로 정보를 표현하고, 사용된 다양한 정보의 개념들에 대한 의미를 명확하게 정의한다. 온톨로지의 정의는 철학에서 나온 개념으로 '존재론'이라 하며, IT분야에서는 '공유하는 개념화의 형식적이고 명확한 명세'(Gruber, 1993)라는 개념으로 사용되고 있다.

웹 표준화 기관 W3C에서는 온톨로지를 컴퓨터 언어로 구현하는 OWL 표준안을 제시하였다. 국내에서는 공공데이터법(공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 대한 법률)에 따라 공공기관이 보유하고 있는 정보를 활용할 수 있도록 온톨로지 기반의 LOD (Linked Open Data) 형태로 발행하여 제공하고 있다. 그 사례로는 국립중앙도서관의 국가서지 LOD를 통해 도서 및 문서가 가지는 정보를 체계화 관리하고 있다. 또한 외교부 LOD의 경우 국제적인 사건 정보를 구조화하여 관리하고 있다. LOD 발행 서비스는 브라우저를 통해 메타데이터를 확인할 수 있으며 RDF/XML과 같은 기계 가독성(machine readable) 데이터 형식으로 다운받아 다른 정보들과 자유롭게 연계하여 활용할 수 있도록 되어있다.

온톨로지는 어떤 레벨에서 정의하고 도식화하였는가에 따라 그 복잡성이 매우 다르다. 일반적으로 사용되고 있는 온톨로지의 용어로는 상위 온톨로지, 도메인 온톨로지, 코어 온톨로지, 참조 온톨로지 등이 있으며, 모든 온톨로지 구축과정에 있어서는 동일한 프로세스로 진행된다. 모든 온톨로지는 각각의 영역과 범위를 표현하고 있는 용어로서 〈Fig. 1〉과 같은 온톨로지 관계를 맺고 있다. 온톨로지는 지시할 수 있는, 또는 존재하는 지시체에 대한 정의라 볼 수 있다. 따라서 전체의 관계를 단순하게 열거하여 정의하기는 매우 어려우며 각각에 목적을 반영한 도메인 온톨로지를 발행하고 이를 상위로부터 탑다운으로의 접근과 하위로부터의 바텀업 방식이 병행되어 전체 온톨로지를 구축하는 것이 바람직하다.

도메인 온톨로지의 경우 구축되는 온톨로지의 범위를 밝히는 것으로 그 목적과 범위가 명확하여야 한다. 또한 상위 온톨로지의 경우 각각의 도메인 온톨로지 내에 형성되는 참조 온톨로지가 미리 마련된 잘 정비된 온톨로지 모델링 프레임워크 또는 방법론에 따라 작성되게 함으로써 온톨로지 내 대상들이 어떻게 분류되고 구조화되어야 하는지 미리 알려주는 지식 모델링이라 할 수 있다. 따라서 잘 정리된 상위 온톨로지는 온톨로지 작성 시 표현방식이 일관되고 명확하게 제공하여 도메인 온톨로지들이 균질해지고, 매핑의 단순화를 유도할 수 있다(Mascardi et al., 2007; Batres et al., 2007). 코어 온톨로지는 고유한 도메인에서 발생하는 데이터를 매핑하고 통합할 수 있는 확장 가능한 모델이다(Doerr at el., 2003). 따라서 코어 온톨로지는 국가, 위치, 시간 등의 모든 분야에 넓게 활용되는 온톨로지이다. 참조 온톨로지는 일반적으로 기본 개념과 이들의 계층구조, 그리고 개념 간의 관계 등을 제공하고, 여러 도메인에서 재사용되도록 설계되었다(Cho at el., 2005; Usman et al., 2013) 참조 온톨로지의 가장 잘 알려진 예로는 ISO 15926의 오일 & 가스 산업의 자재 참조 온톨로지이다.

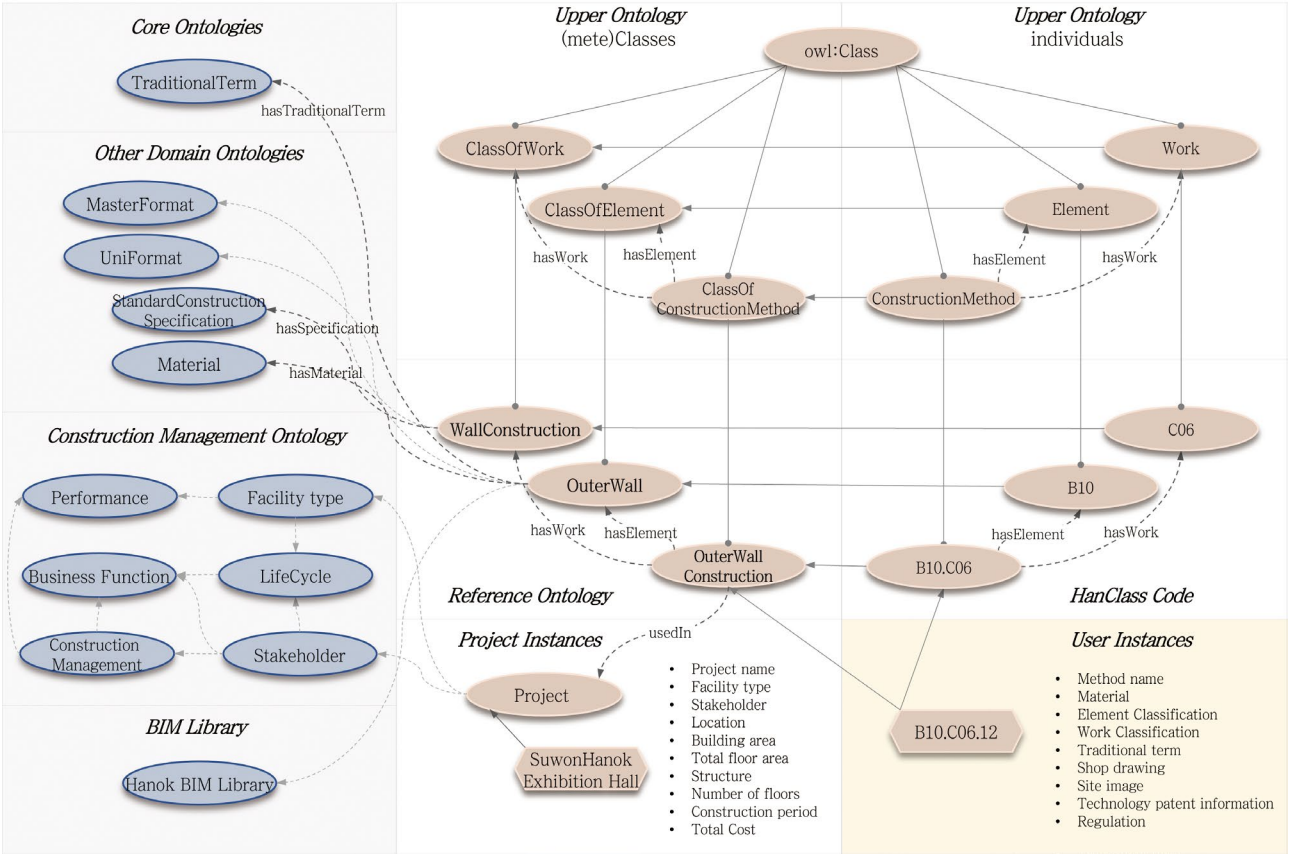

Fig. 3. Concept of Hanok construction data ontology

2.2 온톨로지의 구축

〈Fig. 2〉는 온톨로지 구축을 위한 개념적인 순서를 나타낸다. 본고에서는 기존 온톨로지 연구 논문들을 토대로 크게 Specification, Conceptualization, Formalization의 세 단계로 이를 정의하였다(Kim at el., 2004; Pinto & Martins, 2004).

Step ① Specification 단계는 '온톨로지를 사용하려는 의도는 무엇인지, 온톨로지를 누가 사용하는지, 온톨로지의 영역과 포함하는 범위는 어디인지'와 같은 질문을 통해 온톨로지의 목적과 범위를 정의하는 단계이다.

Step ② Conceptualization에서는 온톨로지의 구성요소인 클래스, 속성, 관계, 공리를 정의한다. 온톨로지 내 표현될 지식 영역에 포함되는 일반적인 명사형의 용어들을 수집하고 용어 중에서 의미가 유사하거나 같은 용어들을 동의어로 정의한다. 이런 동의어와 용어들을 그룹화하여 클래스 형태로 표현한다. 각각의 클래스는 Taxonomy와 같은 계층적인 구조를 포함할 수 있으며. 고유한 특성을 속성으로 정의할 수 있다. 또한 다른 클래스와의 관계와 속성의 관계를 정의하기 위해 공리를 포함한다.

Step ③ 구축한 온톨로지를 Protege와 같은 도구를 사용해 모델링하여 OWL 형태의 구조화된 데이터로 표현한다. 온톨로지의 개념과 관계들이 결함이 있는지 확인해 일관성을 확보한다. 또한 SPARQL 쿼리로 요구사항에 답변할 수 있는지 확인하는 검증단계를 가진다. 이렇게 구축된 온톨로지는 Step ④ Inference Optimization의 단계를 거쳐 AI가 추론하는 단계의 기계적 연산을 가능하게 한다.

3. 신한옥 건설정보의 도메인 정의

본 고의 2장을 통해 정리한 것과 같이 온톨로지를 활용한 건설정보의 구조화는 단발적인 연구를 통해 완벽한 온톨로지를 완성할 수는 없다. 하지만 각각의 건설산업 업무기능별 목적을 정의한 도메인 온톨로지를 구축하고 용어를 정의하여 발행하는 과정과 각 도메인 온톨로지 간의 연계를 통해 최종적인 시맨틱 웹 구현이 가능하다. 이와 같은 온톨로지의 개념에 따라 본 장에서는 제안하는 온톨로지의 범위를 설계자와 시공자가 참고할 수 있는 신한옥 시공법 온톨로지로 한다.

최근의 한옥 건설의 경우는 공공성을 띠는 공사로 사업이 다양하게 진행되고 있어 국가연구소 또는 공공을 대상으로 하는 연구기관을 통해 기술 정보가 관리될 필요성이 있다. 정부의 연구과제로 진행된 다양한 연구의 결과물은 공

공성을 가지고 보급 확산함으로 더욱 많은 민간공사에 가치 있게 참고가 되고 활용될 필요성이 있다. 따라서 개발 기술들의 접근성, 검색의 용이성 등을 반영한 정보의 구축체계가 요구된다.

3.1 한옥설계자의 검색 정보

본 고에서는 1장의 연구 범위에서 밝힌 바와 같이 설계자와 시공자가 활용할 수 있는 시공법 정보자료의 온톨로지 구축을 목적으로 하고 있다. 또한 이의 기본구조를 2010년부터 10년간 진행되어온 "신한옥 기술개발"연구과제의 신공법의 실사례를 통해 구현하고자 한다.

3.2 신한옥시공정보 도메인 온톨로지

본 고를 통해 제안하고자 하는 한옥 시공 정보 도메인 온톨로지의 기본 개념도를 〈Fig. 3〉을 통해 도식화하였다.

〈Fig. 3〉과 같이 본 온톨로지는 크게 한옥 시공 부분을 정의하는 상위 온톨로지(Upper Ontology) 부분과 이를 활용하여 각각의 공법을 지시해주는 참조 온톨로지(Reference Ontology) 부분으로 도메인 온톨로지(Domain ontology)가 형성된다. 따라서 모든 공법은 상위 온톨로지에서 정의하는 공종분류 및 부위분류와의 관계를 맺게 되며 이는 각각의 공법을 중공종 및 상세부위(예시: 기둥, 보, 도리)로 검색될 수 있도록 해준다. 정리된 상위 온톨로지의 공종분류와 부위분류는 국제표준 또는 사실상 표준으로 활용되고 있는 'Masterformat', 'Uniformat' 그리고 국토해양부 공고인 '건설정보분류체계'와 연계했다. 따라서 추후 다양한 표준과 연계하여 활용할 수 있다. 또한 참조 온톨로지의 공법 클래스는 기존 실 구축 사례 정보(Project instances)와 관계를 가진다. 각각의 사례는 다시 Construction Management Ontology와 관계를 연계하여 추후 다양한 건설 사업관리의 업무기능 및 사업 생애주기 등과 연계 활용될 수 있도록 구조화하였다. 본 제안 온톨로지의 최하위에는 공법에 활용되는 자재 정보, 시공사진, 상세도면 등과 같이 상세한 정보와 연결되는 User Instances 부분과 연계되어 있다.

본 온톨로지에서는 현대건축용어와 전통건축용어 간의 관계를 설명하기 위해 전통용어 사전을 코어 온톨로지로 연계하였다는 점이 특징이다. 발행된 모든 클래스는 individuals로 각각의 개별이 기계적으로 인지되도록 코드화되었다.

4. 신한옥 시공 온톨로지의 구축

신한옥 시공기술 온톨로지 개념도에 따라 온톨로지 편집기 소프트웨어인 Protege를 활용해 신한옥 시공법 OWL을 구현했다. 온톨로지를 구현하기 위해 클래스와 시공법 정보의 메타정보를 정의하였으며, 검색조건을 변경하며 시공법이 목적에 맞게 검색되는지 확인하였다. 검색 결과로 제안된 온톨로지가 잘 작동되는지 검증하였다.

4.1 신한옥 시공 온톨로지 클래스

온톨로지 구축을 위해서는 주어 목적어 술어로 연결되는 RDF 구조를 기본으로 한다. 설명하고자 하는 주체를 주어로 두어 주체가 되는 주어부의 클래스와 설명되는 목적어 격의 클래스의 관계를 술어부의 Relation으로 연결한다.

RDF (Resource Description Framework)는 웹상의 자원을 표현하기 위한 프레임워크이다. 응용 범위가 넓고 다수의 이해 관계자가 존재하는 대상을 표준화하기 위해서는 좀 더 체계적인 방법의 통합 접근이 마련되어야 한다. 이러한 개념을 토대로 여러 이해 관계자의 공통된 요구사항을 반영한 표준화된 참조 모델(Reference Model)을 정의가 요구된다. 본 연구에서는 이를 체계적으로 구조화하기 위하여 〈Table 2〉와 같이 공종 항목을 포함하여 총 16개의 Class와 총 1,727개의 Entity를 정의하였다. 또한 상위 온톨로지를 통해 정리된 159개의 시공법을 정리하였다. 159개의 시공법은 10년 동안 한옥의 성능개선 및 공사비 절감을 위해 개발되어 10개의 실제 현장에 적용된 공법 정보를 기준으로 정리되었다. 신한옥 사례공법은 공종별 구분으로 단열/방수 구법이 65개로 가장 높았으며 마감공사 30개, 창호 22개, 목공사부에 17개의 공법이 정리되었다. 이를 부위별로 구분하면 하면 건축 단열/방수 부에 65개의 구법, 벽체 마감부에 26개, 목구조부 10개 지붕가구부에 7개 공법으로 개발 공법 중 높은 비중을 차지했다.

Table 2. Class of Hanok construction method ontology

Class	Number of entity
Class Of Facility	168
Class Of Work	52
Class Of Element	159
Class Of Life Cycle	6
Class Of Locater	6
Class Of Crew	39
Class Of Method Steel	9
Class Of Construction Method	159
Class Of Traditional Term	105
Class Of Standard Specification	2
Class Of Management	66
Class Of Business Function	14
Class Of CBS	275
Class Of GBS	435
Class Of MBS	170
Class Of WBS	62

Table 3. Metadata of construction method

Metadata	Data property
Construction method ID	ID
Construction method type	ID
Work section	ID
Element	ID
Traditional term	URL
Standard specification	URL
Material	ID
Detail drawing	URL
Assembly drawing	URL
Site image	URL
Use case	ID
Patent code	ID
Construction note	Text

개발된 공법은 본 연구에서 정의한 도메인의 정의에 따라 기본 설계단계에서 설계자가 공법 및 자재 등을 함께 검토하기 위해 온톨로지를 활용해 구조화하였다. 〈Table 3〉은 공법 159개가 가지는 공법별 기준 메타데이터를 정리한 표이다. 공종별 공법 선정을 위해 공종분류의 기준을 마련하도록 하였으며, 한옥의 경우 일반건축과 달리 부위별로 공법의 적용성이 반영되는 특징이 있어 부위별로 각 재료의 구성을 반영하여 참고할 수 있도록 하였다. 또한 검색된 시공법의 자료는 도면, 현장 사진, 특허 및 표준시방서도 함께 반영하였다.

다만 본 연구가 진행되는 단계에서는 아직 국가 표준으로 발행된 건축법규 및 시방서에 대한 온톨로지 및 자재 분류에 대한 온톨로지가 발행되어 있지 않아 유기적인 연계는 불가능한 상태이다. 하지만 앞으로 건축의 각 분야 및 국가 및 공공 분야에서 법규 및 자재 구분에 대한 명확한 참조 온톨로지가 발행될 것으로 기대된다. 또한 이같이 국가 표준을 온톨로지로 구축하는 작업의 필요성은 시설물, 공간, 부위, 공종, 자원 등의 5개의 분류개념으로 구분되어 정의된 '건설정보분류체계'의 온톨로지화 연구를 통해 제안된 바 있으나 (Kim at el., 2004) 아직 공공적으로 발행되어 활발하게 활용되지는 못하고 있다. 하지만 앞으로 국가 또는 산업 단위에

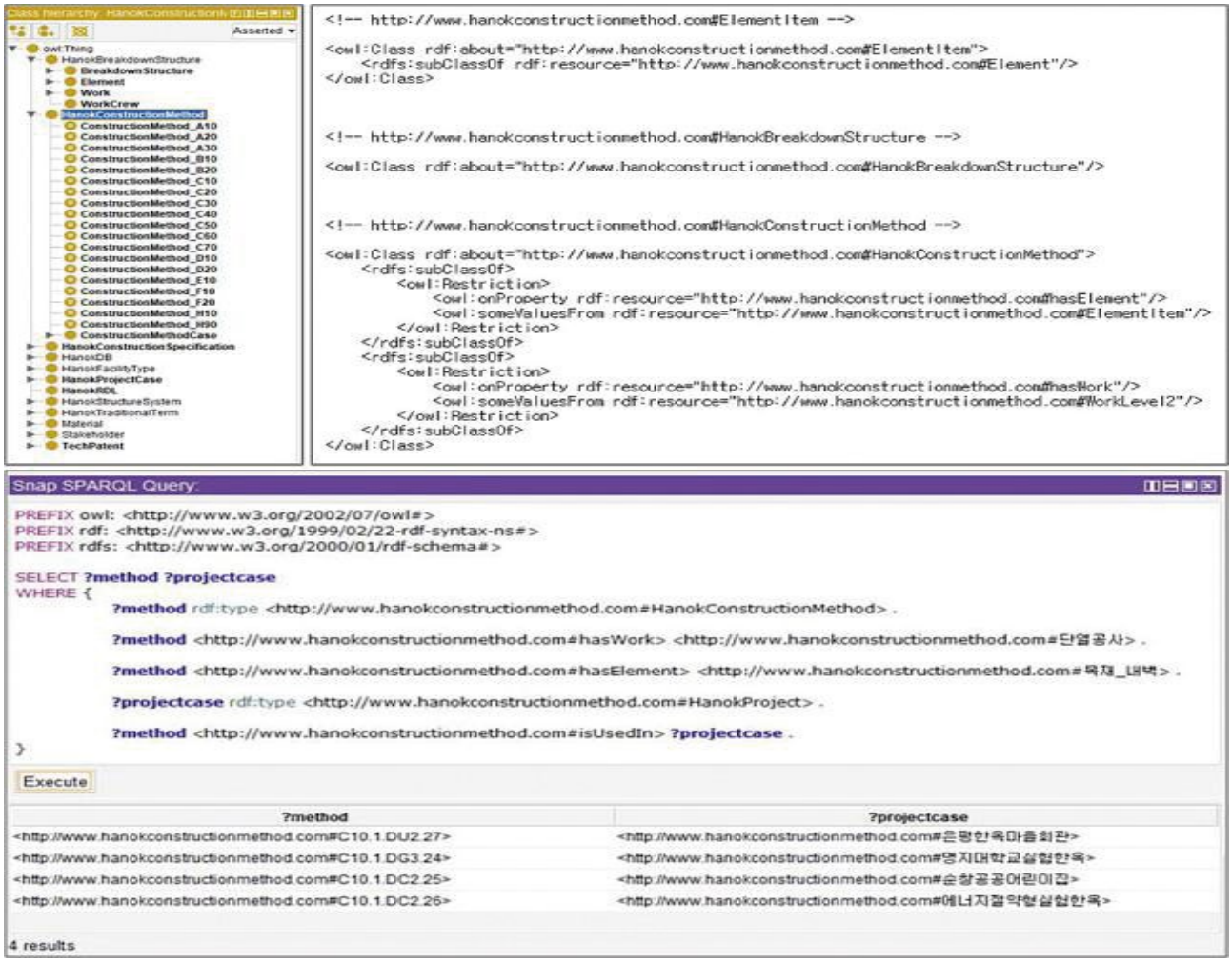

Fig. 4. Hanok construction data ontology using Protege

서 상위의 참조 온톨로지가 발행된다면, 본 연구와 같이 각각의 목적으로 발행되는 건설 도메인 온톨로지들이 더욱 유기적으로 연계되어 지능화된 추론을 가능하게 할 것이다.

4.2 신한옥 시공 온톨로지 발행

〈Fig. 4〉는 Protege를 통해 구축한 신한옥 시공 온톨로지의 일부 예시이다. Protege로 표현한 각각의 클래스가 정의되었으며, 검색의 검증을 위해 Protege의 SPARQL Query기능을 활용하였다. 공법 사례 항목이 도출되는 과정은 〈Fig. 4〉과 같다. 전체 공법사례 중 벽체 공법사례 인스턴스로 검토한 화면이다. 이 단계를 거쳐 제안하고자 하는 온톨로지를 통해 적절한 공법이 검색되는지 검증하였다.

예시 쿼리의 'SELECT'는 변수의 이름이 위치하고 사용자의 조건에 맞는 결과를 찾는 용도로 사용한다. 'WHERE'에는 공법을 찾기 위한 조건들이 설정된다. 변수로 '?method'와 '?projectcase'를 설정해 검색 결과에 '공법'과 '한옥사례'가 나오도록 했다. 조건을 보면 1) 공법사례는 모두 'ConstructionMethod' 클래스에 속한다. 2) 공법사례는 '단열공사'와 'hasWork'관계를 맺는다. 3) 공법사례는 '목재 내벽'과 'hasElement'관계를 맺는다. 4) 한옥사례는 HanokProject 클래스에 속한다. 5) 공법사례는 한옥사례와 'isUsedIn'관계에 있다. 먼저 조건 1, 2번을 적용해 검색하면 벽체공법 40개 중 '단열공사'를 공종으로 가지는 28개의 공법이 검색된다. 그리고 3번 조건을 추가하여 '목재 내벽'을 포함하는 공법을 검색하면 최종적으로 공법사례 4개가 도출된다. 조건 4, 5번은 도출된 공법이 사용된 한옥사례를 결과로 보여준다.

즉, 사용자가 공법에 대한 정확한 정보가 없어도 공법에 포함된 공종과 부위로 검색하여, 벽체 공법 중 목재 내벽과 단열공사와 관련된 4개의 공법을 검색할 수 있게 된다. 또한 코어 온톨로지로 전통한옥 용어사전을 연계하여 "평주", "고주"등의 검색어로도 기둥부와 관련된 시공 자료를 검색할 수 있도록 하였다. 따라서 반대로 현대건축에서 이야기하는 수평 "보"를 기준으로 검색하여도 "맞보", "대들보", "장여", "화반" 등의 전통 용어가 함께 검색 가능한 것이 본 온톨로지의 가장 큰 특징 중 하나이다. 이를 통해 현대 건축 기술자와 전통 건축 기술자의 의사소통 문제를 해결하고자 하였다. 검색된 공법들은 각각이 가지는 URI를 통해 공법과 관련있는 프로젝트 사례부터 재료까지 연계된 정보를 확인할 수 있다. 더 나아가 계속된 온톨로지 발행 작업으로 더욱 진보된 시맨틱 웹 환경을 구축할 수 있다. 본 고에서는 다루지 않고 있으나, 추후 자재에 대한 명확한 클래스를 정의하고 공법 클래스와 관계를 맺어주면 자재를 중심으로 공법의 검색이 가능하게 된다. 또한 규정이나 연산식을 규칙화하여 사람 대신 컴퓨터가 이를 자동으로 처리하는 온톨로지 추론을 통해 공법별 공사비 개략 견적 또한 가능하다.

본 고에서 제안한 신한옥 시공 온톨로지는 홈페이지(https://www.hanbrowser.cicms.org/)를 통해 OWL로 발행하였으며 기본 클래스인 부위 분류의 개별 객체는 BIM 라이브러리로도 함께 발행하여 추후 BIM을 통한 자동 공사비 추론 및 공법 검색 프로그램으로 활용하기 위한 기초적인 정보 연계도 함께 진행되었다. 본 고를 작성하는 시점에서는 건설의 전 범위로 활용할 수 있는 온톨로지 구조가 모두 충족되지 않은 상태여서 OWL 형식이 아닌 시공법 별로 시공사진 등을 함께 고려할 수 있도록 HTML을 활용한 화면구성도 병행하였다(Kim at el.. 2021). 이와 함께 OWL도 함께 발행하여 추후 타 온톨로지 체계와도 함께 연계될 수 있도록 하였다.

5. 결론

본 연구는 온톨로지를 활용한 건설정보의 체계화 관리 방안 제안을 연구의 목적으로 하였다. 특히 한옥 건설의 설계자와 시공자가 필요한 신공법 정보를 체계적으로 관리 할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다. 이를 위해 실 구축된 사례로 10년 동안 진행된 신한옥 기술개발의 성과물을 대상으로 하였으며, 신한옥의 신공법을 Protege 소프트웨어를 활용해 정리하였다. 이를 위해 온톨로지의 개념 및 온톨로지 구축 프로세스를 기존 연구 고찰을 통해 정리하였으며, 신한옥 시공법 도메인 온톨로지 구축을 위한 온톨로지 개념도를 제안하였으며, Protege의 SPARQL Query기능을 활용해 제안된 온톨로지의 실효성 여부를 검증하였다. 또한 신한옥 시공법 도메인 온톨로지 구축을 통해 정리된 클래스와 시공법 메타데이터는 OWL을 통해 웹 발행하였다.

본 고에서 몇 차례 설명한 것과 같이 단발적인 목적을 가진 온톨로지 구축만으로는 온톨로지 기술의 본연적인 목표인 기계와 기계 간의 자동적 정보 전달 및 자동 추론을 실현할 수는 없다. 그런 점에서 본 연구에서 제안한 시공법 도메인 온톨로지는 한계를 가진다. 따라서 건설산업에서 통합적인 정보 교환을 실현하기 위해서는 코어 온톨로지로 활용할 수 있는 범용적인 목적의 온톨로지들의 발행이 선행되어야 하며, 건설업에서 정확한 관리 대상이 되는 참조 온톨로지 등이 건설 참여자들을 중심으로 함께 논의되고 발행되어야 한다. 또한 본 연구와 같이 건설산업의 요구 조건을 기반으로 한 다양한 도메인 온톨로지가 연구되고 진행된다면, 추후 다양한 도메인 간의 관계 연계 및 건설산업의 자동 추론이 가능할 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2022년 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 '이공분야 기초연구사업(NRF- 2021R1A2C10 06997)' 및 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 '이공분야 기초연구사업(NRF- 2021R1I1A1A01055223)'의 일환으로 수행된 연구의 일부임.

References

Batres, R., West, M., Leal, D., Price, D., Masaki, K., Shimada, Y., Fuchino, T., and Naka, Y. (2007). "An upper ontology based on ISO 15926." *Computers & Chemical Engineering*, 31(5-6), pp. 519-534.

Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). "The semantic web." Scientific American, 284(5), pp. 34-43.

Cho, J.M., Han, S.H., Suh, H.W., and Kim, H. (2005). "Integration of parts libraries using the upper ontology method." *The Jounal of Society for e-Business Studies*, 10(3), pp. 1-19.

Cho, Y.H., and Kim, W.Y. (2014). "Improving Method of Building Material Information System and Korean Architectural Standard Specification for the Expansion of Environmental Friendly Building Design." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 30(4), pp. 67-76.

Choi, J.M. (2003). "Overview and Research Trends of the Semantic Web." *Communications of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 21(3), pp. 4-10.

Choi, Y.K., Lee, H.S., Hwang, Y.S., Kim, Y.S., and Song, Y.W., (2004). "Development of Construction Project Control System for Large Sized Construction by Process and Data Modeling." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 5(2), pp. 153-161.

Doerr, M., Hunter, J., and Lagoze, C. (2003). "Towards a core ontology for information integration." *Journal of Digital information*, 4(1).

Gruber, T.R. (1993). "A translation approach to portable ontology specifications." *Knowledge acquisition*, 5(2), pp. 199-220.

Ha, S.R., An, D.J., and Yim, J.H. (2017). "An Experimental Study on the Automatic Interlinking of Meaning for the LOD Construction of Record Information." *Journal of Korean Society of Archives and Records Management*, 17(4), pp. 177-200.

Han, C.H., and Ju, K.B. (2009). "Development of System Model for Integrated Information Management of Construction Material." *The KIPS Transactions: PartD*, 16(3), pp. 433-440.

Jeon, B.H. (2008). "Building a Comprehensive Database for the Popularization of Hanok." *Review of Architecture and Building Science*, 52(3), pp. 28-34.

Jeon B.H. (2009). "Strategy for Establishing a New Hanok Archives." *Review of Architecture and Building Science*, 53(9), pp. 62-66.

Jeon, B.H., and Kim, H.N. (2011). "Building a Traditional Hanok Database for the Popularization of Hanok." *The Korean Housing Association*, 6(1), pp. 6-14.

Jung, J.S., and Kim, D.H. (2009). "A Study on the Ways of Improving Classification System of Architectural Material - Based on the Practice of Architectural Firms." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 25(12), pp. 191-198.

Kim, C.R., Lee, H.W., Jang, M.H., Lee, Y.S., and Jung, Y.S. (2021). "Hanok Construction Guide to Promote the Dissemination of Modernized Hanok." *Proceedings of the 2021 KICEM Annual Conference*, Korea, pp. 43-44

Kim, H.L., Park, E.J., Kim, H.G., and Yoon, S.H. (2004). "Building an Ontology based on the Unified Construction Information Classification System." *The Journal of Society for e-Business Studies*, 9(3), pp. 95-112.

Kim, I.H., Park, S.H., and Lee, J.A. (2012). "A Framework of the Open BIM-based Integrated Information System for the Korean Traditional House." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 28(9), pp. 13-20.

Kim, J.E., Kim, D.W., and Jeon, B.H. (2020). "A Study on the BIM-based Design Methodology for New-Hanok with Planning-Kan Module." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 36(12), pp. 129-140.

Kim, S.A., Jung, C.W., Kim, N.H., Choi, C.H., and Chin, S.Y. (2016). "Development of Collaboration and Communication Platform based on Contents for an Efficient Task Management in Construction Project." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 17(3), pp. 98-107.

Koo, K.J., Park, H.J., Park, S.C., and Kim, J.I. (2008). "Knowledge-Information Based Material Performance Comparison Supporting Model for Selecting Building Finishing Materials in the Design Stages." *Journal of the Architectural institute of Korea Structure & Construction*, 24(4), pp. 191-198.

Lee, D.H., Kim, J.M., Jeon, W.P., and Nam, S.H. (2021). "A Study on the Development of Small-Sized Building Specification for Defect Prevention in Korea." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 37(4), pp. 241-252.

Lee, J.O., Han, J.A., and Han, P.W. (2013). "A Study on Defining the Hanok Design Process and Required Design Information." *Journal of Architectural History*, 22(2), pp. 31 – 42.

Lee, K.J., and Jung, Y.S. (2016). "Assessment of Facility Management Functions for Life-Cycle Information Sharing." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM 17(6), pp. 40-52.

Mascardi, V., Cordì, V., and Rosso, P. (2007). "A Comparison of Upper Ontologies." *Proceedings of the 2007 WOA Conference*, Genova, Italy.

Ma, S.B. (2013). "A Study on Design Standards of Hanok Design." *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*, 29(3), pp. 183-194.

Martinez-Cruz, C., Blanco, I.J., and Vila, M.A. (2012). "Ontologies versus relational databases: are they so different? A comparison." *Artificial Intelligence Review*, 38(4), pp. 271-290.

Moon, H.S., Son, B.S., Lee, H.S., Park, M.S., Ahn, S.H., and Kim, N.K. (2017). "An Improvement Measures of User-Oriented Standard Specifications for Building Works in Korea." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 33(1), pp. 89-96.

Ok, H., and Kim, J.U. (2015). "A Research on Development Measures of Information Services for Construction Technology." *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, 16(8), pp. 5707-5715.

Pang, S.J., Lee, S.J., Park, C.Y., and Lee, J.J. (2010). "Study of Establishing Wood Construction as Specialty Construction Business for Guaranteeing the Quality of Wood Structural Work in Korea." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 26(11), pp. 119-127.

Park, M.S., Jang, Y.J., Lee, H.S., and Yoon, Y.S. (2010). "Integrated Knowledge Management System based on Construction Portal." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 11(4), pp. 12-21.

Passive House Institute Korea (PHIKO) (2019). *Development of Design and Construction Technologies to Optimize Energy Consumption of a Small-Scale Building*. KAIA.

Pinto, H.S., and Martins, J.P. (2004). "Ontologies: How can they be built?." *Knowledge and Information Systems*, 6(4), pp. 441-464.

Shin, B.U., Kim, Y.S., and Nam, H.K. (2016). "A Case Study on the BIM Application Technique in the Process of Hanok Design by Structuring the Building Materials Data Base." *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 18(6), pp. 101-110.

Shin, J.W., Ryu, H.G., and Lee, D.R. (2008). "Information-centered Design Work Process for Effective Design Management." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 24(4), pp. 133-141.

Usman, Z., Young, R.I., Chungoora, N., Palmer, C., Case, K., and Harding, J.A. (2013). "Towards a formal manufacturing reference ontology." *International Journal of Production Research*, 51(22), pp. 6553-6572.

Yang, K.Y., and Yoon, Y.W. (2002). "A Study on the Selection of Construction Method by Decision Making Method." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 2(1), pp. 147-154.

Yun, S.H. (2011). "Construction Process Analysis of Han-Ok for BIM Based Modern Han-Ok Construction Simulation." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 12(3), pp. 3-10.

요약 : 본 논문은 온톨로지를 이용한 건설정보의 체계적인 관리 방법을 제안하는 것을 목적으로 한다. 특히 설계자와 시공자가 필요로 하는 공법 정보를 체계적으로 관리할 수 있는 방안을 제안하고자 하였다. 본 논문에 사용된 정보는 10년간의 신한옥 기술 개발의 결과물인 실증 시공 사례이다. 개발된 신한옥의 신공법은 온톨로지 에디터인 Protege를 이용하여 정리하였다. 이를 위해 기존 연구에 대한 고찰을 통해 온톨로지 개념과 온톨로지 구축 과정을 정리하였다. 또한 신한옥 시공법 도메인 온톨로지를 구성하기 위한 개념도를 제안하였고, Protege의 SPARQL Query 기능을 이용하여 제안된 온톨로지의 실효성을 검증하였다. 마지막으로 정의된 클래스와 시공법 메타데이터를 OWL을 사용하여 웹에 발행하였다.

키워드 : 시맨틱 웹, 온톨로지, 메타데이터, 시공법, 신한옥