



드론 기반 공동주택 외관 상시 안전점검 프로세스 제안

Proposal of Regular Safety Inspection Process in the Apartment Housing Using a Drone

조재윤* · 신현규** · 안용한*** · 이상효****

Jaeyoun Cho* · Hyunkyun Shin** · Yonghan Ahn*** · Sanghyo Lee****

* Mail author, Department of Architectural Engineering, Hanyang Univ., ERICA, South Korea (wodbs3109@naver.com)

** Department of Architectural Engineering, Hanyang Univ., ERICA, South Korea (shk8908@naver.com)

*** Department of Architectural Engineering, Hanyang Univ., ERICA, South Korea (yhahn@hanyang.ac.kr)

**** Corresponding author, Division of Architecture and Civil Engineering, Kangwon National Univ., South Korea (leesh0903@kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: Recently, it began to recognize that the deterioration of buildings have an impact on the safety of residents due to performance degradation. Accordingly, quality control and safety inspection are carried out for apartment buildings. However, the existing safety inspection process used for this is inefficient for safety, time and cost. Therefore, it is expected that this research will reduce the burden on the safety, cost and time of the inspector and tenant by increasing efficiency of defects and safety inspection and proposing a drone-based defect inspection process that can be proactive. Furthermore, it will improve the safety and quality of life of residents. **Method:** This study proposed a process model using BPMN. BPMN is a standardized notation of business process modeling that has been developed to address a number of problems caused by the absence of visually defined work processes that can be referred to as standards for businesses and institutions. **Result:** The field applicability of the process proposed in this study has been verified, and both advantages and disadvantages have been identified. Key advantages can be summarized as a reduction in safety inspection time, use of small numbers of personnel and equipment, and prevention of safety accidents. Based on this study, it is deemed that an integrated safety inspection process will be needed in the future, which will be connected from defect identification to assessment of apartment buildings.

KEYWORD

드론
상시 안전점검
프로세스 모델Drone
Regular Safety Inspection
Process model

ACCEPTANCE INFO

Received Nov. 12, 2019
Final revision received Nov. 21, 2019
Accepted Nov. 26, 2019

© 2019 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

정부의 1970년대 후반 주택 보급률 증가 정책으로 인해 공동주택이 폭발적으로 증가한 이후 2017년을 기준으로 경과년수 18년 이상인 주택은 전체 주택의 52.9%인 905만호이며, 그 중 46%에 달하는 476.8만호가 아파트에서 차지하고 있다[1]. 이러한 공동주택의 노후화는 공동주택의 성능과 사용자의 안전에 영향을 끼칠 수 있다. 이러한 관점에서 공동주택 하자 및 안전점검은 건축물 성능을 유지하는데 매우 중요하다[2].

기존 공동주택 안전 점검 프로세스를 살펴보면 법적으로 규정되어 있는 주기에 따라서 일률적으로 안전점검을 진행하는데, 부실한 안전점검이 문제점으로 지적되고 있다. 이에 따라 공동주택의 성능 저하문제가 발생했을 때, 즉각적으로 대처할 수 없으며, 안전진단의 정확성에 손상을 입게 된다[3]. 이러한 사후적 안전점검 방법의 한계를 선제적인 사전 점검방식으로 전환하기 위해서는 안전점검을 유연하게 자주 진행할 수 있어야 한다. 하지만 안전점검 주기를 변경할 경우, 안전점검비용이 증가할 수 있음에 따라 현실적인 한계를 가지게 된다[4].

특히 콘크리트 구조물의 경우, 구조적, 환경적 열화를 억제하고, 구조물의 수명관리와 안전성 확보를 위해서 균열폭 등과 같은 외관 안전 점검을 보다 효과적으로 수행할 필요가 있다[5].

최근 4차 산업혁명기술 중 드론을 활용하여 다양한 분야에서 상용 인지 및 사전 점검에 대한 시도가 이루어지며 산림, 교통, 토목 분야에서는 많은 발전을 이루고 있다[5]. 이와 같이 다양한 분야에서 사용되는 드론을 건축물 외관 안전점검에 활용할 경우 선제적인 사전 점검이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 기존 연구를 살펴보면 하자 및 안전점검의 효율성을 높이고, 사전대응방식 전환의 필요성에 대하여 언급하고 있으나, 드론을 활용하여 사전 대응 프로세스를 정립한 연구는 부족한 것으로 확인되었다.

본 연구는 성공적인 공동주택 품질관리 및 거주자의 안전 및 삶의 질을 향상시키기 위하여 드론을 활용한 효율적인 건축물의 외관 상시점검 프로세스를 제안하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구는 건축물 안전점검 대상 중 공동주택(아파트)의 외관 상시점검단계에서 하자 보수 결정까지로 한정하였다. 공동주택 외부 상시점검 프로세스 모델 제시는 이해관계자들의 역할과 업무흐름을 반영하기 위하여 BPMN (Business Process Modeling Notation) 모델링을 활용하였다.

연구진행 절차는 Fig. 1.과 같다. 먼저 본 연구에서는 공동주택 안전점검 관련 기존 연구를 고찰하여, 공동주택 안전점검 프로세스를 파악하고 각 단계별 이해관계자들과 각각의 역할에 따른 업무를 파악하였다. 이를 토대로 드론을 활용한 상시점검 프로세스 모델을 작성하기 위하여 다양한 프로세스 모델링 기법을 고찰하였다. 본 연구에서는 기존 프로세스 모델링 기법 중 BPMN (Business Process Model and Notation)을 통해 드론을 이용하여 효율적인 외관 상시점검 프로세스 모델을 작성하였다. 마지막으로 제안한 프로세스 모델을 현장 사례를 통하여 검증하였다.

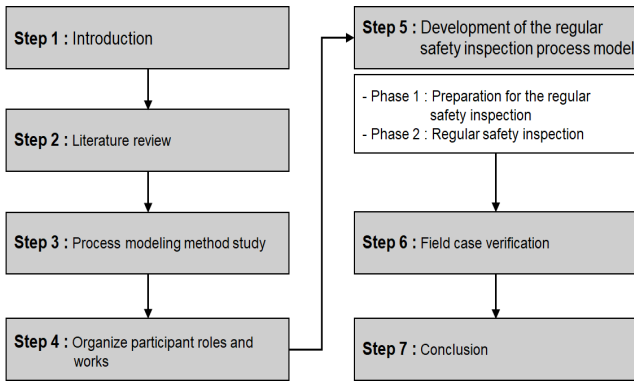


Fig. 1. Research Flow

2. 이론적 고찰

2.1. 기존연구 고찰

최근 국내에서는 노후 공동주택 증가에 사회적 이슈가 대두됨에 따라 급격한 유지관리비용 상승에 대응하기 위한 해법이 시급한 실정이다. 이러한 관점에서 공동주택 안전 및 하자관리의 문제점을 분석하고, 효율성을 증대하기 위한 연구가 존재하였다.

고성석 외 2명(2014)은 기 실시된 정밀점검보고서와 정밀점검대가 산정 기준을 평가한 현황분석을 통해 현행 공동주택에 대해 실시하고 있는 안전점검대가 산정 기준의 개선점을 도출하였다[2]. 이종필 외 1명(2018)은 안전진단전문기관 종사자 인식조사와 용역계약 금액 사례분석을 통해 실행대가 현황을 분석하였다[3]. 정려원 외 3명(2015)은 입주자 및 시공사 측면에서만 하자관리 연구를 진행한 기존연구들과 달리 하자진단업체 측면에서 실질적이며 활용가능한 공동주택 하자진단 업무프로세스 모델을 구축하였다[4]. 김진원 외 2명(2017)은 건설공사 안전점검 대가 산정기준의 주요 문제점을 검토하여 군집시설물의 특징을 반영한 안전점검 대가 산정모델을 제안하였다[6]. 윤석현 외 2명(2008)은 공중별 하자 발생 비율 분석, 하자보수 책임기간에 발생한 공중별 하자보수비용 비율을 분석하고, 공사현장기술자의 주요 하자에 대한 가중치 등을 종합적으로 반영한 공동주택 하자에 대한 평가 방안을 제시하였다[7]. 조우래 외 2명(2018)은 한국시설안전공단의 평가사례집, 관련기술자들을 대상으로 실시한 설문조사 결과, 실제 현장점검 사례 등을 종합 분석하여, 건축물 안전점검 및 정밀안전진단의 기법 및 제도 개선안을 제시

하였다[8]. 하지만 기존 연구들의 경우, 인력 중심의 안전점검 및 하자진단 방식의 틀 안에서 연구를 진행하고 있었다. 이러한 인력 중심의 방식은 안전점검 부실화의 문제를 내포하고 있으며, 비용 효율성 측면에서도 예방적 유지관리체계를 구축하는데 한계를 가지고 있다.

반면, 다양한 분야에서 드론을 활용하여 상황 감지 및 즉각 대응 체계를 구축하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 김중우 외 2명(2017)은 기존 육안점검 및 조사를 한계를 극복하고자 산업용 드론과 딥 러닝 기반의 이미지 분석 기법을 접목하여 사회 기반 구조물의 외관점검 기술을 효율적 대안을 제시하였다[5]. 김휘영 외 2명(2018)은 육안 검사 기반 시설물 점검의 효율성과 객관성을 향상시키기 위해 기존 영상을 활용하여 사람의 개입을 최소화하는 자동 처리 중심의 드론 영상 기반 시설물 점검을 제안하였다[9]. 한동엽 외 2명(2018)은 UAV 비디오 데이터로부터 시설물 점검을 위한 정량적 정보를 추출하기 위하여, 외부 표정정보가 있는 사진과의 정합을 통하여 비디오 프레임의 표정을 수행하였다[10]. 이영승 외 3명(2016)은 산림훼손지역에 대하여 훼손 현황 분석을 수행하기 위해 드론 사진측량을 활용하였다[11]. 김승우 외 1명(2018)은 여성의 안심귀가 서비스에 대한 현황을 파악 후 현재 가용한 ICT 기술 중 자율주행차 및 드론을 통한 새로운 안전귀가 시스템을 연구하였다[12]. 함건우 외 3명(2019)는 농작물 재배에 가장 영향을 미치는 가뭄에 대한 과학적이고 객관적인 지표를 산출하기 위한 드론을 활용한 농업 가뭄 모니터링 체계를 구축하였다[13]. 김노준 외 2명(2016)은 재난안전드론을 운용하는데 문제가 되는 범규의 문제점과 성능기준의 문제점을 시사하고 대책을 제안하였다[14]. 이를 통해 확인할 수 있듯이 다양한 분야에서 드론 활용을 위한 연구들이 활발히 이루어지고 있으며, 건설분야에서는 토목 구조물에 대한 안전점검에 드론을 시도하고자 하는 연구들이 존재하였으나, 해당 기술을 공동주택에 효과적으로 적용하기 위한 프로세스 관련 연구는 부족한 것으로 확인되었다.

2.2. BPMN 모델링 개요

1) 프로세스 모델링 개요

비즈니스 프로세스 모델링에는 대표적으로 BPMN(Business Process Modeling and Notation), RAD(Role Activity Diagram), IDEF(Integrated Definition Language), UML(Unified Modeling Language) 등이 있다. 각 모델링의 특징과 장단점을 Table 1.과 같다.

먼저 IDEF는 프로세스 모델링 도구로서, 계층적, 모듈화, 표준화된 구조를 지니고 있어서 복잡한 프로세스를 표현하는데 적하지만 모델링이 지속적으로 변화할 경우, 이에 효과적으로 대응하기 어려운 문제점을 가지고 있다 [15]. RAD는 전체 비즈니스 라인에 참여하는 인력의 업무 프로세스를 직무중심으로 정리하는데 주로 활용되는 방법이지만, 복합적으로 이루어지는 업무 간 관계를 모델링하기 어렵다 [16]. UML은 소프트웨어 시스템 산출물들을 시각화, 명세화, 구축, 그리고 문서화하는데 필요한 언어로서 비즈니스 모델링

뿐만 아니라 비 소프트웨어 시스템에서도 사용이 가능하다. 하지만 UML은 기본적으로 소프트웨어 개발을 위해서 주로 활용됨에 따라 업무 프로세스 모델링에는 상대적으로 활용성이 미흡하다[17].

반면, BPMN은 민간 기업이나 공공기관에서 보유하고 있는 다양한 표준 업무프로세스가 정립되어 있지 않을 경우, 효과적으로 특성화된 업무프로세스를 정리하기 위하여 고안된 비즈니스 프로세스 모델링 방법이다. BPMN을 상기에서 언급한 다양한 프로세스 모델링 기법과 비교할 경우, 상대적으로 사업에 참여하는 다양한 인원들의 업무들을 세부적으로 정리하고, 각 참여주체들 간 의사소통을 도식화하는 것이 가능함에 따라 손쉽게 업무 프로세스를 정립할 수 있다[4]. 이러한 관점에서 타 모델링 기법에 비해 드론을 활용한 외관상시 안전점검 프로세스를 제안하는데 효과적일 것으로 판단된다.










Table 1. Comparison of process modelings' features

| Methods | Summary | Advantage | Weakness |
|---------|--|--|--|
| BPMN | - Ease of use of processes provide a unified notation | - Model expandable ability to meet process specific needs | - Limited support for modeling concepts |
| RAD | - Representing task-centered processes | - Efficient in analyzing various production IT-based processes | - Task Logic Complexity Has limits failed to specify input/output information accurately |
| IDEF0 | - Modeling methods that describe enterprise activities | - Describe sub-system in detail | - Only skilled people can understand Difficult to maintain as it becomes more complex |
| UML | - Standardized modeling language for smooth communication between developers | - Highly compatible with other modeling techniques | - Suitable for software development diagram representation. |

2) BPMN 모델링 방법론

BPMN의 표기법과 요소간의 설명은 다음 Table 2.와 같다. BPMN의 경우, 프로세스에서 각 참여 주체 및 주체의 Activity는 Pool 개념의 직사각형 박스에 도식화되며, Pool은 Lane이라는 Sub-Swim-Lane으로 분할된다. Activity는 단계별 내용을 포함하고 있으며, 각 Activity들을 연결하는 실선화살표(Sequence Flow)는 프로세스의 단계별 진행을 나타낸다. 점선화살표(Message Flow)는 다른 Pool 주체와의 정보교류를 나타낸다. 또한 Text Annotation은 각 단계별 내용에 대한 추가 설명을 기술할 수 있는 방법이다[3].

Table 2. Expression method of the BPMN

| Element | Content | Expression method |
|-----------------|--|---|
| Event | - Events occur in the course of business. Events have three types (start, middle, and end) depending on when they affect flow |  |
| Text Annotation | - Text annotations are methods used by modellers to provide additional information to people who read BPD |  |
| Activity | - Activity is a general term used in the work carried out by a company. The activity types that are part of the process model are process, sub-process, and task. |  |
| Gateway | - Gateway is used to control the dispersion and concentration of sequence flow. |  |
| Group | - The grouping of activities does not affect the flow of the sequence and can be used for documentation or analysis purposes. |  |
| Sequence Flow | - Sequence flows are used to show the order in which activities are executed within the process. |  |
| Message Flow | - Message flow is used to show the flow of messages. In BPMN, two separate pools in the diagram represent two participants. |  |
| Pool | - The pool represents the process participant. It is used as a method of expression that divides a series of activities from other grasses. |  |
| Lane | - Lane refers to the subpart partition in the pool. It extends vertically or horizontally to the full length of the pool. Lane is used to organize and classify activities systematically. |  |

Source : R.W. Jung et al. (2015)

3. 드론 기반 외관 안전점검 프로세스 제안

3.1 기존 안전 점검 공동주택 범위 및 프로세스 개요

본 연구에서는 드론 기반 외관 안전점검 프로세스를 제안하고자 한다. 기존 외관 안전점검 프로세스를 단계별로 살펴보면 다음과 같다. 기본적으로 시설물의 안전점검 및 유지관리에 관한 법령은 건축법, 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법, 재난 및 안전기본법, 소방안전기본법 등에서 시설물 안전관련 법규를 규정하고 있다.

기존 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하 시특별)에 따른 정기안전점검은 1종·2종 시설물만을 대상으로 실시하였으나, 2018년 1월 시특별 개정을 통하여 3종시설물로 이관됨에 따라 3종시설물에 대한 정기안전점검을 실시하게 되었다.

이에 따라 현행 시특별 시설물에 대한 정기안전점검은 1종·2종 시설물의 정기안전점검, 3종시설물의 정기안전점검으로 구분할 수 있다. 공동주택의 경우 21층 이상은 1종에 16층 이상 20층 이하의 공동주택은 2종에 포함되어 있다. 이외에 준공 후 15년이 경과된 5층 이상 15층 이하 공동주택 및 준공 후 15년이 경과된 연면적

660m² 초과된 4층 이하 연립주택이 3종 시설물로 지정되어 정기안전점검을 받게 된다. 정기안전점검 실시 주기는 A/B/C등급은 반기 1회 이상, D/E등급은 1년 3회 이상으로 규정되어 있다.

국내 시설물 정기안전점검은 경험과 기술을 갖춘 자가 육안검사 등의 조사를 통하여 시설물의 물리적, 기능적 위험요인을 발견하고, 조사 결과에 따라 안전등급을 판단하며, 안전등급에 따라 시설물이 사용요건을 만족하고 있는지를 결정한다. 정기안전점검의 단계는 계획수립 단계, 현장조사 단계, 안전등급 평가 단계로 구분할 수 있다.

정기안전점검 계획수립 단계에서는 시설물의 정기안전점검을 실시할 때, 관리주체는 안전점검 및 정밀안전진단 세부 지침 또는 3종시설물 안전등급 평가 매뉴얼을 통해 과업지시서를 작성해야 한다. 정기안전점검을 실시하는 책임기술자는 과업지시서의 검토, 일정계획, 조사·시험항목 및 기술인력·장비 등을 확정해야 한다.

정기안전점검 조사 실시 단계의 경우, 정기안전점검의 현장점검은 정기안전점검 자격을 갖춘 관리주체 또는 관리주체로부터 정기안전점검을 위임받은 안전진단전문기관 및 유지관리업체 등이 점검을 실시한다. 정기안전점검의 현장조사는 시설물의 외관을 육안으로 평가하는 수준의 점검을 실시하고, 현장시험 등의 항목이 추가로 필요하다고 판단된 경우 선택과업을 추가로 실시할 수 있다. 정기안전점검의 현장조사 시 점검자는 설계도서, 환경요건, 시설물 상태 등에 대한 사항을 통해 시설물에 중대한 결함이 발생하였는지 여부를 판단한다.

마지막으로 안전등급 평가 단계에서는 정기안전점검 시 안전점검 세부지침 등을 통해 제공되는 시설물의 점검항목 체크리스트를 활용하여 점검결과를 작성하고, A~D등급의 안전 등급 평가결과를 판정한다.

이와 같이 안전점검은 대부분 인력을 활용한다. 이러한 인력 중심의 외관 안전점검은 점검 시 비용이 발생함에 따라 예방적 상시 유지관리체계를 구축하는데 한계를 가지게 된다. 또한 고소작업이 필요한 경우도 있기 때문에 안전사고 발생가능성도 높다.

3.2 드론 기반 공동주택 외관 안전점검 프로세스

본 연구에서는 일반적인 인력중심의 외관 안전점검의 문제점을 해결하기 위하여 드론 기반 공동주택 외관 안전점검 방안을 제시하였다. 드론 기반 공동주택 외관 안전점검 프로세스를 제안하기에 앞서, 먼저 거주자, 아파트 관계자, 드론 조종사, 진단업체의 업무 및 역할을 다음 Table 3.과 같이 정리하였다. Table 3.에서 확인할 수 있듯이 기존 안전점검 프로세스에서는 특정 시점에서 안전점검을 진행함에 따라 해당 일자에 안전진단업체 주도로 업무가 진행되지만 제안하고자 하는 드론 기반 프로세스의 경우, 상시 안전점검체계를 지속적으로 유지하기 위하여 다양한 주체들의 상호협력이 매우 중요할 것으로 판단된다. 특히 드론 촬영 시 개인 프라이버시 문제가 발생할 수 있음에 따라 입주자들과의 협력이 필요하며, 드론 낙하 사고 방지를 위하여 아파트 관계자와도 안전점검과 관련된 계획이 필요할 것으로 판단된다. 다음 Fig. 2.는 드론을 이용한 공동주택 안전점검 프로세스 모델을 BPMN 모델링 기법을 기반으로 도식화한 것이다. Fig. 2.에서 확인할 수 있듯이 해당 프로세스는 안전점검 준비

단계와 안전점검단계 등 2단계로 구분하였으며, Table 3.에서 언급한 각 그룹의 참여주체들이 협력체계를 구축하여 진행하게 된다.

Table 3. Participants' Work

| Methods | Summary |
|---------------------|--|
| Resident | <ul style="list-style-type: none"> - Selection of representative groups - Document review - Schedule check - Consultation on inspection date - Confirm final diagnosis report - Consultation with a diagnostic company |
| Apartment Manager | <ul style="list-style-type: none"> - Analysis of Facility Management in Neighborhood Apartments - Notice of Inspection - Consultation on inspection period - Preparation of relevant materials - Maintenance Preparation |
| Drone Pilot | <ul style="list-style-type: none"> - Check the data - Field study - Set detailed measurement range - Equipment Check - Confirm Schedule Plan - Defect Data Cleanup - Preparation of a visual inspection map - Preparation of defect diagnosis report |
| Diagnostics Company | <ul style="list-style-type: none"> - Requesting and checking related data - Validate application costs - Create Final Diagnostic Report - Submit Report |

점검 준비 단계에서는 아파트 관계자가 입주민 대표와 안전점검 기간을 협의한다. 입주민 대표는 점검 기간을 체크하고, 드론조종사는 현장 조사를 위한 자료를 준비한다. 이때 설계도면, 시방서, 관련 법령, 기존 외관조사망도 등 관련 자료를 아파트 관계자에게 요청하여 검토한 후, 현장 조사를 하면서 드론 촬영을 위한 경로 및 촬영 순서를 결정한다.

점검단계에서는 아파트 관계자가 협의한 기간에 단지 내 방송 및 공문 등을 통하여 사전에 드론을 이용한 안전점검 일자를 통지해야 한다.

드론 촬영에는 2인 이상이 한 팀이 되어 1기의 드론을 운용해야 하며 기상을 체크하여 점검에 문제가 생기지 않도록 한다. 드론 조종사 2명 중 한명은 드론기체를 주시하며 위치 파악을 하며 기체가 부딪히는 것을 방지하고 다른 한명은 화면을 통해 드론을 조종하면서 결함을 확인한다. 드론조종사는 점검 전에 충분한 배터리 충전 및 드론 촬영을 위한 세팅을 한다. 점검 시작 시간이 되면 드론 조종사는 드론을 준비하고 공동 주택의 옥상부에서부터 아래층 순서로 촬영을 진행한다.

안전점검 구획은 1개의 건축물을 4개의 면으로 분할하고 드론을 통해 촬영하면서 결함을 발견하면 해당 위치를 확인하여 외관조사망도상에 표시를 한다. 이후 다음 구간으로 이동하여 점검을 계속해서 진행한다. 1개 건축물을 완료하면 나머지 건축물을 상기에 언급한 과정을 반복하여 정해진 기간 동안 점검을 진행한다. 점검을 완료한 후 데이터를 정리하여 진단업체에 의뢰한다.

안전진단업체는 데이터를 보고 하자 판단을 진행한 후 보고서를 작성하여 아파트 관계자, 입주자 대표 및 유관기관에 보고서를 제출

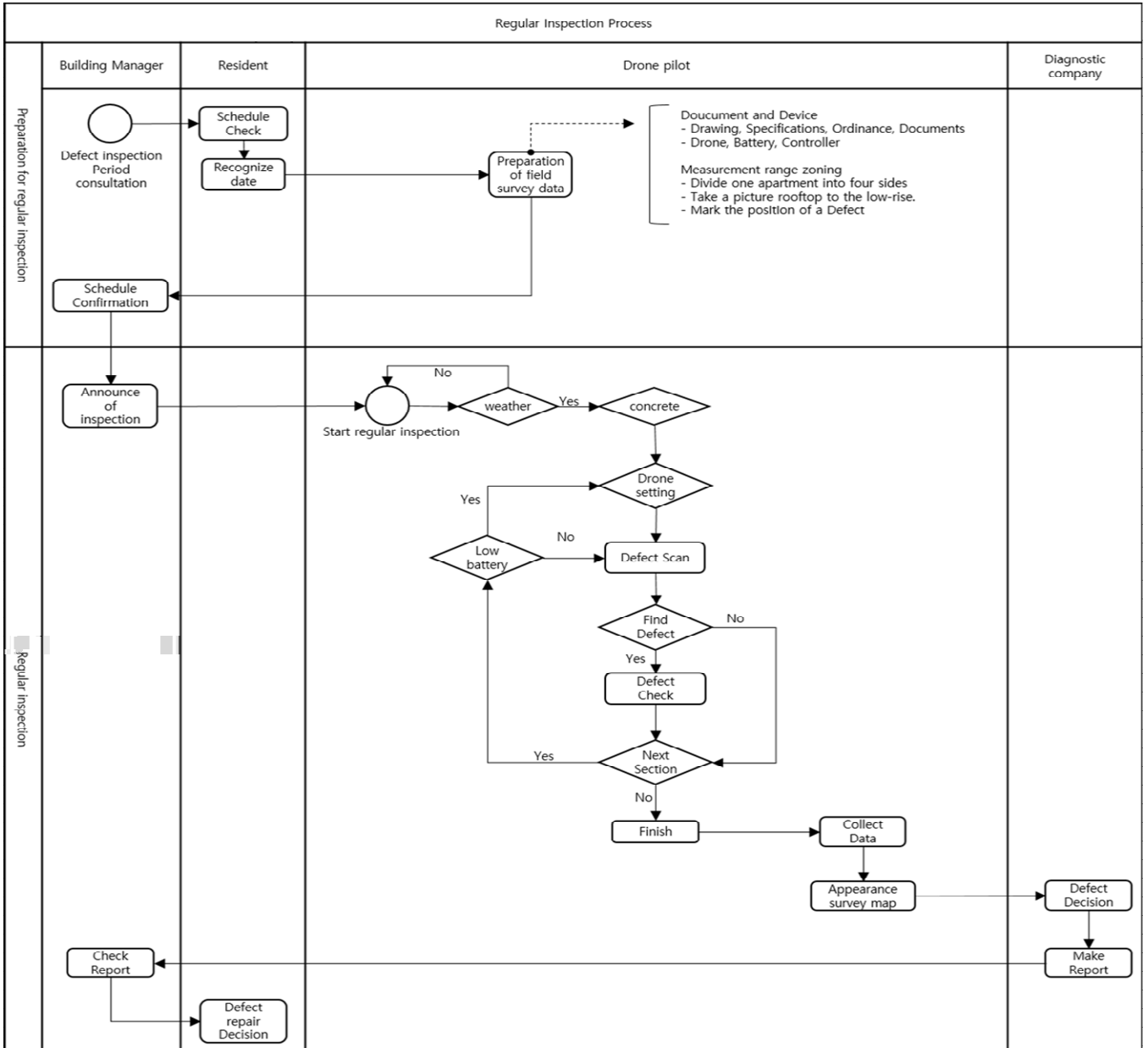


Fig. 2. Regular Inspection Process Using a Drone

한다. 이후 해당 보고서를 검토하여 대상 공동주택에 대한 안전관리 대응방안을 모색한다.

이와 같은 안전점검 프로세스는 드론을 활용하여 상시적으로 운용할 수 있는 장점이 있는바, 기존 인력 중심의 안전점검방식보다 효율적이며, 예방적 유지관리체계를 구축하는데 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 현장 사례 검증

4.1 현장 사례 개요

본 연구에서는 다음 Table 4.와 같이 하자점검이 필요한 공동주택을 대상으로 상기 Fig. 2.의 드론 기반 공동주택 안전진단 프로세스를 검증하였다.

Table 4. Overviews of the case

| Characteristics | Contents |
|----------------------|----------------------|
| Location | Gyeongsangbuk-do |
| Year completed | November, 2013 |
| Structure type | RC |
| Number of Households | 660 |
| Stories | 7~25 |
| Floor Area | 40,666m ² |

대상 공동주택은 경상북도에 위치하고 있으며, 11개 동으로, 2013년에 완공되었다. 구조형식은 RC구조이며 세대수는 660세대, 연면적은 40,666m², 층수는 7층에서 25층으로 구성되어있음에 따라 시트법 기준으로 정기안전점검 대상 시설물이다. 본 연구에서는

해당 프로젝트를 대상으로 실제로 DJI 팬텀 1기와 DJI 매빅2 1기 등 드론 2기를 사용하여 2일간 총 16시간 촬영을 하여, 드론 기반 공동주택 안전진단 프로세스의 현장적용성을 파악하였다.

4.2 프로세스 단계별 검증 결과

먼저 안전점검 준비 단계로 현장에 도착하기 전에 아파트 관리사무소와 협의를 하고 입주민들에게 점검을 인지시켰다. 현장 관리사무소에 도착하여 아파트 관계자에게 아파트 평면도를 받아 촬영동선 및 촬영 범위를 체크하였다. 이후 실제 현장 조사를 수행하여 다시 한번 드론 동선을 체크하고 아파트 관계자 및 입주자 대표에게 점검방법과 촬영동선 및 시간을 사전에 설명하였다.

점검 단계로는 비행할 드론을 세팅하고 아파트 관계자에게 촬영 시작 시간을 통보하였다. 아파트 관계자는 입주자들에게 점검 순서 및 시간을 방송을 통해서 전파하였다.

다음 Fig. 3.은 대상 공동주택의 단지 배치도이다. Fig. 3.에서 확인할 수 있듯이 해당 공동주택의 경우, 판상형과 탑상형이 동시에 존재하고 있다. 본 연구에서는 101동부터 106동까지는 직사각형 형태의 판상형 아파트로 되어 있어 4면으로 조닝을 하여 아파트 개부구면에서 시계방향으로 옥상층에서 아래층 순서로 드론 촬영을 진행하였다. 또한 107동부터 111동은 탑상형 아파트로 되어 있어 6개의 면으로 조닝을 하고 촬영순서는 판상형과 동일한 방식으로 진행하였다. 상기에 언급한 바와 같이 본 연구에서는 드론 2기를 운용하여 2개 동을 동시에 촬영하였다. 촬영결과 101~106동과 같은 판상형 아파트의 경우 촬영시간이 1시간 정도 소요되었으나 107~111동같은 경우에는 촬영시간이 약 2시간 소요되었다.



Fig. 3. Site plan of a case

각 공동주택을 촬영하던 중 다음 Fig. 4.와 같이 균열, 누수 등과 같은 결함이 발견된 부분의 사진을 찍고 위치를 표시하였다.

모든 동에 대한 촬영이 완료된 후 안전진단업체에 하자/결함이 표시된 외관조사망도 및 해당 사진을 전달하였다.

실제로 드론을 통하여 안전점검을 실시한 결과 11개동을 점검하는데 16시간이 소요되었다. 1일 8시간 기준으로 2일 내에 11개동에

대한 하자 점검을 완료할 수 있었다. 이는 촬영에 사용하는 드론의 대수에 따라서 더욱 단축할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 간단한 장비와 소수의 인원만으로 안전점검을 수행할 수 있는 장점이 있었다. 드론 2기에 4명을 투입하여 안전점검을 진행함으로써, 안전점검 시간동안 주변 주민들의 불편함을 최소화할 수 있었다. 마지막으로 인력중심의 기존 안전점검의 문제로 지적되는 안전사고의 위험을 최소화할 수 있었다. 드론 기반 안전점검의 경우, 옥상 및 고층부 촬영 시 인부의 고소작업을 원천적으로 방지할 수 있기 때문에 상대적으로 안전한 안전점검을 진행할 수 있었다.



Fig. 4. Defects of exterior wall

하지만 드론 기반 안전점검의 한계점도 확인할 수 있었다. 수목으로 가려진 저층부의 경우, 드론의 접근이 제한적임에 따라 인력에 의한 안전점검이 필요한 것을 확인하였다. 또한 드론의 경우 외관 안전점검의 효율성을 높일 수 있었으나, 지하주차장이나 공동주택 내부에 대한 안전점검은 활용성이 떨어지는 것으로 나타났다.

5. 결론

국내 노후화된 공동주택 급증에 따라 유지관리의 중요성이 점차 증가되고 있다. 이러한 관점에서 공동주택의 성능 저하를 최소화하기 위하여 예방적 상시 안전점검 및 하자관리체계 구축에 대한 필요성이 대두되고 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서는 최신 4차산업혁명기술 중 하나인 드론을 활용한 공동주택 안전점검 프로세스를 제시하였다. 이를 위하여 본 연구에서는 BPMN 기법을 통하여 안전점검 준비단계와 안전점검단계를 구성된 드론 기반 공동주택 안전점검 프로세스를 도식화하였으며, 이를 실제로 공동주택 안전점검 사례에 적용하여 현장 적용성을 검증하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, 기존의 안전점검 프로세스의 경우, 안전진단업체 주도로 이루어질 수 있었으나, 드론을 통한 상시 안전점검체계에서는 다양한 참여주체들의 협조관계가 매우 중요할 것으로 판단된다. 이는 기존보다 안전점검 횟수가 증가하는데 기인한다.

다음으로 실제로 제안한 프로세스의 현장 적용성을 검증한 결과, 장점과 단점이 모두 확인되었다. 주요 장점으로 안전점검 시간 단축, 소규모 인원 및 장비 사용, 안전사고 예방 등으로 요약할 수 있다. 이는 드론 자체의 특성상 기존 인력 중심의 비효율적인 방식의 문제

점을 최소화할 수 있기 때문이다.

반면, 드론의 경우 무인비행체임에 따라 외부공간을 대상으로 하는 안전점검에는 효율적이거나, 협소한 공간이나 비행 장애물이 많이 부분에 대해서는 안전점검이 용이하지 않은 것으로 확인되었다. 즉 조경에 의해 가려진 저층부 외관의 경우는 기존 인력 중심의 방식을 활용할 필요가 있으며, 지하주차장과 같은 협소한 공간의 경우, 3D Scanner 등을 통한 점검방식도 고려해볼 가치가 있을 것으로 판단 된다.

본 연구에서는 전체 안전점검 단계중 결함 부위를 확인하는 범위에 대하여 드론의 적용성을 검증하였다. 안전점검의 경우 안전진단을 통한 평가도 매우 중요한 단계이다. 이러한 부분에 대해서는 딥러닝 등과 같은 인공지능 기술을 활용할 수 있는 방안이 모색된다면 안전점검 전과정에 대하여 무인 진단 시스템을 구축할 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 무인진단시스템의 경우 기존 안전점검 프로세스에도 변화가 발생할 수 있는바 공동주택 하자 및 결함 식별부터 평가까지 연결되는 통합적인 안전점검 프로세스가 필요할 것으로 사료된다. 또한 외관이나 지하주차장뿐만 아니라 거주자의 삶의 질에 직결되는 실내 공간에 대한 안전점검의 경우에도 다양한 기술을 접목하여 효율적인 안전점검 프로세스 개발이 지속적으로 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(19CTAP-C152020-01)에 의해 수행되었습니다.

Reference

[1] 고원경 외 4인, 노후 공동주택 세대수증가형 리모델링 사업의 기획단계 사업성평가 모델 개발, 한국: 한국건설관리학회지, 제20권 제4호, 2019, pp.22-33. // (W.K. Koh et al., Development of a Feasibility Evaluation Model for Apartment Remodeling with the Number of Households Increasing at the Preliminary Stage, Korea: Korea Journal of Construction Engineering and Management, 20(4), 2019, pp.22-33.)

[2] 고성석 외 2인, 공동주택 안전점검대가 현황분석에 관한 연구, 한국: 한국건설관리학회지, 제5권 제2호, 2014, pp.62-70. // (S.S. Go et al., A Study on the Analysis of Current Situation of Safety Inspections cost in Apartment houses, Korea: Korea Journal of Construction Engineering and Management, 5(2), 2014, pp.62-70.)

[3] 이종필 외 1인, 실무자 관점에서의 건축물 정밀안전점검 및 정밀안전진단 실행대가 현황분석, 한국: 한국구조물진단유지관리공학회 논문집, 제22권 제4호, 2018, pp.37-41. // (J.P. Lee et al., The Analysis of Current Situation of the Building Precision Safety Inspection and Precision Safety Diagnosis Cost from Practitioners Viewpoint, Korea: Journal of the Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection, 22(4), 2018, pp.37-41.)

[4] 정려원 외 3인, BPMN 모델링 방식을 활용한 공동주택 하자진단 업무프로세스 모델, 한국: 한국주거학회논문집, 제26권 제2호, 2015, pp.67-79. // (R.W. Jung et al., The Defect Diagnosis Process Model Utilizing BPMN Modeling Method in the Apartment Housing, Korea: Journal of the Korean Housing Association, 26(2), 2015, pp.67-79.)

[5] 김중우 외 2인, 드론과 이미지 분석기법을 활용한 구조물 외관점검 기술 연구, 한국: 한국사공학학회논문집, 제17권 제6호, 2017, pp.545-557. // (J.W. Kim et al., Study on Structure Visual Inspection Technology using Drones and Image Analysis Techniques, Korea: Journal of the Korea Institute of Building Construction, 17(6), 2017, pp.545-557.)

[6] 김진원 외 2인, 군집시설물 건설공사의 안전점검 대가 산정모델 제안 및 평가, 한국: 대한건축학회 논문집, 제33권 제12호, 2017, pp.11-18. // (J.W. Kim et al., Proposal and Evaluation of the Safety Inspection Cost Estimation Model for Multi-building Construction Project, Korea: Journal of the Architectural Institute of Korea, 33(12), 2017, pp.11-18.)

[7] 윤석현 외 2인, 공동주택의 체계적 자산관리를 위한 중요도평가기법을 이용한 종합적 하자관리 개선방안 연구, 한국: 대한건축학회 논문집, 제24권 제8호, 2008, pp.179-186. // (S.H. Yun et al., A Study on the Integrated Construction Defects Assessment of Apartments for Systematic Asset Management, Korea: Journal of the Architectural Institute of Korea, 24(8), 2008, pp.179-186.)

[8] 조우래 외 2인, 건축물 안전점검 및 정밀안전진단 사례분석에 따른 기법 및 제도 개선에 관한 연구, 한국: 한국복합신소재구조학회 논문집, 제9권 제4호, 2018, pp.80-94. // (W.R. Jo et al., A Study on the Improvement of Techniques and Institutions according to Case-study of Building Safety Inspection and Detailed Safety Diagnosis, Korea: Journal of Korean Society for Advanced Composite Structures, 9(4), 2018, pp.80-94.)

[9] 김휘영 외 2인, 드론 영상 기반 시설물 점검 - 기존 영상을 활용한 자동 처리 중심으로, 한국: 한국지형공간정보학회지, 제26권 제2호, 2018, pp.21-32. // (H.Y. Kim et al., Drone Image-Based Facility Inspection - Focusing on Automatic Process Using Reference Images, Korea: Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, 26(2), 2018, pp.21-32.)

[10] 한동엽 외 2인, 교량의 3차원 측정을 위한 UAV 비디오와 사진의 표정 분석, 한국: 한국측량학회지, 제36권 제6호, 2018, pp.451-456. // (D.Y. Han et al., Orientation Analysis between UAV Video and Photos for 3D Measurement of Bridges, Korea: Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 36(6), 2018, pp.451-456.)

[11] 이영승 외 3인, 드론 사진측량을 이용한 산림훼손지역의 훼손 현황 분석, 한국: 한국지형공간정보학회지, 제24권 제3호, 2016, pp.49-58. // (Y.S. Lee et al., Application of Drone Photogrammetry for Current State Analysis of Damage in Forest Damage Areas, Korea: Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science, 24(3), 2016, pp.49-58.)

[12] 김승우 외 1인, 스마트차안에서의 자율주행차 및 드론을 활용한 여성 범죄 예방 연구, 한국: 한국정보통신학회논문지, 제22권 제10호, 2018, pp.1294-1299. // (S.W. Kim et al., Prevention of Women's Crime Using Autonomous car & Drones of Smart Police Efficient Multicasting Environment, Korea: Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, 22(10), 2018, pp.1294-1299.)

[13] 함건우 외 3인, 드론 열화상 및 초분광 센서를 이용한 농업가뭄 모니터링 적용 연구, 한국: 한국지리정보학회지, 제22권 제3호, 2019, pp.107-119. // (G.W. Ham et al., A Study on Agricultural Drought Monitoring using Drone Thermal and Hyperspectral Sensor, Korea: Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies, 22(3), 2019, pp.107-119.)

[14] 김노준 외 2인, 재난안전드론 도입을 위한 법규 및 성능기준 기초 연구, 한국: 한국안전학회지, 제31권 제4호, 2016, pp.150-155. // (N.J. Kim et al., Related Laws and Performance Criteria for Public Service Drones for Disaster Safety, Korea: Journal of the Korean Society of Safety, 31(4), 2016, pp.150-155.)

[15] 김무중 외 2인, IDEF0를 사용한 원가관리 프로세스 분석 - 공동주택 단위세대 내부마감공사를 중심으로 -, 한국: 대한건축학회 논문집, 제22권 제4호, 2006, pp.177-185. // (M.J. Kim et al., An Analysis of Cost Management Process Using IDEF0 - Focused on Indoor Finish Work of Apartment Unit House, Korea: Journal of the Architectural Institute of Korea, 22(4), 2006, pp.177-185.)

[16] 김재욱 외 3인, BPMN 모델링 방식을 활용한 도시환경정비사업 업무프로세스 모델, 한국: 한국건설관리학회지, 제11권 제4호, 2010, pp.41-50. // (J.W. Kim et al., Business Process Model for Urban Regeneration Project using BPMN Modeling Method, Korea: Korea Journal of Construction Engineering and Management, 11(4), 2010, pp.41-50.)

[17] 서영석 외 2인, UML 도입의 결정요인에 관한 연구, 한국: 경영교육연구, 제43권, 2006, pp.135-152. // (Y.S. Seo et al., A Study on Factors Affecting the Adoption of UML, Korea: Korean Business Education Review, 43, 2006, pp.135-152.)