

시공단계 ICT 도입 효과분석 및 최적화 방안

Analysis and Optimization of ICT Application in Construction Phase

고 태 용¹

김 룰 희²

이 동 은^{3*}

Go, Tae-Yong¹ Kim, Ryul-Hee² Lee, Dong-Eun^{3*}

Researcher, Intelligent Construction Automation Center, Kyungpook National University, Buk-Gu, Daegu, 41566, Korea ¹
Ph.D. Candidate, School of Architecture, Civil, Environmental and Energy Engineering, Kyungpook National University, Buk-Gu, Daegu, 41566, Korea ²

Professor, School of Architecture and Civil Engineering, Kyungpook National University, Buk-Gu, Daegu, 41566, Korea ³

Abstract

This paper presents a modeling prototype that optimizes construction processes implementing information communication technology (ICT). Using "IAMB", each and every actual steps of the construction process may be defined visually and explicitly by elaborating ICT to improve productivity and management efficiency. It contributes to identify the features on what parts of construction task are covered by ICT, and the effects of ICT on process performance. After analyzing 10 real project cases, ICT application types are classified into four categories according to ICT type, job functions that ICT applied, and the project phase in which ICT used. As a result, it was confirmed that the positive outcomes on the construction process were beneficial to mostly the general contractors and mainly obtained by automated information processing, external consignment and consistent information use. Negative effects, which were occurred by mainly manual manipulation and duplication of information handling, were accrued to general contractors minimally, but to subcontractors maximally. Expert focus group commends that several important issues should be considered when implementing ICT.

Keywords : ict, construction process, information tracking model, optimization

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

4차 산업혁명의 파고는 건설의 자동화 및 지능화를 통한 건설 프로세스의 혁신으로 집약된다[1]. 세계 각국의 건설 산업은 고령화 및 고임금으로 고급 기술인력을 대체하여 공사비를 절감하는 기술이 요구되고 있다. 프로젝트 대형화 및 복잡화로 기존 노동 집약적 관리체제의 한계가 노출되고 있으며, 정보통신기술(Information & Communication

Technology : ICT)을 이용한 프로젝트관리의 필요성이 증대되고 있다. 특히 시공단계는 다양한 프로젝트 참여자들(예, 발주처, 설계사, 종합건설사, 전문건설업체 및 자재 판매업체 등)이 현장시공정보(예, 품질, 자재, 인력 등)에 접근하여 상세한 기술적 의사결정에 관여할 뿐만 아니라 관계자들 간의 관계가 복잡하며, 프로세스 실행 중 유통정보의 변경이 빈번히 발생한다. 따라서 ICT를 도입하여 시공정보를 다자간 원활하게 유통 및 관리하는 것은 자원 낭비를 최소화하고, 품질 및 생산성 향상에 기여할 수 있다 [2]. 첨단 정보통신 및 센싱기술(예, RFID, USN, 레이저, 환경 센서 등)의 발전은 기존 시공단계에서 인력 중심 정보처리과정(예, 입력, 수집, 집계, 분석, 출력, 전달 등)을 신속, 정확 및 효율적으로 수행하는 체제를 확립하는 기회를 제공한다.

공사현장의 실상은 상기 기술발전 속도에 보조를 맞추지 못하

Received : January 22, 2019

Revision received : February 28, 2019

Accepted : March 11, 2019

* Corresponding author : Lee, Dong-Eun

[Tel: 82-53-950-7540, E-mail: dolee@knu.ac.kr]

©2019 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

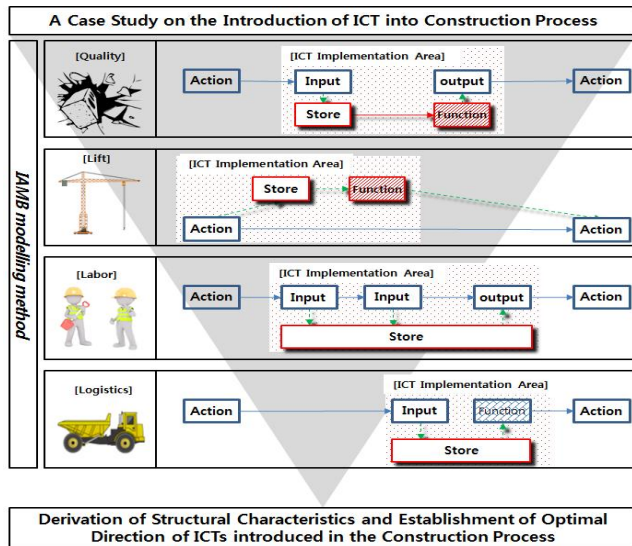


Figure 1. Concept of research

고 있다. 예를 들면, 대다수의 건설현장에서는 시공정보(시공된 상황, 장비의 사용현황, 건설자재의 수량 및 이동상황, 현장 인력 상황 등) 파악을 건설기술자 등 인력에 의해 현장 탐방 후 문서화 하는 수작업 방식으로 수행하며, 프로젝트참여자 간 정보유통도 문서를 기반으로 한다. 이렇듯 무수한 선행 ICT 관련 연구개발 및 환경구축에도 불구하고, 현장에서는 여전히 페이퍼 기반기록, FAX 등 아날로그 체제가 유지되는 상황이다. 이러한 상황은 현재 건설현장의 ICT 적용 및 환경이 아직 성장단계에 있으며, 해결해야 할 많은 문제가 산적한 상황임을 역설적으로 보여 준다.

상기 현상의 원인으로 건설업무 프로세스가 시각화되지 않고, 업무의 필요정보 파악이 어려워 프로세스 변경에 용이하게 대응하지 못함으로써 실제 업무와 시스템 지원환경에 이격이 커져 업무-IT 단절 현상이 문제로 지적되고 있다[3]. 이를 해결하여 ICT를 성공적으로 도입하기 위해서는 건설시공 프로세스를 시각적 모델로 정의하고, 프로젝트참여자들이 ICT가 도입되어 대체하는 업무 내용 및 흐름을 명시적으로 제시하는 것이 필요하다. IAMB(ICT Application tracking Model for Business process)는 프로세스 정보를 명시적으로 정의하고 각 업무단계에 관여하는 정보를 추적하며, 이를 모델링하는 방법을 제공한다. 이는 업무프로세스의 데이터베이스 관점에서 누가, 무엇을, 어떻게, 어떤 순서로 진행하는지 규명하여 관리한다 [4].

본 연구는 Figure 1과 같이 IAMB 모델링 방법을 활용하여 실제 건설프로젝트의 시공현장에 ICT를 활용한 사례

를 분석 및 정의함으로써 ICT 도입 구조(사용주체, 정보흐름, 이용단계 등), 업무 프로세스에 미친 효과에 대하여 규명하고, ICT 도입 최적화를 위한 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다. 사례분석을 통한 업무 프로세스 규명은 향후 연구개발 및 투자와 관련하여 유용한 방향을 설정하는 데 기여할 것으로 판단된다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 건설프로젝트 생애주기 전체 중 시공단계에 중점을 둔다. 그 이유는 첫째, 현장 중심의 시공업무와 현장사무소 중심의 건설관리 업무가 병행되며, 둘째, 원청 및 하청업체 등 프로젝트 참여 주체들이 복잡한 구조로 관여하기 때문에 ICT를 도입으로 효과를 얻기 위해 시공 및 관리 프로세스를 명확히 규명할 필요가 있다. 본 연구에서 취급하는 ICT는 시공업무 프로세스 실행 중 정보의 생산과 유통을 담당하는 정보처리기능(입력, 수집, 집계, 분석, 출력, 전달 등)을 지원하는 기술을 말한다. 예를 들어, GPS, PC 및 센서를 이용한 크레인 충돌방지시스템의 경우[5], 타워크레인에 설치된 센서와 GPS에 의해서 타워크레인의 가동상황 데이터가 자동입력되고, 그 데이터를 바탕으로 PC가 자동으로 복수의 타워크레인들 사이의 위치 및 높이 정보를 해석하여, 충돌을 미연에 방지할 수 있었다. 여기서 ICT가 담당하는 정보처리기능은, 타워크레인의 가동상황 데이터를 자동으로 입력, 수집 및 해석하는 기능이며, 그 결과로서 타워크레인 작업의 안전 확보라는 업무 효과를 발휘한다. 본 연구는 Figure 2와 같이 4단계로 진행된다.

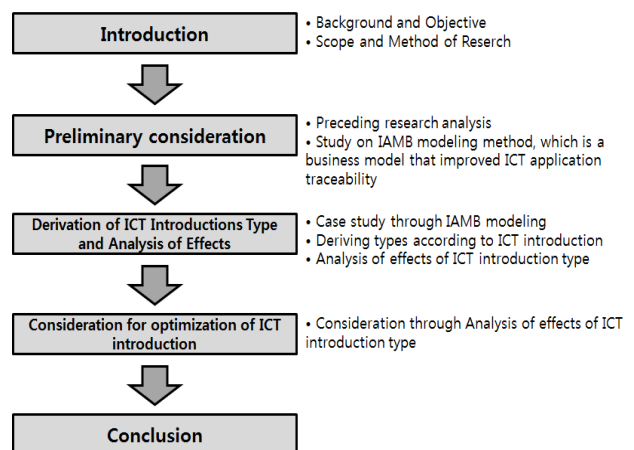


Figure 2. Research process

1단계 예비고찰에서는 생산성 및 효율성 향상을 위해 시공단계에 ICT를 도입한 선행연구를 탐구하고 기존 연구의 보완점을 IAMB 모델링 방법론을 활용하여 진단한다. 2단계에서는 IAMB 모델링을 활용한 ICT 도입 업무 프로세스의 구조를 분석한다. 실제 건설프로젝트 시공단계에 ICT를 도입한 사례(주로 일본 건설프로젝트 사례)를 IAMB 모델링으로 명시하고, ICT가 도입된 구조적 특징(사용주체, 정보흐름, 이용단계 등)을 규명한다. 3단계는 업무 프로세스 기반 ICT 도입 구조유형 도출 및 효과분석을 실행한다. IAMB 모델링을 통해 표현되는 형태를 사용하여 ICT 도입 구조를 분류하고, 각 구조유형에 따른 ICT 도입효과 분석 및 구조유형 간의 비교분석을 수행한다. ICT 도입 효과에 관해서는 각 사례에 직접 또는 간접적으로 참가한 관계자에게 인터뷰를 통하여 파악한다. 마지막으로 ICT 도입 최적화를 위한 방향성을 고찰한다. ICT 도입 구조유형 도출 및 효과를 분석한 내용을 기반으로 생산성 향상 및 효율적인 관리를 위한 시공단계 ICT 도입 최적화 방향성을 정립한다.

2. 예비고찰

2.1 선행연구 분석

시공 및 관리 프로세스의 생산성 및 효율성 향상을 위해 각 프로세스에 ICT를 도입한 연구는 관리단위(예, 노무관리, 품질관리, 리프트관리, 운송차량관리 등)의 기능분석을 수행 후, 기능을 실현하는 특정 정보처리 기술을 접목한 시스템 혹은 프로토타입 개발이 주를 이룬다. 각 업무 프로세스상에서 언제 또는 누가 정보를 입력하고 어떻게 가공되며 누가 가공된 정보를 사용하는지 등의 정보처리과정을 명시적으로 파악하고 분석한 연구는 미비한 상황이다. 더불어, 업무 프로세스를 시각적으로 표현한 연구들도 업무의 기능분석 모델인 IDEF0를 이용하여 프로세스의 구조적 속성을 파악하기보다는 각각의 해당 업무의 기능적인 관점에서 단순한 그래픽 표현을 제시한 연구가 주를 이룬다. 이는 시공업무에 ICT가 도입되는 구조적 형태와 특징에 대하여 명확히 표현하고, 업무 프로세스 관점에서 효과 및 문제점을 분석하는 연구가 진행될 필요가 있음을 시사하며, 이를 위해 본 연구는 ICT가 도입된 업무 프로세스를 정확히 규명하는 IAMB 모델링 방법을 적용하여 분석하는 연구를 수행한다.

2.2 업무-IT 단절에 수반한 실행상의 문제점

Table 1에서 정리한 선행연구에 제시된 것처럼 건설기업을 업무 프로세스를 지원하기 위해 다양한 ICT를 개발 및 적용하고 있으나, 기능 위주의 시스템 구축으로 인하여 업무 프로세스의 변경에 대한 수용성이 결여되어있다. 업무 프로세스 변경을 민첩하게 지원하는 ICT 시스템의 기능이 축소되어, 본질적인 도입 목적인 효율적인 업무 프로세스의 진행을 달성하지 못하고 업무의 흐름 및 실행에 부담을 가하는 상황이 발생한다.

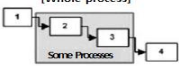

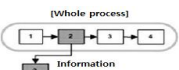

Table 1. Existing studies introducing ICT in construction management

Function	Researcher	Thesis of Research
Management of labor	Choi et al. [6]	Developed a prototype application to manage integrated labor information with a single card by attaching a QR code that can be recognized as a smartphone application to the existing RFID outsourcing management system.
	Kim et al. [7]	Analyzing the characteristics of Beacon technology in the labor and safety management of the construction site, and investigating trends in the construction industry to derive development potentials and limitations.
	Suh et al. [8]	Using smart devices with high penetration rates at home and abroad, the article provides efficient corrective action plans that can be used from the reception of defects to the completion stage.
Management of quality	Lee et al. [9]	The article provides a method to effectively search various types of quality check and defect prevention information which are scattered and stored before or during the quality inspection in the field.
Management of lift	Shin and Kwon [10]	In order to increase the operational efficiency of the construction lift, management information is provided, and improvements are suggested for data storage and optimization operation.
	Bae et al. [11]	Develops operational information monitoring technology, which is a technology that can collect data about the operational information of the lift for the purpose of effective maintenance of the lift.
Management of logistics	Yoon et al. [12]	Propose equipment and systems capable of collecting and controlling entry and physical access of logistics vehicles, and validate the proposed equipment through prototype equipment development and lab testing.
	Choi et al. [13]	Develop systems and prototypes that address the problems of double work and information leakage when managing vehicles at construction sites, and allow administrators to perform the desired form of access control.

이러한 ‘업무-IT 단절현상’의 문제점을 업무 프로세스 관점에서 보면, 업무 프로세스가 시각화되지 않아, 업무와

악에 있어서 조직 및 담당자에 대한 의존도가 높고, 업무 처리를 위한 필요정보의 파악이 어려워, 업무파악을 위한 상당한 노력과 시간이 요구된다. 그리고 업무처리를 위해 각 업무별 필요한 정보별로 시스템에 개별적으로 접속해야 하며, 업무수행 후 정보의 분실 및 누락의 문제가 발생하는 것으로 파악되며, 문제점을 정리하면 다음 Table 2와 같다[14].

Table 2. Issues attributed to the business-IT separation

Problematic task	Contents of problem
 <p>Confirmation of work</p>	<p>High reliance on organization and staff in work identification.</p>
 <p>ICT system connection</p>	<p>The system shall be accessed individually for each information in the work.</p>
 <p>Search for required information</p>	<p>Efforts and time are required to retrieve necessary information for work.</p>
 <p>Sending information to stakeholders</p>	<p>Lost and missing information while sending.</p>

2.3 IAMB 모델링 방법론

건설현장은 시공업무(예, 콘크리트 타설, 자재양중, 노무자 작업수행 등)와 관리업무(예, 품질검사, 양중조정, 자재검수 등)가 동시에 수행된다. 이때, 병렬 실행되는 프로세스 간에는 공정, 노무, 자재 등에 관한 기본정보, 계획, 관리 및 실적정보가 유통된다. 즉, 관리 프로세스에서 시공수행 전 계획정보를 작성하면, 시공 프로세스에서 기 작성된 계획정보를 사용하여 공사를 진행하며, ICT를 사용하여 실적정보를 수집 및 가공하여 다시 관리 프로세스로 환류시킨다. 이렇게 복잡하게 실행되는 시공 프로세스에 ICT가 도입된 구조적 특징을 규명 및 추적하기 위해 IAMB 모델링이 효과적으로 적용될 수 있다.

IAMB 모델링은 Figure 3과 같이 시공단계 업무를 3가지 프로세스(관리, 시공 및 정보)로 구분하여 정의하여, ICT가 적용되는 대상, ICT를 사용하는 주체 및 ICT가 적용되는 단계를 표현한다. 또한, 각 프로세스에서 수행되는 활동 및 기능을 박스로 표현하여, 상자와 상자 사이를 각 상황에 맞는 화살표로 연결함으로써, 업무와 정보 흐름을 명시적으로 정의한다. 이 모델링 규약으로 인하여, 정보의 원천(누가, 어디에서), 흐름(언제, 어디로), 가공(어떻게)에 대하여 명시적으로 제시할 수 있으며, 전체 ICT 적용 상황 및 효과를 체계적으로 인식하고 규명할 수 있다.

3. 사례조사를 통한 ICT도입 유형도출 및 효과분석

3.1 사례조사대상 및 IAMB 모델링

본 연구는 ICT 도입실태를 확인하기 위해 Table 3에 제시된 10개의 현장을 중심으로 면담조사를 수행하였다.

Table 3. Project cases introducing ICT to construction process

Scope of work	Introduced systems	Applied ICT	Company
1 Labor management	Labor control system	PC, ICcard, Reader	Kazima (Japan)
2 Construction workers management system	Construction workers management system	PC, ICcard, Reader	Takenaka (Japan)
3 Finishing inspection system	Finishing inspection system	PC, Bar-code, Reader	Takenaka (Japan)
4 Quality management	Finishing work management system	PC, Bar-code, Reader	Fujita (Japan)
5 Finishing work check system	Finishing work check system	PC, PDA	Takenaka (Japan)
6 Quality/Schedule management	Construction management system	PC, ICcard, Reader, PDA	Shimizu (Japan)
7 Lift management	Vertical transportation control system	PC, ICcard, Reader, Sensor	Takenaka (Japan)
8 Material transportation management system	Material transportation management system	PC, ICcard, Reader, Sensor	Tokyu (Japan)
9 Lift/Logistics management	Logistics planning and management system	PC, Bar-code, Reader, Sensor	Taisei (Japan)
10 Logistics Management	Materials control system	PC, Bar-code, Reader	Obayashi (Japan)



Figure 3. The IAMB modeling component and definitions in process layers

면담 대상자는 관리업무 담당자 및 ICT 기술자를 대상으로 5년에서 20년의 경력을 가진 총 31명을 대상으로 한다. 인터뷰 내용은 도입배경 및 목적, 적용단계, 적용장소, 사용자, 장치구성, 기능 및 운용방법, 효과 등을 포함한다. 인터뷰 조사내용을 바탕으로 IAMB 모델링으로 분석하여, ICT가 도입된 구조적 특징(사용주체, 정보 흐름, 이용단계 등)을 명시하였으며, Table 3-No 2와 Table 3-No 7의 사례를 IAMB 모델링 방법으로 나타내면 다음 Figure 4 및 Figure 5와 같이 명시할 수 있다.

시공 프로세스에 ICT를 도입하는 목적은 관리기능 단위에 도입되어 정보입출력 시간단축, 정보 누락방지, 참여자 간 정보공유 등 정보처리업무 효율화, 업무 낭비요소 배제, 안전한 작업수행, 부재조달 최적화, 적절한 인력배분 등을 지향하여 결국 생산성 향상을 달성하는 것이다. 반면 예비고찰에서 언급하였듯이 현실은 본래 도입목적과 괴리가 발생한다. 따라서 실제 건설현장에 도입된 사례를 조사함으로써 ICT 도입의 실태를 확인하는 것은 중요한 의미가 있다. 간 정보공유 등 정보처리업무 효율화, 업무 낭비요소 배제, 안전한 작업수행, 부재조달 최적화, 적절한 인력배분 등을 지향하여 결국 생산성 향상을 달성하는 것이다. 반면 예비고찰에서 언급하였듯이 현실은 본래 도입목적과 괴리가 발생한다. 따라서 실제 건설현장에 도입된 사례를 조사함으로써 ICT 도입의 실태를 확인하는 것은 중요한 의미가 있다.

3.2. ICT 도입 형태에 따른 유형 도출

3.2.1 유형 도출 의의 및 방법

시공 및 관리 프로세스에 ICT를 도입하는 것은 프로젝트 참여주체 간 정보처리 업무기능(정보의 입력, 가공, 전달, 출력 등)을 효율화시켜 생산성 및 효율성을 향상시킨다. ICT 도입유형이 유사하면 발현되는 효과 역시 유사하다. 예를 들어, 마감공사 품질관리용 프로세스와 철근공사 품질관리용 품질관리에 채용되는 PDA는 각각 마감 재검 사정보와 철근조립검사정보를 원청업체 품질담당자가 제공하는 ICT로서 그 도입유형이 동일하며, 그 도입효과도 현장품질정보 취급의 편리성이라는 유사효과를 달성한다. 반면, 이용주체 혹은 사용시점이 달라지면 ICT 도입효과도 그에 수반하여 달라질 것이다. 분명, ICT 도입효과는 ICT가 도입되는 형태 발현에 차이가 있기 때문에 유형을 분류

할 필요가 있다. 예비고찰에서 소개한 IAMB 모델링은 누가, 무엇을, 어떻게, 어떤 순서로 업무 프로세스를 진행하는지 명시적으로 표현하며, 본 모델링으로 업무 프로세스에 ICT가 도입된 형태에 따라 유형을 분류하기에 적합하다. 유형도출을 위한 속성은 다음 Figure 6에 제시되며, 상세 속성들은 다음과 같다.

1) 활동조직/주체(Agent) 속성

도입된 ICT를 사용하는 주체에 따라서 효과가 달라진다. 예를 들어, Table 3-No.3에서는 원청업체 품질담당자가 ICT를 사용하지만, Table 3-No.7에서는 원청업체 양중관리 담당자, 하청업체 및 양중리프트 운전담당자가 함께 관여한다. 이 경우, ICT 도입 효과의 수혜자가 원청업체만인지, 작업을 수행하는 하청업체 및 리프트운전자가 동반되는지 규명해야 한다. 본 연구는 시공단계에서 직접 생산에 이용되는 ICT가 대상으로 발주처, 감리자 및 컨설팅업체 등은 배제하였다.

2) ICT가 도입되는 대상(Tool) 및 장소(Site) 속성

ICT 도입은 현장운행을 동반하는 기계설비(예, 양중기 및 타워크레인 등)의 작업정보를 취급하는 경우와 기계설비와는 관계없이 현장을 순시하면서 시공 상태 등의 관리정보를 취급하는 경우로 구분된다. ICT가 어떤 정보를 어디서 이용하는가에 따라 도입 효과가 다르다.

3) 작업 단계(Phase) 속성

ICT가 언제 어느 단계에서 적용되는지 명시하는 속성이며, 어떻게 도입되는가에 따라 효과가 달라진다. 예를 들어, Table 3-No.2에서 사전준비단계에서 기본정보 작성 및 시공정보수집이 수행된 반면, Table 3-No.10에서는 시공계획단계에서 기본정보 작성, 시공계획 작성 및 조정업무가 수행된다. 이 경우 ICT 도입 효과가 어느 단계의 어떤 업무에 발생되는지 규명해야 한다.

3.2.2 ICT 도입 유형

3.1절에 제시한 것처럼 IAMB 모델링을 사용하여 사례 ICT 시공업무 프로세스에 의해 발현되는 특징은 Table 4처럼 4가지 유형으로 분류된다.

이들 유형은 1) 원청업체만이 관여하여 시공업무 중 사전준비 및 시공단계에서 현장상태 등의 관리정보를 취급하

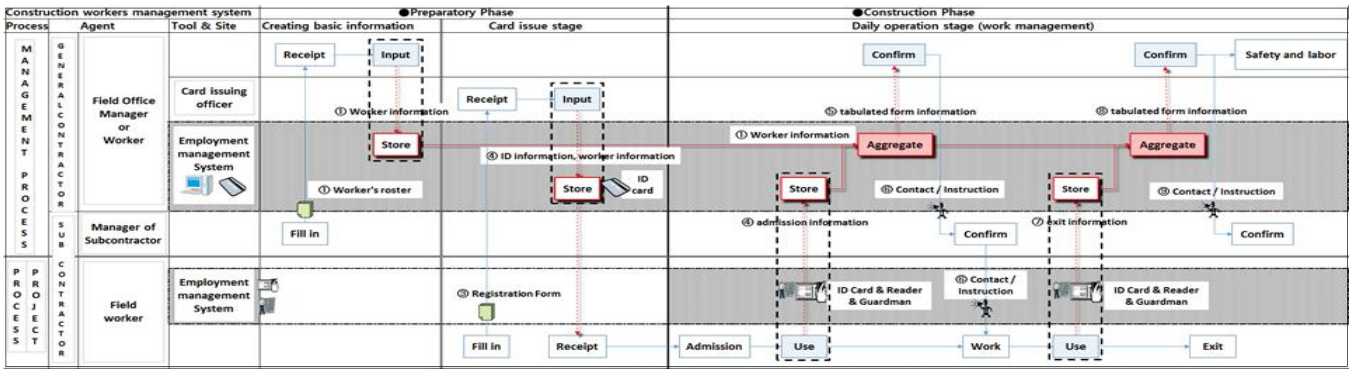


Figure 4. Construction processes using IAMB modeling <Case - No.2>

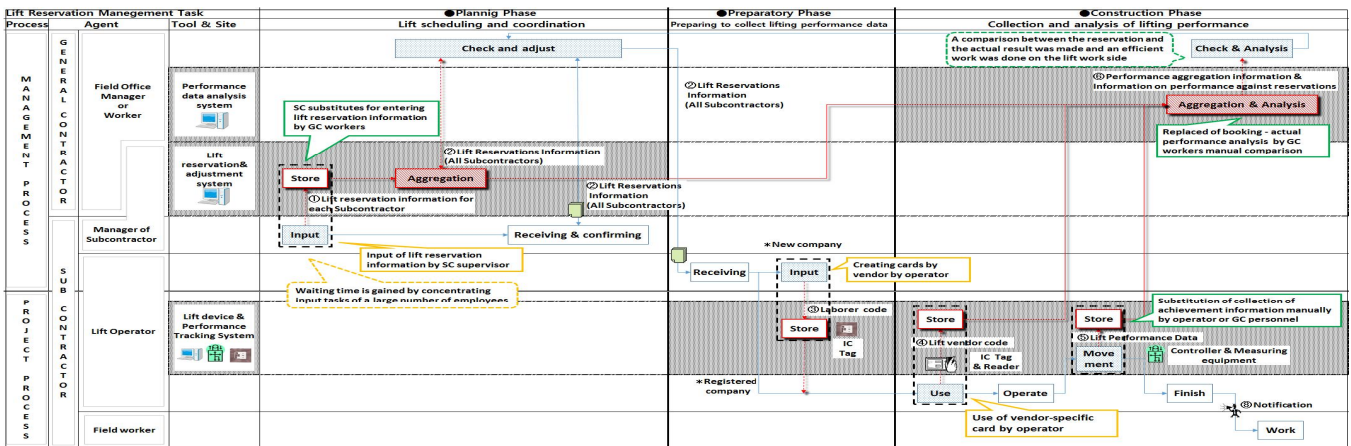


Figure 5. Construction processes using IAMB modeling-effects display version- <Case - No.7>

Table 4. Types of ICT implementation derived from analysis of each case

Type	Information mainly handled	Agent ^{a)}	Phase	Case
A	Management information	GC	Preparation & Construction	3,4,5,6
B		GC & SC		1,2
C	Management information and machine operation information	GC & SC & OP	Planning & Preparation & Construction	9,10
D		GC & SC & OP		7,8

a) GC-General Contractor, SC-Sub Contractor, OP-Operator

는 유형(A 타입); 2) 원청업체 및 전문공사업체가 관여하여 사전준비와 시공단계에서 현장상태 등의 관리정보를 취급하는 유형(B 타입); 3) 원청업체 및 전문공사업체가 관여하여 현장상태 등의 관리정보를 취급하며, 시공계획 단계부터 사전준비 및 시공단계까지 사용되는 유형(C 타입); 그리고 4) 원청업체 및 전문공사업체, 기계설비 운전수가 관여하여 관리정보 외에 직접 현장에서 작업을 동반하는 기계설비의 작업정보를 취급하면서 시공계획 및 사전준비,

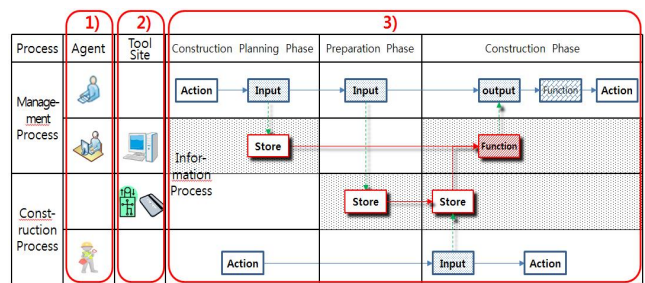


Figure 6. Properties for derivation of ICT introduction types

시공단계에서 사용되는 ICT 도입 유형(D 타입)이다. 예를 들어 Figure 4의 2번 사례는 ICT가 적용된 시공준비 및 시공단계에 검정색 망으로 표시되고, 참여주체가 종합건설업체와 전문공사업체이며, 취급정보는 노무관리 정보이기 때문에 B타입이다. Figure 5의 7번 사례는 ICT가 적용된 시공계획, 시공준비 및 시공단계에 검정색 망이 표시되고, 참여주체가 종합건설업체, 전문공사업체 및 리프트운전수이고, 취급정보가 양중계획/관리정보 및 양중실적 등 기계 운영정보이기 때문에 D타입이다.

3.3 ICT 기반 프로세스 도입의 효과분석

3.3.1 분석방법

ICT를 도입한 시공업무 프로세스를 IAMB 모델링으로 명시한 후 ICT가 도입되는 유형별로 어떠한 효과가 나타나는지 다음 3단계 순서로 분석을 수행한다. 첫 번째는 각 사례의 효과를 규명하는 단계이다. 실제 ICT를 도입한 현장으로부터 사례 데이터를 수집하기 위해 방문인터뷰를 수행하여 Figure 5와 같이 IAMB 모델링의 해당 부분에 표기한다. ICT 도입으로 인한 긍정적 효과 및 부정적 결과를 모두 파악하여 기록하였다. 두 번째는 각 ICT 도입유형별로 효과를 분석하는 단계이다. 각 유형별 사례들로부터 Figure 7과 같이 공통 혹은 개별적으로 특수하게 발견되는 효과로 구분하여 집계하여, ICT 도입영향이 미치는 업무 및 단계를 규명한다. 셋째는 각 유형 간 효과를 비교분석하는 단계이다. 각 유형별로 수행한 ICT 도입효과를 3가지 차원(예, 관계주체, 취급정보, 도입단계)을 사용하여 Figure 8과 같이 비교분석한다. 이는 시공업무 프로세스에 ICT가 도입되는 형태의 차이에 기인하는 효과의 추세를 제시한다.

3.3.2 ICT 도입 유형별 효과 분석 결과 및 고찰

ICT 프로세스 도입으로 발견되는 긍정적 효과 및 부정적 결과를 프로젝트 생애주기별로 분석하면 Table 5와 같이 정리된다. 요약하면, 1) ICT 도입으로 긍정적 효과의 수혜를 받는 대상은 주로 원청업체이고, 2) 긍정적 효과의 대부분은 정보처리업무의 자동화, 외주 및 정보의 일관성 확보와 관련되며, 3) 부정적 결과는 원청업체에 발견되는 경우보다 주로 하청업체에 표출되고, 4) 부정적 결과의 대부분은 정보의 입력, 처리, 가공, 변환 및 분석과 관련된 정보처리업무에서 기인하는 비용발생 및 번거로움과 직결된다.

3.3.3 ICT 도입효과 비교고찰

ICT 도입효과는 Table 6에 제시된 것처럼 3가지 차원, 즉 참여주체, 취급정보 및 도입단계 별로 ICT가 발현하는 효과와 이 차원들 간의 상관관계를 제시한다. 참여주체를 차원으로 분석하면, 이들 주체 간 역할분담 문제는 위임누적으로 인한 부정적 결과가 하청업체에 나타나는 경향이 있으며, ICT 도입비용, 사용상의 번거로움 및 법적 문제 등 효과의 상반성이 발생한다. 취급정보를 차원으로 분석

Table 5. Favorable vs unfavorable effects attributed to introducing ICT processes in different project phases

Phase	Positive effect (type, stakeholders*)	Negative effect (type, stakeholders)
Planning	Consistent use of input information (C, GC) Outsourcing of plan information input (D, GC) Automatic processing of planning information (C, GC), (D, GC)	Trouble of creating basic information (C, GC), (D, GC) Manual input of plan information (D, SC) Lack of plan output capability (C, GC)
Pre-Construction	Outsourcing of basic information creation (A, GC) Outsourcing of construction information gathering preparation (A, GC)	Trouble of creating basic information (B, GC) Trouble to prepare construction information collection (C, GC), (D, GC)
Construction	Outsourcing of actual data collection (B, GC), (C, GC), (D, OP/GC) Automation of actual data collection (D, OP/GC) Automatic aggregation&analysis of actual data (A, GC), (B, GC), (C, GC)	Trouble of collecting actual data (B, SC), (C, SC), (D, SC) Manual analysis of actual data (B, GC), (C, GC)

* GC-General Contractor, SC-Sub Contractor, OP-Operator

Figure 7. Effects of each type of ICT introduction (for B type)

Phase	Business work	Tool function	Agent	Object	Type of effect	Common effect	
						Contents of the effect	Remarks
Preparation	Creating basic information	Input	GC	GC	Negative	Manual labor	
	Construction						
	Processing of collected data	Processing	Tool	GC	Positive	Automatic totalization in real time → timely communication and directive	Instantaneous transmission of collected information
Phase	Business work	Tool function	Agent	Object	Type of effect	Noncommon effect	
						Contents of the effect	Remarks(Case No.)
Preparation	Creating basic information	Input	GC	GC	Negative	Need to receive information from subcontractor	(No.2)
	Preparation for construction information collection						
Construction	Collection of actual data	Input	GC	GC	Positive	Information gathering preparation work disappears (central control of experts)	Exclusive employment(No.2)

Table 6. Comparative analysis of favorable and unfavorable effects

Axis	Positive effect	Negative effect
Subject	<ul style="list-style-type: none"> Limited to GC and OP Exception) Guardman (The problem of ①, ② has been resolved) 	<ul style="list-style-type: none"> Negative impact is attributed to the problem of role sharing among subjects ① There is a tendency to be left to subcontractors ② There is a conflict at burden of cost and labor
Handling Information	<ul style="list-style-type: none"> Limited to GC and OP Effective in GC by outsourcing of construction information gathering preparation Effective in GC and OP by outsourcing of actual data collection 	<ul style="list-style-type: none"> Limited to SC and OP Burden of SC and OP due to labor of preparing construction information collection Burden of SC and OP due to labor of actual data collection
Phase	<ul style="list-style-type: none"> Collection of performance data during construction phase is evaluated well It becomes negative depending on who is responsible for labor and cost 	<ul style="list-style-type: none"> Data creation and input labor in the planning / preparation phase Tendency that SC takes burden of labor and cost one-sidedly

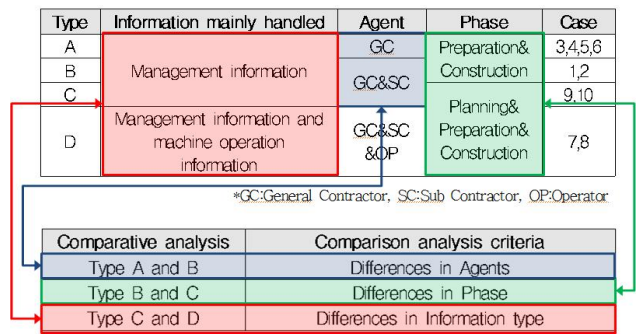


Figure 8. Comparative analysis of effects between types

하면, 정보처리업무의 외주화로 인해서 원청업체 또는 기계/설비 운전수에게 긍정적 효과가 발현되는 반면, 하청업체 또는 기계/설비 운전수에게 도입비용 및 사용상의 번거로움이라는 부정적 결과가 부담으로 발현되는 것으로 분석된다. 도입단계를 차원으로 분석하면, ICT 도입에 기인하는 비용 및 업무의 번거로움을 부담하는 주체가 누구냐에 따라서 ‘효과의 상반성’이 존재하며 결국 참여주체 간 역할분담의 문제로 귀결되는 것으로 판단된다.

상기 비교분석을 요약하면, 원청업체에 발현되는 긍정적 효과는 하청업체 또는 기계설비 운전수에게 부정적 부담을 초래하는 ‘효과의 상반성’ 경향이 확인된다. 예를 들어 Table 3-No.7 양중관리사례에 제시된 것처럼, 양중기 사용 계획 작성 프로세스에 ICT를 도입하는 것은 원청업체의 공정관리자 (또는 양중관리 담당직원)가 수행하던 정보입력 부담을 각 하청업체 관리자들이 직접 입력하도록 위임/조정한다. 해당 업무를 원래 수행하던 원청 직원은 업무를 하청업체에 위임함으로써 업무 부하를 줄이는 반면, 하청업체는 해당

업무를 위임받아 수행함으로써 업무 부담이 증가하게 된다.

4. ICT 도입 최적화를 위한 전문가의견 고찰

본 장에서는 건설시공 프로세스에서 ICT 도입 최적화 방안을 제시하고자 건설관리 연구자, 현장 실무자, 종합건설회사 ICT 부서 실무자 각 2명으로 구성된 총 6명의 전문가 집단을 대상으로 면담을 실시하였다. 면담 진행방법은 본 연구의 취지 및 사례조사결과, ICT 도입 효과분석에 대한 설명 후, 각 전문가의 의견을 청취하고 상호 의견을 조율 및 수렴하는 방식으로 진행하였다. 전문가 면담을 수행한 결과, 프로젝트 참여주체 및 작업 단계별로 긍정적 효과 및 부정적 결과가 상반되는 특성, 즉 ‘효과의 상반성 (Conflict Effect)’의 발생이 확인되었다. 원청업체는 이러한 상반성이 장기간에 걸쳐 프로젝트 성과에 영향을 주기 때문에 하청업체에 부가되는 편무적인 부정적 부담을 해소하는 것이 절실함을 인지하고 있는 것으로 고찰된다. 또한, 효과적으로 ICT를 시공 및 관리 프로세스에 도입하여 생산성 및 효율성을 향상시키기 위해서는 다음 4가지 주요사항들을 규정 및 정리하도록 추천되었다.

첫 번째 사항은 ICT 도입 패키지를 명확히 정의하는 것이다. 이는 프로젝트 참여주체들 간에 책임, 권한 및 역할 분담을 명료하게 하여 갈등의 발생을 경감시킬 수 있다. ‘효과의 상반성’은 위임이 누적되어 주로 하청업체 측에 나타나는 경향이 있다. 예를 들어 ICT를 도입한 하도급 계약 프로세스는 사용상의 번거로움 및 법적 문제 등이 편무적으로 하청업체 부담으로 고스란히 남겨지기 때문에 이러한 이슈를 해소하기 위해서는 처음부터 ICT 도입 패키지에 관해 다음 사항들을 정의하는 것이 바람직한 것으로 규명되었다. 첫째, ICT 도입에 따른 수혜자를 명문화하는 것은 협력업체에게 책임만 위임된다는 부정적 의식에서 전환하여 긍정적 효과를 수혜받고 있음을 인식하게 할 수 있다. 둘째, 특정 ICT 기반 프로세스의 각 작업(task)을 실행할 때 관련 정보를 입력, 가공 및 저장할 책임을 지닌 주체가 누구인지, 협력업체에게 위임 가능한 업무 범위가 어디까지인지, 오류 발생 시 책임주체(예, 원청 혹은 하청)가 누구인지 명확하게 하는 것은 ICT 도입과 관련된 책임 및 권한의 범위를 명확하게 하는데 기여한다.

두 번째 사항은 ICT 도입 패키지 안에 ICT 도입 부담주체를 주 수혜자인 원청업체로 명시하는 것이다. 전문가 면

담결과에 의하면 시공 및 관리 프로세스에서 ICT를 도입 함으로 인한 주 수혜자는 원청업체이며, ICT 도입에 수반 되는 비용부담 및 사용상의 책임 등 부정적 결과는 하청업체 측에 전가되는 실태가 확인되었다. 이는 상생 협력문화를 저해하며, 주 수혜자인 원청업체가 정당하게 책무를 다 할 필요가 있음이 관찰된다. 원청업체 측 책무로 다음 항목을 포함하는 것이 필요하다는 의견이 제시되었다. 하청업체 측 현장사무소에 해당 ICT 기반 시스템의 운영과 관련하여 원청업체 본사로부터 지원(예, 비용, 시스템 엔지니어 등)하거나, 원청업체가 비용을 부담하지 않을 경우, 전가된 주체에게 인센티브 가점을 부여하는 대안이 의견으로 제시되었다. 원청업체는 이러한 방법으로 ICT 도입 부담을 정당하게 취급함으로써 해당 건설공사의 품질 안전문화에 기여할 수 있다는 인식을 가져야 할 것으로 고찰된다.

세 번째 사항은 ICT의 실행기능을 향상시켜 관련주체의 실무부담을 저감 시키는 것이다. ICT 프로세스의 실행성능을 향상시키는 것은 하청업체가 느끼는 편무적 부담을 경감 및 해소시키는 방법이다. 참여주체들은 ICT 도입으로 인한 부정적 결과로서 정보입력 및 가공 시 발생하는 번거로움을 호소한다. 따라서 ICT 프로세스의 실행성능을 향상시켜 편무적 부담을 해소하기 위해 다음 사항들을 고려하는 것을 추천한다. 첫째, 관련주체에게 ICT 도입 부담을 최소로 부가하기 위해 맨-머신 인터페이스(Man-Machine Interface)를 보다 정교하게 설계하고, 둘째, 건설시공 및 관리업무를 표준화하며, 셋째, ICT 도입 시 산업표준(Industry standard)을 채용하거나, 가능하지 않다면 ICT 사용법에 관한 훈련을 통해 활용능력을 향상시켜 업무부하를 경감시키는 것이 바람직한 것으로 분석된다.

마지막 사항은 업무 프로세스 실행에 의해 생성되는 프로세스 정보들을 일관성 있게 이용하는 것이다. 정보의 일관성을 유지하는 것은 기본정보를 작성 및 입력하는 번거로움을 경감하는데 기여한다. 이를 위해 타 조직이 실행한 업무 프로세스에서 생성된 정보를 수평 전개하여 이용하거나, 동일 시공관리업무 프로세스에서 후속 프로세스로 수직 전개하여 정보를 전달하는 것도 중요하다. 정보의 일관성 유지를 위해 다음 두 사항들을 정비하는 것이 필요하다. 첫째, 정보관련 인프라(Infrastructure)를 정비하는 것은 정보의 일관성을 유지하면서 정보를 전달하는데 부담이 없도록 기여한다. 다른 관리업무 및 타조직 선행 프로세스에서 정보를 입수했다라도 정보입력 시 번거로움

등 부담이 생기면 부정적 결과를 야기한다. 둘째, 데이터 형식 및 정보 내용을 표준화하는 것이다. 정보를 후속 공정 및 차 관리 프로세스에 연계하여 이용하는 경우 데이터 형식 및 내용과 관련해서 호환성이 확보되지 않으면, 추가적 정보변환 소프트웨어 및 서비스 사용으로 인해 비용부담이 발생한다.

5. 결 론

지난 고도성장 시대에 건설산업은 인프라 확충 및 일자리 창출로 세계 각국의 경제에 크게 기여해 왔으나, 경제 환경 변화(예, 인구감소 및 인프라 수요감소 등)와 누적된 구조적 고용시장 모순(예, 기술력 부족, 노동자 고령화, 고임금화 등)으로 위기가 심화되고 있다. 이러한 이슈들에 대한 대응책으로 건설 분야에 자동화 및 지능화 등 4.0 핵심기술들을 융합하여 건설 기술 및 프로세스를 혁신하는 문제가 중요한 현안으로 대두되고 있다. 본 연구는 실제 시공현장 직무에 ICT를 활용한 사례들을 ICT 도입형태(예, 사용자, 정보흐름, 이용단계 등)에 따른 정보처리절차를 유형화하여 특징을 분석하였다. IAMB 모델링을 활용하여 ICT 업무 프로세스를 명확히 규명하고, 프로세스 유형 간 비교를 수행하여 ICT 도입 효과를 도출하였다. 또한, ICT 도입이 프로젝트 참여주체 간 긍정적 및 부정적 결과가 상반되는 특성, 즉 'ICT 도입 효과의 상반성'이 관찰되어 이러한 갈등을 해소하고 참여주체 간 ICT 도입 효과를 최적화하기 위한 방향성을 제시한다. 이는 ICT 도입으로 인해 협력업체에 편무적으로 부과되는 부담을 경감하는데 기여하며, 프로젝트 참여자들 간 상생 협력문화를 기반으로 효율적인 시공 프로세스를 증진시켜 생산성 향상을 달성하는데 기여할 것으로 기대된다. 본 연구는 건설기업들의 ICT 관련 연구개발 및 투자와 관련하여 방향성을 제시하는데 기여할 것으로 판단한다.

요 약

본 연구는 시공 및 관리 프로세스의 생산성 및 효율성 향상을 위해 ICT를 적용한 실제 프로세스 사례들을 "IAMB" 모델링 기법으로 명시하여, 시공업무의 어떤 단계를 ICT가 대체하며 ICT 도입 특징 및 ICT 도입이 업무 프로세스에 끼친 결과를 분석하였다. 10가지 실제 사례를 분석한 결과, ICT 도입 특징은 ICT의 종류, ICT에 관계하는

주체, ICT가 적용되는 단계에 따라 4가지 유형으로 분류되었다. 각 유형을 분석한 결과, 업무 프로세스에 끼친 긍정적 효과는 주로 정보처리업무의 자동화, 외부위탁 및 일관성 있는 정보취급이었으며, 그 대상은 대부분 원청업체로 규명되었다. 반대로 부정적 결과는 주로 정보의 입력 및 집계 등에 대한 수작업 및 이중 작업의 발생으로 인한 번거로움이었고, 그 대상은 간헐적으로 원청업자 및 빈번히 하청업자가 분포되었다. 정보처리업무의 외부위탁 등으로 주로 원청업체가 긍정적 효과를 수혜하는 반면, 하청업체는 비용과 번거로움을 편무적으로 부담하는 경향을 나타내었다. 이상과 같은 분석을 바탕으로, 시공업무에 ICT 도입 시, 다음과 같은 내용을 고려해야 할 필요가 있음이 규명되었다. 첫째, ICT 적용 패키지를 명시적으로 정의할 필요성. 둘째, 비용 등에 관해서 ICT 적용 시 주 수혜자인 원청업자가 정당하게 비용을 부담하는 것을 명시하는 것의 필요성. 셋째, ICT의 실행기능을 향상시켜, 실제 편익을 극대화하여 부담을 상쇄할 필요성. 넷째, 업무 프로세스에서 일관성 있는 정보활용의 필요성 등이 제기되었다.

키워드 : 정보통신기술, 시공 프로세스, 정보추적 모델링, 최적화

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (No. NRF-2018R1A5A1025137)

References

1. Lee EM, The fourth industrial revolution and changes in industrial structure, *ICT & Media Policy*, 2016 Aug 16;28(15):1-22.
2. Go TY, Study on evaluation of information technology application impact in construction management / implementation process [thesis of doctoral], [Tokyo (Japan)]: University of Tokyo; 2015, 183 p.
3. Lim HC, Han DK, Jeong HW, Analysis of the information technology supporting index for project management, *Journal of the Regional Association of Architectural Institute of Korea*, 2013 Jun;15(3):163-70.
4. Go TY, Lim TK, Lee DE, Construction process modelling method improving the traceability of ict applications, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2019 Jan;20(1):114-23.
5. Kanba K, Watanabe K, Development of collision prevention system (alarm system) of crawler crane using gps, *Construction machinery and equipment*, 2009 Oct;45(9):33-5.
6. Choi YG, Yoon SW, Chin SY, Integrated manpower information systems on construction site -Using rfid and qr-code-, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2011 Jul;12(4):106-16.
7. Kim IC, Jung CW, Kim BJ, Kim BJ, Oh HJ, Chin SY, Trends and prospects of development of the beacon technology of labor and safety management in construction site, *Proceedings of Korean Institute of Building Information Modeling Annual Conference*; 2016 May 27; Seoul, Korea, Seoul (Korea): Korean Institute of Building Information Modeling.; 2016, p. 93-4.
8. Suh JI, Lee JW, Lee JH, Kim YS, The effective process of apartment housing defect management using smart device, *Journal of Korean Institute of Building Information Modeling*, 2012 Dec;2(2):27-36.
9. Lee HR, Cho DH, Park SH, Koo KJ, Nexus based quality inspection support model for defect prevention of architectural finishing works, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2017 Sep;18(5):59-67.
10. Shin JH, Kwon SW, Development of optimum construction lift operation system using sensing information for high-rise building, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2013 Sep;14(5):153-63.
11. Bae JH., Soh JY, Lee JB, Han CH, Analysis of operating performance of construction lift using monitoring sensor, *Proceedings of Korean Institute of Construction Engineering and Management Annual Conference*; 2013 Nov 9; Yongin, Korea, Seoul (Korea): Korean Institute of Construction Engineering and Management; 2013, p. 125-6.
12. Yoon SW, Song JH, Shin TH, Chin SY, A gate sensor for effective and efficient entering / taking management of vehicles for construction logistics, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2010 Jan;12(1):85-96.
13. Choi, JK, Lee MC, Kim NH, Chin, SY, Vehicle management system of entrance and exit of construction site using qr-code, *Proceedings of Korean Institute of Construction Engineering and Management Annual Conference*; 2017 Nov 17; Seoul, Korea, Seoul (Korea): Korean Institute of Construction Engineering and Management; 2017, p. 25-6.
14. Lee JW, Song YW, Choi YK, A study of relevant model of information management system based on business process for embodying bpm on construction company, *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, 2009 Nov;10(6):13-27.