

진도관리 자동화를 위한 자료수집기술(DAT) 선정 방법

Data Acquisition Technology (DAT) Selection Algorithm for Automated Progress Measurement and Management

강 승 희*
Kang, Seunghee

정 영 수**
Jung, Youngsoo

Abstract

Progress measurement provides project participants with valuable information in terms of 'current status', 'corrective countermeasure', and 'forecast of future risks'. However, the managerial effort (or workload) required to acquire and maintain detailed progress data has been the major barrier to practical implementation. Even though recent efforts in utilizing data acquisition technologies (DATs) have actively attempted to automate the progress measurement process, previous DAT research has only been focused on limited construction tasks or selected technologies. This paper proposes a DAT selection algorithm that automatically assign an appropriate DAT for every commodity item for an entire construction project. Five different criteria were identified and developed in order to comprehend specific requirements for automating the progress measurement of each commodity group. A case-study and also a survey from practitioners were conducted in order to validate the proposed methodology.

Keywords : *Schedule control, Progress Measurement, Automation, Sensing, DAT (Data Acquisition Technology)*

1. 서론

건설 프로젝트에 있어 가장 대표적인 성과측정 요소는 일정, 비용, 그리고 품질이다 (Alarcon and Ashely 1996; Jung & Kang 2007). 이러한 요소를 측정하고 분석하는 공통요소로서 '진도관리'는 건설 프로젝트 진행과정의 현황 파악과 만회대책, 그리고 문제예측을 위한 정보를 제공함으로써 프로젝트 수행을 위한 핵심업무이다.

그러나 진도관리를 위한 건설현장의 자료수집 및 분석에는 다대한 노력이 요구되며, 이러한 노력에 수반되는 간접경비의 부담이 체계적인 진도관리의 장애요인이 되고 있다 (Rasdorf and Abudayyeh 1991; Jung and Gibson 1999; Jung and Woo 2004). 특히 상세한 진도측정을 통해 축적된 자료는 당해 프로

젝트 관리 뿐 아니라, 향후 프로젝트 수행을 위한 가장 중요한 자료가 됨을 인지하면서도 이를 위한 포괄적인 투자 대비 효율에 대하여는 의문을 갖는 것이 일반적인 견해이다.

따라서 진도관리의 업무부담을 줄이기 위한 노력이 지속되어 왔다. 이전에는 주로 진도율 산정방법 또는 업무절차 개선을 중심으로 이루어져 왔으나, 근래 자료수집기술 (Data Acquisition Technology, DAT) 발전은 새로운 가능성을 제공하고 있다. 그러나 지금까지 건설사업의 DAT 활용연구는 대부분이 특정기술 (예, RFID, GPS, 3D Scanner 등) 또는 특정공종 (예, 터파기, 거푸집 등)에 한정되어 이루어져 왔다 (서큰술 외 2010).

DAT가 건설사업관리 실무에서 적극적으로 활용되기 위해서는, 부분 공종에 대한 실험적 적용보다는 전체 공종에 포괄적 적용이 가능해져야 한다. 이러한 맥락에서, 본 연구에서는 포괄적

* 일반회원, 대한건설정책연구원 책임연구원, 공학박사, shkang@ricon.re.kr

** 중신회원, 명지대학교 건축대학 교수, 공학박사 (교신저자), yjung97@mju.ac.kr

인 진도관리 자동화 연구의 일환으로서, 건설사업 전체 공종에 DAT를 적용하기 위한 공종별 최적의 DAT 선정 방안을 제안하였다. 공종별로 적용할 DAT 선정의 기준은 진도측정의 실무기법 분석을 기반으로 하여 DAT의 특성을 최적화하는 것을 목표로 하였다.

연구목표인, 포괄적 공종에 대한 DAT 적용을 위하여, 1) 우선 진도측정 방법의 유형 및 특성을 분석하고, 2) 다음으로는 자동화된 진도측정을 위한 요소들을 도출하였으며, 3) 이를 바탕으로 한 공종별 DAT 선정방안을 개발하였다. 4) 제안된 방법론을 설명하고 검증하기 위한 도구로서 사례 프로젝트 적용과 함께 실무자 인터뷰를 실시하였다.

2. 진도관리 특성요소

일반적으로 건설사업의 진도(Progress)는 “노무량 또는 공사금액을 측정단위로 한 작업의 진척정도”를 의미한다 (Stokes 1978; Thomas and Mathews 1986). 우리나라에서는 공사금액을 측정단위로 한 진도율이 주로 활용되며 여기에는 “직접비용, 간접비용, 그리고 이윤”을 포함하여 전체비용에 대한 완성분의 비율로서 산정한다.

기성금액 관점의 진도를 보면, 조직 간의 계약적 의미를 가진 기성고(예; 발주자와 계약자 간의 기성기준)와 조직 내부의 성과관리를 위한 기성고(예; 내부 실행예산 기준 기성고)로 나누어 생각할 수 있다. 진도측정방법에 있어 큰 차이는 없으나, 혼동을 방지하기 위하여 본고에서는 후자인 조직내부의 성과 관리용 기성고(이하, 실행기성고)를 중심으로 고찰하였다.

‘실행기성고’는 원가관리 뿐 아니라 공정관리에서 기본자료로 활용된다. 즉 원가관리에서는 현시점까지의 투입원가와 비교하기 위한 평가기준으로 쓰이며, 공정관리에서는 각 액티비티의 현재 공정을 수치가 바로 액티비티별 실행기성고의 백분율이 된다. 이러한 맥락에서 영문으로 실행기성고는 Budgeted Cost for Work Performed (BCWP)로 표현된다.

2.1 진도측정 방법 및 요소

진도측정의 방법은 매우 다양하나, Jung & Kang (2007)은 여러 문헌(Thomas & Mathews 1986; Flemming & Koppleman 1996; 이복남 1997)을 종합 분석하여, 완성물량 실측정 (Physical Measurement), 달성진도 인정법 (Earned Value), 추정진도 측정법 (Estimated Percent Complete)의 세 가지로 분류하고 특성을 비교하였다.

어떠한 진도측정 방법을 선택하더라도, 진도측정의 단위를 설

정함에 있어 기본 요소는 공종(Commodity)과 시설(Locator)로 대별할 수 있다 (Jung and Kang 2007). 참고로 시설의 의미는 ISO (1997) 건설정보분류의 시설(Facility), 공간(Space), 부위(Element)를 모두 포괄하는 것으로 정의하였다 (Jung & Joo 2011).

공종분류의 예로서는 가설공사, 토공사, 철근콘크리트, 조적 등으로 나뉘게 되며, 시설분류의 예는 1층, 2층, 기계실 등이다. 실무요건과 현장조건에 따라 달라지기는 하나 (정영수, 김희아 2011), 일반적인 진도측정 단위는 이러한 공종과 시설을 조합하여 구성한다 (예로서 1층 콘크리트 진도율). 본 연구에서는 이러한 공

표 1. 진도측정 요소 및 특성 (Jung & Kang 2007)

구분	방법	내용 (예)	
측정방법 ^a	완성물량 실측정	Physical Measurement	
	달성진도 인정법	Earned Value	
	추정진도 측정법	Estimated Percent Complete	
측정공종 (Commodity)	토공사 (312) ~ 도장공사 (099)	건축공사의 공종구분 (예: MasterFormat)	
	부위별 (10) ^b 실별 (20) 계단실별 (30) 구역별 (40) 단위 층별 (50) 다수 층별 (5x) 에셋블리별 (58) 건물별 (60) 공구별 (70) 프로젝트별 (80)	기둥, 보, 등 부위별 측정 설계상의 실별 측정 계단실의 수직 전체 측정 공간 또는 작업 Zone별 측정 1개 층씩 측정 (예: 1층 콘크리트) 2~3 층 또는 그 이상을 동시측정 선조립 부재 단위 (예, 철골의 절) 동별, 건물 전체 진도율 측정 공구단위 공통 항목 측정 사업단위 공통 항목 측정	
작업비중 ^b (연구사례) (Locator)	전체의 5% 이상 3%이상 5%미만 1%이상 3%미만 0.5%이상 1%미만 0.5% 미만	전체 비용에 대한 해당 공종 또는 작업의 비중	
	1주일 미만 1주이상 2주미만 2주이상 1월미만 1월이상 2월미만 2개월 이상	해당 작업의 표준 기간 (Locator로 분할한 기간)	
	작업 복잡성 ^b (연구사례)	1개 주요 작업, 부분기성 불인정 (A1) ^c	
		1개 주요 작업, 부분기성 인정, 밀집작업 (A2)	
		1개 주요 작업, 부분기성 인정, 분산작업 (A3)	
소수 주요 작업, 부분기성 불인정 (B1)			
소수 주요 작업, 부분기성 인정, 밀집작업 (B2)			
소수 주요 작업, 부분기성 인정, 분산작업 (B3)			
다수 주요 작업, 부분기성 불인정 (C1)			
다수 주요 작업, 부분기성 인정, 밀집작업 (C2)			
다수 주요 작업, 부분기성 인정, 분산작업 (C3)			
프리패브 현장설치, 밀집작업 (D1)			
프리패브 현장설치, 분산작업 (D2)			
간접비 및 관리비 성 작업 (E1)			

a 진도율 산정방법의 일반적 분류 (Jung & Kang 2007)
b 진도관리 지식화 연구에서의 분류 (Jung & Kang 2007)
c 괄호 안은 사례연구에서의 데이터베이스 분류코드

종과 시설의 조합을 통한 진도측정 단위를 Progress Measurement Package 또는 PMP (Jung & Kang 2007)로 정의한다.

2.2 진도측정 관리특성

앞서 서술한 진도측정 방법 및 단위 결정은 각 현장특성에 따라 결정하는 진도관리 상세도 및 정확도와 밀접한 관계를 가진다. 이러한 ‘방법 및 단위’ 결정을 위한 고려요소로서 각 진도측정 단위작업(PMP)의 “비중, 기간, 그리고 복잡성”을 들 수 있다 (Jung & Kang 2007).

비중은 전체 사업 실행예산에서 해당 단위작업의 금액비중을 의미한다. 따라서 비중이 큰 액티비티(또는 PMP)의 정확성은 전체 실행기성고 정확도에 큰 영향을 끼친다. 다음은 액티비티의 작업 기간(Duration)으로서 짧을수록 실행기성고 산정의 정확성이 높아지게 된다. 단위 액티비티의 비중과 작업기간은 작게 나눌수록 정확한 진도관리가 가능해 지는 반면, 관리노력은 기하급수적으로 늘어나게 된다. 따라서 진도관리 목표에 따라 상세도(Level of Detail)를 결정하게 된다.

마지막으로 작업의 복잡성은 한 액티비티 내에 포함된 실행예산 항목의 전체 개수, 주요 항목의 개수, 이들 작업의 밀집도, 부분 기성의 인정여부를 포함한다. 표 1에서는 이러한 요소들의 조합을 통하여 진도측정의 복잡성을 12개로 구분하여 정의하였다.

표 1에서 정의한 진도측정 요소와 특성을 체계화하고 정량화하면 진도단위(즉, 액티비티 또는 PMP)의 표준화 기반이 구축되며, 여기에 지식축적의 알고리즘을 적용함으로써 표준화된 진도단위(Standard PMP, SPMP)의 작성이 가능해진다 (Jung & Kang 2007). 본 연구에서는 이러한 표준화된 개념을 적용하여 사례분석을 수행하였다.

3. 진도관리 DAT 선정 방법

건설 현장에서 자료수집을 위한 도구로 Bar Code, RFID, GPS (GNSS), USN 등의 다양한 기술들의 적용방법이 연구되고 있다. 최근에는 디지털 카메라 등을 활용한 Machine Vision & Pattern Recognition (MVPR)의 건설분야 적용 연구도 활기를 띠고 있다.

이러한 건설분야 DAT 활용현황을 포괄적으로 조사한 논문(서큰솔 외 2010)에 의하면, 지금까지의 상당부분 연구가 공중관점에서는 철근콘크리트, 토공, 마감, 설비, 철골, 조적 공사 등의 단일 공종을 대상으로 하고 있으며, 기술관점에서는 RFID 또는 GPS의 개별 활용이 가장 많고, 측정대상 관점에서 보면 자재의

현장출입을 자동으로 측정하는 연구가 가장 비중이 높은 것으로 나타났다.

이처럼 특정 공종 또는 특정 기술을 대상으로 하는 연구는 활기를 띠고 있으나, 건설 현장 전 공종을 대상으로 하는 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다. 이러한 관점에서, 본 연구는 다수의 DAT 기술을 다수의 공종에 적용하는 것을 목적으로 기술 선정 방법론을 개발한다.

3.1 진도측정 DAT 특성 요소

본 연구의 목표인 현장 전체 진도측정 자동화를 위해서는 다양한 DAT가 함께 쓰여야 하며, 동시에 한가지의 DAT가 다수 공종에 활용되어야 한다. 따라서 각기 다른 공종에 어떠한 DAT가 쓰이는 것이 좋은 지를 결정하기 위해서는, 각 공종의 특성을 DAT 관점에서 분석하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 표 2와 같이, 진도측정을 위한 DAT 활용에 있어 기계적인 ‘측정대상’ (Object), ‘측정범위’ (Range), ‘정보유형’ (Information), 그리고 ‘자동화 수준’ (Automation)의 네 가지 독립적 요소와 이를 종합한 ‘적용 용이성’ (Viability)를 포함한 다섯 가지 요소를 도출하였다.

첫 번째 요소인 ‘측정대상’은 DAT가 자료수집을 위해 측정할 대상물을 의미한다. 자주 인용되는 사례로서, Navon and Goldschmidt (2003) 연구에서는 노무자의 위치를 추적하였으며, Navon and Shpatnisky (2005)에서는 장비의 위치를 추적하였다. 이처럼 측정대상은 노무자, 자재, 장비, 또는 문서가 될 수 있다.

표 2. 진도측정 자동화를 위한 DAT 특성평가 요소

구분	방법	내용 (예)
측정대상 Object, MO	노무자 (MO1)	공중별 노무자 위치 또는 활동
	자재 (MO2)	자재 자체, 자재 포장 박스 등
	장비 (MO3)	운송장비, 토공장비, 양중장비
	문서 (MO4)	작업일보, 송장, 정보시스템 DB
측정범위 Range MR	현장게이트 (MR1)	현장 입구 반입/반출 정보 측정
	시설 (MR2)	Locator 내의 반입/반출 정보
	작업반경 (MR3)	Envelope 내 작업위치의 추적
	미지정 (MR4)	특정 장소에 무관한 정보
정보유형 Information MI	위치정보 (MI1)	위치좌표, 이동경로
	입출정보 (MI2)	특정 범위내로의 입출 여부
	이미지 (MI3)	3D 또는 2D 이미지
	작업물량 (MI4)	해당 작업의 수량
자동화 수준 Automation MA	자동 (MA1)	DAT 활용을 통한 자동화
	반자동 (MA2)	DAT + Manual 작업
	수동 (MA3)	Manual 작업
적용 용이성 Viability, MV	현장 적용성	MO, MR, MI, MA 조합평가

$$DAT \text{ 적용성 평가} = (MR + MI) \times MA \times (MO \times MV)$$

두 번째는 ‘측정범위’로서 측정대상을 어떠한 물리적인 범위 안에서 측정하여야 하는 가에 대한 고려사항이다. 표준 범위는 현장게이트, 측정시설 (Locator), 작업반경 (Envelope), 그리고 미지정의 네 가지로 분류하였다. 즉, 측정대상이 노무자인 경우, 현장 출입만으로 진도측정이 가능한 경우가 있으며, 반대로 특정 건물에 있는 노무자의 위치를 파악하여야 하는 경우도 있다.

세 번째 고려요소는 DAT를 통하여 측정된 ‘정보유형’으로서 좌표 또는 경로로서의 위치정보, 단순 입출에 대한 기록, 이미지와 사진 정보, 그리고 구체적인 진도 물량 정보의 네 가지로 구분하였다.

마지막으로 ‘자동화 수준’으로서 DAT 수집 자료가 직접 또는 자동화된 알고리즘을 통해 진도로서 산정이 가능한 경우 (자동), 수집 자료를 상당부분 인력에 의존하여 분석하여야 다시 분석하는 경우 (반자동), 그리고 인력에 의한 결과를 스마트폰 또는 PDA 등을 이용하여 입력만 하는 경우 (수동)로 나누었다.

네 가지 고려요소들은 상호 독립적으로 정의되어 조합을 이루게 된다. 예로서, 콘크리트 타설 액티비티(진도단위, PMP)는 네 가지 관점의 조합을 이룬 가능성을 가지게 되므로, 4 (대상)× 4 (범위)× 4(유형) × 3 (수준)= 192개의 대안을 가진다. 이 중, 사례 평가를 통하여 가장 효율성이 높다고 판단된 대안은 “장비(MO2)-현장게이트(MR1)입출정보(MI1)-자동(MA1)” 형태의 자동화이다.

마지막 다섯 번째 요소는 앞의 네 가지 독립요소들이 조합을 통하여 구성한 192개 대안 각각의 현실적 구현 용이성에 대한 평가이며 다음 장에 서술한다.

3.2 진도측정 DAT 평가 방법

본 연구에서 진도관리 단위인 PMP별 DAT 선정절차는 1) 개별 PMP 진도특성 파악, 2) PMP 별 대안들의 DAT 특성 평가 (표 2의 다섯 가지 요소), 3) 다섯 가지 특성 평가 값의 합산을 통한 DAT 대안 유형의 우선순위와 DAT 결정 순서로 이루어진다. 첫 번째인 개별 PMP 특성 파악은 본 연구진의 선행연구인 Jung

& Kang (2007)에서 분석한 사례 프로젝트를 이용하였으며 본 연구에 필요한 관련사항만을 표 5의 7개열(순번, PMP_ID, PMP명, 내역개수, 측정시설, 복잡성, 작업기간)에 요약하여 표기하였다. 참고로 사례현장의 실행예산 총 항목수는 433개이며, 이는 61개의 PMP에 할당되었다 (표 3 및 표 5 참조).

표 3. 사례 프로젝트 개요

구분	프로젝트 개요
프로젝트명	S대학 연구동 프로젝트 (오피스 + 실험실)
발주방식	Design-Bid-Build
공사기간	2000. 01. 19 ~ 2001. 07. 31 (약 19개월)
부지면적	481,264 M2
연면적	17,087 M2
건물규모	2 (지하) + 9 (지상)
건물구조	Reinforced concrete, Precast steel reinforced concrete
공사금액	15,000,000,000원
PMP 공종수	61 개 (측정 공종) - 표 5 참조
PMP 액티비티	233 개 (측정공종+Locator)
실행예산 항목	433 개 (측정 공종)
PMP 내역수	1,290 개 (측정공종+Locator)

두 번째 단계인 DAT 요건파악에서는 표 2에 소개된 내용으로 각 PMP별 대안들을 평가한다. 이 과정에서 각 PMP별로 192개 (표 2의 네 가지 요소 조합 수) 대안을 각각 직접 평가하는 것은 지나치게 많은 노력을 요구하므로, 본 연구에서는 이러한 대안 평가를 자동화하였다.

192개의 대안은 요소별 상관관계와 현실적 구현 가능성을 분석하여 ‘효율적인 대안 38개, 비효율적인 대안 27개, 그리고 불가능한 대안 127개’로 등급 코드를 부여하고 DB화 하였다. 예로서 크레인 같은 ‘장비(MO1)’를 ‘현장게이트(MR1)’에서 ‘자동(MA1)’으로 측정하면서 장비의 작업 ‘위치정보(MI1)’를 파악한다는 것은 불가능하다 (불가능 코드=3). 그러나 현재는 불가능하다고 판단된 대안이 향후 DAT 기술발전에 따라 효율적인 대안이 될 수도 있으므로 이를 전문가가 판단하여 등급을 변경할 수 있고, 변경된 등급은 DB(그림2)를 통하여 자동으로 개별 반복 적용된다.

결과적으로 DAT 특성평가는 ‘효율적 대안 38개’를 기준으로 수행된다. 표 4의 “9. 대안 평가 내용”을 보면, 사례 프로젝트의 ‘콘크리트 타설 작업’ (PMP ID_BC 3010)을 위한 38개 대안 유형을 평가한 내용을 모두 볼 수 있다. 즉, 측정대상, 측정범위, 정보유형, 그리고 자동화 수준의 값이 모두 평가되었다. 각 요소별 판단 기준과 점수는 표 4의 “2. 측정 대상, 3. 측정 범위, 4. 정보 유형, 5. 자동화 수준”에 자세히 기술되어 있다. 다시 콘크리트 타설 작업의 예를 보면 대안 유형 2번의 경우, 이송장비(MO-1점)를 현장게이트에서 측정(MR-5점)하는 것이 가능하며, 출입과 동시

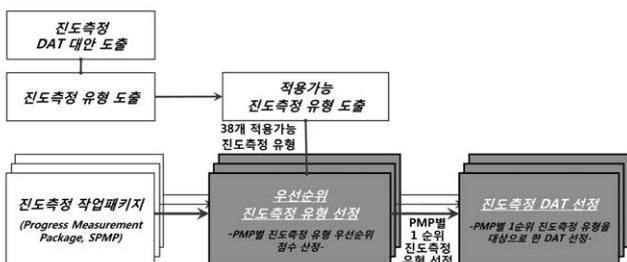


그림 1. 진도측정 DAT 선정 절차

표 4. 진도측정 DAT 평가표 (콘크리트타설 PMP 사례)

1. 진도패키지										
PMP_ID*	PMP 명*	W(%)*	SW*	Locator*	Complexity*	SC*	SD*	SA*	Saw*	
BC3010	콘크리트공사	8.45	5	층별	A1	10	1	10	84.5	
2. 측정 대상 (MO)		직접고려	장비 (1점), 자재 (0점), 노무자 (1점), 문서 (0.9점)							
3. 측정 범위 (MR)		자동산정	현장Gate (0점, 즉시 설치인 경우는 5점), 구분자-층별 (5점), 미지정 (3점), EWE (3점)							
		선택필요	WE 설정 여부 선택에 영향: WE (0점) (WE: Work Envelope)							
4. 정보 유형 (MI)		자동산정	위치정보 (5점), 입출정보 (5점), 이미지 (4점), 작업물량 (3점), 설치좌표 (3점); 현장Gate의 정보타입 세부항목별 점수는 0점							
		선택필요	WE 선택에 영향: WE별 정보타입 점수 [위치정보(0점), 입출정보(0점), 이미지(0점), 작업물량(0점), 설치좌표(0점)]							
5. 자동화 수준 (MA)		자동산정	위치정보 (자동-1, 반자동-0.7, 수동-0.6), 입출정보 (자동-1, 반자동-0.9, 수동-0.7), 이미지 (자동-0.9, 반자동-0.9, 수동-0.9), 작업물량 (자동-1, 반자동-0.9, 수동-							
6. 적용 용이성 (MV)		직접고려	운송장비 입출정보에 의한 작업진도 파악			가능성 높음		장비-입출정보 진도측정유형 점수 (1.2)		
			장비 위치정보에 의한 작업진도 파악			가능성 낮음		장비-위치정보 진도측정유형 점수 (0.8)		
			장비 일부 EWE 진입에 의한 작업진도 파악			가능성 낮음		장비-EWE-설치좌표 진도측정유형 점수(0.8); 타설 붐		
			자재 입출정보에 의한 작업진도 파악여부			불가능		자재-입출정보 진도측정유형 점수 (0)		
			자재 위치정보에 의한 작업진도 파악여부			불가능		자재-위치정보 진도측정유형 점수 (0)		
			작업현황 이미지에 의한 작업진도 파악 여부			불가능		이미지 진도측정유형 점수 (0)		
			자재 EWE 설치좌표에 의한 작업진도 파악			불가능		자재-EWE-설치좌표 진도측정유형 점수 (0)		
			노무자 입출정보에 의한 작업진도 파악여부			가능성 낮음		노무자-입출정보 진도측정 유형 (0.8)		
7. 즉시설치 여부		직접고려	레이몬트랙: 즉시 설치 자재 운송장비			장비-현장G-입출정보		현장Gate(5), 입출정보(5), 가능성 수준 점수(1.2) 변경		
8. WE 설정 여부		직접고려	WE 설정 하지 않음			나머지 진도측정 유형		진도측정 가능성 점수 (-0.2)		

9. 대안 평가 내용 (38개 대안 유형의 평가)

유형 코드	진도측정 대상 (MO)		진도측정 범위 (MR)		자동화수준 (MA)		진도측정 정보유형 (MI)		적용 용이성 (MV)	합계점수	DAT Priority	진도측정 DAT 대안					
	세부항목	점수	세부항목	점수	세부항목	점수	세부항목	점수				GPS	RFID	3D Scan	Bar Code	PDA	Video Cam
2	장비	1	현장Gate	5	자동	1	입출정보	5	1.2	12		v					
14	장비	1	구분자	5	자동	1	입출정보	5	1	10		v					
109	노무자	1	구분자	5	자동	1	위치정보	5	1	10	v	v					
13	장비	1	구분자	5	자동	1	위치정보	5	0.6	6	v	v					
110	노무자	1	구분자	5	자동	1	입출정보	5	0.6	6		v					
114	노무자	1	구분자	5	반자동	0.9	입출정보	5	0.6	5.4		v		v	v		
118	노무자	1	구분자	5	수동	0.7	입출정보	5	0.6	4.2						v	
184	문서	0.9	미지정	3	자동	1	작업물량	3	0.6	3.24		v					
193	장비	1	EWE	3	자동	0.9	설치좌표	3	0.6	3.24	v						
188	문서	0.9	미지정	3	반자동	0.9	작업물량	3	0.6	2.916		v		v			
192	문서	0.9	미지정	3	수동	0.8	작업물량	3	0.6	2.592						v	
25	장비	1	WE	0	자동	1	위치정보	0	0.6	0	v	v					
26	장비	1	WE	0	자동	1	입출정보	0	0	0		v					
50	자재	1	현장Gate	0	자동	1	입출정보	5	0	0		v					
54	자재	1	현장Gate	0	반자동	0.9	입출정보	5	0	0		v		v	v		
58	자재	1	현장Gate	0	수동	0.7	입출정보	5	0	0						v	
61	자재	1	구분자	5	자동	1	위치정보	5	0	0	v	v					
62	자재	1	구분자	5	자동	1	입출정보	5	0	0		v					
63	자재	1	구분자	5	자동	0.9	이미지	4	0	0			v				
66	자재	1	구분자	5	반자동	0.9	입출정보	5	0	0		v		v	v		
67	자재	1	구분자	5	반자동	0.9	이미지	4	0	0						v	
70	자재	1	구분자	5	수동	0.7	입출정보	5	0	0						v	
71	자재	1	구분자	5	수동	0.9	이미지	4	0	0						v	
73	자재	1	WE	0	자동	1	위치정보	0	0	0	v	v					
74	자재	1	WE	0	자동	1	입출정보	0	0	0		v					
75	자재	1	WE	0	자동	0.9	이미지	0	0	0			v				
78	자재	1	WE	0	반자동	0.9	입출정보	0	0	0		v		v	v		
79	자재	1	WE	0	반자동	0.9	이미지	0	0	0						v	
82	자재	1	WE	0	수동	0.7	입출정보	0	0	0						v	
83	자재	1	WE	0	수동	0.9	이미지	0	0	0						v	
98	노무자	1	현장Gate	0	자동	1	입출정보	5	0	0		v					
102	노무자	1	현장Gate	0	반자동	0.9	입출정보	5	0	0		v		v	v		
106	노무자	1	현장Gate	0	수동	0.7	입출정보	5	0	0						v	
121	노무자	1	WE	0	자동	1	위치정보	0	0	0	v	v					
122	노무자	1	WE	0	자동	1	입출정보	0	0	0		v					
126	노무자	1	WE	0	반자동	0.9	입출정보	0	0	0		v		v	v		
130	노무자	1	WE	0	수동	0.7	입출정보	0	0	0						v	
194	자재	1	EWE	3	자동	0.9	설치좌표	3	0	0	v						

* 진도측정단위 (PMP)의 자동생성과 특성부여는 Jung & Kang (2007)의 결과물을 사용함.

에 타설하게 되므로 진도측정이 입출정보(MI-5점)로서 자동으로 판단된다(MA-1점).

표 2에 서술된 네 가지 평가요소(MO, MR, MI, MA)에 의한 점수부여 후에는, 이러한 네 가지 조합에 의한 각 대안의 현실적 구현 용이성을 평가하는 다섯 번째 요소(MV, Measure for Viability)를 평가한다. 예로서, 표 4에서 콘크리트 타설 공중(PMP)의 경우, 가장 높은 점수를 얻은 대안유형 2번의 평가요소 조합은 '장비-현장게이트-자동-입출정보'이며 적은 노력으로 효율적 자동화가 가능하여 MV값은 가장 높은 1.2로 배정되었다. 이러한 유형 또한 표준화되어 DB화 되었으며(그림 2 참조), MV 값의 경우에는 사용자에 의한 평가가 이루어진다(표 4의 "6. 적용 용이성" 평가사례 내용 참조).

평가과정의 평가기준과 점수는 표준화 및 DB화하여 DAT 선정 작업 자체의 자동화를 꾀하였으며, 요소별 점수는 기술발전 상황 또는 프로젝트 특성에 따라 조정하여 입력이 가능하도록 함으로써, 방법론 틀 안에서 다양하며 지속적인 현장 활용이 가능하도록 개발하였다.

마지막인 세 번째 단계는 앞선 다섯 가지 평가요소들(표2)의 점수를 합산하여 최종 우선순위 파악을 위한 총점(DAT Priority)을 산정하며, 식은 다음의 식 1과 같다.

$$DAT\ Priority = (MR+MI) \times MA \times (MO \times MV) \quad (식\ 1)$$

즉, 각각 5점 만점인 측정범위(MR) 값과 정보유형(MI) 값을 더한 수치에 각각 1점을 기준으로 하는 측정대상(MO), 자동화 수준(MA), 적용용이성(MV)의 세 가지 점수를 곱함으로써 보정을 하는 형태이다.

표 4에서 소개한 콘크리트 타설 사례에서 대안유형 2번을 다시 보면, DAT Priority 값은 $(5+5) \times 1 \times 1 \times 1.2$ 로서 12점이 된다. 표 4의 "9. 대안평가내용"에서는 38가지 대안의 점수 전체를 보여주고 있다.

이러한 순위결정 방법은 건설현장 DAT 활용에 있어서 측정범위(MR)와 정보유형(MI)이 DAT 선정의 가장 중요한 판단기준이 되며, 이를 보완하기 위한 고려사항이 적용용이성의 파악(MV), 반자동 적용의 검토(MA), 측정대상의 대안 검토(MO)인 것으로 판단함에 따른 것이다. 이는 본 고의 선행연구로서, 지금까지의 DAT 관련연구를 광범위하게 조사한 논문(서큰솔 외 2010)에 의해서도 뒷받침된다.

이러한 절차를 거쳐 최적으로 선정된 대안의 DAT를 해당 공중에 선정한다. 각 대안별로 적합한 DAT 또한 전문가 판정에 의하여 미리 DB로 구축하였다. 예로서, 콘크리트 타설의 경우에

는 38개 대안 중에서 유형 2번이 가장 높은 점수를 받았으며, 유형 2에 가장 적합한 DAT는 RFID로 정의되어 있다. 효율이 높은 것으로 평가된 38개 대안유형과 DAT 내용은 표 4의 9항에 명시되어 있다.

4. DAT 선정 사례 연구

본 연구에서 제안된 DAT 선정 방법론을 사례 프로젝트의 모든 공중에 적용하여 결과를 도출하고, 이를 현장 전문가 면담조사에 의한 결과와 비교함으로써 방법론의 검증은 실시하였다.

4.1 DAT 선정 방법의 사례 적용

사례 현장은 표 3에 소개된 바와 같이, 연구실과 실험실을 갖춘 빌딩으로서 연면적은 17,087 제곱미터이며 지하 2층 지상 9층 규모이다.

사례적용에서는 공통시설, 전기, 설비 분야를 제외한 건축의 모든 공종을 포함하였으며, 실행예산 내역은 총 433개이고 이 내역들은 공종별(Commodity) 진도측정 단위인 61개의 PMP에 분할되어 있다. PMP를 측정시설(Locator) 별로 분할한 PMP 액티비티는 총 233개이다. 마지막으로 233개의 PMP 액티비티에 분개된 총 내역항목의 수는 총 1,290개이다. 본 연구에서, 같은 공종의 액티비티는 측정방법이 같기 때문에(예: 1층, 2층, 3층의 콘크리트 진도측정) 61개의 공중 PMP를 기준으로 분석하였다. 첫 번째 단계는 앞서 소개한 바와 같이, 사례 프로젝트의 61개 PMP가 과거의 경험 자료로부터 자동으로 선정되었다.

다음 단계로서는 표 4의 콘크리트 타설 예와 같은 평가표가 61개 PMP별로 작성된다. 61개 평가표에서 각 PMP별로 DAT Priority 점수가 가장 높게 나온 결과만을 요약하여 정리한 것이 표 5이다. 참고로 표 5에서 순번 3인 "BC3010 콘크리트 공사"의 세부내용이 표 4이다.

이러한 PMP별 평가표 작성은 매우 많은 노력이 소요되는 작업이다. 그러나 앞서 소개한 바와 같이 PMP 작성 자체가 자동화되어 생성되며, 본 연구에서 개발한 다섯 가지 평가기준 또한 DB화 되어 있어 평가과정에서 초안 작성은 자동화가 가능하다(그림 2 RDB 참조). 자동 생성된 초안을 바탕으로 사용자 직접 판단이 요구되는 부분(MO 및 MV)만을 재검토하면서 현장여건을 반영하여 필요한 부분만을 수정하는 절차를 통해 단순화된다.

제안된 방법론에 따른 사례현장 DAT 평가과정을 사용자 관점에서 서술하면 다음과 같다. 1) 진도단위 특성을 고려하여 측정대상별(MO, 노무, 자재, 장비, 문서의 각각 적용 적합 점수를 연구자가 선택 (0~1점), 2) PMP 특성 중, 측정시설(Locator)의 규

표 5. 사례현장 전체공종 DAT 선정결과

순번*	PMP_ID*	PMP*	내역개수*	측정시설*	복잡성*	작업기간*	진도측정 유형	진도측정DAT
1	BB10	토공사	5	공구별	B2	1개월~2개월	장비의 현장게이트 반입/반출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read/Write
2	BC10	가설공사	11	동별	C3	2개월 이상	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
3	BC3010	콘크리트공사	5	층별	A1	1주 미만	장비의 현장게이트 반입/반출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read/Write
4	BC3020	거푸집	4	층별	A1	1주 미만	자재의 구분자내 위치정보 자동 측정	GPS
5	BC3030	철근공사	9	층별	A1	1주 미만	노무자의 구분자내 위치정보 자동 측정	GPS
6	BC40A	PC공사	2	층별	D1	1주~2주	자재의 구분자내 위치정보 자동 측정	GPS
7	BC5010	철골가공조립	21	절별	D1	1개월~2개월	자재의 현장게이트 반입/반출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read/Write
8	BC5020	철골세우기	17	절별	A1	1주 미만	자재의 구분자내 위치정보 자동 측정	GPS
9	BC5030	데크플레이트	5	층별	A1	1주 미만	자재의 구분자내 위치정보 자동 측정	GPS
10	BC60A	벽돌	8	2개층별	A2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
11	BC60B	블록	12	층별	A2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
12	BD10	지붕공사	6	공사전체	B2	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
13	BE20A	시멘트방수	5	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
14	BE20B	쉬트방수	9	층별	B2	2주~1개월	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
15	BE20C	도막방수	2	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
16	BE20D	침투성방수	2	층별	A2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
17	BE20F	코킹공사	2	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
18	BE2505	내벽미장	13	층별	A2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
19	BE2510	외벽미장	3	층별	A2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
20	BE2515	바닥미장	4	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
21	BE2530	계단미장	6	계단실	A2	1개월~2개월	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
22	BE2535	콘크리트면처리	2	2개층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
23	BE2540	쇠흄손마감	4	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
24	BE2545	내산단열물탈	2	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
25	BE2570	무근콘크리트	4	2개층별	A2	1주 미만	장비의 현장게이트 반입/반출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read/Write
26	BE30A	내장바닥타일	5	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
27	BE30B	외장바닥타일	5	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
28	BE30C	내장벽타일	5	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
29	BE35A	내부바닥석	6	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
30	BE35C	내부벽체석	5	층별	B2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
31	BE35D	외부벽체석	5	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
32	BE35H	창대석	4	동별	A3	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
33	BE35K	메탈트러스	1	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
34	BE40A	계단핸드레일	6	계단실별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
35	BE40D	그레이팅/트렌치	5	공구별	C3	1주 미만	자재의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
36	BE40E	AL Sheet	3	공사전체	A2	1주~2주	작업현황 이미지 측정	수동 (육안) 측정
37	BE40F	AL 천정	1	공사전체	B3	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
38	BE40G	팬코일카바	1	층별	A3	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
39	BE40H	잡철공사	14	동별	C3	2주~1개월	문서에 의한 작업물량 자동 측정	작업일보 혹은 송장
40	BE5005	STL 창호	9	층별	A2	2주~1개월	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
41	BE5010	SST 창호	7	공사전체	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
42	BE5015	AL 창호	34	층별	A2	2주~1개월	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
43	BE5030	창호하드웨어	32	공사전체	C3	2주~1개월	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
44	BE55A	내부유리	10	공사전체	B3	2주~1개월	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
45	BE55B	외부유리	6	공사전체	B2	2주~1개월	작업현황 이미지 측정	수동 (육안) 측정
46	BE60A	내부도장	13	3개층별	A2	2주~1개월	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
47	BE60B	외부도장	1	공사전체	A2	1주~2주	작업현황 이미지 측정	수동 (육안) 측정
48	BE60C	기타도장	3	공사전체	B2	1주~2주	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
49	BE65A	바닥공사	3	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
50	BE65B	악세스후로아	1	공사전체	A2	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
51	BE65C	OA Floor	1	공사전체	A2	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
52	BE65D	벽체공사	15	공사전체	C3	2주~1개월	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
53	BE65E	화장실칸막이	3	공사전체	A2	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
54	BE65F	천정공사	17	층별	B2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
55	BE65G	경량칸막이	3	층별	B2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
56	BE70A	내화피복	1	층별	A2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
57	BE70B	흡음공사	2	층별	B2	1주 미만	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
58	BE70C	단열공사	5	층별	B2	1주~2주	노무자의 구분자내 입출정보 자동 측정	RFID, Passive, Read Only
59	BE75	잡공사	4	공사전체	C3	1주 미만	문서에 의한 작업물량 측정	작업일보 혹은 송장
60	BE8010	식재공사	15	공사전체	C3	2주~1개월	작업현황 이미지 측정	수동 (육안) 측정
61	BE8020	조경시설물	19	공사전체	C3	2주~1개월	작업현황 이미지 측정	수동 (육안) 측정
		계	433					

* 순번, PMP_ID, PMP, 내역개수, 측정시설, 복잡성, 작업기간은 Jung & Kang (2007)의 사례 분석을 사용함.

모와 유사성에 의해 측정범위(MR)는 자동 산정 (0~5점), 3) MR 유형에 따라 정보유형(MI) 점수 자동 산정 (0~5점), 4) MI에 따른 자동화수준(MA) 값 자동 산정 (0~1점), 5) 앞의 네 가지 조합에 따른 대안의 적용용이성(MV) 점수를 연구자가 선택(0~1.2 점) 한다.

DAT Priority 평가를 통하여 사용자가 직접 판단해야 하는 부분은, DAT 전문지식 요구보다는 현장의 진도관리 요건에 대한 판단 능력을 요구하게 된다. 또한 이러한 과정의 반복적인 진행을 통하여, 본 연구의 DAT 선정 방법 DB(그림 2)는 전문가 DAT 지식과 실무자의 진도관리 지식을 계속 축적하여 정확도를 증가시키는 장점을 가진다.

사례적용을 통한 결과요약(표 5)을 보면, 전체 61개 PMP 중 측정대상(MO)은 노무자가 35개로 (57%) 가장 많으며, 측정범위(MR)은 구분자(Locator)로서 층별 측정이 32개 (53%), 정보유형(MI)은 입출정보가 39개 (64%), 자동화수준은 44개가 (72%)가 자동화로 나타났다. 선택된 DAT로는 RFID가 39개로서 64%를 차지한다. 즉, 사례현장 기준이기는 하나, 현재 기술의 발전 현황에서 진도관리 자동화에 가장 효율적인 방법은 “노무자의 출입을 RFID를 활용하여 층별로 측정하는 것”으로 나타난다.

4.2 DAT 선정 방법의 사례 검증

제안된 방법론을 검증하기 위하여, 사례현장 DAT 분석결과와 현장 실무자 인터뷰를 통한 DAT 선정결과를 비교하였다. 실무자 인터뷰는 현장 공무담당자 6명(평균 경력 11년)에게 DAT를 활용을 통한 진도측정의 유형을 10가지로 나누어 간단한 개념을 설명한 후, 61개 각 PMP 공종별로 어떠한 방법이 가장 적합한

지 만을 단순하게 질문하는 방법으로 진행되었다. 단순화된 10가지의 유형은 1) 장비입출 정보, 2) 장비 이동 및 작업시간, 3) 양중장비의 후크 위치 이동, 4) 자재의 입출 및 물량정보, 5) 개별 자재 위치 정보, 6) 개별 자재의 설치 좌표 정보, 7) 노무자 입출정보, 8) 노무자 이동 및 작업시간 정보, 9) 송장 또는 작업일 정보, 10) 설치 또는 작업 이미지 정보’로 사례분석에서 도출된 조합들을 요약 정리한 것이다.

설문결과, 표 6과 같이 49개 PMP 공종(전체의 80%)의 DAT 선택에 있어 제안된 모델에 의한 결과와 실무자 설문응답에 의한 결과가 일치하였다 (4명 이상 일치). 3명 이하가 같은 선택을 하여 불일치로 판정된 12개 PMP는 대부분 마감공사로서 잡철, 천정, 창호, 도장, 바닥 공사들을 포함하며, 이들 공종은 당초 큰 측정시설(MR) 단위(예: 현장 전체)로 되어 있던 사항들이나 실무자의 요구는 보다 작은 단위(예: 층별, 실별 등)로 분할하기를 원했다. 물론 이러한 요건은 현장별로 다르게 나타날 수 있다.

표 6. 모델 적용 결과와 인터뷰 결과 일치 개수

구분	작업패키지 개수	작업패키지 누적 개수	누적 %
당초 61개 PMP 모델			
6명 일치	25	25	40.98%
5명 일치	9	34	55.74%
4명 일치	15	49	80.33%
3명 일치	1	50	81.97%
2명 일치	4	54	88.52%
1명 일치	2	56	91.80%
0명 일치	5	61	100.00%
구분자 (Locator) 변경 후의 61개 PMP 모델			
6명 일치	26	26	42.62%
5명 일치	13	39	63.93%
4명 일치	18	57	93.44%
3명 일치	4	61	100.00%

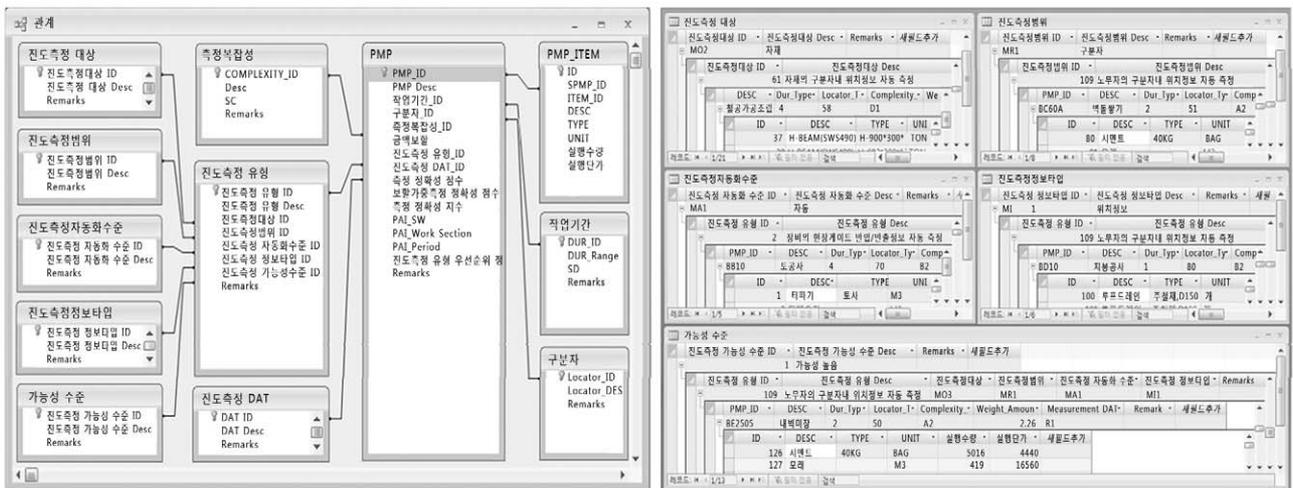


그림 2. DAT 선정 자동화를 위한 관계형 데이터베이스 및 E-R Diagram

응답자 의견을 반영하여 12개 PMP의 측정시설 (표 1의 Locator) 선택을 작은 단위로 변경한 후, 제안된 방법론에 다시 적용하였다. 변경 후 결과 비교는 4명 이상 일치가 93%로 증가하였다. 이러한 결과는 DAT 요건이 아닌, 진도관리 요건 (Locator 변경)에 따라 모델의 정확도가 증가함을 보여줌으로써 본 연구 목표에 부합하는 결과를 검증한다.

5. 결론

진도측정은 건설사업의 공정관리 및 원가관리의 기본 자료를 제공하는 핵심기능이라는 중요성과 동시에, 다대한 업무부담을 요구한다는 효율성의 문제를 가진다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법 중의 하나로서, 최근 발전된 자료수집기술(DAT)을 활용하기 위한 많은 노력들이 이어져 왔다. 그럼에도 불구하고, 건설사업의 전체 공종을 대상으로 진도관리를 자동화하기 위한 노력은 없었다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 현실성과 효율성을 함께 고려하여, 각 현장 조건에 맞는 모든 공종의 DAT를 동시 평가하고 선정하는 방법론을 개발하였다. DAT의 선정은 각 진도단위의 특성을 기반으로 가장 적합한 대안을 정량적으로 평가하며 (측정대상, 측정범위, 정보유형, 자동화수준, 적용용이성의 다섯 가지 정량 평가), 이러한 평가방법에는 향후 기술발전을 수용할 수 있는 구조로 개발하였다.

예로서, 현재는 단순 이미지에 의한 자동 진도측정 (Photogrammetry)이 초기단계에 있으나, 최근의 활발한 기술 발전(Golparvar -Fard et al. 2009; Kim et al. 2011)으로 실무적 편의성을 가지게 될 것으로 기대되며, 이를 즉시 평가 점수로 DB(그림 2)에 반영할 수 있다.

제안된 평가모델을 이용하여 사례현장의 공종(PMP)별 DAT 선정을 수행하였으며, 실무자 검증을 통하여 유효성을 확인하였다. 동시에 진도관리 요건의 변경이 DAT 선정의 주요 결정 요소임도 재확인 되었다.

사례 프로젝트의 결과이기는 하나, “노무자의 층별 출입정보를 RFID를 활용하여 측정하는 것”이 가장 효율적이며 다수 공종에 활용될 수 있는 방법으로 나타났다. 이러한 결과에 따라 본 연구진은 현재 단일 센서에 의한 다수 공종의 진도관리 자동화 방안을 개발을 진행하고 있다.

감사의 글

본 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 “건설 프로젝트 진도관리 자동화 연구”(과제번호: 2009-0074881) 및 국토해양부의 재원으로 건설교통기술평가원에서 시행하는 “한옥기술개발”(과제번호: 10CHUD-B054831-01)의 한옥공정관리 연구 결과 일부임을 밝히며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 이복남 (1997). 건설공사 진도 및 기성고 산정 방법 개선, CERIK 연구보고서 제25호, 한국건설산업연구원, 서울.
- 서근술, 박중순, 정영수 (2010). “건설사업관리 DAT 활용분야 및 적용방법 분석”, 한국건설관리학회 논문집, 제11권 2호, pp. 15~24.
- Alarcon, L. F. and Ashely, D. B., (1996). “Modeling project performance for decision making”. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(3), pp. 265~273.
- Fleming, Q.W. and Koppleman, J.M. (1996). *Earned value project management*. Project Management Institute (PMI), Upper Darby, Pa., USA.
- Golparvar-Fard, M., Pena-Mora, F., Arboleda, C.A., and Lee, S. (2009). “Visualization of construction progress monitoring with 4D simulation model overlaid on time-lapsed photographs”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 23(6), pp. 391~404.
- Jung, Y. and Gibson, G. E. (1999). “Planning for Computer Integrated Construction”, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 13(4), pp. 217~225.
- Jung, Y. and Joo, M. (2011). “Building Information Modelling (BIM) Framework for Practical Implementation”, *Automation in Construction*, Elsevier, 20(2). pp. 126~133.
- Jung, Y. and Woo, S. (2004). “Flexible Work Breakdown Structure for Integrated Cost and Schedule Control”,

- Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 130(5), pp. 616~625.
- Jung, Y., and Kang, S. (2007). "Knowledge-Based Standard Progress Measurement for Integrated Cost and Schedule Performance Control", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 133(1), pp. 10~21.
- Kim, C., Son, H. and Kim, C. (2011). "The Effective Acquisition and Processing of 3D Photogrammetric Data from Digital Photogrammetry for Construction Progress Measurement", Proceedings of 2011 Workshop of Computing in Civil Engineering, ASCE, Miami, USA, pp. 178~185.
- Navon, R. and Goldschmidt, E. (2003). "Can Labor Inputs be Measured and Controlled Automatically?", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 129(4), pp. 437~445.
- Navon, R. and Shpatnitsky, Y. (2005). "Field Experiments in Automated Monitoring of Road Construction", Journal of Construction Engineering and Management, ASCE, 131(4), pp. 487~493.
- Rasdorf, W.J. and Abudayyeh, O.Y. (1991). "Cost-and schedule-control integration: Issues and needs", Journal of Construction and Management, ASCE, 117(3), pp. 486~502.
- Stokes, M. (1978). International construction contracts, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Thomas, H.R. and Mathews, C.T. (1986). An analysis of the methods for measuring construction productivity, CII Source Document 13, Constr. Industry Inst., University of Texas at Austin, Austin, Tex., USA.

논문제출일: 2011.07.20
 논문심사일: 2011.07.22
 심사완료일: 2011.09.26

요 약

건설 프로젝트의 성과 측정 및 관리에 있어 진도관리는 기본적인 핵심적인 업무기능이다. 오랜 기간 동안 다양한 진도 관리 기법이 연구 개발되고 있음에도 불구하고, 자료수집을 위한 과도한 업무부담은 체계화된 진도관리의 장애요소로 지적 되어 왔다. 최근 자료수집기술(Data Acquisition Technology, DAT)의 발전은 자동화된 진도관리의 기회를 제공하고 하고 있다. 그럼에도 불구하고 지금까지의 DAT 연구는 특정 공종 또는 특정 기술에 집중하고 있어, 건설사업 전체의 진도관리 자동화에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 이러한 관점에서, 본 연구는 건설사업 공종별 최적의 DAT를 선정하는 방법론을 제안하였다. DAT 선정방법은 각 공종별 진도측정의 방법, 대상, 범위, 기술 등의 유형을 분류하여, 이를 DAT 특성별로 최적치를 도출하는 알고리즘으로 구성된다. 제안된 방법론의 검증은 위하여 사례 프로젝트를 이용한 기계적 분석을 실시하고 또한 실무자 평가를 수행한 결과, 대부분 공종에서 동일한 결과를 얻었다. 또한 사례현장 평가결과 중의 하나로서, 노무자의 층별 출입정보를 RFID를 활용하여 측정하는 것이 가장 효율적이며 가장 많은 공종에 적용이 가능한 것으로 나타났다.

키워드 : 공정관리, 진도관리, 자동화, 센서, DAT (Data Acquisition Technology)