

공동주택 마감공사 TACT 기법 생산성 관리 - Productivity Achievement Ratio를 활용한 생산성 관리 -

주선우¹ · 박문서* · 이현수¹ · 이광표¹

¹서울대학교 건축학과

TACT Productivity Management for Finish Works of Residential Buildings using Productivity Achievement Ratio (PAR)

Joo, Seonu¹, Park, Moonseo*, Lee, Hyun-Soo¹, Lee, Kwang-Pyo¹

¹Department of Architecture & Architectural Engineering, Seoul National University

Abstract : To complete various types of finish works with higher quality in much less time, TACT, which was mostly used for high-rise buildings, has been adapted to meet the needs for systematic schedule management in construction sites. However, the effectiveness of adapting TACT has not been shown as expected due to the different perspectives on productivity from both general contractor and subcontractors based on unforeseen conditions according to the types of site. Furthermore, not enough theoretical backgrounds, empirical data, and systematic approaches to solve the fundamental problems caused by each participants' different views on productivity has produced obstacles for establishing effective solutions. Therefore, this research aims to analyze the possible main reasons for having different point of views regarding productivity among various participants of residential building sites using TACT based on literature review, site survey, and interviews. Also, case study was conducted to propose obtainable productivity (OP) regression equation and productivity achievement ratio (PAR) with reduction factors (RFs) and actual productivity (AP) data from an actual construction site. The proposed outcome may assist general contractors converting output management with PPC to productivity management with actual data using PAR. On the other hand, subcontractors would be able to estimate theory-based maximum productivity of construction sites with TACT by using OP. The PAR will enhance the communication between general and sub-contractors for their decision making process. Finally, the main RFs derived from PAR could be used as essential keys for productivity management to increase the economical and operational effectiveness of the construction project.

Keywords : TACT, Lean construction, Productivity management, Productivity achievement ratio

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

공동주택 마감공사는 다수의 층에 걸쳐 다양한 공종의 작업이 다수의 협력업체에 의해 장시간에 걸쳐 반복적으로 이루어지며, 각 작업이 작업 간 간섭 및 공간, 자원, 선·후행관계 등 상호연관성을 가지고 있다. 따라서 선행작업의 작업량 변화에 따라 후속작업의 대기시간이 길어져 비용증가와 공기

지연이 발생할 수 있기 때문에 체계적이고 효율적인 공정관리가 이루어져야 한다(이원석 2011). 그러나 우리나라의 마감공기는 미국, 일본 등의 선진국과 현격한 차이를 보이고 있으며(김영재 et al. 2003, 신동호 2009), 작업 간 간섭과 마찰 등으로 인해 마감공기의 약 45%가 작업이 이루어지지 않는 시간으로 분석되었다(김영재 et al. 2003).

이에 공동주택 마감공정관리 효율성 증대를 위해 린건설과 LOB(Line of Balance) 개념의 TACT 공정기법을 도입하는 움직임이 늘고 있다. TACT 기법은 다공구 및 공정 간 동기화를 통해 작업흐름의 신뢰성 개선, 자원 평준화, 대기시간 zero화를 달성하여 재고·낭비의 최소화, 관리편의성·변이관리능력·생산성 향상을 추구한다. 그러나 TACT 기법 적용은 기존 일반적인 마감공정 방식과의 차이로 인해 작업자와 관리자의 적응에 시간을 요하여 충분한 사전교육 및 반복

* Corresponding author: Park, Moonseo, Department of Architecture & Architectural Engineering, Seoul National University, Seoul 151-744, Korea
E-mail: mspark@snu.ac.kr
Received February 10, 2015; revised March 25, 2015
accepted April 7, 2015

적 의사소통을 필요로 한다. 또한 기존 국내 TACT 기법 적용은 대부분 오피스빌딩 현장에 국한되어, 공동주택에의 효과적인 적용을 위해서는 극복해야 할 문제들이 존재한다. 대형 평면의 1개 동으로 이루어진 오피스빌딩과 달리 공동주택은 소형 평면을 가진 여러 개 동의 단지로 구성되며 이로 인해 자재 및 인력의 수평·수직 양중 시간 및 대기 시간이 증가한다. 또한 국내 주거문화 특성 상 마감 주공정선에 기포 콘크리트, 바닥 미장 등 습식 공종이 다수 존재하여 양생기간으로 인해 해당 공정의 동기화가 어렵고 기존에 비해 장비운용의 효율성이 감소하게 된다.

주관사 관점에서 공동주택 마감공정에 TACT 적용 시 마감 초기 착수로 인한 저층부 자재인양 장비(하이랜더) 추가, 최상층 초기 탈형을 위한 콘크리트 강도 조정, 기포·방통 장비 투입일수 증가, 기타 TACT 적용을 위한 공법 및 자재 변경 등으로 인한 직접비 증가가 리프트 카 및 타워크레인 사용기간 단축으로 인한 직접비 감소보다 커 직접비가 증가하게 된다. 그러나 공기단축을 통한 간접비 및 영업외수지 감소가 직접비 증가보다 커 총 공사원가가 절감되어 전체 공사비용 효율성은 증가한다(신동호 2009, 이희병 2014). 반면, 단일공종을 담당하는 협력업체 관점에서는 담당 공종의 공기증가로 직접비와 간접비가 모두 증가하여 기존 기법에 비해 공사비용 효율성이 하락한다고 주장하고 있다. 즉, 마감공정을 통해 생산된 산출량은 기존과 같다고 가정할 때 주관사는 TACT 도입이 투입량인 총 공사원가가 절감을 통해 투입 대비 산출로 나타나는 생산성의 향상을 이끌어내는 것으로 보지만, 협력업체는 TACT 도입이 자원 투입을 증가시켜 생산성을 악화시키는 것으로 보는, 생산성에 대한 시공 주체 간의 관점 차이가 존재한다. 그러나 TACT 도입 시의 생산성에 대한 실증적 데이터 및 분석도구가 미흡하여 TACT로 인한 시공주체 간 입장 차를 근본적으로 설명하고 이를 극복할 수 있는 실효성 있는 대안을 도출하는 데에 한계가 있다.

따라서 본 연구는 공동주택 마감공사 관리를 위해 TACT 도입 시, (1) 참여자 간의 생산성에 대한 근본적인 관점 차를 분석하고, (2) 생산성 지표를 이용해 주요 생산성 관리 점을 제공하며, (3) 생산성 분석을 통해 주관사와 협력업체 모두 윈윈할 수 있는 기초를 마련하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 TACT 공정관리기법, 생산성 관리 및 생산성 지표에 대한 기존 문헌을 고찰하고, 전문가 인터뷰 및 델파이 기법을 통해 공동주택 TACT 도입 시 생산성 제한 요인(Reduction Factor) 및 주체 별 통제계수(Coefficient of Controllability)를 도출한다. 또한 사례연구를 통해 TACT 적용 현장의 현재 생산성(Actual Productivity)을 측정하고, 생산성 제한요인과의 회귀식을 구하여 획득가능 생산성

(Obtainable Productivity)을 산출하며, 이를 통해 생산성 지표인 Productivity Achievement Ratio(PAR)를 측정하여 기존 생산성과의 비교분석을 실시한다. 더불어 PAR의 각종 산출식 및 측정값을 통해 주관사와 협력업체의 관점 차를 분석하고, 주요 생산성 관리점을 도출하며, 생산성 관점에서 TACT 공정관리기법의 시사점을 도출한다.

2. 예비적 고찰

2.1 마감공사 공정관리

마감공사는 건축공사의 최종 성과물 완성을 위해 구조체 공사 작업 후 수행되는 일련의 후속공사로서 조적, 미장, 창호, 방수, 타일공사 및 수장공사 등 다양한 공종으로 구성되며 전체 공기를 결정하는 중요한 요소이다(김영재 et al. 2003). 마감공사는 공정순서의 물리적 변경이 불가능한 Hard Logic과 변경이 가능한 Soft Logic이 혼재하여 시공 주체의 의도 및 현장의 특성에 따라 유연한 계획이 가능하지만(김태경 2008), 다양한 공종이 동시에 반복적으로 진행되기 때문에 관리업무의 체계가 복잡하다. 또한 구조물의 종류, 시공 주체, 건물 사용자의 요구에 따라 공정과 마감 수준이 달라지며 선행작업의 작업 상황 변동이 후행 작업에 미치는 영향이 커 작업 간 대기, 간섭 및 재작업의 발생이 공기지연이나 생산성 저하를 초래하게 되는 등 불확실성이 높으며(황효상 2002), 이로 인한 계획공기의 증가 및 비용의 추가투입이 협력업체에게 리스크로 전가되는 경우가 많다(이재동 2001).

특히 국내 공동주택 마감공사는 기후 특성(한겨울 및 장마의 혼재)에 의해 필요한 공종 및 추가 작업이 많을뿐더러 온돌난방으로 인한 기포 콘크리트와 바닥 미장 등의 습식 공종이 수반되기 때문에 대부분 HVAC 시스템으로 이루어진 미국 등의 마감공사에 비해 더 많은 공종이 더욱 복잡하게 이루어진다(김선국 et al. 2011). 따라서 주관사와 협력업체 간, 그리고 협력업체들 간의 원활한 의사소통을 통해 공종 간 상호관계를 고려한 유연하고 합리적인 마감공정계획 및 관리가 요구된다.

마감공사의 공정관리를 위해 CPM(Critical Path Method), bar chart, EVMS(Earned Value Management System), LOB 등의 전통적인 공정관리기법이 사용되어 왔으나 이와 같은 공정관리 기법은 고층화·복잡화되는 건축물의 공정진행 파악, 여유시간 계산, 계획 대비 실행의 원인 분석, 반복작업 공정관리, 대기시간 단축, 공종 간섭의 분석 등의 문제를 동시에 해결하기에 한계가 있다(신동호 2009).

2.2 TACT 공정관리 기법

린건설은 자원 활용의 극대화를 통해 최고 가치를 추구하는 활동으로, 건설 생산물 산출과정을 변환생산 개념에서 흐

름생산의 개념으로 재인식하고, 산출 과정에서 발생하는 행위를 가치행위와 비가치행위로 구분하여 비가치행위의 지속적인 감소를 통해 효율성을 개선하는 활동을 의미한다(Koskela 1992). 공동주택은 공기지연, 비용증가 및 재작업이 잦으며 (Josephson and Hammarlund 1999, Koushki et al. 2005), 정형화된 공정에 대한 관습적인 공정관리가 일반적으로 이루어짐으로써(Ballard and Howell 2003), 프로젝트 내의 다양한 변화에 의해 낭비요소가 빈번히 발생하기 때문에 린건설 연구의 주요한 영역으로 다루어져 왔다(R. Sacks and M. Goldin 2007). 또한 고층 공동주택 건축은 동일한 평면에 대한 작업의 공정 사이클이 반복되는 특성 상 반복적 팀 작업의 공정관리에 유용한 LOB 기법 적용이 전통적으로 고려되어 온 공사이다(Carr and Meyer 1974, Peer 1974, R. Sacks and M. Goldin 2007).

독일어로 박자, 소절을 뜻하는 takt에서 유래한 TACT 기법은 린건설과 가치흐름분석, LOB의 개념이 복합된 공정관리기법으로(김선국 et al. 2003), Fig. 1과 같이 작업구역 분할(다공구), 노무·자원 평균화를 통해 단위 구역 내의 단위 작업 사이클을 동기화하여 공정 간 대기시간을 zero화하는 반복공정의 표준화 기법이다. 불확실성이 큰 마감공정의 공정 표준화를 통해 선·후행 작업흐름의 연속성 및 신뢰성을 확보하고, 인력·자원 관리의 안정성 및 편의성을 향상시키며, 변이관리능력을 개선하여 생산성 향상, 공기단축 및 품질 향상을 추구할 수 있다(김영재 et al. 2003, 유정호 et al. 2004, 윤유상 et al. 2005, 김태영 2008, 김선국 et al. 2011).

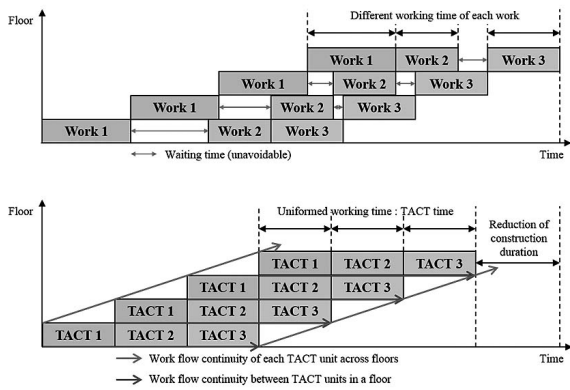
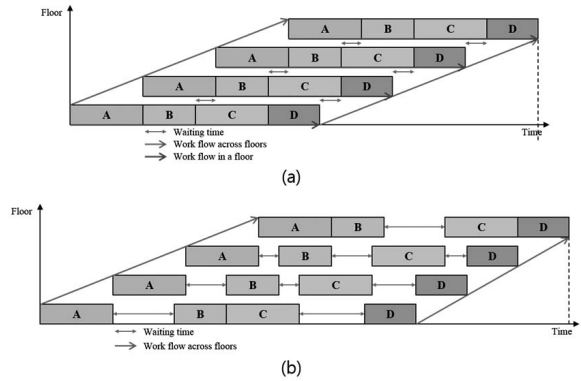


Fig. 1. Concept of TACT Scheduling Method

TACT Scheduling Method는 형식적 TACT, 불완전 TACT, 완전 TACT의 세 가지 형태로 분류된다(윤유상 et al. 2003, 박민선 et al. 2006, 황진원 2009). 형식적 TACT란 흐름작업은 이루어지나 작업 간 자원의 흐름이 이어지지 않는 TACT로, 협력업체보다는 주관사 위주의 공정흐름을 고려한 관리방식이다(Fig. 2(a)). 불완전 TACT는 기존 마감 공정관리에서 주로 사용되는 방법으로 자원의 흐름은 연속성을 가

지나 작업 흐름이 이어지지 않는 TACT이다. 이는 각 작업별 연속성과 직종별 노무평균화를 중시하여 주관사의 생산효율보다는 개별 협력업체의 공정흐름을 고려한 방식이라 할 수 있다(Fig. 2(b)). 완전 TACT는 작업 구역 내 단위 작업들의 소요시간을 동기화하여 작업흐름과 자원흐름의 연속성을 획득할 수 있는 TACT이다. 완전 TACT는 모든 협력업체의 작업과 자원의 완벽한 흐름을 고려하여 흐름생산을 이룩함으로써 주관사 역시 높은 생산효율을 성취할 수 있도록 하는 방식이다.



(a) Superficial TACT, (b) Incomplete TACT

Fig. 2. TACT Types

국내 TACT 적용은 마감공종이 다양하고 반복 횟수가 많은 초고층 오피스빌딩을 위주로 이루어져왔으며, TACT 적용을 통해 기존 대비 약 1.5~2개월의 마감공기를 단축하였다. 일본의 경우 공동주택 마감공사에도 TACT 적용 사례가 많으며 PC부재 적극 도입과 내부 마감재료 건식화를 통해 25층 규모 공동주택 마감을 골조공사 완료 후 5개월 내에 종료하는 것으로 조사되었다(신동호 2009).

TACT 개념의 국내 건설 현장 도입 이후 TACT의 개선에 관한 다양한 연구가 진행되었으며, 이는 TACT 프로세스 개선에 관한 연구, TACT 기법의 현장 적용성 및 공동주택 마감공사 적용성 개선에 관한 연구로 분류할 수 있다.

김영재 et al.(2003), 서상욱 et al.(2003), 김지현 et al.(2007) 등은 마감공정관리 개선을 위해 TACT 프로세스 모델·시스템을 제안하였지만, 프로세스 분석 및 시스템 구축에 중점을 두어 TACT 적용 실적 데이터를 기반으로 한 현장 적용 가능성에 대한 고찰이 부족하다는 한계가 있다. 윤유상 et al.(2003), 김선국 et al.(2003) 등은 TACT 기법 현장 적용성 개선을 위해 공정계획·진행 및 관리 상 제한성을 분석하고 이의 극복을 위한 방안들을 제시하였다. 그러나 이러한 연구들은 대상이 주상복합, 초고층 등으로 제한되어 공동주택 현장 적용을 위해서는 추가적인 검증이 필요하다. 윤유상 et al.(2003), 윤유상 et al.(2005), 김준호 et al.(2006), 정주

영(2007), 황진원(2009), 신동호(2009), 이원석(2011), 김법수(2012), 김옥규 et al.(2012), 김구영(2014), 김선규 et al.(2014), 이희병(2014) 등은 TACT 공정계획 프로세스 분석, 모델·시스템 구축, TACT 적용 현장 분석 등을 통해 공동주택 마감공사 TACT 적용성 개선방안을 제시하였으나 주로 주관사의 공정관리 관점에서의 개선안 제시에 머물러 실제 공사 수행 주체인 협력업체와 주관사 간의 관계나 협력업체 관점에서의 적용성 개선에 대한 고려가 부족하다는 한계가 있다.

이에 본 연구는 공동주택 마감공사 TACT 적용 사례 데이터를 생산성 지표를 통해 분석하여 공사관리와 수행 주체인 주관사와 협력업체 간의 관점 차를 이론적·현실적으로 설명하고, 주관사 및 협력업체 모두의 생산성을 고려한 관리점을 제공함으로써 참여주체 간 간극 해소의 기초를 마련하는 것에 차별성이 있다.

3. TACT 기법의 생산성

생산성은 일반적으로 투입자원 대비 산출물의 비율로 측정되며(Lowe J. G. 1987), 건설산업에서의 생산성은 작업시간의 비용 대비 산출물의 단위로 표현된다(Adrian J. J. 1995). 특히 건설현장에서는 인당 작업시간 또는 노무비와 산출물 단위의 비율인 노동생산성에 중점을 두고 대부분의 생산성 관리가 이루어지고 있다(Neil and Knack 1984, Thomas and Mathews 1985). 김태완 et al.(2003)는 기존 생산성 관리 프로세스(Sumanth 1984, Sink 1985)에 기초하여 생산성 측정, 평가, 계획, 향상에 이르는 생산성 관리 주기 별 업무를 도출하였다. 생산성 관리 과정이 원활하게 이루어지기 위해서는 생산성 측정, 측정된 생산성 및 생산성 변화분에 대한 올바른 평가가 이루어져야 하고, 이를 위해 공중 특성, 모든 참여주체, 생산성 개선의 여지 등을 반영할 수 있는 생산성 지표가 분석도구로 사용되어야 한다(Oglesby et al. 1989, 김태완 2004).

3.1 생산성 지표로서의 PAR

3.1.1 생산성 지표

생산성 관리를 위한 대표적인 생산성 지표는 Thomas and Zavrski(1999)가 제안한 Baseline Productivity(이하 BP)로, 생산성 손실 측정이나 베스트 프랙티스(best practice)의 벤치마킹 등을 목적으로 사용되고 있다(Chien-Liang Lin and Hong-Ming Huang 2010). 일일 생산성이 높게 측정된 순서대로 전체 작업일수의 총 10%에 해당하는 작업일을 택하여 해당 일자의 생산성 중 중앙값이 해당 작업의 BP가 된다(Thomas and Zavrski 1999, Chien-Liang Lin and Hong-Ming Huang 2010). BP는 한 프로젝트에서 방해요인 없이

얻을 수 있는 최대 생산성을 의미하며, 생산성이 BP에 이르지 못했을 경우 방해요인과 BP 간 관계식을 회귀분석을 통해 구함으로써 어떤 방해요인이 생산성 저하에 영향을 끼쳤는지 검토할 수 있다. 그러나 한 프로젝트의 BP를 다른 프로젝트에 적용하기 어렵고, 날씨 변화 같은 생산성 향상을 위한 노력으로 극복할 수 없는 방해요인에 대한 고려가 부족하며(김태완 et al. 2003), BP 측정을 위해 추출하는 baseline subset의 크기의 기준(총 작업일의 10%)이 매우 주관적이라는 한계가 있다(Chien-Liang Lin and Hong-Ming Huang 2010). Herbsman and Ellis(1990)는 생산성과 생산성 영향 요인에 대한 중회귀분석에 의한 함수를 제시하였으나 각 생산성 영향 요인들을 독립변수로 가정하여 실제 상관관계를 가지고 있는 변수 간의 관계를 고려하지 못하였다.

본 연구에서는 Business Roundtable(1987)에서 제시하는 건설산업 생산성 지표의 기능, (1) 건설현장의 전반적인 공사 진행이 얼마나 효율적으로 진행되고 있는지 보여줄 수 있을 것, (2) 현장에서 공사 진행을 저해하고 있는 문제가 무엇인지를 신속히 파악할 수 있을 것, (3) 공법과 건설여건이 전체 공정에 미치는 영향을 평가할 수 있을 것, (4) 현장 간 동일공종 생산성에 대한 비교평가가 가능할 것, (5) 시공자 간 시공 및 공사운영 능력에 대한 비교평가가 가능할 것, 을 모두 만족하는 Productivity Achievement Ratio를 생산성 지표로 활용한다.

3.1.2 Productivity Achievement Ratio

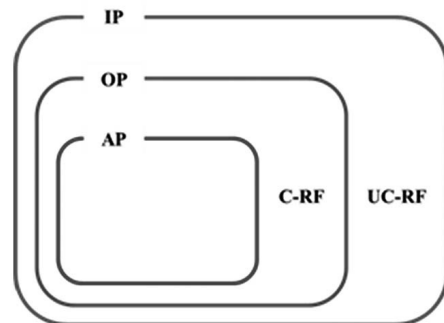


Fig. 3. Three Types of Productivity in PAR (Adapted from Kim T et al. 2003)

Productivity Achievement Ratio(이하 PAR)는 획득가능 생산성(Obtainable Productivity, 이하 OP) 대비 현재생산성(Actual Productivity, 이하 AP)으로 정의된다(김태완 외 2003, Kim T. et al. 2011). PAR에서는 세 가지 생산성, 이상적 생산성(Ideal Productivity, 이하 IP), OP, AP, 을 정의하고 있는데¹⁾(Fig. 3), 각 생산성 간 관계에는 생산성에 영향을 끼치는 제한요인(Reduction Factor, 이하 RF)이 작용하게 된다. AP는 IP에서 RF로 인한 생산성 감소분을 뺀 생산성이며,

RF의 제어 가능 여부에 따라 프로젝트 관점에서 제어할 수 없는 RF(Uncontrollable RF, 이하 UC_RF)와 제어할 수 있는 RF(Controllable RF, 이하 C_RF)로 분류하여 IP에서 UC_RF로 인한 생산성 감소분을 제한 값을 OP로 정의한다. 즉, OP는 현장 데이터를 통해 측정 가능한 AP에 C_RF로 인한 생산성 감소분을 더하여 산출할 수 있으며, 각각의 C_RF가 생산성 감소에 미치는 영향을 통제하여 AP를 OP에 접근시킴으로써 PAR 값을 향상시킬 수 있다.

PAR 값은 RF들의 영향을 고려하여, 잠재된 생산성 개선효과를 함축한 지표로서 생산성 관리에 있어 주요 관리 공중 결정을 위한 생산성 평가지표로 활용 가능할 뿐 아니라(김태완 et al, 2004), 신뢰도 높은 RF를 도출하고 생산성 감소에 주는 영향도를 산출함으로써 공중 별 주요 생산성 관리 포인트를 결정하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 RF들과 주기적으로 측정된 AP의 관계를 이용한 다중회귀분석을 통해 OP를 산출하는 과정에 다양한 시공 참여주체들의 관점을 통합적으로 반영함으로써 각 주체 간 생산성에 대한 관점 차를 보다 신뢰도 높게 분석할 수 있는 틀을 제공한다.

OP는 통제 주체에 따라 개별 주체의 OP, 좁은 의미의 OP 및 넓은 의미의 OP로 분류할 수 있으며, PAR 값 역시 이에 따라 개별 주체의 PAR, 좁은 의미의 PAR 및 넓은 의미의 PAR로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 Table 2와 같이 작업자 그룹과 작업자 그룹을 직접 통제·관리하는 협력업체 관리자 그룹을 통제주체로 하는 협력업체 주체의 OP와 현장 관리자 그룹과 작업자 그룹이 통제주체인 현장조직 주체의 OP로 통제 주체에 따른 OP 분류를 조정하고, 넓은 의미의 OP는 연구 범위에서 제외하였다.

Table 2. Classification of OP by Main Participants

Classification	Description	Participants
OP by Subcontractors	Maximum productivity which can be obtained by subcontractors' aspect	Worker group + Subcontractors' manager group
OP by Field Organization	Maximum productivity which can be obtained by construction on-site organization aspect	Worker group + On-site Manager group (manager of subcontractors + manager of general contractor)

3.2 TACT 기법 생산성에 대한 시각 차

경제 효율 및 운영 효율의 척도로서 전체 프로젝트의 생산성은 개별 작업의 노동생산성 뿐 아니라 투자한 자본에 대한 수익률로 정의되는 자본생산성의 관점으로 바라볼 수 있다

1) IP는 모든 상황이 최상일 경우 나올 수 있는 가상의 생산성으로 실제로 구할 수 없으며, 어떠한 경우에도 도달할 수 없다. OP는 제어할 수 없는 부분을 제외한, 통제 가능한 요인들의 적절한 통제를 통해 실제로 얻을 수 있는 최대 생산성이다. AP는 실제로 현장에서 측정되는 현재 생산성을 의미한다(김태완 2008).

(Rendall and Wolf 1983; John G. Lowe 1987). 공사원가는 직접비, 간접비 및 영업외수지(금융비용)으로 이루어지며, 시공 참여자들은 직접비의 큰 증가가 없다면 프로젝트의 경제적·운영적 효율 향상을 위해 공기단축을 통한 간접비 및 금융비용 절감을 추구한다. 하지만 각 참여자들은 담당하는 프로젝트의 범위가 다르며, 이로 인해 생산성을 바라보는 데 있어 서로 다른 관점을 가지고 있다.

시공 주관사는 공동주택 시공 전반을 대상 프로젝트로 하며, 공동주택 분양으로 얻는 산출가치가 동일하다고 가정할 때 투입가치인 TACT 적용으로 인한 전체 마감공정 공사비용 효율에 따라 프로젝트의 생산성이 결정된다. 신동호(2009)와 이희병(2014)의 사례분석에 따르면 TACT 기법을 적용한 공동주택 5개 사례에서 모두 공사비용 효율성이 증가한 것으로 나타났다. 공동주택 마감공사의 TACT 적용 시 마감공사 조기 착수를 위한 장비 추가, 신공법 사용 및 고강도 재료 사용 등으로 인한 직접비 증가가 양중 장비 사용 기간의 단축으로 인한 직접비 감소보다 커 직접비가 증가하지만, 마감공정 준공기간 단축으로 인한 간접비 및 금융비용의 감소로 인해 전체 공사비용 효율성은 향상되는 것으로 분석되었다. 즉, 주관사 관점에서 TACT 적용은 프로젝트의 공기단축을 통해 공사비용 효율성을 증가시키며 이로 인해 경제 및 운영 효율을 향상시키는 효과를 가져온다.

협력업체 관점에서 프로젝트는 개별 협력업체가 담당하는 공종을 의미하며, 따라서 협력업체는 전체 공동주택 프로젝트의 공기단축이나 공중 간의 균형보다는 담당 공종의 공기 및 작업 생산성 향상에 더욱 관심을 가진다. 즉, 주관사의 산출가치는 분양(또는 시공)으로 인한 수입, 투입가치는 준공을 위해 투입한 총 공사비용인 반면, 협력업체의 산출은 마감 물량에 따라 지급받는 기성이며 투입은 담당 마감공사의 완성을 위해 투입한 비용이기에 TACT 적용으로 인한 직접비의 증가는 협력업체의 직접비에 전가되며, 이것은 협력업체의 노동생산성 및 자본생산성을 악화시키는 결과를 가져온다. 또한 TACT 적용 공동주택 현장은 자원평준화, 대기시간 최소화, 작업 연속성 확보 달성 최대화를 위해 완전 TACT를 추구하고 있으며, TACT 적용으로 인한 준공시기 단축은 마감공정의 조기 착수(기존 n(기준층)-10층 또는 골조공사 완료 후에서 n-4층으로 착수시기를 조정) 및 TACT time²⁾ 동기화를 통해 달성이 가능하다. 이를 위해 실제 협력업체들의 현장 투입 기간은 동시에 4~5개 층을 시공하던 기존과 달리 동시 1~2개 층 시공으로 인해 길어지게 되며, 이는 간접비 및 금

2) TACT time이란 TACT 단위작업의 작업구역 내에서 작업팀, 작업자의 작업소요시간 또는 작업개시일로부터 다음 작업구역으로 이동할 때까지의 시간간격이다(김영재 외 2003). TACT time이 3일일 경우 3일은 1 TACT time, 6일은 2 TACT time, 9일은 3 TACT time과 같이 표현한다.

용비용을 증가시켜 협력업체의 공사비 효율성을 감소시키는 원인으로 작용한다. 따라서 협력업체 관점에서 TACT 적용은 직접비, 간접비 및 금융비용을 모두 증가시켜 공사비 효율성을 저하시키며, 이로 인해 경제 효율 및 운영 효율이 감소하게 된다.

TACT 적용 공동주택 현장(D사 현장, Table 4) 면담조사 결과 협력업체의 경우 단일 마감공종 공기 증가 및 작업·관리의 수평 범위 증가 등으로 인해 직접비, 간접비 및 금융비용이 모두 증가하여 공사비용 효율성이 감소한다고 답하였으나 주관사 관리자들은 기포콘크리트 및 바닥 미장 등 일부 작업을 제외하면 협력업체의 공사비용 효율 감소는 TACT 적용과는 연관이 없다고 답하였다. 이러한 이해당사자 간의 인식 차에도 불구하고 협력업체의 TACT 적용 시 작업생산성의 하락 원인, 예를 들어 대기시간의 증가, 이동시간의 증가, 계획 상 인원 과다투입 또는 간섭 등으로 인한 작업 효율성 저하 등, 을 파악할 수 있는 실적자료 및 분석틀이 부재하다.

따라서 공동주택 마감공사 TACT 적용 시 동일한 기준으로 생산성을 관리함으로써 관리 효율성 및 공사 효율성을 향상시키기 위해서는 실적자료 수집을 통한 단일 공종 노동생산성 산출 및 양자 간 시각차를 반영할 수 있는 생산성 지표인 PAR를 활용한 분석이 필요하다.

4. PAR를 활용한 TACT 생산성 분석

4.1 Reduction Factor 선정

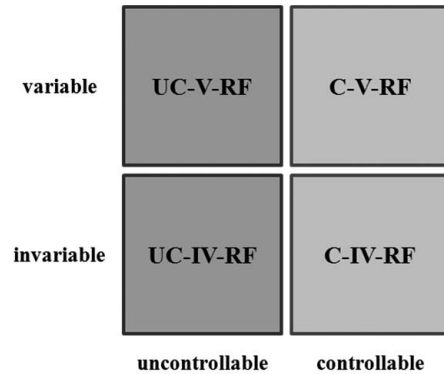


Fig. 4. 2x2 RF Matrix (Adapted from Kim T et al. 2011)

RF들은 통제가능성에 따라 C_RF와 UC_RF로 구분 가능할 뿐 아니라 단일 프로젝트 진행 중 변동성(Variability)에 따라 프로젝트 기간 내에 지속적으로 변화하는 Variable RF(이하 V_RF)와 변동하지 않는 Invariable RF(이하 IV_RF)로 구분할 수 있으며, 두 가지 구분을 토대로 Fig. 4와 같은 2x2 매트릭스 안에서 표현 가능하다.

Table 3. Classification of RFs (Modified based on Kim T. et al. 2004)

Classifications of Factors	RF name	Main Controlling Participants	RF code	Variability
Construction Workers related	Lack of responsibility of workers (insincerity)	Worker group	F1_1	V_RF
	Deficiency in skill-level of workers	Worker group	F1_2	IV_RF
	Frequent full-time works	Worker group	F1_3	V_RF
	Fatigue of workers due to excessive works	Worker group	F1_4	V_RF
	Conflicts among workers and among upper and lower groups	Worker group	F1_5	V_RF
	Deficiency in supply and demand of workers	Worker group	F1_6	V_RF
Design Management related	Incompletion and quantitative shortage of design documents,	Participants not involved in on-site organization	F2_1	V_RF
	Design ignoring constructability	Participants not involved in on-site organization	F2_2	IV_RF
Construction Site Management related	Inappropriate selection of construction methods	Construction on-site Manager group	F3_1	V_RF
	Excessively high criteria of quality	Participants not involved in on-site organization	F3_2	V_RF
	Unreasonable construction site planning	Construction on-site Manager group	F3_3	IV_RF
	Faults in planning of work process	Construction on-site Manager group	F3_4	V_RF
	Faults in work planning	Construction on-site Manager group	F3_5	V_RF
	Insufficient communication among subcontractors, divisions	Construction on-site Manager group	F3_6	V_RF
	Inappropriate safe management	Construction on-site Manager group	F3_7	V_RF
Resource input related	Faults in material procurement planning	Construction on-site Manager group	F4_1	V_RF
	Substandard material	Construction on-site Manager group	F4_2	V_RF
	Faults in equipment procurement planning	Construction on-site Manager group	F4_3	V_RF
	Equipment in performance deficit	Construction on-site Manager group	F4_4	V_RF
Characteristics of Construction Project and External Factors	Poor weather condition of temperature and humidity	uncontrollable	F5_1	V_RF
	Poor weather condition of snow, wind, rain	uncontrollable	F5_2	V_RF
	Disadvantage in conditions of a location for construction site	uncontrollable	F5_3	IV_RF
	Poor work environment due to noise, dust, vibration, etc.	Construction on-site Manager group	F5_4	V_RF
	Hostile atmosphere of residents	Construction on-site Manager group	F5_5	V_RF
	Excessive legal restrictions	uncontrollable	F5_6	IV_RF
	Inadequate support from head office	Support divisions of head office	F5_7	V_RF

실제 RF들은 C_RF와 UC_RF 이원적으로 명확히 구분되지 않으며, 얼마나 통제가 가능한지를 나타내는 통제계수(Coefficient of Controllability, 이하 CC)를 통해 현실적인 PAR 모델을 구축할 수 있다. 전문가를 대상으로 한 델파이 기법을 통해 구해지는 CC는 0~1의 값을 가지며 CC가 1이면 완벽한 C_RF, 0이면 완벽한 UC_RF를 의미한다.

김태완 et al.(2004)는 생산성에 영향을 미치는 요인들을 분류·정리하여 RF들로 재구성하고, 주체 별 CC 및 RF들의 변동성을 조사하여 PAR 산출에 유의미한 자료로 재정리하였다(Table 3).

4.2 PAR 산출

본 연구는 TACT 적용 공동주택 마감공사라는 특정 프로젝트 및 공종을 대상으로 하므로 기존 연구에서 산출된 CC 값을 그대로 적용하지 않고, TACT 전문가들을 대상으로 델파이 기법을 실시하여 이전 단계에서 도출한 RF들의 CC 값을 재산출하였다. 전문가 선정 기준은 TACT 적용 현장 경험이 있는 경력 10년 이상의 대형건설업체 종사자, 공정관리부서의 TACT 전담 실무자 및 TACT 관련 연구 경험이 있는 건설관리 분야 박사로 제한하였다.

주기적으로 측정된 AP값과 델파이 기법을 통해 도출한 V_RF들을 활용해 식 (1)과 같은 다중회귀식을 구할 수 있으며, 이를 통해 각 V_RFk들의 회귀계수(Bk) 및 y-절편(A)을 도출한다.³⁾ 또한 델파이 기법을 통해 구한 각 V_RF들의 주체 별 CCk값을 식 (2)에 대입함으로써 협력업체 주체의 OP값과 현장조직 주체의 OP값을 각각 산출할 수 있다.

$$AP = A - \sum_n B_k \cdot VRF_k \quad (1)$$

$$OP = A - \sum_n B_k \cdot (1 - CC_k) \cdot VRF_k \quad (2)$$

$$PAR = \frac{AP}{OP} \quad (3)$$

산출한 각 OP 값을 식 (3)에 적용하여 협력업체 주체 PAR 값과 현장조직 주체 PAR값을 산출할 수 있으며, TACT 기법 적용 현장에서의 주요 생산성 관리 포인트를 확인할 수 있다. 산출한 주체 간 OP 및 PAR 값의 비교분석은 참여주체 간의 TACT 기법 생산성에 대한 관점 차를 이론적으로 확인할 수 있게 해준다.


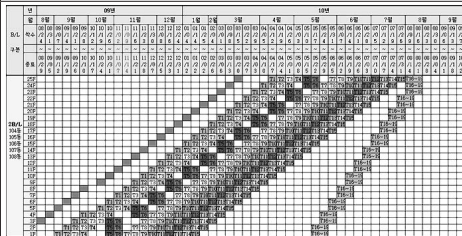
3) 프로젝트 기간 내에 변동하지 않는 IV_RF들의 영향에 의한 생산성 감소는 참여주체들의 생산성 향상 노력으로 회복할 수 없으므로 OP 값에 영향을 줄 수 없다.

4.3 사례 연구

4.3.1 사례 연구 개요

TACT 적용 공동주택 마감공사 PAR 분석 사례연구는 D사 서울시 S동 아파트 프로젝트를 대상으로 하였다. 해당 현장은 지하 2층 ~ 지상 16~25층 총 13개 동, 867세대로 구성된 재개발 단지로 4블록으로 공구를 나누어 골조 및 마감공정을 진행하였다. 이 중 모두 같은 m²형의 24~25층 5개 동으로 구성된 2블럭 14층~17층 4개 층을 데이터 측정 대상으로 하였다. 측정 공종은 전체 19개로 이루어진 TACT 공정 중 마감 준비공정을 제외하고 가장 우선되는 공정으로 후속 TACT 공정 진행에 큰 영향을 줄 수 있는 공정인 조적공사(TACT-2)이다. 사례연구의 개요는 Table 4와 같다.

Table 4. Case Description

Classification	Contents
Subject	Apartment Project, S dong, Seoul
Work Type	Masonry work (2nd Block; 14th floor ~ 17th floor)
Duration of Collecting Data	22th Feb. 2010 ~ 20th Mar. 2010 (4weeks)
Contents	Number of masonry workers, Working time, Quantity of work done, value of each V_RF, Other factors causing productivity to decrease
Site Plan	
Schedule of Finish Work	

데이터 수집 및 측정은 해당 기간 동안 현장에 상주하며 면담 및 각종 문서 및 도면 자료의 활용과 직접 측정을 통해 실시하였다.

4) 델파이기법은 15~20인(Ludwig 2001), 10~18인(Okoli and Pawlowski 2004)의 전문가 응답자를 대상으로 하는 것이 대부분이며, 동질집단의 경우 10~15인 이하의 소수를 대상으로 하지만(Ziglio 1996), 본 연구에서는 대상 조건을 만족하는 전문가 집단의 협소로 인해 8인의 전문가를 대상으로 델파이기법을 적용했다.

4.3.2 델파이 설문결과 및 RF 도출

김태완 et al.(2004)가 기존 연구에서 제시한 RF들을 대상으로 공동주택 마감공정에 TACT 적용 시 작업자 그룹, 협력업체 관리자 그룹 및 주관사 관리자 그룹의 CC값에 대한 델파이 조사를 실시하였다.⁴⁾ 직접 방문 및 이메일 조사방법을 혼용하여 응답자 신원에 관한 질문을 포함한 1차 설문 결과를 바탕으로 2차 설문을 실시하고, 다시 2차 설문 결과를 바탕으로 3차 설문을 실시하는 등 총 3차례에 걸친 의견 수렴 과정을 거쳤다. RF의 변동성에서 기존 연구에서와 달리 F1_2(작업자의 숙련도 부족)가 V_RF로 분류되었다. 이는 프로젝트 진행 과정 중 TACT 적용에 대한 작업자의 이해도·숙련도 변화가 생산성에 영향을 끼칠 것이라는 전문가 의견이 반영된 것이다. 델파이 조사 결과 각 RF의 주체별 통제가능성 점수평균인 CC 값은 Table 5와 같다. 예를 들어 F1_2(작업자의 숙련도 부족) RF의 경우, 작업자, 협력업체, 주관사(현장관리자), 기타 주체 별 CC값이 각각 0.58, 0.10, 0.06, 0.13으로 작업자 그룹이 F1_2의 58%를 통제할 수 있으며, 협력업체의 관리 노력에 따라 협력업체 주체 CC값인 0.68, 즉, 68%까지, 주관사의 노력이 더해지면 74%까지 통제 가능함을 의미한다.

Table 5. CC Values of RFs

Classification of Factors	RF code	Value of CC by Participants				
		Worker Group	Sub-contractor	General Contractor	Other Participants	No one
Construction Workers related	F1_1	0.48	0.21	0.11	0.10	0.10
	F1_2	0.58	0.10	0.06	0.13	0.13
	F1_3	0.46	0.15	0.11	0.11	0.17
	F1_4	0.38	0.20	0.18	0.20	0.04
	F1_5	0.60	0.16	0.06	0.03	0.15
	F1_6	0.35	0.14	0.07	0.17	0.27
Design Management related	F2_1	0.04	0.06	0.21	0.67	0.02
	F2_2	0.05	0.06	0.26	0.60	0.03
Construction Site Management related	F3_1	0.21	0.21	0.31	0.27	0
	F3_2	0.08	0.09	0.20	0.61	0.02
	F3_3	0.15	0.22	0.41	0.22	0
	F3_4	0.24	0.28	0.32	0.15	0.01
	F3_5	0.19	0.24	0.39	0.17	0.01
	F3_6	0.21	0.36	0.22	0.21	0
	F3_7	0.32	0.20	0.29	0.16	0.03
Resource inputrelated	F4_1	0.18	0.23	0.39	0.20	0
	F4_2	0.16	0.19	0.30	0.35	0
	F4_3	0.25	0.29	0.22	0.24	0
	F4_4	0.29	0.26	0.27	0.18	0
Characteristics of Construction Project and External Factors	F5_1	0.06	0.06	0.15	0.11	0.62
	F5_2	0.04	0.04	0.14	0.11	0.67
	F5_3	0.02	0.01	0.02	0.46	0.49
	F5_4	0.18	0.15	0.36	0.15	0.16
	F5_5	0.09	0.12	0.26	0.29	0.24
	F5_6	0	0	0.03	0.21	0.76
	F5_7	0	0.02	0.19	0.76	0.03

본 사례연구에서는 Table 5의 RF들에 추가로 생산성 저하에 영향을 미치는 것으로 판단되는 기타 요인들을 대상으로 해당 현장의 작업자, 협력업체 관리자, 주관사 관리자 및 주관사 본사 공정관리 TACT 전담 실무자 면담을 통하여 TACT 적용 시 조적공사의 주요 RF들을 도출하여 활용하였다. 주요 RF는 전일 작업중단 유무, 작업자 숙련도 부족, 지나치게 높은 품질기준, 작업 일정계획 잘못, 협력업체·부서 간 의사소통 미흡, 자재 및 인력 양중지연으로 조사되었다. 각 RF의 정의 및 측정 방법은 Table 6과 같다.

Table 6. Definition and Quantification Methods of RFs

No.	V_RF	Definition	Quantification
RF1	Whether suspension of work occurred or not in previous day	Are there any suspensions of work in previous days in any reasons?	If suspension of work occurred, then give value of 1, otherwise 0.
RF2	Deficiency in skill-level of workers	Have level of work difficulty and deficiency in ability to adapt to TACT affected works?	Likert-type Scale (0: No effects at all. ; 1: Average. ; 2: Minor effects. ; 4: Significant effects.)
RF3	Excessively high criteria of quality	Have excessively high criteria of quality affected work time?	Likert-type Scale (0: No effects at all. ; 1: Average. ; 2: Minor effects. ; 4: Significant effects.)
RF4	Fault in work planning	Have faults in work planning disturbed work executions?	Amount of time for interference among other works
RF5	Insufficient miscommunication among subcontractors, divisions	Have insufficient miscommunication among subcontractors, divisions affected start/finish of any works?	Delay of work or additional work time due to precedent/following work
RF6	Delays in materials and lifting of workers	Have delays in materials and lifting of workers affected work time?	Moving or waiting time due to problems of materials and lifting of workers

총 20 작업일(4 TACT time) 간 사례현장 조적공사의 RF 및 AP 값을 측정하였으며, 결과를 Table 7에 정리하였다.

Table 7. Results of AP and RFs Measurement

Day	AP (Pieces/M · H)	RF1	RF2	RF3	RF4	RF5	RF6
1	191.82	0	2	1	0	0	0
2	166.26	0	2	2	0.5	0	0.5
3	173.53	1	1	2	0	0	0.5
4	175.34	0	1	3	0	0.5	0
5	180.17	0	1	1	0.5	0	0
6	198.5	0	2	2	0	0	0
7	172	0	1	2	0	0	1
8	178.77	0	1	1	0	1	0
9	183.65	0	2	2	0	0	0
10	193.18	0	1	2	0	0	0
11	160.42	0	3	3	1	0.5	0.5
12	188.64	1	1	2	0	0	0
13	204.35	0	0	1	0	0	0
14	181.76	0	2	1	0.5	0	0
15	170.28	1	1	3	0	0	0.5
16	195	0	1	2	0	0	0
17	161.72	0	2	1	0.5	1.5	0.5
18	188.38	0	2	2	0	0	0
19	190.8	1	1	2	0	0	0
20	157.45	0	1	1	0.5	0	1

4.3.3 OP 및 PAR 산출

측정한 RF 값들과 AP 값을 각각 독립변수와 종속변수로 다중회귀분석을 실시하였다. 여섯 개의 RF들 중 작업 일정계획 잘못(RF4), 협력업체·부서 간 의사소통 미흡(RF5), 자재 및 인력 양중지연(RF6)이 유의한 RF들로 나타났으며, 결과는 식 (4)와 같다.⁵⁾

$$\text{생산성} = 190.30 - 15.27 \cdot \text{RF4} - 8.92 \cdot \text{RF5} - 24.30 \cdot \text{RF6} \quad (4)$$

유의한 RF들 중 Table 6에서 CC값이 산출되지 않은 자재 및 인력 양중지연 변수에 대해 동일한 전문가 8인을 대상으로 주체 별 CC값에 대한 델파이 조사를 실시하였다. 유의한 RF들의 작업자 그룹 주체, 협력업체 관리자 주체 및 주관사 관리자 주체의 CC값은 각각 0.24, 0.31, 0.36이며(Table 8), 이를 이용하여 협력업체 주체 OP 및 PAR과 현장조직 주체 OP 및 PAR을 산출하였다(Table 9).

Fig. 5는 협력업체 주체의 PAR과 현장조직 주체의 PAR을 나타낸다.

Table 8. CC Value of RFs in Case Study

RF No. (from Table 7)	CC Value by subcontractor	CC Value by field organization
RF4	0.43	0.82
RF5	0.57	0.79
RF6	0.55	0.91

Table 9. OP and PAR of Each Working Day

Day	OP_SC (Pieces/M · H)	PAR_SC (%)	OP_FO (Pieces/M · H)	PAR_FO (%)
1	190.30	100.80	190.30	100.80
2	180.48	92.12	187.83	88.51
3	184.83	93.88	189.21	91.71
4	188.38	93.08	189.37	92.59
5	185.95	96.89	188.93	95.36
6	190.30	104.31	190.30	104.31
7	179.37	95.89	188.11	91.43
8	186.47	95.87	188.43	94.87
9	190.30	96.50	190.30	96.50
10	190.31	101.51	190.30	101.51
11	174.21	92.08	185.52	86.47
12	190.30	99.13	190.30	99.13
13	190.30	107.38	190.30	107.38
14	185.95	97.75	188.93	96.21
15	184.83	92.13	189.21	90.00
16	190.30	102.47	190.30	102.47
17	174.73	92.55	185.02	87.40
18	190.30	98.99	190.30	98.99
19	190.30	100.26	190.30	100.26
20	175.01	89.96	186.74	84.32

5) R²는 0.812, 조정 R²는 0.777 이었다.

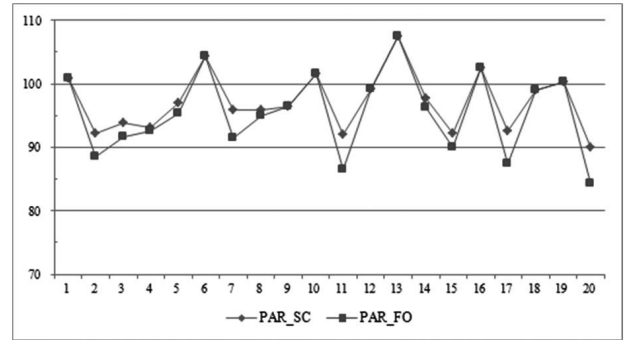


Fig. 5. PAR by Subcontractor and PAR by Field Organization

4.4 결과 분석

사례연구를 통해 다음과 같은 결과를 도출하였다.

(1) 본 사례연구에서 도출된 RF 중 공동주택 TACT 적용 시 조적공사의 생산성에 영향을 미치는 유의한 RF는 작업일정 계획 잘못, 협력업체·부서 간 의사소통 미흡, 그리고 자재 및 인력 양중 지연이다. 이 세 가지 RF들은 TACT 적용 현장의 조적공사 생산성 관리 시에 가장 중요하게 관리해야 할 포인트가 된다. 기존 연구(김태완 et al. 2014)에서 나타난 조적공사에 대한 유의한RF는 자재조달지연, 전일작업 중단유무, 작업난이도로써 마감공사 관리기법으로 TACT를 적용함으로 인해 주요 생산성 관리점이 변화하는 것으로 분석되었다.

자원 평준화 및 공정 동기화를 통해 작업의 연속성을 확보함으로써 흐름생산을 추구하는 TACT기법은 대기시간 및 작업 간 간섭 최소화를 위해 전 참여주체의 목표 공유 및 선후행 공정 간의 긴밀한 의사소통이 필수적이다. 이에 협력업체와 작업자의 의견을 충분히 반영하지 않은 작업일정 계획과 협력업체·부서 간의 미흡한 의사소통은 작업 간 간섭을 발생시키고 선후행 작업으로 인한 작업지연 및 추가작업을 발생시켜 생산성 저하에 영향을 주는 주요 RF로 나타났다. 또한 TACT 기법 적용은 동일 시기에 전 마감공중 진행을 유발하며, 자재 및 작업자의 수평·수직 분포 범위를 확대시킴으로써 자재 및 인력의 수직·수평 양중 부담을 가중시킨다. 이로 인해 발생하는 자재 및 인력 양중 지연이 회귀분석 결과 조적공사의 생산성 저하에 가장 큰 영향을 주는 RF로 분석되었다.

(2) 델파이 기법을 통해 산출한 각 주체의 CC값은 주체 별로 각각의 RF에 대해 통제 가능 정도를 의미한다. 예를 들어, 자재 및 인력 양중 지연 RF의 작업자 그룹 주체 CC값은 0.32, 협력업체 관리자 주체 CC값은 0.23, 주관사 관리자 주체 CC값은 0.36으로, TACT 적용 현장에서 협력업체 관점에서 자재 및 인력 양중 지연 문제를 55%, 현장 조직 관점에서 91% 통제할 수 있다는 것을 나타낸다. 바꿔 말하면, 자재 및 인력 양중 지연으로 인한 생산성 감소를 작업자와 협력업체만의 노력으로 개선할 수 있는 한계는 55%이며, 주관사의 개선 노력이 병행되면 생산성 감소를 90% 이상 개선할 수 있는

여지가 있다는 것을 의미한다. 작업일정 계획 잘못 및 협력업체, 부서 간 의사소통 미흡 문제에 대해서도 주관사의 CC값이 각각 0.39, 0.22로 나타나 TACT 적용에 따른 생산성 저하가 협력업체로 전가되는 것을 방지하기 위해 주관사의 생산성 관리 노력이 반드시 필요함을 알 수 있다.

(3) TACT 적용 시 공동주택의 조적공사에 대한 협력업체 주체의 PAR값의 평균은 97.18%, 표준편차는 4.55였으며, 현장조직 주체의 PAR값은 평균 95.51%, 표준편차 6.21이었다. 협력업체 주체의 PAR값과 현장조직 주체의 PAR값이 가장 큰 차이를 보인 날은 20일 째로 5.64%의 차를 보였으며, 각각 89.96%, 84.32%의 PAR값이 산출되었다. 이는 20일 째 작업에 대해 작업자그룹과 협력업체 관리자의 RF로 인한 생산성 저하 개선 노력으로 10% 이상의 생산성 증가가 가능하며, 주관사 관리자의 노력으로 추가 5% 이상의 생산성 향상이 가능함을 의미한다.

이러한 주체 별 PAR 차이는 주체별 OP의 차이에 기인한다. 협력업체 주체 OP의 평균은 185,646 매/M·H, 현장조직 주체 OP의 평균은 189 매/M·H로 현장조직 주체 OP의 평균값이 협력업체 주체 OP보다 약 1.8% 높게 산출되었으며, 가장 많은 차이를 보인 20일 째는 6.7% 높게 산출되는 것으로 나타났다. 이것은 협력업체 관점에서 실제로 주관사 관점에서 보았을 때보다 달성 가능한 생산성이 낮다는 것을 보여준다. 또한 이러한 OP 차이는 유의한 RF인 작업 일정 계획 잘못, 협력업체, 부서 간 의사소통 미흡, 그리고 자재 및 인력 양중 지연 등 TACT 공정기법 적용으로 인한 RF로 인해 발생한 것이므로 공동주택 마감공사에 TACT 적용 시 협력업체 관점에서 생산성이 하락한다는 의견을 이론적으로 뒷받침 해준다.

5. 결론

본 연구는 공동주택 마감공사 TACT 적용 시 생산성에 대한 주관사와 협력업체의 관점 차를 이해하고 간극을 줄이기 위한 연구이다. 이를 위해 TACT 기법 생산성에 대한 기존 연구 분석, 실무자 면담 및 사례 연구를 수행하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

기존 연구 분석 및 실무자 면담을 통해 경제적·운영적 효율 관점에서 주관사와 협력업체의 대상 프로젝트, 투입량 및 산출량 차이로 인해 생산성에 대한 관점 차이가 나타나며 프로젝트 진행에 따른 생산성 획득 체감에도 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 주관사의 경우 TACT 적용으로 인한 공동주택 전체 프로젝트의 공기단축이 공사비 효율성을 증가시켜 생산성 향상을 체감하는 것으로 나타났지만, 협력업체의 경우 전체 마감 공기 및 전 현장에 걸친 동시 1~2개 층 해당 공정 투입으로 인한 간섭 발생, 양중 거리 증가, 실질 공기 증가 등으로 인해 공사비 효율성이 감소함으로써 생산성 감소를

체감하는 것으로 분석되었다.

또한 본 연구는 이러한 거시적 관점에서의 참여주체 별 생산성 및 생산성에 대한 관점 차이를 PAR을 활용하여 미시적 관점에서의 작업 생산성 분석을 통해 이론적으로 확인하였다. TACT 공정관리 기법 적용으로 인한 RF 및 각각의 RF에 대한 주체 별 CC값과 변동성을 델파이 기법을 사용하여 분석, 실제 TACT 적용 공동주택 현장의 조적공사를 사례로 참여주체 별 OP 및 PAR을 산출하였다. 분석 결과는 TACT 기법 적용으로 인한 협력업체의 생산성 감소는 작업자 그룹, 협력업체 관리자, 주관사 관리자 모두의 원활한 의사소통을 통한 작업 및 자재·인력 양중 계획 개선을 위한 노력을 통해 향상 가능하다는 것을 시사한다. 이를 위해서는 건설현장에서 제대로 시행되지 않고 있는 현재 생산성 (Actual Productivity) 측정이 선행되어야 할 것이다.

본 연구의 기여는 다음과 같다.

(1) 건설공사 참여주체 간 생산성에 대한 관점 차이를 객관적 생산성 지표인 PAR 산출 모델을 통하여 이론적으로 설명할 수 있는 기반을 제공하였다.

(2) TACT 기법 적용 사례와 기존 사례 비교분석 결과를 통해 공정관리 기법 변화가 주요 생산성 관리 포인트 변화를 수반한다는 것을 보여주었다.

(3) 현장에서의 지속적인 AP 측정 활동을 통해 OP 및 PAR을 산출함으로써 참여주체들의 관점을 복합적으로 반영한 생산성 관리가 가능함을 시사하였다.

그러나 본 연구는 공동주택 마감공사 TACT 적용의 장애 요인인 협력업체 생산성 저하에 대한 시공주체 별 관점 차의 이론적 분석에 집중하여, 협력업체 생산성 향상을 위한 구체적·실질적인 방안의 제시가 미흡하다는 한계를 가진다. 따라서 TACT 공정관리 기법의 공동주택 현장 적용성 및 생산성을 향상시키기 위해 다음의 후속 연구가 진행될 필요가 있다. (1) 마감공사 전 공정에 대한 RF 도출 및 PAR 산출을 통해 개별 공종 별 및 전 공정을 아우르는 생산성 관리 방안을 제안해야 할 것이다. (2) TACT unit 별 작업 및 비작업 요소에 대한 정밀 분류와 측정을 바탕으로 공종 별로 세분화한 RF 측정 및 재합산에 대한 연구가 필요하다. (3) 현 1~2개 층 단위의 TACT unit의 2/4개 층 단위 재조정 등, TACT 공정관리 계획의 변화에 따른 생산성 변화 분석을 통해 참여주체 모두의 공사비 효율성 증가에 최적화된 TACT 공정계획에 대한 연구도 진행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 도시건축 연구개발사업의 연구비 지원(과제번호 13AUDP-C067809-01)에 의해 수행되었습니다.

References

- Adrian, J. J. (1987). *Construction productivity improvement*, Elsevier, New York, N.Y.
- Ballard, G., and Howell, G. A. (2003). "Lean project management." *Build. Res. Inf.*, 31(2), pp. 119–133.
- Business Roundtable. (1987). *Measuring productivity in construction*, A Construction Industry Cost Effectiveness Project Report.
- Carr, R. I., and Meyer, W. L. (1974). "Planning construction of repetitive building units." *J. Constr. Div.*, 100(3), pp. 403–412.
- Herbsman, Z., and Ellis, R. (1990). "Research of factors influencing construction productivity." *Constr. Manage. Econom.*, 8(1), pp. 49–61
- Hwang, H., Kim, K., Seo, S., Kim, C., and Shin, D. (2002). "Analysis of Actual Duration by Effecting Elements to Duration Estimate." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 3(3), pp. 84–93.
- Hwang, J. (2009). "Business Process Model for Applying TACT Methodology to Finish Work in Apartment House." MS Thesis, Soonsil University.
- Josephson, P. E., and Hammarlund, Y. (1999). "The causes and costs of defects in construction: A study of seven building projects." *Autom. Constr.*, 8, pp. 681–687.
- Jung, J. (2007). "Improvement of TACT Scheduling Management Process for the Finish Work of Apartment Houses." MS Thesis, Dankook University.
- Kim, B. (2012). "TACT Process Reengineering for Improving the Usability in Construction Sites." MS Thesis, Chungbuk National University.
- Kim, J., Kim, G., and Cho, H. (2006). "The Success Factors of Scheduling using the TACT Technique in Wall Type Apartment House Construction." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 6(1), pp. 79–86.
- Kim, J., Yoon, Y., Jang, M., and Suh, S. (2007). "Workflow-based TACT Planning & Scheduling Process – Focused on the Finish Work of Apartment Building–." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 23(6), pp. 153–162.
- Kim, K. (2014). "A Study on Improvement of Repetition Process Management for Finish Works Quality of Construction – Focused on Apartment Housing Projects–." MS Thesis, Yonsei University.
- Kim, O., Park, J., and Kim, B. (2012). "Reengineering of TACT Process Management Analyzed on Task Information." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 13(5), pp. 113–124.
- Kim, S., Na, K., Kim, T., Yu, J., Lee, H., and Kim, C. (2003). "A Study on the TACT Management using a Daily Report Information." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 4(4), pp. 80–87.
- Kim, S., Son, K., Joo, J., Lee, D., and Lee, S. (2011). "An Enhanced TACT Technique for Finish Work of High-rise Residential Buildings." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 11(4), pp. 396–406.
- Kim, S., Yoo, J., Kim, D., and Park, J. (2014). "TACT Scheduling & Monitoring of Apartment Finish Works based on the BDM Technique." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(2), pp. 3–11.
- Kim, T. (2008). "Improvement of TACT Scheduling Process in Finishing Works of the Residential Housing." MS Thesis, Department of Architecture Graduate School, Ajou University.
- Kim T., Lee, H., Park, M., and Yu, J. (2011). "Productivity Management Methodology using Productivity Achievement Ratio." *Journal of Civil Engineering*, KSCE, 15(1), pp. 23–31.
- Kim, T., Yu, J., Baek, T., and Lee, H. (2004). "Productivity Achievement Ratio Model through Construction Productivity Reduction Factor Analysis." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 24(2), pp. 135–142.
- Kim, T., Yu, J., and Lee, H. (2003). "Productivity Management Methodology using Productivity Achievement Ratio." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 19(9), pp. 103–111.
- Kim, Y., Han, J., Shin, D., Kim, K., Kim, C., and Seo, S. (2003). "A Tact Planning and Scheduling Process Model for Reduction of Finishing Work Duration in Building Construction Projects." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure &*

- Construction*, 19(1), pp. 161-168.
- Koskela, L. (1992). "Application of The New Production Philosophy to Construction," CIFE Technical Report No. 72, Stanford University.
- Koushki, P. A., Al-Rashid, K., and Kartam, N. (2005). "Delays and cost increases in the construction of private residential projects in Kuwait," *Constr. Manage. Econom.*, 23, pp. 285-294.
- Lee, H. (2014). "Issues and Improvement Schemes of TACT Process Management Application to Practical sites in Public Housing Finishing Works." MS Thesis, The Graduate School of Construction Engineering, Chung-Ang University.
- Lee, J. (2001). "A Work Interference Management Model for Apartment Building Finish Works." MS Thesis, Chung-Ang University.
- Lee, W. (2011). "The Application of the TACT Method for Finish Works of Apartment Buildings." MS Thesis, KyungHee University.
- Lin, C., and Huang, H. (2010). "Improved Baseline Productivity Analysis Technique." *J. Constr. Eng. Manage.*, 136(3), pp. 367-376.
- Lowe, J. G. (1987). "The measurement of productivity in the construction industry." *Constr. Manage. Econom.*, 5(2), pp. 101-113.
- Neil, J. M., and Knack, L. E. (1984). "Predicting productivity." *AACE Transactions*, pp. 1-8.
- Oglesby, C., Parker, H., and Howell, G. (1989). *Productivity improvement in construction*, McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Okoil, C., and Pawlowski S. (2004). "The Delphi Method as a Research Tool: An Example, Design Considerations and Applications." *Information & Management*, 42(1), pp. 15-29.
- Park, M., Kim, K., Shin, D., and Cha, H. (2006). "Improvement on TACT Scheduling Method Applying Theory of Constraints." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 22(6), pp. 139-146.
- Peer, S. (1974). "Network analysis and construction planning." *J. Constr. Div.*, 100(3), pp. 203-210.
- Rendall, F. J., and Wolf, D. M. (1983). *Statistical Sources and Techniques*, McGraw-Hill, London, pp. 41-52.
- Sacks, R., and Goldin, M. (2007). "Lean Management Model for Construction of High-Rise Apartment Buildings." *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(5), pp. 374-384.
- Shin, D. (2009). "Application Plan of TACT Process for Finish Works in Apartment Housing Projects." MS Thesis, Graduate School of Urban Science, University of Seoul.
- Sink, D. S. (1985). *Productivity Management: Planning, Measurement and Evaluation, Control and Improvement*, John Wiley & Sons, N.Y.
- Suh, S., Kim, J., Kim, S., Kim, C., and Lee, H. (2003). "Development and Application of TACT Management System." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 4(4), pp. 145-154.
- Sumanth, D. (1984). *Productivity engineering and management*, McGraw-Hill, New York, N.Y.
- Thomas, H. R., and Mathews, C. T. (1985). "An analysis of the methods of measuring construction productivity." Construction Industry Institute, Austin, Texas.
- Thomas, H. R., and Zavr□ki, I. (1999). "Construction baseline productivity: Theory and practice." *Journal of Construction Engineering and Management*, 125(5), pp. 295-303.
- Xia, Bo, and Chan, Albert. (2011). "Measuring Complexity for Building Projects : a Delphi Study." *Engineering, Construction and Architectural Management*, 19(1), pp. 7-24.
- Yoon, Y., Joung, Y., Suh, S., Shin, D., Kim, C., and Kim, K. (2003). "Improvement of Construction Process Management Dividing th Work Area Reasonably in Building Construction." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 4(2), pp. 59-65.
- Yoon, Y., and Suh, S. (2005). "The Application of TACT Time at Finish Work for Building Construction - Focused on Office Building-." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 6(6), pp. 90-97.
- Yu, J., Lee, H., Kim, S., Kim, C., and Suh S. (2004). "Effect of Labor Factors on Work Flows." *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 20(4), pp. 135-142.
- Ziglio E. (1996). *The Delphi method and its contribution to decision making. Gazing into the oracle: The*

Delphi method and its application to social policy and public health, Jessica Kingsley Publisher, London.

요약 : 다양한 공중이 혼재하는 공동주택 마감공사의 공기단축과 품질확보를 위해 마감공사의 체계적인 공정관리 필요성이 높아짐에 따라 고층 오피스 빌딩 마감공사에 적용하던 TACT가 도입되었다. 하지만 기존 기법과의 차이, 현장 상황의 차이(오피스 vs 아파트) 등으로 인해 주관사와 협력업체 간의 생산성에 관한 관점차이가 발생하고, 이로 인해 TACT 적용을 통한 기대만큼의 효율성을 얻지 못하고 있다. 또한 이러한 문제점에 대한 인식에도 불구하고 실효성 있는 대책 도출을 위한 참여주체 별 생산성 관점 차이 발생의 근본 원인에 대한 이론적 근거 및 실증적인 데이터와 체계적인 방법론을 통한 분석이 부족하다. 본 연구는 TACT 공정관리기법, 생산성 관리 및 생산성 지표에 대한 기존 문헌고찰과 TACT 적용 현장 설문조사 및 면담을 통해 공동주택 현장 TACT 도입 시 참여주체 간의 생산성에 대한 근본적 관점 차의 원인을 분석한다. 또한 실제 현장 사례의 생산성 제한 요인 도출 및 현재 생산성 측정값을 통해 획득 가능 생산성 값의 회귀식을 구하고, 생산성 달성율(Productivity Achievement Ratio, PAR)을 산출한다. 현 상황에서 최대도 획득 가능한 생산성(Obtainable Productivity, OP), 이를 제한하는 생산성 제한 요인(RF)으로 인해 획득하게 되는 실제 생산성(Actual Productivity, AP)의 비율(PAR)을 통하여 주관사는 계획 대비 실적율인 기존 PPC(Percent Plan Complete) 측정을 통한 산출량 관리를 실제 현장 생산성 데이터 획득을 통한 생산성 관리(측정, 평가, 계획, 향상)로 전환 가능하다. 협력업체는 OP 산출을 통해 TACT 적용 현장에서 획득 가능한 이론적 최대 생산성을 추정할 수 있으며, 이를 토대로 생산성 지표인 PAR 측정값을 주관사와의 의사소통 도구 및 의사결정 수단으로 활용할 수 있다. 또한 PAR 산출 과정 중 도출한 주요 RF 들은 현장 효율성 증대를 위한 생산성 관리 포인트로 활용 가능하다.

키워드 : 택트, 린 건설, 생산성 관리, 생산성달성율
