

린 건설 공정관리이론의 현장적용에 관한 연구

A Study on Application of Lean Construction Theory in Schedule Management

정 주 영*
Jung, Joo-Young

권 원**
Kwon, Won

박 상 준***
Park, Sang-Jun

전 제 열****
Chun, jae-youl

요 약

건설공사는 매우 다양한 요인들에 의해 영향을 받으며 생산 주체도 공정별로 다양해서 생산과정상에 많은 변이를 내재하고 있다. 그러나 현재의 공정관리는 결과위주의 관리 방식으로 작업의 상호연관성과 변이 발생을 충분히 고려하지 못하고 있어 많은 문제가 발생하고 있다. 린 건설은 현재의 공정관리방식의 한계를 인식하고 있으며 공정계획의 신뢰성 향상, 공정의 안정성 확보, 건축 생산의 효율성 증진을 위한 새로운 관리기술로써 평가 되고 있다. 본 연구에서는 린 건설 이론을 기반으로 한 기법들을 실무적용가능성 측면에서 분석하여 VSM 및 TACT를 이용한 공정관리 기법의 현장적용성을 검토하였다.

키워드: 린건설, VSM, TACT, 변이

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설공사는 노무, 자재, 공기, 날씨 등 다양한 요인들에 의해 영향을 받으며 실행주체도 공정별로 다양해서 생산과정에 많은 불확실성을 내포하고 있다. 그러나 현재의 공정관리 방식은 마일스톤에 의한 결과위주의 관리방식으로 작업간의 상호연관성과 변이발생을 충분히 고려하지 못하고 있다. 이러한 관리방식은 계획된 기간과 비용내에서 공사를 완료할 수 있지만 공사진행과정에서의 문제를 발견하고 이를 해결함으로써 목표기간과 비용을 보다 효율적으로 달성하는데 어려움이 있다. 실제작업을 진행하는 협력업체는 자신의 작업흐름만을 중시하여 후속작업을 고려하지 않아 전체작업 연속성을 저해하며 상황에 따라 즉흥적으로 자원투입량을 조절하고, 잦은 작업계획 수정이 이루어지고 있다. 이로 인해 불필요한 작업대기 및 여유시간, 작업 중지 등의 문제를 유발하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 공정계획의 신뢰성 향상, 공정의 안정성 확보, 건축생산의 효율성 증진을 유도 할 수 있는 새로운 공정관리기술이 필요하다. 린 건설이론은 제조업에서 이미 효과가 검증된 린

생산시스템의 응용이론으로써 기존 공정관리방식의 한계를 인식하고 개선 할 수 있는 여러 기법을 포함하고 있다.

본 연구에서는 린 건설 이론을 기반으로 하는 기법들을 실무적용가능성 측면에서 분석하여 적절한 린 건설기법을 선정하고 현장 적용성을 검토하여 린 건설이론의 현장적용을 위한 기반을 제공하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

2004년 건설산업연구원에서 발행된 연구 '건설공사비 지수 III'에 따르면 기성실적 자료를 바탕으로 토목공사와 건축공사를 통틀어 주택공사가 차지하는 비중은 전체의 24%를 차지하고 있으며 그 중에서 저층 및 기타주택을 제외하면 22.1%를 차지하고 있다. 또한 건축공사만을 따졌을 때는 35.13%이며, '비주택'을 구성하고 있는 시설물에 비해 비교적 시설물 구성이 단순하며 공정 진행에 따른 프로세스가 정형화되어 있다. 대한주택공사 부설 주택도시연구원에서 발행한 '2005 주택도시통계편람'에서는 '2004 건축허가 면적 구성비'에서 주거용이 차지하는 비중은 42.7%이며, 주거용 중에서 아파트가 87.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 현장적용결과의 일반성을 위하여 비교적 공정진행 프로세스가 정형화되어있고 큰 비중을 차지하는 공동주택을 대상으로 한다. 그중에서도 엄격한 통제하에 실시되는 골조공사에 비해 상대적으로 관리가 미흡하고 여러 공종들이 사이클을 구성하여 순차적으로 반복작업을 수행하는 마감공사를 대상으로 선정하였다.

* 일반회원, 단국대 건축공학과, 석사과정

** 일반회원, 단국대 건축공학과, 박사수료

*** 일반회원, 단국대 건축공학과, 공학박사

**** 종신회원, 단국대 건축공학과 교수, 공학박사

이 연구에 참여한 연구자의 일부는 『2단계 BK21 사업』의 지원비를 받았다.

현장적용 가능여부를 파악하기 위하여 린 건설기법의 개발 정도와 현장적용 유·무를 확인하고 기법의 적용범위를 확인하기 위해 공정관리 절차(기본계획단계/ 상세계획단계/ 운영단계)상 적용가능범위를 분석하였다.

분석 결과 LPS, TACT, VSM 세 가지 기법이 구체적인 수행절차가 수립되어져 있음을 알 수 있다.(표 1 참조)

표 1. 린 건설기법 분석

| | 기술 개발 정도 | | | | 현장 적용 사례 | 적용 단계 | | |
|-------------------|----------|----|-------|-------|----------|-------|-------|----|
| | 이론 | 기법 | 수행 절차 | 연구 수행 | | 기본 계획 | 상세 계획 | 운영 |
| LPS | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| VSM | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| TACT | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Poka-Yoke | ○ | | | | | | | ○ |
| JIT | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | |
| PPC | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ |
| 5S | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ |
| Kanban | ○ | | | ○ | ○ | | | ○ |
| Work Structuring | ○ | | | | ○ | ○ | | |
| Pull System | ○ | | | | | ○ | | |
| Supplier training | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Partnership | ○ | | | | ○ | ○ | ○ | ○ |

하지만 LPS기법의 경우 해외현장에서 주로 적용되어 구체적인 정보를 확보하기에 어려운 것에 비해 TACT, VSM기법의 경우 국내 현장에도 적용된 사례가 있으며, 기 수행된 연구뿐만 아니라 지속적으로 연구가 진행되고 있어 정보 확보측면에서 유리하다. 또한 TACT, VSM기법의 경우 다른 린 기법들의 개념들을 포함하고 있고 전반적인 공정관리절차(기본공정계획단계/상세공정계획단계/공정운영단계)에 모두 적용할 수 있을 것으로 보인다.

본 연구에서는 VSM과 TACT기법을 현장적용 대상으로 하고 연구진행 방법 및 절차는 다음과 같다.

- 1) VSM과 TACT의 개념을 소개하고 국내외 연구동향을 분석한다.
- 2) VSM 및 TACT 현장적용을 위한 절차를 제시한다.
- 3) 현장적용의 구체적인 방법을 설명하고 성과를 도출한다.

2 예비적 고찰

2.1 TACT, VSM 개념 및 목적

(1) TACT

다공구(작업을 층별, 공종별로 세분화), 동기화(각 작업기간이 같아지도록 인원, 장비를 배치)의 실현으로 작업간의 작업연속성을 확보하고 선·후행관계를 조정 및 낭비의 제거를 통해 작업이 순차적으로 진행 될 수 있도록 계획하는 도구이다. 이를 통해 재고최소화, 낭비최소화, 변이관리 능력향상, 공기단축, 비용감소 등의 효과를 얻을 수 있다.

(2) VSM (Value Stream Mapping)

각 작업 단계에서 구체화된 가치를 명백하고 쉽게 확인할 수 있도록 현재의 생산과정의 흐름들을 통한 후행 작업이 요구하는 현재의 모든 활동에 대한 흐름을 도식화하여 작업 단계에서 수행해야할 개선사항들을 파악하기 위한 도구이다.

2.2 연구의 동향

Ballard(2000)는 기존의 결과위주 공정관리의 한계를 인식하고 작업신뢰도를 평가함으로써 작업내부 변이를 제어할 수 있는 시스템을 제안하였다. 윤유상(2003)은 건설공사, 특히 마감공사의 합리적 운용을 위해 작업구역의 분할(공구분할)과 각 작업을 일정한 리듬으로 반복되도록 하는 공정의 동기화에 따라 생산을 평준화하고, 작업의 낭비를 줄이는 생산방식인 택트공정관리를 이용하여 공정운영 개선 방안을 제시하였다. 김영재(2003)는 반복적인 공정을 가지는 마감공사 특성을 고려한 공기단축방안으로서 공종 간, 작업공간 간 작업연속성을 확보할 수 있는 택트 공정관리 기법을 적용할 수 있도록 프로세스 모델을 제시하였으며, 고층 사무소 건축물의 사례연구를 통해 적용성을 검증하였다. 문정문(2001, 2002)은 가치흐름분석을 이용하여 건설공사의 공정개선방안 및 효율적인 자재관리를 제시하였다.

기존의 국내 연구동향을 살펴보면 대체로 개선방안 제시 및 프로세스 제안을 목적으로 하고 있다. 그러나 실제 현장 적용을 통해 효과를 검증하거나 데이터의 수집 및 분석을 통해서 현장적용성을 검토하는 연구가 미흡하였다.

3. 현장적용

3.1 현장적용을 위한 절차

- 1) 현장자료와 실무자 인터뷰를 통해 마감공사 각 공종별 생산성정보 및 작업계약조건 등을 파악한다.
- 2) 생산성정보와 예정공정표를 바탕으로 단위작업구획을 설정하고 작업구역의 시공순서를 설정한다.
- 3) 공종별 작업을 측정하여 불필요한 낭비요소를 파악하고 세부작업을 분석하여 도식화 한다.
- 4) VSM작업을 바탕으로 단위세대 당 작업량에 맞는 작업 인원을 편성함으로써 공종별 작업 기간을 일정하게 계획 한다.
- 5) 기존 계획공기와의 비교를 통해 연구성과를 도출한다.

3.2 공종별 현장조사

현장에서 작성/관리되고 있는 공정계획, 작업지시서, 작업일보, 출역점검표, 인부출역현황 등의 자료분석과 협력업체 및 원도급업체 담당자와의 인터뷰를 통해 견출, 조적, 창호, 미장, 타일, 천정 공사 등 각공사의 생산정보와 계약

- 1) 시스템에 내재 또는 외재 되어있는 불확실성으로 인하여 목적물의 성과치가 일정한 값으로 나타나지 않고 변하는 현상

조건, 관리포인트 그리고 개선방안을 조사하여 정리 하였다. (표 2 참조)

표 2. 공종별 현장조사 (미장공사 예)

| 미장공사 | | 조사 일자 : 2006년 1월 20일 | | |
|------|------------|---|--|----|
| No | ITEM | 조사내용 | | 비고 |
| 1 | 작업물량 | 33 PY 한 세대 26m ² | | |
| 2 | 생산성 | 2세대/일 | 계단 : 4개층 작업 (초별 작업 약15일후 정별) | |
| 3 | 소요인원 | 세대내부작업 : 2조 | 계단실 작업 : 1조 | |
| 4 | 작업조 | 기공 2명, 조공 1명 / 1조 | | |
| 5 | 작업기간 | 공정진행에 따라 기간 변동 | | |
| 6 | 필수 선행작업 | 조적공사, 견출작업, 내부 가벽공사, 동절기 공사시 창호공사 전시공 | | |
| 7 | 작업 간섭사항 | 선행 공종 | 관조공사의 함석으로 인한 작업지연 및 땀빵작업 발생, 세대 내부 청소상태에 따른 작업공간 부족 | |
| | | 후행 공종 | 미장면 손상으로 인한 재작업 발생 | |
| 8 | 시공관리 POINT | 협력 업체 | 미장면의 평활도 및 하자발생 최소화, 시멘트 페이스트의 배합관리 | |
| | | 시공사 | 계획 달성율을 높이기 위한 방안 | |
| 9 | 생산성 향상방안 | 돌발 작업으로 인한 장소이동 → 이동거리 최소화를 통한 연속작업 달성여부 | | |
| 10 | 계획달성 방안 | 초기 공정계획에 따른 공사 실시 | | |
| 11 | 공정관리 | 공정표, 시공사의 작업지시, 지연작업시 작업인원 추가투입 등으로 관리 | | |
| 12 | 하자발생 유형 | 겨울철 공사로 인한 들뜸 발생, 시공사 작업부위 불명확으로 인한 작업변경 발생 | | |

3.3 작업순서 설정

예정공정표와 조사자료(표 2)를 고려하여 단위작업구획을 세대로 하고 세부작업의 재조합과정을 거쳐 택트대상작업으로 구분한 뒤 작업순서를 설정하였다.(그림 1 참조)

| No | 방 / 거실 | 부엌 / 발코니 / 화장실 |
|----|---------------------|-------------------|
| 1 | 세대내부견출 및 벽매김 | 발코니 난간대 설치 |
| 2 | 조적공사 (문반/잡기) | 샷시틀 설치(목칠호, 하이샷시) |
| 3 | 세대내부미장공사/단열물량 | 방수공사(화장실/발코니) |
| 4 | 기포콘크리트/바닥미장 | |
| 5 | 내장공사 (화지, 천정) | 재료분리대 설치 |
| 6 | 아트월 작업 | 타일공사 및 석공사 |
| 7 | 내장공사 (문틀, 창호, 유리시공) | 화장실 천정 |
| 8 | 걸레받이 설치 | 도장공사 (발코니 수성) |
| 9 | 도배공사 (벽/천정) | 가구공사 (주방가구) |
| 10 | 문동마루 및 장판 | 가구공사 (일반가구) |

그림 1. 시공플로우 차트작성

3.4 VSM기법을 통한 낭비요인 파악

합리적인 작업인원의 편성과 원활한 작업흐름을 위해 각 공종의 세부작업내용을 WBS 분류체계를 바탕으로 분류하고 작업 진행과정을 측정하여 Activity 측정 Sheet를 작성하였다.(표 3 참조) 이는 현장에서 진행 중인 마감공사의 Flow Chart 작성을 위한 기초자료로써 작업진행상 존재하는 불필요한 작업대기, 여유시간 그리고 공종간 작업간섭 및 공종내의 작업제약요인을 파악하여 기입하였다.

표 3. 일일 Activity 측정 Sheet (미장공사 예)

| 작업명 | 시작 | 종료 | 작업시간 | 대기시간 | 공종간 간섭 | 공종내 제약 | 비고 |
|---------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|
| 세대내부 견출 | 08:00 | 09:00 | 01:00 | 00:00 | | | 이동거리 최소화 |
| 조적공사 | 09:00 | 10:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 방수공사 | 10:00 | 11:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 기포콘크리트 | 11:00 | 12:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 내장공사 | 12:00 | 13:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 아트월 작업 | 13:00 | 14:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 타일공사 | 14:00 | 15:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 도장공사 | 15:00 | 16:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |
| 가구공사 | 16:00 | 17:00 | 01:00 | 00:00 | | | 작업대기 최소화 |

작성된 각공종별 Activity 측정 Sheet를 이용하여 단일구획 사이클을 도식화한다. 아래그림은 그중 미장공사만을 떼어낸 일부분이다. (그림 2)에서 세대내부 미장공사와 골조, 견출, 조적공사와의 작업간섭요인이 존재하며 (그림 3)은 공종간 작업간섭 상세와 미장공사 내부의 작업제약요인을 도식화 한 것이다.

미장공사 (벽미장)

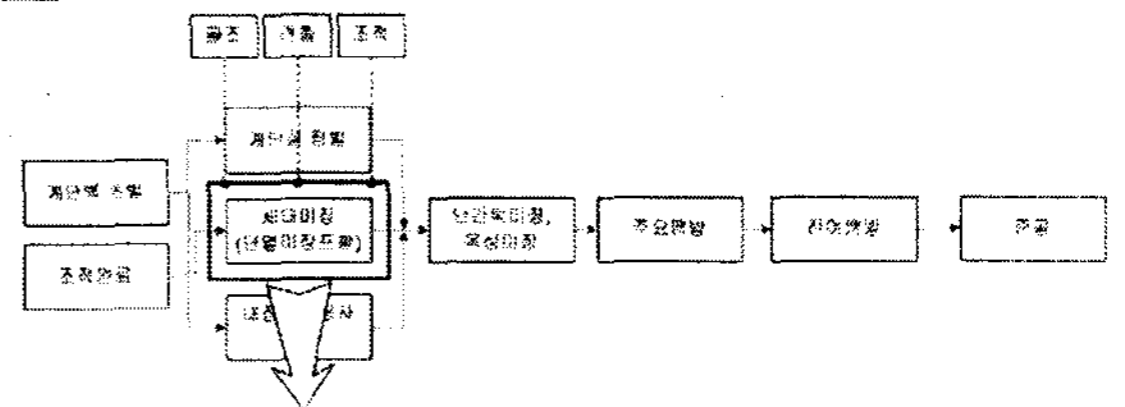


그림 2. 공종간 작업 간섭 관계(미장공사 예)

미장공사(벽미장) Notice...

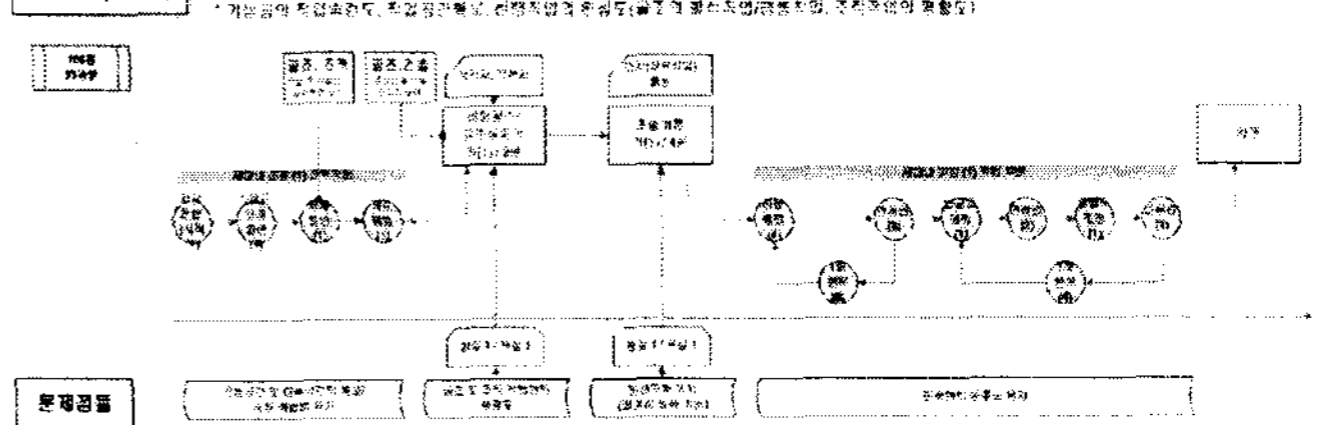


그림 3. 작업 제약요소 (미장공사 예)

VSM작업으로 생산과정의 효율성을 제고하고 TACT일정계획시 합리적인 택트타임²⁾ 설정과 작업조 편성을 통해

2) 택트타임이란 작업소요기간, 혹은 작업개시부터 다음공구에 이동할 때까지의 시간의 간격을 의미한다.

작업이 원활히 수행될 수 있도록 한다.

3.5 택트타임 설정

택트대상작업의 작업 기간을 일정하게 계획하여 작업이 연속적으로 진행 할 수 있도록 VSM작업을 바탕으로 택트대상작업의 세대 당 소요일수를 산정하고, 각 작업당 소요일수를 고려하여 0.2일/세대의 택트타임을 설정하였다. 그리고 각 택트대상 작업조의 시공능력(시공속도)을 바탕으로 단위세대 당 작업량에 맞는 작업조를 편성하였다.(표 4 참조)

표 4. 택트작업 작업조 조정

| 택트대상작업 | 작업조 | 택트 대상작업 | 작업조 |
|-------------|-----|------------|-----|
| 건축 및 먹배김 | 2팀 | 타일공사 / 석공사 | 2팀 |
| 조적공사 | 2팀 | 내장공사 | 3팀 |
| 미장공사 / 단열물탈 | 1팀 | 도장공사 | 2팀 |
| 기포콘크리트/바닥미장 | 1팀 | 도배공사 | 1팀 |
| 내장공사 | 1팀 | 운동마루 및 장판 | 2팀 |

3.6 현장적용 결과

택트타임(0.2일/세대)에 따라 전체 택트작업이 동일한 시공속도를 가질 수 있도록 작업인원 및 작업조의 수를 조정 한 결과 총 719세대의 단위공간에서 약 139일의 공기단축이 가능할 것으로 판단된다. (표 5 참조)

표 5. 일정계획 결과 비교

| 항목 | 계획공기 | 택트 공정계획 |
|---------|-------|--------------|
| 관조공사 | 368 일 | 368 일 |
| 마감공사 | 499 일 | 360 일 |
| 전체 공사기간 | 654 일 | 약 139 일 단축가능 |

4. 결론

실적위주의 공정관리 방식은 공사과정에 나타나는 작업 간섭 및 작업제약요인 등 많은 낭비요인을 관리할 수 없어 건설산업의 작업효율을 떨어뜨리는 주원인이라 할 수 있다. 본 연구에서는 린 건설이론을 기반으로 하는 TACT와 VSM 기법의 현장 적용성을 검토하였다. 공사현장의 여건 상 새로운 공정관리기법을 전반적으로 적용하는데 무리가 있어서 공사 참여자들을 대상으로 한 인터뷰, 현장자료분석과 워크샘플링을 통한 부분 현장적용을 실시하였다. 그 결과 VSM작업으로 작업간 간섭, 작업내부의 제약요인을 사전에 제거함으로써 공종별 작업 효율을 향상시키고 택트공정계획을 준수할 수 있는 여건을 마련하였다. 그리고 택트 기법의 적용으로 작업의 연속성을 확보하고 작업 대기시간을 최소화하여 공기단축 효과를 얻을 수 있었다. 그러나 적용현장이 적어 적용결과의 일반성이 떨어지고 현장에서 작성한 데이터의 일부가 추상적으로 기술되어있어 자료분석에 한계가 있었다. 향후 연구에서는 택트대상작업과 택트타임 설정을 위해 고려되어야 할 요소에 대한 연구와 현장적용에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김영재 외, "건축공사 마감공기 단축을 위한 택트공정관리 프로세스 모델" 대한건축학회논문집 구조계 19권 1호 (통권171호) 2003. 1
2. 문정문 외, "가치흐름 분석을 통한 건설현장의 낭비제거 방안" 대한건축학회 계획계/구조계 19권 1호 2003. 1
3. 윤유상 외, "건축마감공사에서의 택트타임 설정을 통한 작업조정 프로세스 개발" 한국건설관리학회, 제6권 제6호, 2005, 12 pp. 90-97
4. Ballard, G. and Tommelein, I.D. "Aiming for Continuous Flow". LCI White Paper-3, Lean Construction Institute, March 5, 1999
5. Ballard, G. "Lean Project Delivery System." White Paper No. 8, Lean Construction Institute, California.

Abstract

Construction project has various effective factor and many producer in multifarious process of the work. Thus it has many variation. However, Process management up to now is management method of conclusion oriented. So, it do not consider sequency and variation occurrence. In a result that a lot of problems happen. Lean Construction can solve limit of the present management method. And Lean Construction is estimated new management method of process management for reliance on process plan, safety of process and promotion of effectiveness. This study analysed application of real construction project in Lean Construction theory and examined to utilize VSM and TACT for field application.

Keywords : Lean Construction, VSM, TACT, Variation