

# 가치흐름 분석을 통한 건설공사의 공정개선방안

- 슬래브 공사를 중심으로 -

A Process Improvement in Building Constructions using Value Stream Analysis

- Focused on slab works -

이 형 수<sup>O</sup> 윤 유 상<sup>\*\*</sup> 서 상 욱<sup>\*\*\*</sup> 장 찬 희<sup>\*\*\*\*</sup>

Lee, Hyung-Soo Yoon, You-Sang Suh, Sang-Wook Jang, Chan-Hee

## 요 약

국내 공동주택의 건축공사에서 주로 사용되고 있는 철근콘크리트 벽식구조에서 거푸집공사는 공기에 큰 영향을 미치는 공사이다. 건설선진국에 비해 긴 공정사이클을 갖고 있는 국내 골조공사의 실정을 감안한다면 거푸집공사에 대한 개선이 시급하다 볼 수 있다. 이에 대해 골조공사의 공기단축 및 원가절감을 위한 노력이 마감공사와 연계하여 이루어진다면 더욱 효과적일 것이므로, 공정개선의 노력은 골조공사와 마감공사의 연계를 통한 공종의 통합 및 낭비의 제거를 통해 이루어져야 할 것이다.

본 연구에서는 국내 건설현장의 사례조사를 통해 거푸집공사와 마감공사의 프로세스에서의 공정개선을 슬래브 골조공사를 중심으로 프로세스에 존재하는 비 가치창출작업을 파악하고 가치흐름분석을 통해 세분화되어 있는 공종을 통합하여 시간, 비용의 절감의 효과를 분석하였다. 또한 슬래브공사의 흐름생산을 유도하기 위한 공정개선 방안을 통하여 공기단축과 원가절감의 효과를 제시하였다.

키워드: 공정개선, 통합공종, 거푸집공사, 흐름생산, 가치분석, 가치흐름맵핑

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

현대의 건설업은 대형화·복잡화라는 특징에도 불구하고, 노동인력의 절감과 자재·장비의 효율화에 의한 생산효율을 높이는데 중점을 두고 있다. 특히 주택건설 중 아파트 시공의 경우, 초고층화로 인하여 골조공사의 중요성과 함께 친환경적인 공법과 합리적인 공정개선 및 원가절감을 구현할 수 있는 방안이 필요시 되고 있다.

국내의 아파트 건설공사에 많이 적용하고 있는 철근콘크리트 벽식구조에서 30-40%의 공사비를 차지하고 있는 구조체 공사의 경우 건설선진국에 비하여 약 5배 이상의 긴 공정 사이클로 시공되고 있는 실정을 감안한다면, 골조공사에서의 공정개선이 공기단축 및 원가절감 측면에서 매우 효과적이며, 이러한 공정의 개선을 마감공사와 연계하여 고려해야 할 것이다.

따라서 본 연구는 골조공사와 마감공사의 프로세스에서의 공정개선을 슬래브 공사에 초점을 맞추어 가치흐름분석(Value Stream Analysis)을 통한 프로세스 내에서 존재하고 있는 낭비요소(waste factor)를 분석·제거 및 공정 개선을 통한 흐름생산(flow production)을 가능하게 하여 공기단축 및 원가절감을 구현할 수 있는 방안을 제시하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서 대상으로 하고 있는 건설공사는 철근콘크리트 벽식구조의 공동주택으로 슬래브 골조공사이다. 가치흐름분석이 적용된 시공 프로세스는 1공구 1개동의 슬래브 거푸집 시공에서 천장·마감공사와 바닥공사까지이며, 분석내용은 시간, 인원, 비용으로 제한하였다.

본 연구의 방법과 순서는 다음과 같다.

- (1) 흐름생산과 VSM(Value Stream Mapping, 이하 VSM)에 대한 기존연구(린 원리)를 고찰한다.
- (2) 국내 아파트 슬래브 거푸집공사와 바닥 및 천장공사의 실태 및 시공프로세스를 조사한다..

\* 학생회원, 경원대학교 대학원 건축학과 석사과정

\*\* 학생회원, 경원대학교 대학원 건축학과 박사과정

\*\*\* 종신회원, 경원대학교 건축학과 교수, 공학박사

\*\*\*\* 일반회원, 진성건설(주) 대표이사

- (4) 가치분석과 VSM을 적용하여 공중통합을 통한 공정개선 방안을 분석한다.
- (5) 공정개선방안에 대한 시간, 인원 및 비용 평가를 하고 현장적용의 타당성 분석을 논한다.

## 2. 예비적 고찰

### 2.1 흐름생산

흐름생산은 선행작업이 후행작업의 요구조건에 따라 정보를 파악하고 조건에 맞는 출력을 생산해주는 방식으로 건설생산에서 각각의 작업들을 독립적으로 간주하지 않고, 일련의 연속된 작업 즉 흐름으로 관리하는 시스템이므로 불확실성에 대처할 수 있는 융통성이 기존 생산방식보다 뛰어나다.

표 1. 기존 변환생산과 흐름생산

구 분	기존 변환생산 (conversion production)	흐름생산 (flow production)
배 경	기존의 건설생산	린(lean)건설
생산방식	push-type system	pull-type system
관리방식	작업중심	선·후행작업 고려
생산성격	소품종 대량생산	다품종 소량생산

건설생산은 겉으로 보기에 발주자의 주문을 받아 생산하는 일회성 프로젝트의 성격이 강하지만, 실제 영국 건설교통부(DETR)<sup>1)</sup>의 연구에 따르면 건설생산 프로세스 중 80%가 반복공정으로 이루어져 있어 흐름생산을 적용 시키기에 적합한 것으로 나타났으며, 이에 대한 적용결과 공사비의 40%가 절약되었다고 한다.

### 2.2 가치의 구체화(Specifying Value)

가치창출작업(Value-Adding Activity, 이하 VAA)과 비가치창출작업(NVAA)을 확인하고 NVAA의 최소화를 통한 가치의 구체화는 흐름생산은 가능하게 한다. 이에 대하여 <표 2>와 같이 Koskela(1992)는 생산과정에서의 작업을 이동, 대기, 처리 그리고 검사의 4가지 형태로 구분하여 처리는 VAA이며, 이동, 대기 그리고 검사는 NVAA로 정의하고 있으며, Choo & Tommelin(1999)는 비 가치창출작업인 이동, 대기 검사에 대해 일부를 가치창출작업으로 주장하였다.

표 2. 가치창출 개념

작업구분	기호	가치창출
처 리	●	NAA
이 동	▶	
대 기	▼	NVAA
검 사	■	

1 Department of Enviroment, Transport

### 2.3 가치흐름맵핑(VSM)

가치흐름이란 생산물을 생산하는 과정의 흐름에 따라 현재의 모든 활동들(VAA, NVAA)에 대한 흐름을 의미한다.(Rother & Shook, 1999) 이런 가치흐름을 통한 작업들에 대해 물리적인 흐름과 정보의 흐름을 이해하기 쉽도록 하는 것이 가치흐름맵핑(VSM)이다.

VSM의 절차는 <그림 1>에서와 같이 우선 생산그룹을 선정 후 현재상태맵핑(Current State Mapping, 이하 CSM)을 하여 생산그룹의 현재 작업진행과정에서 물리적인 흐름 및 정보의 흐름의 분석한 뒤 개선하는 과정인 미래상태맵핑(Future State Mapping, 이하 FSM)을 거쳐 작업계획을 세우고 실행하는 단계까지를 말한다.

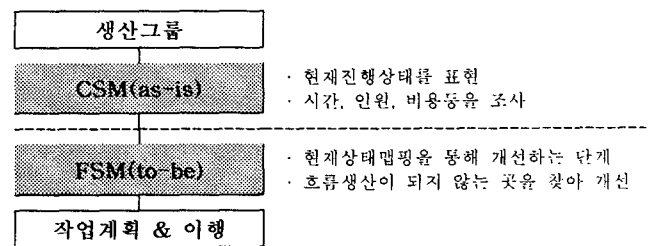


그림 1. VSM 절차

## 3. 국내 천장 마감공사 가치흐름분석

### 3.1 사례조사현장 개요 및 문제점 제시

본 연구의 사례조사현장은 서울시 구로구에 위치한 도심지 공동주택으로 지하 5층, 지상 15층의 1개동의 철근 콘크리트 벽식구조이며, 층당 35평 4세대이다. 사례연구는 기존 슬래브공사의 실태 파악을 통해 낭비의 요소와 불필요한 공정을 조사한 후 VSM을 통한 공중통합의 방안을 모색하여 현장적용 과정을 거쳐 개선방안의 타당성 검토가 진행되었다. 아래에 제시된 문제점은 기존의 슬래브 거푸집 시공에 대한 것으로 문헌조사 및 면담을 통해 파악된 내용이다.

- (1) 소형패널의 현장가공으로 인력소요 과다
- (2) 거푸집 연속재활용으로 인한 기능공의 작업중지 기간 발생(콘크리트의 충분한 초기양생)
- (3) 반복 사용된 거푸집의 노후도 증가에 따라 콘크리트면 불량화 처리에 인력 및 비용 소요

### 3.2 가치분석

#### (1) 가치그룹 선정

본 연구에서 사례현장의 가치그룹은 기준 층 1개동의 슬래브 거푸집공사와 바닥공사 및 천장공사에서의 공정과 이에 요구되는 인원, 시간, 비용으로 가치의 그룹을 설정하였다.

#### (2) 가치분석 기준

본 연구에서는 공중의 통합을 통한 공정개선을 위해 시공 프로세스내의 생산성 측면에서 공정을 VAA와

NVAA로 구분하고 NVAA는 다시 해당작업이 프로세스 진행과정 중 생산성 증진에 도움이 되는지에 따라 필요한 NVAA와 불필요한 NVAA로 구분하여 분석하였다.

(2) 가치창출작업 분석

도심지 아파트 기준층 4개 세대(35평형)의 슬래브 거푸집공사와 바닥공사 그리고 천장공사의 가치를 분석한 것으로 거푸집공사 중 지보공 설치는 제외하였고, 전체 공정 중에서 슬래브시공에 직접적인 관계를 갖는 공사만 분석되었다.

표 3. 슬래브공사 가치분석

공정	구분	시간 (H)	인력 (명)	가치분석				
				VAA	NVAA			
					NVAN	NVAU		
폼조공사	거푸집조립	1	43	10	●			
	철근가공 / 조립	2	24	8	●			
	콘크리트 타설	3	6	6	●			
	콘크리트 양생	4	56	-		■		
	거푸집 해체	5	16	6		○		
바닥공사	판상단열재 설치	1	8	6	■			
	PE필름 깔기	2	5	6	■			
천장공사	경량기포 콘크리트 타설 / 타진	3	40	10	●			
	타설 / 타진	4	7	2	●			
천장공사	천장틀 설치	1	56	8		○		
	석고보드 가공	2	8	6		○		
	석고보드 부착	3	30	6	■			
	도배마감	4	30	6	●			
합계		13	336	90	6	4	3	
VAA			6	157	42	6		
NVAA			7	179	48		4	3

슬래브공사에서의 NVAA는 폼조공사에서는 거푸집 존치기간에 따른 3회의 재사용을 하는 거푸집의 이동주기 및 후속공정을 진행에 차질을 주는 콘크리트 양생과 생산적 활동으로 볼 수 없는 거푸집공사이며, 바닥공사 및 천장공사에서는 공중의 통합을 통해 제거가 가능한 공정인 판상단열재 설치 및 천장 내장공사이다.

(3) 현재상태맵핑(CSM)

CSM은 현재의 슬래브공사의 가치창출작업을 분석한 자료를 통해 공사의 각 프로세스 작업단계를 분석하기 쉽게 표현한 것으로 폼조공사, 바닥공사, 천장공사로 구분하여 세분공정에 대한 시간, 인력을 기록하고 각 공정간의 연계된 흐름을 분석하여 정리되었다.

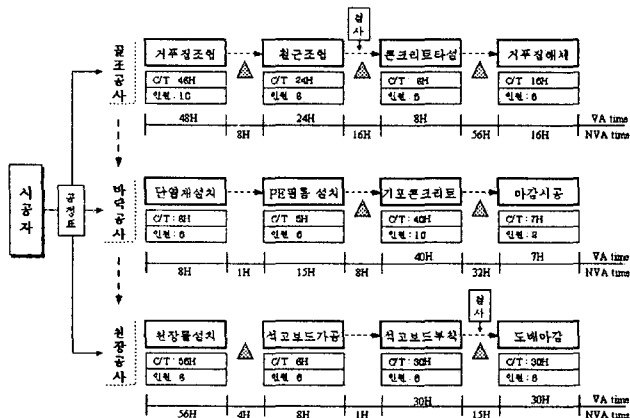


그림 2. CSM

공정 진행과정에서의 각 작업 단계를 분석 가능하도록 하기 위하여 기존 연구와 다른 VSM의 도구를 적용하였는데 사용된 도구는 <표4>와 같다.

표 4. VSM을 위한 도구

번호	기호(Symbol)	의미
1	[Symbol]	가치창출작업(VAA)
2	[Symbol]	필요한 비 가치창출작업(NVAN)
3	[Symbol]	불필요한 비 가치창출작업(NVAU)
4	[Symbol]	작업대기에 따른 시간적 재고
5	[Symbol]	각 작업자간의 정보의 흐름
6	[Symbol]	각 작업간의 공정흐름

3.3 슬래브공사의 공정통합

가치분석 및 CSM을 통해 파악된 비 가치창출작업에 대해 NVAN은 VAA와 통합하고 NVAU는 제거하는 공정통합의 방법을 통해 세분화된 공중을 선별하게 된다. NVAA 중 자원의소비가 많은 콘크리트 양생 및 거푸집 해체와 천정틀 설치 공정의 통합하는 방안으로 기존의 합판 거푸집을 대치할 수 있는 패널로서 한 면에는 코팅 합판을, 다른 면에는 석고보드를 결합해 콘크리트 타설 후 콘크리트 양생에 필요한 거푸집 존치에 따른 작업 지연 및 형틀의 해체 작업의 제거를 가능하게 할 수 있는 공법을 제시할 수 있다. 이 통합공법은 아파트 구체공사에 활용하는 콘크리트 슬래브용 버림거푸집 공법의 일종으로서, 콘크리트 타설용 거푸집으로 사용하고, 이를 해체하지 않고 그대로 실내천장 마감재로 활용하는 공법이다. 패널의 제작은 설계도면이 확정되어 발주된 상태에서 시공자와의 제작·납품 계약에 의하여, 설계도면상의 슬래브 형태와 크기에 맞추어 공장에서 생산되며 구성요소 및 형태는 <그림 3>과 같다.

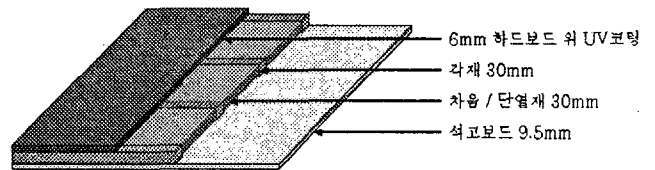


그림 3. 패널 구성도

기존 거푸집 공사에서 필요했던 박리제 도포, 거푸집 운송 그리고 거푸집 폐자재 정리 반출의 작업 제거 가능하며, 바닥단열공사와 천장틀 설치공사를 흡수하여 공정을 단축한다. 다음 <그림 4>는 사례현장에 적용된 통합공법으로 기존 거푸집 공법과 비교할 수 있다.

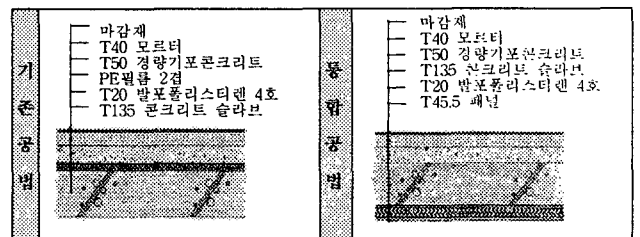


그림 4. 공법 비교

(1) 미래상태맵핑(FSM)

FSM은 통합공법을 적용함으로써 NVAA로 분석되었던 작업의 제거와 공종의 통합을 통해 각 공정간 시간적 재고의 감소 및 공정단축을 통해 공기와 자원의 절감을 가능하게 하는 대안을 제시하였다.

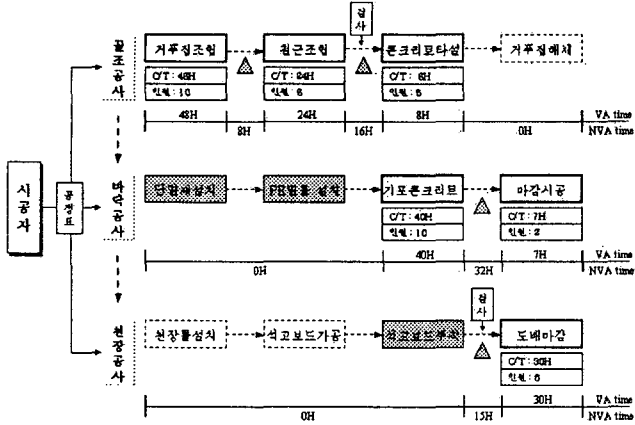


그림 5. FSM

<그림 5>에서 공정개선을 통해 NVAN은 VAA에 통합되어 공정이 생략되었고, NVAU는 공법 변화에 따라 공정 자체가 생략되었다. 이로 인하여 전체 슬래브 공사 기간의 단축 및 작업인원의 절감이 가능해졌다.

3.4 가치흐름분석을 통한 개선방안 결과

가치흐름분석을 통해 CSM과 FSM을 비교해 보면 다음 <표 5>와 같이 공정 수의 단축으로 인한 공기단축 및 주요인원의 절감에서 많은 개선 효과를 보여주고 있다.

표 5. 결과분석을 통한 린효율

구분	공정	시간(H)	인력(인)	비용(원/m <sup>2</sup> )
CSM	13	336	90	20,390
FSM	6	228	42	18,880
린효율	54	32	53	8

\* 린효율(%) = 100-(개선수/원총수\*100)

비용은 공정개선이 이루어진 거푸집공사, 단열시공, 천장틀설치 그리고 석고보드 부착에 대한 자재비와 인건비를 산출하여 비교한 것으로 다른 요소들에 비해 큰 차이를 보이지는 않는다. 그 이유는 부분적인 공정 비교만을 했을 때 패널 자재 생산비가 일반 거푸집보다 높기 때문이지만, 반복공사라는 측면에서 본다면 부가적으로 발생하는 비용절감으로 큰 효과를 예상할 수 있다.

4. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 건설공사의 공정개선 방안으로 국내 건설현장의 사례조사를 통해 거푸집공사와 마감공사의 프로세스에서의 공정개선을 슬래브 폼공사를 중심으로 프로세스에 존재하는 비 가치창출작업을 파악하고 가치흐름분석을 통해 세분화되어 있는 공종을 통합하여 시간, 비용의 절감의 효과를 분석하였다. 그 결과 프로세스 내에서 많은 시간적 재고를 가지고 있던 NVAA에 대해 공법 변화과정을 거쳐 VAA에 통합시키거나 제거하여 슬래브 공사 내에서 공기 및 투입인력 절감의 가능성을 확인하였다. 또한 슬래브공사의 흐름생산을 유도하기 위한 공정개선 방안을 통하여 공기단축과 원가절감의 효과를 제시하였다.

이와 같이 본 연구에서 제시한 공정개선 방안인 통합공정의 개념이 적용된 공법은 벽체 거푸집공사 뿐만 아니라 기술적인 문제 해결과 지속적인 개선을 통해 더 나아가 주거용 건축물 외 다른 용도의 건축물의 시공에도 확대 적용할 수 있을 것이다.

참고 문헌

1. 김창덕. 린 건설, 한국건설관리학회, 2000. 9
2. 문정문. 가치흐름분석을 통한 건설 프로세스의 낭비제거 방법, 광운대학교 석사학위논문, 2002. 1
3. 유용규, 건축공사의 성과측정 모델에 관한 연구, 경원대학교 석사학위논문, 2001, 12
4. Womack and Jones, "Lean thinking", Banish waste and create wealth in your coporation, 1996
5. Mike Rother and John Shook "Learning to see", version 1.2 June, 1999

Abstract

The purpose of this study is to present an improvement of the form work process. The current slab form work has waste factor by unnecessary process and not complete integration with the finishing process. Therefore the study used value stream analysis methodology for effective improvement of slab form work process.

The main contents of the study are as follows;

- 1) Understanding of non-value adding activities in existing slab form work process
- 2) Process integration by value stream mapping
- 3) Effect analysis of time-cost reduction

The study recommends that, as a future research, development of tool and technique for the non-value adding activities are eliminated in building construction.

Keywords : Process integration , Slab form work process, Flow production, Value analysis, Value sream mapping