

# 초고층 건물의 구조체 공사의 작업계획방법에 관한연구

## A Study on the Work-Planning Method of High-rise Building

김 대 길\*\*

Kim, Dae-Gil

황 재 우\*\*

Hwang, Jae-hoo

정 호 근\*\*

Jung, Ho-Geun

김 주 환\*

Kim, Ju-Hwan

이 상 범\*\*\*

Lee, Sang-Beom

### Abstract

Recently, Society increasingly need the high-rise building because of urban population concentration. and The high-rise building need new systematic work-planning method, but it didn't use the construction project's work plan and management. his paper investigated efficient work-planning method. and the work-planning method in using domestic High-rise building's structure work. A investigated result is TACT, DOC LOB etc. and domestic using method is 3day and 4day-Cycle among the Tact. This paper is to compare and analysis two method. a purpose of paper is to analyse application through the case of using the work-planning method. also To find efficient method.

키 워 드 : 초고층건설, 작업계획방법, 3일주기, 4일주기, 택트

Keywords : High-rise building, work-planning method, 3day-Cycle, 4day-cycle, TACT

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경과 목적

도시의 인구집중으로 인한 토지의 효율적 활용과 건설기술의 발달로 초고층건물의 초고층화는 더욱 발전되고 있는 추세이다. 이처럼 초고층 건설이 가능한 것은 새로운 공법과 장비, 자재 등의 발달 때문이다. 따라서 이러한 신 공법을 보다 체계적으로 활용하는 방법이 필요하게 되었다. 일반적인 건설공법을 적용하여 건설하는 중·고층 건축물에 비하여 초고층건물의 건설에서는 사전에 철저한 계획과 준비가 필요하게 되었고, 모든 건설과정이 자재를 반입하여 조립하는 아웃소싱화가 되기 시작하였다.

중·고층 건축물의 건설공사는 그동안 축적된 경험으로 일반적인 공사계획을 가지고도 쉽게 접근이 가능하다는 장점을 갖고 있다. 그러나 초고층 건물의 시공은 기술자들의 일천한 경험으로 모든 공사과정을 정확히 파악하지 못하는 문제점을 안고 있다. 특히, 생산성 시공방법 등이 양중장비 배치 및 운용 계획과 연계되어 이루어지므로 양중에 대한 사전검토도 필요하다. 이처럼 초고층 건물의 건설 특성은 아직까지 명확하게 정립되지 못한 관계로 기존의 건설방법과는 다른 면을 가지고 있어 건설공사의 생산성에 크게 영향을 미치게 된다. 그 중에서도 기계장비의 활용과 작업팀의 운용 등은 작업공구의 분할

과 직접 관련이 되는 부분이다. 초고층 건축물을 건설하면서 제약요인들을 검토하여 적절하게 공구를 구분하는 것은 건설 생산성과 직결되는 부분이라고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 초고층건물의 구조체공사에서 합리적 시공을 위한 작업계획방법을 검토하고, 사례분석을 통해 TACT 작업계획방법의 적용성을 분석하는 것을 연구의 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

건설프로젝트에서 동일한 형태와 구조가 반복되는 건축물일 경우, 여러개의 공구로 구분하여 각 작업에 대한 관리방침을 정해야한다. 한 공구에서 반복 작업의 연속성을 보장할 수 있는 작업사이클(work cycle)과 소요물량, 작업조(crew)등을 중점적으로 관리함으로써 프로젝트의 주요 목적인 공기단축과 공사비 절감은 물론 위해 효율적인 공정계획과 공구분할이 가능하다. 본 연구에서는 국내의 초고층 건설프로젝트를 대상으로 구조체공사의 작업계획 방법을 연구의 범위로 하며 연구방법은 다음과 같다.

- 1) 문헌조사를 통해 초고층구조체공사의 작업계획 방법을 분석한다.
- 2) 합리적인 작업계획방법의 절차를 검토한다.
- 3) 전문가의 인터뷰를 통해 초고층건물의 작업계획방법을 수립하고, 사례분석을 통해 작업계획방법 적용가능성을 분석한다.

\* 동의대학교 산업대학원 석사과정

\*\* 동의대학교 건축시공대학원 석사과정

\*\*\* 동의대학교 건축공학과 조교수, 정회원

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 초고층 건물의 작업계획의 개요

작업계획은 프로젝트를 구성하고 있는 요소작업을 주어진 공기 내에 완성하기 위하여 공사에 관련된 정보를 분석하고, 이러한 요소들의 최적화와 공사가 진척되어 감에 따라 공기 지연 및 조기 완공 등 변경사항에 대한 공기를 분석함으로써 결과적으로 생산성 증대, 품질향상 및 공기 지연요소를 감소시키기 위한 총체적인 과정을 말한다.

초고층 건설프로젝트의 경우 반복공정의 수가 증가되기 때문에 효과적인 공정계획을 수립한다면 공사기간단축 및 공사비 절감의 목표를 달성할 수 있다. 또한 구조체공사의 경우 선행공정에 해당하기 때문에 전체공기에 큰 영향을 미치게 되므로 구조체 공사에 대한 효율적인 작업계획이 우선적으로 적용되어야 한다.

### 2.2 구조체공사의 작업관리방법

구조체공사의 작업관리방법은 우선 전체적인 공정계획의 측면에서 계약 공기에 적합해야 한다. 초고층건물에서 가능한 반복작업의 활용한 작업계획방법을 검토한다.

#### 2.2.1 구조체공사의 공구분할 방법

초고층 건물의 구조체공사의 기본공정계획을 분석해보면 일반적으로 2-3개동으로 공구를 분할하고 있다. 또한 초고층화가 이루어지면서 1개동으로 평면이 설계되어, 공구분할시 1개의 동을 분할하는 경우도 발생되므로 각 상황에 적절한 공구분할에 대한 정리가 필요하다.

각 공구의 기본 공정계획은 소요공기 예측과 공사과정을 파악하게 되므로 공사를 관리·시행하는데 중요하다.

##### 1) 1개동을 공구 분할하는 경우

1개동으로 공구를 구성할 때는 주공정이 그림2-1과 같이 양생-벽거푸집 조립-슬래브 철근조립-검사-타설이 3일이라는 작업사이클을 이루면서 시행하게 된다. 이러한 공구분할의 특징은 작업팀의 흐름을 쉽게 파악할 수 있으나, 공중별로 작업을 완료한 작업조가 연계되지 못하고 대기하는 시간이 발생하게 됨으로써 작업공백이 발생하는 문제를 가지게 된다.

이러한 작업공백 발생문제를 해결하기 위해 1개동의 공구분할시 생산성이 저하되지 않는 범위를 산정하고 작업사이클을 고려한 공구분할을 실행하여야 한다.

##### 2) 2개 이상의 동이 한 공구인 경우

2개동이나 2블록이상으로 연계하여 공사를 시행하는 경우에는 공기 단축의 효과 보다는 작업팀의 연계적응으로 작업팀의 운용이 효율적이며, 자원을 적절히 활용할 수 있는 장점을 가지고 있다. 현재 이러한 공구분할방법을 선호하고 있다.

#### 2.2.2 공정공백과 작업공백

복수의 동으로 구성되는 건설프로젝트 공사는 각 작업의 공사기간이 다르고 기술적인 인과관계에 따른 작업들 간의 선후관계가 정해져 있으므로 공정 및 작업들 사이에 보이지 않는

공백이 존재하게 된다. 이러한 공백으로 작업공백과 공정공백이 있다. 공정공백은 각 요소작업의 작업기간의 차이로 인해서 선·후행작업이 불연속됨으로써 발생하는 한 작업사이클 내의 공백기간을 의미한다. 이러한 공정공백과 작업공백의 관계를 나타내면 그림2-1과 같다.

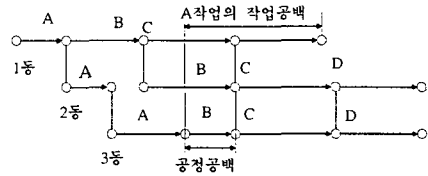


그림 2-1 공정공백과 작업공백의 관계

### 2.3 구조체공사의 작업계획 기법

구조체공사의 작업관리를 위해서는 체계적인 계획과 관리가 필요하다. 단위 작업구간에서 가능한 공중의 반복을 유도하는 것이 마감공사의 공사관리를 위해서 중요하고, 이러한 공중별 마감들의 상관성을 관리하는 공사관리기법들이 있다.

#### 2.3.1 TACT 기법

택트공정관리는 제조업에서 유래되었고, 흐름생산원리<sup>1)</sup>를 적용한 것으로서 반복형 건축공사의 공정계획 및 관리를 위한 합리적인 방법이며, 작업상의 낭비 및 변이성을 제거한 생산방식이다(한국건설관리학회,2002), 일정한 작업속도의 유지를 통한 공사기간의 단축의 효과는 작업능력편차를 기준으로 한 시물레이션게임<sup>2)</sup>에서 입증되었으며, 이를 효율적으로 적용하기 위해서는 작업과정에서 발생할 수 있는 변이요인에 대한 분석과 대비가 필요하다.

#### 2.3.2 DOC기법

다공구 동기화 시스템 시공법의 하나로써 1Floor를 다공구로 세분화하고, 구체작업을 다공구로 배분하여 각 공구에서의 작업을 하루에 종료하여 매일 같은 작업원이 같은 작업의 공구를 바꿔가면서 추진해가는 시스템을 말한다.

#### 2.3.3 LOB(Line of Balance)

반복작업에서 각 작업조의 생산성을 유지시키면서 그 생산성을 기울기로 하는 직선으로 각 작업의 진행을 표시하여 전체공사를 도식화하는 공정계획기법으로 전체공사의 작업주기는 생산성 기울기가 작은 작업에 의존하게 된다. 건설공사의 마감공사의 작업주기를 쉽게 표현할 수 있는 기법으로 초고층 마감공사에 활용하기 쉽다. 그리고 LOB와 유사한 방법으로 Crew Balance는 어떤 작업을 수행함에 있어 몇 개의 작업 팀을 구성하고 각 공구의 작업을 각 작업 팀에 균형 있게 배분하여 대기시간을 최소화하도록 계획하는 방식으로, 각 공중은 반드시 직렬로 연결되지 않은 작업을 여러 번 반복할 때 이용된다.

1) 흐름생산방식:흐름생산은 린 생산방식의 기본 원리 중 하나로서 고객의 가치에 따른 단계별 생산목표를 원활히 달성할 수 있도록 공정을 계획/운영하는 방식을 의미한다. 택트공정관리에서는 이러한 흐름생산의 구현을 위해 작업연속성을 공정계획수립의 주요 목표로 설정하였으며, 현재 진행되고 있는 택트공정관리 관련 연구의 주어 목표도 작업연속성 확보에 두고있다.

2) parade game

### 3. 초고층 작업계획방법의 제안

#### 3.1 초고층 구조체의 작업계획방법의 영향요소

##### 3.1.1 공구의 분할

분할된 공구는 기능공 작업의 연속성과 원활한 이동을 위해서 고려되어야 하며, 타워 크레인 등의 양중계획 측면에서도 인접한 동끼리 공구로 묶어져야 할 것이다.

##### 3.1.2 작업의 연속성

초고층화로 층수에 따른 작업의 연속성은 확보할 수 있으나, 초고층화의 특성을 고려한 설계자의 디자인, 법적제한 등의 문제로 작업이 연속되지 못하는 층에 대해 작업공백이 늘어나 작업의 효율성이 저하되므로 이러한 평면의 공구분할에 대해 각기 다른 작업계획방법의 사전 검토가 필요하다.

#### 3.2 초고층 구조체 공법의 작업계획방법 제안

##### 3.2.1 TACT기법의 제안

최근의 건물의 고층화 추세에 따라 종래의 경험에 의존했던 방식은 만족할 만한 작업계획 및 관리가 되지 못하고 있으며, 동일한 공사내용을 반복적으로 행하는 반복형 공정과 다공구 동기화 기법을 통하여 작업계획을 하는 경우가 많아지고 있다. 따라서 본 연구에서는 공구분할과 작업흐름의 분할을 적절히 행하고, 생산의 평준화, 지연공백의 최소화할 수 있는 Tact기법을 제안한다.

##### 3.2.2 TACT기법의 국내 적용

TACT기법은 2-Day, 3-Day, 4-Day, 5-Day의 Cycle 등이 가능하다. 그러나 기존 택트타임의 산정방법이 작업일수의·평균으로 산출하기 때문에 인력배치, 각 공구의 생산성 등의 효율문제로 3-Day, 4-day의 활용이 보다 효율적이다.

#### 3.3 작업계획방법 적용의 어려움

초고층 건물에서의 작업계획방법은 수급자의 경험과 주관에 의해 영향을 받는다. 따라서 각 공구의 작업계획방법에 따라 지연공백의 검토가 필수적이다. 하지만 작업계획방법에 영향을 미치는 인자들을 충분한 고려하지 않고 전문건설 업체의 공사 경험과 직관에 의해 공구를 분할하여 체계적인 작업계획이 이루어지지 않고 있는 실정이다. 이러한 문제는 생산성 저하와 비용증가를 야기 시켜 건설업체의 수익성 악화를 가져올 수 있으므로 생산성을 고려한 종합적인 작업계획이 필요하다.

### 4. 적용 사례

#### 4.1 적용 개요

공구분할 대상 현장은 부산시 해운대구에 위치한 초고층 주상복합 공동주택현장으로 현재 구조체공사가 진행 중이며, 구조는 철근콘크리트 벽식 구조를 적용하였으며, 지하 3층, 지상 47층의 3개동으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 공동주택부분에 대한 구조체 작업계획에 대해 한정하여 분석하였다.

#### 4.2 구조체공사의 작업계획분석

현재 건설사에서 공사 중인 대상프로젝트는 그림4-1과 같이 A-zone, B-zone, core로 3개의 공구로 나누어져 있고, 14층~44층에 대해 4-Day와 3day cycle을 병행하여 공사를 진행 하였다. 대상 3공구에 대한 작업팀 운용은 그림4-1과 같이 core-zone 1개팀, A, B-zone에 대하여 각각 1개팀으로 전체 3개팀으로 작업팀을 구성하였다.

작업팀의 구성은 각 등간의 공정상의 영향도를 최소화 시킴으로써 C.P중점관리, 공종별 공정지연의 책임한계 및 지연사유 명확화, 동작업팀간 상호경쟁 유도등 공정, 품질, 안전 등의 긍정적 효과를 유도하고자 구성한 것이다.

#### 4.3 구조체공사의 수평 공구분할시 작업계획 흐름

수평분할은 기준층 단위공정 작성(작업물량/생산성/소요품)을 기준으로 1일 작업이 가능한 범위로 분할하고 작업그룹의 TACT타임을 설정하여 구조체공사의 공정표를 작성하였다.

3공구에 3, 4-Day cycle을 계획하고 비교분석하여 생산성과 지연공백을 고려하여 결정하였다. 작업계획결정 프로세스는 그림4-2와 같다.

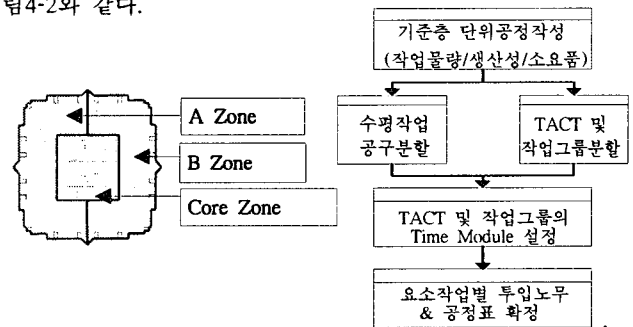


그림 4-1 공구분할 모식도      그림 4-2 수평공구분할 작업계획 프로세스

#### 4.3.1 3-Day Cycle

TACT의 구성과 진행은 1개층을 A->B->Core의 작업순으로 각각 하루에 가능한 작업단위로 구분하였다. 작업그룹별 연속작업이 가능하며 공정 공백이 없어 수평 3공구분할에서는 다른 공구분할 보다 효율적이라고 사료된다.

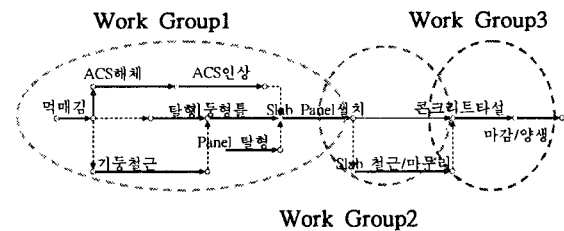


그림 4-3 3-Day Cycle 공정 Logic

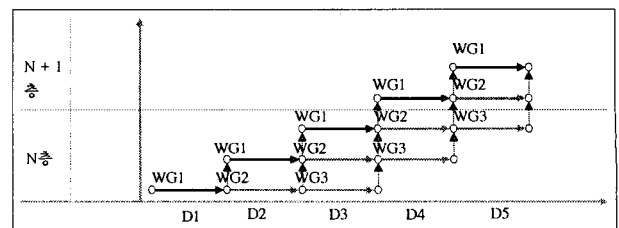


그림 4-4 3-Day Cycle 작업조 동선

4.3.2 4-Day Cycle

3Day와 동일한 수평공구로 1개층을 A-B-Core의 작업순서로 구분하였다. 수직작업의 이동시 공정공백이 발생하여 이에 대한 대안이 필요하다.

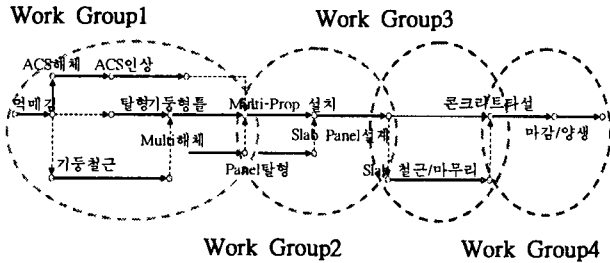


그림 4-5. 4-Day Cycle 공정 Logic

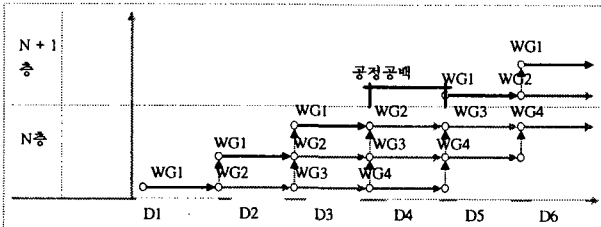


그림 4-6. 4-Day Cycle 작업조 동선

4.3.3 작업물량 및 생산성 검토

표 4-1. 총 1일 작업물량 검토

Cycle	구분	작업일				
		작업	D+1	D+2	D+3	D+4
4 Day cycle	A동	철근	33	25	7	25
		형틀	468	600	468	107
		콘크리트	164	-	164	211
	B동	철근	25	33	25	7
		형틀	107	468	600	468
		콘크리트	211	164	-	164
	C동	철근	7	25	33	25
		형틀	468	107	468	600
		콘크리트	164	211	164	-
	계	철근	65	83	65	57
		형틀	1,043	1,175	1,536	1,175
		콘크리트	539	375	328	375
자원비율		100	69.6	60.9	69.6	
3 Day Cycle	A동	철근	37	15	15	37
		형틀	483	594	594	483
		콘크리트	164	164	211	164
	B동	철근	15	37	15	15
		형틀	594	483	594	594
		콘크리트	211	164	164	211
	C동	철근	15	15	37	15
		형틀	594	594	483	594
		콘크리트	164	211	164	164
	계	철근	67	67	67	67
		형틀	1,671	1,671	1,671	1,671
		콘크리트	539	539	539	539
자원비율		100	100	100	100	

\* 단위 : 철근 ton, 형틀㎡, 콘크리트㎡, 자원비율 %

Cycle공정 및 작업조 운용계획 확정 후 실적자료분석에 의한 일(日) 투입인원은 4day-cycle은 일일기준 철근공 53인, 형틀목공 71인, 3day-cycle은 철근공41인, 형틀목공 62인으로 분석하였다.

각 일(日)별 작업물량을 근거로 인력배당을 분석해보면 3day Cycle은 동일한 물량으로 효율적인 자원배당을 나타냈다. 그러나 4day Cycle은 100, 69.6, 60.9, 69.6%로의 각 일(日)별에 대해 큰 편차를 보이고 있어 장비 및 자원 배당에서 3day-cycle이 유리한 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 초고층 건설공사의 효율적인 수행을 위하여 골조공사를 대상으로 작업계획방법의 수립을 목적으로 하였다. 작업계획방법은 단위작업별로 작업팀이 공정 공백이나 작업공백을 최소화 하여 효율적으로 운용할 수 있도록 하는 방법이다. 초고층 구조체공사를 대상으로한 작업계획방법의 결론은 다음과 같다.

첫째, 초고층건축공사 구조체공사에 적용가능한 TACT기법을 검토하여 작업계획방법의 이론을 정립하였다.

둘째, 초고층건물 구조체공사의 작업계획 적용방안을 제안하였다.

셋째, 초고층 구조체공사의 작업계획의 적용가능성을 확인하기 위해 사례조사를 실시하였으며, 조사결과는 다음과 같다.

- 1) 공구분할과 cycle일수가 조합되도록 작업계획을 하는 것이 중요하다.
- 2) 작업물량, 숙련도, 시공시기 등을 종합적으로 고려한 골조공사 시공계획의 연구가 필요하다.
- 3) 대상프로젝트의 경우 3개공구로 작업팀을 운용하는 경우에는 공기, 자원배당 등에서 3day-cycle이 효율적인 것으로 분석되었다.

향후, 반복작업이 가능한 마감공사에도 TACT기법적용이 가능할 것으로 판단되며, 마감공사와 구조체공사의 공구분할에 따른 효율적 운영에 관한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 윤유상, 서상욱 건축마감공사에서의 택트타임 설정을 통한 작업조정 프로세스 개발 한국건설관리학회논문집(2005.12)
2. 이상범 외 1인, 건설경영공학, 기문당, 2003.02
3. 이찬식, 신종현 “공동주택 골조공사의 합리적공사비 산정에 관한 연구” 大韓建築學會文獻(1996.08)
4. 이상범, 이특구 “건설공사에서 CREW BALANCING방법을 활용한 작업계획분석” 大韓建築學會文獻(1996.05)
5. 김문한, 이현수, 이천식 등 “공동주택 골조공사의 공구분할에 관한 연구” 학술발표대회 논문집(1995년)
6. 김문한, 이현수, 이찬식, 신종현 “철근콘크리트 벽식구조 구조체공사의 공구분할 방법에 관한 연구” 大韓建築學會文獻(1995)