

초고층 골조공사 생산성 향상을 위한 작업 프로세스 개선

A Work Process for Productivity Improvement of Concrete Structural Frame Work in Tall Building

장 지 선*
Jang, Ji-Sun

신 윤 석**
Shin, Yoon-Seok

강 경 인***
Kang, Kyoung-In

Abstract

According to the trend of tall building, it is essential to improve productivity in tall building construction. However, the study on that is insufficient until now. Therefore, the purpose of this study is to propose a new work process of efficient concrete structural frame work to improve productivity in tall building construction. The results of being applied proposed work process are that the 5day cycle time of concrete structural frame work is cut by 0.5day and the quantity of rebar to be demanded in concrete structural frame work is reduced.

키 워 드 : 초고층건물, 골조공사, 생산성, 작업 프로세스

Keywords : Tall building, Concrete Structural Frame work, Productivity, Work process

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 경제의 발달과 도시의 인구 집중, 지가 상승에 따른 최대 용적률 확보라는 사회적인 요구와 산업발달에 따른 초고층 건물의 요구가 증가하여 국내 건설업계에서 주상복합 건물을 중심으로 초고층 건축공사가 증가 추세에 있다.

이러한 추세에 따라 향후 도래할 본격적인 초고층 시대에 대비하여 초고층 건축공사에서의 생산성 향상을 위한 연구가 필요하다. 건축공사에서 생산성 향상을 위한 다각적인 연구가 있어왔고, 그에 대한 성과도 많았지만 초고층 건축공사는 공사의 규모, 수직적인 공간 배치 및 동선 시스템, 높은 중력하중과 지진, 바람 등의 자연적인 제약조건에 대한 민감한 것 등 일반적인 건축공사와는 다른 특성을 가지고 있어 이에 대한 연구가 필요하다.

일반 건축공사에서는 주요 공종별 공정 및 생산성 분석(정인환, 1995), 건축공사의 생산성 저하요인 분석(이덕찬, 2002), 건설 노동생산성 모델링(EC Lim Jahidul Alim, 1990) 등 생산성 향상을 위한 다양한 연구가 있었지만 초고층 건축공사를 대상으로 한 생산성 분석의 연구는 아직 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 초고층 건축 골조공사의 생산성 향상을 위한 작업프로세스 개선을 목적으로 한다. 전체 공사비에 대한 비중이 높고 공사기간에 많은 영향을 주는 골조공사에서 작업프로세스를 보다 효율적으로 개선함으로써 불필요한 작업의 프로세스를 줄이고 공사의 효율성을 높여 생산성 증진에 기여할 수 있을 것이다.

1.2 연구 범위 및 절차

본 연구는 초고층 건축공사 중 골조공사를 대상으로 하였다. 골조공사는 초고층 건축에서 원가 측면에서 차지하는 비중과 공기에 미치는 영향이 타 공종에 비해 크기 때문이다.

초고층 아파트 공사현장을 선정하여 기존의 작업 프로세스를 분석하고 문제점을 도출하여 이를 개선한 작업 프로세스를 구축하고 이후 개선 작업 프로세스를 재분석하여 그 타당성을 검증하였다.

본 연구의 진행은 다음 그림 1과 같다.

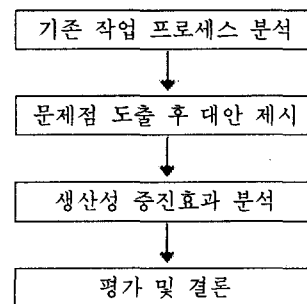


그림 1. 연구의 진행

* 고려대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

** 고려대학교 건축공학과 박사과정, 정회원

*** 고려대학교 건축공학과 교수, 정회원

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2003년도 건설핵심기술연구개발사업(03산학연C103A1040001-03 A0204-00110)에 의한 것임.

2. 예비적 고찰

2.1 국내외 연구동향

국내의 연구동향을 살펴보면, 김예상(1994)은 건설생산성에 영향을 미치는 요인분석에 관한 연구를 통해 국내의 건설산업의 전반적인 생산성 관련 문제들과 실질적으로 건설활동 발전을 위해 적용할 수 있는 생산성 개념을 고찰하여, 생산성에 영향을 미치는 여러 요인을 분석하여 생산성을 저해시키는 요인에 대한 방지책과 생산성을 증진시키는 요인의 향상 방안을 제시하였다. 정인환(1995)은 신뢰할 수 있는 생산성 지표의 산출과 이 생산성 지표를 바탕으로 기본공정계획의 모델을 제시함으로써 공사관리기술을 과학화하고 현장 적용성을 향상시키려 하고 있다. 김두석(2001)은 거푸집공법별 생산성 비교에 관한 연구를 통해 국내 건설업체의 거푸집 공법의 개선 및 보안을 통한 원가절감과 경쟁력 강화를 목적으로 건설현장에서 거푸집공법의 적용, 운영 등에 관한 사례조사 분석을 통한 공법별 생산성 분석을 하였으며, 손창백(2002)은 건축공사의 생산성 저하요인 분석을 통해 생산성 저하요인의 분류체계를 마련하고 우선순위를 도출하여 저하요인의 실체를 규명함으로써 생산성 저하를 예방하기 위한 기초 자료를 제시하고 있다.

국외 연구동향을 살펴보면, Alum(1990)은 건설 노동생산성 모델링 분석을 통해 생산성에 영향을 미치는 실질적인 요소들을 근거로 하여 노동조건 변화에 따른 능률 향상에 대해 연구하였다. 생산성 향상을 위한 작업방법을 강조하고, 관리가 어려운 요소에 대해 중점을 두어야 하며 목표달성을 위한 작업자의 노력과 생산성과의 관계를 규명하고 있다.

Thomas(1991)는 노동생산성 및 워크샘플링 연구를 통해 워크샘플링 연구들에서 보고된 작업과 노동생산성 사이의 관계를 보여주고 있으며, 연구의 결론으로 생산성 측정의 어려움과 기존의 측정결과는 노동생산성을 예측하거나 비효율적인 작업시간을 정량화 하는데 적합하지 않음을 주장하고 있다. 따라서 현장실측에 의한 생산성 향상 모델의 제안이 기존 데이터베이스를 이용하는 것보다 더욱 정확하다는 것을 알 수 있다.

그러나 기존의 국내외 연구동향은 생산성 향상을 위해 범위가 넓고 체계적인 연구가 진행되었으나 초고층 건축을 대상으로 한 생산성 분석의 연구는 아직 미흡한 실정이다.

3. 기존 골조공사 작업 프로세스 분석

3.1 분석대상 공사 개요

본 연구에서 조사대상으로 한 공사의 개요는 표 1과 같다. 본 연구는 대상 공사현장에서 지상 37층 규모의 건물을 선정하여 조사, 분석하였다. 해당 건물의 골조공사를 위해서 한 동당 거푸집 작업에 23명, 철근 작업에 20명의 인부가 할당되었다. 거푸집은 Unit Table 거푸집이 적용되었다.

표 1. 조사대상 공사개요

대지위치	서울시 양천구 목동
대지면적	23,863.00㎡ (7,218.56평)
건축면적	8,527.87 (2,579.68평)
건 폐 율	35.74%
용 적 율	632.24%
구 조	철근 콘크리트
층 수	지하 4층, 지상 31, 33, 37, 40, 41층(2개동)
세 대 수	아파트 4개동 576세대, 오피스텔 2개동 403실
공사기간	2002.8 ~ 2006.10

3.2 작업 프로세스 분석

조사 대상 현장에서는 Core Wall 동시타설 공법을 적용 다음과 같이 5Day Cycle 공정으로 진행되었다.

Activity	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5
바닥 먹매김	—				
벽체 철근 인양/배근	—				
벽체 거푸집 인양/설치		—			
기둥 철근 인양/배근		—			
기둥 거푸집 인양/설치			—		
Azone Table form 인양/설치			—		
Bzone Table form 인양/설치			—		
Azone 슬라브 철근 인양/배근			—		
Bzone 슬라브 철근 인양/배근				—	
코어 슬라브 거푸집 인양/설치				—	
코어 슬라브 철근 인양/배근				—	
전기, 설비작업					—
콘크리트 분배기 설치					—
콘크리트 타설					—

그림 2. 기존의 5Day Cycle 공정표

4. 골조공사 작업 프로세스 개선

4.1 개선된 작업 프로세스

기존 공사 프로세스에서의 가장 큰 문제점은 고정된 작업의 순서로 인해 공사의 효율성이 떨어진다는 것이다. 바닥 먹매김 작업이 끝난 이후 벽체 철근 작업이 시작되어야 하며, 슬라브의 경우 거푸집 설치가 끝난 이후 철근을 배근해야 한다. 본 조사현장의 경우, 이러한 문제점을 보완하기 위해 평면을 A-zone과 B-zone 두 영역으로 분할, 거푸집 작업과 철근 작업을 동시에 진행하였지만 문제점을 완벽히 해결할 수는 없었다.

이를 개선하기 위해 철근 작업이 이루어질 수 없는 기간에 지상에서 형틀을 제작한 후 철근을 미리 조립하여 Tower Crane(T/C)으로 양층, 설치한다면 작업 프로세스 전체에 걸쳐 작업량을 효율적으로 분배할 수 있고, 배근작업이 건물외부에

서 이루어지기 때문에 작업 시 발생하는 쓰레기 처리 등의 작업이 보다 쉽게 이루어질 수 있으며, 철근조립으로 인한 공기를 단축시킬 수 있기 때문에 공사의 생산성이 크게 향상될 것으로 기대된다.

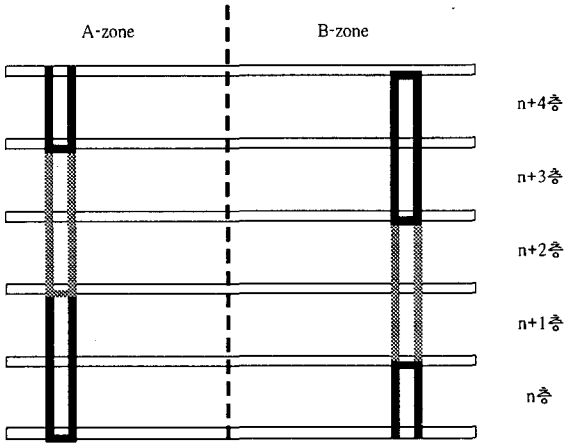


그림 3. 개선된 프로세스의 zone별 기둥설치 단면

또한 유사한 평면이 반복되는 초고층 건축의 특성을 고려하여 아래 그림과 같이 기둥철근을 매 Cycle마다 A-zone과 B-zone 중 한 zone에만 교대로 2층씩 조립하여 양중, 설치하면 T/C의 인양횟수가 반으로 줄어 작업효율이 크게 증가할 뿐만 아니라 기중 주근의 이음작업량과 이음길이 철근 소요량이 반으로 줄어 공사비 절감이 가능하다.

4.2 개선된 작업 프로세스 분석

개선된 프로세스에서는 철근의 배근, 조립 작업이 지상에서 이루어지기 때문에 작업 시 발생하는 쓰레기 처리 등의 작업이 간편하게 이루어질 수 있기 때문에 작업의 효율성이 증진될 수 있다. 또한 바닥 떡매김 작업이 진행되는 동안 지상에서 벽체 철근은 미리 배근, 조립한 후 바닥 떡매김 작업 완료시 T/C로 인양, 설치할 수 있으며, 코어 슬래브의 거푸집 작업이 진행되는 동안 지상에서 해당 슬래브 철근을 배근, 조립하여 거푸집 작업이 끝난 이후 T/C로 인양, 설치할 수 있다. 이로 인해 바닥 떡매김 작업이 이루어지는 기간과, 코어 슬래브 거푸집 설치 완료시까지 슬래브 철근 배근이 지연되는 기간의 단축이 가능하다. 따라서 5-Day Cycle 공정에서 0.5 Day를 단축하는 것이 가능하다. 조사 대상 건물의 경우 30개 층에 5-Day Cycle이 적용되므로 개선된 작업 프로세스가 적용될 경우 총 15일의 공기가 단축 가능하다. 개선된 작업 프로세스는 그림 4와 같다.

이처럼 개선된 작업 프로세스가 적용될 경우 공기단축 효과가 있지만, 지상에 철근조립을 위한 충분한 공간이 확보되어야 한다는 문제점이 예상된다.

매 Cycle 마다 기둥철근을 A-zone 과 B-zone를 번갈아가며 2층씩 설치하게 될 경우 기둥철근의 T/C 인양 횟수 및 설치 작업량을 반으로 줄일 수 있다. 또한 기둥철근의 주근 이음길이 소요 철근량을 절반으로 절감시키는 효과가 있다. 기둥철근을 3층씩 설치하는 경우는 작업의 어려움이 크고 주근의

길이가 기본 길이인 8m를 초과하여 이에 대한 이음길이가 추가되기 때문에 이음길이 소요 철근량을 감소시키는 효과가 없어진다. 따라서 기둥철근을 2층씩 설치하는 것이 가장 경제적이다.

조사대상 현장의 경우 기준층 평면에서 기둥의 배치는 그림 5와 같다.

Activity	D+1	D+2	D+3	D+4	D+5
바닥 떡매김	■				
벽체 철근 배근/인양/설치	■				
벽체 거푸집 인양/설치		■			
기둥 철근 배근/인양/설치		■			
기둥 거푸집 인양/설치			■		
Azone Table form 인양/설치			■		
Bzone Table form 인양/설치				■	
Azone 슬라브 철근 배근/인양/설치			■		
Bzone 슬라브 철근 배근/인양/설치				■	
코어 슬라브 거푸집 인양/설치				■	
코어 슬라브 철근 배근/인양/설치				■	
전기, 설비작업				■	
콘크리트 분배기 설치					■
콘크리트 타설					■

그림 4. 개선된 5-Day Cycle 공정표

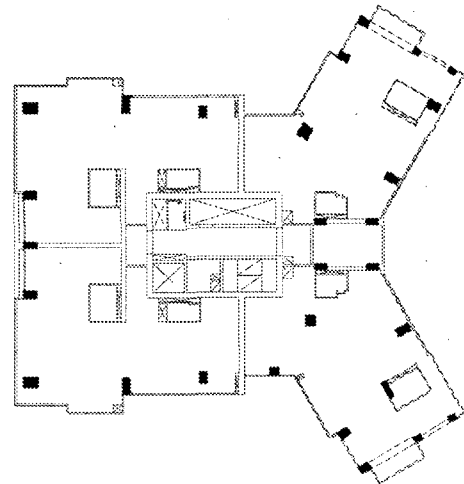


그림 5. 기준평면 기둥배치도

5Day Cycle이 적용되는 층에서 기둥의 개수는 총 828개이고 주근은 기둥 한 개당 평균적으로 고장력 이형철근(SD400) D29가 14개씩 사용되었다. 이음길이를 40D¹⁾로 가정하여 이음길이 소요 철근량의 가격을 계산하면,

$$\begin{aligned}
 & 828\text{개}(30\text{개 층 기둥개수}) \times 14\text{개}(\text{층 당 주근개수}) \\
 & \times 1.16\text{m}(\text{이음길이 } 40\text{D}) \\
 & = 13446.72\text{m}
 \end{aligned}$$

1) 강경인 외 2명, 건축적산 및 응용, 문운당 (2003.8)

$$\begin{aligned} & 13446.72\text{m} \times 5.04\text{kg/m}^2(\text{D29 철근 단위중량}) \\ & \times 552\text{원/kg}^3(\text{철근가격}) \\ & = 37409850.78 = \text{약 } 3\text{천 } 7\text{백만 원} \end{aligned}$$

개선된 작업프로세스를 조사대상 건축물에 적용할 경우 기둥단면 변화가 발생하는 3개 층을 제외한 철근 이음길이 소요량을 반으로 절감할 수 있으므로 결국 약 1천 7백만 원의 공사비 절감이 가능할 것으로 사료된다.

5. 결 론

초고층 건물의 증가추세에 따라 골조공사에 대한 연구가 다방면으로 시도되었다. 이에 본 연구는 초고층 건축 골조공사에서 철근 선조립을 통해 골조공사의 공기 단축 및 공사비를 절감할 수 있는 방안을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 개선된 작업 프로세스를 적용할 경우, 예상효과는 다음과 같다.

- 1) 철근 조립이 지상에서 이루어지기 때문에 작업 시 발생하는 쓰레기처리 등의 작업이 보다 용이해진다.
- 2) 바닥 먹매김 작업 완료까지 벽체 철근작업이 지연되는 기간과 코어 슬래브 거푸집 작업 완료시까지 철근작업이 지연되는 기간을 단축함으로써 5-Day Cycle 공정에서 0.5 Day의 단축이 가능하다.
- 3) 기둥철근을 2개 층씩 조립함으로써 기둥철근의 인양횟수 및 설치 작업량을 줄일 수 있고 이음길이로 인해 소모되는 철근량을 절반가량 줄일 수 있다.

본 연구의 개선된 작업 프로세스에서는 지상에서 철근을 조립할 수 있는 공간이 확보되어야 한다는 점과 선조립 된 철근의 인양 시 안전에 대한 검토가 고려되어야 한다. 향후 이러한 점들을 고려한 실제적이고 세부적인 연구가 수반되어야 하겠다.

참 고 문 헌

1. 강경인 외 2명, 건축적산 및 응용, 문운당, 2003. 8
2. 김두석, RC 아파트 내측벽 거푸집 공사에 있어서 거푸집 공법별 생산성 비교에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 Vol.21, No.1, 2001. 4
3. 김예상, 건설생산성에 영향을 미치는 요인분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 Vol.1, No.10, 1994. 10
4. 김종훈, 국내 초고층 건설기술 현황과 발전방향, KSTB International Symposium, 2002. 4. 17
5. 손창백 외 1명, 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회 논문집 Vol.18, No.12, 2002. 12
6. 정인환, 아파트 공사의 주요 공종별 공정 및 생산성 분석, 대한건축

2) 한국산업규격 KS D 3504 (2001.11.13) ,
3) 포스코 서울지역 소매 공시가격 (2005.05.02)

학회 논문집 Vol.11, No.4, 1995. 4

7. E C LimJahidul Alum, Modeling Construction Labor Productivity, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.116, No.4, December 1990
8. H. Randilph Thomasi, Labor Productivity and Work Sampling, Journal of Construction Engineering and Management, Vol.117, No.3, September 1991