

공동주택 골조공기단축을 위한 요소기술의 현장 적용성 평가

An Assessment of Field Application of Elementary Technology for Reducing Construction Duration in the Apartment Housing Construction

김 규 회[○] 박 문 서[□] 이 현 수[△] 박 송 우[◇] 주 선 우^{*}
Kim, Kyu-Hoi Park, Moon-Seo Lee, Hyun-Soo Park, Song-Woo Joo, Sun-Woo

요 약

최근 건설 회사들은 기능 인력의 부족현상과 고령화 현상, 그리고 선 시공 후 분양 제도의 도입 가능성 등에 대비하기 위하여 대형 시스템 거푸집의 사용을 선호하고 있다. 이러한 관심과 노력의 결과로 국내 초고층 건축의 경우는 층당 3-4일의 골조공기를 달성하고 있으나, 우리나라 건설사업의 90%이상을 차지하고 있는 공동주택, 그 중 대부분을 차지하고 있는 중층 RC조 아파트의 경우는 6-8일 정도의 층당골조공기를 형성하고 있다. 이는 북미 일반 RC조 주거건축 층당공기 대비 50%수준에 머물러 있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 선행 연구를 통하여 도출된 공기단축의 가능성을 가진 요소기술들을 적용한 Mock-up Test를 통하여 현장적용가능성 및 개선방안을 검토하였다. 또한 기존 6day-Cycle의 단위생산성 및 T/C 가용율에 대하여 분석하고, 기존공정대비 공기단축형 공정모델의 단위생산성 및 T/C 가용율을 비교하였다.

키워드: 생산성, 시스템폼, 공기단축, 공동주택

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설 회사들은 기능 인력의 부족현상과 고령화현상에 대비하기 위하여 거푸집 설치 및 해체 시 많은 인력과 시간이 소모되던 기존의 방식을 지양하고 설치 및 해체가 용이하고 현장 인력을 최소화할 수 있는 시스템화된 거푸집의 사용을 선호하고 있다. 뿐만 아니라 이렇게 자동화된 대형 시스템 거푸집의 사용에 힘입어 공동주택의 경쟁력 확보를 위해 원가관리측면에서 공기(工期)를 단축시키려고 노력하고 있다. 또한 최근 정부에서 추진하고 있는 주거건축물의 선시공후분양제도가 시행될 경우 막대한 건설공사비가 요구되어 건설사의 자금 부담을 가중시키는 부작용 해소를 위해서라도, 공기단축에 의한 조기분양의 요구가 크게 대두되고 있는 실정이다.

최근 이러한 관심과 노력의 결과로 국내 초고층 건축의 경우 3-4일의 층당공기를 달성하고 있다. 하지만 우리나라

건설사업의 90%이상을 차지하고 있는 공동주택, 그 중에서도 대부분인 중층 RC조 아파트는 6-8일 정도의 층당공기를 형성하고 있으며, 이는 북미의 일반 RC조 주거건축에서 2-3일의 층당 공기와 비교했을 때 공기 면에서 50% 수준에 머물러 있는 실정이다.(박송우, 2007)

따라서 본 연구에서는 선행연구¹⁾를 통하여 제안된 중층 공동주택 골조공기 단축을 위한 요소기술들을 Mock-up 시공사례에 적용해 봄으로써 실용가능성을 검토하고 기존 6day-cycle 대비 생산성 분석 및 공기단축 가능성을 지닌 공정모델을 제안하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 국내아파트 골조공사의 공기단축을 위한 핵심요소기술 및 생산성 분석에 관한 이론적 고찰과 함께 국내 공동주택 현장 조사를 실시하여 6day-cycle의 생산성 분석 및 공정표를 완성하였다. 또한 선행연구를 통하여 제안된 공기단축을 위한 요소기술들을 Mock-up 현장시공에 적용해 봄으로써 6day-cycle 대비 생산성을 분석하고 공기단축을 위한 공정모델을 제시한다. 마지막으로, 현장 Mock-up 시공을 통해 분석한 자료를 바탕으로 실제 현장 적용에 대한 가능성과 개선안 등을 제안하고자 한다.

* 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과, 석사과정
kuche@snu.ac.kr

** 종신회원, 서울대학교 건축학과 부교수, 공학박사

*** 종신회원, 서울대학교 건축학과 정교수, 공학박사

**** 일반회원, 서울대학교 대학원 건축학과, 박사과정

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 2005년도 '건설 핵심기술 연구개발 사업(05산학연 C105A101000105A0501-00000)'에 의한 것임.

1) 박송우, 국내 아파트 골조공사의 공기경쟁력 강화 전략, 2007 건설교통 R&D 성과포럼, 2007.5

2 예비적 고찰

2.1 생산성 분석

거푸집 공사의 생산성 분석을 위하여 작업자의 작업량을 작업시간으로 나누어 작업 생산성을 측정하도록 한다. 작업 생산성을 산정하기 위한 수식은 다음과 같다.(김의식 외,2000)

$$\text{작업생산성} = \frac{A}{V} \quad (\text{식 1.})$$

단, A : 산출물(output), V : 투입자원(input)

2.2 작업 생산성 측정방법

이론적 고찰을 통하여 생산성 분석을 위한 방법을 살펴 보았다. 작업측정을 위한 방법의 하나로 세부적인 동작분석을 위하여 디지털 캠코더를 이용한 연속측정법을 시행하였으며, 거푸집 공사과정에 대한 촬영을 실시하고, 이를 분석하여 작업시간을 측정하였다.(정희경 외, 2005)

2.3 골조공사 공기단축을 위한 핵심 요소기술

CTRM 공기단축형 복합구조시스템 건설기술개발 2-2세부 2차년도 연구결과물로서 공동주택 골조 공기를 단축하기 위한 요소기술을 다음과 같이 제안하였다. (박송우, 2007)

(1) 시공성을 고려한 구조시스템 설계

① 구조평면의 단순화

골조공사 공기단축을 위해서는 설계단계에서 시공성을 고려한 합리적인 구조시스템 설계가 필수적으로 선행되어야 한다.

② 단일구조시스템 적용

구조설계 시 지하층과 지상층을 단일구조시스템으로 설계하고 수직부재의 위치 및 기둥크기를 동일 size로 표준화함으로써 시공성 향상 및 원가절감이 가능하다.

(2) 생산성향상-공사비절감이 가능한 자재 및 공법선택

① 대형거푸집공법 적용

대형화된 거푸집공법의 적용은 단위생산성 향상으로 거푸집 설치 및 해체 시간의 단축, 거푸집해체 후 골조마감 및 뒷정리, 청소 등에 소요되는 시간이 절약되어, 후속 마감공정의 조기투입이 가능하여 골조공기와 마감공기를 동시에 단축할 수 있다.2)

② 조강콘크리트 적용

현장 타설하는 방식의 RC구조의 골조공사 층당공기단축을 위해서는 거푸집 탈형시기를 앞당기는 것이 필수적이다.

(3) 공정계획

① V/H 분리 타설

단위 생산성이 높은 대형 벽체거푸집 적용을 위해서는 V/H 분리타설 방식이 고려되어야 한다.

② T/C 효율성 극대화

국내사례조사 결과, 일반아파트현장의 T/C 일일평균가동

률은 30~40%정도로 합리적인 양중계획 수립을 통해 T/C 효율성을 극대화하는 방안이 수립되어야 한다.

이와 같은 요소기술의 복합 적용 시 현재 층당 6일 공기를 층당 3일까지 단축시킬 수 있을 것으로 기대된다.

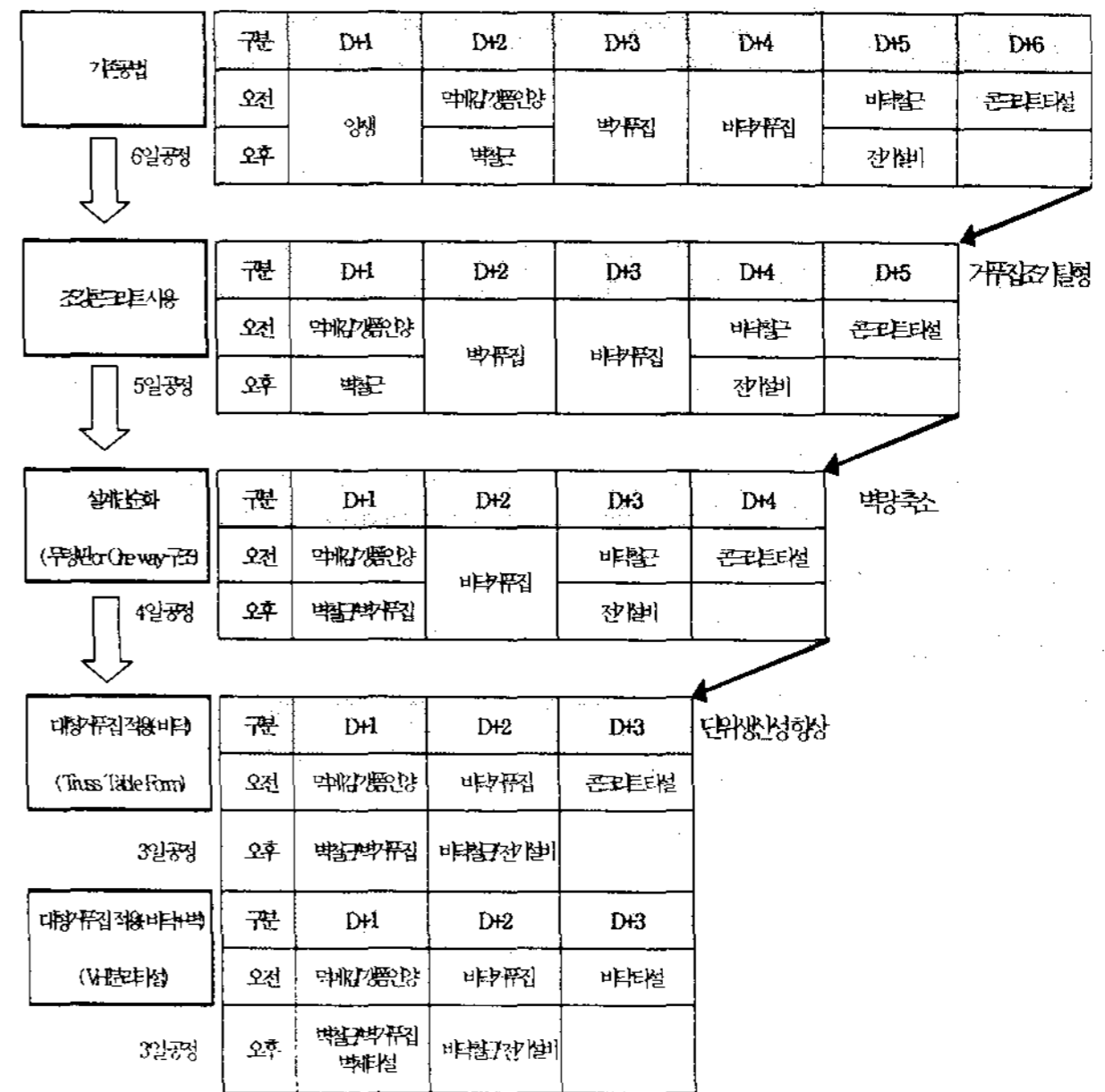


그림1. 국내아파트 골조공사의 단계별 공기단축 방안 (박송우, 2007)

3. Mock-up시공을 통한 검증

3.1 기존 6Day-Cycle의 분석

D사 현장에서 캠코더를 이용한 작업측정방법을 사용하여 단위생산성을 분석하였다. 표1.은 현장의 6일공정 세부작업내용을 나타내며, 표2.에서는 캠코더 촬영을 통해 분석한 T/C의 가용율을 나타내었다. 분석한 6Day-Cycle의 평균T/C 가용율은 14%이다. 그림4.에서는 인력을 이용한 작업과 타워를 이용한 대형시스템폼 적용시의 작업효율성을 비교분석하였다. 대형시스템폼을 적용할 경우 인력대비 약 2.28배의 작업 효율성을 보인다.

▶ 분석내용 기본 정보(D사 현장)

1. 구 조 : RC구조 벽식, 판상형 4세대조합
2. 바닥면적 : 542.6㎡
3. 주요공법 : 외벽개폼 + 내벽AL폼

표1. 일별 세부작업내용 (6일공정)

구분	1	2	3	4	5	6	비고
N층	오전	양생	육면검	벽체거푸집 설치	슬라브 거푸집 설치	슬라브 양근	콘크리트 타설
	오후		강물인양/벽체양근			전기 설치	
N-1층	오전		강물양근	벽체거푸집 설치	슬라브양근 및 인양		
	오후		벽체거푸집 해체	슬라브거푸집 해체			

표2. T/C 운용부하 (6일공정)

구분	사용시간	1	2	3	4	5	6	비고
형틀	300	-	300	-	-	-	-	
철근	130	-	30	-	70	-	10	
콘크리트	100	-	-	-	-	-	100	
기타	30	-	15	-	-	15	-	
합계	560/3960	-	365/660	-	70/660	15/660	110/660	
가용율	14%	0%	55%	0%	10%	2%	16%	

2) 국내의 경우, 골조시공 후 마감공사 투입시점이 N-7층인 반면, 북미지역의 경우, 골조시공 후 N-2층에서 마감공사 투입하고 있다.

표3. D사 현장 작업생산성 분석 (16층기준)

부위	공종	단위	수량	작업단가 (노무비)	금액	작업인원 (인)	소요시간 (시간)	작업효율	작업효율 단위	비고
벽체	AL-Form설치	M2	1473.08	7,000	10,311,560	24	9	6.82	m ² /H	
	AL-Form해체	M2				8	5		m ² /H	
	경품 인양 및 해체	M2	373.28	7,000	2,612,960	4	6	15.55	m ² /H	타워 F내 이동
	철근배근	TON	11.78	168,000	1,979,320	8	5	0.29	TON/MH	
슬라브	AL-Form설치	M2	602.14	7,000	4,214,980	20	5	5.38	m ² /H	2시간은 15명
	AL-Form해체	M2				4	5		m ² /H	
	철근배근	TON	8.13	168,000	1,365,654	8	5	0.20	TON/MH	
공통	Con't 타설	M3	251.10	6,800	1,707,480	8	6	5.23	m ³ /H	분배기 사용
	견줄		602.14	1,800	1,083,852					

3.2 Mock-up Test

공기단축을 위한 핵심요소기술들을 적용하여 Mock-up Test를 실시하였으며, Mock-up현장에 적용한 요소기술들은 2.3에서와 같다. 표5에서도 동일하게 캄코더를 이용한 작업측정방법을 사용하여 T/C의 가용율을 분석하였으며, 평균가용율은 56%이다. 이를 표2와 비교하여 T/C의 효율적인 사용율(14%→56%)이 공기단축의 가능성을 제시하고 있음을 증명하였다.

▶ 분석내용 기본 정보(Mock-up Test)

1. 구조 : RC구조 무량판, 1세대
2. 바닥면적 : 140m²
3. 주요공법 : 외벽·내벽 대형시스템폼, 기둥시스템폼

표4. 일별 세부작업내용 (3일공정)

구분	1	2	3	비고
N층	오전	벽매김, 경품인양	벽체거푸집 해체	바닥타설
		벽철근	바닥거푸집인양	
	오후	벽거푸집	바닥거푸집조립	
		벽체타설	바닥철근·전기설비	
N-1층	오전	바닥거푸집해체		
	오후			

표5. T/C 운용부하 (3일공정)

구분	사용시간	1	2	3	비고
형틀	1120	520	600	-	
철근	130	80	50	-	
콘크리트	100	-	-	100	
기타	15	-	15	-	
합계	1365/2400	600/900	665/840	100/660	
가용율	56%	66%	79%	15%	

표6.에서는 1세대를 기준으로 하여 시행한 Mock-up Test의 전반적인 시공순서와 작업단위생산성을 분석하여 정리하였다. 이를 토대로 그림2.에서는 1세대 기준의 단위 작업생산성을 4세대로 확장하고, 적정작업인력을 재구성하여 공기단축형 공정모델을 제안하였다.

표6. Mock-up Test 생산성분석(기준층)

날짜	사진	작업내용	용량	단위작업시간 / 단위생산성	투입인원	T/C	비고
D+1		기초바닥 벽매김	180m ²	22.5m ² /인/H	4H*2인		
		기초철근	1994.62kg	47.5kg/인/H	6H*7인		
		기초거푸집	60m	5m ² /인/H	4H*3인		
		기초타설	30m ³	3.3m ³ /인/H	3H*3인		
D+2		벽매김	90m ²	22.5m ² /인/H	2H*2인		
		외벽거푸집	130m ²	7.2m ² /인/H	3H*6인	6계*10분	4세대, 10계
		철근설치	제 래 식 선 조 립 543.38kg	54.3kg/인/H	2H*5인		
			356.94kg	713.8kg/인/H	0.1H*5인	0.07H	
		내벽거푸집	80m ²	20m ² /인/H	2H*2인	12계*10분	4세대, 42계 일계현장 40m ² 인 이상
D+3		벽체타설	24m ³	4m ³ /인/H	3H*2인		
		벽체폼탈형	210m ²	10m ² /인/H	3H*7인	18계*10분	
		2층슬라브폼	5계소 (150m ²)	6.3m ² /인/H	4H*6인	5계*15분	
		벽매김	90m ²	22.5m ² /인/H	2H*2인		
		2층슬라브 철근	1994.62kg	66.5kg/인/H	6H*6인		
D+4		2층슬라브폼 (마구리작업)	50m	6.3m ² /인/H	4H*2인		
		2층슬라브 타설	29m ³	3.2m ³ /인/H	3H*3인		
D+5		슬라브폼 탈형	5계소 (150m ²)	6.2m ² /인/H	4H*6인		50m ² 인 이상
		대미발폼 인양	5계소 (150m ²)	1계당-20분	2H*6인	5계*15분	계당 10-15분

안해 본다.(그림3.)

동일한 결과 값을 바탕으로 작업시간을 오전8시-오후5시(8시간) 기준으로 작성하였으며, 정규근무시간 시작, 마감 전후로 약 1시간여의 여유시간을 확보할 수 있었다. 기준층에 대한 분석이었다는 점과, 혹서기의 무더위에 의한 작업 능률성 저하와 새로운 공법을 적용한 Mock-up Test의 인력이 미숙련공임을 감안한다면, 후속 연구를 통한 완성도 높은 3day-Cycle 공정모델의 완성은 가능할 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 RC조 공동주택의 공기경쟁력 강화를 위해 골조공사 공기단축을 위한 핵심요소기술을 제안하였고, Mock-up Test를 통하여 제안된 요소기술의 실현가능성을 검토하였다. 실제 현장검증을 통하여 6day-Cycle과 3day-Cycle의 단위생산성을 비교 검토함으로써, T/C의 가용율에 대한 자료를 제시하였다.

약천후와 현지여건상의 원인으로 연속적인 시공을 시행할 수 없었다는 한계를 가지고 있지만, 단위생산성 분석을 통한 공정모델을 제시하고 현장적용가능성과 개선안마련을 위한 출발이었다는 점에서 공기단축시공을 위한 Mock-up Test의 의의가 있다고 할 수 있다.

향후, T/C의 의존도가 높은 내벽시스템폼의 양중장비 및 방법에 대한 연구와 부재수를 최소화하는 방안, 그리고 내벽시스템폼의 기계화와 인력시공의 효율적 조합을 위한 후속연구가 필요하다. 이와 함께 타워대수증가와 인력의 감소 및 공기절감에 따른 경제성 검토도 함께 연구되어야 한다.

참고문헌

1. 김도형, 공동주택 System Form 공사의 생산성 분석 및 향상방안 제안, 한국건설관리학회 논문집, 2001.9
2. 공기단축을 위한 System Form의 현장 적용성 평가, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 2006.10
3. 박송우, 국내 아파트 골조공사의 공기경쟁력 강화 전략, 2007 건설교통 R&D 성과포럼, 2007.5
4. 손창백, 공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석, 대한건축학회 논문집, 2005.4
5. 손영진, 북미지역의 공기단축 공법소개서,(주)콘스텍, 2005
6. 김의식 외, 최신 건축적산, 기문당, 2000.
7. OCCDC, Simple Design Rules that can reduce project costs, www.occdc.org, 2000
8. 장지우, 벽식 구조 아파트건설공사의 공사기간 측정방법에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 2005.6
9. Larry Jorn(1999), Cost-effective Forming
10. Robert L.Peurifoy, Formwork for Concrete Structures, McGraw-Hill, Third Edition
11. Murray B. Woolf, Faster Construction Projects with CPM Scheduling, McGraw-Hill

Abstract

Recently, construction companies prefer to use large scale system forms to prepare for lacking of skilled workers, aging and the chances of application of pre-build&post-sale policy.

In result of the effort and interest, the duration for framework of domestic high rise buildings has been accomplished to 3-4days per floor but for the apartment housing which form over 90% of the domestic construction industry, and especially the middle story RC apartments which is the main part, the duration for framework is only about 6-8days per level. This is only about 50% of the duration per level of RC residential buildings in North America. In previous researches elementary technology, which has potential of duration reduction, was proposed and this research suggest the applicability in construction sites and ways to improve it using elementary technology applied Mock-up Test. Furthermore, we analyze the productivity and T/C usage rate of the 6day-Cycle and suggest an improved model.

Keywords : Productivity, System Form, Reduction of Construction Duration, Apartment Housing