공동주택 공사에서의 건축 외관용 PC 활용에 따른 생산성 향상 분석

Verification of the Use of Architectural PC for Improving the productivity in an Apartment Housing Project

이 현 석* 이 상 효** 안 병 주*** 이 윤 선**** 김 재 준*****

Lee, Hyun-Seok Lee, Sang-Hyo An, Byung-Ju Lee, Yoon-Sun Kim, Jae-Jun

요 약

최근 국내 건설 산업에서 생산성과 건설공기 측면에서 문제점이 드러나고 있으며 또한, 국내 건설 산업의 생산성과 공기 경쟁력이 선진국에 비해 매우 낮은 것으로 분석되었다. 여기에 주5일 근무제가 시행된다면 문제는 더 심각해진다. 또한, 현재 입법 예고된 후분양제도가 실행된다면 건설사 입장에서는 공기 단축을 위한 생산성 향상이 건설업의 생사가 달린 일이다.

이에 본 연구에서는 생산성 향상을 위한 방안으로 PC의 한 종류인 건축 외관용 PC를 제시하고, 건축 외관용 PC를 사용하는 방안을 기존의 공법과 비교를 통해 생산성이 향상 되는가를 분석하고자 한다.

키워드: 건축 외관용 PC(Architectural PC), 생산성 향상(Productivity Improving)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

National Accounts of OECD Countries에 따르면, 우리나라 건설업 노동생산성은 일본 및 오스트리아의 50%, 미국의 73%, 프랑스 및 독일의 66%에 불과하다(김재영, 2005). 또한, Phil. Calvert et al.(2004)의 연구에 따르면 미국, 일본, 한국의 건축공기를 비교하였을 때, 층당 소요일의 경우 미국은 평균 12.8일이 걸리고, 일본은 24.1일, 한국은 31.3일이 걸려, 우리나라 건설사가 공기 면에서도 경쟁력이 매우 낮음을 알 수 있다. 이런 상황에서 건설업에서 주5일 근무제가 채택된다면, 공사비는 6.6% 증가하고, 공기도 최대한 31.5% 연장되어(권오현, 2002) 문제는 더 심각해진다.

정광량(2006)에 따르면 15~30층 규모의 공동주택 공사에서 조강 콘크리트, 외부 커튼월, 시스템 폼 등의 사용으로 층당 공기를 절반으로 단축이 가능하다고 한다. 특히 북미, 동남아 및 두바이에서는 외부 커튼월로 건축 외관용 PC(Architectural PC)가 많이 사용되는데 이는 국내 공동주택 공사에서의 수벽, 간벽 및 파라펫 등의 외벽을 대체하는 것으로 공기 단축, 생산성 향상 및 노동력 절감 등의 효과가 있다는 것으로 분석된다.

따라서 본 연구에서는 공동주택 공사의 생산성 향상을 위한 방안으로 건축 외관용 PC를 제시하고, 이를 사용함에 따라 기존보다 생산성이 향상되는가를 분석하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

통계청의 국내대규모공사 건설 수주액에 따르면, 국내 건설현장의 경우 1997년부터 2006년까지의 대규모공사 건설 수주액 중 공동주택의 비율이 76%정도에 이른다. 이처럼 공동주택의 수주액이 타 프로젝트에 비해 비중이 크기 때문에 파급효과가 커서 연구의 범위를 국내 공동주택 프로젝트로 한정하고자 한다.

본 연구는 다음과 같은 단계로 이루어진다. 첫째, 이론적 고찰 단계로 PC와 PC 관련 선행 연구, 건축 외관용 PC에 대해 살펴본다. 둘째, 건축 외관용 PC 활용에 따른 생산성 향상을 검증하기 위해 전문가와의 인터뷰를 통해 검증 항목을 도출한다. 셋째, 도출된 검증 항목을 기준으로 건축 외관용 PC를 활용함에 따라 기존의 공법과 비교하여 생산성이 향상 되는가를 분석한다. 마지막으로 이 내용들을 종합, 정리한다.

2. 예비적 고찰

* 일반회원, 한양대학교 대학원, walkloud@naver.com
** 일반회원, 한양대학교 대학원, siegfried_sun@hotmail.com
*** 일반회원, 전주대학교 건축공학과 조교수, 공학박사, bjahn@jj.ac.kr
**** 일반회원, 한양대학교 건축환경공학과 조교수, 공학박사, yoonsunlee@korea.com
***** 종신회원, 한양대학교 건축환경공학과 교수, 공학박사(교신저자), jjkim0205@hotmail.com

본 연구는 과학기술부 우수연구센터육성사업인 한양대학교 친환경건축 연구센터의 지원으로 수행되었음 (R11-2005-056-03001)

2.1 PC (Precast Concrete)

PC는 공장에서 목적에 따라 미리 생산된 철근 콘크리트 또는 프리스트레스(Prestressed) 콘크리트이며, 크게 건축 외관용(Architectural) PC와 구조용(Structural) PC로 구분된다(Robert, W.J. et al., 1975).

김정현(2006)에 따르면 PC의 특성은 다음과 같다. 첫째, 건설 공기가 단축된다. 둘째, 공정 간의 책임소재가 명백하다. 셋째, 시공시 기후에 큰 영향을 받지 않는다. 넷째, 공장에서 제작되므로 양질의 품질을 보장하며, 형상의 디자인도 다양화가 가능하다. 다섯째, 가설공사가 절약될 수 있다. 여섯째, 규격화된 제품사용으로 시공이 용이하다. 일곱째, 고도의 인력작업 감소로 위험요소가 감소되어 안전이 향상된다. 여덟째, 노동력 의존도가 줄어들어 성력화가 가능하다. 아홉째, 작업 중 발생되는 폐자재, 소음, 분진 등의 공해가 감소된다.

2.2 PC 관련 선행 연구

PC에 대한 선행 연구는 크게 3가지로 구분된다. 먼저, PC공법의 활성화를 위한 개선방향과 이를 위한 향후 연구과제를 제시한 연구가 있었다. 다음으로는 PC가 도입된 사례와 PC가 도입되지 않은 사례의 비교조사를 통한 분석관한 연구가 있었다. 마지막으로 PC의 기술적 장애요인과 하자에 대한 연구가 있었다. 이 연구들에 대한 세부 내용은 표1과 같다.

여기서 PC의 선행 연구 중 정하선(1993)과 안성훈 외(2004)의 연구에 따르면 국내 건설 산업에서는 주로 PC라 하면 벽식의 구조용 PC로만 인식하고 있다고 한다. 하지만, 미국과 유럽의 선진국에서는 다양한 형태와 색상, 질감을 갖는 건축 외관용 PC (Architectural PC)가 널리 활용되어 호평을 받고, 건축물의 미려함을 증대시키고 있다(정하선 1993)고 한다. 또한, PC부재가 구조체의 역할을 하면서 동시에 커튼월의 역할을 하고 있어서 경제성 측면에서 기존의 RC공법이나 철골공법 보다 유리하다(안성훈 외, 2004)고 한다.

2.3 건축 외관용 PC (Architectural PC)

건축 외관용 PC는 구조적이나 장식적으로 사용되며 건축적으로 디자인된 PC로 다양한 형태, 색상, 질감을 갖고 있다. 수십 년간 미국과 캐나다 등지에서 사용되었으며, 경제성, 다용도성을 가지며 뛰어난 외관에 구조적으로 강하고 좋은 품질과 내구성으로 세계각지의 새로운 프로젝트에 적용되고 있다(PCI Design Manual Committee, 1973). 건축 외관용 PC의 장점은 다음과 같다.

(1) 디자인적 장점

산업화된 생산 기술과 어느 건물에도 적용할 수 있는 기성화된 제품으로 디자인적으로 자유로운 표현이 가능하다. 따라서 건축 외관용 PC를 사용하게 된다면 건물이 다양한 외관을 가질 수 있어 기존 국내의 박스형 공동주택의 디자인적 단조로움의 해소가 가능하다. 또한 건축 외관용 PC의 요소와 유닛은 규정된 품질 기준에 따라 공장에서 생산되고 공장 출하 전 검사를 거치기 때문에 뛰어난 품질을 가진다.

(2) 기능적 장점

건축 외관용 PC는 구조적인 성능을 가지고 효과적인 건물의 외피 역할을 한다. 또한 소음차단이 우수하며 콘크리트 유닛이기 때문에 열과 태양광 조절이 우수하고 내구성이 강해 유지 관리비도 적게 든다.

(3) 건설현장에서의 장점

건축 외관용 PC는 건설현장의 날씨에 상관없이 설치가

표 1. PC관련 선행 연구

구 분	연 구 명	저 자	내 용
PC공법 활성화를 위한 개선방향 및 향후 연구과제	PC기술 고급화를 위한 향후 연구과제	정하선 (1993)	(1) 접합부의 시공 상태 확인을 위한 비파괴 검사 기술 개발 (2) PC구조물 전용 구조 해석 프로그램의 개발 (3) PC아파트 평면 개별화 및 표준화 설계연구 (4) 초고층PC아파트시스템 개발 (5) 조립식 건축공사의 공정관리 체계화 기법 개발 (6) PC부재 생산 방식 개선-마감 일체의 PC부재 개발 필요성
	PC주택 건설 활성화 제약요인 및 개선방향	이상철 (1993)	신소재개발 보급과 신공법 연구, 제도 보완과 기술개발 방향설정 및 지속적인 정책지원
	건설업의 PC 기술 활성화 방안에 관한 연구	안성훈 (2004)	새로운 PC공법을 적용(건축용 PC공법은 구조적인 문제만 해결하는 데만 사용해야 한다는 인식의 전환이 필요 - 미국의 PCI의 건축 외관용 PC를 예로 듦), 정책적인 지원이 필요함
PC의 현장적용 사례연구	공업화 주택의 성능 및 입주자 주거만족	민병호 (1991)	조립식과 재래식 사이의 만족도가 일반적인 견해와 다름 - 조립식 주택의 성능 향상되었음
	PC 다층 연성 골조시스템의 현장적용 사례 연구	김준호 (2006)	다층 연성 골조 시스템이 일반 PC와의 설치시간 및 원가 면에서 경쟁력이 높지만, RC구조에 비해서는 원가 면에서 경쟁력이 낮음
PC의 기술적 장애요인과 하자	주택건설 공업화 기술의 장애요인	민병호 (1991)	경제적, 제도적, 기술적, 조직적, 수요자 장애요인
	PC 주택 하자유형 분석	신동우 (1994)	하자원인 - 불충실한 현장관리와 공업화 공법에 대한 경험부족에 따른 기술 미흡, 자원수급 문제, 제도적 문제(내외적인 요인에 기인)

가능하고 비교적 빠르게 건물의 외피를 구성함으로 마감공사가 훨씬 수월해진다. 또한 작업간의 간섭이 감소되어 공기가 단축되며 공사소음이 많이 줄어든다.

(4) 경제적 장점

건축 외관용 PC는 생산성 향상과 현장의 인력을 줄이는 혁신적인 도구로 개발되었다. 또한 현장관리를 줄여 건물의 총비용을 줄여주며 총 건설공기의 감소로 금융비용이 절약된다.

3. 건축 외관용 PC의 생산성 향상 검증

3.1 검증 항목 도출

생산성 향상 방안으로 제안된 건축 외관용 PC가 국내 기존 공법과 비교하여 생산성 향상이 가능한지를 검증하기 위해 본 연구에서는 검증 항목을 통해 검증하고자 한다.

손창백(2005)와 안상현(2006)의 연구에서 생산성에 영향을 주는 요인으로 향상요인과 지연요인을 제시하였다. 그 세부내용은 표3과 같다.

이 연구에서는 생산성 향상 검증 항목을 도출하기 위해 표3의 요인들을 다시 서울 및 수도권 지역의 공동주택 프로젝트의 경험이 있는 전문가와의 인터뷰와 설문을 통한 델파이 기법(Delphi Technique)을 사용하였다. 생산성 향상 방안의 검증을 위한 검증 항목은 다음 표2와 같다.

표 2. 생산성 향상 검증 항목

대분류	세부 검증 항목
공사관리	공사 기간
	작업간의 간섭
	합리적인 작업순서 계획
설계관리	시공성을 고려한 설계
시공관리	시공 난이도
	품질의 고저
	안전사고 발생
	현장 작업 환경
투입자원	투입 노동력
	장비 수 및 사용시간
	원활한 자재 및 장비조달

3.2 생산성 향상 검증

현재까지 국내에 건축 외관용 PC가 사용된 현장이 없어서 객관적인 생산성 향상 측정이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 표2의 생산성 향상 검증 항목을 기준으로 설문을 실시하였다.

설문은 공동주택 프로젝트 경험이 있는 현장 및 본사 실무자, 연구원, 공무원 등을 대상으로 하였다. 설문은 기존의 국내 공동주택 공사와 건축 외관용 PC 활용을 통한 공사에서 검증 항목별로 우수한지 아니면 그렇지 않은지에 대해 5점 척도로 측정되었다. 설문 결과는 표4와 같다.

표 3. 생산성 향상 및 지연요인 분류(손창백, 안상현)

분 류	생산성 향상요인	생산성 지연요인
건설 인력 관련 요인	프리패브화, 공업화 등 인력절감형 공법 적용	작업자 능력
	관리자의 자질 및 위기관리능력 향상	작업자 수 부족
	원활한 인력 수급체계 구축	작업자의 지각
	작업자 동기부여	
	숙련공 투입	
	공종별 작업자의 역할분담 명확화	
	교육/훈련 프로그램 시행	
설계 관리 관련 요인	설계 VE 적용 활성화	설계도서 결함
	시공성을 고려한 설계	설계도서 누락
	정확하고 완성도 높은 설계도서	설계도서 제공시점 지연
	설계 표준화	
공사 관리 관련 요인	효율적인 공법선택	선행 작업 불량
	합리적인 현장배치(Layout)	선행 작업 미완료
	효율적인 작업조 편성	작업 공간 불량
	합리적인 작업순서 계획	작업 공간 부족
	합리적인 작업일정 (작업기간) 계획	잘못된 작업지시
	정확하고 신속한 작업지시 및 승인	작업지시 누락
	시공의 기계화/자동화	작업지시 제공시점 지연
	신기술/신공법 개발 및 적용	
	원활한 정보교환 (의사소통) 체계 구축	
	공사관리의 전산화	
	작업 메뉴얼 제작/보급	
	시간/활동분석 등 과학적인 관리기법 적용	
투입 자원 관련 요인	원활한 자재 조달체계 구축	자재 불량
	원활한 장비 조달체계 구축	자재 부족
	신자재/신소재의 개발 및 적용	자재조달 지연
	투입자원의 효율적인 배분	장비 불량/고장
	자원 관련정보의 사전입수 및 축적	장비 수/사용시간 부족
		장비 제공 시점 지연
		공구 불량/고장
		공구 수/사용시간 부족
		공구 제공 시점 지연
공사 성격 및 외적 요인	건설현장작업에 대한 각종 규제의 현실화	관공서 허가/승인 지연
	현장지원업무의 전산화	감독관 허가/승인 지연
	현장 작업환경 개선	

표 4. 설문 결과

검증 항목		기존 공동주택 공사	건축 외관용 PC 사용	편차
공사 관리	공사 기간	2.9 (보통)	4.2 (우수)	**1.3**
	작업간의 간섭	3.2 (보통)	3.8 (우수)	**0.6**
	합리적인 작업순서 계획	3.1 (보통)	3.9 (우수)	**0.8**
설계 관리	시공성을 고려한 설계	2.7 (보통)	3.8 (우수)	**1.1**
시공 관리	시공 난이도	3.6 (우수)	3.4 (보통)	0.2
	품질의 고저	3.8 (우수)	2.4 (불리)	1.4
	안전사고 발생	2.6 (보통)	3.3 (보통)	**0.7**
	현장 작업 환경	2.7 (보통)	4.0 (우수)	**1.3**
투입 자원	투입 노동력	2.7 (보통)	4.2 (우수)	**1.5**
	장비 수 및 사용시간	3.5 (우수)	2.7 (보통)	0.8
	원활한 자재 및 장비 조달	3.4 (보통)	3.2 (보통)	0.2

전문가 설문조사 결과 '품질의 고저, 장비 수 및 사용시간' 항목에서는 기존 공동주택 공사가 오히려 생산성이 우수한 것으로 나타났다. 그리고 '시공 난이도, 원활한 자재 및 장비 조달' 항목에서는 생산성이 비슷한 것으로 조사되었다. 공사 기간을 포함한 7개 항목에서는 건축 외관용 PC를 활용하는 것이 생산성이 우수한 것으로 분석되었으며 '공사기간, 시공성을 고려한 설계, 현장 작업 환경, 투입 노동력' 항목에서는 건축 외관용 PC를 활용하는 것이 생산성이 훨씬 우수한 것으로 분석되었다. 따라서 공동주택 공사에서 기존 공법보다 건축 외관용 PC를 활용에 따라 생산성이 향상 된다고 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서는 공동주택 공사의 생산성 향상을 위한 방안으로 건축 외관용 PC를 제시하고, 이를 사용함에 따라 기존공법보다 생산성이 향상되는가를 분석하였다.

건축 외관용 PC의 생산성 향상을 검증하기 위해 전문가 인터뷰 및 토론을 통한 델파이 기법과 설문을 사용하였다. 설문조사 결과 공동주택 공사에서 건축 외관용 PC를 활용함에 따라 '공사기간, 작업간의 간섭, 합리적인 작업순서 계획, 시공성을 고려한 설계, 안전사고 발생, 현장 작업 환경' 등의 항목에서 기존 공법보다 우수한 것으로 분석되었다. 따라서 공동주택 공사에서 기존 공법보다 건축 외관용 PC를 활용함에 따라 생산성이 향상 된다고 분석되었다.

참고문헌

1. 권오현, "주 5일 근무제가 건설업에 미치는 영향은", 한국건설산업연구원 건설동향브리핑, 제 28호, 2002
2. 김재영, "위기의 건설산업, 어떻게 할 것인가?", 건설산업 발전 세미나, 2005
3. 김정현, 김형대, 권춘안, 양부홍, 이병호, 이동운, "최신 건축시공학", 기문당, 2006
4. 김준호, 전병갑, 박순규, 김광희, "PC 다층 연성 골조시스템의 현장적용 사례 연구", 한국건축시공학회 학술.기술논문발표회 논문집, 제 6권 1호, 2006
5. 민병호, 김정현, 도건효, "공업화 주택의 성능 및 입주자 주거 만족", 대한건축학회 논문집, 제 7권 3호, 1991
6. 민병호, 장호운, 도건효, "주택건설 공업화 기술의 장애요인", 대한건축학회 논문집, 제 7권 2호, 1991
7. 손창백, 이덕찬, "공동주택 건축공사의 생산성 향상요인 선정 및 적용성 분석", 대한건축학회 논문집(구조계), 제 21권 4호, 2005
8. 신동우, 김창덕, "PC 주택 하자유형 분석", 대한건축학회 논문집, 제 10권 1호, 1994
9. 안상현, 유정호, 김창덕, "공동주택 공사의 작업지연요소 분석", 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 2006
10. 안성훈, 이웅균, 강경인, "건설업의 PC 기술 활성화 방안에 관한 연구", 대한건축학회 논문집(구조계), 제 20권 7호, 2004
11. 이상철, "PC주택 건설활성화 제약요인 및 개선방향", 공업화주택 기술향상(대한건축학회 심포지엄), 1993
12. 정광량, 손영진, "무량판 바닥 시스템에 대한 구조계획 및 시공기술", 건축(대한건축학회지), 제 50권 3호, 2006
13. 정하선, "PC기술 고급화를 위한 향후 연구과제", 공업화주택 기술향상(대한건축학회 심포지엄), 1993
14. Phil. Calvert et al., "국내 건설사업의 공사기간, 공사비, 생산성 분야 국제경쟁력 연구", 건설교통부 한국건설교통기술평가원, 2004
15. CPCI, "Architectural precast concrete", Technical Brochure
16. PCI Design Manual Committee, "Architectural Precast Concrete", 1973
17. Robert, W.J. et al., "Architectural Precast Concrete Drafting Handbook", 1975
18. http://www.nso.go.kr/

Abstract

In Korea, it has recently occurred that problems of productivity and construction duration in the construction industry. If five days per week system come into effect, they'll become more urgent. The productivity of construction industry and competitive construction duration in Korea are too low. If post sale system becomes effective, construction companies will strive to improve productivity. Therefore, the objective of this study is to draw up Architectural PC as the alternative for productivity improving and analyze possibility of productivity improving by comparing with established method of construction.

Keywords : Architectural PC, Productivity Improving