장수명화와 시공성을 고려한 새로운 공동주택 모델의 초기 비용절감 가능성 연구

- 구조체와 외장전환 사례분석을 중심으로 -

A Study on the Possibility of Initial Cost Saving in the New Housing Model Considering Long-life and Constructability

- Focused on the Case Analysis with Converting Skeleton and Cladding to New Systems -

김수암*
Kim, Soo-Am

신성은**
Shin, Sung-Eun

정준수***
Chung, Joon-Soo

손영진****
Shon, Young-Jin

Abstract

This study suggested a new model in consideration of long life and constructability of apartment house suggested in the former part. New model suggested the possibility of cost saving based on the idea that people tend to reject because of the recognition that the new model would cost a lot of expense which work as the barrier for the expansion and distribution at the local market so as to prepare the ground for its activation. The Study was aimed at verifying the possibility of cost saving through comparing it with the existing standard apartment house system centered on the skeleton and cladding system among the new structural design models suggested in the former part. Assuming that these existing standard both models should be changed structural design into new model system, the quantity volume, cost and construction period along with the alteration of finished materials between two models were compared altogether. Simultaneously BIM library was built for easy taking-off bill of quantity and consideration of working methodology for construction working cycle, which was translated into construction cost so as to derive the cost of the two subject systems to be counted. Through the analysis, it was concluded that new model would secure variability in the future and constructability along with shortening the construction period (29%) and achieve cost saving (13%) of construction against the those of existing model.

Keywords : Apartment Housing, Modification Model, Long-life, Constructability, Initial Cost Saving, Cladding System

주요어 : 공동주택, 수정모델, 장수명, 시공성, 초기비용 절감, 외장시스템

I. 서론

1. 연구의 배경과 목적

세계적인 지구환경 보전의 움직임과 더불어 현 정부는 ‘저탄소 녹색성장’을 비전으로 하는 정책 방향으로 전환

하고 실현을 위한 다양한 실천방안을 모색하고 있다. 이러한 흐름 속에서 연구자들과 산업체에서도 자원과 에너지를 절약하여 지구환경부하를 경감하기 위한 연구와 실천방안을 모색하고 있다. 한편 기존 주택시스템은 인구와 가족구조 및 생활양식의 급격한 변화와 다양화 요구를 수용하는데 한계가 있기 때문에 이를 포괄할 수 있는 수용성(Capacity)이 큰 새로운 시스템으로 전환해야 할 시점에 와 있다.

현재 국내 주택시스템으로 가장 일반적인 벽식 구조시스템은 가변성·리모델링 및 유지관리 용이성 등의 기능적인 장수명화 측면에서 한계를 가지고 있을 뿐 아니라 초기비용 상승을 초래하는 시공성(Constructability)의 한계를 가지고 있다. 벽식 구조시스템이 가지고 있는 자원절약과 수용성의 한계를 극복할 수 있는 방안의 하나가 장수명 주택이다. 최근 장수명 주택은 국가적 차원의 대형 연구과제로서 진행되어 2010년에 종료되었으며, Support 시스템과 Infill 시스템의 기술개발 및 제도에 대한 성과¹⁾가 있었다. 건설교통부(2005-2010)의 연구결과에 따르면

*정회원(주저자, 교신저자), 한국건설기술연구원, 미래건축설, 선임연구위원, 공학박사

**정회원, 한국건설기술연구원, 전임연구위원

***정회원, 건테크, 공학박사

****정회원, (주)콘스텍, 대표이사

Corresponding Author: Soo-Am Kim, Advanced Building Research Division, Building Research Department, Korea Institute of Construction Technology, Goyangdae-ro 283, Ilsanseo-gu, Goyang-si, Gyeonggi-do, 411-712, Korea
E-mail: sakim@kict.re.kr

이 논문은 2011년도 한국주거학회 추계학술발표대회에 발표한 논문 “공동주택의 장수명화와 시공성을 고려한 수정모델 제안” 및 “공동주택 사례분석을 통한 수정모델 시스템의 비용절감 가능성 연구”를 수정·보완한 연구임.

장수명 주택은 수준의 정도에 따라 달라지지만 기존 공동주택 시스템에 대비한 성능상승으로 인하여 약 10% 정도의 초기비용(Initial Cost)상승²⁾을 유발하는 것으로 나타나고 있다. 이것은 관련 시스템 및 제도의 정비 미비와 보급의 미흡과 함께 장수명 주택의 확대 보급을 위한 가장 큰 장애요소로 작용하는 것으로 나타나고 있다. 민간 부문이나 공공부문 모두 장수명 주택의 시스템적·비용적인 부담을 갖고 있어 장수명 주택시스템은 주택시장에서 확대·보급이 용이하지 않는 것이 현실이다. 장수명 주택을 보급하기 위해서는 장수명 주택의 장점을 확보하면서 장애요소로 작용하고 있는 초기 건축비를 인하할 수 있는 효과적인 시스템 구축과 전환이 전제가 되어야 한다는 것이 필수적이며 중요하다.

이러한 관점에서 본 연구는 초기 건축비를 줄이는 방향의 하나로 장수명화와 시공성을 고려한 시스템 전환에 초점을 맞추어 기존연구의 결과인 장수명 주택 시스템을 수정한 수정모델을 제안하고, 초기비용 절감 가능성을 검토·제시하는 것을 목적으로 한다. 수정모델을 통한 초기비용의 절감 가능성을 분석함으로써 공급자 및 소비자 모두에게 장수명 주택의 보급 기반을 마련할 수 있는 가능성을 제공하고자 하는데 의의를 두고 있다.

2. 연구 방법 및 범위

연구방법은 장수명화와 시공성을 고려한 수정모델의 제안과 수정모델을 근거로 한 초기비용 절감 가능성을 분석하는 것으로 구분한다. 수정모델의 제안부분은 기존공동주택과 선행연구한 장수명 주택 시스템에 대하여 장수명화와 시공성 관점에서 요소기술을 도출하고 이를 기준으로 상호 비교함으로써 차이점을 기술하고 이를 종합하여 장수명 주택 수정 모델을 제시하였다. 장수명 주택의 근간을 이루는 물리적인 내구성 관점은 동일하다는 전제하에 기능적인 장수명 관점을 중심으로 전개하였으며, 대상은 세대와 주동까지 포함하였다.

수정모델의 초기비용 절감 가능성 부분은 기존 공동주택과 장수명 주택 수정모델을 상호 비교하여 초기비용의 절감 가능성을 검토 제시하는 방법을 취하였다. 수정모델은 구조체와 외장전환에 한정하여 기존 공동주택과 실제로 소요되는 물량과 공사기간을 비교분석함으로써 비용절감의 가능성을 검토하였다.

비교대상은 실제로 건설 중인 단지의 전용면적 59, 84 m²의 공동주택 단위평면을 선정하였으며, 주동형태는 각각 탑상형과 판상형에 해당되는 기존의 보편적인 시스템을

적용한 공동주택으로 하였다. 또한, 기존 공동주택과 동일한 면적·형태를 기준으로 장수명 수정모델로 시스템을 전환하여 구조검토, 시공공기, BIM(Building Information Modeling)을 사용한 물량 산출을 바탕으로 기존 공동주택과 비교하여 절감정도를 검토하는 방법을 취하였다.

본 연구의 범위는 기존연구의 성과를 반영하여 이론적인 측면에서 수정모델을 제안하였고, 이를 근거로 한 초기비용의 검토를 실제사례와 수정모델로 전환한 한정된 2개동의 구조체와 외장만을 선정하여 검토하였다.

II. 이론 고찰

1. 장수명 주택 및 요소

장수명 주택은 장기간(예: 100년) 시대변화에 따라 적절한 성능과 기능을 수행할 수 있는 수명이 긴 주택을 의미한다. 처음 건설한 상태로 장기간 유지되는 것이 아니라, 구조체 등은 장기간 유지하고 나머지 부분은 수명에 따라 교체·수선 등의 리모델링과 유지관리를 하면서 사회 변화와 거주자 변화에 따라 공간을 재구성하여 시간이 흘러도 기능과 성능의 저하 없이 사용 할 수 있도록 하는 것이다. 다시 말하면 구조체 및 공용설비 등 수명이 길고 사회적으로 변화가 적은 공용부분(Support/Skeleton; S)은 장기간 유지하고, 내장·전용설비 등 사회 변화와 기능변화에 민감하고 수명이 짧으며 개인적인 부분(Infill; I)은 쉽게 수선·교체하고 유지관리하여 시대변화에 적합한 기능을 수용할 수 있는 건축(Kim, 2010)³⁾을 의미한다. 장수명 주택의 구성요소는 물리적인 수명인 내구성을 기반으로 사회적·기능적 수명인 공간의 가변성, 리모델링 용이성, 유지관리 용이성을 핵심요소(Kim, 2003)⁴⁾로 한다. 수법으로써 Modular Coordination(MC) 설계를 전제로 하며 SI분리구법, 건식공법과 부품을 사용하면 효과를 발휘한다.

2. 시공성(Constructability) 개념과 요소

시공성이란 미국 CII⁵⁾에서는 ‘전반적인 프로젝트 목표를 달성하기 위해 계획, 설계, 조달 및 현장운영에서 시공지식 및 실무경험을 최적으로 사용하는 것으로 정의하며, 프로젝트 초기에 시공지식을 보유하고 현장 경험이 풍부한 전문가를 설계 초기단계에 참여하도록 하여 비용·일정 및 품질 등을 최적화하도록 설계하여 발주자 요구에 부응하도록 하는 성능(CII, 1986, 1991)을 의미한다. 전반적인 프로젝트의 목표에 일치하는 기획, 설계, 조달과 시공국면에서 시공의 경험과 지식을 통합적으로 적용하는 성능(Picock 외 2006)라고 정의하고 있다. 이렇듯 시공성

1) 한국건설기술연구원 (2003-2007), 환경공생주택 기술개발, 건설교통부·한국건설교통기술평가원의 자원절약형 Free Plan 공동주택 기술개발(2004-2006), 건설교통부 (2005-2010), 내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술개발 등이 있으며, Support와 Infill 기술과 제도 제안이 있었다.

2) 건설교통부(2005-2010). 내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술개발 연구보고서. p 305 참조

3) 김수암(2010). 브랜드 총서1, 녹색도시를 선도하는 기술전략. 일산: 한국건설기술연구원.

4) 한국건설기술연구원(2003). 장수명 건축물 설계시스템 개발. pp. 25-26, 일산: 한국건설기술연구원.

5) Construction Industry Institute(2006). Constructability. USA: CII.

은 개념은 단순히 시공단계에서 고려되어야 할 사항이 아니라 프로젝트 기획단계부터 반영이 되어야 할 종합적으로 중요한 고려요소⁶⁾(대한주택토지공사, 2011)이며, 건설전체과정을 통하여 사업의 목표를 달성하기 위하여 최적화하는 것을 의미한다. 시공성은 건축물의 모든 단계에 걸쳐 종합적으로 다루어야 할 사항이지만, 설계단계에서 시공성을 고려하지 않으면 시공단계에서 나타나는 효과는 극히 낮아질 수밖에 없어 설계단계에서 검토가 중요하다. 설계단계에서 시공성을 검토하기 위해서는 ① 효율적인 시공이 가능하도록 단순화 설계(Simplified Designs), ② 설계요소의 표준화를 통한 반복시공으로 효율성 향상, ③ MC설계와 부품의 사전조립의 검토를 통한 공장제작, 운반 및 설치, 조립의 용이함, ④ 인력과 장비 및 자재의 접근성이 용이하도록 설계해야 하며 ⑤ 시공 효율성을 고려한 시방서를 작성(CII 전제서 2006)한다.⁷⁾

Figure 1. National Construction Time

Figure 2. Comparison of National Construction Costs

<Figure 1, 2>는 국내 건축의 공사기간, 비용, 노동생산성의 수준을 나타내는 그래프로서 건축공사기간과 공사비가 비교 대상국보다 높은 것으로 국내 건설시장의 시공성이 선진국에 비해 매우 낮은 수준⁸⁾(건설연, 2003; 건교부, 2003; 주공, 2008)임을 나타내고 있다. 원인은 여러 가지가 있겠지만 구조체 공사 시공성 확보의 미흡과 외장시스템의 시공성이 없는 국내 공동주택 건설현실이 하나의 원인이 되고 있다. 골조공사 부분과 외장시스템의 시공성을 확보하는 것이 중요한 과제의 하나가 되는 것을 의미하며, 시공성의 확보가 비용절감을 위한 방안이 될 수 있다는 것을 내포하고 있다.

III. 장수명 주택의 수정모델 제안

1. 모델 검토를 위한 시스템 비교 요소의 설정

장수명 주택의 모델을 검토하기 위해서는 기존주택 시

스템과 장수명 주택 시스템의 차이를 설명할 수 있는 비교 대상 요소가 필요하다. 그 방법으로 비교대상 요소를 추출하고 장수명화와 시공성 및 기타 관점으로 구분·정리하여 기존시스템과 장수명 시스템, 장수명 수정모델 시스템 각각의 해당 여부를 표시하고 차이를 기술하는 방법을 취하였다.

장수명 공동주택 요소는 장수명의 주요 핵심연구에서 그 요소를 추출(건기연, 2003-2007; 건교평, 2005-2010)하였다.⁹⁾ 장수명 주택은 Support/Skeleton과 Infill의 레벨구분을 기본적인 전제로 하여 이루어지며, 물리적인 수명을 결정하는 구조체 등의 내구성과 사회적·기능적 수명을 결정하는 가변성과 리모델링 용이성·유지관리 용이성의 4가지 요건을 갖추어야 한다. 내구성은 장수명 주택의 구조체에서 갖추어야 할 기본 요소이다. 가변성은 공간의 다양화와 변화를 수용해야 하므로 구조방식이 우선적으로 벽식 구조방식을 탈피한 기둥식 구조방식으로 전환하는 것이 기본 요건이 된다. 그 다음에 공간구성의 다양성을 수용하는 실의 가변성 확보와 이를 지원할 수 있는 Infill의 요소로서 가동성이 있는 경량벽체와 바닥재·천장재 등의 부품화 및 건식화이며, 전기배선과 물을 사용하는 공간(부엌, 화장실 등)과 급·배수설비 등의 가변성 확보이다. 리모델링 대응성은 기본적으로 접합방식에서 SI 분리 구법 및 원칙이 적용되어야 하며, 전용배관과 배선이 구조체 등의 속에 매설되지 않아야 하고, 전용 급·배수·오수설비의 상하배관이 기본이 되어야 한다. 유지관리 용이성은 공용설비를 공용부분이나 발코니 등에 배치하고, 점검이 용이한 설비 점검구를 설치하며, 2중바닥, 2중천장, 2중벽체 등으로 하여 노출배관 및 배선하거나 2중배관 등을 사용하면 유지관리가 쉽게 이루어질 수 있다. 설계단계에서 고려하는 시공성 요소는 단순화 설계를 위한 단순화한 구조평면과 평면구성, 설계요소의 표준화를 통한 반복시공을 통한 효율성 향상을 고려하는 수단으로써 시스템 거푸집 사용, 부품화(일반부품, 외벽, 계단실 등)를 통한 공장제작, 운반 및 설치, 조립이 용이하도록 하기 위하여 MC설계와 외벽 및 계단실 등의 PC(Precast Concrete)를 활용한다. 인력과 장비 및 자재의 접근성과 시공 효율성을 고려한 시방서는 모든 시스템에서 공통적인 것이라 판단하여 별도로 고려하지 않았다. 시공성이 향상되면 콘크리트 공사에서 공기단축이 필요하고 공기단축에 영향을 미치는 구조체의 콘크리트 강도 발현에 소요되는 시간을 단축하는 것이 Critical Path로서 중요하기 때문에 조강콘크리트를 사용할 필요성이 있어 요소에 포함하였다.

6) 한국토지주택공사(2011). 미국건설사의 BIM+HPD+Lean 적용사례 특강.

7) Construction Industry Institute(2006). 전제서, 설계 및 조달단계, p. 69와 <http://blog.daum.net/kmc5163/6> 참조

8) 권오현(2003.12). 주택생산체계 효율화 방안. 과천: 한국건설산업연구원, 권오경·조병인 외 9인(2003.12). 국내건설사업의 공사기간·공사비·생산성 분야 국제경쟁력 연구. 과천:건설교통부, 대한주택공사(2008). Leading Up Program 건설사업관리 용역 기획연구단계 보고서. 분당: 대한주택공사, pp. 10-11 재인용.

9) 한국건설기술연구원(2003-2007). 장수명 주택 설계시스템 개발과 건설교통부(2005-2010). 내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술개발 연구보고서를 기반으로 하여 작성하였다.

2. 기존 공동주택 시스템의 특징 및 한계점

기존 공동주택 시스템의 특징은 내력벽식 구조로, 내력벽이 복잡하게 배치되어 있는 평면(3호 혹은 4호 조합을 기본으로 하는 타워형의 평면이 더 복잡함)을 취하고 있으며, 외벽도 철근콘크리트벽으로 구성되어 있어 층마다 복잡한 평면에 맞추어 유로폼이나 갱폼 등의 거푸집의 설치와 해체의 반복이 이루어져야 하기 때문에 시공 효율성이 떨어지는 한계점이 있다. 안목치수 체계의 MC설계를 실시하고 있으나 내장·외장의 부품화가 미흡하여 MC설계의 효율성은 한계가 있다. 벽식구조는 주동 지하층을 사용하지 않고 있어 공간낭비와 비용증가를 초래하고, 필로티를 설치하는 경우 구조전환층(Structural Transfer Floor)을 배치해야하는 한계로 시공성 저하의 원인이 된다.

외벽에 설치되는 전단벽이나 실(방)단위의 내력벽 설치 시공성 뿐만 아니라 가변성이 극히 낮은 한계점을 보이고 있다. 배관과 배선을 구조체 혹은 경량콘크리트에 습식·매설한 시공으로 구조체와 내장·설비 등의 분리접합구법이 적용되지 않아 리모델링 대응성도 극히 낮고, 리모델링 시 대량의 쓰레기가 배출되는 한계가 있다. 극히 일부분에 급수용 2중배관이 사용되는 경우는 있으나, 공용설비배관이 전용부분에 위치하며 점검구가 없고, 화장실 오배수배관이 아래층 세대 반자 속에 배관(상하배관)되어 있다는 점 등 유지관리가 어려운 한계도 있다. 종합적으로 기능적·사회적 측면의 수명을 좌우하는 가변성·리모델링 및 유지관리 대응성이 극히 낮아 성능저하로 인한 조기 재건축 요구의 원인이 되기도 한다.

3. 장수명 공동주택 시스템의 특징 및 한계점

장수명 공동주택은 기동식 구조방식에 SI의 구분과 분리 개념 적용, MC설계와 건식화·부품화를 적용하여 내구성·가변성·리모델링·유지관리 용이성을 갖추어 장기 시대에 변화와 기능변화 및 성능저하에 대응할 수 있도록 하는 개념은 앞에서 논의한 바와 같다. 준공후의 사용변화에 초점이 맞추어져 사용기간 동안 가변성·리모델링·유지관리 대응에 용이한 시스템과 기술 및 기법 중심이며, 시공성에 대한 사항은 없고 지하층의 주차장 활용은 명확하게 언급하고 있지 않다. 다만 일반론에서 기동방식의 적용과 상부 세대의 기동배치가 주동 하부의 주차장의 주차모듈과 연관성을 가져야한다는 정도의 개념이다.

4. 장수명 주택의 수정 모델 시스템 검토

장수명 공동주택 시스템이 개발되었으나 보급이 미흡한 것이 문제점으로 남아있다. 보급 저해요인은 초기비용 상승, 시공의 난이도, 새로운 설계 방법의 수고로움, 부품화 및 건식화 한계, 제도미비 등¹⁰⁾(한국라파즈식고 2010; Lee, 2008; 건교부, 2010)이 거론되고 있다. 이 가운데 초기비용 상승에 대한 우려가 보급의 주요한 요인임을 감안할 때 해결방안으로 시공성 개념을 도입하여 장수명 공동주택 시스템을 수정할 필요성이 있다. 수정모델 시스템에서

는 장수명 요소는 동일하나 시공성의 요소로 MC설계와 부품화를 통하여 기능과 공간성능을 만족시키되 평면구성과 구조평면을 단순화하고, 철근콘크리트 시공 시 핵심이 되는 거푸집 작업에 시스템 거푸집을 활용하여 단순·반복 시공하면서 조강콘크리트를 사용하여 공기도 단축시키는 방향을 추구하는 것이다. 더하여 계단실 등의 공정이 복잡한 부분과 시스템 거푸집 활용의 장점을 살릴 수 있도록 외장은 공장에서 생산한 PC부품을 사용하여 구조체의 공기단축과 더불어 순차적으로 외장과 부품화된 내장을 시공하여 구조체·공용설비와 Infill 등을 구분하여 분리 시공하는 이미지를 갖는다.

요약하면 수정 장수명 주택 시스템 모델이란 장수명 주택에 적용되는 요소기술은 그대로 사용하면서 시공성 향상 요소를 적용하여 성능을 유지하면서 공기단축과 건설비 절감을 위한 다양한 요소를 종합적으로 적용한 공동주택으로 정의한다.

Figure 3. Concept of the Long-life New Model

5. 분석의 종합

기존 공동주택 시스템, 장수명 공동주택 시스템, 수정 장수명 공동주택 수정 모델 시스템의 구성요소와 이미지를 종합하여 비교한 것이 <Figure 4>와 <Table 1>이다.

<Figure 4>와 <Table 1>에서 보듯이 장수명 공동주택 시스템은 기존 공동주택 시스템에 비하여 획기적인 시스템 전환이 필요하여, 기존 시스템에 익숙한 주택시장에서 장수명 주택이라는 새로운 시스템 보급에 장애요인으로 작용한다. 장수명 주택 시스템은 건설 후 사용단계에 초점이 맞추어진 기술과 성능을 적용하고 있어 시공성이라는 측면이 명확화·구체화 되어 있지 않고, 보급 활성화를 검토함에 있어서 국내 건설현장의 시공성에 대한 구체적인 검토가 없었기 때문에 나타나는 결과라 판단한다. 장수명 공동주택의 수정 모델 시스템은 장수명 공동주택과 비교할 때 결과적으로 나타나는 구성상의 차이점은 PC 외장이나 계단실 외에는 뚜렷하지 않다. 이것은 요소구성

10) 한국라파즈식고보도(2010). 공동주택의 구조 Trend 조사. 서울, (20개 건설사 기술연구소 및 건축기술팀의 조사결과 구조방식 변화는 95%가 비용상승 우려, 응답자의 86%가 10-15% 비용 상승할 것으로 예측) 및 Lee, M. (2008). Construction Technology Introduction of the Multi-USED Tall Residential Buildings with Flat Plate System. Journal of the Korea Concrete Institute, 20, pp. 43-49, 건설교통부(2010). 내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술 개발 연구보고서. pp. 304-305 등 참조

상의 문제가 아니라 건축 과정과 행위 즉 시공성을 위한 Process의 차이점에 기인하기 때문이다.

종합하면 장수명 주택 수정 모델 시스템은 기존 장수명 모델에 시공성을 강화하여 장수명 특성과 성능은 유지하면서 시공 및 사용기간에 발생하는 건축과정과 행위의 합리화를 추구하여 초기비용을 절감하기 위한 것으로 장수명 공동주택 시스템을 개선했다는 의의를 갖는다.

IV. 수정모델 시스템의 비용절감 분석

1. 비교대상 선정 및 진행 방법

장수명 주택 수정모델(이하 수정모델) 시스템의 비용절감 가능성을 분석하기 위해서는 비교 대상과 방법에 대한 논의가 필요하다. 현재 장수명 주택이 일반화되어 있지 않기 때문에 비용 절감 분석을 위한 비교는 기존 공동주택 가운데 전형적인 표준이 될 수 있는 표준모델(Reference Building)로서 기존 공동주택 모델(이하 기존 모델)과 장수명화와 시공성을 고려한 수정모델을 동일조건으로 비교분석함으로써 수정모델의 비용절감 가능성을

검증하고자 하는 것이다.

연구대상은 실제로 건설되는 단지를 대상으로 공동주택 단위평면의 전용면적 59, 84 m²를 선택하였으며, 주동형태는 탑상형(203동)과 관상형(212동)을 1동씩 선택하였다. 이와 같은 면적과 주동형태를 선정한 이유는 표준모델로서 최근 가족구성원수의 감소에 대응하고, 가장 많이 건설하는 사례로서 보편성을 가지고 있다고 판단하였기 때문이다. 아울러 59 m²는 서민주택의 전형으로, 84 m²는 국민주택의 전형으로 표준적인 모델의 의미가 있고, 주동형태도 가장 일반적인 관상형과 최근에 일반화된 탑상형이라는 의미와 1층의 세대수가 4호 조합 탑상형과 4호 이상의 조합된 관상형이 중소형의 일반적인 주동의 형태라는 점에서 가장 보편적인 구성으로 판단하였기 때문이다. 다시 말하면 선정한 대상단지는 전용면적, 주동타입, 구조시스템 측면에서 가장 전형적인 국내 공동주택의 대표성을 가지고 있는 것으로써, 1-2층은 필로티로 기동식구조이고 상부는 벽식구조이다. 필로티와 상부구조 사이에는 구조방식을 전환하는 구조전환층을 가지고 있으며 지하층은 지상1층 구조가 그대로 반복되어 설비층으로 사용하고 있

Table 1. The Comparison of Element Technologies in The Existing Apartment, Long-life Apartment, Long-life Modification Apartment

Main element technology			① Existing housing system	② Long-life housing system	③ Long-life modification housing system	Note
Long-life elements	Basic	SI division (Support & Infill)	×	○	○	
	Durability	Structure durability	△	○	○	
	Flexibility	Column type structure	×	○	○	(Bearing wall) Structure conversion floor
		Room	×	○	○	
		Movable wall	×	○	○	
		Electric wiring	×	○	○	
	Remodeling responsiveness	Wet zone facility	×	△	○	Unit bath room
		SI separation method	×	○	○	
		On slab placement of private equipments	×	○	○	Inclusion of flexibility
		Prohibition of plumbing laying	×	○	○	
	Maintenance	Public and balcony placement of public equipments	×	○	○	
		Equipments access shaft	×	○	○	
		Double floor, plumbing	×	○	○	Double ceiling, Double wall
Constructability elements	Simple design	Simple structure plan (Single Frame)	×	×	○	Not yet decided (Undefined)
		Simple plan composition (Simple plan)	×	×	○	
	MC, Components	Modulation coordination design	○	○	○	
		Component	×	○	○	
		Precast Concrete System (Exterior wall, stair hall)	×	×	○	
	Repeat construction	System form (Large size form)	×	×	○	
	Time	Early strength concrete	×	×	○	
		Construction time reduction	×	×	○	

○: application △: partial application ×: not application -: Undefined

Figure 4. The System Comparisons

는 전형적인 구성이라는 특징을 가지고 있다.

비교분석을 위한 진행방법은 표준이 되는 기존모델을 선정하여 수정모델로 전환하고 두 모델을 비교 분석하여 비용절감 가능성을 파악하는 것이다.

구체적으로 1) 기존 모델 가운데서 분석대상 주동을 선정하고, 2) 건축·구조·공기관점에서 분석, 장수명과 시공성 측면의 문제점 도출, 3) 건축구조측면에서 검토를 통하여 기존모델과 동일한 평면을 유지하는 조건으로 구조검토를 실시한 결과를 바탕으로 수정모델로 시스템전환(비용절감형 시스템 요소기술 적용), 4) 시공성을 고려한 평면도출, 5) BIM 모델링을 통한 시공성 검토 6) 공기단축형 공정 운영안 적용 및 공기단축 효과 검증, 7) 구조체 물량 비교의 각각의 프로세스를 거쳤다. 특히 물량산출과 비주얼 모델을 위해 BIM을 활용하였다.

2. 기존 공동주택 모델 선정 및 특성분석

기존모델은 <Table 2>와 같이 단위세대 전용면적이 59 m²와 84 m²이며, 철근콘크리트 벽식구조로 계획공기는 22.5개월이다.

선정된 기존모델은 3층 이상이 벽식구조이나 1-2층 일부분의 필로티로 인하여 기둥으로 변화하고 이 부분의 2층과 3층 사이에 구조전환층이 설치되어 되어 있으며, 지하층까지 연장되어 있다.

Table 2. Selection of a Standard Model in Existing Apartments

The Design Outline		203 Block	212 Block
Scale	Basement 2 stories, 25 stories	Story: 25F	Story: 18F
Structure	Reinforced concrete and bearing wall structure		
Block	12 Blocks, - Flat type 6 blocks, - Tower type 6 blocks	Unit: 59B+59C	Unit: 84A+84C
Unit	Total 1,082 units (Floor space 59,74,84)	Block: Tower type	Block: Flat type
Construction time	Building construction 2011.1.16 - 2012.11.30		

벽식구조 시스템을 가진 기존 공동주택 모델의 문제점은 다음과 같이 지적할 수 있다.

1) 지하층이 주로 설비 Pit층으로 지하공간을 활용하지 못하고 빈 공간으로 방치하고 있다.

2) 구조방식 측면에서는 공간 사용의 비효율성뿐만 아니라 공사기간도 보 층이 1,800 mm 이상인 구조전환보로 인하여 콘크리트 양생시간이 그만큼 더 늘어나므로 구조전환층은 30일 가량 공기가 소요되어 전체적으로 공기가 증가되는 문제가 발생한다.

3) 시공측면에서는 지하 1층-지상 3층의 구조변화로 인해 시공 시 거푸집 공사의 비효율성과 가설재 재활용의 어려움이 있으며, 복합시스템(기둥+보+벽식구조)을 적용한 벽식구조와 지하 1층-3층에 이르는 구조변화로 시공성의 한계가 있다. 시공성 미비로 인한 공기지연은 공사비 증가요인으로 작용하고, 가설재 재활용율의 저하는 폐자재 발생의 원인이 된다.

4) 외벽마감측면에서 벽식구조는 주동 외장(외벽)을구조체로 인식한 설계이므로 구조체가 그대로 마감재역할을 하고 있어, 구조체와 분리된 자유로운 입면디자인 적용과 다양한 디자인에 제약을 준다.

5) 내부마감측면은 습식공사, 비표준화 공사로 시공오차의 발생이 크고 마감품질 확보에 한계가 발생할 수 있다.

3. 시공성을 고려한 수정모델 전환 및 BIM 모델링

기존모델의 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안한 수정모델의 비용절감 가능성 검토를 위해 기존모델과 동일한 조건으로 <Table 1>에 제시된 요소기술인 장수명 요소와 시공성 요소 및 기타사항을 적용하여 장수명 수정모델 시스템으로 변경하였다.

수정모델을 제시하기 위하여 BIM을 활용하여 개선안(평면 및 주동)을 도출하였다. 즉 선정한 기존모델의 단위세대 및 주동구조와 동일한 규모와 형태를 기둥식 구조+Flat slab로 변경하였으며, 외장은 APC(Architectural Precast Concrete)시스템을 사용하는 것으로 가정하였다.

기존모델 203동(59 m^2 형, 탑상형), 212동(84 m^2 , 판상형)의 수정모델 기준층은 <Table 4> 하단의 이미지와 같으며 지하층까지 동일한 기둥식 구조방식이므로 구조전환층이 없고 지하층 공간의 주차장 활용이 가능하다. 수정모델 주동 평면안은 구조해석을 통하여 안전성이 확보된 기둥크기와 벽량을 적용하였다. 수정모델은 기존모델<Figure 5, Table 3>에 비해 확연히 단순화된 평면 형태를 보이고 있어 시공성 확보는 물론, 가변성과 리모델링 대응 및 다양한 외관이 가능한 평면상 특성을 보인다. 기존모델의 가변성·리모델링·시공성 등의 지적되었던 문제점은 수정모델 시스템으로 변경함으로써 개선할 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

Figure 5. Typical Floor Plan and Isometric of the Existing Housing Model (212 Block)

Table 3. The Structural Changes in Floor of Existing Model (203 Block)

The structure plan and isometric of first basement level	The structure plan and isometric of the first floor
The structure plan and isometric of the second floor	The structure plan and isometric of the third floor

4. 공기단축에 대한 공정 시뮬레이션

장수명 주택 모델과 차별화하기 위해서는 장수명 수정모델의 비용절감 가능성이 검증되어야 한다. 공기단축에 의한 비용절감과 물량(사용재료 등)절감에 의한 비용절감을 고려하며, 우선 공기단축 부분을 다룬다.

비용절감방안으로 효과적인 공기단축은 직접비 및 간접비의 절감을 가능하게 할 수 있다. 이를 위하여 시공성을 고려한 단위세대 전용면적 84 m^2 와 59 m^2 의 구조평면을

Table 4. The Modification Modeling of the 203 and 212 Blocks

Block of existing apartment (Existing scheme) - Bearing wall structure	Block of technological innovation model (Improvement scheme) - Column structure
Modification Model	
203 Block Tower type	
Floor space 59 m^2	
212 Block Flat type	
Floor space 84 m^2	

제시하고, 평면의 분석을 통하여 공기단축을 위한 사이클 운영으로 공사 수행 시 공기단축이 가능한지에 대하여 분석하였다.

본 연구에서 대상으로 선정한 실제사례는 공정표 검토 결과 층당 12일(8일 Working day+4일 Idle Time)¹¹⁾ Cycle이 적용된 것으로 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 대한주택공사에서 연구한 선행연구 ‘Leading Up Program’ 보고서(2008)에서 제안하였고 해외에서 이미 적용되고 있는 층당 6일(4일 Working day+2일 Idle Time)¹²⁾ Cycle을 적용하였다.

6일 사이클을 달성하기 위해 수반되어야 할 필수적인 사항으로 복합화된 구조시스템이 아닌 단순한 구조시스템과 단순한 평면, 대형시스템 품의 적용과 조강콘크리트 사용, 외벽 PC, 계단실 PC 등과 더불어 내장도 건식화·부품화 등 시공성을 고려한 요소가 포함되어야 하기 때문에 시공성 요소를 적용하는 것으로 가정하였다. 이는

11) 기존 공동주택의 일반적인 구조체 공사 층당 사이클은 12일 (Working day)이며 최근은 공기단축 연구를 통해 9일 (Working day) 사이클로 30% 단축된 경우도 있으나, 전체적으로 보편화된 사이클은 아니며 시범사업을 통해 적용 중인 실정이다.

12) Sohn, Y. et al. (2006). Aluma Systems co. Ltd.: Site of 4-Day Cycle in Canada. Journal of the Korea Concrete Institute, 18(2), 78-81, 4일 사이클을 채택한 것은 단순히 공기를 단축하기 위한 의미가 아니라 국외의 사례나 이론적인 선행연구에서 가능하다는 실증을 바탕으로 하고 있으며, 이를 위한 조건이 본 연구에서 제안하고 있는 시공성 요소의 적용이다.

Division	D-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Current	12day Per floor	S/W Con' c pour	Curing Period			Lining, Gang Form	Wall Rebar	Wall Form Assembly	Slab Form Assembly	Slab Rebar	Electricity, Machine Equipment, Cleaning, Inspection	SW Con' c pour	
New Model	4day Per floor	Slab Con' c pour	Vertical Working (C.w)	C.W Form Discom- position	Slab. Rebar	Slab Con' c Pour							
		Exterior PC Working	Form, Rebar, Con' c Working	Table Form Salvage, Installation	Electricity, Machine Equipment Cleaning, Inspection	Exterior PC Working							
			S. Curing	S. Rebar, W. Rebar									
	6day Per floor	Con' c Pour	Curing, Lining	Gang Form Curing, W Rebar	W Form Assembly	S Form Assembly	S Rebar, Electricity, Machine Equipment Cleaning, Inspection	Electricity, Machine Equipment, Cleaning, Inspection, Con' c Pour					

Figure 6. Comparisons of Working Time per Floor of Current and The Modification Model

기존 공동주택 시스템으로 층당 6일 사이클(Cycle) 달성은 불가능하기 때문이다.

<Figure 6>과 같이 4 Working day cycle은 수직부재(Column, Wall 등) 작업 1일, 수평부재(Slab & Beam), Form 작업 1일, 철근작업 1일로 구조공사는 3일이 되며 외장 PC 시스템은 1일로 구성한다. 수정 모델은 층당 6일 Cycle(2일 Idle Time포함)을 적용한 공정 시뮬레이션을 수행한 결과, 기존 공사기간에 비해 약 29% 정도 단축(336일→165일)이 가능하였으며, 지하1층 지상 25층의 구조체 공사의 공사기간의 단축되는 변화는 <Table 5>에 상세히 다루었다.

Table 5. Changes of Structure Construction Time in Modification Model

Division	Calculations of structure construction time
Structure construction time of existing apartment	(30 day×3 Stories)+(12 day/F×23 Stories) = 366 day
Structure construction time of modification model	15 day (Basement 1 Story)+ (6 day/F×25 Stories)= 165 day
Reduction of structure construction time in modification model	201 Day reduction (29.4% Reduction compared to architecture time)

이는 대한주택공사(2008) 선행연구¹³⁾에서 기존 16일(12일 Working day+4일 Idle Time) 대비 층당 9일(6일 Working day+3일 Idle Time) 적용 시 약 30% 구조체공기단축이 가능하다는 결과와도 유사하다. 공기단축으로 인해 직접비 및 현장 간접비가 절감될 수 있기 때문에 공기를 좌우하는 구조체 공사에서 공기단축과 이에 따른 비용절감은 반드시 수행되어야 함을 알 수 있다.

그렇기 위해서는 단순화된 구조 평면설계와 단축된 층당 사이클을 적용할 수 있어야 하며, 6일 Cycle(Idle Time 2일 포함)이 구현되도록 조강콘크리트, 대형시스템 폼 사용 역시 필수적 요소이다. 여기에서 중요한 것은 골조공기는 단축되었지만 기존 시스템처럼 외벽에 습식콘크리트

가 적용된다면 외벽이 Critical path가 되므로 외벽시스템이 주공정이 되지 않도록 건식시스템인 PC로 구조체 공기단축을 뒷받침하여야 하고, 내장도 건식화·부품화되어야 <Table 7>에 제시된 공기단축이 가능하다는 결론을 얻는다. 물론 조강콘크리트와 외장PC 시스템 적용에 대한 부정적 견해도 있으나 PC 제조업체와 조강콘크리트 연구 및 실무자들의 자문을 수행한 결과 과거에 비해 많은 기술발전이 이루어졌으며, 현재 적용에 큰 문제가 없음을 확인하였다.

따라서 층당 6일 Cycle(2일 Idle Time 포함)과 외장의 PC 시스템의 적용에 의해 건축공기가 약 29% 단축될 수 있는 가능성을 확인하였다.

5. BIM을 활용한 물량산출 및 비교

기존 벽식 구조방식을 기둥식 구조방식으로 전환할 경우 당연히 구조체 물량이 줄어든다. 그러나 줄어든콘크리트 벽을 대신할 경량벽체의 물량은 증가할 수밖에 없다. 또한 구조체에서 공기를 단축함으로써 직접비 및 간접비가 줄어드는 것은 분명하지만 늘어나는 경량벽체의 량과 비용이 절감된 구조체 물량과 같거나절감량을 상회한다면 장수명 요소인 기둥식 구조방식으로 전환하는 것은 마감 공사 비용 상승으로 인해 여전히 보급 확대는 문제점을 가지게 된다. 따라서 본 연구에서는 기존모델과 수정모델의 구조체물량과 벽체물량을 함께 검토하여 줄어든 구조체 물량과 늘어난 벽체물량의 변화를 검토하였다. 그 결과 <Table 6>과 같이 구조변경에 따른 구조체물량인 콘크리트, 거푸집 및 철근 물량은 각각 11.3, 27.99, 32.82% 감소되었다. 기존 벽식구조와 달리 수정모델의 내·외부 벽체 물량변화에서 나타나는 가장 큰 차이는 외장이 철근콘크리트 마감에서 PC로 전환되는 것과 내부가 철근콘크리트 마감에서 경량벽체로 전환되는 부분이다.

<Table 6>의 구조체 물량은 외벽을 고려하지 않은 물량이며, 기존모델과 수정모델의 외벽물량은 거의 동일할 것으로 예상하였다.

외벽으로 제한한 APC 적용으로 분석한 결과 기존 벽식구조 대비 PC 9.87% 증가(추가), 내부벽체 물량은 경

13) 한국토지주택공사(2008). Leading-up Program 기획연구단계 결과보고서. p. 195.

Table 6. Changes of Structure Quantity Volumes in the Existing Plan and Modification Plan (203+212blocks)

Structure	Concrete (m ³)		Form (m ²)		Rebar (Ton)	
	Existing	New	Existing	New	Existing	New
Total quantity	14,743.35 m ³	12,087.68 m ³	100,853.14 m ²	72,624.27 m ²	1,578.88 ton	1,060.65 ton
Total floor area	18,108.65 m ³ /m ²	18,108.65 m ³ /m ²	18,108.65 m ³ /m ²	18,108.65 m ³ /m ²	18,108.65 m ³ /m ²	18,108.65 m ³ /m ²
per 3.3 m ²	0.81	0.72	5.57	4.01	0.09	0.06
Out come	- 1,655.67 m ³		- 28,228.87 m ²		- 518.23ton	
Reduction percentage	- 11.23%		- 27.99%		- 32.82%	

Table 7. Interior Wall Quantity: Existing Concrete Wall→Quantity Converted into Lightweight Wall (203+212 building)

Building	Length (m)	Story	Story height (m)	Both sides area (m ²)	Quantity (m ³)
203	47.01	1	2.62	246.31	12.32
	47.35	2	2.62	248.09	12.40
	55.33	3-25	2.62	6,668.37	333.42
Subtotal	Total length: 1,366.94 m		Total form: 7,162.766 m ²		358.14 m ³
212	103.65	1	2.62	543.10	27.15
	102.86	2	2.62	538.96	26.95
	115.18	3-13	2.62	6,638.98	331.95
	78.20	14	2.62	409.75	20.49
	41.02	15-18	2.62	859.76	42.99
Subtotal	Total length: 1,715.753 m		Total form: 8,990.546 m ²		449.53 m ²
Total	3,082.693 m		16,153.312 m ²		807.67 m ³ (+ 5.48%)

Table 8. Exterior Wall Quantity: Existing Concrete Wall→Quantity Converted into Precast Concrete

Non bearing wall	APC	
	Existing	New
Total quantity	-	+1,454.58 m ³
Percentage		+9.87%

량벽체량이 5.48% 증가하였다. 이때 물량변화에 따른 비용변화를 도출하기 위한 세부 물량은 203동, 212동 합계로 <Table 8>과 같이 외부 PC의 물량은 1,454.58 m³로, <Table 7>과 같이 내부경량벽체 807.67 m³로 산출되었다.

이 물량들을 근거로 비용 저감 가능성을 확인한 결과 <Table 10>에 따르면 내부벽체 물량은 기존 모델처럼 콘크리트 벽체로 공사할 경우 58,310원/m²가 소요되며, 반대로 수정 모델에서 제시한 경량벽체로 할 경우 <Table 9>와 같이 최근 가장 많이 사용되는 경량벽체의 종류를 상기 3가지의 어떤 경우를 적용하더라도 벽체두께 100 mm 기준 시 58,310원/m² 이하인 것을 알 수 있었다.

보다 상세한 장수명 주택 수정모델의 물량에 따른 비용측면을 검토를 위해 <Table 11>과 같이 골조 저감율과 비내력벽인 APC와 경량벽체 증가비율을 통한 공사비 가감을 확인해 보았다.

구조체 비용 절감률 분석 시 천안 C아파트 사례를 통해 조사된 전체공사대비 구조체공사비 25% 비율을적용하

였으며 구조체공사비에서 차지하는 콘크리트, 거푸집, 철근공사 비율인 29.21, 40.01, 30.78%를 적용하였고, 기동식 구조형식으로 전환에 따른 물량 절감률

<Table 6>을 반영하여 최종적으로 구조체 절감률 6.15%가 도출되었다. 비내력벽 증가율 분석은 외부 PC의 경우 아직 국내사례가 없어 비용증감에 따른 근거자료가 없기 때문에 국내 PC제조사의 협조를 얻은 결과 기존 RC대비 약 10% 정도 가격이 상승 될 수 있을 것이라는 자문을 바탕으로 비용증가를 반영하고 경량벽체는 비용절감률을 적용한 결과 비내력벽체 전체는 0.06% 비용절감이 되는 것으로 나타났다. 따라서 무량판 기동식 구조형식 전환에 따른 전체 비용 절감효과는 6.21%로 나타났다. 이는 외부 PC 물량과 비용증가 비율까지 고려함에도 불구하고 약 6%의 절감이 가능한 것으로 분석되었다.

즉, 기동식 구조방식 전환으로 인해 구조체 물량이 확실히 줄어들며, 기존의 콘크리트로 공사되던 내부벽체를 경량벽체로 공사하고, 외부PC의 비용상승을 고려하더라도 전체적인 비용상승이 없다는 것을 확인하였다. 따라서 기동식 구조와 외장전환을 전제로 한 장수명 수정모델은 기존 벽식구조 시스템과 비교할 때 경제성을 가지고 있음을 알 수 있었다.

V. 결 론

장수명 주택모델은 기존모델에 비하여 가변성·리모델링 및 유지관리 측면의 성능향상이 이루어짐으로써 초기 건축비가 상승하게 되어 보급 확대에 한계점이 노출되었다. 이를 해결하기 위한 방안으로 수정모델을 제시하였고, 수정모델은 기존모델과 구조체 및 외장전환을 중심으로 공기와 물량측면에서 비교하여 비용절감 가능성을 확인하였다. 이에 대한 내용을 종합하면 다음과 같다.

1. 장수명 수정모델의 비용절감 가능성

1) 장수명 수정모델

기존의 장수명 모델은 사용 시의 성능 중심으로 이루어져 시공성의 고려가 없었기 때문에 초기 건축비가 상승하는 한계가 있다는 점에 착안하여 시공성 요소와 장수명 요소를 종합한 수정모델을 제시하였다. 수정모델의 시공성 요소는 단순설계, 반복시공, MC설계 및 부품화, 공기의 4가지 하위요소-구체적으로는 8가지-를 제시하였다.

Table 9. Current Construction Cost of the Existing non-bearing Wall

Lightweight wall cost (100 mm thickness)	
The extrusion lightweight concrete panel	About 45,086 won/m ²
The polystyrene form lightweight concrete composite panel	About 41,000 won/m ²
Autoclaved light weight concrete panel	About 20,000 won/m ²

Table 10. The Cost of the Existing RC Non-bearing Wall

Construction Cost of RC interior wall (concrete structure): 470,862,845 won	
Concrete cost	807.67 m ³ ×60,000 won/m ³ =8,460,200 won
Form cost	16,153.3 m ² ×20,000 won=323,066,000 won
Steel bar cost	8,076.15 m ² ×12.3 kg/m ² ×1,000 won/kg = 8,133,664.5 won
Unit cost of RC interior wall per m ² : 58,310 won/m ² (470,862,845 won/8,076.15 m ²)	

Table 11. Construction Cost Changes through Changes of Interior and Exterior Wall Quantity in New Model

Division	Structure construction cost rate	Structure construction component rate	Reduction and rise rate of volume	Result
Concrete	25×29.21%×▽11.23%			→▽0.82 %
Form	25×40.01%×▽27.99%			→▽2.80%
Rebar	25×30.78%×▽32.82%			→▽2.53%
Sum of the structure reduction Rate				-6.15%
Division	Structure construction cost rate	Change rates of volume	Cost change rates	
APC	25×9.87%×△10%			→△0.25 %
lightweight wall	25×5.48%×▽22.83%			→▽0.31 %
Sum of the non-bearing wall changing Rate				-0.06%
Total reduction rate in construction cost:				▽6.21%

2) 공기단축에 의한 비용절감

기존의 일반적인 공동주택의 층당 12일 Cycle(Idle Time 4일 포함)에서 층당 6일 Cycle(Idle Time 2일 포함) 적용으로 구조체 공기가 29% 절감된 것으로 나타났으며, 이로서 구조체 물량 절감 뿐 아니라 공기단축에 의한 직접비 및 금융비용과 같은 간접비 등이 절감될 수 있을 것으로 판단하였다.

3) 골조공사 물량 절감

벽식구조의 기존 공동주택 모델을 기둥식구조의 장수명 수정모델로 전환한 결과 구조체공사의 콘크리트, 거푸집 및 철근 물량이 11.3, 27.99, 32.82%가 각각 감소된 것으로 나타났다.

4) 내부벽체의 경량벽체 전환

내부벽체 총 물량인 807.67 m³를 기존 벽식구조에 적용되던 콘크리트 벽체와 기둥식 구조에 적용되는 경량벽체 3종을 적용하여 비용을 산출한 결과 경량벽체가 적용되었다고 증가되는 부분이 없었으며 콘크리트 벽체와 유사한 비용이 소요됨을 알 수 있었다.

위와 같은 검증결과는 기존의 벽식구조를 기둥식으로 전환 시 실제 비용이 증가할 것이라는 일반적인 통념을 깨는 결과이다. 오히려 구조체 공사의 공기단축을 통해 비용이 절감되어 시공사 입장에서 부담이 적어질 것으로 예상된다. 또한 비용 상승 요인으로 우려했던 외부 PC 적용과 내부벽체의 경량벽체 적용은 구조체 공사의 비용절감을 저감시키지 않는다는 결론까지 얻을 수 있었다.

향후 인필(Infill)인 경량벽체 다양화와 시장이 확대되면 좀 더 비용적으로 유리할 수 있을 것이라는 조심스러운 기대도 가능하다. 따라서 골조공사 부분의 공기단축 시공 기술과 장수명 주택의 수정모델을 통해 초기비용을 줄인 장수명 주택의 보급이 가능할 것으로 본다.

2. 연구의 한계 및 제언

본 연구는 기존모델 시스템으로 건설 중인 주택단지에서 2가지 타입-탑상형 59 m², 판상형 84 m² 면적 타입-의 사례만을 대상으로 분석한 것으로 구조체 공기 단축, 구조체 물량, 내부벽체 물량 분석 결과는 일반화하기 어려울 수 있다. 그러나 장수명 시스템의 기반이 되는 기둥식 구조는 비용이 증가할 것이라는 예상을 벗어난 결과를 보여준 것으로, 해외에서 일반적으로 이루어지는 시공법을 사용하고 공기 등에 영향을 미치는 요소들을 개선함으로써 비용절감이 가능함을 보여주는데 의미가 있다.

또한 건축공정 중 구조체 중심으로 외장 PC 전환을 통한 공기단축형 장수명 기술을 중심을 둔 것으로 내부마감 전환에 따른 비용증감은 개략적으로 검토하였다. 따라서 내부마감공사 부분에 대한 보다 세밀한 연구가 필요하다. 기존모델 대비 수정모델 적용 시 구조체와 마감공사에서 물량의 증감이 정량적으로 비교제시 된다면 보다 확실한 비용측면의 결론을 얻을 수 있을 것이다.

더불어 보다 구체적인 데이터로서 신뢰성을 가지기 위해서는 시범사업을 통한 실증연구가 필요하며, 이를 통하여 실용화와 보급 확대가 가능한 기반을 구축함으로써 국가적으로 양질의 주택재고를 확보하여 주택산업의 경쟁력을 향상시킬 수 있을 것이다.

REFERENCES

1. 김수암(2010). 브랜드 총서1. 녹색도시를 선도하는 기술전략. 일산: 한국건설기술연구원.
2. 권오경 · 조병인 외 9인 (2003.12). 국내건설사업의 공사기간 공사비생산성 분야 국제경쟁력 연구. 과천: 건설교통부, 한국건설교통기술평가원.
3. 대한주택공사 (2005). 공동주택 공사비 분석자료. 분당: 대한주택공사.
4. 대한주택공사 (2008). Leading-up Program 기획연구단계 결과보고서. 분당: 대한주택공사.
5. 한국건설기술연구원 (2003-2007). 장수명 주택 설계시스템 개발. 일산: 한국건설기술연구원.
6. 한국건설기술연구원. (2003-2007). 환경공생주택 기술개발. 일

- 산: 한국건설기술연구원.
7. 한국건설기술연구원 (2011.9). 보금자리주택의 원가절감 방안 연구. 과천: 국토해양부.
8. 건설교통부 (2004-2006). 자원절약형 **Free Plan** 공동주택 기술개발. 과천: 건설교통부.
9. 건설교통부 (2005-2010). 내구성 및 가변성을 가지는 장수명 공동주택 기술개발. 과천: 건설교통부.
10. 권오현 (2003.12). 주택생산체계 효율화 방안. 서울: 한국건설산업연구원.
11. 한국라파즈석고보드 (2010). 공동주택의 구조 **Trend** 조사. 서울: 한국라파즈 석고보드.
12. 한미파슨스 · 한국건설산업연구원 · 세종대 (2004). 국내 건설사업의 공사기간, 공사비, 생산성분야 국제경쟁력 비교 연구. 서울: 한미파슨스.
13. 한국토지주택공사 (2011). 미국 건설사의 **BIM+IPD +Lean** 적용사례 특강. 서울: 한국토지주택공사.
14. Choi, Y., Sohn, Y., Lee, Y., & Kim, J. (2008). A Study on Hindrance Factor and Improvement of Large-sized System Form Work in an Apartment Building Construction. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*, 24(2), 95-102.
15. Construction Industry Institute (2006). Constructability. USA: CII.
16. John, A., Ph.D Gembates, et al. (2007). Constructability Concepts and Practice. USA: ASCE (American Society of Civil Engineers).
17. Lee, M. et al. (2008). Construction Technology Introduction of the Multi-Used Tall Residential Buildings with Flat Plate System. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 20(2), 43-49.
18. Sohn, Y. et al. (2006). Aluma Systems co. Ltd.: Site of 4-Day Cycle in Canada. *Journal of the Korea Concrete Institute*, 18(2), 78-81.
19. The AIA (2007). *Integrated Project Delivery: A Guide. Version 1*. USA: AIA.
20. Shin, S., & Kim, S et al. (2011). A study possibility of cost saving of modifiaion model system through the analysis of the case of apartment house. *Proceeding of Autumn Annual Conference of KHA, 2011*, 91-97.
21. Shin, S., & Kim, S et al. (2011). A Suggestion of New Model Housing considering Long-life and Constructability of Apartment House. *Proceeding of Autumn Annual Conference of KHA, 2011*, 87-90.

접수일(2012. 10. 26)

게재확정일자(2012. 12. 11)