



장수명주택 실증단지 인필기술의 현장 작업 특성 분석

Analyzing On-site Work Characteristics of Infill Technologies in Long-life Housing Pilot Project

강유나* · 송상훈** · 박지영***

You-Na Gang* · Sanghoon Song** · Ji-Young Park***

* Researcher, Land & housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, South Korea (yu_na_@naver.com)

** Coauthor, Research Fellow, Land & housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, South Korea (ssong@lh.or.kr)

*** Corresponding author, Senior Researcher Fellow, Land & housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, South Korea (parkjy@lh.or.kr)

ABSTRACT

Purpose: The infill technologies is essential to ensure the adaptability and the repairability of Long Life Housing. The study aims to analyze the infill technologies used in the testbed of Long Life Housing by measuring the productivity of infill technologies and establishing related precautions during its construction. The result of the study can be used as basic references for future infill constructions, especially in regards to the construction plan and work efficiency improvement and cost estimation. **Method:** Gypsum board walls, ALC block, Lsight weight steel ceiling and Dry Ondol System applied in each class of Long Life Housing unit are selected as main infill technologies for the analysis. In order to measure the productivity of selected infill technologies, their figures will be compared to that of brick masonry, Wood ceiling, and Wet Ondol System. Data for productivity analysis of the infill technologies is collected through the work sampling method on the construction site. Prior to the data collection, work monitoring plans and procedures are established and the construction order, required time for each unit work, experience of workers, and work amount etc. are examined. Daily work reports, videos, and pictures for each work are used during the data analysis after the construction. **Result:** The resulting analysis of productivity of infill technologies and established precautions can be used for the future improvement of infill construction and the quality of Long Life Housing. In terms of productivity of infill technologies applied in the testbed of Long Life Housing, the modular dry construction method of infill technologies is at least 8.2% to up to three times more efficient than the existing construction method. In addition, in-depth work monitoring on the construction site enables the establishment of precautions per each infill technologies such as securing water-resistant materials, developing adhesive fixing materials, preventing plumbing damage, reconfirming inserts positions, planning skeletal ceiling structure taking account of the beams and securing slab floor level uniformity.

KEYWORD

장수명주택
인필기술
작업생산성

Long-life Housing
Infill Technologies
Work Productivity

ACCEPTANCE INFO

Received Feb. 18, 2020

Final revision received Mar. 18, 2020

Accepted Mar. 23, 2020

© 2020 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

정부는 2014년 12월부터 「장수명 주택 건설·인증기준」을 시행하고[1], 1,000세대 이상 공동주택을 공급하는 사업자들은 의무적으로 장수명주택 인증을 취득하도록 하였다. 그러나 장수명주택의 확산을 위한 정부의 이러한 노력과 다르게 공동주택 건설에 참여하고 있는 사업주체들의 관심도는 여전히 높지 않은 상황이다.

국내에서 장수명주택에 대한 연구는 90년대 이후부터 지속적으로 이루어져 개념 연구와 요소기술 개발을 통한 실험주택 건설까지 진행되었으나 그에 따른 성과가 장수명주택의 시장 확대에 연결되지 못한 바 있다. 그 원인으로는 우선 장수명주택 건설 사례가 거의 없어 참고할 수 있는 직접적인 베스트 프랙티스가 없다는 점, 장수명주택을 규정하는 기준과 제도의 부재, 공사비 변동에 대한 근거자료 부족 등을 들 수 있다[2]. 또한 공급자라고 할 수 있는 건설사는 공사

비 상승을 우려하여 의무 인증대상인 경우에도 벽식구조 하에서 최소한의 인증 평가항목을 충족시킬 수 있도록 계획하고 있다. 수요자 측면에서도 동일한 아파트를 장기간 소유하거나 거주하는 경우가 많지 않아 장수명주택이 내세우는 맞춤형 가변성과 유지관리에 있어서의 용이성을 체감하기 쉽지 않은 실정이다[3].

그러나 장수명주택 건설 실적 부진에도 불구하고, 최근 건설산업 내에서의 재개발·재건축 추진연건 약화, 고쳐쓰는 리모델링 중심 패러다임 강화[4] 등의 환경적 변화를 고려할 때 장수명주택에 대한 사회적 요구는 오히려 상승하고 있는 상황이다. 따라서 건설폐기물과 CO₂ 저감[5], 생애주기비용 절감[3] 등 장기적인 관점에서 장수명주택의 사회경제적 장점을 극대화할 수 있도록 보다 실질적인 기술과 지원제도를 마련하는 것이 시급하다고 할 수 있다.

특히 장수명주택을 구성하는 서포트(support)와 인필(infill) 가운데 가변성과 수리용이성 등 미래가치와 밀접한 연관을 지닌 인필에 대해 제작 표준화, 현장작업 최적화 등이 요구되고 있다[6][7]. 그에 따라 본 연구에서는 최근 준공한 장수명주택 실증사업의 세대 내 마감공사에 적용된 인필기술의 작업 특성을 검토하였다. 이를 위해 시공성 모니터링을 위한 계획 및 절차를 수립하고, 실시간 모니터링을

통해 수집된 데이터를 바탕으로 인필기술의 생산성을 분석하였다. 또한 인필기술의 효율적 적용을 위해 품질과 시공 측면에서 개선에 요구되는 사항을 정리하고자 하였다. 본 연구의 결과는 향후 인필공사의 공정계획 수립과 작업효율성 향상방안 마련을 비롯하여 표준품셈과 일위대가 작성을 위한 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

분석대상 인필기술은 실증단지 내 등급별 장수명주택에 부위별로 적용된 석고보드복합패널, ALC블록, 경량철골천정틀, 건식온돌 등을 기본으로 하였다. 여기에 각 기술의 생산성 등 작업 특성을 파악함에 있어 벽체부위는 석고보드복합패널의 두가지 유형인 SS형 (slab to slab)과 FC형(floor to ceiling)을, ALC블록은 시멘트벽돌 쌓기와 비교하였다. 또한 천장부위는 경량철골천정틀과 목상천정틀, 바닥부위는 건식온돌과 습식온돌 작업을 서로 비교하였다.

인필기술 작업 특성을 파악하기 위한 데이터는 작업이 진행되는 시점에 현장에 상주하며 워크샘플링 방식을 기반으로 수집하였다. 이를 위해 사전에 작업 모니터링 계획을 수립하였으며, 시공순서, 단위 작업별 소요시간, 작업자경력, 작업수량 등을 조사하였다. 데이터 정리 시에는 작업일보와 작업별로 촬영한 영상(사진)을 참고하였다. 최종적으로는 향후 작업 개선과 장수명주택 품질 향상을 위한 자료를 축적한다는 의미에서 생산성을 분석하고, 현장작업에 있어서의 유의사항을 제안하였다. Fig. 1.은 생산성 데이터의 수집과 지표 생성의 전체적인 과정을 보여준다.

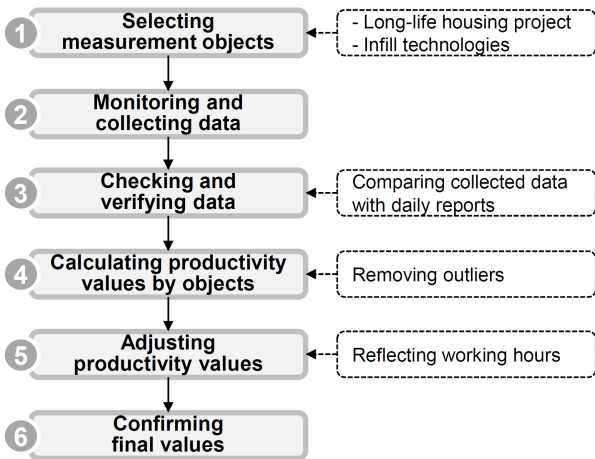


Fig. 1. Productivity data analysis method

2. 이론적 고찰

2.1. 장수명주택의 개념과 특성

장수명주택은 내구성과 안전성을 바탕으로 내부 평면과 설비 배관을 쉽게 고쳐가며 100년의 장기 수명을 목표로 오래 사용할 수 있도록 만든 주택이다. 기본적으로 장수명주택은 일반주택에 비하여 물리적 수명과 기능적 수명을 높여 사회변화, 기술변화, 세대변화, 가족구성 변화 등에 대응할 수 있도록 계획하고 건설하여야 한다. 이중 기능적 장수명화를 위해서는 거주자와 생활의 변화에 유연하게

대응할 수 있도록 가변성을 비롯하여 설비나 내장의 노후화, 고장 등에 따라 점검·보수·교체 등의 유지관리가 쉽게 이루어질 수 있도록 수리용이성을 갖추어야 한다.

특히 장수명주택 건설기준에서는 가변성을 향상시키기 위해 세대내부 공간에 내력벽 등의 가변성에 방해가 되는 구조요소가 적은 기둥을 중심으로 하는 구조방식을 채택하도록 권고하고 있다[1]. 즉 벽식구조인 기존 아파트는 내력벽으로 방이 구분되어 있어 세대 내부 구조를 변경할 수 없고, 가족 구성원 변동에 따라 방의 수, 위치, 크기 등을 바꾸기 어려운 상황이다. 반면 기둥식구조인 장수명주택은 거주자의 상황에 맞추어 공간을 활용할 수 있다. 또한 설비배선이 구조체에 매립되어 있지 않아 보다 쉽게 교체할 수 있고, 전용설비공간과 공용배관공간을 통한 수리 점검이 용이하다.

2.2 장수명주택 건설 현황

내구성, 가변성, 수리용이성 측면에서 장수명주택의 장점에도 불구하고, 건설업체는 장수명주택에 대해 여전히 소극적인 전략을 취하고 있다. 인증실적을 기준으로 건설실적을 살펴보면, 우선 인증제도가 시작한 이래 건수는 2015년 131건, 2016년 141건, 2017년 147건 등으로 꾸준히 증가하고 있다[8]. 그러나 2019년 9월까지 인증을 받은 총 647건 중 양호등급 이상은 1건에 불과하고, 나머지 99.81%는 일반등급을 취득한 것으로 나타났다. 일반등급의 경우 내구성 또는 가변성 영역에서 일부 요소만 최소한으로 적용함에 따라 장수명주택이 궁극적으로 추구하는 바를 충족하기에는 미흡하다고 할 수 있다. 양질의 장수명주택 보급과 시장확대를 위하여 관련기술의 개발과 더불어 제도의 재정비가 필요한 시점이다[9].

2.3 장수명주택과 인필기술

장수명주택은 서포트와 인필로 구성된다. 서포트는 구조체, 공용 설비나 시설 등 공공의 의사에 의하여 결정되는 부분으로 상대적으로 수명이 길면서 물리적·사회적으로 변형이 어려운 부분이고, 인필은 내장·전용설비 등 개인의 의사에 의하여 결정되고, 물리적·사회적으로 변화가 심하며 상대적으로 수명이 짧은 부분을 말한다[1].

Table 1. Classification of infill technologies for long-life housing

Category	Elements	Construction method	Remarks
Interior components	Walls (between units or inside unit)	Dry wall method	○
		Block method	○
		Panel method	
	Ceilings	Lightweight system	○
	Floors	Dry ondol method	○
		Double floor method	
Doors/windows			
Others			
MEP components	Plumbing system	Wall-mount method	
	Ventilation system		
	Electrical system		
	Communication sys.		

인필은 가변성과 수리용이성 확보에 있어 핵심적인 요소로서 장수명주택이 활성화되기 위해서는 인증기준 등급에 맞는 인필의 설치 필요하지만[10], 기술적 미비와 비용 상승으로 인해 여의치 않은 상황이다. 따라서 인필에 대해서는 경제성있는 건식마감재의 개발과 시장 활성화의 필요성이 지속적으로 제기되어 왔다[5]. 장수명주택에서 고려되는 인필기술들을 건축부문과 설비부문으로 구분하고 특히 건축부문 기술을 벽체, 천정, 바닥 등 부위별로 구분하여 시공방식을 정리하면 Table 1.과 같다[10][11]. 비교란에 표시된 항목은 본 연구의 분석대상에 포함된 인필기술에 해당한다.

2.4 생산성 관련 선행연구 고찰

본 연구에서 분석하는 현장 공정 특성 가운데 생산성에 대해서는 Table 2.에서 보는 바와 같이 다양한 선행연구가 진행된 바 있다. 우선 측정대상으로는 골조공사[12][16][18], 마감공종[15][18], 특히 경량콘크리트패널에 대해 노동생산성을 측정한 사례도 있었다[13]. 또한 측정방식에 있어서는 주로 작업수량과 투입노무량을 조합하여 계산하는 방식을 채택하였으며[13][14][15][16], 일부 연구에서는 노무비를 산정하여 비용생산성을 계산하였다[12][18].

아울러 건설공사 생산성은 기후, 노무자 숙련도, 장비와 자재의 조달, 현장부지 조건 등 다양한 요인에 의해 영향을 받는다. 이러한 생산성 영향요인에 대해서도 요인 간 인과관계를 파악하여 우선 관리를 선정한 연구[19], 델파이기법을 통해 건설 생산성 저해요인을 파악한 연구[20], IPA를 이용하여 현장근로자 생산성 저해요인의 중요도-성과도를 분석한 연구[21], 기술적, 관리적, 인간적 영역의 생산성 영향요인의 중요도를 평가한 연구[22] 등이 있었고, 특히 인력 측면에서의 수급상황, 작업자 성실성과 숙련도가 생산성과 가장 밀접한 관련이 있다는 연구가 있었다[23].

Table 2. Previous research on productivity in construction

Author	Measurement objects	Measurement method
Kim et al. (2014)[12]	• Concrete works • Rebar works • Formworks (gangform, AI-form)	• Calculate productivities with labor costs and work time
Jang (2013)[13]	• Extrude concrete panels (lightweight dry wall structure)	• Work quantities divided by total labor input
Seo (2012)[14]	• Soil Cutting • Soil banking • Soil transportation	• Work quantities by work crew per day(hour)
Hong et al. (2010) [15]	• Finishing works in super high-rise building	• Calculating total work time, labor productivity based on labor input, work time, material quantity • Adjusting productivity with floor area and material qty.
Kim (2009) [16]	• Concrete works • Rebar works • Formworks	• Labor input for unit work quantity(compared to standard unit productivity)
Jang et al. (2007)[17]	• 3 types of projects(Building, civil and plant)	• Percent plan complete(PPC) for each project(Lean concept)
Son and Park (2001)[18]	• Structural works(form, rebar, concrete) • Non-structural works (brickwork, plastering)	• Cost productivity using labor cost and work quantities collected by work sampling

3. 장수명주택 실증단지 인필기술 적용현황

3.1 장수명주택 실증단지 구축 개요

장수명주택 실증단지는 제2종 일반주거지역 내에 10년 공공임대주택으로 기획되었으며, 2016년 12월 착공하여 2019년 9월 입주를 시작하였다. 14개동 1080세대로 구성된 전체 공동주택 단지 내에서 전용 59㎡ 계단실형 4호 조합, 15층으로 구성된 아파트 2개동이 장수명주택으로 건설되었다. 2개동 중 1개동은 최우수등급 세대와 우수등급 세대로 구성하였고, 1개동은 양호등급으로 기획되었다.

또한 실증단지 내에 거주자 맞춤형 라이프스타일을 수용할 수 있도록 다양하게 가변을 시도한 성능실험 시범주거를 건설하였다. 성능실험 시범주거는 기술과 제도 검증을 위한 테스트베드로서 인필 기술 개발을 위한 기초자료 수집도 이루어졌다. 시범주거는 최우수 등급에 포함된 3세대와 양호등급 3세대 등 총 6세대에 대해 주택유형 변화와 생애주기를 고려하여 6가지로 시나리오를 설정하였다.¹⁾

3.2 장수명주택 실증단지 적용 인필기술

1) 적용 인필기술 총괄

Table 1.에서 정리한 장수명주택에 적용가능한 인필기술 중 실증단지의 인증등급별 장수명주택에 적용된 기술을 Table 3.과 같이 총괄적으로 정리할 수 있다. 인필기술에는 SS형 석고보드복합패널, FC형 석고보드복합패널, ALC블록, 경량철골천정틀, 목상천정틀, 건식온돌 등이 있다. 이러한 인필기술은 장수명주택 인증 평가항목들과 연계되어 최우수등급(A), 우수등급(B), 양호등급(C) 등 인증등급별로 차이를 두고 적용되었다. 가변성 영역에서는 ‘세대내부 건식벽체 비율’, ‘가변 용이성 구별’, ‘물사용 공간의 가변성’ 항목과 관련되었고, 수리용이성 영역에서는 ‘온돌의 건식화’, ‘세대 수평 분리 계획’ 등의 항목에 대한 배점에 영향을 주었다.

Table 3. Overview of applied infill technologies

Elements		Infill	Long-life housing grade*		
			A	B	C
Walls	Partition wall between units	Gypsum board	SS(slab to slab) type		(concrete wall)
	Partition walls inside unit	lightweight walls	FC(floor to ceiling) type	SS(slab to slab) type	
	Toilet, balcony, AD/PD	ALC block	ALC block Waterproof ALC block		
False ceiling		Wood-framed, Steel-framed	Wood ceiling	Lightweight steel ceiling	
Floor		Dry ondol, Wet ondol	Dry ondol (EH**)	Wet ondol	

* Long-life housing certification grades : A(outstanding); B(excellent); C(good)
** Dry ondol installed only at experimental housing (EH)

2) 벽체부위 인필기술

① 석고보드복합패널

석고보드 칸막이 시스템은 건축현장에서 적용하고자 하는 벽체의 목적에 맞게 고성능을 발휘할 수 있도록 만든 것으로 양생기간이 필요없는 건식공법이다. 석고보드복합패널로는 Fig. 2.에서 보는 바

와 같이 두 가지 유형이 실증단지에 적용되었다. 그 중 SS형 석고보드복합패널은 석고보드와 w-stud, 글라스울(glass wool)로 구성되어 있고, 상하부 러너 설치 후 스테드를 설치하고 가문틀 설치 및 스테드를 고정한다. 스테드 사이에 전기 설비 배관을 설치하고 석고보드 1면을 스테드에 고정하여 2겹으로 시공 후 단열재인 글라스울 시공 후 석고보드 2면을 2겹으로 시공한다.

또한 FC형 석고보드복합패널은 SS형과 달리 작업순서가 천장과 바닥이 완성된 상태에서 바탕재 정리 후 상하부 러너에 테이프를 부착 후 스테드 고정장치를 설치하고 스테드 설치 및 고정을 한다.

석고보드복합패널 작업은 ①바탕재 정리, ②러너, 스테드 절단 가공, ③러너, 스테드 설치, ④석고보드 1면 설치, ⑤글라스울 설치, ⑥⑦석고보드 2면 설치, ⑧문틀 합판 보강 및 스테드 고정 등의 순서로 진행되며, 작업 관련 데이터 수집과 정리 역시 작업 프로세스를 기준으로 하였다.

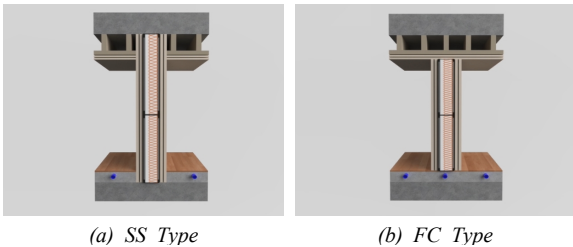


Fig. 2. Gypsum board lightweight wall systems

② ALC블록

ALC블록은 석고보드 벽체와 건식패널 벽체와 비교해서 시공성과 경제성이 우수하며, 일반 조적벽체에 대해 경량이면서 시공성, 차음성이 우수한 공법이다. 장수명주택에서는 세대내 욕실 2개소, AD/PD, 발코니벽 등 물사용공간의 칸막이벽에 공통으로 적용하였으며, 세대분리기능을 포함하는 최우수등급 세대의 경우 세대분리 현관 부위에도 ALC블록을 사용하였다.

Fig. 3.에서 보는 바와 같이 ALC블록 작업은 ①바탕 정리 및 먹매김, ②첫단 발수 ALC블록 설치, ③수직 기준 틀 설치, ④상부 ALC블록 쌓기, ⑤조인트 우레탄 폼 마감, ⑥ALC블록 홈파기, ⑦전기, 설비 배관 설치, ⑧전기, 설비 부위 사춤 등의 순서로 진행된다.

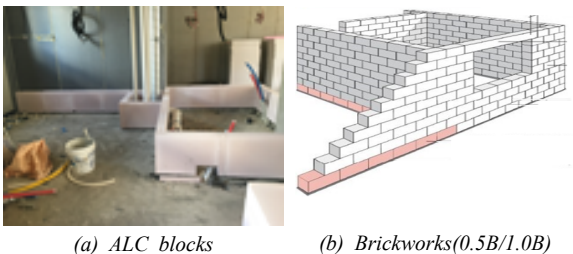


Fig. 3. ALC block and normal brickworks

3) 천장부위 인필기술

장수명주택 실증단지 아파트동에는 당초 모든 세대에 경량철골 천정틀을 설치하려 하였으나, FC형 석고보드복합패널을 설치하는 세대에 한해 목상천정틀을 적용하면서 두 가지 공법이 사용되었다.

우선 경량철골천정틀의 경우 철재를 이용하여 천정 마감재를 지

지하는 시스템 천정으로 주거용 건축물에는 M-bar, 캐링채널, 마이너스채널, 볼트형 달대 등으로 구성되어 있다. 골조완성 전에 매립 인서트틀 먼저 설치하고 ①매립 앵커 재시공, ②수평 기준틀 및 반자돌림대 설치, ③캐링 채널 설치, ④M-Bar 설치, ⑤우물 천정 설치, ⑥석고보드 설치(2ply) 등의 순서로 작업을 진행한다.

또한 목상천정틀은 목재를 사용하여 천정 마감재를 지지하는 공법으로 달대받이, 달대, 반자틀받이, 반자틀로 구성되어 있다. 작업은 ①작업대 설치 및 먹매김, ②커튼 박스 설치, ③달대받이 및 달대 설치, ④반자돌림 및 반자틀받이 설치, ⑤석고보드 설치(2ply) 등의 순서로 진행된다.

경량철골천정틀과 목상천정틀의 시공속도와 내구성, 시공비, 시공시 제한요소, 개구부 보강용이성, 높낮이 조절 가능여부 등 특성을 상호비교하여 정리하면 Table 4.와 같다.

Table 4. Characteristics of ceiling component types

Type	Lightweight steel ceiling	Wood-framed ceiling
Overall image		
Speed	Fast	Slow
Durability	Excellent	Good
Construction cost	High material cost / Low labor cost	Low material cost / High labor cost
Limiting factor	Small space	-
Opening reinforcement	Difficult	Easy
Height Adjustment	Easy	Difficult

4) 바닥부위 인필기술

난방모듈을 활용하여 현장에서 조립하는 건식온돌은 기존의 습식온돌 공법에 비해 결함이나 세대 내부 구조 변경에 보다 용이하게 대응할 수 있다. 또한 경량 자재 사용에 따라 건축물 자중 감소가 가능하고, 방진패드를 적용하여 층간소음 저감이라는 장점도 있다. 현장에서도 작업이 모듈화되어 신속하게 진행되었고 유지관리 용이성도 충분히 예상되었다.

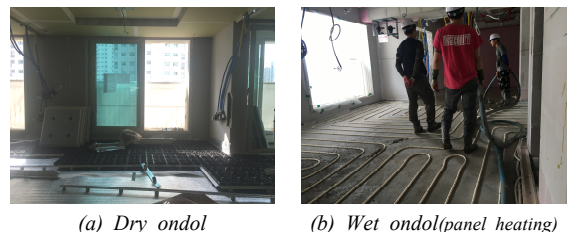


Fig. 4. Infill types for floor components

건식온돌은 일반 장수명주택 세대에는 적용하지 않고 Fig. 4.와 같이 성능실험 시범주거 4세대에만 시공되었다. 시공 데이터의 수집은 건식온돌 모듈 이동, 설치, 마무리작업으로 구분하여 이루어졌다. 전체적인 작업은 벽 테두리에 측면 완충재 설치를 시작으로 은박

지 PE폼 설치, 미리 제작해 온 건식온돌 모듈(PET I + 방진구 + MG 보드 + 부직포 + PP패널) 설치, 열전도판 난방파이프 설계에 따라 설치, MG보드 마감, 벽과 붙어 있는 테두리 정리 등의 순서로 진행한다.

4. 장수명주택 인필기술별 작업 특성 분석

4.1. 인필기술별 작업 특성 분석 총괄

1) 분석의 목적

장수명주택의 성능 확보에 필수적인 인필기술에 대해 적용사례가 많지 않아 장수명주택의 원활한 설계와 시공계획에 어려움이 발생하고 있다. 따라서 실증단지의 등급별 장수명주택에 적용된 각 인필기술에 대해 생산성을 중심으로 시공 특성을 규명하고 지속적 모니터링을 통해 습득한 시공 상의 유의사항을 정리함으로써 참조할 수 있는 자료를 제공하고 향후 인필기술 개발, 기준의 정립 등에 활용할 수 있도록 하였다.

2) 분석 방법

시공 특성은 노동생산성의 측정과 인필 작업품질 확보와 밀접한 관련이 있는 유의사항 등 두 가지로 제시하였다. 필요한 데이터의 수집을 위해 다음과 같은 방법을 활용하였다.

- ① 시공성 모니터링을 위해 작업자 시간 측정, 작업일보 분석, 단위작업수량 산정, 비디오 및 사진 촬영 분석 등 수행
- ② 단위 작업을 대상으로 하여 세부 작업의 시작시간, 종료시간, 제외시간 등을 수집하여 작업별 생산성을 분석하기 위해 워크 샘플링 활용
- ③ 시공 모니터링 수행업무를 워크샘플링 조사표 작성, 투입자재 측정 및 단위 작업별 시공속도 측정, 작업과정 분석 등 3개로 구분하여 연구진 3인이 각자 수행
- ④ 장수명주택 세대 내 해당 인필의 작업수량을 완료하는데 소요된 작업조의 총 투입시간을 측정하고, 이를 작업수량과 조합하여 노동생산성 계산
- ⑤ 각 인필기술에 대해 기존 공법에 대한 작업 데이터 수집을 병행하여 생산성을 중심으로 특성 비교

4.2. 인필기술별 생산성 측정결과 및 시공 유의사항

1) 벽체부위 인필 : 석고보드복합패널 벽체

① 생산성 측정 결과

Table 5.와 같이 SS형 석고보드복합패널 설치작업의 실작업시간은 8.92시간, 1.11일(day)로 측정되었다. 작업자는 보통인부 3~5년 경력을 가지고, 전기 설비노무자는 15년, 배관설비 노무자는 30년 경력을 가진 노무자였다. 총 20.7m²의 작업 물량을 작업하는데 총 투입 인원은 10인이었다.

FC형 석고보드복합패널의 경우 작업 순서에 따라 한번에 작업하였을 때 실작업시간이 8.17시간으로 하루 8시간 작업을 기준으로 1.02일이 필요하다. 총 22.9m²의 물량을 작업하는데 SS형 복합패널 작업과 유사한 수준의 경력을 보유한 기술자 10인이 투입되었다.

단위작업(activity) 수준에서 FC형의 작업을 SS형과 비교하여 차이가 발생하는 지점을 중심으로 살펴보았다. 우선 SS형과 달리 FC형에는 스티드 고정장치를 설치하는 부분이 있어 러너와 스티드 설치 시 SS형에 비해 작업시간이 27.3% 상승한 것으로 나타났다. 반면 석고보드 설치 시에는 SS형의 66.7% 수준의 시간에 작업이 마무리되는 것을 볼 수 있었다. 총괄적으로 FC형 석고보드복합패널 작업은 SS형과 비교하여 20.4%정도 노동생산성이 높게 계산되었다.

SS형 복합패널의 경우 표준품셈과 전문건설협회 일위대가의 투입노무와 비교할 때[25][26], 실증단지의 생산성은 벽체틀과 석고보드 설치에 투입되는 철공(0.1인/m²), 내장공(0.1인/m²)에 대해서는 높았지만, 단열재를 설치하는 내장공(0.033인/m²) 설치의 경우 상대적으로 낮은 수준에 있었다.

Table 5. Productivities of gypsum board lightweight walls

Process and items	Working time (min)		Labor input (man)	
	SS type	FC type	SS	FC
① Preparation	10	10	1	1
② Cut studs & runners	40	40	2	2
③ Install studs & runners	40	55	2	2
④ Attach gypsum board(1)	90	60	1	1
⑤ Install glass wool	240	240	2	2
⑥ Attach gypsum board(2)	90	60	1	1
⑦ Reinforce door frame & fixed stud	25	25	1	1
Total	535min (1.11d)	490min (1.02d)	10	10
Work quantity(m ²)	20.7	22.9	-	-
Productivity(m ² /day)	18.6	22.4	-	-

② 공법별 시공 유의사항

석고보드복합패널의 계획과 시공에 있어서는 공통적으로 소음차단 및 화재확산 방지를 위한 슬래브와 보 하부 방화실런트 시공, 건물 규모에 따른 방화인증 시간, 직간접으로 외기와 접하는 벽체에 대한 단열재 설치 등을 사전에 검토해야 한다.

우선 SS형 복합패널 설치 시 바닥미장에 묻히게 되는 단열재인 글라스울에 대해 고려할 필요가 있다. 즉 바닥미장 타설 시 발생하는 블리딩수로 인한 부패가 우려된다. 따라서 그 부위에 내수성 강한 단열재를 시공하여 잠재적 시공 불량 요소를 배제할 수 있도록 한다.

또한 FC형 복합패널 설치 시에는 양면테이프로 러너를 부착함에 따라 발생할 수 있는 결함을 고려해야 한다. 러너를 바닥과 천정마감재에 고정하면서 온도에 따라 양면테이프의 접착력이 저하되어 벽체의 접착강도에 영향을 미칠 수 있으므로 소재 선택 시 이러한 점을 반영하도록 한다. 즉 외부환경변화에 민감하지 않고, 소요성능을 오래 유지할 수 있는 대체 재료가 필요하다.

2) 벽체부위 인필 : ALC블록

① 생산성 측정 결과

ALC블록 쌓기에는 5년, 1년의 경력의 조적공 2인이 투입되었고,

한 세대 ALC블록 시공을 마무리하는데 총 7인의 인력이 투입되었다. 작업수량은 (최)우수등급에서 77㎡, 양호등급에서 63.8㎡로 산정되었는데, (최)우수등급에 향후 세대분리를 대비하여 추가한 현관 위치에 600×200×250 규격의 ALC 블록을 추가로 설치함에 따라 물량의 차이가 있었다. 또한, 결과적으로 (최)우수등급 세대에 대해 실작업시간이 10.17시간, 1.27일이 소요되었으며, 우수등급 세대의 ALC블록 쌓기에는 7.83시간, 0.98일이 필요한 것으로 나타났다. 이러한 실증단지의 ALC블록 쌓기 생산성은 표준품셈[25] 상의 투입노무(T100)인 조적공(0.111인/㎡)과 비교하여 높은 수준에 있는 것으로 나타났다.

한편 장수명주택 59㎡ 평형에 시멘트벽돌쌓기를 적용한다고 가정하고 ALC블록이 적용되는 부위를 대체하였을 때 0.5B 약 2,900장, 1.0B 약1,400장으로 수량이 계산되었다. 여기에 하루 약 1,500장을 쌓는 초급경력자 기준으로 1일 쌓기 한도를 고려하여 생산성을 적용하면 약 2.9일이 소요되는 것으로 나타났다.

Table 6. Productivities of ALC block and brickwork

Activity (work process)		Working time (min)			Labor input (man)		
		Certification grades*			Certification grades*		
		A	B	C	A	B	C
Activity (ALC block)	① Preparation & marking	195	100		2	2	
	② Lay waterproof layer						
	③ Vertical normative frame	200	155		2	2	
	④ Construct ALC blocks						
	⑤ Apply urethane foam	65	65		2	2	
	⑥ Grooving ALC blocks						
	⑦ Install plumbing	60	60		1	1	
	⑧ Fill mortar						
Brickwork		-	-	1,392	-	-	10
Total		610 (1.27d)	470 (0.98d)	1,392 (2.9d)	7	7	10
Work quantity(m ²)		77	63.8	48.7	-	-	-
Productivity(m ² /day)		60.6	65.2	16.8	-	-	-

* Long-life housing certification grades : A(outstanding); B(excellent); C(good)

② 공법별 시공 유의사항

ALC블록을 현장에서 시공하는 경우 기본적으로 벽체상부와 슬래브 하부 사이에 하중 전달 방지를 위한 완충재를 설치하도록 하고, 욕실에서 도기류 등의 탈락에 대비해 고정철물을 확인해야 한다.

또한 ALC블록에 매립되어야 하는 배관들이 ALC블록 시공 노무자들이 블록 쌓기 작업을 위해 배관들끼리 묶어놓거나 심하게 짓혀 놓게 될 때 주의해야 한다. 이때 이중배관의 꺾이는 부위에서 미세균열과 파손이 발생하여 잠재적 하자발생 원인으로 작용될 수 있어 ALC블록을 쌓기 전 이중배관의 파손이 없도록 확인하도록 한다.

3) 천장부위 인필 : 경량철골천정틀

① 생산성 측정 결과

경량철골천정틀은 최우수등급 세대를 제외한 모든 장수명주택 천장으로 시공되었다. 개별 세대 작업물량 96.5㎡에 대해 총 4인의 작업자가 투입되어 완료까지 605분이 소요되었다. 작업 시에는 골조공사 시 미리 매립한 앵커를 기준으로 캐링 채널을 연결하고 B-bar를 끼워서 설치 시공하였다. 실제 작업에 있어서는 골조공사 당시 묻어두었던 앵커의 간격이 방구획과 맞지 않아 재시공 문제가 발생하여 앵커를 재시공함에 따라 실작업 시간이 증가하였다.

Table 7.은 경량철골천정틀의 모니터링 결과를 보여준다. 다수의 노무자가 한 세대에서 동시에 작업을 진행하여 세부 작업으로 구분하기 어려워, 시작과 종료시간에 따라 총 작업시간을 산정하였다.

경량철골천정틀에 대한 실증단지의 생산성은 표준품셈[25] 상의 투입노무인 천정틀 설치 내장공(0.043인/㎡)과 천장 석고보드 설치 내장공(0.0858인/㎡)에 비해 높은 것으로 나타났다.

Table 7. Productivity of lightweight steel-framed ceiling

Process and items		Working time (min)	Labor input (man)
Activity	① Reconstruct anchor	480 (Monitoring1) + 125 (Monitoring2)	2 (Monitoring1) + 2 (Monitoring2)
	② Sight rail & ceiling frames		
	③ Install carrying channel		
	④ Install M-Bar		
	⑤ Install compartment ceiling		
	⑥ Attach gypsum boards		
Total		605(1.26d)	4
Work quantity(m ²)		96.5 m ²	
Productivity(m ² /day)		76.6 m ² /day	

목상천정틀은 먼저 바닥에 작업대를 두고 커튼박스, 달대받이, 달대 등을 순차적으로 설치하였다. 그리고 후속작업으로 반자돌림과 반자틀받이를 설치하고, 석고보드를 붙이고 도배로 마무리하였다. 이러한 전체 작업에 3인 1조의 인력이 투입되어 Table 8.에서 보는 바와 같이 한 세대 완료에 총 720분이 소요되었다. 두 공법 사이의 생산성을 비교해 보면, 경량철골천정틀의 경우 2인 1조로 총 4인이 투입되어 96.5㎡의 면적을 605분 동안 작업하여, 노동생산성이 목상천정틀에 비해 7.6% 높은 것으로 나타났다.

Table 8. Productivity of Wood-framed Ceiling

Process and items		Working time (min)	Labor input (man)
Activity	① Preparation & marking	300	3
	② Curtain box		
	③ Carrying rod of ceiling & hanger of ceiling		
	④ Ceiling frames		
	⑤ Attach gypsum boards		
Total		720(1.5d)	6
Work quantity(m ²)		96.5 m ²	
Productivity(m ² /day)		70.8 m ² /day	

② 공법별 시공 유의사항

경량철골천정들에 대해서는 하중에 대한 안전성을 확보할 수 있도록 행거볼트와 마이너채널 등의 부속품을 사전에 확인하고, 등기구, 점검구, 시스템냉난방기 등 개구부 주변에 대한 보강방식을 명확히 해야 한다.

또한 경량철골천정들의 경우 벽식구조와 달리 방구획이 골조완성 이후에 이루어지기 때문에 골조공사 당시 묻어 두었던 인서트를 경량벽체 설치 이후 간격이 맞지 않아 인서트 재시공 문제 발생할 수 있다. 골조공사 이후 앵커를 시공하여, 당초 골조공사와 일치하는 방 구획 공간 확보 등의 노력이 필요하다.

또한 실증단지에서와 같이 특정한 상황에 목상천정들을 적용해야 할 수 있다. 라멘구조 세대 내에 목상천정들을 설치할 때 바닥에서부터 보가 위치하는 곳의 높이를 고려하여 계획할 필요가 있다. 또한 공기조화시스템의 냉난방기, 추가배선 또는 배선교체에 있어 수리가 용이하도록 기반 조성이 선행되어야 한다.

4) 바닥부위 인필 : 건식온돌

① 생산성 측정 결과

건식온돌 시공 시 8인의 작업자가 투입되어 450분의 시간이 소요되었다. 모듈화된 패널을 설치하는 작업을 위주로 함에 따라 습식온돌에 비해 작업 진행이 수월하였다. 습식온돌은 비슷한 인원이 투입되었으나, 습식온돌의 경우 기포콘크리트타설, 바닥미장작업 이후 양생기간이 있고, 난방코일작업 등이 추가되기 때문에 건식온돌과 같이 작업을 이어서 하는 것은 사실상 불가능함에 따라 두 공법 사이에 생산성 차이가 발생하였다. 건식온돌과 같이 동일 선상에서 계속해서 작업한 것으로 습식온돌의 작업 데이터를 보정하여 비교하면 건식온돌과 습식온돌의 생산성 차이는 약 3배 정도로 나타났다.

Table 9. Productivities of dry ondol and wet ondol

Activity (work process)		Working time (min)		Labor input (man)	
		Rahmen	Wall Type	Rahmen	Wall Type
Activity (Dry ondol)	① Move dry ondol panels	90	-	2	-
	② Install dry ondol panels	330		2	
	③ Finishing works	30		4	
Wet ondol		-	2400	-	8
Total		450 (0.97d)	2400 (5.0d)	8	8
Work quantity(m ²)		66.2	66.2	-	-
Productivity(m ² /day)		68.2	13.24	-	

② 공법별 시공 유의사항

건식온돌은 바닥 프레임이 높이가 고정되어 골조 슬래브 레벨링에 문제가 생기면 건식온돌의 들뜸 및 이격 가능성이 높아 소음이 생길 수 있다. 시공 전 바닥레벨이 일정하지 않을 경우, 별도로 건식온돌 하부의 레벨 조절 가능한 제품기능 고도화가 필요하다. 건식온돌 프레임과 인접한 벽면과의 간격이 일정치 않을 경우 시공 완료 후 전용 마감 부속재료의 즉각적 대응이 어려울 수 있으므로 현장 상황에 대응할 수 있는 마감재의 개발이 요구된다.

또한 난방시간 단축, 수리용이성 등 건식온돌의 장점을 살릴 수 있도록 축열성능을 보완할 수 있는 방안을 검토할 필요가 있다.

4.3 인필기술 작업 특성 종합

실증단지 등급별 장수명주택에 적용한 인필기술의 작업 특성을 생산성을 중심으로 정리하면 다음과 같다. 전략적으로 적용된 FC형 석고보드복합패널, ALC블록, 경량철골천정들, 건식온돌 공법은 기존 공법에 비해 상대적으로 높은 생산성을 보이는 것으로 나타났다.

- 1) 석고보드복합패널은 동일한 수의 노무자로 구성된 작업조가 투입된 석고보드복합패널 작업에 있어 SS형에 대해 FC형의 생산성이 20.4% 정도 높은 것으로 계산되었다.
- 2) 습식조적벽체와 건식조적벽체로 분류되는 일반적인 시멘트벽돌쌓기방식과 ALC블록(라멘구조와 무량판구조 생산성의 평균인 62.9m²/day 적용)의 경우에도 적은 수의 노무자로 구성된 작업조를 투입하고도 생산성이 274.4% 높은 수치를 보였다.
- 3) 천정인필은 벽체공법에 따라 선택적으로 적용하였으며, 경량철골천정들은 목상천정들에 대해 역시 적은 수의 작업인력으로도 8.2% 높은 생산성 확보가 가능한 것으로 관찰되었다.
- 4) 바닥온돌공법에서는 동일한 수의 노무자로 구성된 작업조가 투입되어 온돌 작업을 할 경우에도 건식온돌 공법의 생산성은 습식온돌 공법 적용에 대해 415.1% 높은 것으로 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 장수명주택 실증단지의 세대 내 마감공사에 적용된 인필기술을 대상으로 실시간 모니터링을 실시하여 생산성을 분석하고, 현장 시공과 작업계획 상 유의사항을 정리하였다.

장수명주택 실증단지에는 무량판구조, 라멘구조 등 기동식구조의 서포트를 바탕으로 다양한 인필기술이 적용되었다. 그 중 두가지 유형의 석고보드복합패널과 ALC블록 등 벽체부위 인필, 경량철골천정들 등 천정부위 인필, 건식온돌 등 바닥부위 인필에 대해 작업 실태를 지속적으로 모니터링하고, 작업 특성 분석에 필요한 데이터를 수집하였다. 인필기술별로 작업특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 석고보드복합패널 중 SS형의 생산성은 FC형 대비 20.4% 낮았지만, 표준품셈과 일위대가에 비해서는 대체로 높게 나타났다. 해당 인필의 시공에 있어서는 상부실런트시공, 방화시간, 내수성과 단열성을 갖춘 글라스울 등을 고려해야 하며, FC형의 경우 러너고정을 위한 접착재료의 성능향상이 요구되었다.
- 2) ALC블록은 일반 시멘트벽돌쌓기나 표준품셈 상의 투입노무에 비해 높은 생산성을 보였다. ALC블록 쌓기작업 시에는 상부완충재, 벽체설치물을 고정하는 철물을 우선 재확인하고, 이 중배관의 파손 하자에 유의할 필요가 있다.
- 3) 천정부위 인필요소에 있어 경량철골천정들의 생산성은 목상천정들에 비해 8.2% 정도 높았으며, 표준품셈상의 내장공 투입수치에 비해서도 높게 나타났다. 또한 현장에서는 경량철골천정들의 부속품과 개구부보강을 확인하여 안정성을 확보하도록 하고, 인서트 위치에 유의해야 한다. 목상천정들의 경우

보의 위치를 고려하여 높이를 계획하고 공기조화시스템의 수리교체가 용이하도록 처리해야 한다.

- 4) 바닥부위에 적용된 건식은돌은 기존 습식은돌에 비해 높은 생산성을 보였으며, 현장 작업에서는 슬래브 레벨과 벽체 위치에 있어서의 균일성 확보가 중요하였고 축열성능을 보완할 수 있는 방안이 고려될 필요가 있었다.

본 연구는 작업시간과 작업수량을 바탕으로 산출한 노동생산성을 공법간에 비교하였으며, 공사비가 반영되지 않아 결과의 해석에 다소의 제약이 있다는 한계를 지닌다. 그럼에도 본 연구의 결과는 장수명주택 인필기술 도입 검토 시 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 향후 지속적인 기술 개발, 기준 정립 등 인필시장의 저변을 확대할 수 있는 추가적인 후속 연구가 수행되기를 기대한다.

Acknowledgement

본 연구는 2019년 국토교통부 주거환경연구사업의 연구비지원으로 이루어졌습니다(과제번호 : 19RERP-B082172-069).

Reference

- [1] 국토교통부, 장수명 주택 건설·인증기준, 국토교통부 고시 제2018-521호. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Construction and Certification Criteria for Long-life Housing, Korea, MOLIT, 2018.)
- [2] 김수암 외 1인, 장수명 실증주택의 의미와 향후 방향, 한국. 대한건축학회추계학술발표대회, 제39권 제2호, 2019.10, p.180. // (Kim, S. A. et al., Meaning and Future Direction of Long-life Demonstration Housing, Korea. Proceedings of AIK Conference, 39(2), 2019.10, p.180.)
- [3] 송상훈 외 1인, 생애주기비용 산정을 통한 장수명 주택의 장기 경제 효과 분석, 한국. 한국거주학회지, 제30권 제5호, 2019. pp.77-86. // (Song, S. et al., Analysis of Long-Term Economic Effects of Long-Life Housing through Life Cycle Cost (LCC), Korea. Journal of The Korean Housing Association, 30(5), 2019, pp.77-86.)
- [4] 안중욱 외, 저성장시대 건설산업의 미래이슈 전망과 대응전략 연구, 국토연구원, 2017. // (Ahn, J. W. et al., Future of Construction Industry: Trends, Issues and Strategies, Korea Research Institute for Human Settlements, 2017.)
- [5] 김수암 외, 공동주택 생애주기에 따른 중장기 관리전략 연구, 한국. 국토교통부, 2013. // (Kim, S. A. et al., Long-term Management Strategy along the life cycle of Apartment, Korea. MOLIT, 2013.)
- [6] 이현수, 임수영, 장수명 주택의 활성화 방안에 관한 연구, 한국. 한국생태환경건축학회 논문집, 제13권 제4호, 2013.08, pp.95-102. // (Lee, H. S. and Lim, S., A Study on Activation of Long - life Housing, Korea. The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 13(4), 2013.08, pp.95-102.)
- [7] 김은영 외 3인, 장수명 주택 인필 시장 활성화 방향설정에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계), 제32권 제8호, 2016.08, pp.57-64. // (Kim, E. Y. et al., A Study on the Setting of Direction for the Activation of the Infill Market of Long-Life Housing, Korea. Journal of AIK, 32(8), 2016.08, pp.57-64.)
- [8] 김은영 외 1인, 장수명 주택 인증 평가항목 특점현황 분석 연구, 한국. 한국생태환경건축학회논문집, 제18권 제6호, 2018.12, pp.43-50. // (Kim, E. Y. and Hwang, E. K., The Analysis of Scoring Status of Long-Life Housing Certification Evaluation Items, Korea. The International Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 18(6), 2018.12, pp.43-50.)
- [9] 김은영 외 1인, 장수명 주택 인증제도 평가항목 개선을 위한 영향요인별 척도 조사, 한국. 한국건축환경경설비학회논문집, 제13권 제6호, 2019, pp.568-579. // (Kim, E. Y. et al., The Scale Survey by Influencing Factors for Improvement of Long-life Housing Certification Evaluation Items, Korea. Journal of KIAEBS, 13(6), 2019, pp.568-

- 579.)
- [10] 양우철, 임석호, 장수명주택 인증기준별 최적화를 위한 Infill 연구, 한국. 한국거주학회논문집, 제27권 제6호, 2016.12, pp.57-64. // (Wang, W. C. et al., A Study of Infill Optimization Methods Applied with Life-long Housing Certification Standards, Korea. Journal of the Korean Housing Association 27(6), 2016.12, pp.57-64.)
- [11] 정윤혜 외 2인, 장수명주택 인필 정보시스템 구축에 관한 기초 연구, 한국. 한국생태환경건축학회 논문집, 제17권 제5호, 2017.10, pp.51-59. // (Jung, Y. H. et al., A Preliminary Study on the Establishment of Long-Life Housing Infill Information System, Korea. The International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 17(5), 2017.10, pp.51-59.)
- [12] 김민재 외 3인, 공동주택 건설현장의 철근콘크리트 공사 생산성 분석, 2014년 한국건축사공학회 추계학술발표대회 논문집, 제14권 제1호, 2014. // (Kim, M. J. et al., An Analysis of Productivity on the Reinforced Concrete in the Apartment Construction Site, Proceedings of AIK Fall Conference, 14(1), 2014.)
- [13] 장주환, 경량콘크리트 패널 적용을 통한 공동주택의 생산성 및 환경 부하 평가에 관한 연구, 박사학위논문, 한양대학교, 2013. // (Jang, J. H., A Study on the Evaluation of Productivity and Environmental Loads in Apartment Housing by using Extrude Concrete Panels, Dissertation of doctoral thesis, Hanyang University, 2013.)
- [14] 서지형, 작업조 기반 생산성 정보를 활용한 건설공사 표준품셈의 적용성 개선, 석사학위논문, 충북대학교, 2012. // (Seo, J. H., Improvement of the Applicability of Standard Unit Productivity Data on Construction Projects using Work-crew based Daily-Productivity, Master thesis, Chungbuk National University, 2012.)
- [15] 홍보배 외 3인, 초고층 주상복합 건축물 마감공사의 공종별 생산성 비교에 관한 연구, 한국. 한국생태환경건축학회 논문집, 제10권 제5호, 2010.10, pp.165-170. // (Hong, B. B. et al., A Study on the Productivity Analysis of Finishing Works on Super High-rise Mixed Use Building, Korea. International Journal of The Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 10(5), 2010.10, pp.165-170.)
- [16] 김태홍, 철근 콘크리트 공사의 노동생산성 분석, 석사학위논문, 한양대학교, 2009. // (Kim, T. H., Analysis of Labor Productivity in Reinforced Concrete Work, Master thesis, Hanyang University, 2009.)
- [17] 장효원 외 2인, 건설현장 생산성 측정의 효율적 방안 제시, 2007년 한국건설관리학회 학술발표대회, pp.666-669. // (Jang, H. W. et al., Efficient Productivity Evaluation System in Construction Site, Korea. Proceedings of KICEM Conference in 2007, pp.666-669.)
- [18] 손창백, 박찬식, 건설경기변화에 따른 생산직 건설근로자의 가동률 및 생산성 비교·분석, 대한건축학회논문집(구조계), 제17권 제7호, 2001.07, pp. 101-108. // (Son, C. B., Park, C. S., An Analysis on the Field Workers' Working Ratio and Productivity in the Changing Construction Market, Journal of AIK, 17(7), 2001.07, pp.101-108.)
- [19] 정윤호 외 3인, 건축공사 현장의 생산성 저하요인 인과관계 구조분석, 한국건설관리학회 논문집, 제21권 제1호, 2020.01, pp.99-110. // (Jung, Y. H. et al., Causal Relationship Analysis of the Factors Lowering Productivity in Construction Job Site, Korea. KICEM Journal, 21(1), 2020.01, pp.99-110.)
- [20] 김주영 외 2인, 국내 건설 생산성 저하요인 분석 및 향상방안 제시, 대한건축학회논문집(구조계), 제27권 제2호, 2011.02, pp.113-124. // (Kim, J. Y. et al., Factors Affecting the Losses of Domestic Construction Productivity and Strategies for Avoiding Them, Korea. Journal of AIK, 27(2), pp.113-124.)
- [21] 정재호 외 4인, IPA를 이용한 건설 현장별 노동생산성 저하요인 비교 분석, 한국건설관리학회 논문집, 제15권 제6호, 2014.11, pp.71-82. // (Jeong, J. H. et al., A Comparative Analysis of Hindrance Factors to Labor Productivity in Each Construction Site Using the IPA, KICEM Journal, 15(6), 2014.11, pp.71-82.)
- [22] 신정현 외 1인, 건설현장 생산성에 영향을 미치는 인적요소 행동에 관한 연구, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, 제8권 제1호, 2012.12, pp.459-462. // (Shin, J. H. et al., Research for Action of Affecting Human Factors on Productivity in Construction Site, Korea. Proceedings of AIK-RA Conference, 8(1), 2012.12, pp.459-462.)
- [23] 손창백, 이덕찬, 건축공사의 생산성 저하요인 분석, 대한건축학회논문집(구조계), 제18권 제12호, 2002.12, pp.125-132. // (Son, C. B., Lee, D. C., An Analysis on the Factors Decreasing Productivity of Building Construction, Korea. Journal of AIK, 18(12), pp.125-132.)
- [24] 강유나 외 1인, 장수명주택 성능실험 시범주거 구축 사례와 활용, 한국. 대한건축학회 추계발표대회, 제39권 제2호, 2019.10, pp.305. // (Gang, Y. N. et al., A Case Study on the Flexibility Performance Test

- and Application of Long-life Housing, Korea: Architectural Institute of Korea, 39(2), 2019.10, pp.305.)
- [25] 한국건설기술연구원, 2019 건설공사 표준품셈, 한국, 국토교통부·한국건설기술연구원, 2019. // (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2019 Standard of Construction Estimate, Korea. MOLIT·KICT, 2019.)
- [26] 대한전문건설협회·한국물가협회, 금속구조물·창호공사 2019 일위대가, 한국, 2019. // (Korea Specialty Contractors Association·Korea Price Research Center, 2019 Unit Costs for Metal Works and Joiner Works, Korea. KOSCA·KPRC, 2019.)
-

- 1) 총 6개 시범주거의 내용은 다음과 같음[24]
- ① 사용자 요구에 따라 이동식 가변형 벽체를 통해 자유롭게 평면을 변형하는 ‘리빙노마드’
 - ② 주방을 넓게 사용할 수 있는 ‘남측주방형’
 - ③ 기본형에 세대를 분리하여 임차 세대가 임대료를 줄 수 있는 ‘부분임대형’
 - ④ 1인 주거 공간으로 재택근무가 가능한 ‘함께 성장하는 집’
 - ⑤ 석고보드복합패널 칸막이벽을 해체하여 거실을 넓게 사용할 수 있는 ‘거실 확장형’
 - ⑥ 세대 구성원에 따라 확장된 침실로 활용 가능한 ‘침실통합형’