



장수명주택 실증단지 골조공사 생산성 및 공정분석

Productivity and Work Process Analysis of Structural Construction of Long-life Housing Demonstration Complex

박준호* · 이동건** · 강유나*** · 박지영****

Jun-Ho Park* · Dong-Gun Lee** · You-Na Gang*** · Ji-Young Park****

* Researcher, Land & Housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, South Korea (crying0958@daum.net)

** Coauthor, Assistant Research Fellow, Land & Housing Institute, Korea Land and Housing Corporation, South Korea (dk418@lh.or.kr)

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

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

ABSTRACT

Purpose: The majority of long-life housings in Korea are generally evaluated as wall structures, and there are no realities of apartments that use column-structures such as the flat-plate and rahmen structures. In order to secure the highest and highest grades of certification for long-life housing, a durable and flexible column structure must be applied. However, there is no evaluation of excellence or best due to the problem of rising initial construction costs. Therefore, many problems can occur when there is no basic data for structure construction of a column structure apartment. In this study, we demonstrated a column structure using a rahmen structure and a flat-plate structure, compared the productivity and process with a wall structure, and obtained basic data of a long-life housing using a column structure to be constructed in the future. **Method:** The productivity of Form work, rebar, and concrete for structure work was analyzed by monitoring building of each of the wall structure, the rahmen structure, and the flat plate structure. Through the work process analysis, it analyzes the further cycle-time of the pillar structure, and tries to analyze the work process. **Result:** As a result of the productivity analysis, it was found that the productivity of rebar and concrete was not difference as that of the wall structure, but the productivity of the Form work was lower than that of the wall structure. As a result of the process analysis, it was found that the wall-structured structure appeared for 8 days, the flat plate structure for 9 days, and the rahmen structure for 11 days.

KEYWORD

장수명주택
생산성
공정분석

Long-Life Housing
Productivity
Work Process Analysis

ACCEPTANCE INFO

Received Feb. 10, 2020

Final revision received Feb. 28, 2020

Accepted Mar. 3, 2020

© 2020 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

2015년부터 1,000세대 이상 공동주택 공급시 의무적용되고 있는 「장수명주택 건설·인증제도」(국토교통부 고시 제 2018 - 521호)는 우수·최우수등급으로 인증을 받으면 건폐율과 용적률을 완화하는 인센티브를 지급하고 있다[1]. 하지만 아직까지 장수명주택 인증제도는 벽식구조 양호등급 수준에 머물러 있으며, 우수 및 최우수등급을 받은 사례가 전무하다. 이는 우수 및 최우수등급의 점수를 확보하려면 기존 공동주택의 대부분을 차지하고 있는 벽식구조로는 불가능하며 라멘구조 및 무량판구조를 적용하여 내부 공간의 가변성 및 내구성, 수리용이성에 대한 점수를 확보하여야 한다. 하지만 기동식 구조는 높은 내구성과 가변성에 유리하다는 점에도 불구하고 초기 건설비용이 상승되는 이유로 건설사에 외면당하고 있는 실정이다[2]. 이 때문에, 국내에서 장수명주택에 대한 실증은 거의 전무한 실정이며, 공동주택에 라멘구조 및 무량판구조를 적용한 사례도 미비함으로 인하여 장수명주택의 시공 실적데이터 역시 전무한 실정이다[3].

이러한 이유로 인하여 국내의 장수명주택 인증 단지는 전부 벽식구조 형식의 일반 등급으로 구축되고 있으며 실제 라멘구조 및 무량판구조를 시공을 위한 기초데이터가 없어 시공 시 많은 문제점이 발생될 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 세종시 2-1생활권 M3블럭에 실증되고 있는 라멘구조 및 무량판구조에 대한 골조 공사의 시공 모니터링을 수행하여 라멘 및 무량판구조의 생산성 분석 및 공정 분석을 통하여 향후 건립될 장수명주택 골조공사 공정분석에 대한 기초 데이터를 구축하고자 한다[4][5].

1.2. 연구의 방법 및 범위

1) 장수명주택 실증단지 개요

장수명주택 실증단지는 한국건설기술연구원, SH공사, LH공사가 공동으로 수행중인 '비용절감형 장수명주택 개발 및 실증단지 구축' 국책과제의 일환으로 세종시 2-1생활권 M3블럭에 2019년 09월에 준공된 실증단지이다. 총 14개동 1,080세대로 59㎡가 840세대, 84㎡가 240세대로 구성되어 있으며, 12개동은 벽식구조, 나머지 2개동은 각각 무량판구조와 라멘구조로 구축되었다[6]. 본 연구에서 모니터링을 수행한 동은 벽식구조 907동, 무량판구조 905동,

라멘구조 906동으로 총 3개동의 골조공사 수행 시 생산성 모니터링을 수행하였다. 아래 그림에 각 구조별 평면과 각동의 위치를 나타내었다.



Fig. 1. Structural Plan

2) 장수명주택 골조공사 생산성 분석 방법

장수명주택 실증단지 시공 모니터링을 통한 생산성 분석은 장수명주택 실증단지 Support 공사의 작업 효율성과 공정 계획 수립을 위한 방법을 의미한다. 실증단지 골조공사 생산성 분석을 위하여 시공 모니터링을 실시하고, 골조공사 모니터링을 통한 각동의 층별 작업 인원, 작업 내용, 작업 시간, 물량을 수집한 후, 모니터링 데이터 확인 및 검증을 위하여 작업일보의 내용과 모니터링 데이터 내용을 비교 검토하였다.

골조공사 공종별 생산성 Raw-Data 분석을 통하여 보정 작업이 필요한 부분을 체크하고 그 Outlier를 제거 한 후 생산성을 분석한다. 골조공사의 거푸집 공사의 경우, 장수명동(905, 906동)과 벽식동(907동)의 작업조 운영 방식이 상이하하여 작업시간의 차이가 존재하여 그에 따른 작업 시간을 보정 후 생산성을 분석하였다.

모니터링을 통한 생산성 데이터는 수집된 골조공사의 공종만 대상으로 하고 거푸집(깁폼, 알폼, 유로폼 등 포함), 철근, 콘크리트 공사를 조사 대상인 905동(무량판구조), 906동(라멘구조), 907동(벽식구조)을 분석하였고, 측정된 905동(무량판구조), 906동(라멘구조), 907동(벽식구조)의 데이터를 층별로 작업 시간, 물량, 인원수로 정리하고 수집된 생산성 데이터를 바탕으로 생산성 분석을 수행하였으며, 모니터링으로 수집된 데이터는 작업일보를 통하여 데이터 확인 및 검증 작업을 진행하였다.

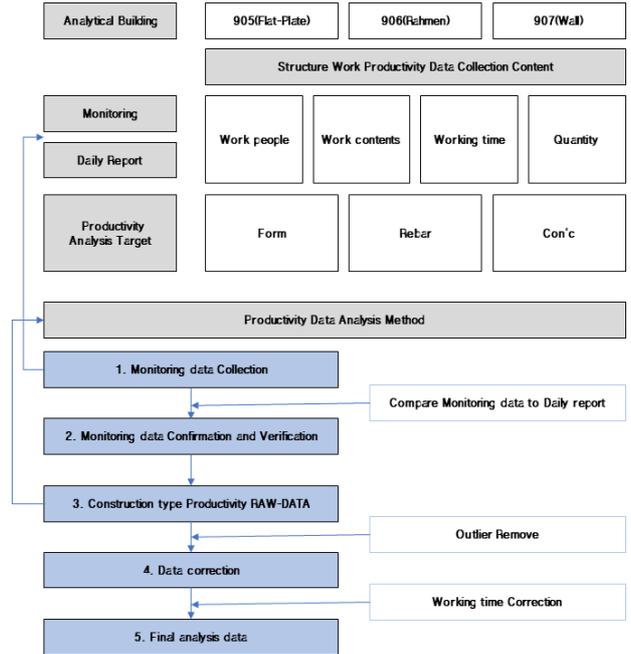


Fig. 2. Productivity Analysis Method

3) 장수명주택 골조공사 공정 분석 방법

장수명주택 실증단지 시공 모니터링을 통한 공정 분석은 장수명주택 Support 공사 상세 공정표 작성을 위한 골조공사 층당 작업 시간 분석을 목적으로 하고, 공정분석을 효율적으로 하기 위해서 실증단지 공정을 분석 계획 및 절차 수립, 실증단지 직접 모니터링 그리고 작업내용 확인을 위한 작업일보 검토를 수행하였다. 아래 그림과 같이 시공 모니터링을 통해 공정 분석을 위한 모니터링을 실시하였다.

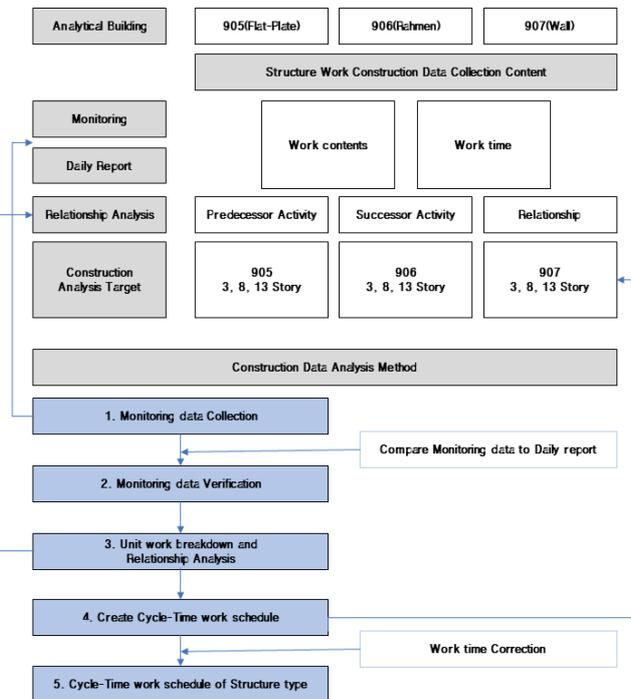


Fig. 3. Work Schedule Analysis Method

시공 모니터링의 평가 내용으로 작업 분류체계, 시공순서, 단위 작업별 소요일수, 타 공정과의 연계성을 평가하며, 장수명 실증단지의 장수명 2개동 (905, 906동)과 일반 벽식 1개동 (907동)을 대상으로 하였다. 시공성 모니터링을 위한 평가 방법은 단위 작업 측정, 비디오 및 사진 촬영 분석 등의 방법으로 수행하고, 골조공사 모니터링을 통한 장수명동(905, 906동), 벽식동(907동)의 작업 내용 및 작업 시간을 측정 한 후, 모니터링 데이터 확인 검증을 위하여 작업일보의 내용과 모니터링 데이터 내용을 비교 검토하였다.

골조 공사의 단위작업 분계 및 선행 Activity 와 후행 Activity의 연관 관계 분석을 통하여 단위작업의 관계를 분석하고 공정표 작성 시 활용하여 장수명동(905, 906동), 벽식동(907동)의 3층, 8층. 13층을 대상으로 Cycle-Time을 분석 하였다. 제시된 3개의 층수는 기준층을 대상으로 작업자의 Learning effect를 확인 할 수 있는 층수를 선택하였다.

2. 골조공사 생산성 및 공정 분석

2.1 장수명주택 실증단지 골조공사 생산성 분석

905동(무량판구조)와 906동(라멘구조) 2개동은 4호 조합으로 총 15층으로 구성되어 있고, 907동(벽식구조)는 17층까지는 4호 조합, 18층에서 20층까지는 2호 조합으로 구성되어있음. 추 후 생산성 분석 시 제외 하였고, 각 층에 따른 생산성을 골조공사 공종 수량별 작업에 투입된 작업자 인원의 1인 작업량을 분석하였다. 다음 표는 905동(무량판구조)와 906동(라멘구조), 907동(벽식구조)의 공종별 Raw-data를 나타낸 것이다.

Table 1. The Building 905 Productivity Raw-Data

| Story | Quantity | | | Personnel | | | Productivity | | |
|-------|------------------------|-------------|-------------------------|-----------|--------|--------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Form (m ²) | Rebar (ton) | Con'c (m ³) | Form | Rebar | Con'c | Form (m ² /Man) | Rebar (ton/Man) | Con'c (m ³ /Man) |
| 1 | 1908.18 | 28.95 | 277.48 | 67 | 36 | 8 | 28.69 | 0.80 | 34.69 |
| 2 | 1534.49 | 20.76 | 221.06 | 49 | 24 | 7 | 31.32 | 0.86 | 31.58 |
| 3 | 1698.57 | 22.94 | 238.80 | 46 | 24 | 8 | 36.93 | 0.96 | 29.85 |
| 4 | 1588.77 | 21.44 | 225.76 | 42 | 24 | 7 | 37.83 | 0.89 | 32.25 |
| 5 | 1588.77 | 21.40 | 225.77 | 42 | 24 | 7 | 37.83 | 0.89 | 32.25 |
| 6 | 1588.77 | 21.38 | 225.77 | 42 | 24 | 7 | 37.83 | 0.89 | 32.25 |
| 7 | 1588.77 | 21.33 | 225.78 | 42 | 24 | 7 | 37.83 | 0.89 | 32.25 |
| 8 | 1588.77 | 21.33 | 225.78 | 42 | 24 | 7 | 37.83 | 0.89 | 32.25 |
| 9 | 1588.77 | 21.29 | 225.78 | 36 | 22 | 7 | 44.13 | 0.97 | 32.25 |
| 10 | 1588.77 | 21.29 | 225.78 | 36 | 22 | 7 | 44.13 | 0.97 | 32.25 |
| 11 | 1588.77 | 21.19 | 225.79 | 36 | 20 | 7 | 44.13 | 1.06 | 32.26 |
| 12 | 1588.77 | 21.18 | 225.80 | 36 | 20 | 7 | 44.13 | 1.06 | 32.26 |
| 13 | 1588.77 | 21.15 | 225.80 | 36 | 20 | 7 | 44.13 | 1.06 | 32.26 |
| 14 | 1666.04 | 21.41 | 234.62 | 36 | 20 | 7 | 46.28 | 1.07 | 33.52 |
| 15 | 1587.91 | 25.09 | 265.66 | 36 | 20 | 7 | 44.11 | 1.25 | 37.95 |
| Sum | 24282.89 | 332.13 | 3495.42 | 623.50 | 348.00 | 107.00 | 38.95 | 0.95 | 32.67 |

Table 2. The Building 906 Productivity Raw-Data

| Story | Quantity | | | Personnel | | | Productivity | | |
|-------|------------------------|-------------|-------------------------|-----------|--------|--------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Form (m ²) | Rebar (ton) | Con'c (m ³) | Form | Rebar | Con'c | Form (m ² /Man) | Rebar (ton/Man) | Con'c (m ³ /Man) |
| 1 | 1692.48 | 26.45 | 239.69 | 83 | 54 | 8 | 20.51 | 0.49 | 29.96 |
| 2 | 1707.34 | 27.94 | 253.62 | 73 | 38 | 7 | 23.39 | 0.74 | 36.23 |
| 3 | 1795.47 | 27.94 | 259.25 | 54 | 37 | 7 | 33.25 | 0.76 | 37.04 |
| 4 | 1721.60 | 27.21 | 251.85 | 50 | 36 | 7 | 34.43 | 0.76 | 35.98 |
| 5 | 1721.60 | 27.25 | 251.85 | 50 | 36 | 7 | 34.43 | 0.76 | 35.98 |
| 6 | 1721.60 | 27.56 | 251.81 | 49 | 36 | 7 | 35.13 | 0.77 | 35.97 |
| 7 | 1721.60 | 27.56 | 251.81 | 41 | 36 | 7 | 41.99 | 0.77 | 35.97 |
| 8 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 40 | 36 | 7 | 43.04 | 0.76 | 35.97 |
| 9 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 39 | 36 | 7 | 44.14 | 0.76 | 35.97 |
| 10 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 38 | 34 | 7 | 45.31 | 0.81 | 35.97 |
| 11 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 38 | 34 | 7 | 45.31 | 0.81 | 35.97 |
| 12 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 38 | 24 | 7 | 45.31 | 1.15 | 35.97 |
| 13 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 38 | 24 | 7 | 45.31 | 1.15 | 35.97 |
| 14 | 1721.60 | 27.50 | 251.82 | 38 | 24 | 7 | 45.31 | 1.15 | 35.97 |
| 15 | 1736.98 | 28.73 | 259.68 | 38 | 24 | 7 | 45.71 | 1.20 | 37.10 |
| Sum | 25869.87 | 413.12 | 3782.25 | 706.50 | 509.00 | 106.00 | 36.62 | 0.81 | 35.68 |

Table 3. The Building 907 Productivity Raw-Data

| Story | Quantity | | | Personnel | | | Productivity | | |
|-------|------------------------|-------------|-------------------------|-----------|-------|-------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|
| | Form (m ²) | Rebar (ton) | Con'c (m ³) | Form | Rebar | Con'c | Form (m ² /Man) | Rebar (ton/Man) | Con'c (m ³ /Man) |
| 1 | 2155.14 | 31.95 | 306.53 | 43 | 24 | 6 | 50.12 | 1.33 | 51.09 |
| 2 | 1660.47 | 16.60 | 224.63 | 30 | 24 | 6 | 55.35 | 0.69 | 37.44 |
| 3 | 1743.42 | 17.67 | 233.61 | 32 | 16 | 6 | 54.48 | 1.10 | 38.94 |
| 4 | 1662.17 | 16.10 | 224.90 | 26 | 16 | 6 | 63.93 | 1.01 | 37.48 |
| 5 | 1662.17 | 16.02 | 224.91 | 27 | 16 | 6 | 61.56 | 1.00 | 37.49 |
| 6 | 1662.17 | 15.99 | 224.92 | 24 | 16 | 6 | 69.26 | 1.00 | 37.49 |
| 7 | 1662.17 | 15.83 | 224.94 | 23 | 16 | 6 | 72.27 | 0.99 | 37.49 |
| 8 | 1662.17 | 15.76 | 224.94 | 22 | 16 | 6 | 75.55 | 0.98 | 37.49 |
| 9 | 1662.17 | 15.76 | 224.94 | 23 | 16 | 6 | 72.27 | 0.98 | 37.49 |
| 10 | 1662.17 | 15.71 | 224.95 | 21 | 16 | 6 | 79.15 | 0.98 | 37.49 |
| 11 | 1662.17 | 15.71 | 224.95 | 21 | 16 | 6 | 79.15 | 0.98 | 37.49 |
| 12 | 1662.17 | 15.52 | 224.97 | 21 | 16 | 6 | 79.15 | 0.97 | 37.50 |
| 13 | 1662.17 | 15.52 | 224.97 | 22 | 16 | 6 | 75.55 | 0.97 | 37.50 |
| 14 | 1662.17 | 15.52 | 224.97 | 22 | 16 | 6 | 75.55 | 0.97 | 37.50 |
| 15 | 1662.17 | 15.52 | 224.97 | 22 | 16 | 6 | 75.55 | 0.97 | 37.50 |
| Sum | 1662.17 | 15.52 | 224.97 | 23 | 16 | 6 | 72.27 | 0.97 | 37.50 |

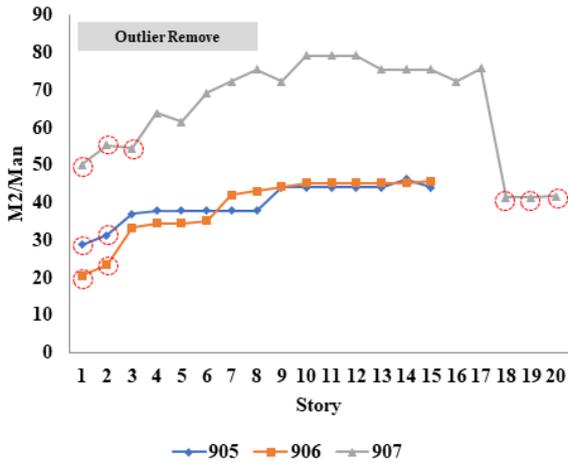


Fig. 4. Form work Outlier Remove

모니터링을 통한 골조공사 데이터를 바탕으로 거푸집공사에 대한 생산성을 그래프로 나타내었다. 905동(무량판구조)과 906동(라멘구조) 2개동은 4호 조합으로 총 15층으로 구성되어 있고, 907동(벽식구조)는 17층까지는 4호 조합, 18층에서 20층까지는 2호 조합으로 구성되어 있다.

907동(벽식구조)과 905동 및 906동을 동일한 조건에서 생산성을 분석하기 위하여 18층 이상의 2호 조합의 데이터는 분석 시 제외하였으며, 905동 과 906동 또한 907동에 없는 필터가 1~2층에 존재함으로 인하여 분석 시, 1, 2층을 제외하고 분석을 수행하였다. 즉, 세대 조합과 필터로 인해 분석 조건의 차이가 발생하는 층의 데이터는 생산성 분석 시 Outlier로 설정하여 제외 하였다.

생산성 데이터 결과값의 Outlier를 제거하는 보정 작업을 실시 한 후 생산성 데이터를 분석하였다. Outlier를 제거한 데이터를 도식화 하면 다음의 Fig. 5.와 같다.

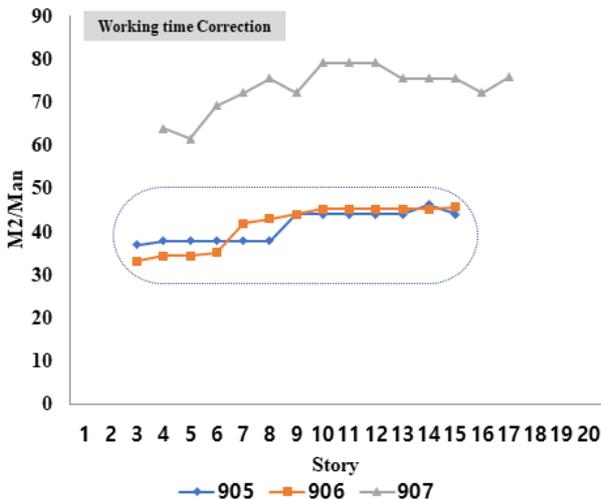


Fig. 5. Working time of Form work Correction

거푸집 공사의 생산성을 확인해 본 결과 905동과 906동의 거푸집 공사 생산성이 907동 보다 약 50%저하됨을 확인할 수 있었다. 거푸집 공사의 생산성 차이에 대한 이유를 시공사 공무 및 시공법, 시공

감리자와 검토해 본 결과, 장수명동(905, 906동)의 거푸집 공사 작업인력의 운영방식(AM 7:00 ~ PM 2:00, 하루 5시간 작업)이 벽식동의 작업조 운영방식(AM 5:00 ~ PM 3:00 하루 8시간 작업)과 상이하기 때문으로 확인 되었다.

이에, 무량판 및 라멘구조의 거푸집 공사 작업시간을 벽식과 동일한 1일 8시간 작업으로 수정하여 생산성 보정작업을 수행하였다.

2.2. 장수명주택 실증단지 골조공사 공정 분석

1) 벽식구조 (907동)

907동 3층 골조공사는 작업일수 기준으로 8일이 소요되는 것으로 나타났다. 공정상 "슬라브 알폼 해체" 작업의 선/후행 관계 검토가 필요해 보이며 양생 완료 후 슬라브 거푸집 해체가 가능하다. 8층 골조공사는 작업일수 기준으로 7일이 소요되며 공정상 "슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 후 슬라브 거푸집 해체가 가능하므로 선/후행 관계 검토가 필요하다. 13층 골조공사는 작업일수 기준으로 7일이 소요되며 공정상 "슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 후 슬라브 거푸집 해체가 가능하므로 선/후행 관계 검토를 수행하였다.

2) 무량판구조 (905동)

905동 3층 골조공사는 작업일수 기준으로 14일이 소요되며 공정상 "갱폼 해체 및 조립", "벽체 알폼 해체"작업을 "떡매김" 작업과 동시에 실시할 경우 1일 단축 가능 할 것으로 판단되며, 8층 골조공사는 8일 소요되며 공정상 "갱폼 해체 및 조립", "벽체 알폼 해체"작업을 "떡매김" 작업과 동시에 실시할 수 있을 것으로 사료된다. "슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 완료 전에 수행되었지만 양생 완료 후 슬라브 거푸집 탈영이 가능하다.

13층 골조공사는 작업일수 기준으로 7일이 소요됨, "슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 완료 전에 수행된다.

3) 라멘구조 (906동)

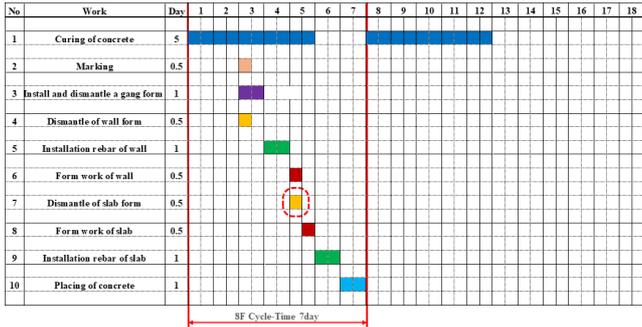
906동 3층 골조공사는 작업일수 기준으로 15일이 소요되며, "갱폼 해체 및 조립", "벽체 알폼 해체" 작업을 "떡매김"작업과 동시에 진행 할 경우 1일 단축이 가능할 것으로 보인다.

8층 골조공사는 작업일수 기준으로 9일이 소요되며, "슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 완료 전에 수행되어야 한다.

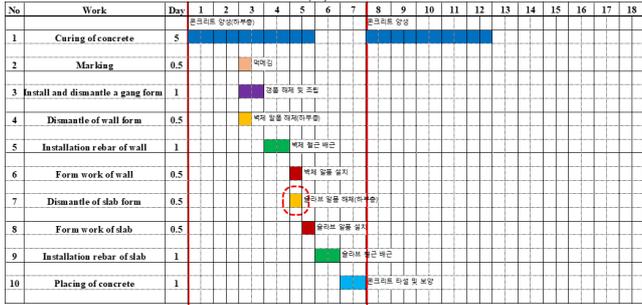
13층 골조공사는 작업일수 기준으로 8일이 소요되며, "보와 슬라브 알폼 해체" 작업이 콘크리트 양생 완료 전에 되었다.

| No | Work | Day | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | |
|----|-----------------------------------|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|
| 1 | Curing of concrete | 5 | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Marking | 0.5 | | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Install and dismantle a gang form | 1 | | | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Dismantle of wall form | 0.5 | | | █ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Installation rebar of wall | 1 | | | | █ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Form work of wall | 1 | | | | | █ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Dismantle of slab form | 0.5 | | | | | | █ | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | Form work of slab | 1 | | | | | | | █ | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Installation rebar of slab | 1 | | | | | | | | █ | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Placing of concrete | 1 | | | | | | | | | █ | | | | | | | | | | | |

(a) 3F

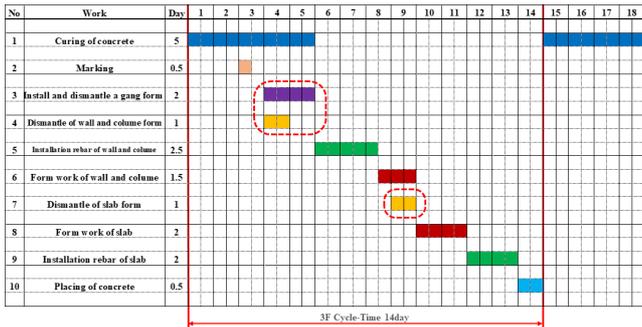


(b) 8F

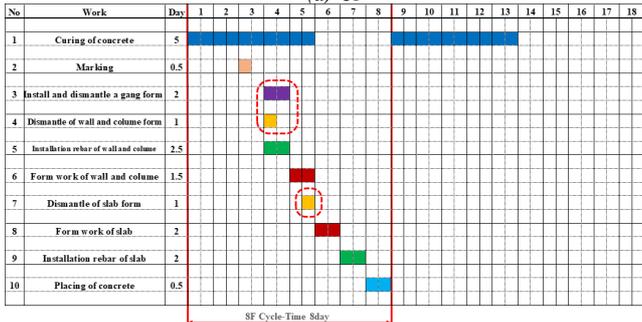


(c) 13F

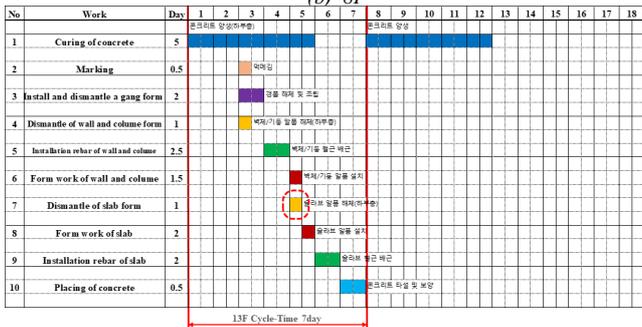
Fig. 6. Wall Structure Cycle-time analysis



(a) 3F

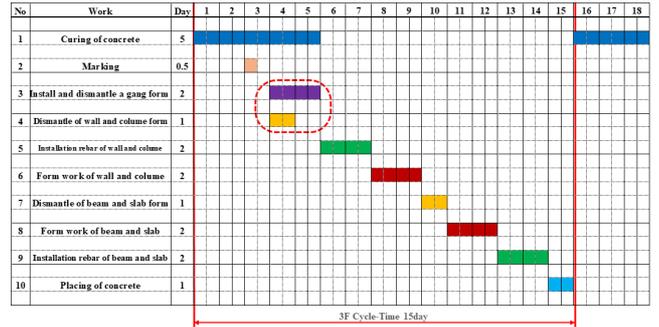


(b) 8F

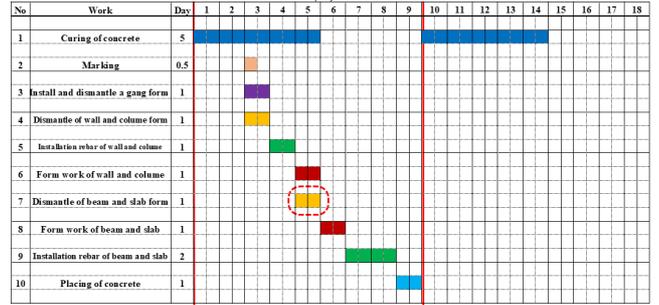


(c) 13F

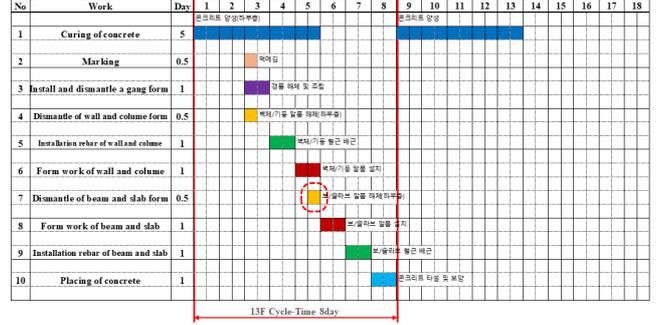
Fig. 7. Flat-plate Cycle-time analysis



(a) 3F



(b) 8F



(c) 13F

Fig. 8. Rahmen Structure Cycle-time analysis

3. 골조공사 생산성 및 공정 분석 결과

3.1 장수명주택 실증단지 골조공사 생산성 분석 결과

장수명동인 905, 906동의 경우 1-2층에 필로티가 존재하여 골조공사 분석 시 오류를 발생 시키는 Outlier로 제거 하였으며 Outlier 제거를 통해 장수명동의 철근, 콘크리트의 생산성 차이가 미미한 것으로 나타났지만, 거푸집 공사의 생산성은 운영방식에 따른 작업시간에 따른 추가적인 보정 작업을 하였다. 그 결과와 그래프를 아래 표와 그림으로 나타내었다.

거푸집 공사의 작업시간에 따른 보정작업을 통한 생산성은 벽식동(907동)을 기준으로 하여 무량관구조(905동)는 80.3%, 라멘구조(906동)는 79.8%로 나타났다. 단지 단위로 장수명주택 거푸집 작업 생산성을 평가 시, 기존의 벽식 아파트와 비교하여 생산성 차이가 거의 없을 것으로 판단된다. 장수명동(905,906동)의 기둥과 보 거푸집 작업과 슬라브 거푸집 준치를 위한 동바리 과다 사용으로 생산성이 저하 되는 것을 확인되었다.

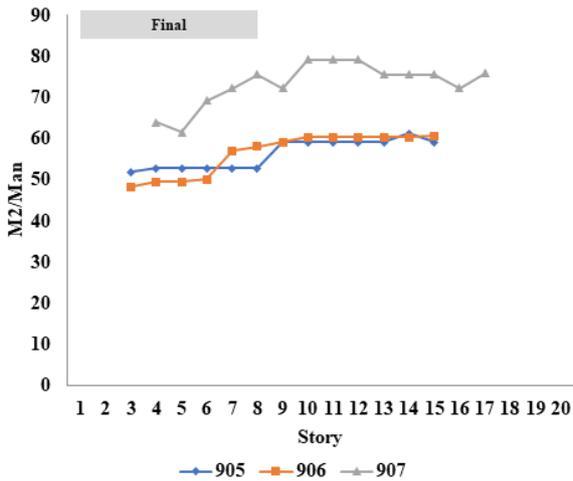


Fig. 9. Form work Outlier remove

무량판구조인 905동은 기둥이 존재하지만, 벽식동의 철근 배근과 큰 차이가 없는 것으로 보이며, 철근 작업 시 라멘구조인 906동은 보와 철근 배근으로 인하여 생산성이 저하되는 것으로 나타났다.

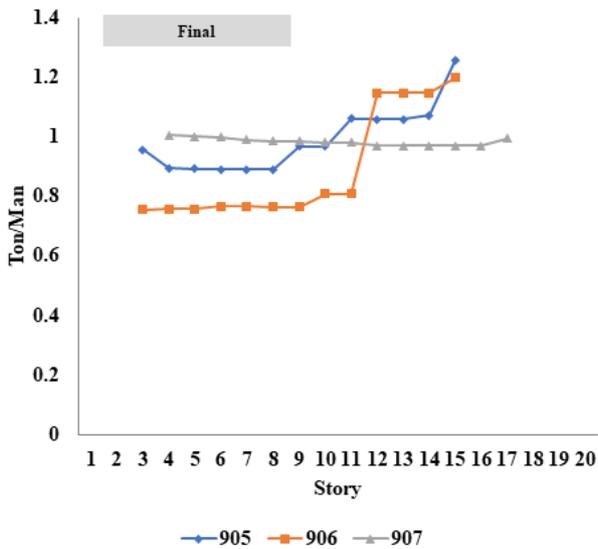


Fig. 10. Rebar Outlier remove

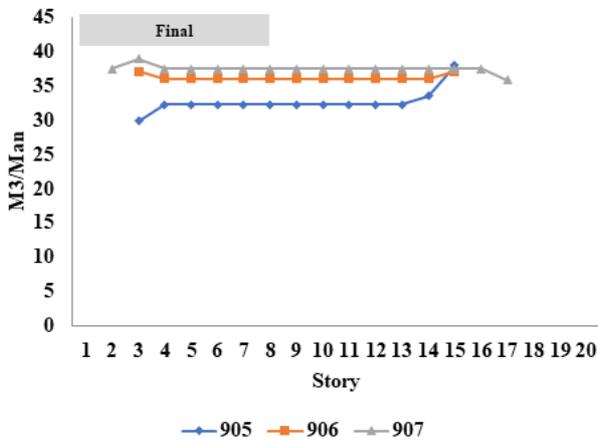


Fig. 11. Con'c Outlier remove

콘크리트 타설시 1일 작업량은 약 250~300m³으로, 이를 1인당 생산성으로 변환하면 35.7~50.0m³으로 나타났으며, 이에 장수명동인 905, 906동 콘크리트 생산성 분석 결과와 차이는 미미한 것으로 나타났다.

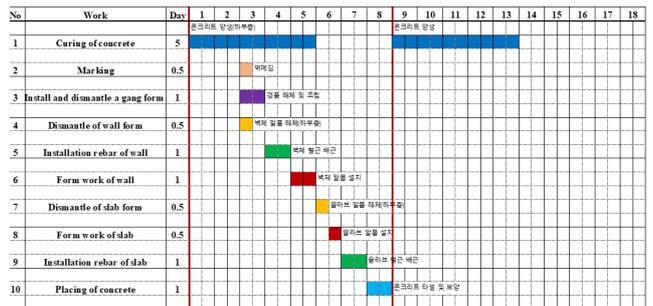
Table 4. Productivity Analysis Result

| Division | Flat-Plate 905 | Rahmen 906 | Wall 907 |
|-------------------------------------|----------------|----------------|----------|
| Form work (m ² /Man) | 38.95 (60.3%) | 36.62 (56.7%) | 64.57 |
| Form work (Outlier Remove) | 41.02 (56.2%) | 40.78 (55.9%) | 72.97 |
| Form work (Working time correction) | 58.61 (80.3%) | 58.26 (79.8%) | 72.97 |
| Rebar (ton/Man) | 0.95 (99.4%) | 0.81 (84.6%) | 0.96 |
| Rebar (Outlier Remove) | 0.98 (99.7%) | 0.860 (87.5%) | 0.98 |
| Con'c (m ³ /Man) | 32.67 (92.3%) | 35.68 (100.8%) | 35.40 |
| Con'c (Outlier Remove) | 32.57 (86.9%) | 36.14 (96.4%) | 37.47 |

3.2 장수명주택 실증단지 골조공사 공정 분석 결과

공정간 선/후행 관계 및 공정상 고려사항 그리고 생산성을 반영하여, 벽식구조, 무량판구조, 라멘구조 골조공사 Cycle-time 공정표를 작성하였다. 모니터링 시 작업 내용과 시간을 측정하고, 작업 일보를 통해 작업 내용을 확인 비교 하였으며, 대상 건물인 장수명동(905,906동), 벽식동(9007동)의 3층, 8층, 13층을 대상으로 Cycle-Time을 분석하였다. 기준층을 대상으로 작업자의 Learning effect를 확인 할 수 있는 층수를 3층, 8층, 13층으로 선정하여 공정 분석을 하였다.

골조공사 Cycle-Time 분석결과 벽식구조(907동)은 8일, 무량판구조(905동)는 벽식구조 대비 1일 추가된 9일, 라멘구조(906동)은 11일로 벽식구조 보다 3일의 작업소요 일이 필요한 것으로 나타났다.



(a) Wall Structure Cycle-Time

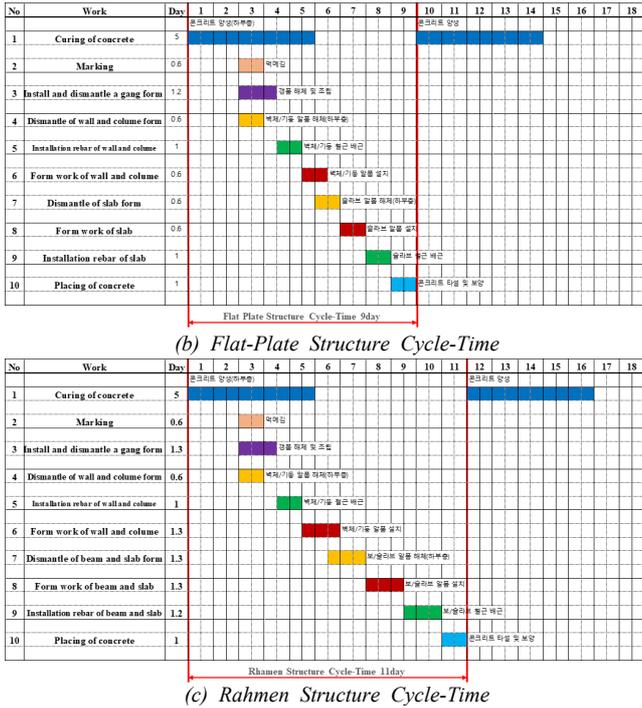


Fig. 12. Structure Cycle-time analysis Result

4. 결론

본 연구는 향후 건립될 장수명주택의 골조공사 생산성 분석 및 공정분석에 대한 기초 데이터 구축을 목표로 하고 있으며, 이를 위해 골조공사의 시공 모니터링과 작업일보 분석을 통하여 벽식구조, 무량판구조, 라멘구조의 생산성과 Cycle-time 공정분석을 수행하였다.

장수명주택 실증단지의 벽식구조, 무량판구조, 라멘구조의 골조공사를 모니터링 하여 생산성과 공정분석을 한 내용을 정리하면 다음과 같다.

1. 생산성 분석 결과 철근과 콘크리트의 생산성은 각 구조별 차이가 미비하지만 거푸집 공사의 작업 시간은 벽식구조 대비 무량판구조는 80.9%, 라멘구조는 79.8%로 나타나 벽식구조에 비해 생산성이 낮은 것으로 나타났다.

2. 공정 분석 결과 벽식구조의 Cycle-Time은 8일, 무량판구조 9일, 라멘구조 11일로 나타났으며, 무량판구조의 경우 벽식구조와 차이가 미비하지만, 라멘구조의 경우 벽식구조 대비 3일의 시간이 더 소요되는 것으로 나타났다.

상기의 분석내용을 통하여, 벽식구조가 무량판구조 및 라멘구조에 비하여 상대적으로 생산성 및 Cycle-Time이 우수한 것으로 나타났지만, 실증단지의 특성상 일반 벽식단지에 일부 무량판 및 라멘구조를 Test-bed의 형식으로 적용하였기 때문에 작업인력의 운영방식이 벽식동에 맞추어져 운영되었다.

하지만, 전체 단지를 무량판구조 또는 라멘구조로 통일하여 시공

이 되었다면 작업인력 운영의 효율성 증대로 인하여 생산성은 더욱 높아질 것으로 사료된다.

그러나, 라멘구조의 경우에는 보(Beam)형성으로 인하여 거푸집 작업효율 저하는 현재의 공법에서는 개선이 어려운 것으로 사료되며, 라멘구조의 생산성 향상을 위한 거푸집 공법 개선을 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

또한, 본 연구를 위한 분석대상은 국책연구의 실증단지로서 비용 절감 장수명주택을 위한 Test-bed의 개념으로 시공되었기 때문에 일반적인 무량판 및 라멘구조의 공동주택과는 상이한 부분이 존재한다. 이에, 향후 연구과제에서는 전체 단지가 무량판 또는 라멘구조로 구축된 단지를 대상으로 한 공정분석이 필요할 것으로 사료된다.

Acknowledgement

본 연구는 2019년 국토교통부 주거환경연구사업(과제번호 : 19RERP-B082173-06) 연구비지원으로 이루어졌습니다.

Reference

- [1] 국토교통부 고시 제 2018 - 521호, 「장수명주택 건설·인증제도」. // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport Notification No. 2018-521, "Construction and Certification System for Long-Life Housing".)
- [2] 조민주, 김종성, 유성용, 장수명주택 내구성 평가항목별 경제성분석에 관한 연구, 한국주거학회 추계학술발표대회 논문집, 2015. 11. // (M.J. Jo et al., Study on Economic Analysis per Durability Evaluation Item of Long-Life Housing, The Korean Housing Association, 2015. 11.)
- [3] 김은영, 황은경, 장수명 주택 인증 평가항목 특점현황 분석 연구, 한국생태환경건축학회 논문집 제18권 제6호, 2018. // (E.Y. KIM, E.K. Hwang, The Analysis of Scoring Status of Long-Life Housing Certification Evaluation Items, KIEAE Journal 18(6), 2018.12, p.43-50.)
- [4] 김아현외, 장수명주택 보급모델의 당해층배관 비용분석, 한국주거학회 학술대회논문집, 2016, p.233. // (A.H. Kim et al., The Cost Analysis of On-Slab Plumbing System for Prototypes of Long-life housing, The Korean Housing Association 2016, p.233.)
- [5] 홍성욱 외, 장수명 공동주택 실용화를 위한 실험주택 공정분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, 제25권 제7호, 2009, pp.145-152. // (S.W. Hong et al., Analysis of Construction Planning and Scheduling in the Mock-up House for Practicality of Long Life Housing, Architectural Institute of Korea, 25(7), 2009, pp.145-152.)
- [6] 강지연 외, 공동주택 구조 형식에 따른 기밀성능 측정 및 분석, 한국생태환경건축학회 논문집: 19(6), 2019, pp.81-86. // (J.Y. Kang et al, Airtightness of multi-family residential buildings with differential structural systems, KIEAE Journal: 19(6), 2019, pp.81-86.)