

# 웹사이클론을 활용한 알루미늄 폼 공정의 품셈산출

## Estimating Productivity of AL-Form Operation Using Web-CYCLONE System

이 동 은\*      김 용 우\*\*      손 창 백\*\*\*  
Lee, Dong-Eun      Kim, Yong-Woo      Son, Chang-Baek

### Abstract

Construction Standard Productivity Manual (CSPM) has been used for estimating the contract amount of public construction projects. CSPM has been annually either revised and/or newly enacted with high costs. Therefore, This study makes use of CYCLONE, which is a simulation modeling and analysis system specialized in construction operation, to improve the revising and enacting processes of CSPM. This paper presents the CSPM revision module that is an Add-in to Web-CYCLONE. The new module can be effectively used to incorporate the auxiliary tasks and the non-productive tasks into AL-Form operation model. The outputs obtained from the models using the CSPM revision module and from work sampling were compared to verify the usability of the add-in modules. This study verifies that the new module can effectively assist enacting and/or revising CSPM.

**Keywords :** Construction Standard Production Unit, Enactment and/or Revision, AL-Form, CYCLONE Model

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1970년 이후부터 건설표준품셈을 제정하여 공공 공사의 예정가격을 산정하는 적산기준으로 활용해 왔다. 이는 각 공종별로 시공물량 당 소요 노무품을 규정하여 제시한다. 2008년도 이후에는 장비의 고도화와 신기술 및 신공법 등에 의한 표준품의 변동을 현실적으로 반영하기 위해 상시 관리체계를 구축하였고, 표준품셈을 구성하는 각 장들, 즉 각 공종별 항목을 그룹별로 세분화 하여 일정 주기에 따라 제·개정 업무를 수행하고 있다. 하지만, 이러한 제·개정 업무는 각 공종별로 다수의 현장을 직접 방문하여 품셈을 측정 및 산출하기 때

문에 많은 인원과 시간이 소요되는 문제점을 발생시킨다. 이러한 문제점을 효율적으로 개선하기 위해 시뮬레이션 시스템의 하나인 사이클론을 확장하는 방법론을 모색할 필요가 있다.

사이클론 모델은 반복적인 특성을 가진 건설공정을 프로세스 및 단위작업 수준까지 분해하여 동시 다발적으로 발생하는 복잡한 작업관계를 정량적으로 모델링 및 분석하는 기법이다. 최근 이러한 사이클론 모델을 사용하여 투입인력, 생산성 및 최적 작업조 등을 분석하는 연구들이 다수 수행되었다. 그러나 기존 연구들은 주로 생산적인 작업<sup>1)</sup>들만을 모형에 고려하여 생산성을 분석하였을 뿐, 보조적 작업 및 비생산적 작업을 공정모형에 반영하지 않아 표준품셈을 제·개정하기 위한 도구로 활용하기에는 한계점이 있었다. 따라서 본 연구는 표준품셈 제·개정업무를 효율적으로 지원하는 품셈모듈을 개발하고

\* 일반회원, 경북대학교 건축·토목 공학부 부교수, 공학박사, dolee@knu.ac.kr

\*\* 일반회원, 세명대학교 대학원 건설공학과 석사과정, kyw1360@nate.com

\*\*\* 중신회원, 세명대학교 건축공학과 교수, 공학박사(교신지자), cbson@semyung.ac.kr

1) 생산적 작업 : 거푸집의 조립 및 해체 등에 직접적으로 관련된 작업요소

보조적 작업 : 생산적 작업의 효율적인 수행을 위해 부가적으로 필요한 작업요소

비생산적 작업 : 공사수행에 직·간접적으로 관련이 없거나 불필요하지만, 건설공사의 특성상 부득이 하게 발생하는 작업요소

사이클론 시스템에 탑재한다. 또한 알루미늄 폼(이하 AL폼 이라 약칭) 공정을 대상으로 사이클론 모델에 이를 적용한 폼셈의 타당성 검증을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 표준폼셈 제·개정을 위해 개발된 폼셈모듈을 사이클론 모델링에 활용하기 위해, 기존의 연구들과 같이 사이클론을 이용하여 생산적 작업들만을 반영한 노무품을 산출하고, 다음으로 폼셈모듈을 활용하여 보조적 작업 및 비생산적 작업 모두를 반영한 노무품을 산출하여 이들 두 모형간의 차이점을 분석하였다. 또한 이들 노무품과 워크샘플링을 통해 산출한 노무품을 비교하여 AL폼 공사의 폼셈모듈에 대한 실무적용성을 검증함을 연구범위로 설정한다.

본 연구의 절차는 다음과 같다. 첫째, 알루미늄폼 공정의 생산성 분석과 관련된 선행연구들을 조사하여 작업, 프로세스 및 투입자원 등 기초자료를 수집한다. 그리고 실제 공사를 진행하고 있는 현장을 방문하여 현장관리자를 대상으로 인터뷰를 실시하고 이를 검토한다. 둘째, 현장방문을 통해 수집한 비디오 및 인터뷰 자료를 바탕으로 알루미늄폼 공정의 사이클론 모델을 구현하고 각 작업들의 소요시간을 측정하여 시뮬레이션 모델을 완성한다. 셋째, 완성된 모델에 탑재할 폼셈모듈은 워크샘플링 기법과 연속관측기법을 통해 작업확률, 작업횟수, 그리고 소요시간을 측정하여 적용한다. 넷째, 개발된 AL폼 공정의 사이클론 모델은 폼셈모듈을 적용한 것과 적용하지 않은 두 가지의 경우로 분류하여 작업시간 및 폼셈을 산출한다. 다섯째, 그 결과를 워크샘플링을 통해 산출한 결과와 비교하여 본 연구에서 개발한 AL폼 공정용 폼셈모듈의 실무적용성을 검증한다.

### 1.3 기존문헌 고찰

AL폼 공정의 생산성 측정과 관련된 소수의 선행연구들이 수행되었다. 하기주 외(2010)은 알루미늄 폼 공정의 투입인력을 아파트 형태별로 조사하여 표준폼셈과 비교하였다. 정성욱 외(2011)은 알루미늄 폼 공정을 대상으로 투입 노무량을 주동형태에 따라 조사하고 표준폼셈과 비교하였으며, 강동완 외(2012)은 알루미늄 폼 공정의 작업조 기반 비용 데이터 Prototype을 제시하였다. 또한 사이클론을 이용하여 알루미늄 폼 공정의 투입인력, 생산성, 그리고 최적 작업조 등을 분석한 연구가 수행되었다. 송창엽 외(2010)은 알루미늄 폼 공정의 작업공간 개수의 변화에 따른 생산성 변화를 사이클론을 이용해 분석하였고, 강동완 외(2010)은 현실조건을 반영한 거푸집공사 생산성 분석을 위해 거푸집공사 작업프로세스를 바탕으로

표 1. AL폼 공사에 대한 기존문헌 고찰

| 연구자             | 연구내용   |
|-----------------|--|
| 송창엽 외 4인 (2010) | AL 폼 공사를 시뮬레이션 모델링 하였으며 작업공간 개수의 변화에 따른 생산성 변화를 비교·분석함               |
| 하기주 외 5인 (2010) | 공동주택의 AL 폼 공사의 투입인력을 아파트의 형태에 따라 조사하였고, 이를 표준폼셈과 비교하였음               |
| 강동완 외 2인 (2010) | 거푸집 공사의 작업프로세스를 바탕으로 현실조건을 반영한 사이클론 모델을 구축하고 이를 통해 생산성을 분석함          |
| 이경석 (2011)      | 슬래브거푸집 공정을 대상으로 거푸집종류별(알폼, 스키이텍, AFB)의 일일 생산성 및 단위비용을 사이클론을 활용하여 도출함 |
| 정성욱 외 1인 (2011) | 공동주택 AL 폼 공사를 대상으로 실무용 노무량을 조사하였으며, 결과를 주동형태별로 분류하여 이를 표준폼셈과 비교하였음   |
| 강동완 외 2인 (2012) | AL 폼 공사를 시뮬레이션 모델링 하고, 생산성 분석 및 작업조 기반의 Cost Data Prototype을 제시하였음   |

사이클론 모델을 구축하였으며 이경석(2011)은 사이클론을 이용하여 슬라브거푸집 공정의 종류별(알폼, 스키이텍, AFB) 일일생산성 및 단위비용을 도출하였다.

이러한 알루미늄 폼 공정에 대한 선행연구들은 대부분 사이클론 모델을 사용하여 생산성을 분석하거나 폼셈을 산출하여 표준폼셈과 비교한 연구를 수행하였다. 그러나, 표준폼셈 제·개정에 포함되어야 하는 보조적 작업 및 비생산적 작업의 소요시간을 고려하지 않는다. 따라서 본 연구는 기존연구에서 반영하지 않았던 보조적 작업 및 비생산적 작업을 효과적으로 모델링 및 분석에 반영할 수 있도록 알루미늄폼 공정용 폼셈모듈을 개발하고, 이를 사이클론 모델에 탑재하여 노무품을 산출하였다. 그리고, 워크샘플링을 실행하여 산출한 노무품과 비교하여 적용성을 검증한다는 점에서 기존 연구들과 차별화 된다.

## 2. 알루미늄 폼 공정 시뮬레이션 모델

거푸집 공사는 유로폼, 합판, AL폼 등 여러 가지재료 및 공법이 있으며 현장특성에 알맞은 공법을 사용하여 시행한다. 그러나 최근 재사용성이 좋고 경량이며, 거푸집 표면의 정밀도, 거푸집 해체작업의 안정성 및 효율성이 높은 AL 폼이 많이 쓰이고 있다. 특히 AL폼은 작업을 하는데 있어 특별한 기술이 요구되지 않아 근로자들이 쉽게 작업할 수 있기 때문에 채용이 증가하고 있는 추세이다. 따라서 본 연구는 다양한 거푸집 공법 중 AL 폼 공정의 시뮬레이션 모델을 개발하고 이를 분석 및 검증한다.

### 2.1 작업프로세스

AL폼 공정의 프로세스는 선행연구를 통해 조사하고 이를 현장관리자에게 인터뷰를 실시하여 검증받는 방식으로 수행되었다. AL폼 공정의 프로세스는 현장특성에 따라 다소 차이가 있

었지만 대부분의 현장이 비슷한 프로세스로 작업을 진행하는 것으로 조사되었다. 조사된 AL품 공정의 프로세스는 크게 3단계, 계단 거푸집 해체·조립, 세대 벽 거푸집 해체·조립, 그리고 세대 슬래브 거푸집 해체·조립 등으로 구분되었다.

첫 번째 계단 거푸집 해체·조립 공정은 한 개 기준층의 계단과 전실을 해체 및 조립하는 것으로 대부분의 현장이 세대 거푸집 공정과는 별도로 작업을 진행하였다. 두 번째 세대 벽 거푸집 해체·조립 공정은 전일에 미리 해체작업을 완료한 상태에서 다음날 조립작업을 진행하였다. 마지막으로 세대 슬래브 거푸집 해체·조립 공정은 전일 벽거푸집의 조립과 함께 슬래브 거푸집을 해체하고 해체가 완료되면 다음날 조립작업을 완료하는 순서로 진행하였다. 이러한 AL품 공정의 프로세스를 시뮬레이션 모델링하기 위해서 세부 단위작업들로 분해하였다. 따라서 작업프로세스를 현장에서 가장 일반적으로 진행되는 순서를 따라 그림 1과 같이 정리하였다.

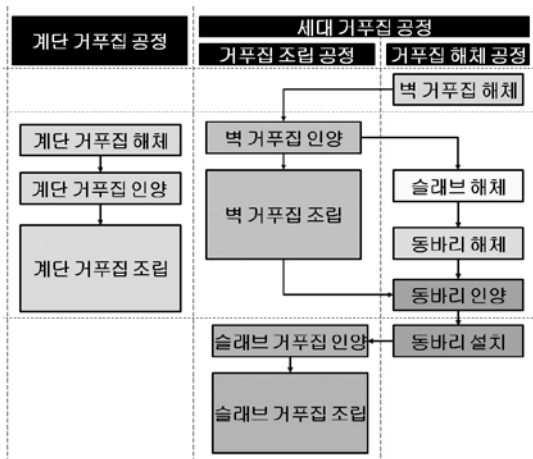


그림 1. AL품 공사의 작업 프로세스

### 2.2 생산적 작업 데이터 수집

AL품 공정용 사이클론 모델에 반영할 데이터를 수집하기 위해서 AL품 공정을 단위작업들로 세분화하였으며, 각 작업간의 선·후행 관계 및 작업시간, 작업조 구성에 관한 정보를 규명하였다. 이러한 정보들이 규명되지 않은 상태에서 데이터를 수집하는 경우 조사 작업의 중복이 발생할 우려가 있기 때문에 정확한 실사 데이터를 수집할 수 없게 된다. 따라서 각 작업간의 작업범위를 현장관리자의 인터뷰를 통해 조사한 후, 이를 실제 작업조들이 각 단위작업에 맞게 투입되어 작업을 진행하는지를 직접 관찰 및 확인하여 각 단위작업의 범위 및 투입 작업조를 규명하였다. 그리고 실제 현장을 직접 방문하여 스톱워치기법 및 동영상 촬영을 통해 각 단위작업에 대한 실제 작업

시간을 측정하였다. 각 단위작업의 범위, 투입 작업조 및 측정된 작업시간은 표 2에 제시한다.

### 2.3 알루미늄 품 공정의 품셈모델 데이터

품셈모델이란 기존 사이클론 연구들에서 반영하지 않았던 보조적 작업 및 비생산적 작업들의 소요시간을 반영해주기 위해 개발된 모듈이다. 시뮬레이션 모델에 적용시켜 하나의 단위작업이 완료되면 해당 단위작업에 투입되었던 작업조가 다음 단위작업으로 바로 진행하거나, 혹은 보조적 작업 또는 비생산적 작업에 투입된 후 다음 단위작업을 진행하도록 분류하고 시간을 소요할 수 있도록 개발된 모듈이다. 이러한 품셈모델을 AL품 공정의 사이클론 모델에 탑재하여 품셈모델의 반영에 따른 작업시간의 변화 및 품셈값에 미치는 영향을 분석하였다.

이에 품셈모델에 반영 할 보조적 작업 및 비생산적 작업의 발생확률, 1인당 평균 발생횟수, 1회당 소요시간을 조사하기 위해 AL품 공사를 진행하고 있는 현장에 방문하여 1개 기준층 작업의 시작부터 완료까지 워크샘플링 및 연속관측기법을 이용하여 실측하였다. 워크샘플링을 통해 관측된 각 단위작업의 관측횟수를 비율로 표현하여 발생확률을 구하였으며, 1인당 평균 발생횟수는 총 관측횟수를 작업자수로 나눈 값을 연산하였다. 그리고 연속관측기법을 실행하여 각 단위작업의 1회당 소요시간의 최소, 평균, 최대값을 조사하였으며, 표 3에 제시한다.

앞에서 워크샘플링 기법과 연속관측기법을 이용하여 조사한 보조적 작업과 비생산적 작업의 발생확률, 1인당 평균 발생횟수, 1회당 소요시간을 반영하여 AL품 공사의 품셈모델을 완성하였다. 품셈모델은 확률아크를 통해 각 작업간의 발생확률을 적용하였으며, 1인당 발생횟수는 횟수조절 모듈을 통해 제어할

표 3. 알루미늄품 공사의 품셈모델 데이터

| 항목       | 발생 확률 (%)   | 1인당 평균 발생횟수 | 1회당 소요시간(분) |    |    |      |
|----------|-------------|-------------|-------------|----|----|------|
|          |             |             | 최소          | 최대 | 평균 |      |
| 생산적작업    | 79.05       | -           | -           | -  | -  |      |
| 보조적 작업   | 작업공구운반      | 5.84        | 2           | 1  | 47 | 3.79 |
|          | 도면검토        | -           | -           | -  | -  | -    |
|          | 작업지시 및 토론   | 0.77        | 1           | 1  | 45 | 2.96 |
|          | 공구손질 및 장비점검 | 0.69        | 1           | 1  | 13 | 2.13 |
|          | 작업장이동       | 1.12        | 1           | 1  | 22 | 2.54 |
|          | 작업장정리 및 청소  | 1.60        | 2           | 1  | 27 | 5.38 |
|          | 생리적현상       | 1.17        | 1           | 1  | 25 | 2.84 |
| 비 생산적 작업 | 휴식          | 6.30        | 3           | 1  | 64 | 7.18 |
|          | 부재          | 2.78        | 1           | 1  | 42 | 20   |
|          | 이동(배회)      | 0.20        | 1           | 1  | 6  | 2.43 |
|          | 작업대기        | 0.14        | 1           | 1  | 15 | 3.76 |
|          | 대화(잡담)      | 0.34        | 1           | 1  | 4  | 1.75 |
| 합계       | 100         |             |             |    |    |      |

표 2. 알루미늄공정 단위작업별 작업범위 및 소요시간

| 구분                 |               | 작업범위                                   |                                 | 투입자원       | 소요시간(초) |    |     |
|--------------------|---------------|--|---------------------------------|------------|---------|----|-----|
|                    |               | 시작                                     | 종료                              |            | 최소      | 평균 | 최대  |
| 벽거푸집<br>해체공정       | 수평보강대 해체      | 해체를 위한 공구가 수평보강대 거치대에 달기 시작한 때         | 수평보강대를 해체하고 인양구 근처에 정리해 놓았을 때   | A작업조, B작업조 | 3600    |    |     |
|                    | 벽거푸집 핀 해체     | 거푸집 핀 해체를 위한 공구를 들었을 때                 | 핀이 거푸집에서 제거되어 공구를 집어 넣었을 때      | A작업조, B작업조 | 12      | 32 | 76  |
|                    | 벽거푸집 해체       | 해체를 위한 공구가 거푸집에 달기 시작한 때               | 해체된 벽거푸집을 슬래브에 내려놓았을 때          | A작업조, B작업조 | 10      | 26 | 69  |
| 계단거푸집<br>해체 · 조립공정 | 계단거푸집 핀 해체    | 계단거푸집의 핀 해체를 위한 공구를 들었을 때              | 핀이 계단거푸집에서 제거되어 공구를 집어 넣었을 때    | C작업조       | 7       | 16 | 41  |
|                    | 계단거푸집 해체      | 해체를 위한 공구가 거푸집에 달기 시작한 때               | 해체된 거푸집을 계단에 내려 놓았을 때           | C작업조       | 6       | 23 | 70  |
|                    | 계단거푸집 인양      | 내려놓은 거푸집을 인양하기 위해 잡기 시작한 때             | 거푸집을 다음조립이 있는 공간까지 이동하여 내려놓았을 때 | C작업조       | 9       | 14 | 20  |
|                    | 계단거푸집 박리제 도포  | 박리제 도포를 위해 롤러를 잡기 시작한 때                | 도포가 끝나고 롤러를 떼어 놓았을 때            | C작업조       | 7       | 12 | 18  |
|                    | 계단거푸집 조립      | 계단 거푸집을 잡기 시작한 때                       | 조립을 완료하고 거푸집에서 손을 놓았을 때         | C작업조       | 43      | 61 | 89  |
|                    | 계단거푸집 핀 조립    | 계단거푸집의 핀을 조립하기 위해 핀을 잡기 시작한 때          | 핀 조립이 완료되어 공구를 집어 넣었을 때         | C작업조       | 26      | 44 | 69  |
| 벽거푸집<br>조립공정       | 벽거푸집 인양       | 인양하기 위한 거푸집을 잡기 시작한 때                  | 인양된 거푸집을 작업공간까지 이동하여 내려놓았을 때    | A작업조, B작업조 | 10      | 16 | 22  |
|                    | 벽거푸집 박리제 도포   | 롤러를 들고 박리제를 가져가기 시작한 때                 | 도포가 끝나고 롤러를 내려놓았을 때             | B작업조       | 6       | 10 | 17  |
|                    | 벽거푸집 설치       | 벽체 거푸집을 손으로 잡기 시작한 때                   | 설치가 끝나고 공구를 집어 넣었을 때            | B작업조       | 19      | 38 | 51  |
|                    | 벽거푸집 핀 가조립    | 벽거푸집 설치가 완료되고 가고정을 시키기위해 핀을 잡은 때       | 가고정을 위한 핀조립이 완료되어 공구를 넣었을 때     | B작업조       | 12      | 20 | 35  |
|                    | 타이 조립         | 타이를 조립하기 위해 손으로 잡았을 때                  | 타이 조립이 완료되어 타이에서 손을 놓았을 때       | B작업조       | 10      | 20 | 46  |
|                    | 벽거푸집 핀 조립     | 핀 조립을 위해 핀을 잡기 시작한 때                   | 핀 조립이 완료되어 공구를 집어 넣었을 때         | B작업조       | 16      | 27 | 46  |
| 슬래브<br>거푸집<br>해체공정 | 슬래브거푸집 핀 해체   | 해체를 위한 공구를 핀에 가져가기 시작한 때               | 핀이 해체되어 바닥에 떨어진 때               | A작업조       | 11      | 26 | 64  |
|                    | 슬래브거푸집 해체     | 해체를 위한 공구가 슬래브거푸집에 달기 시작한 때            | 해체된 슬래브거푸집을 내려놓았을 때             | A작업조       | 2       | 12 | 46  |
|                    | 이동            | 동바리 해체를 위해 이동하려 할 때                    | 동바리를 해체하는 작업장에 도착한 때            | A작업조       | 8       | 11 | 19  |
|                    | 동바리 해체        | 해체공구가 동바리에 닿았을 때                       | 동바리를 벽에 세워놓았을 때                 | A작업조       | 8       | 17 | 32  |
| 동바리<br>설치공정        | 동바리 인양        | 동바리/빔을 잡기 시작한 때                        | 인양된 동바리/빔을 벽에 세워놓았을 때           | A작업조, B작업조 | 6       | 8  | 11  |
|                    | 동바리 설치        | 동바리를 손으로 잡기 시작한 때                      | 동바리를 설치하고 손을 놓았을 때              | A작업조, B작업조 | 21      | 37 | 71  |
| 슬래브<br>거푸집<br>설치공정 | 슬래브거푸집 인양     | 인양하기 위해 슬래브거푸집을 잡기 시작한 때               | 거푸집을 작업공간까지 이동하여 내려놓았을 때        | A작업조, B작업조 | 6       | 9  | 12  |
|                    | 슬래브 거푸집 설치    | 슬래브거푸집을 손으로 잡기 시작한 때                   | 거푸집을 끼워놓고 손을 놓았을 때              | A작업조, B작업조 | 10      | 25 | 46  |
|                    | 슬래브거푸집 핀 조립   | 핀 조립을 위해 핀을 잡기 시작한 때                   | 핀조립이 끝나고 공구를 집어 넣었을 때           | A작업조, B작업조 | 22      | 50 | 102 |
|                    | 슬래브거푸집 박리제 도포 | 박리제 도포를 위해 롤러를 집어들었을 때                 | 도포가 끝나고 롤러를 내려놓았을 때             | 박리제 도포 작업조 | 3       | 5  | 10  |
| 기타                 | 수평보강대 설치      | 수평보강대 걸이를 잡기 시작한 때                     | 수평보강대걸이에 수평보강대를 걸고 공구를 집어 넣었을 때 | A작업조, B작업조 | 3600    |    |     |
|                    | 거푸집 보정 작업     | 콘크리트 타설시 거푸집의 이상상태를 파악하기 위해 작업장에 출근한 때 | 콘크리트 타설이 완료되어 보정작업이 완료되었을 때     | 보정 작업조     | 21600   |    |     |

수 있도록 하였으며, 1회당 소요시간을 적용하여 품셈모듈을 각 단위작업이 완료되는 시점에 구성하였다. 본 연구에서 개발한 AL폼 공사의 품셈모듈은 그림 2와 같다.

### 2.4 시뮬레이션 모델 개발

앞에서 조사한 AL폼 공정을 세분화된 프로세스들로 구분하여 벽거푸집 해체, 벽거푸집 조립, 계단거푸집 해체·조립, 슬래브 거푸집 해체, 동바리 해체, 동바리 설치, 슬래브거푸집 설치 등의 프로세스를 진행하도록 모델을 개발하였다. 그리고 각 단위작업에 투입되는 작업조는 현장실사를 통해 조사한 자료를 바탕으로 구성하였으며 단위작업의 소요시간은 데이터 수집을 통해 조사한 자료를 사용하였다. 특히 기존 선행연구에서 반영하지 않았던 보조적 작업과비생산적 작업을 모델링하기 위해 개발된 품셈모듈을 각 단위작업이 완료되는 시점에 배치하여 모델링 하였다. 본 연구에서 개발한 AL폼 공사의 사이클론 모델은 1개 기준층 작업을 대상으로 하였으며 1사이클이 1개 기준층 작업의 시작과 완료가 되도록 하였다. AL폼 공정용 사이클론 모델은 그림 3에 제시된다.

그림 2. AL폼 공사의 품셈모듈

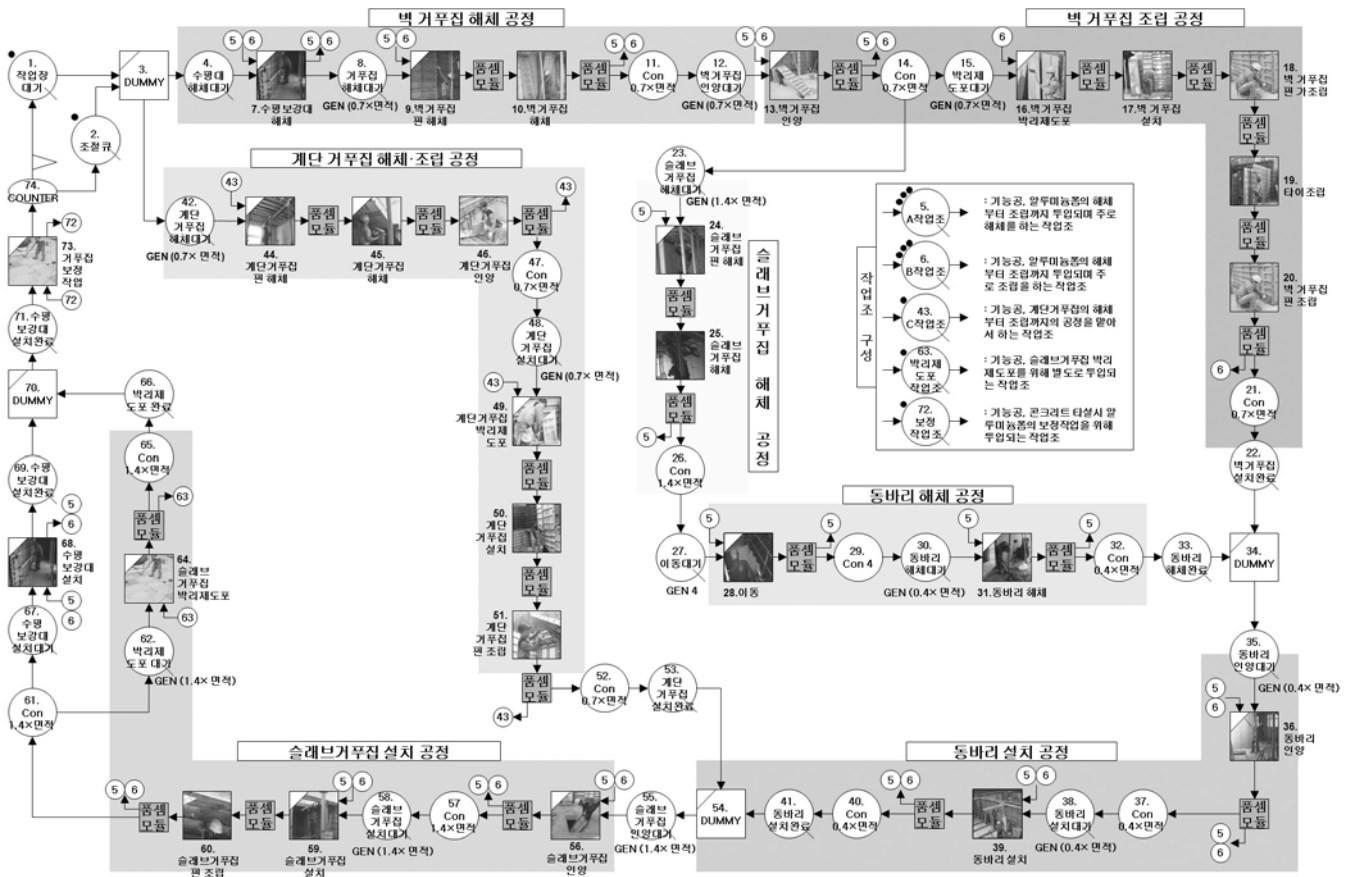
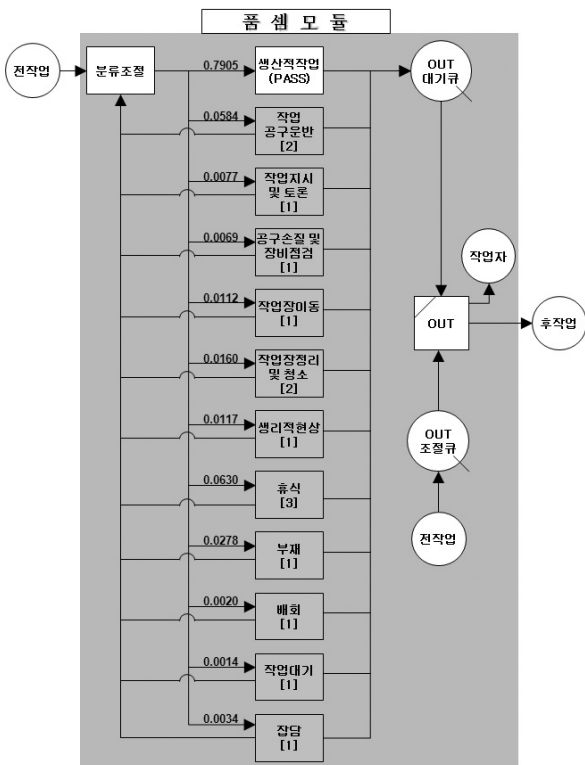


그림 3. AL폼 공사의 사이클론 모델

### 3. 알루미늄 폼 공정의 품셈산출

#### 3.1 조사현장 개요

조사대상 현장은 수도권에 소재한 의 AL폼 공사를 진행하고 있는 현장을 방문하였다. 표4에 제시된 현장들에서 기준층을 대상으로 워크샘플링 및 사이클론 모델을 위한 데이터를 수집하였다.

표 4. 실사대상 현장 개요

| 구분                       | A현장   | B현장    | C현장   | D현장    |
|--------------------------|-------|--------|-------|--------|
| 소재지                      | 인천 송도 | 서울 불광동 | 수원 광교 | 서울 밤배동 |
| 전체층수                     | 40층   | 18층    | 28층   | 15층    |
| 기준층높이(m)                 | 2.9   | 2.8    | 2.9   | 2.9    |
| 기준층 물량 (m <sup>2</sup> ) | 슬래브   | 590    | 473   | 356    |
|                          | 벽     | 870    | 896   | 854    |
|                          | 계단    | 330    | 240   | 61     |
|                          | 합계    | 1,790  | 1,609 | 1,271  |

앞에서 개발한 사이클론 모델을 사용하여 AL폼 공정의 소요 작업시간을 분석하여 실제 건설현장의 상황을 적절하게 반영하였는지를 확인하였다. 소요작업시간은 1개 기준층에 대한 시뮬레이션 시간으로, AL폼 공사 사이클론 모델의 1번 작업장대기(que)부터 74번의 카운터(fun)까지의 소요시간을 의미한다. 각 현장별로 사이클론 모델에 반영한 물량 및 작업조는 다음 표 5와 같다.

표 5. 현장별 AL폼 물량 및 작업조

| 구분          |                     | 벽거푸집                | 슬래브거푸집     | 계단거푸집 | 동바리(슬래브) |     |
|-------------|---------------------|---------------------|------------|-------|----------|-----|
| A<br>현<br>장 | 1팀                  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 530        | 270   | -        | 270 |
|             |                     | 소요자재수(개)            | 371        | 378   | -        | 108 |
|             |                     | 작업조                 | A=9명, C=1명 |       |          |     |
|             | 2팀                  | 면적(m <sup>2</sup> ) | 340        | 320   | -        | 320 |
|             |                     | 소요자재수(개)            | 238        | 448   | -        | 128 |
|             |                     | 작업조                 | A=9명, C=1명 |       |          |     |
| 계단<br>작업팀   | 면적(m <sup>2</sup> ) | -                   | -          | 330   | -        |     |
|             | 소요자재수(개)            | -                   | -          | 231   | -        |     |
|             | 작업조                 | B=6명                |            |       |          |     |
| B<br>현<br>장 | 면적(m <sup>2</sup> ) | 896                 | 473        | 240   | 473      |     |
|             | 소요자재수(개)            | 628                 | 663        | 168   | 190      |     |
|             | 작업조                 | A=18명, B=4명, C=1명   |            |       |          |     |
| C<br>현<br>장 | 면적(m <sup>2</sup> ) | 854                 | 356        | 61    | 356      |     |
|             | 소요자재수(개)            | 598                 | 499        | 43    | 143      |     |
|             | 작업조                 | A+B=7명, C=2명        |            |       |          |     |
| D<br>현<br>장 | 면적(m <sup>2</sup> ) | 648                 | 389        | 89    | 389      |     |
|             | 소요자재수(개)            | 454                 | 545        | 63    | 156      |     |
|             | 작업조                 | A=8명, B=4명, C=1명    |            |       |          |     |

\* A : 벽, 슬래브 세대작업조(동바리, 박리제도포작업 포함),  
 B : 계단작업조, C : 보정작업조  
 \* 보정작업조는 콘크리트타설시 폼의 보정 및 보강작업을 수행함

### 3.2 워크샘플링을 활용한 품셈산출

AL폼 공정의 품셈을 산출하기 위해 먼저 워크샘플링을 현장 실시하였다. 각 현장별로 조사된 작업인원수 및 작업시간을 사용해 총 작업시간을 산출하고, 이를 일일 작업량으로 나눈 후, 1일 작업시간 기준인 8시간으로 환산하여 품셈을 산출하였다.

A현장의 AL폼 공정에 투입된 작업조의 구성은 세대작업팀 1팀, 2팀과 계단작업팀 총 3팀이었다. 1개 기준층의 총 작업물량은 1,790m<sup>2</sup>이고, 소요된 총 작업시간은 306(hr)으로, AL폼 공사의 품셈은 0.21(인/10m<sup>2</sup>)이 산출되었다.

$$\text{품셈산출 계산식} : \frac{\text{총 작업시간(인} \times \text{hr)}}{\text{총 작업량(m}^2\text{)} \times 8\text{hr}} = ( \quad ) \text{인/m}^2$$

표 6. 현장별 워크샘플링을 사용한 품셈

| 현장명  | 총 작업시간(시간) | 총 작업량(m <sup>2</sup> ) | 품셈(인/10m <sup>2</sup> ) |
|------|------------|------------------------|-------------------------|
| A 현장 | 306        | 1790                   | 0.21                    |
| B 현장 | 277.5      | 1609                   | 0.22                    |
| C 현장 | 199        | 1271                   | 0.20                    |
| D 현장 | 180.5      | 1126                   | 0.20                    |

B현장의 AL폼 공공정에 투입된 작업조의 구성은 세대작업팀과 계단작업팀 총 2팀이었다. 1개 기준층의 총 작업물량은 1,609m<sup>2</sup>이고, 소요된 총 작업시간은 277.5(hr)로, AL폼 공사의 품셈은 0.22(인/10m<sup>2</sup>)이 산출되었다. C현장의 AL폼 공정에 투입된 작업조의 구성은 타 현장과 달리 세대작업팀과 계단작업팀이 분리되지 않고 1개의 작업팀이 세대 및 계단 작업을 모두 진행하고 있었다. 1개 기준층의 총 작업물량은 1,271m<sup>2</sup>이고, 소요된 총 작업시간은 199(hr)로, AL폼 공사의 품셈은 0.20(인/10m<sup>2</sup>)이 산출되었다. D현장의 AL폼 공사에 대한 작업조 구성은 세대작업팀과 계단작업팀 총 2팀이 작업을 진행하고 있었다. 1개 기준층의 총 작업물량은 1,126m<sup>2</sup>이고, 소요된 총 작업시간은 180.5(hr)로, AL폼 공사의 품셈은 0.20(인/10m<sup>2</sup>)이 산출되었다.

상기한 바와 같이 각 현장별로 산출된 AL폼 공사의 품셈은 B현장, A현장, 그리고 C현장 및 D현장이 각각 0.22(인/10m<sup>2</sup>), 0.21(인/10m<sup>2</sup>), 0.20(인/10m<sup>2</sup>)의 순으로 산출되었다. 품셈 산출결과, 대부분의 현장에서 비슷한 품셈이 산출되는 것으로 조사되었다.

### 3.3 사이클론 모델을 통사용한 품셈산출

각 현장별로 조사한 1개 기준층의 물량, 소요자재수, 작업조를 바탕으로 AL폼 공사의 사이클론 모델을 시뮬레이션 분석하여 작업시간을 산출하고 이를 활용하여 품셈을 산출하였다. 그

리고 품셈모듈을 반영한 시뮬레이션 모델과 품셈모듈을 반영하지 않은 모델의 품셈을 산출하고, 두 결과값의 비교를 통해 품셈모듈이 반영되지 않았을 경우 품셈산출에 미치는 영향을 분석하였다.

A현장에 대한 사이클론 모델 분석결과, 품셈모듈을 반영한 모델의 총 작업시간은 301.2(hr)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델의 총 작업시간은 238.8(hr)로 산출되었다. 이를 통해 품셈을 산출해 본 결과 품셈모듈이 반영된 모델의 경우 0.21(인/10m<sup>2</sup>)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델은 0.17(인/10m<sup>2</sup>)로 산출되어, 두 품셈값은 -19.05%의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

표 7. 현장별 사이클론 모델을 통한 품셈

| 현장   | 품셈모듈 | 총작업시간 | 총작업물량 | 품셈   | 오차     |
|------|------|-------|-------|------|--------|
| A 현장 | 반영   | 301.2 | 1790  | 0.21 | -19.05 |
|      | 미반영  | 238.8 |       | 0.17 |        |
| B 현장 | 반영   | 274.2 | 1609  | 0.21 | -19.05 |
|      | 미반영  | 224   |       | 0.17 |        |
| C 현장 | 반영   | 208   | 1271  | 0.21 | -9.52  |
|      | 미반영  | 193.3 |       | 0.19 |        |
| D 현장 | 반영   | 172.8 | 1126  | 0.19 | -10.53 |
|      | 미반영  | 148.8 |       | 0.17 |        |

※ 오차 = (모듈미반영품셈 - 모듈반영품셈) / 모듈반영품셈

B현장에 대한 사이클론 모델 분석결과, 품셈모듈을 반영한 모델의 총 작업시간은 274.2(hr)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델의 총 작업시간은 224(hr)로 산출되었다. 이를 통해 품셈을 산출해 본 결과 품셈모듈이 반영된 모델의 경우 0.21(인/10m<sup>2</sup>)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델은 0.17(인/10m<sup>2</sup>)로 산출되어, 두 품셈값은 -19.05%의 차이가 있는 것으로 분석되었다. C현장에 대한 사이클론 모델 분석결과, 품셈모듈을 반영한 모델의 총 작업시간은 208(hr)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델의 총 작업시간은 193.3(hr)로 산출되었다. 이를 통해 품셈을 산출해 본 결과 품셈모듈이 반영된 모델의 경우 0.21(인/10m<sup>2</sup>)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델은 0.19(인/10m<sup>2</sup>)로 산출되어, 두 품셈값은 -9.52%의 차이가 있는 것으로 분석되었다. D현장에 대한 사이클론 모델 분석결과, 품셈모듈을 반영한 모델의 총 작업시간은 172.8(hr)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델의 총 작업시간은 148.8(hr)로 산출되었다. 이를 통해 품셈을 산출해 본 결과 품셈모듈이 반영된 모델의 경우 0.19(인/10m<sup>2</sup>)이고 품셈모듈이 반영되지 않은 모델은 0.17(인/10m<sup>2</sup>)로 산출되어, 두 품셈값은 -10.53%의 차이가 있는 것으로 분석되었다.

#### 4. 품셈 산출결과 비교 · 분석

앞에서 워크샘플링 및 사이클론 모델을 사용한 AL품 공정의 품셈을 산출하였다. 본 장은 AL품 공정에 대해 워크샘플링을 사용하여 산출한 품셈과 시뮬레이션 모델에 품셈모듈을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우로 나누어 산출한 품셈을 서로 비교 · 분석하였다. 사이클론 모델을 이용한 품셈산출의 경우, 기존의 연구들은 품셈모듈을 적용하지 않았다. 이를 통해 본 연구는 AL품 공사의 표준품셈 제 · 개정업무에 있어 사이클론 모델을 활용하기 위해 개발한 품셈모듈의 적용성을 검증하였다.



그림 4. 현장별 품셈산출 결과 비교

분석결과, 품셈모듈을 반영한 사이클론 모델이 품셈모듈을 반영하지 않은 모델에 비해 워크샘플링을 통해 산출된 품셈과 근사값이 산출되는 것으로 분석되었다. 이는 기존의 품셈모듈을 반영하지 않은 사이클론 모델의 경우 실제 현장에서 발생하는 보조적 작업과 비생산적 작업을 반영하지 않음으로 인해, 품셈모듈을 반영한 사이클론 모델 및 워크샘플링기법을 적용한 경우에 비해 품셈값이 적게 산출되기 때문이다. 이를 통해 볼 때, 품셈모듈을 반영하지 않은 사이클론 모델에 의해 산출한 품셈값은 현장의 실제 소요품보다 적게 산출되는 한계점을 가지고 있음을 알 수 있다. 그리고, 본 연구에서 조사대상으로 한 현장 모두에서 워크샘플링을 통해 산출한 품셈과 품셈모듈을 반영한 사이클론 모델의 품셈간의 오차가 ±5%의 범위내에 있는 것으로 분석되었다. 따라서 본 연구에서 제시한 AL품 공정용 품셈모듈을 반영한 사이클론 모델은 향후 표준품셈 제 · 개정 업무에 효율적인 도구로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 싸이클론 시뮬레이션 모델링 및 분석기법을 이용하여 AL폼 공사의 품셈을 산출하는 방법을 개발하고, 사례분석을 실행하여 적용성을 검증하였다. AL폼 공정의 현실적인 품셈산출을 위해서는 생산적인 작업 뿐만 아니라 보조적 작업 및 비생산적 작업의 소요시간들을 반영해야한다. 이를 위해 본 연구는 AL폼 공사에 적용하기 위한 품셈모듈을 개발하였다. 그리고 이에 대한 실무 적용성을 검증하기 위해 기존에 표준품셈 제·개정 업무에 주로 활용되던 워크샘플링에 의한 품셈산출값과 본 연구에서 개발한 품셈모듈을 탑재한 싸이클론 모델에 의해 산출한 품셈값을 비교하였다. 그결과 ±5%의 범위 내에서 거의 유사한 값을 보이고 있는 것으로 분석되었다. 따라서 본 품셈모듈이 적용된 AL폼 공사의 싸이클론 모델은 향후 표준품셈을 제·개정하는데 있어 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다. 현재 표준품셈 상시 관리체계하에 매년 일정수의 품셈항목을 그룹별로 세분화하여 주기적으로 제·개정 업무가 수행되고 있다. 향후 본 연구에서 제시한 AL폼 공사뿐만 아니라 다른 공종에 대한 싸이클론 모델링 및 품셈모듈 개발을 위한 지속적인 후속연구가 필요할 것으로 판단된다.

## 감사의 글

본 연구는 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구자지원사업(핵심 공동 : 과제번호 2012-047710) 결과의 일부임.

## 참고문헌

강동완 · 문현석 · 현창택 (2010). “공동주택 거푸집 공사의 생산성 분석을 위한 시뮬레이션 모델 개발”. 대한건축학회 논문집, 제26권 제4호.

강동완 · 지성민 · 현창택 (2012). “거푸집 공사의 생산성 분석을 통한 작업조 기반의 Cost Data Prototype 개발에 관한 연구”. 한국건설관리학회 논문집, 제13권 제1호, 한국건설관리학회, pp. 44~52

송창엽 · 이한철 · 박소현 · 조규만 · 현창택 (2010). “알루미늄 폼을 이용한 골조공사의 생산성 분석에 관한 연구”. 대한건축학회 논문집 구조계, 제26권 제4호, pp. 113 ~ 121

이경석 (2011). “텔파이 기법과 시뮬레이션 방법론을 이용한 공법선정 방안 연구-공동주택 슬래브 거푸집 공법 중심으로-”. 석사학위논문, 인하대학교.

정성욱 · 윤석현 (2011). “공동주택 알루미늄 거푸집 공사의 표준품셈 노무량과 실투입 노무량 비교 분석”. 전국대학생학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 157~160

하기주 · 최민권 · 이동렬 · 하민수 · 하재훈 · 김진환 (2010). “공동주택 알루미늄 거푸집 공사의 투입인력 비교 분석”. 대한건축학회 학술발표대회 논문집 구조계, 제30권 제1호, pp. 319~320

Halpin, D. W., and Riggs, L. S. (1992). “Planning and analysis of construction operations”, John Wiley & Son, Inc, New York, 19

논문제출일: 2013.02.01  
 논문심사일: 2013.02.08  
 심사완료일: 2013.02.25

## 요 약

표준품셈은 공공공사의 예정가격 산정을 위한 기초자료로 사용되어 왔다. 이는 매년 제·개정 업무가 수행되고 있으며 그로인해 많은 인원과 시간이 소요되고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문은 싸이클론을 활용한 방법론을 제시한다. 품셈산출을 위해 보조적 작업 및 비생산적 작업을 시뮬레이션 모형에 용이하게 반영할 수 있도록 품셈모듈을 개발하여 적용하는 방법론을 제시한다. 이에 본 연구는 알루미늄 폼 공정을 대상으로 싸이클론 시뮬레이션 및 워크샘플링 기법을 적용하여 품을 산출하고 그 결과를 비교하여 품셈모듈이 탑재된 싸이클론 모델이 품셈 제·개정 업무에서 효율성 및 사용성이 있음을 검증한다.

**키워드** : 표준품셈, 제·개정 업무, 알루미늄폼, 싸이클론 모델