

모듈러 공법의 특성을 적용한 공동주택의 내역 체계 개발

황진섭¹ · 최상희¹ · 이재승¹ · 김예상*

¹성균관대학교 글로벌건설엔지니어링학과

Development of Bill of Service Framework for Modular Housing Construction

Hwang, Jinsub¹, Choi, Sanghee¹, Lee, Jaeseung¹, Kim, Yea-Sang*

¹Department of Global Construction Engineering, SungKyunKwan University

Abstract : Modular construction is one of the arising issues in the Korean construction industry due to shorter construction period and higher productivity on site. It is also expected that modular construction market would expand rapidly because of increasing demand of small houses by nuclear families and eco-friendly construction. However modular construction cases have been limited in Korea because of little demand in the market and the construction prices are even higher than the regular reinforced concrete methods. Even worse, because there is no standard bill of services exists in the industry, it may lead to the risk of construction expenses. So, the purpose of this study is focused on the development of bill of services which reflects characteristics and process of modular construction. In order to do this, the concepts and process of modular construction, WBS and CBS are analyzed. Analyses of the case studies and experts interview were executed so that proper principles for organizing bill of service of modular construction is established. Finally according to the 3 steps of modular construction, factory manufacturing, on-site modular construction and on-site general construction, the standard bill of services were suggested with the related coding system.

Keywords : Modular, Bill of Service

1. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

건설산업연구원은 2012년 간이보고서를 통해 국내 건설시장의 한계를 극복하고 건설 산업의 경쟁력 향상을 위한 3대 키워드로 BIM(Building Information Modeling), IPD(Integrated Project Delivery), 모듈러를 뽑고 있다. 이중 모듈러 공법은 건축 부재를 규격화, 표준화하여 설계에 반영한 후 유닛 제품을 공장에서 제작하고 운송해 현장에서 조립 및 마감작업으로 건축물을 완성하는 공법을 말하며 국내 건설 시장에 미치는 영향력과 가능성은 매우 긍정적이다. 즉, 인구통계청의 자료에 따르면 1인 가구 수가 2000년 222만4천호에서 2010년 414만2천호

로 증가하는 등 최근 10년간 약 2배가량 증가해 소형주택의 수요가 늘어나고 있고 노무인력의 고령화와 공기 단축 및 품질 향상을 위한 건식구조의 수요증대, 그리고 지속가능성 및 저탄소 녹색성장에 따른 건설 산업의 친환경화가 요구되는 등, 모듈러 공법은 국내 주택 수요 및 건설 산업의 환경변화를 해결할 수 있는 대안으로 부각되고 있기 때문이다.

그러나 모듈러 공법은 아직 국내시장에서 도입 초기 단계인 관계로 기술적인 문제, 제도적 문제 등 해결해야 할 사안들이 많이 있으며, 특히 모듈러 공법의 활성화를 위해서는 우선적으로 일반 철근콘크리트(Reinforced Concrete: RC)구조 대비 공사비를 절감할 수 있는 방안이 모색되어야 한다. 그러나 모듈러 공법에 의한 건설사업의 경우, 아직 그 수요가 일반화되어 있지 않고 설계, 생산, 시공자의 수도 많지 않아 공사비 산정체계 자체가 일정치 않으며 어떤 변수에 의해 공사비 리스크가 증대되는 지도 확인하기 어려운 실정이다. 따라서 공사비 리스크를 줄이고 예측의 정확도를 높이기 위해서는 우선적으로 발주자나 생산자, 시공자 모두

* Corresponding author: Kim, Yea-Sang, School of Civil & Architectural Engineering, SungKyunKwan University, Suwon 440-746, Korea

E-mail: yeakim@skku.edu

Received July 2, 2014; revised August 11, 2014

accepted August 21, 2014

적정 공사비 예측에 기반이 되고 공유할 수 있는 내역 체계의 구축이 필요하다. 본 연구는 특히 모듈러 공법의 절차와 특징을 분석해 이러한 사항들이 반영된 내역 체계를 구축하는데 그 목적을 두고 있다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구에서는 모듈러 공법의 특징을 반영한 내역체계 구축을 위해 우선 모듈러 공법에 대한 기술적인 부분과 공사 프로세스를 분석하였으며, 그 범용성과 적용성을 확보하기 위해 기존 건설 공사에서 사용되는 작업분류체계(Work Breakdown System : WBS), 원가분류체계(Cost Breakdown System : CBS) 및 RC공사에서 사용되고 있는 내역체계를 분석하였다. 다음으로 가장 중요한 RC공법 대비 모듈러 공법의 특징을 찾아내고 반영하기 위해 국내 시공된 모듈러 공법의 사례조사와 전문가 인터뷰를 실시하였으며 이를 종합하여 내역체계 작성 기준을 선정하고 내역체계안을 제시하였다(Fig. 1). 그 후 모듈러 제작업체에 근무하는 전문가들을 대상으로 제시된 내역체계의 적정성을 검증하였다.

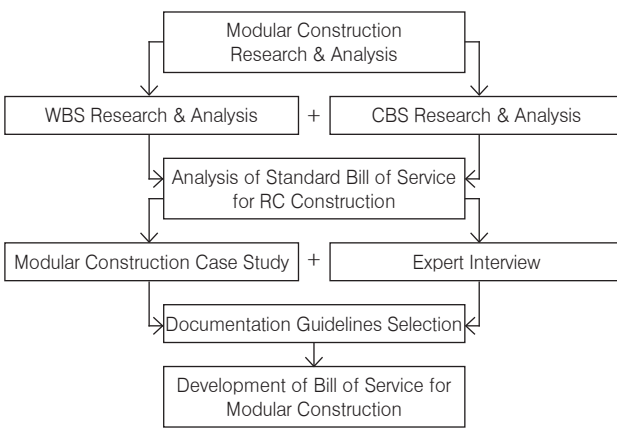


Fig. 1. Research Procedure

한편, 내역체계는 관련공법의 건설공사에 범용적으로 적용되어야 하나, 같은 모듈러 공법이라 해도 기술적인 차이점이 크거나 수요가 제한적이라면 그 의미가 취약할 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 본 공법의 시장성과 가능성은 인정된다하여도 국내의 경우 모듈러 공법을 전문으로 제작 및 시공하는 업체는 매우 제한적이고 시공 사례도 많지 않으므로 내역체계 역시 모든 변수를 포괄할 수 있는 방법으로 발전시켜 나가되 우선적으로 필요성이 큰 부분에 대해 범위를 한정하였다. 즉, 관련업체의 자료와 현재까지 국내에서 시공된 사례를 분석한 결과, 가장 큰 비율을 차지하고 있는 도심형 소규모 공동주택으로 범위

를 설정하였고 다양한 모듈러 공법 중에서 가장 보편적으로 활용되고 있는 적층형 공법을 대상으로 연구를 진행하였다.

2. 모듈러 공법 개요

2.1 모듈러 공법 현황

현재 국내에서 모듈러 공법 위주의 사업을 진행하는 주요 업체는 4개 회사로 제한적이며 시공 사례 분석결과, 주로 소규모 공동주택, 병영시설, 기숙사에 공법의 적용이 한정되어 있음을 알 수 있다.

이러한 한계에도 불구하고 모듈러 공법이 가지는 장점을 극대화하기 위해 국토교통부는 행복주택 시범사업지구인 가좌지구에 모듈러 공법을 이용, 도입해 시범적용할 예정이며, 앞으로도 임대 공공주택 등으로 보급을 늘려 서민 주택 공급을 확대할 방침이다. 건설기술연구원의 연구에 의하면 정부의 주택공급 계획에 의한 공공주택 공급량, 중·장기 시장 전망, 국내 모듈러 시장의 성장세 등을 ARIMA(Auto-Regressive Integrated Moving-Average)모형을 통한 시계열 분석 결과, 향후 국내 모듈러 시장 규모는 2015년에 2,000억 원, 2020년에는 약 9,400억 원으로 추정되고 있다(Fig. 2). 그러므로 모듈러 공법에 대한 체계적이고 표준화된 내역체계 개발 역시 모듈러 공법의 지속적인 보급과 시장 확대를 위해 그 중요성이 매우 크다고 판단된다.

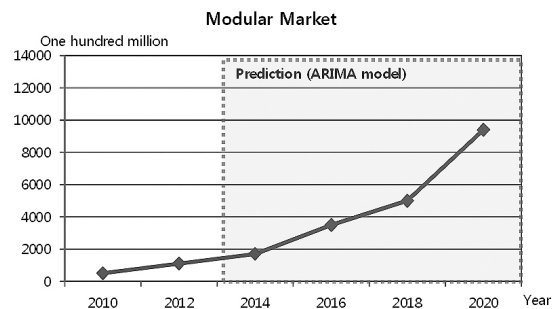


Fig. 2. Modular Construction Market Prospect

2.2 모듈러 공법 프로세스

모듈러 공사는 기존의 RC공사나 철골(Steel : S)공사와 비교하여 프로세스가 상이하다. 김경래(2011)의 연구에 따르면 일반적인 RC조의 공사프로세스는 공장제작단계를 거치지 않고 준비 및 떡메김부터 내·외장 마감까지 모든 공정이 현장에서 이루어지게 되고 Steel조의 공사프로세스는 철골의 제작, 가공, 조립 및 용접이 공장에서 이루어지기는 하나 단순히 부재의 생산일 뿐 골조

조립이나 마감공사와 같은 대부분의 공정은 현장에서 이루어진다. 그러나 모듈러 공법의 경우에는 골조조립, 내·외장 마감, 전기·설비 등의 공정이 공장에서 이루어지게 되고 현장에서는 단순 조립만이 이루어진다(Fig. 3). 따라서 모듈러 공법의 내역체계는 상대적으로 현장 시공 분이 많은 타 공법과는 달리 공장제작의 특수성을 반영하여 작성되어야 한다.

2.3 모듈러 공법 장단점

모듈러 공법은 위와 같은 프로세스 차원에서의 특징 외에 몇가지 주요한 장점을 가지고 있다.

첫째, 전 공정 중 대부분이 공장생산으로 이루어져 우기 및 동절기에도 시공이 가능해 RC조 대비 50~80% 공기 단축이 가능하다(Fig. 4).

둘째, 공장생산 및 동일 작업의 반복으로 균일한 품질유지가 가능하다.

셋째, 조립/해체가 가능한 모듈 간 접합 방식과 자재 및 모듈의 표준화 설계로 인한 이동 및 재사용이 가능하다.

넷째, 표준화된 공장생산 방식으로 생산 과정에서의 건설폐기물이 최소화 되고 재사용 및 재활용이 가능한 친환경 건축 시스템이다.

하지만 이러한 장점에도 불구하고 김군태(2011) 연구에 의하면 국내에서 시행되는 모듈러 공사의 비용은 RC공사 대비 경제성이 확보되지 않는 상황이며, 또한 바닥충격음에 의한 층간소음, 내화성능 등의 해결해야 할 기술적인 문제점을 안고 있다.

3. 일반 RC공사 표준내역서 분석

3.1 내역서 사례분석

모듈러 공법 내역서 작성에 앞서 현재 가장 일반적 시공방법인 RC공사에서 사용되는 표준내역서를 분석하였다. RC공사에서 사용되는 표준내역서를 분석하는 이유는 현재 내역서의 양식에서 크게 벗어나지 않으면서 모듈러 공법의 특징을 반영한 내역서를 개발하기 위함이다. 이를 위해 서울특별시 에스에이치공사에서 사용되는 원가 및 계약 내역서를 토대로 사례를 분석하였다.

주로 RC공사 표준내역서는 품명, 규격, 단위, 수량, 재료비, 노무비, 경비, 합계, 비고로 구성되어 있고 실적데이터가 많기 때문에 품명 및 규격 등이 표준화 되어 있다. 실제 사용할 경우에는 현장 여건에 따라 약간의 변경사항만 반영하여 사용되고 있다. 또한 도면이 완전히 작성된 후 공사를 하는 경우가 많기 때문에 각 품명에 따른 수량까지 기재되어 있는 경우가 많다.

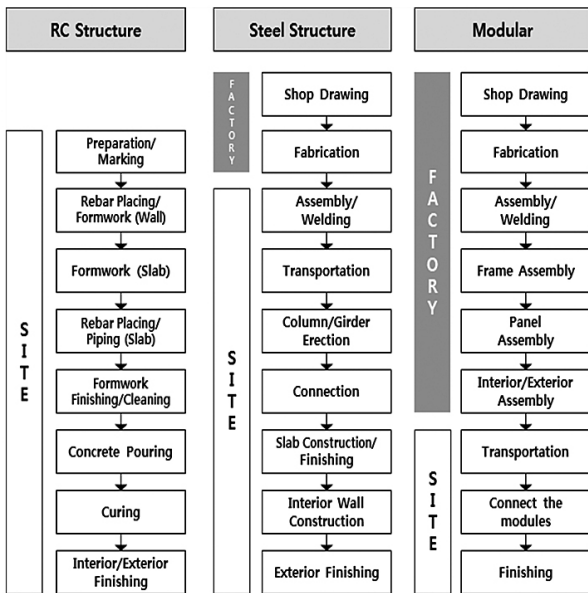


Fig. 3. Process Comparison

3.2 내역체계 구성분석

일반적으로 내역서를 구분하는 방법으로는 건물의 공간을 분류하고 그 후 세부공종으로 분류하는 방법과 프로젝트 흐름에 따라 분류하는 방법이 있다. 현재 일반적인 주택 건설공사에서 사용되는 내역서들을 분석한 결과, 건물 공간에 따라 분류하는 방법이 보편적이라고 할 수 있다. 국내 보편적인 주거시설인 아파트 건설공사 내역서의 경우 내역서의 대분류는 다음과 같이 구성 되어 있다.

- 1) 아파트 마감 : 평형이 다를 경우 평형에 따라 구분 또는 분양 또는 임대로 나뉘는 경우 구분
- 2) 아파트 공통
- 3) 지하주차장

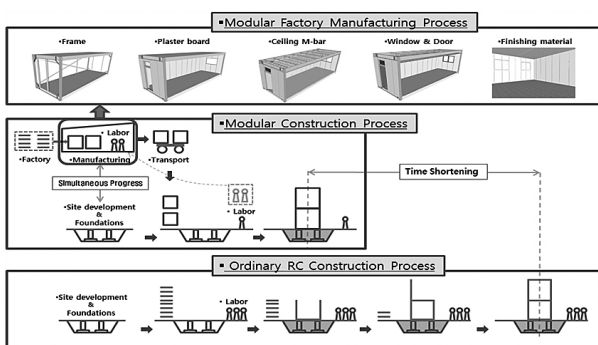


Fig. 4. Time Shortening of Modular Construction

- 4) 부대시설
- 5) 근린생활시설

세부적인 내역은 이와 같이 공간에 따라 분류한 후 각 공간에 적용되는 공종만 포함하여 구성되어있다. 그러나 내역체계에 따라 코딩이 이루어지지 않아 각 공간에 어느 공종이 들어가 있는지 한 눈에 파악되지 않는 한계가 있었다. 각 공간에 포함되는 공종을 분석해보기 위해 이를 표로 정리하면 Table 1과 같으며, 분류된 세부공종을 비교해보니 각 공간에 따라 포함되는 공종의 별다른 특징 없이 거의 모든 공간에 많은 공종들이 포함되는 것을 알 수 있었다.

Table 1. Construction Classification (RC construction)

Construction Type	Apartment	Basement parking	Additional facilities	Commercial facilities
Common Temporary Works	○			
Temporary Works	○	○	○	○
Pile Works	○	○		○
Reinforced Concrete Works	○	○	○	○
Steel Works	○			
Masonry Works	○	○	○	○
Plastering Works	○	○	○	○
Waterproof Works	○	○	○	○
Carpenter Works	○		○	
Metal Works	○	○	○	○
Roof & Gutter Works	○	○	○	○
Joiner's Works	○	○	○	○
Glazing Works	○	○	○	○
Masonry Mason's Works	○		○	○
Tile Works	○		○	○
Painting Works	○	○	○	○
Interior Finishing Works	○	○	○	○
Etc. Works	○	○	○	○
Quality Test	○			
By-product of Works	○	○	○	○
Aggregate & Transport	○	○	○	○
Supplied materials	○	○	○	○

4. 모듈러 공법 내역서의 작성기준

4.1 모듈러 공법 사례분석

모듈러 공법에 적용할 수 있는 새로운 내역체계를 작성하기 위해서는 표준화된 공통의 기준이 필요하므로 이를 위해 우선 아래와 같이 도심지에 시공된 공동주거 시설 사례 4개의 내역서를 분석하였다.

- 1) A사 : 공릉동 공동기숙사 신축공사
- 2) B사 : 천연동 대학생 기숙사 신축공사
- 3) C사 : 안양시 병영생활관 신축공사
- 4) C사 : 관악구 독신 부사관 숙소 신축공사

위 사례의 내역서를 분석한 결과, 단순히 공종별로만 구분되어 있는 내역서를 공장제작 비율이 높은 모듈러 공법에 그대로 적용하기에는 적절하지 않다고 판단하였다. 모듈러 공법은 공장에서 제작되는 비율이 높고 공장과 현장에서 작업하는 공종이 중복되는 경우도 있어 이를 명확히 구분할 필요가 있다. 왜냐하면 내역체계에서 공장과 현장을 명확하게 구분해야 추후에 일위대가를 바탕으로 공사금액을 산출할 때, 각 기준에 맞는 일위대가를 적용할 수 있어 좀 더 정확한 공사금액을 산출할 수 있기 때문이다. 따라서 단순히 공종별로만 구분된 내역서는 모듈러 공법의 특징을 충분히 담을 수 없다고 분석하였다.

4.2 내역체계의 구성

일반적으로 내역서를 구성하는 방법 중에서 본 내역서는 공장에서 높은 비율로 제작되는 모듈러 공법의 특징을 반영해 프로젝트 흐름에 따라 분류하는 방법을 기반으로 하였다. 하지만 현장에서 직접 내역서를 가지고 일하는 실무자들은 건물의 공간으로 분류되어 있는 방식에 익숙하므로 현장 적용성을 고려하여 프로젝트 흐름에 따라 구성요소를 분류한 이후 건물의 층수, 공용 공간 또는 주거 공간, 계단실 등과 같은 건물의 공간으로 다음 수준을 세분화하였다.

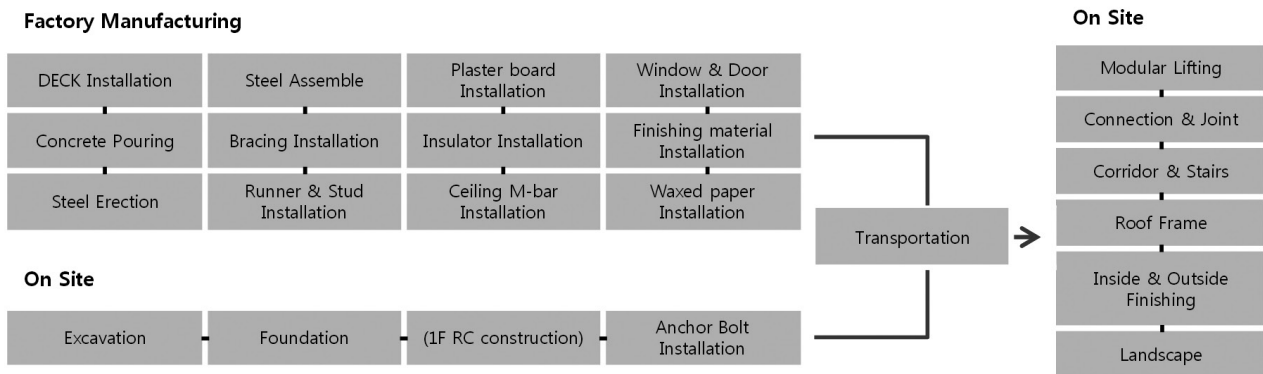


Fig. 5. Modular Construction Process

본 연구에서 대상으로 하는 모듈러 공법의 일반적인 프로세스를 살펴보면 크게 공장제작하는 단계와 현장 시공단계로 나누어지고 공장에서 모듈러의 골조를 만들고 석고보드, 단열재, 천정을 설치한 후 창호, 내부 마감까지 일정 부분 시공한다. 이런 과정이 공장에서 진행되는 동안 현장에서는 굴착 및 기초 작업이 이루어진다. 그리고 경우에 따라서 1층이 RC로 시공된 후 2층부터 모듈러가 설치될 수 있게 준비 작업을 하거나 바로 1층부터 모듈러가 설치될 수 있도록 앵커 볼트를 설치한다. 그 후 현장으로 모듈러 유닛이 운송되면 이를 양중하여 접합시키고 복도, 계단, 지붕을 시공하며 마지막으로 내·외부 마감과 조경 작업으로 모든 공사가 끝나게 된다(Fig. 5).

따라서 모듈러 공법에 적합한 내역서에서는 우선 크게 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공으로 3개로 작업을 대분류하고 현장에서 시공되는 부분도 일반적으로 현장에서 시공되는 부분인지 모듈러 때문에 추가, 보강되는 부분인지 구분하여 내역을 작성하였다.

4.3 내역서 작성기준

4.3.1 기본 작성 방침

일반적인 건설현장이 그러하듯 모듈러 공법 적용 현장 역시 모든 현장에 동일한 규격과 사양이 적용되는 것은 아니다. 따라서 내역서 작성을 위해서는 대표성을 가지는 하나의 기준이 필요하다. 이를 위해서 모듈러 공법의 내역체계를 크게 3개의 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공으로 나눈 후 사례 및 전문가 인터뷰를 통해 내역서 작성에 필요한 기준을 선정하였다.

우선 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역이 있고 주변 상황, 설계 등의 현장 여건에 따라 상이한 내역이 있다. 예를 들어 떡메김 같은 내역은 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역이고, 동절기 공사비는 모듈러 공법의 공사기간이 짧으므로 공사가 시작되는 시기에 따라 달라질 수 있으므로 현장 여건에 따라 상이한 내역으로 구분한다. 이를 구분하면 추후에 모듈러 공사에서 내역서를 사용할 경우에 그대로 사용할 수 있는 내역인지, 아니면 해당 모듈러 공사의 여건을 통해 유지 및 삭제가 될 내역인지 파악할 수 있다.

한편 모든 현장에 공통으로 적용되는 내역과 현장 여건에 따라 상이한 내역 모두 내역 항목 자체는 그대로 유지하더라도 규격이 달라질 수 있으므로 이러한 특성 역시 내역서에 반영하였다. 즉, 모든 현장에 공통으로

적용이 가능한 내역 중 규격 변경 가능한 경우와 현장 여건에 따라 상이한 내역 중 규격 변경 또는 내역 삭제 가능한 경우를 구분하였다. 예를 들어, 걸레받이나 물딩의 경우 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역이지만 자재 및 규격은 변경될 수 있고 바닥에 사용되는 테라조 타일의 경우 현장 여건에 따라 내역이 삭제될 수 있는가 하면, 사용되는 테라조의 규격이 변경될 수도 있다. 추가로 모듈러 골조에 해당하는 철골은 모듈러 업체별로 상이한 기술 표준 적용이 가능하므로 이를 반영하기로 하였다.

본 연구에서는 이러한 방침들이 종합적으로 반영된 모듈러 공법 내역체계를 제안하기 위해 가장 일반적인 프로세스와 공법에 의해 수행되는 공사의 제반조건들을 가정하였으며 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 서울시내 공동주거시설
- 2) 별도의 지하구조물이 없는 지상 4층 규모
- 3) 기초는 서울시 법규에 의거 기초부위 하부 Pit 점검구 및 정화조를 설치하며 Mat기초
- 4) 1층은 RC라멘조 적용
- 5) 2~4층은 적층식 모듈러 공법을 적용
- 6) 발코니 부위는 모듈러가 현장에 이송된 후 발코니 부위 철골설치 및 마감을 통해 시공
- 7) 복도는 모듈러유닛 사이에 PC구조물
- 8) 계단은 1층~중간층까지는 RC골조, 2층~4층까지는 공장에서 제작하여 적층식 모듈러 공법
- 9) 지붕은 현장에서 평지붕으로 철골 시공 후 우레탄 패널을 시공

상세한 마감 기준은 국내에 시공된 4개의 모듈러 사례를 기반으로 적용하였고 적용 과정에서 모듈러 업체에서 근무하는 전문가들의 인터뷰를 통해 좀 더 일반화된 마감기준을 검토하였다.

4.3.2 모듈러 공장제작 내역체계의 작성기준

모듈러 공장제작은 기준모듈의 경우 세대내부 마감은 가능한 공장에서 시공하고, 불가피한 부위(ex. 접합부)에 한하여 추가 현장 시공하는 것을 원칙으로 하였다. 모듈러 공장에서 구조체의 접합부를 제외한 전체를 시공하고 구조체 형강은 업체별로 표준 기술이 상이하므로 이를 반영할 수 있도록 하였고 바닥은 습식 공법으로 구조체를 형성하고 습식온돌로 난방시스템을 적용한다. 내벽체는 단열법규 기준을 적용하되 상세 시방조건은 업체별 표준 디테일을 따를 수 있도록 하며 상세한 마감은 가장 보편적인 재료에 준하여 작성하였다. 2층 이상의 계단실은 적층식으로 공장에서 제작 및 마감하여 현장에서 설치하는 것으로 하였다.

4.3.3 모듈러 현장시공 내역체계의 작성기준

모듈러 현장시공은 공장에서 모듈러의 설계 및 제작 프로세스상의 이유로 시공이 불가능한 부분은 현장에서 후 시공하는 것을 원칙으로 하였고 발코니, 복도, 외부데크, 휴게실, 지붕층 골조는 현장 작업하며 해당 부위의 창호류 및 기타 마감도 현장 시공하는 것으로 하였다. 상세한 마감은 사례분석 및 전문가 인터뷰를 통하여 가장 보편적인 재료에 준하여 작성한다.

4.3.4 일반 현장시공 내역체계의 작성기준

현장에서는 매트기초, 1층 RC 등의 작업을 시공하는 것을 원칙으로 하며, 모듈러를 제외한 일반 현장시공에 대해서는 다음과 같은 작성 기준을 적용하였다.

- 1) 매트기초 및 1층 RC구조체의 경우 현장 타설 콘크리트 일반내역에 적용
- 2) 골조 및 외벽은 마감을 위한 가설비계 설치를 반영
- 3) 1층 천정부위는 매립형 단열재 시공
- 4) 1층부터 중간층 계단실은 RC시공 및 현장마감

5. 모듈러 공법 내역서의 체계 구성

5.1 내역체계 코딩(coding)

내역체계의 분류체계를 표시하는 방법은 여러 문자를 섞어 사용하는 방법과 숫자만을 사용하여 구성하는 방법이 있다. 본 모듈러 공법의 내역서는 숫자만으로 구성된 방법을 사용하며 분류체계구조는 대분류 2자리 숫자 - 중분류 2자리 숫자 - 소분류 2자리 숫자로 구성하였다(Fig. 6).

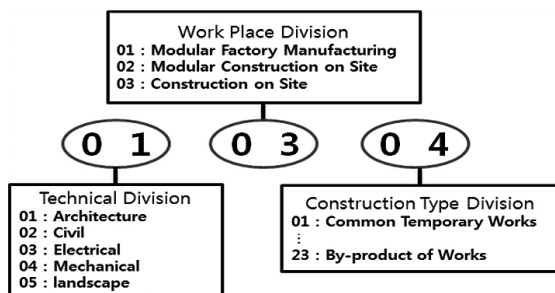


Fig. 6. Coding Principle

대분류는 각 기술분야로 건축분야, 토목분야, 전기분야, 설비분야, 조경분야로 구분하며 01~05까지의 번호를 부여하되 본 논문에서는 '01 건축분야'에 한정하여 결과물을 제안하였다. 중분류는 모듈러 공법의 특징을 반영하여 앞에서 언급한 대로 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공으로 구분하며 01~03까지

의 번호를 부여한다. 소분류는 공중으로 공동가설공사부터 작업부산물까지 분류하였으며 01~23까지의 번호를 부여하였다(Table 2). 소분류는 건축분야의 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공에 포함된 모든 공중을 포함한다. 예를 들어 건축분야 모듈러 공장제작의 철골공사라면 010304로 표기된다.

Table 2. Construction Classification (Modular construction)

No.	Construction Type	Modular Factory Manufacture	Modular Construction on Site	General Construction on Site
01	Common Temporary Works			○
02	Temporary Works			○
03	Reinforced Concrete Works	○		○
04	Steel Works	○	○	
05	Masonry Works			○
06	Waterproof Works	○	○	○
07	Tile Works	○	○	○
08	Masonry Mason's Works			○
09	Carpenter Works	○	○	○
10	Metal Works	○	○	○
11	Plastering Works	○		○
12	Joiner's Works	○	○	○
13	Glazing Works	○	○	○
14	Painting Works	○	○	○
15	Interior Finishing Works	○	○	○
16	Roof & Gutter Works		○	
17	Etc. Works		○	○
18	Quality Test			○
19	Furniture & Equipment Works			○
20	Appurtenant Works			○
21	Aggregate	○	○	○
22	Transport	○	○	○
23	By-product of Works			○

추가로 내역서 끝 행에 비고 칸을 2개 만들어 내역 항목들이 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한지 아닌지, 내역의 규격 변경 또는 내역 자체의 삭제가 가능한지 아닌지 등을 분류하였다. 여기서 첫 번째 비고1은 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역과 현장여건에 따라 상이한 내역을 구분한다. 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역은 □으로 표시하고, 현장여건에 따라 상이한 내역은 ▨으로 표시하도록 하였다.

Table 3. Remark Contents Classification

Type	Content
Remark 1	□ Common Application Items in Sites
	▨ Different Application Items in Sites
Remark 2	☰ Changeable items on Common Application
	▨ Changeable items on Different Application
	▨ applying different Techniques in companies
	Not applicable

두 번째 비교2는 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역 중 규격 변경 가능한 경우와 현장 여건에 따라 상이한 내역 중 규격 변경 또는 내역 삭제 가능한 경우를 구분한다. 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한 내역 중 규격이 변경 가능한 경우는 ㉠으로 표시하고, 현장여건에 따라 상이한 내역 중 규격이 변경 또는 내역 삭제 가능한 경우는 ㉡으로 표시한다. 작성기준에 추가로 구분하였던 모듈러 업체별 상이한 기술 표준이 적용되는 내역은 ㉢으로 표시하며 그 외 해당사항이 없는 경우는 공란으로 한다(Table 3). 이상의 기준을 적용하여 모듈러 내역서의 작성 체계는 항목/규격/단위/비고1/비고2 순으로 표기한다.

5.2 모듈러 공장제작 내역체계

모듈러 공장제작과 관련된 내역에는 모듈러 공법에 사용되는 핵심자재의 가공 및 조립이 포함된 철골공사의 내역이 추가 된다. 모듈러 공장제작의 철골공사는 위의 코딩 체계에 의해 010304로 분류되는데, 해당공종의 내역들로는 규격별 RH형강, ㄱ형강, c-찬널, 규격별 일반구조용 압연강판, 무수축 몰탈, 고장력 볼트, 너트, 내화 페인트 등의 항목이 포함되며, 각 항목별 규격, 적용 기준 및 단위를 제시하였다(Table 4).

Table 4. Steel Works on Modular factory Manufacturing

Items	Size	Unit	Remarks 1	Remarks 2
010304 Steel Works				
RH shape-steel	SS400, 150×150×7×10mm	TON	㉠	㉡
RH shape-steel	SS400, 150×75×5×7mm	TON	㉠	㉡
c - Channel	c-300x90x9x13	TON	㉠	㉡
Installation of Stud-bolt	automatic weld, M19×105	EA	㉠	㉡
Rolled steel plate for general structure	20mm	TON	㉠	㉡
Rolled steel plate for general structure	9mm	TON	㉠	㉡
Rolled steel plate for general structure	6mm	TON	㉠	㉡
SQ-PIPE	100×50×1.6t	M	㉠	㉡
ㄱ shape-steel	equal side, 50×50×6mm	M	㉠	㉡
ㄱ shape-steel	equal side, 65×65×6mm	M	㉠	㉡
ROD BAR	φ16mm	KG	㉠	㉡
Turn-buckle		EA	㉠	㉡
installation of anchor-bolt	Ø20mm L800	EA	㉠	㉡
T/S BOLT	M20mm L45	EA	㉠	㉡
High-tensile bolt	F10T, M20×75	EA	㉠	㉡
NUT		EA	㉠	㉡
Guide pin	M16mm L=80mm	EA	㉠	㉡
non shrink mortar (under columns)		M3	㉠	㉡
High-tensile bolt	< 300ton, < 30ea/t	TON	㉠	㉡
Modular processing and assembly	Material processing and assembly (include welding)	TON	㉠	㉡
installation of light-weight steel	subsidiary materials	TON	㉠	㉡
fire resisting paint -(Organic/Oil), steel	< 1hour 0.95mm, (5F, 20m)	M2	㉠	㉡

이 부분 역시 모든 현장에 공통 적용이 가능한 내역과 현장여건에 따라 상이한 내역을 구분하여 비교1에 표시하는데, 공통 적용이 가능한 내역은 모듈러 제작에서 필수적인 요소들이자 공중으로써 전 항목이 가능한 것으로 분류되며 모듈러 자재 가공 및 조립(용접포함), 턴버클, 고장력 볼트, 너트, 볼트 본조임, 무수축 몰탈, 내화페인트, 규격별 RH 형강, c-찬널, 스티드 볼트 설치, 일반구조용 압연강판, ㄱ형강, 앵커볼트설치, 유도 핀, 경량형강철골조 조립설치가 해당된다.

비고2에서는 비교1의 구분에 따라 규격 변경 및 삭제 가능한 내역을 구분, 모듈러 업체별 상이한 기술 표준이 적용되는 내역은 별도로 표기하되 그 외 해당사항이 없는 경우는 공란으로 표기된다. 규격별 RH형강, c-찬널, ㄱ형강, 앵커볼트설치 일반구조용 압연강판 등의 철골 공사 대부분의 내역은 모듈러 제작의 핵심기술의 해당되는 항목으로 업체별로 상이한 기술기준을 적용하는 항목이 주를 이루었다. 이러한 기준과 모듈러 전문가의 자문을 통해 검증된 관련 철골공사의 공장제작 내역을 작성하였다.

5.3 모듈러 현장시공 내역체계

모듈러 현장시공 공종 중 대표적인 금속공사(코드: 010210)의 내역을 예로 들면, 해당내역들로는 경량철골 천정틀, 발코니 난간대, 지붕판넬 설치, 외장판넬 설치, AL천정재 설치, 벤추레이터 등의 항목이 포함된다(Table 5).

모든 현장에 공통 적용이 가능한 내역에는 모듈러 현장시공 후 발생하는 작업의 요소들로 경량철골 천정틀, 발코니 난간대, 벤추레이터, 외장판넬 설치, AL천정재 설치, 각파이프 보강틀 설치/외장재 후면 등의 항목이, 현장여건에 따라 상이한 내역으로는 지붕판넬 설치 항목이 해당된다.

비고의 경우, 현장시공 금속공사는 업체별 상이한 기술기준이 적용되기보다는 공통적용 및 현장여건에 따른 내역으로 구분될 수 있고 공통적용 중 규격 변경 가능내역은 경량철골 천정틀, 벤추레이터가 있었으며 현장여건에 따른 규격 변경 및 삭제가능 내역은 지붕판넬 설치, AL천정재 설치로 구분되었다.

Table 5. Metal Works on Modular Construction on Site

Items	Size	Unit	Remarks 1	Remarks 2
010210 Metal Works				
Light-weight steel for ceiling construction	M-BAR H:< 1m, insert (Corridor)	M2	㉠	㉡
Balcony handrail	H1200	M	㉠	㉡

Stair hall handrail	H:900	M	<input type="checkbox"/>	
ladder of roof inspection	SUS W:350	M	<input type="checkbox"/>	
Panel for roof construction	125T Urethane panel	M2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventilator	D300*670*900	EA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Between Modular floors JOINT-Corridor	filler+waterproof sheet W=120mm+Galvalume 40+100 0.45T	M	<input type="checkbox"/>	
Installation of □-pipe extra-frame / rear Exterior-material	(Modular - Joint)	M2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Installation of Exterior Panel	(used Modular joints)	M2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
ALCeiling board	(used Balcony)	M2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

steel bar only RC(deformed bar)	HD-19, SD400, Lifting items on Shed	TON	<input type="checkbox"/>	
steel bar only RC(deformed bar)	HD-22, SD400, Lifting items on Shed	TON	<input type="checkbox"/>	
Rebar manufacturing and field assembly	normal(No Contingency Quantity)	TON	<input type="checkbox"/>	
Concrete vibrator (use electric & man)	φ 45 (0.75KW)	M3	<input type="checkbox"/>	
Spacer	Spacer 150	EA	<input type="checkbox"/>	
RC Poring / Pump car(32m)	slump 15, 300m3 ≥/day	M3	<input type="checkbox"/>	
Plain Concrete Pouring /Pump-car(32m)	slump 8~12, 50m3 >[65~75]	M3	<input type="checkbox"/>	

5.4 일반 현장시공 내역체계

일반 현장시공 공종 중 대표적인 철근콘크리트공사(코드: 010103)를 예로 들면, 1층 RC라멘조 구조시공이 일반 현장시공에서 가장 중요시되는 공종이고 해당내역들로는 레미콘, 합판거푸집, 유로폼, 철근콘크리트용 봉강(이형철근), 철근가공 및 현장조립, 스페이서, 콘크리트타설 등의 항목이 포함된다(Table 6). 또 비교1에 해당되는 모든 현장에 공통적용이 가능한 내역은 철근콘크리트 공사 내역의 전 항목이 포함되고 비교2의 항목은 특별한 해당사항이 없는 것으로 검증되었다.

Table 6. Reinforced Concrete Works on General Construction on site

Items	Size	Unit	Remarks 1	Remarks 2
010103 Reinforced Concrete Works				
Ready-mixed Concrete	Seoul, 25-18-8	M3	<input type="checkbox"/>	
Ready-mixed Concrete	Seoul, 25-18-15	M3	<input type="checkbox"/>	
Ready-mixed Concrete	Seoul, 25-24-15	M3	<input type="checkbox"/>	
plywood form	Inclined, use three times	M2	<input type="checkbox"/>	
plywood form	Curved, use three times	M2	<input type="checkbox"/>	
plywood form	fair-faced coating, use six times(Slab)	M2	<input type="checkbox"/>	
plywood form	use three times	M2	<input type="checkbox"/>	
Euro form	Wall	M2	<input type="checkbox"/>	
steel bar only RC(deformed bar)	HD-10, SD400, Lifting items on Shed	TON	<input type="checkbox"/>	
steel bar only RC(deformed bar)	HD-13, SD400, Lifting items on Shed	TON	<input type="checkbox"/>	
steel bar only RC(deformed bar)	HD-16, SD400, Lifting items on Shed	TON	<input type="checkbox"/>	

6. 결론

국내 건설 산업의 경쟁력 향상을 위한 핵심 키워드로 꼽힌 모듈러 공법은 다양한 건설 환경의 변화로 인해 주목받고 있다. 하지만 여기서 그치지 않고 좀 더 모듈러 공법에 의한 건설공사가 활성화되기 위해서는 공사비 리스크를 줄일 수 있는 방안이 모색되어야 한다. 이를 위해서 모듈러 공법의 특징을 반영한 내역체계가 구축된다면 모듈러 공법의 공사비 예측의 정확도를 높일 수 있고 결국 공사비 리스크를 감소시킬 수 있을 거라 판단하였다. 본 연구는 이러한 필요성에서부터 시작하여 모듈러 공법이 도심형 소규모 공동주택에 적용될 경우 가장 적합하게 사용가능한 내역체계를 도출하였다.

우선 모듈러 공법의 특징과 프로세스를 파악하여 이를 반영시킬 수 있도록 내역체계를 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공으로 크게 분류하였고 국내 도심형 소규모 공동주택 사례를 기반으로 전문가 인터뷰를 진행하여 내역서 작성에 필요한 상세한 기준들을 선정하였다. 선정된 기준에 근거하여 내역체계를 도출하고 모듈러 제작업체에 근무하는 전문가들의 피드백을 받아 적정성에 대한 검증을 진행하였다.

다만, 아직 국내 사례가 충분하지 않아 적은 사례로 내역체계를 분석하였다는 한계가 있고 규모를 도심형 소규모 공동주택에 한정하여 이에 맞는 공법이나 마감 기준을 기준으로 선정하였기 때문에 다른 규모의 공사에 적용하기 위해서는 후속 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 도출된 내역체계를 국내에서 실시되고 있는 모듈러 공법이 적용된 현장 또는 실증사업과 같은 연구과제에 도입함으로써 산업 현장에서 내역체계의 적용성 검증 및 개선사항 도출을 위해 모니터링을 진행해야 한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 주거환경 연구사업 수요자 맞춤형 조립식 주택 기술개발 및 실증단지 구축 사업의 연구비지원(13-AUPP-C068788-01)에 의해 수행되었습니다.

References

Cho, B. H., Lee, J. S., and Cha, H. S. (2010). "Development of a Modular Building System for the BOQ Using Six-sigma." *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 11(6), pp. 89-99.

Kim, J. W., Kim, Y. S., Kim, Y. S., and Kim, S. B. (2008). "WBS Development for Acquisition and Analysis of Public Housing Productivity Data." *Korean journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 9(5), pp. 86-94.

Kim, K. T. and Lee, Y. H. (2011). "Economic Feasibility Study on the Unit Modular Fabrication Method According to the Life Cycle Costing Methodology." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 27(12), pp. 207-214.

Kim, S. K., Cho, C. Y., Son, J. H., and Kim, J. O. (2007). "A Model of Work Breakdown Structure for being applied to Historical Data in BTL Project for Educational Facilities." *Korean journal of Construction Engineering and Management*, pp. 499-502.

Ko, D. J., Choi, E. A., Seo, Y. C., and Lee, S. B. (2008). "An Establishment the Work Breakdown Structure for Owners in the Multi-complex Project." *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, 8(1), pp. 127-131.

Lee, K. B., Kim, K. R., Shin, D. W., and Cha, Hee. Sung. (2011). "A proposal for Optimizing Unit Modular System Process to Improve Efficiency in Off-site Manufacture, Transportation and On-site Installation." *Korean journal of Construction Engineering and Management*, 12(6), pp. 14-21.

Shaked, O. and Warszawski, A. (1992). "Expert System for Scheduling of Modular Construction Project." *A Journal of Construction Engineering and Management in ASCE*, 118(3), pp. 488-506.

Sri, V. (2012). "Feasibility, Benefits and Challenges of Modular Construction in High-rise Development in the United States: A Developer's Perspective." A Master's Thesis of Massachusetts Institute of Technology, pp. 1-102.

The Korean Statistical Information Service, (2010). "Census" <<http://kosis.kr/>> (April 23, 2014)

요약 : 모듈러 공법은 건설 산업 경쟁력 강화를 위한 하나의 방안으로 주목받고 있다. 최근 핵가족화로 인한 소형주택의 수요 증가, 건식공법으로 변화되는 건설 산업 환경, 친환경 건설에 대한 요구 등에 따라 모듈러 공법 시장은 큰 성장세가 기대되고 있다. 하지만 아직 모듈러 업체들이 표준화되지 않은 내역체계로 공사를 수행하고 있어 공사비에 대한 리스크가 증가될 우려가 있다. 따라서 본 논문에서는 모듈러 공법의 특징과 프로세스가 반영된 내역체계를 개발하고자 하였다. 이를 위해 우선 모듈러 공법, WBS, CBS의 개념 정리 및 일반 RC공사에 쓰이는 표준 내역서를 분석하고 모듈러 공법이 적용된 사례 분석과 전문가 인터뷰를 통해 모듈러 공법 내역체계에 적합한 작성기준들을 선정하였다. 한편 모듈러 공법은 공장생산 비율이 높기 때문에 프로젝트 흐름을 반영하여 모듈러 공장제작, 모듈러 현장시공, 일반 현장시공으로 체계를 크게 구분하였으며 각 내역 항목들 중에서도 모든 현장에 공통으로 적용이 가능한지 아닌지, 규격 변경 또는 내역 삭제가 가능한지 아닌지 등을 표시하였고 마지막으로 숫자로 구성된 코딩을 넣음으로써 모듈러 공법의 특징이 반영된 내역서를 개발하였다. 이는 모듈러 공법 공사비 예측 정확도를 높여 공사비에 대한 리스크를 절감시키고, 더 나아가 모듈러 공법 활성화에 기여할거라 기대된다.

키워드 : 모듈러, 조립식 건축, 내역서
