

초고층 바닥거푸집 공사 공기단축을 위한 현장 요구 성능 도출

Performance Elements for Schedule Compression in Slab Form Work for High-rise Buildings

임 현 수*
Lim, Hyun-Su

김 태 훈**
Kim, Taehoon

조 훈 회***
Cho, Hunhee

강 경 인****
Kang, Kyung-In

Abstract

In tall building construction, It is important to reduce construction duration of slab form work. Therefore, the purpose of this study is to assess the required performance for reduction of construction duration in slab form work of tall buildings. We surveyed the required performance and their degrees of importance and economical efficiency through the interview and questionnaire survey by related experts. This study proposes the guideline to develop improved formwork system for reduction of construction duration.

키 워 드 : 초고층 건물, 바닥거푸집, 공기단축, 요구성능

Keywords : Tall Building, Slab Form, Reduction of Construction Duration, Required Performance

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 초고층 시장은 주상복합 건물을 중심으로 급격히 성장하여 왔으며, 국내 부지여건 및 정부정책과 맞물려 지속적 증가가 예상된다(건설교통부, 2006). 하지만 규모에서 야기되는 오랜 공사기간은 발주자와 시공자 모두에게 사업성 확보의 부담을 가져오며, 이에 따라 전체 공사 중 가장 많은 공기를 차지하는 골조공사의 공기단축은 매우 중요한 요소로 작용한다.

최근 초고층 건물의 구조는 강성이 높아 거주성과 진동에 강한 이유로 철근콘크리트조가 많이 적용되고 있는 추세이다(다카후미 노구치, 2010). 이러한 철근콘크리트조 건물에서 거푸집 공사는 공사기간과 공사비 측면에서 큰 비중을 차지하고(Ferguson, S.A., 1999), 이 중 바닥거푸집 공사방법은 공기에 가장 큰 영향을 미친다(Proverbs, D.G. et al., 1999).

따라서 본 연구에서는 국내 초고층 바닥거푸집 공사의 공기단축을 위한 현장 요구 성능을 도출함으로써, 거푸집 공법의 개선방안을 모색하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 현재 국내 40층 이상의 초고층 건물에 주로 적용되는 알루미늄폼, 테이블폼, P사의 스카이텍을 대상으로 하였다. 거푸집의 요구성능이 각 구조마다 상이하나 건설 추세를 감안하여 철근 콘크리트조의 플랫폼레이트 슬래브(flat plate slab) 구조로 한정하였다.

본 연구의 수행 절차는 다음과 같다.

- 1) 국내 초고층 바닥 거푸집 공사에 주로 적용되는 3가지 종류의 바닥 거푸집 공법에 대해 고찰하였다.
- 2) 이를 바탕으로 초고층 거푸집 공사 분야 전문가들과의 1:1 인터뷰를 통해 각 거푸집 공법에 대한 기존 문제점 및 요구 성능 요소를 도출하였다.
- 3) 도출된 요구성능 요소에 대하여 국내 초고층 현장 및 전문 건설업체의 실무자와 작업자를 대상으로 1차 조사에서 도출된 각 요소들의 요구정도와 경제성에 대한 설문조사를 통해 요소 평가를 실시함으로써 바닥거푸집 공법의 필수 개선요소를 도출하였다.

2. 초고층 바닥거푸집 공법 고찰

2.1 알루미늄폼

알루미늄폼은 전용성이 좋고 널리 보급되어 있어 초고층 바닥

* 고려대 건축사회환경공학과 석사과정

** 고려대 건축사회환경공학과 박사과정

*** 고려대 건축사회환경공학부 부교수, 공학박사

**** 고려대 건축사회환경공학부 교수, 공학박사

본 논문은 국토해양부가 출연하고 한국건설기술평가원에서 위탁 시행한 2009년도 첨단도시개발사업[과제번호: 09 첨단도시 A01]의 지원으로 이루어졌습니다.

표 1. 바닥거푸집 공법별 문제점 및 요구성능

| 분류 | 기존 문제점 | 요구성능 | 분류 | 기존 문제점 | 요구성능 |
|-------|---|------------------|--------|--|------------------|
| 공통 사항 | 슬리브나 전기배선이 설치된 바닥판넬이 위치가 바뀌어 재설치시 시간증대 | 판넬 제작시 슬리브 위치 표시 | 알루미늄 품 | 판넬인양 후 부착된 콘크리트를 탈고 박리제를 바르는 시간소요 | 판넬 인양시 자동 세척 |
| | 협소한 동바리 간격으로 인한 내부 작업공간 부족 및 시간증대 | 동바리 강성 증가 | | 핀 체결시 2개의 핀으로 고정시켜 작업시간이 증대되고 해체시 핀의 낙하와 망실이 잦음 | 반자동 체결핀을 판넬과 일체화 |
| | 초고층 특성상 굵은 철근의 좁은 간격으로 배근되어 바이브레이터 작업의 어려움 | 폼 바이브레이터 | | 데크판넬이 무거워 설치시에 생산성이 떨어짐 | 판넬을 경량화 하여 모듈 변경 |
| 스카이덱 | 판넬 설치시 작업자가 발판에 올라가서 이동하며 작업하여 많은 작업시간 증대 | 서포트빔의 반자동 상승낙하장치 | 테이블폼 | 동바리 설치 해체시 망치로 타격하여 높이를 조정하여 수작업으로 미세한 높이 조정이 힘들 | 자동 높이 조절 동바리 |
| | 경량화된 판넬이 바람에 의해 위치가 벗어나고 판넬설치중에는 고정되지 않아 안전상 불리 | 판넬을 서포트빔에 반자동체결 | | 대형 테이블 폼을 사용할 경우, 초고층 인양시 풍하중에 대한 영향을 많이 받음 | 접이식 테이블 폼 |
| | 모듈화된 판넬에서 비정형 평면부분이나 기둥과 보와 만나는 부분에는 이질판넬 사용으로 공기나 품질면에서 불리 | 슬라브 전체 단일 거푸집사용 | | | |

거푸집 공사시 많이 사용 되는 자재이다. 구성부재는 일반적으로 알루미늄 데크판넬과 서포트빔, 동바리로 이루어지며 시스템 거푸집에 비해 인력이 많이 소요된다는 단점이 있다.

하지만 알루미늄자재의 특성상 품질이 우수하고 경제성 면에서 다른 거푸집에 비해 유리하며 슬래브 구조에 상관없이 적용할 수 있는 장점이 있다.

2.2 테이블폼

테이블폼은 바닥판에 지보공(동바리, 장선, 멩)을 일체화하여 수직, 수평으로 이동할 수 있도록 한 대형 슬래브 거푸집이다(김광희 외 1인, 2003).

유닛수가 적어 공기 단축과 인력감소의 효과가 있지만 초기투자비가 높고 인양시 장비가 필요하며 바람의 영향을 많이 받아 양중시 안전을 고려해야한다.

2.3 스카이덱

스카이덱은 플랫폼플레이트 구조에 최적화된 시스템 거푸집으로 데크판넬이 경량이고 핀을 체결하지 않아 설치, 해체가 손쉽다는 장점이 있다.

또한 해체시 드롭헤드(drop head)를 통해 동바리 해체 없이 거푸집의 해체가 가능하며 안전성이 크다. 반면, 초기자재비가 고가이고 도입시기가 늦어 사용현장이 많지 않지만 현재 초고층 건

축현장에 사용량이 점점 증가하는 추세이다.

3. 요구성능 요소 도출

초고층 바닥거푸집 공사시 공법에 따른 문제점 및 요구성능 요소를 도출하기 위해 각 거푸집별 5년 이상의 초고층 공사경력을 가진 5인의 전문가와 1:1 인터뷰를 실시하였으며(표 2), 그 결과는 다음 표 1과 같다.

표 2. 인터뷰 대상자 분류 및 실무경력

| 분류 | 공사경력 | 초고층공사경력 |
|---------|------|---------|
| 종합건설업체 | 15년 | 8년 |
| | 10년 | 5년 |
| | 10년 | 5년 |
| 전문건설업체 | 25년 | 10년 |
| 거푸집제작업체 | 22년 | 15년 |

요구성능 도출시 거푸집에 공통적으로 적용되는 부분에는 데크판넬 제작시에 슬리브의 위치를 표시하여 설치시 정확한 위치에 놓이게 하는 방안과 동바리의 강성을 증대시켜 설치 갯수를 줄이

는 방안, 폼바이브레이터를 사용하는 방안이 도출 되었다. 또한 각 거푸집별로 문제점에 따른 요구성능을 조사하여 총 11개의 항목을 도출하였다.

4. 요구성능 요소 평가

4.1 설문조사 개요

전문가와의 인터뷰로 도출된 항목들을 평가하기 위해 국내 40층 이상의 초고층 현장 실무자와 전문건설업체 작업자를 대상으로 설문지를 배포하였으며, 총 32부의 회수 설문지 중 1년 미만 경력을 가진 설문 대상자로부터 회수된 2부를 제외한 총 30부의 설문 결과를 바탕으로 분석을 실시하였다(표 3).

설문은 각 항목의 요구도와 경제성 두 항목에 대해 조사하였으며 5점 리커트 척도를 사용하였다.

표 3. 설문응답자 분류 및 실무경력

| 분류 | 거푸집공사 관련업무 수행 경력 | | |
|--------|------------------|-------|--------|
| | 2~5년 | 5~10년 | 10~20년 |
| 원도급업체 | 7 | 8 | 10 |
| 전문건설업체 | 1 | 2 | 2 |

4.2 설문결과 분석

4.2.1 신뢰도 검증

각 요구성능의 요구도와 경제성에 대한 설문결과는 표 4와 같으며, 이에 대한 신뢰도 검증을 수행하였다. 설문지의 신뢰도 검증을 위해 상업용 소프트웨어인 SPSS 12.0 Package를 사용하였으며, 가장 많이 사용되고 있는 신뢰도 계수인 크론바하 알파계수(Cronbach's alpha coefficient)를 적용하였다.

내적일관성법으로 알아본 분석 결과 알파계수가 요구도는 0.717, 경제성은 0.745으로 나타났는데 일반적으로 크론바하 알파값이 0.6 이상이면 내적 일관성이 높아 신뢰할 수 있음을 나타낸다. 따라서 각 항목의 설문 결과는 신뢰도를 가지고 있다고 할 수 있다.

4.2.2 요구성능의 요구도-경제성 분석

본 연구에서는 각 항목의 요구도와 경제성을 평가하기 위해 IPA(Importance-Performance Analysis)기법¹⁾을 응용하여, X축은 경제성, Y축은 요구도로 정하여 각 항목의 위치한 사분면을 통해 분석을 수행하였다(그림 1).

요구도-경제성의 상관관계 분석결과를 보면 1사분면에 위치한

1) IPA기법은 상품이나 서비스가 가지고 있는 중요속성들에 대한 중요도와 성취도를 소비자가 어떻게 인식하고 있는지 동시에 분석하기 위해 개발된 기법

항목이 '동바리 강성증가', '판넬 제작시 슬리브위치표시', '판넬을 경량화 하여 모듈변경'의 세가지 항목으로 파악되었다. 이 항목들은 시공자동화에 대한 요구도도 높고 경제성도 높다고 할 수 있다. 따라서 차후 이 항목들을 우선적으로 고려하여 바닥거푸집 공법 개선이 이루어져야 될 것으로 사료된다.

표 4. 요구성능 요소의 요구도와 경제성 설문결과

| 구분 | 항목 | 요구도 | | 경제성 | |
|----|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | 평균 | 표준편차 | 평균 | 표준편차 |
| 1 | 서포트빔의 반자동 상승, 낙하장치 | 3,500 | 0,906 | 2,808 | 1,059 |
| 2 | 판넬을 서포트 빔에서 반자동 체결 | 3,808 | 0,634 | 3,115 | 0,711 |
| 3 | 자동 높이조절 동바리 | 3,615 | 0,852 | 2,885 | 1,071 |
| 4 | 판넬 제작시 슬리브 위치표시 | 3,769 | 0,815 | 3,462 | 0,948 |
| 5 | 판넬 인양시 자동세척 | 3,269 | 0,724 | 2,731 | 0,962 |
| 6 | 접이식 테이블폼 | 3,308 | 0,618 | 3,000 | 0,849 |
| 7 | 반자동 체결핀 | 3,423 | 0,857 | 3,154 | 0,925 |
| 8 | 동바리 강성 증가 | 3,885 | 0,864 | 3,500 | 0,860 |
| 9 | 판넬을 경량화 하여 모듈변경 | 3,538 | 0,859 | 3,615 | 0,804 |
| 10 | 폼 바이브레이터 | 3,577 | 0,758 | 2,923 | 1,055 |
| 11 | 슬라브전체 단일 거푸집 제작 | 3,269 | 0,667 | 2,885 | 0,952 |

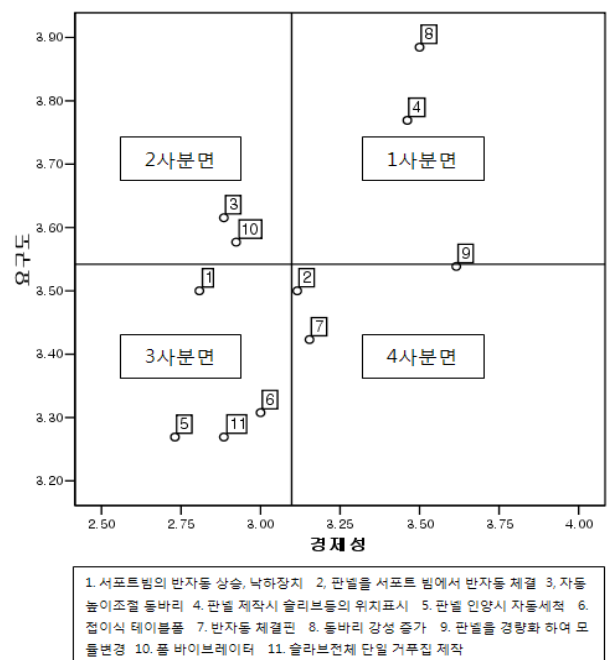


그림 1. 요구성능 요소의 요구도-경제성 상관관계 분석

다음으로 2사분면에 있는 '자동 높이 조절 동바리'와 '폼 바이브레이터'의 두 항목은 요구도는 높지만 경제성이 부족한 것으로 파악되었다. 하지만 요구도가 높기 때문에 개선의 필요성을 가지고 있으며, 경제성을 확보하기 위한 연구가 요구된다.

3, 4사분면에 위치한 나머지 항목들은 경제성과 상관없이 현장의 요구정도가 낮으므로 분석에서 제외하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 초고층 바닥거푸집 공사의 공기단축을 위한 요구성능을 도출하기 위해 전문가들의 자문을 받아 요구성능 요소를 선정하고 현장 실무자들의 설문을 통해 각 요소의 요구도-경제성을 분석하였다.

분석결과 모든 바닥거푸집에 공통으로 요구되는 '동바리 강성 증가'와 '판넬 제작시 슬리브 위치표시'가 개선 요구도와 경제성이 높은 항목으로 나타나, 국내 바닥거푸집 공사 공기단축을 위해 우선적 연구개발이 이루어져야 할 것으로 판단된다. 반면 '자동 높이 조절 동바리'와 '폼 바이브레이터'는 요구도가 높은 항목임에도 불구하고 자동화에 따른 경제성 확보가 어려운 것으로 나타나 현장적용을 위해서는 경제적 형태의 개선안 도출이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구 결과를 바탕으로 향후 바닥거푸집 공사에 대한 보다 구체적인 개선 방안 도출 및 공법 개발을 수행할 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 한국건설교통기술평가원, 건설교통 R&D 혁신로드맵 보고서, 2006
2. 김광희, 강경인, 초고층 골조공사를 위한 유닛테이블 거푸집공법의 개발 및 적용에 관한 연구, 대한건축학회 구조계, 제19권 제8호, pp.181~188, 2003,8
3. 김태훈, 신윤석, 이웅균, 강경인, 의사결정나무를 이용한 초고층 건축공사 거푸집 선정 지원 모델, 대한건축학회 구조계, 제23권 제11호, pp.177~184, 2007,11
4. 신윤석, 최희복, 이웅균, 안성훈, 강경인, 초고층 건축공사 바닥판 거푸집시스템 선정에 관한 연구, 대한건축학회 구조계, 제22권 제2호, pp.147~154, 2006,2
5. 안성훈, 김광희, 김재엽, 박현일, 정병원, 골조공사 공기단축을 위한 기준층 3일 공정에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, 제23권 제5호, pp.203~210, 2007,5
6. 안경모, 김주연, IPA기법을 활용한 모바일 관광정보 서비스 평가, 대한관광경영학회, 제24권 제5호, pp.45~61, 2009,12
7. 다카후미 노구치, International Conference on Sustainable Building Asia, 대한건축학회, 2010
8. Ferguson, S.A., High-rise formwork for the 21st century, 초고층 건축 거푸집 시스템 국제 세미나, 대한건축학회, 1999
9. Proverbs, D.G., Holt, G.D., and Olomolaiye, P.O., Factors impacting construction project duration: a comparison between France, Germany and the U.K., Building and Environment, Vol.34, No.2, pp.197~204, 1999
10. PERI KOREA Ltd., PERI Handbook, 2008