

건축 공사현장 유형별 최적 거푸집 공법선정을 위한 정량적 의사결정 지원모델 개발

김오형¹ · 차희성*
¹아주대학교 건축공학과

Development of Quantitative Decision Support Model for Optimal Form-Work Based on Construction Site Type

Kim, Oh-Hyung¹, Cha, Hee-Sung*

¹Department of Architectural Engineering, Ajou University

Abstract : An optimal selection of form-work is very important in the construction project in terms of construction cost and duration management. Also, it substantially affects the quality of the structure and the finishing work. However, in South Korea, the decision making on the selection of form-work has been based on the experience and intuition of construction practitioners not on the objective data or rational decision-making system. In order to solve the problem, several types of research on the selection of form-work has been processed. However, they did not consider the construction site condition, which is one of the most important factors for the selection of form-work. Thus, the objective of this study is developing the objective decision supporting system considering the site condition. This study provides the quantitative decision support model for optimal form-work based on construction site type. It is expected that the decision support model will help the practitioners decide optimal form-work based on the objective data. It will ameliorate the existing decision making process using experience and intuition. In addition, because the model considers site-conditions, it will provide more accurate and appropriate decision on the selection of an optimal form-work.

Keywords : AHP, Form-Work Selection, Decision Support Model, Quantitative Evaluation, Site-Condition

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건축공사의 공사기간(이하 공기)에 관련된 공정들 중 거푸집공사는 일반적으로 전체 공기의 25% 이상의 비중을 차지하는 가장 주요한 공사 중 하나다(Ahn & Lee, 1993). 또한, 거푸집 공사비는 구조체 공사비의 30~40%에 달하며, 전체 공사비의 10%를 차지하는 최대의 단일 공정이다(Jung et al., 2005-a). 따라서 거푸집 공사는 전체 건축공사의 공사기간 및 공사비 측면에서 상당 부분을 차지하고 있으며, 구조물공사의 품질 및 마감 및 설비 등 후속공사에도 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 공정이다(Jung et al., 2005-a).

국내 건설현장의 거푸집공사의 수직부재는 유로폼, 수평부재는 합판거푸집이 주로 사용되어 왔다. 그러나 해체와 철거의 반복으로 파손이 많고 연결패널 접합부 주변의 변형이 클 뿐만 아니라 매 층마다 조립, 해체, 운반을 반복해야 하는 공법의 특성상 노무비의 비중이 커져 비용의 상승과 기능노동자가 부족한 현시점에 공사비의 부담과 절대공기의 부족현상을 초래하고 있다. 또한 목재거푸집은 건축폐자재를 다량으로 발생시키고, 거푸집 공사 시 소음과 진동을 발생시켜 환경민원의 주요인으로 작용하고 있다.

전체 공중에 영향을 가장 많이 끼치는 거푸집 공사에서의 거푸집 시스템의 선정은 시공성, 원가관리, 품질관리, 안전관리, 환경관리, 공기관리 측면에서 매우 중요한 요소라고 할 수 있다. 또한 앞서 언급한 단점을 극복하기 위하여 AL FORM, 대형거푸집공법과 하프피씨 패널을 이용한 복합화 거푸집공법 등이 앞 다투어 개발되어 현장에 적용되고 있다. 그러나 현장의 특성에 따라 거푸집별 효과성이 상이해짐에도 불구하고, 현장의 특성을 반영한 거푸집 선정방안에

* Corresponding author: Cha, Heesung, Department of Architectural Engineering, Ajou University, Suwon, Korea
E-mail: hscha@ajou.ac.kr
Received January 19, 2019; revised March 22, 2019
accepted May 20, 2019

관련한 연구는 부족한 실정이다. 이러한 이유로, 대부분의 현장에서 거푸집 공법선정은 현장 엔지니어의 경험과 직관에 의존하고 있는 실정이다(Seo et al., 2013). 기존의 경험에 의존하여 공법을 선정하는 방법은 실무자가 지식이 풍부할 경우 문제되지 않지만, 실무자가 관련 지식이 부족한 경우 잘못된 의사결정으로 공기지연이나, 추가비용발생과 같은 손해를 발생할 가능성이 있다(Shin et al., 2007). 따라서 공사현장의 조건을 고려한 적절한 거푸집 시스템을 선정함에 있어서, 관련 요인들을 체계적으로 분석 및 이를 정량적으로 의사결정 할 수 있는 방안에 관련한 제시가 필요하다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 거푸집 공법이 요구되는 현장의 특성을 분류하고 분류된 현장의 특성에 따른 거푸집별 효과성을 정량적으로 평가할 수 있는, 현장별 최적의 거푸집 공법선정 의사결정 지원모델을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 현장의 특성을 고려한 최적의 거푸집 공사방법 의사결정 지원모델 개발을 최종 목적으로 한다. 현장별 최적의 거푸집을 도출할 수 있는 의사결정지원모델을 제시하기 위해 거푸집 선정에 영향을 미치는 현장의 유형을 분류하고, 이에 따른 거푸집 선정 고려항목들을 전문가 설문조사와 AHP 기법을 활용하여 정량적으로 분석하여 현장별 최적의 거푸집 공법선정 의사결정 지원모델을 개발하고자 한다.

먼저, 선행연구 분석을 통하여 거푸집 선정과 관련된 이전 연구들의 한계점을 확인하고, D건설사의 실제 공사 사례를 바탕으로 총 20인의 전문가 면담을 통해 실제 현장에서의 거푸집 선정 과정에서의 문제점을 실증적으로 분석하였다. 또한 전문가 면담을 통해 거푸집 공사에 영향을 미치는 요인에 따라 공사현장의 Type을 구분하고 각 현장 타입에 따른 거푸집 공법별 효과성 가중치 계산법을 제시하였다. 또한, 현재 국내에서 주로 활용되고 있는 거푸집 공법별로 시공성, 경제성, 품질, 안전, 환경, 공기 등으로 세부항목을 분할하여 그 효과성을 전문가 설문조사를 통해 정량적으로 도출하고, 앞서 도출한 현장 타입별 거푸집의 효과성 가중치 계산법을 활용하여 현장 Type별 최적의 거푸집선정을 위한 의사결정 지원모델을 개발하였다.

전문가 설문조사를 통한 정량적 효과성 측정 기법은 각 공법별 객관적 평가지표가 부족한 상황에서 전문가들의 분산된 의견을 정량적으로 분석하여 정량적인 의사결정의 지표를 제시하는 방법이다. 본 논문에서는 거푸집 공법별 효과성을 정량적으로 측정하기 위해 거푸집 공법별 선정요인들을 분석하고 이를 바탕으로 하여 설문조사를 실시하였다. 또한 AHP 기법을 활용한 현장별 거푸집 선정요인의 가중

치 계산법을 제시하고, 이 가중치와 설문조사를 통해 얻은 거푸집 별 선정요인 평가결과를 결합하여 최적의 거푸집을 선정할 수 있는 정량적 의사결정지원모델을 개발하였다. 본 연구의 마지막 단계로서 D건설사의 공사현장 Case에 개발된 의사결정지원모델을 적용해보고, 해당 공사 담당 전문가와의 심층인터뷰를 통해 그 효과성과 한계점을 평가해보자 한다. 전반적인 연구의 흐름은 <Fig. 1>과 같다.

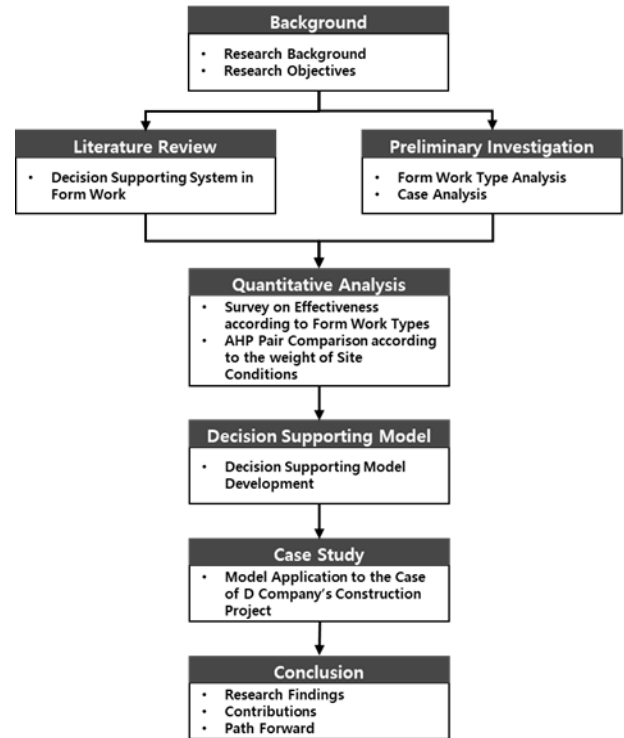


Fig. 1. Research Flowchart

2. 예비 고찰 및 선행연구 분석

2.1 거푸집 공법의 이론적 고찰

현재 공사현장에서 활용되는 거푸집 종류를 분석하고 각 거푸집 공법별 장단점을 도출해 보았다. 도출된 각 공법의 장단점은 거푸집 공법별 효과성 측정을 위한 설문조사의 기초자료로써 활용되어졌다.

1) 합판 거푸집

재래식 거푸집 공법으로 품의 규격이 잡혀있지 않고 합판으로 현장 제작하여 사용하는 거푸집을 합판거푸집이라 한다. 규격이 잡혀 있지 않기 때문에 사이즈에 맞게 제작하여 사용 가능하고 곡선 거푸집에 사용하는데 유용하다. 그러나 거푸집 사용 횟수가 정해져 있으며 여러 번 사용하다보면 콘크리트 면의 품질이 좋지 않은 단점이 있다. 또한 기능공의 숙련도에 영향을 많이 받는 문제점이 있고 현장 내에 작업공간이 많이 필요한 단점을 가진 거푸집 공법이다(Fig. 2).



Fig. 2. Conventional Form Method

2) 유로폼

일정한 규격으로 미리 합판 등의 뒷면에 강재 틀을 붙인 거푸집 패널(form panel, 폼판넬)로 만들어 쓰는 거푸집을 유로폼이라 한다. 자재의 재활용성이 합판거푸집에 비해 좋아 자재비가 절감되며 기능공의 숙련도가 많이 필요하지 않고 다양한 형태의 조립이 가능한 거푸집 공법이다. 그러나 소부재의 설치, 해체, 운반에 많은 인력이 필요하며 해체 시 거푸집의 손상으로 품질확보에 어려움이 있다. 또한 해체 소음이 심하여 민원발생의 여지가 많은 거푸집 공법이다 (Fig. 3).

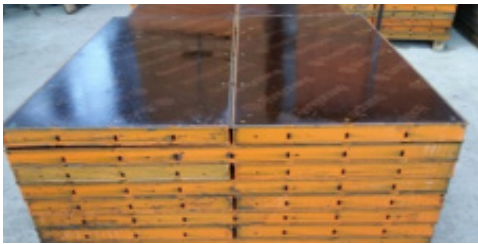


Fig. 3. Euro Form

3) 시스템 거푸집

철재를 이용한 거푸집으로 설계 시 시공성이 높은 구조설계로 대형화된 슬라브 거푸집으로 경량화 하는 방법을 연구한 Table form과 같은 거푸집을 말한다. 장선 및 멩에 재료를 내구성이 있는 부재인 특수 알루미늄으로 개발함으로써 생산성 및 효율성 향상, 시공성 향상, 품질 및 안전성 확보, 내구성/전용성의 증가, 환경성 확보 등을 이루어 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 거푸집 공법이다. 제작되어 반입되는 시스템 거푸집의 특성상 합판거푸집 공법과 같은 부수적인 작업 공간이 필요하지 않으므로 공간을 보다 효율적으로 사용할 수 있고 기능공의 숙련도에 영향을 크게 받지 않



Fig. 4. System Form

는다. 조립 및 해체 시 소음 발생이 적기 때문에 민원관리에도 효율적인 공법이다. 그러나 초기 거푸집 조립시 시간이 많이 필요하며 T/C의 의존도가 크다(Fig. 4).

4) 비탈형(非脫形) 거푸집

비탈형 거푸집이란, 콘크리트 타설시 사용되는 일반거푸집의 단점을 개선하고자 무기질 재료를 이용한 Precast 거푸집을 공장에서 제작하여 현장에서는 조립만 실시하고, 콘크리트 타설 후 탈형을 하지 않는 거푸집을 말한다. 현장에서 조립만 실시하기 때문에 인력절감의 효과를 얻을 수 있으며 공장제작으로 반입되기 때문에 균일한 품질관리에 용이하다. 시공방식이 간단하고 해체공정이 필요가 없으므로 공기절감의 효과를 기대할 수 있다. 그러나 자재비용이 커지는 단점이 있으나 인력절감의 효과가 있기 때문에 효율적인 의사결정을 한다면 공사비 증가 없이 공기 절감, 현장 환경 개선, 민원관리 등에서 많은 효과를 볼 수 있다(Fig. 5).

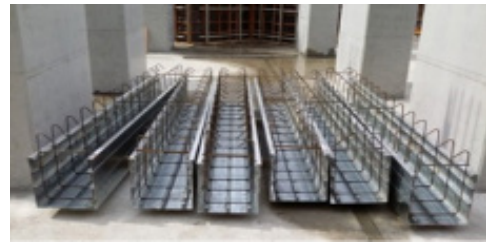


Fig. 5. Permanent Cement Mortar Form

Table 1. Analysis of advantages and disadvantages by Form

Division	Advantages	Disadvantages
Conventional Form method	<ul style="list-style-type: none"> • Easy to obtain materials • Easy to process • Low material cost 	<ul style="list-style-type: none"> • Lack of material recyclability • Failure of uniform quality • Skill of Labors is required • Many construction wastes
Euro Form	<ul style="list-style-type: none"> • Good recyclability of materials • Skill of Labors does not need much • Various types of assembly are possible 	<ul style="list-style-type: none"> • A lot of manpower is needed to Install > Demolish > Transport Small parts • Quality Failure when demolishing the Form • Risk of demolishing Form • Noise caused complaints
System Form	<ul style="list-style-type: none"> • Low dependence on manpower compared to Euro Form 	<ul style="list-style-type: none"> • Take a long time to assemble the initial Form • High initial investment cost • Various types of construction is impossible • High dependency on T/C
Permanent Cement Mortar Form	<ul style="list-style-type: none"> • Manpower savings • Easy to produce uniform quality by factory • Easy site space acquisition with Just-In-Time • Time saving due to simple construction method • No demolition, Safety, and no noise 	<ul style="list-style-type: none"> • High material costs • Various types of construction is impossible

위의 고찰을 바탕으로 거푸집 공법별 장단점을 <Table 1>과 같이 분석 및 정리하였다.

2.2 거푸집 공법선정관련 선행연구 분석

앞서 서론에서 언급한 바와 같이, 거푸집 공사는 전반적인 공사에서 비용관리 측면과 공기관리 측면에서 매우 중요한 공정이다. 따라서 최적의 거푸집 공법선정을 위한 여러 방법론들이 많이 연구되어 왔다. Kamarthi et al. (1989)은 Neural Network System을 활용한 최적의 벽체 거푸집 선정을 위한 의사결정 지원 모델을 개발하였다. Hanna et al. (1992)은 현장에서의 거푸집 공법선정이 실무자 개인의 경험에 의존하여 이루어짐을 지적하고, 이를 해결하기 위해 Expert System을 활용한 의사결정 지원모델을 개발하였다. 상기 두 논문 모두 객관적 거푸집 선정의 부재를 지적하고 있으며 그에 대한 해결책을 제시하였으나, 그 해결책이 거푸집 공법의 기술적 효과성에 집중하며, 관리적 측면을 포함하지 못했다는 데에 그 한계점이 있다. Shin et al. (2006)은 AHP기법을 활용하여 초고층 건축물의 바닥 거푸집 시스템의 편익/비용 비교 방법론을 제시하였다. 그러나 현장의 특성과 같은 실질적인 요인들을 비교 기준으로 고려하지 않아 실제 현장에서 적용하여 사용하기에 한계점이 있다. 또한 바닥판 거푸집에 그 대상이 한정되어 벽과 코어의 거푸집까지 고려한 종합적인 거푸집 선정을 위한 의사결정지원 도구로서 활용이 불가능하다는 한계점이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해, Kim et al. (2006)은 현장의 조건을 고려한 국내 초고층 공사의 거푸집 선정을 위한 의사결정지원 시스템 프로토타입(Prototype)을 개발하였다. 그러나 해당 시스템은 거푸집 시스템간의 비교를 위한 데이터의 수가 충분치 못하여 아직 실무단계에서 적용하기 위한 충분한 검증이 완료되지 않았으며, 거푸집 시스템 선정의 정성적 요인인 경제성, 시공성, 안전성 등에 대한 평가가 결여되어 있다. Kim et al. (2007)은 의사결정나무(Decision Tree) 기법을 활용한 거푸집 시스템 선정 지원 모델을 개발하였다. 실적자료를 수집하여 현황을 분석하고, 층당공기 및 건물특성을 고려한 거푸집 선정 지원 모델을 제시하였다. 그러나 인원투입이나 양중장비운영 등이 고려되지 않아 추가적인 보완이 필요하다. Seo et al. (2013)은 주상복합 빌딩 가설에 적합한 외벽 거푸집 공법선정을 위한 의사결정 지원모델을 제시하였다. 건설현장 관계자와의 면담 및 설문조사를 통해 주요 고려요소를 도출하고 AHP 기법과 MPI지수를 활용한 Excel 기반의 시스템 모델을 개발하였다. 건물 특성과 경제성을 고려한 의사결정 지원모델로써 그 의미가 있으나, 현장 특성에 대한 구체적인 분석이 부족하며, 주상복합 빌딩 건설에 제한되어있다는 점이 한계이다.

또한, 거푸집공법 의사결정 지원모델과 관련된 기존 연구들은 AHP 기법(Kim et al., 2006; Shin et al., 2006; Kim, J.Y. & Kim, J.H., 2010)과 설문조사 방법 Jung, et al., 2015-b; Lee, et al., 2010)을 중심으로 이루어진 바 있다. 이는, 거푸집 공법선정에 있어 전문가의 경험이 중요한 요소로 적용되기 때문이다. 다수의 연구가 전문가의 정성적인 의견을 정량화하기 위해 AHP와 설문조사를 활용한 것으로 사료된다. 그러나 기존의 거푸집 관련 연구는 공법별 특징 및 장단점을 비교하거나, 바닥판 거푸집 공법선정에 관련된 연구가 주를 이루었으며 현장 여건에 따른 거푸집 선정에 관한 연구는 상대적으로 부족한 것으로 조사 되었다. 또한 기존 거푸집 공법선정에 관련된 연구는 기존 사례를 기반으로 한 연구가 많아 각 현장에 따른 독립적인 환경 및 조건을 반영하는 데에는 다소 한계가 있는 것으로 분석되었다.

위와 같이, 최적의 거푸집 시스템 선정과 관련된 다양한 연구들이 활발히 이루어지고 있다. 하지만 현장 특성에 따라 공법선정 요인들의 가중치가 달라질 수 있음에도 불구하고 현장의 특성을 반영하지 않은 연구가 다수이며, 거푸집 공법선정에 실질적으로 영향을 미치는 공기관리, 경제성, 안정성과 같은 요소들을 종합적으로 고려하지 못한 채 의사결정 지원 시스템을 완성하여 실제 현장에서 적용하기에 무리가 있다.

따라서 본 연구는 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 거푸집 공법선정에 큰 영향을 미치는 다양한 요인을 분석함과 동시에 공사현장의 유형을 분류하고자 한다. 이를 위해 전문가 설문조사를 실시하여 각 요인별 중요도를 정량화하고자 하였다. 또한, 현장 유형별 거푸집 공법선정 요인들의 가중치를 토대로 공사현장의 특성을 반영한 최적 거푸집 공법선정 의사결정 절차 모형을 제안하고자 한다.

2.3 거푸집 공법선정요인

최적의 거푸집선정을 위한 의사결정 지원 시스템 개발을 위해, 거푸집 공법선정요인 도출과 관련한 다양한 연구들 또한 이루어진 바 있다. Jung et al. (2005-b)과 Lee (2011)의 논문은 거푸집 공법의 기술적 선정요인뿐 아니라 관리적 선정요인을 함께 분석함으로써 실무에서 활용 가능한 선정요인을 도출하였다. 특히나, Lee (2011)의 경우 선정요인을 정량적(생산성, 설치비, 적용성), 정성적(작업성, 공정관리성, 안전성, 품질, 환경)으로 구분하여 보다 관리적 선정요인을 세밀하게 구분하였다. 하지만 두 논문 모두 기술적, 관리적 선정요인이 각기 상이한 현장에 특성에 따라 어떻게 적용될 수 있는지를 제시하지 못했다는 점에 그 한계점이 있다.

Kim et al. (2005)은 거푸집 공사기간에 영향을 미치는 요인을 도출하였으나, 이는 거푸집 선정을 위한 고려요소 중

하나에 대한 분석이라는 한계점이 있다. Shin et al. (2006)은 바다판 거푸집 시스템 선정요인을 도출하였으나, 비용 편익 비교분석을 위한 요인에 그 초점을 맞추어 종합적인 의사결정을 위한 선정요인으로 활용하기에는 다소 제한적이다.

본 연구의 거푸집 선정요인의 정량적 평가 설문지 구성을 위해, 상기 선행연구들(Jung et al., 2005-b; Lee, 2011; Kim et al., 2005; Shin et al., 2006)을 바탕으로 거푸집 공사 실무자 면담을 통해 현장 유형에 따라 영향을 받을 수 있는 거푸집 공법선정 요인들을 분류 및 도출하였다. 그 결과, 총 6개영역 25개의 거푸집 공법선정 영향요인이 도출되었다(Table 2). 이렇게 도출된 선정요인들은 그간의 관련 선행연구에서 도출한 선정요인에 대한 전문가적 검토에 그 의의가 있다. 본 논문에서는 공사현장 Type을 구분하여 아래 선정요인들이 현장 별로 어떠한 중요도를 갖는지를 적용한 방법론을 제시할 것이다.

Table 2. Derivation of Form selection factors

Division	Detail Division
a. Constructability	a-1. Easy to assembly and demolition (Jung, 2005)
	a-2. Easy to processing and production (Lee, 2011)
	a-3. Responsiveness to changing dimensions (Lee, 2011)
	a-4. Interference with other processes (Jung, 2005)
	a-5. Carrying and Lifting of the Form (Jung, 2005)
	a-6. Dependence of equipment (ex, tower crane) (Jung, 2005)
	a-7. Need for work space and construction yard (Jung, 2005)
	a-8. Need for labor skill (Jung, 2005)
b. Economics	b-1. Material cost of Form (Lee, 2011)
	b-2. Equipment cost for installation and demolition (Lee, 2011)
	b-3. Labor cost (Input of skilled workers, required number) (Lee, 2011)
	b-4. Accessory material and Temporary construction material cost (Shin, 2006)
	b-5. Number of Use of the Form (Lee, 2011)
c. Quality	c-1. Quality of concrete surface (Lee, 2011)
	c-2. Horizontal and Vertical views of the structure (Shin, 2006)
	c-3. Deformation of the Form (Kim, 2005)
	c-4. Frequency of defects after completion of frame construction (Shin, 2006)
d. Safety	d-1. Safety of workers when installing and demolishing the Form (Lee, 2011)
	d-2. Stability when carrying and lifting the Form (Lee, 2011)
	d-3. Structural safety of the Form (Lee, 2011)
e. Environment	e-1. Degree of noise and vibration (Lee, 2011)
	e-2. Degree of construction waste (Lee, 2011)
f. Scheduling	f-1. Possibility of work due to climate change (Lee, 2011)
	f-2. Initial setting duration (Kim, 2005)
	f-3. duration of the Form installation of the typical floor (Kim, 2005)

3. 최적의 거푸집 선정 의사결정지원모델

거푸집공법의 효과성과 효율성에 영향을 미치는 현장을 타입별로 분류하고, 거푸집공법별 효과성 평가기준을 마련하여 이를 바탕으로 한 전문가 설문조사결과를 도출하고자 한다. 또한 현장 타입별 거푸집평가 요소들에 대한 가중치를 AHP 기법을 통해 도출하고 앞서 제시한 설문조사결과와 이 가중치를 활용한 의사결정 평가식을 개발하고자 한다. 최종적으로 평가식을 활용한 공사현장별 최적의 거푸집 선정 의사결정지원모델을 제시하고자 한다.

3.1 공사현장 Type 분류

거푸집공사에 영향을 주는 공사현장타입은 설문에 참여한 전문가들의 의견을 종합적으로 고려하여 분류하였다. 전문가 심층 면담에 따르면, 주로 거푸집공사에 영향을 주는 요인은 야적장의 유/무(혹은 넓이), 거푸집 공사 시 민원발생이 주된 요인으로 꼽혔으며, 또한 공사의 규모 역시 거푸집 공법선정을 위한 주된 요인으로 꼽혔다. 따라서 야적장 및 민원발생을 기준으로 도심지, 지방도심지, 개발지구로 구분하고 현장 규모별로 소규모(200억 미만), 중규모(200억~600억), 대규모(600억 이상) 으로 총 9개의 유형별 분류가 가능하였다(Table 3).

Table 3. Classification by Construction site type

Division		Small-scale (Less than 20 billion won)	Middle-scale (20~60 billion won)	Large-scale (More than 60 billion won)
Downtown	Narrow yard and High possibility of complaints	A (Site type1)	B (Site type2)	C (Site type3)
Local downtown	Large yard and High possibility of complaints	D (Site type4)	E (Site type5)	F (Site type6)
Development district	Large yard and Low possibility of complaints	G (Site type7)	H (Site type8)	I (Site type9)

3.2 전문가 설문조사 및 인터뷰

본 연구에서는 거푸집 공법선정 시 고려할 요소들을 정량적으로 분석하기 위하여 설문조사 기법을 사용하였다. 앞서 선행연구 분석에서 도출한 거푸집 공법선정요인들을 바탕으로 거푸집 시공 경험을 갖고 있는 현장소장 20명에게 요인별 정량적 평가 설문조사를 실시하였다. 실제 거푸집공법 선정에 참여하는 다수의 전문가의 의견을 정량화하여 객관적인 평가 데이터를 구축함으로써 실무의 의견을 반영한 객관적 평가 데이터를 구축할 수 있다는데 그 의의가 있다.

3.2.1 전문가 설문 및 인터뷰 실시 및 결과

설문과 인터뷰는 5~20년 이상의 시공경력을 가지고 있는 D 종합건설업체의 현장 실무자 20여명을 대상으로 수행하였으며 설문에 참여한 전원에게 그 결과를 받았다(Table 4).

Table 4. Summary of Expert Survey

Career	5 to 10 years	10 to 15 years	15 to 20 years	More than 20 years
Number of eople	2 people	9 people	7 people	2 people

설문 시 공법별 효과성에 대한 점수 배점은 아래 <Table 5> 과 같이 Likert 5점 척도를 활용하였다. 1~5점까지 매우 미흡함, 미흡함, 보통, 우수함, 매우 우수함으로 구성하였다.

Table 5. Score by Evaluation item

Division	Very poor	Poor	Average	Good	Excellent
Score	1	2	3	4	5

각 거푸집 공법별 효과성 고려 요소별 설문조사 결과는 본 논문의 부록에 수록하였다. 설문조사 결과, 합판거푸집은 공기 효과성에서 상대적으로 높은 점수를 얻었으나 나머지 측면에서는 다른 공법들과 비교하였을 때 다소 낮은 점수를 얻었음을 확인할 수 있다. 특히, 품질과 안전의 효과성에서 최저 점수를 얻음을 확인 하였다. 유로폼 역시 공기 효과성에서 상대적으로 높은 점수를 얻었으며, 합판 거푸집과 비교하였을 때는 품질과 안전 효과성이 더 높은 것으로 밝혀졌다. 흥미로운 점은, 시스템 거푸집의 경우 전반적으로 효과성이 높은 것으로 평가되었으나 공기 효과성이 상당히 낮은 것이 정량적으로 드러났다. 이러한 결과는 시스템 거푸집의 경우 초기 거푸집 조립 시 시간이 많이 필요하며 해체, 운반 작업 진행이 동일하게 진행되어야 하고 T/C에 의존하는 이유이기 때문인 것으로 사료된다. 모든 요소의 효과성이 높게 평가된 비탈형 거푸집은 경제성 점수가 가장 낮게 평가되었다(Fig. 6).

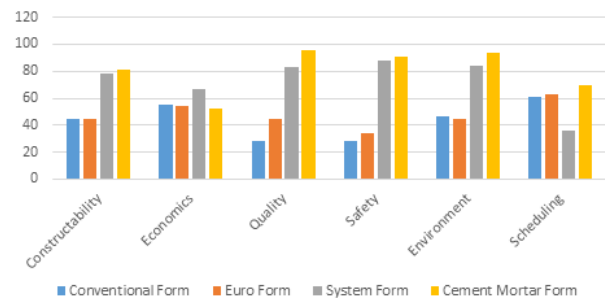


Fig. 6. Survey Results on Formwork method Selection Factors

위 정량적 설문결과는 현장별 거푸집공사 효율인자 가중치와 결합하여 현장별 최적의 거푸집공사 의사결정지원모델 개발의 기본 메타데이터로써 활용되어질 것이다.

3.3 AHP 기법을 활용한 현장 특성별 영향인자 가중치 도출

과거의 경험이 중요한 건설공사의 경우 전문가의 의견을 토대로 중요도를 도출 할 수 있는 AHP 기법이 적합할 것이라 사료된다(Kim et al., 2006). 또한, AHP 쌍대비교를 활용하면, 현장을 가장 잘 이해하고 있는 현장 담당 엔지니어의 정성적 의사결정 정보를 정량적 정보로 변환 할 수 있다. 현장 특성별 최적의 거푸집공법 의사결정을 위한 정량적 평가모델개발을 위해, 현장 타입 별 거푸집공법 평가인자에 대한 AHP 쌍대비교를 통해 평가 인자별 현장에 따른 가중치를 도출한다. AHP 의사결정지원 방법론을 적용하기 위한 계층 구성은 <Fig. 7>과 같다.

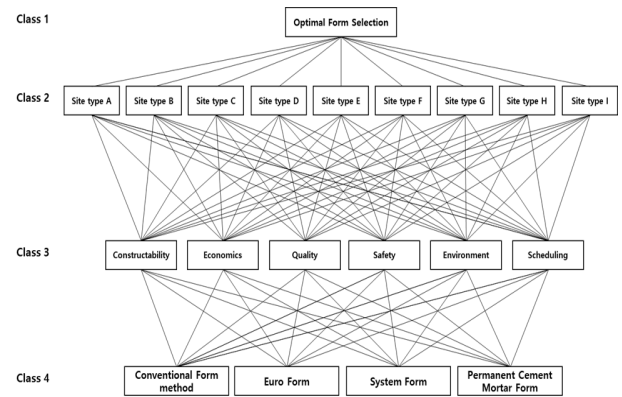


Fig. 7. AHP Decision Tree

현장별 최적의 거푸집 선정을 위해, 앞서 구분한 9개의 현장별로 거푸집 선정 평가요인별 쌍대비교를 실시한다. 쌍대비교시 활용할 점수 척도는 아래 <Table 6>과 같다. 이를 통해 도출된 가중치와 앞서 도출한 평가요인별 평가점수 메타데이터를 활용하여 현장에 따른 거푸집별 평가점수를 계산한다.

Table 6. Pairwise comparisons scale for form selection factors

Importance	Definition	Contents
1/5	Not importance	Experience and judgement are much less favored one element over another
1/3	Less importance	Experience and judgement are less favored one element over another
1	Equal importance	Two elements contribute equally to the objective
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favor one element over another
5	Strong importance	Experience and judgement strongly favor one element over another

9개의 현장 Type에 대한 평가인자별 가중치 결과값은 아래 <Table 7>와 같다. 도출된 결과의 신뢰도를 높이기 위해, 일관성지수(Consistency Ratio)가 10% 이하인 값만 채택하도록 하였다(Saaty, 1982). 일관성 지수가 11.2%인 C type의 현장은 비교에서 제외하였다.

Table 7. Pairwise comparisons weight by evaluation factor for he Form selection of 'K office building' Construction site

Site Type	Pairwise comparison weight by evaluation factor						C. R.
	Construct-ability	Economics	Quality	Safety	Environment	Scheduling	
A type	0.113	0.050	0.113	0.135	0.375	0.375	0.05
B type	0.162	0.108	0.157	0.157	0.289	0.127	0.07
C type	0.151	0.092	0.151	0.197	0.275	0.133	0.11
D type	0.163	0.140	0.163	0.163	0.209	0.163	0.03
E type	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.167	0.00
F type	0.221	0.113	0.186	0.186	0.074	0.221	0.04
G type	0.191	0.280	0.126	0.173	0.058	0.173	0.07
H type	0.119	0.131	0.228	0.266	0.038	0.217	0.06
I type	0.087	0.082	0.266	0.266	0.033	0.266	0.07

비교 결과 값에 따르면, 공사현장 Type E를 제외한 현장들의 평가인자별 가중치 값이 상이함을 알 수 있다. Type E 현장의 경우 야적장이 협소하다거나 현장의 크기가 상대적으로 크거나 적지 않으며, 민원발생소지가 높다. 현장의 크기가 작고 야적장이 충분하기에 민원발생소지 역시 손쉽게 해결 될 것으로 고려되어 거푸집 선정요인의 모든 요소가 동일한 가중치를 갖는 것으로 도출된 것으로 사료된다. A, B type 현장의 경우 야적장이 협소하고 민원발생소지가 높은 현장이다. 따라서 환경관리의 가중치가 가장 높게 나온 것으로 사료된다. 또한 F Type의 경우 야적장이 넓기 때문에 환경관리의 가중치가 낮은 반면 대규모 공사이며 민원발생으로 인한 공기지연이 염려되기 때문에 시공성과 공기관리의 가중치가 높게 나온 것으로 사료된다. G type의 경우 민원발생소지도 적고 야적장이 넓은 소규모 공사의 경우인데 이러한 경우, 경제성이 가장 중요한 요인으로 확인되었다. G type과 비교하여 공사 규모가 더 큰 H, I type 현장의 경우, 경제성 보다 품질, 안전 공기관리가 더욱 중요해 지는 것을 확인했다. 이처럼 현장별로 중요시 여겨야 하는 요인이 상이함을 알 수 있다.

3.4 현장 타입 별 최적의 거푸집 선정을 위한 정량적 평가 계산식

이상에서와 같은 정량적 평가결과를 바탕으로 본 연구에서는 현장 유형별 거푸집공법선정을 위한 의사결정 모델을 구축하고자 하였다. 이를 위해 현장 유형에 따른 거푸집 공

법의 영향 인자를 정량적으로 평가하기 위한 절차를 다음과 같은 단계로 제시하고자 한다.

- (1) 1단계: 야적장 확보 및 민원발생 정도 등을 고려한 해당 현장의 유형(Project Type)을 파악한다.
- (2) 2단계: 파악된 현장 유형에 해당하는 거푸집 공법선정 영향 인자(Selection Criteria)의 AHP 가중치를 추출한다.
- (3) 3단계: 거푸집 공법별로 전문가 설문을 통해 구한 영향인자별 성능지수(Performance Score, 전문가 설문결과값)를 추출한다.
- (4) 4단계: 해당 현장의 특수성을 고려한 영향인자별 특수성 지수(Peculiarity Score)를 산출한다.
- (5) 5단계: 거푸집 공법 별 AHP 가중치를 고려한 최종 점수를 산출하고, 최대값을 얻은 공법을 최적으로 선정한다.

이때, 최종점수를 산출하기 위한 계산식은 식 (1)과 같다.

$$\sum_{i=1}^n (Site\ type_r \wedge AHP\ Weight_i) \times Avg.\ Score\ of\ factors_i \quad (1)$$

(r = 1 ~ 9, n = 1 ~ 6)

Site type_r = 9개의 현장타입

AHP Weight_i = 평가기준에 대한 쌍대비교 가중치 값

Avg. Score of factor_i = 평가기준별 전문가 설문조사 메타데이터

Site type_r ∧ AHP Weight_i = 현장타입 r에서의 평가기준 i의 가중치
ex) Site type₁ ∧ AHP Weight₁ = 현장타입 1 (A Type Site)에서의 거푸집 시공성의 가중치

먼저, 앞서 분류한 현장 타입에 따라 평가인자들의 가중치 값을 계산한다. 이 값은 <Table 7>에 미리 도출된 결과값을 활용하며, 이 값은 추후 추가적인 전문가 AHP평가를 통해 향후 보완이 가능할 수 있다. 이렇게 추출된 평가인자 가중치값은 사전설문조사를 통해 얻은 거푸집 공법별 영향인자에 대한 전문가 성능 평가 설문 결과값과 곱해지게 된다. 현장 유형별 AHP 가중치에 따른 해당 평가 인자들의 공법별 성능지수 합산 결과값은 현장 유형에 따른 최적 거푸집 공법선정 시 중요한 근거가 될 수 있다. 그러나 이와 같이 계산된 결과값은 해당 현장의 특수성, 즉, 공법별 영향인자에 대한 현장별 특성을 반영하기에는 제한적인 수밖에 없다. 따라서 해당 현장의 특수성을 반영한 영향인자별 현장특성값을 곱하여 해당 현장의 특수성을 반영하고자 하였다. 현장특수성 평가값은 여섯 개의 평가인자에 대한 해당현장의 관련실무자들의 해당 현장의 중요도를 평가한 값으로써, 각 평가요소를 10점 척도로 현장실무 책임자 혹은 실무진(예, 소장, 공사, 공무, 전기, 설비 책임자)이 해당 현장의 특수성을 고려하여 평가한다. 이 값은 현장 타입 분류에 따른 가중치 값이 포함하지 못할 수 있는 해당 현장만의 특성을 고려할 수 있도록 하였다.

이상과 같이 도출된 평가인자별 점수를 모두 합산하여 해당 거푸집공법의 최종 의사결정을 위한 점수를 계산할 수 있다. 위 방법을 이용하여 현장별 거푸집 선정요인에 대한 전문가의 거푸집 선정에 대한 정성적 판단을 9개의 현장요소라는 체계적인평가기준에 따라 정량적으로 반영할 수 있을 뿐 아니라, 현장요인을 고려한 거푸집별 효과성을 검토할 수 있을 것으로 기대된다. 위 계산모델을 활용한 현장별 최적의 거푸집 선정 의사결정 지원 프로세스는 아래 <Fig. 8>과 같다.

<Fig. 8>에서와 같이 “1단계: 9개 현장 유형별 거푸집 공법선정 영향인자의 AHP가중치”, “2단계: 거푸집 공법선정을 위한 6개 인자별 전문가 성능평가 결과값”, “3단계: 현장의 특수성을 고려한 현장실무자의 평가인자별 중요도 평가”의 3개 정량화 시스템을 바탕으로 최적의 거푸집 공법선정이 가능하다.

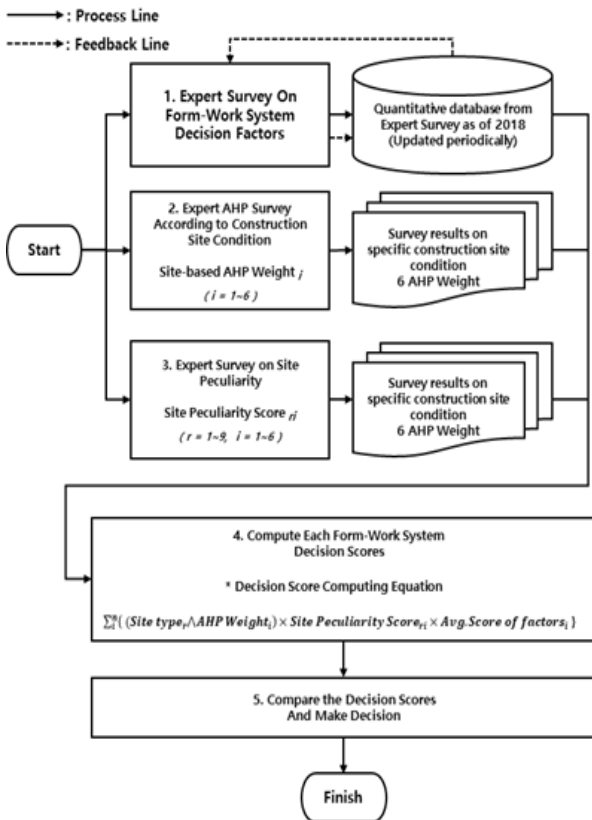


Fig. 8. Decision Support Model for Form work method based on Site type

단, 1, 2 단계에 해당하는 값은 본 논문에서 진행한 설문조사에 근거한 전문가 데이터 값의 활용이 가능하며, 이 데이터는 추후 추가적인 설문조사 및 전문가 인터뷰를 통해 그 값의 정확도와 신뢰도에 대한 지속적인 보완이 가능할 것이다.

4. 사례적용

4.1 사례적용 건물개요

본 논문에서 제시한 의사결정모델의 효과성을 검토하기 위해, D건설사의 빌딩 공사 사례를 적용해보았다. 대상 건물은 사례적용 당시 골조공사가 진행 중이던 K사옥 건설현장으로 구체적인 현장 개요는 아래 <Table 8>과 같다.

Table 8. 'K office building' Construction outline

Duration	2016. 12 ~ 2019. 01. (25 months)		Total Construction Cost	Site details	Site Type
Construction scale	Site area	5,601.80m ² (1,694.54 py)	55~60 billion won	<ul style="list-style-type: none"> • Downtown • Narrow yard • High possibility of complaints 	B
	Building area	3,133.28m ² (947.82 py)			
	Total Floor area	38,091 m ²			
	Floor	B4F, 9F			
Structure	SRC structure				

4.2 의사결정 지원모델 적용 및 결과

해당 현장은 B type(공사비 200억~600억의 중규모, 아직장이 협소하며 민원발생소지 높음)으로 구분 할 수 있다. 해당 현장 담당 엔지니어가 이러한 B type 현장의 특성을 바탕으로, 앞서 도출한 B type현장의 평가인자별 가중치와, <Table 9>의 Site Peculiarity Score 그리고 거푸집별 효과성 평가 메타데이터를 본 논문에서 제시한 의사결정 모델에 대입하였다.

Table 9. Survey Result for Site peculiarity score

Respondent	Final performance score by Evaluation Factors based on Site Type					
	Construct-ability	Economics	Quality	Safety	Environment	Scheduling
SM	9	8	8	9	9	10
CE1	9	10	9	9	8	10
CE2	8	10	9	10	8	10
CE3	10	9	8	9	8	10
CE4	10	9	9	10	7	10
PE1	9	10	8	9	8	9
PE2	8	9	8	10	8	10
EE1	8	9	9	10	8	10
ME1	9	10	9	10	8	9
Avg. Score	8.89	9.33	8.56	9.56	8.00	9.78

〈Table 10〉에서 나타난바와 같이, 현장 유형별 거푸집 공법의 영향인자별 성과지수와 현장 특수성 평가점수를 곱하여 각 거푸집 공법별 최종점수를 산출할 수 있다. 이때, 현장특성지수는 최종결과값을 100점 만점으로 계산하기 위해 정규화한다. 예를 들면, 합판거푸집의 시공성 점수(63.92)는 AHP 가중치(0.162, 〈Table 7〉), 전문가 성능점수(44.38, 〈Appendix A〉), 그리고 정규화 된 현장 특수성 지수(0.889, 〈Table 9〉)의 곱인 6.392점(=0.162*44.38*0.889)이 됨을 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 4가지 거푸집 공법에 대한 6개 영향인자별 점수의 합계를 구한 후, 가장 큰 값에 해당하는 공법이 최종 공법으로 선정되게 된다. 이 현장의 경우, 비탈형 거푸집이 가장 최적의 공법으로 선정되었음을 확인할 수 있다.

Table 10. Final Score of Formwork method of 'K office building' construction site

Form Work	Final performance score by Evaluation Factors based on Site Type						Final score
	Construct-ability	Economics	Quality	Safety	Environ-ment	Scheduling	
Conventional Form	6.39	5.54	3.80	4.30	10.77	7.58	38.4
Euro Form	6.48	5.44	6.01	5.10	10.40	7.82	41.3
System Form	11.34	6.77	11.22	13.21	19.54	4.43	66.5
Permanent Cement Mortar Form Form	11.72	5.24	12.90	13.61	21.73	8.69	73.9

4.3 적용결과에 대한 현장 담당 실무자 심층 인터뷰

현장을 담당한 실무자와의 면담을 통해 본 연구에서 제시하는 거푸집 공법선정 의사결정 지원 모델의 효과성을 검토해 보았다. 현장 담당 실무자에 따르면, 해당 현장은 원래 합판 거푸집을 사용하기로 예정되어 있었으며, 실제로 골조 공사 초기 합판 거푸집을 사용하였다. 하지만, 거푸집 공사 시작 후 많은 문제점이 드러났다. 소음으로 인한 민원발생, 야적장 부족, 폐기물 발생 등의 문제가 제기되면서 거푸집 공법 변경이 재기되었다. 또한, 해당 공사현장의 흙막이 공사도중 공기가 지연되어 공기단축역시 필요한 상황이었다. 현장 실무자 회의 끝에, 비탈형 거푸집 공법으로 공법을 변경하였고, 제기된 모든 문제의 해결과 더불어 공기 단축효과도 얻을 수 있었다.

이는 본 논문에서 제시한 의사결정 지원모델의 결과와 정확히 일치한다. 먼저, 정량적 설문조사 결과에 따르면 비탈형 거푸집은 비용이 많이 들지만, 공기단축 효과와 더불어 환경관리(폐기물, 민원관리)와 시공성(야적장의 유무)에 있어 가장 높은 점수를 보인다. 또한, B type 현장은 AHP 쌍

대비결과와 환경관리요소의 가중치가 가장 높은 현장이다. 따라서 이를 결합한 의사결정 점수 계산식에서 비탈형 거푸집이 가장 높은 점수를 얻는다.

현장 실무자 면담을 통해, 이러한 의사결정지원 모델의 시행 과정과 결과를 평가한 결과, 실제 이 현장에 적용하기에 충분하며 그 결과가 실제 전문가 협의 하에 결정된 바와 동일하고, 실제 현장에서 사용하기에 타당하다는 검토 의견을 받았다.

5. 결론

5.1 연구 결과

본 연구에서는 건설 현장 타입별 최적의 거푸집 선정을 위한 의사결정 지원모델을 개발하였다. 거푸집 공법별 장단점을 비교하고, 거푸집 선정요인을 도출한 뒤 전문가 설문조사를 통해 각 거푸집 별 선정요인을 정량적으로 평가하였다. 또한, 거푸집 선정에 영향을 주는 현장 특성을 밝히고 이에 따른 거푸집 선정요인들의 가중치를 AHP 쌍대비교법을 통해 도출하였다. 이러한 정량적 메타데이터들을 활용하여 현장 특성에 따른 거푸집 선정 점수를 도출할 수 있는 식을 개발하고 이를 활용한 의사결정 지원모델을 완성하였다. 마지막으로, 실제 현장에 모델을 대입하여 검토함으로써, 그 효과성을 입증하였다.

5.2 연구의 기여 및 한계

본 연구를 통해 밝힌 거푸집 선정요인과 이에 대한 정량적 전문가 설문조사 결과는 거푸집 선정요인에 대한 객관적인 평가 지표로서 활용 될 수 있으며, 추후 관련 연구를 위한 기초자료로 활용 가능할 것으로 기대된다. 또한, 거푸집 선정요인에 영향을 주는 현장여건을 분류하고 이에 따른 선정요인들의 가중치를 계산함으로써 실제 현장별로 중요고려해야하는 요인들을 정량적으로 검증 할 수 있었다. 이는 거푸집 선정 연구에 있어 현장의 특성이 중요한 고려요소가 될 수 있음을 새롭게 입증한 것이며, 거푸집 선정 연구가 다뤄야 할 범위를 확장하였다는데 그 의의가 있다. 게다가, 본 연구를 통해 제안된 정량적 의사결정 프로세스 및 방법론은 건설현장을 고려한 건축자재 및 시공방법 선정과 관련한 연구에도 응용 될 수 있을 것으로 기대한다.

본 연구에서 개발한 의사결정 지원 모델은 공사현장에서 거푸집 선정 의사결정시 정량적인 평가 데이터를 제공함으로써, 기존의 경험에 의존하여 결정하던 의사결정 방법보다 신속하고 객관적으로 최적의 거푸집 공사를 선정 할 수 있도록 도울 것으로 사료된다. 또한, 실제 현장에서 거푸집 선정에 중요시 여겨지는 현장의 여건을 반영함으로써, 보다

실질적인 의사결정 지원도구를 제공했음에 그 의의가 있다. 경험이 풍부하지 않은 엔지니어도 본 연구의 의사결정 지원 모델을 활용하여 거푸집 공법을 선정함에 있어, 현장의 조건을 고려한 보다 객관적이고 합리적인 의사결정을 내릴 수 있을 것으로 사료된다.

다만 본 연구에서 다루고 있는 거푸집의 종류가 4 종류(합판거푸집, 유로폼, 시스템거푸집, 비탈형 거푸집)로 한정되어 있어 추후 연구에서 더 다양한 종류의 거푸집 공법에 대한 고려가 추가되어야 할 것으로 사료된다. 게다가, 실제 공사현장에서는 공간, 부위별로 다양한 거푸집이 복합적으로 적용된다. 본 연구에서 제시하는 방법론은 단일의 거푸집 공법을 선정하게 한다는 점에 한계점이 있으며, 공간이나 부위에 따른 복합적인 거푸집 선정 방법론에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

또한, D 사의 거푸집 공법선정 사례와 본 연구에서 제시한 의사결정 지원모델의 결과가 일치하고 있다는 것으로 모델의 효과성이 검증되었다고 판단하기에는 다소 한계성이 있을 것으로 사료된다. 따라서 추가적인 사례검증을 통해 본 연구의 의사결정 지원모델의 효과성이 검증되어야 할 것이다. 본 모델의 방법론이 향후 실무에서 활용 가능한 프로그램과 같은 지속가능한 형태로 발전되기 위해서, 해당전문가의 추가적인 설문조사와 인터뷰를 통해 충분한 메타데이터를 확보한다면 더 의미 있는 결과가 제시될 수 있을 것이다. 또한, 본 모델을 시스템화 하여 현장에서 활용할 수 있는 프로그램을 개발한다면 실무 적용성 측면에서도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2017학년도 아주대학교 일반연구비 지원에 의하여 연구되었음.

References

Ahn, Y.S., and Lee, L.H. (1993). "Survey and Analysis on the Work Process and Working Time Characteristics of Formwork Operation," *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 9(3), pp. 191-195.

Hanna, A.S., Willenbrock, J.H., and Sanvido, V.E. (1992). "Knowledge Acquisition and Development for Formwork Selection System," *Journal of Construction Engineering and Management*, 118(1), pp. 179-198.

Jung, Y.S., Park, J.H., Kang, S.H., Oh, K.N., Kang, M.K., Kim, J.S., and Park, B.M. (2005-a). "Factors for Improving Form Works: Construction Management Approach," *Journal of the Research Institute of Industrial Technology*, 24, pp. 380-385.

Jung, Y., Park, J.H., Kang, S., Park, P.M., and Choi, I.S. (2005-b) "Factors for Selecting Forms; A Case-Study". *Proceedings of the conference of the Korea Institute of Building Construction*, 5(2), pp. 111-116.

Kamarathi, S.V., Sanvido, V.E., and Kumara, S.R.T. (1992). "Neuroform-Neural Network System for Vertical Formwork Selection," *Journal of Computing in Civil Engineering*, 6(2), pp. 178-199.

Kim, S.G., Lee, U.K., Cho, H.H., and Kang, K.I. (2006). "Decision Support System for Slab Form-work Selection of High-rise Building Construction," *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 22(11), pp. 207-214.

Kim, D.W., Jang, J.S., and Shin, Y.S. (2005). "Evaluation Main Effect Factors in the Duration of Form-work for Tall Building in Korea," *Proceedings of the conference of Architectural Institute of Korea*, 25(1), pp. 281-284.

Kim, J.Y., and Kim, J.H. (2010). "A Study on Benefit/Cost Analysis of Form Work Methods for High-rise Residential Buildings," *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 10(4), pp. 49-57.

Kim, T.H., Shin, Y.S., Lee, U.K., and Kang, K.I. (2007). "Decision Support Model using a Decision Tree for Formwork Selection in Tall Building Construction," *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 23(11), pp. 177-184.

Lee, K.S. (2011). "A Selection Method of Slab-form Operations in Residential Buildings based on Delphi and Construction Simulation Techniques." Inha University Graduate School *Construction Engineering Department*, Incheon, Korea.

Lee, K.S., Kim, S.M., Kim, Y.S., and Han, S.W. (2010). "Evaluation of Requisites for Finding Appropriate Form-work Operation in Residential Building using Delphi Technique." *Proceedings of Fall Conference of the Korea Institute of Building Construction*, 10(2), pp. 149-152.

- Satty, T.L. (1982). "Decision Making for Leaders Lifetime Learning." Belmont, CA (USA).
- Seo, H.M., Shin, N.R., Yeom, D.J., and Kim, Y.S. (2013). "A Decision Support Model for the Selection of Exterior Wall Formwork in Residential-Commercial Building Construction." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 29(9), pp. 97-104.
- Shin, Y.S., Choi, H.B., Lee, U.K., An, S.H., and Kang, K.I. (2006). "A Study on Selection of Slab Form Work System for High-rise Building Construction." *Journal of the Architectural Institute of Korea*, 22(2), pp. 147-154.
- Shin, H.W., Kim, G.H., Kim, J.Y., and Cho, H.K. (2007). "A Research on a Comparison between the Strength and Weakness of Each Formwork Methods in the Core Wall Construction." *Journal of the Korea Institute of Building Construction*, 7(4), pp. 154-159.

요약 : 거푸집 공사는 전체 건축공사의 공사기간 및 공사비 측면에서 상당 부분을 차지하고 있으며, 구조물공사의 품질, 마감 및 설비 등 후속공사에도 직접적인 영향을 미치는 매우 중요한 공정이다. 그러나 국내 건설현장에서의 거푸집 공법선정은 객관적인 데이터를 바탕으로 하지 않고, 현장 실무자의 경험과 직관에 의존하여 이루어지는 경우가 대부분이다. 그 결과, 다수의 현장에서 공기단축, 비용절감 등의 효과가 큰 신공법을 적용하고자 할 경우, 객관적이고 합리적인 의사결정 절차의 부재로 인해 최적 공법선정 시 어려움을 겪을 뿐만 아니라, 현장의 특성을 고려하지 못한 의사결정으로 인해 공기지연, 비용증대 등의 문제가 발생하고 있는 실정이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 거푸집 공법선정과 관련한 다양한 선행연구가 이루어졌으나 현장조건이라는 중요한 요인을 고려하지 못해 실제 현장에서 적용하여 활용하기에 다소 한계성이 있었다. 따라서 본 연구는 현장 유형별 조건을 고려한 정량적 거푸집 선정 의사결정 지원 모델 개발을 그 최종 목적으로 한다. 개발된 의사결정 지원 모델은 공사현장에서 거푸집 선정 의사결정 시 정량적인 평가 데이터를 제공함으로써, 기존의 경험에 의존하여 결정하던 의사결정 방법보다 신속하고 객관적으로 최적의 거푸집 공사를 선정 할 수 있도록 도울 것으로 사료된다. 또한, 경험이 풍부하지 않은 엔지니어도 본 연구의 의사결정 지원모델을 활용하여 현장의 조건을 고려한 보다 객관적이고 합리적인 의사결정을 내릴 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 거푸집 공법선정, 의사결정 지원모델, 정량적 평가, 현장조건, AHP

[Appendix A~D]

Appendix A. Survey result (conventional form method)

NO	Conventional Form	details	1	2	3	4	5	Score	Avg. Score
			Response frequency						
01	Constructability	Easy to assembly and demolition	11	8	1	0	0	30	44.38
02		Easy to processing and production	2	2	3	9	4	71	
03		Responsiveness to changing dimensions	0	0	2	6	12	90	
04		Interference with other processes	10	9	2	0	0	34	
05		Carrying and Lifting of the Form	12	9	1	0	0	33	
06		Dependence of equipment (ex, tower crane)	10	6	2	1	1	37	
07		Need for work space and construction yard	10	6	2	1	1	37	
08		Need for labor skill	17	3	0	0	0	23	
09	Economics	Material cost of Form	0	0	1	7	12	91	55
10		Equipment cost for installation and demolition	0	0	1	2	17	96	
11		Labor cost (Input of skilled workers, required number)	13	6	1	0	0	28	
12		Accessory material and Temporary construction material cost	11	7	2	0	0	31	
13	Quality	Number of Use of the Form	11	9	0	0	0	29	28.25
14		Quality of concrete surface	11	7	2	0	0	31	
15		Horizontal and Vertical views of the structure	11	8	1	0	0	30	
16		Deformation of the Form	12	7	1	0	0	29	
17	Safety	Frequency of defects after completion of frame construction	17	3	0	0	0	23	28.67
18		Safety of workers when installing and demolishing the Form	15	4	1	0	0	26	
19		Stability when carrying and lifting the Form	10	8	2	0	0	32	
20	Environment	Structural safety of the Form	13	6	1	0	0	28	46.60
21		Degree of noise and vibration	15	5	0	0	0	25	
22	Scheduling	Degree of construction waste	15	5	0	0	0	25	61
23		Possibility of work due to climate change	17	3	0	0	0	23	
24		Initial setting duration	1	1	4	5	9	80	
25		duration of the Form installation of the typical floor	1	1	4	5	9	80	

Appendix B. Survey result (Euro form)

NO	Conventional Form	details	1	2	3	4	5	Score	Avg. Score
			Response frequency						
01	Constructability	Easy to assembly and demolition	8	7	4	1	0	38	45
02		Easy to processing and production	1	2	8	5	4	69	
03		Responsiveness to changing dimensions	0	3	5	10	2	71	
04		Interference with other processes	5	8	6	1	0	43	
05		Carrying and Lifting of the Form	8	9	3	0	0	35	
06		Dependence of equipment (ex, tower crane)	8	7	3	2	0	39	
07		Need for work space and construction yard	6	9	3	1	1	42	
08		Need for labor skill	17	3	0	0	0	23	
09	Economics	Material cost of Form	0	1	4	9	6	80	54
10		Equipment cost for installation and demolition	0	0	1	3	16	95	
11		Labor cost (Input of skilled workers, required number)	9	10	1	0	0	32	
12		Accessory material and Temporary construction material cost	12	6	2	0	0	30	
13	Quality	Number of Use of the Form	7	13	0	0	0	33	44.75
14		Quality of concrete surface	2	8	9	1	0	49	
15		Horizontal and Vertical views of the structure	3	7	9	1	0	48	
16		Deformation of the Form	2	7	11	0	0	49	
17	Safety	Frequency of defects after completion of frame construction	10	7	3	0	0	33	34
18		Safety of workers when installing and demolishing the Form	12	6	2	0	0	30	
19		Stability when carrying and lifting the Form	9	6	5	0	0	36	
20	Environment	Structural safety of the Form	7	10	3	0	0	36	45
21		Degree of noise and vibration	12	7	1	0	0	29	
22	Scheduling	Degree of construction waste	1	3	10	6	0	61	63
23		Possibility of work due to climate change	17	3	0	0	0	23	
24		Initial setting duration	0	1	4	6	9	83	
25		duration of the Form installation of the typical floor	0	1	4	6	9	83	

Appendix C. Survey result (System form)

NO	Conventional Form	details	1	2	3	4	5	Score	Avg. Score
			Response frequency						
01	Constructability	Easy to assembly and demolition	0	1	5	6	8	81	78.78
02		Easy to processing and production	0	0	3	9	8	85	
03		Responsiveness to changing dimensions	10	6	3	1	0	35	
04		Interference with other processes	0	0	2	11	7	85	
05		Carrying and Lifting of the Form	0	0	3	9	8	85	
06		Dependence of equipment (ex, tower crane)	0	0	3	7	10	87	
07		Need for work space and construction yard	0	0	2	8	10	88	
08		Need for labor skill	0	0	3	10	7	84	
09	Economics	Material cost of Form	6	9	4	1	0	40	67.20
10		Equipment cost for installation and demolition	15	4	1	0	0	26	
11		Labor cost (Input of skilled workers, required number)	0	0	1	10	9	88	
12		Accessory material and Temporary construction material cost	0	0	1	7	12	91	
13		Number of Use of the Form	0	0	0	9	11	91	
14	Quality	Quality of concrete surface	0	0	2	9	9	87	83.50
15		Horizontal and Vertical views of the structure	0	1	7	9	3	74	
16		Deformation of the Form	0	0	2	11	7	85	
17		Frequency of defects after completion of frame construction	0	0	1	10	9	88	
18	Safety	Safety of workers when installing and demolishing the Form	0	0	1	10	9	88	88
19		Stability when carrying and lifting the Form	0	0	2	8	10	88	
20		Structural safety of the Form	0	0	1	10	9	88	
21	Environment	Degree of noise and vibration	0	1	3	8	8	83	84.50
22		Degree of construction waste	0	0	1	12	7	86	
23	Scheduling	Possibility of work due to climate change	17	3	0	0	0	23	35.67
24		Initial setting duration	5	9	5	1	0	42	
25		duration of the Form installation of the typical floor	5	9	5	1	0	42	

Appendix D. Survey result (Permanent cement mortar form)

NO	Conventional Form	details	1	2	3	4	5	Score	Avg. Score
			Response frequency						
01	Constructability	Easy to assembly and demolition	0	0	5	7	8	83	81.38
02		Easy to processing and production	0	0	0	8	12	92	
03		Responsiveness to changing dimensions	15	4	1	0	0	26	
04		Interference with other processes	0	0	1	7	12	91	
05		Carrying and Lifting of the Form	0	0	2	9	9	87	
06		Dependence of equipment (ex, tower crane)	0	0	1	7	12	91	
07		Need for work space and construction yard	0	0	1	8	11	90	
08		Need for labor skill	0	0	1	7	12	91	
09	Economics	Material cost of Form	12	6	2	0	0	30	52
10		Equipment cost for installation and demolition	17	3	0	0	0	23	
11		Labor cost (Input of skilled workers, required number)	0	0	0	7	13	93	
12		Accessory material and Temporary construction material cost	0	0	0	6	14	94	
13		Number of Use of the Form	20	0	0	0	0	20	
14	Quality	Quality of concrete surface	0	0	0	3	17	97	96
15		Horizontal and Vertical views of the structure	0	0	0	6	14	94	
16		Deformation of the Form	0	0	0	4	16	96	
17		Frequency of defects after completion of frame construction	0	0	0	3	17	97	
18	Safety	Safety of workers when installing and demolishing the Form	0	0	1	8	11	90	90.67
19		Stability when carrying and lifting the Form	0	0	2	7	11	89	
20		Structural safety of the Form	0	0	0	7	13	93	
21	Environment	Degree of noise and vibration	0	0	1	6	13	92	94
22		Degree of construction waste	0	0	0	4	16	96	
23	Scheduling	Possibility of work due to climate change	16	4	0	0	0	24	70
24		Initial setting duration	0	0	0	7	13	93	
25		duration of the Form installation of the typical floor	0	0	0	7	13	93	