Journal of the Korean Society of Civil Engineers
Vol. 35, No. 4: 941-951/ August, 2015
DOI: http://dx.doi.org/10.12652/Ksce.2015.35.4.0941

ISSN 1015-6348 (Print)
ISSN 2287-934X (Online)
www.kscejournal.or.kr

Construction Management **시공관리**

구조방정식을 활용한 해외건설 프로젝트 시공성 평가 모델

이용욱* · 이상구** · 장우식*** · 한승헌****
Lee, Yong Wook*, Lee, Sang-Ku**, Jang, Woosik***, Han, Seung-Heon****

Constructability Assessment Model for International Construction Projects Using Structural Equation

ABSTRACT

In the recent years, Korean construction companies have been awarded 680 billion USD in the oversea projects which lead to a successful quantitative growth. However, due to the lack of capability in the core technology and project management compared to the leading companies, in addition to low-price bidding, massive deficit projects have caused problems to the companies. In order to overcome the limitations of the lack of capabilities, the term constructability has been researched recently by developed countries to apply in the practical use. The concept of constructability must be applied for Korean companies to compete in the EPC construction projects. The term constructability is defined as the factor that affect the overall construction process of a project which is defined by the ease of construction and to secure the project quality. Therefore, this study aims to develop a constructability assessment model using the structural equation to assess the factors that affect the constructability in the design and construction stage. The purpose of using the structural equation is to analyze the direct and indirect correlation between each factor that affects the international construction projects. Total of 8 latent variables and 34 measured variables are derived through literature review, corporate reports, experts' interview and surveys. The result of the model suggests the constructability factors that are to be managed the most efficiently to reduce cost, time and improve the quality as well as a countermeasure strategy to successfully execute the target international construction projects.

Key words : Constructability, International construction projects, Assessment model, Structural equation model

초 록

국내 건설기업들은 해외건설 시장에서 6천 8백억 불 수주를 달성하는 등 양적성장을 지속해 왔으나, 원천기술과 사업관리 역량이 선진기업에 비해 상대적으로 뒤지고 있으며 최근 무리한 저가수주로 인해 대규모 적자가 발생하는 등 어려움을 겪고 있다. 따라서 이러한 원천기술과 사업관리 역량을 극복하기 위한 대안이 필요한 실정이며 시공성 개념은 이러한 대안의 하나이며 해외 선진국에서 다양한 연구결과가 실무에 적용되고 있다. 국내기업이 해외 EPC건설공사에서 경쟁력을 확보하기 위해서는 시공성 개념의 실무적용이 필요하다. 시공성이란 건설공사에서 전체 프로세스에 영향을 미치는 요인들의 범위를 의미하며, 시공용이성과 프로젝트의 품질을 확보하는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 국내 건설기업의 해외건설공사에 대한 시공성을 적용하기 위하여, 설계단계 및 시공단계에서 시공성에 영향을 주는 요소로 연구의 범위를 한정하고 구조 방정식 모델을 활용한 시공성 평가모델을 구축하고자 한다. 여러 변수들 간에 복잡하게 연결된 인과관계를 분석하는데 구조방정식을 활용하였으며 직·간접효과를 동시에 도출하여 해외건설 프로젝트 시공성에 미치는 영향과 상호관계를 파악하고자 하였다. 해외건설공사의 시공성에 영

* 포스코건설 (POSCO Engineering & Construction Co., Ltd. · Peet0515@yonsei.ac.kr)
** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 석사과정 (Yonsei University · romeo239@yonsei.ac.kr)
*** 정회원 · 연세대학교 토목환경공학과 박사과정 (Yonsei University · woosik@yonsei.ac.kr)
**** 정회원 · 교신저자 · 연세대학교 공과대학 사회환경시스템공학부 교수, 공학박사
(**Corresponding Author** · Yonsei University · shh6018@yonsei.ac.kr)

Received November 12, 2014/ **revised** June 3, 2015/ **accepted** June 22, 2015

Copyright ⓒ 2015 by the Korean Society of Civil Engineers
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

향을 미치는 영향요소는 문헌고찰, 기업보고서 및 전문가 자문, 설문조사를 통하여 8개의 잠재변수와 34개의 측정변수를 도출하였다. 본 연구에서 제시한 모델은 해외건설공사의 시공성을 가장 효과적으로 향상 시킬 수 있으며 비용절감, 공기단축, 품질향상 측면에서 전략적 대응방안을 수립함으로써 사업의 최종 목표를 성공적으로 달성하는데 기여 할 것으로 판단된다.

검색어 : 시공성, 해외건설 프로젝트, 시공성 평가모델, 구조방정식

1. 서 론

건설 프로젝트는 초기단계의 기획, 설계, 구매조달, 시공, 운영 및 유지관리에 이르기까지 각 단계마다 고유의 복잡한 프로세스로 구분되어 진행되지만 각각의 단계들은 서로 밀접한 관계를 가지고 있다(Kim and Paek, 1999). 특히 해외건설 프로젝트는 국내건설 프로젝트와 다르게 발주국의 기후 및 문화, 현지 업체의 기술수준 그리고 환율 및 인플레이션 등 다양한 발주국의 요소가 프로젝트의 성과에 영향을 주게 된다. 특히, 최근들어 해외건설 프로젝트가 대형화·복잡화 됨에 따라 각 단계의 프로세스가 더욱 복잡해지고 설계, 시공, 본사지원 등의 다양한 주체가 보다 유기적으로 연결되어 성과에 영향을 주고 있다. 따라서 해외건설 프로젝트에서 비용절감, 품질향상, 공기단축 등 사업의 목표를 성공적으로 달성하기 위해서는 각 단계의 인터페이스와 통합성이 강조되고 있으며, 이러한 프로세스를 통합하고 효율적으로 유지하기 위한 대안이 필요한 실정이다.

시공성은 이러한 건설 프로세스의 각 단계별 통합성을 유지하기 위한 대안으로 도입되었으며, 시공지식과 경험을 적용하여 사업을 최적화 시키는 것을 목표로 하고 있다. 이미 해외 선진국에서는 다양한 관점의 연구가 활발하게 진행되어 비용, 공기, 품질 측면에서의 효과를 보여주는 수준에 이르렀다. 시공성이라는 개념의 적용을 통해 건설 프로젝트의 각 단계별 주체간의 원활한 의사소통과 시공지식 등 경험을 프로세스 전 단계에 공유함으로써 시공의 용이성 및 생산성을 향상시켜 프로젝트 최종 목표인 공기, 비용, 품질의 최적화를 도모할 수 있는 것으로 제시되었다(Lee, 2011).

국내 건설기업이 성공적인 해외건설 프로젝트를 수행하기 위해서 선진기업과의 기술경쟁력 및 사업관리 격차를 극복하기 위한 대안이 필요한 실정이다. 시공성은 건설 프로젝트의 전 단계에서 사업의 최종목표를 달성하기 위하여 시공지식과 경험을 적용하여 사업을 최적화시키는 것으로 정의하고 있으나, 본 논문에서는 설계단계와 시공단계에 한해서 해외건설공사 전체 프로세스의 시공성에 영향을 주는 요소로 연구의 범위를 제한하고자 한다. 또한 해외건설 프로젝트를 대상으로 하여 해외건설의 복잡한 프로세스에서 유기적인 관계를 살펴보고 해외건설 프로젝트에서 발생하는 요소들에 대한 시공성 영향 정도를 분석하는 시공성 평가 모델을 구축하고자 한다.

따라서 본 연구는 해외건설 프로젝트를 성공적으로 수행하기 위해서 고려되어야 할 요소를 설계단계 및 시공단계에 집중하여 시공성 측면에서 살펴보고자 한다. 특히, 구조방정식을 통해 설계, 시공, 본사지원 등 참여주체 간의 상호작용에 대해 분석하여 해외건설 프로젝트의 시공성 평가 모델을 개발하고자 한다.

2. 이론적 고찰 및 연구방법론

2.1 시공성의 이론적배경

시공성의 초기개념은 생산성에 중점을 둔 협의의 개념이며, 통합된 설계관리의 개념으로 발전하여 현재는 초기 기획, 프로젝트 조달, 설계, 시공, 유지관리를 포괄하는 전체 프로세스 개념이다(Griffith et al., 1995). 시공성의 개념은 1980년대 Business Roundtable에 의해 미국에서 제안되었으며, Construction Industry Institute(CII)에서 1980년 중반부터 연구를 하였다. 시공성에 관한 연구가 활발하게 진행되면서 비용, 품질, 안전과 같은 적용효과를 보여주는 연구결과가 나타나고 있으며(Francis et al., 1999)또한 예측하기 어려운 문제의 발생을 줄이고 팀워크 향상, 발주자 만족도 향상, 직원의 만족도 및 충성도 향상, 작업환경의 개선과 같은 추가적인 부분에서의 효과를 보여주는 연구가 이루어지고 있다(Francis et al., 1999, Eldin, 1999). 설계와 시공의 사업초기 단계에서의 협력을 통한 시공성 검토가 사업관리의 효율성에 미치는 영향에 대하여 연구를 하였으며, 시공성 향상을 위하여 Fuzzy Quality Function Deployment system을 적용하였다(Yang, 2003). 또한 시공성을 평가할 수 있는 시공성 평가 프레임을 제시 하고 있다(Ugwu, 2004). 시공성 분석의 효과는 비용절감, 공기단축과 같은 정량적인 측면과 함께 안전성 증대, 공동 목표에 대한 관심 증가와 같은 정성적인 효과도 기대할 수 있으며 시공성 분석의 기대 효과를 정량적인 측면과 정성적인 측면으로 구분하여 제시하고 있다(Russell et al., 1994). 해외 선진국에서는 이미 시공성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며 연구결과를 건설프로젝트의 전 프로세스에 적용하여 효과를 나타내는 사례를 보여주고 있다(Francis et al., 1999).

국내에서의 시공성에 관한 연구는 특정 공정에 대한 시공성 검토 체크리스트 개발이 가장 활발하게 진행되었다. 특히 공동주택 리모델링 사업에서의 시공성 분석 체크리스트를 개발하였다(Yoon,

2012). 또한 기존의 문헌분석 및 설문을 통하여 시공이전단계의 시공성 분석을 위한 체크리스트도 개발하였다(Park, 2009). 그러나 해외건설 프로젝트에서 발생하는 발주국의 시공성 영향요인에 관한 고려가 미흡하며, 조직 및 절차 적용방안의 관점으로 시공성 검토방안을 제시하였으나 검토방안의 근거가 부족하고 포괄적인 접근으로 구체적인 검토방안에 대한 연구는 미약하였다(Lee, 2008). 국내에서는 시공성 개념으로 건설 프로젝트에서의 적용효과를 나타내는 연구가 미흡하지만 이와 유사한 개념으로 일정한 규모 이상에서 설계도서를 착공전에 검토하거나 계약문서의 모순되는 사항을 검토하거나 현장조건과 설계와의 부합 여부를 사전에 검토하는 항목이 있다. 특히 시공성 개념과 유사한 시공 Value Engineering(VE)의 적용사례에서도 상당한 절감효과를 나타내고 있다. 그러나 시공성 개념과 유사한 설계검토 및 VE의 적용효과에 대한 연구와 달리 아직 국내에서는 시공성의 개념으로 건설 프로젝트 사업의 전체 프로세스에서 최적화하는 개념에서의 접근은 이루어지지 않고 있는 실정이다(Lee, 2011).

2.2 연구방법론

본 연구에서는 해외건설 프로젝트의 실무자를 대상으로 설문조사를 실시하여 시공성 영향요소에 대한 설계, 시공, 본사지원 분야의 실무 종사들의 설문을 총 149건 수집하여 분석을 실시하였다. 설문응답자의 분포는 설계분야 29부, 시공분야 71부, 본사지원 분야 49부로 구성되었으며 사업 유형별로는 플랜트 사업이 82건, 토목사업 52건, 건축사업 15건으로 나타났다. 해외건설 프로젝트에는 다양한 주체들이 참여하고 있지만 설계 및 시공단계에서의 시공성에 직접적으로 영향을 미치는 직무 종사자들을 주 대상으로 하였다. 설문지를 통한 조사방법은 선정된 요소들의 시공성 영향정도를 Likert 등간척도를 이용하여 최고점수를 7점, 최저점수를 1점으로 설정 하였다. 이를 통해 실무 전문가들이 참여한 해외건설 프로젝트에 대하여 각 영향요소의 만족도와 시공성 영향정도를 평가하도록 하였으며 구조방정식을 활용하여 시공성 평가 모델을 개발 하고자 하였다. 일반적으로 구조방정식은 최소한 200건 이상의 데이터를 가지고 분석해야 했으나 본 논문에서는 회수된 149건의 데이터를 가지고 분석하였다.

3. 시공성 평가 모델

3.1 시공성 영향요인 관련 국내·외 문헌고찰

시공성에 관한 연구들은 시공성 분석에 대한 개념과 적용효과를 보여주는 연구가 대부분이었으며 시공성 개념을 실무에 활용하기 위한 방안이 대다수를 차지하고 있다. 국내에서도 특정 공종에 대한 시공성 향상을 위한 체크리스트 개발이 가장 많은 부분을 차지하고 있으며 시공성에 직접적으로 영향을 주는 요소와 상관관계에 대한 연구는 매우 드물었다. 또한 설계와 시공, 본사지원과 같이 프로젝트 참여주체를 구분하여 시공성 영향요소와 요소간의 상관관계를 분석하는 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 설계, 시공, 본사지원의 프로젝트 참여주체에 따라 시공성 영향요소의 영향정도가 다르다는 기본 가설을 설정하여 이들 사이에 관계가 시공성에 어떠한 직·간접적인 영향을 미치는지를 파악하는데 그 목적이 있다.

시공성 영향요소에 관한 해외연구는 시공성 개념의 업무 적용성과 효과 등을 분석한 연구가 활발히 수행되고 있었으며 효율적인 시공성 분석 프로그램과 기법에 관련된 연구와 함께 실제 프로젝트에서의 적용결과에 대한 연구가 다수 있다.

시공성 영향요소 및 고려사항은 설계단계에서의 적절한 시공공법 및 표준화 작업, 적절한 자재/자원 사용, 시공순서 고려와 같이 설계단계에 시공요소를 적용하는 사항을 Table 1에서 확인할 수 있었다. 이에 비해 국내연구 중 시공성에 관련된 연구를 살펴보면 시공성의 영향요소 또는 시공성을 위한 단계별 주체간의 상관관계

Table 1. International Trends of Constructability Influencing Factors

Division	Influencing factors
CII	construction based design & procurement, efficiency of design application, design standardization, repetitive tasks, pre-assembly operations, easy access to labor/material/equipment, weather consideration, thorough review of specification
CIRIA	pre-investigation, appropriate use of materials, work scope, planning of simple assembly, construction error, safety, exclusion of repeating purchase, consideration of work order, clear communication, consideration of follow-up work
ASCE	various types of placement, awareness of interface, worker's skill, construction method, condition of material, labor, subcontractor resource and equipment, climate condition, investigation of geological condition and site condition, site availability and accessibility
Patrick (2006)	field and geological survey, weather, appropriate construction method application, design information from contractor, standardization, design flexibility, appropriate use of material and equipment, safety, site placement and environment, efficient use of resource and management, consideration of pre-production
Alan Griffith & Tony sidwell (1995)	design complexity, accuracy of the placement, constructability and material interaction, complexity process, contractor's responsibility, alternative design, assembly technology, personnel organization, planning of deployment, communication, task management, availability of labor and function

Table 2. Domestic Trends of Constructability Influencing Factors

Division	Influencing factors
Lee Hae Chan (2008)	review of module and pre-assembly method, standardization, consideration of appropriate equipment & material placement, pre-production site, consideration of interference review by 3D modelling, review of site welding amount, review of accessibility, constructability and specification consideration , minimization of rework and design changes
Song Chang Baek (2002)	workforce shortage, unreasonable workforce organization, reduction of labor morale, poor working environment, full-time, fatigue/decreased efficiency, design document error, difficulty of design, design changes, unreasonable site placement plan, delay of decision, delay of equipment & material procurement, poor construction supervisor, safety disasters, inefficient construction method, improper material usage, construction scale and duration, geographical features, weather condition, strikes
Sea Yong Kwan (2009)	construction manpower shortage, lack of skills, poor design document, ignoring the constructability design, design changes, error in work order planning and scheduling, delay in job instruction and approval, lack of communication, unreasonable site placement, interference between workforce, delay in material and equipment procurement, unfavorable location of site, poor working environment, generation of complaints, strikes, weather conditions
Baek Ho (2006)	construction method (method, workability, pre-production, simplicity, etc.), design (standardization, over-design, etc), means of production (work order, process planning, productivity, etc.), site management (cost and time management, transport management, etc.), management (business policy, management organization, price research, etc.)

를 제시하는 연구는 상대적으로 미흡하였으며 전반적인 개요를 제시하거나 특정 공정에 관한 체크리스트를 제시하는 연구가 대부분이었다(Yoon, 2012). 이에 Table 2에서와 같이 시공성과 관련하여 유사한 개념인 건설 생산성 영향요소와 VE의 고려사항을 포함하여 문헌고찰을 수행하였다.

3.2 시공성 영향요소 및 측정지표 도출

기존 문헌고찰, 기업 보고서, 전문가 자문 및 설문조사를 통해 독립변수 8개요인 34개 항목으로 도출된 시공성 영향 요소 및 측정지표는 Table 3과 같다. 전반적인 건설 프로젝트의 리스크관리 요소와 공통되는 요소가 나타나기도 하였으나 이를 좀 더 시공의 용이성, 품질확보 측면의 시공성 개념으로 접근하여 지표들을 도출하고 분류하였다.

Table 3. Influencing Factors Constructability and Survey Index

Stage	Influencing factors	Detail of survey index
Design	Complexity of design(3)	- Reflection of a lack of standardization in materials - Owner of irrational design criteria and technical requirements - Construction consisting of rework / insufficient simplification
	Accuracy of design(4)	- Unreasonable arrangement plan - Lack of consideration for execution cost - Irrelevant equipment and materials design - Redesign due to design errors
	Integration of design and construction (3)	- Lack of consideration for on-site conditions - Lack of consideration for contractor working knowledge of the design - Lack of identification of a contractor's specification
Construction	Construction management (4)	- Lack of consideration for appropriate construction method - Lack of consideration for working order and interface - Lack of material and equipment procurement management method - Design and other site conditions
	On-site management (6)	- Lack of materials and equipment procurement management - Irrational on-site arrangement plan - Advance of country's poor working conditions and location - Advancement level of country's infrastructure condition - Lack of safety management - Lack of environmental management
	Collaborative management (4)	- Site manager's skills and responsibilities - Supplier's construction abilities and lack of skills - The ability of on-site labor and lack of communication - Headquarter's or owner's lack of communication
Headquartersupport	Headquarter's linkage(5)	- Drawing approval delay - Improper maintenance organization - Lack of investigations about exchange rate - Lack of complaint processing - Documentation delays
	Advancement of the owner's country and environment (5)	- Lack of consideration for system characteristics - Lack of advancement in accordance with the cultural characteristics of the country and consideration for the volatility of the construction - Lack of consideration for the on-site climate - Expectation of delay due to country's social turmoil - Owner's cash solvency and lack of understanding

Table 4. Analysis of Reliability of the Observed Variables

Measurement	Number of items	Cronbach's α	Reliability
Complexity of design	3	0.608	satisfactory
Accuracy of design and construction	4	0.822	satisfactory
Integration of design and construction	3	0.752	satisfactory
Construction management	4	0.814	satisfactory
On-site management	6	0.843	satisfactory
Collaborative management	4	0.780	satisfactory
Headquarter linkage	5	0.782	satisfactory
Advancement of the Owner's country and environment	5	0.862	satisfactory

Table 5. KMO and Bartlett verification of the observed variables

Measurement	KMO	Bartlett verification	Free dom
Complexity of design	0.594	58.862	3
Accuracy of design and construction	0.792	203.206	6
Integration of design and construction	0.687	112.798	3
Construction management	0.768	234.437	6
On-site management	0.738	418.052	15
Collaborative management	0.687	192.241	6
Headquarter linkage	0.747	233.263	10
Advancement of the Owner's country and environment	0.743	448.705	10

3.3 타당성 분석

시공성 영향요소와 측정지표의 타당성 분석을 위해 신뢰도 분석(Reliability Analysis), 요인분석(Factor Analysis), 그리고 상관분석을(Correlation Analysis) 수행하였다. 신뢰성이란 측정도구의 정확성을 반복적으로 측정했을 때 측정값이 일치하는 정도를 말하며 신뢰도성을 검사하는 대표적인 방법으로는 크론바하계수가(Cronbach's α)있다. α의 계수는 0~1사이의 값을 가지며 일반적으로 0.8~0.9이상이면 바람직하고 0.6~0.7이면 수용할 만한 것으로 여겨진다. 즉 0.6보다 작으면 내적 일관성이 결여한 것으로 받아들여지며 0.6이상이면 신뢰적인 것으로 판단한다. Table 4에 나타난 것과 같이 모든 측정 항목에서 0.6~0.9이상의 신뢰 계수를 나타내고 있으며 이는 높은 내적 일관성을 갖는 것으로 측정항목의 신뢰수준은 만족한다고 할 수 있다.

본 논문에서는 요인분석을 사용하여 측정도구의 타당성을 평가하고자 하며, 구조방정식 모형의 확인적 요인분석에 앞서 각 영향요소별 측정항목에 대하여 요인분석을 위한 변수들의 선정이 적합한지를 검토하였다. 검토방법으로는 Bartlett 검정과 Kaiser-Meyer-Olkin(KMO)의 MSA(Measure of Sampling Adequacy)를 이용하였으며 이는 변수들이 서로 독립적인지 아닌지를 파악하는 가장 편리한 방법으로 통계적으로 유의한 경우 요인분석을 시도해 볼 가치가 있음을 나타낸다. KMO의 MSA의 해석기준은 일반적으로 0.5이상이면 수용되며 0.7이상이은 약간 좋음, 0.9이상은 아주 이상적인 것으로 해석된다. 각 영향요소별 KMO값은 Table 5와 같이 모두 0.5~0.8사이의 값을 나타내고 있다. 또한 변수들 간의 상관분석을 하였으며 관계성의 정도나 강도를 나타내는 측정치를 상관계수(Correlation coefficients)라고 한다. 상관분석은 한 변수가 커지거나 작아질 때 다른 변수가 어떻게 변화하는지 그 변화의 정도와 방향을 통해 두 변수간의 관계를 살펴보는 통계적 분석방법이다. 상관계수의 부호는 공분산의 부호와 같으며 -1에서 1사이의 값을 갖는다. 또한 분포에 따른 상관계수의 관계가 양의 선형관계, 음의 선형관계, 비선형관계로 나타나며 부호와 관계없이 상관계수의 절대값 크기는 변수들 간의 선형 관계를 나타내는 지표가 되며 일반적으로 상관계수는 0.6이상이면 높은 상관관계를 보인다고 할 수 있다. 본 연구에서는 상관분석을 실시하여 측정항목별 상관계수를 살펴보았으며 이러한 상관분석을 기반으로 수집된 설문이 가지는 의미를 파악함과 동시에 구조방정식 모형에서 다중공선성을 예방하기 위한 변수를 제거하는데 참고하였다. 예를 들면 '안전관리 미흡'과 '환경관리 미흡'의 `변수의 상관계수는 0.786으로 매우 높은 상관관계가 있음을 알 수 있는데 구조방정식 모형에서 두 변수의 다중공선성이 높게 나타나는 경우 한 변수를 제거하였으며 시공성 영향인자의 측정변수를 줄이기 위하여 상관분석의 결과를 참고로 활용하였다.

3.4 구조방정식을 활용한 시공성 평가 모델

해외 프로젝트를 수행한 경험이 있는 실무자를 대상으로 설계, 시공, 본사지원의 각 부서별로 설문을 수집하였다. 수집한 설문분석 결과를 통하여 해외 건설프로젝트 수행 시 시공성에 영향을 미치는 요인들 간의 차이를 살펴보고자 한다. 단순 통계적 기법인 회귀분석을 이용한 해외건설 프로젝트의 업무영역별 시공성 영향관계를 파악하는데 한계가 있으며 측정오차를 무시하는 방법이므로 회귀분석에 의한 결과는 정확하지 않을 가능성을 내포하고 있다. 따라서 본 연구에서는 측정오차를 고려하여 분석결과를 제시함으로써 회귀분석과 같이 단순 통계적 기법을 사용하는 것보다 더욱 신뢰할 수 있다. 특히 구조방정식 모델은 여러 변수들 간에 복잡하게 연결된 인과관계를 분석할 수 있으며, 이처럼 해외건설 프로젝트에서 시공성에 미치는 영향과 상호관계를 파악하는데 사용된다.

시공성에 관한 기존 문헌고찰과 해외건설 프로젝트의 실무 전문가 자문을 통해 도출한 시공성 영향 요소와 측정 항목을 통하여 8개의 잠재변수와 34개의 측정변수를 설정하여 해외건설 프로젝트에서의 시공성 영향요소들의 영향관계를 나타내는 연구모형을 도출하였다. 잠재변수는 8개로서 Table 3의 영향요소에 해당하는 항목이며 측정변수는 Table 3의 세부측정 자료에 해당하는 34개 항목이다. 구조방정식 모델 분석을 할 때 확인요인분석을 통해서 요인계수의 점수가 낮은 변수를 제거한다. 34개의 측정변수에 대한 확인 요인 분석을 통해 이들 측정변수 8개의 잠재변수로 소속되는 것이 합당한지를 검증하고 기준을 만족시키지 못한 변수는 제거하고자 한다. 따라서 구조방정식 분석 프로그램인 AMOS21을 활용하여 잠재 요인별 확인요인분석과 전체 잠재요인 대상 측정모형의 타당성을 분석하였다.

8개의 잠재변수와 34개 측정변수들에 대한 잠재 요인별 확인요인분석과 전체 잠재 요인에 대한 확인요인분석을 실시한 결과 모델의 적합도를 저해하는 9개의 변수를 선별하였다. 따라서 모델의 적합성 및 신뢰성을 떨어뜨리는 변수로 작용할 수 있는 9개의 변수를 제거하여 Table 6과 같이 25개의 변수를 구조방정식의

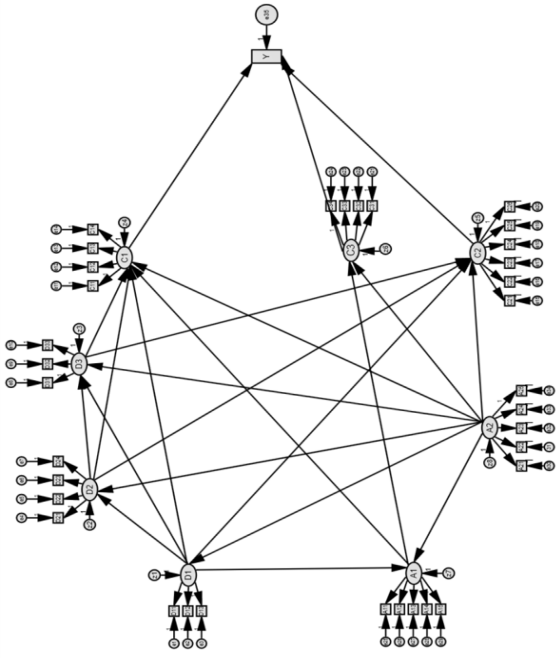

Fig. 1. Final Structural Equation Model

Table 6. The Final Latent Variables and Observed Variables

Stage	Influencing factors	Details of survey index	symbol
Design	Complexity of design (D1)	-Reflection of a lack of standardization in materials	D11
		-Owner of irrational design criteria and technical requirements	D12
		-Construction of rework / Insufficient simplification	D13
	Accuracy of design (D2)	-Unreasonable arrangement plan	D21
		-Lack of consideration for execution cost	D22
		-Irrelevant equipment and materials design	D23
		-Redesign due to design errors	D24
	Integration of design and construction (D3)	-Lack of consideration for on-site conditions	D31
		-Lack of consideration for contractor's working knowledge of the design	D32
		-Lack of identification of a contractor's specification	D33
Construction	Construction management (C1)	-Lack of consideration for appropriate construction method	C11
		-Lack of consideration for working order and interface	C12
		-Lack of materials and equipment procurement management method	C13
	On-site management (C2)	-Irrational on-site arrangement plan	C22
		-Advancement level of country's infrastructure condition	C24
		-Lack of safety management	C25
	Collaborative management(C3)	-Supplier's construction abilities and lack of technical skills	C32
		-The ability of on-site labor and lack of communication	C33
Headquarter support	Headquarter's linkage (A1)	-Improper maintenance organization	A12
		-Lack of investigation about exchange rate	A13
		-Lack of complaint processing	A14
		-Documentation delays	A15
	Advancement of the Owner's country and environment (A2)	-Lack of consideration for system characteristics	A21
		-Lack of advancement with regard to the cultural characteristics of the country and lack of consideration for the volatility of the construction	A22
		-Expectation of delay due to a country's social turmoil	A24

측정변수로 구성 하였으며 Fig. 1과 같이 최종 구조방정식 모델을 도출하였다.

구조방정식 모델에서 사용되는 적합도의 종류 및 기준은 다양하게 있으나 이 논문에서는 기존 구조방정식 연구논문 및 통계이론 문헌을 통하여 일반적으로 사용되는 적합도 지수를 적합도 판단에 활용하였다. 다음은 일반적으로 사용되는 적합도 지수와 그에 대한 설명이다(Lee, 2011). Table 7과 같이 최초의 구조방정식 모델의 적합도를 분석한 결과는 6개 기준에 대하여 모두 기준값을 만족시키지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 최초 구조방정식 모델의 수정을 통해 적합도를 향상시키고자 하였다.

구조방정식 모델의 적합도를 향상시키는 방법은 수정지수를 통하여 오차간 공분산을 설정하거나 요인적재량의 통계적 유의성을 기준으로 측정모델을 수정하는 방법이 있으며 경로를 새롭게 추가하거나 기존 경로를 삭제하여 적합도를 향상시킬 수 있다. 모든 검토방법을 적용하여 단계적으로 적합도를 향상 시켰으며, 적합도 향상을 통해 도출된 구조방정식 모델의 경우 Table 8과같이 총 6개의 적합도 지수에서 GFI(Goodness-of-Fit Index)와 RMR (Root Mean square Residual)의 적합도 지수가 기준값 보다 다소 낮게 나타났지만 나머지 다른 적합도 지수를 모두 만족시켰다. 적합지수 RMR의 경우에는 0.08을 기준으로 나타내고 있지만 0.1이하일 경우에도 모델은 수용할 만 하다고 제시되고 있다(Kim and Lee, 2004). 적합지수 GFI의 경우에도 0.9이상을 기준으로 제시하고 있으나 0.8이상이면 보편적으로 권장되며 모델은 수용할 만 하다고 제시되며(Kline, 2005) 구조방정식을 활용한 국내연구 (Kim, 2009, Kim et al., 2006)와 해외저널 ASCE에 출판되는 논문에서도 0.8이상이면 모델은 수용할 만 하다고 제시되고 있다. 따라서 일정 수준 이상의 적합도를 나타내었을 때 모델을 수용하는 것이 가능함을 확인 하였다.

Table 7. Compatibility of the Initial Structural Equation Model

Compatibility index	Compatibility criteria value	Initial structural equation model	Satisfaction
CMIN/DF	2 below	2.381	X
RMR	0.08 below	0.132	X
GFI	0.9 higher	0.675	X
CFI	0.9 higher	0.745	X
NFI	0.9 higher	0.750	X
RMSEA	0.1 below	0.097	X

Table 8. Compatibility of the Final Structural Equation Model

Compatibility index	Compatibility criteria value	Final structural equation model	Satisfaction
CMIN/DF	2 below	1.643	O
RMR	0.08 below	0.095	△
GFI	0.9 higher	0.819	△
CFI	0.9 higher	0.907	O
NFI	0.9 higher	0.909	O
RMSEA	0.1 below	0.066	O

3.5 구조방정식 모델과 결과 해석

구조방정식 모델은 시공성에 대하여 각 잠재변수의 직접효과와 간접효과를 구분하여 분석할 수 있다. 직접효과는 잠재변수가 종속변수인 해외건설 프로젝트의 시공성에 직접 연결된 경우에 해당하는 직접 영향효과를 의미하며, 간접효과는 종속변수에 직접 연결되어 있지는 않지만 다른 잠재변수를 통해 간접적으로 연결되는 변수를 의미한다. 전체효과는 직접효과와 간접효과의 합으로

표시되어 나타난다. 시공성에 미치는 직접효과는 현장관리, 설계-시공간의 상호작용, 협업관리, 시공관리 순으로 영향 정도가 크게 분석되었다. 간접효과로는 진출국 / 발주처 여건이 가장 크게 나타났다. 따라서 설계단계와 시공단계의 전 과정에서 가장 많은 잠재변수에게 간접적으로 영향을 주는 것으로 해석할 수 있다. 최종 구조방정식 모델을 통한 잠재변수별 시공성 영향 강도의 총 효과를 살펴보면 진출국 / 발주여건이 가장 크게 나타났다. 각 항목별로 우선순위가 높게 도출된 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 진출국 / 발주처 여건 : 전체8개의 잠재변수에서 가장 높은 영향 강도를 나타낸 항목이다. 세부 측정변수들은 진출국의 제도 특성 고려 미흡, 진출국의 문화 특성에 따른 시공의 변동성 고려 미흡, 진출국의 정국불안과 사회적 혼란으로 인한 지연으로 구성되어 있다. 해외건설 프로젝트에서 사전 조사와 철저한 대응전략이 이루어지지 않으면 관리하기 힘들거나 관리할 수 없어 수용해야 하는 변수들로 구성되어 있다.

Table 9. Impact on the Constructability

Latent variables	Total effect	Direct effect	Indirect effect
Complexity of design	0.260	0.000	0.260
Accuracy of design	0.262	0.000	0.262
Integration of design and construction	0.282	0.223	0.059
Construction management	0.113	0.113	0.000
On-site management	0.301	0.328	-0.027
Collaborative management	0.202	0.148	0.054
Headquarter linkage	0.033	0.000	0.033
Advance of the country/ Owner's environment	0.500	0.000	0.500

또한 진출국 / 발주처 여건에 관련된 측정 변수들은 다른 모든 잠재변수에 직·간접적으로 영향을 주고 있으며 시공성에 가장 큰 효과를 주고 있는 것으로 해석할 수 있다.

2. 현장관리 : 현장관리는 세부 측정변수로 불합리한 현장 배치 계획, 진출국의 열악한 인프라 시설, 안전관리 미흡으로 구성되어 있다. 해당 진출국의 현지 현장의 상황과 국가별 안전 규정이 다르기 때문에 쉽게 파악되기 어려운 특징을 가지고 있다. 현장관리의 변수들은 해외건설 프로젝트의 특성이 더욱 잘 나타날 수 있도록 도출되었으며 시공단계에서 생산을 하기 위한 현장의 관리요소들로 구성 되었다. 철저한 조사와 대응전략이 없을 때에는 시공관리에 막대한 영향을 줄 수 있으며 변수들의 관리와 대응측면에서 어려움이 있기 때문에 높은 값을 나타낸 것으로 해석된다.
3. 설계-시공간 상호작용 : 건설 프로젝트의 현장에서는 설계오류, 현장조건 고려 미흡과 같은 이유로 설계변경이 발생한다. 이러한 설계변경은 시공의 용이성과 품질 확보를 저해하는 원인이 된다. 따라서 설계오류를 줄이고 시공성을 높이기 위해서는 설계-시공간의 상호작용이 중요하며 시공지식과 경험이 설계단계에서부터 적용되고 또한 시공자는 상세도면을 정확하게 파악할 수 있어야 시공단계에서 발생되는 설계변경을 줄일 수 있다. 본 연구에서 제시한 설계-시공간의 상호작용은 진출국의 현장조건의 고려 미흡, 시공자의 실무지식 설계 반영 미흡, 시공자의 상세도면, 시방서 파악 미흡의 세부 측정변수로 구성되었다. 이러한 변수들은 설계와 시공간에 분리된 프로세스로 인하여 발생되는 항목들로 설계변경이 원인이 되어 시공성을 저해하는 항목들로 구성되었다. 설계와 시공이 분리된 건설 프로젝트에서는 설계-시공간의 상호작용이 더욱 요구되며 시공의 용이성과 품질 확보를 위해서는 중요하게 작용된다고 할 수 있다.
4. 기타 변수들의 결과 : 설계단계에 관련된 설계의 복잡성,

Table 10. Standardized Regression Weights

Path of the latent variable and the observed variables			Estimate
Reflection of the lack of standardization in materials	←	Complex of design	0.676
Owner of irrational design criteria and technical requirements	←		0.457
Construction of rework / Insufficient simplification	←		0.690
Unreasonable arrangement plan	←	Accuracy of design	0.696
Lack of considering for execution cost	←		0.695
Irrelevant equipment and materials design	←		0.793
Redesign due to design errors	←		0.735
Lack of consideration for on-site conditions	←	Interaction	0.717
Lack of consideration for contractor working knowledge design	←		0.706
Lack of identification of contractor's specification	←		0.753
Lack of consideration for the appropriate construction method	←	Construction management	0.823
Lack of consideration for working order and interface	←		0.811
Lack of materials and equipment procurement management method	←		0.821
Irrational on-site arrangement plan	←	On-site management	0.583
Advancement level of country's infrastructure condition	←		0.713
Lack of safety management	←		0.678
Supplier's construction abilities and lack of technical skills	←	Collaborative management	0.791
The ability of on-site labor and lack of communication	←		0.912
Improper maintenance organization	←	Headquarter linkage	0.604
Lack of investigations about exchange rate	←		0.790
Lack of complaint processing	←		0.620
Documentation delays	←		0.765
Lack of consideration for system characteristics	←	Advancement of the Owner's country and environment	0.903
Lack of advancement with regard to the cultural characteristics of the country and lack of consideration for the volatility of the construction	←		0.916
Advanced country's social turmoil delay	←		0.673

설계의 정확성의 잠재변수는 시공성에 직접적인 영향을 주지는 않았지만 간접효과를 통한 총 효과가 시공성에 직접적인 영향을 주는 시공단계의 시공관리, 협업관리의 잠재변수보다 높게 나타났다. 이는 시공이전단계에서의 중요성을 나타내는 결과로 해석할 수 있으며 정확한 설계반영이 사업전체의 시공성에 큰 영향을 나타낸다고 해석할 수 있다.

구조방정식 모델에서는 잠재변수와 측정변수 간의 인과 관계를 경로계수를 통해 파악할 수 있다. 따라서 시공성을 위하여 해외건설 프로젝트에서 실질적으로 단계별로 어떠한 항목을 집중적으로 관리해야 할 것인지 전략적으로 대응할 수 있을 것이다. 이는 높은 인과관계를 가지는 항목에 대한 전략을 선택함으로써 보다 체계적이고 조직적으로 효율성을 도모함과 동시에 해외건설 프로젝트에서의 시공성을 향상시켜 성공적인 사업을 수행할 수 있도록 활용할 수 있을 것이다.

3.6 가설 시나리오 검증 및 사례적용

본 연구에서 설정한 연구모형에 대하여 구조방정식 모델을 구축하고 이에 대하여 실제 해외건설 프로젝트에서 시공성을 평가하고 대응전략을 수립하는데 활용할 수 있도록 가설을 검정하였다. 제안된 모델은 Chi-square = 448.639, Degree of freedom = 273, P=0.000, GFI = 0.819, RMR = 0.095, CFI = 0.907, IFI = 0.909, RMSEA = 0.066으로 나타났으며 모델이 수용될 수 있음을 확인할 수 있었다. 설계의 복잡성에는 진출국/발주처 여건이 영향을 준다는 가정은 99%의 신뢰구간에서 유의하게 나타났으며 설계의 정확성에는 설계의 복잡성이 99%, 진출국/발주처의 여건이 95%의 유의수준에서 유의하다고 나타났으며 설계의 복잡성이 높을수록 정확한 설계가 나타나기 어렵다는 것을 제시하고 있다. 설계-시공간의 상호작용은 95%의 신뢰구간에서 설계의 복잡성이 영향을 준다고 나타났으며 설계의 정확성을 90%의 신뢰구간에서 유의하게 나타났다. 진출국/발주처의 여건은 99%의 신뢰구간에서 유의하게 영향을 준다고 제시되고 있으며 모든 설계단계에서 영향을 주는 것으로 나타났다. 또한 설계-시공간의 상호작용은 다른 설계단계에서 나타나는 설계의 복잡성과 정확성 정도에 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 설계-시공간의 상호작용은 설계단계에서부터 이루어지며 시공지식의 설계반영과 정확한 설계가 이루어질 때 시공성을 향상시키는데 영향을 줄 수 있음을 나타내고 있다. 시공단계에서 시공성에 총 효과가 가장 높게 나온 현장관리를 살펴보면 설계의 정확성과 진출국/발주처 여건이 모두 99%의 신뢰구간에서 유의한 것으로 나타났으며 협업관리에서는 설계의 정확성이 95%의 신뢰구간에서, 진출국/발주처 여건이 99%의 신뢰구간에서 유의한 것으로 나타났다. 가장 많은 변수들의 영향을 받는 시공관리는 협업관리와 설계-시공간의 상호작용이 각 99%와 95%의 신뢰구간에서 유의한 것으로 나타났다. 현지 노무자의 생산성 및 의사소통 능력이 적절한 시공공법 적용과 작업순서를 적용하며 가장 큰 영향을 준 것을 확인할 수 있었다. 즉 설계-시공간의 상호작용을 통하여 설계단계에서부터 시공지식과 경험이 반영된 정확한 설계가 시공관리에 큰 영향을 준다고 할 수 있겠다. 끝으로 본사연계 및 기타업무는 진출국/발주처 여건에 가장 크게 영향을 받으며 99%의 신뢰구간에서 유의하게 나타났다.

본 연구의 모델을 실무적으로 적용하여 전략적으로 활용할 수 있도록 가상 프로젝트에 대하여 시공성을 평가하고 잠재변수와 측정변수간의 인과관계를 이용하여 시공성을 향상시킬 수 있는 전략을 제시하고자 한다. 본 모델의 사례적용은 데이터 수집의 한계가 있어 가상사례 1건만 가지고 검증하였으며 향후 실제사례 연구가 수행되어야 할 것이다. 가상의 프로젝트의 설정은 실제로 완료된 해외 플랜트 프로젝트의 요약보고서를 통하여 제시하고 있으며 시공성 영향요인들에 대하여 사전조사 및 대응방안이 전략적으로 수립되지 않아 공기지연 및 비용초과로 적자를 나타냈던 프로젝트를 기반으로 설정하였다. 프로젝트의 배경은 중동지역에 플랜트 프로젝트로 LNG Tank를 건설하여 파이프로 연결하는 공사로 설정하였으며 구조방정식의 결과에서 가장 높은 영향요소로 나타난 항목에 대하여 문제점이 발생하였을 때 시공성을 향상시키기 위한 전략도출을 제시하고자 한다. Table 11은 프로젝트의 개요 및 문제점을 나타낸 것이다.

Table 11에서와 같이 진출국/발주처의 여건이 국내의 환경은 물론 다른 해외 진출국의 여건보다 열악한 상황으로 사전조사가 되었을 때, 공기와 비용 내에서 프로젝트를 완료하여 시공의 용이성과 품질확보 측면에서 시공성을 향상시켜야한다. 이러한 상황에서 본 구조방정식 모델은 우선적으로 제시하는 대응방안이 진출국의 문화 특성에 따른 시공의 변동성(0.916)과 진출국의 제도 특성고려(0.903)이다. 이것은 진출국의 정국불안과 사회적 혼란으로 인한 지연(0.673)보다 우선적으로 고려해야하는 사항으로 나타나며 인과계수 값이 비슷하게 나타난 두 가지 항목에 대하서는 동시적으로 고려하여 대응방안을 수립해야 할 것이다. 또한 열악한 진출국/발주처 여건으로 인하여 설계단계와 시공단계에서 나타날 수 있는 영향을 파악하여 각 단계에서는 대응전략을 수립해야 하는데 각

Table 11. Project Overview and Issues

Name of project	LNG plant tank & Pipeline project
Location of project	SHAH U.A.E
Contract amount	US$ 610,136,830
Construction contract term	36month
Problems	In poor countries, Client environment

잠재변수에 주는 영향관계를 비교하기 위해서는 표준화된 계수를 비교하여 우선순위를 도출할 수 있다. 표준화된 인과계수를 확인한 결과 현장관리(0.566), 협업관리(0.532), 본사연계 및 기타업무(0.526)순으로 나타났으며 이에 대하여 각 측정지표의 인과계수 값을 비교하여 대응전략을 미리 수립하여 가장 최적의 효과를 통하여 시공성을 향상시킬 수 있을 것이다. 현장관리의 경우에는 열악한 인프라 시설(0.713)이 시공성에 가장 큰 영향을 주고 있으므로 사전에 철저한 대응방안을 수립해야 추가적인 인프라 시설을 구축하는 비용 및 시간을 단축할 수 있을 것이다. 또한 협업관리의 경우에도 현지 노무의 생산성 및 의사소통 능력(0.912)이 높게 나타났으므로 현지 노무의 특성을 사전에 파악하고 의사소통을 위한 직원의 교육 등의 대응방안을 수립하여 시공성을 향상시키는 전략을 수립할 수 있을 것이다. 또한 시공단계보다 앞서 수행되는 설계단계에서의 항목들을 따로 비교하여 우선순위를 통한 대응전략을 수립한다면 시공성 향상에 더욱 효과적으로 나타날 것이다. 설계단계에서 나타나는 항목들의 우선순위를 앞서 실시한 동일한 방법으로 비교한 결과 설계의 복잡성(0.344)이 가장 크게 나타났으며 시공 작업의 반복/단순화 설계 고려(0.688)와 재료의 표준화, 규격화 설계반영(0.667)이 비슷하게 높게 나타나 해당 공종에서 수행할 수 있는 시공의 반복/단순 작업에 대한 고려가 잘 반영되었는지 관리하고 해당 진출국의 표준과 규격에 적합한 설계가 되도록 우선적으로 관리를 하여야 할 것이다. 따라서 초기 발생한 문제점으로 열악한 진출국/발주처 여건이 제시되었을 때 구조방정식 모델을 통한 인과계수를 확인하여 우선적으로 관리하고 대응전략을 수립해야 하는지를 확인하면 해당 진출국에서 수행하는 프로젝트에 대하여 가장 효과적으로 시공성을 향상시킬 수 있을 것이며 이는 시공의 용이성, 품질확보를 통하여 비용절감, 공기단축과 같은 프로젝트의 성공을 도모할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구는 해외건설 프로젝트의 성공적인 수행을 위해 시공성 개념을 도입한 연구로서, 구조방정식을 활용하여 시공성 평가모델을 개발하고자 하였다. 연구의 범위를 설계단계와 시공단계로 한정하고 각 단계별 시공성에 영향을 미치는 요소들을 도출하였으며 설계와 시공단계에서의 시공성 영향요소의 직·간접적인 영향정도를 통하여 인과관계를 살펴보았다. 특히 진출국/발주처의 여건에 따라 프로젝트의 성공과 실패에 크게 좌우되는 해외건설 프로젝트의 특징이 잘 나타내기 위한 요소들을 포괄적으로 고려하여 분석을 실시하였으며 다음과 같은 분석절차를 수행하였다.

첫째 문헌고찰 및 기업보고서를 통해 시공성 영향인자를 도출하고 전문가 자문을 통한 시공성 영향인자 도출 및 해외건설 프로젝트 수행시 고려사항을 도출하였다.

둘째 시공성 영향인자를 해외건설 실무전문가의 설문조사를 통해 7점 Likert 척도를 사용하여 시공성 영향요소를 항목별로 평가하였다.

셋째 타당성분석(신뢰도, 요인, 상관분석)을 통하여 설문분석의 자료를 검증하였다.

마지막으로 구조방정식 모델을 이용하여 설계, 시공, 본사지원 업무의 영향요소별 인과관계를 분석하여 요소별 직·간접적인 효과를 도출하였다. 이러한 연구수행 절차를 거쳐 구조방정식을 활용한 본 연구의 결과 및 시사점을 요약하면 다음과 같다.

(1) 진출국 여건 및 현지 현장관리의 중요성: 다른 측정변수보다 높은 영향강도를 나타내는 항목으로 '현장관리'와 '진출국/발주처 여건'으로 나타났으며 이는 모든 진출국가의 현지사정에 관한 항목들이 공통적으로 포함되어 있으며 해외건설 프로젝트의 경우에는 국내건설 환경과 다르기 때문에 철저한 사전조사와 대응전략의 부재시 시공성에 부정적인 영향을 미친다. 따라서 국내건설사들이 해외건설 프로젝트에서 성공적으로 사업을 수행하기 위해서는 진출국의 현장의 작업환경에 대한 철저한 조사가 수반되어야 할 것이다.
(2) 설계-시공간의 상호작용: 건설 프로젝트는 잦은 설계변경이 발생하며 공사가 지연되거나 초과건설 비용이 발생하게 된다. 이러한 원인은 시공여건에 적합한 설계가 반영되지 않거나 시공자의 상세도면 파악능력 부족으로 나타나고 있다. 설계-시공간의 상호작용은 직접적으로 시공의 용이성과 품질확보 측면에서 영향을 주며 설계단계에서의 오류로 인한 설계변경, 시공단계에서는 시공관리에 직접적인 영향을 주며 설계와 시공의 전반적인 영향을 주고받기 때문에 시공성에 큰 영향을 미치는 것으로 해석할 수 있다. 설계단계에서의 철저한 사전 현장조사 수행과 시공지식과 경험을 반영한 설계로 시공의 용이성을 확보할 수 있어야하며 시공자 또한 설계도면 파악능력을 향상시켜야 정확한 시공이 이루어질 수 있을 것이다.
(3) 설계단계의 중요성: 설계단계에서는 시공의 용이성, 품질확보 측면에서 시공성에 직접적으로 영향을 주지는 않지만 간접효과를 통한 총 효과는 다른 잠재변수 보다 높게 나타났다. 이는 설계단계에서 정확한 설계의 반영여부가 사업 전체의 시공성에 큰 영향을 주고 있음을 나타내고 있으며 시공이전 단계의 중요도와 영향강도가 크게 작용하고 있음을 간접적으로 보여주는 결과라 하겠다.

구조방정식 모델은 측정오류를 반영할 수 있다는 점과 잠재변수 간의 인과관계뿐만 아니라 각 잠재변수의 측정지표들 또한 경로계

수를 통해 인과관계를 살펴볼 수 있으며 측정지표의 인과관계의 강도를 통한 전략제시 및 대응방안을 수립할 수 있다. 또한 구조방정식 모델의 직·간접적인 영향강도를 확인하고 측정변수의 인과계수를 통하여 해외건설 프로젝트에서 시공성 향상을 위한 효과적인 전략을 제시할 수 있을 것이며 비용절감, 공기단축과 같은 성공적인 프로젝트 수행에 기여할 것으로 기대된다.

향후 연구에서는 본 연구에서 제시한 구조방정식 모델의 유효성을 실제 사례를 통하여 검증하는 작업이 필요하다. 또한 건설 프로젝트의 업무구분과 공종에 따른 비교분석을 수행하고 설계와 시공단계의 인과 관계를 통하여 시공성 향상을 위한 전략제시에 대한 구체적인 연구와 검증도 필요할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 LNG플랜트사업단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다(08가스플랜트 B05).

References

Construction Industry Institute Australia (1996). *Constructability Manual*, CII Australia, Brisbane.

Eldin, N. N. (1999). "Impact of employee, management and process issues on constructability implementation." *Construction Management and Economics*, Vol. 17, No. 6, pp. 711-720.

Elgohary, M., Fairclough, N. and Ricciuti, R. (2003). "Constructability-from Qinshan to the ACR." *Nuclear Plant Journal*.

Francis, V. E., Mehrtens, V. M., Sidwell, A. C. and McGeorge, W. D. (1999). "Constructability strategy for improved project performance." *Architectural Science Review*, Vol. 42, No. 2, pp. 133-138.

Han, K. H., Kim, M. K., and Park, C. S. (2004). "A study on analysis of effective application of constructability in apartment construction projects." *Journal of the Association of Architectural Institute of Korean*, Vol. 24, No. 1, pp. 539-542.

Hyun, C. T. (1998). "Application of the constructability program at the early phase of the project." *Journal of the Association of Architectural Institute of Korean*, Vol. 40, No. 10, pp. 41-47.

Kim, D. H. and Paek, J. H. (1999). "A study on the application of constructability for building projects in korea -with case study application-." *Journal of the Association of Architectural Institute of Korean*, Vol. 15, No. 3, pp. 99-108.

Kim, D. Y., Han, S. H., Kim, H. K. and Park, H. D. (2006). "Structural equation model for predicting level of performance in international construction projects: Modeling Perspective." *Journal of the Korean Society of Civil Engineers*, pp. 3605-3610.

Kim, J. H. (2009). "An analysis of the changes in the cause-and-effect relationships between socio-economic indicators and the road network of seoul using structural equation model." *Journal of the Korean Geographical Society*, Vol. 44, No. 6, pp. 797-812.

Kim, S. I. and Lee, H. C. (2004). "A study on the claim potential on public construction works using a structural equation modeling approach." *Korea Research Institute For Human Settlements*, Vol. 41, pp. 53-68.

Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structure equation modeling*, 2nd Ed The Guilford Publications Inc., New York.

Lee, H. S. (2011). *Structural equation modeling analysis and AMOS*, Book Publication.

Lee, H. K. (2008). *The consideration of constructability practice in the oil refining plant project*, The University of Hanyang, Academic thesis.

Lee, H. C. (2011). *Development of checklist for constructability review for office building at pre-construction phase*, The University of Seoul, Academic thesis.

Park, J. S. (2009). *Development of checklist improving constructability in steel structure construction*, The University of Seoul, Academic thesis.

Ugwu, O. O., Anumba, C. J. and Thorpe, A. (2004). "The development of cognitive models for constructability assessment in steel frame structures." *Advances in Engineering Software*, Vol. 35, No. 3, pp. 191-203.

Yang, Y. Q., Wang, S. Q., Dulaimi, M. and Low, S. P. (2003). "A fuzzy quality function deployment system for buildable design decision-makings." *Automation in Construction*, Vol. 12, No. 4, pp. 381-393.

Yoon, J. J. (2012). *Development of constructability checklist for each stage of apartment remodeling*, The University of Seoul, Academic thesis.