

건설공사 품질인증시스템 향상을 위한 품질인프라 및 핵심역량 도출에 관한 연구

이갑순* · 배영주*

*한국교통대학교 산업경영공학과

A Study on the construction quality infra and it' s core confidency priority for enhancing construction certification system

Kab-Soon Lee* · Young-Ju Bae**

Dept. of Industrial and Management Engineering, Korea National University of Transportation

Abstract

This study is for figuring out major components of construction quality infrastructure and suggesting improvement plan by benchmarking global best practice model and analyzing gap between the model and sample practice. Based on improvement plan, researcher could derive major characters and components of construction quality infrastructure, and also about the priority among core competency components of construction quality experts.

The result showed that the 'human resource' was ranked the best priority followed by 'method' 'environment', 'equipment' among major characters and components of construction quality infrastructure. Also, for core competency components of construction quality experts, 'number of years in work places' was the best priority, and the 'professional knowledge on engineering' was another priority ranked. Far from general perception on competency components, 'academic education' ranked the last. It may allude that the current education system in this country is not effective in developing competency of quality engineers.

In summary, this study shows professionalism of quality engineer is the most important thing in all the components.

Keywords : Construction Quality infrastructure, Human resource, Core competency, Quality Engineer

1. 서론

정부의 건설 사업관리체도의 강화에도 불구하고 일부 건설현장은 관리자의 관련제도에 따른 전문지식 부족과 품질관리 전담조직의 운용상 문제점 등 형식적인 품질관리 운영으로 인해 품질관리 적정성 확인점검 시 지적사항이 다수 발생되고 있으며, 매년 반복적으로 지적받고 있다. 이와 같이 형식적이고 전문성이 부족한 품질관리는 부실시공을 유발시킬 뿐만 아니라 고품질

의 구조물 완성을 요구하는 시대적 요구사항을 충족시키지 못하는 주된 요인이라 할 수 있다[6]. 2013년 발생한 삼성정밀화학 물탱크 폭발사고, 판교 오피스텔 및 2014년 200명이 넘는 사상자를 낸 마우나 리조트 붕괴사고와 판교 환풍구 덮개 붕괴사고 등은 품질관리의 부실이 낳은 인재(人災)라고 할 수 있다[3]. 그동안 다수의 연구자들이 기업의 경쟁력 제고를 위해 정부가 1997년 건설공사에 적용하도록 도입한 국제표준인 ISO 9001을 기반으로 한 품질경영의 성과측정 도구

†Corresponding Author : Young-Ju Bae, Korea National University of Transportation, 50 Daehak-ro, chungju-si, Chungbuk Korea. Dept. of Industrial and Management Engineering, Received October 20, 2017; Revision Received November 11, 2017; Accepted December 14, 2017.

나 지속적 개선 기법들을 개발하고 연구실적을 쌓아왔다. 특히 ISO 9001 품질경영시스템이 건설공사품질 관리에 적용되면서 품질성과지표 중심의 건설프로젝트 성과관리시스템 개발[2]을 시작으로 건설산업의 기업 단위 벤치마킹을 위한 통합적 성과측정시스템개발[5], 건설프로젝트 효율적 성과관리를 위한 핵심 지표 체계 구축[7], 품질경영 핵심요인이 적합성평가기관의 성과에 미치는 영향[1], 건설품질경영체제 성과평가시스템[4], 등 건설공사품질경영시스템의 효율성과 효과성 증진을 위한 연구들이 진행돼 왔다.

이러한 연구 성과물들은 모두 나름대로 제시된 논제에 대해 적합성과 타당성을 충실하게 입증하고 있다. 하지만 건설현장에서의 적용효과는 파악할 수 없을 정도로 미미한 것이 현실이다. 그것은 여러 가지 이유가 있었으나 큰 이유로는 이들의 이론이 국가적 차원에서의 제도화로 이어지지 못했다는 점과 더욱이 이러한 이론들을 수용하고 뒷받침할 수 있는 국가품질인프라 기반이 확보되지 못하는데 기인하는 것이다. 즉, 이론의 실현성은 그 이론이 적용될 수 있는 환경여건인 제도화와 제도의 구성인프라 가용성 여부와 적용 정도에 의존 된다. 특히 국가가 갖춰야 할 품질인프라 자원 중에서 인적자원은 다른 어느 자원보다도 비중이 큰 것으로 국가나 조직이 품질경영을 하려면 품질경영에 필요한 품질인프라 가용성이 있어야 한다. 따라서 공공공사의 경우 국가적 품질인프라 구축이 우선되도록 품질체도를 운영해야 할 것이다.

본 연구는 선행연구들에서 간과된 제도적으로 우선되어야 할 건설품질경영 시스템운영에 필요한 품질인프라 구축과 그 구성 요소들에 대한 조사 분석을 통하여 개선방안을 제시함으로써 향후 품질경영시스템의 실현성을 높이고, 변화하는 건설사업 환경에 능동적으로 대처하는 데 도움을 주고자 한다.

특히 품질인프라 구축에 대한 정책수립과 실행방안 도출을 위해 갭(gap)분석을 통해 국제적 최상의 실행모델(Best practices model)과 우리나라의 현실과의 차이점을 파악하고, 이러한 갭을 줄이는데 소요되는 건설품질인프라 자원을 도출하여, 이들의 중요도 및 우선순위를 kendall방법과 AHP 기법을 적용 분석함으로써 경쟁력 있는 품질인프라 시스템을 제시하고자 한다.

2. 국내외 건설공사 품질인프라 실행모델 비교분석

세계적인 건설사업을 선도하는 정부기관과 공공기업, 다국적 민간 기업들의 건설프로젝트를 대상으로 그들이 구현하고 있는 품질인프라 시스템과 우리나라의 실행 시스템을 비교분석하여 경쟁력 있는 건설공사의 품질인

프라 모델을 새롭게 제시하고자 한다. 벤치마킹 대상은 정부 기관으로는 미국 공병단, 공공 기업으로는 사우디아람코, 민간 기업으로는 미국의 벡텔사를 선정 하였다.

2.1 미국 공병단(Corps of America) 실행모델

미 공병단의 건설공사 품질인프라는 건설공사품질경영(CQM), 시공업자의 품질관리(CQC), 미 정부 감리(QA) 및 건설공사 정보관리시스템(CIM), 품질관리시스템(QCS) 모듈 등으로 구성하고 있다. CQM은 공사가 책정된 예산안에서 기일 내에 도면과 시방서에 준하여 안전한 작업환경 하에서 시공됨을 확인하는 직무를 이행하는 것이다. CQM은 업자와 정부의 결합된 형태로서 업자는 도면과 시방서 그리고 인증된 산업표준에 준하여 시공할 근본적인 책임을 지는 것이고, CQC의 주 역할은 완성된 공사가 계약의 품질요건에 적합한 가를 확인하는 것이다. 미 정부 감리(QA)는 발주자로서 건설공사에 대한 검토와 감독과 실험을 통해 시공업자의 품질관리가 효율적으로 이행되는가와 준공된 공사가 계약상에 요구된 품질과 일치하는가를 확인하는 것으로 미 정부의 이익을 확보하는 데 목적을 두고 있다.

미 공병단의 건설공사 품질인프라는 CQM활동으로 QCS, CIM 등과 같은 물적자원 인프라와 인적자원 인프라가 있다. CIM모듈과 시공업자가 사용하는 QCS모듈은 사용자들에게 생산력을 높이고, 계약관리와 행정관리의 효율을 개선하고, 건설공사의 품질관리기록 수단이 된다. 미국 공병단의 실행사례로 보스사의 경우를 보면 품질인력을 CQC 활동에 필요한 품질관리매니저(QC Manager), 품질관리전문가(QC Specialist), 감독관(Superintendent), 협력업체 반장(Subcontractor Foreman), 품질보증대표자(QA Representative)등으로 구성하고 있다.

2.2 사우디아람코(Saudi Aramco) 실행모델

사우디아람코는 건설공사에 필요한 품질인프라 요건을 품질 시방서에 명시함으로써 건설업자가 이행하도록 하고 있다. 품질 시방서는 품질관리 활동에 필요한 인적자원의 능력을 자격, 면허, 학력, 경력에 대한 적격성 요건을 상세하게 규정하고, 그 적격성 요건에 적합한 품질인력이 직무를 수행하도록 규정하고 있으며, 이 적격성 역량의 정도에 준하여 부여된 품질인력의 자격은 각 공종별로 전문화된 QA/QC활동에 맞춰 수행하도록 하고 있다. 이들 품질활동은 건설추진 단계인 설계, 구매, 시공 및 시운전의 전체단계에 걸쳐 총괄적인 책임을 갖도록 직무와 직책을 부여하고 있는데, 총괄직

책에는 품질보증매니저(Quality Assurance Manager)와 품질시스템 심사자(Quality System Auditors)가 있고, 설계-구매단계의 품질관리 활동을 위해서는 구매 품질관리감독자(PQCS: Procurement Quality Control Supervisor)와 판매/공급자 품질검사자(Vendor Inspector)의 직책이 있다.

2.3 미국 벡텔(Bechtel)사 실행모델

미국 벡텔사가 수행한 샌프란시스코 발전소 건설공사에 적용한 현장품질계획서 사례를 보면 현장품질관리 매뉴얼이나 현장 품질검사 매뉴얼이 ASME Code, Section I 과 III 자재 요건과 미 연방법 10 CFR50, Appendix B의 품질보증요구사항 및 벡텔사의 원자력 품질보증매뉴얼에 따라 구성돼 있다. 그리고 이 품질프로그램의 기준은 기술공학적인 기준과 건설 공학적인 기준을 바탕으로 품질보증업무에 필요한 검사, 입증, 시험, 감독 및 검토 활동에 적용되는 합격판정기준을 표준화하고, 이러한 판정 행위를 건설품질관리기술자들(Construction Quality Engineers)의 책임으로 규정하고 있다.

또한 건설품질관리를 위해 본사에는 건설품질관리기술자들을 건설소장에 대응되는 책임품질관리기술자(CQE; Chief Quality Engineer)와 사업품질관리감독자(PQCS; Project Quality Control Supervisor)를 두고 현장에는 사업수행기능과 별도의 스태프조직으로 품질보증기술자(QAE; Quality Assurance Engineer)조직, 현장품질관리기술자(FQCE; Field Quality Control Engineer)조직 및 공종별 품질관리기술자

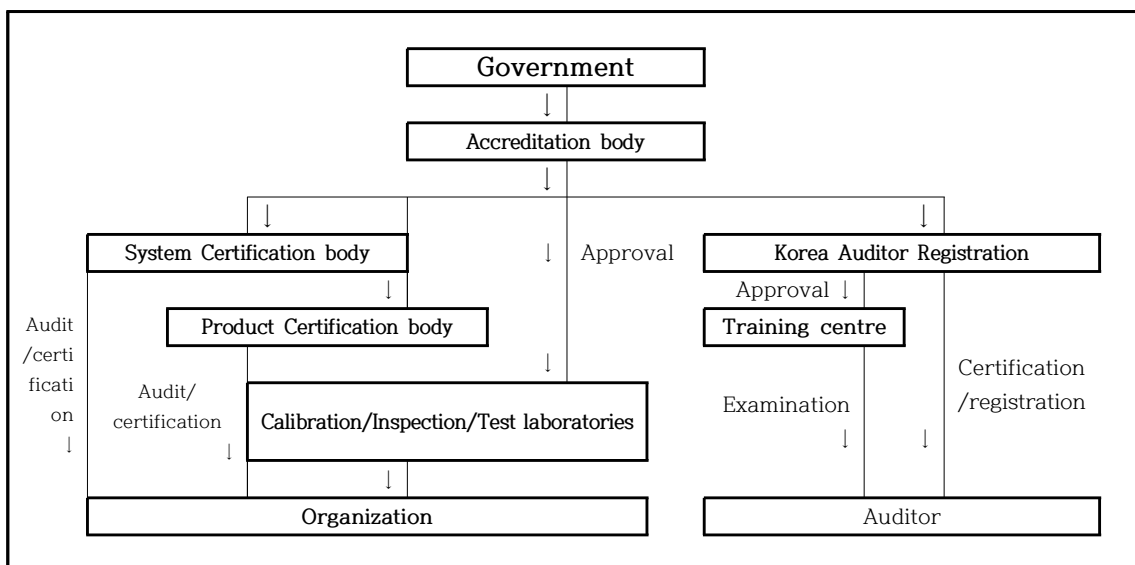
(QCE; Quality Control Engineer)와 실험실(Test laboratories)을 두고 있다.

QAE의 주요 업무는 품질감시활동과 심사활동(Surveillance / Audit)이며, FQCE의 주요업무는 품질검사를 통하여 시공엔지니어(FE; Field Engineer)와의 품질조정역할을 하고, 실험실은 검사에 필요한 실험을 실시하고, 시험 보고서를 발행하게 된다. QAE와 FQCE는 필요시 작업 중지 권한을 가지도록 하고 있다. 각 부문별 검사활동을 수행하기 위해 QCE의 직무 자격등급을 레벨 I, II, III로 구분하고, 각 부문별 QCE의 품질활동과 자격등급별 책무를 규정하고 있다.

2.4 국내 건설공사 품질인프라 구성 요건 고찰

국가표준기본법에 기술된 국가 품질인프라 구성은 정부가 적합성평가를 위하여 인정 및 인증사업을 추진하고, 적합성평가절차를 국제가이드 및 국제표준과 일치시키도록 적합성평가시스템을 구축하고 실행 하는데 필요한 것이다.

이에 따라 기술표준원장은 제품인증기관 인정 및 사후관리 등에 관한 요령 제21조의 규정 및 KS Q ISO/IEC 17011, KS A ISO Guide 65의 인정요건에 의거하여 공인 제품인증기관을 인정하고 있으며, 국가 인정기관(Accreditation body)과 인증기관으로 경영시스템인증기관(System Certification body), 제품인증기관(Product Certification body), 심사원자격인증기관(korea Auditor Registration) 및 교정 / 시험 / 검사기관(Calibration / Inspection / Test laboratories)을 운영하고 있다.



[Figure 1] Frame of National Quality Infrastructure

건설공사에 대해서는 [Figure 1]에서 보는 바와 같은 국가적 품질적합성평가를 위한 품질인프라 제도는 적용되지 않지만 정부는 건설사업관리 제도와 건설공사 품질관리제도를 통해 적합성평가와 유사한 품질활동들을 수행하도록 요구하고 있다, 그 하나가 건설사업관리제도 운영에 필요한 감독과 검리활동을 위한 품질인프라 구성이고, 다른 하나가 건설업자와 주택건설등록업자가 품질관리계획 또는 시험 시설 및 인력의 확보 등 건설공사의 품질시험계획을 수립하여 운영하는데 필요한 시공자 품질인프라 구성이다.

2.4.1 건설 사업관리자의 품질인프라 구성

2013년 정부는 건설사업이 복잡화 전문화 첨단화됨에 따라 건설공사를 효율적으로 수행하고, 건설공사의 품질확보와 품질향상을 목적으로 건설사업관리 제도를 도입하였으며, 건설사업관리의 업무범위를 업무수행단계에 따라 설계 전 단계, 기본설계단계, 실시설계단계, 구매조달단계, 시공단계, 시공후 단계의 6단계로 구분하고, 단계별 업무내용으로는 건설공사의 기본구상 및 타당성 조사 관리, 건설공사의 계약관리, 건설공사의 설계관리, 건설공사의 사업비 관리, 건설공사의 공정관리, 건설공사의 품질관리, 건설공사의 안전관리, 건설공사의 환경관리, 건설공사의 사업정보 관리, 건설공사의 준공 후 사후관리와 그 밖에 건설공사의 원활한 관리를 위하여 필요한 사항들을 포함하고 있다.

2.4.2 건설시공자의 품질인프라 구성

건설기술진흥법 시행령 별표1의 3 은 건설기술자의 직무와 전문분야를 명시하고 있는데, 건설기술자의 직무분야는 총 10개 분야로 기계, 전기·전자, 토목, 건축, 광업, 도시·교통, 조경, 안전관리, 환경, 건설지원으로 구성되어 있으며, 이들 직무는 다시 총47개의 전문분야로 세 분류돼 있다.

47개 전문분야는 기계분야 5개, 전기·전자분야 3개, 토목분야12개, 건축분야 6개, 광업분야 2개, 도시·교통분야 2개, 조경분야 2개, 안전관리분야 4개, 환경 분야 7개, 건설지원 분야 4개로 구성되는데, 품질관리 전문분야는 토목과 건축 직무만 적용하고 있다. 따라서 10개 직무분야 중에 토목공사와 건축공사 2개 직무 외 8개 분야는 품질관리 전문분야가 없는 관계로 품질활동을 요구하지 않게 된다.

따라서 토목과 건축 분야의 전문분야에 적용되는 국가 자격의 검정 대상 기술자격 종목도 토목품질시험, 건설재료시험, 건축품질시험의 3 종목으로 시험업무로 한정하고 있다.

이상에서와 같이 시공사가 추진하는 건설공사의 품질활동에 필요한 품질인프라 자격 등급은 초급기술자, 중급기술자, 고급기술자, 특급기술자로 해당 공사규모에 따라 이행하도록 규정하고 있으나, 이들 자격등급의

기준이 되는 국가자격의 검정 대상 기술자격 종목으로는 토목품질시험, 건설재료시험, 건축품질시험의 3 종목이다. 또한 건설기술자의 직무와 전문분야에 따른 건설시공자의 기술자인프라 구성을 건설기술자 경력관리 제도에 반영된 것을 보면 시공품질을 담당하는 건설기술자를 「품질관리자」라 명하고 있으며, 이는 건설기술진흥법 제55조에 따라 발주청 또는 인·허가기관의 장이 승인한 품질시험계획서 상 확보된 건설기술자인 경우를 지칭하는 것이다.

2.5 건설공사 품질인프라 글로벌화의 껍 분석

앞 절에서 국내외의 건설공사 품질인프라 구성실태를 고찰하였다. 대체적으로 품질인프라 구성은 품질활동에 필요한 품질조직과 그 조직을 구성하는 사람들로 이루어지게 되는데, 본 절에서는 이를 근거로 국제적 실행과 국내 실행을 비교 분석하여 일치화(Harmonization)를 위한 개선점을 찾고자 한다. 국제표준과의 일치화(Harmonization)가 주는 경제적 효과는 생산 및 판매 코스트를 절감하고, 계약서 작성을 단순화하여 명료하게 할 수 있고, 교역상 기술 장벽을 낮춤으로서 막대한 코스트를 절감할 수 있다.

2.5.1 품질조직 구성의 껍 분석

전술한 사례에서 보듯이 세계적으로 건설사업관리를 선도하고 있는 미국 공병단, 미국 백텔사, 사우디 아라코 등이 수행하는 프로젝트는 CMAA, PMBOK, IAEA 및 ASME NQA-1등이 제시하는 표준에 준하여 품질시험실운영은 물론 품질보증과 품질관리 수행을 위해 품질조직(QA/QC)을 시공조직 등 타 조직과 별도로 구성하여 독립적으로 운영하고 있다. 이러한 독립적인 품질조직운영은 품목, 공정, 용역 혹은 문서들이 규정된 요건(specified requirements)에 비취 그 적합여부를 결정하고, 문서화하기 위한 검토, 검사, 시험, 점검, 심사 등의 행위인 확인업무(Verification)를 수행토록 함으로써 제품과 시스템의 적합성에 대한 신뢰와 공정성을 확보할 수 있게 된다. 그러나 우리나라의 건설공사에서는 이러한 독립적인 품질활동(QA/QC)조직 구성을 제도화하고 있지 않다, 이는 국제적으로 적용하는 국제 표준들의 요건에도 부합되지 않는 것으로 프로젝트의 제품과 시스템의 적합성실증에 저해요인으로 작용하게 된다. 일반 건설공사와는 달리 원자력 발전소 건설공사의 경우에는 국제기준에 준하여 독립적인 조직을 운영하고 있는데, 전력설비의 품질확보를 위하여 설계, 제작, 시공, 시험, 검사, 운전, 보수 등에 필요한 기술적 및 제도적인 요건을 다루는 전력산업계 단체표준인 KEPIC(Korea Electric Power Industry Code)⁽¹⁾에 따라 품질확인을 위한 조직을 시공조직과 분리하

여 독립적으로 운영하고 있기 때문이다.⁽²⁾ 즉, 원자력발전소 건설공사를 제외한 건설공사의 품질 적합성 신뢰수준이 낮을 수밖에 없으므로 적합성 확보를 위해서는 품질인프라 구성요건을 국제적 실행기준에 부합되도록 강화해야 한다.

2.5.2 품질인력 구성의 갭 분석

건설프로젝트는 품질을 달성하는 인력과 품질을 확인하는 인력으로 구성되는데, 후자가 품질보증과 품질관리 조직에 소속되어 품질활동을 하는 인력이고, 전자가 시공 등의 업무를 담당하는 인력을 말한다.

전 항에서 살펴본바와 같이 품질활동을 하는 인력이 소속된 품질조직은 독립적으로 운영되므로 국제표준은 이들의 업무도 당연히 독립적인 업무가 되도록 요구하고 있고, 또한 독립적으로 실행되고 있다.

국제적 표준에 의한 품질활동은 시험, 검사, 품질기획, 품질관리, 품질보증, 품질심사, 품질감독 등의 업무를 건설사업 분야별로 전문성을 확보하여 독립적으로 수행하도록 하고, 이들 업무수행을 위해 필요로 하는 인적자원은 적격성을 갖추도록 규정하고 있는데, 이에 따르면 시험은 시험기술자 (Test engineer), 검사는 세부전문분야별 품질검사자 레벨 1, 2, 3(Discipline QC inspector Level I, II, III), 와 품질기획, 품질관리, 품질보증활동은 전문분야별 품질보증/품질관리기술자 (Discipline QA/QC engineer)와 전문분야별 품질보증/품질관리주임(Discipline QA/QC manager)가 있고, 품질심사활동을 위한 품질심사자(Quality auditor), 와 프로젝트의 전반적인 품질감독업무 수행을 위한 품질감독관(Quality supervisor)이 있다. 그러나 우리나라의 건설공사 품질인력의 적격성은 조직의 독립성이 확보된 원자력공사를 제외하고는 품질활동조직의 독립성이거나 품질인력의 독립성이 보장되지 않으며, 품질인력도 토목 건축공사에 한해 토목·건축품질 시험, 및 재료시험을 위한 품질시험인력에 대한 국가자격법에 따른 적격성 규정이 있으나 이들 시험인력(Test technician)조차도 공무조직이나 시공조직에 소속시킴으로써 독립적인 조직운영이 보장되지 않고 있다.

건설프로젝트에는 토목, 건축 직무 외에도 기계, 전기, 통신 등의 기술적인직무가 복합적으로 이루어지는데 이들 직무 수행에 상응하는 품질활동 조직이나 품질인적자원에 대한 구성요건과 이들의 역량과 적격성요건은 마련돼 있지 않다.

이상의 내용을 국내실행과 국제적 실행을 품질조직과 인적자원으로 구분하여 품질인프라 구성의 갭을 분석한 것이 <TABLE 2-1>의 건설공사 품질인프라 일치화를 위한 GAP분석표이다.

또한, 건설공사 품질관리를 위한 시설 및 건설기술자 배치기준은 품질관리를 하는 건설기술자의 등급을 초급건설기술자[Elementary Engineer (Level I)], 중급건설기술자[Junior Engineer (Level II)], 고급건설기술자[Senior Engineer (Level III)], 특급건설기술자 [Principal Engineer (Level IV)]의 4등급으로 구분하고, 토목과 건축공사에 한하여 그 규모에 따라 이들을 배치하여 품질관리를 수행하도록 규정하고 있다. 그리고 등급별로 건설기술자가 갖춰야할 역량과 적격성에 대한 기준을 경력, 학력 또는 자격을 "건설기술자 역량지수"에 따라 등급을 부여하고 있으나, 적용 등급에 상응하는 업무범위와 그 정도가 어떻게 다른지는 구분하고 있지 않다. 이는 등급에 관계없이 누구나 동일한 업무를 수행할 수 있게 되어있어 품질관리를 하는 건설기술자 등급규정은 무의미하게 돼 있다.

결과적으로 건설공사의 적절한 시행과 품질을 높이고 안전을 확보하기 위하여 도입한 건설기술자 등급제도의 효과를 높이려면 품질활동의 난이도와 중요도에 따라 그에 상응하는 기술자 등급이 적용되도록 필요한 품질활동을 품질인프라 구성에 따라 배분하고, 인적자원의 적격성 요건도 이에 부합되도록 제도의 개선이 요구된다. 즉, 국제적인 베스트 프랙티스와의 갭을 줄이기 위해 품질인프라 구성을 조직과 인적자원으로 구분하고 그에 따른 품질활동을 할 수 있는 조직과 인적자원에 대한 구성 모델(Globalize (To be model))을 <Table 1>과 같이 제안 한다.

<Table 1> Analyzing gap between the best practice model and domestic practice.

Quality Infra	Required Quality Activities	harmonizing (gap)		
		Worldwide Practices	Domestic (Present)	Globalize (To be model)
Organization for QA/QC Activities	Independently organizing QA/QC Department	Applicable party: Contractor and Subcontractor/ supplier.	Not required	Applicable party: Contractor and Subcontractor/ supplier.
	Test Laboratory.	Independently organization	Dependently organization	Dependently organization
Human resource	Testing	Test engineer for Discipline Quality control	Test technician for Civil/Arch's Quality control	Test engineer for Discipline Quality control
	Inspection	Discipline QC inspector Level I	Not required	Elementary engineer for Discipline Inspection
		Discipline QC inspector Level II		
		Discipline QC inspector Level III		
	Quality planning	Discipline Quality control engineer	Not required	Principal engineer for Discipline QC/QA planning
		Discipline Quality control manager		
		Discipline Quality assurance engineer		
		Discipline Quality assurance manager		
	Quality control	Discipline Quality control engineer	* QCE((Level I, II, III, IV) for Civil/Arch	Junior engineerfor Discipline
		Discipline Quality control manager	Not required	Senior engineer for Discipline
	Quality assurance	Discipline Quality assurance engineer	Not required	Senior engineer for Discipline
		Discipline Quality assurance manager	Not required	Principal engineer for Discipline
	Quality auditing	Quality auditor	Not required	Principal engineer for Discipline
Quality supervision	Quality supervisor	Not required	Principal engineer for Discipline	

NOTE ; * Quality engineer is organized 4 level with elementary engineer(Level I), junior engineer(Level II), senior engineer(Level III), principal engineer(Level IV) for the Civil/Arch works according to ACT of Construction Technology Promotion Law/MLIT

3. 건설공사 품질인프라 핵심역량 도출

제2절에서 제안한 모델의 품질인프라 속성 기반 구성요소와 품질기술자의 적격 속성에 대한 핵심역량을 도출하기 위한 방법에 대해 연구하고자 한다.

3.1 핵심속성과 구성요인의 중요도 도출을 위한 이론 고찰

3.1.1 비모수 검정이론

순위 검정에서 데이터의 수가 적고 모집단의 분포를 특정할 수 없는 경우나 이상치가 존재할 때에는 비모수적(non-parametric)방법이 이 유효하다. 비모수적 방법은 데이터에 특정의 분포를 가정하지 않은 분석방법의 총칭이며, 비모수방법의 특징은 데이터를 순위치(데이터를 크기의 순서대로 바꿔 놓았을 때의 순위)로 변환하여, 순위치 분석을 대상으로 하는데 있다. 또한 순위값 분석을 통한 검정에는 데이터가 순위로 수집되어 있지 않은 경우 데이터끼리의 상관의 관계를 나타내는 순위상관계수를 구해 이들의 지표가 유효한 것인지를 검정한다.

[kendall의 순위상관계수]

켄달의 순위상관계수(τ)는 다음과 같이 산출한다.

- ① 데이터를 순위 치로 변환
- ② xi의 순위치 a_j 에 대해서 작은 순서로 바꿈 ($i=1, 2, 3, \dots, n$)
- ③ yi의 순위치 b_i 보다 큰 b_j ($i < j$)의 개수 m 을 구함
- ④ 켄달의 순위상관계수 공식

$$\tau = \{4/n(n-1)\} \times m - 1 \text{ ----- (식 3-1)}$$

[kendall의 일치계수]

켄달의 순위상관계수는 2명의 순위결정방식을 보기 위한 것이었는데 다수의 사람이 순위결정방식이 일치하는지 여부를 보려면 켄달의 일치계수(w)가 적용된다.

$$w = \frac{12 \sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n R_{ij})^2}{m^2 n (n^2 - 1)} - \frac{3(n+1)}{n-1} \text{ ---- (식 3-2)}$$

$0 \leq w \leq 1$ 이 성립하며 $w = 0$ 일 때는 순위가 전혀 일치하지 않고, 1에 가까울수록 일치의 정도가 좋아져서 $w=1$ 일 때는 순위가 완전히 일치한다.

[일치계수에 관한 검정]

켄달의 일치계수를 이용해서 다음과 같은 가설을 검정할 수 있다.

귀무가설 H_0 :평가자의 순위결정방식에 규칙성이 없다.
 대립가설 H_1 :평가자의 순위결정방식은 일치하고 있다.

검정통계량 x^2 은 다음 식으로 구한다.

$$x^2 = m(n-1)w \text{ ----- (식 3-3)}$$

검정을 위한 p값은 x^2 값이 귀무가설에서는 자유도 $n-1$ 인 x^2 분포에 따른다는 것을 이용해서 산출한다.

3.1.2 AHP(Analytic Hierarchy process)이론

AHP는 다기준화에서 의사결정을 돕기 위하여 1980년 초반 Saaty에 의하여 개발된 방법이다. 요소 간 상호 연관 관계가 복잡하고 구조화되지 않은 문제를 계층적 구조로 표현하여, 각 요소간의 연관관계에 대하여 정성적이고 주관적으로 비교함으로써 요소간의 상대적 비중, 문제 해결의 우선순위, 대안의 선정 등의 결정 지침을 제공해 주는 의사결정 방법이다.

AHP 방법은 정성적인 직관이나 경험을 정량적으로 표현하는 모델로써 그 특징은 다음과 같이 요약된다.

[AHP의 분석방법]

AHP에서 각 활동들이 상대적 중요성에 대한 판단을 준비하고, 이러한 판단이 모든 활동을 정량적으로 표시할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 사람은 한 번에 두 개의 개체를 상호 비교 할 때 판별력이 극대화 될 수 있다는 원리를 적용한 것이 AHP이다. 이러한 이원비교를 하다보면 왜 비슷비슷한 비교를 중복적으로 하는 것인가라는 의문을 갖게 되는데 이 중복적이라고 생각 하는 비교를 반복함으로써 인간이 내리는 판단의 정확도를 높일수 있다는 것이 이원비교의 힘이다.

이원비교결과는 이원비교 행렬로 요약될 수 있다. 행의 수와 열의 수가 같은 정방행렬이다. 대각선을 중심으로 대각선 위의 요소와 아래의 요소가 서로 역수의 관계를 갖는다. 즉, 이원비교행렬 A는 $n \times n$ 의 대각선 행렬로 대각선 중심으로 $a_{ij} = 1/a_{ji}$ 의 관계가 있음을 알 수 있다. 이 이원비교행렬로부터 아이겐벨류 방법(Eigenvalue method)이라는 수학적 절차를 거쳐 특정 기준 하에서 대안들의 상대적 중요도와 기준들의 상대적 중요도가 도출 된다.

(식 3-4)는 이원비교행렬의 일반적인 형태이다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix}$$

상대적인 중요성을 비교하는 방법으로서는 여러 가지가 있을 수 있으나 일반적으로 7점 척도나 9점 척도가 많이 사용된다. 이는 중요성의 종류를 정상적인 개념으로 몇 단계 구분하고 그에 따라 1에서 7 또는 1에서 9까지의 값을 부여한다. 값이 클수록 중요도가 높다. 쌍대비교의 기본척도는 <Table 3>이 주로 적용된다.

[AHP의 일관성 평가]

위의 정량적 쌍대비교를 통한 비교행렬 A는 완벽한 일관성(Perfect Consistency) 을 갖는 정방행렬(square Matrix)로서 다음과 같은 성질을 갖는다.

- (1) A는 양의 실수를 갖는 유일한 최대고유치 λ_{max} 를 갖는다.
 - (2) 고유치 λ_{max} 에 해당하는 A의 Eigen Value는 양의 성분을 갖으며 유일하다.
- 위의 쌍대비교 행렬을 이용하여 요인의 상대적 가중치는 다음수식을 만족하는 벡터W 이다.

$$AW = \lambda_{max} W \text{ -----(식 3-5)}$$

평가행렬의 일관성을 평가하는 척도로써 일관성지수(CI: Consistency Index)를 사용한다.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \text{ -----(식 3-6)}$$

λ_{max} = 비교행렬의 최대 Eigen Value
 n = 비교행렬의 차수

일반적으로 CI값이 0.1이하이면 평가행렬이 일관성을 갖고 있다고 한다. 만약 어떤 판단행렬의 일관성지수가 0.1이 넘는다면 판단행렬을 수정하든지, 재평가를 통하여 판단행렬의 일관성을 개선하여야 한다. 일관성을 개선하는 것이 불가능하다면 문제의 구조를 더 명확하게 구성하는 등의 작업이 필요하다.

다음으로 평가항목의 우선순위 결정이 일관성이 있는가를 조사하기 위하여 일관성 비율(CR: Consistency Ratio))을 계산한다. 일관성 비율의 계산식은 (식 3-6)과 같다.

$$CR = CI / RI \text{ -----(식 3-7)}$$

여기서 RI(Random Index)는 무작위 지수이다. RI는 비교할 요인들의 개수에 대한 값으로 다음 <Table 2>과 같다.

<Table 2> RI(Random Index)

n	1	2	3	4	5
R.I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12
n	6	7	8	9	10
R.I	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

<Table 3> Relative importance Criteria for AHP

Criteria	DEFINITION
1	Equal Importance
3	Moderate Importance
5	Strong Importance
7	Very Strong Importance
9	Extreme Importance
2,4,6,8	Middle of Above Definition
1.1-1.9	For Tied Activities

3.2 핵심속성과 구성요인의 중요도 도출을 위한 방법

3.2.1 품질인프라 핵심속성과 구성요인의 분류

건설공사 품질인프라 속성과 품질기술자의 적격성 속성 도출을 위해 관·산·학을 대표하는 발주청(2명), 교수(3명), 건설업체(2명), 연구원(2명), 협회(1명) 총 10명의 품질전문가그룹으로 자문단을 구성하였으며, ISO 9001 품질경영시스템 요구사항과 CMAA의 품질경영매뉴얼의 품질인프라 기준을 근거하여 품질인프라 핵심속성과 구성요인을 정하고, NCS(국가직무 표준)와 미국 ASQ에서 발행된 CQE 매뉴얼을 근거로 하여 품질기술자 적격성 속성의 핵심요인과 구성요인을 정했다.

도출된 품질인프라 핵심속성은 건설 프로젝트 핵심자원(3M1E) 분류에 따라 사람(Human resource), 장비(Equipments for QM), 방법(Tool & Tech for QM), 환경(Environments of QM operation)으로 정하고, 이들 핵심속성에는 각각 6가지의 구성요인이 도출되었다. 그 구성 내용은 품질인프라 핵심속성들 중에서 ‘사람’의 핵심요소는 품질감독의 적격성, 사업관리(감리)자의 적격성, 시공품질관리자의 적격성, 품질검사자의 적격성, 품질심사자의 적격성, 품질실험자의 적격성의 6가지로 구성되고, 품질업무에 소요되는 ‘장비’의 핵심요소는 시험장비의 가용성, 검사장비의 가용성, 측정·분석 장비의 가용성, 정보처리시스템의 효율성, 네트워크 장비의 가용성, 운송장비의 가용성의 6가지이며, 적용하는 ‘방법’의 핵심요소는 품질시스템의 효과성, 프로세스 관리의 효율성, 통계적기법의활용성, 개선활동(PDCA)의 효율성, 조직구성의 효율성, 성과 보상 시스템의 적절성의 6가지이며, 품질운영

환경의 핵심요소로는 사회적환경의 적절성, 문화적환경의 적절성, 물리적환경의 적절성, 심리적환경의 적절성, 전략적환경의 적절성, 정책적환경의 적절성으로 6가지로 구성됐다. 이들 내용은 <Table 4>에 정리되어 있다.

그리고 건설품질기술자 적격성 속성은 적격성의 선택속성들의 중요도와 우선순위를 AHP를 통하여 도출할 수 있도록 먼저 앞 절의 이론적 배경에서 제시한 다양한 선정요인들로 선별하고 이를 계층구조화 하였다. AHP 적용절차의 첫 단계는 우선 평가하고자 하는 문제와 관련된 항목을 설정하고 평가항목에 대한 기준을 확실히 규정하는 것이다.

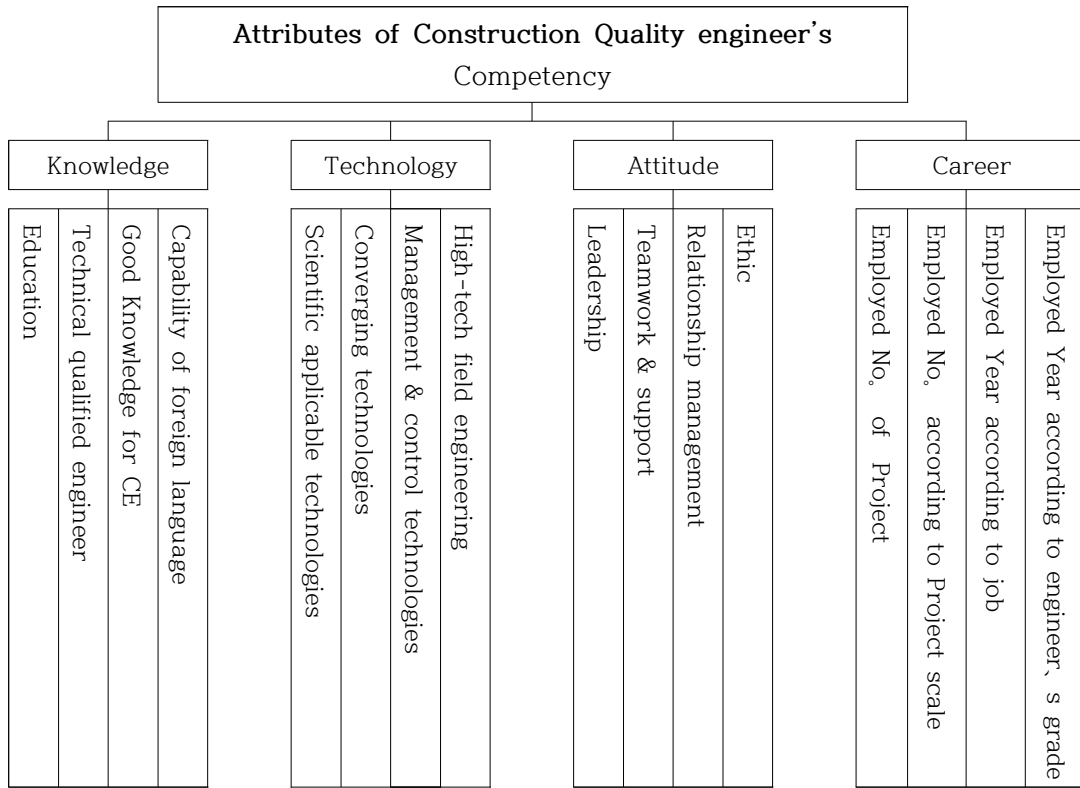
본 연구에서 적용한 AHP 계층모형의 구체적인 수립 절차는 우선 건설기술자 적격성선택속성을 자문단의 의견으로 정리하고, 그 중 표현상의 차이만이 존재할 뿐 실질적인 내용이 중복된다고 판단되는 요인들을 제외시켜 16개 속성으로 축약하였으며, 이 16개 요인들

을 대상으로 다시 정리하여 4개의 그룹으로 묶고 개별 그룹에 대한 대표성을 가지는 속성으로 정하였다.

이러한 선택속성에 따른 계층도는 [Figure 2]과 같으며, 건설품질기술자 적격성 선택속성 구성요소 간 중요도 분석 연구모형 구조(Hierarchy)는 연구의 목적이 되는 상위계층은 건설품질기술자 적격성 선택속성 핵심구성요소로 설정하고, 중위계층은 지식, 기술, 태도, 경력의 4개요소로 구성하였다. 이들 중위계층별 하위계층으로는 「지식」에 기술자의 학력, 기술자격 및 면허취득, 전문지식, 공용외국어 활용성이 「기술」에는 과학응용기술, ICT융합기술, 관리 및 경영기술, 첨단공학기술이 「태도」에는 리더십, 팀워크 및 조력, 관계 관리, 윤리가 「경력」에는 프로젝트 참여 횟수, 공사 금액규모에 따른 참여 횟수, 전문분야별 참여 년수, 기술자 등급별 참여 년수로 구성하였다.

<Table 4> Factor of Quality infra attributes

Quality infra attributes		Core factor of Quality infra attributes	
Code	Attributes	Code	Core factor
A	Human resource	a	Competency of quality supervisor
		b	Competency of CM
		c	Competency of quality engineer
		d	Competency of quality inspector
		e	Competency of quality auditor
		f	Competency of Laboratory technician
B	Equipments for QM	a	Availability of test equipments
		b	Availability of inspection equipments
		c	Availability of measuring• analysis equipments
		d	Efficiency of Data processing
		e	Availability of IT network
		f	Availability of transformation
C	Tool & Tech for QM	a	Effectiveness of QM system
		b	Efficiency of process control
		c	Adaptability of SPC
		d	Efficiency of quality improvement
		e	Efficiency of organization
		f	Adaptability of performance & reward system
D	Environments of QM operation	a	Propriety of social environments
		b	Propriety of cultural environments
		c	Appropriateness of physical environments
		d	Accuracy of Psychological environments
		e	Appropriateness of strategic environments
		f	Appropriateness of policy



[Figure 2] Hierarchy for the Construction Quality engineer's Competency attributes

4. 실증분석

4.1 실증조사 설계

본 연구에서 제시한 국내외의 실행 모델을 기반으로 건설공사 인프라 선택속성과 품질기술자 적격성 속성의 핵심요인의 구성요인을 파악하고, 그중요도 결정요소들을 고려함으로써 도출된 적절한 중요도와 우선순위를 현실에 적용하고자 한다. 비모수 검정방법인 켄달의 일치계수를 이용한 순위결정 및 일치계수에 의한 검정기법을 적용하고, AHP기법을 이용하여 각 요인들을 쌍대비교하고 상대적인 중요도를 통한 가중치를 구하고자 한다.

1단계에서는 해외의 실행사례를 조사하여 건설공사 품질인프라 선택속성과 품질기술자 적격성 속성의 핵심요인의 구성요인을 파악하고 2단계에서는 건설공사 품질인프라 선택속성과 품질기술자 적격성 속성의 핵심구성요인을 파악하여 설문지를 설계하고, 3단계에서는 건설품질기술자들을 대상으로 실시한 설문조사 결과를 SPSS(Statistical Package for The Social Sciences)로 품질인프라 선택속성중요도 우선순위를 분석하고, AHP(Analytic Hierarchy Process)분석프로그램(Expert Choice11.5)으로 품질기술자 적격성

속성별 상대적중요도와 가중치를 구하여 우선순위를 분석한다. 4단계에서는 실시된 실증조사의 분석결과를 토대로 결론을 제시하였다.

4.2 조사대상 및 설문지 구성

조사 대상은 건설품질인프라 연구임을 고려하면 건설회사를 방문하여 건설기술자들의 의견을 듣는 것이 일반적이겠으나, 물리적, 시간적으로 현실적 어려움이 있으며, 간혹 우편 및 인터넷을 활용하기도 하지만 개인정보비밀 등으로 실행에 어려움이 있어, 본 연구에서는 건설기술자들에 대한 법정교육을 수행하는 (재)건설기술교육원(모집단의 특성과 유사한 집합)의 협조를 얻어 수강자 200명을 조사대상으로 하였다. 조사표본수는 총200부이고, 조사방법은 교육생을 대상으로 자기기입 방법으로 수행하였으며, 조사기간은 2017년 2월 1일과 2017년 5월 8일 2회에 걸쳐 실시하였다.

설문지구성은 응답자의 성별을 비롯한 인구표본통계 관련 설문 5항목과 SD(Semantic differential technique)법을 적용하는 품질인프라 속성과 핵심속성요인에 대한 설문 5항목 및 AHP 설문 30 문항으로 총35개의 문항으로 구성하였다.

<Table 5> SD Enquete for Attributes of Construction Quality Infra

Weighted scoring	Attributes	Weighted scoring	Core factor of Quality infra attributes
	Human resource		Competency of quality supervisor
			Competency of CM
			Competency of quality engineer
			Competency of quality inspector
			Competency of quality auditor
			Competency of Laboratory technician
	Equipments for QM		Availability of test equipments
			Availability of inspection equipments
			Availability of measuring• analysis equipments
			Efficiency of Data processing
			Availability of IT network
			Availability of transformation
	Tool & Tech for QM		Effectiveness of QM system
			Efficiency of process control
			Adaptability of SPC
			Efficiency of quality improvement
			Efficiency of organization
			Adaptability of performance & reward system
	Environments of QM operation		Propriety of social environments
			Propriety of cultural environments
			Appropriateness of physical environments
			Accuracy of Psychological environments
			Appropriateness of strategic environments
			Appropriateness of policy

SD법을 적용하는 품질인프라 속성과 핵심속성요인에 대한 설문구성은 <Table 5>와 같으며, AHP를 적용하는 설문구성은 <Table 6>와 같다.

4.3 실증분석

4.3.1 인구통계분석

앞서 3장에서 언급된 바와 같이 설문은 건설기술교육원 품질관리자 교육과정에 참여한 수강자를 대상으

로 초급, 중급, 고급, 특급의 4개 기술등급에 따라 각각 50명을 선정하여 총 200명에게 설문하여 분석하였다. 설문지는 200부가 배포되었으며 200부가 회수되었다. 중요도 순위 도출을 위해 SPSS를 활용한 통계 분석과 AHP를 활용한 쌍대비교 분석은 Expert Choice11.5프로그램을 이용하였다 설문에 응답한 200명의 특성은 <Table 7>과 같다.

<Table 6> AHP Enquete for Attributes of Construction Quality engineer' s Competency

Hierarchy	CRITERIA	SCALE	SIZE
LEVEL 0 Criteria for the Attributes of Construction Quality engineer' s Competency	* Knowledge * Technology * Attitude * Career	Saaty' s pairwise comparisons (7point Likert' s method)	6
LEVEL 1 Sub-Criteria for the Attributes of Construction Quality engineer' s Competency	* Knowledge Education, Technical qualified engineer, Capability of foreign language, Good Knowledge for CE	Saaty' s pairwise comparisons (7point Likert' s method)	6
	* Technology Scientific applicable technologies, Converging technologies, Management & control technologies, High-tech field engineering	Saaty' s pairwise comparisons (7point Likert' s method)	6
	* Attitude Leadership, Teamwork & support, Relationship management, Ethic	Saaty' s pairwise comparisons (7point Likert' s method)	6
	* Career Employed No. of Project, Employed No. according to Project scale, Employed Year according to job, Employed Year according to engineer,s grade	Saaty' s pairwise comparisons (7point Likert' s method)	6

[Table 7] Basic Characteristics of Respondents

Description		Respondents		Description		Respondents	
		Freq	%			Freq	%
Gender	Male	194	96.5	Vocation	Civil	89	44.5
	Female	6	3.5		Architecture	92	46.0
	Total	200	100		Mechanical	15	7.5
Age-bracket	20	6	3.0		Etc	4	2.0
	30	70	35.0		Total	200	100
	40	93	46.5		Job	CM	9
	Above 40	31	15.5	Construction		94	47.0
	Total	200	100	QM		85	42.5
Engineer' s Grade	Elementary	50	25.0	Scheduling		6	3.0
	Junior	50	25.0	Etc		6	3.0
	Senior	50	25.0	Total	200	100	
	Principal	50	25.0	* Date of Respond:			
	Total	200	100	- 01Feb 2017. - 08 May 2017.			

NOTE ; Level I (elementary engineer) Level II (junior engineer) Level III (senior engineer) Level IV(Principal Engineers)

<Table 8> Concordance test of Kendall's W - test

Category	Coefficient of concordance (w)	p-value
Quality infra attributes	1.000	0.007
Human resource	0.979	0.002
Equipments for QM	1.000	0.001
Tool & Tech for QM	0.871	0.004
Environments of QM operation	0.714	0.014

4.3.2 품질인프라 핵심속성의 순위결정 및 일치성 검정

핵심속성 순위결정을 위해 SPSS 데이터 입력창에 설문데이터를 입력하여 통계와 빈도를 구하였다, 그리고 켄달(kendall)의 W검정으로 품질인프라 핵심속성 순위와 구성속성들의 우선순위를 결정하고, 검정통계량을 통해 켄달의 일치계수(Kendall's coefficient of concordance)를 구했다.

(1) 일치성검정

각 속성에 대한 일치계수(W)는 <Table 4-4>과 같으며, 이에 대한 해석은 켄달의 일치계수와 근사유의 확률(p) 값에 따라 다음과 같이 결정한다. 즉 $p < \alpha$ 유의수준 $\alpha=0.05$ 이면 귀무가설 H_0 는 기각 된다. 따라서 평가자의 순위결정방식은 일치하는 것으로 판정한다. 이 기준에 따르면 우선순위 검정통계량에서 근사유의 확률(p) 값이 모두 유의수준(α) 0.05보다 작게 나타났으므로 평가자들의 순위결정방식은 일치하는 것으로 검정되었다.

(2) 건설공사 품질인프라 핵심속성 및 구성요소의 중요도 분석

품질인프라 구성요소들에 대한 중요도에 따른 우선순위를 평가는 먼저 핵심요소에 대한 평가와 다음으로는 요소별 하위 구성요소에 대한 평가를 각각 실시하였다.

첫번째로는, 핵심속성의 중요도 우선순위를 평가하였다.

<Table 9> Weighted scoring of Quality infra attributes

Core factor of Quality infra attributes	Weighted scoring
Human resource	1
Equipments for QM	4
Tool & Tech for QM	2
Environments of QM operation	3

이를 분석해 보면 평가결과 중요도 순위가 '인적자원', '방법', '환경', '장비', 순으로 인적자원이 가장 높게 나타났고, '장비'가 가장 낮게 나타났다. 이것은 품질활동을 수행하는 사람의 중요성을 인식하게 하며, 다음으로는 품질경영시스템에 적용되는 각종 관리·경영기법과 품질경영 프로세스의 운용환경이 중요함을 보여주고 있다. 특히 품질경영활동에 쓰이는 각종 측정기기와 같은 '장비'의 중요도가 가장 낮은 것은 우리 건설현장 환경에서 주목할 부분이라 하겠다. 즉 품질인프라 부분을 인적자원과 물적자원으로 구분할 때 물적자원보다 인적자원이 우선된다는 것과 물적자원에서는 하드웨어 보다 소프트웨어가 더 중요시된다는 점이다. 이는 검사 및 시험에 의존하는 현행 하드웨어 중심의 품질관리제도에는 배치되는 사항이다.

두번째는, 이미 정해진 중요도 순에 따라 품질인프라 핵심속성 중에 '인적자원'의 구성요소들인 '품질감독자 적격성', '사업관리(감리)자 적격성', '품질관리자 적격성', '품질검사자 적격성', '품질심사자 적격성', '품질실험자 적격성'에 대한 중요도 우선순위를 평가하였다.

<Table 10> Weighted scoring of Quality infra attributes(Human resource)

Human factor of Quality infra attributes	Weighted scoring
Competency of quality supervisor	3
Competency of CM	4
Competency of quality engineer	1
Competency of quality inspector	2
Competency of quality auditor	4
Competency of Laboratory technician	6

평가결과를 분석해 보면 중요도 순위가 '품질관리자', '품질검사자', '품질감독자', '사업관리(감리)자', '품질심사자', '품질실험자' 순으로 품질관리자와 품질검사자의 적격성의 중요도가 높게 나타났고, 이어서 품질감독자 및 사업관리자와 품질심사자의

적격성이 중간수준이고, ‘품질실험자 적격성’가 가장 낮다. 이는 건설회사에 소속되어 건설현장에서 품질활동을 직접 수행하는 품질관리자와 검사자의 활동이 감독, 사업관리/감리, 심사 등의 간접적 품질활동보다 우선됨을 보여준다. 그리고 특이한 점은 품질검사에 필수적인 품질실험자 적격성 순위가 가장 낮게 나타난 것으로 이는 이들이 사용하는 측정, 검사, 시험을 위한 장비의 중요도가 여타의 품질인프라 핵심속성 중요도에 비해 낮게 나타났던 것과 같은 유형을 보인다는 점이다.

세번째는, ‘방법’의 구성요소들인 ‘품질시스템 효과성’, ‘프로세스관리 효율성’, ‘통계적 기법 활용성’, ‘개선활동 효율성’, ‘조직구성 효율성’, ‘성과/보상 시스템 적절성’에 대한 중요도 우선순위를 평가하였다.

<Table 11> Weighted scoring of Quality infra Core factor(Tool & Tech)

QM Tool & Tech factor of Quality infra attributes	Weighted scoring
Effectiveness of QM system	1
Efficiency of process control	2
Adaptability of SPC	3
Efficiency of quality improvement	5
Efficiency of organization	4
Adaptability of performance & reward system	6

이를 분석하면 평가결과 중요도 순위가 ‘품질시스템 효과성’, ‘프로세스관리 효율성’, ‘통계적 기법 활용성’, ‘조직구성 효율성’, ‘개선활동 효율성’, ‘성과/보상 시스템 적절성’ 순으로 품질경영의 도구와 기법에 중요도가 현실적으로 반영된 평가 결과라 하겠다. 또한 시공 프로세스를 포함하는 품질경영시스템의 개선활동과 개선에 따르는 성과와 보상에 대한 중요도가 낮게 평가된 것은 현재의 제도가 개선과 혁신에 대한 동기부여가 미흡하다는 것을 보여주는 것이다. 따라서 조직은 향후 이에 부합하는 품질인프라 강화활동이 필요하다.

네번째는, ‘환경’의 구성요소들인 ‘사회적 환경 적절성’, ‘문화적 환경 적절성’, ‘물리적 환경 적절성’, ‘심리적 환경 적절성’, ‘전략적 환경 적절성’, ‘정책적 환경 적절성’에 대한 중요도 우선순위를 평가하였다.

<Table 12> Weighted scoring of Quality infra Core factor(Environments)

Environments factor of Quality infra attributes	Weighted scoring
Propriety of social environments	1
Propriety of cultural environments	4
Appropriateness of physical environments	2
Accuracy of Psychological environments	5
Appropriateness of strategic environments	4
Appropriateness of policy	3

평가결과를 분석해 보면 중요도 순위가 ‘사회적 환경 적절성’, ‘물리적 환경 적절성’, ‘정책적 환경 적절성’, ‘문화적 환경 적절성’, ‘전략적 환경 적절성’, ‘심리적 환경 적절성’ 순으로 나타났다. 이는 사회적으로 품질을 우선시하는 인식체계가 가장 중요하고, 다음으로는 프로세스의 운영에 따르는 빛, 온도, 습도, 환기, 등과 같은 물리적 환경이 중요함을 보여주고 있다. 또한 정부나 조직의 품질정책과 전략의 정도, 품질문화수준도 순으로 나타났고, 가장 낮은 순위는 심리적 환경 적절성인데 이는 핵심인프라 중에 사람과 직접적인 영향을 미치는 요소로 높게 평가 될 수 있는 사안이지만 낮은 것은 우리나라의 품질환경이 사람의 스트레스 완화 등 심리적 안정보다 사회적 평등, 화합, 평온이 우선됨을 알 수 있다.

다섯번째는, ‘장비’의 구성요소들인 ‘시험장비 가용성’, ‘검사장비 가용성’, ‘측정/분석장비 가용성’, ‘정보처리시스템 효율성’, ‘네트워크장비 가용성’, ‘운송장비 가용성’에 대한 중요도 우선순위를 평가하였다.

<Table 13> Weighted scoring of Quality infra Core factor(Equipments)

Equipments factor of Quality infra attributes	Weighted scoring
Availability of test equipments	1
Availability of inspection equipments	2
Availability of measuring• analysis equipments	3
Efficiency of Data processing	5
Availability of IT network	4
Availability of transformation	6

평가결과를 분석해 보면 중요도 순위가 ‘시험장비 가용성’, ‘검사장비 가용성’, ‘측정/분석장비 가용성’, ‘네트워크장비 가용성’, ‘정보처리시스템 효율성’, ‘운송장비 가용성’ 순으로 나타났다. 이는 중요도 순위가 가장 높게 평가된 시험장비를 비롯한 차순위를 기록한 검사장비와 측정/분석 장비는 공사현장에서 직접적으로 사용되는 장비들로 건설현장 품질활동의 하드웨어부분의 중요함을 나타내고 있다. 반면 네트워크장비나 정보처리시스템이 낮은 것은 데이터관리를 하는 소프트웨어에 대한 중요도 인식이 낮음을 보여주고 있고, 특히 운송장비 가용성이 가장 낮은 것은 운송장비는 품질활동에 직접적인 하드웨어가 아니라는 인식을 반영한 것으로 볼 수 있다.

4.3.3 건설기술자 적격성숙성의 순위결정 및 중요도 분석

(1) 일관성 평가

AHP기법은 회수된 설문 의 응답을 분석하여 응답의 일관성을 평가할 수 있는 일관성 비율(Consistency Ratio, CR) 값을 제시한다. CR은 계층 2에 속한 요인 쌍방 간의 설문문항을 중심으로 산출된 일관성지수(CI: Consistency Index)에 의해 계산되며, 최종적인 CR값은 상위의 계층 0과 계층 1에 속한 요인별로 계산된다. 본 연구에서 수행한 설문에서 AHP의 계층구조상의 계층 0과 1에 속한 개별 요인과 설문대상 그룹별로 CR값을 계산한 결과가 <Table 4-11>에 제시되어 있다. 계층 0에서 CR값은 0.015로 나타났으며, 계층 1에서도 CR값이 공히 0.1이하로 계산되어 우수한 일관성을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 AHP기법에서 제안하고 있는 일관성 양호 기준인 0.1

이하를 만족하는 수준으로써 설문 응답은 신뢰성이 확보되었다고 판단할 수 있다.

<Table 14> Consistency Ratio for the hierarchy level

Category	CR	
Level 0	Attributes of Construction Quality engineer' s Competency	0,015
Level 1	Knowledge	0,094
	Technology	0,015
	Attitude	0,031
	Career	0,079

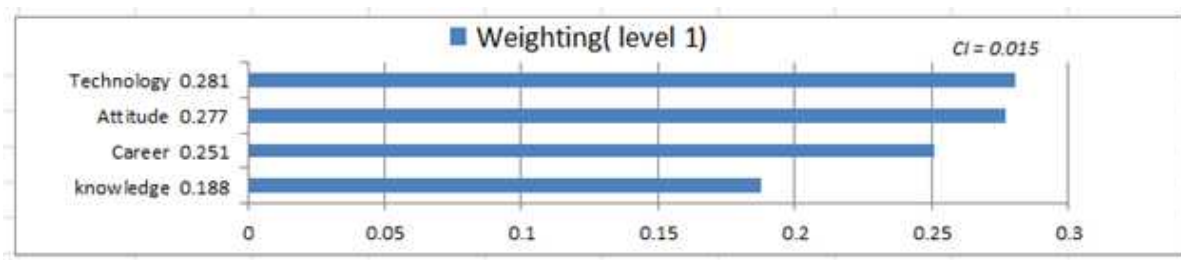
(2) 중요도 도출과 분석

싸티의 이론에 입각하여 AHP 계층 모형에 속한 개별 요인들을 쌍대 비교하여 각 요인별 가중치(중요도)를 계산하고, 그 결과를 분석하였다. 분석은 계층 1과 계층 2에 속한 요인별 중요도를 비교 분석하였다.

① 건설품질기술자 속성 상위항목 중요도 분석

계층 1의 평가 요소인 ‘지식’, ‘기술’, ‘태도’, ‘경력’에 대한 상대적 중요도를 고객의 설문을 근거로 평가, 비교하였다.

계층 1에 평가 요소별 상대적 중요도와 우선순위를 살펴보면 ‘기술(28.1%)’ > ‘태도(27.7%)’ > ‘경력(25.1%)’ > ‘지식(18.87%)’ 순으로 ‘기술’ 과 ‘태도’ 가 다른 요소에 비해서 중요함을 보여주고 있다.



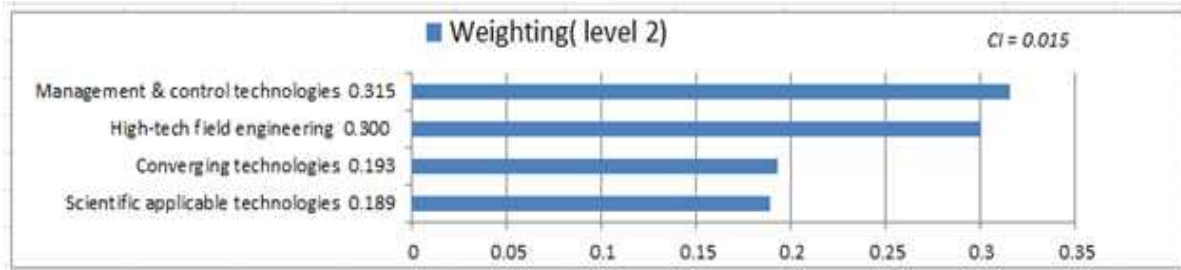
[Figure 3] Weighted score of core attributes criteria

② 건설품질기술자 속성 하위항목 중요도 분석

다음으로는 계층 2의 요소들에 대한 중요도와 우선순위를 평가하였는데, 계층 1에 요소별 하위요소에 대한 평가를 계층 1에 평가 요소별 상대적 중요도와 우선순위에 따라 기술, 태도, 경력, 지식 순으로 각각 실

시하였다.

첫 번째로는, 계층 1 ‘기술’ 의 하위 요소들의 중요도 및 우선순위를 평가하였다.



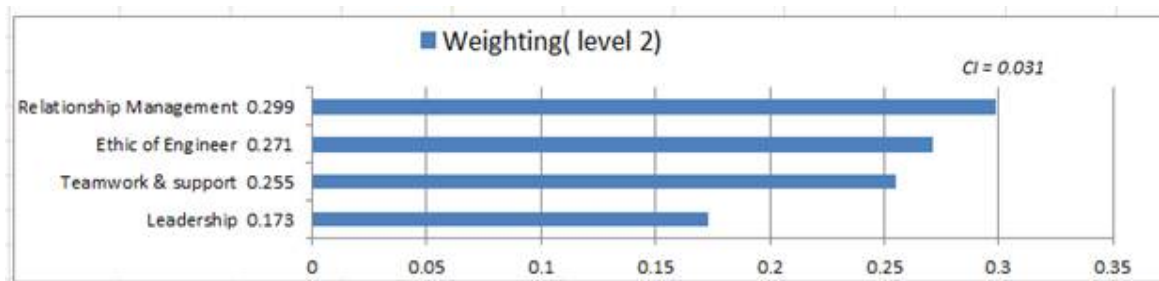
[Figure 4] Weighted score of Technology attributes sub-criteria

「기술」에는 과학응용기술, ICT융합기술, 관리/경영기술, 첨단공학기술로 구분되었는데 평가결과, ‘관리/경영기술’ 과 ‘첨단공학기술’ 의 중요도가 각각 31.5%, 30.0%로 가장 높게 평가 되었고, ‘ICT융합기술’ 과 ‘과학응용기술’ 의 중요도가 각각 19.3%, 18.9%로 가장 낮은 중요도를 나타내었다. [Table 4-12] 분석에서 관리/경영기술이 가장 큰 중요도를 차지하게 되었는데, 이는 건설품질기술은 품질관리기술이 우선이라는 관념이 반영 된 것이라고 할 수 있다. 그리고 이제 발주자들은 단순한 건축물에 만족하지 않고 보다 고급스

러운 건축물을 원하는 추세라서 이에 부응하기 위해서는 건설품질기술자들에게도 관리기술과 더불어 첨단공학기술의 습득이 중요하다는 것을 보여주고 있다.

‘기술’ 요소에 대한 응답의 일관성 비율은 0.015로 나타났다.

두 번째로는, 계층 1 ‘태도’ 의 하위 요소들인 ‘리더십’, ‘팀워크 및 조력’, ‘관계관리’, ‘기술자 윤리’ 의 중요도 및 우선순위를 평가하였다.



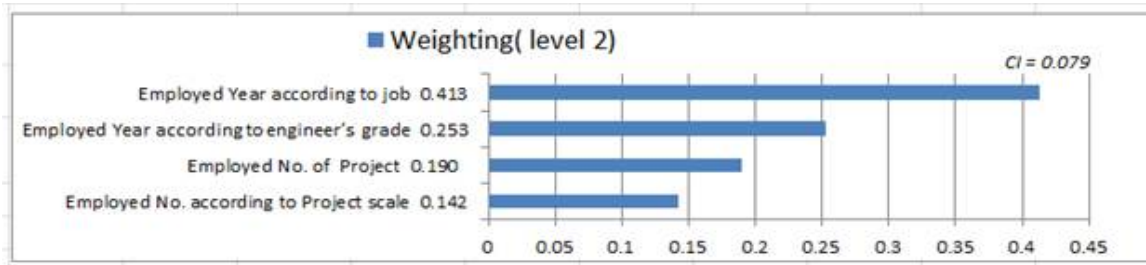
[Figure 5] Weighted score of Attitude attributes sub-criteria

중요도 평가 결과 ‘관계관리’ 가 29.9%로 가장 중요하다고 나타났으며, 다음순서로는 ‘기술자 윤리’ 요소 27.1%, ‘팀워크 및 조력’ 요소 25.5%, ‘리더십’ 요소 17.3%의 순으로 판단되었다. <Table 4-13> 분석결과를 유추해볼 때, 건설품질기술자가 지녀야 할 태도의 향상을 위한 방안으로 조직과 조직, 발주자와 시공사, 직원과 직원, 관리자와 작업자간의 관계 관리를 우선으로 하고, 또한 기술자 윤리는 필수적이며, 이외에도 팀워크와 조력하는 태도가 필요하다고

할 수 있다.

‘태도’ 요소에 대한 응답의 일관성 비율은 0.031로 나타났다.

세번째로는, 계층 1 ‘경력’ 의 하위 요소들인 ‘프로젝트 참여 횟수’, ‘공사금액규모에 따른 참여 횟수’, ‘전문분야별 참여 년수’, ‘기술자 등급별 참여 년수’ 의 중요도 및 우선순위를 평가하였다



[Figure 6] Weighted score of Career attributes sub-criteria

품질기술자 경력의 하위요소 중요도 평가결과, ‘기술자 전문분야별 참여년수’가 41.3%로 가장 중요하다고 평가를 하였고, 다음으로 ‘기술자 등급별 참여년수’는 25.3%, ‘프로젝트 참여 횟수’는 19.0%, ‘공사금액규모에 따른 참여 횟수’가 14.2%로 낮은 중요도를 나타냈다.

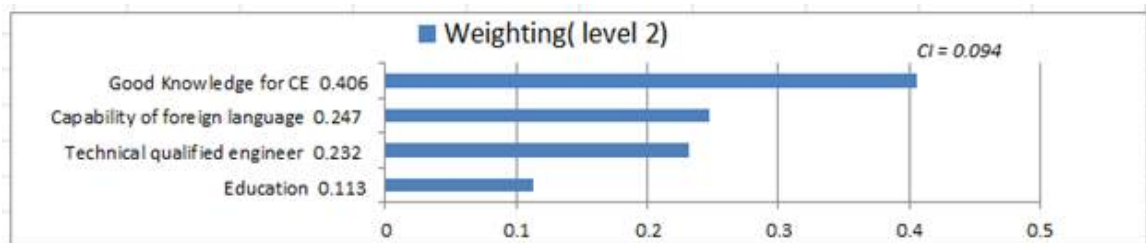
이러한 판정 이유는 품질기술자 경력관리에서 프로젝트 참여에 대한 비중을 높게 보고 있으면서 특히 전문분야에서 수행한 경력 년수의 중요도가 가장 높고 다음의 순서에 기술자 등급별 참여 년수이고, ‘공사금액규모에 따른 참여 횟수(14.2%)에 대한 중요도가

가장 낮게 판정된 것은 품질기술자의 경력을 전문성을 갖춘 경력을 중시한다는 의미라 볼 수 있다. 이러한 중요도 우선순위는 정부나 회사의 경력개발제도개선에 기초가 될 수 있을 것이다.

‘경력’에 대한 응답의 일관성 비율은 0.0079로 나타났다.

다섯 번째로는, 계층 1 ‘지식’의 하위 요소들인 ‘기술자의 학력’, ‘기술자격 및 면허취득’, ‘전문지식’, ‘공용외국어 활용성’에 대한 중요도 및 우선순위를 평가하였다.

[Figure 7] Weighted score of Knowledge attributes sub-criteria



품질기술자가 갖춰야 할 지식의 하위요소에 대한 중요도 평가결과, ‘기술자 전문지식’이 40.6%로 가장 중요하다고 평가되었고, 다음으로 ‘공용외국어 활용성’이 24.7%, ‘기술자격 및 면허취득’이 23.2%,로 비슷한 중요도로 평가 되었으나 ‘기술자의 학력’은 11.3%로 가장 낮은 중요도를 나타냈다.

이러한 판정결과는 ‘경력’의 하위요소 중요도 분석에서 나타난 바와 같이 품질기술자는 학력보다도 전문지식이 중요함을 보여주며, 특히 품질기술자는 외국어 활용능력을 자격증보다 더 중요시한다는 증거이기도 하다. 최근의 건설프로젝트가 국제화되고 국가간 무역장벽이 제거 되면서 건설공사는 세계화 추세에 있는 바 품질기술자의 지식요소에 외국어 활용성이 중시된 것은 시대적 요구가 반영된 평가라 보여 진다.

‘지식’에 대한 응답의 일관성 비율은 0.0094로 나타났다.

마지막으로 계층 0의 목적에 상응되는 계층1의 ‘지식’, ‘기술’, ‘태도’, ‘경력’의 하위 요소들인

계층 2의 모든 요소 즉, ‘기술자의 학력’, ‘기술자격 및 면허취득’, ‘전문지식’, ‘공용외국어 활용성’, ‘과학응용기술’, ‘ICT융합기술’, ‘관리/경영기술’, ‘첨단공학기술’, ‘리더십’, ‘팀워크 및 조력’, ‘관계관리’, ‘기술자 윤리’, ‘프로젝트 참여 횟수’, ‘공사금액규모에 따른 참여 횟수’, ‘전문분야별 참여 년수’, ‘기술자 등급별 참여 년수’ 등 16개 요소에 대한 중요도 및 우선순위를 평가하였다.

<Table 15> Weighted score of total attributes sub-criteria(Level 2)

Attributes	Weighting	Ranking
Employed Year according to job	0.413	1
Good Knowledge for CE	0.406	2
Management & control technologies	0.315	3
High-tech field engineering	0.3	4
Relationship Management	0.299	5
Ethic of Engineer	0.271	6
T[Table 4-19] support	0.255	7
Employed Year according to engineer's grade	0.253	8
Capability of foreign language	0.247	9
Technical qualified engineer	0.232	10
Converging technologies	0.193	11
Employed No. of Project	0.19	12
Scientific applicable technologies	0.189	13
Leadership	0.173	14
Employed No. according to Project scale	0.142	15
Education	0.113	16

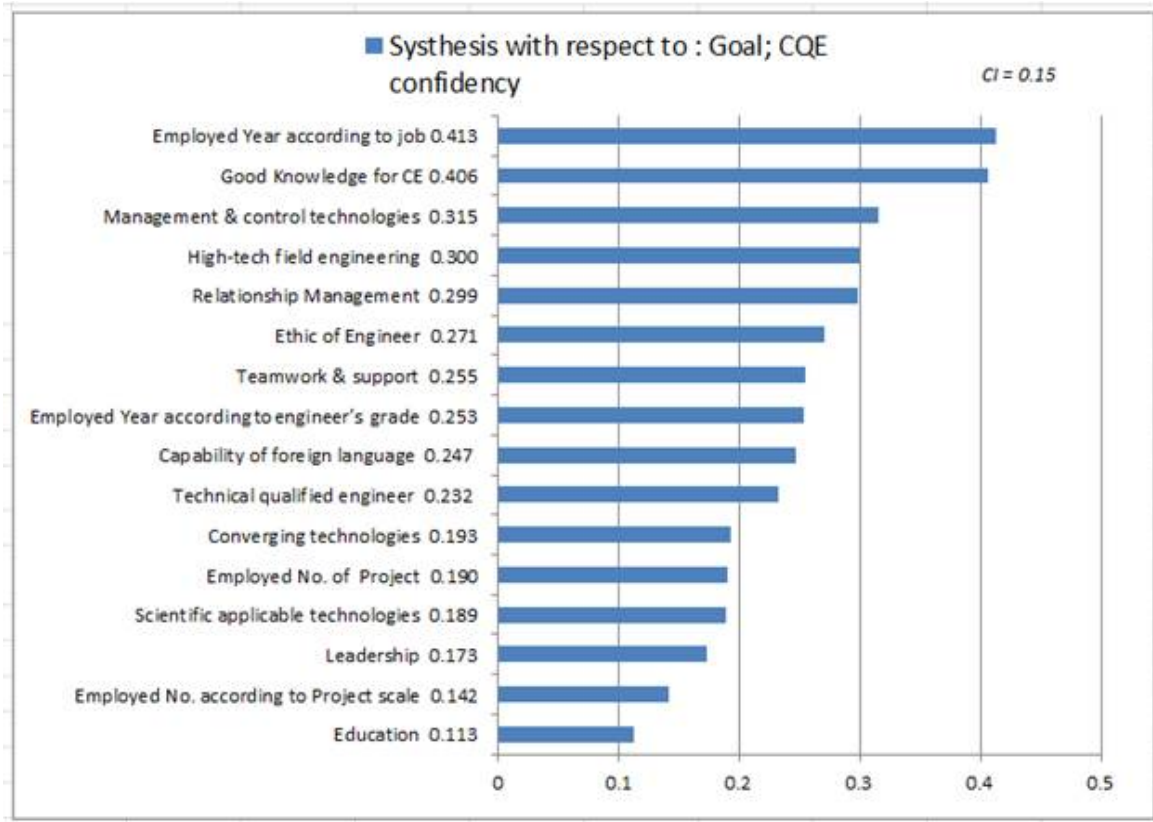
품질기술자 경쟁력 속성의 전체적인 제2계층의 중요도 평가결과는 ‘기술자 전문분야별 참여년수’가 41.3%로 가장 중요하다고 평가를 하였고, 다음으로 ‘기술자 전문지식’이 40.6%로 모두 40%이상의 중요도를 나타냈다. 그리고 기술요소인 ‘관리/경영기술’과 ‘첨단공학기술’의 중요도가 각각 31.5%, 30.0%로 30% 이상의 중요도를 나타내고 있다.

이 지표에서 주목해야 할 것은 현재 운영되는 경력관리가 역량지수(ICEC) 중에 프로젝트 참여년수에 비

중을 둔데 비해 전문분야별 프로젝트 참여년수에 비중을 둬으로써 차이를 보인다는 점이다. 이것은 향후 기술자경력관리제도의 개선에 고려될 사안이기도 하다.

또한 품질기술자가 갖추어야 할 지식경쟁력에서는 학력의 중요도가 다른 속성에 비해 낮게 평가됐다는 것은 현재의 학교 교육이 기술자 경쟁력 제고에 큰 도움이 되지 않고 있다는 것을 나타내는 것이라고 볼 수도 있다.

전체응답의 일관성 비율은 0.015로 나타났다.



[Figure 8] Weighted score of total attributes sub-criteria

5. 결론

본 연구는 건설기술진흥법 제89조에서 건설공사에 ISO 9001 품질경영시스템요구사항에 따른 품질인증제도를 실행하도록 규정하고 있으나, 이를 실행하는데 소요되는 품질인프라는 언급돼있지 않은바 이를 개선하고자 실행에 필요한 품질인프라 핵심역량 특히 인적자원의 핵심역량을 도출하는데 목적을 두었다. 이를 위해 국내외 건설공사 품질인프라 실행 모델 비교 분석 결과 도출된 건설품질인프라 핵심속성 및 구성요인과 건설품질기술자의 핵심역량과 구성요인들의 우선순위 및 중요도를 파악하기 위해 건설품질기술자 200명을 대상으로 실증 분석을 하였다. 건설품질인프라 핵심속성과 구성요인의 중요도 순서결과의 일치성검정은 비모수검정기법인 켄달'의 W검정을 사용하였으며, 건설품질기술자의 핵심역량과 구성요인에 대한 중요도 및 일관성 검정은 AHP 기법을 사용하였다.

분석 결과 건설품질인프라 핵심속성과 구성요인의 중요도는 '인적자원', '방법', '환경', '장비', 순으로 '인적자원'이 가장 높은 중요도로 나타났고, '장비'가 가장 낮게 나타났는데, 이는 건설품질인프라라는 사람이 가장 중요하다는 점과 관리·경영기법과 품질경영 프로세스의 운용 환경 등의 소프트웨어인프라가 측정 기기나 장비 같은 하드웨어인프라 보다 더

중요하다는 것을 보여준다. 이는 현행 하드웨어 중심의 품질관리제도와는 배치되는 것으로 주목할 만한 점이라 하겠다.

따라서 본 연구의 결과를 종합하면 건설품질인프라 핵심속성 및 구성요인의 중요도'와 '건설품질기술자의 핵심역량 및 구성요인에 대한 중요도' 연구에서도 도출된 공통점은 첫째, 건설품질인프라는 품질기술자의 역량이 최우선이라는 점. 둘째, 품질기술자 역량은 경력과 지식으로 갖춰진다는 점. 셋째, 경력은 전문분야별로 프로젝트에 참여한 년수가 우선이라는 점. 넷째, 갖춰야 할 지식도 분야별 전문지식으로 이들 모두가 전문성을 중요시 하고 있다는 점이다.

건설산업 특성상 연구 수행에 필요한 표본을 추출하는데 어려움이 있었다. 건설회사를 방문한다 해도 기술자들은 모두 공사현장에 배치돼 있고 현장은 전국적으로 산재해있어 다수의 표본추출이 어려운 게 현실이다. 다행히 건설기술 교육원 수강자에서 표본을 추출했지만 당초에는 기술자 등급별로 경쟁력 중요도 우선순위를 도출하고자 했으나 등급별로는 표본수가 적어 대표성을 갖지 못한다는 점이 고려되어 기술자 등급별로 경쟁력 중요도 우선순위분석은 하지 못했다. 향후 더 많은 표본을 확보하여 기술자 등급별로는 품질인프라 중요도가 어떠한 분포를 가지는지에 대한 연구가 필요하다.

또한 본 연구에서 도출한 건설공사 품질전문가의 핵심역량과 구성요인 총 35개 항목 대한 중요도 순위를 기반으로 기술자 경력개발 및 교육과정 개발에 대한 추후연구가 요구된다.

6. References

- [1] Park, J. S. (2011), "Impact of the Core Factors of Quality Management on the Performance of Conformity Assessment Bodies", Graduate of School of Chungnam University.
- [2] Song, S. H. (2006), "Quality Performance Management System for Construction Projects Using Quality Performance Indicators", Korea Journal of Construction Engineering and Management, Vol.3 No.3, pp.76-85.
- [3] Lee, H. C. (2015), "Institutional Improvement Method of Quality Management in Construction Work" Graduate School of Construction Legal Affairs Kwangwoon University.
- [4] Lim, T. K. (2013), "Performance Assessment of Construction Quality Management System", Graduate School of Kyungbuk National University.
- [5] Yu, I. H. (2006), "An Integrated Performance Measurement System for Company-Level Benchmarking in the Construction Industry", Graduate School of Ajou University.
- [6] Jung, S. K. (2016), "Improvement of Construction Quality Management through Analyzing Construction Work's Quality Inspection Results", Korea Journal of Construction Engineering and Management, Vol.17 No.1, pp.110-118.
- [7] Cha, H. S.(2013), "Development of Construction Project Performance Management System(PPMS) Considering Project Characteristics", Korea Journal of Construction Engineering and Management, Vol.14 No.1, pp.82
- [8] U.S Army Corps of Engineer(2004), "Construction Quality Management for Contractors, Control #784.
- [9] SAUDI ARAMC(2004), "Oontractor and subcontractor Quality personnel Qualification requirements", Contract No. 6600015858.
- [10] Thomas H. Oswald, James L. Burati, Jr, CII (1992), "Guideline for Implementing Total Quality Management in the engineering and construction industry".
- [11] ASME(2001), "Quality Assurance requirements for nuclear facility applications".
- [12] Connie M Borrer, Korean Translation Copyright (2014), "The certified quality engineer handbook, third edition".
- [13] Duke Okes & Russel. Westcott, Editors ASQ Quality Press(2001), "The certified quality Manager handbook, second edition".

저 자 소 개

이 갑 순



광운대학교 전기공학과 학사, 경남대학교 대학원에서 산업공학과 석사, (주)현대건설 31년 근무, 현재 한국교통대학교 대학원 산업경영공학과 박사과정에 재학 중. 관심분야: 건설품질
주소: 서울시 광진구 아차산로 552. 10동 1404호 (광장동 극동아파트)

배 영 주



현 한국교통대학교 산업경영공학과 교수로 재직 중. 동국대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사, 학위를 취득하고, 미국 University of Washington에서 Visiting Professor를 역임하였음. 주요관심분야는 통계응용, 품질경영, 연구개발론.

직장 :충북 충주시 대학로 50 한국교통대학교 산업경영공학과자택: 충북 충주시 연수동 힐스테이트 108-1406