

국내교육시설건설공사 현장에서의 품질하자 현황분석

Analysis on Quality Defect Status in the Construction Site of Domestic Educational Facilities

류 종 혁*

박 영 기**

Ryoo, Chong-Hyuck

Park, Young-Ki

Abstract

Amid the rapidly changing constructional business conditions, the volume of BTL business sectors has expanded largely during two or three years. Especially, construction works for educational facilities of elementary, middle and high schools has been performed by the mid-sized construction companies who are not capable of doing effective and systematic quality management while the requirements of the customers are getting higher and higher.

In order to have a flexible deal with the rapidly changing business conditions and also to enhance the quality level, it is the high time to reorganize the effective quality management system by doing the overall analysis about the quality defects in construction site.

Accordingly through the investigation about the quality defects in the construction sites of domestic educational facilities, this study will focus on what kind of quality defects show. It is aimed at providing the preliminary data for the establishment of quality management for the construction site of the domestic educational facilities by analysing the investigation results.

키워드 : 품질하자, 교육시설공사, 건설현장, BTL사업

Keywords : Quality Defect, Educational Facilities Construction, Construction Site, BTL Business

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

지난 2005년 1월 “사회기반시설에 대한 민간투자법”(이하 민간투자법)개정과 함께 도입된 BTL(Build-Transfer-Lease: 임대형민자사업)방식은 교육시설, 복지시설, 문화시설 등의 생활기반을 확충하는 중요한 사업방식으로 정착되어가고 있다. 특히, 국내 초·중등학교의 건설공사는 2005년 이래에 임대형민자사업인 BTL방식으로 전환되고 있는 과정에 있다.

이러한 BTL방식의 주요 대상시설 중 각 시도 교육청이 자체 발주하는 공공교육시설은 2006년 BTL사업 투자

계획의 32%를 차지하고, 그 규모가 전년대비 45% 증가하는 등 BTL방식의 핵심 사업으로 대두되고 있다.)

그 이유는 초·중·고 교육시설은 노후 시설 개축이나 교육시설 확충 등으로 막대한 자금이 필요하지만 정부가 용 자금의 한계로 교육여건 개선을 위한 재정투자가 어려움에 직면하고 있어 단기간에 최대의 효율을 얻을 수 있는 좋은 방식이라 판단되기 때문이다.

그러나 현재 교육시설 건설공사에는 대부분이 대기업 보다는 중견 건설업체들이 참여하고 있다. 그 결과 중견 건설업체들은 대규모 건설업체에 비해 전문 인력 부족, 시공경험부족과 노하우(know-how)부족, 하자보수 미흡 등의 문제점을 가지고 있어 체계적인 품질 관리를 하지

* 정회원, 연세대 대학원 박사과정

** 정회원, 연세대 건축공학과 교수, 공학박사

1) 신남경 외 2인, 공공교육시설 BTL사업의 CM 적용모델 개발, 한국건설관리학회, 2006. 11

못하고 있다.

특히, 건설공사의 하자를 사전에 방지하기 위하여 지출되는 품질관리 비용은 총 비용의 1~5%를 차지하는 데 반하여, 하자 발생으로 인하여 추가로 지출되는 재작업비용은 12%를 상회하고 있다. 이는 대부분의 건설회사에서 품질 확보를 위한 비용투자가 비효율적으로 이루어지고 있다는 것을 의미한다.²⁾ 다시 말하면, 기존의 품질관리가 작업준비보다는 작업결과에 대한 검사위주로 수행되어 하자발생 빈도가 높았고 하자 보수를 위하여 불필요한 자원의 낭비를 가져왔다고 판단할 수 있다.

따라서 건설회사는 건설현장에서 발생하는 하자를 사전에 방지하고 보다 나은 품질관리를 위한 적극적인 대응이 필요하게 되었다. 이러한 근본적인 문제점이 있는 환경 속에서 품질보증을 통한 신뢰성을 얻기 위해서는 교육시설공사 현장에서의 품질하자에 대한 심층적이고 체계적인 분석이 이루어져 품질하자를 근본적으로 막을 수 있는 품질체계 구축을 수립해야 할 시점이다.

따라서 본 연구에서는 국내 교육시설공사 현장에서의 품질하자현황을 조사하여 향후 효율적인 품질관리체계 구축을 위한 기초자료를 제시하는 데 목적을 두었다.

1.2 연구의 범위와 방법

교육시설공사의 품질향상과 관련된 기관은 건설회사, 설계 및 감리사무소 또한 건설행정을 맡고 있는 교육청 등 다양한 기관이 존재한다. 그러나 본 연구에서는 건축물의 품질향상에 가장 큰 영향을 미치는 건설현장에서의 품질하자를 조사하기 위하여 다음과 같이 조사연구의 범위를 한정하였다.

조사연구의 범위는 서울 인근 지역의 중견 건설업체가 2007년 최근에 초·중·고 교육시설 공사를 진행 중이거나 준공예정인 앞둔 12개 교육시설 건설현장을 대상으로 하였다.

본 연구를 위한 방법은 다음과 같다.

첫째, 문헌 고찰을 통하여 선행정보를 분석한다.

둘째, 주제와 관련하여 교육시설공사 관련 전문가인 건설업체 및 설계·감리사무소 임원, 교육청 교육시설건설 담당감독관 등과의 인터뷰를 실시하여 연구관련 자문을 받는다.

셋째, 문헌고찰과 인터뷰 결과, 그리고 연구자의 경험

2) 이상현 외, 건설공사의 하자분석을 통한 품질관리 중점항목 선정방법, 대한건축학회논문집, 제12권 4호, 1996. 4

을 통해서 교육시설의 품질하자 현황조사 분석을 위한 우선도를 도출한다.

넷째, 교육시설 공사현장에서 수집한 품질하자 데이터를 엑셀과 SPSS를 이용한 통계분석을 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 건설업의 품질하자관리

1) 건축물 하자의 정의

건축물에 있어서 하자란 건축물의 품질과 성능이 생활에 적합하여야 하는 데 반하여 그렇지 못한 경우를 말한다. 즉, 건축물의 평면계획과 공간 성능으로 나타나는 거주성 조건, 내구조건 그리고 조형미적인 조건 등과 같은 측면에서 결함이 있는 것을 하자로 판단한다.

여기서 결함이란, 거주자가 취득한 건축물의 품질, 성능에 대한 합리적인 기대와 실체가 불일치하는 상태로 설계상 또는 부실공사에 따른 하자과 거주자의 사용과정에 발생한 하자도 포함하여 하자로 본다.³⁾ 또한, 관공서나 공공기관의 정의에 의하면 물건의 사용가치나 교환가치를 감소시키는 결점이나 주체가 일정한 품질기준에서 결여되어 있는 점 또는 청부공사인 경우 주문자가 제시한 도면시방서의 품질기준에 적합하지 않은 점이라고 할 수 있다.

2) 건축물 하자의 범위

하자의 범위는 크게 구조적 결함, 차단적 결함, 클레임으로 구분할 수 있다.

첫째, 구조적 결함이란 합은 건축물이 지녀야 하는 가장 근원적인 성능에 대한 하자를 의미한다. 둘째, 차단적 결함은 차음성능이나, 단열성능, 내 외벽의 구조적 문제가 없는 균열이나 더러움, 창 등의 뒤틀림 등을 의미한다. 셋째, 클레임은 거주자의 주관적인 건축물에 대한 불만이 있는 부분을 의미한다. 따라서 일반적으로 법적이거나 기술적인 측면에서 하자라고 하는 것은 클레임이전까지의 부분을 일컫는다. 즉, 하자의 범위는 구조적 결함 < 차단적 결함 < 클레임의 범위로 순차적으로 포함된다.⁴⁾

이러한 단계적인 하자의 부분에서 클레임에 의한 하자는 소비자 또는 이용자가 건물 부재 및 설비 등의 요소

3) 박현옥, 공동주택의 책임보수기간 동안의 하자보수모델, 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1994. 2

4) 한국건설기술연구원, 공동주택의 하자평가 및 운용체계연구, 건설교통부, p.9, 1997. 4

에 대해 만족스럽지 못함으로 이의 교체를 요구함으로써 소비자와 공급자 간의 갈등의 원인이 되고 있다. 그러나 소비자가 건물에 대한 만족스러운 이용을 하면서 경미한 결함에 대해 문제 삼지 않을 경우 하자라는 표현보다는 결함으로 표현하고 있다.

학교시설과 같은 공동건물에서, 공동주택 관리규칙 부칙⁵⁾에 의한 하자의 범위는 “공사상의 잘못으로 인한 균열, 처짐, 비틀림, 침하, 파손, 붕괴, 누수, 누출, 작동 또는 기능 불량 부착 또는 접지 불량 및 결속불량, 고서 및 결상불량, 고사 및 입상불량 등으로 건축물 또는 시설물 등의 기능상 미관상 또는 안전상 지장을 초래할 정도”로 규정하고 있다.

3) 하자발생요인 분류

공동건물의 하자발생요인은 상호 복합적으로 작용하여 이에 대한 정확한 판단 및 분석이 쉽지 않지만 건설기술자의 전문과 기존의 연구를 종합하여 살펴보면, <표 1>과 같이 시공적인 측면에서는 건설노무자·건설기술자·공사감독자의 능력, 건물성상(性状), 시공회사의 건설능력, 구조, 공사기간, 소비율 등으로 나누어 살펴볼 수 있다.

표 1. 하자발생 요인의 분류

시공적인 측면	시공 외적인 측면
① 건설노무자의 능력	① 계약방식 및 하도급관계
② 건설기술자 및 공사 감독자의 능력	② 낙찰률
③ 시공회사의 건설 능력	③ 사업주체
④ 구조	④ 건설회사의 품질관리 시스템
⑤ 공사기간	⑤ 준공 후 유지관리
⑥ 소비율	⑥ 지역적 특성
⑦ 건물성상	-

또한, 간접적인 원인으로 시공 외적 측면에서는 발주자와 시공자 간의 계약방식 및 하도급관계, 낙찰률, 지역, 사업주체, 건설회사의 품질관리 시스템, 준공 후 유지관리 등으로 살펴볼 수 있다.

4) 품질관리와 하자관리

“품질은 절차이다.”라는 말과 같이 좋은 품질을 생산하는 체계적인 절차를 수립하기 위해서는 PDCA사이클⁶⁾에

따른 품질관리가 끊임없이 반복되며 개선되어야 한다.

건설공사 품질관리의 PDCA사이클에서 중요한 점은 조직된 내용이 반드시 다음 사이클의 계획단계에 반영되어야 한다는 것이다. 즉, 현 상태의 잘못된 부분을 인지하고 그 원인을 분석하여 그것에 대한 대책을 세워 다음 공사의 품질계획에 반영하는 과정이 반복적으로 수행되어야 한다. 이와 같은 검사-조치-계획으로 이어지는 일련의 피드백 활동을 하자관리라고 할 수 있다.

2.2 BTL사업현황

1) BTL사업추진 배경 및 특성

BTL이란 민간이 자금을 투입하여 시설을 건설(Build)하고, 완공시점에 소유권을 정부로 이전(Transfer)하며 그에 대한 보상으로 민간은 이 시설을 사용·수익할 수 있는 권리를 정부로부터 설정받고, 정부에 시설을 임대(Lease)하며 유지관리 및 운영서비스를 제공하는 사업을 말한다.⁷⁾

따라서 국내교육시설은 이와 같이 정부의 방침에 따라 대부분 BTL사업으로 발주되고 있는 추세이다.

BTL사업을 추진하게 된 배경은 국가의 재정만으로는 국민 기초서비스를 적기에 제공하기에는 턱없이 부족하기 때문이다. 예를 들어, 30년 이상 된 초·중·고등학교를 증·개축하기 위해서는 매년 국가예산을 2,500억원 정도 투자하여 20년 정도가 걸리지만 BTL사업을 추진함으로써 2~3년 내에 노후화된 대상건축물의 증·개축을 70%까지 확보할 수 있다.⁸⁾

BTL공사의 특성은 일반적인 건설 공사의 방식인 획일적인 설계와 시공방법을 탈피하여 창조적이고 선진화된 설계와 차별화된 시공방법으로 그 특수성을 살려 목적에 맞게 시공하는 데 있다.

2) 교육시설공사의 품질관리 특성

교육시설공사는 학교, 체육관 강당 등을 주로 건축하고 있으며 그에 대한 품질관리는 일반 공사에 비하여 더욱 세밀하게 관리해야 한다. 즉, 교육시설공사는 학생들이 편안하고 자유로운 분위기에서 공부할 수 있도록 각별한 신경을 써서 공사를 하여야 하며 그에 상응하는 품질관리를 해야 한다. 건축 시 주의할 사항은 다음과 같다.

자재로는 학생건강에 맞는 자재와 색을 채택하여야 한

말한다. 이러한 순환과정이 반복되면서 끊임없이 진행되는 품질개선활동을 말한다.

7) 기획예산처, 임대형 민자 사업, 2006

8) 조현우 외 1인, BTL사업의 현황과 발전방안, 한국건설관리학회 논문집, 2006. 11

5) 공동주택 관리규칙 제11조 및 별표 3

6) PDCA Cycle은 일명 Deming Cycle 혹은 관리사이클이라고 말하며 Plan(계획), Do(실시), Check(검토), Action(시정)을

다. 건물의 층수, 복도 폭, 화장실, 교실 등도 학생들에게 맞게 설계 및 시공을 해야 한다. 또한, 안전시설을 최우선적으로 고려해야 하며 소음, 비산, 매연 등에 의한 환경위생에 철저하여 최대한으로 청정공기와 자연조명이 되도록 하고, 전자파 배출이 최소화되도록 고려해야 한다. 품질관리는 이러한 사양대로 시공이 되었는지 여부를 철저하게 계획을 수립하여 확인해야 한다.

2.3 선행연구 고찰

현재까지 교육시설 건설공사의 품질관리와 관련된 선행연구는 거의 없는 실정이다. 단지 BTL사업의 현황과 발전방안 및 공공교육시설 BTL사업의 CM적용모델 개발 등에 관한 학술논문이 몇 편 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 교육시설공사가 아닌 일반 건설공사의 품질관리 실태에 대한 선행연구를 고찰하고자 한다.

교육시설공사 관련해서 옥종호(2004)는 “교육시설공사를 하는 중·소규모 건설공사는 그동안 불합리한 건설관행과 제도, 시공사의 시공능력부족 등 때문에 대형 건설공사에 비하여 공사 부실률이 높은 것으로 알려져 왔는데 이외에도 발주기관 공사 관리자들의 기술력 부족과 불성실한 공사 관리행위 역시 중요한 공사부실 원인 요소이다.”라고 하였다. 신남경 외(2006)는 BTL공사에서 나타나는 문제점의 개선방안으로 CM을 적용하여 사업 전체의 통합관리를 통해 사업시행에 따른 준공지연, 유지보수 등에 관한 건설위험과 예상 사업비 초과와 운영서비스 미달에 대한 운영위험의 상당부분을 보완할 수 있을 것으로 기대하였다.

일반 공사 관련해서, 이상현 외(1996)는 “건설공사의 품질확보를 위한 비용투자를 효과적으로 하기 위해서는 품질비용의 관점에서 중요도가 높은 하자과 연관된 품질관리항목을 중점적으로 관리할 필요가 있다.”라고 하였다.

박요한(2006)은 “공동주택 건축물의 하자 절감을 위해서는 품질관련업무 시행 시 구두보다는 문서에 의해 실행하고 협력업체의 올바른 선정과 건전한 육성이 무엇보다도 필요하다”라고 하였다. 안광훈 외(2002)는 “공동주택현장의 품질관리능력을 향상하기 위해서는 품질문서 간의 연계성 확보, 품질정보의 피드백, 정확한 정보의 수집 및 재사용 시스템, 품질정보의 공유 시스템이 필요하다.”라고 하였다.

3. 교육시설공사현장 품질하자 현황

3.1 조사 개요

교육시설공사의 환경변화에 대응하여 높은 품질 수준을 얻기 위해서는 교육시설공사현장에서 발생하는 실질적인 하자에 대한 분석을 통하여 중요 항목을 중점 관리함으로써 사전에 하자 발생을 최소화하여 최상의 품질을 창출한다. 이를 위하여 조사대상은 다음과 같이 설정했다.

- ① BTL사업으로 초·중·고등학교 건설공사를 하고 있는 중견건설업체(시공한도 30위-200위)가 시공
- ② 서울과 경기도에 위치한 12개 학교로 한다. 해당 건설공사는 각 교육청에서 BTL방식으로 수주하여 시공 중이거나 완공단계인 현장.

3.2 자료의 수집

본 연구를 위한 자료의 수집과 방법은 다음과 같다.

- ① 문헌 고찰을 한다.
- ② 예비조사

빠른 시간 내에 보다 양질의 핵심적인 자료를 획득하여 효율적으로 분석을 하기 위해 본 조사 전에 <표 2>와 같이 교육시설공사에 관련된 전문가인 D건설 임원 2명과 H설계/감리사무소 1인, 교육청 교육시설 건설담당 감독관 등 4명과의 인터뷰를 통한 연구관련 정보와 Y대학교 P교수와 L교수로부터 자문 받은 내용을 교육시설현장의 하자조사를 실시하기 위한 기초 자료로 도출하였다.

표 2. 인터뷰 시 주요 자문내용

면담	인터뷰 시 주요 자문내용
D건설 K대표	- 연구조사대상인 교육시설공사현장 숫자 및 소재지 - 공종별 품질 하자 내용 구분 - 하자보수 비용 산출방법
D건설 L임원	- 기타 입수하기 어려운 자료를 구하는 방법(현장에서 체크리스트에 의해 이미 작성된 자료참조) - 일위대가표 및 내역서 작성 시 참고사항
H설계/감리 임원	- 공종별 단위면적당 하자보수 비용 - 현장 품질하자 관련 자료관리 - 조사학교의 도면관련 설명(입면도, 평면도, 단면도)
S교육청 시설과	- 학교별 하자 발생 현황 - 학교별 공사금액과 하자 발생건수와의 상관관계 - 교육시설공사 품질관리의 방법
Y대학교 P교수 L교수	- 연구전체 흐름 및 계획 - 품질관리체계 정립을 위한 현장 품질하자 연구 - 우선도 관련 설명 및 도출 방법

③ 현장 본 조사

건설현장의 품질 하자 현황에 관한 조사는 다음과 같다. 우선 현장조사로서 연구자 외 2명이 12개 건설현장을 직접 조사하였다.

공정상 또는 기타 사정으로 조사하지 못한 현장과 공종에 대해서는 각 현장에서 품질관리를 하기 위해 작성된 매뉴얼과 체크리스트를 현장소장을 통해서 입수하여 데이터화한다.

이것을 품질에 대한 관리 상태와 하자에 대하여 공정별, 시기별로 나누어 조사하고 4M(man, machine, material, money) 방법으로 품질에 영향을 주는 공사기간, 공사비용, 감리감독, 인력, 자재들을 조사 분석하였다.

하자빈도수와 보수비용 등으로 품질의 우선도(priority) 및 중요도(significance)를 도출하여 각 자료를 데이터화한다. 공사 현장의 공정 상태는 대개 공사가 진행 중이거나 곧 준공될 현장을 조사했으며 준공 후 개교한 현장은 제외시켰다.

3.3 품질하자 현황조사 관련 기본정보

1) 12개 학교현장의 개요

조사기간은 2006년 9월~2007년 9월까지 총 13개월간 진행되었다.

학교시설의 단계별 구성은 <표 3>과 같이 초등학교가 3개소, 중학교가 4개소, 고등학교는 5개소로 이루어졌다. 공사금액은 40억 이상에서 90억 이하로 나타났으며, 공사기간은 12개교가 2006년 3월부터 2007년 11월까지 21개월이며, 단위 학교당 공사기간은 약 12개월이 소요되었다.

표 3. 12개 학교현장 개요

No	공사명	발주처	시공사	공사금액 (백만원)	연면적 (m ²)
1	SJ고	S 교육청	T건설	8,983	13,059
2	SN고	K 교육청	N건설	8,211	12,580
3	DT고	K 교육청	H건설	7,900	10,537
4	SK초	K 교육청	N건설	7,838	10,838
5	WA고	K 교육청	S건설	7,600	10,120
6	SW중	K 교육청	H건설	7,500	9,990
7	JD중	K 교육청	N건설	7,200	8,572
8	SW초	K 교육청	K건설	7,000	9,054
9	SR고	S 교육청	T건설	6,900	9,094
10	JJ초	S 교육청	H건설	6,000	8,250
11	KS중	K 교육청	D건설	5,500	6,919
12	DK중	K 교육청	N건설	4,000	5,778
합 계				84,632	114,791

2) 공종별 품질하자 구분

건설현장에서 발생하는 공종은 수백 가지로 분류될 수 있다. 따라서 본 연구에서는 비슷한 성격의 품질하자는 하나의 공종으로 묶어 대표적인 16개의 공종으로 구분하

였다. 이러한 16개 공종과 주요항목의 내용 분류는 <표 4>와 같다.

표 4. 공종별 품질하자 내용

공종구분	주요 품질 하자 내용
철콘공사	거푸집공사, 철근공사, 콘크리트공사, 철골공사
조적공사	시멘트벽돌공사, 외벽치장 벽돌 공사
미장공사	시멘트 몰탈공사, 견출공사, 바닥 제물마감공사
방수공사	시멘트 액체방수, 방수몰탈, 옥상아스팔트방수, 도막방수와 일부코킹공사
타일공사	자기질타일, 복도 테라조타일
석공사	각종 석재공사, 인조석공사, 테라조타일공사, 석재코킹공사
창호공사	목창호공사, AL창호공사, P.V.C창호공사, 철문창호공사, 창호주변 실리콘공사
금속공사	철재공사, AL천정재공사
목공사	목재공사, 목재코킹공사
유리공사	각종 창호유리, 유리코킹공사
수장공사	천정 석고텍스공사, 단열공사, 결로공사, 외단열 토탈씨스템공사, 바닥디렉스타일공사, 화장실 칸막이공사, 도배공사
도장공사	각종 도장공사, 무늬코트공사
부대공사	놀이터공사, 주차시설공사, 외부 쓰레기 집하장공사
조경공사	수목공사, 외부녹지공간공사
설비공사	위생공사, 난방공사, 소방시설공사, 정화조공사
전기공사	전등공사, 통신공사

3) 품질하자 조사 내용

각 학교별, 공종별로 발생한 하자의 종류와 이러한 하자를 보수하기 위한 보수비용에 대하여 다음과 같은 데이터를 분석하여 도출하였다.

- ① 각 공종별 품질하자 발생빈도 조사 분석
- ② 각 공종별 품질하자 발생빈도에 대한 보수비용
- ③ 학교별 공사금액과 하자건수
- ④ 학교별 품질하자 보수비용
- ⑤ 각 공종별 하자 발생건수와 총 하자 보수비용
- ⑥ 각 공종별 우선도

4) 자료 분석방법

현장에서 수집한 모든 데이터 중, 바로 위 항목의 ①에서 ⑤번까지 자료들을 엑셀프로그램을 이용하여 1차 분석자료를 도출하였다.

위의 데이터 중 공종별 하자빈도, 학교별 하자빈도, 공종별 하자 보수비용, 학교별 하자보수비용, 공종별 우선도 그리고 학교별 우선도는 통계프로그램인 SPSS(Ver. 13)를 이용하여 평균값과 표준편차를 구하였다.

3.4 품질하자 현황분석

결과로 판단된다.

표 5. 각 공종별 품질하자 건수

공정	최소값	최대값	평균	총하자 건수	백분율 (%)	순위
창호공사	12	98	38	456	21.9	1
수장공사	8	65	29	343	16.5	2
철콘공사	2	78	19	225	10.8	3
도장공사	8	25	14	165	7.9	4
타일공사	5	29	12	144	6.9	5
목공사	0	32	10	124	6.0	6
설비공사	3	22	8	97	4.7	7
조경/공간공사	0	23	8	92	4.4	8
조직공사	1	15	7	87	4.2	9
석공사	1	19	5.8	70	3.3	10
전기공사	0	9	5.8	69	3.3	11
부대공사	0	14	4	48	2.3	12
금속공사	0	20	3.8	45	2.2	13
미장공사	1	7	3.6	43	2.1	14
유리공사	0	26	3.4	41	2.0	15
방수공사	1	6	2.9	35	1.7	16
합계	42	488	174.3	2,084	100	-
합계 평균	2.63	30.50	10.89	130.19	-	-

표 6. 각 공종별 품질하자 보수비용

공정	최소값	최대값	평균	총보수 비용(천원)	백분율 (%)	순위
설비공사	480	4,118	1876	22,506	15.1	1
철콘공사	160	9,492	1709	20,510	13.7	2
창호공사	240	8,567	1488	17,852	11.9	3
수장공사	90	3,180	1256	15,066	10.1	4
전기공사	0	5,300	1018	12,219	8.2	5
방수공사	135	2,818	831	9,973	6.7	6
미장공사	220	1,690	717	8,606	5.8	7
타일공사	245	1,290	655	7,865	5.3	8
조경,공간공사	0	1,648	655	7,858	5.3	9
조직공사	187	1,736	572	6,867	4.6	10
부대공사	0	1,212	561	6,733	4.5	11
목공사	0	2,604	386	4,634	3.1	12
석공사	120	901	354	4,252	2.9	13
금속공사	0	1,550	207	2,480	1.7	14
도장공사	15	343	141	1,694	1.1	15
유리공사	0	156	26	306	0.2	16
합계	1,892	46,605	12,452	149,425	100	-
평균	118	2913	778	9,339	-	-

* 12개 학교 전체 보수비용 149, 425,000원(전체 공사비의 0.2%)

1) 각 공종별 품질하자 발생빈도 조사 분석

<표 5>와 같이 각 공종별 전체 하자건수는 2,084건으로 조사되었다. 공종별 하자건수가 가장 많은 공종은, 1위는 창호공사로 456건(21.9%), 2위는 수장공사로 343건(16.5%), 3위는 철근 콘크리트 공사로 225건(10.80%), 4위는 도장공사로 165건(7.9%), 5위는 타일공사로 144건(6.9%)으로 나타났다. 상기 5개 공종의 합이 1,333건으로 전체 대상의 약 64%로 높은 비율을 차지하고 있다.

이것은 공사의 복잡성, 금액의 과다성 등으로 판단된다.

품질하자 발생이 근본적인 원인은 첫째, 설계 당시에 완전한 설계를 하지 못한 점, 둘째, 불량한 자재를 사용한 점, 셋째, 시공 불량으로 정밀시공을 하지 못한 점, 마지막으로 유지관리 불량 등이라고 본다.

2) 각 공종별 품질하자 발생빈도에 대한 보수비용

공종별 품질하자 총 보수비용을 조사해 본 결과, <표 6>에서와 같이 전체 149백만원이 소요되며, 1위는 설비공사로 2,250만원(15.1%), 2위는 철근콘크리트공사로 2,051만원(13.7%), 3위는 창호공사로 1,785만원(11.9%)으로 나타났다. 4위는 수장공사로 1,506만원(10.1%), 5위는 전기공사로 1,221만원(8.2%)으로 5개 공종의 합이 59% 차지하여 높은 비중을 차지하고 있다.

이는 공종별 공사금액이 많고 공사의 복잡성에서 오는

참고로 각 공종별 보수비용 합계 산출방법은 다음과 같다.

- ① 각 빈도수의 합계에 각 공종별 품질하자 Item별로 보수비용을 품셈에 의한 단가를 곱하여 산출했다.
- ② 품셈 단가를 구할 수 없는 Item은 전문건설업체의 실제 보수비용을 견적 받아 처리했다.
- ③ 16개 공종의 보수비와 12개 학교 전체 보수비용을 산출하여 공종별로 백분율과 순위를 산출했다.

3) 학교별 공사금액과 하자건수

학교별 공사금액 대비 하자건수를 살펴보면, <표 7>과 같이, 1위는 SJ고로 는 87억 공사에 314건(건당 공사비 : 2790만원), 2위는 SN고로 82억에 266건(건당 공사비 : 3090만원), 3위는 DT고로 79억에 242건(건당 공사비 : 3260만원)의 하자가 발생하고 있다. 이는 일반적으로 공사금액이 클수록 품질하자 건수가 많음을 판단할 수 있다.

4) 학교별 품질하자 보수비용

<표 8>과 같이, 학교별 하자 보수비용을 살펴보면, 1위는 SN고등학교로 총보수비용이 21,725천원(14.5%), 공종당 평균하자보수비용이 약 1,357천원을 차지하였다.

표 7. 학교별 공사금액과 하자건수 비교

학교	공사금액 (백만)	평균	총하자 건수	백분율 (%)	순위
SJ고	8,783	19.6	314	15.1	1
SN고	8,211	16.6	266	12.8	2
DT고	7,900	15.1	242	11.6	3
SK초	7,838	12.8	205	9.8	4
WA고	7,600	11.1	179	8.6	5
SW중	7,500	10.9	174	8.4	6
JD중	7,200	10.7	171	8.2	7
SW초	7,000	8.8	141	6.8	8
SR고	6,900	8.4	134	6.4	9
KS중	5,500	5.6	90	4.3	10
JJ초	6,000	5.4	87	4.2	11
DK중	4,000	5.1	81	3.9	12
합 계	84,432		2,084	100	
평균		10.9	174	-	

2위는 SK초등학교로 총보수비용이 19,058(12.8%), 공종당 평균하자보수비용이 약 1,191천원이었다. 3위는 SW중학교로 총보수비용이 17,214천원(11.5%), 공종당 평균하자보수비용이 약 1,076천원을 차지하였다.

또 SN고등학교의 경우 최소 하자 보수비용이 5천원으로 나온 반면 기타 11개 학교는 하자 보수비용이 전혀 들지 않는 공종이 있었다. 또 최대 하자 보수비용을 살펴보면 SW중학교가 약 950만원의 하자 보수비용이 들은 공종이 있는 반면 DK중학교와 KS중학교는 가장 높은 하자 보수비용이 들은 공종의 비용이 약 70만원과 78만원으로 상대적으로 낮은 하자 보수비용을 나타내었다.

5) 각 공종별 하자발생 건수와 총 하자 보수비용

표 8. 학교별 하자 보수비용 분석

(단위: 천원)

학교	최소값	최대값	평균	총 보수 비용	백분율 (%)	순위
SN고	5	8567	1,357	21,725	14.5	1
SK초	0	5300	1,191	19,058	12.8	2
SW중	0	9492	1,076	17,214	11.5	3
SJ고	0	3180	1,000	16,006	10.7	4
DT고	0	4118	922	14,749	9.9	5
JD중	0	2980	795	12,717	8.5	6
WA고	0	2060	766	12,250	8.2	7
SR고	0	2744	754	12,061	8.1	8
SW초	0	2950	533	8,529	5.7	9
JJ초	0	1690	390	6,232	4.2	10
KS중	0	784	286	4,579	3.1	11
DK중	0	706	269	4,305	2.9	12
총합계	5	44,571	9,339	149,425	100.0	
평균	0.42	3714	778	12,452		

<표 9>에서와 같이 하자 발생건수의 순위와 보수비용에 대한 순위를 비교해 보았다. 하자가 제일 많은 창호공사(456건)는 보수비용이 1,785만원으로 3위이고, 2번째로 하자건수가 많은 수장공사(343건)는 보수비용이 1,506만원으로 4위이고, 3번째로 하자발생이 많은 철근콘크리트공사(225건)는 보수비용이 2,051만원으로 2위로 나타났다.

표 9. 공종별 하자발생건수와 총하자 보수비용

공 종	하자 발생			공 종	총하자 보수비용(단위:천원)		
	건수	비율(%)	순위		비용	비율(%)	순위
창호공사	456	21.9	1	설비공사	22,506	15.1	1
수장공사	343	16.4	2	철콘공사	20,510	13.7	2
철콘공사	225	10.8	3	창호공사	17,852	11.9	3
도장공사	165	7.9	4	수장공사	15,066	10.1	4
타일공사	144	6.9	5	전기공사	12,219	8.2	5
목공사	124	5.9	6	방수공사	9,974	6.7	6
설비공사	97	4.7	7	미장공사	8,606	5.8	7
조정 공간공사	92	4.4	8	타일공사	7,866	5.2	8
조적공사	87	4.2	9	조정 공간공사	7,859	5.3	9
석공사	70	3.3	10	조적공사	6,867	4.6	10
전기공사	69	3.3	11	부대공사	6,733	4.5	11
부대공사	48	2.3	12	목공사	4,634	3.1	12
금속공사	45	2.2	13	석공사	4,252	2.8	13
미장공사	43	2.1	14	금속공사	2,480	1.7	14
유리공사	41	2.0	15	도장공사	1,695	1.1	15
방수공사	35	1.7	16	유리공사	306	0.2	16
합 계	2,084	100.0		합 계	149,425	100.0	

* 하자건당 평균비용 : 71,701원

이 결과에서 하자보수 비용은 전체적인 발생 건수에 약간의 영향은 있지만 하자의 중요도에 따라 하자 보수비용의 순서가 바뀌는 것을 판단할 수 있다.

6) 공종별 우선도

우선도란 각 공종별로 각 학교마다 하자 발생건수와 보수비용 및 각 학교의 연면적당(m²) 보수비용을 산출하고 이들을 합산하여 공종별 총보수비용을 산출한다. 총보수비용을 학교수로 나눠서 평균비용을 산출한다. 여기서 이의 산출된 값이 우선도가 된다.

우선도가 가장 높은 공종은, <표 10>에서와 같이 1위는 설비공사로 전체보수비용은 22,506천원(15.1%), 연면적에 대한 m²당 보수비용은 195원이며, 2위는 철근콘크리트공사로 전체보수비용은 20,510천원(13.7%), 연면적에 대한 보수비용은 m²당 169원이며, 3위는 창호공사로

표 10. 공종별 m² 당 하자보수 비용 대비 우선도 순위

공종	최소값	최대값	우선도값 = 평균비용	총보수 비용	백분율 (%)	우선도 순위
설비공사	44	391	195	2344	14.7	1
철콘공사	23	950	169	2024	12.7	2
창호공사	35	681	137	1647	10.3	3
수장공사	9	302	122	1468	9.2	4
전기공사	0	489	107	1,181	8.4	5
조경,공간공사	0	156	101	810	7.6	6
방수공사	15	216	85	1022	6.4	7
미장공사	21	205	76	913	5.7	8
타일공사	30	151	69	832	5.2	9
부대공사	0	133	64	707	4.8	10
조적공사	18	172	59	708	4.4	11
목공사	0	199	41	406	3.15	12
석공사	12	97	35	423	2.7	13
금속공사	0	171	34	275	2.6	14
도장공사	3	38	15	175	1.1	15
유리공사	0	17	12	24	1.1	16
합계	210	4,368	1,321	14,959	100	
합계 평균	13	273	82	934		

전체보수비용은 17,852천원(11.9%), 연면적에 대한 m²당 보수비용은 약 137원이며, 4위는 수장공사로 전체보수비용은 15,066천원(10.1%), 연면적에 대한 m²당 보수비용은 122원이며, 5위는 전기공사로 전체보수비용은 12,219천원(8.2%), 연면적에 대한 m²당 보수비용은 107원으로 나타났다.

4. 우선도 순위에 의한 공종별 하자 분류체계 종합

교육시설공사 현장에서 품질하자를 조사한 결과, <표 10>과 같은 우선도 순위가 나타났다.

우선도가 높은 ① 설비공사, ② 철근콘크리트공사, ③ 창호공사, ④ 수장공사, ⑤ 전기공사 등 5개 공종(55%)을 중점 관리해야 하며, 이 중에서도 <표 11>과 같은 각 항목을 더 중점 관리해야 한다.

위에서 정립한 품질하자 현황분석의 활용방안은 우선도 순위에 따라 정립한 주요품질하자에 대하여 각 단계별로 중점관리 한다면 하자 발생을 최소화할 수 있다.

즉, 설계단계에서는 각 공종에 대해 상세도면과 시방을 열거해야 한다. 건설회사와 협력회사의 시공단계에서는 각공종별로 품질관리자와 기능공들에 대해 사전에 매뉴얼과체크리스트를 작성하여 교육시켜 정밀시공과 품질향상의식을 고취시킨다. 감리감독자는 이 현황분석 자료에

표 11. 각 공정별 주요품질하자 세부 내역

공종	종/건/ (%)	주요 품질 하자 내용
설비공사	3종 92건 (94%)	① 위생공사 75건 (77%) ② 공조공사 15건 (15%) ③ 소방설비공사 2건 (2%)
철콘공사	4종 152건 (68%)	① 콘크리트 벽체 할석 68건 (30%) ② 콘크리트 벽체 바닥 Clack 43건 (19%) ③ 콘크리트 곰보 26건 (11%) ④ 층간 joint불량 15건(7%)
창호공사	5종 354건 (78%)	① 문짝, 문틀 부속자재 불량 118건 (26%) ② 문짝 개폐불량 82건 (18%) ③ 창호주변 코킹하자 64건 (14%) ④ 문짝, 문틀 랩핑 불량 50건 (11%) ⑤ 문짝, 문틀 홈집 손상 40건 (9%)
수장공사	4종 263건 (76%)	① 천정공사 132건 (38%) ② 단열공사 45건 (13%) ③ 외단열 공사 44건 (13%) ④ 바닥시트공사(디럭스타일, 러버타일) 42건(12%)
전기공사	3종 64건 (92%)	① 전등공사 43건(63%) ② S/W, 콘센트공사 18건(25%) ③ 배관, 배선공사 3건(4%)
조경공사	3종 62건 (68%)	① 바닥 배수및 홀공사, 하수배수공사 24건(26%) ② 조경 식재, 공간공사 19건 (21%) ③ 보도 B.L.K 경계석공사 19건 (21%)
방수공사	3종 26건 (83%)	① 지붕 층 옥상방수 불량 15건 (43%) ② 화장실 누수 6건 (17%) ③ 천정, 벽체 누수 5건 (14%)
미장공사	4종 31건 (72%)	① 미장 Clack 16건 (37%) ② 미장 불량 8건 (19%) ③ 창호주변 미장 불량 4건(9%) ④ 견출 불량 3건 (7%)
타일공사	3종 129건 (89%)	① 타일 시공 불량 58건 (40%) ② 타일 줄눈 안 맞음 52건 (36%) ③ 타일 깨짐 19건 (13%)
부대공사	3종 24건 (51%)	① 우수 및 맨홀 공사 11건 (23%) ② 통로 공사 7건 (15%) ③ 자전거 보관소 공사 6건 (13%)
조적공사	2종 83건 (96%)	① 줄눈 몰탈 등 시공불량 47건 (54%) ② 벽체 Clack 36건 (42%)
목공사	3종 117건 (94%)	① 천정 목공사 55건 (44%) ② 가구 및 신발장 공사 38건 (31%) ③ 교실마루, 걸레받이공사 24건 (19%)
석공사	3종 36건 (51%)	① 코킹 불량 20건 (29%) ② 화강석 및 대리석파손 8건 (11%), ③ 면갈기 불량 8건 (11%)
금속공사	3종 23건 (51%)	① 트렌치 공사 15건 (33%) ② 핸드레일 공사 4건 (9%) ③ 사다리 종류 및 기타공사 4건 (9%)
도장공사	3종 151건 (92%)	① 내부paint 마감부족 90건(55%) ② 철물 paint 불량 52건 (32%) ③ 낙서방지 paint 불량 9건(5%)
유리공사	2종 39건 (95%)	① 유리 코킹 불량 37건 (90%) ② 유리 불량 2건 (5%)

의해 철저한 감리감독을 한다.

5. 결론

급변하는 교육시설공사 환경 변화에 탄력적으로 대응하고, 품질향상을 이루기 위해서는 건설현장의 품질하자에 대한 실질적인 현황조사를 하여 품질향상을 할 수 있는 효율적인 대책을 수립하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 교육시설공사 현장에서 품질하자에 관한 관리체계 구축을 위한 기초자료를 제시하는 등 실질적인 현황을 조사하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1) 16개 공종에 대해 품질하자 건수를 분석한 결과 전체 2,084건이 발생하였으며 그중 5개 공종(창호공사, 수장공사, 철근콘크리트공사, 도장공사, 타일공사)의 하자가 1,333건으로 64%의 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 11개 공종의 하자는 751건으로 36%로 많은 공종에 비해 상대적으로 적은 비율임을 알 수 있다.

2) 교육시설공사의 품질하자 16개 공종 전체 총 보수비용을 분석한 결과 약 1억 5천만원이 소요되며 특히 5개 공종(설비공사, 철근콘크리트공사, 창호공사, 수장공사, 전기공사)에서 약 8천 8백만원이 소요되어 60%의 큰 비중을 차지하고 있다. 따라서 11개 공종의 하자보수비용은 약 6천백만원으로 40%의 작은 비중임을 알 수 있다. 여기서 16개 공종별 품질하자 발생건수와 그에 대한 총 보수비용을 분석 비교한 결과 1)과 2) 발생건수와 보수공사비용의 순위가 달라지는 것을 알 수 있다.

3) 12개 학교에 대해 각 학교별로 공사금액과 하자발생건수와 보수비용을 분석한 결과 공사 금액이 높다고 해서 하자발생건수와 보수비용이 꼭 많이 산출되는 것은 아니다. 그것은 공사현장의 지역적, 시기적인 여건 및 시공사, 설계감리사 등 여러 가지 조건이 다르기 때문인 것이다.

4) 16개 공종에 대한 우선도는 학교 전체 연면적(m²)에 대해 평균비용으로 나타나며 그 순서는 다음과 같다.

- ① 설비공사 ② 철근콘크리트공사 ③ 창호공사 ④ 수장공사 ⑤ 전기공사, ⑥ 조경공사, ⑦ 방수공사 ⑧ 미장공사, ⑨ 타일공사, ⑩ 부대공사, ⑪ 조적공사, ⑫ 목공사, ⑬ 석공사 ⑭ 금속공사 ⑮ 도장공사, ⑯ 유리공사 순으로 나타난 것을

알 수 있다. 또한, 상위 5개 공종의 연면적(m²)에 대한 평균보수비용의 합이 730원으로 전체 평균보수비용의 합 1,321원에 대해 55%임을 알 수 있으며, 나머지 11개 공종은 591원으로 44% 차지하여 비중이 작음을 알 수 있다.

결론적으로 우선적으로 각 공종에서 우선도에 의거 도출한 주요공종 5-6개 정도에서 발생한 주요품질하자를 집중적으로 중점 관리함으로써 품질향상을 해야 한다고 본다. 더 나아가 <표 11>에서와 같이, 16개 전 공정에서도 주요 품질하자가 3-4개에 집중되어있어 이를 중점적으로 관리하면 대부분의 하자를 사전에 예방할 수가 있다고 본다.

향후 교육시설공사에 관련된 건설회사, 설계/감리사무소, 교육청 등을 대상으로 품질관련 의식 및 실태조사를 실시하여, 본 연구와 연계함으로써 교육시설공사와 관련된 효율적인 품질관리 체계 정립에 대한 추가적인 연구가 요구된다.

참고문헌

1. 박영기, 건축물의 주관적 평가방법론에 관한 연구, 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1984
2. 기획예산처, 임대형 민자사업, 2006
3. 박경남, 임차가구 거주 공동주택의 유지관리에 대한 연구, 연세대학교 대학원 박사학위논문, 2001
4. 박현옥, 공동주택의 책임보수기간 동안의 하자보수모델, 연세대학교 대학원, 박사학위논문, 1994
5. 신남경 외 2인, 공공교육시설 BTL사업의 CM적용모델 개발, 한국건설관리학회, 2006
6. 안광훈 외 3인, 하자정보를 활용한 품질관리 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 구조계, 제18권 4호, 2002
7. 이기관, 건설공사 품질관리 효율화 방안에 관한 연구, 성균관대학교 산업기술대학원 석사논문, 1999
8. 이종일, 건설공사 품질향상을 위한 조직 및 관리의 체계화에 관한 연구, 연세대학교 대학원 박사학위논문, 1995
9. 이상현 외 2인, 건설공사의 하자분석을 통한 품질관리 중점항목 선정방법, 대한건축학회논문집, 제12권 4호, 1996
10. 조현우 외 1인, BTL사업의 현황과 발전방안, 한국건설관리학회, 2006