

Research Paper

유지관리단계의 하자 재발생을 고려한 창호공사 시공단계의 중점관리요소 분석

Analysis of Major Factors of Window Work in Construction Phase Considering Recurrence of Defects in the Maintenance Phase

정우진¹ · 김대영² · 임지영³ · 박현정^{4*}

Jeong, U Jin¹ · Kim, Dae Young² · Lim, Jeeyoung³ · Park, Hyun Jung^{4*}

¹Master's Course, Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjung-Gu, Busan, 46241, Korea

²Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjung-Gu, Busan, 46241, Korea

³Research Scholar, Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjung-Gu, Busan, 46241, Korea

⁴Professor, Department of Architectural Engineering, Silla University, Sasang-Gu, Busan, 46958, Korea

*Corresponding author

Park, Hyun Jung
Tel : 82-51-999-5724
E-mail : phj@silla.ac.kr

ABSTRACT

As the construction standards for energy-saving eco-friendly housing have recently been strengthened, the proportion of window work has increased with the demand for high-efficiency housing. Windows have high frequency of use, and there is the potential for many defects to occur depending on the characteristics of construction. According to a government agency's survey of defects in public rental apartment housing, defects in the windows work accounted for the highest portion of complaints received. Accordingly, related previous studies were considered, and it was found that the existing studies in Korea lacked research that reflected the construction characteristics of window work and the importance of maintenance. In addition, existing overseas studies considered both the constructor and the resident's position, considering the cost aspect together, and showed a trend of structuring the relationship between defects and causes. Therefore, this study will analyze the causes of defects that can occur in the construction phase of the windows work, reflect the construction characteristics, and derive major factors that consider the importance of maintenance based on the possibility of recurrence after repairing defects. Ultimately, this research will contribute to preventing defects in the construction phase and reducing maintenance costs by presenting a highly effective defect management plan through selecting the major factors for each defect type that can be intuitively judged by analyzing the causal relationship between defect types and causes.

Keywords : apartment, window work, defect analysis, defect type, defect cause, major factor

Received : October 7, 2021
Revised : October 18, 2021
Accepted : October 18, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 정부에서 에너지절약형 친환경주택의 건설기준을 강화함에 따라 고효율 주택의 수요가 점차 증가하며, 창호공사의 비중도 함께 커지고 있다[1]. Figure 1의 대한전문건설협회 「전문건설업통계조사」에 따르면, 창호공사의 도급금액은 2010년 이후 꾸준히 증가해 2019년 약 8조 6천억 원에 달하였으며[2], 건설산업 내에서 창호공사가 차지하는 금액은 점차 높아지고 있음을 확인할 수 있었다. 창호는 구조체 공사 이후 설치되어 존치 기간이 길고, 시공능력과 설치 부위의 품질에 따라 창호의 성능이 좌우되는 특성에 의해 시공단계에 많은 하자가 발생할 가능성을 내포하고 있다[3]. 국회입법조사처의 「공공부문 건설 공동주택의 품질향상을 위한 과제」 조사결과에 의하면, 공공임대주택에서 2011~2016년 사이에 접수된 하자 민원



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

중 창호공사의 하자 비율은 13.2%로 가장 높은 비중을 차지해 창호공사를 중점적으로 관리해야 할 필요성이 나타났다[4]. 그뿐만 아니라 창호는 실내·외 공간을 구분 및 연결하는 매개체로서 일상생활 속에서 빈번히 사용되어 유지관리단계에서 하자가 발생할 가능성도 존재하므로 시공단계와 유지관리단계를 함께 고려할 필요가 있다[3]. 따라서 본 연구는 창호공사에서 발생한 하자 유형을 분석한 후, 하자 원인의 상대적 중요도와 하자 재발생에 기초한 유지관리 중요도를 함께 고려하여 시공단계의 하자 유형별 중점관리요소를 도출한다. 이를 통해 공동주택 창호공사 하자의 사전예방에 필요한 기초자료를 마련하는 것을 목적으로 한다.

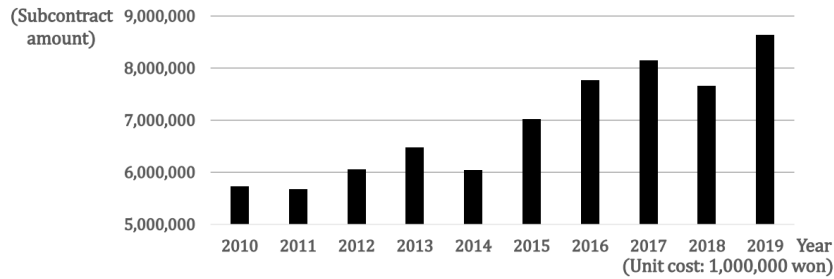


Figure 1. Annual contract costs for industries related to window construction[2]

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구를 진행하기 위해 공동주택 6개 단지의 하자 데이터를 수집하였다. 수집한 데이터를 바탕으로 유지관리단계의 하자 재발생을 고려한 창호공사 시공단계의 하자 유형별 중점관리요소를 도출하기 위해 하자 유형 및 입주 후 기간에 따른 하자 빈도를 분석하였다. 연구 방법은 다음과 같으며, 연구의 흐름은 Figure 2와 같다.

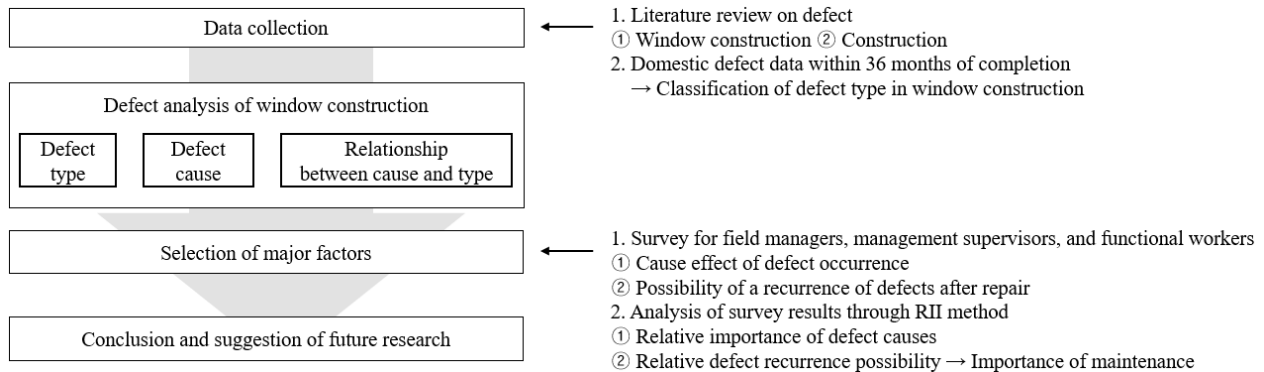


Figure 2. Research methodology

첫째, 공동주택의 창호공사에서 발생하는 하자 원인 및 기존연구 동향을 파악하기 위해 국내·외 문헌을 분석하였다.

둘째, 수집한 하자 데이터를 활용하여 창호공사의 하자를 분석한 후 전체 중 차지하는 비중이 4% 이상인 8가지의 하자 유형을 선정하였다. 이후 준공일 기준 하자 발생빈도가 5% 이하로 하락한 150일을 기점으로 하자를 구분하였다.

셋째, 수집한 데이터를 바탕으로 시공단계 하자 원인을 도출하였다. 이를 전문가 인터뷰를 통해 관리적 원인, 재료적 원인, 협력업체 시공능력 원인의 항목으로 범주화하였고, 시공단계 하자 원인과 하자 유형의 관계를 분석하였다.

넷째, 분석한 하자 원인과 원인이 속한 항목이 하자 발생에 영향을 미치는 정도, 하자의 유형별 재발생 가능성을 확인하기

위해 기능공, 시공관리자, 관리감독자를 대상으로 설문 조사하였다. 그 결과를 바탕으로 RII 분석방법을 사용하여 하자 원인의 상대적 중요도와 하자 유형별 상대적 재발생 가능성을 산출하였다.

다섯째, RII 분석의 결과로 도출한 값과 150일 전후의 발생 비중을 활용해, 하자 재발생을 고려한 시공단계의 하자 유형별 중점관리요소를 선정하였으며, 이를 분석해 대책을 마련하였다.

여섯째, 연구의 결과를 요약하고, 본 연구를 활용하여 향후 진행할 수 있는 연구 방향을 제시하였다.

2. 창호공사 문헌고찰

2.1 국내 문헌고찰

건축물의 에너지와 관련된 건설기준을 강화함에 따라 고효율 주택의 수요가 점차 증가하며, 창호공사의 비중도 함께 커지고 있다. 이러한 흐름에 창호공사에서 발생하는 하자에 관한 연구들이 활발히 진행되고 있으며 이와 관련된 연구는 Table 1과 같다. 창호공사의 하자에 관한 국내 선행연구들을 살펴보면 창호철물 공사의 하자 발생원인 또는 사례를 분석하며 창호공사의 품질을 높이기 위해 창호의 자체 성능을 평가하고 있었다[5,6]. Lim[7]과 Shin[8]의 경우, 각각 알루미늄과 목재 창호의 하자를 분석하며 사용 자재의 종류별 개선방안을 제시하였다. 나아가 Shin[8]은 하자 발생의 원인을 원자재, 제작, 시공, 입주전후 단계로 구분하여 분석하며 단계별 하자 발생원인을 파악하고 있었다. 하지만 해당 연구들은 고정방법, 시공 상세 등에 따라 성능이 좌우되는 창호공사의 시공단계 특성을 적극적으로 반영하지 못하였고, 단계별 하자 발생원인을 특정 재료에 한정하여 분석했기 때문에 포괄적이지 않다는 한계점이 존재하였다.

Table 1. Research trends on window construction defects

Author	Year	Topic	Main issue
Moon SD	2013	Analysis of the Causes of Defects in Fenestration Construction and Their Impacts on Construction Quality : Focused on Dor Hardware	After analyzing the cause of defects in the construction of windows and doors, the effect of the size of the designer and contractor on the distribution and construction quality is confirmed
Lee HH	2015	Case Study on the Diagnosis and Repair for Window Condensation Problems in Apartment Buildings	After analyzing the case of condensation defects and checking the condensation prevention performance of windows, drawing improvement measures and evaluating the effectiveness
Lim IH	2020	A Study on the Analysis of Major Defect Types and Improvement Methods of Aluminum Window and Door Construction	Improvement measures to reduce defects are suggested by analyzing defects in aluminum window work
Shin JS	2017	Defects in Different Phases of Multi-Unit Dwellings' Wooden Window Works and Improvement Plans : Focusing on defects in phases of raw materials, production, execution of work and management before and after moving in	After analyzing the defects by dividing the wooden window construction process into raw materials, manufacturing, construction, before and after moving, for suggesting improvement measures

다음으로 창호공사는 시공능력에 따라 성능의 차이가 발생하고, 시공 후 존치 기간이 길어 다양한 하자가 발생할 가능성이 존재한다. 따라서 창호공사의 시공 특성을 고려하기 위해 건축공사의 하자 분석에 관한 연구를 살펴보고, 이와 관련된 연구는 Table 2와 같다. 건축공사의 하자에 관한 국내 선행연구들은 시공 하자를 크게 설계, 자재 및 시공, 관리 등의 단계적 측면과 공중·시점·유형별 등의 분류적 측면으로 나누어 분석하며 원인 및 대책을 제시하고 있었다[9-11]. 또한, 분석한 내용을 바탕으로 영향요인을 도출하거나 하자보수비, 하자난이도, 입주자 영향 등의 요인을 직접 설정해 중점관리대상을 선정하며, Bae et al.[12]은 이를 기획, 설계, 시공단계별로 분류하였다[11,12].

이러한 연구들은 원인 및 대책, 중점관리대상의 분석과정에서 잦은 사용으로 하자가 발생할 수 있는 창호공사의 유지관리단계 특성보다 시공단계 특성에 중점을 두고 있었다. 또한, 건축공사라는 큰 범주의 포괄적 분석으로 실효성 있는 결과를 제시하지 못했다는 한계점이 나타났다.

Table 2. Research trends on construction defects

Author	Year	Topic	Main issue
Lee GW	2015	A Study on Countermeasure and Analysis Defect Factor of Construction in Apartment Housing	By analyzing defects in apartment houses in terms of design, material, construction, and management, a defect management plan centered on contractors is presented
Kang JG	2019	A Study on the Cause and Prevention of Defects in Apartment House through Case Studies	Through the case analysis of defects, the types and causes of defects for each type of construction are derived, and representative defect factors are selected to prepare countermeasures accordingly
Lee DH	2012	A study on the selection of primary management objects in Life-Cycle phases through analyzing the case of defect in constructing Apartment house	Major defect types for each construction type are derived through defect case analysis, and the types of key management defects for each planning, design, and construction stage are selected in consideration of defect repair cost, defect difficulty, and tenant impact
Bae SI	2013	The Study on the Selection of Primary Management Objects for Defect Prevention of Finishing Works on Apartment House	Defects in finishing construction before moving in are analyzed by type, time, and type of construction to present influencing factors, and to propose focus management targets

2.2 국외 문헌고찰

해외에서도 공동주택의 수요가 늘어나며, 하자과 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있음을 확인하였다. 연구는 크게 공동주택에서 발생하는 하자의 우선순위와 인과관계 분석의 두 가지의 범주로 나눌 수 있었으며, Table 3과 같다.

Table 3. Research trends overseas

Author	Year	Topic	Main issue
Biel Sebastian	2019	Causes, Types and Evaluation of the Diminished Value of Components as a Result of Construction Defects in Housing	The main causes of defects occurring during construction are analyzed, and the effect on the decline in the value of houses is quantified through the analysis of the value of use.
Milion Raphael N	2021	CBA-Based Evaluation Method of the Impact of Defects in Residential Buildings: Assessing Risks towards Making Sustainable Decisions on Continuous Improvement Activities	A method of supporting defect priority decision-making was developed by utilizing defect cases, resident satisfaction, and defect repair costs.
Zima K	2019	The Concept of Method of Detecting and Analyzing Construction Defects in Residential Buildings	The criteria for determining defects were divided into management and construction causes, and key management targets were selected using case-based reasoning methods.
Pamera S & Gurnu A	2020	Framework for building defects and their identification technologies: case studies of domestic buildings in Melbourne, Australia	Through defect case analysis, the causal relationship between the type of defect and the cause was confirmed, and a framework was established.

먼저 공동주택 하자의 우선순위 분석과 관련된 국외의 연구를 살펴보면 하자 사례의 분석을 통해 주요 원인을 도출하고 있었다. 이후 Biel[13]은 사용 가치 분석으로 시공상의 하자가 주택의 가치하락에 미치는 영향을 정량화하고, Milion et al.[14]은 거주자 만족도, 하자 보수비용 등을 활용해 하자의 우선순위 의사결정 지원 방법을 개발하였다. 이러한 연구들은

비용적 측면을 중심으로 시공자와 거주자의 입장을 모두 고려하고 있었다.

다음으로 공동주택 하자의 인과관계 분석에 관한 연구를 살펴보면 Zima and Biel[15]은 공동주택에서 발생하는 하자의 판단 기준을 관리적·시공적 원인으로 나눈 후 사례기반추론 방법을 활용하여 중점관리대상을 선정하였다. 그리고 Pamera and Gurmu[16]는 하자의 유형과 원인의 인과관계를 확인한 후 프레임워크를 마련했다. 이처럼 국외의 경우 하자 사례 간의 상관관계를 분석함으로써 실효성 있는 중점관리대상을 선정하고 있었고, 하자를 직관적으로 판단하기 위해 발생원인의 인과관계를 파악하는 연구가 이루어졌다.

종합하면, 국내의 기존연구들은 창호공사의 시공 및 유지관리단계의 특성을 모두 반영한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 창호공사의 중점관리요소를 선정하는 과정에 시공단계에서 발생한 하자 원인의 중요도를 분석함으로써 창호공사의 시공단계 특성을 반영하고, 하자의 유형별 상대적 재발생 가능성에 기초한 유지관리의 중요도를 함께 고려해 시공자와 거주자의 입장을 모두 반영함으로써 기존의 연구보다 실증적으로 접근하며 실무에서의 활용도를 높일 것이다. 또한, 하자 유형과 원인의 인과관계를 파악해 직관적 판단이 가능한 시공단계의 유형별 중점관리요소를 선정함으로써 실효성 높은 하자관리 방안을 제시해 선행연구와 차별성을 부여할 것이다.

3. 창호공사 하자 분석

3.1 분석사례 개요

본 연구를 수행하기 위해 2개의 국내 건설사가 준공한 서울, 부산, 경상도 소재 6개 단지 6,858세대의 데이터를 수집하였다. 2016년 이후 준공되어 36개월 이내에 접수된 하자 데이터 20,100건을 활용하였으며, 현황은 Table 4와 같다.

Table 4. Analysis case overview

Complex	Number of Household	Defect Data Collection Period
A	1,384	2019. 08. 06~2020. 09(14 months)
B	1,531	2019. 07. 01~2020. 09(15 months)
C	988	2017. 10~2019. 06(21 months)
D	1,180	2018. 10~2020. 07(22 months)
E	707	2016. 07. 01~2020. 05(35 months)
F	1,068	2016. 09. 10~2020. 08(36 months)
Total	6,858	-

3.2 창호공사 하자 유형 분석

수집한 데이터를 바탕으로 창호공사에서 발생하는 하자의 유형을 분석하였다. 분석한 선행연구를 참고하여 6개 단지의 유형 분류 기준을 통합해 총 26가지의 하자 유형으로 분류하였으며, 전체 하자 중 발생빈도가 2% 이하인 유형은 분석대상에서 제외한 후 하자 발생빈도가 4% 이상인 개폐불량, 찍힘 및 긁힘, 고정불량, 코킹불량, 수직수평불량, 들뜸, 파손, 잠금불량의 8가지 유형에 대해 분석하였다.

하자발생의 영향요인을 시공단계와 유지관리단계로 구분하기 위해 준공일을 기준으로 월별 하자 발생빈도를 확인하였고, 준공 후 5개월(150일)이 되었을 때 그 빈도가 5% 이하로 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 5개월 이내에 발생한 하자는 시공단계의 원인에 영향을 받은 초기 하자로 판단했고, 5개월 이후는 유지관리단계의 영향이 작용해 발생한 하자로 분석하였다. 이후 150일을 기준으로 하자의 유형별 발생비율을 확인해 Table 5와 같이 정리하였다.

Table 5. Defect rate based on 150 days

Number	Defect type	Ratio	Before 150 days(α)	After 150 days(β)
①	Open and close defect	25.96%	41.54%	58.46%
②	Sticks and scratches	20.57%	77.51%	22.49%
③	Fixed defect	8.94%	57.57%	42.43%
④	Caulking defect	7.38%	61.05%	39.95%
⑤	Vertical and horizontal defect	5.19%	52.20%	47.80%
⑥	Lifted surface defect	4.85%	45.44%	54.56%
⑦	Breakage defect	4.66%	58.23%	41.77%
⑧	Locking defect	4.62%	58.51%	41.49%

3.3 창호공사 하자 원인 및 인과관계 분석

앞서 선정한 8가지 유형의 하자 내용을 확인하고 선행연구를 참고해 시공단계 원인을 분석했다. 도출한 하자 원인을 전문가 의견을 바탕으로 관리적 원인, 재료적 원인, 협력업체 시공능력 원인으로 범주화하였으며, 하자 유형과 원인의 인과관계를 분석하였을 때 Table 6과 같이 나타났다. 가장 많은 원인에 영향을 받는 유형은 개폐불량으로, 총 9가지의 원인이 영향을 미쳤다. 다음으로는 파손, 잠금불량이 7가지, 찍힘 및 굽힘, 고정불량, 코킹불량이 6가지, 마지막으로 수직수평불량, 들뜸이 5가지의 원인에 영향을 받은 것으로 분석되었다.

Table 6. Defect causes of window construction

Defect category	Defect cause	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Construction management causes	Excessive reduction of construction period			○	○	○			
	Poor management of the preceding process	○			○	○			
	Nonconformity in the selection of construction methods	○		○					
	Interference between different work	○	○		○	○	○	○	○
Material causes	Lack of education related to defects		○		○			○	
	Poor storage of incoming materials		○				○	○	○
	Insufficient material specification review	○		○					○
	Insufficient performance inspection prior to carry	○		○			○		○
Causes of construction capacity of subcontractors	Careless when transporting and lifting materials		○				○	○	○
	Noncompliance with design drawing	○		○		○			
	Poor protective measures after construction	○	○				○	○	○
	Lack of construction technology	○		○	○	○		○	○
	Lack of communication between workers	○	○		○			○	

4. 창호공사 중점관리요소 분석

4.1 설문조사 개요

창호공사의 시공단계 원인이 하자 발생에 영향을 미치는 정도와 하자의 유형별 하자 보수 후 재발생 가능성을 확인하기 위해 하자 유형의 분석과 시공단계의 하자 원인 및 인과관계 분석을 토대로 설문조사를 실시하였다. 종합건설업체 소속 현장관리자, CM 및 감리회사 소속 관리감독자, 전문건설업체 소속 기능공 등의 53명을 대상으로 설정하여, 2021년 08월 01일부터 2021년 08월 31일까지 1개월간 데이터 수집했고, 총 49명이 응답하였다. 이 중 10년 이상의 경력을 가진 전문가는 28

명, 10년 미만의 경력을 가진 전문가는 21명으로 10년 이상 경력자의 응답을 전체의 57.1% 확보함으로써 설문지의 신뢰성을 확보하였다. 본 설문지의 구성은 관리적 원인, 재료적 원인, 협력업체 시공능력 원인의 3가지 항목 및 이를 구성하는 13가지 원인의 하자 발생 영향 정도와 8가지 유형의 하자 보수 후 재발생 가능성을 확인하기 위해 각각 5점 척도를 기준으로 설문하였으며, 개요는 Table 7과 같다.

Table 7. Survey overview

Category	Content
Period	2021.08.01.~2021.08.31.(1 month)
Personnel	Survey personnel : 53 / Number of respondents : 49
Target	Managers, supervisors, and functional workers in construction sites
Method	Interview, Mobile survey

4.2 데이터 분석방법

설문조사를 통해 수집한 데이터를 바탕으로 창호공사의 중점관리요소를 도출하기 위해서는 항목 간의 상대적인 우위를 분석할 필요가 있다. 따라서 설문항목 간의 상대적 중요도 지수를 분석하기 위해 RII(Relative Important Index) 분석방법을 사용하였으며, 활용한 식 (1)은 다음과 같다.

$$RII = \frac{\Sigma(W \times n)}{A \times N} \tag{1}$$

W : 응답 척도 가중치(1~5점)

A : 응답 척도 가중치의 최댓값

n : 척도 가중치별 응답자 수

N : 총 응답자 수

식 (1)로 하자 원인이 속한 항목과 하자 원인의 상대적 중요도 a , b 그리고 유형별 상대적 하자 보수 후 재발생 가능성 c 를 산출하였다. 이후 하자 원인의 상대적 중요도(γ)와 하자 유형별 유지관리의 중요도(δ)를 산출하기 위해 RII 값 a , b , c 와 하자 발생빈도가 5% 이하로 떨어진 150일 이후의 하자 유형별 발생 비중 β 를 식 (2)와 (3)에 근거하여 계산했다. 그리고 중점관리 요소 선정에 위한 유형별 원인의 상대적 중요도(ϵ)를 산출하기 위해 150일 이전의 하자 유형별 발생 비중 α 와 γ , δ 그리고 Table 6의 하자 유형과 원인의 인과관계를 활용하였으며, 계산과정에 식 (4)를 이용하였다.

$$\gamma = a \times b \tag{2}$$

$$\delta = \beta \times c \tag{3}$$

$$\epsilon = (\alpha \times \delta) \times \gamma \text{(Considering the relationship between cause and type on Table 6)} \tag{4}$$

a : 하자 원인이 속한 항목의 RII

β : 150일 이후의 하자 유형별 발생 비중

b : 하자 원인의 RII

γ : 하자 원인의 상대적 중요도

c : 하자 보수 후 재발생 가능성

δ : 하자 유형별 유지관리의 중요도

α : 150일 이전의 하자 유형별 발생 비중

4.3 창호공사 하자 원인의 상대적 중요도

하자 원인에 관한 설문조사 데이터를 바탕으로 RII 분석을 실시해 항목과 원인의 RII(a, b) 값을 도출했다. 이후 하자 원인의 RII(b) 값을 보정하기 위해 원인이 속한 항목의 RII(a) 값을 가중함으로써 하자 원인의 상대적 중요도(γ)를 Table 8과 같이 산출하였다. 상대적 중요도가 가장 높은 원인은 공사 기간의 무리한 단축(0.6564)과 선행공정 관리 불량(0.6564)으로, 창호 공사는 골조 시공의 정밀도에 따라 시공의 난이도가 결정되므로 중요도가 가장 높은 것으로 분석되었다. 다음은 시공방법 선정의 부적합(0.6266), 시공기술의 부족(0.6140), 설계도서의 미준수(0.6075)로 하자발생에 직접적인 영향을 미치기 때문에 중요도가 높았다. 또한, 창호의 긴 존치 기간으로 인해 하자가 발생할 가능성이 존재하므로 시공 후 보양 미흡(0.5848), 반입 자재 보관 불량(0.5671), 하자 관련 교육 미비(0.5636), 작업자 간 의사소통 부족(0.5490), 타 공종 간의 간섭(0.5437) 순으로 중요도가 높게 산출되었다. 그리고 자재 및 재료의 규격 검토 부족(0.5206), 자재 운반 및 인양 시 부주의(0.5113), 반입 전 성능 검사 미비(0.5051)가 마지막으로 중요도가 높게 나타났다.

Table 8. Relative importance of defect causes

Defect category	RII (a)	Defect cause	RII (b)	Relative Importance (a×b = γ)	Rank
Construction management causes	0.8122	Excessive reduction of construction period	0.8082	0.6564	1
		Poor management of the preceding process	0.8082	0.6564	1
		Nonconformity in the selection of construction methods	0.7714	0.6266	3
		Interference between different work	0.6694	0.5437	10
		Lack of education related to defects	0.6939	0.5636	8
Material causes	0.7592	Poor storage of incoming materials	0.7469	0.5671	7
		Insufficient material specification review	0.6857	0.5206	11
		Insufficient performance inspection prior to carry	0.6653	0.5051	13
		Careless when transporting and lifting materials	0.6735	0.5113	12
Causes of construction capacity of subcontractors	0.7959	Noncompliance with design drawing	0.7633	0.6075	5
		Poor protective measures after construction	0.7347	0.5848	6
		Lack of construction technology	0.7714	0.6140	4
		Lack of communication between workers	0.6898	0.5490	9

4.4 창호공사 하자 유형별 유지관리의 중요도

하자 유형별 보수 후 재발생 가능성에 관한 설문결과를 바탕으로 RII 분석을 실시해 하자의 유형별 상대적 하자 재발생 가능성(c)을 산출하였다. 유지관리단계의 하자 재발생에 기초한 하자 유형별 유지관리의 중요도(δ)를 도출하기 위해 8가지 유형의 150일 이후 하자 발생빈도(β)에 하자의 유형별 상대적 하자 재발생 가능성(c)를 가중했고, 그 값은 Table 9와 같다.

Table 9. Importance of maintenance by defect type

Defect type	After 150 days (β)	Rank	Relative defect recurrence possibility(c)	Rank	Importance of maintenance ($\beta \times c = \delta$)	Rank
Open and close defect	58.46%	1	0.5918	1	0.3460	1
Sticks and scratches	22.49%	8	0.5551	5	0.1248	8
Fixed defect	42.43%	4	0.5592	4	0.2372	4
Caulking defect	38.95%	7	0.5551	5	0.2162	6
Vertical and horizontal defect	47.80%	3	0.5673	3	0.2712	3
Lifted surface defect	54.56%	2	0.5918	1	0.3229	2
Breakage defect	41.77%	5	0.5184	7	0.2165	5
Locking defect	41.49%	6	0.4612	8	0.1913	7

4.5 창호공사 시공단계의 중점관리요소 선정

하자 원인의 상대적 중요도와 유지관리의 중요도를 모두 고려한 창호공사 시공단계의 하자 유형별 중점관리요소를 선정하기 위해 준공 후 150일 이전에 발생한 하자의 유형별 빈도(α)에 하자 유형별 유지관리의 중요도(δ)를 가중하였다. 이 값($\alpha \times \delta$)을 Table 6을 참고하여 하자 유형과 인과관계를 지닌 하자 원인의 상대적 중요도(γ)에 가중해줌으로써 하자 유형별 원인의 상대적 중요도(ϵ)를 산출했다. 이후 유형별 원인의 상대적 중요도가 해당 유형의 평균값 이상인 원인에 대해 중점관리요소로 선정하였으며, 선정된 창호공사 시공단계의 하자 유형별 중점관리요소는 Table 10과 같다.

Table 10. Major factors of window construction

Defect cause	Importance considering both construction and maintenance($\alpha \times \gamma \times \delta = \epsilon$)							
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Excessive reduction of construction period			0.0897	0.0866	0.0929			
Poor management of the preceding process	0.0943			0.0866	0.0929			
Nonconformity in the selection of construction methods	0.0901		0.0856					
Interference between different work	0.0781	0.0526		0.0718	0.0770	0.0798	0.0686	0.0609
Lack of education related to defects		0.0545		0.0744			0.0711	
Poor storage of incoming materials		0.0549				0.0832	0.0715	0.0635
Insufficient material specification review	0.0748		0.0711					0.0583
Insufficient performance inspection prior to carry	0.0726		0.0690			0.0741		0.0566
Careless when transporting and lifting materials		0.0495				0.0750	0.0645	0.0572
Noncompliance with design drawing	0.0873		0.0830		0.0860			
Poor protective measures after construction	0.0840	0.0566				0.0858	0.0737	0.0655
Lack of construction technology	0.0882		0.0839	0.0810	0.0869		0.0774	0.0687
Lack of communication between workers	0.0789	0.0531		0.0725			0.0692	
Average	0.0832	0.0535	0.0804	0.0788	0.0871	0.0796	0.0708	0.0615

■ : Major factors

하자의 비중이 가장 높았던 개폐불량의 중점관리요소는 선행공정 관리 불량(0.0943), 시공방법 선정의 부적합(0.0901), 시공기술의 부족(0.0882), 설계도서의 미준수(0.0873), 시공 후 보양 미흡(0.0840)의 5가지 원인이 선정되었다. 개폐불량의 하자를 예방하기 위해서는 가장 먼저 설계도서를 충분히 이해·준수하고 시공 상세도를 작성하여 관리기준을 수립해야 한다. 이를 바탕으로 창틀 설치 전 개구부의 수직수평상태 및 여유 폭을 철저히 검토하고, 구조계산서 및 Mock-up 시공을 바탕으로 가장 적합한 고정방법을 선정한 후 창호공사 업체와의 긴밀한 협력을 통해 부족한 시공기술을 확보할 필요가 있다. 그리고 창호를 시공함과 동시에 철저한 보양 조치로 벽 및 바닥 시멘트 모르타르의 유입을 방지하고, 소요의 품질을 확보해야 할 것이다.

다음으로 찌힘 및 굽힘은 시공 후 보양 미흡(0.0566), 반입 자재 보관 불량(0.0549), 하자 관련 교육 미비(0.0545)가 중점관리요소로 선정되었다. 해당 하자를 예방함으로써 입주자의 미관상 만족도를 향상하기 위해서는 시공 후 철저히 보양하고, 반입된 자재가 인양·시공되기 전까지 손상되지 않도록 적절한 적재 장소를 선정해야 한다. 그리고 찌힘 및 굽힘을 미연에 방지하기 위해 창호공사 기능공을 포함한 현장 내 모든 인력을 대상으로 하자와 관련된 교육을 함으로써 하자에 대한 인식과 중요성을 높일 필요가 있다.

고정불량은 공사 기간의 무리한 단축(0.0897), 시공방법 선정의 부적합(0.0856), 시공기술의 부족(0.0839), 설계도서의 미준수(0.0830)가 중점관리요소로 분석되었다. 일반적으로 창호의 고정방법 선정 시 구조계산서 및 시방서를 바탕으로 선정하기 때문에 실제 시공과 차이가 발생할 가능성이 존재한다. 이에 따라 소요의 성능을 확실히 확보하기 위해 Mock-up 시

공 후 창호공사 업체와의 협의 과정을 거쳐 선정하며, 충분한 논의 기간을 확보하고 가장 적합한 방법을 선정할 필요가 있다. 또한, 이러한 과정을 통해 부족한 시공기술과 설계도서에 대한 이해도를 함께 향상해야 할 것이다.

코킹불량의 증점관리요소는 공사 기간의 무리한 단축(0.0866), 선행공정 관리 불량(0.0866), 시공기술의 부족(0.0810)이며, 코킹은 창호의 성능을 확보하기 위해 공사과정에 기밀시공을 요구하므로 소정의 품질을 확보하는 것이 중요하다. 따라서 공사 기간을 충분히 확보해 일괄시공하거나, 완전히 밀착될 때까지 충분한 방치 기간을 마련해야 할 것이다. 그리고 코킹이 시공되는 면의 품질을 확보한 후, 충분한 경력을 소유한 기능공에 의해 시공되어야 한다.

수직수평불량 유형의 증점관리대상은 공사 기간의 무리한 단축(0.0929), 선행공정 관리 불량(0.0929)이 선정되었다. 창호의 미관상 만족도와 구조적 안정성을 함께 감소시키는 창호의 수직수평불량은 창틀 고정 시 시공자의 능력에 따라 발생하기도 하지만 창호가 설치되는 골조의 상태가 더 큰 영향을 미친다. 따라서 여유 있는 공정계획으로 준비 기간을 충분히 확보한 후, 골조상태의 전수조사를 통해 창호가 설치되는 바탕의 품질을 철저히 높여야 할 것이다.

다음으로 들뜸은 시공 후 보양 미흡(0.0858), 반입 자재 보관 불량(0.0832), 타 공종의 간섭(0.0798), 파손은 시공기술의 부족(0.0774), 시공 후 보양 미흡(0.0737), 반입 자재 보관 불량(0.0715), 하자 관련 교육 미비(0.0711)가 증점관리요소로 선정되었다. 그러므로 창호공사 과정에 들뜸 및 파손이 발생하지 않도록 협력업체와 상의한 후 시공계획을 수립하고, 후속 공정의 영향을 최소화하기 위해 시공 후 철저히 보양해야 할 것이다. 또한, 찍힘 및 긁힘의 유형과 마찬가지로 자재 보관 중 하자가 발생하지 않도록 적절한 적재 장소를 설정하고, 하자 관련 교육을 철저히 해 타 공종에 의한 영향을 미연에 방지할 필요가 있다.

마지막으로 잠금불량은 시공기술의 부족(0.0687), 시공 후 보양 미흡(0.0655), 반입 자재 보관 불량(0.0635)이 증점관리요소로 선정되었다. 창호의 잠금불량 하자를 예방하기 위해서는 잠금장치 설치 시 요구하는 성능을 만족할 수 있도록 설치 기준을 마련해 시공기술의 영향을 최소화해야 한다. 그리고 자재 보관 중 또는 시공 후 잠금 기능의 저하가 발생하지 않도록 철저히 보양하고, 반입된 자재의 관리를 철저히 해야 할 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 유지관리단계의 하자 재발생을 고려한 창호공사 시공단계의 하자 유형별 증점관리요소를 선정하기 위해 공동주택 6개 단지, 6,858세대에서 수집한 준공 후 36개월 이내의 하자 데이터를 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

첫째, 수집한 하자 데이터의 유형 분류 기준을 통합한 후 하자 유형을 분석하였다. 이를 통해 창호공사의 하자는 시공단계의 영향을 더욱 많이 받는 것을 확인하였으며, 다양한 하자가 복합적으로 작용해 발생하고 있었다. 또한, 개폐 빈도가 잦은 창호의 특성을 고려해 유지관리단계의 중요도를 함께 고려할 필요가 나타났다.

둘째, 시공단계 하자 원인의 상대적 중요도를 산출한 후 종합하였을 때, 관리적 원인의 중요도가 가장 높았다. 이는 창호공사의 특성상 골조의 품질에 따라 기밀시공의 난이도가 결정되고, 고정방법 및 인양방법 등의 선정에 따라 창호의 품질이 변화하기 때문으로 판단된다. 이를 통해 현장관리자의 업무 난이도를 경감시키고 하자 보수 후 재발생률을 낮추기 위한 증점관리요소의 선정 과정이 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 창호공사의 하자 데이터와 설문조사 분석 결과를 바탕으로 창호공사의 하자 발생에 영향을 미치는 13개의 원인 중 총 9가지의 원인을 증점관리대상으로 선정하였다. 이를 바탕으로 현장을 효율적으로 관리하기 위해서는 여유 있는 공정계획을 통해 시공방법의 검토 시간과 공사 완료 후의 품질을 확보해야 할 것이다. 그리고 시공 상세도를 바탕으로 관리기준을 수립한 후 품질관리를 철저히 수행해야 하며, 충분한 공사 기간을 확보해 Mock-up 시공을 실시한 후 협력업체와 상의해 가장 적합한 공법을 선정해야 할 것으로 판단된다.

고효율 주택의 수요가 늘어남에 따라 창호공사의 비중이 증가하는 만큼 본 연구에서 제시한 증점관리요소를 현장관리에 활용한다면 창호공사의 시공 계획단계에서 시공 시 간섭 및 유의사항, 재료의 규격 및 골조 계획 등을 고려해 확실한 관리기

준을 확보함으로써 하자 예방이 가능하다. 그리고 시공 관리 시 중점관리요소 기반의 체크리스트 작성으로 현장관리자의 업무를 경감하고, 업무 범위 및 관점의 통일로 협력업체와의 소통을 강화해 소정의 품질을 확보할 수 있다. 또한, 하자 재발생에 기초한 유지관리단계의 중요도도 함께 고려하였으므로 입주자의 만족도를 향상하고 유지관리 비용의 저감을 기대할 수 있다. 그뿐만 아니라 향후 기획·설계단계를 포함해 건축의 전 과정을 고려한 중점관리요소를 선정한다면 실효성 높은 각 단계의 업무 개선 및 하자 예방 방안을 마련할 수 있을 것이다. 궁극적으로 창호공사에서 발생할 가능성이 있는 하자의 대책에 관한 연구를 진행해 고품질의 거주환경을 제공하고, 공동주택 하자관리 프로세스의 완성도를 높임과 동시에 건설산업의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

요약

최근 에너지절약형 친환경주택의 건설기준 강화에 따라 고효율 주택의 수요가 증가하며, 창호공사의 비중이 함께 증가하고 있다. 창호는 사용빈도가 높고, 시공 시 특성에 따라 많은 하자가 발생할 가능성이 존재한다. 정부 기관이 공공임대주택에서 발생한 하자 민원을 조사한 바에 따르면, 접수된 민원 중 창호공사의 하자가 가장 높은 비중을 차지하고 있었다. 이에 따라 관련 선행연구를 고찰해보았고, 국내의 기존연구들은 창호공사의 시공 특성과 유지관리의 중요성을 반영한 연구가 부족한 실정이었다. 또한, 기존의 국외 연구들은 비용적 측면을 함께 고려해 시공자와 거주자의 입장을 모두 고려하였으며, 하자 와 원인의 관계를 구조화하기 위한 움직임을 보여주었다.

따라서 본 연구는 창호공사의 시공단계에서 발생하는 원인을 분석해 시공 특성을 반영하고, 하자 보수 후 재발생 가능성에 기초한 유지관리의 중요성을 함께 고려해 중점관리요소를 도출할 것이다. 또한, 궁극적으로 하자 유형과 원인의 인과관계를 분석해 직관적 판단이 가능한 하자 유형별 중점관리요소를 선정함으로써 실효성 높은 하자관리 방안을 제시해 시공단계 하자를 예방하고 유지관리 비용을 저감하는 데 기여할 것이다.

키워드 : 공동주택, 창호공사, 하자 분석, 하자 유형, 하자 원인, 중점관리요소


Funding

Not applicable


Acknowledgement


This study was conducted with the support of the Korea Research Foundation and funded by the Ministry of Science and Technology Information and Communication in 2019(No. NRF-2019R1F1A1060246).

ORCID

U Jin Jeong,  <https://orcid.org/0000-0001-9235-4567>

Dae Young Kim,  <https://orcid.org/0000-0003-3186-826X>

Jeeyoung Lim,  <https://orcid.org/0000-0002-2606-7831>

Hyun Jung Park,  <https://orcid.org/0000-0002-2929-4597>

References

1. Energy Saving Design Standards for Buildings [Internet]. Sejong: Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2008 - [cited 2021 Aug 24]. Available from: <https://www.law.go.kr/>
2. Korea Specialty contractors association. Statistical survey of professional construction industry. Seoul (Korea): Korea Specialty contractors association; 2019. 66 p.
3. Korea Land and Housing Corporation Construction Management Office. Construction Supervision Handbook. 1st ed. Seoul: construction books; c2013. Space construction 3, Window construction; p. 264-319.
4. Lim SH. National audit correction and processing results evaluation report No. 25. Seoul (Korea): National Assembly Research Service; 2016 Sep. 40 p. Report No.: ISSN 2508-4240.
5. Moon SD, Chung JM, Ock JH. Analysis of the Causes of Defects in Fenestration Construction and Their Impacts on Construction Quality - Focused on Door Hardware -. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2013 Aug;13(4):341-50. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2013.13.4.341>
6. Lee HH, Park SH, Lim JH, Song SY. Case study on the diagnosis and repair for window condensation problems in apartment building. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*. 2015 Apr;31(4):229-37. https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2015.31.4.229
7. Lim IH. A study on the analysis of major defect types and improvement methods of aluminum window and door construction [master's thesis]. [Daejeon (Korea)]: Chungnam National University; 2020. 51 p.
8. Shin JS. Defects in diferent phases of multi-unit dwellings' woden window works and improvement plans-Focusing on defects in phases of raw materials, production, execution of work and management before and after moving in- [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Chung-Ang University; 2017. 69 p.
9. Lee GW. A study on countermeasure and analysis defect factor of constructionin apartment housing [master's thesis]. [Chuncheon (Korea)]: Kangwon National University; 2015. 112 p.
10. Kang JG, Yoon SH. A study on the cause and prevention of defects in apartment house through case studies. *Journal of Next-generation Convergence Technology Association*. 2019 Jun;3(2):76-87. <https://doi.org/10.33097/JNCTA.2019.03.02.76>
11. Lee DH, Shin UJ, Suh HS, Ahn YS. A study on the selection of primary management objects in life-cycle phases through analyzing the case of defect in constructing apartment house. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*. 2012 Jun;14(2):201-8.
12. Bae SI, Shin UJ, Ahn YS. The Study on the Selection of Primary Management Objects for Defect Prevention of Finishing Works on Apartment House. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*. 2013 Jun;15(3):179-86.
13. Biel, Sebastian. Causes, Types and evaluation of the diminished value of components as a result of construction defects in housing. *World of Real Estate Journal*. 2019;109(3):23-38. <https://doi.org/10.14659/worej.2019.109.02>
14. Milion RN, Alves TDCL, Paliari JC, Liboni LHB. CBA-Based evaluation method of the impact of defects in residential buildings: assessing risks towards making sustainable decisions on continuous improvement activities. *Sustainability*. 2021 Jun;13(12):6597. <https://doi.org/10.3390/su13126597>
15. Zima K, Biel S. the concept of method of detecting and analyzing construction defects in residential buildings. *Archives of Civil Engineering*. 2019;65(4):81-95. <https://doi.org/10.2478/ace-2019-0048>
16. Pamera S, Gurm A. Framework for building defects and their identification technologies: case studies of domestic buildings in Melbourne, Australia. *The 54th International Conference of the Architectural Science Association*. 2020 Nov 25-28; Auckland, New Zealand. Adelaide (Australia): Architectural Science Association (ANZAScA); 2021 p. 501-10.