

Research Paper

공동주택 타일공사의 하자 유형 분석 및 저감 대책에 관한 연구

A Study on Analysis of Defect Types and Measures for Reduction of Tile Construction for Apartment Houses

박현정¹ · 엄용빈² · 정우진³ · 김대영^{4*}

Park, Hyun Jung¹ · Eom, Yong Been² · Jeong, U Jin³ · Kim, Dae Young^{4*}

¹Professor, Department of Architectural Engineering, Silla University, Sasang-Gu, Busan, 46958, Korea

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

³Master's Course, Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjung-Gu, Busan, 46241, Korea

⁴Associate Professor, Department of Architectural Engineering, Pusan National University, Geumjung-Gu, Busan, 46241, Korea

*Corresponding author

Kim, Dae Young
Tel : 82-51-510-7633
E-mail :
dykim2017@pusan.ac.kr

ABSTRACT

As the domestic housing supply problem has been resolved, the apartment construction market has shifted to a consumer-oriented market that wants high quality, and in particular, expectations in the area of finishing quality have increased. Looking at the status of complaints regarding apartment housing defects supplied by Korea Land and Housing Corporation, tile-related complaints are the type occurring the most frequently. While the Ministry of Land, Infrastructure and Transport(MOLIT) is making an ongoing effort to reduce complaints related to defects, through approaches such as drafting amendments to 「Investigation of defects in apartment houses, calculation of repair costs, and standards for determining defects」, the provision of preventive measures has been insufficient. In addition, by reviewing studies, there has been insufficient research to construct a classification system after deriving the characteristics of each type using the qualitative knowledge of experts, various quantitative indicators, and suggesting measures for reduction according to the causes of each type. Therefore, this study will reflect qualitative indicators to use the AHP analysis that makes it easy to identify the relationship between defects by surveying construction experts. Then, by visualizing the weight of 'Possibility of recurrence after repair,' 'Degree of difficulty in repairing defects' and 'Fault frequency' using a radial graph, we will analyze the characteristics of each type of tile construction defect and establish measures for reduction according to the cause. This will improve the quality of the living environment and contribute to the establishment of a system for smooth defect management and reduction of defects in apartment tile construction.

Keywords : apartment, tile construction, defect analysis, analytic hierarchy process, radial graph

Received : November 23, 2021

Revised : December 2, 2021

Accepted : December 3, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 주택시장은 정부의 지속적인 주택공급 확대 정책에 따라 1970년대 이후로 양적 성장을 거듭했다. 이후 주택 부족 문제가 해소됨에 따라 소비자들의 인식은 점차 높아졌고, 주택시장의 판도는 질적 성장을 추구하는 시장으로 변화되었다[1]. 이로 인해 쾌적하고 편리한 실내 환경의 관심이 급증하였고, 마감공사에 대한 거주자의 기대가 높아졌다[2,3]. 그러나 마감공사의



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.

경우 마감한 면이 노출되어 있으므로 다른 공종에 비해 하자를 쉽게 식별할 수 있어 상대적으로 많은 민원이 발생하고 있다[4].

한국토지주택공사에서 공급한 공동주택 하자 민원 발생 접수 현황에 따르면, 2016년부터 2019년까지 접수된 연평균 9000건의 하자 민원 중 마감 관련 공사가 전체의 54.8%를 차지하였으며, 그중 타일공사 관련 민원이 28.2%로 가장 높은 비중을 차지하였다[5]. 이에 국토교통부는 입주민 권익 보호와 주택 품질 제고를 위해 하자심사분쟁조정위원회의 심사 및 법원 판례를 기초로 「공동주택 하자의 조사, 보수 비용 산정 및 하자판정기준」 개정안을 입안했고, 기존 31개의 하자판정기준 중 타일 등 12개의 하자판정 인정 범위를 확대하여 반복적인 하자의 조사 및 판단 기준을 개선하였다[6].

이처럼 정부에서는 하자 저감에 대한 노력의 일환으로 하자판정기준을 개선하는 등 지속적인 개정안을 입안하고 있으나, 하자의 사후적 처리에 집중하고 있으며, 하자를 예방하기 위한 근본적인 대책 마련은 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 공동주택의 마감공사 중 하자 발생빈도가 가장 높은 타일공사의 하자 유형을 분석하고 유형별 원인에 따른 대책을 도출함으로써, 궁극적으로 공동주택 타일공사의 원활한 하자 관리를 위한 시스템 구축의 기초자료 마련을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 타일공사 하자 유형을 정확히 분류하고 분석하기 위해 2015년 이후 준공된 3개의 아파트 브랜드를 대상으로 하자 접수 데이터를 수집하였으며, 타일공사의 하자 데이터 16,416건을 활용하였다. 또한, 하자는 유형마다 다양한 원인으로 발생하며, 복합적인 성격을 갖고 있기 때문에 하자 발생빈도라는 정량적인 수치 이외에도 두 가지의 정성적인 지표를 함께 고려하였다. 이에 대한 연구의 방법은 다음과 같으며, 연구의 흐름은 Figure 1과 같다.

첫째, 국내의 마감 및 타일공사의 하자에 관한 연구와 국외의 하자에 관한 연구의 동향을 분석하고 본 연구의 필요성을 제시한다.

둘째, 타일공사 하자 데이터를 5가지의 유형으로 분류하고 정량적 지표인 ‘하자 발생빈도’를 파악한다.

셋째, 전문가를 대상으로 설문조사를 실시한 후 AHP 분석을 통해 두 가지 정성적 지표인 ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자보수의 어려움 정도’에 대한 타일공사의 하자 유형별 가중치를 도출한다.

넷째, 5개의 타일공사 하자 유형을 꼭짓점으로 하여 ‘하자 발생빈도’, ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자보수의 어려움 정도’를 방사형 그래프로 표현해 하자의 유형별 특징을 시각화하고, 이를 분석한 후 원인에 따른 하자 저감 대책을 수립한다.

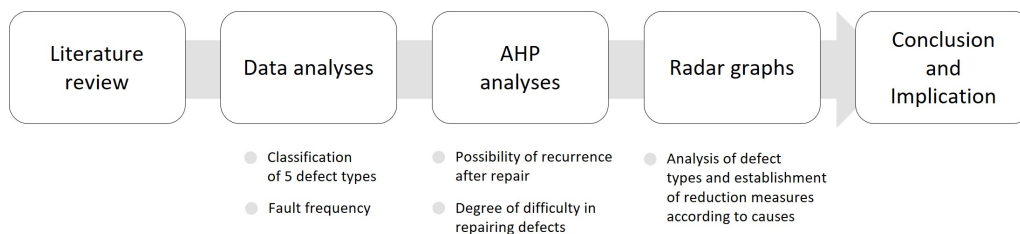


Figure 1. Research framework

2. 공동주택 하자 및 타일공사 관련 문헌 고찰

2.1 최근 국내 문헌고찰

공동주택의 마감공사는 다양한 자재가 활용되고 공정이 복합적으로 이루어져 많은 하자가 발생하는 대표적인 공종으로, 마감공사의 하자 저감을 위한 연구가 활발히 이루어지고 있었다[7-9]. Lee et al.[7]는 마감공사의 시공 단계에서 품질점검

전·후에 사용 가능한 하자 예방 정보관리 프레임 워크를 구축하여 품질의 편차를 최소화하는 방안을 제시하였다. 하지만 하자 관련 정보 베이스를 하자 발생빈도 위주로 구성하여 다양한 지표들을 반영하지 않았다는 한계가 있었다. 한편, Lee and Seo[8], Baek[9]의 연구는 마감공사의 하자 실태를 파악한 후 각각 하자 보증기간, 하자 보수금액 등 정량적 지표에 근거하여 이들 간의 연관성을 분석하고 적절성을 평가하였으나, 건설 전문가의 의견이 반영된 정성적 지표를 고려하지 않았다는 한계가 존재하였다.

다음으로 타일공사는 하자 저감을 위해 시공부위별 설치 장소, 바탕 및 양생 조건, 진동 등 다양한 요소를 고려하여 적정 공법과 자재를 선정해야 하며, 이와 관련된 연구가 다양하게 진행되었다. 기존연구들은 주로 타일의 재료, 접착제 등 재료의 측면에서 불안전 요소를 파악한 후, 성능 개선을 위한 방안을 제시하고 있었다[10-12]. Lee[10]는 타일공사의 다양한 하자 유형 중 파손에 집중하여 원인별 실험을 통해 품질 관리 측면에서 세라믹 타일의 대표적인 문제점을 도출하였다. 반면 Lee[11], Hwang et al.[12]은 접착제의 부착성능을 향상하기 위해 다양한 조건에서 에폭시 수지, 시멘트 모르타르에 대해 실험하며 품질특성, 부착성능 등을 평가하고 분석하였다. 하지만 이러한 연구들은 타일공의 숙련도, 타 공종 및 구조적인 문제 등 타일공사의 하자 발생에 미치는 여러 가지 영향을 고려하지 못했다는 한계가 있었다. 이와 관련된 국내 주요 연구 현황은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Research Trends in the Domestic

	Author	Year	Topic	Main Issue
	Lee HR	2017	Nexus based Quality Inspection Support Model for Defect Prevention of Architectural Finishing Works	A method for retrieving information on quality inspection and defect prevention that can be used before or when performing quality inspection on site is suggested.
Studies on defects in finishing construction	Lee UK	2017	Study on the Defects of Finishing Works of Apartment Houses during Warranty Liability Period and its Correlation	Among the defects of apartment houses, the actual condition of defects in the finishing construction with the highest number of defect complaints was identified, the adequacy of the defect repair period was evaluated, and the correlation was analyzed.
	Baek HY	2020	Selection of Primary Management Objects for Defect Prevention of Office Building Finishing Work	Based on the contents of defects that occurred in the finishing work before the use stage after the completion of the business facilities, the main management targets for each type of work that can be used to prevent defects were derived.
Studies on the prevention of defects in tile construction	Lee YO	2015	A Story on Cause and Improvement of Side-failure of Ceramic Tile	Through comparison and analysis of single-fired products and double-fired products, the unsafe factors and characteristics of ceramic tiles were studied to derive the causes of lateral damage and suggested improvement measures.
	Lee SY	2019	Evaluation of Tile Adhesive Characteristics by Injection of Bisphenol Epoxy Resin	After examining the permeability of the epoxy resin adhesive and confirming the basic performance, the evaluation of the adhesion performance and the applicability of the penetration reinforcement were reviewed.
	Hwang YS	2021	Sensory Evaluation of Quality and Constructability of Cement Mortar for Tile Direct Setting Method Depending on Mix Proportions	In order to examine tile defects in terms of material, an appropriate mixing ratio was suggested by evaluating the quality characteristics and workability according to the mass ratio of cement and fine aggregates in the pasting mortar.

2.2 최근 국외 문헌고찰

해외에서는 주로 하자 저감 및 관리 시스템을 구축하기 위해 하자과 관련된 지표를 도출한 후, 저감 대책을 수립하는 연구가 활발히 진행되고 있었다[13-15]. Aljassmi[13]는 건설 전문가에게 설문조사를 실시하여 하자의 대표적인 원인 및 발생 메커니즘을 분석한 후, 품질 개선을 위한 대책을 마련하였으며, Tayeh et al.[14]는 건설 전문가의 정성적 평가를 반영하여 자재, 건설 장비, 시공 관리 등 하자 발생에 영향을 미치는 유형을 도출하고, 하자 저감을 위한 대책을 제시하였다. 마지막으로 Fan[15]은 하자과 품질 수준, 계약 금액, 프로젝트 범주 및 진행 상황 간의 복합적인 관계를 파악한 후, 품질 및 시공 관리 시스템을 제시하여 하자를 저감하고자 하였다. 이에 관한 연구 현황은 Table 2와 같다.

Table 2. Research Trends in the Overseas

	Author	Year	Topic	Main Issue
Studies on defects in construction	Aljassmi HA	2013	Analysis of the Complex Mechanisms of Defect Generation in Construction Projects	To develop the analytical understanding of the complex mechanisms of defect generation so as to identify and quantify defects' most influential root causes, and accordingly develop effective defect prevention strategies.
	Tayeh BA	2020	Factors affecting defects occurrence in the construction stage of residential buildings in Gaza Strip	To identify and rank the factors affecting the defects occurrence in the construction stage of the residential buildings in Gaza Strip.
	Fan CL	2021	Data mining model for predicting the quality level and classification of construction projects	A data mining algorithm was used to analyze the relationships between defects, quality levels, contract sums, project categories, and progress in 1,015 inspection projects.

종합하면, 국내의 기존연구들은 하자과 지표 간의 연관성을 분석하여 하자 저감을 위한 연구를 진행하였으나, 정량적인 지표를 주로 활용하여 저감 대책 및 하자 예방모델을 구축 진행하였으며, 특정 측면에만 집중해 다양한 지표를 고려하지 못하는 실정이었다. 한편, 국외 연구에서는 전문가의 정성적인 지표를 반영해 하자를 분석한 후, 유형별 원인에 따른 대책을 제시하는 연구가 이루어졌다.

따라서 본 연구는 하자가 다양한 원인으로 발생하며, 유형별 특징 또한 다차원적이라는 점을 고려하여, 광범위한 타일공사 하자를 분류하고, 발생 건수 및 빈도 등 객관적으로 입증하여 신뢰도를 높일 수 있는 정량적 평가 방법과 전문가의 가치 판단을 통해 하자과 관련된 성질이나 정도 등을 도출할 수 있는 정성적 평가 방법을 함께 사용할 것이다. 즉, 정량적 지표인 ‘하자 발생빈도’와 전문가의 정성적인 지식을 반영한 AHP(Analytic Hierarchy Process) 분석 기법을 통해 ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자 보수의 어려움 정도’의 가중치를 도출하여 종합하고, 하나의 체계적인 형태로 다양한 지표와 하자 유형 간의 관계를 파악할 것이다. 또한, 도출된 데이터를 기반으로 5개의 타일공사 하자 유형을 꼭짓점으로 하여 방사형 그래프로 시각화함으로써 하자 유형을 분석할 것이며, 타일공사 하자를 예방하기 위해 유형별 원인에 따른 저감 대책을 수립해 기존 국내 연구와의 차별성을 확보할 것이다.

3. 타일공사 하자 사례분석

3.1 분석사례 개요

타일공사 하자 유형을 정확히 분석하기 위해 2015년 이후 준공된 3개의 아파트 브랜드를 대상으로 하자 데이터 171,370건을 수집하였다. 전체 하자 데이터 중에서 마감공사의 하자가 86,254건으로 전체 하자의 50.34%를 차지하고 있었으며, 마감공사의 하자 중 타일공사의 하자가 16,416건(20.62%)으로 가장 높은 비중을 차지하였다.

3.2 하자 유형별 건수 및 빈도 분석

하자 데이터를 바탕으로 타일공사 하자 유형을 분류하여 유형별 발생 건수 및 빈도를 분석하였으며, 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 3. Analysis of the number and frequency of tile construction defects by type

	Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color
Number of cases	2850	4893	6420	1127	1126
Frequency	0.173	0.298	0.391	0.069	0.069
Ranking	3	2	1	4	5

하자 발생빈도를 살펴보면, 균열 및 파손이 6,420건(0.391)으로 전체 타일공사에서 하자가 가장 많이 발생한 하자 유형으로 분석되었다. 다음으로는 줄눈불량 4,893건(0.298), 구배불량 2,850건(0.173)을 차지했으며, 들뜸 및 탈락, 오염 및 이색의 경우 각각 1,127건(0.069), 1,126건(0.069)으로 하자 발생빈도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 타일공사 하자는 욕실, 현관, 주방, 베란다, 다용도실 등 다양한 공간에서 발생하였으나 욕실에서 발생한 하자가 가장 많았으며, 타일에 금이 가거나 깨지는 균열 및 파손, 시공 시의 줄눈 나누기 불량과 물고임, 역구배 등의 구배불량이 주된 하자 유형이었다.

4. 전문가 설문조사

4.1 전문가 설문조사 개요

하자 보수 후 재발 가능성, 하자 보수의 어려움 정도를 도출하기 위해 2021년 8월 17일부터 2021년 9월 10일까지 시공회사, CM 및 감리회사에 근무하는 건설 전문가들을 대상으로 설문조사를 진행하였다. 설문에 응답한 인원 중 3년 미만 경력의 전문가는 2명, 5-10년 이상 경력의 전문가는 3명, 10년 이상 경력의 전문가는 23명이었으며, AHP 분석에서 요구되는 일관성검증지수(Consistency Index, 이하 CI)¹⁾를 충족시키기 위해 회수된 28부 중 일관성이 결여된 설문지는 분석대상에서 제외 후 유효한 23부만을 분석해 설문의 신뢰도를 확보하였다. 또한, 9점 척도 및 기하평균을 사용해 극단적 평가를 예방하고자 하였으며, 이에 관한 설문조사 개요는 Table 4와 같다.

Table 4. Summary of survey

Item	Build a database
Period	2021.08.17.~2021.09.10.
Personnel	Number of participants : 28 Number of analyses : 23
Target	Construction, CM, Inspection Company
Contents	Relative evaluation of defect types in tile construction(AHP, 9 point scale)
Method	Online survey, E-mail, Fax survey

4.2 AHP 계층 구조

다양한 지표와 하자 유형 간의 관계를 복합적으로 살피기 위해 하자과 관련된 성질이나 정도 등 정성적인 가치 판단을 요

1) 응답에 있어서 논리적 모순을 검증하는 지표로써, 일관성 검증 지수가 0.1 이하이면 일관성을 가지고 비교한 것으로 판단한다.

하는 지표를 도출한 후, 건설 전문가가 이를 평가하게 하고자 하였다. 이를 위해 문헌 조사를 실시하여, 하자 보수 후 동일한 하자가 재발하는 상대적인 가능성을 뜻하는 ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 하자 보수 시 요구되는 인력, 비용, 시공의 난이도에 대한 상대적인 정도를 뜻하는 ‘하자 보수의 어려움 정도’라는 2개의 상위 계층 각각에 5개의 타일공사 하자 유형을 하위 계층으로 한 AHP 계층 구조를 구성하였으며, 이는 Figure 2와 같다.

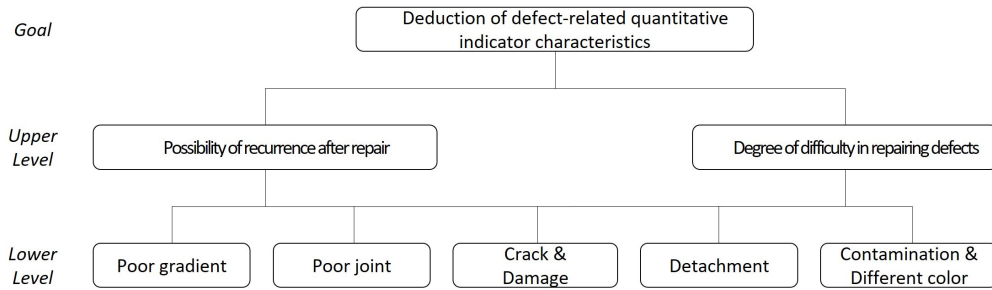


Figure 2. AHP hierarchy

4.3 상위 계층 분석

상위 계층은 ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 ‘하자 보수의 어려움 정도’로 구성되며, 건설 전문가들에게 타일공사 하자와 관련해 두 지표 간 상대적인 리스크를 평가하도록 하였다. 이에 대한 기준 행렬은 Table 5와 같으며, 각 요소별 가중치 및 순위는 Table 6와 같다.

Table 5. Upper Level(reference matrix)

	Possibility of recurrence after repair	Degree of difficulty in repairing defects
Possibility of recurrence after repair	1	0.883
Degree of difficulty in repairing defects	1.132	1

Table 6. Estimation of weighting of each element

	Possibility of recurrence after repair	Degree of difficulty in repairing defects
Weight	0.469	0.531
Ranking	2	1

상위 계층 분석 결과, 하자 보수의 어려움 정도 0.531, 하자 보수 후 재발 가능성 0.469으로 건설 전문가들은 보수 자체가 어려운 하자가 보수 후에도 지속적으로 발생하는 하자보다 리스크가 크다고 평가하였다.

4.4 하위 계층 분석_하자 보수 후 재발 가능성

하자 보수 후 재발 가능성은 하자 보수 후 동일한 하자가 반복적으로 일어나는 상대적인 가능성을 의미하며, 보수 관련 민원의 재발 가능성을 포함한다. 이에 대한 기준 행렬은 Table 7와 같으며, 하자 유형별 가중치 및 순위는 Table 8과 같다.

Table 7. Possibility of recurrence after repair(reference matrix)

	Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color
Poor gradient	1	1.225	0.695	0.728	1.126
Poor joint	0.816	1	0.367	0.360	0.504
Crack & Damage	1.438	2.726	1	1.059	2.171
Detachment	1.374	2.774	0.944	1	1.998
Contamination & Different color	0.888	1.986	0.461	0.501	1

Table 8. Estimation of weighting of each element

	Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color
Weight	0.175	0.106	0.288	0.275	0.157
Ranking	3	5	1	2	4

분석 결과, ‘균열 및 파손’ 0.288로 가장 높게 분석되었으며 ‘들뜸 및 탈락’ 0.275, ‘구배불량’ 0.175, ‘오염 및 이색’ 0.157, ‘줄눈불량’ 0.106 순으로 나타났다.

‘들뜸 및 탈락’의 경우 하자 발생빈도는 다른 유형에 비해 낮았으나, 하자 보수 후 재발 가능성은 ‘균열 및 파손’과 비슷한 0.275로 높은 가중치를 차지하였다. ‘줄눈불량’의 경우 하자 발생빈도가 상대적으로 높은 것으로 분석됐으나, 하자 보수 후 재발 가능성은 0.106으로 가장 낮은 것으로 분석되어 두 하자 유형이 상반되는 것으로 분석되었다.

4.5 하위 계층 분석_하자 보수의 어려움 정도

하자 보수의 어려움 정도는 하자 보수 시 요구되는 인력과 재료 및 장비 투입 비용, 시공의 난이도에 대한 상대적인 정도를 말한다. 이에 대한 전문가 설문조사 결과에 대한 기준 행렬은 Table 9과 같으며, 하자 유형별 가중치 및 순위는 Table 10과 같다.

Table 9. Degree of difficulty in repairing defects(reference matrix)

	Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color
Poor gradient	1	3.604	3.270	3.255	3.675
Poor joint	0.277	1	0.448	0.374	0.415
Crack & Damage	0.306	2.234	1	1.797	2.982
Detachment	0.307	2.670	0.556	1	3.151
Contamination & Different color	0.272	2.408	0.335	0.317	1

Table 10. Estimation of weighting of each element

	Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color
Weight	0.432	0.077	0.208	0.179	0.105
Ranking	1	5	2	3	4

분석 결과, ‘구배불량’이 0.432로 가장 높게 분석되었으며, ‘균열 및 파손’ 0.208, ‘들뜸 및 탈락’ 0.179, ‘오염 및 이색’ 0.105, ‘줄눈불량’ 0.077 순으로 나타났다.

0.432로 전체 가중치 중 가장 높은 비율을 차지하는 ‘구배불량’은 구배 조정이 가능한 타일 면의 범위가 시시각각 달라지며 심각한 경우 구배 조정을 위해 기존의 타일을 모두 철거해야 할 위험성이 존재하는 하자로서, 보수 비용이 높을 뿐만 아니라 공사에 따른 방수층의 훼손 발생 가능성이 있으므로 하자 보수의 어려움 정도가 가장 큰 것으로 분석되었다.

4.6 하자 유형의 최종 가중치 산정

상위 계층의 가중치를 5개의 타일공사 하자 유형 가중치에 반영하기 위해 상위 계층별 가중치와 하위 계층 내 가중치를 각각 곱하여 ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 ‘하자 보수의 어려움 정도’ 내의 하자 유형별 가중치를 산정한 후 합계를 나타내었으며, 이는 Table 11과 같다.

Table 11. Comprehensive table by type of tile construction defect

	Possibility of recurrence after repair(a)	Degree of difficulty in repairing defects(b)	Weight Sum (a+b)
Poor gradient	0.082(3)	0.229(1)	0.331(1)
Poor joint	0.050(5)	0.041(5)	0.091(5)
Crack & Damage	0.135(1)	0.110(2)	0.245(2)
Detachment	0.129(2)	0.095(3)	0.224(3)
Contamination & Different color	0.074(4)	0.056(4)	0.130(4)

‘구배불량’은 하자 보수 후 재발 가능성 0.082(3)과 하자 보수의 어려움 정도 0.229(1)의 합이 0.331로 1위를 차지하였다. ‘균열 및 파손’은 하자 보수 후 재발 가능성 0.135(1)과 하자 보수의 어려움 정도 0.110(2)의 합 0.245로 2위를, ‘들뜸 및 탈락’은 하자 보수 후 재발 가능성 0.129(2)와 하자 보수의 어려움 정도 0.095(3)의 합 0.224로 3위, ‘오염 및 이색’은 하자 보수 후 재발 가능성 0.074(4)와 하자 보수의 어려움 정도 0.056(4)의 합 0.130로 4위, 마지막으로 ‘줄눈불량’은 하자 보수 후 재발 가능성 0.050(5)와 하자 보수의 어려움 정도 0.041(5)의 합 0.091로 5위를 차지하였다.

5. 타일공사 하자 유형 종합 분석 및 저감 대책

5.1 정량적 지표와 정성적 지표 종합 분석

AHP 분석을 통해 도출한 ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 ‘하자 보수의 어려움 정도’의 가중치를 정규화 과정을 거쳐 각 지표별 하자 유형의 가중치 합계를 1로 조정했다. 이후 ‘하자 발생빈도’를 포함한 총 3가지 지표 각각의 기하평균 값을 기준으로 타일공사의 하자 유형을 비교·분석하였으며, 결과는 테이블은 Table 12와 같다.

Table 12. Comprehensive table of quantitative and qualitative indicators

		Poor gradient	Poor joint	Crack & Damage	Detachment	Contamination & Different color	Sum	Geometric mean
A	Fault frequency	0.173(3)	0.298(2)	0.391(1)	0.069(4)	0.069(4)	1	0.157
B ₁	Possibility of recurrence after repair	0.174(3)	0.106(5)	0.287(1)	0.274(2)	0.157(4)	1	0.187
B ₂	Degree of difficulty in repairing defects	0.431(1)	0.077(5)	0.207(2)	0.179(3)	0.105(4)	1	0.167

* A=Quantitative indicator * B_{1,2}=Qualitative Indicators : > Geometric mean

‘균열 및 파손’은 하자 발생빈도 0.391(1), 하자 보수 후 재발 가능성 0.287(1), 하자 보수의 어려움 정도 0.207(2)로 세 가지 지표 모두가 기하평균 값보다 높았다. ‘구배불량’은 하자 보수 후 재발 가능성은 0.174(3)로 낮았으나, 하자 발생빈도는 0.173(3)로 높았으며, 특히 하자 보수의 어려움 정도가 0.431(1)로 가장 높았다. ‘들뜸 및 탈락’의 하자 발생빈도는 0.069(4)로 낮았으나, 하자 보수 후 재발 가능성은 0.274(2), 하자 보수의 어려움 정도는 0.179(3)로 높았으며, ‘줄눈불량’은 하자 보수 후 재발 가능성이 0.106(5), 하자 보수의 어려움 정도가 0.077(5)로 가장 낮았지만, 하자 발생빈도는 0.298(2)로 ‘균열 및 파손’ 다음으로 높게 분석되었다. 마지막으로 ‘오염 및 이색’은 하자 발생빈도가 0.069(4), 하자 보수 후 재발 가능성이 0.157(4), 하자 보수의 어려움 정도가 0.105(4)로 모든 지표에서 기하평균 값보다 낮았다.

5.2 방사형 그래프를 이용한 종합 분석 및 저감 대책

타일공사 하자 유형의 데이터 결과 해석을 원활히 하고 세 가지 지표를 복합적으로 고려하기 위해 5가지 타일공사 하자 유형을 꼭짓점으로 한 방사형 그래프로 분석 결과를 나타냈다. 방사형 그래프는 기하평균을 비교 척도로 하여 각 하자 유형의 ‘하자 발생빈도’, ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자 보수의 어려움 정도’를 나타냈으며, 이는 Figure 3과 같다.

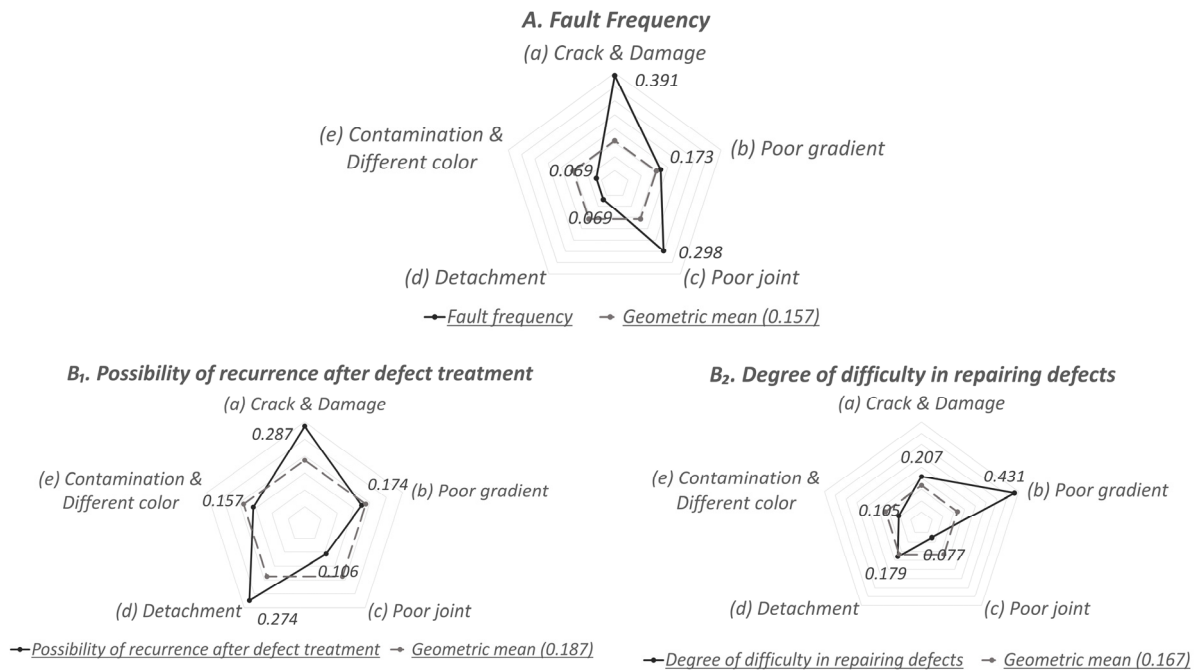


Figure 3. Analysis of types of tile construction defects using radial graphs

‘균열 및 파손(a)’은 하자 발생빈도, 하자 보수 후 재발 가능성, 하자 보수의 어려움 정도가 모두 높은 것을 고려했을 때, 전반적인 건축 프로세스 내에서 중점적인 집중 관리가 요구되는 것으로 분석되었다. 해당 유형은 구조체의 변형, 붙임 면적의 부족, 동결에 의한 팽창, 외부 충격 등 설계, 시공 및 유지 관리 단계에서 다양한 원인에 의해 발생하므로, 설계 시 구조체의 이상 변위와 시공 부위 하중 집중 현상을 예방하고, 붙임 면적 증대, 하자 보안을 위한 실링재 사용, 영하의 온도에서 시공 금지 등의 철저한 시공 관리와 공동주택 거주자의 유지 관리 등 모든 단계에서 다양한 저감 대책이 요구된다.

‘구배불량(b)’은 하자 보수 후 재발 가능성은 낮지만, 하자 보수의 어려움 정도는 가장 높았다. 즉, 보수 후에는 관련 하자가 자주 발생하지는 않지만, 관련 하자 발생 시 상당한 인력과 재료 및 장비 투입 비용이 드는 유형이기에 하자가 발생하지 않

도록 시공 단계에서의 관리가 필요한 유형이다. 그러나, 시공 단계에서 시공기술 상의 미숙, 양생기간 중 타 공종 작업자의 출입, 양생 불량 등의 원인으로 발생하는 ‘구배불량’의 하자 발생빈도가 기하평균 값 보다 높은 것으로 분석되어 이에 대한 적절한 시공 관리가 부족한 것으로 분석되었다. 다시 말해, 하자를 사전에 방지하기 위해 숙련공에 의한 시공이 요구되며 수평 레이저를 보정하여 감독자가 확인 후 시공을 착수 하는 등의 시공 관리가 요구된다.

‘줄눈불량(c)’은 하자 보수 후 재발 가능성과 하자 보수의 어려움 정도는 낮았으나, 하자 발생빈도가 두 번째로 높았다. 즉, 시공 및 보수가 적절히 이루어진다면 동일한 하자가 쉽게 재차 발생하지 않으며, 보수의 난이 자체도 비교적 용이한 유형이다. 다만, 줄눈 시멘트 배합비 미준수, 양생 불량, 시공 시 온도 미 고려 등 미숙련공에 의한 시공이 주요 원인으로 발생하는 ‘줄눈불량’의 하자 발생빈도가 높다는 것을 고려했을 때, 현장 확인을 철저히 하고 공사 착수 전 하자 사례 교육 후 작업을 하는 등 적절한 시공 관리를 통해 관련 하자를 대폭 저감시켜야 하는 것으로 분석되었다.

‘들뜸 및 탈락(d)’은 하자 발생빈도가 낮으나, 하자 보수 후 재발 가능성이 두 번째로 높았으며, 하자 보수의 어려움 정도 또한 높았다. 즉, 타일공사 하자 유형 중 관련 하자가 적으나 한 번 하자가 발생하면 처리 후에도 지속적으로 재발하며 보수 자체도 어려운 하자로, 타일 자재 및 시공 자체의 문제보다 시공 부위 하중 집중 현상, 바탕 구조체의 이상 변위, 콘크리트 바탕 균열 등 설계 및 타 공종에 의한 영향이 하자의 주요 원인인 것으로 분석되었다. 이에 설계 시 구조체의 이상 변위와 시공 부위 하중 집중 현상을 사전에 예방할 필요가 있으며, 시공 단계에서 타 공종 작업 시 변형 방지를 위한 조치 방안 실시, 하중에 대응할 수 있는 탄성 접착제 사용하고 시공 후 보양 철저 등의 하자 저감 대책이 요구된다.

‘오염 및 이색(e)’은 타 유형에 비해 하자 발생빈도, 하자 보수 후 재발 가능성, 하자 보수의 어려움 정도 모두 낮았다. 줄눈 건조 전 오염물질 혼입, 오염된 공구 또는 작업장, 불량 자재 사용 등의 원인으로 발생하는 하자로서, 시공 단계에서 작업장 청결 유지, 고온다습한 조건에서 시공 지양, 자재검수 및 시공교육 등의 대책과 유지 관리 단계에서 공동주택 거주자의 주의를 필요로 하지만, 추가적인 자원 배분 및 집중 관리가 아닌 중장기적인 개선 계획이 요구되며, 하자 저감을 위한 과잉노력을 지양하고, 해당 하자에 투입되는 노력을 개선이 시급한 다른 유형에 집중할 필요가 있는 것으로 분석되었다.

6. 결론

본 연구는 타일공사의 하자 데이터를 바탕으로 정량적 지표를 산출한 후, 전문가 의견이 반영된 AHP 분석 결과를 통해 5개의 타일공사 하자 유형에 대한 정성적 지표의 가중치를 산정하여 하자 유형을 분석하였으며, 도출된 결론은 다음과 같다.

첫째, 수집한 타일공사의 하자 데이터를 분류한 후, 정량적인 지표인 하자 발생빈도를 분석하였다. 타일공사의 하자는 주로 욕실에서 발생하며, ‘균열 및 파손’, ‘줄눈불량’, ‘구배불량’이 하자 발생빈도가 높은 것으로 나타났다.

둘째, 건설 전문가 설문 및 AHP 분석을 통해 정성적 지표인 ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 ‘하자 보수의 어려움 정도’의 가중치를 산출하였다. ‘들뜸 및 탈락’은 하자 발생빈도가 낮고, 하자 보수 후 재발 가능성, 하자 보수의 어려움 정도가 높은 것으로 나타났다. ‘줄눈불량’은 하자 발생빈도가 높고, 하자 보수 후 재발 가능성, 하자 보수의 어려움 정도는 낮은 것으로 분석되었으며, 두 하자 유형이 상반되었다. 또한, ‘구배불량’은 하자 보수의 어려움 정도가 가장 높으므로 해당 하자를 예방하기 위해 시공 단계에서의 각별한 주의가 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 정량적 지표인 ‘하자 발생빈도’와 정성적 지표인 ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자 보수의 어려움 정도’에 대한 종합 분석을 위해 5개의 타일공사 하자 유형을 꼭짓점으로 하여 방사형 그래프로 표현한 후 유형별 분석을 실시하였다. ‘균열 및 파손’은 가장 시급하게 개선이 필요한 하자로서 전반적인 건축 프로세스 내에서 중점적인 집중 관리가 요구된다. ‘구배불량’과 ‘줄눈불량’은 시공 단계를 중심으로 적절한 관리·감독이 요구되며, ‘들뜸 및 탈락’은 설계 단계에서 구조를 면밀히 검토하고 시공 단계에서 타 공종에 의한 문제를 해결하기 위한 관리가 필요하다. 마지막으로, ‘오염 및 이색’은 하자 저감에 투입되는 추가적인 노력을 개선이 시급한 다른 유형에 집중 할 필요가 있는 하자로 분석되었다.

타일공사의 하자가 전체 마감공사의 하자 중 많은 비중을 차지하는 만큼, 관련 하자를 분석하고 저감 대책을 마련하기 위해 본 연구는 정량적 데이터를 이용하여 광범위한 타일공사 하자를 분류하고, ‘하자 발생빈도’라는 객관적으로 입증할 수 있는 수치를 확보하였다. 또한, ‘하자 보수 후 재발 가능성’과 ‘하자 보수의 어려움 정도’라는 하자와 관련된 성질이나 정도를 나타내는 정성적 데이터를 도출한 후, 세 가지 지표와 하자 유형을 복합적으로 분석하였다. 본 연구에서 도출한 다섯 가지 타일공사 하자의 원인에 따른 저감 대책을 건축 프로세스 전반에 실시한다면 설계, 시공, 유지 관리 단계별로 집중 관리가 필요한 하자 유형을 중점적으로 관리하여, 관리자의 업무를 경감하는 것은 물론 타일공사 하자를 사전에 방지함으로써 거주자에게 편리하고 쾌적한 생활을 제공하고 거주환경의 품질을 향상시켜 관련 민원을 근본적으로 예방할 수 있을 것이다. 나아가 추후 정량적·정성적 지표를 복합적으로 고려해 세부 공종에 따른 다양한 하자 유형을 분석한 후, 원인에 따른 저감 대책을 데이터베이스화시켜 하자 관리 통합 시스템을 구축한다면, 건축 프로세스 전반에서 전체 하자의 특징을 명확히 규정하여 공동주택 하자 관리의 유효성과 신뢰성 확보는 물론 건설산업의 하자 저감에 적극적으로 기여할 것으로 기대된다.

요약

국내의 주택 부족 문제가 해소되면서 공동주택 건설시장이 고품질을 원하는 소비자 위주의 시장으로 변화되었고, 마감 품질에 대한 기대가 높아졌다. 한국토지주택공사가 공급한 공동주택의 하자 민원 발생 접수 현황에 따르면, 타일 관련 민원이 가장 많이 발생하였다. 이와 관련된 하자 민원을 줄이기 위해 국토교통부에서는 「공동주택 하자의 조사, 보수 비용 산정 및 하자판정기준」 개정안을 입안하는 등 지속적인 노력을 하고 있으나, 예방적 처리 방안에 대한 마련은 미흡한 실정이었다. 또한, 국내·외 선행연구를 살펴보면 전문가의 정성적 지식이 반영된 타일공사 하자 유형 특징을 도출한 후 분류 체계를 구성하고, 유형별 원인에 따른 대책을 제시하는 연구가 부족하였다. 따라서 본 연구는 정성적 지식을 반영할 수 있으며 다양한 지표와 하자 유형 간 관계 파악이 용이한 AHP 분석 기법을 활용해 건설 전문가에게 설문조사를 실시한 후, 도출된 두 가지 정성적 지표인 ‘하자 보수 후 재발 가능성’, ‘하자 보수의 어려움 정도’의 가중치와 정량적 지표인 ‘하자 발생빈도’를 방사형 그래프로 시각화하여 타일공사 하자 유형의 특징을 분석하고 원인에 따른 저감 대책을 수립한다. 이는 거주환경의 품질을 높일 뿐만 아니라 공동주택 타일공사의 원활한 하자 관리를 위한 시스템 구축 및 공동주택 타일공사 하자 저감에 기여할 것이다.

키워드 : 공동주택, 타일공사, 하자 분석, 계층분석법, 방사형 그래프


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

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

Yong Been Eom,  <https://orcid.org/0000-0002-6903-5231>

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

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

References

1. Woo YS. The exploratory study on the state-of-the-art and policy strategy of ubiquitous housing development in Korea. Korean Association For Housing Policy Studies. 2005 Jun;13(2):53-77.
2. Lee WS. A study on application of TACT technique for finish works in apartment buildings [master's thesis]. Yongin (Korea): Kyung Hee University; 2011. 67 p.
3. Kim JH, Go SS. Evaluation of defective risk for the finishing work of apartment house. Korea Institute of Construction Engineering and Management. 2012 Nov;13(6):63-70. <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2012.13.6.063>
4. Song G. An analysis and preventive measures on the defect causes of interior finishing works to new apartment building [master's thesis]. Seoul (Korea): Chung-Ang University; 2013. 116 p.
5. Hankyung [Internet]. Seoul (Korea): Newspaper; c2009-2021 [updated 2020 Oct 08; cited 2021 Sept 03]. Available from: <https://www.hankyung.com/realestate/article/202010087767i>
6. Investigation of defects in apartment houses, calculation of repair costs and standards for determining defects [Internet]. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport. 2008 - [updated 2020 Nov 30; cited 2021 October 5]. Available from: <https://www.law.go.kr/>
7. Lee HR, Cho DH, Park SH, Koo KJ. Nexus based quality inspection support model for defect prevention of architectural finishing works. Korea Journal of Construction Engineering and Management. 2017 Sep;18(5):59-67. <http://dx.doi.org/10.6106/KJCEM.2017.18.5.059>
8. Lee KL, Seo DS. Study on the defects of finishing works of apartment houses during warranty liability period and its correlation. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2017 Aug;17(4):385-91. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2017.17.4.385>
9. Baek HY. Selection of primary management objects for defect prevention of office building finishing work [master's thesis]. Mokpo (Korea): Mokpo National University; 2020. 96 p.
10. Lee YO. A study on cause and improvement of side-failure of ceramic tile [master's thesis]. Daejeon (Korea): Hanbat National University; 2015. 64 p.
11. Lee SY. Evaluation of tile adhesive characteristics by injection of bisphenol epoxy resin [dissertation]. Daejeon (Korea): Chungnam National University; 2020. 115 p.
12. Hwang YS, Ki TK, Han DY, Noh SK. Sensory evaluation of quality and constructability of cement mortar for tile direct setting method depending on mix proportions. Journal of the Korea Institute of Building Construction. 2021 Feb;21(1):11-9. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2021.21.1.011>
13. Aljassmi HA. Analysis of complex mechanisms of defect generation in construction projects [dissertation]. Sydney (Australia): University of New South Wales; 2013. 188 p.
14. Tayeh BA, Maqsoom A, Aisheh YIA, Almanassra M, Salahuddin H, Qureshi MI. Factors affecting defects occurrence in the construction stage of residential buildings in Gaza Strip. SN Applied Sciences. 2020 Jan;2(167):1-12. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-1959-1>
15. Fan CL. Data mining model for predicting the quality level and classification of construction projects. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems. 2021 Jul;Pre-press:1-15. <https://doi.org/10.3233/JIFS-219182>