

Research Paper

공동주택 마감공사의 하자유형별 분석 및 위험성 평가 방법에 관한 연구

An Examination of a Risk Assessment Method and Analysis of Defect Types of Apartment Finishing Works

손승현¹ · 이재현² · 손기영^{3*}

Son, Seunghyun¹ · Lee, Jae-hyeon² · Son, Kiyoung^{3*}

¹Researcher, Department of Architectural Engineering, Mokpo National University, Muan-gun, Jeonnam, 58554, Korea

²Master's Course, Graduate Student, Department of Architecture Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 44610, Korea

³Associate Professor, Department of Architectural Engineering, University of Ulsan, Ulsan, 44610, Korea

*Corresponding author

Son, Kiyoung

Tel : 82-52-259-2788

E-mail :

sky9852111@ulsan.ac.kr

Received : January 29, 2024

Revised : February 21, 2024

Accepted : March 4, 2024

ABSTRACT

In recent years, the proportion of medium and small-sized apartments within the housing market has seen a noticeable increase, alongside a corresponding rise in disputes related to construction defects. Such disputes are most prevalent in the finishing works phase of construction, which not only are frequent in occurrence but also impose significant repair costs. Furthermore, there is a noticeable scarcity of research focused on the quality management of finishing work defects prior to the completion of construction. Addressing this issue necessitates a methodology capable of preemptively identifying defects by analyzing their frequency and associated costs across various defect types. Consequently, the aim of this study is to propose a risk assessment methodology by conducting an analysis of defect cases across 3,299 apartment units, considering aspects such as frequency and severity. The outcomes of this research endeavor are expected to offer practical management strategies to enhance the quality of apartment finishing works and serve as an academic foundation for the enhancement of construction management systems pertaining to apartment finishing works.

Keywords : apartment construction, defect, risk assessment analysis, cause of defect

1. 서론

1.1 연구의 배경

국토교통부에서 발표한 2023년 11월 주택건설실적통계(준공) 분석 자료에 따르면, 2023년 약 19만 가구로 최근 5년 가운데 최저치를 기록하였으나 2022년 약 32.3만 가구, 10년 평균 34.1만 가구로 지속적으로 공동주택의 공급 확대가 이루어지고 있다[1]. 또한, 최근 정부에서는 재건축, 재개발 등 정비사업의 절차 간소화, 혜택 부여 등을 내용으로 하는 도시 및 주거환경정비법을 시행하여 향후 공동주택의 공급이 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 하지만, 국토안전관리원 하자심사분쟁조정위원회에 따르면, 공동주택 증가와 함께 하자분쟁 또한 증가하면서 하자심사 처리건수는 5년 평균 4,613건으로 꾸준히 발생하고 있어 공동주택의 하자유형별 품질관리가 중요해지고 있는 시점이다[2].

공동주택에서 발생하는 하자는 균열, 처짐, 비틀림, 들뜸, 침하 등 다양한 형태로 나타난다. 이러한 하자 발생으로 구조체의 성능저하, 마감재 손상 및 훼손 등 건축물에 악영향을 미치게 된다. 따라서, 하자는 입주자뿐만 아니라 건설, 컨설팅 및 고



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.

객회사 또한 브랜드 이미지 향상과 수주 및 시공능력을 인정받기 위한 요인으로 인식되어 하자관리에 대해 적극적으로 대처하기 위해 노력을 하고 있다[3].

공동주택 하자분쟁을 공정별로 나누어 분석해 보면, 마감공사에서 발생비율이 가장 높고 지정 및 기초공사에서 가장 낮은 것을 확인할 수 있다. 마감공사에서 하자빈도가 높게 발생하는 것은 다양한 공정이 존재하기 때문이며 사후적 관점보다 실질적 관리 방안에 대한 연구가 필요하다[4]. 또한, 공동주택 하자예방 및 품질관리에 관련된 선행연구를 살펴보면, 대부분 준공 후 하자관리 기법에 관한 효율적인 방안을 제시하였다. 그러나 이들의 연구는 준공 전 하자예방을 위한 관리적 측면의 품질관리 방안을 제시하는 것은 고려하지 않았다[5,6].

그러므로, 하자보수를 위해 막대한 비용이 소요되는 마감공사를 대상으로 공정별 발생빈도, 하자유형별 발생빈도 및 보수비용을 활용한 하자위험도를 미리 도출하여 하자순위별로 사전에 예방할 수 있는 관리기법의 개발이 필요하다. 이에 본 연구에서는 공동주택 마감공사의 하자유형별 분석 및 위험성 평가 방법을 도출하는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 결과는 실무적으로 공동주택 마감공사의 품질향상을 위한 관리 방안을 제시하고 학문적으로 공동주택 마감공사의 시공관리 제도 개선의 근거자료로 활용될 것이다.

1.2 연구의 방법 및 절차

본 연구는 공동주택 마감공사의 하자 사례를 활용하여 하자 빈도 및 심도를 고려한 공정별 및 하자유형별 위험성을 도출하고 관리기법을 제안하는 것이다. 이를 위해 공동주택 총 3,299세대에서 실제 발생한 하자사례를 조사하여 하자발생위험 우선순위를 도출하고 하자발생 저감을 위한 시공품질 관리기법을 제안한다. 본 연구의 방법 및 절차는 Figure 1과 같다.

첫째, 마감공사의 하자 발생 요인 및 리스크 평가 관련 선행연구를 고찰하여 준공 후 하자관리를 위한 사후적 측면에서의 기존연구와 준공 전 하자예방을 위한 관리적 측면에서의 본 연구를 비교하여 필요성을 확인한다. 둘째, 공동주택 총 3,299세대의 실제 하자사례 총 69,944건을 분석하여 마감공사의 세부공종을 15개로 한정하고, 각 공종별 하자항목을 30개로 분류하였다. 이후 앞서 분류한 항목에 대해 총 3,299세대에 대한 하자발생 세대수의 비율로 발생빈도를 산출하였고, 하자보수 비용 구간을 나눈 후 비용등급으로 분류하여 4개의 회사에서 조사된 각 세부항목별 비용등급의 평균으로 심도를 산출하였다. 셋째, 하자 위험성 평가를 수행하기 위해 발생빈도 및 심도 값을 곱으로 산출하여 하자 유형별 위험성 평가를 진행한다. 이때 산출된 값이 높을수록 하자 위험도가 높은 항목이며, 이를 통해 하자발생위험 우선순위를 도출한다. 넷째, 결과를 분석하여 공동주택 마감공사 하자발생 저감을 위한 시공품질 관리기법을 제안한다.

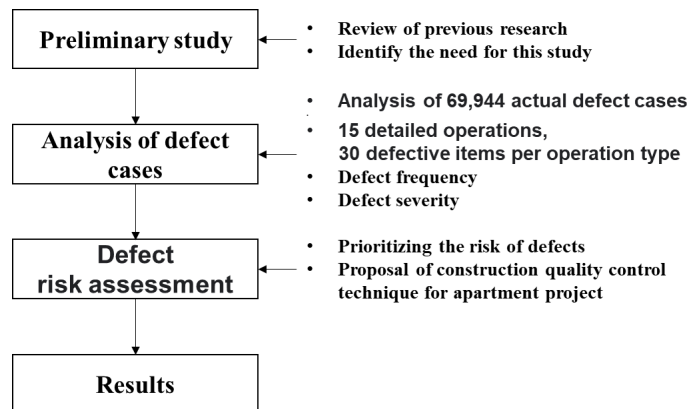


Figure 1. Methodology details

2. 이론적 고찰

2.1 하자분석연구

공동주택 공사의 하자는 주로 잘못된 공사로 인해 외관 및 기능 그리고 안전성에 결함이 발생하는 것으로 이해당사자 간의 법적 갈등으로 이어진다. 이로 인해 해당 시공업체와 입주자들의 비용과 시간에 손해를 입히게 된다[7]. 이때, 공동주택에서 발생하는 공사는 건축, 토목, 조경, 설비, 전기, 기타공사로 나누어지는데 하자는 대부분 건축공사에서 발생하였다[8]. 따라서, 공동주택 공사의 하자발생을 감소시키기 위해서는 건축공사를 심층적으로 분석할 필요가 있다. 이에 관한 선행연구를 살펴보면, Lee[9]는 하자보수대장을 통해, 건축공사 하자 중 마감부분에서 가장 많은 분쟁이 발생한 것으로 파악하였다. Lee[10]는 마감부분에서 하자가 많이 발생하는 이유로 공정 시 현장관리 미흡, 자재 점검 및 시공 후 미흡한 작동여부 점검 등을 이유로 판단하였다. Shirkavand et al.[11]은 준공 전 단계에서 많은 하자발생 원인을 공기의 압박으로 인한 현장관리 소홀 및 시간 제약으로 인한 불충분한 시운전으로 판단하였다. 특히, Kim and Go[12]는 마감공사를 심층적으로 분석하여 하자위험성 평가를 하였고 도배공사의 변색 및 곰팡이 하자에서 가장 높은 수치의 위험도를 보였다. 창호공사의 문짝개폐 불량과 도장공사의 들뜸 및 벗겨짐이 다음 순서로 높게 나타나 이에 대한 하자예방활동을 중심으로 수행해야 한다고 주장하였다. 또한, 하자보수를 위한 손실범위를 0~30만원, 31~50만원, 51~100만원, 101~300만원, 301만원~500만원, 501만원~1000만원, 1000만원 이상으로 1~7단계로 분류하였으며, 금액별로 차등할증률을 보정계수로 적용하였다. 이에 본 연구에서는 7단계로 하자손실 비용을 분류한 위 논문을 참고하여 보수비용을 7단계로 적용하였다.

선행연구를 살펴보면, 대부분의 연구가 공동주택 건축공사를 심층적으로 분석하기 위해 세부공정을 분류하여 하자의 위험성을 평가하였다. 특히, 마감단계의 공정에서 하자가 많이 발생한 것을 알 수 있다. 그러나 하자분석 과정에서 사례확보의 어려움으로 많은 하자유형을 고려하지 못한 한계점이 있다. 이에, 본 연구에서는 다수의 사례를 활용하여 하자위험성을 평가하였다. 이를 위해 한국 공동주택 3,299세대에서 실제로 접수된 하자사례와 4개의 건설업체에서 소요된 하자보수비용 자료를 분석하여 연구의 신뢰성과 정확성을 향상하였다.

2.2 위험성 평가 기술기법

Kim and Kim[13]은 하자보수보증기간을 활용하여 공종별 하자위험을 분석하기 위해 하자발생빈도와 하자보수비용을 파악하였다. 그러나 공종과 보수보증기간에 따라 파악된 값이 상이한 것을 발견하였고 하자위험성 분석을 위해 빈도와 비용의 곱을 통해 도출하는 기법을 사용하였다. Forcada et al.[14]은 하자현상, 하자공사종류, 하자 부위 등 다양한 조건에서 하자현황을 분석하고 시사점을 도출하였다.

No[15]는 하자보수보증기간을 활용하여 공종별, 현상별 하자 위험성을 평가하였다. 위험성 평가에 앞서 하자발생빈도와 하자보수비용을 분석하였고 이를 활용하여 하자 위험성을 도출하였다. Lee et al.[16]은 다수의 하자분쟁사례를 활용하여 공동주택의 공종, 하자유형, 부위에 따른 발생빈도와 비용심도를 구하였다. 두 요인을 곱하여 하자위험성을 평가하고 위험성이 높은 공종, 하자유형, 부위를 도출하였다. 선행연구를 분석해 보면, 공통적으로 하자 위험성을 평가하기 위해 하자의 빈도와 심도 분석을 활용하여 위험성을 도출하였다. 따라서 본 연구에서는 다수의 사례를 활용하여 하자의 빈도 및 심도를 정량적으로 산출하고 두 요소의 곱을 통해 하자위험성을 평가하고자 한다.

3. 데이터 수집

3.1 개요

기존 선행연구에서는 2000~2010년대에 발생한 하자분쟁사례를 통해 데이터를 수집하였으며, 공중, 하자유형, 하자발생 위치로 분류하고 있다. 이때, 하자유형은 10개 이내로 분류하였다[5,6]. 본 연구에서는 데이터 수집을 위해 한국의 부동산 시장에서 79.06%의 점유율을 차지하는 민간부문의 공동주택으로 수집 범위를 한정하였으며, 최근 5년 이내에 준공된 사례를 대상으로 하였다[17]. 이에, 총 3,299세대에서 발생한 하자사례를 조사하여 빈도를 분석하였다. 조사한 세대를 정리하면 Table 1과 같다.

Table 1. Number and ratio of defects

Unit	Household	Defect	Ratio of defects	Average number of defects
A	511	496	97.1%	21
B	636	605	95.1%	11.3
C	782	773	98.8%	27.5
D	602	592	98.3%	20.9
E	768	764	95.5%	24.7
Total	3,299	3,230	97.9%	21.6

3.2 결함 유형 분류

민간기업의 하자 조사 결과, 건축공사에서 마감단계의 세부공종은 일반가구, 목창호, PL창호, 금속, 주방, 도배, 욕실장, 타일, 내장, 석, AL창호, 마루, 도장, 유리, 방수 15개 항목으로 나타났으며 이를 본 연구의 마감공사 범위로 한정하였다. 또한 각 공종에서 발생한 하자항목을 종합하여 분석하면 총 30개의 하자로 분류할 수 있다. 분류한 유형은 가스켓 및 패킹 불량, 간섭, 개폐불량, 결로 및 곰팡이, 고정불량, 구배불량, 누수, 들뜸, 래핑불량, 마감불량, 먼 불량, 방충망 불량, 부식, 부적합, 사춤불량, 설치불량, 수직수평불량, 시공불량, 오염, 이색, 이음불량, 작동불량, 줄눈불량, 창호틀파단, 코킹불량, 탈락, 틈새, 파손, 휘어짐, 흠집으로 분석하였다. 분류된 하자유형을 정리하면 Table 2와 같다.

Table 2. Classification of defect

Symbol	Defect	Symbol	Defect	Symbol	Defect
D1	Gasket & Packing	D11	Face	D21	Connection
D2	Interference	D12	Insect screen	D22	Operation
D3	Opening	D13	Corrosion	D23	Joint
D4	Condensation& Mold	D14	Nonconformity	D24	Broken window frame
D5	Fix	D15	Filling	D25	Coking
D6	Gradient	D16	Installation	D26	Drop out
D7	Water leak	D17	Verticality & Horizontality	D27	Gap
D8	Lift	D18	Construction	D28	Broken
D9	Wrapping	D19	Pollution	D29	Bent
D10	Finish	D20	Dichroic	D30	Scratched

4. 데이터 분석

4.1 발생 빈도분석

공동주택 공사의 하자 발생빈도를 3,299세대의 하자 민원발생 접수건수를 기반으로 분석하였다. 이때, 빈도는 총 3,299세대 수에 대한 하자 발생 수의 비율로 식 (1)과 같이 산출하였다[18].

$$Defect\ Frequency = \frac{Defect\ Occurrence}{Total\ Households} \quad (1)$$

빈도분석결과, PL 창호공사의 개폐불량(D3)이 발생건수 3625건, 빈도 1.099로 확인되었다. 빈도가 1.000이 초과하는 것은 한 세대에서 중복으로 하자가 접수된 건수가 있다는 것을 의미한다. 다음으로 도장공사의 결로 및 곰팡이 발생(D4)이 발생건수 3174, 빈도 0.962, 타일공사의 줄눈 불량(D23)이 건수 2115건, 빈도 0.641, 마루 공사의 들뜸 현상(D8)이 건수 1680, 빈도 0.509, 타일공사의 파손(D28)이 건수 1514, 빈도 0.459이다. 낮은 빈도를 나타낸 하자는 AL창호에 집중되어 있었으며, 가스켓 및 패킹 불량(D1), 오염(D19), 흠집(D30)이 0.001로 가장 낮았다. 다음으로 코킹불량(D25)와 틈 발생(D27)이 0.002로 낮은 값을 보였다. 상위 5위까지의 결과를 정리하면 Figure 2와 같다.

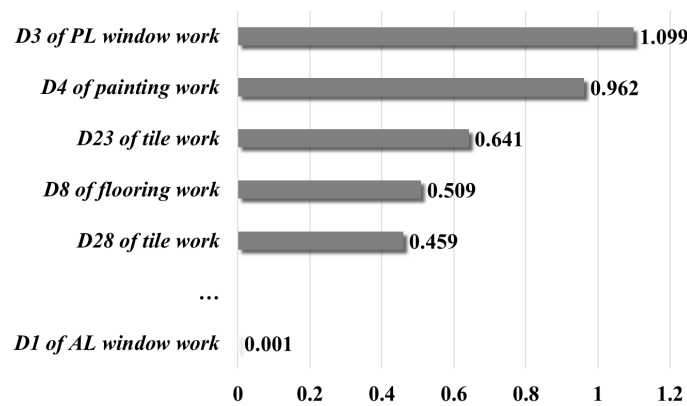


Figure 2. Analysis results of defect frequency

4.2 하자 심도분석

공동주택 공사의 하자 심도를 분석하기 위해 본 장에서는 하자유형별 보수비용을 분류하였다. 선행연구[12]와 하자사례 데이터를 참고하여, 0~30만원, 31~50만원, 51~100만원, 101~300만원, 301~500만원, 501~1,000만원, 1,000만원 이상으로 7개 범위로 분류하였으며, 각각 1등급(0~30만원)부터 7등급(1,000만원 이상)으로 등급을 정의하였다. 이러한 비용등급을 통해, 4개의 회사에서 조사된 각 세부항목별 비용등급의 평균으로 심도를 산출하였으며, 그 식은 식 (2)과 같다[18].

$$Defect\ Severity = \frac{Severity_A + Severity_B + Severity_C + Severity_D}{Total\ Number\ of\ Company} \quad (2)$$

심도분석결과, 내장공사의 결로 및 곰팡이 발생(D4)과 타일공사의 들뜸 현상(D8)이 6.00으로 나타났다. 다음으로 방수공사의 누수(D7)가 5.88, 방수공사의 결로 및 곰팡이 발생(D4)과 타일공사의 파손(D28) 그리고 마루공사의 흠집(D30)이 5.75로 나타났다. 낮은 순서는 일반가구공사의 코킹불량(D25)이 1.00으로 가장 낮았으며, 다음으로 같은 공종의 작동불량(D22)과 목창호 공사의 코킹불량(D25), PL창호공사의 작동불량(D22), 욕실장공사의 틈새발생(D27), AL창호의 가스켓 및 패킹 불량(D1)이 동일하게 1.25의 값으로 나타났다. 공동순위를 포함한 상위 5위까지의 결과를 정리하면 Figure 3과 같다.

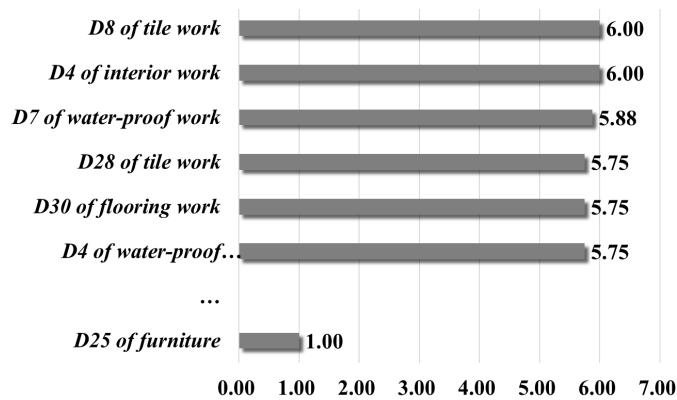


Figure 3. Analysis results of defect severity

4.3 결함별 위험성 평가

본 연구에서는 공동주택 마감공사에서 발생 가능한 하자유형에 대한 정보를 제공하기 위해, 발생빈도는 3,299 세대수에 대한 공정별 하자가 발생한 세대수의 비율로 정의하여 정량적인 수치로 분석하였다. 심도의 경우, 비용등급을 7등급으로 분류한 후, 4개의 건설업체에서 발생된 비용등급의 평균으로 정의하여 하자 발생에 따른 경제적 심각성을 파악할 수 있도록 하였다. 이때, 하자 위험성 평가를 위해 사용된 수학적 식은 식 (3)을 사용하였다[18]. 도출된 하자 위험성 평가의 결과는 Table 3과 같다.

$$De\text{fect Risk} = De\text{fect Frequency} \times De\text{fect Severity} \tag{3}$$

공정과 세부하자를 종합하여 위험성을 평가한 상위 5개 항목의 경우, 도장공사의 결로 및 곰팡이(D4)가 가장 높은 위험도인 5.051로 나타났다. 다음으로 높은 순서는 타일공사의 줄눈불량(D23)이 3.366, PL창호공사의 개폐불량(D3)이 3.296, 마루공사의 들뜸(D8)이 2.801, 내장공사의 결로 및 곰팡이(D4)가 2.739으로 나타났다. 낮은 순서로는 AL창호공사의 가스켓 및 패킹 불량(D1)이 0.001로 가장 낮았다. 다음 순서로는 욕실장 공사의 틈새(D27)가 0.002, AL창호의 오염(D19)과 흠집(D30)이 0.003으로 나타났다.

도출된 상위 5개 항목을 중심으로 살펴보면, 위험도 3순위인 PL창호공사의 개폐불량(D3)의 빈도는 1.099로 가장 높은 수치를 보였으나 심도는 3.000으로 5개 항목 중 가장 낮은 것으로 나타났다. 심도의 경우 위험도 3순위인 PL창호공사의 개폐불량(D3)을 제외한 나머지 모든 항목이 5.000을 초과하여 높은 등급을 보였다. 이때, 내장공사의 결로 및 곰팡이(D4)는 빈도가 0.457로 가장 낮았으나 심도가 6.000으로 가장 높아 위험도 5순위로 나타났다. 상위 5개 항목의 위험성 평가 결과를 정리하면 다음 Figure 4와 같다.

Table 3. Risk assessment

Work	Defect	Frequency	Severity	Risk	Rank	Work	Defect	Frequency	Severity	Risk	Rank	Work	Defect	Frequency	Severity	Risk	Rank			
Furniture	D2	0.042	2.50	0.105	79	Wooden window	D2	0.062	1.50	0.093	83	PL Window	D1	0.028	1.50	0.041	111			
	D3	0.163	2.75	0.449	41		D3	0.267	2.50	0.668	28		D3	1.099	3.00	3.296	3			
	D5	0.114	2.25	0.256	54		D5	0.009	2.25	0.020	133		D4	0.288	3.00	0.864	18			
	D9	0.045	1.75	0.079	92		D9	0.254	2.25	0.571	33		D9	0.037	1.75	0.065	98			
	D10	0.026	2.25	0.059	102		D17	0.016	2.00	0.032	120		D12	0.100	1.75	0.175	63			
	D14	0.012	2.75	0.032	118		D18	0.080	2.50	0.201	60		D15	0.020	3.00	0.061	100			
	D17	0.048	2.25	0.108	78		D19	0.068	3.00	0.203	59		D17	0.031	2.00	0.061	99			
	D18	0.097	2.75	0.266	52		D22	0.159	1.50	0.238	56		D19	0.040	3.50	0.141	69			
	D19	0.024	3.75	0.091	84		D25	0.024	1.25	0.030	122		D22	0.321	1.25	0.401	44			
	D22	0.029	1.25	0.036	114		D27	0.074	2.00	0.148	67		D24	0.233	4.00	0.931	16			
	D25	0.008	1.00	0.008	137		D28	0.022	3.75	0.081	90		D25	0.038	1.50	0.057	106			
	D27	0.030	1.75	0.053	108		D29	0.011	3.00	0.032	117		D27	0.043	2.75	0.118	76			
	D28	0.081	4.75	0.383	45		D30	0.193	3.75	0.723	26		D30	0.252	3.00	0.755	21			
	D29	0.022	2.75	0.059	104															
	D30	0.184	4.25	0.781	20															
Steel	D2	0.026	2.50	0.065	97	Kitchen	D2	0.054	3.00	0.162	65	Papering	D4	0.136	4.50	0.611	29			
	D3	0.391	2.50	0.978	14		D3	0.224	3.25	0.728	24		D8	0.414	3.75	1.553	9			
	D5	0.085	2.25	0.192	61		D9	0.180	3.00	0.539	36		D10	0.148	3.75	0.555	34			
	D13	0.018	2.25	0.040	112		D16	0.382	3.50	1.337	10		D11	0.133	4.00	0.531	37			
	D18	0.108	3.50	0.378	46		D17	0.152	3.00	0.457	40		D14	0.004	2.25	0.008	137			
	D19	0.021	3.25	0.069	96		D19	0.016	4.75	0.078	93		D18	0.076	4.00	0.303	49			
	D22	0.014	2.00	0.027	125		D22	0.132	3.25	0.431	42		D19	0.100	5.50	0.548	35			
	D25	0.029	1.50	0.043	110		D25	0.062	2.25	0.140	71		D20	0.009	2.50	0.023	130			
	D27	0.078	2.00	0.156	66		D27	0.058	2.50	0.145	68		D21	0.031	3.00	0.094	81			
	D28	0.041	4.50	0.184	62		D28	0.050	5.25	0.261	53		D28	0.197	5.00	0.987	13			
	D29	0.029	3.00	0.088	85		D30	0.344	4.83	1.836	8		D30	0.061	4.75	0.291	50			
D30	0.102	4.75	0.485	38																
Bathroom	D3	0.041	2.00	0.081	88	Tile	D4	0.023	5.50	0.125	74	Interior	D4	0.457	6.00	2.739	5			
	D5	0.008	1.50	0.012	135		D6	0.291	4.50	1.311	11		D5	0.129	3.75	0.483	39			
	D13	0.013	2.00	0.025	126		D8	0.047	6.00	0.284	51		D8	0.186	3.75	0.697	27			
	D17	0.003	1.50	0.005	141		D17	0.028	4.25	0.121	75		D10	0.023	4.00	0.093	82			
	D18	0.014	2.50	0.036	115		D18	0.102	3.50	0.358	47		D14	0.018	4.25	0.079	91			
	D19	0.008	3.25	0.028	123		D19	0.078	5.25	0.411	43		D17	0.035	4.00	0.138	73			
	D20	0.030	2.50	0.075	95		D20	0.006	5.50	0.032	118		D19	0.045	5.25	0.236	57			
	D25	0.004	1.50	0.005	139		D23	0.641	5.25	3.366	2		D28	0.116	5.25	0.610	30			
	D27	0.002	1.25	0.002	145		D28	0.459	5.75	2.639	6		D30	0.214	5.25	1.124	12			
	D28	0.008	3.50	0.028	123		D30	0.170	5.00	0.852	19		-	-	-	-	-			
D30	0.021	4.00	0.084	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Stone	D8	0.009	2.50	0.023	128	AL Window	D1	0.001	1.25	0.001	146	Floor	D8	0.509	5.50	2.801	4			
	D17	0.009	2.75	0.024	127		D3	0.008	2.50	0.021	131		D10	0.043	3.25	0.140	70			
	D18	0.029	2.75	0.081	89		D7	0.015	3.75	0.056	107		D19	0.045	5.25	0.239	55			
	D19	0.023	4.25	0.097	80		D12	0.010	3.00	0.031	121		D20	0.004	4.75	0.020	132			
	D20	0.011	4.50	0.050	109		D19	0.001	3.75	0.003	143		D25	0.227	3.25	0.738	22			
	D23	0.024	2.50	0.060	101		D22	0.022	2.75	0.059	104		D27	0.056	2.50	0.139	72			
	D27	0.017	2.00	0.033	116		D25	0.002	2.75	0.005	140		D28	0.132	5.50	0.725	25			
	D28	0.113	5.25	0.592	31		D27	0.002	2.00	0.004	142		D30	0.441	5.75	2.534	7			
	D30	0.144	4.00	0.576	32		D30	0.001	3.75	0.003	143		-	-	-	-	-			
Painting	D4	0.962	5.25	5.051	1	Glass	D18	0.006	2.25	0.014	134	Water-proof	D4	0.010	5.75	0.059	103			
	D11	0.233	4.00	0.931	16		D19	0.012	3.25	0.039	113		D7	0.056	5.88	0.331	48			
	D19	0.033	5.25	0.173	64		D25	0.092	2.25	0.208	58		D19	0.002	4.00	0.010	136			
	D20	0.015	5.25	0.076	94		D28	0.022	5.25	0.116	77		D30	0.009	2.50	0.023	128			
	D26	0.178	5.25	0.933	15		D30	0.019	4.25	0.082	87		-	-	-	-	-			
	D30	0.140	5.25	0.737	23		-	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-		

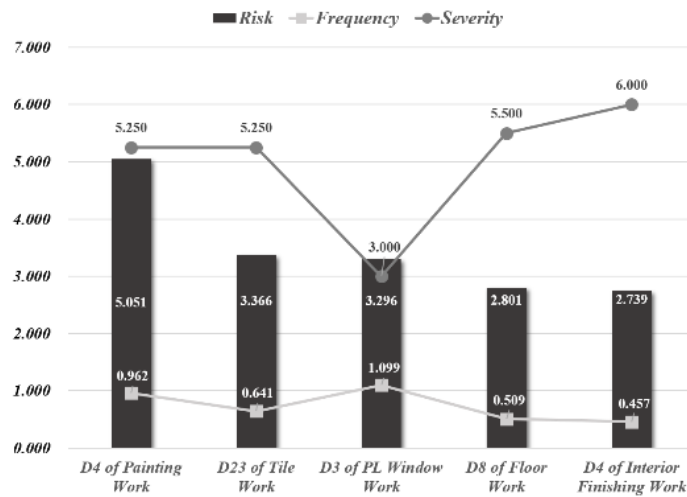


Figure 4. Defect risk assessment

5. 제언

4장에서는 데이터 조사를 활용해 빈도와 심도를 정의하였으며, 두 요인을 통해 하자 위험성을 평가하였다. 본 연구의 하자 위험성 평가 방법은 한국 공동주택 마감공사 실제 사례를 기반으로 세부공정 15개와 하자유형 30개를 분류하고 이를 종합하였다. 선행연구와 비교하여 더욱 많은 하자위험 우선순위를 도출하였고 이를 통해 실효성을 향상하였다. 평가된 하자 위험성을 기반으로 집중적인 하자 관리가 이루어진다면 하자 발생, 법적분쟁, 공동주택 공사비용 감소 및 공동주택 품질향상에 대한 효과를 기대할 수 있다[19]. 이를 위해, 본 연구에서는 하자 위험성이 높은 대표항목 5개에 대한 하자 발생원인 및 관리기법을 제안하고자 한다. 하자예방 관리기법 선정 과정은 Figure 5와 같다.

공동주택 공사의 하자발생은 다양한 요인이 존재하나 근본적인 원인은 설계자와 시공자의 오류에서 나타난다. 즉, 설계도면상, 공사시공, 준공 전 관리 등에 대한 문제점으로 하자가 발생된다. 따라서, 대표 하자항목 5개에 대한 하자 관리기법을 설계단계, 시공단계, 준공 전 단계로 구분하였다[20].

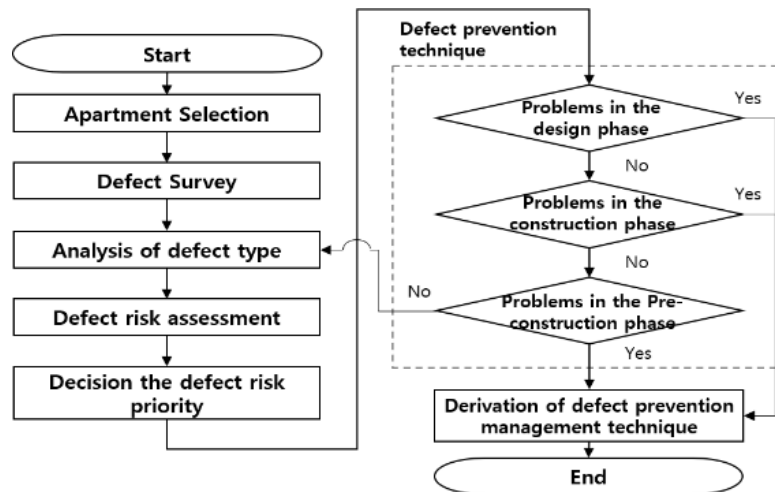


Figure 5. Defect risk assessment method

하자 위험성 평가는 하자가 발생하는 빈도와 심도를 정량적으로 산출하여 위험성을 평가한다. 빈도의 비중이 심도보다 높을수록 자주 발생하지만 경미한 하자가 발생한다는 것을 의미한다. 빈도순위가 심도순위에 비해 높은 하자일수록 작업지시 미준수, 시방서 기준 미 이행, 설계도면 검토부족, 하자가 발생하더라도 중대한 하자는 발생하지 않는다는 작업자의 부주의로 인해 대부분 발생하며 특정작업과 관계없이 다양하게 나타난다. 이를 감소하기 위해 작업 시 감독자 배치 및 감독 강화, 시방서 및 설계도면 교육을 통한 작업자 인식 수준을 향상해야 한다. 이와 달리 심도의 비중이 빈도보다 높을수록 자주 발생하지는 않지만 한번 발생하면 중대한 하자가 발생한다는 것을 의미한다. 심도순위가 빈도순위에 비해 높은 하자일수록 설계단계의 관리 부족, 시공상 오류, 준공 전 작업장 관리 부족으로 인해 대부분 발생하며 하자 발생 원인이 어느 단계에서 발생하였는지를 정확히 파악하여 적합한 관리기법을 적용하는 것이 중요하다. 이를 적용하기 위해 시방서 및 설계도면 작성 단계에서 전문가 활용, 시공단계에서 공정의 누락 방지 및 숙련도를 높이기 위한 관리, 준공 전 단계에서 품질이 준공 시까지 유지될 수 있는 작업장 환경유지가 필요하다.

본 연구에 의한 하자 위험성이 높은 대표항목 5개 중 빈도순위가 심도순위 보다 높은 항목에 대한 하자 발생 원인 및 관리 기법은 다음과 같다.

도장공사의 결로 및 곰팡이(D4)인 경우, 도장공사 부위 중 외벽이 차지하는 비율이 절반에 해당하고 나머지 계단실 벽체나 발코니 등이 있다. 이는 외기가 접하는 곳으로 온도, 습도의 영향을 받는 곳이다. 이에 결로 및 곰팡이 현상이 발생하게 되며 추가적인 하자가 발생한다[21]. 따라서, 외기와 접하는 벽체(wall) 혹은 바닥(slab)의 두께 확보, 결로 방지용 단열재 및 모르타르 사용을 하도록 설계단계에서 집중적인 관리가 필요하다[22].

타일공사의 줄눈불량(D23)인 경우, 타일공사는 공동주택의 욕실에 필수적으로 필요한 공종이다. 타일공사의 주된 하자 발생 위치는 욕실이며, 하자 위험성 평가를 통해 줄눈불량의 위험도가 가장 높은 것을 확인하였다. 줄눈불량은 신축줄눈 충전 여부, 품질 높은 재료 선정, 불순물 혼합을 주의하여 시공단계에서 하자를 방지하여야 한다[23].

PL 창호공사의 개폐불량(D3)인 경우, 단기간에 대응할 수 있는 하자이나 사용상 불편을 주는 하자이다. 개폐불량은 선행공종의 영향을 많이 받는 하자유형이다. 골조면의 수직 수평이 평활하지 못하거나 실측의 오류 등으로 발생하게 된다. 이에, 선행공종의 시공 마감성을 고려하여 자재 재선정, 공종 재시공 등 시공단계에서의 관리가 필요하다[24]. 마루공사의 들뜸(D8)인 경우, 공동주택 마루공사의 실내에 목재 마루판을 주로 사용하였다. 즉, 거실, 침실 등에 사용되었기 때문에 창호공사와 유사하게 입주자의 사용성과 관련되는 하자이다. 마루공사의 들뜸은 주로 바닥 모르타르가 완전히 건조되기 전에 마루판을 정착하면서 정착강도가 충분히 발휘되지 못하거나 마루판 자체의 팽창으로 인해 발생된다. 따라서, 시공단계에서 작업장의 건조환경을 조성하여 바닥 모르타르가 충분히 건조되도록 하여야 한다. 또한, 욕실 및 세탁실과 같이 습도 발생이 필수 불가결한 작업 장소는 준공 전 단계에서 온도와 습도 관리에 집중하여 바닥재의 팽창이 발생하지 않도록 해야 한다[25].

이와 다르게 심도의 순위가 빈도의 순위보다 높은 항목에 대한 하자 발생원인 및 관리기법은 다음과 같다.

내장공사의 결로 및 곰팡이(D4)인 경우, 건축물 내부 작업이기 때문에 결로 발생시 입주자의 생활환경 및 실내 쾌적함에 악영향을 미치게 된다. 특히, 실내에서는 벽체 간의 접합부위에서 결로가 자주 발생하는데 이러한 원인은 시공단계에서 단열재 시공이 누락되거나 시공상 오류가 발생하기 때문이다. 따라서, 시공단계에서 접합부에 대해 단열 모르타르나 판상 단열재 매입 등 재료가 필요할 것으로 사료된다[26]. 또한, 실내에서 작업되는 공종이기에 준공 전 단계에서 전라적인 실내환경을 통해 습도를 조절하여 하자발생을 방지해야 한다[27].

6. 결론

본 연구에서는 공동주택 마감공사의 하자위험성을 평가하고 품질향상을 위한 하자예방기법 제시를 목적으로 수행하였다. 이를 위해, 3,299세대의 마감공사와 4개의 민간기업으로부터 하자 사례를 조사하였으며, 15개 세부공종과 30개 하자유

형으로 분류하였다. 이에 대한 하자빈도와 비용심도를 정량적으로 분석하고 두 요인을 활용하여 하자위험성을 평가하였다. 평가 결과 하자위험우선순위를 도출하고 순위가 높은 5개 하자유형에 대한 관리기법을 제시하였다. 본 연구에서는 준공 전 사업수행 단계의 하자예방을 위한관리적 차원의 품질관리를 통해 설계단계부터 시공단계, 준공 전 단계까지의 근원적 하자를 저감하고자 하였다. 이를 위해 공종별로 하자항목을 분류하여 발생빈도와 심도 값을 산출하고 이를 통해 하자발생위험 우선순위를 도출하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

첫째, 위험성 평가에 앞서 빈도와 심도를 분석하였다. 빈도분석의 경우 세대별 하자 발생건수를 통해 빈도를 분석하였고, 심도분석의 경우 금액별로 1등급(0~30만원)에서 7등급(1,000만원 이상)으로 분류한 후 분석하였다.

둘째, 빈도와 심도를 종합하여 하자위험순위를 도출하였다. 도출한 상위 5개 항목의 위험성은 도장공사의 결로 및 곰팡이(D4)가 5.051, 타일공사의 줄눈불량(D23)이 3.366, PL창호공사의 개폐불량(D3)이 3.296, 마루공사의 들뜸(D8)이 2.801, 내장공사의 결로 및 곰팡이(D4)가 2.739 순서로 나타났다.

셋째, 하자위험순위 상위 5개 항목의 예방기법은 설계단계, 시공단계, 준공전단계로 분류하였다. 첫째, 도장공사의 결로 및 곰팡이(D4)는 외기와 내기의 온도, 습도에 영향을 받아 발생하기 때문에 단열재 보충이 필요하며 설계단계의 집중 관리가 필요하다. 둘째, 타일공사의 줄눈불량(D23)은 시공자의 줄눈 재료 및 충전여부 판단 등 시공단계의 관리가 필요하다. 셋째, PL창호공사의 개폐불량(D3)의 주요 발생 원인은 선행공종의 오류로 발생하며 시공단계의 관리가 필요하다. 넷째, 마루공사의 들뜸(D8)은 바닥재 시공에 사용되는 모르타르의 건조에 따라 접착도가 변화하기 때문에 시공단계의 관리 및 습도가 높은 작업장에 대한 준공 전 단계의 관리가 필요하다. 다섯째, 내장공사의 결로 및 곰팡이(D4)는 실내 벽체 접합부에서 주로 발생하기 때문에 단열재 시공 및 실내, 실외의 온도, 습도 조절이 필요하며 시공단계와 준공 전 단계의 집중관리가 필요하다. 본 연구의 결과는 공동주택 마감공사의 품질향상을 위한 하자예방관리기법을 제시하고 마감공사 품질향상 및 하자관리에 대한 법적, 정책적 제도 개선의 근거자료로 활용될 것이다. 이를 통해, 공동주택 마감공사의 품질향상에 기여할 것이다.

본 연구는 준공 전 사업수행 단계에서 실질적으로 하자위험을 관리하는 기법은 제시하였으나, 준공 후 하자 위험 관리 방안을 제시하지 못하는 한계가 있다. 준공 이전의 사업 수행단계와 준공 이후의 사업완료 단계를 통합하여 하자 위험을 관리할 수 있는 기법에 대한 추가적인 연구가 필요하다. 또한, 하자사례를 조사한 범위가 공동주택으로 한정되어 있어 RC구조에 맞는 공종으로 조사가 이루어졌으며, SRC구조 및 주상복합에 적용하는데 어려움이 있을 것으로 판단되어 추가적인 연구가 필요하다.

요약

최근 공동주택의 주거 비율이 높아짐에 따라 이에 따른 하자분쟁이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 하자들 중에서도 마감공사는 발생빈도가 가장 높으며 이를 보수하기 위한 막대한 비용이 발생한다. 그러므로 이러한 문제를 해결하기 위해 하자 발생빈도 및 보수비용을 활용한 하자위험도를 미리 도출하여 하자순위별로 사전에 예방할 수 있는 관리기법의 개발이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 공동주택 마감공사의 하자유형별 분석 및 위험성 평가 방법을 도출하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해, 최근 준공된 마감공사 하자사례를 조사하여 하자위험 우선순위를 도출하고 하자관리를 위한 위험성 평가방법을 제시하였다. 본 연구의 결과는 공동주택 마감공사의 품질향상을 위한 관리제도 개선의 근거자료로 활용될 것이다.

키워드 : 공동주택 건설, 하자, 위험성평가분석, 하자원인

Funding


Not applicable


Acknowledgement


This research was supported by a grant(NRF-RS-2023-00239089) from the National Research Foundation of Korea by Ministry of Science and ICT.

This research was supported by a grant(NRF-2021R1C1C2091677) from the National Research Foundation of Korea by Ministry of Science and ICT.

ORCID

Seunghyun Son,  <https://orcid.org/0000-0003-1349-5586>

Jae-hyeon Lee,  <https://orcid.org/0009-0000-2463-9819>

Kiyoung Son,  <https://orcid.org/0000-0002-5592-7458>

References

1. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Housing Statistics Report for December 2022. Sejong (Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2023. 9 p.
2. Korea Authority of Land and Infrastructure Safety. Regional Status of Applications for Dispute Resolution in Housing Defects for Joint Housing in 2022. Jinju (Korea): Korea Authority of Land and Infrastructure Safety; 2023. 139 p.
3. Park JM, Seo DS. Improvement plans on defect consulting report in an apartment building through analyzing on formal index and quantitative index. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2014 Jun;14(3):195-206. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2014.14.3.195>
4. Jang HM. Assessment of defect risks in apartment projects based on the defect classification framework. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2018 Mar;19(3):61-8. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.3.61>
5. 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>
6. Lee SH, Han MC, Kim JJ, Lee JS. Analysis on characteristics of defects before inspection for apartment use. *Journal of Korea Academy Industrial Cooperation Society*. 2020 May;21(5):167-78. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.5.167>
7. Lee SH, Kim JJ, Lee, SH. Evaluating importance of defects through defect dispute case study in apartment buildings. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2019 Mar;20(3):56-64. <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.3.56>
8. Kim BO, Je YD, Song HS, Lee SB. Prediction model development of defect repair cost for apartment house according to performance data. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2011 Oct;11(5):459-67. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2011.11.5.459>
9. Lee HJ. A study on defects occurrence and preventive measures in apartment building construction [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Hanyang University. 2011. 62 p.
10. Lee KJ. A study on the state of maintenance and improvement method in apartment houses: Focused on case of apartment in

- Seoul and the metropolitan areas [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Hanyang University. 2011. 62 p.
11. Shirkavand I, Lohne J, Laedre O. Defects at handover in norwegian construction projects. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. 2016 Jul;226:3-11. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.155>
 12. Kim JH, Go SS. Evaluation of defective risk for the finishing work of apartment house. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2012 Nov;13(6):63-70. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2012.13.6.063>
 13. Kim SH, Kim JJ. Analysis of defect risk by work types based on warranty liability period in apartment. *Korean Journal of Construction Engineering and Management*. 2018 Jul 31;19(4):34-42. <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2018.19.4.034>
 14. Forcada N, Macarulla M, Love ED. Assessment of residential defects at post-handover. *Journal of Construction Engineering and Management*. 2012 May;139(4):372-8. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000603](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000603)
 15. No SH. An analysis on the defect risks in apartment building based on defect lawsuit case study [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Hanyang University. 2018. 55 p.
 16. Lee JE, Kim BY, Jeong BJ. Analysis of defect repair cost by work type based on defect inspection of apartments. *Journal of the Korean Institute of Building Construction*. 2015 Oct;15(5):491-500. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2015.15.5.491>
 17. Construction Association of Korea. 2020 construction business and construction materials forecast. Seoul (Korea): Construction Association of Korea; 2020. 19 p.
 18. SH Urban Research & Insight. A study on the analysis of defect type and pre-prevention in apartment buildings. Seoul(Korea): SH Urban Research & Insight; 2010. 185 p.
 19. Lee UK, 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*. 2017 Aug;17(4):385-91. <https://doi.org/10.5345/JKIBC.2017.17.4.385>
 20. Lee SK, Yu JH, An HK. Improvement of information collection system in design and construction phases for efficient facility management. *Journal of the Architectural Institute of Korea Planning & Design*. 2012 May;28(5):33-42. https://doi.org/10.5659/JAIK_PD.2012.28.5.33
 21. Song G. An analysis and preventive measures on the defect causes of interior finishing works to new apartment building [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Chungang Universit. 2013. 116 p.
 22. Seo JM. A study on the defect analysis of apartment housing: focused on the construction management [master's thesis]. [Seoul (Korea)]: Hanyang University. 2019. 48 p.
 23. Chong WK, Low SP. Assessment of defects at construction and occupancy stages. *Journal of Performance of Construction facilities*. 2005 Nov;19(4):283-9. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3828\(2005\)19:4\(283\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3828(2005)19:4(283))
 24. Joo HS. Study on the construction checklist based on frequent defects which occurred in apartment [master's thesis]. [Changwon (Korea)]: Changwon National University. 2009. 93 p.
 25. Pi DW, Kang SG. A study on deflection characteristics of plywood for wood based flooring by veneer composition. *Journal of the Korean Society of Wood Science and Technology*. 2013 Jan;41(1):42-50. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2013.41.1.42>
 26. Oh SM, Park SH, Joung KS. Study on the improvement plans of condensation defect examples in apartment building. *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*. 2017 Feb;29(2):82-8. <https://doi.org/10.6110/KJACR.2017.29.2.082>
 27. Oh HR, Lee HH, Lim JH, Song SY. Evaluation of condensation prevention for condensation vulnerable areas around built-in wardrobe of apartment buildings. *Journal of the Architectural Institute of Korea Structure & Construction*. 2017 Jun;33(6): 87-94. https://doi.org/10.5659/JAIK_SC.2017.33.6.87