

# 픽셀화기법을 통한 건축물 외벽의 하자과 입면 구성 요소 간의 관계 분석

김우람<sup>1</sup> · 전용덕<sup>1</sup> · 신정란<sup>1</sup> · 정기창<sup>2</sup> · 이재섭<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>동국대학교 건축공학과 · <sup>2</sup>건설원가연구원

## Correlation between Building Facade Elements and Defects through “Pixelization Method”

Kim, Wooram<sup>1</sup>, Jeon, Yongdeok<sup>1</sup>, Shin, Jeongran<sup>1</sup>, Jeong, Kichang<sup>2</sup>, Lee, Jaeseob<sup>\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Architectural Engineering, Dongguk University

<sup>2</sup>Construction Cost Management Research Institute

**Abstract :** The construction industry has been made diversified on the design process depending on qualitative growth of customers' demands. But this approach has lead to problems such as falling of building values due to lack of awareness of defects caused by long term utilization. So, the relationship on the characteristics of buildings and defects should be clearly analyzed to prevent falling of building values. This study, therefore, proposed a technique to quantify the relationship between building facade elements and defects. The technique was developed by applying pixel concept to the outside of the buildings. It has a feature to determine the clear relationship by presenting quantitative data that have been recognized qualitatively. The proposed technique is referred to “Pixelization Method”. It separates building facade into unit compartment and makes database by assigning a code depending on the characteristics. Through the method, this study is expected to create a foundation for the quantitative analysis of relationship between building facade elements and defects as a basis on active responding to the defects.

**Keywords :** Pixelization Method, Facade Element, Defect, Database

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 산업화 과정을 통하여 급격한 경제 성장이 이루어졌으며, 이는 건설산업에도 큰 영향을 미쳐 건축물의 양적 성장이 이루어졌다. 이러한 양적 성장은 산업이 발전하고 사회의 의식 수준이 높아짐에 따라 점차 질적 가치 추구의 형태로 변화되기 시작하였다. 그에 따라 건축물의 내·외부 공간을 보다 효율적으로 배치하고, 사용하는 재료에 대해 사용자 또는 건축주의 요구 사항을 충족시키기 위한 형태로 변화되었다.

하지만 이러한 변화 양상은 오히려 건축물의 가치를 저하

시키는 부작용을 야기하였다. 즉, 요구 사항을 충족시키기 위해 다양한 재료를 사용하고 공간의 독창성을 확보하는 과정에서 중·장기적으로 발생할 수 있는 하자를 인지하지 못하고 무분별하게 사용함으로써 오히려 건축물의 가치가 하락하게 되는 것이다. 때문에 건축물의 특성과 하자의 관계를 분석하여 이를 토대로 발생할 수 있는 하자를 사전에 인지하여 최소화할 필요가 있다. 그러나 기존의 접근방식은 정성적, 경험적으로 이루어지고 있어 명확한 분석의 한계가 있었다.

본 연구에서는 기존 연구의 한계를 극복하기 위해 건축물의 특성과 하자 발생의 관계를 정량화하여 하자 대응의 기틀을 마련하고자 한다. 이를 위해 본 연구는 먼저 외벽을 단위 구획으로 구분하여 단위 구획에서의 입면 요소 특성에 코드를 부여하여 데이터를 구축하였다. 그 후 하자과 입면 요소의 관계를 데이터에 기반을 두어 정량화하였으며 이런 일련의 과정을 픽셀화기법(Pixelization Method)이라 명명하였다. 본 연구는 이 픽셀화 기법을 활용하여 건축물 외벽의 하자과

\* Corresponding author: Lee, Jaeseob, Division of Architectural Engineering, Dongguk University, Seoul 04620, Korea  
E-mail: js1998@dongguk.edu  
Received March 8, 2016; revised April 6, 2016  
accepted April 22, 2016

입면구성 요소간의 연관성을 정량적으로 분석하는 방법을 제안함과 더불어 구축된 데이터베이스의 활용 가능성을 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 픽셀화기법을 통한 건축물 외벽에서 입면 특성과 하자와의 관계를 분석하기 위해 다음의 과정을 거쳐 연구를 진행하고자 한다.

첫째, 선행 연구를 통하여 외벽의 입면을 구성하는 요소와 외벽 마감 재료에 발생하는 하자 요인을 도출한다. 여기서 도출된 입면 구성 요소와 하자 요인은 각각이 변수로 작용하여 건축물 입면 데이터베이스를 구축함에 활용된다.

둘째, 건축물 입면의 픽셀화를 통해 데이터를 입력, 데이터베이스를 구축한다. 이는 복잡하고 다양한 특성을 가진 건축물의 입면에 대해 그 특징만을 부각시켜 단순화함으로써 상관관계 분석을 용이하고자 함이다.

셋째, 데이터베이스에 기반하여 외벽 입면 구성 요소와 하자 요인별 관계를 분석한다. 이는 각 하자 요인별로 구분하여 이루어지며, 입면 구성 요소별로 미치는 영향을 정량화한다.

넷째, 기존 연구 및 문헌에서의 결과와 비교하여 본 연구에서 제시하는 결과에 대해 타당성을 고찰한다.

본 연구는 픽셀화기법을 통한 건축물 입면 구성 요소와 외벽 하자 요인의 관계에 대한 분석 가능성과 결과를 도출하는 것에 의미가 있다. 이때, 건축물의 외벽에서 발생하는 하자는 입지 조건, 건축물의 용도와 규모 등 다양한 특성이 복합적으로 작용하며, 사용하는 재료에 따라서도 결함의 특성이 상이하게 나타난다. 또한 건축물의 유지관리 수준<sup>1)</sup>에 따라 동일한 건축물이라도 차이가 있음을 고려해야 하므로, 본 연구에서는 동일 지역 내 10층 이하의 상업용 건축물을 대상으로 하여 분석하였으며, 외벽 마감 재료를 석재로 한정하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 건축물의 하자

일반적으로 건축물에서의 가치가 하락되는 경우를 하자라 지칭한다. 이에 관련하여 법령<sup>2)</sup>에서는 이를 설계 및 시공 등

1) Inês Flores-Colen et al.(2010)은 건축물의 관리 수준을 4단계(WITHOUT ANY MAINTENANCE, CLEANING OPERATION, LIGHT REPAIRS, ONE HEAVY REPAIR)로 구분하고 이에 따른 건축물의 성능에 차이가 있음을 분석하였다.  
 2) 통상적으로 하자의 범위에 대해 주택법 시행령 [별표 6] 「하자보수대상 하자의 범위 및 시설공사별 하자담보책임기간」에서 “공사상의 잘못으로 인한 균열·처짐·비틀림·침하·파손·붕괴·누수·누출, 작동 또는 기능불량, 부착·접지 또는 결선 불량, 고사 및 입상불량 등이 발생하여 건축물 또는 시설물의 기능·미관 또는 안전상의 지장을 초래할 정도의 하자”로 정의하고 있다.

공사상에서의 잘못으로 그 범위를 제한하고 있고, 통상적인 하자에 대한 인식 또한 시공 단계에서 발생한 문제에 대해 책임 소재를 묻기 위한 용도로서 적용되고 있다. 이와 관련하여 하자의 법률상 구분은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Legal classification of defeat (Lee, 2009)

Division		Example
Physical defect	Civil	Differential settlement, Foundation cracks
	Archi	Leak, Crack, Condensation, Poor finish
	MEP	Error of plumbing, heating, light and E/V
Environmental defect		Noise, Foul smell, Right of light, High tension line

하지만 실제 건축물의 사용 단계에서 발생할 수 있는 문제를 간과할 수 없다. 이는 하자의 대상이 아니기에 시공사 등에게 책임이 있지 않으나, 실질적으로 건축물의 사용성과 심미성, 안전성을 저해하여 건축물의 가치를 하락시킬 수 있다. 이는 다양한 요인으로 접근할 수 있으며, 이에 대해 미국 조달청(GSA)은 문화재 보존의 기술적 절차를 언급하면서 각 재료의 장기 사용에 따른 문제를 다음 Table 2와 같이 제시하고 있다.

Table 2. Defects due to long-term use of material (GSA)

Material	Category
Concrete	Cracking, Spalling, Deflection, Stains, Erosion, Corrosion
Stone	Cracking, Efflorescence, Staining, Rising Damp, Spalling, Cracking, Erosion, Flecking, Peeling, Sub-florescence, Weathering, Loss of polish or detailing, Chipping, Detachment, Flaking, Sugaring, Crumbling, Blistering, Moisture-related problems, Exfoliation, Facing delamination, Carbonation
Metal	Chemical Corrosion, Galvanic Corrosion, Oxidation, Sulphurization, Bronze disease, Core migration, Pitting, Bird droppings, Erosion, Rusting, Graphitization, Coating Failure, Mechanical failure
Paint	Dirt, Soot, Pollution, Mildew, Excessive chalking, Staining, Cracking, Intercoat peeling, Solvent blistering, Wrinkling, Peeling
etc.	Loss of adhesion, Uncured sealant, Bubbling and blistering of the surface, Inappropriate Choice of Sealant and Improper Joint Design

이상의 내용을 고려해볼 때, 기존의 하자에 대한 범위로 한정할 경우 사용단계에서의 노후화에 따른 성능 저하(Shin, 2015) 명확히 대처하지 못하는 한계가 발생한다. 이에 본 연구에서는 하자의 범위를 광의적으로 접근하여, 건축물의 생애주기에서 각 부재에 발생하여 건축물의 사용성과 심미성, 안전성을 저하시키는 요인을 대상으로 하였다.

### 2.2 건축물의 외벽과 입면 구성 요소

건축물에서의 외벽은 건축물의 바깥과 안쪽, 즉 실내외의 경계로서 구획하며, 외부에서 내부공간으로 작용하는 외부 요소들의 영향을 제어하는 차단 조절 기능과 구조 내력을 부

담하는 기능으로 구분된다. 이외에도 건축물의 외관에 대한 이미지를 부여하여 타 건축물과의 차별성을 부여하거나 때로는 통일감<sup>3)</sup>을 부여하게 된다.

이러한 역할을 하는 외벽은 창호, 돌출부 등 다양한 설계 요소가 복합적으로 배치되어 그 의미를 부여하고 있다. 이와 대해 찰스 모리스의 기호론(記號論)의 분류에 기초하여 관련 연구에서는 다음 Table 3과 같이 입면 구성 요소를 구분하고 있다.

Table 3. Façade elements of advanced researches

Advance research	Contents
Park (2011)	The one-dimensional elements—Outline, Main Color, Roof shape Two-dimensional elements—External material, Door shape, Local color Three-dimensional elements—Shape of balcony, Wall and Window Four-dimensional elements—Balcony railing, Color, etc.
Jeoung (2012)	Mass—Simple, Segment, Laminate, Opposition, Hybrid Roof—Flat, Shed, Gable, Gambrel Window—Spandrel, Mullion, Grid, Hybrid Material—Stone, Brick, Sand, Concrete, Glass, Steel, Wood Plan type—Center, Individual, Simple, Complex
Son (2013)	Window type—Rectangle(Length and Width), Square, Hybrid Window array—Rule, Partial rule, Middle, Partial irregular, irregular Relation between wall and window—Punch, Hybrid, Curtain—wall
Yoon (2006)	Building Shape—Outline, Roof, Wall shape, Penthouse Color and Material—Main Color, External material Detail—Balcony shape, Window size, Door shape

### 2.3 픽셀화기법(Pixelization Method)

건축물의 입면 구성 요소는 매우 다양하며, 이에 대한 크기와 배치 또한 건축물별로 상이하여 이를 데이터화하는 것이 용이하지 않다. 물론, 선행 연구에서와 같이 각 구성 요소의 유무와 특성 등을 토대로 분석(Lee, 2010)할 수 있으나 정량화함에 있어서의 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 건축물의 입면을 일정 크기의 구획으로 나누어 각 구획의 대표성을 토대로 데이터화하는 방법을 제안한다. 즉, 건축물의 입면을 모자이크 형태로 단순화하여 단위 구획을 하나의 픽셀로 보고 이에 대한 특성에 대한 데이터를 입력하는 방식이다. 본 연구에서는 이를 “픽셀화기법”이라 명명한다.

픽셀화기법은 건축물의 실제 입면 사진을 기반으로 이루어진다. 이때, 건축물의 입면에 대한 시각적 요인, 소실점에 의해 대상이 왜곡된 상태로 이미지화되므로, 구획 구분 시 이를 고려해야 한다. 이를 위해 photoshop의 기능 중 하나인 vanishing point를 사용하여 원근이 반영된 그리드, 즉 구획을 표현한다(Fig. 1).

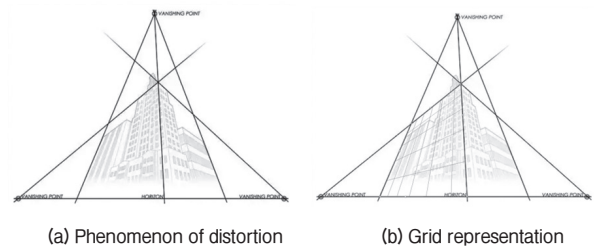
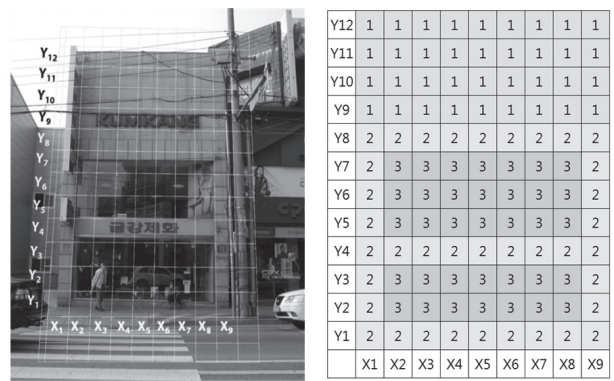


Fig. 1. Grid representation reflecting phenomenon of distortion

건축물에 구획을 표기하는 과정에서 동일 간격을 기준으로 표현되어야 하므로, 건축물의 실제 입면 사진에 눈금자(합척) 등을 활용하여 구획에 대한 기준을 제시하고 표현토록 한다. 이에 대한 예시는 다음 Fig. 2와 같다.



(a) Building façade (b) Window data  
Fig. 2. Forming data via “Pixelization Method”

Fig. 2에서 (a)는 건축물의 입면에 대한 실사이며, 여기서  $X_i$ 와  $Y_j$ 의 간격은 1m로 1(m)×1(m)의 단위구획이 형성된다. 이를 토대로 창호 정보에 대해 데이터화한 것이 (b)로서  $X_i \times Y_j$  매트릭스의 체크 시트가 구축된다. 체크 시트는 입면 요소별로 구축되며, 데이터 구축 시 창호 정보 이외에 입면 요소( $n$ 개)별로 각각의 데이터가 형성되며, 각 체크 시트에 데이터를 통합하여  $k \times n$  매트릭스( $k=i \times j$ )로 변환함으로써 최종 데이터를 형성한다. 이는 엑셀을 기반으로 하며, 이에 대한 예시는 다음 Table 4와 같다.

Table 4. Sample of database

Division	$X_1, Y_1$	$X_1, Y_2$	$X_1, Y_3$	...	$X_9, Y_{12}$	
Façade elements	Entrance	2	3	3	...	1
	Window	2	2	2	...	1
	Stair	1	1	1	...	1
	Peak	2	3	3	...	1
	Dent	1	1	1	...	1
	Tilting	1	1	1	...	1
	Open	1	1	1	...	1
	Fixture	3	2	1	...	1
	etc.	1	1	1	...	1

3) 공동주택의 외관은 단지에서의 전체적인 통일감과 그 단지만이 갖는 독자적인 조형성의 표현이 우선적으로 고려된다(Kim, 2010).

Defect	Physical damage	Crack	0	0	0	...	0
		Chipping	1	1	0	...	0
		Missing part	0	0	1	...	0
		Scaling	0	0	0	...	0
		Abrasion	0	0	0	...	0
		Glossy	0	0	0	...	0
	Pollution	Soiling	1	1	1	...	1
		Efflorescence	0	0	0	...	0
		Joint	0	0	0	...	1
		Chemical	0	0	0	...	0
		Rust	1	0	0	...	0
		Moisture	1	1	1	...	0
		Biological	0	0	0	...	0
		etc.	0	0	0	...	0

이를 토대로 건축물 입면에 대해 다양한 분석이 이루어질 수 있으며, 본 연구에서는 하자와의 관계 분석에 이를 활용하였다.

### 3. 건축물 입면 데이터베이스 구축

#### 3.1 건축물 입면 구성 요소

건축물의 입면에 따른 하자 발생에 대한 관계를 분석하기 위해서는 입면 구성 요소에 대한 특성을 명확히 해야 한다. 이와 관련하여 Table 3과 같은 선행 연구를 토대로 다음 Table 5와 같은 입면 구성을 1차적으로 분류하였다.

Table 5. Façade elements (Primary classification)

Division		Contents
Mass	Shape	Horizontal rectangle, Vertical rectangular, Square, Atypical
	Floor	High-rise, Low rise
Finishing material	Material	Stone, Brick, Sand, Concrete, Glass, Steel, etc.
	Texture	Gloss, Roughness, Stiffness, Density, Transparency
Façade pattern	Window	Punch, Spandrel, Mullion, Grid, Hybrid
	Entrance	Flat form, Retreat type, Canopies, Alpha room
	Balcony	Peak, Dent, Cantilever
Color	Color	R, G, B
	Emotion	I. R. I Image Scale

Table 5와 같이 1차로 분류된 입면 구성을 토대로 각각의 입면 구성에 관여하는 요소를 다음 Table 6과 같이 도출하였으며, 입면 구획의 상대적 위치를 검토하기 위해 X와 Y의 요소를 추가하였다. 이상의 요소를 데이터베이스 구축의 변수로 활용하였다.

Table 6. Façade elements (Final Classification)

Division	Contents	Code
X	The central portion and the end(ratio)	0.00~1.00
Y	Height(ratio)	
Entrance	Entrance(Person / vehicle)	Whether in the presence or absence and the adjacent (Absence : 1, Adjacent : 2, Presence : 3)
Window	Window	
Stair	Access stairs, etc.	
Peak	Protruding part against neighbor	
Dent	Depressed part against neighbor	
Tilting	Tile / Reverse tilt part	
Open	Opening area(not window/door)	
Fixture	signboard, pipe	
etc.	Other phenomenal properties	

#### 3.2 재료에 대한 하자 요인

본 연구는 입면 구성 요소와 하자의 관계를 분석함에 있어 석재를 외벽 마감 재료로 사용하는 건축물로 그 범위를 한정하였다. 이는 석재 고유의 특성상 외부의 별다른 영향이 없는 한 반영구적<sup>4)</sup>으로 지속된다는 점과 석재 마감 건축물의 빈도를 고려한 것이다.

석재의 하자 및 관련하여 선행 연구를 비롯하여 앞서 언급한 GSA의 자료 등과 같이 다양한 형태의 관련 연구<sup>5)</sup>와 문헌이 있다. 이를 토대로 유사 항목간의 그룹화 등을 하였으며 이를 종합하여 석재의 하자 요인에 대해 다음 Table 7과 같이 구분하였다. 이는 건축물 데이터베이스 구축에서의 하자 관련 변수로 활용된다.

Table 7. Defects of stone

Division		Contents
Physical damage	Crack	Resulting from separation of on part from another
	Chipping	Local loss of the stone surface
	Missing part	Local miss of the stone from wall
	Scaling	Detachment of stone as a scale or a stack of scales, not following ant stone structure
	Abrasion	Loss of stone material clearly due to a mechanical action
	Glossy	Aspect of a surface that reflects totally or partially the light
Pollution	Soiling	Deposit of a very thin layer of exogenous particles(eg. soot) giving a dirty appearance to the stone surface
	Efflorescence	Generally whitish, powdery or whisker-like crystals on the surface
	Joint	Contamination on the joint and surrounding due to joint material
	Chemical	Change of the stone color cause of chemical substance
	Rust	Change of the stone color cause of rust
	Moisture	Change of the stone color cause of moisture
	Biological	Colonization of the stone by plants and micro-organisms
etc.	etc.	Depreciation of stone due to other factors

4) A. Silva, et al.(2011)은 석재 마감의 평균 수명을 76.952년으로 예측할 수 있다고 분석하였다.

5) 관련 선행 연구로서 Kwon(1995), Jeong(2005), Kim(2010), Natália Neto and Jorge de Brito(2012), Ronan Hébert, et al.(2012) 등이 있다.

### 3.3 건축물 입면 및 하자 데이터베이스 구축

3.1과 3.2에서의 데이터베이스 관련 변수를 토대로 데이터베이스를 구축하였다. 이는 입지적 특성이 미치는 영향을 최소화하기 위해 동일 지역 내 건축물을 모집단으로 하였으며, 모집단 내 건축물 중 유사한 규모와 관리 수준의 건축물을 표본 집단으로 하여 선택하였다.

입면 요소 데이터는 Table 6의 코드를 기초로 하며, 하자는 발생 유무(0/1)에 따라 데이터를 입력하였다. 이상의 내용을 토대로 각 건축물에 대한 데이터베이스를 구축하였다.

## 4. 건축물 입면 요소의 결함 요인 관계 분석

### 4.1 데이터베이스 분석

총 27개의 건축물을 대상으로 표본 데이터를 구축하였으며, 건축물의 입면 및 하자에 대한 데이터를 취합하여 분석한 결과는 다음 Table 8과 같다.

Table 8. Database overview

Division		Sum	Avg.	Max	Min
Façade elements	Shape	5,834	216.07	510	50
	Entrance	174	6.44	16	0
	Window	574	21.26	46	0
	Stair	10	0.37	7	0
	Peak	166	6.15	113	0
	Dent	249	9.22	156	0
	Tilting	37	1.37	14	0
	Open	53	1.96	16	0
	Fixture	642	23.78	56	3
	etc.	0	0	0	0
Defect factor	Crack	6	0.22	1	0
	Chipping	38	1.41	5	0
	Missing part	2	0.07	1	0
	Scaling	6	0.22	3	0
	Abrasion	0	0.00	0	0
	Glossy	0	0.00	0	0
	Soiling	860	31.85	100	2
	Efflorescence	442	16.37	89	0
	Joint	1,819	67.37	263	0
	Chemical	8	0.30	3	0
	Rust	114	4.22	21	0
	Moisture	351	13.00	111	0
	Biological	61	2.26	29	0
	etc.	0	0.00	0	0
	Sum of Defect	3,707	-	-	-

27개 건축물에서 평균 216.07개의 단위 구획이 조사되었으며, 입면 구성 요소 중 부착물과 창호가 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 하자는 줄눈부 하자 및 먼지 하자, 백화 하자 순으로 발생 빈도가 높은 것으로 나타났다.

분석 결과를 토대로 건축물 구획의 상대적 위치에 따른 하자 요인별 발생 위치를 도식화하면 다음 Fig. 3과 같다. 그림에서 Y는 건축물의 상대적 높이를 의미하며, X는 중앙부에서 단부로의 상대적 위치를 의미한다.

하자 요인별 발생 위치를 도식화하면 깨짐 하자의 경우 건축

물의 하단부에서 발생할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이는 깨짐과 같은 물리적 손상이 발생함에 있어 충돌이나 충격과 같은 물리적 접촉이 필요하고, 이는 접근성이 높은 저층부와 출입구 및 계단부에서 주로 발생하기 때문이라 판단된다.

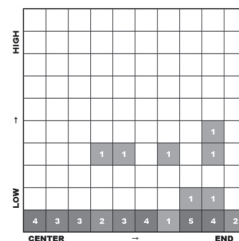
먼지 하자 및 백화 하자, 줄눈부 하자는 외벽 전반에 걸쳐 발생하나 대체적으로 하단부에서의 발생 빈도가 낮은 것으로 나타났다. 이는 각 하자의 발생이 우수와 같은 수분과의 연관성이 높고 건축물의 상층부로 갈수록 우수의 접촉 빈도가 높은 영향에 따른 것이라 판단된다.

녹에 의한 하자의 경우 저층부에서 다소 높은 빈도가 발생하나 대체적으로 건축물의 단부, 즉 외곽에서의 발생 빈도가 더 연관성이 있음을 알 수 있다. 이는 간판 등과 같은 금속성 이질재로 인해 발생한 녹이 건축물 외벽에 흡착되면서 발생한 경우가 대부분이기 때문이라 보인다.

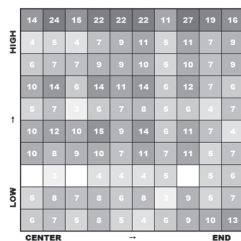
습기 하자는 전반적으로 나타나나 지면에서의 습기가 석재에 침투하는 현상 등으로 인해 저층부에서의 빈도가 상대적으로 높은 것으로 보인다.

생물 하자는 저층부와 고층부에서의 빈도가 높은 것으로 나타났으나 상대적인 발생 빈도가 낮아 대표성을 판단하는 것에는 한계가 있다.

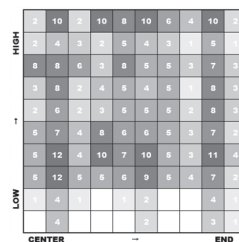
이를 합산한 결과 대체적으로 건축물의 하단부를 제외한 중앙 및 상단부에서의 발생 빈도가 높은 것으로 나타났다.



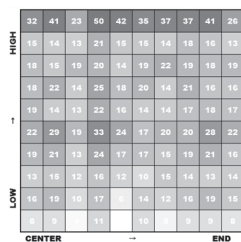
(a) Chipping



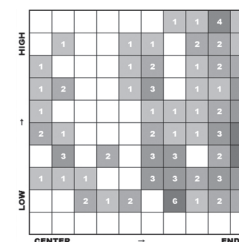
(b) Soiling



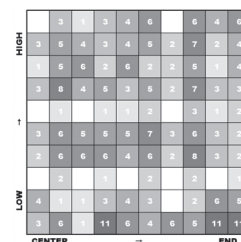
(c) Efflorescence



(d) Joint



(e) Rust



(f) Moisture

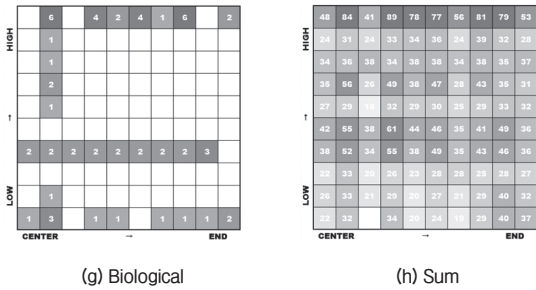


Fig. 3. Distribution of defect occurrence in façade

## 4.2 입면 요소와 하자 요인 관계분석

입면 요소와 하자 요인의 관계 분석은 크게 상관관계 분석과 로지스틱 회귀분석으로 이루어진다. 이는 입면 요소와 하자 요인의 상호 관계가 양 또는 음의 관계 여부를 분석하고, 각 입면 요소가 하자 요인의 발생 여부에 미치는 영향을 정량적으로 제시하는 것이다. 이는 다음과 같다.

### 4.2.1 상관관계 분석

상관관계란 변수들 간의 관계를 말하는 것으로서, 두 개 이상의 변수에 있어서 한 변수가 변화함에 따라 다른 변수가 어떻게 변화하는지와 같은 변화의 강도와 방향을 지칭한다. 본 연구는 입면 요소와 하자 요인간의 상관관계를 분석하였으며, 이는 다음 Table 9와 같다.

Table 9. Correlation between façade elements and defects

Div.	Crack	Chipping	Missing Part	Scaling	Soiling	Efflorescence	Joint	Chemical	Rust	Moisture	Biological
X	-0.008	0.01	0.008	0.02	0.024	-0.017	0.019	0.033*	0.086**	0.027*	-0.014
Y	-0.012	-0.115**	-0.029*	-0.043**	0.102**	0.041**	0.158**	-0.012	-0.022	-0.027*	0.023
Entrance	0.003	0.100**	-0.006	0.055**	-0.059**	-0.057**	-0.116**	0.023	0.000	0.027*	-0.006
Window	-0.001	-0.058**	-0.015	-0.025	0.005	-0.052**	-0.064**	-0.008	0.007	-0.046**	-0.048**
Stair	-0.002	0.145**	-0.001	-0.002	0.012	-0.019	0.027*	-0.002	-0.009	0.063**	0.095**
Peak	0.035**	-0.014	-0.005	-0.008	0.069**	-0.061**	-0.040**	0.028*	0.044**	0.052**	-0.025
Dent	-0.009	0.028*	-0.005	-0.009	-0.02	-0.032*	0.039**	-0.01	-0.003	-0.048**	-0.027*
Tilting	0.026	-0.009	-0.002	-0.004	0.058**	-0.008	0.02	-0.004	-0.016	-0.029*	-0.012
Open	-0.004	-0.011	-0.002	-0.004	-0.031*	0.025	-0.059**	-0.005	0.004	-0.034**	-0.014
Fixture	-0.011	-0.005	-0.011	0.004	0.025	0.037**	-0.001	0.019	0.084**	0.000	0.042**

\* The correlation coefficient is also significant at the 0.05 level (both sides)  
 \*\* The correlation coefficient is also significant at the 0.01 level (both sides)

상관관계는 ±1.000에 근접할수록 높은 상관관계가 있으며, (+)는 양의 상관관계, (-)는 음의 상관관계에 있음을 의미한다. 본 연구에서의 분석 결과 최대 0.158로 단순 수치상에서는 상관관계가 높지 않은 것으로 나타나, 전체 구획 수에 비해 발생한 하자의 수가 상대적으로 많지 않아 이와 같은 결과가 도출되는 특징이 있다.

상관관계 분석 결과 입면 요소 중 돌출부가 하자 발생에 가장 많은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 구획의 상대적 높이인 Y와 출입구가 전체적으로 높은 상관관계가 있는 것으로 분석되었다<sup>6)</sup>. 이는 높이와 출입구 유무가 하자 발생과 관련성이 상대적으로 높음을 의미한다.

하자 요인 중 백화와 줄눈부, 습기는 대부분의 입면 요소와 연관이 있는 것으로 나타났다. 하지만 해당 하자는 마감재로나 시공 방법, 입지 조건 등과 같은 외부 요인이 발생에 관련성이 높다. 따라서 해당 하자에 대한 분석 결과는 발생 빈도가 상대적으로 높은 특성이 반영된 것이라 할 수 있다.

### 4.2.2 로지스틱 회귀분석

로지스틱 회귀분석은 종속변수가 이분변수일 때, 종속변수와 독립변수의 인과관계를 추정하는 통계적 모형이다. 본 연구에서는 입면 요소를 독립변수로, 하자 요인을 종속변수로 하여 분석을 실시하였다. 이때, 로지스틱 회귀분석을 실시하기 위해 적정 수 이상의 사례가 제시되어야 하는 바, 이를 충족하지 못하는 독립변수 중의 계단과 종속변수 중의 균열, 깨짐, 탈락, 박리, 마모, 광택 소실, 화학은 분석에서 제외하였다. 이에 대한 분석 결과는 다음 Table 10과 같다.

Table 10. Regression of façade elements and defects

Division	Soiling	Efflorescence	Joint	Rust	Moisture	Biological
X	B	0.265	-	-	2.474	0.436
	P	0.038	-	-	0.000	0.021
	Exp(B)	1.304	-	-	11.867	1.547
Y	B	1.102	-	1.055	-	-
	P	0.000	-	0.000	-	-
	Exp(B)	2.768	-	2.872	-	-
Entrance	B	-	-0.971	-0.494	-	-
	P	-	0.000	0.000	-	-
	Exp(B)	-	0.379	0.610	-	-
Window	B	-	-0.335	-0.277	-	-0.353
	P	-	0.000	0.000	-	0.000
	Exp(B)	-	0.719	0.758	-	0.702
Peak	B	0.409	-1.156	-0.180	0.750	0.496
	P	0.000	0.000	0.020	0.000	0.000
	Exp(B)	1.505	0.315	0.835	2.118	1.641
Dent	B	-	-0.0418	0.269	-	-0.806
	P	-	0.003	0.000	-	0.001
	Exp(B)	-	0.658	1.308	-	0.447
Tilting	B	0.359	-	-0.504	-	-
	P	0.024	-	0.000	-	-
	Exp(B)	1.432	-	0.604	-	-
Open	B	-	0.465	-	-	-
	P	-	0.007	-	-	-
	Exp(B)	-	1.591	-	-	-
Fixture	B	0.197	0.153	-	0.789	0.518
	P	0.000	0.019	-	0.000	-
	Exp(B)	1.217	1.166	-	2.201	-
Constant term	B	-3.560	-	-	-	-2.154
	P	0.000	-	-	-	0.000
	Exp(B)	0.028	-	-	-	0.116

6) 유의확률 내에 있는 상관관계에 대한 결과값을 절대값으로 환산하여 평균을 비교한 것으로 Y와 출입구는 각각 0.074와 0.070으로 나머지 항목이 평균 0.046인 것에 비해 상대적으로 높다. 이때, 계단이 0.083으로 가장 높은 값을 가지나 계단의 수가 적어 통계적으로 유의미하다 보기 어려워 배제하였다.

Table 10은 유의확률(P)이 유의수준(0.05)을 초과하는 독립변수를 제외하여 최종적으로 분석된 결과값이다. 여기서 회귀계수(B)는 다른 독립변수들의 값을 일정하게 하였을 때, 독립변수의 값이 1단위 증가하면 발생할 확률이 만큼 증가함을 의미한다. 이 값을 환산하여 제시한 것이 Exp(B)으로, 예를 들어 먼지의 경우 돌출부의 유무와 인접성에 따라 1.505배 발생확률이 높아진다고 예측할 수 있다.

분석 결과 먼지는 건축물의 외곽부로 갈수록, 높이가 높을수록 많이 발생하며, 돌출부와 경사부, 부착물과 같이 인접구획과 형상이 다른 경우에 발생할 가능성이 높은 것으로 나타났다. 이는 돌출되거나 경사진 곳에 먼지가 흡착된 상태에서 우수 등으로 인해 흘러내려 오염이 발생하는 특성이 반영된 것이라 판단된다.

녹의 경우 건축물의 외곽부로 갈수록 많이 발생하며, 돌출부와 부착물에 따라 발생 가능성이 높은 것으로 분석된다. 이는 간판과 같이 건축물 외벽에 설치된 금속성 이질재에서 녹이 발생하여 흘러내리거나 부착물 아래에 돌출된 곳에 떨어져 침착하는 것으로 볼 수 있다.

백화와 줄눈부, 습기는 앞서 상관관계의 결과에서와 같이 다양한 요인이 관여하고 있음을 알 수 있다. 이때, 먼지와 금속과는 상이하게 입면 요소가 있을 경우 하자가 발생할 가능성이 낮아지는 특성이 나타나고 있다.

### 4.3 분석 결과에 대한 고찰

본 연구는 픽셀화기법에서 형성된 데이터의 적절성 검토를 위해 진행되었다. 이와 관련하여 선행 연구 및 문헌을 토대로 분석 결과에 대해 고찰하면 다음과 같다.

줄눈부의 경우 실란트 등이 석재의 종류나 접촉면 바탕 처리 방식에 따른 영향이 높으며(Kim, 2005), 피착재의 표면에 배어나와 대기 중의 먼지를 흡착함으로써 오염이 심화되는 특징이 있다. 때문에 입면 요소의 영향이 상대적으로 낮으나 이질재(금속 등)는 줄눈재가 내부로 침투되지 않아 먼지의 흡착이 어렵고 건축물 상단은 먼지의 퇴적 요소가 많고, 빗물의 유량이 적은 점(Sim, 2001) 등을 고려해볼 때 상층부에서의 발생 가능성이 높고, 출입구 및 창호에 인접할수록 발생 가능성이 낮은 본 연구의 결과에 당위성이 있다고 판단된다.

먼지의 경우 전술한 바와 같이 건축물의 상부로 갈수록 오염이 심화되며, 건물의 외측으로 갈수록 오염되기 쉬운 경향이 있다. 또한 난간이나 처마, 차양과 같은 돌출부의 하부에 오염의 발생이 쉽게 이루어지는 것으로 나타났다(Im 2008). 이는 돌출부 상단에 흡착된 먼지 등이 빗물로 인해 흘러내리거나 돌출부로 인해 빗물이 닿지 않아 먼지가 씻겨 내려가지 못함에 따른 것이다. 먼지와 관련된 본 연구의 결과물에서도 이를 충분히 설명하고 있다.

백화는 줄눈부의 탄산칼슘이 석출된 것으로 돌 단부나

줄눈부에서 돌 뒤로 빗물이 침입하는 것이 발생 원인이다(Jung, 2005). 때문에 시공이나 재료적 요인이 입면 요소에 비해 상대적으로 높은 연관성이 있으나, 공동부나 부착물 주변에서의 발생 가능성이 높은 것을 고려해볼 때, 해당 입면 요소 주변에서의 주의가 요구된다.

습기는 수분이 석재에 침투하여 장시간에 걸쳐 체류하면서 표면에 배어나오는 것으로 석재의 종류나 석재 뒷면에 모르타르를 충전한 경우(Jung, 2005)와 지면 또는 바닥마감에서의 수분이 침투되어 오염되는 경우가 원인으로 작용한다(Sim, 2001). 때문에 습기는 백화와 마찬가지로 입면 요소 외의 요인에 영향을 많이 받으나 건축물 하단에서의 발생 빈도가 높음을 알 수 있다.

Kwon (1995)은 외벽 마감재에 부착된 철물에서 녹이 생겨 이것이 마감재 표면에 흘러내려 붉은 녹이 발생함을 제시하였다. 또한 Im (2014)은 석재 내부에 포함되어 있는 철분으로 인해 녹이 발생할 가능성을 언급하였다.

이외에 깨짐 등의 하자 요인의 특성과 입면 요소가 하자 발생에 영향을 미치는 작용에 대해 정성적으로 제시하고 있는 선행 연구 및 문헌의 결과와 본 연구에서의 정량적 결과가 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제안한 픽셀화기법을 통해 수집된 데이터를 토대로 건축물의 입면과 하자에 대한 분석이 적합한 것으로 판단된다.

### 4.4 픽셀화기법의 활용방안

본 연구는 하자 발생과 이에 대한 분석을 정량적으로 실시하기 위한 데이터베이스 구축 방안으로서 픽셀화기법을 제안하였다. 제안된 기법을 토대로 구축된 데이터 분석 결과 입면 특성에 따른 하자 발생 분석이 타당한 것으로 나타났으며, 이에 본 연구에서는 픽셀화기법을 통한 데이터의 활용 방안에 대해 다음과 같이 제안한다.

가장 기본적인 활용 형태는 본 연구에서와 같이 건축물 입면 요소와 하자 요인간의 관계를 분석하여 건축물의 설계 및 시공, 유지관리에서 이를 반영하는 것이다. 즉, 하자 발생에 높은 영향을 미치는 입면 요소를 파악하여 중점 관리 대상을 선정하는 것으로 이때 중점 관리 대상의 표현은 단순 수치로서 제시되거나 BIM을 토대로 발생 가능성 또는 위험도에 따라 부위별 색채에 구분을 두어 단위 구획에 표시하는 형태로써 시각적으로 이루어질 수 있다.

픽셀화기법을 통해 수집된 데이터는 건축물 설계의 대안 선정에서도 활용될 수 있다(Kim, 2016). 픽셀화기법에서의 데이터에 기반하여 신축하고자 하는 건축물의 외벽 최적안을 선정할 수 있다. 즉, 과거의 데이터로부터 유사한 입면 특성을 가진 사례를 도출하고 과거 사례에서의 하자 발생 특성을 토대로 하자의 가능성을 예측하는 것이다. 즉, 각 대안별 하자 발생 가능성 및 영향도를 토대로 최적안을 선정하는 것이

다. 선정된 최적안은 하자 발생을 최소화하거나 유지관리의 효율성을 높여 건축물의 가치를 중·장기적으로 지속 또는 증대할 수 있을 것이라 판단된다.

## 5. 결론

본 연구는 건축물 외벽에 대해 픽셀화기법을 활용하여 데이터화하고 이를 토대로 입면 요소와 하자간의 관계를 분석하여 데이터의 신뢰성을 고찰함으로써 활용 가능성을 검증하였다. 이에 따른 연구 결과는 다음과 같다.

먼저 건축물의 입면과 하자에 대한 특성을 분석하기 위해 각 입면 요소와 하자 요인을 분류하였다. 이후 픽셀화기법을 토대로 건축물의 입면 요소를 하자 요인에 대한 정보를 데이터화하였다. 구축된 데이터의 검증을 위해 발생 빈도와 상관관계 및 회귀분석을 실시하였으며, 이를 선행 연구 및 문헌과 비교하여 분석 결과를 고찰하였다. 고찰 결과 본 연구에서 제안한 픽셀화기법을 토대로 구축된 데이터를 토대로 입면 요소와 하자 요인의 관계를 정량적으로 제시하고 있으며, 도출된 결과가 기존에 정성적으로 제시된 관계에 부합하는 것으로 나타나 픽셀화기법을 통한 데이터 구축의 활용 가능성이 있는 것으로 나타났다.

그러나 본 연구는 픽셀화기법의 활용 가능성을 검토하기 위한 것으로서 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 먼저, 앞서 언급한 바와 같이 하자의 발생에 영향을 미치는 시공 및 재료적, 환경적 요인과 같이 다양한 요인을 배제했다는 점이다. 또한 외벽에서 발생한 하자에 대해 하자의 발생 강도나 정도를 배제하고 있다. 이러한 한계로 인해 분석된 결과의 수치에 대한 변동을 고려하지 않을 수 없다. 하지만 선행 연구 및 문헌에서의 결과와 부합하는 정도를 고려해볼 때 용인할 수 있는 범위라 할 수 있으며, 실무에서의 활용을 통한 경험적 지식과 후속 연구를 통한 데이터 보완이 이루어진다면 연구의 신뢰도가 높아 질 것으로 기대된다.

## 감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 중견연구지원사업(No. NRF-2015R1A2A2A01006826) 결과의 일부임.

## References

Ines, F. C., and Jorge, d. B. (2010). "A systematic approach for maintenance budgeting of buildings facades based on predictive and preventive strategies" *Construction and Building Materials*, 24,

- pp. 1718-1729.
- Jeong, H. W. (2005). "A Case Study on Defects of the Stoneworks by Type and Their Counter-Measures" MS. thesis, Yeonsei University.
- Jeong, Y. J. (2012). "A study on the types of facade design of Korean sub-urban housing:focused on structural types" MS thesis, Korea University.
- Kim, J. P. (2010). "A study on the defect prevention and the preventive measures through the analysis on defect causes in sotne building construction process" MS thesis, Korea University.
- Kim, K. M. (2005). "Investigation of the Stone Contamination Degree by Sealants on the Joint of Building Stone Work" MS thesis, Pukyong National University.
- Kim, W. R. (2016). "Value Analysis Model for Exterior Wall Finishing Materials considering Deterioration" Ph.D. Dissertation, Dongguk University.
- Kim, Y. J. (2010). "A Study on the Principle of Exterior Design of Apartment House, Ph. D. Dissertation" Chosun University.
- Kwon, K., and Song, I. (1995). "Study for Cause of Building Stone Contamination and Elemental Analysis of Contaminant Compound" *Journal of Architectural Institute of Korea*, 11(7), pp. 245-253.
- Lee, B. K., Jung, T. H., Park, H. J., and Koo, K. J. (2010). "Checklists for Construction Drawing of Office Buildings based on Working Drawing Analysis" *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 11(4), pp. 3-11.
- Lee, J. E. (2010). "A Study on the defect reduction method through analyzing the defects pattern of apartment" MS thesis, Catholic Kwandong University.
- Im, J. K. (2008). "A Study on Factors of Physical Life Decline of Buliding Exterior" MS thesis, Dong-Eui University.
- Natália Neto, and Jorge de Brito (2012). "Validation of and inspection and diagnosis system for anomalies in natural stone cladding" *Construction and Building*, 30, pp. 224-236.
- Park, S. G. (2011). "Study on exterior facade design tendencies and characteristics of different apartment building brands:based on brand apartement buildings completed after 2000" MS thesis, Chung-



- Ang University.
- Ronan Hébert et al. (2012). "Cracks and strains on façade-cladding made of carbonate rock thin panels" *Structural Survey*, 30(2), pp. 130-144.
- Shin, S. W., Yi, J. S., and Son, J. W. (2015). "Critical Factors Influencing on the Level of Service for Proactive Maintenance in Education Facilities" *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 16(3), pp. 24-35.
- Silva, A. et al. (2011). "Service life prediction model applied natural stone wall claddings" *Construction and Building*, 25, pp. 3674-3684.
- Son, J. W. (2013). "A Study on the Diversity Plan of Elevation by Analysis of Apartment Facade Design" MS thesis, Korea University.
- Yoon, N. H. (2006). "A Study on the Preference of Residents on Facade Design of Brand Apartments: A Comparative Analysis of the Brand Apartment House Elevations in Buchon-si, Kyonggi-do" MS thesis, Hanyang University.

---

**요약 :** 건설산업은 수요층의 질적 성장에 따른 건축물 설계의 다양화가 이루어져 왔다. 하지만 이러한 시도는 중·장기적으로 발생할 수 있는 하자에 대한 인식이 부족하여 오히려 건축물의 가치가 하락하는 문제를 야기하였다. 때문에 건축물의 특성과 하자에 대한 관계를 명확히 할 필요가 있다. 본 연구는 이러한 개념을 건축물 외부에 적용하여 건축물 입면 요소와 하자에 대한 관계를 정량화하는 기법을 제안하였다. 이는 기존에 정성적, 경험적으로 인지했던 입면 요소와 하자의 관계를 정량적으로 제시하여 명확한 관계를 파악할 수 있는 특징이 있다. 본 연구는 이를 픽셀화기법이라 지칭하였으며, 이는 건축물의 입면을 단위구획으로 구분하여 단위구획의 특성에 따른 코드를 부여함으로써 데이터화하는 기법이다. 본 연구에서 제안한 픽셀화기법을 통해 건축물 입면 요소와 하자에 대한 관계를 정량화하고, 이에 대한 능동적 대처 방안의 기틀을 구축하는데 일조하고자 한다.

**키워드 :** 픽셀화기법, 입면 요소, 하자, 데이터베이스

---