

# AHP기법을 활용한 노출콘크리트 마감공법 하자 도출

최성미<sup>1</sup> · 송영웅<sup>1</sup> · 이기석<sup>1</sup> · 유성훈<sup>1</sup> · 최윤기\*

<sup>1</sup>승실대학교 건축학과

## A Study on the Defects of Exposed Concrete Finishing Work Using AHP

Choi, Seongmi<sup>1</sup>, Song, Yeongwoong<sup>1</sup>, Lee, Kiseok<sup>1</sup>, Yoo, Seonghoon<sup>1</sup>, Choi, Yoonki\*

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

**Abstract :** The exposed concrete has been widely used in building construction. Therefore, many researches are presented to secure a proper construction quality of exposed concrete. Low quality and management absence, however, still remained in construction fields. Thus, many studies have been conducted to improve the quality, but defects still occur in the exposed concrete finishing work. In this study, the causes of defects were analyzed by process in order to prevent the generation of defects and to enhance the need for integrated management to secure quality. In addition, a case study and AHP analysis have derived the importance of defects occurring in the exposed concrete finishing work. The study concluded that the occurrence of the exposed concrete finishing work needs to be managed throughout the process, not the management limited by one process, according to the causes of the existing defects, and integrated management is required to prevent defects and improve quality of exposed concrete finishing work.

**Keywords :** Exposed Concrete Finishing Work, Exposed Concrete Defects, AHP Method

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

20세기 초부터 건축의장 표현으로 사용되기 시작한 노출콘크리트는 1958년 서강대학 본관에 처음 노출콘크리트 마감공법 적용을 시작으로 국내 건축물 마감에 적용되었다. 1970년대 시공관리 기술의 부족과 체계적이지 못한 공사로 노출면 품질저하와 내구성 저하의 문제를 나타냈다. 하지만 1990년대 초부터 외부 입면 형식의 다양화, 시공기술의 발달, 콘크리트 품질향상 등에 의해 노출콘크리트 마감공법의 적용사례가 증가하기 시작하였고, 현재 다양한 분야의 건축물에 노출콘크리트 마감공법을 적용하고 있으며 적용사례가 꾸준히 증가하고 있다.

성공적인 노출콘크리트 마감공법의 적용을 위해서는 콘크리트 마감면의 평활도, 설계 및 시공수준, 색상 및 질감에 따라 명확하게 정의하고 품질 및 마감형태에 따른 시공프로세

스가 계획 및 설계단계부터 체계적으로 반영되어야 한다. 이에 국내에서는 시공단계별로 관리사항을 정의하는 연구를 진행하고 있다. 또한 새로운 배합을 통해 품질확보를 위한 실험들이 진행되고 있다. 하지만 노출콘크리트 마감공법으로 시공되는 건축물은 꾸준히 하자가 발생하고 있다.

따라서 본 연구에서는 노출콘크리트 마감공법의 시공 프로세스를 제시하고, 시공사례와 문헌조사 등을 통해 노출콘크리트 마감공법을 적용한 건축물들의 관리 상태와 하자발생 원인을 분석하였다. 이에 대해 AHP기법을 활용하여 현재 관리가 부족하여 관리의 필요도에 대한 하자의 우선순위를 도출한다. 이를 통해 현재 노출콘크리트 마감공법의 하자관리의 부족한 사항을 파악하여 노출콘크리트 마감공법의 품질향상과 관리방안의 고찰에 대해 본 연구의 목적이 있다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 노출콘크리트 마감공법에 대해 콘크리트 면에 별도의 마감을 추가 작업하지 않고 콘크리트 표면을 외부에 노출하는 시공방법으로 정의한다. 국내 노출콘크리트 마감공법에 대한 연구로 연구범위를 정하였고, 노출콘크리트 마감공법의 시공프로세스를 설계단계, 조달단계, 시공단계, 유지관리단계로 제한하였다.

\* Corresponding author: Choi, Yoonki, Department of Architectural Engineering, Soongsil University, Seoul 06978, Korea  
E-mail: ykchoi@ssu.ac.kr  
Received January 16, 2019; revised April 10, 2019  
accepted April 19, 2019

연구의 방법은 다음과 같다.

- (1) 노출콘크리트 마감공법 품질확보를 위한 기존 연구 및 서적을 통해 노출콘크리트 마감공법 시 발생하는 하자의 발생원인과 미치는 영향을 분석하여 노출콘크리트 시공프로세스 별 중점적으로 관리해야 할 하자를 도출한다.
- (2) 노출콘크리트 건축물 사례조사를 통해 하자의 발생 비율과 규모를 분석하여 관리해야 할 하자를 도출한다.
- (3) AHP기법을 통해 앞서 도출한 노출콘크리트 시공 시 발생하는 하자의 우선순위를 분석한다. 이를 통해 현재 발생하는 하자의 관리현황 및 필요한 관리요소를 제안할 수 있는 근거를 제안한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 노출콘크리트 마감공법의 정의 및 요구사항

노출콘크리트 마감공법은 콘크리트 면에 별도의 마감층을 추가시행하지 않고 콘크리트 표면이 외부에 노출 되도록 하는 마감공법이다. 콘크리트 자체의 생상과 질감으로 표면을 마감하며, 구조 자체나 마감 공사를 병행함으로써 마감한다.

노출콘크리트 마감의 특징을 표현하기 위해서는 요구사항을 고려하여 시공하는 것이 중요하다. 요구사항으로는 색채 균일성, 균열 발생 억제, 콘크리트 충전성 및 재료분리 저항성, 내구성능이 있다. 요구사항에 대한 영향요인 및 관리요소는 <Table 1>과 같다.

노출콘크리트 마감공법은 일반 콘크리트 마감공법과 달리 철근 콘크리트 공사에 있어서도 상당한 기술축적을 요구

하는 공법으로서 이에 대한 인식부족은 노출 콘크리트 마감 공법을 적용했을 때 재료의 결함, 배합요인의 미비 및 작업의 불량 등 많은 문제점을 유발한다. 이러한 노출콘크리트 마감공법의 결함을 제거하고 양질의 마감 면을 구현하기 위해서는 체계적인 설계 및 시공관리가 필수적이며 이에 따른 공사비의 규모도 변하게 된다.

### 2.2 노출콘크리트 마감공법의 시공프로세스

노출콘크리트 마감공법의 시공 단계별 프로세스를 설계 단계, 조달단계, 시공단계, 유지관리단계로 분류하여 비교하면 <Fig. 1>과 같다.

노출콘크리트 마감공법의 시공 프로세스는 복잡하고 별도의 마감 없이 고품질의 입면을 나타내기 위해서는 설계단계부터 체계적인 관리방안이 필요하고 지속적인 유지관리가 진행되어야 한다. 마감면의 평활도뿐 아니라, 설계 시 추가적인 시공도(Shop drawing)가 필요하며 이에 따른 정밀한 시공, 동일한 색상과 고품질의 질감을 추구하여 거푸집 탈형 후 노출면을 마감 면으로 사용하며 품질조건에 따라 발수제 코팅으로 마감해야 한다.

설계단계에서는 노출콘크리트 마감을 시공할 시공위치 및 부위를 결정하고 시공가능성을 분석한다. 광택 노출 콘크리트, 나뭇결무늬, 칼라 콘크리트, 골재노출 콘크리트, 양각 및 음각 문양콘크리트 등 면의 표현 형식을 고려하고 각 콘크리트 마감공법의 형태, 치수, 마감품질, 특이사항 등을 구분하여 설계개념 및 시공 상 특징을 도면, 시방서, 내역서, 현장설명서에 명확하게 기술해야한다.

Table 1. Requirements of exposed concrete finishing work

| Division   | Definition  | Influence factor  | Checking point  |
|--|---|---|---|
| Uniformity of color                                    | representation the same texture and color in the same side        | -using materials<br>-mix design and manufacturing method<br>-mold and form oils<br>-placement methods<br>-condition of concrete during curing   | -use materials from the same company  |
| Crack Control  | minimization cracks in the curing process.                        | -drying shrinkage of concrete<br>-compacted and curing<br>-shape and size of member<br>-gale and scorching heat<br>-drying shrinkage around fenestra and plumbing fixture<br>-control joint | -use of high quality aggregate<br>-reduction of unit water content<br>-use expansive ingredient and shrinkage reducing agent  |
| Concrete filled and material segregation resistibility | minimization charging and material separation defects for quality | -slump value<br>-size of aggregate<br>-placement methods<br>-bar spacing and cover thickness  | -prescribed slump observance<br>-use retarder and highly efficient AE water reducing agent<br>-use small aggregate<br>-mix design considering laitance and bleeding<br>-Increased S/A<br>-considering cover thickness and placing speed |
| Durability   | resistance to external environment                                | -carbonation of concrete<br>-corroded reinforcing bars by salt damage   | -lower the W/C<br>-air content securement<br>-increased cover thickness<br>-use water repellent   |

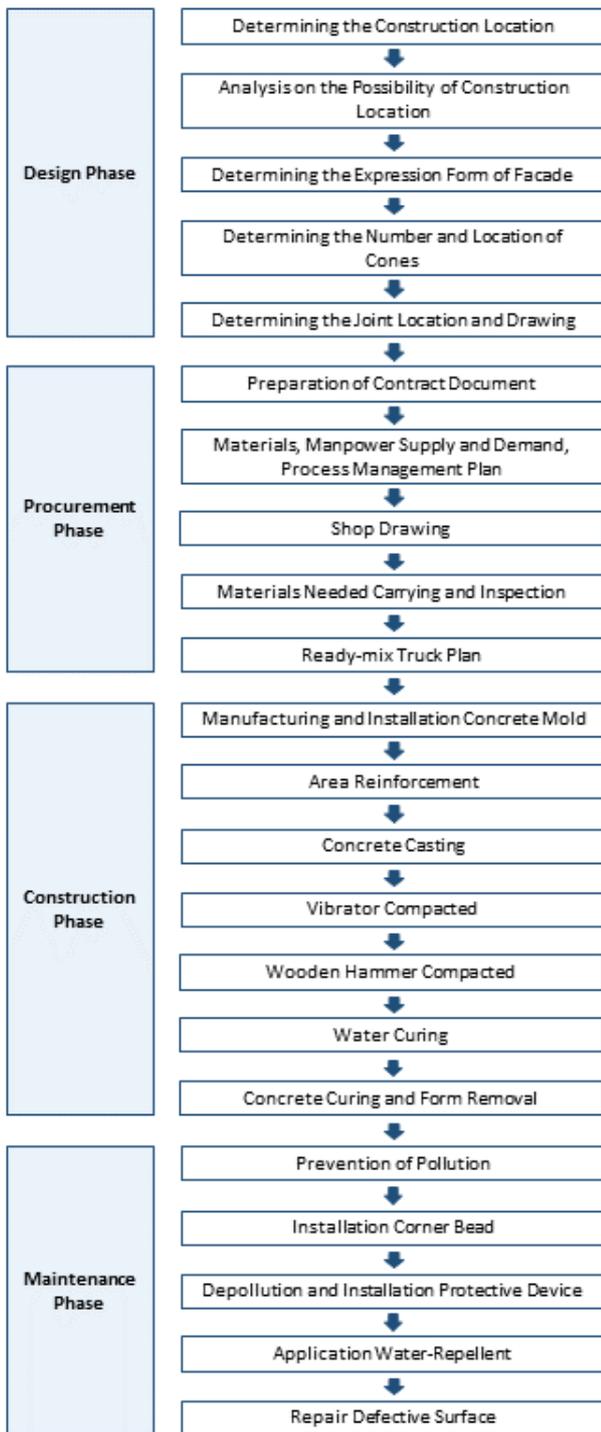


Fig. 1. Construction process of exposed concrete

조달단계는 시공계획서를 작성하고 노출콘크리트 자재, 인력수급, 공정관리 계획을 진행한다. 시공 중 필요한 자재 반입 및 검사를 지속적으로 진행하고 레미콘 수급검토를 행하여 노출콘크리트 재료 품질을 유지해야한다.

노출콘크리트 시공 시 거푸집은 바탕 틀 제작, 내수합판 설치, 우레탄코팅합판 설치, 줄눈 및 콘 위치 표시, 긴결

재(tie bolt) 구멍 뚫기, 조인트 필름 부착, 개구부설치, 수직 및 수평 줄눈 설치, 거푸집 면 청소, 인양 및 세우기, tie bolt 및 콘 설치 순으로 제작된다. 그 후 철근을 배근하고 내부 쪽폼을 설치한다. 콘크리트 타설 후 바이브레이터 다짐, 목망치 다짐이 이루어지고 살수보양 후 콘크리트 양생 및 거푸집을 탈형한다.

유지관리단계에서는 시공 중 다른 시공에 의한 오염방지를 위해 작업하고 오염이 생기면 바로 제거하고, 표면 탈락이 쉬운 코너 부위에 코너비트를 설치하는 등 콘크리트 마감을 보호한다. 콘구멍 처리 및 발수제를 도포하고 콘크리트 불량 면을 보수한다.

### 2.3 노출콘크리트 마감공법의 하자

노출콘크리트 마감공법은 콘크리트 표면을 다른 마감 없이 발수제만을 도포하여 그대로 노출시키는 공법이다. 따라서 콘크리트 자체 특성상 발생하는 하자뿐만 아니라 콘크리트가 외부로 노출됨에 따라 발생하는 하자가 함께 발생한다.

노출콘크리트 시공 시 발생하는 하자에 대해 발생 원인을 시공 프로세스단계로 분류하였다. 분류기준은 기존 하자분석을 진행하였던 연구들 및 콘크리트 서적을 참고하여 정하였다.

하자발생에 중점적으로 영향을 미치는 프로세스에 ●, 간접적으로 영향을 미치는 프로세스를 ○로 표시하여 분류하였다. 모든 하자는 하나의 원인에 의해 발생하는 것이 아니라 복합적인 원인에 의해 발생하고, 발생한 하자는 또 다른 하자를 야기 시킨다.

Table 2. Defect by process of exposed concrete

| Defect       | Chun Jong Won  | Jung Jae Soo  | Kim Bo Hyun   | Jung Jin Il   | Shin Kwang Ho   |
|--------------|--|---|---|---|---|
| Design       | Defective form joint<br>Faulty com surrounding         | Defective form joint<br>Drainage of corner                      | Segregation<br>Rock pocket<br>Sand patterns   | Vertical angle error  | Faulty com surrounding  |
| Procurement  | Segregation<br>Rock pocket<br>Sand patterns            | Sand patterns<br>Crack<br>Color differences                     | Vertical angle error<br>Bulging<br>Cold joint   | Segregation<br>Rock pocket<br>Sand patterns                                   | Segregation<br>Sand patterns  |
| Construction | Cold joint<br>Crack<br>Water leak<br>Color differences | Segregation<br>Rock pocket<br>Bulging<br>Faulty com surrounding | Defective form joint<br>Crack<br>Drainage of corner<br>Water leak<br>Faulty com surrounding | Bulging<br>Cold joint<br>Crack<br>Faulty com surrounding<br>Color differences | Rock pocket<br>Vertical angle error<br>Cold joint<br>Crack<br>Color differences |
| Maintenance  | Vertical angle error<br>Efflorescence<br>Contamination | Loss of corner  | Color differences<br>Efflorescence<br>Contamination   | Loss of corner<br>Water leak<br>Efflorescence<br>Contamination                | Water leak<br>Contamination   |

Table 3. Cause of exposed concrete defects

| Defect                  | Cause of Process |             |              |             |
|-------------------------|------------------|-------------|--------------|-------------|
|                         | Design           | Procurement | Construction | Maintenance |
| Separation of aggregate | ○                | ●           | ●            |             |
| Rock pocket             | ○                | ●           | ●            |             |
| Sand patterns           | ○                | ●           | ●            |             |
| Vertical angle error    | ●                |             | ○            | ○           |
| Bulging                 | ○                |             | ●            |             |
| Cold joint              | ○                | ●           | ●            |             |
| Defective form joint    | ●                | ○           | ●            |             |
| Crack                   | ○                | ●           | ●            |             |
| Drainage of corner      | ●                |             |              |             |
| Loss of corner          | ○                |             |              | ●           |
| Water leak              | ○                | ●           | ○            | ●           |
| Faulty corn surrounding | ●                | ○           | ●            |             |
| Color differences       | ○                | ●           | ●            |             |
| Efflorescence           | ○                |             |              | ●           |
| Contamination           | ○                |             |              | ●           |

### 2.4 선행연구 고찰

노출콘크리트 마감공법의 요구조건에 따른 관리요소들을 충족시키기 위해 국내 많은 연구가 진행되고 있고, 2000년 이후 총 16개 논문이 도출되었다. 도출된 연구를 노출콘크리트 마감공법 시공프로세스의 영역별로 분석하면 <Table 4>와 같다.

Table 4. Preceding research analysis

| Author                | A Important Field of Research |             |              |             |
|-----------------------|-------------------------------|-------------|--------------|-------------|
|                       | Design                        | Procurement | Construction | Maintenance |
| Kim Bo Hyun (2006)    | ●                             | ●           |              |             |
| Kwon Il Jin (2008)    |                               | ●           | ●            |             |
| Shin Kwang Ho (2005)  | ●                             |             |              | ●           |
| Lim Nam Ki (2005)     |                               |             | ●            |             |
| Lee Eo Jin (2012)     |                               |             | ●            | ●           |
| Lee Jung Kyu (2009)   |                               | ●           | ●            |             |
| Jung Jin Il (2007)    |                               | ●           | ●            |             |
| Kim Sang Hyun (2014)  |                               |             | ●            |             |
| Yang Ha Young (2014)  |                               |             | ●            | ●           |
| Park Joon Hee (2015)  |                               | ●           |              |             |
| Jung Jae Soo (2012)   |                               |             | ●            |             |
| Park Un-yong (2015)   |                               | ●           | ●            |             |
| Pee Jae Il (2013)     |                               | ●           | ●            |             |
| Baek Chang Kyu (2012) |                               |             | ●            |             |
| Yoo Won Chang (2007)  |                               | ●           |              |             |
| Chun Jong Won (2006)  |                               | ●           | ●            |             |

기존 연구는 노출콘크리트 마감공법의 성능향상을 위해 시공 및 재료측면에서 개선방안을 도출하는 연구가 대부분이다. 다른 프로세스의 관리방안 또한 시공성 향상에 대한 연구가 대부분이고 설계 및 유지관리 단계의 관리방안에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 그 결과 노출콘크리트 마감공법의 하지는 여전히 발생하고 있고, 하자관리의 한계가 있다.

본 연구는 노출콘크리트 마감공법에서 발생하는 하자에 대해 프로세스관리 도출을 위한 기초연구로서, 기존 연구에도 불구하고 여전히 발생하고 있는 하자를 분석한다. 또한 AHP분석을 통해 관리되어야 할 하자의 우선순위를 선정하여 노출콘크리트 마감공법의 체계적인 관리가 되도록 하는 목적이 있다.

### 3. 노출콘크리트 마감공법 하자사례 분석

#### 3.1 하자사례 분석 대상지 선정 및 개요

1990년대부터 증가한 노출콘크리트마감공법을 활용한 건축시공은 2000년대에도 다양한 영역에서 적용되고 있다. 사례 분석 대상지는 최근 2000년대부터 지어진 건축물들을 대상으로 내·외부 마감이 노출콘크리트 마감공법으로 시공된 것을 조사하였다. 그 중 5개의 대상지를 선정하여 심층적으로 노출콘크리트 마감공법에서 발생하는 하자에 대해 검토하였다.

Table 5. Analysis target area of exposed concrete defects

| Completion date | Site                                     | Site outline   | Finish types  |
|-----------------|--|--|---|
| 00.07           | Chunggok catholic church                 | Site : Seoul Gwangjin-gu<br>Gross floor area : 4,245m <sup>2</sup><br>Floors : 2 stories below and 5 above the ground  |  |
| 06.11           | Korea National University of Arts        | Site : Seoul Seongbuk-gu<br>Gross floor area : 56,357m <sup>2</sup><br>Floors : 2 stories below and 5 above the ground |  |
| 08.             | Urban hive                               | Site : Seoul Gangnam-gu<br>Gross floor area : 56,357m <sup>2</sup><br>Floors : 4 stories below and 17 above the ground |  |
| 12.12           | Student union of Soongsil University     | Site : Seoul Dongjac-gu<br>Gross floor area : 166,21m <sup>2</sup><br>Floors : 2 stories below and 5 above the ground  |  |
| 17.07           | Amorepacific company building in Yongsan | Site : Seoul Yongsan-gu<br>Gross floor area : 188,75m <sup>2</sup><br>Floors : 7 stories below and 22 above the ground |  |

중곡동 성당은 고품질의 노출 콘크리트 재료가 적용되어 시공되었고, 예술학교라는 프로젝트 특성상 다양한 공간구성 및 마감에 있어서 실험적인 시도를 한 한국예술종합학교가 있다. 어반하이브는 감각적인 성능을 추가시킨 고성능의 컬러 노출콘크리트를 사용하여 시공하였다.

송실대학교 학생회관은 건축가의 의도대로 시설마다 성격에 맞는 층고 확보와 램프설계를 위해 세심한 시공이 필요했다. 아모레퍼시픽 용산사옥은 설계 컨셉 수립 시부터 특수한 패턴이 가미된 노출콘크리트 구현을 위해 바리오 벽체 거푸집 시스템을 선정하였고, 타사의 일반 합판재 사용과 비교할 수 없는 예술적 타설 품질을 확보하려고 하였다.

### 3.2 노출콘크리트 하자사례 분석

노출콘크리트 마감공법의 결함사례를 분석들을 활용하여 분석하였다.

중곡동 성당에 외부 노출콘크리트 마감 면은 전체적으로 빗물에 의한 오염이 발생하였고 콘크리트 면의 색 차이가 발생하였다. 내·외부 마감 면 콘 주변이 검게 변하는 하자가 있었고 조인트불량이 곳곳에 발생하였다.

한국예술종합학교의 제 2교사는 콜드조인트가 넓게 발생하였고, 균열 및 모서리 물 빠짐·탈락이 발생하였지만 보수의 흔적이 있었다. 한국예술종합학교 제 2교사 또한 빗물을 타고 흐른 먼지에 의해 외벽 사방이 오염되어있다.

어반하이브는 비교적 하자가 심각하게 발생하지 않았지만 개구부 대다수가 수직도가 불량하였다. 골재분리가 있었고, 원형 개구부마다 빗물에 의한 오염이 발생하였다.

송실대학교 학생회관은 규모가 큰 배부름현상이 발생하였고, 천장에 누수가 많이 발생하였다. 콘 주변 불량은 대부분의 면에서 발생하였고 외부는 빗물에 의해 오염이 발생하였다.

아모레퍼시픽 용산 사옥은 골재분리, 모래무늬, 콘 주변 불량, 색차이가 내벽 대부분의 면에서 발생하였다. 오염은 다른 시공에 의한 오염과 녹물에 의한 오염이 발생하였다.

사례분석 결과 골재분리, 균열 및 오염현상은 모든 사례에서 검토되었다. 골재분리는 벽 하단부에 발생하였고, 오염은 발생 시 넓은 면에 발생하는 것으로 조사되었다. 곰보도 발생하면 광범위하게 발생하였고 송실대 및 아모레퍼시픽 사례에서는 기둥에서도 곰보가 나타났다.

수직도 및 평할도 불량은 대부분 개구부 부위에서 발생하였고, 조인트불량은 층고가 높은 벽, 기둥과 천장이 만나는 부위의 천장부분에서 발생빈도가 높았다. 콜드조인트 역시 층고가 높은 곳에서 발생하였다.

모서리 물빠짐은 벽 하단부에서 발생하였고 모서리 탈락 또한 빈번하게 발생하였다. 노출 콘으로 마감된 건축물은

Table 6. Analysis of exposed concrete defects

| Defect                  | Chunggok catholic church | Korea National University of Arts | Urban hive | Student union of Soongsil University | Amorepacific company building in Yongsan |
|-------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------|--------------------------------------|--|
| Separation of aggregate |                          |                                   |            |                                      |  |
| Rock pocket             |                          |                                   |            |                                      |  |
| Sand patterns           |                          |                                   |            |                                      |  |
| Vertical angle error    |                          |                                   |            |                                      |  |
| Bulging                 |                          |                                   |            |                                      |  |
| Cold joint              |                          |                                   |            |                                      |  |
| Defective form joint    |                          |                                   |            |                                      |  |
| Crack                   |                          |                                   |            |                                      |  |
| Drainage of corner      |                          |                                   |            |                                      |  |
| Loss of corner          |                          |                                   |            |                                      |  |
| Water leak              |                          |                                   |            |                                      |  |
| Faulty corn surrounding |                          |                                   |            |                                      |  |
| Color differences       |                          |                                   |            |                                      |  |
| Efflorescence           |                          |                                   |            |                                      |  |
| Contamination           |                          |                                   |            |                                      |  |

대부분 콘 주변의 색이 변하는 불량이나 나타났고, 같은 면에 색상이 다른 현상도 대부분 발생하였다.

### 4. AHP기법을 통한 노출콘크리트 마감공법 하자 분석

#### 4.1 AHP기법 방법론

계층 분석적 의사결정기법(Analytic Hierarchy Process: AHP, 이하 AHP)은 의사결정의 목표 또는 평가기준이 다수이며 복잡한 경우, 상호 배타적인 대안의 체계적인 평가를 위한 의사결정지원기법 중의 하나이다. AHP 기법은 의사결정 과정에서 인간의 뇌가 단계적으로 계층적 분석과정을 이용한다는 점에 착안하여 개발되었으며, 모형을 이용하여 상대적 중요도 또는 선호도를 체계적으로 비율척도(Ratio scale)화하여 정량적인 결과를 얻을 수 있기 때문에 널리 사용되고 있다. 또한 간결한 적용절차에도 불구하고 척도 선정, 가중치 선정절차, 민감도 분석 등에 사용되는 각종 기법이 실증분석과 엄밀한 수리적 검증과정을 거쳐 채택된 방법을 활용한다는 점에서 이론적으로 높이 평가되고 있다(Lee, 2015).

AHP 기법은 다음과 같은 단계를 거쳐 수행된다.

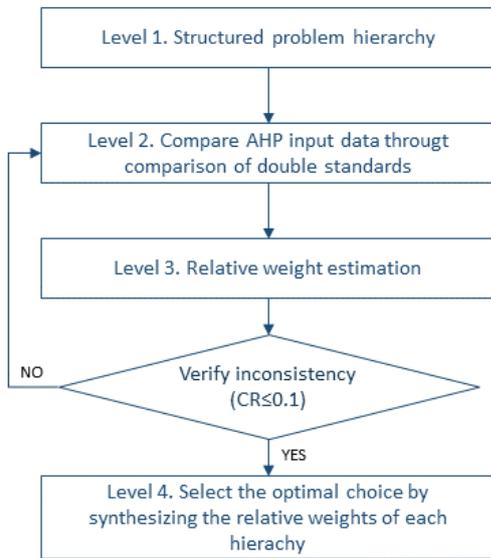


Fig. 2. Decision stage of AHP method

- (1) 주어진 문제를 상호 관련된 노출콘크리트 마감공법 프로세스로 계층화하여 분해하는 과정을 거친다.
- (2) 쌍대비교(Pairwise comparison)를 통해 요소들의 상대적 중요도를 평가하고 비교행렬로 나타낸다. 일반적으로 상대적 비교 중요도의 척도는 9점 척도를 사용한다.
- (3) 고유치 방법(Eigenvalue method)을 이용하여 비교대상 평가요소가 갖는 상대적 가중치를 추정한다.
- (4) 비일관성 검증을 통해 평가자가 얼마나 일관성을 가지

고 결과를 적었는지 검증한다. 일관성 비율이 0.1 미만이면 응답자가 일관성을 유지하여 쌍대비교를 수행하였음을 의미하고, 0.1 이상이면 일관성이 부족한 것으로 재검토가 필요하다.

(5) 최하위 계층의 대안들의 우선순위 또는 상대적 비중을 구하기 위해 각 계층에서 계산된 평가 기준들의 상대적 가중치를 종합한다. 상위계층의 목표를 달성하는 데 있어 하위 계층에 있는 대안이 어느 정도의 영향을 미치는지, 얼마의 중요도를 갖고 있는지 알아보기 위해 대안의 직계 상위계층의 평가기준에 대한 가중치 또는 우선순위를 전 계층에 대해 계산함으로써 여러 대안의 복합 가중치를 구한다. 이는 대안 선택의 기준이 된다.

앞서 도출한 노출콘크리트 마감공법 프로세스별 발생하자를 분석하고 각 항목의 우선순위를 도출하기 위해 계층 분석적 의사결정(AHP) 기법을 이용하여, 노출콘크리트 하자의 우선순위를 파악한다.

#### 4.2 설문개요

설문은 노출콘크리트 마감공법의 프로세스별 발생하자의 우선순위 도출을 목적으로 하며 설계단계, 조달단계, 시공단계, 유지관리단계로 구성된 1계층에 관한 쌍대비교 설문과 기존연구 분석을 통해 도출된 각 프로세스별 발생하자를 2계층으로 고성하였고 9점 척도를 활용하여 평가하였다. 계층구조는 <Fig. 3>과 같다.

설문조사는 노출콘크리트 마감공법 관련업무 경험이 있는 실무자(40명)를 대상으로 실시하였다. 설문조사의 개요는 다음과 같다.

설문결과는 행렬의 역수성을 유지하기 위하여 기하평균법을 통해 통합하여 분석하였고, 개별비교행렬의 일관성 비율(CR)을 검증하였다. 일관성 비율이 0.1을 초과하여 논리적 일관성이 결여되었다고 판단되는 3부를 제외하고 24부를 AHP를 통한 발생하자 중요도 분석에 사용하였다.

Table 7. Outline of interview

| Classification             | Outline of interview  |   |
|----------------------------|---|---|
| Purpose                    | Derivation of priority of defects about each exposed concrete process |   |
| Period                     | 2018. 9. 10. ~ 2018. 9. 21  |   |
| Survey target              | workers who have experience with exposed concrete project             |   |
| Composition of respondents | occupation  | architect-4 people, construction Industry-16people, CMer-7people                          |
| Composition of respondents | career  | under 5 years-8 people, over 5 years but under 10 years-10 people, over 10 years-9 people |
| Survey method              | Interview through direct visit and E-mail                             |   |
| Return rate                | return rate : 67.5% (total 40 copies, only 27 copies return)          |   |

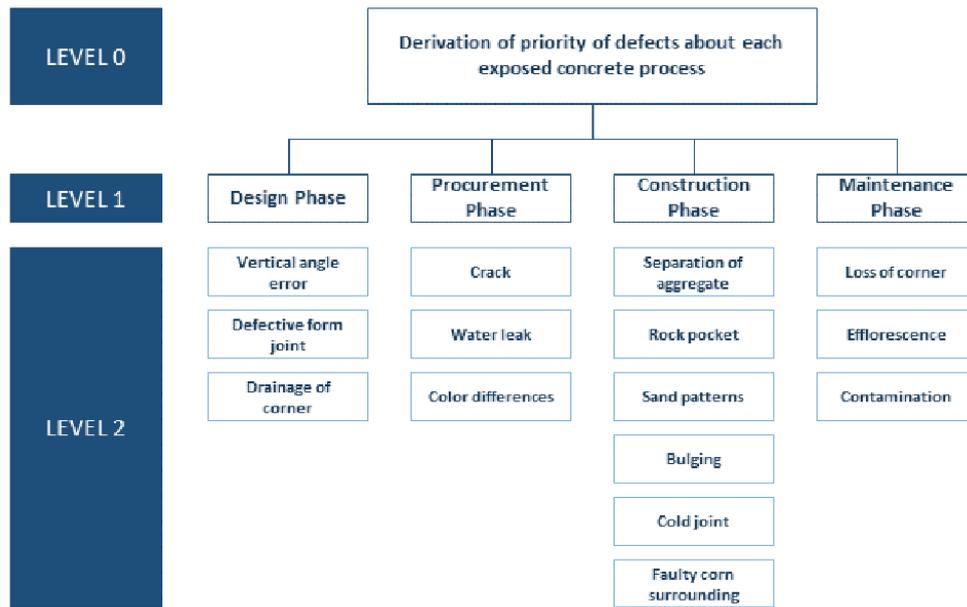


Fig. 3. The hierarchical structure diagram of the exposed concrete process problem

### 4.3 AHP기법을 통한 노출콘크리트 하자 중요도 분석

(1) 1차 분석 : 노출콘크리트 마감공법 프로세스 우선순위 평가

1차 분석에서는 본 연구에서 구분한 노출콘크리트 마감공법의 프로세스인 설계단계, 조달단계, 시공단계, 유지관리 단계의 중요도 및 하자관리 우선순위를 평가하였고 분석결과는 <Table 8>과 같다.

Table 8. Importance and priority in stage of exposed concrete process

| Stage              | Importance | Priority |
|--------------------|------------|----------|
| Design Phase       | 0.27       | 2        |
| Procurement Phase  | 0.15       | 4        |
| Construction Phase | 0.42       | 1        |
| Maintenance Phase  | 0.16       | 3        |
| Sum                | 1          | -        |

1차 분석에서 노출콘크리트 마감공법 프로세스 중 하자를 줄이기 위한 관리 측면에서 시공단계의 우선순위가 가장 높은 것으로 나타났고, 설계단계, 유지관리단계, 조달단계 순으로 중요도가 도출되었다. 시공단계의 중요도가 상대적으로 높게 나타난 이유는 노출콘크리트 마감공법이 콘크리트 구조체라는 인식이 깊기 때문이라고 해석된다.

(2) 2차 분석 : 프로세스 별 발생하자 우선순위 평가

2차 분석은 노출콘크리트 마감공법 프로세스 별 발생하는 하자에 대한 중요도와 관리방안 도출 우선순위를 평가하였다.

(가) 설계단계

노출콘크리트 마감공법의 설계단계에서 발생하는 하자 중 마감면의 수직도 및 평활도 불량도의 중요도가 가장 높게 나타났다. 다음으로 폼 조인트의 불량, 모서리 물빠짐 순으로 중요도가 나타났다. 설계단계에서 시공부위 가능성 분석 시 위치 형태에 따른 어려움을 고려하지 않고 콘 개수 및 위치 결정 시 타설 속도 및 부어넣기 위치에 따른 압력을 고려하지 않아 수직도 및 평활도의 품질이 저하된다고 볼 수 있다.

Table 9. Importance of problems and priorities in design phase

| Stage        | Items                | Importance | Priority |
|--------------|----------------------|------------|----------|
| Design Phase | Vertical angle error | 0.502      | 1        |
|              | Defective form joint | 0.305      | 2        |
|              | Drainage of corner   | 0.193      | 3        |
| Sum          | -                    | 1          | -        |

(나) 조달단계

조달단계에서는 균열발생의 중요도가 가장 높게 나타났고, 누수, 동일면에서의 색 차이 순으로 중요도가 나타났다.

Table 10. Importance of problems and priorities in procurement phase

| Stage             | Items             | Importance | Priority |
|-------------------|-------------------|------------|----------|
| Procurement Phase | Crack             | 0.393      | 1        |
|                   | Water leak        | 0.342      | 2        |
|                   | Color differences | 0.265      | 3        |
| Sum               | -                 | 1          | -        |

(다) 시공단계

시공단계에서는 시공 시 과도한 다짐에 의해 발생하는 골재분리의 중요도가 가장 높게 나타났다. 다음으로 콜드조인트, 배부름현상, 곰보, 콘 주변 불량, 모래무늬 순으로 중요도가 높게 나타났다. 골재분리 및 콜드조인트 모두 설계단계부터 체계적인 조달 및 시공단계를 준비해야지 못해 발생하는 하자로 사전에 시공단계 준비를 못해 발생하는 문제점에 대한 조치가 우선순위 되어야 한다고 볼 수 있다.

Table 11. Importance of problems and priorities in construction phase

| Stage | Items                   | Importance | Priority |
|-------|-------------------------|------------|----------|
|       | Separation of aggregate | 0.233      | 1        |
|       | Rock pocket             | 0.108      | 4        |
|       | Sand patterns           | 0.059      | 6        |
|       | Bulging                 | 0.156      | 3        |
|       | Cold joint              | 0.232      | 2        |
|       | Faulty corn surrounding | 0.068      | 5        |
| Sum   | -                       | 1          | -        |

(라) 유지관리단계

유지관리단계에서 노출콘크리트 마감공법에서 발생하는 하자 중 오염이 가장 큰 문제점으로 나타났다. 이어서 백화현상, 모서리 탈락 순으로 중요도가 나타났다. 계약 시, 유지관리비용에 대한 고려가 있어야 하고 발주자에게 인지시켜야 하는데 오염방지에 대한 세부 도면 및 방지 방안이 정립되어있지 않아 제대로 된 유지관리가 이루어지지 않고 있어 오염이 발생하고 그대로 방치되어있다고 사료된다.

Table 12. Importance of problems and priorities in maintenance phase

| Stage             | Items          | Importance | Priority |
|-------------------|----------------|------------|----------|
| Maintenance Phase | Loss of corner | 0.261      | 3        |
|                   | Efflorescence  | 0.306      | 2        |
|                   | Contamination  | 0.433      | 1        |
| Sum               | -              | 1          | -        |

(3) 3차 분석 : 노출콘크리트 마감공법 프로세스별 발생하자 전체의 중요도 및 우선순위

3차 분석은 1차 및 2차 분석결과 값을 토대로 도출된 노출콘크리트 마감공법의 프로세스별 발생하는 하자의 전체에 대한 중요도 및 우선순위 결과이다.

노출콘크리트 마감공법 프로세스의 발생하자 중요도 분석 결과 설계단계의 수직도 및 평활도 불량하자의 중요도가 가장 높게 나타났다. 다음으로 시공단계의 골재분리, 콜드조인트, 배부름, 유지관리단계의 백화현상, 오염, 설계단계

의 폼 조인트 불량, 조달단계의 균열 등의 순으로 중요도가 높게 나타났다.

Table 13. Problems in stage of exposed concrete process

| Stage              | Items                   | Importance | Priority |
|--------------------|-------------------------|------------|----------|
| Design Phase       | Vertical angle error    | 0.179      | 1        |
| Construction Phase | Separation of aggregate | 0.115      | 2        |
| Construction Phase | Cold joint              | 0.103      | 3        |
| Construction Phase | Bulging                 | 0.078      | 4        |
| Maintenance Phase  | Contamination           | 0.075      | 5        |
| Maintenance Phase  | Efflorescence           | 0.067      | 6        |
| Design Phase       | Defective form joint    | 0.064      | 7        |
| Procurement Phase  | Crack                   | 0.064      | 8        |
| Construction Phase | Rock pocket             | 0.053      | 9        |
| Procurement Phase  | Water leak              | 0.052      | 10       |
| Construction Phase | Faulty corn surrounding | 0.042      | 11       |
| Procurement Phase  | Color differences       | 0.033      | 12       |
| Construction Phase | Sand patterns           | 0.028      | 13       |
| Design Phase       | Drainage of corner      | 0.025      | 14       |
| Maintenance Phase  | Loss of corner          | 0.022      | 15       |
| Sum                | -                       | 1          | -        |

5. 결론

노출콘크리트 마감공법은 별도의 마감을 추가시행하지 않고 콘크리트 표면이 외부에 노출되도록 마감하는 공법으로 검소하고 차분한 이미지와 정중하고 엄숙한 이미지를 나타내어 다양한 유형의 건축물에 사용되고, 꾸준히 늘고 있는 추세이다. 노출콘크리트 마감공법은 구조 자체를 마감으로 사용하는 것이기 때문에 많은 하자가 발생한다. 그에 따라 하자를 줄이기 위해 다양한 연구가 진행되고 있지만 노출콘크리트 마감공법을 구조적으로만 인식하여 조달 및 시공관련 연구가 대부분인 현실이다. 따라서 본 연구에서는 노출콘크리트 마감공법의 하자관리의 부족한 측면을 보완하기 위해 프로세스 별 하자분석을 하였고 이를 통해 통합관리의 필요성을 제시하였다.

(1) 노출콘크리트 마감공법의 정의 및 프로세스, 요구사항과 같이 이론적인 사항을 정의하고 노출콘크리트 마감공법에서 발생하는 하자유형을 도출하였다. 도출한 하자를 기존 연구들을 통해 프로세스별로 발생 원인을 분석하였다. 노출콘크리트 마감공법의 하자는 한 프로세스의 원인으로 발생하는 것이 아닌 프로세스 별 여러 원인에 의해 발생하고, 발생한 하자는 또 다른 하자를 유발하는 것을 도출하였다.

(2) 노출콘크리트 마감공법으로 시공된 건축물 사례를 통

해 하자의 발생 정도와 규모를 조사하였다. 골재분리와 오염 하자는 모든 사례에서 발생하였고 광범위한 규모로 발생하는 것을 조사하였다. 다른 하자들도 사례의 대부분에서 발생하는 것으로 조사되었다. 배부름과 백화현상은 비교적 낮은 빈도와 규모로 발생하였다.

(3) 사례조사를 통해 확인 된 노출콘크리트 마감공법의 발생하자에 대해 AHP기법을 통하여 중요도를 도출하여 우선적으로 통합 관리해야 할 하자에 대해 검토하였다. AHP 기법을 이용하여 노출콘크리트 마감공법의 발생하자 우선순위를 도출한 결과 노출콘크리트 마감공법의 각 프로세스마다 중요도가 높은 하자들이 발생하는 것이 도출되었다.

본 연구를 통해 노출콘크리트 마감공법의 발생하자가 기존의 하자의 발생 원인에 따라 한 프로세스마다 국한되어있는 관리가 아닌 프로세스 전반에 걸쳐 관리가 필요하다고 판단되며, 노출콘크리트 마감공법의 하자 방지 및 품질향상을 위한 통합관리가 요구되고 있다고 분석되었다.

본 연구는 향후 노출콘크리트 마감공법의 통합관리를 위한 노출콘크리트 마감공법 발생하자의 우선순위를 도출하는 기초연구로서 후속연구를 통해 관리방안 도출 과정이 보완되어야 한다. 건물의 요구 품질이 결정되는 것은 설계단계이다. 설계는 건축물이 안전하고 효율적으로 유지하기에 경제적인 수 있도록 만드는 것은 물론, 건축물의 기능적, 미적 요구사항을 만족시켜야 한다. 설계과정은 비용, 시간, 자재, 공법 측면에서 최선의 결정에 도달하기까지 여러 기술이 복합적으로 관련되어있다(건설관리 및 경영; 1편 350p). 따라서 노출콘크리트 마감공법의 통합관리를 위해서는 설계단계부터 체계적인 계획과 관리가 필요하다. 노출콘크리트 마감공법의 통합관리를 위해 하자발생을 사전에 방지하고 후속 프로세스에 대한 검토를 할 수 있는 설계단계에서의 노출콘크리트 발생하자 관리를 가능케 하여 효과적인 하자관리가 필요할 것으로 판단된다. 이를 통해 노출콘크리트의 마감공법의 하자 방지 기술 및 통합 시스템 관련 기술의 발전에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

## 감사의 글

본 연구는 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2015R1D1A1A01059086).

## References

- KIM, B.H. (2007). "A Study on Design Management Process for Securing Performance and Constructability of Exposed Concrete." Soongsil University.
- Shin, K.H. (2005). "A study on the defects analysis and quality assurance of exposed concrete buildings." Hanyang University.
- Jung, J.I. (2007). "Quality Control of Exposed Concrete in Construction stage." Konkuk University.
- Jung, J.S. (2011). "A study on the defects analysis and quality assurance of exposed concrete buildings." Incheon University.
- Kim, S.H. (2014). "Cost-preference analysis on exposed concrete finishes : stadium cases." Hanyang University.
- Yang, H.Y. (2014). "Improvement of defect prevention by analyzing the case study of exposed concrete." Hanyang University.
- Kwon, I.J. (2009). "A Study on the Method to Settle Constructional Defects in Exposed Concrete." Kanwon National University.
- Park, W.Y. (2015). "A Study on Quality Improvement through the Analysis of Building Construction for Exposed Concrete in the Project Field." Seoul National University of Science and Technology.
- Lee, I.J. (2012). "Improvement of exposed concrete work for general building through case study." Korea University.
- Lee, J.G. (2009). "Performance of Light gray Concrete." Chungnam National University.
- Park, J.H. (2015). "Quality Improvement of Architectural Concrete using Exposed Aggregate, Color and Texture." Chungju National University.
- Nanumtech (2005). "Specifications of Exposed Concrete." <<http://www.nanumtech.co.kr>> (Jan. 04, 2018).
- Lynch, K., and Hack, G. (1994). Site Planning, 3rd ed, MIT Press, Cambridge, pp. 132-153.
- Lim, N.G. (2005). "Development of Check-list for the Quality Assurance of Exposed Concrete." *Architectural Institute of Korea*, AIK, 21(1), pp. 115-122.

- Jang, T.Y., Kim, J.S., and Yoon, J. (2001). "Maintenance and Coating Method for Exposed Concrete." *Korea Concrete Institute*, KCI, 13(4), pp. 54–61.
- Song, Y.W., and Choi, Y.K. (2005). "The Design and Construction Management of Exposed Concrete Finish Work through the Construction Process Analysis." *Korea Institute Construction Engineering Management*, KICEM, 6(6), pp. 160–170.
- Ministry of Land (2012). "Concrete Design Code."
- Lee, J.H., Kim, J.B., Kim, Y.R., Cho, S.H., and Kim, W.J. (2011). "Research for Crack Reduction Methods of Exposed Concrete." *Architectural Institute of Korea*, AIK, 31(1), pp. 85–86.
- Lee, J.T. (2001). "Design and Planning of Exposed Concrete." *Korea Concrete Institute*, KCI, 13(4), pp. 22–29.
- Lee, Y.J., Park, B.S., and Kim, Y.S. (2001). "Construction of Exposed Concrete." *Korea Concrete Institute*, KCI, 13(4) pp. 38–45.
- Lee, J.Y. (2005). "A Study on Application of BIM-based Virtual Reality by Analyzing Problems of Apartment Sales Phase Using AHP Method," Soonsil University.

---

**요약 :** 노출콘크리트 마감공법은 1990년대 외부 입면 형식의 다양화, 시공기술의 발달, 콘크리트 품질 향상 등으로 인하여 노출콘크리트 마감공법의 적용사례가 증가하기 시작하였고 최근까지 노출콘크리트 마감공법을 사용하는 경우가 증가하는 추세이다. 이에 따라 품질향상을 위해 많은 연구가 진행되었지만 노출콘크리트 마감공법의 하자발생은 여전히 여전한 상태이다. 본 연구는 노출콘크리트 마감공법의 하자발생을 방지하고 품질을 확보하기 위한 통합관리의 필요성을 제고하기 위해 하자발생의 원인을 프로세스별로 분석하였다. 또한 사례조사와 AHP 분석을 통해 노출콘크리트 마감공법에서 발생하는 하자의 중요성을 도출하였다. 본 연구를 통해 노출콘크리트 마감공법의 발생하자가 기존의 하자의 발생 원인에 따라 한 프로세스마다 국한되어있는 관리가 아닌 프로세스 전반에 걸쳐 관리가 필요하다고 판단되며, 노출콘크리트 마감공법의 하자 방지 및 품질향상을 위한 통합관리가 요구되고 있다고 분석되었다.

**키워드 :** 노출콘크리트, 노출콘크리트 하자, AHP 기법

---