

사례 조사를 통한 백화현상의 특징 및 저감 방안 연구

The study on characteristic of efflorescence phenomenon and reduction plan through research

○ 박영민* 이희두* 이해진** 임남기***
Park, Young-min Lee, Hee-doo Lee, Hea-jin Lim, Nam-gi

Abstract

The study offer a suggestion that from result in being a case to efflorescence for decrease a plan:

① A efflorescence of concreat a structure will be the prograss plan; In the materials, depress use to the water-sand in the construction, admonish unification of front and rear in the environment, consideration requisite concreat don't the occurrence efflorescence

② Ma sonry building efflorescence establish a ventilation opening and a waterway to ma sonry the times avoid the winter or the rainy season. Ma sonry building efflorescence will be make good among a brick to a brick interval closely mortar.

③ Tile building, tile of plasticity temperature is appropriate, reduce the deviation, parapet part of efflorescence will be make good closely mortar.

A construction material part a meterial developing need perfection of construction a efflorescence occurrence is the minimum, a plan part developed so on, composition of a ommection field.systematic effort need a efflorescence prevention a kind of detail

키워드 : 백화(1,2차 백화), 콜드 조인트

keywords : efflorescence(first, second efflorescence), cold joint

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

백화현상은 포틀랜드 시멘트를 사용하는 습식공법에서 흔히 나타나는 현상이지만 구조적인 면에 큰 영향을 미치지 않는 관계로 등한시되는 경우가 많다.

지진이 경미하여 벽돌이나 콘크리트 구조는 우리나라에서 비교적 풍부한 자원의 사용상 유리한 요건을 갖추고 있다. 하지만 일단 건물에 백화가 발생하면 그 건물은 구조적 결함이 없다하더라도 외관상 부실하게 보이고 노후화된 건물로 인지되기 쉽다. 또한 백화는 건물의 부실뿐만 아니라, 도장의 오염 등으로 이어지게 되고 가치절하로 인한 재산상의 피해를 입게 되는 실정이다. 이러한 백화현상은 관해서는 오래전부터 규명되었고, 많은 방지 대책이 제시되었으나 그 피해는 계속되고 있다.

이에 본 연구에서는 백화현상이 발생된 조적조와 콘크리트 및 타일로 시공중이거나 기시공된 건물 사례현장들을 선정하여 실제적인 백화의 피해 상황과 원인을 규명하여 그 저감 방안을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

표2. 연구의 범위 및 방법

연구 내용	세부추진 계획 및 방법
·백화현상의 이론적 고찰	·국내외 문헌 및 자료분석
·사례조사를 위한 적용 대상 현장 선정 및 조사	·연구대상 현장의 특징 및 원인분석
·대책 및 개선방안 제시	·각 현장별 대책 및 개선방안 제시

2. 백화의 이론적 고찰

2.1 백화의 정의 및 종류

1) 백화의 정의

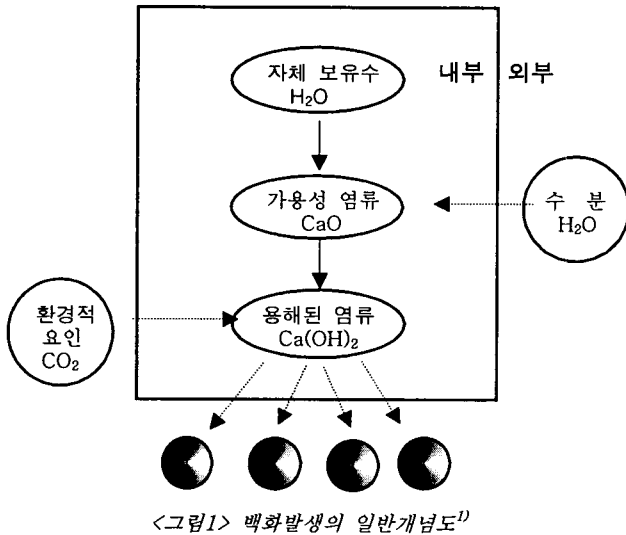
백화(白花, Efflorescence)의 사전적 의미는 포틀랜드 시멘트 중의 가용성 알칼리 염류【수산화칼슘(Ca(OH)₂), 황산칼슘(CaSO₄) 등】와 시공 중의 혼합수나 조적 완료 후의 침투된 물에 의해 용해되어 직접 줄눈 외부로 이동하거나 벽돌내부로 침투하였다가 벽돌 외부면이 건조되

* 정희원, 동명정보대학교 석사과정

** 정희원, 남양건축사 사무소 감리 단장

*** 정희원, 동명정보대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

면서 용해물이 모세관을 통해 표면에 석출된 후 공기중의 탄산가스 등과 반응하여 경화체 표면에 침착된 백색 물질을 말하며, 화학적 의미는 생석회(CaO)가 물에 소량 용해되어 소석회(Ca(OH)₂)가 형성 되는데 이 소석회(Ca(OH)₂)는 알칼리성으로 대기중의 이산화탄소(CO₂)와 쉽게 반응하여 백색의 불용성 염인 탄산칼슘(CaCO₃)을 형성하게 된다. 이 탄산칼슘이 물과 반응하여 백화가 발생하게 된다.



2) 백화의 종류

백화는 콘크리트 중의 미용결수로 인해 표면 건조시 수분증발과 함께 발생하는 것으로 혼합수에 용해될 수 있는 가용성분이 시멘트 경화체 중의 표면에 건조하여 나타나는 1차 백화와 건조된 시멘트 경화체내에 2차수축, 외부로부터 스며든 물(빗물, 지하수, 양생수 등)의 침입으로 시멘트 경화체 속의 가용성분을 재용해시켜 나타나는 백화 또는 가용성분을 포함한 물이 시멘트 경화체 표면에 흘러내려 그 표면에서 건조하여 나타나는 2차 백화가 있다.

2.2 백화의 성분 및 발생원인

1) 백화의 성분

대부분의 탄산염들은 백화의 성분으로 존재하지만 불용성이므로 백화의 주원인이 되지는 않는다. 주로 탄산칼슘(CaCO₃), 탄산마그네슘(MgCO₃), 탄산나트륨(NaCO₃), 탄산칼륨(K₂CO₃)이 백화발생의 일부 원인이 되고, 대부분의 수용성 황산염들이 백화발생의 주원인이 된다.

주요 황산염의 종류에는 황산칼슘(CaSO₄), 황산마그(MgSO₄), 황산칼륨(K₂SO₄), 황산나트륨(Na₂SO₄), 황산철(FeSO₄-H₂O) 등이 있다.

2) 백화의 발생원인

백화의 발생 원인은 크게 재료, 환경, 시공, 구체에 의한 원인으로 나눌 수 있으며, 각 인자별 백화의 발생원인은 다음의 표2와 같다.

표2. 백화의 각 인자별 발생원인

대분류	소분류	특 징	비 고
재료	시멘트	많이 포함할수록 증가	
	골재 및 물	가용성 염류가 포함될수록 증가	황산염류
	벽돌 및 점토	용해물질이 포함될수록 증가	
	모르타	입도 분포가 치밀하지 않을수록 증가	
환경	기온	낮을수록 증가	동계
	습도	클수록 증가	우기
	풍속	클수록 감소	
	장소	북측 증가	
시공	배합비	일반적으로 부배합일 때 증가	
	w/c비	클수록 증가	
	시멘트 모래비	시멘트량이 많을수록 증가	
	작업성	나쁠수록 증가	
	재령	길수록 증가	
	공극	클수록 많이 증가	
	충진불량	불량할수록 증가	
구체	균열	크거나 많을수록 증가	
	방수	잘 되어 있을수록 감소	
	미장 들뜸	많을수록 증가	

3. 연구대상 사례조사 및 분석

3.1 콘크리트 공사의 백화현상

1) 아파트의 백화현상

① 선정 배경

콘크리트는 일반적으로 노출 콘크리트를 제외하고는 다른 재료로 마감되고 있다. 그러므로 콘크리트 구체에 백화가 발생한다 하더라도 마감재로 덮인 후에는 그 현상이 외부로 드러나지 않게 된다. 이에 본 연구에서는 콘크리트 공사 중 대표적인 백화현상을 볼 수 있는 아파트 현장을 선정하여 층별 백화현상의 상황을 살펴보고 같은 입지상의 사례2건을 통하여 재료 및 시공상의 원인과 환

1) 이종삼, 「건축 외장 타일 공사의 문제점과 대책에 관한 연구」 인하대학교 1994

경적인 원인 등에 대해 조사하였다.
연구 대상 아파트의 개요는 다음의 표3과 같다.

표4. 연구 대상 아파트의 개요

구 분	사례 1	사례 2
위 치	부산광역시 K동 A블럭	부산광역시 K동 B블럭
공사기간	2000.2-2002.9	1999.6-2001.12
구 조	철근콘크리트조	철근콘크리트조
백화현황	cold joint 주위의 층별 백화가 심함	외측 벽에서의 백화 현상이 다소 약하게 나타남

*A,B 블록은 시공사가 상이하며, A블럭이 백화 정도가 심함

②백화의 특징

현장조사 결과 사례1과 2는 서로 인접해 있는 현장으로 공정현황과 입지조건이 유사하였다. 백화상태 또한 층별 백화위주로 나타났으며, 사례1 아파트의 백화는 cold joint 주위의 층별 백화가 심하게 나타났고 사례2 아파트의 경우는 외측 벽에서의 백화 현상이 다소 약하게 나타난 것으로 조사 되었다. 전체적으로 사례1 아파트의 경우가 더 심하게 나타났다. 이는 같은 환경일지라도 현장의 관리 상황에 따라 다른 양상을 보일 수 있음을 보여 주고 있어 백화 발생 원인은 복잡적이라는 것을 알 수 있었다

③조사 분석

본 사례조사처럼 같은 입지에 있는 현장들이라도 재료적인 측면 및 시공적인 측면이 다를 경우 백화의 양이 다르게 나타날 수 있다. 먼저 재료적인 측면에서는 해사 사용시에는 소금이 물의 이동에 따라 흰색으로 퇴적되므로 해사 사용을 억제하거나 염분 규제치 이하로 세척하여 사용하여야 하며, 모르타 혼합시 깨끗한 물을 사용해야 한다. 다음으로 시공적인 측면에서는 백화 발생의 주된 부위가 콘크리트의 이음자리로 나타나고 있으므로 선타설 콘크리트의 레이턴스 처리를 철저히 하거나 후타설 콘크리트 작업전에 선타설 부위를 워터젯 처리 하거나 거친면 처리하여 선.후 타설 콘크리트의 일체화에 주의해야 한다. 마지막으로 환경적인 측면은 겨울철 저온이고, 습도가 높고, 적당한 풍속일 경우의 그늘진 곳 등에 백화가 많이 발생하는 장소가 된다.

본 사례를 살펴볼 때 백화가 가장 심하게 발생한 부분을 살펴보면 2000년 10월부터 2001년 1월 사이에 완성된 층의 그늘진 곳에서 두드러지게 나타났다. 이는 겨울철 기온, 습도, 일조, 강수량, 풍량등 복합적인 요인으로 인해 나타나는 것을 알수 있었다. 강수량이나 기온 등 단일 요소만으로는 비가 많이 오고, 다습한 여름철이 훨씬 백화 발생이 심할 것으로 보이나, 오히려 겨울철에 백화현상의 복합적인 발생요인이 가장 잘 조화되어 뚜렷이 나타나고 있었다. 이에 환경적인 측면에서 그현상이 속해있는 자연적인 환경은 인위적으로 변경이 곤란하므로 일정에 맞고 백화가 발생하지 않도록 요건을 고려하여 공정계획을 잘 세워야 할 것으로 사료된다. 아래 표4, 는 공사가 진행되고 있는 시점에서의 부산지역의 월별 기상자료이다.

표5. 부산지역의 월별 기상자료

날짜	기온(℃)						상대습도(%)	강 수 량(mm)			중발량(mm)	평균풍속(m/s)	비 고
	평균최고	평년최저	평균	평년차	최고	최저		총량	평년차	1일최다량			
2000년10월	22.4	15.1	18.2	+1.1	27.2	10.3	69	42.4	-19.8	15.8	84.9	3.1	각각의 요소들의 복합적인 작용시 백화 발생이 증가
11월	16.6	8.7	12.1	+1.1	23.0	2.0	61	72.2	+7.3	30.2	69.7	3.1	
12월	18.1	3.5	7.3	+2.3	18.0	-5.2	46	2.7	-21.6	2.2	65.6	3.1	
2001년1월	6.8	-0.7	2.7	-0.3	12.0	-10.3	54	60.4	+22.6	30.6	51.3	3.9	
2월	10.3	2.0	5.7	+1.4	17.1	-4.4	49	53.3	+8.4	26.5	64.4	3.5	

2) 주택 및 옹벽의 백화현상

①선정 배경

콘크리트조 주택은 콘크리트 시공후의 건조수축으로 인해 콘크리트에 균열이 발생하였고, 그 주변에 넓게 백화가 발생하였으며, 콜드조인트의 처리가 부실하여 누수로 인해 백화가 심하게 발생된 것이며, 옹벽은 토압과 수압의 영향을 받게 되는데 본 사례현장은 20M 높이의 중간 지점인 10M 부근에서 백화가 층을 이루고 있어 콜드조인트로 인한 시공적인 측면에서 백화현상의 원인을 알아보기 위해 연구대상으로 선정하였다. 연구대상 주택 및 옹벽의 개요는 표5와 같다.

표5. 연구 대상 구조물의 개요

구 분	주 택	옹 벽
위 치	부산광역시 S동	부산광역시 M동
사용기간	10년 정도	2년 정도
구 조	철근콘크리트조	철근콘크리트조
백화현상	사용중 균열 주변의 백화	시공중 균열 주변의 백화(cold joint)

②백화의 특징

콘크리트 주택의 백화현상의 원인으로는 백화가 발생하기 쉬운 장소인 외벽, 창밀, 물과 접촉하는 곳, 균열이 있는 곳 등을 들 수 있는데, 본 사례현장은 지어진지 오래된 건물인 관계로 시공상이나 환경상의 원인은 규명할 수 없었으나 균열이 있는 부위에 빗물이나 2차수가 침투하여 백화가 발생한 것을 확인할 수 있었다.

옹벽 사례는 백화현상이 가로로 길게 발생하였다는 것과 윗부분에 물이 계속 스며나오고 있는 것이 특징인데 물과 인접하여 있기 때문에 환경상의 원인 등을 배제하였지만 균열이 있는 곳에 백화가 심하게 발생해 있는 것을 육안으로 확인할 수 있었다.

이는 타설시간 지연으로 인한 콜드조인트가 백화현상은 물론 구조적으로도 옹벽 자체에 큰 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다.

③조사 분석

본 사례현장처럼 콘크리트 주택이나 옹벽은 모르타나 콘크리트의 균열이나 콜드조인트, 모세관 등을 통해 물기가 스며들면 백화가 발생하므로 균열발생 부위에서는 백화 방지가 거의 불가능한 실정으므로 본 현장에서는 백화를 제거하고, 균열부위를 보수하여야 한다.

옹벽 사례에서는 윗부분에 배수구가 부족하여 한번 발생한 틈으로 물이 계속 스며나오는 것으로 적절한 배수구가 필요한 것으로 사료되고 옹벽(높이20M)처럼 높이가 높은 구조물의 경우 이어치지 않고는 시공할수 없으므로 이어치기를 해야하는데 때문에 콜드조인트 처리에 특별한 주의가 요망된다.

3.2 조적조 공사의 백화현상

1) 학교 공사의 백화현상

①선정 배경

학교건물은 콘크리트 마감보다는 붉은 벽돌 마감 등의 조적조를 선호하고 있다. 이는 역사와 전통을 자랑하는 교육시설들은 학생들의 인성교육에 필요한 장소로 그 지역의 상징성이나 벤치마크 역할을 할 수 있기 때문이다. 따라서 학교들은 외관이나 그 규모가 아주 흡사하였는데 조사 대상 교육시설들은 건물이 준공된지 10-13년 정도 된 건물들로서 기간에 비해 아주 많은 백화가 발생하고 있어서 백화현상의 특징을 알아보는 대상으로 선정하였다. 연구대상 학교들의 개요는 표6과 같다.

표6. 연구 대상 학교의 개요

구 분	사례1	사례2	사례3
위 치	동래구 O동	연제구 K동	사상구 M동
사용기간	14년 정도	11년 정도	14년 정도
구 조	RC 및 조적조	RC 및 조적조	RC 및 조적조
백화현상	이어치기 (모서리부분)	북측면의 백화	창틀주위 백화

②백화의 특징

사례현장들을 조사한 결과, 공통적으로 북측면의 백화현상이 가장 심하게 나타났으며, 창 아래 물이 닿는 곳과 창가의 콘크리트와 조적이음부에서 역시 공통적으로 부분 백화현상이 두드러지게 나타났다. 그리고, 증축으로 인한 이음부에서 백화 현상이 나타나는 특징이 있었다.

③조사 분석

사례현장 학교 외벽 백화의 조사결과 첫째, 학교공사의 준공일이 12월말로 계획된 것이 백화발생의 가장 큰 이유인 것으로 나타났다. 즉 겨울철에 시공함으로써 고온시에 비해 시멘트의 수화반응이 매우 지연되어 수화반응 물질의 생성이 늦어지고, 모세관의 충전이 불충분하여 수분의 이동이 용이하게 되면서 소석회의 공급이 계속 증가하게 되므로 조적시기는 겨울이나 장마철은 피하는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 둘째, 대상학교들의 북측면에 백화현상이 아주 심하게 나타났다. 이는 백화발생의 요인 중 저온, 그늘(음지), 다습 등 북측면의 환경적 요인 때문으로 추정된다. 셋째, 창 아래 물이 닿는 곳과 창가의 콘크리트와 조적이음부에 발생한 백화는 전체 학교 사례에서 동일하게 나타났다. 이는 시멘트 경화체의 치밀도의 차, 수량의 차, 시멘트 경화체가 쉽게 물과 접하며 불용성 염을 형성하기 때문으로 사료된다. 넷째, 증축으로 인해 이음부 및 이질재 접합부 주위에 백화가 발생하였다. 이는 벽 전체를 백화방지 처리하더라도 난간의 상부, 창대, 차양 등의 상부가 방수처리 되어 있지 않으면, 이 부분의 경화체로부터 백화가 발생하기 때문에 조적시 모르타를 치밀하게 채워야 할 것으로 판단된다.

2) 종교건축의 백화현상

①선정 배경

종교건축은 적벽돌의 사용으로 인해 건물 그 자체의 순수성을 인정받고 있다. 종교적인 건축물은 상징성이 있어야 하고, 외관의 느낌이 거의 지배적이기 때문에 적벽돌을 전체 외관에 사용하는 것이 일반적이고, 보통 경사 지붕을 많이 사용하므로 경사 지붕과 외벽의 이음부위의 백화현상에 대해 알아보기 위해 본사례들을 선정 하였다. 연구대상 구조물의 개요는 표7과 같다.

표8. 연구대상 구조물의 개요

구 분	사례1	사례2
위 치	부산광역시 M동	부산광역시 S동
사용기간	22년 정도	17년 정도
구 조	RC 및 조적조	RC 및 조적조
백화현상	2층 전면백화	지붕과 외벽의 이음부위

②백화의 특징

본사례 에서는 지붕처마선과 아치 창문등 빗물이 흘러 내려오는 경로에 백화가 많이 발생한 것을 볼 수 있는데 사례1 은 2층 외부 전면에 걸쳐 백화가 심각하게 발생되어 있고 사례2 는 외부뿐 아니라 내부까지 백화가 심각하게 나타나 있었다.

③조사 분석

조적조에서는 줄눈부분이나 창문 접촉부, 조인트 부분에 대한 실링이 완벽해야 한다. 하지만 시간이 경과함에 따라 코킹이 불량 내지는 누수, 계속되는 빗물의 유입으로 사례1 은 2층 외부 전면에 심각하게 나타나고 건물에 전면적으로 나타나는 것으로 보아 환경적 요인이나 시공할 당시의 재료적인면, 시공적인 면이 영향을 주었으리라 사료된다.

사례2 는 경사진 지붕 디자인으로 인해 빗물이 지붕을 타고 외벽에 그대로 흘러내려 백화가 발생하게 되었는데 현재 백화현상이 가장 심각하게 나타나 있는 곳 역시 지붕과 외벽의 이음부위이다. 전체 건물의 상층부분에 나타나는 백화가 발생하지 않게 하기 위해서는 재료선정과 환경적인 요인을 감안하여 고려하여야 하겠고 또한, 치장줄눈이 양생될 때 빗물 등으로부터 보호하여야 할것으로 사료 된다.

3.3 타일 공사의 백화현상

①선정 배경

외부타일로 마감시공된 주택에서는 일반 조적조에서 흔히 나타나는 창틀주위에 발생하는 백화현상은 찾아 볼 수 없었으나 파라펫 상부의 여러곳에 걸쳐 백화현상이

발생하였고, 상가건물은 창호주위에서 백화현상이 나타나 백화현상과 타일탈락이 어떠한 관계가 있는지를 조사하기 위해 이 두 건물을 선정하였다. 연구대상 건물의 개요는 표8과 같다.

표8. 연구 대상 구조물의 개요

구 분	주 택	상 가
위 치	부산광역시 사직동	부산광역시 사직동
사용기간	12년 정도	20년 정도
구 조	철근콘크리트조	철근콘크리트조
백화현상	모르터 충전불량에 의한 백화	백화에 의한 타일의 탈락

②백화의 특징

주택 백화의 특징은 파라펫 상부 주변에서 백화현상이 조사되었으며, 상가건물은 백화현상으로 인해 타일이 탈락되고, 백화가 흘러내려 건물의 외관이 심하게 손상되거나 오염되는 등 도시미관까지 해치고 있었다.

③조사 분석

조사분석결과 파라펫 상부의 백화현상은 모르터 충전 불량이거나 무유타일의 소성온도 부족이나 심한 편차로 인해 타일 내부의 공극으로 침투한 수분이 접착모르터의 가용성 물질을 타일표면으로 이동시켜 백화가 발생하는 것으로 조사되었다. 창호 주위에 발생한 백화는 조적조에서와 마찬가지로 2차수 유입이 원인으로 추정되었다. 하지만, 타일의 탈락이 백화가 발생하고 난 후 탈락된 것인지, 타일이 탈락되어 2차수가 유입되어 백화가 발생한 것인지의 판단은 곤란하였다.

4. 결론

이상의 조사 결과로부터 백화현상을 저감하기 위한 방안으로 다음과 같은 사항을 제안한다.

1. 콘크리트 구조물의 백화는 재료적 측면에서 해사와 경수의 사용을 억제하고, 시공적 측면에서는 백화 발생의 주된 부위가 콘크리트의 이음자리로 나타나고 있으므로 선타설 콘크리트의 레이턴스 처리를 철저히 하거나 후타설 콘크리트 작업전에 선타설 부위를 워터젯 처리 또는 거친면 처리하여 선·후 타설 콘크리트의 일체화를 도모하고, 환경적 측면에서는 백화가 발생하지 않도록 요건을 고려하여 공정계획을 세워야 할 것이다.
2. 조적조 건물의 백화는 조적시기를 겨울이나 장마철을 피하고, 통풍구 및 배수구를 설치하고, 벽돌과 벽돌 사이를 빈틈없이 몰탈로 채워야 할 것이다.

3. 타일건물에서는 타일의 소성온도를 적절히 하고, 편차를 줄이고 파라펫 부분의 백화는 모르터를 빈틈없이 채워야 한다.

이상의 결과로 부터 백화현상을 저감하기 위해서는 시공재료 분야에서는 시공의 완벽도도, 백화발생을 최소화할수 있는 재료개발, 설계분야 에서는 백화를 방지할 수 있는 각종 Detail 개발 등 관련 분야의 복합적이고, 체계적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 대한건축학회, "건축재료", 기문당, 2000.
2. 이종삼, "건축 외장타일 공사의 문제점과 대책에 관한 연구", 인하대학교 석사학위 논문, 1994.
3. 유지현, "조적조 벽체의 백화의 원인에 대한 조사연구", 건국대학교 석사학위 논문, 1989.
4. 황용범, "벽돌벽체 백화현상의 발생요인 및 방지대책에 관한 연구", 서울대학교 석사학위 논문, 1990
5. 민병렬, "건축물의 백화현상", 건설기술정보지, 1987년 10월호
6. 황한순, "건축공사 품질관리 길잡이", 건설도서, 2000.