

# 콘크리트 백화현상의 원인과 대책

김진만

〈공주대학교 건축공학과 공학박사〉

조헌영

〈공주대학교 생산기술연구소 공학박사〉

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 1. 서론            | 4.3 재료적 요인       |
| 2. 시멘트의 수화반응과 백화 | 5. 백화의 제거와 방지법   |
| 3. 백화의 종류 및 성분   | 5.1 백화의 제거       |
| 3.1 백화의 정의       | 5.2 백화의 방지       |
| 3.2 백화의 종류       | 6. 앞으로의 기술적인 과제  |
| 3.3 백화의 형성반응     | 6.1 치밀한 콘크리트의 시공 |
| 3.4 백화의 성분       | 6.2 초기 양생        |
| 4. 백화 발생의 요인     | 6.3 표면 도포제의 개발   |
| 4.1 기후 조건        | 7. 결론            |
| 4.2 재령의 영향       |                  |

## 1. 서론

백화란 시멘트 콘크리트 구조물 내에 존재하는 가용성 성분인 수산화칼슘, 알카리 금속 등이 물에 용해되어 구조물의 표면으로 운반된 후 물이 증발되어 가용성 알카리 금속 황산염 또는 난용성염인 탄산칼슘의 형태로 석출되는 현상으로 흔히 백색을 나타내기 때문에 이 현상을 백화라 한다.

백화현상이 일어나는 원인에 대해서는 오래 전부터 많은 연구자들에 의해 어느 정도 밝혀졌지만, 백화를 방지하는 방법에 있어서는 재

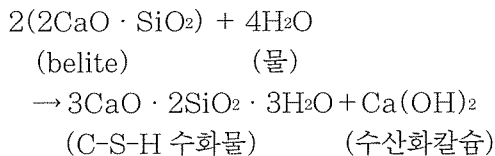
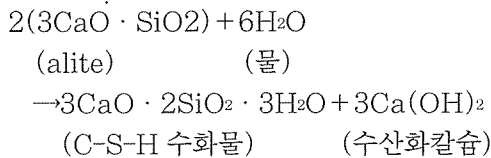
료와 시공 측면에서 개별적으로 적절한 방법을 현상에 따라 고려하여야 하므로 완벽한 백화 방지법이나 백화 방지제는 없다고 할 수 있다. 이것은 백화의 원인이 시멘트의 수화반응과 자연환경의 미묘한 변화 외에도 대기중의 부유 오염물질이나 구조물 자체의 배출물 등에 의해서 영향을 받는 복합적인 현상이기 때문이다.

여기서는 최근의 국내의 연구성과를 바탕으로 콘크리트 백화현상의 원인과 그 방지 방법을 제시하여 현장에서의 백화방지 대책에 대한 참고자료를 제시하고자 한다.

## 2. 시멘트의 수화반응과 백화

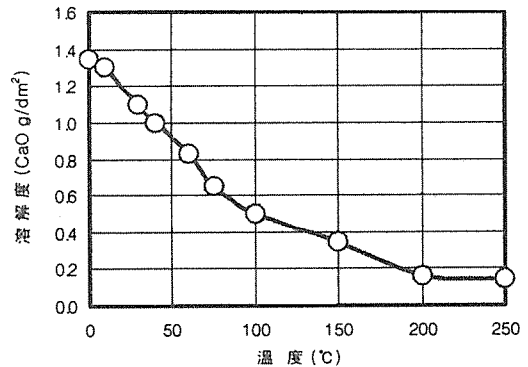
콘크리트의 백화는 시멘트의 수화반응과 불가분의 관계에 있으므로 우선 시멘트의 수화과정을 살펴볼 필요가 있다.

시멘트에 물을 가하면 시멘트 중의 엘라이트(alite)와 비라이트(belite)와 같은 규산칼슘 습계 화합물이 물과 반응하여 규산칼슘 수화물을 형성하면서 응결, 경화과정을 거쳐 시간이 흐르면서 강도를 발현하게 된다. 이 수화반응을 화학식으로 정리하면 다음과 같다.



이에 의하면 규산칼슘 수화물의 생성과정에서 수산화칼슘이 생성되어 물에 용해된다. 이 수산화칼슘은 계속해서 시멘트 중의 다른 성분들과 반응하여 수화물을 생성하면서 경화되는 중요한 역할을 한다. 그러나 초기단계에서는 시멘트 경화체 중에 존재하는 기공수(氣空水)에 녹아 있어 수산화칼슘의 포화용액을 생성하게 된다. 콘크리트가 강알카리성(pH 12.5~13)을 갖는 것은 수산화칼슘 포화용액 때문이다.

수산화칼슘의 용해도는 [그림 1]에 나타난 바와 같이 온도가 낮을수록 증가하게 되며, 이러한 열적 성질은 백화발생에 있어 중요한 요인이 된다. 또한 이 수용액은 시멘트 중에 존재하는 미량의 알카리 금속(Na, K) 화합물을 포



(그림 1) 온도에 따른 수산화칼슘의 용해도

함하고 있으며, 이것은 콘크리트의 알카리골재 반응을 일으키는 원인으로 작용하게 된다.

몰탈이나 콘크리트 수화반응의 초기단계에서는 반죽의 질기를 확보하기 위해 필요 이상으로 첨가된 물 때문에 다량의 자유수가 존재하게 된다. 이 물의 일부는 시멘트가 수화하면서 발생하는 수화열에 의해 수증기가 되어 몰탈 또는 콘크리트의 표면부로 이동하여 증발하게 된다. 이때 물이 증발하고 남은 자리를 시멘트 수화물이 채우는 과정에서 미세한 공극을 남기게 되는데 이러한 공극을 겔공극(gel pore)과 모세관 공극(capillary pore)이라 한다. 이 공극의 양은 시공 상황에 따라 다르지만 일반적으로 W/C가 높을수록 증가한다.

이외에도 몰탈이나 콘크리트에는 공기 연행체에 의해 혼입된 연행공기(entrained air)와 콘크리트의 비빔 중에 들어간 갇힌 공기(entrapped air)와 같은 공기포가 있는데 이것들은 콘크리트의 내구성에 중요한 역할을 한다.

이상에서 언급한 미세 공극의 존재와 용액 중 수산화칼슘과 알카리 금속 화합물은 백화발생에 큰 영향을 미치게 되며, 일반적으로 그 양이 증가할수록 백화의 발생비율도 증가하게 된다.

### 3. 백화의 종류 및 성분

#### 3.1 백화의 정의

백화는 몰탈이나 콘크리트 중에 가용성분이 용해된 용액이 내부의 공극을 통하여 표면으로 이동하여 표면이 건조됨에 따라 수분이 증발되고 표면에 석출되거나 혹은 이 가용성분이 대기중의 이산화탄소와 반응하여 표면에 침적하는 백색의 물질로 정의할 수 있다.

백화의 성분은 용액중의 수산화칼슘이나 알칼리 금속 화합물 혹은 이들이 탄산화된 탄산화합물을 포함한다.

#### 3.2 백화의 종류

백화에는 발생 시기에 따라 1차 백화와 2차 백화로 나눌 수 있다.

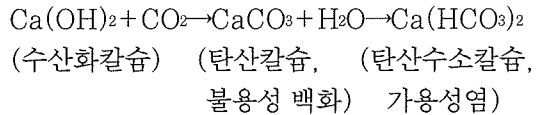
##### ① 1차 백화

콘크리트 타설 직후부터 초기 재령 사이에서 나타나는 현상으로 혼합수에 용해된 시멘트 중의 가용성분이 브리딩수와 함께 미장면으로 운반하여 콘크리트의 타설 표면에 석출되는 것을 1차 백화라고 한다. 일반적으로 타설면에 비교적 균일하게 발생하여 일반 시멘트의 경우는 큰 문제가 없으나 착색 콘크리트의 경우는 착색효과를 감소시키게 된다.

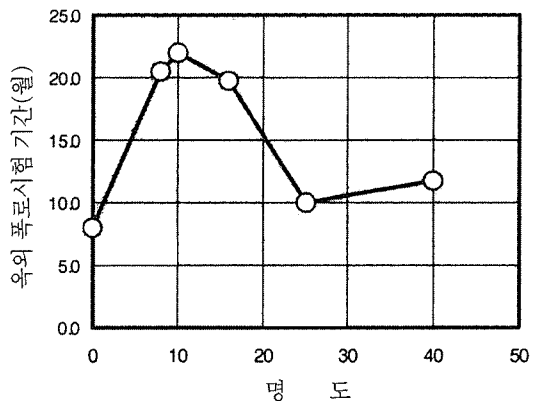
일반적으로 1차 백화현상으로 나타나는 황산칼륨( $K_2SO_4$ ), 황산나트륨( $Na_2SO_4$ ) 등과 같은 알칼리 금속 화합물은 물에 대한 용해도가 높으므로 초기재령에서 발생한 백화는 오랜 기간이 지나면 빗물 등에 의해 쉽게 씻겨 나가는 경우가 많다.

또한 수산화칼슘( $Ca(OH)_2$ )이 공기중의 이산화탄소와 반응하여 형성되는 탄산칼슘( $CaCO_3$ )도 다음과 같은 화학반응에 의해서

물에 대한 용해성이 좋은 탄산수소칼슘( $Ca(HCO_3)_2$ )을 형성하여 시간의 경과에 따라 백화현상이 감소된다.



실레로써 독일 공업지대에서 흑색 산화철안료로 제조한 착색콘크리트의 옥외 폭로 시험 결과를 나타낸 [그림 2]에서와 같이 최초 1년은 백화가 증가하고, 2년째부터 서서히 분해되어, 2년후에는 최초의 색에 거의 유사하게 되는 것을 알 수 있다.



(그림 2) 실외 폭로기간에 따른 콘크리트의 표면 명도 변화

##### ② 2차 백화

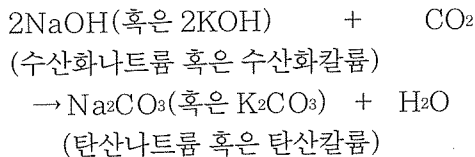
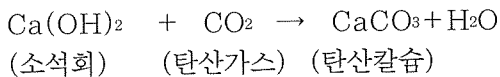
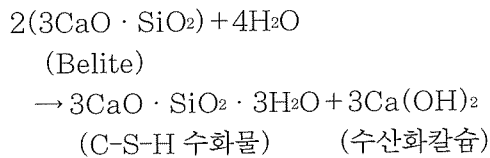
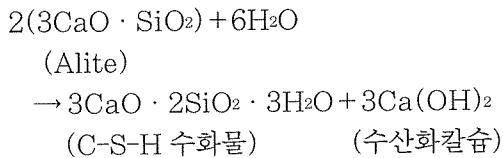
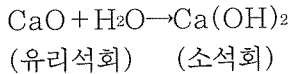
오래된 콘크리트 구조물에서 나타나는 현상으로 건조된 경화체내로 빗물, 지하수 등이 침입하여 콘크리트 중의 가용성분 혹은 가용성분과 침입수 성분의 반응생성물이 표면으로 운반되어 석출되는 현상을 2차 백화라고 한다. 이 경우 구조물의 미관을 손상시킬 뿐만 아니라 구조물의 내구성이 취약해졌다는 것을 의미하므로 중요하게 취급하여야 한다.

### 3.3 백화의 형성반응

#### ① 1차 백화

1차 백화현상을 나타내는 물질로는 시멘트 중의 유리석회(CaO)가 물과 반응하여 생성한 Ca(OH)<sub>2</sub>, 혹은 시멘트 구성광물로 있는 규산칼슘이 수화반응하여 생성한 Ca(OH)<sub>2</sub> 외에 K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 등의 알카리염, 혹은 시멘트 응결조절제로 사용된 석고 등이 있다.

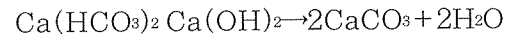
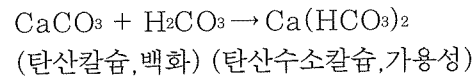
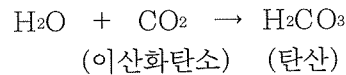
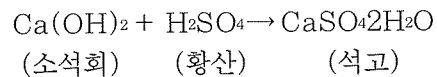
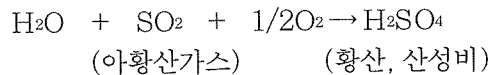
여기서 알카리성 가용성분인 Ca(OH)<sub>2</sub>, NaOH, KOH는 다음 화학반응식에서와 같이 콘크리트 표면에서 공기중의 탄산가스(CO<sub>2</sub>)와 반응하여 CaCO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>를 형성한다.



#### ② 2차 백화

2차 백화현상을 나타내는 물질로는 1차 백화현상을 나타내는 물질 이외에, 대기중의 산

성성분, 예를 들면 SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>가 우수에 용해하여 만들어진 산성수의 침투에 의해서 다음과 같은 화학반응에 따라 탄산칼슘 혹은 황산칼슘을 형성하거나, 응결제로 사용한 염화칼슘과 시멘트의 가용성분이 반응하여 백화물질을 형성한 것 등이 있다.

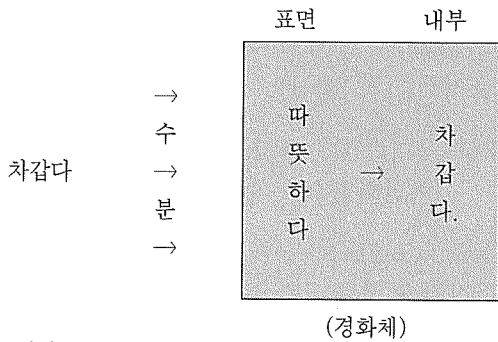


### 3.4 백화의 성분

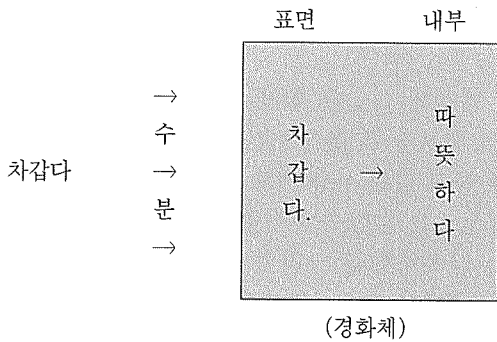
백화의 성분은 발생시기, 발생후의 경과일 수, 발생장소, 환경조건, 혼화재료, 시멘트, 골재 등과 같은 사용 재료에 따라 다르지만, 기본적으로는 혼합수에 용해된 수산화칼슘과 알카리 금속화합물 그리고 이들이 탄산화된 화합물로 구성된다. [표 1]은 일본에서 조사한 여러 가지 상황에서 발생된 백화의 성분 분석 결과를 나타낸 결과 나타낸 것이다. 이 결과를 보면 백화를 발생시키는 성분은 황산나트륨(알카리 황산염), 탄산칼슘 등임을 알 수 있다. 특기할 점은 탄산칼슘이 주성분일 경우는 알카리 황산염이 거의 나타나지 않고 알카리 황산염이 주성분일 경우에는 탄산칼슘이 거의 나타나지 않아 생성 조건에 따라 조성이 크게 다르다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 알카리 화합물은 물에 대하여 용해도가 높고 그 양이

[표 1] 백화 물질의 성분 (wt%)

구분	강열 감량	불용해 잔 분	SiO <sub>2</sub> · R <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CaCO <sub>3</sub>
A	-	6.2	2.4	6.0	-	47.6	0.4	30.7	2.1	70.3	4.8
B	4.8	7.2	4.6	3.2	-	45.3	0.4	35.9	-	80.3	-
C	45.38	-	0.18	54.28	0.2	-	-	-	-	-	-
D	44.46	-	0.44	51.14	-	-	-	-	-	-	96.62
E	4.9	8.8	4.1	2.4	-	43.4	0.4	34.1	-	77.0	-



(대기) <양지 : 백화발생이 어렵다.>

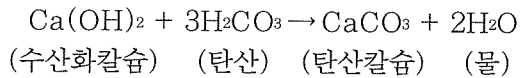
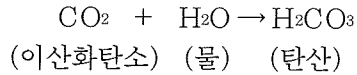


(대기) <음지 : 백화발생이 용이하다.>

[그림 3] 일조에 따른 백화 발생(화살표는 수분의 이동방향을 나타냄)

칼슘화합물에 비하여 소량이므로 우수에 의해 없어지게 된다. 따라서 백화성분의 대부분을 차지하고 있는 것은 수산화칼슘과 이것이 반응하여 생기는 탄산칼슘 및 황산칼슘이다. 탄산칼슘의 경우에는 난용성 물질이므로 표면에 교착하기 때문에 제거하기가 힘들다.

수산화칼슘과 이산화탄소의 반응은 수분이 존재하는 경우 다음과 같이 진행된다.



따라서 탄산칼슘이 생성되면서 다시 물이 발생하고 이 물이 다시 이산화탄소를 흡수하여 반응을 반복하면서 백화현상은 더욱더 진행되게 된다.

## 4. 백화 발생의 요인

### 4.1 기후 조건

#### ① 일사

백화는 시멘트 경화체중의 유리석회(free lime)나 시멘트의 수화반응에 의해 발생하는 수산화칼슘, 알카리 금속의 수용액이 내부로부터 공극을 통해 흘러나와 표면에 석출되는 것이므로 그 이동이 용이할 때 발생한다. 경화체 내부에서의 수용액의 이동을 양지와 음지로 나누어서 살펴보면 [그림 3]과 같다.

온도가 낮고 그늘이며 습도가 높은 경우에는 경화체의 공극에 존재하는 물이 잘 건조가

되지 않으므로 백화 원인 물질이 쉽게 용해될 수 있는 환경이 된다. 특히 수산화칼슘의 용해도는 온도가 낮을 수록 높다. 또한 초기 재령일 수록 미반응 된 물이 많고 공극구조가 영성하므로 수산화칼슘의 용해나 수용액의 이동이 쉽다. 이러한 상황에서 일정한 시간이 흐른 후 고온, 바람에 의해 표면의 수용액이 건조되면서 백화로 석출이 된다.

동일한 배합 · 작업방법 · W/C에서도 백화가 발생하는 경우와 그렇지 않은 경우가 있는데 이것은 재령, 시공 측면에서의 차이 및 기상 조건(온도, 습도, 풍속, 풍향 등)이 크게 영향을 끼치기 때문이다.

## ② 건조

저온일 경우 건조 속도는 고온시보다 낮으므로 전혀 건조가 일어나지 않는 조건이라면 백화는 발생하지 않는다. 반대로 건조속도가 극단적으로 빠른 경우에도 백화는 발생하지 않는다. 이것은 건조가 일어나면서 모세관 내부에 들어 있는 물이 고갈되기 때문이다. 즉 수용액이 내부로 이동하기 때문이다.

따라서 기온이 낮고 비교적 습도가 높으며 건조에 적당한 풍속이 있는 조건이 백화의 발생을 촉진시킨다.

## ③ 외기온

겨울철에 특히 백화가 많이 발생하는데 이것은 앞에 나온 기상조건의 영향 외에 다음과 같은 것이 기인한다.

- ㉠ 시멘트의 수화반응은 온도가 낮을 수록 지연되므로 수화물의 생성이 미약하여 모세관 공극의 충전이 불충분하므로 물의 이동이 쉽다.
- ㉡ 미반응 시멘트가 장기간 남아 있어 수산화칼슘의 공급이 지속적으로 발생하므로 백화가 계속된다.

- ㉢ 수산화칼슘의 용해도가 온도가 낮으므로 높다. 반면 여름철에는 이러한 조건과는 반대로 시멘트의 수화반응이 촉진되므로 백화가 일어날 확률은 적다.

## 4.2 재령의 영향

초기 재령에서는 시멘트 경화체 표면이 축축하고 건조한 상태가 반복되므로 백화가 일어나기 쉽다. 또한 초기 재령에서는 경화체의 조직은 치밀하지 못하므로 수용액이 자유롭게 이동이 가능하고 내부로부터 원인 성분의 공급도 많게 된다.

## 4.3 재료적 요인

재료면에서 백화에 영향을 주는 요인은 다음과 같다.

- ㉠ 물시멘트비가 높을수록 백화가 일어나기 쉽다. 따라서 시공이 가능한 범위내에서 물시멘트비를 낮추어야 한다.
- ㉡ 골재의 입도를 조정하여 치밀한 경화체를 얻는 것이 바람직하다. 불순물이나 가용성 염류를 함유하지 않으며 흡수율이 낮은 골재를 사용하는 것이 필요하다.

## 5. 백화의 제거와 방지

### 5.1 백화의 제거

백화성분중 수용성 알카리염은 물로 씻어서 즉시 제거가 가능하다. 그러나 탄산칼슘은 표면에 강하게 부착되어 있고 난용성이므로 브러쉬나 사포로 문질러 제거한다. 이것이 불가능할 경우 3% 정도의 염산용액으로 용해시킨 후 즉시 물로 닦아 낸다. 단 염산용액이 경화체의 모세관 내부로 침투하지 않도록 주의해야 한

다. 최근에는 세정제로서 염산에 인산에스테르 계 계면활성제를 첨가하여 사용하기도 한다.

## 5.2 백화의 방지

시멘트는 수화반응 과정에서 수산화칼슘을 생성하므로 백화를 근본적으로 억제할 수 있는 방법은 없다. 그러나 백화가 발생하는 상황과 반대의 상황을 생각하면 어느 정도 방지가 가능하며, 실용적으로는 다음과 같은 방법이 있다.

### ① 시공시 방지 대책

- ① 물시멘트비를 작업 가능한 범위내에서 최소화함.(단위수량을 최소화 한다.)

- ㉠ 조강시멘트의 사용.(조기강도의 발현)
  - ㉡ 골재의 입도를 조정하여 표준입도곡선에 근사하도록 하여 작업성을 높인다.
  - ㉢ 콘크리트의 표면을 충분히 다진다.
  - ㉣ 제품의 경우에는 옥외의 반출을 가능한 늦춘다.(가능한 밀폐된 실내에서 초기양생을 한다.)
  - ㉤ 제품의 경우 치장 조건을 변경시키고, 초기 재령의 제품은 남쪽면이나 무풍지대에 야적한다.
  - ㉥ 저온일 경우 보온 방법을 고려한다.(시트양생 등)
  - ㉦ 초기 재령의 제품의 경우 빗물이 스며들지 않도록 한다.(시트 또는 옥내 양생)
- 그러나 이러한 방법은 절대적으로 백화의

[표 2] 시판 백화 방지제의 종류와 특성

종 류	주 성 분	특 성
백화제거 도포제	LC와 기타 혼합물	pH가 2~3인 강산성 액체. 경화체 표면에서 백화의 주성분인 탄산칼슘을 용해시키며 재석출을 억제.
백화방지 도포제	아크릴산 에스테르 공중합체	경화체 표면에 보호막을 형성하여 이산화탄소와 수산화칼슘의 접촉을 차단하여 탄산화를 억제
백화방지 혼화제 (1차백화방지)	특수실리콘수지 스테아린산염	물을 반발하는 성질인 발수성과 더불어 칼슘염과 반응하여 모세관 내부에서 고정화됨.
	특수지방산염과 광물질 미분말 특수 유기 미분말과 계면활성제	칼슘염을 고정화하여 모세관 충전
	알킬카르복산금속염 지방산계 계면활성제	감수효과로 단위수량을 감소시켜 치밀화
침투성 흡수 방지제 (2차백화방지)	아크릴산 수지계 특수 폴리에스테르 중합체	분무나 도포하는 방식으로 막을 형성하여 의기와 경화체 표면을 차단, 중성화나 오염을 방지하여 2차 백화를 억제함. 단, 미세기공을 통하여 수분이 증발하면서 막을 파괴시킬 수 있으므로 주의를 요함.
	실탄, 실록산, 실타놀계	분무나 도포하는 방식으로 경화체 표면 근처의 칼슘과 반응하여 모세관을 막는 동시에 표면에는 강한 발수성을 부여. 모세관보다 작은 미세기공은 막지 못하므로 경화체 내부의 수분의 증발 또는 외부로부터 수압이 가해지는 경우는 물의 침입을 완전히 막지 못함. 자외선에 의해 열화가 일어나므로 내구성이 약함.

발생을 제어하기 위한 방안은 되지 않으며, 단지 백화의 발생을 어느 정도 저감시키는 방안으로써 고려할 수 있는 것이다.

## ② 재료적 측면에서의 방지대책

백화는 경화체 내부에서 물의 이동에 의해 발생하는 것이므로 이것을 제어하는 것에 의해 백화를 최소화할 수 있을 것이라는 관점에서 백화방지제의 첨가가 고려되고 있으며, 백화방지제는 그 효능에 따라 [표 2]와 같이 분류할 수 있으며, 그 특성에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

### ㉠ 경화체를 치밀하게 하는 것

각종 포졸란계 미분말을 사용하여 공극을 메꾸거나 물시멘트비를 낮추거나 단위수량을 감소시켜 수밀성이 높은 경화체를 얻을 수 있도록 AE제, 감수제, 고성능감수제 등을 사용하는 방법이다. 이외에도 요소나 멜라민 수지, 아그릴 수지 등을 혼입하여 모세관 공극을 메꾸어 방수층을 형성시키는 방법이 있다.

### ㉡ 경화를 촉진시키는 것

조강제를 사용하여 경화를 촉진시키는 방법이지만, 염화칼슘과 같은 촉진제는 철근의 부식을 일으킬 수 있으므로 주의를 요한다.

### ㉢ 방수 또는 발수 작용을 하는 것

방수제는 경화체 내부에 불투수층을 형성시켜 물의 이동을 방해시키는 것으로 수산화칼슘을 고형화시킬 수 있는 물유리, 폴리카르본산, 규산알루미늄 등이 있으며, 발수제는 물을 반발하는 발수성 물질이나 발수성염을 형성시키는 방법으로 스테아린산염류, 올레핀산염류, 올레인산염류, 파라핀, 유지 등이 있다.

그러나 모세관 공극을 완전히 메꾸는 것은 불가능하며 초기 수화단계에서 용출되는 수산화칼슘의 양은 매우 많으므로 전량을 고형화시키려면 많은 양의 혼화제가 필요하게 되어 경화체의 강도 발현에 악영향을 미치게 되고

비용 증가의 원인이 된다.

### ㉣ 외부의 수분 침투 방지

이것은 외부에서 침투하는 수분에 의한 백화, 즉 2차 백화를 방지하는 방법으로 경화체 표면에 불투수성의 피막을 형성시키는 것이다. 주로 경화체 표면을 도포하거나 혹은 표면에 분무하는 방법으로 표면 조직의 치밀화를 기하는 것이 쓰이고 있는데 이산화탄소 등이 사용되고 있다. 특히 이산화탄소의 이용은 백화의 발생의 원리를 역으로 이용한 것으로 면 전체에 백화를 균일하게 발생시켜 난용성의 탄산칼슘으로 하여금 물의 표면 이동을 방지하는 방법이다.

표면도포제는 경화체 표면에 도포하여 형성된 피막이 물의 이동을 막는 것인데 수지계나 페인트 등이 이용되고 있다. 그러나 이 표면도포제의 사용법은 다음과 같은 문제점을 갖고 있다.

첫 번째, 마모가 발생하는 부분에는 사용할 수 없다.

두 번째, 내부에서 수증기가 발생하여 백화 물질을 외부로 배출하는 경우에는 피막이 벗겨질 우려가 있다.

세 번째, 유지보수 비용이 크다

최근에 생산되고 있는 침투성 발수제(방수제)의 경우에도 경화체 표면에 도포나 분무의 방법으로 표면에 층을 형성하는 것인데 물을 전달하는 발수성 재료인 실리콘 수지, 유지계가 주성분이다. 실리콘계는 미세한 공극까지는 침투하지 못하고 아크릴 수지계는 피막이 약하다는 단점이 있다.

## 6. 앞으로의 기술적인 과제

### 6.1 치밀한 콘크리트의 시공

백화의 발생 요인은 근본적으로 콘크리트



경화, 강도 발현 과정인 시멘트의 수화반응에 의한 것이므로 콘크리트의 본질을 바꾸지 않고서는 백화를 방지할 수는 없다. 그러나 치밀한 콘크리트를 제조하여 공극을 가능한한 줄이는 것이 제일이다. 이것을 위해서는 다음과 같은 고려가 필요하다.

- ① 고성능감수제를 사용하여 단위수량을 낮춘다.
- ② 골재의 입도를 최밀 충전입도에 근사하게 한다. 미립 혼합제를 사용하는 것도 한 방법이다.
- ③ 다짐이나 마감 등의 시공을 정밀하게 한다.

## 6.2 초기 양생

백화의 발생은 초기 재령에서의 기상조건과 밀접한 관계가 있으므로 제품 제조시나 건축 현장에서 콘크리트가 초기 재령에서 직접 외기에 노출되거나 비바람을 맞는 것을 막는 방법을 고려해야 한다. 시트 양생 제품의 경우에는 실내 양생이 바람직하다.

## 6.3 표면 도포제의 개발

수산화칼슘의 반응을 억제하는 혼화제 형태의 백화방지제는 사용상의 한계가 있으므로 경화체 표면을 도포하거나 분무하여 외부로부터 들어오는 물의 차단 및 백화 물질의 표면으로의 이동을 방지하는 것을 목적으로 한 도포제가 필요하다.

최근에는 알킬알콜실란계가 유망하다고 알려져 있으며, 이러한 유기용제를 에멀전화하여 초기 재령에서 도포하여 내구성이 우수한 표면도포제가 개발되고 있다고 한다.

## 7. 결론

백화의 발생은 시멘트 경화체만의 문제가 아니라 기상조건에 크게 좌우된다. 단순히 백화방지제를 사용하였다고 백화를 완전히 방지할 수 있는 것은 아니다. 따라서 백화의 발생을 억제하기 위해서는 우선 시공 방법과 사용조건을 충분히 고려한 후 적절한 혼화제를 사용

[표 3] 백화 방지 대책의 개요

분 류	1차 백화	2차 백화
발생시기	타설후 초기 재령	경화후
발생과정	혼합수에 시멘트중의 가용성분이 용해되어 브리딩에 의해 타설면으로 운반, 수분의 증발후 석출됨	빗물, 지하수 등이 경화체 내부에 침입하여 시멘트중의 가용성분이 용해되거나 침입수에 의해 운반된 황산이온, 탄산이온과 반응하여 표면으로 운반되어 석출
발생환경	습도가 낮고 바람이 심할 때 발생	저온, 다습한 기후와 그늘진 장소에서 용해, 운반 과정이 진행되어 수분의 건조후 발생
백화물질	CaCO <sub>3</sub> , CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 등	
영 향	착색콘크리트의 착색효과 감소	구조미관에 악영향 구조물의 내구성이 저하되었음을 의미
제저방법	와이어브러쉬, 사포 등으로 긁어내거나 묽은 산용액으로 용해후 물로 세척	
방 지	브리딩이 작은 배합의 선정	경화체의 치밀화가 중요 감수제, 백화방지제, 표면도포제 등의 사용

할 필요가 있으며, 백화의 방지대책에 관하여 요약하면 [표 3]과 같다.

또한 최근에는 수산화칼슘에 의한 1차 백화의 문제보다는 황산염 등에 의한 2차 백화가 문제가 되고 있다. 이것은 아황산가스의 배출 등에 의한 산성비의 영향이 크다고 할 수 있다. 아황산가스의 배출 기준에 대한 엄격한 준수, 국제적인 협약이 필요한 시기가 되었다.

### 참고문헌

1. 세멘트協會 : 세멘트化學雜論, pp. 61-66, 1985.
2. 橋高義典 : 콘크리트構造物의美觀維持, 콘크리트工學, Vol. 34, No. 2, 1996. 2, pp.

4-11

3. 近藤高規 : カラー-콘크리트의着色技術의現狀と課題, 콘크리트工學, Vol. 32, No. 8, 1994. 8, pp. 24-32.
4. 名和豊春, 江口仁 : 高性能減水劑의吸着舉動に及ぼす硫酸鹽の影響, 세멘트·콘크리트論文集, No. 43, 1989, pp. 90-95.
5. J. G. Cabrera and C. Plowman : The mechanism and rate of attack of sodium sulphate solution on cement and cement/pfa pastes, Advances in Cement Research, Vol. 1, No. 3, July 1988, pp. 171-179.
6. 無氣マテリアル學會 : 세멘트·세ッコ우, 石灰ハンドブック, 技報堂, 1996.

