



콘크리트 백화발생 원인 및 대책

2011. 10. 12

 동양시멘트(주) 고객지원팀



검토 의견

백화는 콘크리트 내부의 가용성 물질이 블리딩수에 섞여서 모세관을 통하여 외부로 흘러나와 수분이 증발된 후 표면에 결정화되는 현상으로서, 레미콘 사용시에 현장여건에 따라 발생하는 일반적인 현상입니다.

백화 유발 물질은 시멘트가 수화하는 한 필연적으로 발생하는 것으로 일반적인 조건에서는 모세관에 들어 있는 수분의 모세관장력이 표면 건조에 의해 내부로 확산되므로 발생하지 않는 것이 정상입니다. 그러나, 저온 다습한 기후 조건하에서 콘크리트의 양생조건에 따라 표면까지 수분이 흘러나와 백화 물질이 표면으로 운반, 석출되어 발생합니다.

백화의 주성분은 시멘트의 수화반응에서 발생하는 수산화칼슘으로서, 이것이 대기중의 탄산가스와 반응, 난용성의 탄산칼슘으로 석출되는 것이 일반적입니다.

또한, 백화현상의 성분은 발생까지의 재령, 대상물, 환경조건, 사용한 첨가제 등에 따라서 다르지만, 주체가 되는 것으로는 CaCO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, Na_2SO_4 , K_2SO_4 , CaSO_4 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 등이 있다.

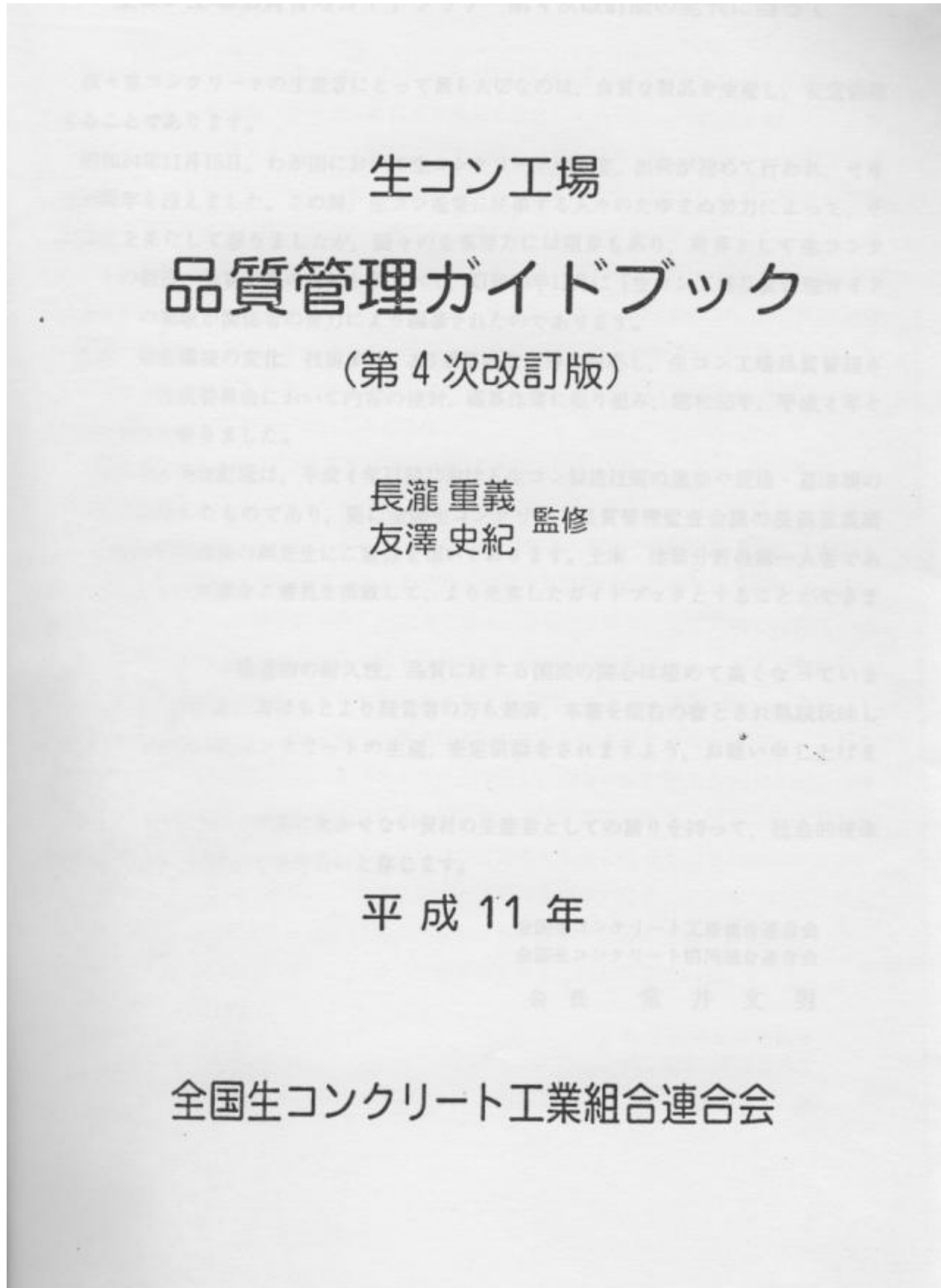
주로 백화의 발생은 콘크리트의 양생이 불충분한 동절기 및 춘추기에 발생하는데 온도가 낮아 초기 수화가 억제되면 블리딩수나 내부의 잉여수분이 외부로 이동하는 통로가 되는 모세관이 발달하기 용이하게 되어 백화현상이 나타나게 됩니다.

이와 같은 백화현상은 콘크리트 표면부의 미관에만 영향을 미치며, 콘크리트의 강도 등에는 영향이 없는 것으로 보고되고 있습니다.

- 별첨 1. 외국문헌 자료
2. 백화현상 기술자료



별첨 1. 외국문헌 자료



(分類22)

クレームに関するアンケート調査結果の集約

分類 番号	事 例	緊急措置	原 因	対 策
22-1	コンクリート硬化後、表面が白く模様が表れた。その原因と生コンの品質に影響はないのか。	外部に白色物質（エフロレッセンス）の成分調査を依頼した。その結果報告として、炭酸カルシウム（ CaCO_3 ）のみが確認された。エフロレッセンスの原因は、炭酸カルシウムあるいは、硫酸ナトリウムを主成分とする場合が最も多い。この現場の発生原因は外部の水がコンクリート内部に侵入し、乾燥に際して可溶性成分を導出して白華となった。地下水が多くポンプアップしながらの打設だったがポンプが故障し完全でなかった。その水が浸透し発生した。砕石の代わりに墨出し用の捨てコンクリートということもあり、特に問題なく、協議の上、了解を得た。	地下水の浸透によるエフロレッセンス。	器具の点検と、締め固め時期の指導を行った。エフロレッセンスの発生原因に ①気温が低い ②湿度が高い ③適当な風速がある。他に、施工不良の目地やひび割れが発生している。打設時の気温や湿度に注意し、現場での、指導を行う事とする。
22-1	1F 躯体コンクリートにおいて材齢14日目位で型枠を脱型したところ、北側の側面に白い粉のようなものが出て変色しており問題ないかとのこと。	技術部長が現地に出向き、1F 躯体コンクリートを確認したところ、北側外壁面の広範囲にわたり白い粉が出て変色しており、エフロエッセンス（以下エフロ）と思われる。他の場所には見られなかった。今回のエフロは、型枠脱型後にコンクリート表面に一面に粉がふいたように出てきたとの事であり、炭酸アルカリ（炭酸カリウム、炭酸ナトリウム）が主成分であることが多いので、水で容易に洗い流すことができる事を説明し納得していただく。	エフロの発生した外壁面は北側であり、日陰面で隣の建物との間が60cm位しかなく、風通しも悪く、また、打設後雨天の日が多く多湿であり、エフロの発生上件が重なったためと考えられる。	施工ができる範囲内で、できるだけ固めのコンクリートを打設できるようにする。流動化剤等の使用を考える等。



구 분	내 용
사례	콘크리트 경화 후 표면에 하얀 막을 형성하는 레인턴스가 발생. 이 원인과 레미콘의 품질에는 영향이 없는가?
응급지침	공인시험기관에 백색물질(레인턴스)의 성분조사를 의뢰한다. 분석 보고 결과, 탄화칼슘(CaCO_3)만 확인되었다. 레인턴스의 원인에는 탄화칼슘 혹은 황산 나트륨을 주성분으로 하는 경우가 아주 많다. 이 현상의 발생원인은 외부의 물이 콘크리트 내부에 유입되어, 건조될 때 가용성성분을 도출하여 백화현상이 나타난다. 타설부위 고인물이 많아 양수기로 퍼내면서 콘크리트를 타설하였으나 펌프에 문제가 생겨 물을 완전히 배출하지 못하였을 경우 이 물이 투입되어 발생한다. 바닥에 쇠석을 대신 버림콘크리트 타설시에 발생하기도 한다. <u>콘크리트 강도에는 특별히 문제가 없으니</u> , 협의 후 발생원인, 방지책 등에 대하여 보고서를 제출하고 종료한다.
대책	레미콘 타설시 타설기구 및 타설부의를 점검하고 마무리 시기에 점검 및 작업지시를 한다. 레인턴스의 발생원인은 ①기온이 낮을 때 ②습도가 높을 때 ③적당한 풍속이 있을 때이다. 기타 시공불량의 이음부에 균열이 발생한다. 타설시의 기온과 습도의 영향에 주의하여 현장에서 관리감독을 철저히 한다.



별첨 2. 백화현상 기술자료

1. 백화현상

백화란 시멘트 콘크리트 구조물 내에 존재하는 가용성 성분(수산화칼슘, 알칼리 황산염 등)들이 물에 용해되어 구조물의 표면으로 운반된 후, 물이 증발되어 가용성(알칼리 황산염), 혹은 난용성염(탄산칼슘)의 형태로 석출되는 현상으로 흔히 백색을 띠므로 이 현상을 백화라 한다.

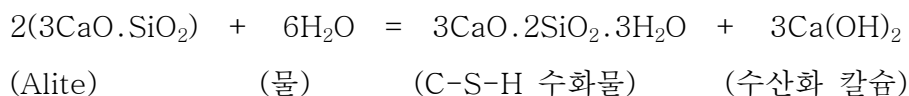
백화 현상이 일어나는 원인에 대해서는 오래 전부터 많은 연구자들에 의해 어느 정도 밝혀졌지만, 백화를 방지하는 방법에 있어서는 재료와 시공 측면에서 개별적으로 적절한 방법을 현상에 따라 고려하여야 하므로 완벽한 백화 방지법이나 백화 방지제는 없다. 이것은 백화의 원인이 시멘트의 수화반응과 자연환경의 미묘한 변화 외에도 대기중의 부유 오염 물질이나 구조물 자체의 용출 등에 의해서도 영향을 받는 복합적인 현상이기 때문이다.

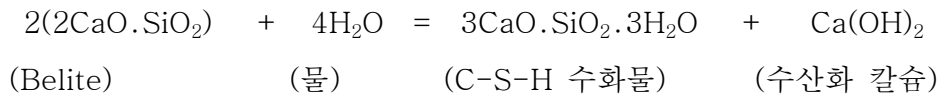
여기서는 최근의 연구 성과를 바탕으로 콘크리트의 백화 현상의 원인과 방지 방법을 제시하여 백화 방지에 다소간의 참고가 되고자 한다.

2. 시멘트의 수화

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

시멘트에 물을 가하면 시멘트중의 Alite 와 Belite 와 같은 규산칼슘계 화합물이 물과 반응하여 규산칼슘수화물을 형성하면서 응결, 경화과정을 거쳐 시간이 흐르면서 강도를 발현하게 된다. 이 수화반응을 화학식으로 정리하면 다음과 같다.





이에 의하면 규산칼슘 수화물의 생성과정에서 수산화칼슘이 생성하여 물에 용해된다. 이 수산화칼슘은 계속해서 시멘트중의 다른 성분들과 반응하여 수화물을 생성하면서 경화되는 중요한 역할을 한다. 그러나, 초기단계에서는 시멘트 경화체중에 존재하는 기공수에 녹아 있어서 수산화칼슘의 포화용액을 생성하게 된다. 콘크리트가 강알칼리성(pH 12.5~13)을 갖는 것은 수산화칼슘 포화용액 때문이다.

수산화칼슘의 용해도는 온도가 낮을수록 높는데, 이 특성이 백화 발생에 중요한 요인이 된다. 이 수용액에는 시멘트 중에 존재하는 미량의 알칼리(Na, K) 화합물이 포함되어 있다.

몰탈이나 콘크리트의 수화반응의 초기단계에서는 반죽질기를 위해 필요이상으로 첨가된 물 때문에 다량의 자유수가 존재하게 된다. 이 물은 결국 몰탈이나 콘크리트의 표면부로 이동, 증발하여 감소하게 된다.

이때 물이 증발하고 남은 자리를 생성되는 시멘트 수화물이 채우면서 미세한 공극을 남기게 되는데 이 공극을 겔공극과 모세관공극이라 한다. 이 공극은 시공 상황에 따라 다르지만, 일반적으로 W/C 가 높을수록 많아진다. 이외에도 몰탈이나 콘크리트에는 공기연행제에 의해 혼입된 연행공기와 혼합중에 들어간 갇힌 공기와 같은 공기포가 있는데 콘크리트의 내구성에 중요한 역할을 한다. 여기서 “미세공극의 존재”와 “용액중 수산화칼슘과 알칼리 화합물”이 백화 발생에 큰 영향을 미친다.

3. 백화의 성분과 분류

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 침착하는 백색의 물질로 정의할 수 있다.



백화의 성분은 용액중의 수산화칼슘이나, 알칼리 화합물, 혹은 이들이 탄산화된 탄산화합물 등으로 이루어져 있다.

2) 백화의 종류

백화에는 발생 방법에 따라 1 차 백화와 2 차 백화로 나눌수 있다.

① 1 차 백화

콘크리트 타설 직후 초기 재령에서 나타나는 현상으로 혼합수에 용해된 시멘트중의 가용성분이 블리딩수를 따라 미장면으로 운반되어 타설 표면에 석출되는 경우를 1 차 백화라 한다. 일반적으로 타설 표면에 비교적 균일하게 발생하여 일반 시멘트의 경우는 큰 문제가 없으나 착색 콘크리트의 경우는 착색 효과를 감소시키는 수가 많다.

② 2 차 백화

재령이 오래된 콘크리트 구조물에서 나타나는 현상으로 건조된 경화체내로 빗물, 지하수 등이 침입하여 콘크리트주의 가용성분, 혹은 가용성분과 침입수중의 성분이 반응한 생성물을 표면으로 운반, 석출시키는 현상을 2 차 백화라 한다. 이 경우 구조물의 미관에 악영향을 끼치는 동시에 이러한 현상은 구조물의 내구성이 취약해졌다는 것을 의미하므로 큰 문제가 된다.

③ 백화의 성분

백화의 성분은 발생시기, 발생후의 경과 일수, 발생장소, 환경 조건, 첨가물, 시멘트, 골재, 불과 같은 사용재료 등에 따라 다르지만, 기본적으로는 혼합수에 용해된 수산화칼슘과 알칼리 화합물, 그리고 이들이 탄산화된 화합물로 이루어져 있다. 표 1 은 일본에서 여러 가지 상황에서 발생된 백화의 성분 분석 결과를 나타낸 자료이다.

이 결과를 보면 백화를 발생시키는 성분은 황산나트륨(알칼리 황산염), 탄산칼슘 등 임을 알 수 있다. 특기할 점은 탄산칼슘이 주성분일 경우에는 알칼리 황산염이 거의 나타나지 않아 생성조건에 따라 조성이 크게 다르다는 것을 알 수 있다.

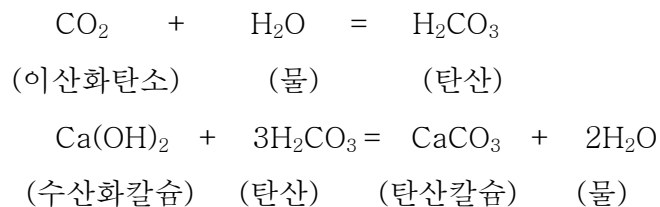


표 1. 백화 물질의 성분(wt %)

강열감량	불용해 잔분	SiO ₂ + R ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	CO ₂	Na ₂ SO ₄	CaCO ₃
-	6.2	2.4	6.0	-	47.6	0.4	30.7	2.1	70.3	4.8
4.8	7.2	4.6	3.2	-	45.3	0.4	35.9	-	80.3	-
45.38	-	0.18	54.28	0.12	-	-	-	-	-	99.8
44.46	-	0.44	51.14	-	-	-	-	-	-	95.5
4.9	8.8	4.1	2.4	-	43.4	0.4	34.1	-	77.0	-

일반적으로 알칼리 화합물은 물에 대하여 용해도가 높으므로 초기 채령에서는 문제가 되지만 그 양이 칼슘화합물에 비하여 소량이므로 외벽에서는 표면으로 흘러나오더라도 물에 씻겨나가는 경우가 많다. 따라서 백화성분의 대부분을 차지하고 있는 것은 수산화칼슘과 이것이 반응하여 생기는 탄산칼슘, 황산칼슘이다. 탄산칼슘의 경우에는 난용성 물질이므로 표면에 고착하기 때문에 제거가 힘들다.

수산화칼슘과 이산화탄소의 반응은 수분이 존재하는 경우 다음과 같이 진행된다.



따라서 탄산칼슘이 생성되면서 다시 물이 발생하고 이 물이 다시 이산화탄소를 흡수하여 반응을 반복하면서 백화의 발생이 촉진된다. 칼슘이나 알칼리 황산염의 경우는 시멘트중의 석고 성분보다는 산성비 등에 함유된 아황산에 의한 것이 원인으로 생각되고 있다.

4. 백화 발생의 요인

1) 백화 발생의 요인

백화는 시멘트 경화체중의 유리석회(free lime)나 시멘트의 수화반응에 의해 발생하는 수산화칼슘, 알카리의 수용액이 내부로부터 공극을 통해 흘러나와 표면에 석출되는 것이므로 그 이동이 용이할 때 발생한다.

경화체 내부의 수용액의 이동을 양지와 음지로 나누어서 살펴보면 그림과 같다. 양지에서는 경화체 표면이 내부보다 온도가 높으므로 표면의 수분이 빠르게 건조되면서 모세관 공극의 수분이 내부에서 석출되어 백화는 발생하지 않는다. 반면, 그늘에서는 표면의 온도가 낮으므로 수분의 증발이 억제되어 내부의 원인 성분을 함유한 수용액이 공극을 따라 외부로 흘러나오게 되며 건조된 후 표면에 석출하므로 백화가 발생하기 쉽다.

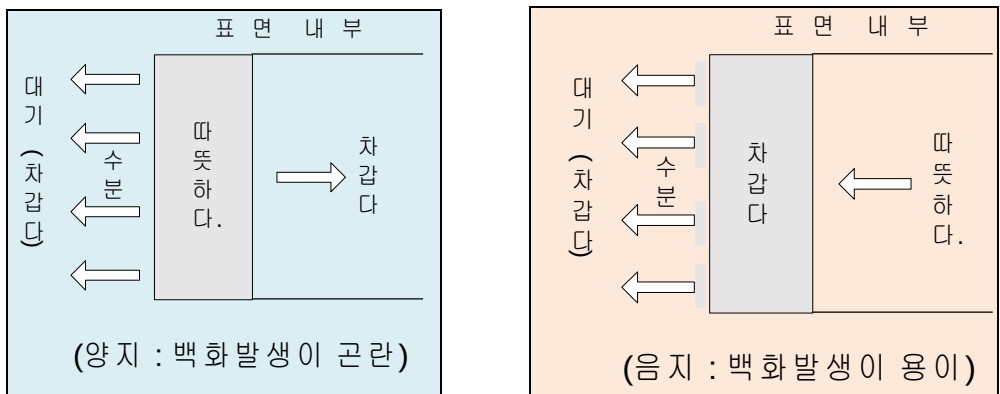


그림.1 백화 발생의 모식도

2) 백화 발생의 조건

온도가 낮고 그늘이며 습도가 높은 경우, 경화체의 공극에 존재하는 물이 잘 건조가 되지 않으므로 백화 원인 물질이 쉽게 용해될 수 있는 환경이 된다. 특히 수산화칼슘의 용해도는 온도가 낮을수록 높다는 것이 문제가 된다. 또한 초기 재령일수록 미반응된 물이 많고 공극 구조가 영성하므로 수산화칼슘이 용해나 수용액의 이동이 쉽다. 이러한 상황에서 일정 시간이 흐른 후 바람에 의해 표면의 수용액이 건조되면서 백화로 석출이 된다.



동일한 배합, 작업방법, W/C 에서도 백화가 발생하는 경우와 그렇지 않는 경우가 있는데, 이것은 재령, 시공면의 방위 및 기상조건(온도, 습도, 풍속, 풍향 등)이 크게 영향을 끼치기 때문이다.

3) 백화의 촉진 요인

저온일 경우 건조속도는 고온시보다 낮으므로 전혀 건조가 일어나지 않는 조건이라면 백화는 발생하지 않는다. 반대로 건조속도가 극단적으로 빠를 경우에도 백화는 발생하지 않는다. 이것은 건조가 일어나면서 모세관 내부에 들어있는 물의 높이가 하강하기 때문이다. 즉 수용액이 내부로 이동하기 때문이다. 따라서 기온이 낮고 비교적 습도가 높으며 건조에 적당한 풍속이 있는 조건이 백화의 발생을 촉진시킨다.

4) 겨울철 백화의 발생

겨울철에 특히 백화가 많이 발생하는데 이것은 앞에 나온 기상조건의 영향 외에도 다음과 같은 것에 기인한다.

- ① 시멘트의 수화반응은 온도가 낮을수록 지연되므로 수화물의 생성이 미약하여 모세관 공극의 충전이 불충분하므로 물의 이동이 쉽다.
- ② 미반응 시멘트가 장기간 남아있어서 수산화칼슘의 공급이 많아 발생이 쉽다.
- ③ 온도가 낮으므로 수산화 칼슘의 용해도도 높다.

반면, 여름철에는 이러한 조건과는 반대로 시멘트의 수화반응이 촉진되므로 백화가 일어나는 경우가 드물다.

5) 초기 재령에서의 백화 발생

초기 재령에서는 시멘트의 경화체 표면이 축축하고 건조한 상태가 반복되므로 백화가 일어나기 쉽다. 또한 초기 재령에서 경화체의 조직은 치밀하지 못하므로 수용액의 자유로운 이동이 가능하고 내부로부터의 원인 성분의 공급도 많게 된다.



6) 재료 면에서의 요인

재료 면에서 백화에 영향을 주는 요인은 다음과 같다.

- ① 시멘트의 종류와는 관계가 없다.
- ② 시멘트의 알칼리 양에 비례하지 않는다.
- ③ 시판 시멘트의 분말도 범위 내에서는 분말도와의 무관하다.
- ④ 시멘트중의 유리석회는 큰 영향이 없다.
- ⑤ W/C 가 높을수록 백화가 일어나기 쉽다. 따라서 시공 가능한 범위 내에서 W/C 를 가능한 한 낮추는 것이 요구된다.
- ⑥ 골재 입도를 조정하여 치밀한 경화체를 얻는 것이 바람직하다. 불순물이나 가용성 염류를 함유하지 않으며 흡수율이 낮은 골재를 사용하는 것이 필요하다.

5. 백화의 제거와 방지

1) 백화의 제거

백화 성분 중 수용성 알칼리염은 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 닦아낸다. 단, 염산 용액이 경화체의 모세관 내부로 침투하지 않도록 주의해야 한다.

최근에는 세정제로서 염산에 인산에스테르계 계면활성제를 첨가하여 사용하기도 한다.

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 가능하다.

◎ 시공에서 방지하는 방법

- W/C 를 작업 가능한 범위 내에서 최소화한다. (단위수량을 최소화한다.)
- 조강 시멘트를 사용한다. (조기강도 발현)



- 골재의 입도를 조정하여(이상입도곡선에 근사하도록) 작업성을 높인다.
- 콘크리트 표면을 충분히 다진다.
- 제품의 경우 치장의 조건을 변경시킨다.
(초기재령의 제품은 남쪽면, 무풍지대에 야적).
- 저온일 경우 보온 방법을 고려한다. (시트 양생 등).
- 초기 재령의 제품의 경우 빗물 등이 스며들지 않도록 한다. (시트, 옥내 양생).

그러나 이러한 방법은 절대적인 것이 아니고 백화의 발생을 어느 정도 저감시키는 방법이다.

◎ 백화 방지제의 사용

백화는 경화체 내부에서 물의 이동에 의해 발생하는 것이므로 이것을 제어하는 것에 의해 백화를 최소화할 수 있을 것이라는 관점에서 백화방지제의 첨가를 고려할 수 있다.

◎ 경화체를 치밀하게 한다.

각종 포졸란계 미분말을 사용하여 공극을 충전시키거나, 혹은 W/C 를 낮추어서 단위수량을 감소시켜 수밀성이 우수한 경화체를 얻을 수 있도록 AE 제, 감수제, 고성능감수제 등을 적절하게 사용하는 방법이 있다. 이외에도 요소나 멜라민 수지, 아크릴 수지 등을 혼입하여 모세관 공극을 충전시켜 방수층을 형성시키는 방법이 있다.

◎ 경화를 촉진시킨다.

조강제를 사용하여 경화를 촉진시키는 방법이나, 염화칼슘 등은 철근의 부식을 일으킬 수 있으므로 주의를 요한다.

◎ 방수제나 발수제를 사용한다.

방수제는 경화체 내부에 불투수층을 형성시켜 물의 이동을 방해시키는 것으로 수산화칼슘을 고형화시킬 수 있는 물유리, 폴리카본산계, 규산알루미나 등이 있으며,



발수제는 물을 반발하는 발수성 물질이나 발수성염을 형성시키는 방법으로 스테아린산 염류, 올레인산염류, 파라핀, 유지 등이 있다.

그러나, 모세관 공극을 완전히 충전하는 것은 불가능하며, 초기수화단계에서 용출되는 수산화칼슘의 양은 매우 많으므로 전량을 고형화시키려면 많은 양의 혼화제가 필요하다. 또한 혼화제의 첨가량이 많으면 경화제의 강도 발현에 악영향을 미칠 수 있으므로 약제를 사용하여 완전한 방수나 발수효과를 얻는 것도 실용적으로는 매우 어렵다.

◎ 외부 수분의 침투 방지

이것은 외부에서 침투하는 수분에 의한 백화, 즉 2 차 백화를 방지하는 방법으로 경화체 표면에 불투수성의 피막을 형성시키는 것이다. 주로 경화체 표면을 도포하거나 혹은 표면에 분무하는 방식으로 표면 조직을 치밀화하는 방법들이 쓰이고 있는데, 규불화물이나 이산화탄소가 사용되고 있다. 특히 이산화탄소의 이용은 백화발생의 원리를 역으로 이용한 것으로 먼 전체에 백화를 균일하게 발생시켜 난용성인 탄산칼슘으로 하여금 물의 표면 이동을 방지하는 방법이다.

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

첫째, 마모가 발생하는 부분에는 사용할 수 없으며, 둘째, 내부에서 수증기가 발생하여 백화물질을 외부로 배출하는 경우에는 피막이 벗겨질 우려가 있고, 셋째, 유지 보수비용이 많이 들 수 있다는 것이다.

최근 들어 시판되고 있는 침투성발수제(방수제)의 경우, 경화체 표면에 도포나 분무의 방법으로 표면에 박막을 형성하는 것인데 물을 반발하는 발수성 재료인 실리콘, 수지, 유지계가 주성분이다. 실리콘계는 미세한 공극에 까지는 침투가 어렵고, 아크릴 수지계는 피막이 약하다는 단점이 있다.

6. 앞으로의 기술적 과제



1) 치밀한 콘크리트의 시공

백화의 발생요인은 근본적으로 콘크리트의 경화, 강도발현 과정인 시멘트의 수화반응에 의한 것이므로 콘크리트의 본질을 바꾸지 않고서는 백화를 방지할 수는 없다. 그러나, 치밀한 콘크리트를 제조하여 공극을 가능한 한 줄이는 것이 최선이다. 이것을 위해서는 다음과 같은 고려가 필요하다.

- ① 고성능감수제를 사용하여 단위수량을 낮춘다.
- ② 골재의 입도를 최밀충전입도에 근사하게 한다
(미립혼합재를 사용하는 것도 한 방법).
- ③ 다짐이나 마감 등의 시공을 정밀하게 한다.

2) 초기양생

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

3) 표면도포제의 개발

수산화칼슘의 반응을 억제하는 혼화제 형태의 백화방지제는 사용상의 한계가 있으므로 경화체표면을 도포하거나 분무하여 외부로부터의 들어오는 물의 차단, 백화물질의 표면으로의 이동 방지등을 목적으로 한 도포제가 필요하다.

최근에는 알킬알콕시실란계가 유망하다고 알려져 있으며 이러한 유기용제를 에멀전화하여 초기재령에서 도포하여 내구성이 우수한 표면도포제가 개발되고 있다고 한다.

4) 기 타

최근에는 수산화칼슘에 의한 1 차 백화의 문제보다는 황산염 등에 의한 2 차 백화가 문제가 되고 있다. 이것은 아황산 가스의 배출 등에 의한 산성비의 영향이



크다고 생각된다. 아황산 가스의 배출 기준에 대한 엄격한 준수, 국제적인 협약이 필요한 시기가 되었다.

7. 결 론

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 시공방법과 사용 조건을 충분히 고려한 후, 적절한 혼화제 등을 사용할 필요가 있다.