

시멘트 製品의 白華와 그 防止法

金 昌 峰 (譯)

〈韓國科學技術情報센터〉

1. 머리 말

포틀랜드 시멘트의 缺點의 하나로서 白華(efflorescence)現象에 관해서는 오래 전부터 많은 學者에 의해 研究되었으나 그 成因과 舉動에 대해서는 아직까지 확실히 밝혀지지 않고 있다. 다만 白華防止法에 관해서는 그때그때의 경우에 따라 대책이 강구되고 있는데 일반적인 白華防止法 또는 白華防止劑의 발명은 포틀랜드 시멘트의 本質로 보아 무리한 일인 것 같다. 白華現象은 美觀上의 問題일뿐 아니라 경우에 따라서는 사소한 일로 判斷되는 바 시멘트 製品을 완전히 다른 材料로 바꾸지 않는 限 完全防止는 매우 어려운 일이라고 생각된다.

일반적인 방법으로서가 아니고 시멘트가 사용되는 경우의 여러 가지 工法에 대하여 가능한 限 白華發生을 抑制하는 방법은 충분히 고려할 만한 가치가 있으므로 白華의 概念과 防止劑 및 施工法에서의 白華防止對策을 살펴보기로 한다.

2. 白華의 定義

시멘트 硬化體에 발생하는 白華는 일반적으로 다음과 같이 定義한다.

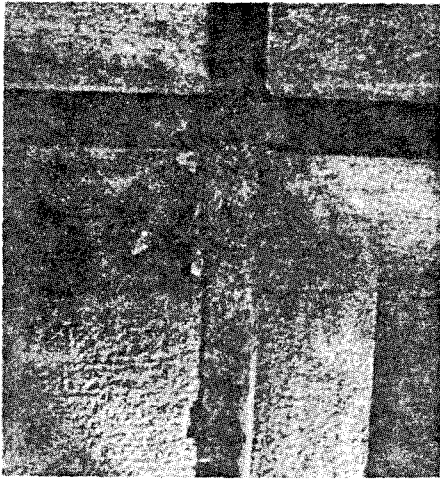
「시멘트中の 可溶成分을 溶解시킨 溶液은 시멘트 硬化體의 表面乾燥에 따라 水分이 蒸發되면서 溶解成分이 硬化體의 表面에 析出되는데 이때 析出된 白色物質을 白華(efflorescence)라고 한다.」

白華發生에는 混練水에 溶解된 白華成分이 시멘트 硬化體 表面의 乾燥에 따라 析出되는 경우

와, 外部의 물, 예를 들어 빗물, 地下水, 養生水 등이 일단 乾燥된 硬化體의 内部로 浸濕하였다가 再乾燥時 表面에 콘크리트中の 可溶成分을 이끌어 析出시키는 경우 또는 可溶成分을 포함하는 물이 硬化體表面에 따라 흐르다가 硬化體表面에서 蒸發乾燥되면서 白華成分을 表面에 남기는 경우가 있다. 前者를 1次白華, 後者를 2次白華라고 부른다(〈그림-1〉). 보통 2次白華를 白華라고 하는데 1次白華도 문제가 되는 경우가 많다. 1次白華는 施工後 수일 내에 表面化하기 때문에 工法을 바꿈으로써 막을 수 있는 경우가 많다.

1次白華는 바닥과 벽의 흙손 處理面, 콘크리트 打設面 등의 bleeding 水에 의한 白華現象, 콘크리트 製品의 거푸집 接觸面에서의 水膜에 생기는 白色化 또는 發水性 部材를 댈 때 생기는 白色化등을 들 수 있는데 거의 均一하게 생기는 경우는 일반적으로 시멘트 色과 거의 같아 그다지 문제가 되지 않는다. 그러나 着色 콘크리트의 경우는 着色效果가 나쁘고 얼룩이 생기며 防水 塗料의 補修時에는 곤란한 문제를 일으킨다.

2次白華는 시멘트 製品自體의 緻密度 差, 水量의 差, 시멘트 製品이 받는 外的氣象條件의 差 또는 使用條件의 差 등에 의해 시멘트 製品自體가 同一條件에 있지 않기에 部分的으로 생기는데 특히 白華가 많이 생기는 部分은 물의 移動이 쉬운 構造, 組織이 되므로 계속해서 白華가 생겨 美觀을 크게 해친다. 예를 들어 窓 아래 물이 흐르는 곳에 생기는 白華, 타일 및 블록의 縫에 생기는 白華, 콘크리트 이음부에 생기는 白華, 거푸집과 콘크리트 사이에 浸濕하는 빗물에 의



1次白華



2次白華

〈그림-1〉 줄눈 부분에서의 白華發生 모양

한 白華, 室内的 壁에까지 생기는 無防水 블록의 白華, 시멘트 製品을 쌓아 養生하는 경우 結露水에 의해 생기는 얼룩 등을 들 수 있다.

3. 白華現象

시멘트 製品의 白華現象에 대해서는 오래 전부터 많은 研究者에 의해 연구되었으나 확실한 定說은 없다. 이제 이들 연구로부터 일반적으로 받아들일 수 있는 부분을 간추리면 다음과 같다.

3.1 白華의 成分

白華의 成分은 生成되는 場所와 季節, 콘크리트의 材令과 緻密度 및 添加劑 등에 따라 다르므로 반드시 同一成分으로 나타낼 수 없지만 시멘트나 骨材中의 可溶性 알칼리(칼륨鹽, 나트륨鹽)나 시멘트가 물과 反應하여 생성시킨 石灰分의 炭酸鹽이나 黃酸鹽이 主成分이다. 물론 그 量도 上記條件에 따라 다르다. 예를 들면 炭酸칼슘(CaCO_3), 消石灰($\text{Ca}(\text{OH})_2$), 黃酸소다(Na_2SO_4), 炭酸소다(Na_2CO_3), 黃酸칼륨(K_2SO_4)이 主成分인 경우도 있고 炭酸소다, 炭酸칼슘, 黃酸소다가 主成分인 경우도 있다.

시멘트 硬化體中에는 可溶成分으로서 黃酸소다, 黃酸칼륨, 消石灰, 黃酸칼슘 등이 있는데 이것이 表面에 析出되는 경우 空氣中의 CO_2 를 吸收하여 일부는 炭酸鹽으로 된다.

특히 消石灰는 시멘트 主成分의 水和反應에 의해 필연적으로 生成되는데 이 消石灰가 시멘트 硬化體中에서 많이 生成되면 될수록 그만큼 反應이 進行되어 強度가 增進된다. 또 알칼리鹽은 물에 대한 溶解度가 높기 때문에 初期에 많은 白華가 생기는 原因이 되는데 外壁의 경우 빗물 등에 의해 또다시 溶解流出되기 쉬우므로 長期間 表面에 存在하면 곤란하다. 消石灰는 시멘트 硬化體中에 무한히 많이 存在하고 일단 表面에 析出되어 炭酸化하면 比較的 難溶性의 物質이 되기 때문에 매우 나쁘다. 그러나 期間이 지남에 따라 비교적 表面部分의 消石灰는 콘크리트 硬化體中에서 炭酸칼슘으로 變化하고 또 硬化도 進行되어 組織이 緻密化하기 때문에 그리고 알칼리 등 溶解度가 큰 成分은 溶出되어 少量이 되기 때문에 서서히 白華의 발생이 감소된다. 早期에 白華가 발생하는 조건이 갖추어진 경우에는 白華가 특히 심하다.

그밖에 微量成分으로 실리카(SiO_2), 알루미늄(Al_2O_3), 硬化鐵(Fe_2O_3)나 混和劑로부터 鹽化物, 窒酸鹽 등을 비롯하여 여러 가지 成分이 白華로서 析出된다.

3.2 白華發生條件

白華가 생기는 것은 시멘트 硬化體의 表面에서 水分이 蒸發하기 때문이다. 따라서 表面乾燥가

일어나는 條件에서 水分의 蒸發이 많게 되면 白華發生을 促進하는 要因이 된다. 配合比率와 作業方法 및 시멘트/水比를 같게 취해도 시멘트 硬化體의 表面에 白華가 생기는 경우와 생기지 않는 경우가 있는데 콘크리트 製造側의 條件보다도 콘크리트의 材令, 東西南北面 등의 施工面의 方向까지도 포함하는 氣象條件이 白華發生에 보다 강한 영향을 미친다고 생각된다.

氣溫이 낮고 비교적 濕度가 높고 적당한 風速, 이러한 條件이 가장 白華發生을 促進한다. 低溫時의 乾燥速度는 高溫時에 비해 매우 느리다. 전혀 乾燥를 일으키지 않는 條件의 경우에는 당연히 白華가 發生되지 않는다. 한편 乾燥速度가 매우 빠른 경우에는 白華의 發生이 적다. 이것은 表面이 빠르게 乾燥되어 水分의 内部擴散이 이에 뒤따르지 못해 表面에서 약간의 内部까지 蒸發을 일으킨다. 이러한 内部蒸發에 의해 可溶成分의 대부분은 表面까지 導出되지 않고 内部에서 析出되어 버리기 때문에 表面에는 白華의 發生이 적어지는 것이라고 생각된다. 일반적으로 겨울철 특히 겨울비가 올 때 白華가 많이 발생하는데 이것은 위의 條件이 만족되었기 때문이다.

그밖에 겨울철 低溫時에 白華가 많이 발생하는 원인은 다음과 같이 생각할 수도 있다. 즉 시멘트의 水和反應은 高溫時에 비해 低溫時에 매우 지연되기 때문에 水和反應物質의 生成이 늦어지고 毛細管의 充填이 不充分하여 水分의 이동이 용이하게 되며 未反應 시멘트 부분이 長期間 殘留하여 消石灰의 供給이 계속 많아지며 또 消石灰의 溶解度는 低溫에서 크기 때문이다.

日光面에서의 白華의 發生은 적고 日陰面에서의 白華는 많이 생기는데 이것도 乾燥速度 즉 内

部乾燥와 表面乾燥, 硬化速度 등으로 설명할 수 있다(〈그림-2〉).

材令이 짧은 時期에 表面이 물에 젖었다가 乾燥되는 것은 불리하다. 白華發生에 필요한 成分은 初期에는 거의 無限大라고 생각할 수 있을 만큼 시멘트 硬化體中에 存在하여 있고 組織도 緻密하지 않기 때문에 쉽게 表面에 白華成分을 供給한다.

이상으로부터 白華가 발생되기 쉬운 좋은 條件을 要約하면 다음과 같다.

- ① 低溫
- ② 그늘(日陰)
- ③ 多濕
- ④ 적당한 風速의 바람
- ⑤ 시멘트 製品의 짧은 材令

4. 白華發生에 미치는 諸因子의 영향

白華發生에 대해 시멘트 자체가 지니고 있는 諸因子, 骨材, 混和劑, 配合比 등의 영향에 대하여 檢討하기로 한다.

4.1 시멘트의 種類에 따른 영향

시멘트는 포틀랜드 시멘트系와 混合 시멘트系로 크게 나눌 수 있는데 含有하는 水溶性鹽類의 量이 다르기 때문에 白華發生에 얼마간의 차이가 있다고 생각된다. 混合 시멘트가 成分의으로는 白華發生이 적겠지만 어떤 시멘트를 사용해도 시멘트의 水和反應에 의해 硬化體中은 消石灰의 飽和溶液으로 채워지기 때문에 白華의 發生供給源으로서는 충분하며 다른 白華發生 要素가 보다 강하기 때문에 시멘트의 종류에 따른 영향은 거의 무시할 수 있다.

알루미나 시멘트는 水和의 過程에서 消石灰를 유리시키지 않으므로 白華의 發生이 적다.

4.2 시멘트中の 알칼리, 遊離石灰의 영향

알칼리의 量이 많으면 白華가 발생되기 쉬우며 그 發生量도 많다는 說과 白華는 발생되기 쉽지만 그 發生量은 반드시 알칼리 含有量에 비례하지 않는다는 說이 있다. 潛在的인 要因으로 볼 수 있는 알칼리의 含有量이 적은 시멘트를 사용하면 당연히 白華가 적게 발생한다. 알칼리에 의한 白華는 물에 매우 잘 溶解되기 때문에 外壁의 경우 빗물 등에 의해 씻겨 내려가 美觀을 그다지



〈그림-2〉 日光面과 日陰面에서 생기는 白華의 發生 모양

해치지 않는다.

遊離石灰은 白華發生의 한 原因이 된다는 說이 있지만 遊離石灰로부터 溶出되는 消石灰에 비하여 시멘트의 水和에 의해 생기는 消石灰의 量이 훨씬 많으므로 白華發生量은 거의 遊離石灰量에는 무관계하다고 말할 수 있다(表-1)).

〈表-1〉 石灰溶出量

시멘트 중의 遊離石灰量(%)	石灰溶出量 (mgCaO/ℓ·7d)	備考
1.2	1,652	
3.2	1,726	
3.6	1,722	
4.4	1,597	

4.3 시멘트 粉末度의 영향

시멘트의 粉末度가 微細한 것은 粗惡한 것에 비하여 白華가 적게 일어나는데 이것은 시멘트의 水和가 빨라 시멘트 硬化體에서의 시멘트 膠의 量이 增加하여 白華成分을 溶解시키는 물이 内部로부터 表面으로 擴散되는 것을 막아주기 때문이라고 생각된다. 그러나 보통 시멘트의 粉末度는 같은 종류의 시멘트라면 큰 차이가 없으므로 큰 문제가 되는 因子라고는 생각되지 않는다(表-2)).

〈表-2〉 石灰溶出量

시멘트의 Blaine 值 (cm ² /g)	石灰溶出量 (mgCaO/ℓ·7d)	備考
2,500	1,674	
2,760	1,590	
3,390	1,537	
4,010	1,403	
4,400	1,270	
5,020	1,199	

4.4 骨材의 종류에 따른 영향

可溶性鹽類 등의 不純物을 포함하지 않은 骨材, 吸水率이 작은 骨材등을 가려서 사용할 필요가 있다. 또 粒度는 細密充填에 가까운 것일수록 有利한데 이것은 일반적인 콘크리트 製造上의 問題와 同一視할 수 있다.

4.5 시멘트/骨材比의 영향

일반적으로 시멘트 含量이 많은 물탈이나 콘크리트는 組織의 緻密度가 높아 含有水의 移動

또는 外部水의 侵入이 抑制되어 이 때문에 白華의 발생이 적다고 생각되는데 시멘트量이 增大하면 緻密度의 向上과 동시에 白華成分 含有量도 많게 되기 때문에 이것이 白華의 供給源이 되어 명백한 防止效果를 인정할 수 없다는 說도 있다. 그러나 어느것도 白華가 발생하는 條件에 놓이게 되면 白華의 발생을 피할 수 없게 된다. 硬化初期에는 시멘트 含量이 적은 것이 白華를 잘 발생시키지만 長期間 放置된 경우는 시멘트 含量이 큰 것이 오랫동안 계속 白華를 발생시킨다고 생각할 수 있다. 시멘트 含量이 적은 硬化體가 表面部分에서 炭素化를 빨리 진행시키는데 이것도 하나의 原因이 된다고 생각할 수 있다.

4.6 水/시멘트比의 영향

水/시멘트比를 될수록 低下시키면 시멘트 硬化體의 組織이 緻密하게 되어 含有水의 硬化體中에서의 移動이 抑制되므로 白華의 발생을 減少시킬 수 있다. 水/시멘트比가 높으면 시멘트의 水和에 기여하는 물과 나머지의 물이 시멘트 硬化體中에 存在하여 나머지의 물이 蒸發할 때 생기는 毛細管을 통해 白華發生을 위한 물이 스며들어 白華가 쉽게 발생한다. 또 水/시멘트比가 크면 bleeding이 생겨 1次白華의 原因이 된다. (表-3))

〈表-3〉 石灰溶出量

No.	水/시멘트比 (%)	시멘트/모래比	石灰溶出量 (mgCaO/ℓ·7d)
1	26.8	1:0	855
2	34.0	1:0.85	1,069
3	40.0	1:1.5	1,149
4	50.0	1:2.3	1,512
5	60.0	1:3	1,629
6	80.0	1:4	1,644
7	100.0	1:5	1,670

4.7 混和材料의 영향

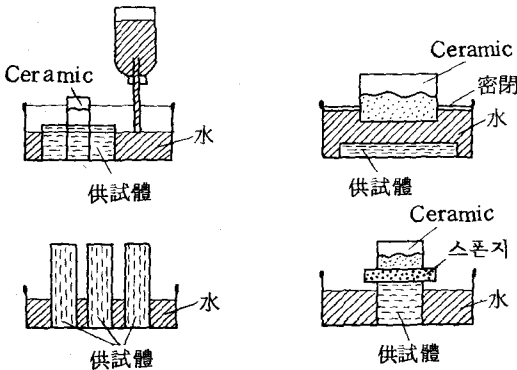
시멘트用 混和材料는 시멘트 製品의 여러 性質을 施工에 적합하도록 改善하고 시멘트 硬化體의 物性を 향상시키기 위해 사용하는데 여러 가지 混和材料가 市販되고 있다. 이러한 混和劑中에는 白華發生을 촉진하는 것과 抑制하는 것이 있으므로 그 사용에는 이러한 점도 고려하여 選擇할 필요가 있다.

5. 白華試驗方法

지금까지 白華의 發生機構가 완전히 究明되지 않았기 때문에 白華現象에 대해 現象論적으로 檢討할 경우가 많다. 즉 白華의 成分, 發生量, 結晶狀態를 檢討하고 白華가 발생하기 쉬운 材料인 가 어려운 材料인가를 判定해야 하는데 이를 위해서는 白華를 강제로 발생시키는 試驗分法이 필요하다. 그 대표적인 試驗法은 다음과 같다.

5.1 Wick test

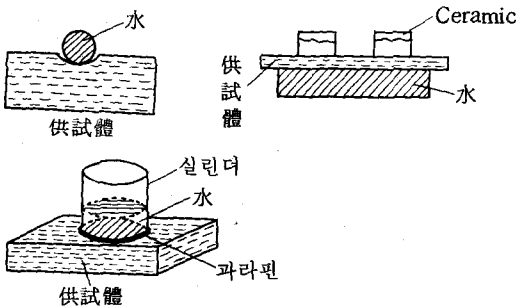
시멘트 製品을 직접 물과 接觸시켜 강제로 白華成分을 溶解시키고 시멘트 硬化體 表面 또는 可溶性物質을 포함하는 多孔質의 fired ceramic 위에 白華를 발생시킨 다음 析出된 白華를 回收하여 그 成分, 發生量 등을 檢討하는 방법이다 (<그림-3>).



<그림-3> Wick test

5.2 Pan test

시멘트 硬化體에 직접 물을 接觸시킨 다음 水分의 蒸發과 함께 表面에 白華를 발생시키는 試驗法이다 (<그림-4>). 실린더를 사용하는 試驗法은 물을 넣어 1~2日間 放置한 다음 물을 蒸



<그림-4> Pan test

發시켜 表面狀態를 관찰한다.

5.3 Brickbox test

供試體 内部에 물을 넣고 이 물이 供試體 表面에 滲透되도록 하여 白華를 발생시키는 試驗法이다 (<그림-5>).

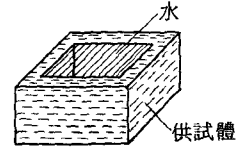
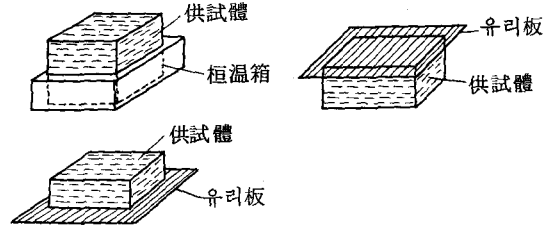


그림-5 > Brickbox test

5.4 自己保有水에 의한 白華發生 試驗法

外部로부터의 물의 영향을 받는 것이 아니라 供試體 자체에 포함되어 있는 水分만에 의해 養生溫度, 材令, 濕度 등의 영향으로 白華를 발생시키는 試驗法으로 白華試驗法으로서 가장 기본적인 方法이다 (<그림-6>).

이 試驗方法에서 특히 주의해야 할 것은 供試體의 材令, 脫型時期 및 脫型으로부터 試驗을 행할 때까지의 放置期間에 대한 고려이다. 즉 養生期間中에 供試體 表面에 空氣가 接觸되면 空氣中の CO₂와 反應하여 炭酸化를 일으키기 때문이다. 또 유리板을 供試體에 얹어 놓는 試驗法의 경우 一定期間 供試體 表面에 유리板을 댄 그대로 있게 되면 유리板과 供試體 사이에서 水分이 충분히 濃縮되므로 유리板을 떼어내지 않은채로 白華를 발생시킬 수 있다.



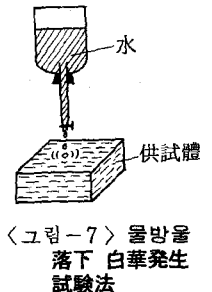
<그림-6> 自己保有水에 의한 白華發生試驗法

5.5 물방울 落下 白華發生試驗法

供試體 表面에 물방울을 一定速度로 落下시켜 그 表面에 白華를 발생시키는 試驗法이다 (<그림-7>).

5.6 現場試驗法

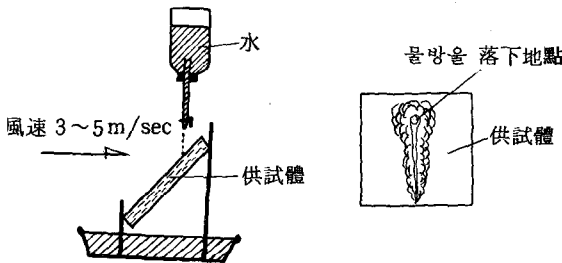
위에서 여러가지 試驗法을 소개하였는데 그 目的은 어디까지나 白華를 多量으로 발생시키기 위한 것으로 실제로 現場



<그림-7> 물방울 落下 白華發生 試驗法

에서 발생하는 白華의 狀況과는 상당히 다르다. 즉 시멘트 製品의 종류나 사용 목적에 따라 적절한 試驗法을 선택하지 않으면 안된다. 따라서 빗물의 侵入, 乾燥에 따르는 白華發生現象의 試驗法으로서 現場試驗法을 소개한다.

白華가 발생하기 쉬운 條件은 바람이 강하고 濕度가 높을 때이므로 <그림-8>과 같은 試驗法이 적당하다고 생각된다. 前方으로부터 一定速度의 바람을 보내고(風速이 너무 크면 表面乾燥가 빨라서 表面下까지도 乾燥된다. 또한 炭酸化가 짧은 時間內에 끝나기 때문에 白華는 거의 발생되지 않는다. 강한 風速에 의해 供試體 表面으로부터 물이 한곳에 멈추어 있을 경우 그곳에서 그 内部까지 滲透되기 때문에 2次白華를 발생할 위험성이 있다. 일반적으로 白華가 발생하기 쉬운 風速은 3~5m/sec 이다) 供試體 위로부터는 一定速度로 長期間 물을 落下시키면 降雨時의 상태와 거의 같은 條件이 되며 流出된 물은 아래의 물받이에서 蒸發에 의해 供試體 주변의 濕度를 높인다.



<그림-8> 새로운 白華發生 <그림-9> 白華發生狀況 試驗法

供試體 위에는 물이 흐른 길이 생기는데 이 길 주변에서는 물이 吸收되고 바람에 의해 滲透된 다음 주변으로 擴散되고 다시 이 물이 蒸發되므로 白華가 발생한다(<그림-9>). 특히 물방울 落下地點 주변의 白華가 뚜렷하다. 물이 흐른 길은 물방울 落下時에는 白華가 발생하지 않지만 落下終了後에는 오히려 주변보다 多量의 白華가 발생한다.

6. 白華防止劑

防水劑나 그밖의 混和劑中에는 白華防止效果를 내는 것이 市販되고 있지만 白華防止劑라고 부르

는 混和劑는 아직 눈에 띄지 않고 있다. 氣象條件 養生條件 등을 극복하여 1次白華, 2次白華를 모두 防止할 수 있는 混和劑, 즉 萬能 白華防止劑는 아직까지 나오지 않고 있다.

시멘트 硬化體內에는 白華發生에 필요한 알칼리나 消石灰가 거의 무한히 存在하고 있으며 또한 물의 出入이 없더라도 表面의 第1層에 있는 시멘트 粒子의 水和物에서도 눈에 될 정도의 白華를 발생시킬 수 있다. 그러나 白華의 발생을 보다 적게 하고 눈에 띄지 않도록 하는 白華防止劑에 대해서는 많은 연구가 이루어져 있다. 白華防止劑를 그 效果別로 分類하면 白華成分과 反應하는 物質, 防水層을 形成하는 物質, 減水劑, 表面處理劑로 나눌 수 있다. 龜裂防止劑등도 白華防止에 도움이 된다. 이러한 것을 적당히 組合하여 사용하면 보다 효과적이다. 그러나 混和劑의 添加에 있어서는 強度低下, 乾燥收縮의 增大 腐蝕性 등의 缺陷을 가지고 있는 것이 적지 않으므로 충분히 주의하지 않으면 안된다.

6.1 白華成分과 反應하는 物質

白華의 主成分인 炭酸칼슘은 시멘트의 水和에 따라 생기는 消石灰를 供給源으로 하기 때문에 이 消石灰와 反應하는 物質을 添加하여 不溶性化하면 白華의 供給源을 감소시킬 수 있다. 또한 이 방법을 사용하면 消石灰와의 反應生成物이 毛細管을 채워 水分의 擴散抵抗을 향상시키기 때문에 白華의 발생을 抑制할 수 있다.

6.2 防水層을 형성하는 物質

白華의 발생에는 自己保有水에 의한 1次白華와 2次的으로 外部로부터 滲透하는 물에 의해 발생하는 2次白華가 있는데 시멘트 製品의 美觀을 해치고 대량으로 발생하는 白華는 外部水에 의한 경우가 많다. 따라서 外部水의 滲透를 막기 위해 防水層을 시멘트 硬化體中에 형성시켜 白華의 발생을 防止할 수 있다. 이 방법은 다음과 같이 분류할 수 있다.

① 시멘트 製品의 毛細管을 充填할 目的으로 混入하는 것.

② 澱水性物質의 混入, 塗布, 噴霧

③ 시멘트의 凝結, 硬化促進劑의 混入

充填을 目的으로 하는 物質中에는 시멘트 粒子보다 微細한 不活性物質을 添加하여 毛細管을 充

填하는 방법과 天然樹脂, 合成樹脂, 油脂 등을 混入하는 방법이 있는데 그밖에도 에멀존으로서 混入하는 방법, 모노머를 混入하여 시멘트중에서 重合을 일으켜 그 重合물이 毛細管을 充填하도록 하는 방법 등이 있다. 撥水性物質을 混入하면 시멘트 製品 内部水の 擴散抵抗이 향상되어 水分의 滲透를 극단적으로 막을 수 있다.

시멘트의 水和促進劑는 初期의 水和를 促進하기 때문에 組織의 緻密化를 빠르게 進行시켜 水分의 滲透를 막아주지만 일반적으로 鐵筋등을 腐蝕시키고 乾燥收縮이 增大되어 龜裂을 일으키기 때문에 충분히 주의할 필요가 있다. 또 그 자체가 白華成分이 될 때도 있다.

그러나 시멘트에 混入하여 사용하는 防水劑는 시멘트 製品 表面의 白華를 방지하기는 오히려 곤란하고 混練水中의 剩餘水가 蒸發하기 때문에 毛細管의 모두를 充填하기는 거의 불가능하다.

6.3 減水劑

시멘트 製品 成型時 물탈 또는 콘크리트의 混練水 水量을 減少시킬 목적으로 減水劑를 混入시키는데 그 主成分은 界面活性劑를 主體로 하고 있으며 分散效果, 濕潤效果, AE效果 등을 갖고 있다. 일반적으로 微細粉末을 液體中에 넣으면 固體粒子가 서로 接着하여 凝集體를 形成하므로 고르게 分散되지 않는다. 이것은 固體間의 凝集力이 固體粒子를 적시는 힘보다 커지기 때문이다. 이에 分散劑를 添加하면 固體間의 凝集力을 억제하기 때문에 시멘트 水和作用의 效率이 높아지고 單位水量도 減少된다. 또 濕潤劑는 液體-固體의 界面에 吸着되어 그 界面에너지를 底下시켜 分散을 돕기 때문에 시멘트粒子가 적셔지기 쉬워 單位水量이 減少한다. AE劑를 添加하면 물탈, 콘크리트中에 미소한 獨立된 氣泡를 連行함으로써 固體粒子間의 摩耗抵抗이 감소되기 때문에 作業性이 향상되고 單位水量이 감소된다.

이상과 같은 效果에 의해 體積全體가 緻密化하고 水分의 移動路가 감소하기 때문에 水分의 蒸發이 抑制되고 侵入이 방지된다. 減水劑의 添加에 의해 單位水量은 10~15% 低減시킬 수 있다.

6.4 表面處理劑

(1) 表面硬化劑

시멘트 製品의 表面에 塗布 또는 噴霧하여 表

面의 組織을 緻密化시켜 内部水の 表面에서의 蒸發 또는 外部水の 内部로의 侵入을 막음으로써 白華의 發生을 抑制하는 방법이다.

(2) 薄膜形成法

시멘트 製品으로서의 水分의 滲透를 완전히 막으려면 表面을 용도에 따라 透明 또는 着色の 樹脂, 油脂系 溶液을 塗布 또는 噴霧하여 薄膜을 形成시켜 시멘트 製品을 外部水로부터 保護하는 방법이 가장 좋다. 그러나 이 방법은 다음과 같은 缺點이 있다.

① 시멘트의 基本性質이 상실된다.

② 磨耗되는 부분에는 사용할 수 없다.

③ 薄膜에 pinhole 이 있으면 效果가 減殺된다.

④ 裏面으로부터의 侵入水에는 견디기 어렵다. 시멘트 製品 表面과 薄膜과의 사이에 白華를 발생시켜 薄膜을 파괴시킨다.

⑤ 塗膜의 耐久性, 耐侯性이 불충분하고 매우 값이 비싸다.

⑥ 油系の 薄膜은 때가 묻기 쉽다.

(3) 表面에 均一하게 白華를 발생시키는 方法

白華防止法과는 다르지만 강제로 表面에 均一한 白華를 발생시켜 不溶性 칼슘鹽의 緻密한 層을 형성시킴으로써 水分의 이동을 억제하고 얼룩이 없는 白華層을 발생시키는 방법이다.

이상 白華發生을 억제하는 混和劑, 表面處理劑에 대하여 原理적으로 고찰하였는데 이에 적당한 물질을 분류하여 정리하면 <表-4>와 같다.

7. 白華防止法

오래전부터 白華와 強度와의 관계에 대해서는 많은 論義가 있었으나 거의 無關係하다고 알려져 있다. 그러나 建造物의 缺陷部分에서는 白華가 쉽게 발생되므로 대체적인 意味에서의 關係는 물론 있다. 예를 들어 콘크리트가 龜裂되면 그 주변에 넓게 白華가 발생하고 이음자리의 處理가 완벽하지 않으면 漏水가 생겨 白華가 심하게 발생됨을 볼 수 있다. 오히려 白華는 缺陷部分의 發見에 큰 도움을 준다.

白華防止對策에는 부분적으로 콘크리트, 물탈 部材의 製造, 施工時의 白華防止對策과 建造物 全體로서의 設計, 施工의 缺陷에 의한 白華의 防止對策이 있다. 그러나 실제에 있어서는 아무리

白華防止劑 主成分一覽表

< 表-4 >

白華成分과 反應하는 物質	水和促進劑
포졸란 Flyash 高爐鑛滓 硅藻土 硅酸소다(물유리) 可溶性硅酸 아미노폴리카복실산 (킬레이트)	鹽化칼슘 鹽化알루미늄 鹽化第二鐵 鹽화바륨 鹽化第一주석 鹽化마그네슘 질산소다 황산소다 減水劑 리그닌숄폰酸鹽(A) 로진酸鹽(A) 알킬벤젠숄폰酸鹽 알킬설페이트 알킬알릴에테르(숄포비이트)(A) 폴리알킬숄폰酸鹽(N) 글루콘산소다 카제인
高爐鑛滓 活性白土 Flyash 酸化티탄 포솔란 粘土物質 硅藻土 지르코늄鹽 無定形실리카 카제인 메틸셀룰로오스 폴리이소부틸렌	表面硬化劑 弗化硅素가스 炭酸가스 硅弗化마그네슘 硅弗化亞鉛 硅弗화나트륨 鹽化비닐리덴 鹽化비닐 醋化비닐 펄라닌樹脂 에폭시에틸렌
充填을 주로 하는 物質 炭酸마그네슘 炭酸바륨 炭酸리튬 硅酸알루미늄 炭酸나트륨 히드록시에틸셀룰로오스 醋酸셀룰로오스 炭素樹脂 瀝青物質 아스팔트系物質 폴리에틸렌옥사이드 폴리프로필렌	表面塗膜形成物...塗布, 噴霧 鹽化비닐 鹽化비닐리덴 펄라닌樹脂 쿠마린樹脂 表面均一白華發生物質 弗化硅素가스 炭酸알루미늄 硅弗化마그네슘 炭酸가스 옥살酸알루미늄 아크릴樹脂 醋酸비닐 樹脂系에틸트物質 油에틸트物質 水性에틸트物質 에나멜에틸트物質 기타發水性樹脂 硅素樹脂 炭酸亞鉛 硅弗化소다(물유리)
沸水性物質...混入, 塗布, 噴霧 스테아린산칼슘 스테아린산나트륨 스테아린산마그네슘 올레인산칼슘 올레인산알루미늄 固形과라핀에틸렌 鹽化과라핀 流動과라핀	水溶性이크릴酸金屬鹽 아크릴에틸렌 아크릴系共重合物 쿠마린樹脂 부타디엔共重合物 변성알기드樹脂 스티렌 鹽化비닐 鹽化비닐리덴 醋酸비닐 펄라닌樹脂 폴리비닐알콜 모일유 重合油알루미늄 텔레핀油 大豆油 輕油 松脂

各部材에 대해 白華防止對策을 충분히 하였어도 建造物의 다른 部分으로부터 侵入된 白華에 대해서는 속수무책이며 龜裂의 발생에 대한 근본적인 대책을 세우지 않으면 부분적인 대책은 거의 무의미하다. 요컨대 세심한 設計와 충분한 施工管理가 白華防止對策의 前題가 된다.

建造物의 設計, 施工面에서 白華를 방지하기 위한 대책을 예를 들어 설명하면 다음과 같다.

① 壁에 물이 구부적으로 水路를 만들어 흘러 떨어지도록 設計를 해서는 안된다.

② 이 경우 壁全體를 白華防止處置하여도 난간의 上部, 窓臺, 차양 등의 上部가 防水處理되어 있지 않으면 이 부분의 시멘트 硬化體로부터 白華가 발생한다.

③ 물론 龜裂防止對策이 缺如되어 있으면 白華防止가 거의 불가능하다.

④ 콘크리트 이음 자리의 처리가 잘못되어 있으면 白華가 엉키어 나타난다.

⑤ 無防水블록의 白華防止對策은 거의 불가능하다.

⑥ 창틀의 부착이 不良하면 白華가 발생한다.

⑦ 各種 블록, 타일類의 줄눈 施工에 있어서 白華防止對策을 세우지 않으면 거의 모두 白華가 발생한다.

8. 白華의 除去方法

일반적으로 일단 시멘트 硬化體 表面에 발생

된 白華는 除去하기가 힘들다. 특히 1次白華에 의한 시멘트 硬化體 表面의 色, 얼룩, 흠손 얼룩의 除去는 거의 불가능하다. 2次白華에 있어서는 硬化體 表面에 針狀性結晶으로 크게 成長된 白華는 針金브러시, 페이퍼 등으로 表面을 문질러 除去하는 방법이 있지만 부분적으로 문질르면 다른 面과 色이 다르기 때문에 주의해야 한다. 白華가 硬化體 表面에 固着되어 있는 경우에는 白華成分이 溶解되는 酸 예를 들어 1/10N의 옥살산이나 鹽酸 등을 형겔에 묻혀 表面을 가볍게 문지르고 물로 씻는다. 물로 씻을 때 물이 다시 硬化體에 吸收되어 白華를 발생시킬 위험성이 있으므로 酸流 또는 水洗時期는 하루중 비교적 溫度가 높을 때 즉 시멘트 硬化體가 따뜻하게 될 때를 택하여 짧은 시간내에 水分이 蒸發되도록 해야 한다. 또 酸洗하기 전에는 硬化體에 충분히 물을 뿌려 적시도록 할 필요가 있다.

9. 맺음말

이상 시멘트 製品의 白華에 관한 몇가지 知識과 白華防止法에 대하여 설명하였는데 현재까지 萬能白華防止劑는 나오지 않고 있으며 建造物 外裝의 設計施工의 不備로 인한 白華는 매우 많으므로 白華防止를 마음에 둘 경우 建造物의 設計施工에 충분히 留意해야 한다.

