

コンクリート表面の白華現象

efflorescence

1. 用語の説明

モルタルやコンクリートあるいはこれらの二次製品の表面、タイルやブロックの目地に生ずる白い綿状の吹出物あるいは斑点を白華という。エフロレッセンス、鼻たれあるいは略してエフロともいう。白華は、セメント中に含まれる硫酸塩、炭酸塩が水に溶けて表面に現れ、水が蒸発して析出した塩で、炭酸カルシウムとして析出されることが多い。不均質な施工による材料分離や透水しやすいコンクリートで発生しやすい。また、冬季に打設したコンクリートに発生しやすい。

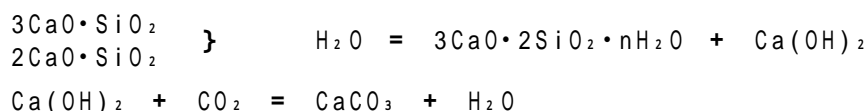
2. メカニズム

白華部分を化学的に分析すると、ほとんどの場合が、水に不溶な炭酸カルシウム (CaCO_3) である。まれに、その他の塩の堆積物が検出されることもあるが、それらは水溶性の物質がほとんどであり、雨などによって流されてしまうため、大きな問題とならない場合が多い。

コンクリートが硬化する過程で、水とセメントが反応して、含水ケイ酸カルシウムが形成され、同時に多量の水酸化カルシウム ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) ができる。コンクリートが乾燥すると、コンクリート中の余剰水に溶解したこの水酸化カルシウムが、余剰水と共にコンクリート表面に移行し、余剰水が蒸発して表面に水酸化カルシウムが残存する。この水酸化カルシウムは、すみやかに炭酸ガス (CO_2) を吸収し、水に不溶な炭酸カルシウムへと変わる。比較的初期材齢で発生する白華現象は、このメカニズムによるものが多く、これを第一次白華と呼んでいる。

一方、セメントの硬化は、時間の経過に伴って次第にその速度は遅くなるが、長期に渡って進行する。その結果、新たな水酸化カルシウムが長期に渡ってコンクリートの内部から放出されることとなる。コンクリート内に雨や結露による新たな水が浸透すると、この水酸化カルシウムを溶解し、上記のメカニズムにより表面に白華現象を生ずることがある。比較的長期材齢で発生するこの白華現象を、第二次白華という。

第一次白華は、コンクリート中の水酸化カルシウムが余剰水に溶解して表面に移動するため、コンクリート表面の全面に渡って生ずることが多い。しかし、第二次白華は、コンクリート中の水酸化カルシウムが浸透水に溶解して表面に移動するため、コンクリートの密度の違いによって水が浸透しやすい部位にだけ、局部的に発生する場合が多い。



3. 対策

第一次白華の抑制対策

コンクリート中の水酸化カルシウムが水に溶けて表面に移行し、大気中の炭酸ガスを吸収して白華は生ずるので、水を表面に移行させないこと、および炭酸ガスと接触させないことが対策としては有効である。しかし、コンクリート中の水の移動を阻止することや、コンクリート表面に欠陥のない緻密な膜を形成させることは、現実の対策としてかなり難しく、完全に白華を防止することは難しい。従って、これらの防止対策に準じた方法で、白華現象を少なく抑える為の抑制対策を講じることとなる。

コンクリート中の余剰水の表面への移行を少なくする対策としては、単位水量をできるだけ小さく抑えること、およびコンクリート表面の急激な乾燥を避けること等が上げられる。ワーカビリティが損なわれない範囲で、単位水量が少なくなるよう使用材料および配合を決定し、ブリージングの少ないコンクリートとするのがよい。また、湿度や風の影響により、初期材齢においてコンクリート表面が急激に乾燥しないよう、十分に湿潤養生を行うのがよい。この場合、湿潤養生を終えた直後においても、表面の急激な乾燥を避ける必要がある。このようにコンクリート表面の急激な乾燥を避けることにより、空気中の炭酸ガスがコンクリート内部に浸透し、内部で不溶性の炭酸塩を形成させることによっても、表面に生ずる白華現象を抑制することができる。なお、白華現象が冬季に多く生ずるのは、温度が低いためコンクリートの凝結が遅くなり、さらに湿度が低いためコンクリート表面が乾燥しやすくなるためである。

コンクリート表面に欠陥のない緻密な膜を形成させるには、材料分離がなく、密実なコンクリートとなるよう、入念に締固めおよび仕上げを行うなどの施工上の配慮が重要となる。また、コンクリート表面の密度を高くしたり、表面に不透水膜を形成させる混和材料や塗装材料があるので、試験あるいは実績を参考にして材料を選定して用いるのがよい。

コンクリート製品などでは、コンクリート成形後にビニルシートやプラスチックフィルムでコンクリートを覆うだけで、急激な乾燥が避けられ、白華現象を抑制できる場合もある。また、冬季には、養生室にできるだけ長く保存し、屋外養生に移すまでに時期を遅らせることが効果的である。

第二次白華の抑制対策

第二次白華は、比較的長期の材齢において、雨や結露がコンクリートに浸透して生ずる現象であり、この白華を防止することは難しいが、基本的には第一次白華の生じにくいコンクリートを用いることにより、ほぼ抑制することができる。

特に、表面に均質で欠陥のない緻密なコンクリートを形成させることが抑制対策として最も有効である。ジャンカ（含砂ジャンカ）部や養生時に水が溜まった凹部では、コンクリートの密度が低下しやすく、表面からの浸透水が多くなるので、こうした欠陥部ができないよう施工する必要がある。

白華の除去

白華は、コンクリート表面に炭酸カルシウムあるいはその他の塩が堆積したものであり、比較的容易に取り除くことができる。

白華は、アルカリ生成物であることより、酸で洗うことにより除去できるが、強い酸で洗うとコンクリート自体が損傷を受けるので注意が必要である。一般的には、1対10より薄くなるよう希釈した塩酸が使われるが、酢などを水に溶かした弱酸性の水溶液を用いてもよい。白華を酸で洗う場合には、事前に水で洗い、コンクリート表面の小穴を水で満たしておくことにより、酸が直接コンクリート中に浸透するのを防ぎ、水溶性塩の形で新たに発生する白華を防止するのがよい。その後、酸性の水溶液を用いて軽くブラッシングし、15～30秒待ってから、多量の水で再び洗い落とす。

酸を用いないサンドブラスト処理などによって、白華した表面層を除去し、新しい表面を形成させる方法もある。

なお、白華は除去しなくても時間とともに、水溶性の炭酸水素カルシウムとなり、雨で流されて消える。しかし、自然に白華が消えるまでの期間は、気象・環境条件によって異なるが、2年以上かかることが多い。



