

インターロッキングブロックにおけるエフロレッセンス(白華)について

1. はじめに

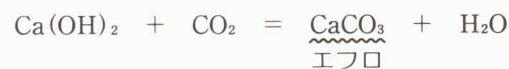
セメント2次製品であるILBは表面のカラーリングの豊富さに人気の一端を担っていると言えますが、その発色方法は色素の上塗りではなくセメントモルタル中に無機顔料を混練しているためエフロレッセンス（以下エフロと称す。）、の影響が顕著に表われる場合があります。このエフロも時としてコンクリート表面を真白くおおい隠す様に析出しクレームになることもあります。

そこで本レポートではエフロの基本的な知識と施工上の留意点についてまとめてみました。

2. エフロの形成

エフロとは一般に「セメント中の可溶成分を溶解した溶液が、硬化体表面の乾燥により水分が蒸発し、表面に可溶成分を析出する現象」と定義づけられます。またエフロを化学的に分析すると、ほとんどが水に不溶な炭酸カルシウム（ CaCO_2 ）だとわかります。まれにその他の塩の堆積物である場合がありますが、それらは普通は水に溶けるので雨に流されてしまいます。表面に炭酸カルシウムが存在する事について次の様に説明できます。

コンクリートが硬化する時、つまり水とセメントが反応する時にケイ酸カルシウムが生成されるだけでなく、同時に多量の水酸化カルシウムも生成され、混練時の過剰水に溶解しています。そしてコンクリートの乾燥行程中（養生中）に水酸化カルシウム水溶液はブロック表面に移動し蒸発しますが、水だけが蒸発するため溶けている水酸化カルシウムは表面に残存します。その後すばやく炭酸化作用が起り、水酸化カルシウムは空気中の二酸化炭素（ CO_2 ）と反応し、水に不溶解性の炭酸カルシウムに変化します。その時の化学式を次に示します。



また、この他のエフロの組成としては表-1 に示すものがあります。

この一連のエフロ形成プロセスは、セメントが水和反応して硬化したための副産物であり、無機顔料に関しては何ら影響を与えていないことがわかります。ですからエフロの為に顔料が退色したり品質劣化することはありませんし、ブロックの物性も変化ありません。

表-1 エフロレッセンスの主な組成

炭酸カリウム	(炭酸カリ)	K_2CO_3
炭酸ナトリウム	(炭酸ソーダ)	Na_2CO_3
硫酸カリウム	(硫酸カリ)	K_2SO_4
硫酸ナトリウム	(硫酸ソーダ)	Na_2SO_4
硫酸カルシウム	(硫酸石灰)	CaSO_4

表-2 サクシジョンによる土の分類

	土の種類	サクシジョン
1	粘土質の土	非常に大
2	シルト質の土	大
3	シルト質の多い砂質土	中
4	砂やれき	小

3. エフロの種類

エフロには次の2種類があります。

(1) 1次エフロ

上記説明の様にセメント硬化時に形成されるエフロを言います。

(2) 2次エフロ

これは、雨や結露によって新たにコンクリート内への水の浸透が、セメント硬化により放出された水酸化カルシウムを溶解し再度表面に運び出し形成されるエフロを言います。2次エフロは局部的に発生します。言い換えれば全面に均一に発生しないという点で一次エフロと異なります。

4. エフロの防止

現在のところ水酸化カルシウムが表面に移行する事を阻止するコンクリート添加物はありません。つまり1次及び2次エフロを避ける唯一の方法は上記の様な生成物の原因を追求し、それによって行動する事です。それはILBに関しては製造方法と配合設計、そしてもう一つは設計・施工方法の2種類が挙げられますが前者については別の機会で説明するとして、ここではエフロ対策におけるILBの設計・施工方法について説明します。

5. エフロ対策におけるILB設計施工上の留意点

施工におけるエフロの留意点として「排水」がポイントであると言えます。次にエフロ防止に役立つ留意点を述べます。

(1) 路床土

- ① 地下水位をチェックします。車道の場合路床内への進入は阻止することになっていますが、車道以外ではその規定があまり遵守されていない場合があります。
- ② 路床土の土質をチェックします。これはサクシオンにより地下水が路盤に供給されることがあるからです。サクシオンとは不飽和の土が毛管現象によって水を吸い上げている力を言います。土質別のサクシオンの大きさを表-2に示します。

(2) 路盤

ブロックの目地より浸透した雨水をサンドクッション中に留まることなく処理しなければならないことより砕石路盤が望ましいと言います。またアスファルトやコンクリート等の不透水路盤になる場合で浸透した雨水が排水処理されにくいと思われる場合は、水抜き等の排水処理を設けるのが望ましいです。またどの路盤材でもサンドクッションで排水勾配をとらず路盤で勾配を設けます。

(3) サンドクッション

- ① クッション砂はL-レポートNo.9106に準じた砂を使用します。(FM=2.6±0.2最大粒径5㎜、0.075㎜通過分5%以内)シルト分が多いと浸透水により液状化を起こし、サンドクッション中の含水比が高くなり滞留してしまうからです。
- ② 空練モルタルの使用は避けます。これは目地部に雨水が滞留して排水されないからです。やむを得ず使用する場合は、セメントのドライアウトを防止するため堅練リモルタル(バサモルタル)にします。

(4) 表面勾配

必要以上に雨水を浸透させない為に表面排水勾配を設けます。インターロッキングブロック協会の仕様では横断勾配の標準を2%としています。

(5) 気象条件

夏より気温の低い冬の方が、また日向より乾燥速度の遅い日陰の方がエフロが発生しやすいと言われています。これを図-1に示します。

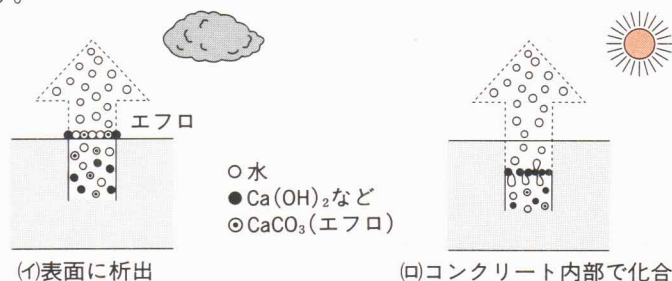


図-1 気象条件によるエフロの生成

- ① (イ)の場合、乾燥速度が遅いとコンクリート内の水酸化カルシウムを含んだ水が表面まで徐々に運ばれエフロを生成させる。

- ② (ロ)の場合、乾燥速度が速いとコンクリート内部の毛細管を通して水酸化カルシウムが表面に運ばれる速度よりも、コンクリート表面の乾燥速度が大となり、コンクリート内部で蒸発してしまうため、コンクリート表面にはエフロは生成されない。

6. エフロの除去

エフロの除去については決定的なものはありませんが、ある時間が過ぎれば必ず消え去ります。この過程を次の化学式で示すことができます。



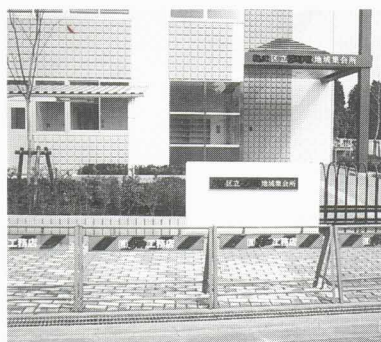
エフロ（炭酸カルシウム）は、二酸化炭素と水の継続的影響で次第に水溶性炭酸水素カルシウムに形成されて行きます。これは雨で洗い流されます。

また2次エフロの継続的形成によってコンクリート表面に折出したエフロがキャッピング効果を示しコンクリート中の毛細管を水溶性塩で除々に目詰まりを起こさせ、エフロの発生も減少していきます。

別の方法として濃度5%以下の希塩酸での洗浄があります。これは洗浄する前にブロック表面に散水して酸がブロック中に浸透するのを防止してから酸を散布し、同時にブラッシングをします。そして効果を発揮するのを待って再度きれいな水で洗い流します。

7. おわりに

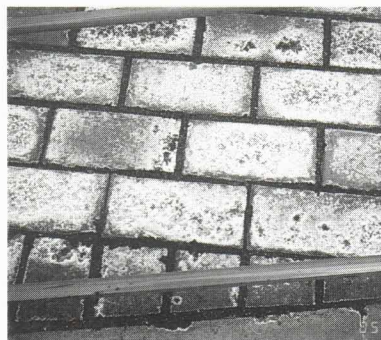
エフロはILBだけに発生するものではなく、平板やレンガあるいはタイル目地等からも発生することがあり、セメント2次製品業界でも注目されているアイテムの一つでもあります。現在では種々混和剤が販売されていますが、どれも決定的とは言いがたいのが現状です。アイエルビー社としても、引き続き種々のエフロ防止剤の評価、検討を進めていき、解決に近づくよう努力していく所存です。同時に設計・施工時においても本レポートを参考にしていただけたら幸いです。



PH-1 (a) 全景



PH-2 (a) 同左



PH-1 (b) 拡大



PH-2 (b) 同左

写真-1 施工後エフロ発生(2次エフロ) 写真-2 数ヶ月後消失(同場所)



写真-3 2次エフロ(日陰、アスファルト路盤、排水処理なし)



写真-4 コンクリートに発生したエフロ

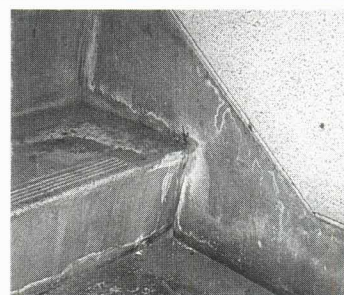


写真-5 レンガに発生したエフロ