

微生物によるコンクリートの表面汚染機構

広島大学工学部	正会員	河合 研至
呉工業高等専門学校	正会員	市坪 誠
広島大学大学院	学生会員	小竹森 浩
広島大学大学院	学生会員	○高源 英子

1. はじめに

コンクリート表面汚染に及ぼす微生物の影響を明らかにするため、特に本研究では、真菌類(カビ)が関与する表面汚染のメカニズムについて考察することを目的とした。従来、コンクリート表面における真菌類の繁殖は、それに先立ち藻類の繁殖が前提となると考えられている。そこで、従来の通説に関する確認実験を行うとともに、藻類以上に普遍的に存在する細菌の関与に着目して実験を行った。また、コンクリートの表面状態の違いにおける真菌類の繁殖状況を色度により評価することについて写真試料を用いて検討した。

2. 実験方法

真菌類、藻類及び細菌類のうち、最も一般的な菌株を選び出しそれぞれ使用した。真菌類には糸状菌(カビ)の *Cladosporium cladosporioides*、藻類には緑藻類の *Chlorella vulgaris*、また細菌類には枯草菌の *Bacillus subtilis* をそれぞれ使用した。それらのセメントペースト粉末試料への吸着状況と、藻類及び細菌類の死骸を栄養分とした真菌類の繁殖状況を実験によって明らかにした。条件の異なるモルタル供試体を用いて真菌類による室内汚染促進試験を行い、写真試料による画像処理を行った。

3. 実験結果

1) 吸着試験及び微生物の死骸を栄養分とした真菌類の培養試験

セメントペーストの粉末試料を詰めたカラムに微生物の懸濁液を流下させた。その結果、細菌類である *B. subtilis* のセメントペーストへの吸着率は非常に高く、高濃度の懸濁液を流下させた場合、6割以上が吸着していることがわかった。真菌類、藻類ともに全体の吸着量としては低く、細菌類と比較すると約2分の1の吸着率であった。細菌類は、菌体の大きさが $1\mu\text{m}$ 前後であり、他の微生物と比較した場合かなり小さく、さらにその細菌細胞は粘液層で覆われている。そのため他の微生物と比べて細菌類は、コンクリート表面部分の凹凸への付着あるいは吸着が起りやすいと考えられる。また高濃度の微生物懸濁液を流下させた場合、いずれの場合においても、撥水剤を塗布した試料への相対吸着菌体数は無塗布の試料の約2分の1まで低減されることが確認された。(図1~3参照)

次に *C. vulgaris*、*B. subtilis* の死骸をそれぞれ栄養分として培養した *C. cladosporioides* の増殖曲線を図-4に示す。従来から考えられていたように藻類の死骸は含まれているアミノ酸等により真菌類の成育に十分な栄養となっている。また単純に比較は出来ないが、細菌類の死骸を栄養分とした場合、藻類を栄養とした場合の約2倍もの真菌類の増殖が確認できる。一般に細菌類の乾燥菌体量の50~90%がタンパク質を形成す

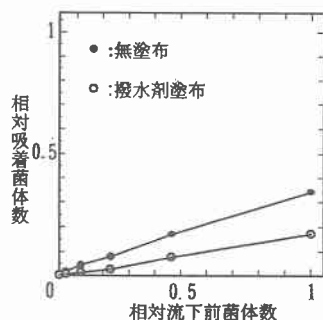


図-1 *C. cladosporioides* の相対吸着数

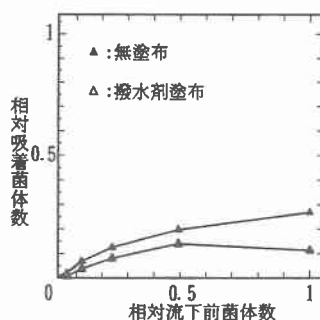


図-2 *C. vulgaris* の相対吸着数

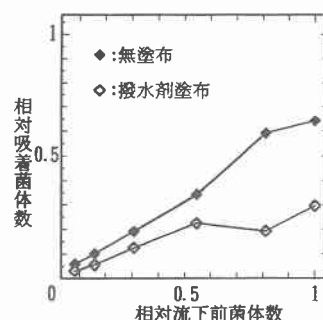


図-3 *B. subtilis* の相対吸着数

るアミノ酸となっており、真菌類の栄養としては十分である。したがって、実環境下での乾湿の繰り返しにより細菌類が増殖と死滅を繰り返した場合、十分に真菌類の栄養分となり得る。一般に細菌類は1μm前後であり、藻類の*Chlorella*属は3~10μmである。今回使用した*C. cladosporioides*の胞子の大きさは5μm前後であるため、成分的に藻類の死骸が栄養分に富んでいたとしても、自分より大きいかほぼ同じ大きさの藻類を栄養分として体内に取り込むことが困難であったのではないかと推測される。細菌類は弱アルカリ性に好んで生育するため、コンクリート打設後早期からコンクリート表面において乾湿の繰り返しによる増殖と死滅を繰り返し、その死骸がコンクリート表面に生育する藻類、あるいは真菌類といった微生物の栄養源となり、真菌類による表面汚染の形成に関与していることが考えられる。

2) 室内汚染促進試験の分析結果

撮影した写真をビデオ画像として画像ファイル化した。そのファイルからRGB情報を抽出し、RGB値をXYZ値に変換した後、色度 $L^*a^*b^*$ を求めた。 $L^*a^*b^*$ 表色系(図-5参照)による色差の経時変化を図-6に示す。 $L^*a^*b^*$ 表色系による色差 ΔE^*_{ab} は次式によって計算した。

$$\Delta E^*_{ab} = \{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2\}^{1/2}$$

色差の変化が同じ汚染物質の影響によるものであれば、0週と3週の ΔE^*_{ab} 及び3週と6週の ΔE^*_{ab} を加えた値(棒グラフの左側)は、0週と6週の ΔE^*_{ab} (棒グラフの右側)にほぼ等しいと考えられる。供試体9種類のうち3種類の色差の経時変化において、色差を変化させている要因が異なると思われ、これらの供試体表面の色差について判断することは困難であった。

今回の試験では比較的平滑な表面が目立って汚れていたという結果となった。一般には粗い表面ほど汚れやすいが、今回のような微生物による汚染では比較的平滑な面でも胞子が十分に凹凸に入り込むことができ、また水は表面張力により非常に細かい隙間に入り込みやすく、その際に微生物の胞子や小さな粒子を隙間に保持してしまったものと思われる。

写真試料による画像処理に関しては、標準となる白色板と一緒に写真に撮り込んだが、光の反射などの影響があったことと、また真菌類の繁殖があまり進んでいなかったために分析が困難であった。

4. 結論

- 1) 細菌類は、真菌類及び藻類と比較してセメントペースト表面に吸着しやすい。
- 2) 撥水剤の塗布は、セメントペースト表面への微生物の吸着を低減する効果が大きい。
- 3) 藻類の死骸及び細菌類の死骸は真菌類の栄養分として適当である。また前者よりも後者の方が真菌類の繁殖状況が良好であった。
- 4) コンクリート表面の真菌類による汚染の評価を色度で行うことは、地の色と汚染物の色の彩度が小さいために困難であると考えられる。

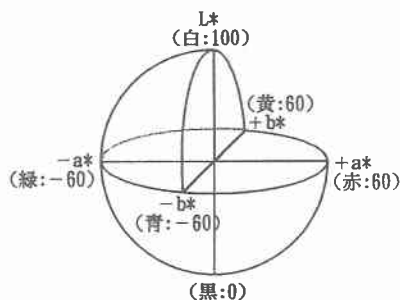


図-5 $L^*a^*b^*$ 空間による色の表示

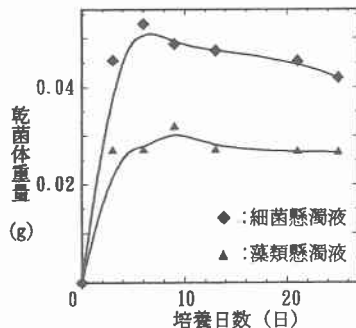


図-4 *R. subtilis*, *C. vulgaris*を栄養とした*C. cladosporioides*の増殖曲線

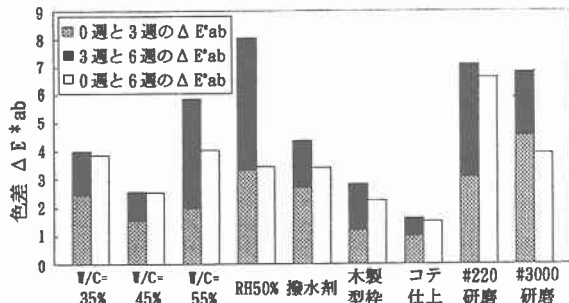


図-6 各供試体の色差