

細菌類の影響を考慮した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
広島大学大学院	学生員	小竹森 浩
広島大学大学院	学生員	○高源 英子
広島大学工学部	学生員	平井 希

1. はじめに

コンクリートは、建設材料として多くの土木構造物に利用されているが、コンクリート構造物の表面性状は、時間経過とともに刻々と変化する。この変化は“汚れ”と呼ばれるものであり、外的物質の付着により生じるものが多い。外的物質の付着による汚れは、塵埃などの非生物系と藻類などの生物系による2種類に分けられる。非生物系の汚れと比較すると、生物系の汚れは、その症状が末期的となる場合が多いにもかかわらず未だその研究は数少ない。本研究では、生物系の汚れ形成における細菌類の関与を明らかにすることを目的として、セメント硬化体に対する各微生物の生理活性に関する実験的検討を行った。

2. 微生物栄養源としての死滅微生物の適合性

2.1 実験方法

pH6.0 に調整した細菌(*B.subtilis*)ならびに糸状菌(*C.cladosporioides*)の懸濁液をオートクレーブ滅菌したものを栄養分とし、藻類(*C.vulgaris*)の増殖実験を行なった。懸濁液濃度は *B.subtilis* では吸光度で0.15、*C.cladosporioides* では 3.28×10^6 個/ml であった。*C.vulgaris* を接種後、1週毎に Thoma の血球計測盤を用いて菌体数を計測した。

2.2 実験結果

B.subtilis ならびに *C.cladosporioides* の死骸をそれぞれ栄養分として培養した *C.vulgaris* の増殖曲線を図-1 に示す。細菌および糸状菌の死骸のいずれの場合においても藻類の増殖が認められ、十分に栄養分となり得ることが確認された。

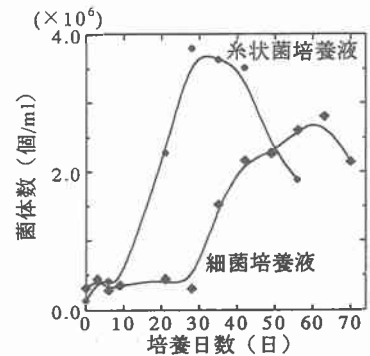


図-1 *B. subtilis*, *C. cladosporioides* を栄養分とした *C. vulgaris* の増殖曲線

3. 微生物を用いたコンクリート表面汚染シミュレーション

3.1 実験方法

図-2 に示すような暴露槽内(95±5%RH、水温 30℃)に供試体を静置し、糸状菌または藻類の増殖実験を行った。栄養源(培地または死滅微生物)と微生物を暴露開始時に噴霧し、さらに3週間毎に同様の方法により供試体表面に補給した。なお、図2に示すように気中に完全に露出している供試体を“気中”とし、下側 20~30mm を水中に浸している供試体を“浸水”とした。噴霧する死滅微生物の濃度は、*C.vulgaris* では 50.8×10^6 個/ml、*B.subtilis* では吸光度で0.67 であった。1週間隔で供試体の定点25ヶ所について色彩を色彩色差計(L*a*b*表色系)により測定した。ただし、測定時には、ぬれによる色彩変化を考慮し、50%RH 環境下において供試体を乾燥させた。

3.2 実験結果

コンクリート表面において死滅微生物を栄養源として糸状菌が増殖することが確認された。また、細菌類を栄養源とした供試体において色差が著しく増加していた。

図-3 に MB 培地と藻類を噴霧した供試体の彩度変化を示す。培養液噴霧後には、藻類の著しい増殖が認められたが、翌週には死滅し彩度が低下した。また、浸水供試体においては、藻類の生育が全く認められなかった。試験終了後に供試体表面の pH を測定した結果、浸水供試体は pH9~10 のアルカリ性を示

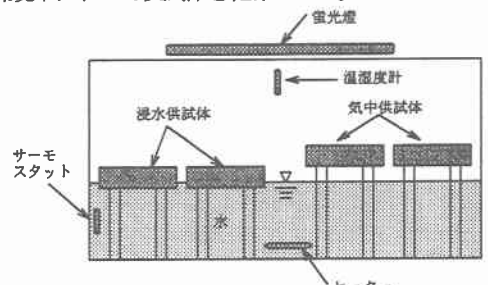


図-2 暴露試験装置

し、気中供試体は pH7~8 を示した。これは湿度差によるアルカリ分の移動が原因であると思われる。以上のことより、約 pH8 以上のアルカリ域、ならびに急激な pH の変化は藻類生育の制限因子となることが考えられる。

図-4 に PD 培地と糸状菌を噴霧した供試体の明度変化を示す。糸状菌の繁殖は主に供試体の縁付近に表れたため、測定値への影響は少なかった。しかし部分的には、糸状菌の生育により著しく供試体の明度が低下し、色差

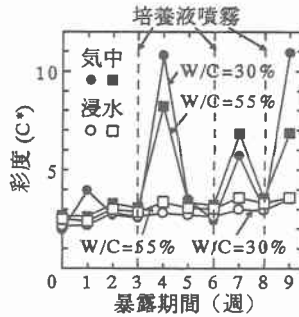


図-3 MB 培地噴霧の彩度変化

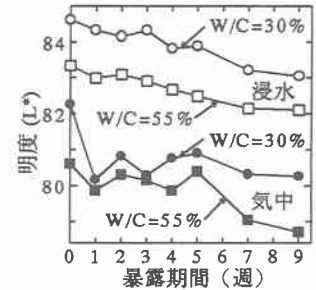


図-4 PD 培地噴霧の明度変化

で 20 以上を示す箇所も見られた。また浸水状態で 20 以上を示す箇所も見られた。また浸水状態で 20 以上を示す箇所も見られた。また浸水状態で 20 以上を示す箇所も見られた。これは細菌の繁殖によると思われる。さらにその後、糸状菌の繁殖により同一箇所が黒色に変化した。

藻類の死骸と糸状菌を噴霧した供試体では一部に細菌による汚れは確認でき、糸状菌の繁殖は視覚的には確認できなかったが、実験前後の色差の変化には表れた。ただし、細菌類の死骸と糸状菌を噴霧した供試体の方が色差の変化が大きかったことが示された。よって本実験の環境下では、藻類の死骸よりも細菌類の死骸を栄養分とした方が糸状菌の繁殖速度が速いといえる。

4. コンクリート表面における微生物生態モデル

細菌類は自然界に豊富に存在し、他の微生物と比較して極端な環境への適応能力が高く、また一般に、糸状菌や藻類より世代時間が短いので生育が速い。ここで細菌類の影響を考慮したコンクリート表面の微生物生態系モデルを図-5 に示す。打設早期の pH の高いコンクリート表面においては、大気中の塵埃とともに多数の微生物が付着する。一般に雨水の供給のみでは微生物の増殖は難しく、付着した微生物の大半は死滅することが予想される。また細菌類は細胞が粘液層で覆われているため、糸状菌や藻類に比べてコンクリート表面への吸着率が高く、雨水などにより容易に流下しない。従って雨水や塵埃とともに、これらの微生物の死骸を栄養分として細菌類がいち早く増殖すると考えられる。そして乾湿の繰り返しにより増殖と死滅を繰り返し、その死骸は藻類や糸状菌の栄養分として働き、これらの微生物は増殖と死滅を繰り返す。このように同一微生物間において、あるいは異種の微生物間において栄養素の循環がなされ、コンクリート表面における生態系が形成されていくと思われる。

5. 結論

- (1)コンクリート表面汚染の要因である糸状菌や藻類が、細菌類を栄養源として増殖することが明らかとなった。
- (2)藻類は、水素イオン濃度に強い感受性を示す。約 pH8 以上の環境、あるいは水素イオン濃度の急激な変化は、藻類生育の制限因子となり、生育の停滞あるいは死滅を招く。
- (3)コンクリート表面上で黒色を呈する糸状菌の繁殖に先行して、乳白色を呈する細菌類の繁殖が確認された。
- (4)細菌類の関与を考慮したコンクリート表面の微生物生態モデルを提案した。

【参考文献】

- 1)河合、市坪、小竹森、高源；微生物によるコンクリートの表面汚染機構、第 47 回土木学会中国支部研究発表会発表概要集、pp.452~453、1995

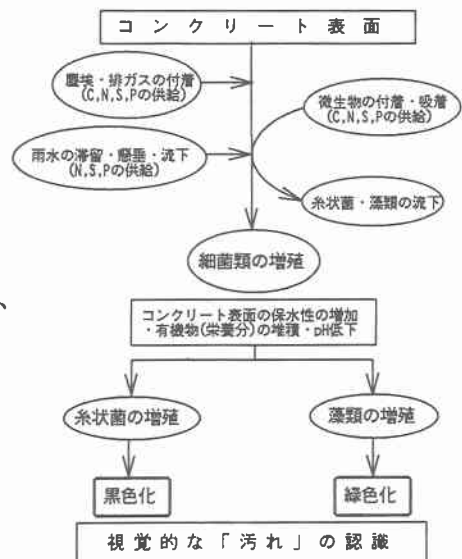


図-5 コンクリート表面の微生物生態系モデル