

コンクリートのバイオディテレオレーションに関する基礎的研究

広島工業大学大学院	学員	○海原一仁、	広島工業大学工学部	710-	二神種弘
広島工業大学工学部	正員	伊藤秀敏、	"	710-	米倉亜州夫
"	正員	石井義裕、	柏原塗研工業（株）		富久雄史
光和建设（株）		住村雅宏、	広島工業大学大学院	学員	落合秀紀

1. はじめに

現在、コンクリート構造物の劣化が、新幹線のトンネルや高架橋でのコンクリート塊の崩落をはじめとして、いろいろなところで問題を提起している。

コンクリート構造物の劣化現象には、長期間の荷重等の物理現象によるものとアルカリ骨材反応等の化学反応によるものがあるが、本研究は、コンクリートに付着生息する微生物がコンクリートを劣化させるバイオディテレオレーション（biodeterioration）について研究したものである。

未劣化コンクリート（材齢1日供試体）と劣化コンクリート（供用中構造物の採取試験片および崩落塊）について光学顕微鏡による観察と、C-Nアナライザーによる全窒素(TN)と全炭素(TC)の測定を行い比較した。

2. 微生物劣化

微生物による劣化現象は生物分解(biodegradation)に起因するものであり、これを定義すると、生物の作用を通じて物質を変化させることであり、特に微生物によるものがあげられる。一般に、生物分解作用とは腐敗や肥沃化の作用で、微生物によってなされるものである。微生物の重要な点は、その大きい増殖速度だけでなく周囲の環境に対する柔軟な適応性にある。微生物の中には極限の環境にも生息するものもあり、微生物の影響を受けない物質を見出すのは難しい。微生物は自身の生育のために、周囲の環境に存在する物質を利用する。一例をあげると、清潔に保たれていない口内に付着した虫歯菌(*Streptococcus mutans*)が糖分を酸に分解生成し、歯のエナメル質を溶かす働きがある。このような働きはコンクリート構造物でも当てはまる。微生物はコンクリート中の物質、またはコンクリートに付着あるいは周囲の微少の物質を分解するか、化合を行い、自分に適した環境を作ろうとはかる。生物分解を起こさせるのは微生物が生成する酵素(触媒)であり、腐敗や肥沃化は酵素により物質を変化さ

せる化学作用の結果である。生物分解作用に微生物が主に必要とする元素は、炭素、水素、酸素、窒素、リン、および硫黄等である。また、環境中において微生物の成長の要素をあげると、窒素、硫黄、リン、カルシウム、マグネシウム、微量の鉱物や、十分な水の供給である[1]。

ところで、ポルトランドセメントの主要な化合物成分は、けい酸三石灰 $3CaO \cdot SiO_2 (C_3S)$ 、けい酸二石灰 $2CaO \cdot SiO_2 (C_2S)$ 、アルミン酸三石灰 $3CaO \cdot Al_2O_3 (C_3A)$ 、鉄アルミン酸四石灰

$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3 (C_4AF)$ 等である。先に述べた

微生物の生物分解作用の分解物とポルトランドセメントの成分を照らし合わせると、ポルトランドセメントの生物分解が起こることが容易に想像できる。なお、コンクリートを侵食する微生物として今までに硝化細菌等が見つかっている。

3. 実験

本研究では未劣化コンクリートの供試体を作成し、この未劣化コンクリートと劣化コンクリート（供用中構造物からの採取試験片および崩落塊）の全窒素(TN)および全炭素(TC)を測定比較した。

3.1 成分測定

3.1.1 供試体作成

水セメント比 $W/C = 50\%$ 、細骨材質量 $M_s = 2C$ とし、細骨材には山砂を使用し、直径 $17\text{ mm} \times$ 高さ 25 mm の型枠に入れ、1日自然養生させ、未劣化コンクリート（供試体）を作成した（写真1参照）。

3.1.2 成分測定

上記の手法によって作成した未劣化コンクリートと劣化コンクリートとの全窒素(TN)および全炭素(TC)の濃度（重量%）の測定結果を図1に示す。

3.2 顕微鏡による観察

最大倍率 3000 倍の走査型デジタル顕微鏡を使用し、

劣化コンクリートを観察すると、糸状菌の活動が見られた（写真 2, 3, 4 参照）。

4. まとめ

劣化コンクリートは未劣化コンクリート（材齢 1 日供試体）に比べて全窒素(TN)および全炭素(TC)が大きい傾向が見られた。劣化コンクリートの窒素成分はコンクリートの外部から供給されたものと考えられ、栄養分の供給により富栄養化が促進され微生物が生育しやすい環境が作られていると考えられる。このようにして微生物劣化が促進され、コンクリートが骨粗鬆症になる。今後の研究ではコンクリートのカルシウム等

の分析、光学顕微鏡を使用した表面の観察の継続、電子顕微鏡観察、未劣化コンクリートの経時微生物劣化の調査を予定している。

参考文献

[1] W. B. Bollag, etc.: Biodegradation, Encyclopedia of Microbiology, Vol.1, (Second Edition), Joshua Lederberg(ed.), ACADEMIC PRESS, 2000, pp.461-471
[2] Howsam, P. (ed): Microbiology in Civil Engineering, E.&F.N. Spon, An Imprint of Chapman and Hall, 1991.

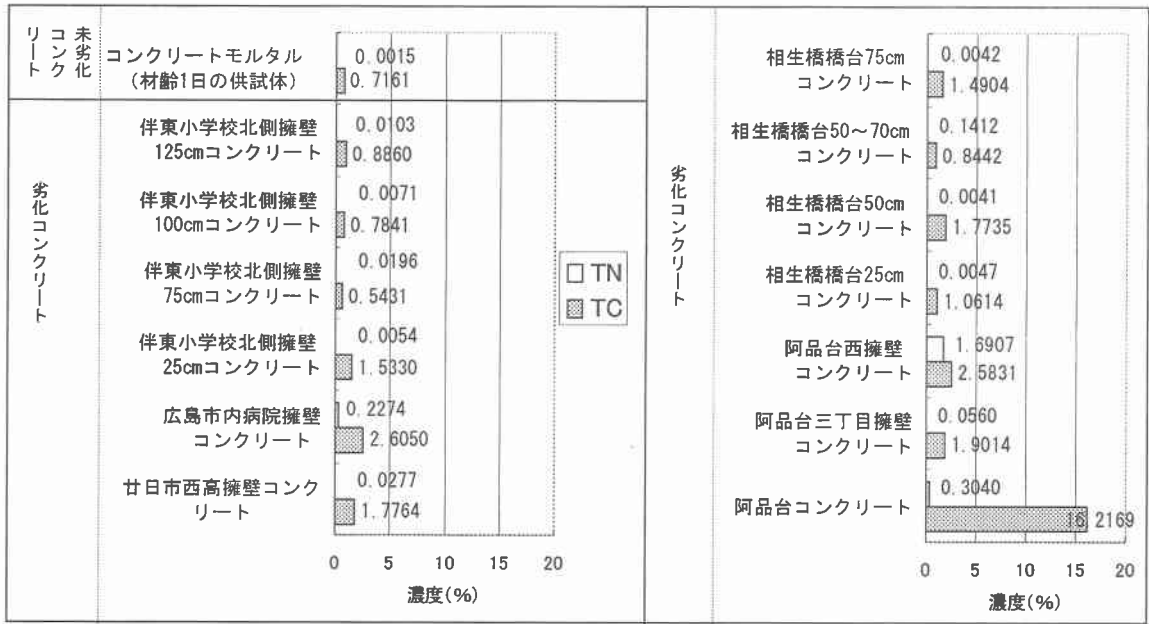


図1 コンクリートの全窒素量 (TN) および全炭素量 (TC)

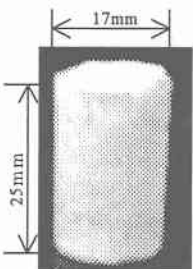


写真1
コンクリート
供試体



写真2 コンクリート
表面に付着していた
糸状菌の顕微鏡写真
(1500倍)

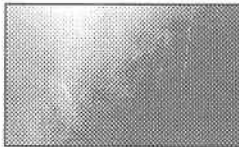


写真3 コンクリ
ートのツララに
付着していた
糸状菌の顕微鏡
写真 (2000倍)



写真4 コンクリート
ひび割れ部に発生した
糸状菌の顕微鏡写真
(2000倍)