

好気性細菌によって引き起こされるコンクリートの劣化

河合研至*・寺西修治**・森永 力***・
田澤栄一****

本研究は、微生物劣化を生じているある地下埋設コンクリート構造物周辺から、好気的に分離・培養した微生物を用いてモルタルの劣化シミュレーション実験を行うとともに微生物の代謝産物を明らかにし、微生物がコンクリートの劣化に及ぼす影響について検討を行ったものである。その結果、好気性細菌からは高濃度の有機酸ならびに炭酸が代謝されており、コンクリートに与える影響は非常に大きいことが明らかとなった。

Key Words : deterioration, aerobic bacteria, metabolites, hydrogen sulfide, organic acid, carbon dioxide

1. まえがき

コンクリートは、骨材をセメント系材料と水との反応生成物で結合したものである。ところでセメント系材料と水の反応生成物は置かれた環境によってはある種の化学物質と反応して全く別の物質に変化することがある。コンクリートの腐食劣化といえば従来、酸、アルカリ、塩類等による化学的腐食を示すのが一般的であった。しかし、近年国内においてコンクリート構造物の微生物腐食が下水道関連施設などで相次いで報告されるようになってきた。下水管渠や終末処理場のコンクリートの劣化は海外においてはかなり古くから知られており^{1),2)}、我が国でも公共下水道の普及とともにこの問題が顕在化してきた。この腐食のメカニズムは次のようなものである。

下水中の有機物が微生物により分解され酸素が消費されて下水が嫌気性になると、偏性嫌気性菌である硫酸還元菌の活性が高まり、下水中に含まれる硫酸塩を硫酸還元菌が還元して硫化水素を多量に生成する。生成した硫化水素は気相中に放出され、結露水や飛沫水中に溶解し、ここで好気性の硫黄酸化細菌（代表的なものとして *Thiobacillus thiooxidans*）によって酸化されて硫酸となり、この硫酸によりコンクリートが腐食・劣化するというものである^{3)~5)}。

著者らはこれまでに下水道とは異なるある地下埋設コンクリート構造物の劣化調査を行い、この構造物の劣化に微生物が大きく関わっていることを明らかにした^{6),7)}。本論文はこの微生物劣化を生じているコンクリート構造物周辺環境から分離・培養した微生物の中で、コンク

リートの劣化に関与していると思われる微生物（硫化水素生成細菌および硫黄酸化細菌）を用いてモルタルの劣化シミュレーション実験を行うとともに微生物の代謝産物を明らかにし、微生物がコンクリートの劣化に及ぼす影響について検討を行ったものである。

2. 実験概要

(1) 使用菌種

a) 硫化水素生成細菌

構造物周辺の土壤から採取し普通寒天培地（蒸留水 1 ℥中に肉エキス 10 g, ベプトン 10 g, グルコース 10 g, 寒天 20 g）を用いて好気的に分離した 2 種類の細菌 (Bacteria-1 および Bacteria-2) を使用した。これらの菌株の同定のため、グラム染色による観察、透過型電子顕微鏡による形態観察、硫化水素試験、硝酸塩の還元、メチルレッド試験と V-P (Voges-Proskauer) 反応、インドール試験、DNA の GC 含量、キノンの分子種の同定を行った⁸⁾。

b) 硫黄酸化細菌

構造物周辺の地下水から *Thiobacillus* 用培地（蒸留水 1 ℥中に K₂HPO₄ 2 g, KH₂PO₄ 2 g, NH₄Cl 0.4 g, Na₂CO₃ 0.4 g, MgSO₄ 0.2 g, ビタミン混液 5 mL, 微量金属元素溶液 2 mL, Na₂S₂O₃ 3.95 g, 寒天 20 g）を用いて好気的に分離した 1 種類の細菌 (Bacteria-3) を使用した。この菌株の同定のため、グラム染色による観察、透過型電子顕微鏡による形態観察、無機固形培地（蒸留水 1 ℥中に K₂HPO₄ 2 g, Na₂S₂O₃ · 5H₂O 6.2 g, KH₂PO₄ 2 g, NH₄Cl 0.4 g, Na₂CO₃ 0.4 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.2 g, ビタミン混液 5 mL, 微量金属元素溶液 3 mL, 寒天 20 g）における生育、最適生育 pH、最適生育温度、硫黄資化 [硫黄化合物の酸化能]、以下の組成の液体培地（蒸留水 1 ℥中に K₂HPO₄ 2 g, KH₂PO₄ 2 g, NH₄Cl 0.4 g, Na₂CO₃ 0.4 g, MgSO₄ · 7H₂O 0.2 g, 硫黄 60 g, ビタミン混液

* 正会員 工博 広島大学助手 工学部第四類
(〒724 東広島市鏡山1-4-1)

** 正会員 工博 (株) 大広エンジニアリング

*** 工博 広島大学助教授 工学部第三類

**** 正会員 工博 広島大学教授 工学部第四類



Photo 1 The Picture of Culture

5 mL、微量元素溶液 2 mL) における生育]、酸素に対する態度、脱窒作用、DNA の GC 含量、キノンの分子種の同定を行った。

(2) モルタルの劣化シミュレーション実験

a) モルタル供試体

セメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は山口豊浦産標準砂を使用し、配合は W : C : S = 0.5 : 1 : 1 とした。供試体は 4 × 4 × 16 cm の型枠に打ち込み、材令 1 日で脱型し、材令 28 日まで 20°C の水中で養生を行った。その後、4 × 4 × 2 cm に電動カッターと電動研磨機で成形し、実験に供した。

b) 使用培地

本実験では上記の細菌を培養するため、普通液体培地(蒸留水 1 L 中に肉エキス 10 g、ペプトン 10 g、グルコース 10 g) を用いた。

c) 培養方法

実験方法は Photo 1 に示すように、プラスチック容器にモルタル供試体を 1 個入れ、それが完全浸漬するように 300 mL の普通液体培地を満たした。その後、容器全体を高温高圧滅菌 (120°C、1.5 気圧、20 分間) し、冷却後、培地に細菌を接種して静置培養を行った。また、比較として細菌を接種しない実験 (コントロール) も同時に行った。

培養方法は、Fig.1 に示すように、単独培養ならびに混合培養の 2 通りの方法で行った。硫化水素生成細菌は異なる 2 株 (Bacteria-1 および Bacteria-2) を使用し、混合培養では 1 株 (Bacteria-3) の硫黄酸化細菌を実験開始後 9 日目に接種して実験を続けた。なお、ここで使用する硫化水素生成細菌および硫黄酸化細菌は、それぞれ対数増殖期にあるものを培地に接種した。

また、上記の培養と同様にして 10 週間の長期培養を行い、モルタルの分析を行った。なおこの時の混合培養における硫黄酸化細菌の接種は 14 日目とした。

d) 分析方法

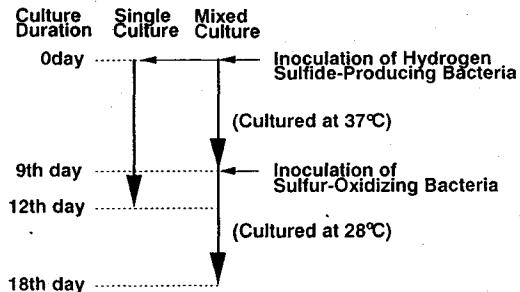


Fig.1 The Method of Culture

培養液の採取は、3 日毎にすべて無菌箱内で行った。なお、1 回当りの採取量は 8 mL とした。培養液の分析は、まず培養液の吸光度を分光光度計 (波長 660 nm) により測定し、菌体増殖量を求めた。その後、0.45 μm のフィルターで培養液を濾過して除菌し、pH の測定、フレーム光度法によりカルシウムイオン濃度の測定、メチレンブルー法により溶存硫化水素濃度の測定、イオンクロマトグラフにより硫酸イオン濃度の測定を行った。

一方、モルタル供試体は培養開始後 10 週間目で培養液から取り出し、ドリルサンプリングにより表面から 0 ~ 5 mm 部 (S) および 5 ~ 10 mm 部 (I) の試料を採取し、乳鉢で微粉碎して、示差熱・熱重量分析および粉末 X 線回折を行った。

(3) 代謝産物の組成分析

コンクリートの微生物劣化は、微生物の代謝産物が影響している。そこで微生物の代謝活動による培養液の組成および濃度の変化を測定するため以下の実験を行った。

まず、普通液体培地 (100 mL) に硫化水素生成細菌を接種して 37°C で振盪培養し、培養液の吸光度を分光光度計で測定して菌体の増殖曲線を求めた。そして同様にして普通液体培地に細菌を接種して 37°C で振盪培養し、細菌接種前、菌体の対数増殖期 (細菌の増殖が最も活発な時期) および死滅期 (栄養分の不足により細菌の増殖が起こらなくなった時期) の培養液を採取し、無機陰イオン濃度をイオンクロマトグラフ、有機酸濃度をガスクロマトグラフ、陽イオン濃度をフレーム光度法により測定した。

3. 使用細菌の同定

(1) 硫化水素生成細菌

硫化水素生成細菌 (Bacteria-1 および Bacteria-2) の同定試験結果を Table 1 に示す。

Bacteria-1 は、同定試験途上で繁殖しなくなり、同定することはできなかった。

Bacteria-2 は、グラム陰性で、細胞形態は 0.8 ~ 1.5 × 2 ~ 3 μm の桿菌であった。硝酸塩を還元せず、インドー

Table 1 The Result of Identification of Hydrogen Sulfide-Producing Bacteria (Bacteria-1 and Bacteria-2)

No.	Gram Staining	Shape of Cell	Size of Cell	Hydrogen Sulfide test
Bacteria-1	Negative	Rod		Positive
Bacteria-2	Negative	Rod	0.8~1.5 ×2~3 μm	Positive
No.	Reduction of Nitrate 1day	Nitrate 3days	V-P 5days	Methyl Red Reaction
Bacteria-1	+	+	+	Positive Positive
Bacteria-2	-	-	-	Positive Negative
No.	Indol Test	G+C Content of DNA	Quinones	
Bacteria-1	Negative			
Bacteria-2	Negative	57.5%	Menaquinone	

Table 2 The Result of Identification of Sulfur-Oxidizing Bacteria (Bacteria-3)

Gram Staining	Shape of Cell	Size of Cell	Flagella
Negative	Rod	1.5~1.8 ×0.6 μm	Polar
Chemo-autotrophy for Growth	Optimum pH for Growth	Optimum Temperature for Growth	Sulfur Culture
+	8.0	30°C	+
Oxygen Denitrification	G+C Content of DNA	Quinones	
Aerobic	-	68.8%	Uviquinone Q-8

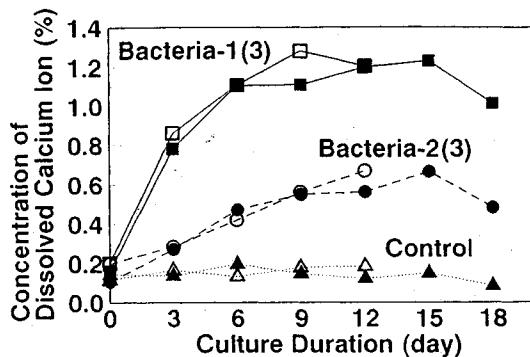
ルも生成しない。メチルレッド反応はなく、胞子も形成しない。GC含量は57.5%，キノンの分子種はメナキノンであった。以上の結果から、Flavobacterium sp.かまたはXanthomonas sp.に入るものと思われる。

Xanthomonas sp.にはペプトンから硫化水素を生成するものがあるので、Bacteria-2をXanthomonas sp.と同定した。Xanthomonas sp.は植物病原菌として知られている。

(2) 硫黄酸化細菌

硫黄酸化細菌(Bacteria-3)の同定試験結果を**Table 2**に示す。

Bacteria-3はグラム陰性で、細胞形態は1.5~1.8×0.6 μmの桿菌で、極鞭毛を有し、運動性のある菌であった。また生育pHは2~8、生育温度は20~43°Cである。

**Fig.2** Calcium Ion Concentration in Culture Medium (White : Single Culture, Black : Mixed Culture)

硫黄化合物(硫化物、硫黄、チオ硫酸ナトリウム)の酸化能があり、独立栄養も営める好気性菌であることがわかった。またGC含量は68.8%で、キノンの分子種はユビキノンQ-8であった。以上の結果から、Bacteria-3はThiobacillus intermediumであるものと思われる。

4. モルタルの劣化シミュレーション実験

(1) 培養液の分析結果

Fig.2は培養液中のカルシウムイオン濃度の経時変化を示したものである。細菌を接種していない培地(コントロール)では培養開始時からカルシウムイオン濃度の変化は認められなかったのに対し、細菌を接種した培養液中では培養初期からカルシウムイオン濃度が上昇しているのが認められた。予備実験においてモルタルを浸漬せず、同じ組成の培養液に細菌を接種してカルシウムイオン濃度を測定したところ、ほとんど検出されなかったことから、このカルシウムイオンはモルタル中から溶出してきたものと考えられる。また、単独培養では12日目、混合培養では18日目にカルシウムイオン濃度が低下する傾向が認められた。これは、細菌が栄養源として摂取したこと、また細菌の呼吸作用により排出された二酸化炭素と反応して炭酸カルシウムとして沈殿したためと考えられる。

Fig.3は分光光度計で測定した培養液の吸光度による菌体量の測定結果を示したものである。硫化水素生成細菌接種後増殖が認められるが3日目以降停滞し、混合培養においては硫黄酸化細菌接種後、再び増殖しているのが認められた。**Fig.2**と**Fig.3**の結果を合わせて考えたとき、硫化水素生成細菌の増殖にともない栄養分が消費され、栄養分の不足が増殖の鈍化をまねくとともに、細菌が栄養源としてカルシウムを摂取したためにカルシウムイオンの増加も停滞したものと考えられる。

Fig.4は培養液のpHの経時変化を示したものである。なお、ここに示す値は採取した培養液を蒸留水で100倍希釈して測定したときの値である。培養液のpH

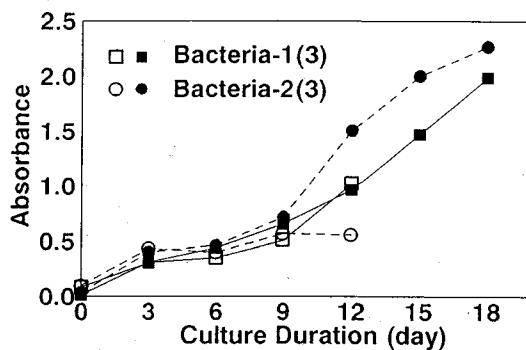


Fig.3 Growth Curves of Microorganisms
(White : Single Culture, Black : Mixed Culture)

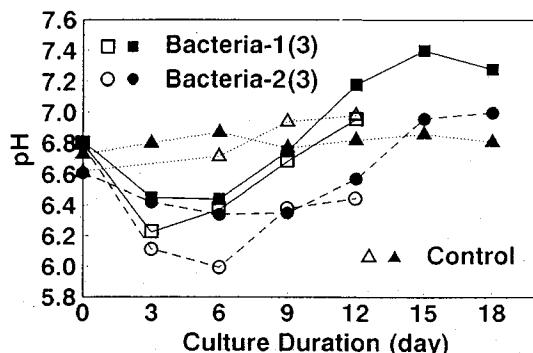


Fig.4 The Value of pH in Culture Medium
(White : Single Culture, Black : Mixed Culture)

は、硫化水素生成細菌の代謝産物の影響により低下するが、この代謝産物の影響でモルタル中からカルシウムイオン等が溶出し、次第に上昇しているのが認められた。予備実験においてモルタルを浸漬せず、同じ組成の培養液に細菌を接種して培養液のpHを測定したところ、最初pH 7.0に調整した培養液は細菌の増殖により、Bacteria-1でpH 5.0、Bacteria-2でpH 5.5程度に低下した。また、細菌(Bacteria-2)の代謝活動による培養液の組成および濃度変化を調査した結果、Fig.5に示すように、菌体の増殖にともない、酢酸およびプロピオノ酸の濃度が上昇し、無機の陰イオンではリン酸イオンは減少するが、硫酸イオンおよび硝酸イオンは対数増殖期に若干増加し、死滅期には減少する傾向を示した。このことから培養液のpHの低下の原因として、細菌の代謝産物である有機酸が大きく影響しているものと考えられ、またこれがカルシウムの溶出を促進したものと考えられる。

Fig.6は培養液中の溶存硫化水素濃度の経時変化を示したものである。培養開始後3日から6日の間に培養液中の溶存硫化水素濃度にピークが認められた。また混合培養においては硫黄酸化細菌接種後、再びピークが認められた。混合培養液中で2度ピークが認められたのは、

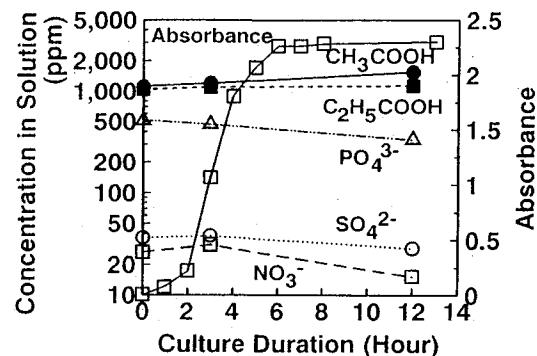


Fig.5 Growth Curve of Bacteria and Concentrations of Compositions in Culture Medium

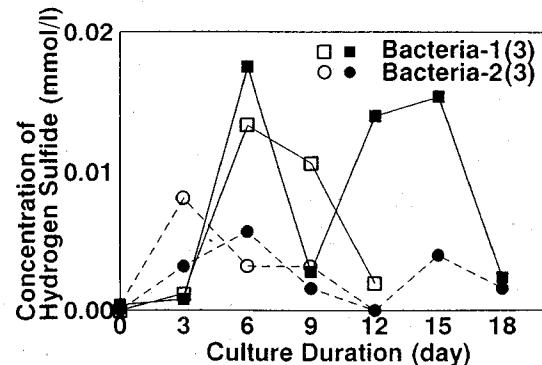


Fig.6 Hydrogen Sulfide Concentration in Culture Medium
(White : Single Culture, Black : Mixed Culture)

Fig.5に示したように対数増殖期に硫酸イオン濃度が増加することから、硫黄酸化細菌接種後それによって生成された硫酸を硫化水素生成細菌が摂取して硫化水素生成細菌の活性が高まり、硫化水素を多量に生成したのではないかと考える。細菌による硫化水素の生成経路は、含硫アミノ酸の分解によるものと、硫酸イオンの異化的還元によるものがあるが、同定試験の結果からすると、前者である可能性が高い。

Fig.7は培養液中の硫酸イオン濃度の経時変化を示したものである。培養液中の硫酸イオン濃度に大きな変化は認められなかったが、多少増減しているのが認められる。単独培養においてはFig.5に示したように、使用した硫化水素生成細菌の対数増殖期に若干増加しているのが認められた。また、混合培養においては硫黄酸化細菌接種後もそれほど増加が認められなかった。これは、同定試験結果でも示したように、使用した細菌は非好酸性であり、下水道関連施設等でのコンクリートの微生物腐食で問題にされる硫黄酸化細菌(*Thiobacillus thiooxidans*)ほど硫酸生成能力が高くないため、このような結果になったものと考えられる。

(2) モルタル供試体の分析結果

Fig.8およびFig.9は上記の培養液に10週間浸漬し

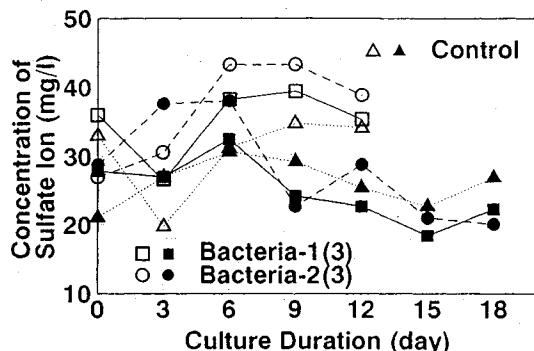


Fig.7 Sulfate Ion Concentration in Culture Medium
(White : Single Culture, Black : Mixed Culture)

たモルタル供試体の示差熱・熱重量分析結果を示したもので、供試体表層部（S:0~5 mm）と内部（I:5~10 mm）の水酸化カルシウム量と、炭酸カルシウム量を水酸化カルシウム量に換算した量を示したものである。なお、縦軸の値は自由水を除いた試料の乾燥重量に対する百分率で示した。細菌を接種した溶液の供試体表層部（S）では水酸化カルシウム量が減少し、炭酸カルシウム量は増加しているが、水酸化カルシウムと炭酸カルシウムを足し合わせた量は減少しているのが認められた。これは細菌の代謝産物である有機酸等により培養液中に水酸化カルシウムが溶出すること、また細菌による有機物の分解で二酸化炭素が生成され、モルタルが炭酸化を受けたためと考えられる。

一方、粉末X線回折の結果、供試体表層部（S）において、細菌を接種していない場合（コントロール）に比べて細菌を接種した場合には、水酸化カルシウムのピークが低くなっているのが認められた。また、微弱であるがカルサイトのピークも検出され、細菌を接種した場合の方がピークが高くなっているのが認められた。一方、エトリンガイトおよび二水石膏等の硫酸塩は、本実験で使用した硫黄酸化細菌の硫酸生成能力が低いため検出されなかった。

5. 実環境とシミュレーション実験の関連性

微生物劣化が確認され、本研究において周辺土壤から微生物の分離を行った地下埋設コンクリート構造物はシールド工法により建造されたもので、劣化は外部から漏水のあった箇所、すなわち打ち継ぎやその水が滞留している導水溝付近が激しく、手で容易に崩せるほど軟化しており、地下水が影響していることが考えられた。しかしこのような劣化が生じているのは構造物内部のコンクリート表層部のみであり、地下水が先に侵食しているはずのコンクリート内部は比較的堅固なものであった。このことから地下水が構造物内部に侵入する過程において何らかの変化が生じていることが考えられた。

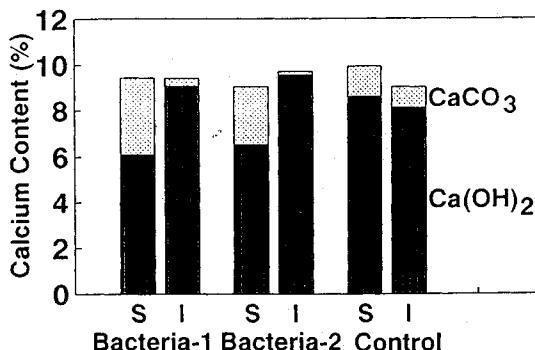


Fig.8 Calcium Content in Mortar in Single Culture
(S : Surface Area in Mortar, I : Inside Area in Mortar.
Calcium carbonate content was converted into equivalent calcium hydroxide content.)

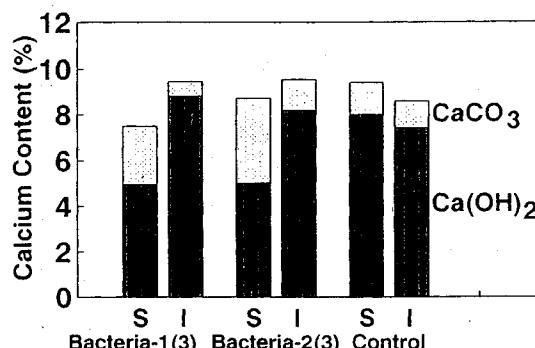


Fig.9 Calcium Content in Mortar in Mixed Culture
(S : Surface Area in Mortar, I : Inside Area in Mortar.
Calcium carbonate content was converted into equivalent calcium hydroxide content.)

この付近の土壤からは地下掘削工事中しばしば硫化水素が発生することが以前から知られており、また土壤および地下水に関する分析の結果から、陽イオンおよび陰イオンが高濃度に存在しており、海水が浸入していることが明らかになった⁹⁾。土壤の有機物含有量も比較的多く、微生物による有機物の分解により二酸化炭素が発生し、地下水の酸消費量は非常に高い値を示した。

これらのことから、微生物によって引き起こされたコンクリート劣化の外的要因をまとめると Fig.10 のようになるものと思われる。有機物を栄養源とし、微生物の代謝によって有機酸や炭酸が排出されるとともに、硫黄関連細菌の作用によって硫化水素や硫酸の消費ならびに生成が繰り返される。これらの腐食因子が海水の塩化物イオンや硫酸イオンとともに地下水に溶存しコンクリート中へ浸透して行くものと考えられる。

コンクリート中に浸透した、これらイオン濃度の比較的高い水がコンクリート中のセメント水和物と反応し、エトリンガイトやモノサルフェートおよびフリーデル氏塩などの複塩が生成する。

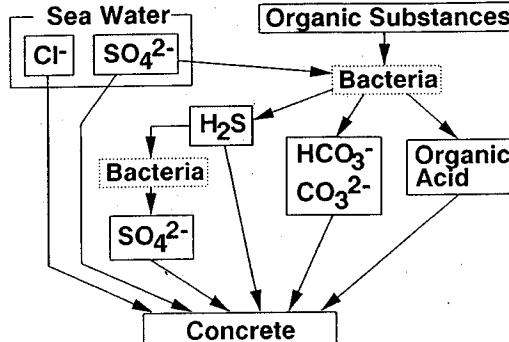


Fig.10 External Factors Concerned with Concrete Deterioration by Bacteria

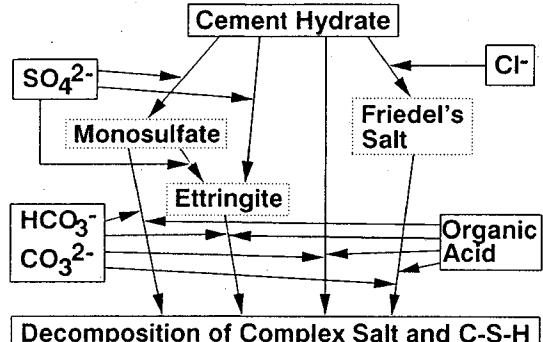
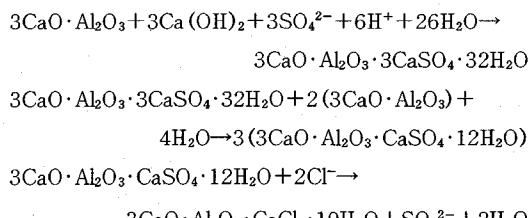
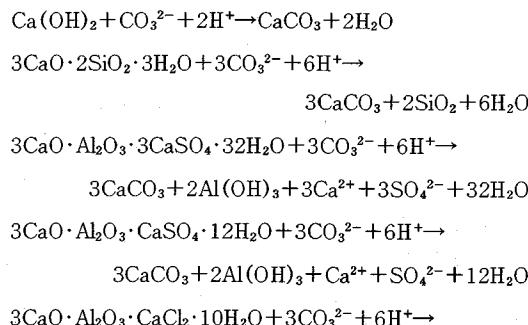


Fig.11 Internal Factors Concerned with Concrete Deterioration by Bacteria



さらに微生物による有機物の分解により生成された炭酸ガスに起因する炭酸イオンあるいは炭酸水素イオンにより、これら複塩およびセメント水和物が炭酸化を受けて組織が多孔化し、上記の生成・分解が繰り返されることによってコンクリート組織が極度に脆弱化したものと考えられる。



これらの微生物によるコンクリート劣化の内的要因をまとめると Fig.11 のようになるものと思われる。

構造物内部のコンクリートの分析の結果、劣化部においてはカルサイト等の形態で炭酸カルシウムが多量に検出されたことからも、炭酸化の早期進行が劣化を促進していたことが伺われる。

本研究では、構造物周辺から好気的に分離した細菌の中で硫化水素試験を行い、硫化水素の生成が強く認められた細菌（硫化水素生成細菌）と、硫黄酸化細菌を用いてモルタルのシミュレーション実験を行い、微生物の活性の高い場合、微生物の呼吸作用を含めた代謝産物によ

りコンクリートが劣化することが確認された。土壌中には平均して 1g 当り約 1 億匹の微生物が存在しており、地下埋設構造物付近の土壌は有機物含有量が高いことから、さらに多くの微生物が棲息しているものと考えられ、実際に多くの微生物を分離した¹⁰⁾。微生物は固有の触媒作用（酵素）を持っており、有機物は生理作用の高度に分化した微生物群によって分解されるため、1 種類あるいは 2 種類の細菌のみでは微生物がコンクリートに及ぼす作用を完全なシミュレートできないものと思われる。しかし、本研究により、有機酸によるカルシウムの溶出、炭酸化の促進等、その一部分は再現できたものと考えられる。

また、近年活発にジオフロントならびにウォーターフロントの開発が進められているが、土壌の掘削や埋め戻しは土壌の含水状態や酸化還元電位に変化をもたらし、微生物の生態系を変えてしまう恐れもある。これらの変化は人為的な操作に限らず、土壌に浸透する水質も大きく関与する。すなわち、微生物活性とはその土壌に固有のものではなく変化しうるものであり、本研究で対象とした土壌に限らず一般的な土壌においても微生物腐食の問題が秘められていると思われる。

6. 結論

本研究の結果、好気的条件下で分離・培養した硫化水素生成細菌および硫黄酸化細菌の作用により、供試体からカルシウムイオンが溶出することが明らかとなった。また、本研究で用いた微生物において、これらの溶出を引き起こす因子は主に酢酸及びプロピオン酸、炭酸であることが明らかとなった。嫌気性細菌が一因を担う、下水道関連施設で問題になっているようなコンクリートの激しい劣化は再現することができなかったが、コンクリート構造物が微生物活性の高い環境下におかれることによって、好気的な条件だけでも微生物の呼吸作用を含めた代謝産物によりコンクリートが劣化することが確認された。

謝辞：本研究の一部は、平成4年度文部省科学研費補助金（奨励研究（A）課題番号 04750467）により行つたものである。また、本研究を実施するにあたり、フレーム光度法ならびにイオンクロマトアナライザーによる分析において、東京大学生産技術研究所第5部魚本研究室のご協力をいただきました。ここに記して深謝致します。

参考文献

- 1) Parker, C.D. : The Corrosion of Concrete, 1. The Isolation of a Species of Bacterium Associated with the Corrosion of Concrete Exposed to Atmospheres Containing Hydrogen Sulfide, *Austral. J. Exp. Biol.*, 23, pp.81~90, 1945.
- 2) Parker, C.D. : The Corrosion of Concrete, 2. The Function of *Thiobacillus Concretivorus* (nov. spec) in the Corrosion of Concrete Exposed to Atmospheres Containing Sulfide, *Austral. J. Exp. Biol.*, 23, pp.91~98, 1945.
- 3) Sand, W. and Bock, E. : Concrete Corrosion in the Hamburg Sewer System, *Environ. Technol. Letters*, 5, pp.517~528, 1984.
- 4) 野中資博・森忠洋・服部九二郎：モルタルの微生物腐食について、農業土木学会論文集, 146, pp. 79~84, 1990.
- 5) 中本至・谷戸善彦：下水処理場におけるコンクリートの劣化に関する調査研究, 土木学会論文集第403号/VI-10 pp. 111~120, 1989.
- 6) 寺西修治・河合研至・森永力・田澤栄一：微生物が関与した地下コンクリート構造物の劣化事例, 第46回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第V部門, pp. 302~303, 1991.
- 7) 寺西修治・河合研至・森永力・堂園昭人：コンクリートの劣化に及ぼす微生物の影響, セメント・コンクリート論文集, No. 46, pp. 534~539, 1991.
- 8) 林江澤・上條清明・柳原栄一著：入門微生物学上巻, 南江堂, 1968.
- 9) 河合研至・森永力・寺西修治・田澤栄一：地中コンクリート構造物を劣化させた生物化学的環境条件, 平成3年度土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, pp. 554~555, 1991.
- 10) 森永力・寺西修治・河合研至・堂園昭人・田澤栄一：微生物によるコンクリートの劣化, 防菌防黴誌, Vol. 20, No. 9, pp. 485~488, 1992.

(1993.4.22 受付)

CONCRETE DETERIORATION CAUSED BY AEROBIC BACTERIA

Kenji KAWAI, Shuji TERANISHI, Tsutomu MORINAGA and Ei-ichi TAZAWA

One underground concrete structure was severely damaged and its deterioration was thought to be caused by metabolites of microorganisms. In this study several types of bacteria in a soil around the structure were isolated and cultured under aerobic condition, and mortar simulation tests using the bacteria were performed in addition to analysis of composition of metabolites of bacteria. As a result, calcium ion was dissolved out from mortar soaked in the culture medium bred with the bacteria, and it was found that much organic acids and carbonic acid were metabolized by the bacteria. It has been known that concrete could be severely damaged by anaerobic bacteria, but this study suggests that organic acids and carbonic acid metabolized by aerobic bacteria could also cause concrete deterioration.