

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

広島大学 正会員 河合 研至
 広島大学 森永 力
 広島大学 学生員 ○寺西 修治
 広島大学 正会員 田澤 榮一

1. まえがき

広島市内のある地下コンクリート構造物が劣化しているという報告を受け、調査を行なった。広島市内の太田川デルタ地帯において、地下掘削工事中にしばしば硫化水素が発生することは以前から報告されている。ある調査では、硫化水素が GL. -4.8m 付近より発生しており、最大発生量は 2,400ppm が検知されている。硫化水素は、細菌類の作用等で硫酸に変化するし、また、セメント硬化体中の水酸化カルシウムと反応して水溶性の塩を作ること等などが考えられる。

そこで本調査では、この劣化したコンクリートおよび構造物内に溜まっている水を採取すると共に、この構造物付近でボーリング掘削を行ない土壌および地下水を採取し、種々の分析を行なった。また、微生物の影響を検討するため微生物を採取し、同定のための試験等を行なっている。本報告では、このうちコンクリートを劣化させた環境条件、すなわち土壌、地下水、またそれらから採取した微生物に関して報告する。

2. 調査方法

(1) 土壌

土の化学的性質を調べるために、2箇所ではボーリングを行ない、図-1に示すように地下構造物付近（記号B）、その上（記号A）およびその下（記号C）から試料を採取し、土質工学会基準に準じ、pH試験、有機物含有量試験（重クロム酸法）、土と水の比が 1:5 になるように作成した試料液で塩化物含有量試験（モール法）、硫酸塩含有量試験（重量法）、フレイム光度法により陽イオン（ Ca^{2+} , K^+ , Na^+ ）の含有量試験、および酸化還元電位を測定した。

(2) 地下水

地下水の化学的性質を調べるために、土壌サンプルを採取した翌日、孔内に溜まった地下水を採取し、pH試験、フレイム光度法により陽イオン（ Ca^{2+} , K^+ , Na^+ ）の含有量、イオンクロマトアナライザーにより陰イオン（ F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} ）の含有量の測定を行なった。

(3) 微生物

前以て作成しておいた nutrient agar の平面培地（シャーレ）に採取した土壌および地下水を擦り付けて微生物を植え付け、20℃の恒温槽内で2週間培養させた。nutrient agar の組成を表-1に示す。そこで生育した細菌類を試験管内に作成した斜面培地に一株ごと植え付けなおし、0.05mol/l 酢酸鉛溶液による硫化水素生成試験を行なった。

表-1 nutrient agar の組成

肉エキス	10 g
peptone	10 g
glucose	10 g
寒天	20 g
蒸留水	1,000 ml

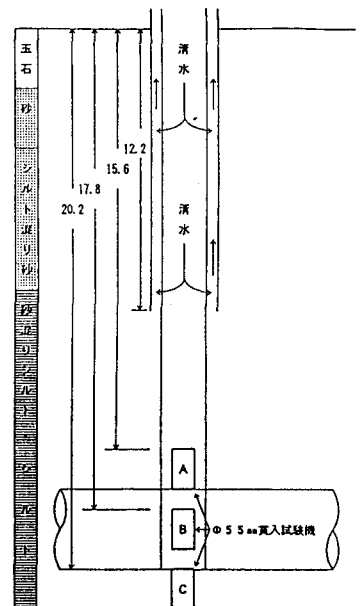


図-1 ボーリング孔の概要

3. 調査結果および考察

土壌の調査結果を表一2に、地下水の調査結果を表一3に示す。土壌のpHは、8.1～8.5を示しており、アルカリ性の土といえる。地下水のpHも7.5～8.1と高い値を示している。土壌の有機物含有量は、4.5～7.2%で、それほど多くはない。各イオン濃度は地下水の硫酸イオンを除き、陸水としてはかなりの高濃度を示している。これらのイオン濃度の高い原因として、土壌への海水の侵入が考えられる。ここで求めた塩素イオンをすべて塩化ナトリウムが溶解したものとして、海水と比較してみると、この土壌に含まれる水には、孔番1で約15～45%、孔番2で約10～20%の海水が侵入していることになる。また、硫酸イオンは、海水の構成比で比較した場合、地下水ではかなり少なく、土壌中ではかなり量が多いことになる。これは、硫酸塩還元細菌により硫化物に還元されること、土壌粒子に吸着して濃縮されているものと考えられる。また、酸化還元電位を測定した結果、-80～-170mVを示しており、これらは硫酸塩還元電位の雰囲気内(0～-200mV)にある。

一方、細菌を培養した結果、黄色、ベージュ、白、紅色系のコロニーが観察された。表一4に示すように構造物周辺の土壌中には、硫化水素を生成する細菌がかなり生息していることが確認された。

4. 結論

- (1) 土壌および地下水はかなり海水の侵入を受けている。
- (2) 硫酸イオンは、土壌粒子にかなり吸着されている。
- (3) 土壌の酸化還元電位は、硫酸塩還元雰囲気内にある。
- (4) 土壌や地下水中には、硫化水素を生成する細菌がかなり生息している。

最後に、現在、細菌類の種の同定、採取した土壌、地下水および細菌類を使ってシュミレーション実験を行なっているので、また後日、報告する。

なお、ボーリング掘削は(株)川崎地質に行なっていただきました。ここに厚くお礼申し上げます。

表一2 土壌の各試験結果

試験内容	孔番1A	孔番1B	孔番1C	孔番2A	孔番2B	孔番2C
pH	8.15	8.12	8.18	8.30	8.35	8.49
有機物含有量(%)	6.52	7.21	5.86	5.08	5.72	4.52
陽イオン (%)	Na ⁺	0.277	0.196	0.166	0.173	0.142
	K ⁺	0.0185	0.0121	0.0131	0.0126	0.0094
	Ca ⁺	0.0083	0.0040	0.0033	0.0035	0.0027
陰イオン (%)	Cl ⁻	0.506	0.298	0.241	0.234	0.158
	SO ₄ ²⁻	0.0899	0.0610	0.0877	0.0939	0.0924
酸化還元電位(mV)	-164	-108	-108	-162	-84	-97

表一3 地下水の各試験結果

試験内容	孔番1A	孔番1B	孔番1C	孔番2A	孔番2B
pH	7.48	7.70	7.97	7.65	8.12
陽イオン (mg/l)	Na ⁺	4,230	4,060	1,420	2,000
	K ⁺	202	70	90	108
	Ca ⁺	125	86	55	50
陰イオン (mg/l)	Cl ⁻	8,600	7,200	2,500	3,500
	SO ₄ ²⁻	43	47	8.6	15
	NO ₃ -N	23	20	6.8	10
	F ⁻	2.2	2.4	2.5	2.7

表一4 硫化水素試験結果

	A	B	C
孔番1	4/12	2/12	3/6
孔番2	2/6	1/11	3/12

※ (硫化水素を生成した株数)/(全部の株数)