

II-421 下水処理施設におけるコンクリート腐食と微生物について

(株)熊谷組 正会員 〇柴田 浩彦 (株)熊谷組 正会員 門倉 伸行
 (株)熊谷組 正会員 佐々木 静郎 (株)熊谷組 正会員 松浦 光男
 (株)熊谷組 正会員 石田 良平

1.はじめに

近年、コンクリート構造物の早期劣化事例が次々と報告され早急な対応が望まれているが、これは下水関連施設においても例外ではなく、管渠のみならず処理施設においても大きな問題となっている。現在までの調査研究により、下水関連施設における劣化（腐食）は下水や汚泥中から発生する硫化水素が主な原因であり、その発生過程には微生物が関与していることが判明してきた。

そこで、各種被覆コンクリートの防食効果を比較検討する目的で、耐久性試験と環境調査・微生物調査を現在行っており、今までに長期暴露試験で、①酸性環境下では高炉セメントやタールエポキシによるライニングは不適当な材料である。②腐食部分には水酸化カルシウムは確認されず、硫酸カルシウム水和物が多いほど腐食が進行していることが判明した¹⁾。本報告は、耐久性試験の結果を踏まえ、同時に行っている環境調査と微生物調査の結果より、コンクリートの腐食原因について検討を行ったものである。

2.調査概要

(1)調査対象施設

調査施設は大阪府内の流域下水道H終末処理場の脱離液タンクと汚泥貯留槽（図-1）を対象とした。

(2)調査内容

1)調査期間

耐久性試験は、長期暴露試験を1988年1月から1998年1月の10年間行い、各種試験体の劣化状況の把握を年1回行うこととした。環境調査と微生物調査は、2年目の1990年に4回（1、4、8、11月）実施し、以後年1回（1月）行うこととした。

2)試験体及び試験体設置位置

試験体の種類と設置位置を表-1、2に示す。

3)調査項目及び調査方法

調査内容を表-3に示す。環境調査は、下水試験方法に準じて現地測定及び試料の採取・分析を行った。微生物調査は、各試験体表面の析出物をブラシでこすり純水で洗い落とすことで採取し、汚泥とともに硫酸還元菌とイオウ酸化細菌の菌体数の計測を行った。

3.調査結果及び考察

1)槽内ガス濃度と微生物菌体数

各槽内の硫化水素と炭酸ガス濃度の測定結果を図-2に示す。汚泥貯留槽内の炭酸ガス濃度は大気中

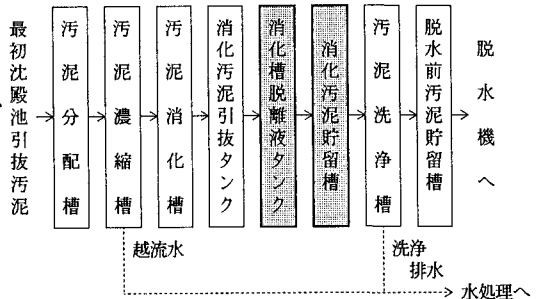


図-1 汚泥処理フローシート

表-1 試験体の種類（汚泥貯留槽）

種別	仕様	設置環境
無被覆 コンクリート	普通ポルトランドセメント W/C40%	槽内気乾暴露
	普通ポルトランドセメント W/C60%	槽内浸漬
	高炉B種セメント W/C40%	槽外気乾暴露
	高炉B種セメント W/C60%	槽外気乾暴露
被覆 コンクリート	タールエポキシ 3層塗り	槽内気乾暴露
	ポリエステルモルタル 厚さ20～30mm	槽内浸漬
	エポキシモルタル 厚さ20～30mm	槽内浸漬
	フレクライニング+マトライニング	槽内浸漬
	マトライニング	

表-2 試験体の種類（脱離液タンク）

種別	仕様	設置環境
無被覆 コンクリート	普通ポルトランドセメント W/C40%	槽内気乾暴露
被覆 コンクリート	フレクライニング+マトライニング	
	マトライニング	

表-3 調査内容

種別	調査対象	測定項目
環境 調査	汚泥貯留槽 及び 脱離液タンク	水温、pH、ORP、硫化物、硫酸イオン、TOC、有機酸、SS、VSS
	槽内	気温、湿度、硫化水素、CO ₂
	槽外	気温、湿度、硫化水素、CO ₂
	その他	試験体表面のpH
微生物 調査	汚泥貯留槽 脱離液タンク 試験体	硫酸還元菌、イオウ酸化細菌

と比較し高濃度であったが、硫化水素濃度は10ppm 以下と比較的低濃度であった。一方、脱離液タンクの硫化水素濃度は700~2400ppm、炭酸ガス濃度は20%以上(1992年1月を除く)と高濃度であり、タンク内はコンクリートにとって過酷な腐食環境下にあるといえる。

一方、硫酸還元菌の数は両槽ともほぼ同じであった(図-3)が、夏から秋の高温期にかけて増加する傾向があり、図-2の硫化水素濃度の変化と菌体数の増減がほぼ一致していた。

また、汚泥中の硫化物濃度や酸化還元電位は各槽ともほぼ同じ値を示していることから、両槽内の硫化水素濃度の極端な差は汚泥中の硫酸還元菌数や汚泥性状の違いによるものではなく、汚泥の取り入れ方の違いによるものと考えられる。すなわち、汚泥貯留槽では汚泥が底部より流入するため乱れが少ないのに対し、脱離液タンクでは汚泥が上部より噴水状に流入するため、攪拌された汚泥から硫化水素が気相に発散しやすい構造になっているためであると思われる。

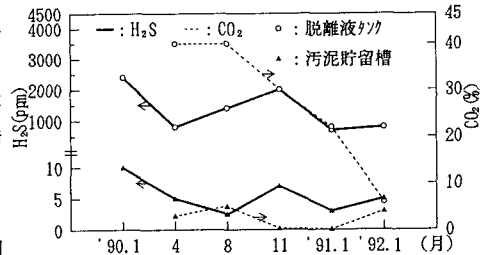


図-2 槽内ガス濃度の変動

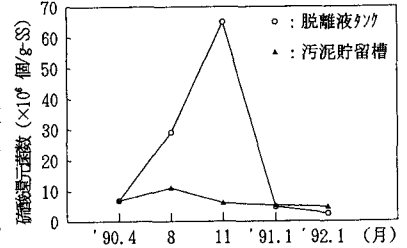


図-3 汚泥中の硫酸還元菌の変動

表-4 試験体表面pHの測定結果

調査対象		pH				
		'90.4	'90.8	'90.11	'91.1	'92.1
汚泥貯留槽	普通セメント	5.9	6.3	6.4	7.4	5.9
	高炉セメント	3.0	6.2	6.8	7.4	4.7
	ターコエボキシ	5.5	3.5	6.4	6.5	4.2
	ポリエステル樹脂	6.0	2.6	6.6	7.1	6.0
	エポキシ樹脂	3.2	5.6	6.2	6.6	4.4
脱離液タンク	フレークマット	4.6	6.2	6.4	7.7	4.4
	普通セメント	2.5	1.8	1.4	1.6	1.3
	フレークマット	3.6	4.4	2.4	2.7	2.2

2) 試験体表面pHと微生物菌体数

各槽に設置した試験体表面のpH測定結果を表-4に示す。気相環境が比較的良好な汚泥貯留槽では、1990年4月の調査でpH3.0~6.0と酸性であったが、1991年1月にはpH6.5~7.7と中性になっていた。これは、調査時に試験体表面の析出物を純水で洗い落としたため、調査間隔が1年となった1992年1月には再びpH4.2~6.0と酸性になっている。本調査では調査間隔が長いので、表面pHとイオウ酸化細菌数との間に一定の関係は認められなかったが、被覆コンクリートには無被覆コンクリートより菌体数が多いにも係わらず、劣化の進行がほとんど認められなかった。

一方、気相環境が過酷な脱離液タンクでは、常に表面pHが強酸性を示しており、その結果、無被覆コンクリートの劣化の進行が著しかった。同タンクに設置した試験体表面のpHと菌体数の変動を示した図-4より、高温期の菌体数増加に伴う試験体表面pHの低下傾向がわかる。普通セメントでは8月以降急激に劣化が進行し、11月時点では表面から20~30mmの深さまで劣化が進行し、骨材が取り出せる状態であった。この劣化の進行状況は菌体数の増加とほぼ一致しており、イオウ酸化細菌と腐食の進行が密接な関係にあることがわかる。被覆コンクリートは表面pHが強酸性を示しているにも係わらず、外観の変化はまったく見られず、菌体数(5~900 個/cm²)も非常に少なかった。

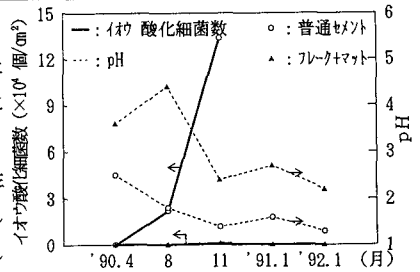


図-4 試験体表面のイオウ酸化細菌とpHの変動(脱離液タンク)

4. まとめ

下水道終末処理場においてコンクリート腐食の原因解明の調査を行った結果、①硫酸還元菌・イオウ酸化細菌といった微生物と硫化水素の発生やコンクリートの劣化には密接な関係がある。②被覆コンクリートでは、表面が強酸性になっているにも係わらず劣化が進行していない。③汚泥取り入れ方法の工夫や散水などによるコンクリート表面の洗浄は効果があり、腐食防止対策として期待できることが判明した。

なお、今回の試験を行うにあたり、ご協力を頂きました当処理場関係者各位に深く感謝致します。

参考文献 1) 門倉ら、第28回下水道研究発表会(1991)