

侵食性遊離炭酸による水処理施設 コンクリート侵食の管理について

(財)愛知水と緑の公社 鈴木 茂
○鈴木 智也
加藤 隆史

1. はじめに

下水道処理場内のコンクリート構造物においては、硫化水素に起因する硫酸による腐食対策が最重要課題であり、沈砂池や汚泥貯留槽など硫化水素が発生する施設の管理が重点的に行われている。しかし、コンクリート構造物の劣化要因はこれだけでなく、反応槽においては、高濃度の二酸化炭素が発生することから、侵食性遊離炭酸の生成によるコンクリートの侵食に注意する必要がある。

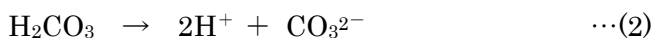
侵食性遊離炭酸による侵食は、硫化水素による腐食と比較して、劣化する速度は速くないため、常時監視すべき事項ではない。しかし、反応槽の内部は、普段目に触れる部分ではないこと、コンクリート構造物は長期間の機能保持が求められることから、侵食の挙動を把握し、何らかの管理基準を整理すべきである。今回の報告においては、水処理施設の各施設の現況の調査結果から、管理指標を示すものである。

2. 侵食性遊離炭酸によるコンクリート中性化のメカニズム

遊離炭酸とは、水中に溶存する二酸化炭素のことで、従属性遊離炭酸と侵食性遊離炭酸に分類される。

従属性遊離炭酸は、コンクリートに対しては悪影響を与えないが、侵食性遊離炭酸が多いとコンクリート腐食の原因となる。

また、下水中の有機物分解の最終段階では、水と二酸化炭素に分解される。この二酸化炭素は水に溶解し、炭酸を生成する(1)。炭酸は溶液がアルカリ領域の場合、炭酸イオンとして存在し(2)、コンクリート中の水酸化カルシウムのカルシウムイオン(3)と結合後、炭酸カルシウムとなり(4)、コンクリートの中性化が進行する。



逆に酸性領域の場合は、炭酸は炭酸水素イオンとして多くが存在し(5)、コンクリート中のカルシウムイオンと反応して炭酸水素カルシウムとなり(6)、カルシウム分が溶出して侵食される。



このような侵食性遊離炭酸が継続的に供給されることによってコンクリート表面の腐食が徐々に進行してくる。この現象は、気相部でも液相部でも発生し、覆蓋の有無によって浸食速度に違いが出る。

3. 測定方法

各池の測定場所については以下のとおりとした。

- ① 最初沈殿池、反応槽、最終沈殿池の各施設の中性化の度合いを比較した場合、最初沈殿池は中性化の進行が遅い傾向が見られるため、測定箇所は1池あたり気相、液相部それぞれ1箇所ずつとした。
- ② 反応槽は、躯体も大きく、好気槽と嫌気槽、気相、液相部による傾向の違いを把握する必要があると考え、槽ごとに気相、液相部1箇所ずつとした。
- ③ 最終沈殿池は、反応槽と同程度の中性化の進行が見られることから、池の前段、後段でそれぞれ気相、液相部の測定を行なった。

測定方法については、コンクリート表面をハンマー先端などで少量はつり、はつり面にフェノールフタレインを噴霧し、着色していない部分の深さをノギスなどで測定をするハツリ法を採用した。しかし、はつりの状態などにより、測定精度についてはやや信頼性に劣る面がある。



4. 解析結果

今回、中性化深さの進行は次式*1)でモデル化されることから、各施設における実測値それぞれの中性化速度係数を求め、施設毎に最大、最小、平均となる係数を定める。

$$X = A\sqrt{t} \quad \dots (7)$$

ここに、Xは中性化深さ(mm)、tは経過時間(年)、Aは中性化速度係数を示す。

下表に最初沈殿池、反応槽、最終沈殿池における中性化深さの実測値および実測値から求めた中性化速度係数を示す。(表-1)

表-1 最初沈殿池・反応槽・最終沈殿池の中性化深さおよび中性化速度係数 (深さ: mm)

最初沈殿池 流域名	経過年数 t	中性化深さ(実測)		中性化 速度係数 A=X/√t	反応槽 流域名	経過年数 t	中性化深さ(実測)		中性化 速度係数 A=X/√t	最終沈殿池 流域名	経過年数 t	中性化深さ(実測)		中性化 速度係数 A=X/√t
		最小 Li	最大 La				最小 Li	最大 La				最小 Li	最大 La	
豊川	8	3.3	4.3	1.5203	豊川	8	1.1	3.3	1.1667	豊川	11	3.5	4.2	1.2663
	25	3.8	4.6	0.9200		11	0.9	7.8	2.3518		11	3.5	4.7	1.4171
	22	2.0	2.5	0.5330		13	1.2	3.0	0.8321		13	2.9	3.8	1.0539
	15	2.7	3.1	0.8004		13	0.8	5.0	1.3868		衣浦西部	7	1.7	3.5
	24	3.8	6.0	1.2247	15	4.0	8.0	2.0656	3	2.1		3.3	1.9053	
	21	1.9	6.3	1.3748	15	7.0	10.0	2.5820	五条川左岸	5	6.0	6.2	2.7727	
衣浦西部	20	2.5	2.5	0.5590	15	9.0	12.0	3.0984		5	6.0	6.5	2.9069	
	13	5.0	5.0	1.3868	8	5.0	6.0	2.1213		5	4.0	6.0	2.6833	
	11	3.7	6.2	1.8694	8	3.0	4.0	1.4142	境川	19	2.0	2.0	0.4588	
	7	2.8	4.5	1.7008	8	5.0	7.0	2.4749		矢作川	10	2.0	2.2	0.6957
3	1.9	1.9	1.0970	8	7.0	8.0	2.8284	衣浦東部	12	4.4	12.4	3.5853		
境川	9	1.0	3.0	1.0000	7	2.5	4.5		1.7008	12	6.7	11.9	3.4352	
	矢作川	15	8.0	10.0	2.5820	3	1.5	5.3	3.0600	五条川右岸	5	2.4	4.0	1.7889
衣浦東部	12	2.2	4.9	1.4145	境川	9	1.0	10.0	3.3333		全流域での最大係数A7		3.5853	
全流域での最大係数A1				2.5820	矢作川	15	1.5	3.0	0.7746	全流域での最小係数A8		0.4588		
全流域での最小係数A2				0.5330	日光川上流	6	2.0	4.0	1.6330	全流域での平均係数A9		2.0221		
全流域での平均係数A3				1.5575	6	1.5	1.5	0.6124	五条川右岸	5	0.5	8.6	3.8460	
					5	0.6	0.9	0.4025		5	0.8	0.8	0.3578	
					全流域での最大係数A4		3.8460							
					全流域での最小係数A5		0.3578							
					全流域での平均係数A6		2.1019							

測定箇所により中性化深さにばらつきがあること、また測定方法自体も誤差が出やすいことから、中性化速度係数には、最大と最小でかなり幅を持った値となった。そのため、最大、最小、平均の各係数で中性化深さを予測すると図-1～3 のとおりとなった。施設管理においては予防保全的対処が求められることから、最大値により今後の施設管理のあり方を検討すべきと考える。(図-4)

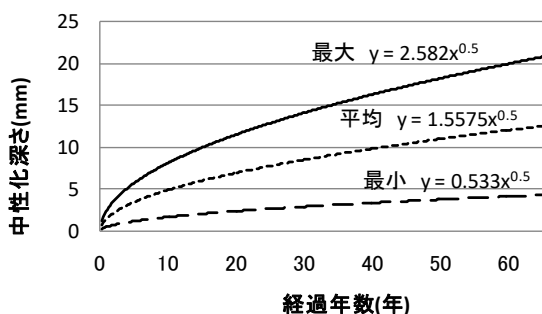


図-1 最初沈殿池の中性化深さ予測結果

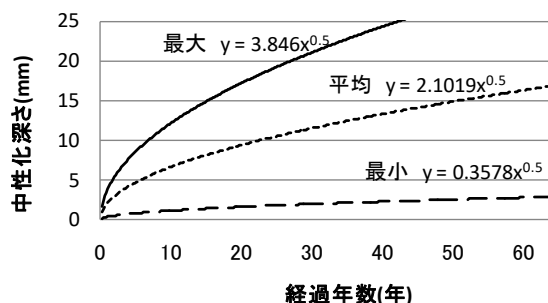


図-2 反応槽の中性化深さ予測結果

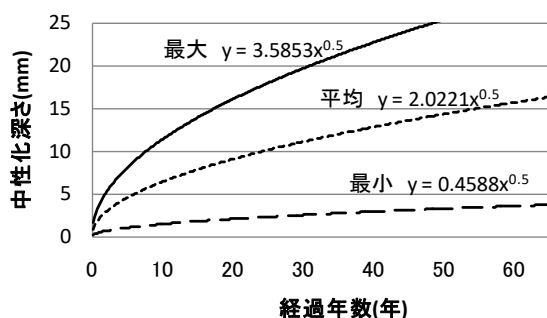


図-3 最終沈殿池の中性化深さ予測結果

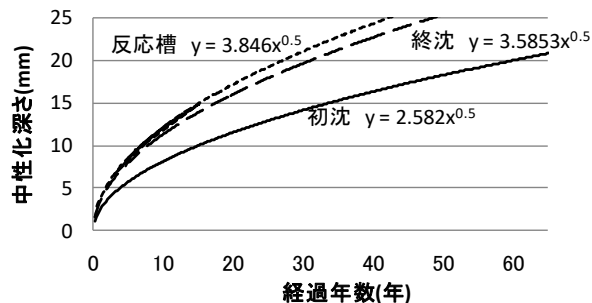


図-4 中性化速度係数最大値による予測結果

5. 今後の課題

水処理施設のコンクリートの中性化が進行した場合、鉄筋の腐食や有効断面減少による躯体強度の低下が問題である。鉄筋の腐食防護という観点から考えると、下水道施設の鉄筋のかぶりが50mmであることから、仮に当面の管理の目安として20mm以内と設定した場合、もっとも中性化の進行の早い反応槽で27年程度、最終沈殿池で30年程度、最初沈殿池では60年程度経過した段階で進行状況を確認することで対処が可能と考える。しかし、躯体強度の低下という点からは、当初の構造計算において、多少の余裕が見込まれていると思われるが、どの程度まで中性化が許容されるかについては、個別の構造計算の確認が必要となる。そのため、許容中性化深さをどのように設定するか、引き続き検討していく。

参考文献

- 1) 魚本健人、高田良章：コンクリートの中性化速度に及ぼす要因、土木学会論文集 No.451/V-17, pp119-128 1992.8
- 2) ライフサイクルサポート研究会：コンクリートの侵食性炭酸腐食と対策、月刊下水道 Vol.27 No.1, pp116-119

問い合わせ先：愛知水と緑の公社下水道部管理課技術担当

TEL 052-971-3054

E-mail awg-g-ij@pluto.plala.or.jp