

反応タンクの中性化対策について

横浜市 ○太田崇智
中郡俊文

1 はじめに

横浜市には全 11 か所の水再生センターが稼働しているが、平成 28 年度末現在で全ての水再生センターにおいて供用開始後 30 年以上が経過しており、経年数の増大に伴う老朽化が深刻な状況にある。

下水道施設におけるコンクリート構造物の寿命に悪影響を及ぼす腐食要因の一つとして中性化が挙げられており、近年、反応タンクにおいて、微生物による有機物の分解に起因する中性化が顕著にあらわれる傾向がみられている。反応タンクにおけるコンクリートの中性化による腐食については、従来からよく知られている硫化水素に起因する腐食とは異なり、これまであまり問題にされることがなかった。そのため最初沈殿池や污泥処理施設等と比較するまでもなく防食対策の実績がほとんどない状況にある。

横浜市においては、反応タンクにおけるコンクリートの中性化による腐食が顕在化する中、構造物の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る目的で防食対策に取り組んでおり、その基本的な考え方と対策内容について紹介する。

2 中性化による鉄筋コンクリート劣化のメカニズム

下水道施設は過酷な腐食環境下であり、硫化水素の発生に起因する硫酸腐食、二酸化炭素による中性化、凍害、アルカリ骨材反応、電食等の様々な要因によってコンクリート構造物の耐久性が損なわれている。コンクリート構造物の中性化は、二酸化炭素がコンクリート内に侵入し、炭酸化反応によって本来アルカリ性である細孔溶液の pH を下げることで鉄筋の不動態被膜を維持できなくなり、鉄筋の酸化や膨張を誘発するものである。硫酸による腐食とは異なり進行速度が遅く、発生しても表面劣化やコンクリート強度の低下は生じないため、目視点検等による早期発見が難しいという問題を有している。本市でも、供用開始から 24 年経過した反応タンクにおいて中性化の進行が確認されたため、平成 19 年度より調査および対策手法の検討を行ってきた。

3 反応タンクの中性化調査

反応タンクの中性化の現状を確認するため、標準活性汚泥法を採用している旋回流式反応タンクにおいて、槽内の二酸化炭素濃度および中性化深さの調査を行った。二酸化炭素濃度の測定は図-1 に示すとおり、槽の流入側から流出側までを 12 ブロックに分け、槽内気相部で実施した。また、中性化深さの測定も、12 ブロックの気相部と液相部それぞれの壁面部において、フェノールフタレイン法により同様に実施した。

調査結果(図-2)から、二酸化炭素濃度は槽内全域において 1.0% 以上であり、一般的な大気中(約 0.037%)と比べて 2 オーダーも高い結果が得られた。また、ブロックごとの二酸化炭素の濃度変動は比較的小さく、槽内全域で高濃度の二酸化炭素が存在することが分かった。反応タンク気相部における中性化深さについては、槽内全域の気相部において中性化の進行が見られ、100mm を超える中性化

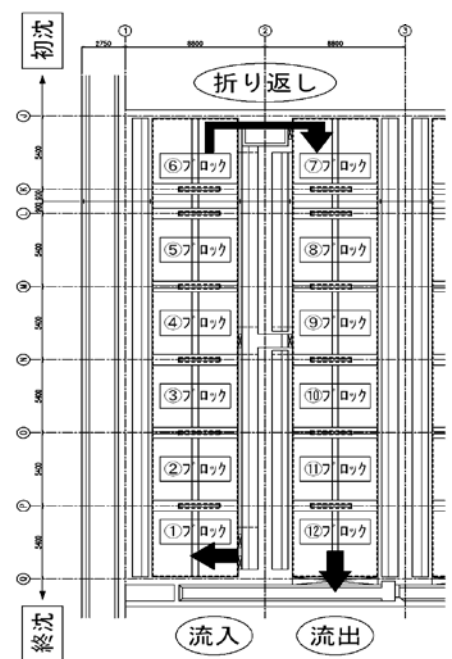


図-1 反応タンク槽内の調査箇所

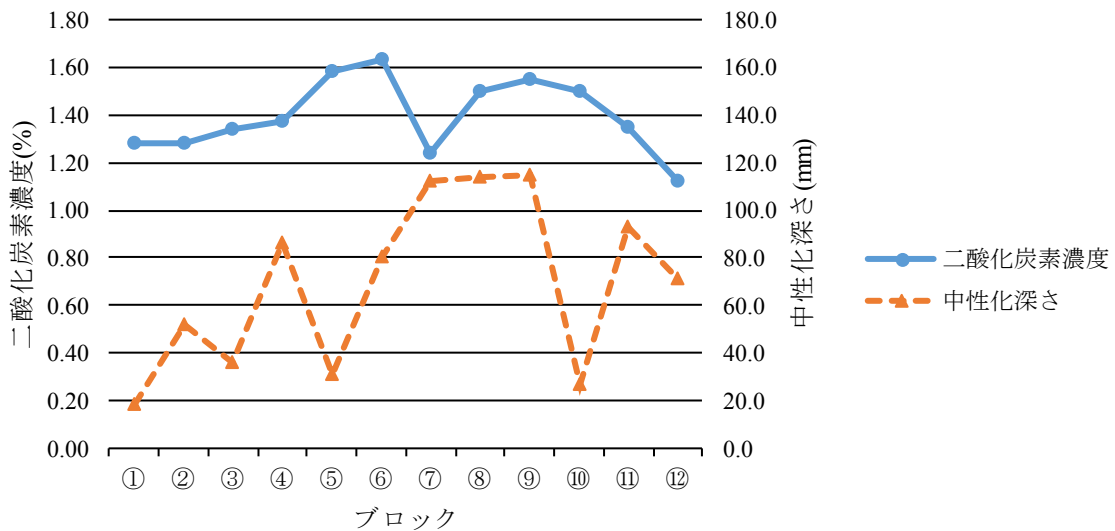


図-2 二酸化炭素濃度および中性化深さの調査結果

深さも確認された。気相部の平均中性化深さが 69.6mm であったのに対し、液相部は 10.9mm であり、液相部については気相部に比べて中性化深さは浅いという結果が得られた。以上の調査結果より、コンクリート構造物の健全性を維持する上で、反応タンク気相部の中性化対策は不可欠であると判断した。また本調査結果について、気相部の中性化はコンクリート標準示方書に示される中性化予測式からの計算結果にも合致することから、二酸化炭素による中性化が腐食要因であることを改めて確認した。

4 反応タンクの中性化対策について

(1) 対策工の選定

中性化の原因となる二酸化炭素や水の浸透が遮断された場合は、その後の中性化の進行はないものと考えられることから、一般的な対策としては劣化部補修や表面処理等が挙げられる。一方で、下水道施設の防食設計においては、「下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術マニュアル」(H24.4 日本下水道事業団)において腐食環境の分類例や類似施設の腐食対策事例を参考にして腐食環境の設定を行い、これに対応した防食被覆工法を選定するものとしている。二酸化炭素によるコンクリートの中性化は同マニュアルに示される腐食環境分類に明示されていないが、二酸化炭素の発生によるコンクリートの中性化に加え、最初沈殿池からの硫化水素の流入も想定されることから、反応タンクの中性化対策として、同マニュアルに準拠した腐食環境のうち最も近いと考えられる「腐食環境IV類」に区分することとし、その対策工として「防食工(A種)」を採用するのが適切であると判断した。

(2) 反応タンクの改築計画

表-1 に反応タンクの中性化対策(防食工)をしなかった場合(CASE1)と実施した場合(CASE2、3)の改築計画への影響について比較を示した。CASE1 に示したとおり、防食工を一切実施しない場合、約 20 年ごとに躯体の改築(打ち替え)を行い、標準的耐用年数(約 50 年)を経過する度に躯体の建て替えを行う必要があり、改築・更新費用が高くなる。一方で CASE2 に示したとおり、防食工を躯体建設当初は行わないが、供用開始後に実施する場合、標準的な防食の寿命(10 年)ごとに防食を更新することで、躯体耐久性の低下を防止し長寿命化を図ることができ、CASE1 に比べて経済的に有利となる。さらに、CASE3 のように防食工を躯体建設当初から実施する場合、鉄筋の爆裂のおそれがなく、長寿命化を最も効率的・効果的に図ることができ、経済的に最も有利となる。

以上の比較より、新たに築造する反応タンク躯体については建設当初に防食工を実施し、10 年ごとを目途

表-1 反応タンクの中性化対策を実施した場合としない場合の改築計画の比較

条件	【CASE1】 防食工を一切実施しない場合	【CASE2】 防食工を躯体建設当初は行わないが、 処分制限期間経過後から実施する場合	【CASE3】 防食工を躯体建設当初から実施する 場合
躯体の状況			
改築・更新内容	【躯体打ち替え】 ・コンクリート取り壊し工 ・鉄筋撤去 ・鉄筋工 ・コンクリート打設	【防食工】 ・表面処理工（超高压水）： 表面を5mm程度はつり ・断面修復工（耐酸性モルタル）：表 面5mm以上の断面修復 ・防食被覆工：JSのマニュアルにおけ るA種	【防食工】 ・CASE2と同様
改築・更新頻度	20年（改築：躯体の打ち替え）	10年（防食のみ更新）	10年（防食のみ更新）
改築・更新費	高い	比較的安い（CASE1に比して）	安い
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・改築期間が長期間に渡り、代替施設確保が困難となる。 ・躯体打ち替えに伴う振動等により既設本体構造物（健全部分）に甚大な影響を与える。（ひび割れの拡大、かぶりコンクリートの剥落などの損傷等） ・改築を繰り返すことにより、損傷等の発生・拡大を招き、長寿命化とは逆行する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄筋が爆裂した場合には、CASE1と同様の対応が必要となる。 ・防食工を行うことにより、既設本体構造物（健全部分）も含め耐久性が維持・向上する。 ・躯体耐久性（耐荷力）の低下を防止することができ、長寿命化を図ることができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・建設当初から防食工を行うため、躯体耐久性（耐荷力）の低下防止、長寿命化を最も効率的・効果的に図ることができる。
総合評価	×	△	○

に防食を更新することとした。また、すでに供用している躯体についても防食工を実施し、10年ごとに防食を更新することとした。

5 おわりに

本市では、平成22年度から反応タンクの中性化対策を長寿命化計画に位置付け防食工の施工を行い、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減に取り組んでいる。現在、反応タンクの防食施工から5年以上程経過した施設における経過は良好であることから、今後も設備更新等により反応タンクを開放するタイミングを考慮しつつ、引き続き計画的に中性化対策を進めていく予定である。

中性化は見えない部分で静かに進行していくものであり、全国的にも老朽化が進んできた施設で問題が顕在化してきていることから、早期発見に努めるとともに、今後も検討を重ね、より簡便で安価な対策を模索していきたい。

問合わせ先:横浜市環境創造局下水道施設整備課 〒231-0017 横浜市中区港町 1-1

TEL: 045-671-2847 E-mail: ks-shisetsuseibi@city.yokohama.jp