



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	下水処理施設におけるコンクリート腐食対策への取り組みについて
Author(s)	須賀, 雄一; 稲毛, 克俊
Description	第12回衛生工学シンポジウム (平成16年11月4日 (木) -5日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 3 上下水道管理 . 3-2
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 12, 93-96
Issue Date	2004-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1238
Type	departmental bulletin paper
File Information	3-2_p93-96.pdf



3-2 下水処理施設におけるコンクリート腐食対策への取り組みについて

日本下水道事業団技術開発部 ○須賀雄一
稲毛克俊

1. はじめに

下水道施設では、下水から発生する硫化水素より生成される硫酸によるコンクリート腐食が問題となっている。この問題を解決するために、日本下水道事業団では昭和 62 年に「コンクリート防食塗装指針(案)」を発行して以来、何度かの改訂を経て、平成 14 年 11 月に「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指針」を発行した。この指針に基づいて、樹脂による表面被覆工法を中心に腐食対策を実施しているが、まだ十分に解決されたとは言えない。今回は、下水道における硫酸腐食の機構と現状、および新しいコンクリート防食技術の開発に向けた下水道事業団の取り組みについて紹介する。

2. 腐食機構

コンクリートは強アルカリ性物質であり、酸性環境下では様々な酸と反応し劣化する。下水道施設においては特に硫酸による腐食現象が最も顕著である。

下水道施設におけるコンクリートの硫酸による腐食メカニズムは図 1 のとおりであり、次の 4 段階に分けられる。①嫌気条件下で、下水中の硫酸イオンが硫酸塩還元細菌により還元され、硫化水素となる。②液相中の硫化水素が気相部に放散される。③気相部の硫化水素が壁面の結露水中に取り込まれ、硫黄酸化細菌により硫酸となる。④硫酸とコンクリート中の水酸化カルシウムが反応し、腐食物質が生成する。

腐食物質である二水石こうや、エトリンガイトには強度はほとんど無く、容易に剥離するため、鉄筋腐食を促進し、構造物の大きな強度低下を招く。このため、管渠が埋設されている道路では陥没事故等を引き起こす原因ともなっている。

これらの現象は主に気相部で見られるが、特に、次の条件に該当する場所では腐食が顕著である。
①下水が嫌気状態である。
②下水や汚泥が滞留・沈殿しやすい。
③嫌気性の下水が攪拌状態にある。

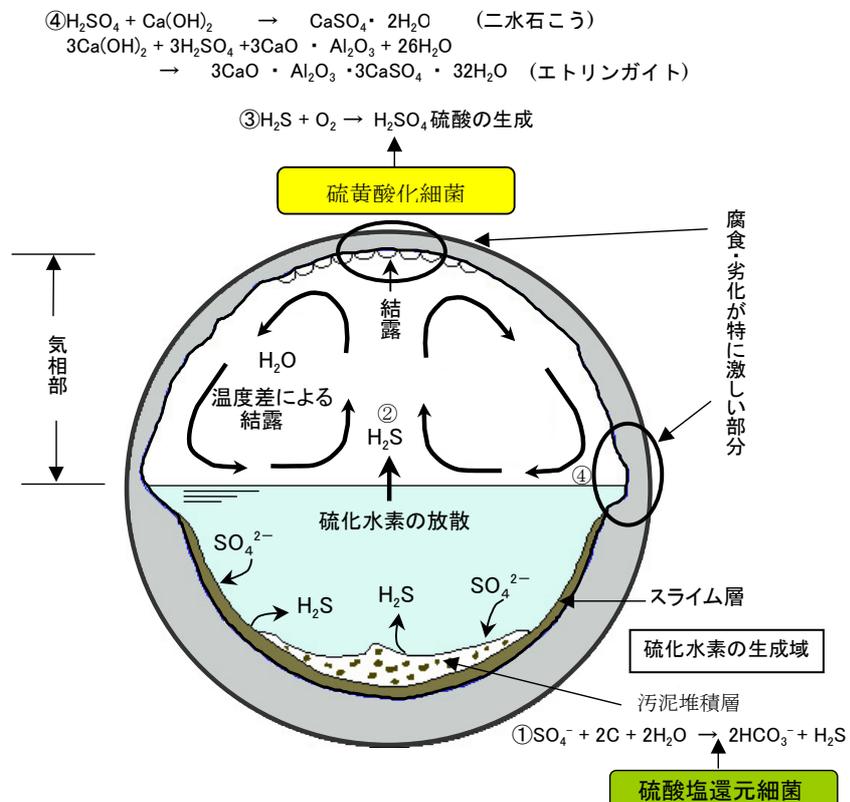


図 1 下水道施設におけるコンクリートの腐食概念図

④密閉構造のコンクリート構造物である。これらの条件がそろえば、温度変化が少なく、また、高湿度環境となるため、硫酸塩還元細菌や硫酸化細菌の活動が活発となり、硫酸の生成速度が速まる。そのため、3年から5年程度で補修が必要となるケースもあり、下水道の建設・維持コストを押し上げる原因ともなっている。(写真1)



写真1 供用開始後約15年経過後の下水処理場の流入水路の天井部(すでに鉄筋まで腐食)

3. 腐食対策

現在コンクリートの腐食対策として主に採用されているのは、防食被覆工法による防食技術と、腐食抑制技術である。

(1) 防食被覆工法による防食技術

下水道コンクリート構造物の硫酸による腐食対策として、現在最も多く採用されているのは、樹脂による防食被覆工法である。これはコンクリートの表面を耐酸性の樹脂で被覆し、硫酸が直接コンクリートと接しないようにする方法である。防食用樹脂としてはエポキシ樹脂をはじめ10種類以上が実用化されている。また、施工方法としては液体状の樹脂をコンクリートに塗る塗布型ライニング工法と、あらかじめ工場製作された樹脂パネル製品をコンクリート表面に張りつけるシートライニング工法がある。

防食被覆工法の採用により、コンクリートの腐食問題はかなり改善されたが、まだ十分とは言えない。例えば、防食被覆にピンホールやひび割れが1箇所でもあると、図2のように、そこから侵入した硫酸によりコンクリートが腐食する。特に塗布型ライニング工法の場合、ピンホールを無くすことは非常に困難である。樹脂自体に施工不良が無くても、コンクリート自体にひび割れ等の問題があると表面の樹脂にもひび割れが発生する可能性もある。現状ではコンクリートのひび割れはある程度抑制できても、完全に無くすことは困難である。シートライニ

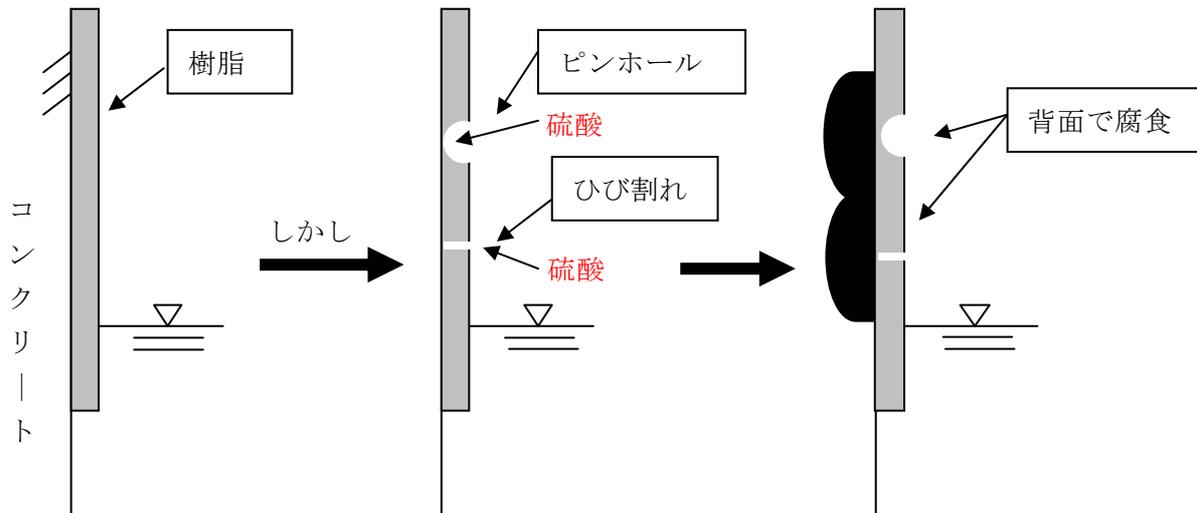


図2 防食被覆のピンホールやひび割れによるコンクリートの腐食

ング工法で使用する樹脂パネルは工場製作品のため、ピンホールが発生する可能性は低いが、下水道施設はコンクリートへの埋め込み配管や、機械類等、構造的に複雑な部分が多く、シーートの加工が困難である。加工が不十分であると配管部等の隙き間から硫酸が侵入し、コンクリートを腐食させる。これらの理由から、防食被覆工法の耐用年数は10年程度が限界と考えられている。

(2) 腐食抑制対策

腐食抑制対策とは、コンクリートを腐食させる原因である硫酸の生成および硫酸の生成因子である微生物の活動を抑えるための手法であり、表1に示す方法が考えられている。このうち硫化水素の生成抑制は主に圧送管で採用されており、硫酸の生成抑制は自然流下管や下水処理場で採用されている。これらはある程度は有効ではあるが、対策を常時とりつづけないと効果は十分に発揮されない場合がある。換気に関しては、換気量を多くすればするほど腐食抑制対策としては効果的

表1 腐食抑制対策の種類と特徴

目的	方法	効果	課題
硫化水素の生成抑制	空気注入 酸素注入 薬剤注入	硫酸塩還元細菌の活動抑制 ・嫌気化防止 ・代謝阻害	・適正な注入量 ・効果の評価手法の確立 ・制御方法の確立
硫化水素の低減、硫酸の生成抑制	換気・脱臭 抗菌材 防菌材	硫黄酸化細菌の活動抑制 ・硫化水素ガスの低減 ・乾燥化 ・代謝阻害	・適正な換気量の把握 ・適正な使用範囲の把握

であるが、臭気を含む空気が大量に放出されるため、脱臭を行なう必要があり、結果的にコストがかかるケースもある等、単独の対策としては限界がある。

(3) 総合的腐食対策

以上のように、腐食問題を1つの腐食対策だけで解決しようとするとうる様々な問題が発生することとなる。総合的腐食対策とは、複数の腐食対策を組み合わせることにより、もっとも経済的な方法を選定しようとする手法である。下水道の腐食環境は一様ではなく、場所によって大きく異なる。防食被覆工法についても環境に応じて被覆材の規格を4種類に分類している。より厳しい腐食環境で防食被覆工法のみで腐食対策を取ると、より耐酸性の強い材料を使用することになるが、材料費は高くなる、一方、腐食抑制対策と組み合わせることにより、耐酸性は弱い安価な材料でも十分な腐食対策となれば、その方が経済的となる場合がある。下水道事業団では施設設計を実施する際は、総合的腐食対策により最も経済的な腐食対策を取るよう指針で定めている。

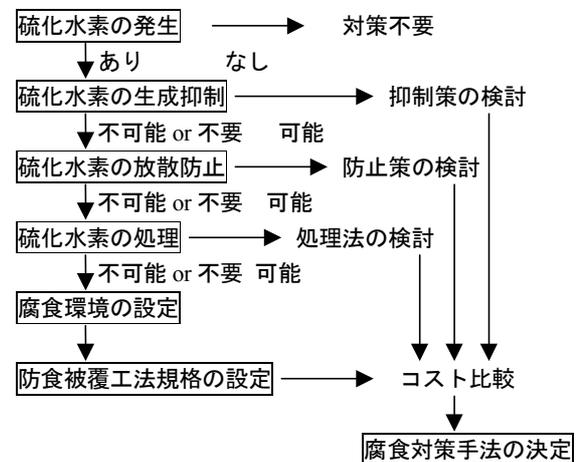


図3 総合的腐食対策フロー

4. 新しい取り組み

現在腐食対策として実施されている方法は、いかにコンクリートと硫酸を接触させないかということが中心であるが、現在の新しい取り組みとしてコンクリート自体に耐硫酸性を持たせる研究が盛んに実施されている。コンクリートは一般的に強アルカリ性物質であり、酸による

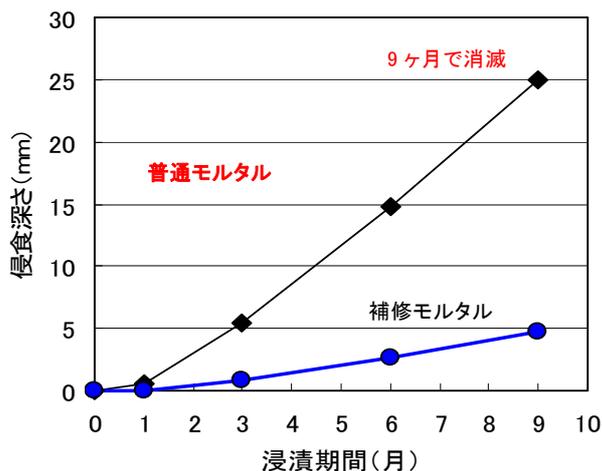
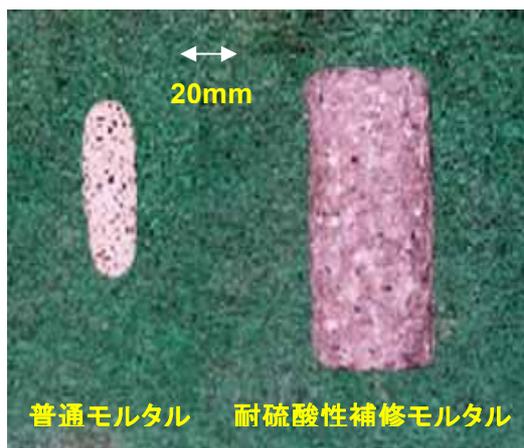
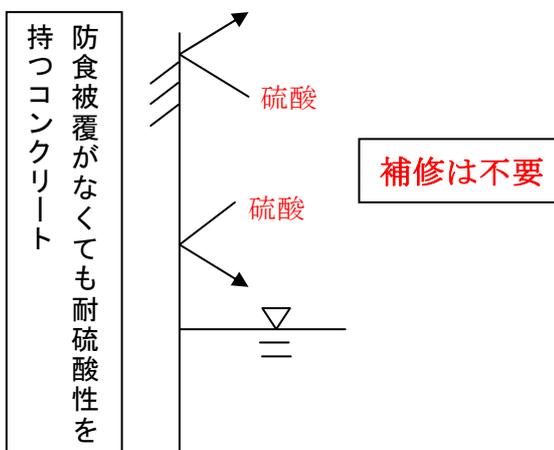


図4 5%硫酸溶液に浸漬した普通モルタルと耐硫酸性補修モルタルの侵食深さと外観

腐食を完全に抑えることは困難であるが、反応速度を遅くすることはできる。コンクリートの腐食に関与するのは主にセメント中の水酸化カルシウムであるが、水酸化カルシウムはセメントの水和反応に利用されなかった余剰のカルシウム分であり、これを減らせば耐硫酸性を向上させることができる。また、コンクリートはもともと透水性があるが、できるだけ空隙を小さくすることにより、コンクリート硫酸の侵入を抑えることができる。また、コンクリートに抗菌材を添加すれば硫黄酸化細菌の繁殖を抑える



ことができ、硫酸の生成量は減る。これらをうまく組み合わせることにより、耐硫酸性を持つコンクリートや補修モルタルの開発が可能となる。下水道事業団では現在、図4に示すように、普通コンクリートおよび普通モルタルの5倍程度の耐硫酸性を持つ材料の開発に成功しており、今年度から10倍程度の耐硫酸性を持つ材料の開発に着手している。これらの材料を使用すれば、条件によっては防食被覆工法を省略しても十分な腐食対策となり得る。

5. まとめ

- ① 下水道施設では、微生物により生成された硫酸によってコンクリートが腐食する現象が起き問題となっている。
- ② コンクリート腐食対策として、樹脂による防食被覆工法や、空気注入等の腐食抑制対策が実施されているが、まだ不十分である。
- ③ 新しい腐食対策として、耐硫酸性を持つコンクリートおよび補修モルタルの開発が行われている。

コンクリートの硫酸による腐食が問題になって久しいが、いまだに根本的な対策がなされていない。今後、老朽化した処理場や管渠の増加に伴い、腐食によるトラブルが多く発生することが予想されるため、新設される下水道施設だけでなく、既存施設に対する腐食対策についても十分に検討する必要がある。