コンクリート下水管路の劣化調査　その１．管路内表面水の分析

（一財）日本建築総合試験所　正会員　○中山　健一
（一財）日本建築総合試験所　正会員　吉田　夏樹
パシフィックコンサルタンツ（株）　正会員　山中　明彦
大阪大学　正会員　鎌田　敏郎

１．はじめに

コンクリート下水管路において，H_2S の発生が懸念される箇所では，微生物の働きにより H_2S から硫酸が生成し，水面より上部で硫酸劣化が生じると報告されている[1)]．一方，吉田と中山[2)]は，硫酸や硫酸塩が作用する環境下において，構造物が接する環境を化学的に分析する重要性を指摘し，溶液の pH と SO_4^{2-}濃度の条件により，コンクリートの劣化機構（硫酸劣化，硫酸塩劣化）や劣化速度が異なることを室内実験で明らかにしている．しかし，現状では，管路内の H_2S 濃度の分析は行われるものの，劣化を直接的に導く管路内表面の水分（以下，表面水と呼ぶ）の分析はあまり行われないことから，劣化環境の実態や劣化機構の詳細については不明な点があった．

そこで筆者らは，表面水の採取を計画し，環境濃度を把握することや，コンクリートに生じた劣化現象を分析して環境濃度との関係を明らかにすることを目的として，大阪市内の下水管路の調査を行った．その 1 では，表面水等の分析結果を報告する．

２．表面水の採取方法

大阪市内の 37 箇所の下水管路から試料を採取した．試料を採取するにあたり，当初，結露水の採取を想定していたが，結露水が見られない箇所が多くあったため，**図-1** に示す採取方法を検討した．

管路内が湿潤で水滴がある場合，スポイトなどで採取した．水滴がない場合，ゴム板で表面水をかき集めるか，管路内表面の付着物（コンクリートの腐食生成物や下水中の物質と思われる）を皮すきで採取した．なお，付着物は**図-2** に示す手順で分析した．付着物を遠心分離し水分を採取した．水分が分離できない場合，付着物を 40℃の気中で乾燥させた後，蒸留水を加えて成分を抽出した（以下，抽出水と呼ぶ）．抽出時の質量比（付着物：蒸留水）は，地盤工学会が示す土の分析方法を参考に，pH 測定は 1：5，SO_4^{2-}濃度測定は 1：10 とした．管路内に表面水や付着物がない場合，管路内表面に蒸留水を噴霧してできた水滴（以下，人工水滴と呼ぶ）を採取した．

３．pH および SO_4^{2-}濃度の測定方法

各種採取水を 0.20μm のろ紙でろ過して不純物を取り除き，pH は，水滴で測定できる pH 計で測定し，SO_4^{2-}濃度は，ろ紙に試料を滴下して乾燥後，蛍光 X 線分析装置で S を定量分析し，SO_4^{2-}濃度に換算した．

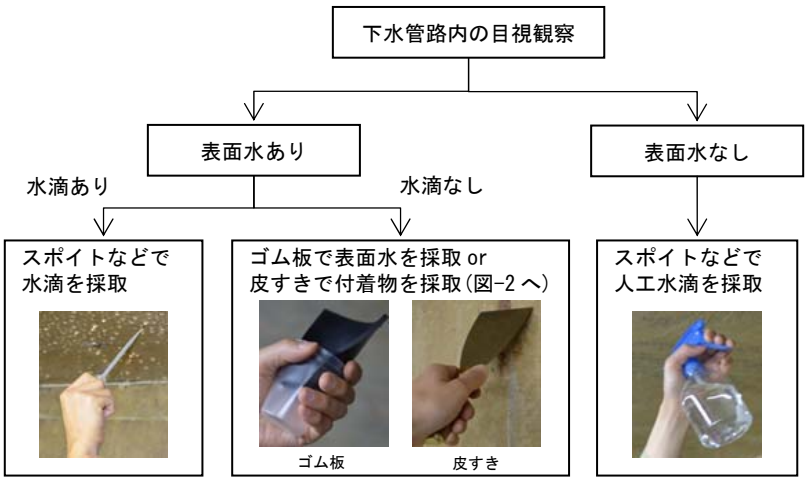

図-1　下水管路内の表面水の採取方法

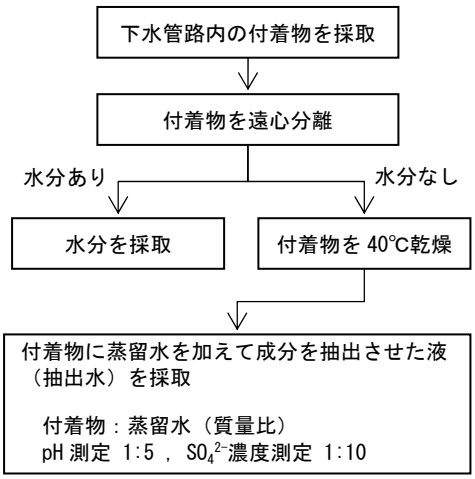

図-2　付着物の分析方法

キーワード　下水道，硫酸劣化，硫酸塩劣化，pH，SO_4^{2-}濃度
連絡先　〒565-0873　大阪府吹田市藤白台 5-8-1　（一財）日本建築総合試験所　材料部 材料試験室　ＴＥＬ06-6834-0271

4．測定結果および考察

図-3 に，試料の pH および SO_4^{2-} 濃度の分析結果を示す（●：表面水，○：抽出水，△：人工水滴）．抽出水と人工水滴の値は，実環境濃度を正確に表すものではないが，各試料の pH は，中性から強酸性の範囲に広く分布しており，コンクリートは様々な環境に曝されていることが明らかとなった．その中には，表面水の pH が 0.4，SO_4^{2-} 濃度が 5.24%と，極めて厳しい環境条件も見られた．

SO_4^{2-} 濃度について，土木学会のコンクリート標準示方書に示される劣化環境の目安（0.2%）に相当する，もしくはこれを上回る環境が多く存在していた．pH3 以下の強酸性域の試料について，SO_4^{2-} 濃度は，図中に示した純粋な硫酸に含まれる SO_4^{2-} の理論濃度よりも高いことから，硫酸だけではなく硫酸塩が混在することによって，SO_4^{2-} 濃度が高まっているものと推察された．吉田と中山の室内実験結果[2]から，pH3 以下の範囲では，主に酸と SO_4^{2-} の作用，pH3 以上の範囲では，主に SO_4^{2-} の作用による劣化が懸念される．なお，特に pH3 以下の 4 点について，下水管路の構造や周辺施設との関係を整理すると，調査箇所は圧送管の吐出し口やビルピットの近傍であり，H_2S が発生しやすい環境であった（**表-1**）．

次に，各環境条件における下水管路表面の劣化状況の一例を**写真-1** に示す．コンクリートの配合条件なども劣化状態に影響を及ぼすと考えられるが，総じて，pH3 以上の環境では，多くの箇所で劣化は見られたものの，劣化状態は相対的に穏やかであった．一方，pH3 以下の環境では相対的に劣化が大きく，つららの形成（pH0.4，SO_4^{2-} 濃度 5.24%）や，粗骨材の露出が顕著に見られた．

5．まとめ

(1)下水管路内表面の水分の採取方法を検討し，各種採取水の pH と SO_4^{2-} 濃度を分析した．

(2)pH は，中性から強酸性の範囲に広く分布し，SO_4^{2-} 濃度は，土木学会が示す劣化環境の目安（0.2%）以上の環境が多く存在することが明らかとなった．

(3)コンクリートの劣化状況について，pH3 以上の環境では，劣化は相対的に穏やかであり，pH3 以下の環境では，つららの形成や，粗骨材の露出が顕著に見られた．

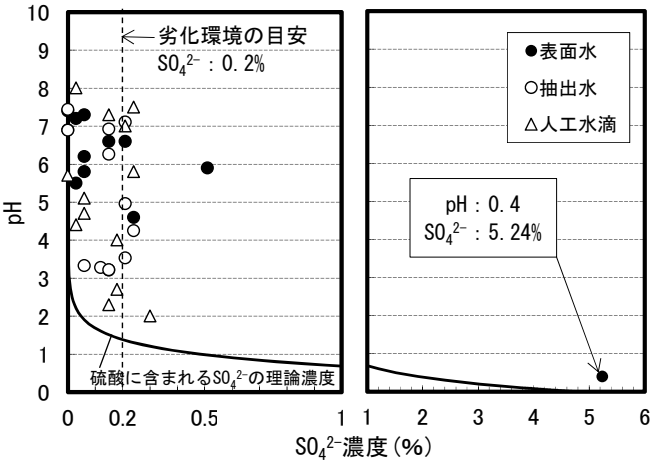

図-3　pH と SO_4^{2-} 濃度の関係

表-1　pH3 以下の環境と周辺施設との関係

pH	SO_4^{2-} (%)	採取水	周辺施設
0.4	5.24	表面水	圧送管の吐出し口
2.0	0.30	人工水滴	圧送管の吐出し口
2.3	0.15	人工水滴	ビルピット排水管
2.7	0.18	人工水滴	圧送管の吐出し口付近

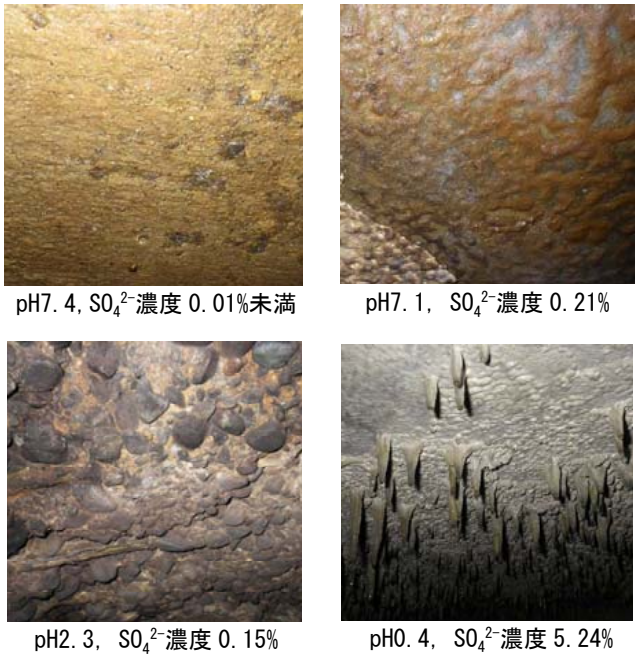

写真-1　劣化状況の一例

参考文献

1)中本至，谷戸善彦：下水処理場におけるコンクリートの劣化に関する調査研究，土木学会論文集，第 403 号／VI-10，pp.111-120，1989

2)吉田夏樹，中山健一：硫酸および硫酸塩によるコンクリートの化学的侵食に関する一考察，コンクリート工学年次論文集，Vol.35，No.1，pp.715-720，2013