

実環境下における硫酸濃度の推定手法に関する研究

岡山大学大学院 学生会員 ○佐藤 拓也

岡山大学大学院 学生会員 西野 隆

岡山大学大学院 正 会 員 藤井 隆史

岡山大学大学院 正 会 員 綾野 克紀

1. はじめに

全国の下水道施設でコンクリート劣化が顕在化している。下水道内では、下水から硫化水素が発生し、コンクリート表面で硫酸に酸化され、コンクリートを激しく劣化させる。下水道施設では、想定された期間よりも早期に硫酸による劣化が生じるものが増加している。コンクリートの劣化の進行を予測することは、下水道構造物等の耐久性設計において必要不可欠なものである。本研究では、硫酸への浸漬期間と硫酸の濃度の積とコンクリートの硫酸による侵食深さは、線形関係にあることを示し、この関係を用いて、実際の下水道環境における硫酸濃度の推定手法の検討を行った。

2. 実験概要

結合材には、普通ポルトランドセメント（密度: 3.15g/cm^3 ，ブレン値: $3.300\text{cm}^2/\text{g}$ ），高炉スラグ微粉末（密度: 2.89g/cm^3 ，ブレン値: $4.150\text{cm}^2/\text{g}$ ）を用いた。細骨材には、川砂（密度: 2.60g/cm^3 ，吸水率: 1.98% ），高炉スラグ細骨材（密度: 2.73g/cm^3 ，吸水率: 0.40% ）を用いた。粗骨材には、砂岩碎石（最大寸法: 20mm ，密度: 2.74g/cm^3 ，吸水率: 0.36% ）を用いた。混和剤には、ポリカルボン酸系高性能減水剤を用いた。結合材に普通ポルトランドセメントと高炉スラグ微粉末を質量比 40:60 で混合したものを用い、細骨材に高炉スラグ細骨材を用いたコンクリートおよびモルタル(以下、高炉スラグを用いたコンクリートおよびモルタルと示す)を用いた。また、結合材に普通ポルトランドセメントを用い、細骨材に川砂を用いたコンクリートおよびモルタル(以下、川砂を用いたコンクリートおよびモルタルと示す)を用いた。

促進試験では、質量パーセント濃度で 5%および 10%の硫酸に $\phi 100 \times 200\text{mm}$ のコンクリート円柱供試体を浸漬させた。材齢 14 日まで水中養生を行った後、試験を開始した。7 日毎に水で洗浄し、劣化した箇所を除去して質量を測定した。また、硫酸に所定の期間浸漬させた供試体は切断し、フェノールフタレイン溶液を噴霧し、切断面の呈色域の直径を測定した。

曝露試験には、 $\phi 50 \times 100\text{mm}$ のモルタル円柱供試体を使用した。曝露試験は、流入マンホール内および消化タンク脱離液ピット内の 2 ヶ所で行った。図 1 に流入マンホール内の硫化水素濃度および温度の測定結果を示す。平均硫化水素濃度は流入マンホール内で 49.6ppm で、消化タンク脱離液ピット内で 11.4ppm である。

3. 試験結果および考察

図 2 は、硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積とコンクリートの硫酸による侵食深さとの関係を示したものである。この図より、硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積と硫酸による侵食深さとの関係は、いずれの配合のコンクリートにおいても線形関係であることが分かる。また、この関係は、モルタルにおいても成り立つことを確認している¹⁾。すなわち、硫酸濃度が分かれば、この関係を用いることで硫酸による侵食深さの予測が可能となることがいえる。

写真 1 は、流入マンホール内で 382 日間、曝露した後の供試体の切断面、呈色域の直径および硫酸による侵食深さを示したものである。川砂を用いたモルタルの硫酸による侵食深さ 3.35mm であった。川砂を用いたモルタルの硫酸による侵食深さと、硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積の関係より、流入マンホール内の硫酸濃度を推定すれば、図 3 に示されるように、0.29%程度となる。一方、高炉スラグを用いたモルタルの硫酸による侵食深さは 0.93mm で、川砂を用いたモルタルと同様な方法で硫酸濃度を推定すると、この場合も 0.29%程度となる。写真 2 は、消化タンク脱離液ピット内で 415 日間、曝露した後の供試体の切断面、呈色域の直径および硫酸による侵食深さを示したものである。図 3 と同様の手法により、川砂を用いたモルタルおよび高炉スラグを用いたモルタルの硫酸による侵食深さを基に、消化タンク脱離液ピット内の硫酸濃度を推定すると、図 4 に示されるように、いずれの場合も 0.31%程度となる。また、流入マンホール内と消化タンク脱離液ピット内で平均硫化水素濃度は異なるが、硫酸による侵食深さから推定される硫酸濃度は 0.29%～0.31%と同程度となることが分かる。

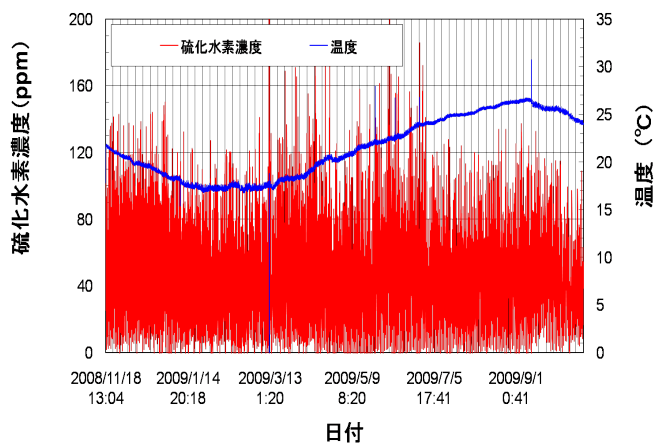


図1 流入マンホール内の硫化水素濃度および温度

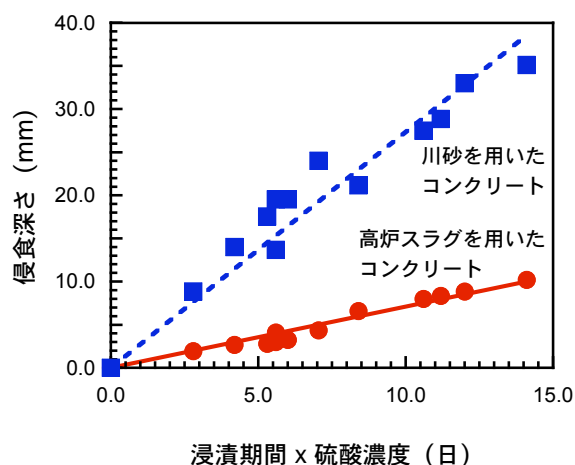


図2 硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積と
コンクリートの侵食深さとの関係

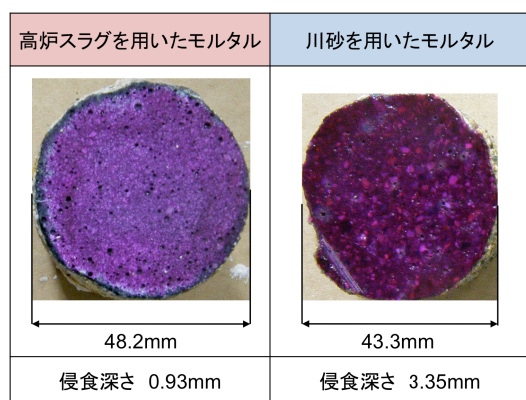


写真1 流入マンホール内の供試体断面、呈色域の直径および侵食深さ

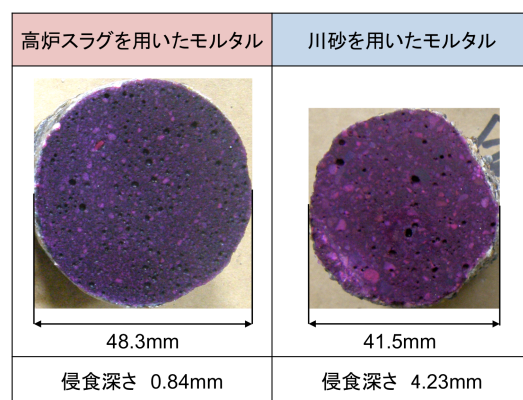


写真2 消化タンク脱離液ピット内の供試体断面、
呈色域の直径および侵食深さ

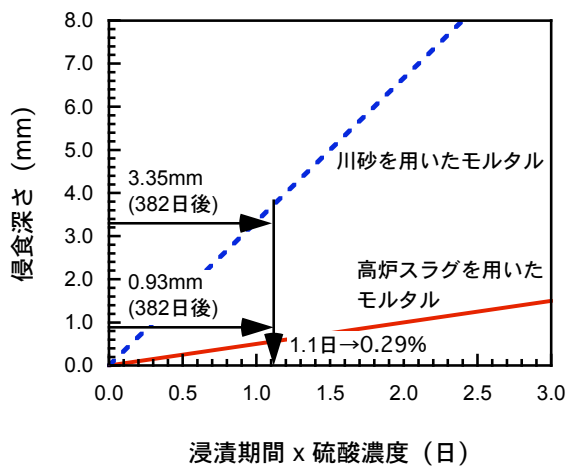


図3 流入マンホール内の硫酸濃度の推定

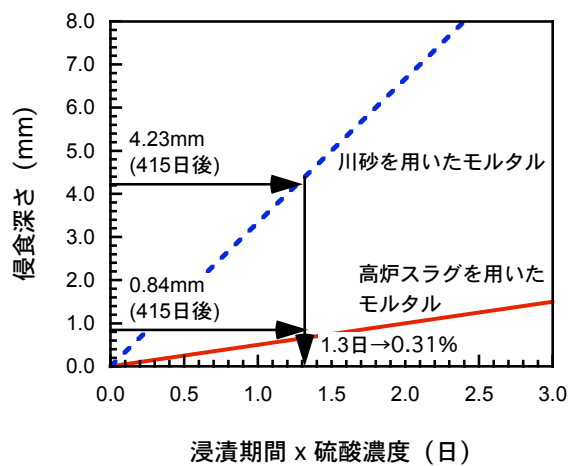


図4 消化タンク脱離液ピット内の硫酸濃度の推定

4. まとめ

硫酸への浸漬期間と硫酸濃度の積と硫酸による侵食深さとの間には線形関係が成り立つ。また、この関係を用いることで、硫酸による侵食深さから、硫酸腐食環境下の硫酸濃度の推定が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 藤井隆史, 西野隆, 細谷多慶, 綾野克紀: 高炉スラグを用いたコンクリートの耐久性に関する研究, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, Vol.9, pp.57-62, 2009.10