

高炉スラグによる強酸性温泉地におけるコンクリート構造物の劣化対策

大分工業高等専門学校 正会員 ○一宮 一夫 正会員 佐野 博昭
正会員 高見 徹 非会員 秦 敏和

1. はじめに

大分県別府市の明礬地区では温泉の酸や温度の影響でコンクリート構造物が激しく侵食されている。酸性温泉地におけるコンクリート構造物の劣化対策としては、エポキシ樹脂等による表面被覆が効果的であるが、中小の一般構造物にはコストの点で適用しにくく、施設管理者は対応に苦慮している。

本研究は、土壌、排水、噴気などの構造物周辺環境を改善して、コンクリート構造物を健全な状態で長期間維持する方法を検討するための基礎データの収集を目的に行った。周辺環境の改善方法として高炉スラグの長期に渡るアルカリ溶出性や分子吸着性に着目し、強酸性温泉地の環境改善への適用性を検討した。

2. 実験概要

2.1 硫酸の中和実験

高炉スラグによる硫酸の中和特性を調べるためにバッチ試験を行った。使用した材料は、 $d=1.2\sim 2.5\text{mm}$ の単一粒径の高炉スラグ（以下、BSとする）と高炉スラグ微粉末（以下、BFSとする）である。硫酸濃度は明礬地区の温泉水や土壌のpHを参考にして0.1N, 0.01N, 0.001N（それぞれ $\text{pH}=1.25, 1.93, 2.83$ ）の3水準に調整した。試験では硫酸500mlに高炉スラグ50gを入れ、スターラーで攪拌しながら硫酸のpHの経時変化を測定した。

また、比較のため酸性温泉水の中和材として使用実績のある石灰石微粉末（以下、LSとする）でも同様の実験をした^{1), 2)}。表1に使用材料の特性を示す。

2.2 温泉噴気の硫化水素濃度低下実験

明礬温泉において、BSによる噴気中の硫化水素（以下、 H_2S とする）濃度の低下効果を調べた。実験場所の選定にあたり、数地点で噴気の地表面での温度と H_2S 濃度を測定した。その結果、いずれの場所でも 95°C 以上、 H_2S 濃度2500ppm以上と極めて危険な環境であることが判明した。そこで測定上の安全性を考慮して図1に示す県道沿いにある噴気溜まりの天板の排気口（直径約10cm）からの噴気（ $50\sim 60^\circ\text{C}$, $\text{H}_2\text{S}=100$

表1 使用材料

名 称	略号	特 性
高炉スラグ	BS	密度 $2.70\text{g}/\text{cm}^3$, 粒径 $1.2\sim 2.5\text{mm}$
高炉スラグ微粉末	BFS	密度 $2.91\text{g}/\text{cm}^3$, 粉末度 $6000\text{cm}^2/\text{g}$
石灰石微粉末	LS	密度 $2.71\text{g}/\text{cm}^3$, 粉末度 $5300\text{cm}^2/\text{g}$

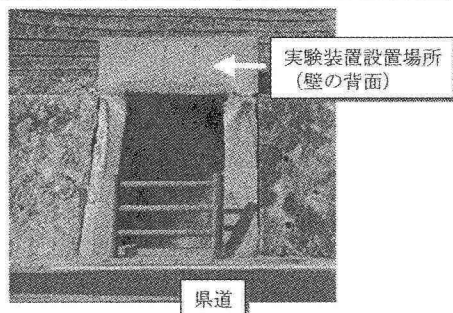


図1 現地での実験場所

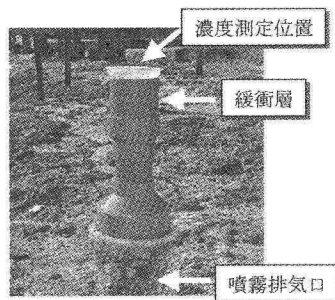


図2 現地での装置設置状況

～160ppm)を選んだ。実験には図2の装置を使用した。噴気は装置下端から取り入れ、装置中間部に設けたBS緩衝層（層厚20, 30, 40mm）を通過後の H_2S 濃度を装置上端部で検知管を用いて測定した。BSは装置下端の噴気が容易に緩衝層を通過でき、さらに量的に得やすいことから、 $d=1.2\sim 2.5\text{mm}$ の単一粒径で使用した。

また、緩衝層の材質や粒径の違いを調べるために耐酸性に優れているセラミックス球（材質：アルミナ、粒径(d): 1mmと2mm）でも同様の実験をした。

3. 実験結果

3.1 硫酸の中和実験

図3に硫酸浸漬時間とpHの関係を示す。まず、BSの場合は、0.1N, 0.01N, 0.001Nいずれの濃度におい

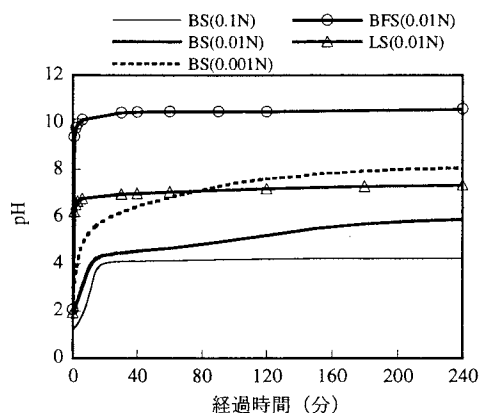


図3 硫酸浸漬時間とpHの関係

でも浸漬時間20分までにpHが急激に上昇した。その後の変化傾向は、0.01Nと0.001Nの場合は徐々にではあるが引き続きpHが上昇するのに対し、0.1NではpH=4付近で一定に推移した。このことより、硫酸濃度により中和特性が異なることがわかる。

一方、BFSの場合は、同じ硫酸濃度0.01NのBSと比較すると初期のpHの上昇速度ならびに最高値ともに大きくなった。また、LSの場合も初期のpHの上昇傾向がBFSと同様であることから初期のpH上昇速度の違いは粒径の影響であると言える。

3.2 温泉噴気の硫化水素濃度低下実験

図4にBS緩衝層の層厚と H_2S 濃度の関係を示す。図から、 H_2S 濃度は噴気の100ppmに対してBS緩衝層通過後は50～60ppmに低下すること、層厚は H_2S 濃度の低下度に影響しないことがわかる。これは、噴気に多量に含まれる水蒸気がBS粒子の表面に付着し、この付着水に H_2S が溶解したためと考えられる。なお、本研究の目的の一つであるBSによる H_2S 吸着性は現時点では確認できていない。

図5と図6は、粒子表面の付着水への H_2S の溶解特性を調べるために行ったセラミックス球を用いた実験結果である。なお、噴気の H_2S 濃度の違いは測定日が異なることによるものである。まず、図5のBSの粒径と同水準の $d=2mm$ のセラミックス球の場合は、 H_2S 濃度の低下量はBSの場合とほぼ同じであり、 H_2S 濃度の低下は、表面付着水の影響であることを確認した。また、図6のセラミックス球の粒径ならびに噴気通過時間を変化させた場合は、いずれの条件でも H_2S 濃度の低下量が同程度であることから、粒径や噴気通過時間は H_2S 濃度の低下に影響しないことがわ

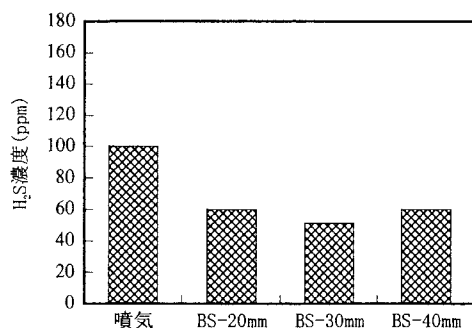


図4 高炉スラグ緩衝層の層厚と H_2S 濃度の関係

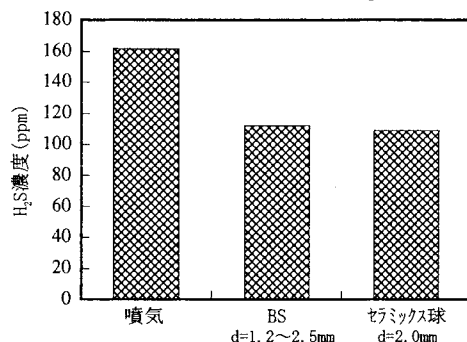


図5 緩衝層の材質と H_2S 濃度の関係

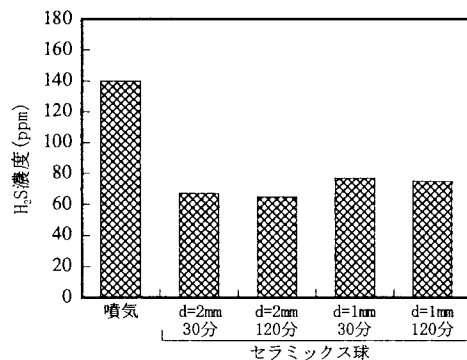


図6 粒径・噴気通過時間と H_2S 濃度の関係

かる。

4. まとめ

- (1) 高炉スラグで硫酸を中和できる。その効果は硫酸濃度が低いほど、粒径が小さいほど顕著である。
- (2) 噴気が高炉スラグの緩衝層を通過すると硫化水素濃度が低下した。これは、噴気中の水蒸気が粒子表面に付着し、それに硫化水素が溶解したためと考えられる。

謝辞：本研究の一部は平成15年度九州建設弘済会研究助成金（研究代表者：一宮一夫）により行った。

参考文献：1) 品木ダム水質管理所<http://www.ktr.mlit.go.jp/sinaki/>, 2) 玉川温泉の中和処理施設<http://www.thr.mlit.go.jp/>