

吸着能を有するジオシンセティックス複合材の砒素吸着性能とその時間依存性

大阪大学 学生会員 ○魚見太志
大阪大学 正会員 緒方 奨・乾 徹

1. はじめに

土壌や岩石に地質由来で含まれる重金属等の地下浸透対策のひとつとして、吸着層工法の適用が近年進められている。掘削物を一時的に仮置きする際などに有用な施工性に優れる吸着層材料として、吸着能を持つ吸着材料を不織布に担持させたジオシンセティックス材が開発されている。粒状や粉体状の吸着層材料の吸着性能の評価は、密閉容器中で対象重金属等を含む溶液や浸出水と吸着材を接触させるバッチ吸着試験が一般的に採用される。しかし、シート状材料については吸着材をシートに担持させることや、その際に用いるバインダーの影響を考慮し、適切に吸着性能を評価する必要がある。本研究では、重金属吸着能を有するジオシンセティックス材を対象に、五価の砒素の吸着性能をバッチ吸着試験によって評価し、粉体状の吸着材の吸着性能との比較、および接触時間が吸着性能に及ぼす影響について評価を行った。さらに、実現場での水との接触状態を模擬したカラム吸着試験を行い、バッチ吸着試験の結果との比較等を実施した。

2. 対象とするジオシンセティックス材

本研究では重金属等不溶化材として用いられるCa/Mg系複合材料¹⁾(写真-1左。以下、吸着材)を、236 g/m²の密度で不織布に担持させた3 mm厚さのジオシンセティックス材(写真-1右。以下、シート資材)を使用した。この担持量は製造時の設計値であるが、シート資材の強熱減量を行い、吸着材単体の強熱減量も考慮して、シート中の吸着材量を推定したところ、この値が確保されていることを確認している。



写真-1 Ca/Mg系複合材料（左）・シート資材（右）の外観

3. バッチ吸着試験

3.1 試験方法 直径φ70 mmの円形に整形したシート資材、および比較として、風乾質量0.9 gの吸着材単体を対象にバッチ吸着試験を行った。ここで0.9 gは、φ70 mmのシート資材に含まれる吸着材量に相当する質量である。500 mL容量の密閉容器にひ酸水素二ナトリウム七水和物を用いて所定の初期濃度（シート資材：0.02～1 mg/L, Ca/Mg系複合材料：1～50 mg/L）に調整したAs(V)溶液100 mLにシート資材もしくは吸着材を混合した。その後、0.25時間、2.5時間、もしくは24時間、200 rpm、振とう幅5 cmで水平振とうし、溶液を0.45 mm孔径メンブレンフィルターでろ過し、検液とした。

また、吸着材の水和による吸着性能への影響を評価するために、シート資材を7日間純水に浸漬させた後に、同様の手法で24時間の水平振とう、ろ過処理を行い、検液を作成した。いずれの実験も20±3℃の環境下で実施し、検液のAs濃度をマイクロ波窒素プラズマ発光分光分析装置、および水素化物発生装置を用いた検量線法により測定した。シート資材による吸着量は、資材中の吸着材の質量で正規化し、吸着材単体の試験結果と比較した。

3.2 試験結果および考察 試験終了時の溶液中のAs濃度と

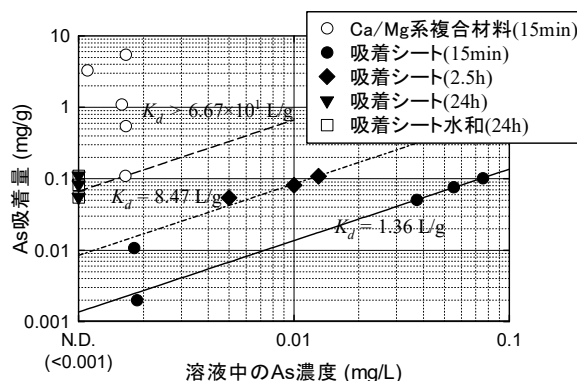


図-1 吸着等温線

キーワード 砒素, 吸着層工法, ジオシンセティックス材, 吸着試験

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-1 大阪大学大学院工学研究科 TEL: 06-6879-7623

As 吸着量の関係を図-1 に示す。振とう時間を制限していることから As 濃度は平衡濃度ではないことに留意されたい。ヘンリー型の吸着等温式を用いて見かけの分配係数 K_d を算出すると、吸着シートは 1.36 L/g、複合材料は 66.7 L/g 以上（線形関係が得られていないので、ここでは最小値を記載）となり、大きな相違が発生した。この原因として、粉体状である吸着材と不織布内に吸着材が接着材で担持されたシート資材で水との接触形態が異なることに起因すると考えられる。実際に、シート資材と As 溶液の接触時間を 2.5 時間とすると K_d は 8.45 L/g まで上昇し、24 時間とすると As 濃度は検出限界以下（ K_d は算出不能）となり、接触時間を確保することで、吸着量が大幅に上昇した。したがって、シート資材の吸着性を発揮するためには、浸透水の保持時間を確保することが望ましいといえる。一方、7 日間純水に浸漬させた吸着シートについても測定限界まで濃度を低減していることから 24 時間振とうの条件においては、水和による影響は見られなかった。

4. カラム吸着試験

4.1 試験方法 $\phi 50$ mm のアクリルカラムの上流側にガラスビーズを充填し、最下流部にシート資材を設置し、3.1 に示す方法で作製した 0.8 mg/L の As(V) 溶液を送液ポンプを用いて一定流量、上向流で総流出量が 1.5 L（単位面積あたり 763 mm 相当）に達するまで通水した。最下流部にシート資材を設置したのは、下流側のデッドボリュームを極力小さくし、濃度の変化を適切に計測するためである。カラム下流端からの流出液を 50 mL ごとに採水し、バッチ吸着試験と同様に As 濃度を測定した。通水流量はダルシー流速で 64, 128 mm/h の 2 水準とし、通水速度やシート資材中の浸透水の保持時間が吸着性能に及ぼす影響を評価した。なお、通常の水浸飽和時のシート資材の水分保持量は 5 cm^3 であったため、ダルシー流速 64, 128 mm/h に対応する浸透水の保持時間はそれぞれ 1.2 min, 2.4 min と推定できる。

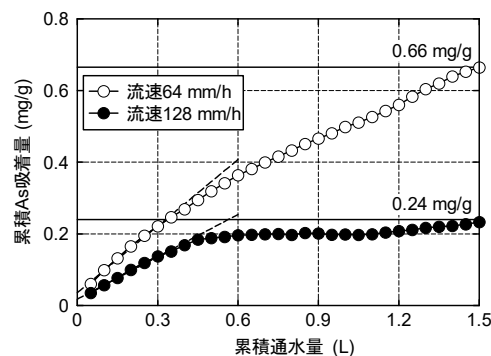


図-2 通水量と累積 As 吸着量の関係

4.2 試験結果および考察 カラム吸着試験における累積通水量とシート資材中の単位質量吸着材当たりの As 累積吸着量の関係を図-2 に示す。As 累積吸着量は流入水の As 濃度 0.8 mg/L と流出液の As 濃度との差分と当該区間の流量から算出している。流速 128 mm/h のカラム試験では通水量が 0.5 L を超えると、As 吸着量はほぼ一定となり、吸着限界に達していると考えられる。限界吸着量は 0.24 mg/g となり、平衡（初期）濃度との比率で算出される分配係数 K_d は、 $3.0 \times 10^{-1} \text{ L/g}$ となる。一方、吸着限界に達するまではほぼ線形的に As 累積吸着量が増加しており、一定の吸着速度で吸着が生じていることがわかる。この直線部分（図-2 中の破線部）の傾きと通水流量から算出できる吸着速度は、 $9.2 \times 10^{-2} \text{ mg/g/h}$ となった。

一方、流速 64 mm/h のケースでは 1.5 L を通水しても吸着限界には達しておらず、試験終了時の累積吸着量は 0.66 mg/g となった。また、吸着限界に達していないものの見かけの K_d は 0.83 L/g となった。このことから、保持時間が長くなることで、吸着性能が明らかに上昇することがわかる。一方、吸着速度に着目すると、通水量が 0.5 L 程度までは一定の傾きであり、その後わずかに傾きが低下し吸着速度が低下しているがほぼ一定速度で吸着が生じており、同様に初期の直線部分の傾きから吸着速度を算出すると $7.8 \times 10^{-2} \text{ mg/g/h}$ となった。よって、やや吸着速度は低下するが 128 mm/h の条件と同オーダーの速度が確保されていることがわかる。

重金属等の吸着作用を有するシート状のジオシンセティックス材を対象にバッチ吸着試験、カラム吸着試験を実施し、水相中の有害物質の接触時間が吸着特性に及ぼす影響を評価した。数分から数時間のオーダーの接触時間では明らかに見かけ分配係数は接触時間の短縮とともに低下すること、吸着限界に達するまではほぼ一定の吸着速度であることが明らかになった。今後もデータの蓄積を図り定量的な評価を行うとともに、このような吸着特性を考慮した地下浸透を適切に抑制しうる構造形式の検討、性能評価方法の確立を図りたい。

謝辞 本研究の実施にあたり、住友大阪セメント（株）に多大なご協力をいただいた。記して謝意を表す。

参考文献 1) 菊池定人・國西健史・木虎智子・板谷裕輝 (2012): カルシウム/マグネシウム系複合材料の吸着層工法への適用に関する基礎的検討, 土木学会年次学術講演会講演概要集, 67(3), pp.117-118.