

銅イオンを含むコンクリートからの溶出に関する基礎的研究

広島大学大学院 正会員 河合 研至
広島大学大学院 学生会員 ○賀谷 剛志

1. はじめに

近年、資源の有効利用を目的として都市ごみ焼却灰などの産業廃棄物のコンクリート材料への利用の研究がなされている。さらに、設計法が仕様規定型設計法から性能照査型設計法へと遷移しつつあり、将来的には様々な廃棄物や副産物の利用が考えられる。そのような廃棄物中には重金属を含む可能性があり、それらを材料とした構造物からの重金属溶出の可能性は否定できない。重金属の溶出を評価するために各国様々な溶出試験があるが、これらは全て廃棄物の最終処分を対象としたものでありコンクリート構造物からの重金属溶出の評価への妥当性は明らかになっていない。

本研究の目的は、現行試験法の適応性を明確にし、コンクリート構造物からの重金属溶出を予測するための指標および溶出試験方法を確立することであり、その基礎的研究として各種溶出試験の比較検討を行った。

2. 実験方法

2. 1 使用材料

本研究では意図的に重金属を含有させたモルタル供試体を作製し、実験に供した。ここでは重金属として銅を用いた。セメントには早強ポルトランドセメント（HC）、細骨材には豊浦標準砂、練混ぜ水には純水を使用した。供試体作製時に銅を試薬の塩化銅（Ⅱ）二水和物（ $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ：分子量＝170.48）としてセメント質量の1%練混ぜ水に溶解させ、モルタルに投入した。モルタルの水セメント比は0.3および0.5とした（以下、それぞれをHC3、HC5と記述）。

2. 2 溶出試験方法

本研究では、表1に示す溶出試験を行った。試験に用いた試料の大きさ、試料状態および液固比を表2に示す。液固比とは、溶出試験に用いる試料1gに対する溶媒の量である。pH依存性試験には決められた方法はなく、溶液pHが変化した時の溶出量の変化を見るためのものであり、本研究では環境庁告示13号試験およびDEV S4試験に準じて行った。なお、pHの確認には環境庁告示13号試験では万能型pH試験紙を、DEV S4試験ではpHメーターを用いた。タンクリーチング試験は、有姿の供試体からの拡散現象に支配された長期的な溶出挙動を把握するもので、寸法の異なる供試体を用いて実験を行った。

表2 供試体一覧

溶出試験名	寸法	状態	液固比 (ml/g)
環境庁告示13号試験	3mm	粉体	10
DEV S4試験	5mm	粉体	10
シリアル・ゲル試験	2mm	粉体	100
タンクリーチング試験	10cm	立方体	5
	4cm	立方体	5
	5mm	粉体	5
	5mm	粉体	10
	700μm	粉体	10
	125μm	粉体	50
	50μm	粉体	50

表1 溶出試験一覧

溶出試験名	概 略
環境庁告示13号試験(日本)	試料を純水を用い振とう機により6時間平行振とう
DEV S4試験(ドイツ)	試料を純水を用いスターラーにより24時間攪拌
シリアル・ゲル試験(オランダ)	試料をpH4硝酸溶液を用い振とう機により5日間平行振とう ただし、溶媒は1日ごとに交換
pH依存性試験	溶出試験において溶液を硝酸を用いてpH4.7に維持
タンクリーチング試験(オランダ)	供試体をpH4硝酸溶液に浸漬し、定期的に溶液採取

3. 結果および考察

HC5を用いた場合の各種溶出試験による溶出濃度、溶出量の結果を図1に示す。溶出量とは、試料1kgに対する溶出金属量である。

図1の上のグラフのように3種類の溶出試験を溶出濃度と比較すると、溶媒の種類や試験時間、振とう方法など試験方法の相違による溶出濃度への影響は出ていない。しかし、図1の下のグラフのように溶出量で比較した場合、各試験方法で違いが認められる。シリアルパッチ試験の溶出量が大きく出ているが、これは溶出試験時間が5日間連続となっており他の試験（環告13号：6時間、DEV S4：24時間）に比べて長いためと考えられる。また、シリアルパッチ試験における1日ごとの溶媒交換という方法は溶液が飽和状態になりにくいという点で長期的溶出量に影響があると考えられる。振とう方法による違いについては、環告13号試験およびシリアルパッチ試験においては振とう方法は振とう機を用いた平行振とう、DEV S4試験はスターラーを用いた攪拌であったが、溶出量への影響は少ないものと考えられる。溶媒の種類も試料が高アルカリ性であるためにほとんど影響がないものと考えられる。

次にpH依存性試験の結果を図2に示す。環境庁告示13号試験では連続的に振とうを行いつつpHの確認を行っていかねばならない必要性からpH試験紙を用いたが、pHの変動が非常に急激でありpH4および7に維持できていない時間が長くなったため、ここでは試験結果を示していない。DEV S4試験では、pHが低くなるほど溶出量が増えるという溶出量のpH依存性の傾向は確認された。しかし、pH7と4ではそれほど大きな差は生じていない。これはpHを維持するために硝酸を用いたことにより試料の溶解が生じ、酸を加えないpH12の結果に比べて大きな値となったと考えられる。

タンクリーチング試験の結果を図3に示す。HC5に着目してみると、試料寸法の小さいものつまり比表面積の大きいものほど溶出量は大きくなる傾向が見られる。これはHC3についても言えることであり、溶出量と比表面積には相関性があると考えられる。また、HC5とHC3で比較すると、どの寸法でもHC3の方が溶出量は小さくなっている。これは水セメント比の影響、試料の内部構造の影響であると考えられる。また、時間の経過とともに溶出量が一定になってきていることから、容器内で平衡状態に達したものと考えられる。

4. まとめ

- (1) 実構造物からの溶出を考える場合、長期的な溶出挙動が把握できるよう対象物に適した試料寸法や溶媒などを選定する必要がある。
- (2) 溶出量だけではなく、対象物質の移動性などの特性を考慮に入れた評価をする必要がある。

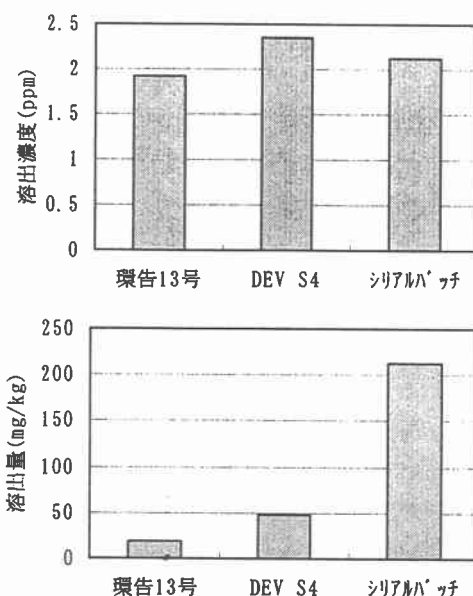


図1 溶出試験結果

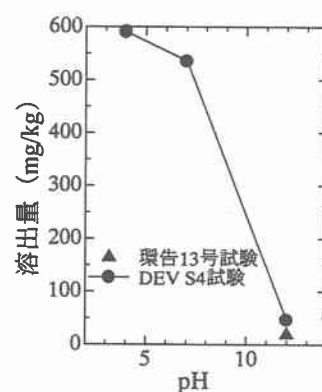


図2 pH依存性試験結果

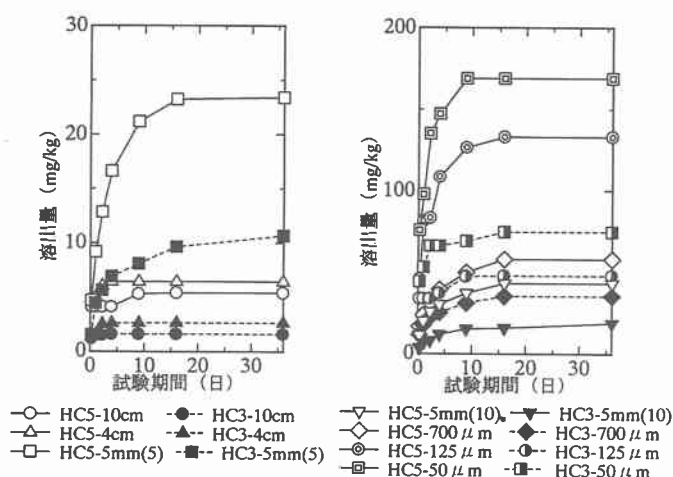


図3 タンクリーチング試験結果