

セメント硬化体からの重金属溶出試験方法の一提案

広島大学大学院 正会員 河合 研至
 広島県 正会員 賀谷 剛志
 広島大学大学院 学生会員 ○松村 健司

1. はじめに

近年、リサイクル意識の高まりを受けて、廃プラスチックや都市ごみ焼却灰等、産業廃棄物のコンクリート材料への有効利用に関する研究が多くなされている。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移行しつつあり、将来的には様々な廃棄物や副産物の利用が考えられる。しかし、廃棄物中には重金属等の有害物質を含む場合が考えられ、それらに起因する重金属溶出の危険性は皆無とはいえない。

本研究では、廃棄物からの重金属溶出評価に用いられる溶出試験をセメント硬化体に準用し、これらの試験における試験時間、試料寸法等の溶出操作を変えることにより、セメント硬化体からの銅、亜鉛の溶出特性について実験的検討を行うとともに、重金属溶出の試験方法を提案した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究では意図的に銅または亜鉛を含有させたモルタル供試体を作製し、実験に供した。セメントには早強ポルランドセメント、細骨材には6号、7号珪砂の混合砂（混合質量比6号：7号＝40：60）、練り混ぜ水には純水を用いた。供試体作製時に銅または亜鉛を試薬の塩化銅（Ⅱ）二水和物（分子量＝170.48）および塩化亜鉛（分子量＝136.30）として、練混ぜ水に溶解させ、それぞれモルタル中に混入した。モルタルのW/Cは0.6とした（以下、それぞれを、Cu-6、Zn-6と記述）。

2.2 実験方法

本研究において行なった溶出試験の概略を表1に示す。溶出試験における試験時間、試料寸法および液固比（ml/g）が溶出量（mg/kg）に及ぼす影響を把握するためにDEV S4試験（DEV試験）、環境庁告示13号試験（13号試験）に準じてそれぞれ表2に示す条件をパラメーターとして試験を行った。

表1 溶出試験一覧

溶出試験名	概 略
環境庁告示13号試験	粉体試料を振とう機により6時間平行振とうを行う
DEV S4試験	粉体試料をスターラーにより24時間かく拌を行う
タンクリーチング試験	供試体を溶液に浸漬し、定期的に溶液採取を行う

表2 溶出試験のパラメーター一覧

試験時間(h)	0.5、1、3、6、12、24（13号試験は6時間後までとする）
試料サイズ(mm)	0.5～5 5～10 10～15
液固比(ml/g)	5 10 20

タンクリーチング試験（TL試験）では表3に示すように寸法の異なる供試体を使用し、また溶媒のpHが溶出量に及ぼす影響を把握するため、5mmの供試体については、pH=4の硝酸酸性溶液と純水の2種類を溶媒として用意した。また、ここでは測定に用いる溶液の採取方法を採取時に溶液を50mlだけ採取し同量の溶媒を容器に入れて全溶媒量を一定に保つ方法（以下、採取法1）と、採取時に溶媒を全て交換する方法（以下、採取法2）の2種類とした。

表3 TL試験詳細

供試体寸法(状態)	溶媒	液固比(ml/g)	採取方法	使用する記号
10cm(立方体)	pH=4硝酸酸性溶液	5	採取法1	Zn-6(10cm)
4cm(立方体)				Zn-6(4cm)
5mm(粉体)	純水	10	採取法1	Zn-6(H)[1]
	pH=4硝酸酸性溶液		採取法2	Zn-6(H)[2]
			採取法1	Zn-6(N)[1]
			採取法2	Zn-6(N)[2]

3. 結果および考察

図1にCu-6およびZn-6の試料を用いて、試料寸法、液固比をそれぞれ変化させた試験別の溶出量の結果を示す。試料寸法について見ると、Znにおいて13号試験で溶出量に差が出ているが、それ以外では試料の大きさによる影響は見られない。これは本実験で用いたDEV試験におけるかく拌操作によって試料が

微粉碎されてしまうこと、また、Cu は試験による溶出量が少ないことが原因であると予測され、試験において形状変化のない 13 号試験が有効であると思われる。また、液固比について見ると、溶出量は液固比が大きくなるにつれ溶出量が増加していることが確認できる。これ以降は 13 号試験、また、溶出量の大きい Zn について検討する。図 2 より試料寸法の相違による溶出量の差は液固比 5 の場合よりも液固比 20 の場合に大きい。これは溶出試験をする上で液固比を大きくすればするほど、試料寸法の影響が大きくなることを示している。重金属溶出が拡散によるものであると仮定すれば、溶媒と試料中の濃度差によりこのような結果になったと考えられる。これらより、溶出操作の選定にあたって、液固比が特に重要であることがいえる。

溶出量の経時変化の一例として、13 号試験の Zn-6 に関する結果を図 3 に示す。13 号試験において重金属の溶出は試験開始後、6 時間程度で安定することが確認できる。

図 4 に溶媒および採取方法を変化させた場合の TL 試験における溶出量の経時変化を示す。凡例には、表 3 に示した記号を用いている。溶媒による溶出量の相違はほとんど見られないが、交換操作の有無による差は顕著に表れている。これは、採取法 2 よる試料が溶媒と試料中の濃度差の大きい溶媒に何度もさらされることに起因すると思われる。

図 5 に試料寸法を 5~10mm とした 13 号試験の液固比別の結果と 4cm、10cm の供試体を使用した TL 試験の結果を示す。365 日後の TL 試験の溶出量と 13 号試験の結果とを比較してみると、本研究の範囲内では TL 試験での溶出量が液固比を 5 として行った 13 号試験の溶出量を上回ることにはなかった。したがって、同一液固比で考えた場合、13 号試験より得られる溶出量によって、TL 試験における溶出量を安全側に評価可能であることが示唆された。

4. まとめ

コンクリート構造物からの Cu、Zn の長期的な溶出挙動を簡易的に評価するにあたり、本研究の範囲内では、試料の大きさを 5~10mm、試験時間を 6 時間、溶媒は純水、液固比については想定される環境下での液固比とする振とうによる溶出試験が長期的な重金属の溶出量を評価する上で適切な試験方法であるとの結論を得た。

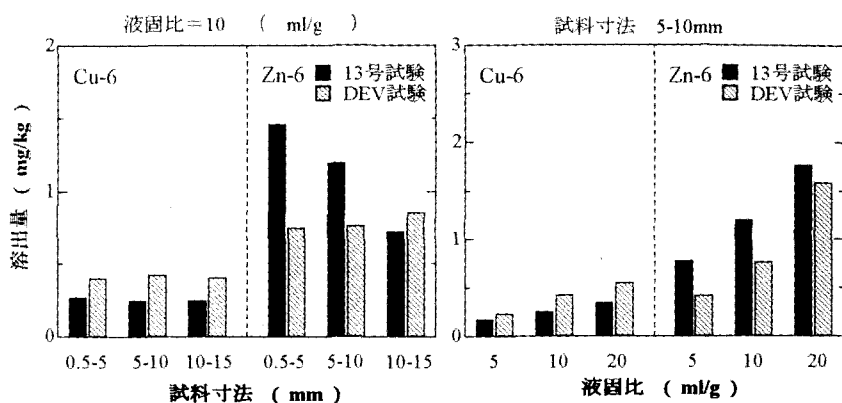


図 1 試験別溶出量 (試料寸法、液固比)

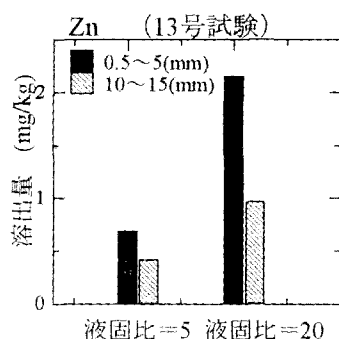


図 2 試料寸法、液固比別溶出量

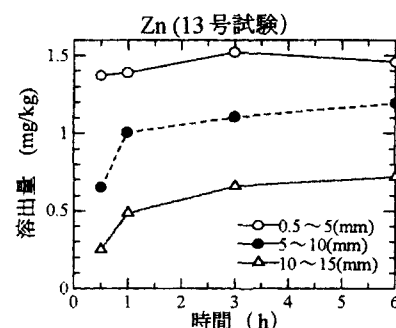


図 3 溶出量の経時変化 (13号試験)

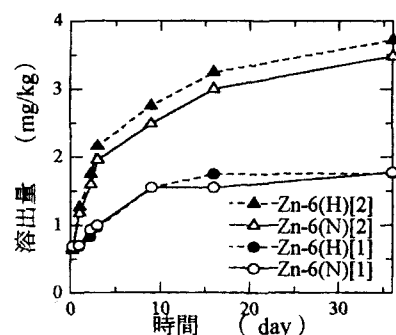


図 4 溶出量経時変化 (TL 試験)

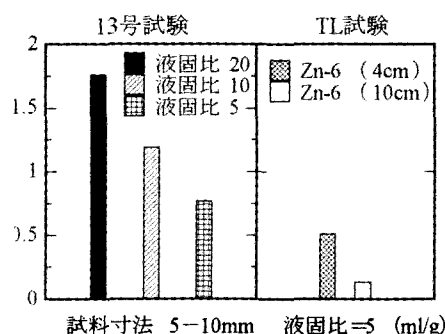


図 5 13号試験、TL 試験の比較