

接触溶液の種類がモルタルからの鉛溶出量に及ぼす影響

広島大学 学生会員○田中 慎也  
広島大学 フェロー会員 河合 研至  
広島大学 正会員 小川由布子

1. はじめに

近年、廃棄物処分場の処理能力は限界に達しつつあり、リサイクル率の向上および廃棄物発生量の減少により努めなければならない。その中でコンクリート材料として産業廃棄物を利活用することが求められている。産業廃棄物には重金属が含まれている可能性があるが、セメント系固化材が重金属の不溶化処理に活用されているように、セメント硬化体には重金属に対する高い固定能力があることが知られている。しかし、接触溶液によってはセメント硬化体からの重金属溶出が生じやすいことが報告されている<sup>(1)</sup>。本研究では、基礎的な重金属の溶出機構を把握するため、煤塵等の廃棄物に含まれる主な重金属の一つである鉛を対象とし、モルタルからの鉛の溶出量に対する各種接触溶液の影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

2. 1 使用材料および配合

供試体はモルタルとし、セメントには普通ポルトランドセメント、練混ぜ水にはイオン交換水、細骨材には珪砂（6 および 7 号、表乾密度:2.62g/cm<sup>3</sup>、吸水率 0.16%）を使用した。水セメント比は 0.40, 0.55 とした。鉛は、セメント質量の 1% を硝酸塩で添加した。モルタルの配合を表-1 に示す。また、重金属を含有させたモルタル供試体と接触させる溶液には、表-2 に示すとおり、イオン交換水のほか、10%の塩化物、硫酸塩の溶液を使用した。なお、硫酸カリウム、硫酸カルシウムは溶解度が低いため、飽和溶液を用いた。

表-1 モルタルの配合

| 配合名     | W/C  | 単位量(kg/m <sup>3</sup> ) |     |      | 添加量(kg/m <sup>3</sup> ) |       |
|---------|------|-------------------------|-----|------|-------------------------|-------|
|         |      | W                       | C   | S    | 重金属                     | 化合物   |
| Pb 0.40 | 0.40 | 329                     | 823 | 1074 | 8.23                    | 13.16 |
| Pb 0.55 | 0.55 | 375                     | 681 | 1074 | 6.81                    | 10.89 |

表-2 接触溶液および濃度

| 溶液名               | 濃度  | 溶液名                             | 濃度   |
|-------------------|-----|---------------------------------|------|
| H <sub>2</sub> O  | -   | Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 10%  |
| NaCl              | 10% | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  | 9.9% |
| KCl               | 10% | CaSO <sub>4</sub>               | 0.3% |
| CaCl <sub>2</sub> | 10% | MgSO <sub>4</sub>               | 10%  |
| MgCl <sub>2</sub> | 10% |                                 |      |

2. 2 供試体作製方法および養生方法

モルタルの練混ぜにはホバート型モルタルミキサーを用い、重金属は所定の量を練り混ぜ水に溶解させ注水した。40×40×40mm の供試体を作製し、打込み後、20℃の養生室で十分に固まるまで養生し、脱枠を行った。脱枠後は外部からの水分との接触等による重金属溶出を防ぐためアルミ粘着テープにより供試体をコーティングし、材齢 28 日まで温度 20℃の恒温室に静置した。

2. 3 試験項目および試験方法

試験項目は溶出試験および細孔径分布測定とした。  
溶出試験にはタンクリーチング試験を用いた。重金属を添加したモルタル供試体を各種接触溶液に浸せきさせた。溶液量は、供試体の表面積 100mm<sup>2</sup>あたり 5ml、すなわち 1 供試体あたり 480ml とした。浸せき試験開始後 0.25, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 64 日で溶液を全液交換して、その一部を用いて原子吸光光度計により溶液中の鉛の濃度測定を行った。  
細孔径分布測定には水銀圧入法を用いた。64 日間浸せきさせたモルタル供試体を薄く切り、アセトンに浸せきし、水和反応を止めた後、吸引脱気装置を用いて脱気した。その後、破碎した 2.5~5mm の試料を測定に供した。

3. 実験結果および考察

3. 1 接触溶液の影響

溶出量は単位質量(kg)当たりの累積溶出量(mg)として表すこととする。

キーワード モルタル 鉛 接触溶液

連絡先 〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 構造材料工学研究室 TEL : 082-424-7786

図-1 に Pb 0.40 をイオン交換水および塩化物溶液に浸せきした場合の鉛の累積溶出量の変化を示す。接触溶液を塩化カルシウム溶液とした場合、溶出量が他の溶液と比べて顕著に大きくなることが確認された。また接触溶液の陽イオンが  $\text{Ca}>\text{K}>\text{Na}>\text{Mg}$  の順に溶出量が大きくなった。この傾向は Pb 0.55 においても同様に確認された。

図-2 に Pb 0.40 をイオン交換水および硫酸塩溶液に浸せきした場合の鉛の累積溶出量の変化を示す。接触溶液の陽イオンが  $\text{K}>\text{Mg}>\text{Na}>\text{Ca}$  の順に溶出量が大きくなった。この傾向は Pb 0.55 においても同様に確認された。

この 2 つの図より接触溶液を塩化カルシウム溶液とした場合、他の接触溶液に比べ 3 倍以上の溶出が確認された。

### 3. 2 細孔構造の変化

図-3に鉛添加した供試体の浸せき開始時および浸せき 64 日の細孔径分布測定結果を示す。接触溶液の相違による細孔構造への影響は見られなかった。また、 $\text{W/C}=0.55$  の硫酸カリウム溶液に浸させた場合は、セメント硬化体が劣化している可能性があり、測定中も供試体が脆くなっていることを確認した。

### 3. 3 W/C の影響

水セメント比により供試体への重金属添加量が異なるため、ここでは溶出の傾向を溶出率として表すこととする。溶出率は供試体に含まれる重金属量(mg)当たりの累積溶出量(mg)である。

図-4 に Pb 0.40 および Pb 0.55 のイオン交換水、塩化物溶液および硫酸塩溶液に 64 日間浸せきした場合の溶出率に対する W/C の影響を示す。溶出率は全ての接触溶液において、 $\text{W/C}=0.55$  の方が  $\text{W/C}=0.40$  と比べて大きくなった。これは、図-3に示すようにセメント硬化体中の総細孔容積は W/C が大きい方が大きく、細孔容積が大きいほど重金属の溶出が大きくなったものと考えられる。

### 4. 結論

鉛を添加したモルタル供試体を種々の接触溶液に浸せきした結果、塩化カルシウム溶液の場合、他の接触溶液に比べ 3 倍以上の溶出が確認された。

64 日間浸せきさせた供試体において、 $\text{W/C}=0.40$  の場合、 $\text{W/C}=0.55$  と比較して、総細孔量が少なく、これに伴い溶出率も小さくなった。一方、接触溶液の違いによる細孔構造の相違は確認できず、溶出率との相関は見られなかった。

### 参考文献

(1)河合研至, 菊地博満, 高谷隼人, 林明彦:セメント硬化体における鉛の吸脱着特性と溶出挙動, セメント・コンクリート論文集, No.65 , pp.126-131, 2011

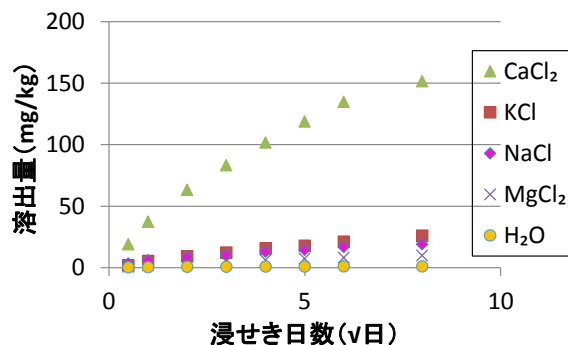


図-1 Pb 0.40 の累積溶出量の変化 (イオン交換水, 塩化物溶液)

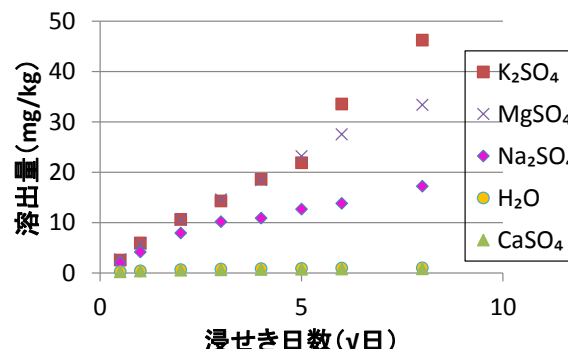


図-2 Pb 0.40 の累積溶出量の変化 (イオン交換水, 硫酸塩溶液)

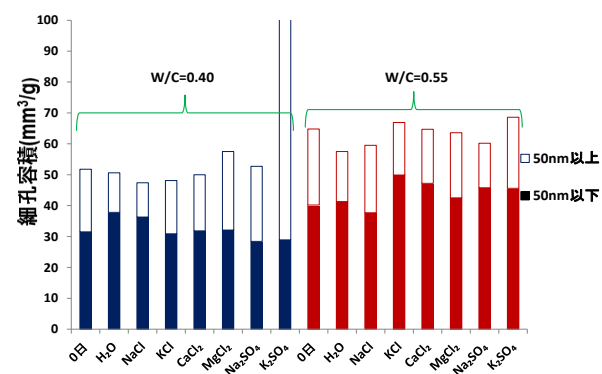


図-3 細孔径分布測定結果

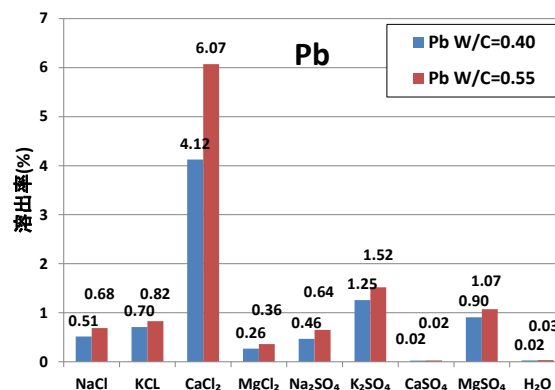


図-4 Pb の 64 日の溶出率に対する W/C の影響