

第 III 部門

曝露促進試験による廃コンクリート再生砕石からの六価クロム溶出特性

京都大学工学部 学生員 ○田邊雅哉
 京都大学大学院 嶋田大士
 京都大学大学院 フェロー 嘉門雅史
 京都大学大学院 正会員 乾 徹
 京都大学大学院 正会員 勝見 武

1. はじめに

産業廃棄物や建設廃棄物を原料とするリサイクル材が環境中に長期に渡り供用された場合、乾湿繰返し、降雨浸透、凍結融解などへの曝露により材料特性が変化し、材料中の有害微量物質が溶出する可能性が指摘される。このことから、廃棄物を原料とする建設資材の実環境中での有害物質の溶出量を評価するための試験手法を確立することが求められている。本研究では、廃コンクリート再生砕石を対象として、乾湿繰返し試験、凍結融解試験、すりへり試験といった促進曝露試験を実施し、劣化を受けた砕石からの Cr(VI) 溶出量を評価した。さらに、得られた溶出量を簡便なバッチ溶出試験結果と比較、検討することにより、簡便な試験操作によって長期的な溶出量を評価する可能性について検討した。

2. 実験方法

2.1 砕石 ある解体現場から発生した廃コンクリートを破碎、粒度調整し製造された廃コンクリート再生砕石を使用した。粒度分布を図-1 に示す。アベイラビリティ試験によって求めた砕石からのCr(VI) 最大溶出可能量は 2.15 mg/kgであった。

2.2 溶出試験 6時間振とう試験とタンクリーチング試験を実施した。実験方法を表-1 に示す。振とう試験は、有姿の砕石、13.2 mm以下粒径の砕石、粒径 2 mm以下に破碎した砕石を対象に実施した。酸への曝露に対するCr(VI) 溶出量の変化を評価するため、酸添加試験を実施した。有姿の砕石、粒径 2 mm以下に破碎した砕石を対象に、6 時間振とう試験の要領で、溶媒の初期pHを硝酸を用いて様々に変化させ、溶出試験を行った。以下の議論では、異なる試験操作で得られたCr(VI) 溶出量を比較するため、単位質量の砕石からのCr(VI) 溶出量 (mg/kg) で表記する。

2.3 曝露促進試験 有姿の砕石を対象として、3種類の曝露促進試験を実施した。促進試験中にCr(VI) 溶出量を測定するとともに、試験終了後の砕石を対象として6時間振とう試験やタンクリーチング試験を行った。

1) すりへり試験 回転ミル内に砕石を投入し、すりへり減量 0, 5, 10, 15%の砕石を作成し、それぞれに溶出試験を実施した。試験前の砕石質量に対する、すりへり後の 2 mmふるいを通過分の質量百分率をすりへり減量 (%)として定義している。

2) 乾湿繰返し試験 60°Cで炉乾燥 (24 時間) →空気中で放冷 (1 時間) →室温の蒸留水で湿潤 (23 時間、液固比 10) を1サイクルとし、計 12 サイクルの乾湿繰返し操作を実施した。

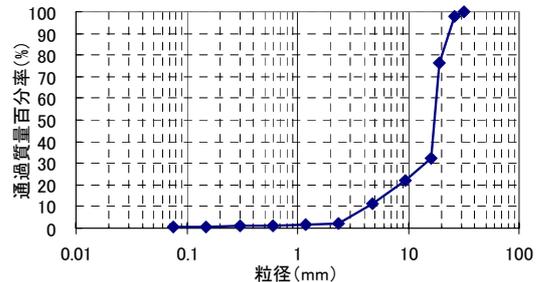


図1 廃コンクリート再生砕石の粒度分布

表1 溶出試験方法

	6時間振とう試験	タンクリーチング試験
試料粒径	>2mm, >13.2mm, 有姿	有姿
溶媒	蒸留水 (pH5.8~6.3)	
液固比	10	
接触時間	6時間	28日 (1,3,7,14日目に溶媒入替 or 溶媒入替なし)
抽出方法	水平振とう	静置

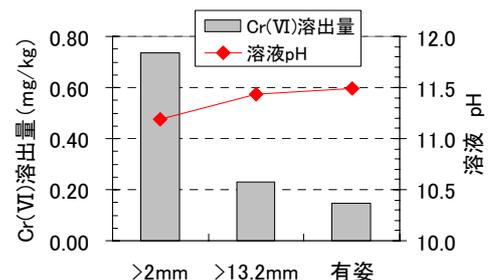


図2 6時間振とう試験結果

3) 水中凍結融解試験 水浸状態の碎石(液固比 1.5)に対して、1 サイクル 4 時間の凍結 (-18 °C) → 融解 (5 °C) → 凍結 (-18 °C) のサイクルを所定回数繰り返した。

3. 溶出試験結果とその考察

図 2 に 6 時間振とう試験結果を示す。試料粒径が小さくなるほど溶出量が大きくなり、2 mm 以下に破碎した碎石からは有姿の碎石の約 5 倍の Cr(VI) が溶出した。図 3 に酸添加試験結果を示す。酸添加によって Cr(VI) 溶出量は増加する傾向にあるが、試験終了時の pH が酸性～中性になると再び低下する。これは、Cr(III) の生成によるものと推測される。2 mm 以下に破碎した碎石からの Cr(VI) 溶出量は有姿よりも大きくなった。

4. 劣化促進が溶出量に及ぼす影響

4.1 すり減り試験 図 4 にすり減り試験結果を示す。試料によってばらつきはあるものの、全体の傾向としては、すり減り量 5% の碎石からの溶出量は、有姿の碎石からの溶出量に比べて増加する。しかし、すり減り減量が 5% 以上に増加した場合には Cr(VI) に大きな影響は見られなかった。

4.2 乾湿繰り返し試験 湿潤過程における湿潤液への Cr(VI) 溶出量、および促進劣化終了後の碎石を対象とした 28 日浸漬試験結果を図 5 に示す。湿潤液への溶出量は 1 サイクル目が最大であったが 3 サイクル以降は継続して低い濃度での Cr(VI) の溶出が確認された。12 サイクル終了後のタンククリーニング試験結果とあわせると累積溶出量は 0.69 mg/kg となった。

4.3 凍結融解試験 所定サイクル後の凍結融解試験時の湿潤液への Cr(VI) 溶出量と、碎石を対象とした 6 時間振とう試験結果を図 6 に示す。凍結融解 10 サイクルの碎石からの溶出量は他の碎石に比べて小さく、20 サイクル以降の溶出量はほぼ安定している。60 サイクルの碎石からの溶出量が大きい、これは材料のばらつきが影響したと考えられる。

5. 総合評価

すべての試験における Cr(VI) 溶出量と試験時の溶媒量の関係を図 7 に示す。実施した曝露促進試験のうち、劣化過程を含めて最も Cr(VI) 溶出量が大きかったのは乾湿繰り返し (0.69 mg/kg) であったが、2 mm 以下に破碎した碎石を対象とした 6 時間振とう試験や酸添加試験よりも低い溶出量にとどまった。促進曝露試験と比較して、碎石の破碎や酸添加は短期間で実施できる操作であるが、これらの操作により、乾湿繰り返し、凍結融解、すりへり等の劣化を受けた碎石からの溶出量とほぼ同等の値を示した。このことから、本研究では 1 種類の碎石を対象としたが、環境庁告示第 46 号試験 (2 mm 以下に破碎した試料の 6 時間振とう試験) によって安全かつ簡便に環境影響を評価できる可能性が指摘される。

本研究は環境省平成 17 年度地球環境保全等試験研究「再生建材の循環利用過程における長期的な環境影響評価のための促進試験系の開発及び標準化に関する研究」の一環として実施した。関係各位に謝意を表す。

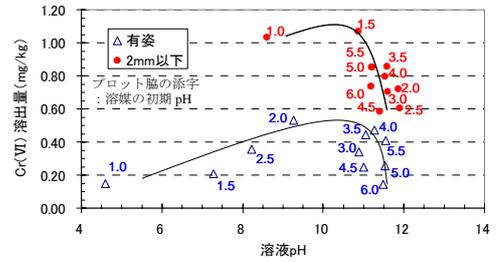


図 3 酸添加試験結果

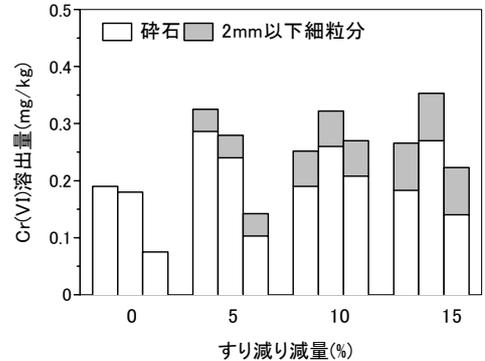


図 4 すりへり後の 6 時間振とう試験結果

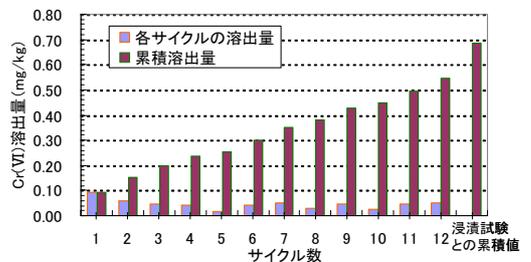


図 5 乾湿繰り返しを受けた碎石からの溶出量

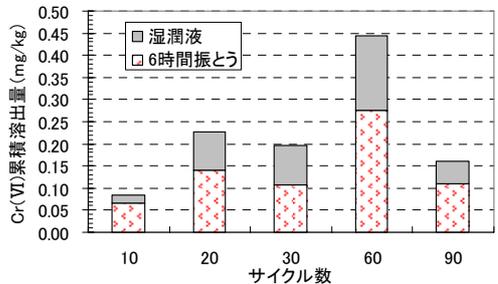


図 6 繰り返し凍結融解後の碎石からの溶出量

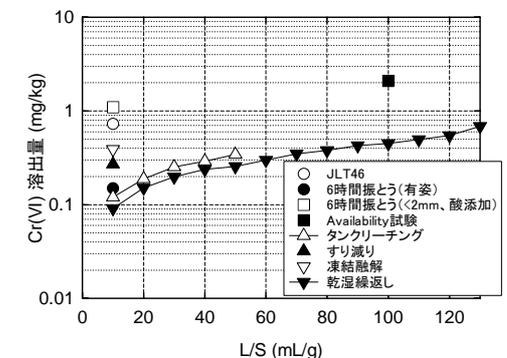


図 7 各試験での Cr(VI) 溶出量の比較