

# 인산염 마그네시아 시멘트에 의한 중금속 이온 고정화에 관한 연구

## A Study on the Solidification of Heavy Metal Ion by Phosphate Magnesia Cement

최훈\*, 최준옥\*\*, 강현주\*\*\*, 송명신\*\*\*\*

Choi, Hun Choi, Jun Ok Kang, Hyun Ju Song, Myong Shin

### ABSTRACT

when the polluted soil with heavy metal ions was solidified using magnesia-phosphate cement, heavy metal ions were rarely eluted. Furthermore, the results of SEM-EDS analysis showed that heavy metal ions in polluted soil turns into insoluble solid solution by magnesia-phosphate cement, it come to have the effect to stabilize heavy metals.

### 요 약

산화마그네슘을 주성분으로 하고 있어 시멘트 고화로 문제가 되는 육가 크롬을 포함하지 않을 뿐만 아니라 시멘트, 석회류와 마찬가지로 내구성이 있는 경화물이 생성되기 때문에 불용화 처리 효과의 장기 안정성이 우수하며 인산염 시멘트의 압축강도는 21~28MPa로서 포틀랜드 시멘트와 비교할만하다. 본 연구에서는 이러한 인산염 마그네시아의 특성을 이용하여 중금속인 Cr과 Pb의 고용화 적용 가능성을 실험하였으며, 중금속 이온과 마그네시아 시멘트에 의한 고용체의 생성 및 고정화 된 고용체에서의 중금속 이온의 용출특성을 검토 하였다.

## 1. 서 론

인산염 마그네시아 시멘트는 산화마그네슘을 주성분으로 하고 있기 때문에 보통 포틀랜드 시멘트와는 달리 육가 크롬이 함유되어 있지 않을 뿐만 아니라 시멘트, 석회류와 마찬가지로 내구성이 있는 경화물이 생성되기 때문에 불용화 처리 효과의 장기 안정성이 우수하며 압축강도 또한 포틀랜드 시멘트와 비교하여 비슷한 수준을 보인다. 뿐만 아니라 육가 크롬, 불소, 시안 오염 토양이나 다수의 오염물질을 포함한 복합오염 토양에 대해 불용화 효과가 높다는 장점을 가지고 있다. 특히 시멘트와는 달리 강 알칼리성을 띠고 있지 않아 환경 친화적인 측면도 고려되어지는 부분 중에 하나이다. 본 실험에서는 인산염 마그네시아 시멘트를 사용하여 대표적인 중금속 이온인 크롬, 납을 대상으로 중금속고정화 및 고용체 생성에 대하여 연구하였다.

## 2. 실험 방법 및 사용재료

### 2.1 사용재료

본 연구에서 사용된 원료인 제1인산암모늄은 무색~백색의 결정으로 pH는 4.3~5.0이고 비중은 1.8 이며, 사소 Magnesia는 1500℃ 이상에서 사소하여 만든 Magnesia Clinker 이며 염기성 내화물의 주원료가 되고 있다. magnesia 시료의 평균 입경은 224.8 μm 이었다. 실험에 사용한 중금속은 시약 상태의 Cr(NO<sub>3</sub>)·9H<sub>2</sub>O, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 로 사용하였다.

\* 정희원, (주)우일이알에스 기술연구소

\*\* 정희원, (주)우일이알에스, 기술연구소 연구소장

\*\*\* 정희원, 강원대학교, 화학공학연구소, 교수

\*\*\*\* 정희원, 강원대학교, 화학공학연구소, 교수

## 2.2 실험 방법

중금속 고정화 효과를 확인하기 위하여 중금속을 강제 오염 시킨 토양을 대상으로 하였으며, 이온 용출실험을 하여 ICP 분석에 의한 중금속 이온 용출량을 측정하였으며, 생성 고용체를 확인하기 위하여 X-ray 회절 분석과 SEM-EDS 분석을 실시하였다. 표1에 실험 배합비를 나타내었다.

표1. 인산염 마그네시아 시멘트와 중금속 이온과의 배합비

구분 배합	인산염 마그네시아 ( 제1인산암모늄(MAP):마그네시아(MgO)=4:6 )				
	W/C (%)	인산염마그네시아시멘트 (%)	soil (%)	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (%)	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> •9H <sub>2</sub> O(%)
A	50	30	70	5	5
B		40	60		

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 중금속 이온 용출 및 고정화율

표2는 시험체의 이온용출 실험 결과를 나타낸 것으로서 인산염 마그네시아를 사용한 경우 재령 28 일에서는 Pb ion이 완전히 고정화됨을 확인할 수 있었으며, Cr ion의 경우는 재령 28일까지 Cr ion이 용출되는 것으로 나타났다. 완전 고정화가 이루어지지 않은 양은 그 양이 미소하여 토양의 오염에서는 무시할만한 양이다. 또한 재령이 경과할수록 ion 용출량이 적어지는 것으로 나타나 장기 재령에서는 충분히 이온의 고정화가 이루어 질 것으로 사료된다.

표2. 재령별 이온 용출량

	7d		28d	
	Pb(ppm)	Cr (ppm)	Pb(ppm)	Cr (ppm)
A	ND	0.010	ND	0.007
B	0.037	0.012	ND	0.005

표3. 이온 고정화율

	Pb (%)	Cr (%)
A	100	99.3
B	100	99.5

### 3.2 고용체 분석 결과

Cr(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>•9H<sub>2</sub>O와 Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>를 첨가한 시료의 재령 28일 에서의 수화물을 분석한 결과를 그림1, 그림 2에 나타내었다. 인산염 마그네시아 시멘트는 Cr<sup>3+</sup>ion 과 반응하여 MgCrO<sub>4</sub>•4H<sub>2</sub>O 수화물을 생성하고, Pb<sup>2+</sup>ion과는 Pb<sub>9</sub>Mg<sub>9</sub>Si<sub>9</sub>O<sub>24</sub>(OH)<sub>24</sub>의 수화물을 생성하는 것으로 나타났다. 따라서 인산염 마그네시아는 중금속인 Cr<sup>3+</sup> ion 및 Pb<sup>2+</sup> ion과 반응하여 고용체를 형성함으로써 안정된 중금속 고정화 기능을 발휘 함을 알 수 있었다.

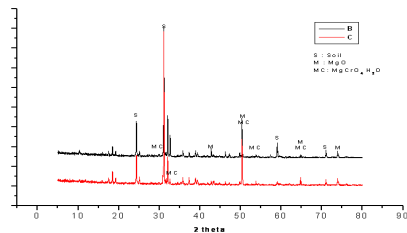


그림1. Cr ion 고용체 분석결과

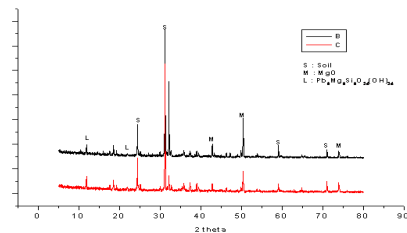


그림2. Pb ion 고용체 분석결과

## 4. 결론

오염토양 중에 함유되어 있는 Cr<sup>3+</sup> ion과 Pb<sup>2+</sup> ion의 경우 인산염 마그네시아 시멘트에 의해 불용성의 고용체가 형성되어 중금속을 안정화 시키는 효과가 있음을 확인 할 수 있었다.

### 참고문헌

1. 휴폐금속 광산지역의 토양오염관리방안, 환경정책평가연구원, 2005