

시멘트계 그라우팅재의 Cr^{+6} 용출특성

A Study on Leaching Characteristics of Cr^{+6} at Grout Materials of Cements

김동우 · 이재영

서울시립대학교 환경공학부

1. 서론

연약지반의 개량공법으로서 그라우팅의 사용이 각종 건설현장에서 사용되어지고 있다. 1970년대 고분자계 그라우팅재에 의한 지하수 오염이 전 세계적으로 문제가 되면서, 물유리계열 또는 시멘트 계열 그라우팅재로 제한하여 사용하고 있다. 그러나 최근 시멘트 그라우팅 현장에서 발암물질인 Cr^{+6} 이 용출되고 이에 대한 공해문제가 대두됨에 따라 외국(예:일본 건설성)에서는 관련기관에서 이에 대한 규정이 발효되고 바로 본격적인 법적 조치에 들어감으로서 도처에 이로 인한 공사중단 사태가 야기되는 등 엄격한 규제가 되고 있는 실정이다. 일반적으로 일반 보통 포틀랜드 시멘트에는 약 10ppm의 크롬이 함유되어 있는데 이는 시멘트의 제조시 킬른(kiln)에 사용하는 연와(煉瓦)에 의한 것으로 알려져 있다.

본 연구에서는 일반적인 공사현장에서 사용되어지는 시멘트계 그라우팅재의 Cr^{+6} 용출특성에 대해서 조사하였다.

2. 연구방법

그라우트재에 의한 지하수 또는 토양오염은 다음 두 가지에 의한 경로로 생각할 수 있다. 첫째는 지반에 주입된 그라우트재의 고결 전에 유출될 수 있는 부분과 지반에서 고결 후 고결체에서의 강우나 지하수와의 장기간 접촉에 의한 용출을 들 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 시멘트계 그라우트재의 고결된 호모젤을 일정한 액에 침출시켜, 일수에 따른 Cr^{+6} 의 용출특성과 시멘트 원재료의 Cr^{+6} 의 용출특성을 측정하였다.

시멘트는 작업 현장에서 주로 이용되는 포틀랜드 시멘트, 슬래그 시멘트, 그리고 마이크로 시멘트 3종의 시멘트로 실험을 실시하였다.

2. 공시체 제작

호모젤은 다음 표 1과 같이 A액(규산소다:물유리=1:1)과 B액(시멘트:물)을 1:1로 교반하여 지름 5cm, 길이 10cm의 원형몰드에 주입하여 고결한 후 500cc 비이커에 넣고 수돗물로 일정하게 채웠다.

3. 실험방법

호모겔의 장기침출에 따른 6가 크롬의 용출액은 각각 1, 3, 7, 28일 4회에 걸쳐서 50ml씩 채취하여, 수질오염 공정시험법에 의해 실험하여, ICP(Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy)로 분석하였다. 시멘트 원재료는 폐기물 및 토양오염 공정시험법에 의해 용출하여, ICP로 분석하였다.

4. 실험결과

4.1 시멘트의 6가 크롬 용출실험 결과

3 종류의 시멘트에 대해서 폐기물 및 토양오염 공정시험법에 의해 6가크롬 용출실험을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 시멘트 중에서는 포틀랜드 시멘트의 6가 크롬 용출량이 폐기물 및 토양공정시험법에 의해 0.75mg/L와 8.56mg/kg으로 슬래그, 마이크로 시멘트에 비해 6가 크롬 용출량이 많았다. 특히 토양오염공정시험법에 의한 경우 8.56mg/kg으로 토양오염 대책기준의 가 지역 4mg/kg보다 높았으며, 우려기준 10mg/kg에 가까운 결과를 얻었다.

표 1 시멘트의 재료별 Cr⁶⁺ 용출 결과

종 류	6가 크롬		
	폐기물 공정시험법(단위:mg/L)	토양오염공정시험법(단위:mg/kg)	
포틀랜드시멘트	0.75	8.56	
슬래그 시멘트	0.56	6.35	
마이크로 시멘트	0.60	7.25	
규제기준	1.5	대책기준 (가/나 지역)	우려기준
		4 / 12	10 / 30

4.2 호모겔의 침출 일수에 따른 Cr⁶⁺용출결과

호모겔의 침출일수에 따른 6가 크롬의 용출은 다음 표2와 같다. 초기인 1일의 경우 0.06~0.42mg/L로 낮은 값을 보였으나, 시간이 지남에 따라 6가 크롬의 용출량이 커졌으며, 포틀랜드 시멘트로 만든 호모겔의 6가 크롬 용출량이 가장 크게 나타났다.

표 2. 호모겔의 침출 일수에 따른 6가크롬 용출특성

No	종 류	6가 크롬(mg/L)			
		1 day	3 day	7 day	28 day
1	규산+포틀랜드 시멘트	0.06	1.7	2.56	3.56
2	규산+슬래그 시멘트	0.09	2.14	2.23	2.89
3	규산+마이크로 시멘트	0.42	1.18	1.26	1.56

5. 결 론

지반개량 및 각종 공사현장에서 이용되고 있는 그라우트재 중 가장 많이 쓰이는 시멘트의 6가 크롬 용출실험결과 포틀랜드 시멘트의 경우 토양오염 공정시험법으로 8.56 mg/kg으로, 토양오염 대책기준 가 지역의 10mg/kg에 가까운 결과를 나타내었다. 또한 완전히 겔화가 이루어진 호모겔의 경우에도 침출일수가 늘어남에 따라 6가 크롬의 양이 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 이는 그라우트 공법이 대상지반에 액상 상태로 주입하는 공법임을 감안하였을 때 완전히 고결이 되지 않거나, 지하수와의 접촉으로 흘러나갈 수 있는 경우 6가 크롬에 의한 지반 및 지하수의 오염을 가중시킬 수 있다는 점을 생각할 수 있다.

일본에서는 2000년 3월 포틀랜드 시멘트에 함유되어 있는 크롬의 독성 때문에 6가 크롬에 관한 규정이 발효되고, 그 해 4월부터는 시멘트를 주입하거나 지반과 혼합하는 지반개량공법 적용시에는 반드시 6가 크롬 용출시험을 실시하여 안전을 확인하도록 법적규제가 되어 있으나 국내의 경우 여기에 대한 법적 규제는 아직 미비한 실정이다.

따라서, 지반개량제로서 시멘트의 주입을 실시할 경우 이로 인한 지하수 또는 토양오염에 대한 환경영향을 파악함은 물론 주입재의 선별적 사용이 필요하다고 사료된다.

6. 참고문헌

1. 천병식(1988), “최신지반주입-이론과 실제”, 원기술, pp.217~234
2. 천병식(2001), “지반개량 재료로서의 시멘트 사용에 의한 지반오염문제 및 대책“ 한국지반공학회지, Vol.17, No.8(2001), 19~22