(사)한국 지하수토양환경학회
추계학술대회논문집
2000년11월18일 포항공대 환경공학동

점성토에서의 Electrokinetic 정화기법에 의한 납제거와 pH변화 특성의 상관성에 관한 연구

A study on relation of Pb treatment and pH variation characteristics during Electrokinetic remediation of clayey soil

한상재, 김정환, 조성호*, 김수삼

중앙대학교 건설환경공학과
**중앙대학교 지구환경시스템공학과*
(e-mail : kimss@cau.ac.kr)

ABSTRACT

In treatment of contaminated ground by electrokinetic remediation, pH control is the main problem for enhancing remediation efficiency. In this study, analysed pH variation characteristics according to contaminant(Pb^{2+}) concentration and estimated remediation efficiency with organic acid to prevent precipitation in cathode due to hydroxide ion occurrence. Because most of transported Pb^{2+} is precipitated according as pH is increased at specimen adjacent to cathode reservoir, little magnitude of Pb^{2+} is flowed out of specimen.

Key words : Electrokinetic remediation, pH, Pb, Surfactant, Organic acid

Ⅰ. 서론

지반에서의 지하수 및 토질 오염문제를 해결하기 위하여 지반조건과 경제성을 고려하고 환경기준치 이내로 오염도를 저감시킬 수 있는 정화기술개발이 필요한 실정이다. 이를 위해 새로운 기법과 기술들이 소개되고 있으나, 현재 사용되고 있는 기술의 한계를 보완할 수 있으며 세립토 지반에서도 적용할 수 있는 새로운 정화기술 개발에 관한 연구가 필요한 실정이다. 원위치 정화 기법 중 전기삼투와 이온 이동현상을 이용하여 투수성이 매우 낮은 점성토 지반으로부터 오염물질을 효과적으로 제거할 수 있는 방법이 "Electrokinetic(이하 E/K)정화처리" 기법이다. 본 연구에서는 이러한 E/K 기법을 이용하여 납으로 오염된 지반을 처리함에 있어 전기분해에 의해 변화되는 시료내 pH 변화와 납 분포 평가 및 제거효율을 분석하고자 한다.

Ⅱ. 실내시험

카올린을 사용하여 E/K 정화시험 동안에 pH와 Pb의 분포특성을 파악하기 위한 실험 항목 및 방법은 표 2.2에 요약되어 있다. 실험은 12일동안 1V/cm의 전압경사로 실시되었으며 여기서 EK500, EK3000은 오염농도 500ppm, 3000ppm 시료로서 향상기법이 적용되지 않는 시험이며 EK500A, EK3000A 실험은 납제거 효율을 증대시키고자 처리 후반(7,8일)에 향상기법으로서 유기산을 주입하였을 경우의 변화특성을 보기 위한 시험이다. 본 실험에 사용된 시료의 물리적 특성은 표 2.1과 같다.

표 2.1 사용된 시료의 물리적 특성

Liquid Limit (%)	Plastic Limit (%)	Plastic Index	Activity	Specific Gravity	Passing #200(%)	pH at w=400%	USCS
60.0	38.8	21.2	0.22	2.65	100	4.5-5	CH

표 2.2 시험조건

Type	Code	Initial Pb con.		enhancement method
		ppm	mg/kg	
E/K Remediation Test	EK0	0	0	-
	EK 500	500	300	-
	EK 500A	500	300	citric acid (7,8day)
	EK 3000	3000	1760	-
	EK 3000A	3000	1760	citric acid (7,8day)

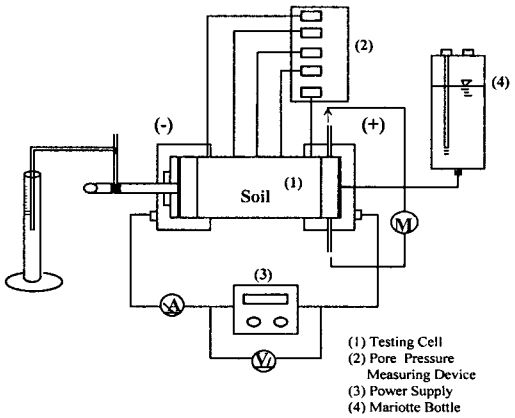
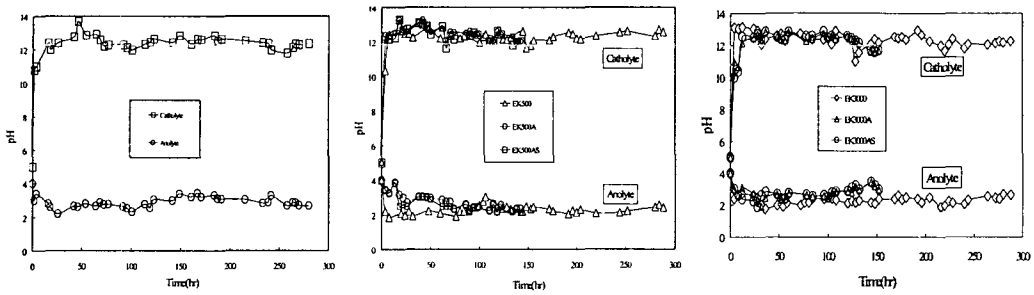


그림 2.1 Electrokinetic 정화 실험장치

Ⅲ. 시험 결과

가. 양전극에서의 pH 변화

그림 3.1은 납농도에 따른 양전극에서의 시간에 따른 pH 변화특성을 나타낸 그림으로 납농도와 보강기법 사용 여부에 관계없이 실험초기 수 시간 이내에 이미 음극에서는 10-13 범위의 높은 pH와 양극에서는 2-3범위의 낮은 pH를 나타냄을 알 수 있다.



(a) EK0 (b) EK500series (b) EK3000series

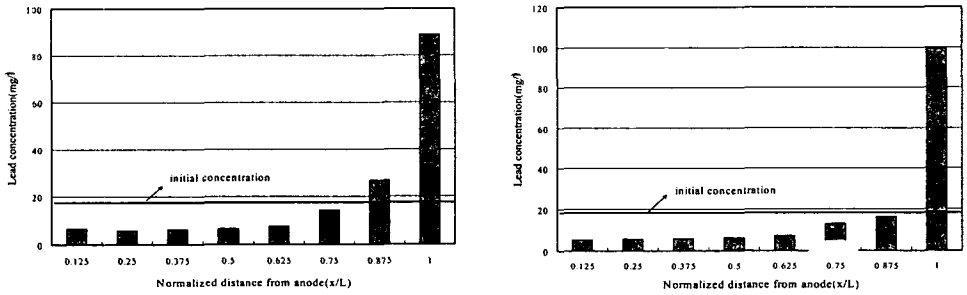
그림 3.1 양전극에서의 pH의 변화 측정치

나. E/K 정화에 의한 납제거 및 분포특성

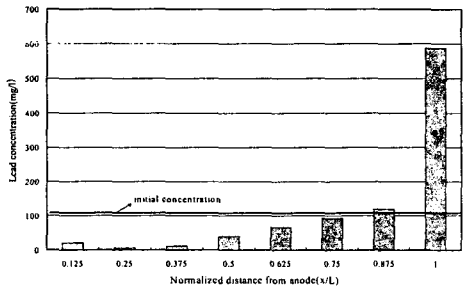
그림3.2에서는 500ppm과 3000ppm으로 오염된 카올린의 E/K 정화시험 종료 후의 납의 분포특성을 나타낸 것이다. 초기 납농도에 비하여 대부분의 납은 음극 쪽으로 이동하여 축적되었으며 이때 축적된 납을 용해시켜 제거하기 위해 수행된 유기산을 주입한 향상기법 적용 후에도 대부분의 납은 음극 쪽에 축적되었다. 즉 EK500A와 EK3000A의 시험 결과 시료 내에서 납제거 효과가 미미하였다.

다. 시료 내의 pH변화

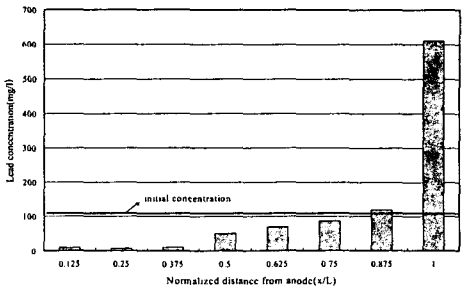
그림 3.3은 E/K 정화 실험이 완료된 이후 각 섹션을 절취하여 pH를 측정한 결과로 시료의 상당한 부분의 pH가 감소하였으나 음극 영역에서는 여전히 높은 pH를 기록하고 있다. 또한 실험 후반에 유기산 주입으로 향상기법을 적용한 실험에서도 약간의 pH 감소가 관찰되고 있으나 중금속이 용해되어 탈착되는 pH 환경은 조성되지 않았다.



(a) EK500 (b) EK500A

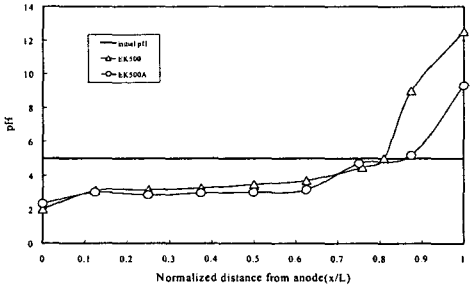


(c) EK3000

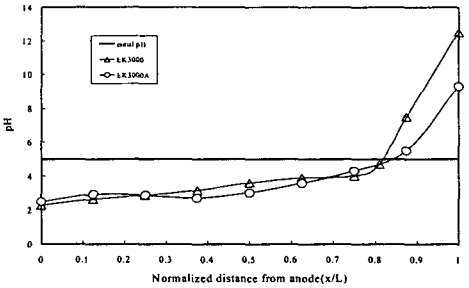


(d) EK3000A

그림 3.2 납으로 오염된 시료에 대한 시험

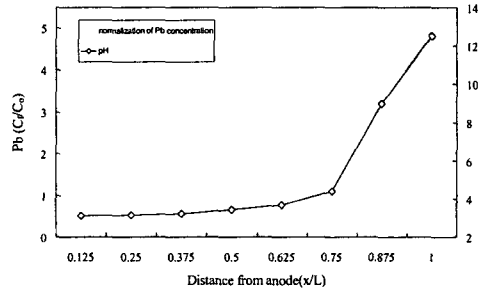


(a) EK500 and EK500A

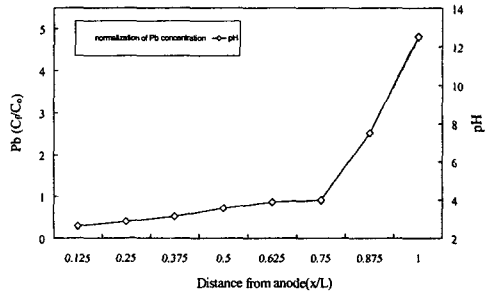


(b) EK3000 and EK3000A

그림 3.3 시료의 pH 분포



(a) EK500



(b)EK3000

그림 4.1 시료에서의 pH 와 Pb 의 분포

Ⅳ 결과 분석

그림 3.3에서 pH의 변화가 급격한 곳은 음극 근처의 시료에서 발생하며 이는 산전선과 염기전선의 충돌하는 지점이다. 음극에 향상기법이 적용된 실험인 EK500A와 EK3000A는 처리된 유기산의 영향으로 음극의 pH가 감소된 결과로 보이나 계속되는

전기분해의 영향으로 시료 끝 부분은 높은 pH를 기록하였다. 따라서 음극영역에 침전 및 흡착된 납이온의 양은 비향상된 경우에 비하여 감소될 것으로 예상되나 음극영역에서의 납이 탈착되어 시료 밖으로 빠져나가는데는 한계가 있을 것으로 판단된다. 또한 pH와 납분포를 비교한 그림 4.1에서 나타낸 것처럼 음극영역에서 pH 증가로 인해 수산화 침전현상이 발생하며 양극부근에서 이동한 납이 음극 부근에서 축적되어 음극 용액으로의 추출이 미미한 것으로 판단된다.

V. 결론

1V/cm의 전압경사를 카올린에 적용하였을 때 전극간 전체 시료길이의 80% 정도에 걸쳐 제거율은 대략 75% 정도에 이르렀으나 이동된 납은 대부분이 음극에서 pH의 증가로 침전되어 시료 외부로 배출되는 납의 양은 미미하였다. 또한 이렇게 침전된 납을 용해시키기 위해 유기산을 음극에 주입한 경우 pH가 감소하는 현상을 나타내었으나 음극 끝 부분에서는 여전히 계속되는 전기분해로 pH가 증가하는 경향을 보였다. 이는 음극영역에 침전 및 흡착된 납이온은 비향상된 경우에 비하여 수산화침전 및 납이온의 흡착이 감소되나 양극부분에서 이동한 납이 음극 부근에서 침전으로 인해 축적되어 시료 밖으로 빠져나가는 데는 한계가 있는 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 한상재, (2000), "Electrokinetic 기법에 의한 오염토의 전기삼투와 중금속 이동 특성" 중앙대학교 박사학위논문
2. Acar, Y. B., and Alshawabk도, A. N. (1993). "Principles of electrokinetic remediation." J. of Environ. Sci. Tecchnol., Vol. 27, No. 13, 2638-2647
3. Alshawabkeh, A. N., and Acar, Y. B. (1992). "Removal of contaminants from soil by electrokinetics: A theoretical treatise." J. of Environ. Sci. Health, A27(7), 1835-1861.
4. Eykholt, G. R., and Daniel, D. E. (1994). "Impact of system chemistry of electroosmosis in contaminated soil." J. of Geotechnical Engineering, Vol. 120, No. 5, 797-815.