

영국의 오염토양에 관한 연구세미나 개최 보고

정하익

한국건설기술연구원 지반연구실 (현재 영국 옥스포드대학 객원연구원)

1. 개 요

필자는 한국건설기술연구원 지반연구실에 근무하는 선임연구원으로 현재 영국의 Oxford대학 공학부에서 객원연구원으로 1996년 12월부터 1년동안의 예정으로 오염토양 정화기술에 관한 연구를 수행하고 있다. 현재 영국에서는 토양환경에 관한 연구 및 발표회가 활발하게 진행되고 있는데 이 중에서 금년 2월에 영국내의 대학교, 연구소 및 기업체를 중심으로 오염토양 연구에 관한 세미나가 개최되어 이를 언급하고자 한다. 본 세미나의 정식명칭은 "A Seminar on Contaminated Land Research"로 영국의 과학재단(EPSRC: The Engineering and Physical Science Research Council)후원으로 금년도에는 2월 25일 및 26일에 Cambridge대학에서 개최되었다. 개최장소는 Cambridge대학 처칠칼리지의 The Moller Centre for Continuing Education이었다.

본 세미나는 3개 분야로 나뉘어 진행되었는데 첫째는 오염토양 조사 및 오염물질 거동 분야, 둘째는 오염토양 정화 분야, 셋째는 특별발표 분야로 오염토양에 관한 미래의 연구방향, 오염토양에 관한 영국과 유럽의 연구개발 현황보고, 특별 초청강연 및 포스터 발표가 진행되었다. 이를 개략적으로 요약정리하면 다음과 같다.

2. 오염토양 조사 및 오염물질 거동 분야

본 분야에서는 5편의 연구내용이 소개되었는데 먼저 British Geological Survey의 R. Ogilvy 박사는 오염토양의 저항이미지화 기법에 관한 논문발표가 있었다. 그는 발표를 통하여 오염토양을 비파괴방법으로 신속하게 도면화하고 모니터링하는 저항이미지화 기법 또는 저항단층X선 사진촬영법을 소개하였다. 본 기법에 의한 오염현장 적용실험결과 저항이미지화 기법이 지층내의 수리특성, 침출수 흐름패턴, 폐기물층의 내부구조를 형상화하는데 신속하고 경제적인 도구가 됨을 보여주었다. 그리고 본 연구를 통하여 오염지역을 공간적으로 스크린할 수 있는 비파괴형 지구물리학적 이미지기법의 적용방안을 구체화하였다.

다음으로 Birmingham대학의 A. Chan교수는 오염물질 이동의 수치모델링에 대하여 발표하였다. 영국 과학재단의 연구비 지원으로 개발한 GLAPOL이라는 컴퓨터 프로그램을 소개하였는데 본 프로그램은 부분 또는 완전 포화된 토양내에서 물, 수증기, NAPL(non-aqueous phase liquid), NAPL 증기, 가스 및 열의 이동에 대한 해석이 가능하다고 설명하였다. 그는 수치모델의 이론적 배경, 오염물질 이동의 해석적 방법 그리고 다른 수치모델 및 원심모형실험 결과와의 비교 등에 관한 내용을 구체적 발표하였다.

Sheffield대학의 G. Williams박사는 영국 Foxhall 매립장에서 발산하는 메탄, 휘발성 유기 물질 등 매립장 가스에 대한 생물지구화학적인 변화에 대하여 발표하였다. Bradford대학의 D. N. Lerner교수는 지하수내 유기성 오염물질의 자연적인 희석작용에 대하여 발표하였는데 지중내 유기성 오염물질을 제거하는데 있어서의 기술적인 어려움과 고비용의 문제점을 해결할 수 있는 한가지의 방안으로 자연적인 생물학적 분해현상을 이용하는 희석방법을 제안하였다. 동일 대학의 D. N. Lerner교수는 매립장에 적용할 수 있는 희석차수재에 대하여 소개하였는데 칼럼시험을 통하여 광물성 차수재의 토양화학적 성질을 측정하여 사용재료의 희석능을 관찰하였다. 실험결과 본 연구에서 사용된 희석차수재는 암모니아가 있는 경우를 제외하고는 간단하고 경제적으로 적용될 수 있음을 보여주었다. Cambridge대학의 K. Soga교수와 MLM Consulting Engineers의 L. J. Potter박사는 일반적으로 매립장에 수리적으로 퇴적되는 광산폐기물에 대한 토양압밀과 오염물질 이동의 복합작용에 대하여 발표하였다. 일반적으로 광산폐기물 매립장을 설계할 때에 폐기물의 압밀에 의한 침하량은 고려하고 있지만 동시에 오염물질이 어떻게 이동되는 지에 대해서는 고려를 하지 않고 있다. 이의 해결방안으로 원심모형실험 및 수치해석을 통하여 광산 폐기물층에 자중 및 복토하중의 작용에 따른 폐기물의 압밀 및 오염물질 이동 특성을 관찰하였다. 실험결과 하중이 작용함에 따라 폐기물내에 발생 및 소산하는 과잉간극수압과 폐기물의 압밀에 의하여 하부지층이나 상부복토층으로 배출되는 오염수의 이동특성을 분석하였다.

3. 오염토양 정화 분야

본 분야에서는 7편의 연구내용이 소개되었는

데 먼저 Golder Associates(UK) Ltd.의 S. Jefferis박사는 매립장의 침출수 차단을 위한 시멘트벤토나이트 차수벽의 성능에 미치는 오염물질의 영향에 대한 발표가 있었다. 차수벽을 설계하는 경우에는 각종의 수용성 및 불용성 화학물질과의 접촉, 차수벽이 노출되는 부위의 온도, 포화도, 건조상태, 투수성, 확산, 수리경사 등의 물리적 조건의 영향, 자연 또는 인위적인 차수벽재료의 장기적인 변화 등과 같은 미지의 영향요소를 직면하게 된다. 이를 해결하기 위한 방안으로 화학작용에 의한 차수재료의 재질기준 설정, 물, 침출수, 황산마그네슘, 수산칼슘의 장기간 투과에 따른 시멘트벤토나이트 재질의 특성변화, 지중속에서 오염물질의 제거를 위한 새로운 반응성 처리대의 개념 등에 관한 내용을 제시하였다.

Birmingham대학의 A. Al-Tabbaa박사는 오래전부터 지반공학분야에서 지하수 차단이나 굴착벽 지지에 사용되어 왔던 흙교반방법에 의한 오염토양의 현장복구방안에 대하여 발표하였다. 그는 지중속에서 교반오거를 이용하여 첨가제와 함께 현장흙을 혼합처리하여 흙기둥을 형성하는 방법을 설명하였다. 본 공법의 현장적용에 있어서 중요한 성공요소는 그라우팅의 주입 및 혼합이 토양내에 전체적으로 균일하게 되어 오염물질의 이동을 효과적으로 고정시키느냐 하는 것이다. 흙교반공법은 재래의 처리공법 및 저장공법에 비하여 적용상에 손색이 없으며 건강 및 안전에 대한 위험도 감소, 빠른 시공속도, 비용저렴 등의 장점을 가지고 있음을 언급하였다. 발표자는 흙교반공법과 관련하여 처리토양의 장기적 기능 조사, 다양한 토양 및 오염물질에 대한 효과, 처리토양의 재활용 가능성, 장기적인 기능, 흙교반공법을 이용한 생물학적 정화방안 등에 관하여 개괄적으로 소개하였다.

Cambridge대학의 M. Penn씨는 전기이온이동과 전기삼투현상을 이용하는 동전기기술에 대하여 발표하였는데 특히, 동전기기술에 의한 오염

토양 정화시에 발생하게 되는 토양의 pH와 온도 변화에 대하여 증점적으로 언급하였다. 전기분해 및 전기삼투현상에 의하여 토양내에서 염기전선은 음극부분에서 중금속을 침전시켜 오염물질의 이동을 저해시키나 반면에 산전선은 수소이온과 함께 이동하여 토양내의 중금속을 용해시켜 오염물질의 이동을 용이하게 하고 오염물질의 이동에 필요한 전압의 크기를 감소시킨다. 동전기정화 작업시에 고전류를 사용하면 전압에 의하여 토양내의 온도가 상승하게 되며 토양내에 발생하는 온도에 의하여 이온의 이동속도가 증가하여 정화시간이 감소됨을 관찰하였다.

Greenwich대학의 S. Lehame박사는 흡물시스템에서 계면활성제에 의한 용해도 향상방법에 대하여 발표하였다. 그는 프로필렌 산화물과 에틸렌 산화물로부터 조성이 된 중합계면활성제를 사용하여 소수성 유기화학물질(hydrophobic organic chemicals: HOCs)의 흡착을 촉진시킬 수 있는 연구결과를 제시하였다. 그리고 현장 및 실내에서 오염토를 효과적으로 정화시키기 위해서는 정화대상 HOCs의 용해도와 용해량 증가, HOCs의 제거 촉진, 정화비용 절감, 정화작업에 의한 2차오염 감소, 흡의 물리적 특성변화 감소 등의 사항을 만족하는 적정의 계면활성제 시스템이 구축되어야 함을 강조하였다.

Newcastle대학의 G. K. Anderson교수는 매립장에서 메탄가스생성 가속화방안에 대하여 발표하였다. 가스생성율을 극대화하고 매립장을 안정화하는데 소요되는 시간을 극소화할 수 있는 매립장을 얻기 위해서는 폐기물의 입자크기를 감소시키고 함수비를 증가시켜 최적의 효과적인 생물반응기 방식으로 운영되는 것이 요구된다고 언급하였다. 그는 Workington지역의 Alco매립장내에 용량이 125 m³인 두 개의 셀을 특별하게 제작하여 실제 매립현장에서 메탄가스의 발생량과 발생율을 체크하였으며, 또한 두 종류의 폐기물을 채운 100리터 용량의 실내 모형셀을 통하

여 이의 시뮬레이션을 실시하였다. DANO 드럼분쇄기를 이용하여 폐기물의 입자크기를 감소시켜 38mm이하의 크기로 스크린하고 약 50% 정도의 함수비를 갖도록 하여 폐기물의 생물분해가 촉진되도록 하였다.

4. 특별발표 분야

먼저 오염토양에 관한 영국과 유럽의 연구개발 현황보고에 관한 내용을 살펴보면 이는 ICI Chemical and Polymers사의 M. J. Bell씨가 발표하였는데 여기에서는 NICOLE(The Network For Industrially Contaminated Land In Europe)를 위주한 사항이 발표되었다. NICOLE은 전 유럽 국가에서 오염토양에 관계되는 전문가 및 업체를 중심으로 구성된 네트워크로 1996년에 발족이 되었다. NICOLE은 오염토양에 관계되는 산업체를 지원하고 관련기술 및 아이디어를 보급하거나 교환을 위한 토론회 등을 개최한다. 특히 금년도에는 오염물질 거동 및 위험도 평가, 오염현장 조사 및 평가, 오염토양 정화, 오염물질 측정 및 모니터링 등을 주제로 하는 각각의 워크샵일정별로 개최하고 있다. 본 네트워크는 70여명 이상의 분야별 전문가와 23개의 회사 그리고 11개의 후원기관을 가지고 있으며 정기적으로 뉴스레터를 발간하고 각 전문가의 전문분야와 연구프로그램 등 관련정보가 수록된 CD-ROM을 제공하고 있다.

특별 초청강연은 Wales대학의 R. N. Yong교수에 의하여 진행되었는데 강연내용은 오염토양 연구에 관한 개괄적인 사항이었다. Yong교수는 폐기물과 토양오염문제 해결을 위한 토지관리 및 관련연구의 우선순위는 일반적으로 관련법규 및 공공의 관심사에 따라 결정이 되며 이의 실제 작업수행은 오염토양에 관한 문제의 본질, 범위 및 복잡성에 대한 정보 및 견해에 관계한다고 하였다. 그리고 토양오염문제 해결방안으로는 저

장 방법, 오염토양 관리 방법, 감소 또는 중화 방법 그리고 정화 및 복구 방법이 있음을 설명하였다. 또한 공공의 건강과 환경에 대한 위협을 최소화하기 위하여 오염토양 해결방안의 우선순위와 이슈, 오염물질 이동 및 저장절차에 관한 기술, 적용되는 정화기술의 영향, 그리고 관련기술의 연구 및 개발을 위한 이슈 및 필요조건 등을 제시하였다.

포스터 발표로는 Cambridge대학의 오염토양 관련 연구현황과 Oxford대학의 오염물질 이동 연구결과에 관한 내용이 있었는데 Oxford 대학의 경우를 소개하면 본 대학의 M. Rutherford박

사와 G. Sills교수는 토양밀도 측정이 가능한 엑스레이장비를 이용하여 토양내를 통과하는 오염물질의 이동현상을 분석하였다. 본 연구에서는 슬러리 상태의 카오리나이트 점토를 80kPa의 전하중으로 압밀한 다음 에틸렌글리콜을 통과시켜서 시간이 경과함에 따라 측정된 시료의 밀도변화와 에틸렌글리콜의 농도변화로부터 오염물질의 이동특성을 해석하였다. 그리고 시료의 밀도변화와 모형셀의 측면에서 측정된 간극수압으로부터 시료내 각 지점의 투수계수를 계산하였으며 에틸글리콜의 이동에 따라 토양의 투수계수가 어떻게 변화되는 지를 설명하였다.