

산업폐기물을 활용한 식생기반 조성에 관한 연구

A Study on the layer construction for vegetation using industrial wastes

유 찬*(경상대) · 양기석(한국항만기술단) · 유시창(경상대) · 조병진(경상대) · 안병관(경상대)
Yu, Chan · Yang, Ki-Suk · Ryu, Si-Chang · Cho, Byung-Jin · Ahn, Byung-Kwan

Abstract

Bech scale tests were performed to evaluate the adaptability of industrial wastes, especially bottom ash, slag and phosphogypsum among others, for constructing the surface layer of a landfill or reclamation, which function is a vegetation base layer. In the test, columbus test were used to check the extraction characteristics of wastes and small PVC soil-box that equipped the drainage device was used to model a performance of layers and to monitor the growth of plants at the composite layer of those. Tests have been continued during one and half year and It has been verified that bottom ash and phosphogypsum look like as a valuable material to safely reuse as the vegetation base layer even though some unconfined factors are remain.

I. 서 론

현재 전 세계적으로 다양한 형태의 막대한 산업폐기물들이 발생되고 있다. 그러나 대부분이 재활용되지 못하고 일정한 부지에 매립되고 있으며, 가까운 미래에는 부지확보 혹은 주변 환경문제 등으로 이 또한 용이하지 않을 것으로 예상되고 있다. 따라서 이러한 폐기물에 대해서 발생의 억제, 재활용 그리고 에너지 회수를 기본 개념으로 하는 대책수립이 인류의 지속적인 기술과 산업발전을 위한 전제조건이 되었다. 그러나 폐기물의 재활용이라는 측면에서는 많은 폐기물들이 독성 혹은 유해성분으로 오염되었을 가능성이 높으므로 그에 따른 위해성 관리도 함께 수행해 나아 가야할 필요가 있다. 본 연구에서는 산업폐기물의 재활용을 위한 기초 자료를 제공하고자 우리나라에서 발생되고 있는 산업폐기물의 종류와 발생현황, 재활용 실태 그리고 재활용 가능 분야 등을 정리하고 식생기반으로서 산업폐기물의 재활용 가능성을 실내 모의 실험을 통하여 연구하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구에서는 슬래그와 석탄회, 폐석회에 대한 자료고찰과 기본 물리적성질 및 역학(강도, 다짐 및 투수)특성에 대한 실험을 실시하여 식생기반 조성을 위한 양호한 조건을 갖추고 있는 석탄저회, 제강슬래그 그리고 폐석회(인산석회)를 대상으로 식물재배 시험과 용출 시험을 실시하여 그 특성을 관찰하였다. 실험에 사용된 재료의 특성은 다음과 같다.

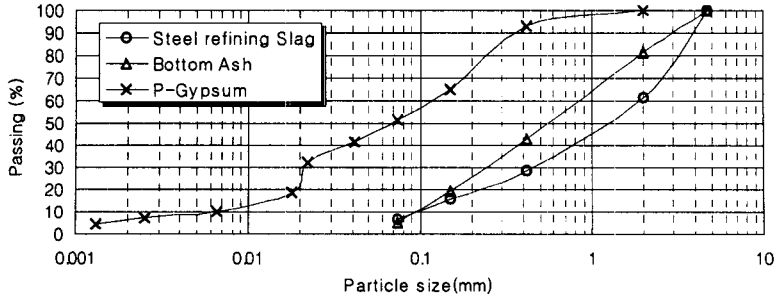


Fig 1. Particle distribution curve

Table-1. Physical, chemical & mechanical properties of samples

Materials	Wn (%)	Gs	D ₁₀ (mm)	LL (%)	PI (%)	74 _{μm} (%)	USCS	pH	Salinity (%)	k (cm/s)	C (kg/cm ³)	φ (°)	γ _{d,max} (g/cm ³)	O.M.C (%)
Slag	2.1	2.95	0.08	-	NP	7.5	SW	7.8	1.7	1.49 × 10 ⁻³	0.26	18.4	2.48	11.8
Bottom Ash	6.93	2.39	0.1	-	NP	4.0	SW	9.21	0.2	3.53 × 10 ⁻²	0.69	0.41	1.17	1.12
Ph-gypsum	51.99	2.74	0.025	-	NP	52.5	ML	2.33	1.8	1.41 × 10 ⁻³	30.5	25.0	30.7	52.5

실험방법은 석탄저회, 제강슬래그 그리고 인산석고가 식생기반으로서의 역할을 수행할 수 있는 물리적/화학적 특성을 가지도록 두 재료를 혼합하여 먼저 컬럼실험을 통하여 재료의 용출특성을 파악하였으며, 그 이후에 PVC제품의 소형 모조에서 식물 재배실험을 실시하여 그 양상을 관찰하였다. 실험에서 사용된 컬럼과 토조의 모습은 다음과 같다.

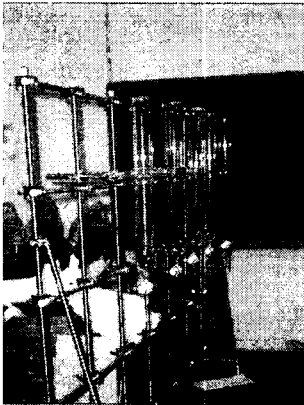


Fig-2. Colume test

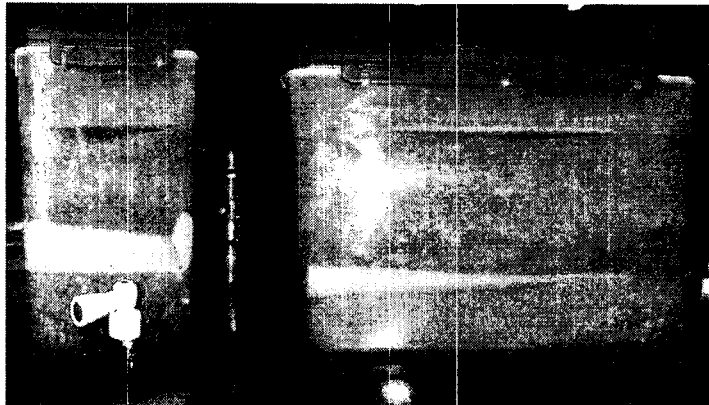


Fig-3. PVC soil box

III. 결론 및 고찰

컬럼 실험에서는 석탄저회와 인산석고의 배합에 따른 pH와 염도의 변화를 주로 측정하

였다. 컬럼실험에서 적용한 폐기물간의 혼합비율은 중량비로서 Fig-4와 같이 혼합하여 실험하였으며, 계속적인 측정을 위하여 1.2배 정도의 공극체적에 해당하는 유량을 24시간 컬럼내 유지하였다가 컬럼하부에서 이 용액을 추출하여 pH와 염도의 변화를 측정하였다.

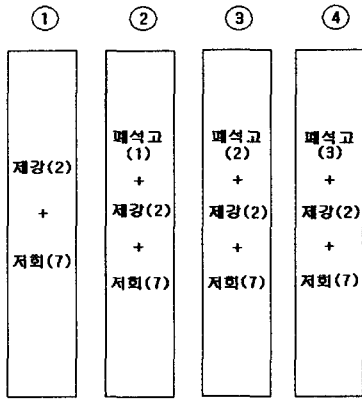


Fig-4. Diagram & mixing condition of columne

그 결과는 Fig. 5~6에 나타내었다. 실험에서 pH는 모든 경우에서 재료 혼합 후에 상승하는 현상을 보이다가 약 3주가 경과한 후부터 감소되기 시작하였다. 이는 수돗물로 희석이 발생하면서 pH가 감소되는 일반적인 경향으로서 폐석고가 가장 많이 들어간 4번 컬럼에서 다른 경우에 비해서 pH의 저하가 가장 빠르며, 시간이 경과할수록 폐석고 혼합량에 따른 pH 변화에 뚜렷한 차이가 나타났다. Fig. 6의 염분농도의 변화에서는 석탄저회와 제강슬래그 만을 사용한 경우에는 염분농도의 감소가 뚜렷하지 않았다. 그러나 폐석고가 함께 혼합된 3번, 4번 그리고 5번 컬럼에서는 염분농도가 지속적으로 감소하고 있는 것으로 나타나서, 폐석고를 첨가 함으로서 염분농도를 저하 시키는데 유리한 환경이 조성된다는 사실을 알 수 있었다. 또한 위의 결과들에서는 pH와 더불어 염분의 농도를 낮추어 주기 위해서는 폐석고의 첨가가 매우 유용하다는 사실을 알 수가 있었다.

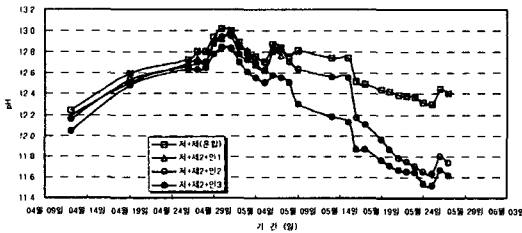


Fig-5. pH variation in columne test

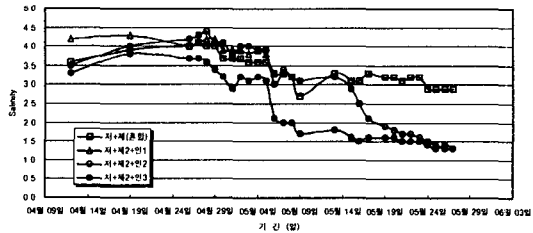


Fig-6. Salinity variation in columne test

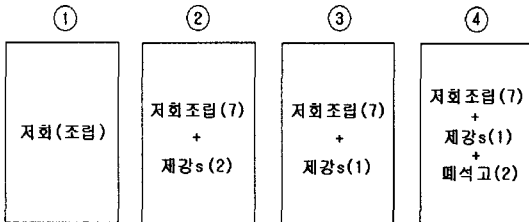


Fig-7. Mixing codition in soil-box test

한편 모형 토조내의 시료배합은 아래의 Fig-7 와 같이 건조중량을 기준으로 그 비율을 혼합 투입하였다. 시료설치가 완료된 후에는 시료표면에 가로 세로 2cm 간격으로 그리드를 만들어 잔디씨와 알타리 무우씨를 심었으며, 원활한 생장을 위한 함수비를 유지시켜 주기 위하여 Fig-8과 같이 수분장력계와 TDR을 설치하여 수분의 변화를 관찰하였다. 식물 재배실험에서는 토조에서 씨앗을 심은 후 알타리 무우의 발아는 비



Fig-8. Tensiometer & TDR

교적 빠르게 이루어져 계속해서 성장이 이루어지는 것으로 나타났으나 잔디의 경우에는 발아가 되지 못하는 것으로 나타났다.

Fig-9는 14일 경과후의 생육상태를 나타낸 것이다. 사진에서는 모든 토조에서 씨앗의 발아는 거의 완료되었고 정상적인 생장의 단계로 접어든 것으로 판단된다. 특히 사진에서도 1번과 4번 토조에서의 발육이 2번과 3번에 비하여 매우 양호하다는 것을 확인할 수 있다.

그러나 식물재배 실험은 제한된 연구기간 안에 충분한 실험의 어려움이 있었으며, 차후 다양한 식종의 선정과 더불어 장기간의 실험수행이 요구된다고 판단된다.



Fig-9. Vegetable growth view at 14days later

IV. 결 론

이상의 실험에 의한 결과들을 종합하면 저회(조립)를 기본 모재로 하여 폐석고와 슬래그로 세립분의 함유량을 조절하는 복토재를 사용하는 경우를 가정했을 때, 식생기반으로서 표토층의 단면은 외국의 연구결과를 참고로 해서 표층(식생층) 75cm, 중간 모세관층 40cm 그리고 모세관 벽 30cm를 기본으로 설치하고, 이 이외에 단면의 변화를 주면서 실시할 수 있으리라 판단된다. 한편 복토재료의 혼합비율은 저회(조립)를 전체 복토재에 70%정도로 하며, 세립분은 실내시험의 결과에서와 같이 폐석고의 함유량이 많을수록 pH와 염분농도 저하에 유리하므로 폐석고의 함유량을 복토재 전체 함유량의 30%내에서 많이 혼합해 주는 것이 유리할 것으로 판단된다. 제강슬래그의 경우에는 산성토양의 경우에는 많은 장점을 가지고 있었으나 저회 자체의 높은 pH값으로 인하여 전체 복토재의 pH저하를 지연시키는 또 다른 원인이라고 판단되므로 가급적 최소량을 사용하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 대신에 제강 슬래그는 모세관 블록층의 재료로 사용된 예가 있으므로 이 부분에 대한 검토가 이루어지면 복토층에서의 재활용 양을 증가시킬 수 있을 것으로 예상된다.