

## 발포우레탄에 의한 사면안정화 및 사면요철충진재료의 활용성 연구

### Application of Formed Urethane to Slope Stabilization and Backfill Material

정하익<sup>1)</sup>, Ha-Ik Chung, 조진우<sup>2)</sup>, Jin-Woo Cho, 구호본<sup>3)</sup>, Ho-Bon Koo, 정연수<sup>4)</sup>, Yeon-Soo Chung

<sup>1)</sup> 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow, Dept. of Civil Eng., KICT

<sup>2)</sup> 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Dept. of Civil Eng., KICT

<sup>3)</sup> 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원, Senior Researcher, Dept. of Civil Eng., KICT

<sup>4)</sup> 다은종합기술 전문이사, Director, Daeun Technology

**SYNOPSIS** : The feasibility study on the application of formed urethane to slope stabilization and backfill material was carried out through laboratory and field test. The physical and chemical properties of formed urethane were investigated. The slope stabilization effect of urethane was examined in the field occurred slope failure. The formed urethane and sprayed urethane admixed with seed was applied to protect the slope failure in this study.

**Key word** : Foamed urethane, Slope stabilization, Backfill material

## 1. 서론

발포우레탄은 체적에 비하여 경량이고 재료자체가 보온 및 방음효과가 있다. 그동안 우레탄은 부분적으로 연약지반의 그라우팅재나 냉동창고의 단열재로 사용되고 있다. 그러나 아직까지도 국내에서는 건설공사분야에 발포우레탄이 널리 적용되지 못하고 있다. 가까운 일본에서는 건설분야에서 매우 다양하고 활발하게 적용되고 있어, 연약지반, 옹벽, 교대, 사면 분야에서 성토재, 뒷채움재, 안정제 및 보강재로 사용되고 있다. 이와 같이 발포우레탄은 중량이 매우 가볍고 강도가 높기 때문에 이와 같은 분야에 적용성이 매우 높다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 발포우레탄을 건설분야에 사용하기 위한 발판을 마련하기 위하여 일차적으로 이의 공학적 특성을 파악하는 시험을 수행하였다. 시험은 실내 및 현장시험을 실시하였다. 실내에서는 발포우레탄의 제조법, 물리적 특성, 역학적 특성, 화학적 특성, 환경적 특성과 같은 발포우레탄의 재질특성 분석을 분석하였다. 그리고 현장에서는 토사사면, 암사면 및 경량성토 시험시공을 실시하여 이의 부착특성, 강도특성, 내구특성, 환경특성 등을 살펴보았다. 시험결과를 토대로 건설분야에서의 발포우레탄 활용기술 개발을 제시하고 환경친화적인 새로운 사면안정화 및 성토재를 개발하는 방안을 제시하였다.

## 2. 사용원료 및 물성

본 연구에서는 제품명 KB POL-670인 경질우레탄 폼과 KB POL-880인 습기경화형 프라이머의 두가지 우레탄을 사용하였다. 우레탄의 물성을 표 1~표 4에 제시하였다. 우레탄 원액의 점도는 240~340 cps/20℃ 이며, 겔 타입은 43초 정도가 된다. 발포우레탄의 밀도는 33.5 kg/m<sup>3</sup>, 발포방향의 압축강도는 3.1kg/cm<sup>2</sup>, 흡수량은 2.85 g/m<sup>2</sup> 정도가 된다.

표 1 우레탄 원액성상

제품명	항목	측정치
KB POL-670	외관	암갈색 액체
	점도(cps/20℃)	240
KB POL-880	외관	갈색액체
	점도(cps/20℃)	340

표 2 우레탄 반응특성

반응성(sec)	측정치
Cream Time	14
Gel Time	43
Rise Time	61
배합비(무계비) A : B = 100 : 100 원액 온도 : 20℃	

표 3 발포우레탄의 물성(KS M 3809-97)

항목	단위	측정치	
밀도	kg/m <sup>3</sup>	33.5	
압축강도(발포방향)	kg/cm <sup>2</sup>	3.1	
흡수량	g/100cm <sup>2</sup>	2.85	
연소성		자기소화성	
침수안정성	-20℃ × 24hr	%	-0.2
	70℃ × 24hr	%	+0.9

표 4 KB POL-880의 원액성상(프라이머)

항목	측정치
외관	황갈색의 액체
점도(cps/25℃)	140
고형분(%)	45

### 3. 발포우레탄을 이용한 흙사면 안정화 및 굴곡충진 공법

우리나라는 매년 여름이면 집중호우에 의하여 사면붕괴가 종종 발생하고 있다. 그리고 건설현장에서는 공사에 의한 절토사면의 안정화 및 요철부의 충전작업이 필요한 경우가 많다. 이와 같은 목적에 발포우레탄(formed urethane)이 적용될 수 있는지를 살펴보기 위하여 사면이 붕괴된 현장에서 발포우레탄을 포설하여 붕괴사면의 안정화 및 요철부의 충전에 대한 시험시공을 실시하였다. 본 현장은 충남 예산에 위치한 붕괴사면이다. 그림에 도시된 바와 같이 붕괴된 원사면에 발포우레탄 및 코팅우레탄을 시공하여 붕괴된 사면의 안정화, 추가의 사면붕괴 억제 및 사면 요철부의 충진을 하는 효과를 얻었다.



그림 1 붕괴된 원사면



그림 2 우레탄 살포 장면



그림 3 우레탄 살포가 완성된 사면



그림 4 코팅 장면

#### 4. 씨앗혼합 우레탄을 이용한 사면안정화 공법

본 시험에서는 우레탄에 씨앗(seed)을 섞은 씨앗혼합 우레탄(seed mixed urethane)을 사면부에 동시에 살포하여 우레탄의 접착효과 및 씨앗의 발아효과를 동시에 얻도록 하였다. 그림 5는 씨앗혼합우레탄을 사면에 살포하는 장면을 나타내며, 그림 6은 우레탄씨드 배양실험 장면을 나타낸다. 씨앗혼합우레탄의 적용이 성공적으로 된다면 우레탄의 흠바인딩효과와 씨앗의 뿌리보강효과를 동시에 얻을 수 있을 것이다.



그림 5 씨드혼합 우레탄 살포장면

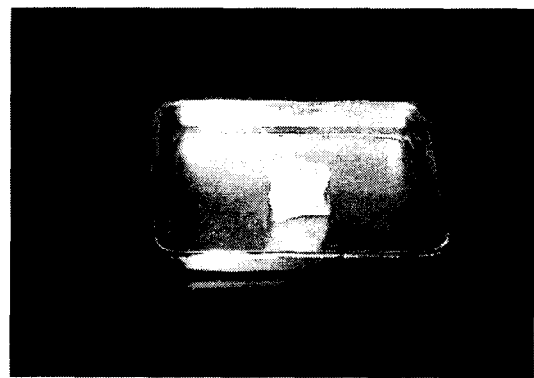


그림 6 우레탄씨드 배양 실험

## 5. 발포우레탄을 이용한 암반사면 요철충진 및 누수방지 공법

발포우레탄을 이용한 암반사면 안정화 및 누수방지 공법 적용장면을 아래 그림에 도시하였다. 본 현장은 폐기물매립장으로 매립장으로부터 유출된 침출수가 매립장사면을 구성하고 있는 암반으로 미세하게 누수되는 곳이었다. 본 현장에서는 발포우레탄을 이용하여 암반부의 요철부 및 균열면을 충전하여 암반부에서 미세하게 누출되는 침출수의 유출을 방지하는 공법을 도입하였다. 본 공법의 적용으로 암반사면 요철부 및 균열면을 밀실하게 충전하고 암반부를 통하여 누수되는 유출수의 흐름을 효과적으로 억제할 수 있었다.



그림 7 암반사면부 요철부 및 침출수누출부



그림 8 암반사면부 발포우레탄 시공장면

## 6. 결론 및 추후 연구과제

- 1) 발포우레탄은 붕괴사면 안정화, 사면요철부 충전, 사면유출수 누수방지 등에 적용할 수 있는 것으로 나타났다.
- 2) 발포우레탄은 경량이기 때문에 토목현장에서 경량성토재료의 적용성에 대한 추가 연구가 필요한 것으로 제기되었다.

## 참고문헌

1. 浜田英治, 山内豊聯(1989), “輕量盛土材としての發泡スチロールの力學的 特性”, 地盤工學會, 土と基礎, Vol. 37, No. 2, pp. 13~18.
2. 久野悟郎, 松下正憲, 深田久, 吉原正博(1989), “輕量ソイルセメントによる建築物基礎下空洞充填工法”, 地盤工學會, 土と基礎, Vol. 37, No. 2, pp. 61~66.
3. 横田聖哉, 三嶋信雄(1996), “氣泡混合輕量土を用いた人工輕量地盤”, 土と基礎, Vol. 44, No. 5, pp. 5~8.
4. 原裕, 鬼塚克忠, 横尾磨美, 桃崎節子(1999), “發泡廢ガラス材を用いた斜面綠化工法”, 土と基礎, Vol. 47, No. 10, pp. 35~37.