

# 차수재(HDPE) 보호재로서 지오신세틱스의 천공에 대한 효과

이광열, 정진교\*, 안용수 · 구태곤

동서대학교 건설공학부 토목공학과 · 부산정보대학 건설환경시스템과  
civklee@gdsu.dongseo.ac.kr · asy@hanmail.net · mazzang28@hanmail.net · chingyo@bit.ac.kr

## <요약문>

The purpose of the study is to compare the efficiency of protection as a liner protective material for geosynthetics. A series of tests were conducted in this study to analyze the effects of geosynthetics against puncture loads. Various types of geosynthetics are used as a protective material. Non-woven, Geo-composite, NaBento GCL, GCL are used to create puncture failure that caused by vertically applied loads.

The results indicated that combination of geosynthetics and a protective material can be subjected to bigger loads than geosynthetics and a protective material separated each other do.

**key word** : geosynthetics, protective material

## 1. 서론

지오신세틱스를 이용하는 차수구조에서는 배수층이나 매립폐기물내의 돌기나 모서리가 있는 물질 등에 의해 발생하는 지오멤브레인의 천공(깨뚫림)파괴로부터 보호목적으로 지오택스타일을 사용한다. 배수층의 재료는 일반적으로 모래를 사용하나 모래입자에 의한 막힘현상(closing)으로 침출수의 원활한 배수가 어렵고 모래채취로 인한 자연생태파괴가 우려되기 때문에 최근에는 지양하는 추세이다. 이 점을 고려하여 최근에는 잡석이나 강자갈등과 같은 입경이 큰 재료를 배수층에 사용하는 현상이 늘고 있다. 천공응력은 차수재 상부에 인접한 배수층 내의 입경이 큰 재료에 의해 천공(깨뚫림)파괴가 발생한다. 매립하중의 증가에 따라서 보호재(NaBento GCL, Geo-Composite, GCL 등)가 파손되는 경우 보호층 내의 골재가 차수재와 직접 접촉하게 되어 차수재에 손상을 입히게 된다.

본 연구에서는 돌출물질에 의해 발생하는 천공현상을 모사하기 위해 2가지의 자연재료와 2가지의 천공기구를 제작하여 사용하였다. 차수재(HDPE) 상부에 보호재료로서 부직포, NaBento GCL, Geo-Composite, GCL 등을 설치하고 천공기구를 이용하여 HDPE 상부에 보호재를 설치했을시의 HDPE에 가해지는 천공하중에 대한 하중-변형을 측정 분석하고 차수재(HDPE)의 천공에 대한 보호재의 효율성과 효과에 대하여 비교분석 하였다.

## 2. 모형실험

### 2.1. 차수재(HDPE)와 상부보호재의 재료특성

본 논문에서는 차수재(HDPE)상부에 보호재를 설치하였을시 보호재의 하중-변형상태를 알아보기 위하여 차수재료로서 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 사용하고 상부 보호재로는 부직포, NaBento GCL, Geo-Composite, GCL을 사용하였다. 실험에 사용한 재료의 종류와 특성을 Table 1에 나타내었다.

Table 1. 토목섬유의 재료종류와 특성

재 료	규 격	방 향	인 장 강 도	비 고
HDPE	2.0mm	길이	201.5kgf/cm <sup>2</sup>	KPS M 6000
		폭	194kgf/cm <sup>2</sup>	
부직포	1000g/m <sup>2</sup>	길이	294.5kgf	KS K 0520-1995
		폭	283.5kgf	
NaBento GCL	-	길이	25kN/m	양면섬유(PP직포) 양면 friction
		폭	35kN/m	
GCL	-	양방향	55kgf	양면섬유(직포, 부직포)니들편칭으로 고정
Geo-Composite	-	양방향	12.5kgf/cm	ASTM D 5035

### 2.2. 천공발생기구

본 연구에 사용한 시험장치는 하중 재하장치와 차수구조 모형으로 구성된다. 하중재하장치는 최대 5t 까지 재하할 수 있는 하중재하장치를 사용하였고 차수구조 모형은 직육면체의 상자로서 상부상자와 하부상자가 분리될 수 있도록 제작하였다. 보호재의 변형량 측정을 위하여 LVDT(수직변위 측정장치)를 부착하였으며 모형상자는 차수구조(Liner System)를 모사하기 위한으로 제작하였다. 모형하중재하장치 및 차수구조 모형상자는 그림 1에 도시하였다.

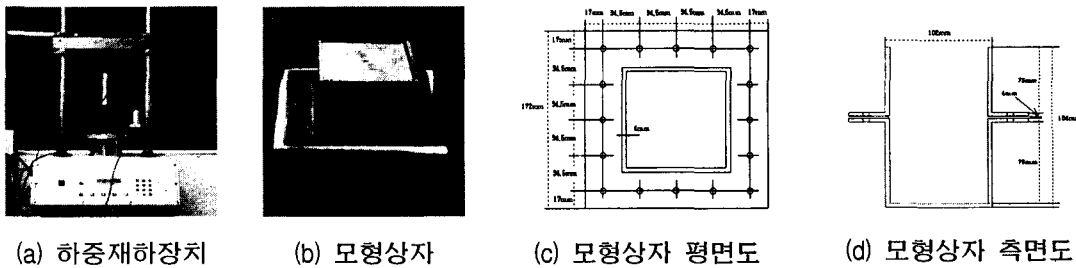


그림 1. 하중재하장치 및 모형상자

매립 하중을 발생시키기 위한 천공(깨물림)기구로는 직경 10mm~15mm의 자갈(Gravel)과 쇠석(Crushed stone)의 자연천공기구와 돌출모형을 재현하기 위한 단일원추와 천공판을 제작하여 사용하였다. 차수구조 및 모형단면 그리고 천공발생을 위한 관입기구와 관입재료를 모형에 장치한 상태의 단면도를 그림 2~3에 나타내었다.

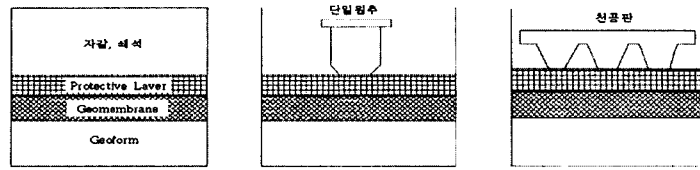


그림 2. 차수구조와 천공기구

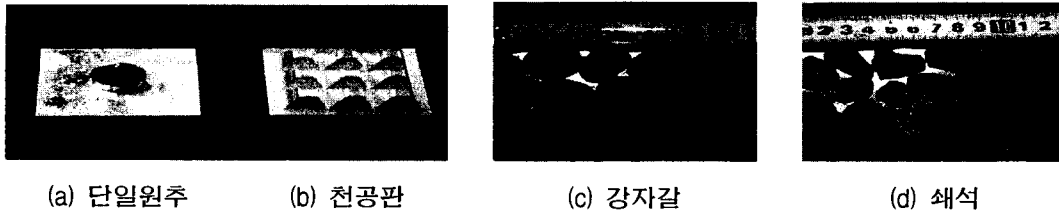


그림 3. 여러가지 천공기구

### 2.3. 실험 방법

모형상자내에 장치한 시험재료는 상부로부터 천공기구, 보호재(부직포, NaBento GCL, Geo-Composite, GCL), 차수재(HDPE), 지지층의 순서로 구성하였다. 보호재료 중 NaBento GCL과 GCL은 24시간 물속에 넣어 둔 후 실험에 사용하였고 하중재하속도는 모두 동일하게 7mm/min를 적용하여 실험을 실시하였다. 실험은 HDPE 상부에 보호재료를 설치하고 단일원추, 천공판, 강자갈, 쇠석의 천공기구를 사용하여 여러 가지의 지오신세틱 보호재를 대상으로 실험을 실시하였다.

## 3. 시험결과 및 분석

HDPE 상부의 각 보호재(부직포, NaBento GCL, Geo-Composite, GCL)에 대하여 단일원추, 천공판, 강자갈, 쇠석의 천공기구로 시험한 결과를 그림 4에 나타내었다.

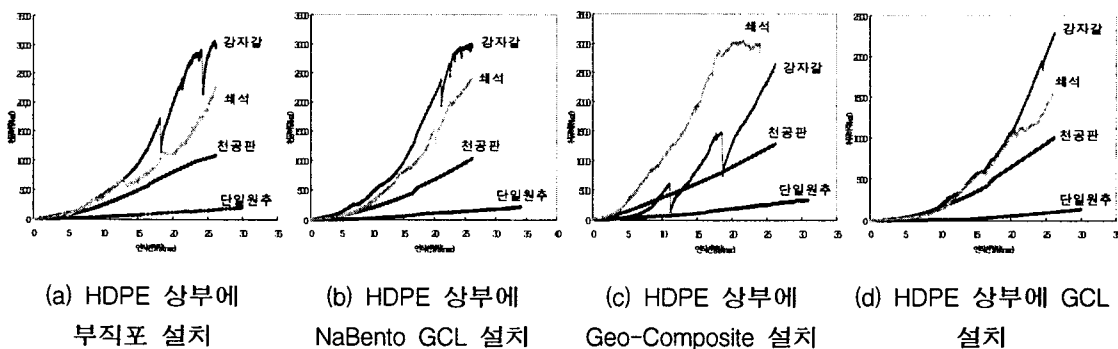
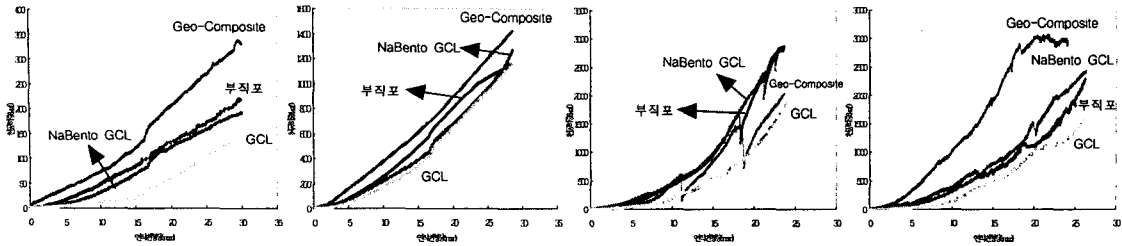


그림 4. HDPE상부에 보호재 설치했을때의 하중 - 변형 특성

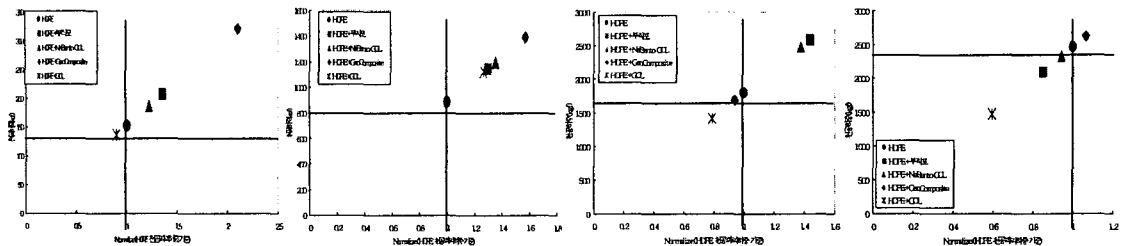
시험결과에 의하면 HDPE 상부에 보호재를 설치한 경우 보호재는 찢김이나 천공이 발생하였으나, HDPE에는 천공이 발생하지 않았다. 천공하중은 동일한 변형량에서 개별재료로 실험하였을 때보다 상부 보호재를 설치하여 실험하였을때가 더 크게 나타나 모든 지오신세틱스에서 보호재료서의 효과가 지대한 것으로 나타났다.



(a) 단일원추(Single Cone)      (b) 천공판(Puncture Plate)      (c) 강자갈(Gravel)      (d) 쇠석(Macadam)

그림 5. 천공기구에 따른 HDPE 보호재로서의 하중 - 변형 특성

그림 5에서 알 수 있듯이, 단일원추와 천공판을 사용했을 경우에 천공에 대한 보호효과는 Geo-Composite, NaBento GCL, 부직포, GCL 순으로 나타났으며 강자갈이나 쇠석을 사용한 경우에는 각 재료에 대해 거의 유사한 효과를 보였으나 Geo-Composite에 대하여는 두드러진 효과가 있는 것으로 나타났다.



(a) 단일원추      (b) 천공판      (c) 강자갈      (d) 쇠석

(천공파괴변형 28.91mm) (천공파괴변형 27.86mm) (천공파괴변형 21.96mm) (천공파괴변형 25.62mm)

그림 6. HDPE 연직변형량에서의 상부보호재(부직포, NaBento GCL, Geo-Composite, GCL)의 천공하중 비교 - HDPE 천공파괴변형을 기준함

#### 4. 결론

본 연구에서는 단일원추, 천공판, 쇠석, 강자갈 등을 천공발생기구로 이용하여 HDPE의 보호재로서 부직포, NaBento GCL, GCL, Geo-Composite에 대한 HDPE의 보호효과를 분석하였다. 다양한 모형실험을 수행하고 그 결과로서 다음과 같은 결론을 제시하고자 한다.

- 1) 모든 천공기구에 대해서 HDPE만 사용하였을 경우 모두 천공파괴가 일어났지만, HDPE의 상부에 보호재를 설치한 경우에는 차수재 HDPE에는 천공파괴가 일어나지 않았다. 이는 보호재를 설치하였을 경우가 더 큰 천공하중을 받을 수 있어서 보호재로서의 효과가 우수한 것으로 판단된다.
- 2) 동일한 변형에서 천공하중은 모든 천공기구를 사용하여 실험하였을 때 HDPE 상부에 Geo-Composite를 설치한 경우에 가장 큰 천공하중이 나타났다. 그리고 HDPE 상부에 GCL을 설치하였을 때 가장 작은 천공하중이 나타났다.
- 3) 단일원추와 천공판을 사용했을 경우에 천공에 대한 보호효과는 Geo-Composite가 가장 크게 나타났으며 GCL이 가장 작게 나타났다. 그리고 강자갈이나 쇠석을 사용한 경우는 각 재료에 대해 거의 유사한 효과를 보였으나 Geo-Composite에 대하여는 두드러진 효과가 있는 것으로 나타났다.

## 5. 참고문헌

1. 이광열, "차수구조에서 꿰뚫림하중에 의한 보호재의 변형에 관한 연구", 2001년도 추계학술발표회 논문집 B-13, 한국폐기물학회, pp. 129~132.,(2001)
2. 이광열, "차수구조에서 꿰뚫림하중에 의한 지오텍스타일의 변형에 관한 연구", 대한토목학회 논문집 제22권 제5-C호, pp. 461-467.,(2002)
3. Bummermann, K., Kohlhase, S., and Saathoff, F., "Puncture loads on geomembranes in composite liners", Sardinia 93, Fourth International Landfill Symposium, Proceedings Vol. 1, pp. 357-367.,(1993)
4. Federal Institute for Materials Research and Testing, "Guidelines for the Certification of Geomembranes as a Component of Composite Liners for Municipal and Hazardous Waste Land fills as well as for Lining Contaminated Land." Berlin (original German edition published in 1992),,(1994)