

# 벤토나이트를 혼합한 준설향사의 차수재 활용성

Study on the applicability of bentonite-mixed dredged sea sand as a water-proof material

\*김서룡 · 이득원 · 공길용 · 유전용 · 김현태 (농업기반공사)

\*Kim, Seo-Ryong · Lee, Duc-Won · Kong, Kil-Yong · Woo, Jeon-Yong · Kim, Hyun-Tae

## Abstract

There is a case to use dredged-sea sand as a filling material because of difficulty of obtaining required filling material for tideland reclamation project from the land. At this time, side slope erosion is occurred because the precipitation falling to the top of bank acts as infiltration water when it pass through inside of the semi-permeable filling section.

This study has confirmed the declining effect of permeability by conducting permeability test to the condition of mixing of bentonite to the dredged sea-sand. And also this study has confirmed that the above processed-soil could be used as a water-proof layer to protect infiltration of water through the infiltration flow analysis.

## I. 서론

간척공사에 필요한 성토재료를 육상에서 얻기가 점점 더 어려워져 준설향사가 많이 이루어지고 있다. 준설향사를 성토재료로 사용하여 형성한 성토단면을 친환경공법인 식생공법으로 사면보호공을 할 경우 성토침단에 내리는 강수가 반투수성의 성토단면 내부를 통과하여 성토사면 하부에 침출수로 작용하여 사면침식이 발생된다.

준설향사 성토단면 내에 준설향사에 벤토나이트를 혼합한 차수층을 설치하면 성토침단에 내리는 강수의 침투를 감소시키고 특히, 사면으로 침출되는 유로를 차단하므로 침출수에 의한 사면침식을 방지할 수 있다.

본 연구에서는 준설향사에 벤토나이트를 혼합한 조건에 대한 투수시험을 실시하여 투수성저하효과를 확인하였다. 그리고 차수층을 설치한 조건에 대한 침투류해석을 통하여 침출수 방지를 위한 차수층으로 본 혼합처리토를 사용할 수 있음을 확인하였다.

## II. 준설향사 성토단면의 사면하단부 침출수 문제

### 2.1 준설향사의 투수계수

현장에서 준설향되고 있는 모래 80%, 실트 20%의 준설향사의 투수성을 측정하기 위하여 정수위 투수시험을 실시하였다. 공시체 제작은 최대건조밀도( $\gamma_{dmax}$ ) 1.525g/cm<sup>3</sup>의 100%, 95%와 90% 다짐을 조건으로 실시하였다. 투수시험결과 표 1과 같이 투수계수는  $3.33 \times 10^{-3}$ cm/sec ~  $4.53 \times 10^{-4}$ cm/sec의 범위에 있는 것으로 나타났다.

표 1. 투수시험 결과

건조밀도 $\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	투수계수 k (cm/sec)	비고
1.373	$3.33 \times 10^{-3}$	90%
1.449	$7.08 \times 10^{-4}$	95%
1.525	$4.53 \times 10^{-4}$	100%

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

## 2.2 침투류해석결과

그림1과 같은 준설해사 성토단면에 대한 강우조건에 대한 침투류해석을 Geoslope사의 SEEP/W 프로그램으로 실시하였다. 침투해석결과는 그림 1과 같이 강우가 지속되면 침윤선이 제체사면 하부로 유출된다. 이를 확인하기 위한 모형시험결과 사진 1과 같이 사면하부에 침출수가 발생되어 침식이 발생되는 것으로 확인되었다.

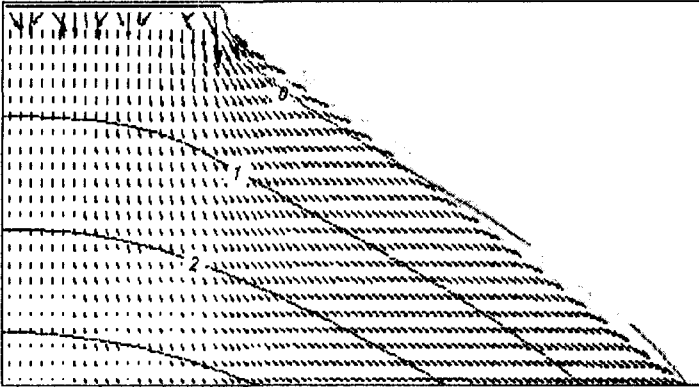


그림 1. 준설해사 방조제 단면의 침투해석 결과



사진 1 강우재현모형시험결과

## III. 벤토나이트 혼합 준설해사의 투수성

### 3.1 시험방법

준설해사에 벤토나이트를 혼합하여 차수층 재료로 사용할 수 있는지를 확인하기 위하여 모래-벤토나이트 혼합토의 다짐 및 투수시험을 실시하였다. 벤토나이트 혼합비는 준설모래의 건중량대비 0%, 10%, 20%로, 투수시험은 다짐시험에서 얻어진 최대건조밀도의 95%에 해당하는 밀도로 공시체를 제작하였으며, 물은 벤토나이트의 반응성을 고려하여 해수를 사용하였다.

### 3.2 다짐특성

다짐시험 결과 그림 2 및 표 2와 같이 벤토나이트 혼합비가 높을수록 최적함수비와 최대건조밀도가 증가하는 경향을 보이고 있다. 이는 준설해사의 입도가 균등하기 때문에 입경이 작은 벤토나이트가 공극사이를 채우는 역할을 하기 때문인 것으로 판단된다.

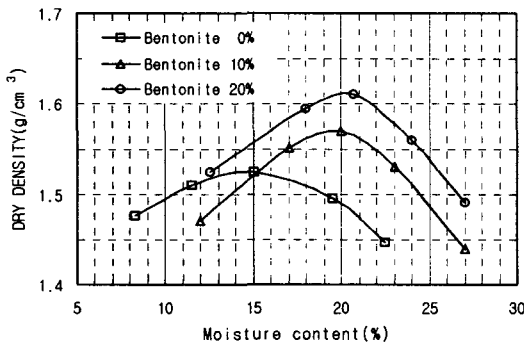


그림 2. 모래-벤토나이트 혼합토의 다짐특성

표 2 벤토나이트 혼합토 다짐시험 결과

혼합비 (%)	$\gamma_{dmax}$ (g/cm³)	O.M.C (%)	$\gamma_d(95\%)$ (g/cm³)
0	1.525	15.0	1.449
10	1.568	20.0	1.490
20	1.610	20.7	1.530

### 3.3 투수특성

모래-벤토나이트 혼합토의 투수시험결과 표 3와 같이 혼합비가 클수록 투수계수가 크게 감소함을 알 수 있다. 특히 10%의 혼합비만으로  $1 \times 10^{-7}$  cm/s이하의 불투수성을 얻을 수 있는 결과를 얻었다.

표 3. 모래-벤토나이트 투수성

혼합비(%)	$\gamma_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	k (cm/sec)
0	1.449	7.076E-04
10	1.490	3.630E-08
20	1.530	1.130E-08

## IV. 혼합처리 차수단면의 침출수 지수효과

### 4.1 침투류 해석 조건

사면 천단부에 그림 3과 같이 차수층을 설치하는 경우 강수 시 사면에 침출수의 방지 효과를 확인하기 위하여 강우조건에 대한 침투류 해석을 실시하였다. 해석단면은 보조기층재, 준설햄사 성토재, 차수층 그리고 식생보호공으로 구성하였고, 지반의 불포화영역에서 투수계수는 모래의 일반적 값을, 포화영역의 투수계수 값은 표 3의 시험값을 등방성 조건으로 적용하였다. 경계조건은 현장의 만조위시 침윤선 형성위치를 강우 전 지하수위선으로 가정하였고, 강우조건은 50~100mm/hr의 조건으로 검토하였다.

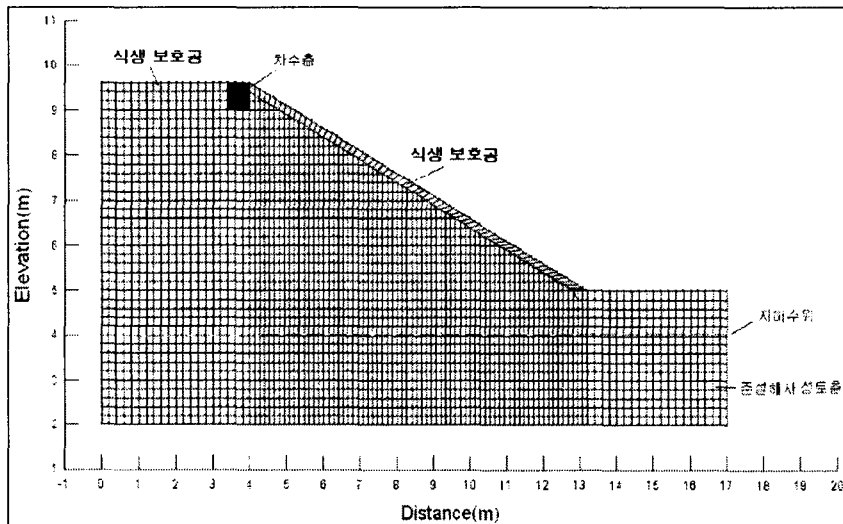
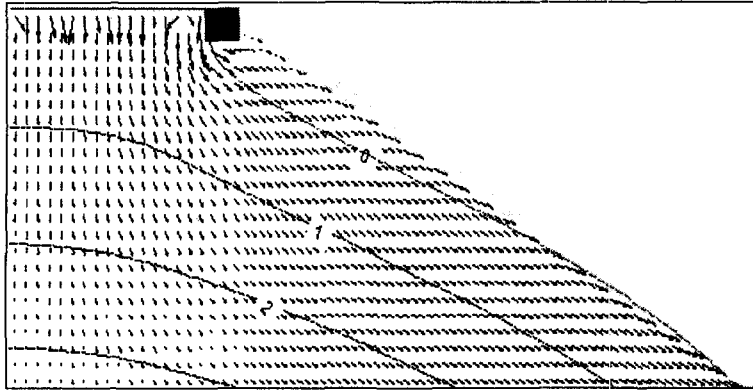


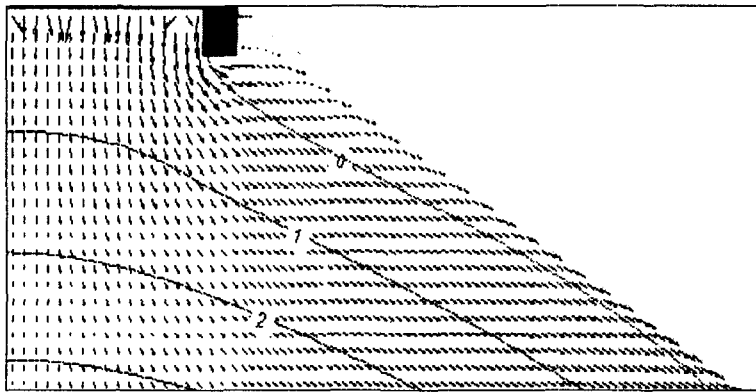
그림 3. 강우침투를 고려한 내측사면의 침투해석 단면개요

### 4.2 침투류 해석 결과

해석결과 그림 4와 같이 차수층 규모가 폭 50cm, 높이 30cm일 때는 사면하단부에 침출수가 발생되는 것으로 해석되었으나, 폭 50cm, 높이 50cm일 때는 그림 5와 같이 침윤선이 사면아래로 떨어져 침출수가 발생되지 않아 침출수에 의한 침식을 방지할 수 있는 것으로 해석되었다.



a) 50cm×30cm



b) 50cm×50cm

그림 4 차수층 규모에 따른 강우 시 침투현상

## V. 결론

- 1) 준설해사와 같은 반투수성재료의 성토단면에서 강우 시 침투류해석과 모형시험결과 침윤선이 제체사면 하부로 유출되어 사면침식이 발생됨을 알 수 있었다. 준설해사는 침식속도가 매우 빠르므로 식생 활착 전에 침식을 방지하는 공법의 적용이 필요하다.
- 2) 준설모래에 벤토나이트 혼합비가 클수록 투수계수가 크게 감소하며,  $1 \times 10^{-3}$  cm/s이상의 준설모래에 10%의 혼합비만으로  $1 \times 10^{-7}$  cm/s이하의 불투수성을 얻을 수 있는 결과를 얻었다.
- 3) 사면 천단부에 불투수성의 차수층을 설치하면 강우 시 침윤선이 사면아래로 떨어져 침출수가 발생되지 않아 침출수에 의한 침식을 방지할 수 있다는 결론을 얻었다.