

## 방조제 바닥사석층의 규모가 제체 침투문제에 미치는 영향에 대한 모의 분석

### Simulation of Effects of the Size of Embedded Rock Layer under Earth Fill on Seepage Problems of Sea-dike

이 행 우\* · 장 병 옥\*\* · 송 창 섭\*\*\* · 원 정 윤\*\*\*\*

Lee, Haeng Woo · Chang, Pyoung Wuck · Song, Chang Seob · Won, Jeong Yun

#### Abstract

Numerical analyses were carried out for studying on seepage problems due to seawater intrusion through the embedded rock layers of the sea-dike. A seepage analysis model, SAMTLE was developed for two-layer embankment system. The analyses by SAMTLE showed that the size of embedded rock layer had a significant effect on the seepage problems of sea-dike. If the embedded rock layer is longer and thicker, the seepage problems become more serious to water head, seepage rate and safety factor of piping in embankment. On the other hand, if the width of embedded rock layer is equivalent to the sea-dike's bottom width, the water head becomes lower and seepage rate and safety factor of piping are dramatically increasing. This makes another seepage problems such that the fresh water becomes saltier and higher seepage rates result in internal erosion of sea-dike.

*Keywords : Seepage problems, Sea-dike, Embedded rock layer, SAMTLE, Seepage rate, Water head, Piping*

#### I. 서 론

우리나라는 해마다 약 1만여 ha의 농경지가 주 택 및 산업용지 등으로 전용되어 왔으며 앞으로도 이와 같은 현상은 지속될 것으로 전망하고 있다.<sup>9)</sup> 이러한 농경지 감소에 대처하고 식량의 안정적 공 급을 위해서는 새로운 농경지를 조성하는 간척사업 이 하나의 해결책이 될 수 있다.<sup>11)</sup> 이와 같이 농경 지 확보의 중요한 수단인 간척사업에 있어서 가장 핵심 구조물은 바다를 막는 방조제이다. 방조제는 수자원을 확보하고 농업용수 및 산업용수를 공급하

\* 농림부 농촌정책국  
\*\* 서울대학교 농업생명과학대학 조경· 지역시스템공학부  
\*\*\* 충북대학교 농업생명환경대학 지역건설공학과  
\*\*\*\* 미 텍사스 Austin대학 토목공학과 박사후 과정  
\* Corresponding author. Tel.: +81-2-500-1964  
Fax: +81-2-502-6734  
E-mail address: hwlee2@maf.go.kr

는 이수시설인 동시에 태풍에 의한 해일 등을 막아 주고 홍수를 예방하는 치수시설이다. 이는 방조제를 안전하게 관리하면 인류에게 한없이 이로운 것이지만, 만일에 방조제가 붕괴하면 이는 인류에 큰 재앙이다.

특히, 최근의 방조제는 심해에서 채질 되기 때문에 채질 시 개방구간에서 조류속에 의한 바닥세굴 문제가 심각해<sup>10),11)</sup> 바다보호사석을 넓게 포설하고 그 위를 흙으로 성토하여 방조제를 완공한다. 이와 같이 완공된 바닥사석층내로 해수가 유통될 가능성이 있어 바닥사석층의 투수성에 따른 제체에 미치는 영향에 대하여 연구된바 있다.<sup>10)</sup>

방조제 공사 시 바다보호사석은 바다를 안전하게 막기 위한 불가피한 공정이지만 바닥사석층내 통수로 인한 제체 내에 미치는 침투에 대해 정확히 규명해 두는 것이 방조제 유지관리에 중요한 요소이다.

일반적으로 사석층 내의 침투는 Non-Darcy 흐름<sup>1),2),8)</sup>으로 알려져 있지만 방조제 바닥사석층은 원지반이나 흙 성토층에 매설되어<sup>10),11)</sup> 있기 때문에 상·하부의 흐름이 자유로운 일반 사석층과 같은 흐름특성을 보일지는 의문이다.<sup>3)</sup>

이행우 등(2005c)은 실내실험을 통하여 성토층 하부의 사석층내의 침투특성이 Darcy의 층류 흐름임을 보였으며, 또한 투수성이 완전히 다른 2층 성토 구조물의 침투특성을 분석하기 위한 Darcian 침투모델 SAMTLE을 개발하고 적용성을 입증하여<sup>4)</sup> 성토층 하부 매설된 사석층 내의 침투는 Darcy 흐름임을 보였다.<sup>3),4),6)</sup> 아울러, 이행우 등(2005b, 2005d)은 한쪽 끝이 물의 유·출입이 자유로운 매설된 사석층 내의 통수에 따라 성토 제체에 침투문제가 발생함을 실험을 통하여 보였다.

본 연구에서는 방조제 내 흐름을 정상류 상태(steady state)로 가정하여 개발한 2층 성토구조물의 침투해석 모형인 SAMTLE<sup>4)</sup>로 방조제 하부 바닥사석층의 규모를 변화하면서 사석층내의 통수에 따른 제체 침투문제에 미치는 영향을 모의 분석하고자 한다.

## II. 침투문제에 대한 모의 분석

### 1. 입력자료

본 분석은 규모가 다른 방조제 바닥사석층 내의 통수에 따른 제체 침투문제의 영향을 분석하기 위하여 SAMTLE 모형으로 분석하였다. 분석을 위한 SAMTLE 모형의 입력자료는 Table 1에 나타냈다. Table 1에서 보는바와 같이 SAMTLE 모형의 입력자료는 방조제 및 바닥사석층의 단면, 투수성, 축재 재료의 물리적 특성, 방조제의 상·하류 수위 등이다.<sup>4)</sup> 기본이 되는 입력자료는 ○○방조제의 실측자료이다. 방조제 하부 폭은 81 m, 높이는 15 m이며 방조제 바닥사석층의 폭의 길이를 27, 54, 81 m와 높이를 1, 2, 3 m로 변화를 주었다. 또한 흙 성토층의 투수계수는  $5.54 \times 10^{-5}$  m/s, 간극비는 0.75, 비중은 2.66이다. 바닥사석층의 투수계수는  $7.33 \times 10^{-4}$  m/s이고, 하부 표고는 EL(-)

Table 1 Input data description to SAMTLE<sup>3),4)</sup>

Classification	Factor	Description
Soil data	$G_s$	Specific Gravity
	$\gamma_d$	Dry Unity Weight (KN/m <sup>3</sup> )
	$e$	Void ratio
	$k_e$	Permeability (m/s)
Bed rock data	$k_{r1}, k_{r2}$	Permeability (m/s)
	$L_{r1}, L_{r2}$	Length (m)
	$h_r$	Height of not inclined layer
Water Level	$h_d$	Water level in landside (m)
	$h_s$	Sea water level (m)
Sectional data	L	Length of embankment (m)
	H	Height of embankment (m)
	Eb	Elevation of bottom line
	$\alpha$	Angle of downstream slope
	$\nabla X$	Distance of calculation

8.42 m 이다. 하류면 사면의 경사는 9.5°이며, 계산간격은 상류로부터 1 m 이다. Table 1에서 Case 1~12는 바다사석층의 높이 1 m일 때 바다사석층의 폭의 길이가 27, 54, 81 m에서 상류측 해수위가 EL(+5.37, 4.83, 4.14, 3.00 m일 때 분석을 위한 입력 자료이다. Case 13~24 와 25~36는 바다사석층의 높이가 각각 2 m, 3 m일 때 바다사석층의 폭의 길이가 27, 54, 81 m에서 상류측 해수위가 EL(+5.37, 4.83, 4.14, 3.00 m일 때 분석을 위한 입력 자료이다.

## 2. 바다사석층 폭의 길이 변화에 따른 영향

### 가. 침윤선 변화

본 연구에서는 해수가 방조제 하부 바다사석층 내의 통수에 따른 제체에 미치는 침투문제를 모의 분석하기 위하여 바다사석층의 폭의 길이를 변화시켰다. Figure 1은 분석에 필요한 바다사석층의 폭의 길이( $L_r$ ) 및 높이( $D_r$ ), 바다사석층 전면 성토층의 길이( $L_e$ ) 및 높이( $D_e$ )을 도시하였다. Table 1은 입력자료 Table 2의 변수를 설명하였다. Figure 2는 분석 결과를 도시하였으며, 굵은 실선은 바다사석층 전면 성토단면의 도로 및 사면이다. Figure 2에서 보는 바와 같이 바다사석층의 폭의 길이에 따라서 성토층의 침윤선 변화가 나타났다. 바다사석층의 폭( $L_r$ )이 짧을수록 (바다사석층의 전면 성토층의 폭( $L_e$ )이 길수록) 바다사석층 상부 성토층의 침윤선이 높게 형성되었다.

이는 바다사석층 전면부 흙 성토층의 폭( $L_e$ )이

길어 배수가 원활치 않아 바다사석층 상부 성토층의 침윤선이 높게 나타난 것으로 판단된다. 반대로 바다사석층의 폭( $L_r$ )이 긴 경우(바다사석층 전면 성토층의 폭( $L_e$ )이 짧은 경우) 사석층 내의 높은 수압이 흙 성토층으로 소산이 원활하여 바다사석층 상부 성토층에는 침윤선이 낮게 형성되나 바다사석층 전면부 성토층에는 바다사석층으로부터 높은 수압을 전달 받아 침윤선이 높게 형성되어 경우에 따라서는 방조제 담수호측 사면고 보다 높게 나타날 수 있다.

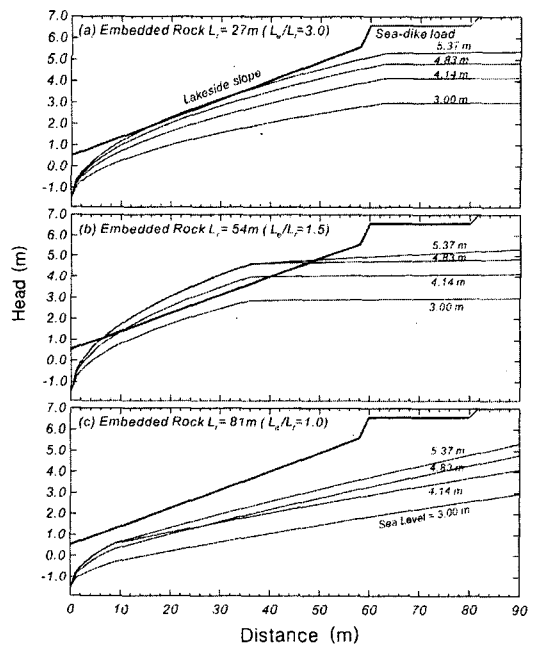


Fig. 2 Changes in water head by varying the width of embedded rock layer and sea level by SAMTLE

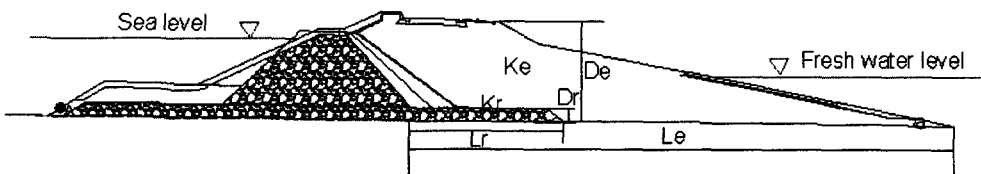


Fig. 1 Typical cross section of sea-dike

Table 1 Input data of SAMTLE for analyzing seepage problems of sea-dike due to seawater intrusion through the embedded rock layer

Case	L_e	L_r	H_e	H_r	k_e	k_r	G_s	e	dx	H_s	H_d	E_b	a
1	81	27	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
2	81	27	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
3	81	27	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
4	81	27	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
5	81	54	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
6	81	54	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
7	81	54	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
8	81	54	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
9	81	81	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
10	81	81	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
11	81	81	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
12	81	81	14	1	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
13	81	27	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
14	81	27	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
15	81	27	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
16	81	27	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
17	81	54	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
18	81	54	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
19	81	54	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
20	81	54	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
21	81	81	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
22	81	81	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
23	81	81	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
24	81	81	13	2	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
25	81	27	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
26	81	27	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
27	81	27	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
28	81	27	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
29	81	54	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
30	81	54	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
31	81	54	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
32	81	54	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5
33	81	81	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	5.370	-1.5	-8.42	9.5
34	81	81	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.833	-1.5	-8.42	9.5
35	81	81	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	4.140	-1.5	-8.42	9.5
36	81	81	12	3	5.54E-05	7.33E-04	2.66	0.75	-1	3.001	-1.5	-8.42	9.5

이럴 경우 방조제 담수호측 사면에서 해수가 스며 나올 수 있다. 아울러 바닥사석층의 폭의 길이가 방조제 하부 폭과 같을( $L_r/L_e=1.0$ ) 경우 해수가 바닥사석층을 통해 자유로이 유통할 수 있어 성토층에는 침투압이 걸리지 않아 침윤선이 낮게 형성되었다(Fig. 2 (c)). 결론적으로 바닥사석층이 있는 방조제에는 바닥사석층 폭의 길이에 따라 침윤선의 변화가 크게 나타났다. 즉 바닥사석층의 폭이 길면 바닥사석층 전면부 성토층에 침윤선이 높게 형성되고 짧으면 바닥사석층 상부 성토층에 침윤선이 높게 나타났다. 따라서 바닥사석층이 짧으면 지반고가 높은 도로 하부에 침윤선이 높게 나타나더라도 침투문제가 발생하지 않으나 바닥사석층이 길어 호측 사면부에 높은 침윤선이 형성되면 파이핑 등 침투문제가 발생할 수 있다.

나. 침투유량 변화

Figure 3은 바닥사석층 폭의 길이에 따른 침투유량의 변화를 도시하였다. Figure 2에서와 같이 침투유량은 바닥사석층의 폭이 길수록 크게 증가하는 것을 보이고 있다. 이는 바닥사석층의 폭이 길면 해측의 높은 수압이 바닥사석층 끝단까지 걸리고 흙 성토층의 침투로장이 짧아 침투유량이 증가하는 것으로 판단된다.

다. 파이핑 안전율 변화

바닥사석층의 폭이 길면 바닥사석층 전면부 성토층에 침윤선이 높게 형성되고 침투유량이 증가하는 것으로 분석되었다. 성토층에 침윤선이 높게 형성되었다면 높은 침투력이 걸려 파이핑 안전율에도 영향을 미칠 것이라 예상된다. Figure 4는 바닥사석층의 폭의 길이에 따라서 성토층 내에 발생하는 파이핑 안전율의 변화를 도시하였다.

Figure 4에 나타난 바와 같이 바닥사석층의 폭의 길이에 따라 파이핑 안전율은 감소하나, 바닥사석층이 성토층 하부 전면( $L_r/L_e=1$ )에 있을 때는 파이핑 안전율이 증가하는 양상을 나타내고 있다.

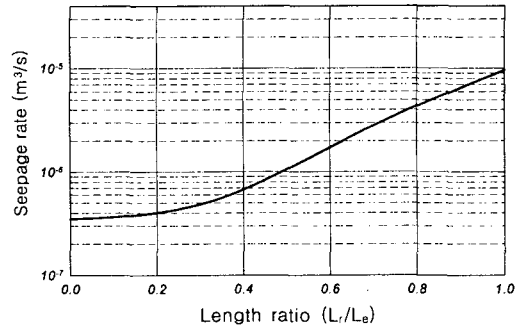


Fig. 3 Changes in seepage rate by varying the width of embedded rock layer ( $i=0.05$ )

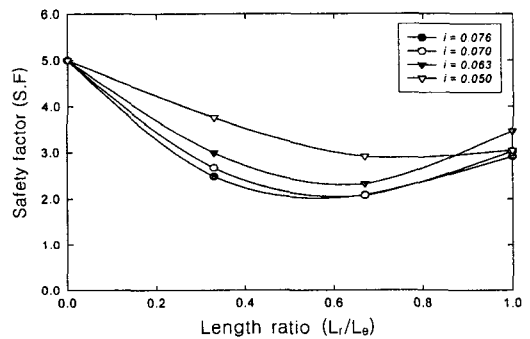


Fig. 4 Changes in safety factor for piping by varying the width of embedded rock layer and gradient ( $i$ )

이는 대부분의 침투유량이 바닥사석층을 통해 흐르기 때문에 침투유량은 급격히 증가하고 성토층에 걸리는 침투력의 감소로 파이핑 안전율은 증가하는 것으로 판단된다. 다만 이때는 침투유량의 증가로 담수의 염도문제와 흐름유속으로 인해 방조제 내부 흙 입자가 유실되는 내부침식 문제가 야기될 수 있다.

Figures 2~4에 나타난 바와 같이 바닥사석층의 폭의 길이에 따라서 제체에 나타나는 침투문제는 변하는 것으로 나타났다. 즉 바닥사석층의 폭의 길이가 길면 성토층에 높은 침윤선이 형성되고 침투유량이 증가하고 파이핑 안전율은 감소하는 것으로 나타났다.

### 3. 바닥사석층의 두께에 따른 영향

#### 가. 침윤선 변화

바닥사석층의 두께의 변화에 따라서 성토층에 미치는 침투특성 변화를 Figure 5에 도시하였다. Figure 5에서와 같이 바닥사석층이 두께가 커질수록 침윤선은 약간 증가하는 것으로 나타났으나 그 영향은 미미하였다.

#### 나. 침투유량 변화

Figure 6은 바닥사석층 두께의 변화에 따른 침투유량의 변화이다. Figure 6에서와 같이 바닥사석층의 두께에 따른 침투유량 변화는 바닥사석층이 두꺼워 질수록 침투유량은 약간 증가하는 것으로 나타났다. 이를 수치상으로 살펴보면  $D_r/D_e$ (성토층 두께 대 바닥사석층의 두께의 비)가 0.067에서 0.20로 증가할 때 침투유량은 1.4배 증가하였다.

#### 다. 파이핑 안전율 변화

Figure 7은 바닥사석층 두께의 변화에 따른 파이핑 안전율의 변화이다. 파이핑 안전율은 바닥사석층의 두께가 두꺼워 질수록 감소하는 것으로 나타났다. 이는 바닥사석층 높이가 상대적으로 커지면 사석층 안에 있는 물의 위치수두가 높아져 침투압이 증가하고 이는 파이핑 안전율의 감소로 나타나는 것으로 판단된다. 그 경향을 자세히 살펴보면 방조제의 도로부에서 성토층의 최대높이를 15 m로 하였을 때 바닥사석층 높이 대 성토층 높이 비 ( $D_r/D_e$ )가 0.067~0.013 ( $D_r=1\sim 2$  m)일 경우는 파이핑 안전율이 약간 감소하는 것으로 나타났으나,  $D_r/D_e$ 가 0.013 ( $D_r=2$  m) 이상에서는 안전율이 급격히 감소하였다. 이를 수치상으로 살펴보면,  $D_r/D_e$ 가 0.067에서 0.013으로 증가할 때 거의 변화가 없으나  $D_r/D_e$ 가 0.013에서 0.20으로 증가 할 때 2.5배 이상으로 감소하였다. 이로부터  $D_r/D_e$  비가 작을 때는 영향이 미미하나 어느 한계치 이상으로 커지면 그 영향이 매우 커짐을 알 수 있다.

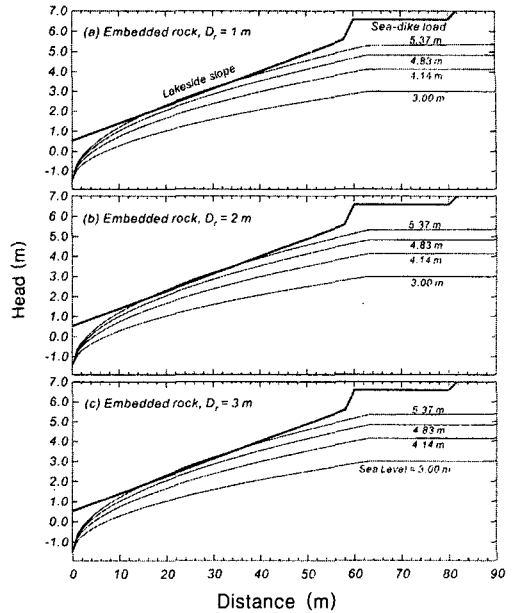


Fig. 5 Changes in phreatic line by varying the depth of embedded rock layer and sea level by SAMTLE

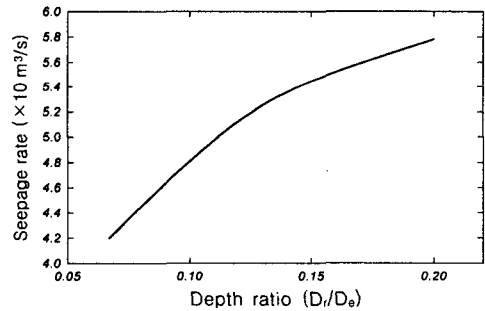


Fig. 6 Changes in seepage rate by varying the depth of embedded layer ( $i=0.05$ )

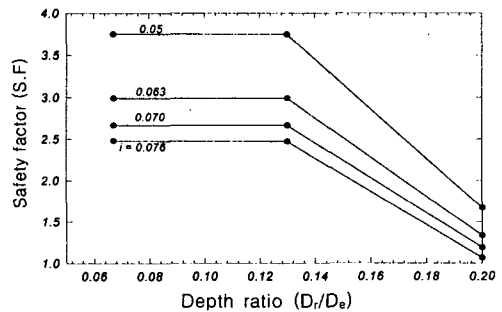


Fig. 7 Changes in safety factor for piping by varying the depth of embedded layer

### III. 결 론

바닥사석층과 흙 성토층 2층으로 구성된 방조제의 바닥사석층내 통수에 따른 제체 침투문제를 예미치는 영향을 파악하기 위하여 SAMTLE 모형으로 분석하였다. 분석 결과 바닥사석층의 규모가 방조제의 침투문제에 미치는 영향이 크게 나타났다. 이를 정리하면 다음과 같다.

1) 바닥사석층의 폭의 길이가 증가함에 따라서 바닥사석층 전면부 성토층 내 침윤선의 높이가 증가하고 방조제를 통한 침투유량이 증가하였으며, 파이핑 발생 위험율도 증가하였다. 아울러 바닥사석층의 폭이 방조제 하부폭과 같을 경우 바닥사석층내 해수의 유통이 원활하여 흐름유속이 커지고 마찰손실 수두가 증가하여 방조제 내 침투압이 감소, 침윤선은 크게 저하되었다. 하지만 침투유량이 극대로 증가하면 담수호 염도가 증가하고 흐름유속이 커져 내부침식이 일어나는 새로운 문제가 야기될 수 있다.

2)  $D_r/D_e$ (성토층 두께 대 바닥사석층의 두께의 비)가 0.067에서 0.20로 증가할 때 침투유량은 1.4배 증가하였으며, 파이핑 안전율은  $D_r/D_e$ 가 0.067에서 0.013으로 증가할 때 거의 변화가 없으나  $D_r/D_e$ 가 0.013에서 0.20으로 증가 할 때 2.5 배 이상으로 감소하였다.

3) 이상의 결과로 보아 바닥사석층이 방조제 하부 전면에 놓일 경우를 제외하고 규모가 커짐에 따라 침윤선은 높아지고, 침투유량이 커지며, 파이핑 안전율이 감소해 파이핑 발생 위험률이 높아진다. 바닥사석층이 방조제 하부 전면에 놓일 경우는 침윤선은 낮아지고, 침투유량과 파이핑 안전율은 급격히 증가하는 것으로 나타났으나, 담수의 염도를 증가시키는 새로운 침투문제가 발생하는 것으로 나타났다.

### References

1. Abt, S. R., Ruff, J. F., and Wittler, R. J., 1991, "Estimating flow through riprap." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 117, No. 5, pp. 670-675.
2. George, G. H. and Hansen, D., 1992, "Conversion between quadratic and power law for non-Darcy flow." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 118, No. 5, pp. 792-797.
3. Lee, H. W., 2005, Seepage Characteristics of Sea Dike depending on the Size and Permeability of Embedded Rock Layer under Earth Fill, Ph.D thesis. Seoul National University. (in Korean)
4. Lee, H. W., Chang, P. W., 2005a, "Development and Application of Seepage Analysis Model of Two-Layer Embankment (SAMTLE)", *Journal of Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 25, No. 5C, pp. 353-359. (in Korean)
5. Lee, H. W., Chang, P. W., 2005b, "Seepage Problems due to Seawater Intrusion through Embedded Rock Layer of Sea dyke", 4<sup>th</sup> International Workshop on Sustainable Development of Tidal Areas, 19<sup>th</sup> Congress and 56<sup>th</sup> IEC, International Commission on Irrigation and Drainage (ICID), Beijing, China, Sept. 13, 2005, pp. 137-139.
6. Lee, H. W., Chang, P. W., 2005c, "Seepage Characteristics of Embedded Rock Layer Under the Earth Fill", *Journal of Korean Society of Geotechnical Engineers*, Vol. 21, No. 8, pp. 55-61. (in Korean)
7. Lee, H. W., Chang, P. W., Chang, W. H., Kim, S. W., 2005d, "Seepage Characteristics of Embankment with or without Gravel Layer under the Earth Fill", *Journal of Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 47, No. 4, pp. 53-61. (in Korean)
8. Li, B., Garga, V. K., and Davies, M. H.,

- 1998, "Relationship for non-Darcy flow in rockfill." *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, Vol. 124, No. 2, pp. 206-212.
9. Ministry of Agriculture & Forestry, 2005, Main Statistics of Agriculture & Forestry in Republic of Korea, p. 161. (in Korean)
10. Ministry of Agriculture & Forestry and Korea Agricultural & Rural Infrastructure Corporation, 2002, A Study on the Method of Preventing Piping for the Hwaong Seadike. (in Korean)
11. Rural Development Corporation, 1995, Tideland Reclamation in Korea. (in Korean)