

막돌경사방파제에서 바닥침식자름면의 형태판별지수에 의한 바닥보호막돌층의 필요성평가

한유진, 김형식

위대한 수령 김일성 동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《과학기술을 빨리 발전시키는것은 우리앞에 매우 중요한 문제로 나서고있습니다. 우리는 현대과학발전의 세계적추세와 우리 나라 사회주의건설의 현실적요구에 맞게 여러 분야의 과학과 기술을 빨리 발전시켜야 합니다.》(《김일성전집》 제87권 90페이지)

막돌경사방파제의 변두리바닥에는 보통 바닥침식에 의한 막돌경사면의 침하를 방지하기 위하여 바닥보호막돌층을 깔아준다.[1]

론문에서는 막돌경사방파제에서 경사면밑의 바닥퇴적층의 침식상태를 평가하여 바닥보호막돌층의 필요성을 판단하는 방법을 고찰하였다.

1. 방법의 원리

막돌경사방파제앞에서는 입사파와 반사파가 겹쳐 중복파가 생긴다. 중복파의 파고는 파도반사계수와 관련되어있다.

바닥경사도 m , 입사파의 파고 H 와 파장 L 을 알면 파도반사계수 K_r 와 반사파고 H_r 는 다음과 같이 구할수 있다.[2]

$$K_r = K_\Delta \left(\frac{L}{H} \right) \sqrt{\frac{2\alpha}{\pi}} \frac{\sin^2 \alpha}{\pi}, \quad H_r = K_r H$$

여기서 α (rad)는 경사각, $\sin \alpha = \sqrt{1/(1+m^2)}$, K_Δ 는 경사면의 거칠음도인데 투석한 막돌 경사면에서는 0.5로 취한다.

막돌경사방파제앞에서는 파도상태와 물 깊이, 퇴적물립도에 따라 각이한 침식자름면이 형성된다.(그림)

그림의 ㄱ), ㄴ)와 같이 세립형자름면과 파도형자름면이 생기면 밑바닥이 침식되기때문에 막돌경사면은 아래로 밀리운다.

그림의 ㄷ)와 같이 조립형자름면이 생기는 경우에는 밑바닥침식이 일어나지 않고 막돌경사면이 안정하므로 바닥보호막돌층을 깔 필요가 없다.

바닥침식자름면의 형태를 결정하는 형태판별지수는 다음식으로 계산한다.[2]

$$\beta = (u_m - u_c) / \omega$$

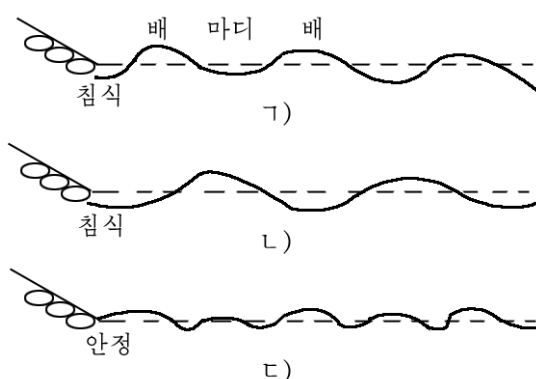


그림. 막돌경사방파제앞에서 나타나는 바닥침식자름면

ㄱ) 세립형, ㄴ) 파도형, ㄷ) 조립형

$\beta \geq 28$ 이면 세립형자름면, $\beta \leq 10$ 이면 조립형자름면, $10 < \beta < 28$ 이면 과도형자름면이 생긴다. 옷식에서 u_m 은 최대파도바닥흐름속도, u_c 는 퇴적물기동속도, ω 는 퇴적물침강속도인데 다음식으로 계산된다.[2, 3]

$$u_m = \frac{(1+k_r)\pi H}{T \cdot \text{sh}(kh)}$$

$$u_c = 2.4 \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)^{2/3} d^{0.433} h^{1/3}$$

$$\omega = \begin{cases} \frac{1}{25.6} \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g \frac{d^2}{\nu} & (d < 0.1\text{mm}) \\ \sqrt{\left(13.95 \frac{\nu}{d} \right)^2 + 1.09 \frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d} - 13.95 \frac{\nu}{d} & (0.1\text{mm} \leq d < 4\text{mm}) \\ 1.044 \sqrt{\frac{\rho_s - \rho}{\rho} g d} & (d \geq 4\text{mm}) \end{cases}$$

여기서 H 는 파고, T 는 파주기, k 는 파수, k_r 는 파도반사계수, d 는 립도(m), ρ_s , ρ 는 각각 퇴적물과 물의 밀도, ν 는 물의 운동학적점성계수인데 물온도 $t(^{\circ}\text{C})$ 가 주어지면 식 $\nu = 1.79 \cdot 10^{-6} / (1 + 0.0337t + 0.000221t^2)$ 으로 계산한다.

2. 형태판별지수계산결과와 바닥보호막돌출의 필요성평가

바람파도인 경우에 파고가 주어지면 그것에 해당하는 파주기와 파장은 다음식으로 계산할수 있다.[2]

$$T = 3.57\sqrt{H}, \quad L = \frac{gT^2}{2\pi} \text{th} \frac{2\pi h}{L}$$

바닥경사도가 2, 3, 4일 때 각이한 물깊이(5, 10, 15, 20, 25, 30m)와 파고(1, 2, 3, 4, 5, 6m)에 따르는 바닥침식자름면의 형태판별지수를 계산하였다.(표 1-3) 바다물의 온도는 15°C , 퇴적물립도는 0.6mm이다.

표 1. 바닥경사도가 2일 때 물깊이와 파도요소에 따르는 바닥침식자름면의 형태판별지수

파도요소	물깊이/m					
	5	10	15	20	25	30
$H=1\text{m}, L=20\text{m}, T=3.6\text{s}$	3.6	2.4	-4.0	-4.6	-5.0	-5.3
$H=2\text{m}, L=40\text{m}, T=5.1\text{s}$	21.3	5.5	-0.1	-2.8	-4.1	-4.8
$H=3\text{m}, L=58\text{m}, T=6.2\text{s}$	42.3	16.0	6.4	1.4	-1.5	-3.3
$H=4\text{m}, L=74\text{m}, T=7.1\text{s}$	64.8	27.4	13.8	6.7	2.3	-0.6
$H=5\text{m}, L=88\text{m}, T=8.0\text{s}$	86.1	38.2	21.1	12.0	6.3	2.5
$H=6\text{m}, L=101\text{m}, T=8.8\text{s}$	108.0	49.2	28.5	17.5	10.6	5.9

표 2. 바닥경사도가 3일 때 물깊이와 파도요소에 따르는 바닥침식자름면의 형태판별지수

파도요소	물깊이/m					
	5	10	15	20	25	30
$H=1\text{m}, L=20\text{m}, T=3.6\text{s}$	2.6	2.6	-4.0	-4.6	-5.0	-5.3
$H=2\text{m}, L=40\text{m}, T=5.1\text{s}$	17.7	4.1	-0.7	-3.0	-4.3	-5.0
$H=3\text{m}, L=58\text{m}, T=6.2\text{s}$	35.7	13.2	4.9	0.5	-2.0	-3.6
$H=4\text{m}, L=74\text{m}, T=7.1\text{s}$	55.2	23.0	11.3	5.1	1.3	-1.2
$H=5\text{m}, L=88\text{m}, T=8.0\text{s}$	74.0	32.5	17.6	9.7	4.8	1.5
$H=6\text{m}, L=101\text{m}, T=8.8\text{s}$	93.4	42.3	24.2	14.6	8.5	7.4

표 3. 바닥경사도가 4일 때 물깊이와 파도요소에 따르는 바닥침식자름면의 형태판별지수

파도요소	물깊이/m					
	5	10	15	20	25	30
$H=1\text{m}, L=20\text{m}, T=3.6\text{s}$	2.3	-2.6	-4.0	-4.6	-5.0	-5.3
$H=2\text{m}, L=40\text{m}, T=5.1\text{s}$	16.4	3.7	-1.0	-3.1	-4.3	-5.0
$H=3\text{m}, L=58\text{m}, T=6.2\text{s}$	33.4	12.2	4.3	0.2	-2.2	-3.7
$H=4\text{m}, L=74\text{m}, T=7.1\text{s}$	51.9	21.5	10.4	4.5	0.9	-1.5
$H=5\text{m}, L=88\text{m}, T=8.0\text{s}$	69.8	30.5	16.4	8.9	4.2	1.1
$H=6\text{m}, L=101\text{m}, T=8.8\text{s}$	88.3	39.8	22.7	13.6	7.8	3.9

표 1—3으로부터 알수 있는것처럼 바닥침식자름면의 판별지수는 파고와 물깊이에 따라 크게 변하고 바닥경사도에 따라서는 크게 변하지 않는다. 이것은 바닥경사도에 따라 파도반사계수가 크게 차이나지 않는데 있다.

실례로 20m 물깊이에 막돌경사방파제를 건설할 때 최대파고가 5m이고 바닥경사도가 2이면 파도형자름면이므로 바닥보호막돌을 깔아야 하고 바닥경사도가 3 또는 4이면 조립형자름면이므로 바닥보호막돌을 깔 필요가 없다. 그러나 최대파고가 6m일 때는 경사도에 관계없이 파도형자름면이므로 바닥보호막돌을 깔아야 한다.

맺는 말

막돌경사방파제에서 바닥보호막돌층의 필요성을 판단하는 침식자름면의 판별지수는 파고와 물깊이에 따라 크게 변하고 바닥경사도에 따라서는 크게 변하지 않는다.

참고 문헌

- [1] 한경남; 항만구조물, 고등교육도서출판사, 11~123, 주체96(2007).
- [2] 严恺 等; 海岸工程, 海洋出版社, 45~287, 2012.
- [3] 王昌杰 等; 河流动力学, 人民交通出版社, 24~34, 2001.

**The Decision for Requirement of the Bottom-Protecting Rubble Layer
by the Shape Distinction Index of the Bottom Erosion Section
at the Rubble Slope Breakwater**

Han Yu Jin, Kim Hyong Sik

The shape distinction index of the bottom erosion section which is used in deciding the requirement of the bottom-protecting rubble layer at the rubble slope breakwater greatly changes, depending on the wave height and the depth of water but doesn't undergo great change, depending on the gradient of the bottom.

Keywords: rubble slope breakwater, shape distinction index