

막돌경사제방에서 항외바닥침식상태의 평가방법

김 광 립

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《방파제나 언제 같은것도 력학적으로, 수리공학적으로 잘 다산하여 설계하고 공법의 요구대로 건설하여야 합니다.》

막돌경사제방앞에서는 입사파와 반사파가 중첩되어 부분중복파가 생기며 이 작용으로 바닥침식이 일어난다. 그러므로 막돌경사제방을 건설할 때 제방앞의 바닥침식을 막기 위하여 보통 바닥보호막돌층을 깔아준다.[1]

론문에서는 막돌경사제방에서 항외바닥의 침식자름면형태를 결정하고 침식깊이를 계산하는 방법에 대하여 서술하였다.

1. 막돌경사제방에서 항외바닥의 침식자름면형태결정

막돌수직제방앞에서 반사파의 파고는 입사파의 파고와 같으며 이때 파고가 2배로 커진 중복파가 생긴다. 그러나 막돌경사제방앞에서 반사파의 파고는 상대적으로 작으며 경사도가 작을수록 더 작아진다. 이때 생긴 중복파를 부분중복파라고 한다.

부분중복파의 작용을 받아 막돌경사제방앞에 생긴 항외바닥의 침식자름면형태는 파도요소와 물깊이, 퇴적물립도에 따라 달라진다.

세립형 또는 과도형침식자름면이 형성되면 제방밑바닥이 침식되면서 막돌경사면이 내리밀리울수 있다. 한편 조립형침식자름면에서는 이러한 현상이 일어나지 않는다.[1]

최대파도바닥흐름속도(u_m), 기동속도(u_c), 침강속도(ω)로부터 항외바닥의 침식자름면형태를 판별하는 지수(β)는 다음과 같다.[2, 3]

$$\beta = \frac{u_m - u_c}{\omega}$$

$\beta \geq 28$ 이면 세립형침식자름면, $10 < \beta < 28$ 이면 과도형침식자름면, $\beta \leq 10$ 이면 조립형침식자름면이 생긴다.

한편 u_m , u_c , ω 는 다음과 같이 계산한다.

$$u_m = \frac{(1+k_r)\pi H_c}{T \operatorname{sh}(kh)}, \quad u_c = 2.4\Delta^{\frac{2}{3}}d^{0.433}h^{\frac{1}{3}}$$

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

여기서 k_r 는 파도반사계수, H_c 는 입사파의 파고, T 는 파주기, k 는 파수, h 는 물깊이, Δ 는 퇴적물립자의 상대밀도, d 는 퇴적물립자의 립도, ρ_s 는 퇴적물립자의 밀도, ρ 는 물의 밀도, g 는 중력가속도, v 는 물의 운동학적점성계수이다.

한편 k_r , Δ , v 는 다음과 같이 계산한다.[2]

$$K_r = \frac{K_\Delta L \sin^2 \alpha}{H_c \pi} \sqrt{\frac{2\alpha}{\pi}}, \quad \sin \alpha = \sqrt{\frac{1}{1+m^2}}$$

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}, \quad v = \frac{1.79 \times 10^{-6}}{1 + 0.0337t + 0.000221t^2}$$

여기서 K_Δ 는 경사면의 거칠음도, L 은 파장, α 는 경사각, m 은 제방의 구배, t 는 물온도이다.

일반적으로 막돌투석면에서는 $K_\Delta=0.5$ 이다.

2. 막돌경사제방에서 항외바닥의 침식골깊이계산

세립형 또는 조립형침식자름면에서 침식골은 부분중복파의 마디점위치와 일치하며 퇴적마루는 부분중복파의 배점위치와 일치한다. 그러나 파도형침식자름면에서는 침식골 및 퇴적마루가 부분중복파의 마디 및 배점위치와 일치하지 않고 약간 편기된다.

세립형 또는 파도형침식자름면에서 첫번째 침식골은 막돌경사제방면의 밑으로부터 가까우므로 이때 막돌경사보호층이 내리밀리울수 있다. 세립형 또는 파도형침식자름면에서의 침식골깊이(Z_{mf})는 다음과 같이 계산한다.

$$Z_{mf} = \frac{0.2H_p}{[\text{sh}(kh)]^{1.35}}, \quad H_p = H_c + H_r = (1+k_r)H_c$$

여기서 H_p 는 부분중복파의 파고, H_r 는 반사파의 파고이다.

물깊이가 5, 10, 15, 20, 25, 30m이고 제방의 구배가 2, 3, 4인 각이한 조건에서 β 와 Z_{mf} 를 계산하면 표와 같다.

표. 물깊이와 제방의 구배에 따르는 β 와 Z_{mf}

지표	제방의 구배	물깊이/m					
		5	10	15	20	25	30
β	2	86	38	21	12	6	3
	3	74	33	18	10	5	2
	4	70	31	16	9	4	1
Z_{mf}/m	2	1.51	0.41	0.41	0.24	0.14	0.09
	3	1.3	0.35	0.35	0.21	0.12	0.08
	4	0.58	0.33	0.33	0.2	0.11	0.07

표에서 보는바와 같이 물깊이가 5, 10m일 때에는 침식자름면이 세립형이고 침식골깊이가 0.33~1.51m로서 상대적으로 깊다. 특히 물깊이가 5m이고 제방의 구배가 2, 3일 때 침식골깊이는 1m이상이다. 그리고 물깊이가 15, 20m일 때에는 침식자름면이 파도형이고 침식골깊이가 0.2~0.41m이며 물깊이가 25m일 때에는 침식자름면이 조립형이고 침식골깊이가 0.14m이하로서 작다.

이로부터 침식골은 물깊이가 얇을 때에는 뚜렷하게 나타나지만 깊을 때에는 거의 나타나지 않는다는것을 알수 있다.

결과 물깊이가 깊은 곳에 건설하는 막돌경사제방에서는 항외바닥보호막돌을 깔아줄 필요가 없다는것을 알수 있다.

맺 는 말

주어진 파도조건에서 물깊이가 깊어짐에 따라 침식자름면의 형태는 세립형으로부터 파도형, 조립형으로 넘어가며 침식골은 뚜렷하게 나타나지 않는다.

참 고 문 헌

- [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.

주체109(2020)년 10월 5일 원고접수

The Method of Estimating Bottom Eroding State in Front of Cobble Slop-Wall

Kim Kwang Rim

The shape of erosion section changes from a fine grain-size type to a transitional and coarse grain-size type, and the erosion trough does not remarkably appear according to the increase of water depth under the given condition.

Keywords: cobble slop-wall, eroding