

## 막돌방파제경사면에서의 파압과 경사면보호막돌의 안정질량계산

김 광 립

경애하는 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

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

물깊이가 얇은 경우 막돌방파제의 항외경사면은 보통 질량급수가 같은 큰 막돌들로 피복하지만 물깊이가 깊은 경우에는 반드시 그렇게 할 필요가 없다.[1, 3, 4]

론문에서는 물깊이가 깊은 경우 막돌방파제경사면에 작용하는 파압과 그것에 따르는 경사면보호막돌의 안정질량을 계산하는 방법에 대하여 서술하였다.

### 1. 막돌방파제경사면에서의 파압계산

막돌방파제경사면에서 파마루와 파끝이 련이어 작용할 때 생기는 파압에 의해 경사면보호막돌의 안정질량을 결정할수 있다. 이때 마루파압은 끝파압보다 항상 크므로 경사면보호막돌의 안정질량은 마루파압에 의하여 결정된다.

방조제설계에서는 경사면에 작용하는 파압에 따라 경사면보호막돌의 안정질량을 다르게 결정하지만 물깊이가 얇은 곳에 방파제를 건설하는 경우의 방파제설계에서는 질량급수를 같게 하여 안정질량을 결정한다.[3]

한편 수리모형실험에 의하면 경사면에 작용하는 최대파압은 수직인 면에 작용하는 최대파압과 달리 정수면가까이의 최대점을 중심으로 우와 아래로 가면서 급격히 작아진다.[4]

물매가 1.5~5일 때 최대파압이 작용하는 물깊이를 계산하는 방법은 다음과 같다.  
먼저 최대파압점에 작용하는 최대파압( $p$ )을 계산한다.

$$p = k_1 k_2 \bar{p} \gamma H$$

여기서  $k_1$ ,  $k_2$ 는 결수,  $\bar{p}$ 는 경사면의 최대파압결수,  $\gamma$ 는 물의 용중,  $H$ 는 파고이다.

$k_1$ 은 다음의 식으로 계산한다.

$$k_1 = 0.85 + 4.8 \frac{H}{L} + m \left( 0.028 - 1.15 \frac{H}{L} \right)$$

여기서  $L$ 은 파장,  $m$ 은 물매이다.

$k_2$ 는 물매가 각각 10, 15, 20, 25, 35일 때 1, 1.15, 1.3, 1.35, 1.48로 정하며  $\bar{p}$ 는 파고가 각각 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5m일 때 3.7, 2.8, 2.3, 2.1, 1.9, 1.8, 1.75로, 4m이상일 때에는 1.7로 정한다.

다음 최대파압이 작용하는 물깊이( $h$ )를 계산한다.

$$h = A + \frac{1}{m^2} (1 - \sqrt{2m^2 + 1})(A + B)$$

여기서  $A, B$  는 결수로서 다음식으로 계산한다.

$$A = H \left( 0.47 + 0.023 \frac{L}{H} \right) \frac{1+m^2}{m^2}, \quad B = H \left[ 0.95 - (0.84m - 0.25) \frac{H}{L} \right]$$

## 2. 경사면보호막들의 안정질량계산

최대파압점에서 경사면보호막들의 안정질량( $W$ )은 다음과 같이 계산한다.[1, 2]

$$W = \frac{\mu_0 \rho H^2 \bar{L}}{\left( \frac{\rho_s}{\rho} - 1 \right)^3 \sqrt{1+m^3}}$$

여기서  $\rho$  는 물의 밀도,  $\bar{L}$  는 평균파장,  $\rho_s$  는 경사면보호막들의 밀도,  $\mu_0$  은 결수로서 경사면보호막들을 들어던질 때에는  $\mu_0=0.025$ 로 정한다.

최대파압점을 제외한 점들에서의 경사면보호막돌안정질량은 다음과 같다.

$$W_i = W \frac{p_i}{p}$$

여기서  $W_i$  는 최대파압점을 제외한  $i$  번째 점에서 경사면보호막들의 안정질량,  $p_i$  는  $i$  번째 점에서의 파압이다.

물깊이가 20m이고 1%보장률파고( $H_{1\%}$ )가 4.3m, 1%보장률파장( $L_{1\%}$ )이 105m, 1%보장률과주기( $T_{1\%}$ )가 9s일 때 파압이 작용하는 물깊이와 경사면보호막들의 안정질량은 표와 같다.

표. 파압이 작용하는 물깊이와 경사면보호막들의 안정질량

지표	$m$	계산지점				
		1	2	3	4	5
$h/m$	2	-0.1	0.8	-1.1	2.7	5.6
	3	0.9	1.7	0.1	3.2	5.7
	4	1.6	2.2	0.8	3.6	5.7
$p/kPa$	2	38.8	97.1	9.7	38.8	9.7
	3	38.1	95.3	9.5	38.1	9.5
	4	37.4	93.4	9.3	37.4	9.3
$W/kg$	2	368	5 746	6	368	6
	3	245	3 830	4	245	4
	4	184	2 872	3	184	3

표에서 보는바와 같이 계산지점 2에서 물매가 2—4까지 커지면 최대파압이 작용하는 물깊이는 0.8m—2.2m까지 깊어지며 경사면보호막들의 안정질량은 5 746kg—2 872kg까지 약 1/2정도 적어진다. 그리고 물깊이가 5.6m—5.7m로 깊어지면 경사면보호막들의 안정질량은 6kg—3kg까지 적어진다.

만일 막돌방파제의 높이가 낮아 월파량이 많으면 강한 월파흐름이 나타나므로 제방웃면의 안정질량을 훨씬 많아지게 해야 한다.

한편 수직벽이나 장애물과 린접한 막돌방파제경사면에서는 파압이 커지므로 경사면보호막들의 안정질량을 보다 많아지게 해야 한다.

방조제와 같이 바다물우에서 경사면보호막돌을 피복하는 경우 경사면보호막돌들의 맞물림을 잘하면 막돌의 안정성이 높아지므로 안정질량을 적게 할수 있다.

## 맺 는 말

- 1) 최대파압이 작용하는 물깊이는 물매가 커짐에 따라 깊어진다.
- 2) 물깊이가 5.6m—5.7m로 깊어지면 경사면보호막돌의 안정질량은 6kg—3kg까지 적어진다.

## 참 고 문 헌

- [1] 한경남; 항만구조물, 고등교육도서출판사, 105~123, 주체96(2007).
- [2] 한경남; 항만구조물과 물결계산, 공업출판사, 97~120, 1976.
- [3] 정중교; 흙, 막돌언제쌓기, 농업출판사, 261~280, 1983.
- [4] Dominic Reeve et al.; Coastal Engineering, Spon Press, 69~101, 2019.

주체110(2021)년 4월 5일 원고접수

## **Deciding the Wave Pressure of Cobble Breakwater Slope and the Stability Mass of Slope Protecting Cobble**

*Kim Kwang Rim*

The water depth by the action of maximum wave pressure becomes deeper as increasing of gradient and when the given water depth is 5.6 to 5.7m, the stability mass of cobble rapidly decreases with 3 to 6kg.

Keywords: wave pressure, stability mass, slope protecting cobble