

경사벽에서 물결쳐오름높이를 계산하는 한가지 방법의 적용조건

김형식, 리호영

위대한 수령 김일성동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《…동서해안의 주요항만시설들을 정비하여야 하겠습니까.》(《김일성전집》 제27권 389페이지)

물결쳐오름높이는 방파제, 방조제, 방사제, 호안과 같은 해안보호구조물을 설계할 때 선차적으로 결정해야 할 중요한 설계요소이다. 선행문헌들 [1-3]에서는 수직벽과 경사벽, 혼성벽에서 물결쳐오름높이를 계산하는 방법들을 제기하였다.

론문에서는 설계요소들사이의 호상관계를 물결쳐오름현상에 맞게 분석하는 방법으로 경사벽에서 물결쳐오름높이를 결정하는 한가지 계산방법[5]의 적용조건을 밝히고 해안보호구조물의 가능한 설계조건에 따라 경사벽에서 물결쳐오름높이를 계산한 결과를 제기하였다.

1. 계 산 방 법

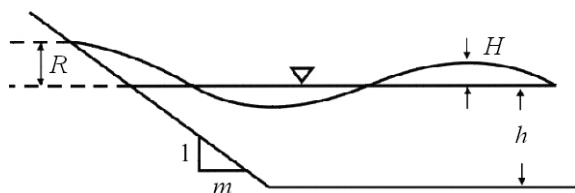


그림 1. 경사벽에서 물결쳐오름높이

경사벽에서 물결쳐오름높이 R 는 다음과 같이 계산된다.(그림 1)

$$R = K_{\Delta} R_1 H \quad (1)$$

여기서 K_{Δ} 는 경사벽의 거칠음도, H 는 입사하는 물결의 높이이다. 그리고 R_1 은 $K_{\Delta}=1$, $H=1\text{m}$ 일 때의 물결쳐오름높이로서

다음과 같이 표시된다.

$$R_1 = K_1 \text{th}(0.432M) + [(R_1)_m - K_2] R_2(M) \quad (2)$$

여기서 m 은 경사벽의 경사도(경사구배의 거꿀수)로서 $m=L/h$ (h 는 물깊이, L 은 물결파장)이다. $(R_1)_m$ 은 경사도가 m 일 때의 최대물결쳐오름높이인데 다음과 같이 표시된다.

$$(R_1)_m = \frac{K_3}{2} \text{th} \frac{2\pi h}{L} \left(1 + \frac{4\pi h/L}{\text{sh} \frac{4\pi h}{L}} \right) \quad (3)$$

K_1 , K_2 , K_3 은 실험결수로서 각각 1.24, 1.029, 4.98로 정한다.

그리고 M , $R_2(M)$ 은 다음과 같이 표시된다.

$$M = \frac{1}{m} \left(\frac{L}{H} \right)^{1/2} \left(\text{th} \frac{2\pi h}{L} \right)^{-1/2} \quad (4)$$

$$R_2(M) = 1.09 M^{3.32} \exp(-1.25M) \quad (5)$$

바람속도 $W(\text{m/s})$ 와 바람주행거리 $D(\text{m})$ 로부터 물결의 높이와 파장을 구하는 경험식[4]

$$H = 0.0208W^{5/4}D^{1/3}, \quad L = 0.304WD^{1/2}$$

을 결합하여 물결의 높이로부터 파장을 구하는 다음의 계산식을 얻을수 있다.

$$L = 101.36W^{-7/8}H^{3/2} \quad (6)$$

바람속도는 우리 나라 바다에서 바람속도와 물결높이의 예보자료를 회귀분석하여 얻은 계산식 $W \approx 5H$ 를 리용하여 근사하게 계산한다.

2. 계산방법의 적용조건과 계산결과

우에서 본 물결쳐오름높이를 계산하는 방법의 적용구간을 밝히기 위하여 물결높이와 경사벽의 거칠음도와 경사도, 물깊이에 따르는 물결쳐오름높이를 고찰하였다. 계산을 진행할 때 물깊이구간은 2~15m, 경사도구간은 0~5, 물결높이구간은 0~5m로 정하였다.

먼저 경사벽의 경사도와 거칠음도가 $m=2$, $K_\Delta=1$ 일 때 물깊이 h 에 따르는 물결높이 H 와 물결쳐오름높이 R 의 관계곡선을 보았다.(그림 2)

그림 2에서 보는바와 같이 물깊이가 약 5m 이상이면 물결높이가 증가함에 따라 물결쳐오름높이도 증가한다. 물깊이가 약 5m이하일 때는 물결높이가 증가함에 따라 물결쳐오름높이도 점차 증가하다가 물결높이가 약 4m이상 되면 더 증가하지 않고 거의 일정해지는데 이것은 실제 물결쳐오름현상과 모순된다. 따라서 물깊이 5m이상, 물결높이 0~4m를 이 계산방법의 적용구간으로 정할수 있다.

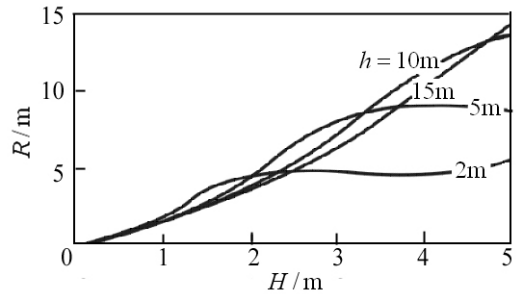


그림 2. 물깊이에 따르는 $H-R$ 관계곡선

다음으로 경사벽의 거칠음도가 $K_\Delta=1$, 물깊이가 $h=10\text{m}$ 일 때 물결높이 H 에 따르는 경사벽의 경사도 m 과 물결쳐오름높이 R 의 관계곡선을 보았다.(그림 3)

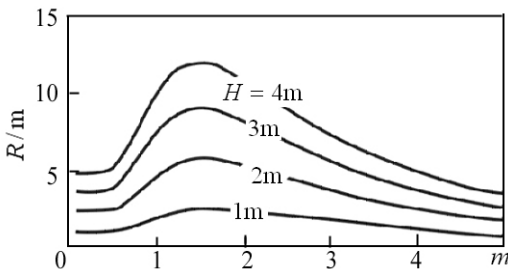


그림 3. 물결높이에 따르는 $m-R$ 관계곡선

다. 실제로 물결높이가 4m일 때 수직벽과 완경사벽에서 물결쳐오름높이의 계산값은 5m정도인데 이 값은 수리모형실험결과값 6.2m와 크게 차이난다. 따라서 물깊이가 5m이상 되는 곳에서 0.5~3의 경사도를 이 방법의 적용구간으로 정할수 있다.

다음으로 경사벽의 경사도와 거칠음도가 $m=2$, $K_\Delta=1$ 일 때 물결높이 H 에 따르는 물깊이 h 와 물결쳐오름높이 R 의 관계곡선을 보았다.(그림 4)

그림 3의 $m-R$ 관계곡선에서 특징적인것은 물결높이에 관계없이 경사도가 커짐에 따라 물결쳐오름높이도 커지다가 경사도가 약 1.5이상 부터는 다시 작아지는것이다. 이러한 특징은 쳐오르는 쇄파흐름이 경사벽을 따라 오를 때 경사벽과의 마찰에 의하여 약화되는 현상을 반영한것이라고 볼수 있다.

문제로 되는것은 경사도가 0.5이하이거나 3이상 되면 계산값이 관측값보다 작아지는것이다.

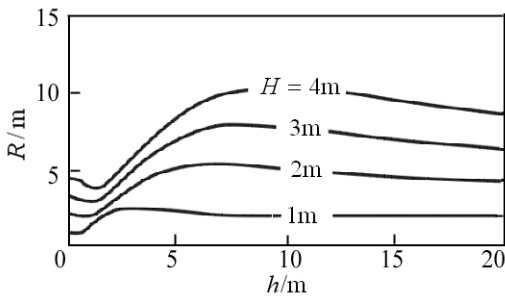


그림 4. 물결높이에 따르는 $h-R$ 관계곡선

먼저 물결높이를 2m와 4m로 정하고 식 (6)을 리용하여 해당한 파장을 계산하였다. 계산된 파장은 물결높이가 2m일 때 27m, 물결높이가 4m일 때 59m인데 이 값들은 현장 관측결과와 근사하였다. 여기서 물결높이 2m는 보통의 해상경보때 가까운 바다의 물결높이를 대표하고 물결높이 4m는 년중 한번 나타나는 기상해일경보때 가까운 바다의 물결높이를 대표한다.

우리 나라에서 해안보호구조물의 경사벽은 보통 콘크리트판이나 거석, 소파부재로 피복하는데 이 경사벽들의 거칠음도는 각각 0.9, 0.65, 0.4로 정한다.[5] 그리고 흔히 볼수 있는 경사벽의 경사도는 1, 1.5, 2이다. 물깊이, 경사벽의 거칠음도, 경사도, 파도조건과 같은 가상적인 설계요소에 따라 물결쳐오름높이를 계산하였다.(표)

표. 설계요소에 따르는 물결쳐오름높이(m)

물 깊이/m		경사벽재료와 거칠음도			콘크리트판 $K_{\Delta}=0.9$			거석 $K_{\Delta}=0.65$			소파부재 $K_{\Delta}=0.4$		
		경 사 도		물결 높이									
					1	1.5	2	1	1.5	2	1	1.5	2
5	$H=2m$				4.7	5.4	4.8	3.4	3.9	3.4	2.0	2.4	2.1
	$H=4m$				5.8	7.7	8.1	4.2	5.6	5.8	2.5	3.4	3.6
10	$H=2m$				4.5	4.7	3.9	3.2	3.4	2.8	2.0	2.1	1.7
	$H=4m$				8.8	10.9	10.0	6.3	7.8	7.2	3.9	4.8	4.4
15	$H=2m$				4.3	4.4	3.7	3.1	3.2	2.6	1.9	1.9	1.6
	$H=4m$				9.2	10.6	9.2	6.7	7.6	6.6	4.1	4.7	4.1

표의 계산결과로부터 건설이 예견된 해안보호구조물의 경사벽에서 각이한 설계조건에 따라 물결쳐오름높이를 결정한 다음 그 값을 리용하여 허용율파량을 고려한 설계요소들을 결정할수 있다. 주어진 설계조건에서 물결쳐오름높이는 물결높이가 2m일 때 1.6~5.4m에서 변하고 물결높이가 4m일 때 2.5~10.9m에서 변한다.

맺 는 말

경사벽에서 물결쳐오름높이를 계산하는 이 방법은 물깊이 5m이상, 경사도 0.5~3, 물결높이 0~4m에서 적용하는것이 합리적이다. 이 방법을 리용하여 건설이 예견된 해안보호구조물의 경사벽에서 각이한 설계조건에 따르는 물결쳐오름높이를 계산하였다.

참 고 문 헌

- [1] 전철레, 주봉화; 농업수리화, 1, 25, 주체101(2012).
- [2] 림경철; 조선해운, 3, 23, 주체100(2011).
- [3] 주봉화, 오정호; 건축과 건설, 2, 26, 주체93(2004).
- [4] R. M. Sorensen; Basic Coastal Engineering, Springer, 143~152, 2012.
- [5] 严恺, 梁其苟; 海岸工程, 海洋出版社, 262~264, 2012.

주체107(2018)년 7월 5일 원고접수

Application Condition of One Method for Calculating the Wave Run-up on the Sloping Seawall

Kim Hyong Sik, Ri Ho Yong

In this paper we illuminated the application condition of one method for calculating wave run-up on the sloping seawall and calculated wave run-up related to various designing conditions on the sloping seawall of a coastal protection construction.

Key words: wave run-up, sloping seawall