

## 바닥퇴적물의 기동물깊이계산에 의한 사지구 다리구역의 침식 및 퇴적특성

김형식, 김경일, 문남철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《세면이 바다로 둘러싸여있고 강하천과 호수, 저수지가 많은 우리 나라에서 연안과 령해관리를 잘하는것이 중요합니다. 연안과 령해관리를 잘하여야 자연피해를 막고 국토의 면모를 아름답게 꾸릴수 있으며 수산자원을 보호하고 증식시킬수 있습니다.》

다리를 건설할 때 교각이 든든히 유지되자면 교각기초가 놓이는 구역의 바닥퇴적층이 평형상태나 퇴적상태에 있어야 한다.

사지구 다리구역에서 파도작용에 의한 바닥퇴적물의 기동물깊이를 결정하는것은 교각기초의 안전성을 평가하는 하나의 지표로 된다.

선행연구[1]에서는 퇴적물기동의 극한평형리론과 수리모형실험, 현장관측결과에 따라 파도작용조건에서 바닥퇴적물의 기동물깊이를 계산하는 여러가지 방법들을 제기하였으며 대비와 계산에 편리하도록 거꿀쌍곡시누스형태로 계산식들을 표준화하였다.

우리는 사지구 다리구역에서 설계파도가 작용할 때 바닥퇴적물의 기동물깊이를 계산하고 침식 및 퇴적특성을 고찰하였다.

### 1. 계 산 방 법

기동물깊이는 수력학적조건(파도, 해류 등)과 퇴적물립도가 주어진 조건에서 바닥퇴적물립자가 기동할수 있는 최대물깊이를 말한다.

기동물깊이보다 깊은 곳에서는 바닥퇴적물립자가 기동할수 없으며 퇴적작용이 일어나거나 평형상태에 놓인다.

수리모형실험과 현장관측을 진행할수 없는 조건에서는 선행한 여러가지 경험공식들을 리용하여 기동물깊이를 계산할수 있다.

기동물깊이를 계산하는 여러가지 방법들을 거꿀쌍곡시누스형태로 표준화하여 얻은 공식들은 다음과 같다.[2]

$$h_c = \begin{cases} \frac{L}{2\pi} \operatorname{arcsch} \left( 2.04 \frac{H}{d^{1/3} T^{4/3}} \right) & (d \leq 0.5\text{mm}) \\ \frac{L}{2\pi} \operatorname{arcsch} \left( 1.18 \frac{H}{d^{3/7} T^{8/7}} \right) & (d > 0.5\text{mm}) \end{cases} \quad (1)$$

$$h_c = \frac{L}{2\pi} \operatorname{arcsch} \left( 0.22 \frac{H}{d^{1/2} T} \right) \quad (2)$$

$$h_c = \frac{L}{2\pi} \operatorname{arcsch} \left( 1.77 \frac{H}{d^{1/3} L^{2/3}} \right) \quad (3)$$

$$h_c = \frac{L}{4\pi} \operatorname{arcsinh} \left[ 2.63 \frac{H^2}{(d^{1/3} + 6.17 \cdot 10^{-5} d^{-5/3}) L^{5/3}} \right] \quad (4)$$

여기서  $h_c$ ,  $H$ ,  $L$ ,  $T$ ,  $d$ 는 각각 기동물깊이(m), 파고(m), 파장(m), 파주기(s), 립도(mm)이다.

## 2. 계 산 결 과

다리건설구역은 바다에서 육지쪽으로 깊이 들어와있으므로 파도세기가 약하다. 립접한 항구에서의 파고관측자료를 기준으로 하고 재현주기가 100년인 설계바람속도로부터 추정 한 설계파고는  $H=1.4\text{m}$ 이고 이로부터 계산한 파장, 파주기는 각각  $L=16\text{m}$ ,  $T=3.2\text{s}$ 이다. 대상 구역에서 바닥퇴적물의 평균립도는  $0.055\sim 0.143\text{mm}$ 로서 굵은 가루모래, 매우 잔모래에 해당된다. 물깊이는 2호교각에서  $11.3\text{m}$ 로서 특별히 깊고 3호교각에서  $4.3\text{m}$ 로서 가장 얕으며 기타 교각들에서는  $5.2\sim 7.7\text{m}$ 이다.

우리는 앞에서 대비분석한 4개의 공식들에 현지에서 나타날 파도요소와 바닥퇴적물립도를 대입하면서 기동물깊이를 계산하고 비교하였다. 먼저 설계파고이하의 파고구간에서 인위적으로 3개의 대표적인 파고들을 선정하고 여기에 각각 바람파도에 해당한 짧은 파장과 짧은 파주기, 멀기에 해당한 긴 파장과 긴 주기를 조합하여 모두 6개의 가능한 파도요소들을 선정하였다. 교각기초구역에서 나타나는 바닥퇴적물의 평균립도는  $0.077\text{mm}$ 로 선택하고 4개의 계산식들을 리용하여 기동물깊이를 계산하였다.(표 1)

표 1. 파도요소에 따르는 기동물깊이(립도  $d=0.077\text{mm}$ )

No.	파도요소			기동물깊이/m			
	$H/\text{m}$	$L/\text{m}$	$T/\text{s}$	식 (1)	식 (2)	식 (3)	식 (4)
1	0.5	4	2	1.8	1.9	1.6	1.8
2	0.5	6	3	2.4	2.3	2.1	2.4
3	1	8	2.5	4.1	4.3	3.8	3.8
4	1	12	3.5	5.3	5.6	5.1	5.1
5	1.5	15	3	7.3	8.4	7.6	6.8
6	1.5	20	4	9.1	10.0	9.4	8.2

표 1에서 보는것처럼 기동물깊이는 설계파고와 비슷한 5, 6번 파도(파고  $1.5\text{m}$ )에서  $6.8\sim 10.0\text{m}$ 이고 년중 출현빈도률이 최대인 1, 2번 파도(파고  $0.5\text{m}$ )에서  $1.6\sim 2.4\text{m}$ 이다.

파도조건이 같더라도 퇴적물립도가 클수록 기동물깊이가 더 깊어진다. 설계파도조건( $H=1.4\text{m}$ ,  $L=16\text{m}$ ,  $T=3.2\text{s}$ )에서 립도에 따르는 기동물깊이는 표 2와 같다.

이상과 같이 4개의 식으로 계산한 기동물깊이들은 서로 큰 차이가 없으므로 그중 어느 하나의 계산식을 리용하면 된다.

표 2. 설계파도조건에서 립도에 따르는 기동물깊이

No.	$d/\text{mm}$	기동물깊이/m			
		식 (1)	식 (2)	식 (3)	식 (4)
1	0.008	9.4	10.5	10.8	5.0
2	0.016	8.8	9.9	9.9	6.1
3	0.032	8.2	9.3	9.0	6.8
4	0.063	7.6	8.8	8.2	6.9
5	0.125	7.1	8.2	7.3	6.7
6	0.25	6.5	7.6	6.4	6.5
7	0.5	5.9	7.0	5.6	6.2
8	1	5.3	7.3	4.7	5.9
9	2	4.7	6.5	3.9	5.6
10	4	4.2	5.8	3.1	5.3

우리는 다리의 9개 교각위치에서 식 (1)을 리용하여 설계파도가 작용할 때의 기동물깊이를 계산하고 침식 및 퇴적특성을 평가하였다.(표 3)

표 3. 설계파도조건에서 교각별 기동물깊이와 침식 및 퇴적특성

지표	교각번호								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
물깊이/m	11.3	4.3	5.2	7.7	6.0	6.0	7.2	6.4	5.8
평균립도/mm	0.084	0.064	0.074	0.055	0.077	0.084	0.082	0.096	0.143
기동물깊이/m	7.4	7.6	7.5	7.8	7.5	7.4	7.4	7.3	6.9
침식 및 퇴적 특성	퇴적	침식	침식	평형	침식	침식	평형	침식	침식

표 3에서 보는것처럼 9개의 교각들가운데서 2호교각을 제외한 대부분 교각위치들에서 기동물깊이는 현지의 물깊이와 근사하거나 더 깊으므로 평형 또는 침식상태에 놓여있다고 말할수 있다. 다만 물깊이가 가장 깊은 2호교각에서 기동물깊이는 현지의 물깊이보다 훨씬 더 얕으므로 퇴적상태에 놓여있다고 말할수 있다.

대상구역에서 설계파도가 작용할 때 2호교각은 퇴적상태에 놓이고 5, 8호교각은 평형상태에 놓이며 물깊이가 상대적으로 얕은 3, 4, 6, 7, 9, 10호교각들은 침식상태에 놓인다.

## 맺는 말

스지구 다리구역에서 파도가 작용할 때 바닥퇴적물의 기동물깊이를 계산하고 침식 및 퇴적특성을 평가하였다.

## 참고 문헌

- [1] 김일성종합대학학보(자연과학), 62, 5, 143, 주체105(2016).
- [2] 张伟等; 海洋工程, 28, 2, 105, 2010.

주체108(2019)년 1월 5일 원고접수

## The Characteristic of the Erosion and Deposit Under the Bridge in “人” Region by Calculating the Starting Depth of Bottom Sediment

Kim Hyong Sik, Kim Kyong Il and Mun Nam Chol

We calculated the starting depth of bottom sediment under the bridge in “人” region when designing waves ran high and estimated the characteristic of the erosion and deposit.

Key words: starting depth, bottom sediment