

## 조선동해연안수역에서 해양구조물의 안정성평가를 위한 설계파도분석

박 춘 옥

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《해안꾸리기에 힘을 넣어야 합니다. 수시로 일어나는 해일과 태풍피해를 막을수 있도록 해안들에는 해안방조제를 비롯한 여러가지 보호시설들을 견고하게 건설하고 정상적으로 보수관리하며 바람막이숲을 전망성있게 조성하여야 합니다.》

해양구조물들을 해일과 태풍에 견딜수 있도록 견고하게 건설하자면 설계기초값을 과학적으로 설정하여야 한다.

일반적으로 해상철다리나 해안방조제와 같은 구조물설계에서는 있을수 있는 파도의 영향을 반드시 고려해야 한다.

현재 설계파도를 결정하기 위하여 널리 리용되고있는 방법에는 크게 관측자료를 리용하는 방법과 관측자료가 없는 경우의 간접계산방법[5]이 있다.

그런데 연구하려는 수역에는 오래동안 관측한 자료가 거의나 없으며 이로부터 바람재분석자료를 리용하여 설계바람을 얻고 그것에 기초하여 설계파도를 분석해내는 간접적인 방법을 리용하여 설계파도를 결정할수 있다.

우리는 해양구조물건설에 필요한 설계파도를 두번째 방법을 리용하여 결정하였다.

### 1. 해상설계바람계산

해양구조물에 작용하는 설계파도를 결정하기 위해 바람재분석자료(NCEP자료)를 리용하였다.

바람재분석자료는 바다물면 10m높이의 바람으로 환산하고 6h평균최대바람속도를 결정하여 리용해야 한다.

$$W = W_0 \left( \frac{Z}{Z_0} \right)^n = kW_0 \quad (1)$$

여기서  $W$ 는  $Z$ 높이에서의 바람속도,  $W_0$ 은  $Z_0$  높이에서의 바람속도,  $n$ 은 성층조건에 관계되는 보조변수( $0 < n < 1$ )이다.

설계바람계산에 쓰이는 리론분포함수인 웨이블(Weibull)분포함수[5]는 다음과 같다.

$$F(x) = 1 - \exp \left[ - \left( \frac{x-a}{b} \right)^c \right] \quad (2)$$

여기서  $a, b, c$ 는 각각 위치, 척도, 형태변수들이다.

재현기  $T$ 에 해당하는 극값  $x_p$ 는 다음과 같이 구한다.

$$x_p = b(\ln T)^{\frac{1}{c}} + a \quad (3)$$

식 (3)에서 분포파라미터는 가우스-뉴턴법(비선형최소2제곱법)에 의하여 결정하였다.[5]

1971-2008년간의 바람채분석자료를 리용하여 10m높이에서의 바람방향별 6h평균최대바람자료를 얻고 리론분포함수에 의해 보장년도 50년에 대하여 계산한 설계해상바람속도계산결과를 표와 같다.

표. 재현기별 6h평균해상바람속도

재현기/y	2	10	50
유효풍향에서 풍속/(m · s <sup>-1</sup> )	17.0	20.8	24.9

## 2. 연안수역에서 설계파도분석

설계파도는 해상설계바람을 리용하여 얻을수 있다. 우리는 대상수역의 물깊이가 10m 정도인 특성을 고려하여 연안3세대파도모형인 SWAN모형으로 파도마당을 분석하였다.

SWAN모형은 본질상 작용에네르기밀도스펙트르평형방정식이다.[1-4]

직각자리표계에서 작용에네르기밀도스펙트르평형방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} C_x N + \frac{\partial}{\partial y} C_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} C_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} C_\theta N = \frac{S_0}{\sigma} \quad (4)$$

여기서 왼변의 4번째 항은 흐름마당과 물깊이로 인한  $N$ 의 상대주파수에 따르는 변화, 5번째 항은 물깊이, 흐름마당변화로 인한 굴절을 반영하며 오른변에서  $S_0$ 은 원천항(바람에네르기류입, 파도호상비선형작용, 바닥마찰, 백파, 쇄파 등으로 인한 에네르기소산)이다.

그리고  $C_x, C_y, C_\sigma, C_\theta$ 는 각각  $x, y, \sigma, \theta$  공간의 파도전파속도를 표시한다. 즉

$$\begin{aligned} C_x &= \frac{dx}{dt} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right] \frac{\sigma k_x}{k^2} + U_x \\ C_y &= \frac{dy}{dt} = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{2kd}{\sinh(2kd)} \right] \frac{\sigma k_y}{k^2} + U_y \\ C_\sigma &= \frac{d\sigma}{dt} = \frac{\partial \sigma}{\partial d} \left( \frac{\partial d}{\partial t} + U \cdot \nabla d \right) - C_g K \frac{\partial U}{\partial S} \\ C_\theta &= \frac{d\theta}{dt} = \frac{1}{K} \left( \frac{\partial \sigma}{\partial d} \frac{\partial d}{\partial m} + K \frac{\partial U}{\partial m} \right) \end{aligned}$$

여기서  $S$ 는 파향선방향자리표,  $m$ 파마루선방향자리표이다.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt} &= \frac{\partial}{\partial t} + c \cdot \nabla_{x,y} \\ \frac{d}{ds} &= \cos \theta \frac{\partial}{\partial x} + \sin \theta \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{d}{dm} &= -\sin \theta \frac{\partial}{\partial x} + \cos \theta \frac{\partial}{\partial y} \end{aligned}$$

비선형3상파호상작용항은 다음과 같이 표시된다.

$$S_{nl_3}(\sigma, \theta) = S_{nl_3}^+(\sigma, \theta) + S_{nl_3}^-(\sigma, \theta)$$

여기서

$$S_{nl_3}^+(\sigma, \theta) = \max \left\{ 0, \alpha_{EB} 2\pi C C_g J^2 |\sin(\beta)| \left[ E^2 \left( \frac{\sigma}{2}, \theta \right) - 2E \left( \frac{\sigma}{2}, \theta \right) E(\sigma, \theta) \right] \right\}$$

$$S_{nl_3}^-(\sigma, \theta) = -2S_{nl_3}^+(2\sigma, \theta)$$

그리고  $\alpha_{EB}$ 는 조종파라미터,  $\beta$ 는 호상작용지수이다.

수치풀이파라미터는 다음과 같다.

$$\begin{cases} f = 0.01 - 0.5 \text{ Hz} \\ \theta = 0 - 360^\circ \\ \Delta f = 0.01 \text{ Hz} \\ \Delta \theta = 30^\circ \\ \Delta t = 20 \text{ min} \\ \Delta x = 250 \text{ m} \end{cases}$$

계산수역의 그물수는  $120 \times 98$ 개이며 50년재현기를 가진 유효바람방향인 남동풍 25m/s인 경우 위의 파라미터에 따라 계산한 결과는 그림과 같다.



그림. 50년재현기를 가진 남동풍 25m/s인 경우 파도마당도(m)

## 맺 는 말

해양구조물에 작용하는 파압계산의 기초로 되는 재현기별설계파도계산에서 설계바람을 리용하는 분석방법을 리용하면 오랜 기간 관측한 자료가 부족한 수역에서도 대상건설의 안정성평가를 위한 기초자료를 마련할수 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] 박춘옥; 기상과 수문, 2, 19, 주체101(2012).
- [2] L. H. Holthuijen; Waves in Oceanic and Coastal Waters, Cambridge University Press, 312~315, 2007.
- [3] R. Toderascu et al.; International Journal of Ocean System Engineering 4, 1, 28, 2014.
- [4] Jaw—Guei Lin; Journal of Marine Science and Technology, 21, 2, 198, 2013.
- [5] 陈敦隆; 海洋科学研究中的概率统计方法, 海洋出版社, 224~241, 1991.

주체106(2017)년 11월 5일 원고접수

### **Analysis of Design Wave to Estimate the Stability of Marine Structure in the Coastal Area of Korean East Sea**

*Pak Chun Ok*

Generally wave-induced pressure on marine structure can calculate from observation data during successive years. However, in case of lack of data return period wave for wave-induced pressure calculatation can be calculated by using the design wind.

We obtained the return period wave to estimate the stability of marine structure using later method.

Key words: design wave, marine structure, SWAN