

Weibull 분포를 이용한 심해설계파 추정방법 고찰 Consideration on the Estimation Method of the Deepwater Design Waves using the Weibull Distribution

조흥연¹ · 김정대² · 정신탉³

Hong Yeon Cho¹, Jung Dae Kim² and Shin Taek Jeong³

1. 서 론

심해 설계파를 추정하는 과정은 일반적으로 극치분포함수에 의한 방법에 의존한다. 극치분포함수를 이용하여 재현기간별 극값을 추출하는 방법은 가용한 자료를 일정기간(보통 1년)으로 구분하고, 구분된 기간에서의 최대값(또는 최소값)을 추출하고, 추출된 자료로부터 적합한 분포를 추정하는 과정으로 분류할 수 있다. 따라서, 극치분포에 의한 심해 설계파 추정방법도 해당 해역에서의 가용한 자료의 확보과정과 극치분포함수를 이용한 추정과정으로 대별할 수 있다. 우리나라 항만 및 어항 설계기준(2000)에 의하면 심해파 산정기준으로 10년 이상의 파랑 실측자료를 이용하거나 30년 이상의 기상자료를 이용하여 추산치를 구하고 관측치와 보정하여 사용하는 것을 권장하고 있다. 우리나라의 연안에는 10년 이상의 지속적이고 연속적인 파랑자료보다는 태풍 등이 통과하는 한정된 시기 및 장소에만 관측자료가 있기 때문에 Hindcasting 작업을 통한 심해 설계파 산정방법이 사용되고 있는 실정이다. 이 방법은 장기간의 추산치를 산정하는 과정에 해당하며, 추산된 파랑자료를 이용하여 심해 설계파를 추정하는 과정은 일반적으로 Weibull 분포를 이용하고 있는 실정이다. 한편, 재현기간별 심해 설계파 추정에 관한

연구와 함께 신뢰성 설계기법에 관한 연구가 대두되면서 심해파의 분포함수가 매우 중요한 인자로 부각되고 있다.

본 연구에서는 한국해양연구원에서 제시한 1979년 1월 ~ 1998년 12월까지 6시간 간격으로 추정된 풍속, 풍향, 파고, 주기 자료를 이용하여 추출한 지점별, 방향별 연 최대파고값의 Weibull 분포의 적합성에 관하여 검토(고찰)하였다.

2. 심해파 추산자료 및 적합성 검토

2.1 극치분포 해석자료

심해파 추정을 위한 자료는 한국해양연구원(www.kordi.re.kr) 파랑정보시스템에서 제공하는 자료를 이용하였다(Fig. 1. 파랑정보 검색화면). 파랑정보시스템에서는 기상자료(기압 분포자료, pressure filed)를 이용하여 계산된 바람장(wind field) 자료, 계산된 바람장 자료를 이용하여 재차 계산된 파랑장(wave field) 자료를 우리나라 연안 67개 지점, 16방향에 대하여 6시간 간격으로 제공하고 있다. 본 연구에서는 제공되는 자료를 모두 다운로드하여 파고-주기-풍속-풍향의 자료군을 파랑정보가 제시된 67개 지점에 대하여 16방향, 6시간 간격으로 20년간의 자료를 정리하였다. 정리된 자료로부터 우리나라 연안의 전지점,

- 1 한국해양연구원 연안항만공학연구본부 (Corresponding Author : Hong Yeon Cho, Coastal & Harbor Engineering Research Lab., Korea Ocean R & D Institute, Ansan PO Box 29, Seoul 425-600, Korea, hycho@kordi.re.kr)
- 2 원광대학교 토목환경도시공학부 석사과정 (School of Civil, Environmental & Urban, Wonkwang University)
- 3 원광대학교 토목환경도시공학부 부교수 (School of Civil, Environmental & Urban, Wonkwang University)

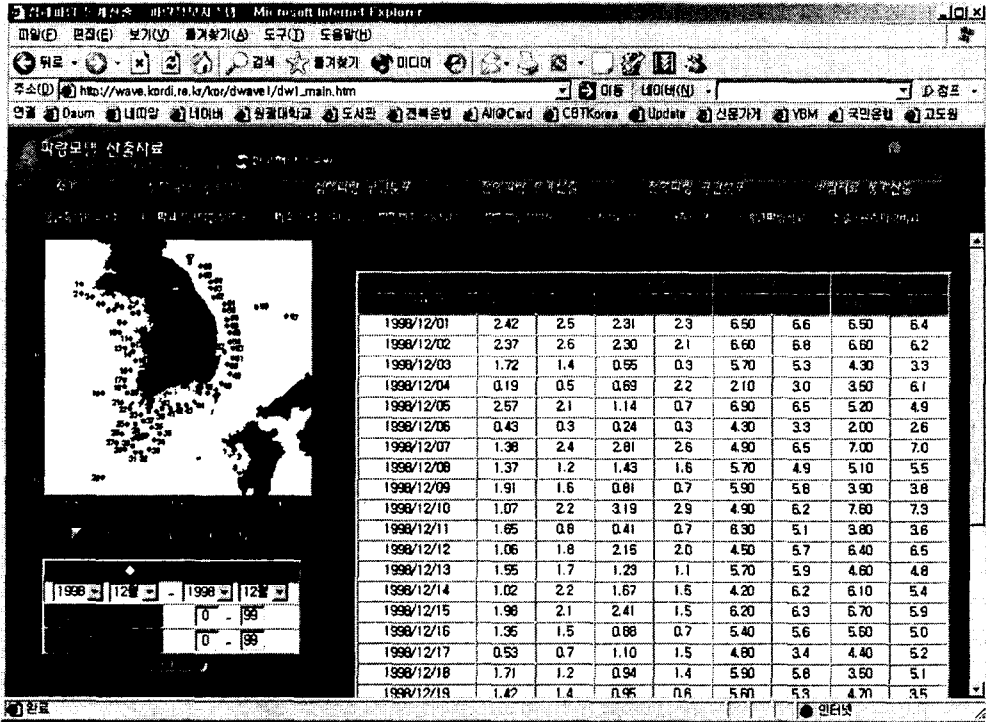


Fig. 1. 파랑자료 검색화면 (<http://www.kordi.re.kr>).

모든 방향(16방위)에 대한 연 최대값(심해 파고)을 추출하였으며, 파향은 풍향과 동일한 것으로 가정하였다.

2.2 Weibull 분포 적합성 검토 방법

우리나라 연안의 재현기간별 심해 설계파의 추정결과와 신뢰성은 자료의 신뢰성에 대한 부분과 극치분포함수의 신뢰성에 대한 부분으로 분류할 수 있다(Goda, 2000). 자료의 신뢰성에 대한 부분은 장기적인 Hindcasting 방법 및 가용한 관측자료와의 검증과정, 파랑 추정모형 분야에서 추진되는 있는 연구영역이다. 본 연구에서는 자료의 신뢰성에 대한 부분이 아니라 자료해석에 이용되는 극치분포함수의 신뢰성에 대한 부분에 해당한다. 극치분포함수 분석에 의하여 심해 설계파를 추정하는 과정은 유의수준에 적합한 분포함수의 선정이 중요한 부분을 차지하고 있다. 본 연구에서는 최종적으로 현재 한국해양연구원에서 제공하는 자료에 근거하여 우리나라 연안 설계파 추정에 가장 적합한 분포함수를 제시하는 것을 목표로 하고 있으며, 현 단계에서는 심해 설계파 추정에 널리 사용되고 있는 Weibull 분포의 적합성에 대한 검토(고

찰)연구로 제한하여 수행하였다.

극치분포에 이용되는 Weibull 분포의 확률밀도함수와 누가밀도함수식은 3개의 매개변수를 사용하는 경우 식 (1), (2)로 표현할 수 있다

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x-x_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left\{ - \left(\frac{x-x_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right\} \quad (1)$$

$$F(x) = 1 - \exp \left\{ - \left(\frac{x-x_0}{\alpha} \right)^{\beta} \right\}, \quad x_0 \leq x < \infty \quad (2)$$

여기서, $\alpha(>0)$ 는 척도모수(scale parameter), $\beta(>0)$ 는 형상모수(shape parameter), x_0 는 위치모수(location parameter)이다.

Weibull 분포의 적합성 검토는 유의수준(significance level) 95% 기준으로, 3가지의 매개변수 추정방법, 2가지의 분포적합성 검정방법(goodness-of-fit test)에 대하여 검토하였다. 매개변수 추정방법은 모멘트법(moment method, MM), 최우도법(maximum likelihood method, MLM), 확률가중모멘트법(probability-weighted moment method, PWM)을 선택하였으며, 적합성 검정은

χ^2 검정방법(CS), K-S (Kolmogrov-Smirnov, KS) 검정방법을 선택하였다

3. 적합성 검정결과

우리나라 연안의 지점별, 풍향별 연 최대 파랑 (파고) 자료를 95% 유의수준에 대하여 Weibull 분포의 적합성을 검정한 결과를 매개변수 추정방법, 적합도 검정방법에 따라 제시하였다(Table 1 참조). 결과에 제시된 약자는 2.2절에 제시된 약어와 동일하다

Table 1에 제시된 바와 같이 전반적으로 Weibull 분포가 95% 유의수준으로 볼 때, 적합하지 않은 것으로 파악되었다. 따라서, Weibull 분포에 의한 심해 설계파 추정방법에 대한 전반적인 제고가 필요하며, 보다 적합한 분포모형을 제시할 필요가 있음을 시사한다. 특히, 최우도법을 이용한 매개변수 추정에 의한 분포함수의 검증결과는 부적합 비율이 80% 정도로 매우 크게 나타났으며, KS 검정보다 CS 검정결과의 적합비율이 크게

나타나는 것은 극치분석에 사용된 자료의 갯수가 20개에 불과하여 자료에 포함된 큰 파고값의 영향으로 사료된다. 한편, 23번 지점에 대해서는 매개변수 추정의 오류 및 검증과정에 문제가 있어 기타로 일단 분류하였으며, 자료 자체에 대한 세부적인 검토가 필요할 것으로 사료된다.

4. 결론 및 향후 연구과제

심해 설계파의 추정에 사용되는 Weibull 분포는 95% 유의수준으로 볼 때 전체적으로는 부적합한 모형으로 판명되었다. 따라서, 우리나라 전 연안에 대하여 하나의 분포모형을 이용하는 것은 신뢰도가 크게 저하되는 방법으로 사료된다. 향후, 신뢰성있는 심해 설계파 추정을 위하여 장기간의 자료를 확보하는 방법도 중요하지만 지역성 분석(regional analysis - 극치분포 매개변수 및 분포함수의 지역적인 구분)을 통하여 보다 적합한 극치 분포모형을 우리나라 연안지역에 대하여 제시하는 작업이 필요하다. 또한, 심해설계파 추정에는 추

Table 1. Weibull 분포 적합성 검토 결과

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	498	43.72
부적합	X	564	49.52
기타	V	77	6.76
	계	1139	100.00

MM_CS

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	99	8.69
부적합	X	971	85.25
기타	V	69	6.06
	계	1139	100.00

MLM_CS

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	471	41.35
부적합	X	580	50.92
기타	V	88	7.73
	계	1139	100.00

MPWM_CS

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	823	72.26
부적합	X	239	20.98
기타	V	77	6.76
	계	1139	100.00

MM_KS

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	180	15.80
부적합	X	890	78.14
기타	V	69	6.06
	계	1139	100.00

MLM_KS

	구분	수량	백분율(%)
적합	○	692	60.76
부적합	X	359	31.52
기타	V	88	7.73
	계	1139	100.00

MPWM_KS

정 및 분석에 사용된 자료의 개수가 매우 중요하므로 가용한 자료가 부족한 경우에는 무리한 추정을 하는 것보다 가용한 자료가 풍부한 인접 해역의 자료를 이용하는 방법의 적합성에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2003년도 한국대학교육협의회 대학교수 국내교류연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- 해양수산부 (2000), 항만 및 어항 설계기준, (사)한국항만협회
- 한국해양연구원(2002), 파랑모델 산출자료, <http://www.kordi.re.kr/>
- Goda, Y. (1990), On the Methodology of Selecting Design Wave Height, Proceedings of 22nd International Conference on Coastal Engineering, American Society of Civil Engineers, pp 899-903.
- Goda, Y. (2000). Random Seas and Design of Maritime Structures, World Scientific
- Ang, A. H-S. and Tang, W. H. (1975), Probability concepts in engineering planning and design, Vol I, John Wiley and Sons.
- Kreyszig, E. (1999), Advanced Engineering Mathematics, 8th edition, John Wiley and Sons.
- Longuet-Higgins, M. S. (1952), On the statistical distributions of the height of sea waves, Journal of Marine Research, Vol. IX, No. 3, pp. 245~266.
- 허준행 (1993). Weibull 확률분포함수의 매개변수 추정과 신뢰한계 유도 (Parameter Estimation and Confidence Limits for the Weibull Distribution), 대한토목학회 논문집 제13권 제4호, pp.141-150.
- 허준행 (1993). 대수 Gumbel 확률분포함수의 매개변수 추정과 신뢰한계 유도 (Parameter Estimation and Confidence Limits for the Log-Gumbel Distribution), 대한토목학회 논문집 제13권 제4호, pp.151-161.
- Gumbel, E. J. (1958), Statistics of Extremes, Columbia University Press, New York.