

ACES의 바람보정 및 파랑발달 모형에 관한 고찰

Rivew of Wind Adjustment and Wave Growth Model in ACES

조휴상*, 윤병만*, 박대춘**

1. 개요

본 모형은 미 공병단에서 개발한 Automated Coastal Engineering System(ACES)중에 포함되어 있는 것으로 바람자료로부터 파랑을 손쉽게 추정하기 위한 것이다.

바람에 의한 파랑발달과정은 그 기구가 매우 복잡하여 아직도 그 일부만이 밝혀진 상태이다. 바람에 의한 파랑의 발생기구에 대한 연구와 이들 연구를 바탕으로 개발된 수치모형에 대해서는 Shore Protection Manual(SPM)(1984)에 잘 정리되어 있다. 그러나 이러한 수치모형들은 너무 방대하고 적용방법들이 까다로와 실무에서 쉽게 사용하기는 어렵다는 단점이 있다. 따라서 좀더 간편한 방법의 개발이 요구되어, 아주 정확하지는 않지만 손쉽게 파랑을 예측할수 있는 방법들을 개발하기 위해 많은 노력들이 기울어져 왔다. 그 중 대표적인 것으로 Sverdrup-Munk-Bretschneider(SMB)법이 있다. ACES의 방법은 SPM에 수록되어 있는 SMB법(이하 SPM방법이라 칭함)을 근간으로 하여 이를 수정, 보완한 방법이다.

2. ACES방법의 특징

ACES방법은 크게 바람보정과 파랑추정의 두 과정으로 나뉘어져 있다. 바람보정과정에서는 관측된 풍속을 파랑추정공식에서 사용할수 있는 풍속으로 보정하며, 파랑추정과정은 보정된 풍속을 사용해 파랑을 추정하는 과정이다(Leenknecht 등, 1993).

2.1. 바람 보정 과정

ACES방법에 의한 바람보정은 고도, 온도 및 측정지역에 대한 보정을 수행함에 있어서 SPM의 단순화된 보정식을 사용하는 대신 해수면 위 경계층에서의 유속분포를 구하여 해수와 대기의 온도차가 없는 경우에 해수면 위 10m지점에서의 풍속인 등가 중립 풍속(equivalent neutral wind speed), U_e 를 구하게 된다. 또한 ACES방법에서는 취송거리가 16km보다 짧은 경우에는 계산된 U_e 를 다음과 같이 보정하도록 되어있다.

$$U_e = 0.9 U_e \quad (1)$$

이 외에 지속시간에 대한 보정은 SPM과 같은 방법을 사용하고 있다.

* 명지대학교 토목공학과 (Dept. of Civil Eng., Myoung Ji University, Seoul, 120-728, Korea)

** 세일종합기술공사(Se Il Eng. Co., LTD, 65-106, Singil-Dong, Youngdeungpo-gu, Seoul, 150-051, Korea)

2.2. 파랑추정 과정

ACES의 파랑추정 과정에서는 SPM과 마찬가지로 다음과 같은 기본가정을 전제로 하고 있다.

1. 다른 파열(Wave train)에 의한 에너지는 무시
2. 비교적 작은 취송거리($F \leq 120\text{km}$)
3. 비교적 일정한 풍속($\Delta U \leq 9.3\text{km/h}$)과 풍향($\Delta \alpha \leq 15^\circ$)
4. 해수면 위 10m 상공에서의 바람
5. 중립안정 상태 ($\Delta T = T_{\text{air}} - T_{\text{sea}} = 0$)
6. 항력계수는 상수($C_D = 0.001$)

바람보정과정은 4항과 5항의 조건에 맞도록 풍속을 보정하는 과정이다. 이외에도 파랑추정공식은 항력계수를 0.001로 가정하여 구한 공식이므로, 이 공식을 이용해 파랑을 추정하려면 실제항력계수를 고려할수 있도록 풍속을 보정해야 한다. 이보정을 하기 위하여 SPM방법에서는 다음과 같은 식을 사용하여 풍속을 보정하였다.

$$U_a = 0.17 U_e^{1.23} \quad (\text{m/s}) \quad (2)$$

이와는 달리 ACES에서는 파랑을 발생시키는 주 원인이 되는 바람에 의한 전단응력이 C_D 를 0.001로 했을 때와 실제 C_D 값을 사용했을 때가 같아지도록 U_a 를 구하였다. 즉,

$$\tau = \rho_a C_D U_e^2 = \rho_a(0.001) U_a^2 \quad (3)$$

여기서 ρ_a = 공기의 밀도

따라서 식(3)으로 부터 U_a 는 다음과 같은 식으로 표시된다.

$$U_a = U_e \sqrt{\frac{C_D}{0.001}} \quad (4)$$

식(4)에서는 C_D 는 Garratt(1977)의 항력법칙에 따른 다음의 식을 이용하였다.

$$C_D = 0.001(0.75 + 0.067 U_e) \quad (5)$$

Fig.1은 식(2)와 식(4)를 비교한 것으로 $0 \leq U_e \leq 15 \text{ m/s}$ 범위에서는 두 방법의 차이가 거의 없으며, $U_e > 15 \text{ m/s}$ 의 범위에서는 U_e 가 커질수록 ACES방법에 의한 값이 SPM방법에의 한 값보다 점점 더 큰 값을 나타내어 $U_e = 30 \text{ m/s}$ 인 때는 약 7%의 차이를 보이고 있다.

ACES에서는 다음의 4가지해역에 따라 각각 다른 파랑추정공식을 사용하고 있다.

- (1) 심해상의 트인 해역에 대한 공식
- (2) 심해상의 제한된 해역에 대한 공식
- (3) 천해상의 트인 해역에 대한 공식
- (4) 천해상의 제한된 해역에 대한 공식

트인 해역(open water)에 대한 공식은 SPM에 있는 것과 같은 공식을 사용하고 있으며 이때 파향은

풍향과 일치한다고 가정한다. 트인 해역인 경우의 파랑추정은 SPM법과 동일하므로 여기서는 생략하기로 하겠다.

ACES에서 사용한 제한된 해역(restricted fetch)에서의 파랑추정법은 Smith(1991)에 의해 처음 개발된 방법으로, 주위의 지형의 영향으로 파향이 풍향과 반드시 일치하지 않는다는 개념을 이용하였다. 이때의 파향은 주기를 최대로 하는 방향으로 결정된다(Donelan, 1980). 이 방법을 적용하기 위해서는 Fig. 2와 같이 관심지역을 중심으로 방사선 방향으로 취송거리를 잡아서 다음값이 최대가 되는 각 ϕ 를 결정되게 된다.

$$F_{\phi}^{0.28} (\cos \phi)^{0.44} \quad (6)$$

여기서 ϕ 는 풍향과 파향이 이루는 각이고, F_{ϕ} 는 그 방향에 해당되는 취송거리이다. 위의 방법으로 취송거리가 결정되면 파고 및 주기는 심해 및 천해인 경우 각각에 해당되는 식으로 결정하게 된다(각 식의 자세한 내용은 Leenknecht 등(1993)을 참조).

3. 입력변수의 민감도 분석

ACES법을 이용해 파랑을 추정하기 위해서는 다음의 입력자료가 필요하다.

- 대상지역의 해역 형태(심해 또는 천해)
- 바람관측 지점 위치(육상 또는 해상)
- 바람관측지점의 해발고도(Z_{obs})
- 관측 풍속(U_{obs})
- 대기와 해수의 온도차($\Delta T = T_{air} - T_{sea}$)
- 파랑발달에 이용하고자 하는 지속 시간(t_f)
- 관측된 바람지속 시간(t_i)
- 바람관측 지점의 위도(L)
- 풍향(α)
- 대상지점을 중심으로 방사선 방향의 취송거리(F_i)
- 평균수심(d)

실제 어떤지점에서 바람에 의한 파랑을 추정하고자 할때 그 지점에서 위의 변수들의 값을 정확히 알 수 없는 경우가 많으므로 어떤 입력변수를 결정하는데 더욱 세심한 주의가 필요할지를 알아보기 위해 각 입력변수의 민감도를 분석해 보았다.

参考文献

Leenknecht, D.A., Szuwalski, A, and Sherlock A. R., 1993, *Automated Coastal Engineering System-Technical Reference*, Coastal Engineering Research Center, U.S. Corps of Engineers.

Shore Protection Manual, 1984, 4th ed., U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center.

Garratt, J. R., Jr., 1977, Review of Drag Coefficients over Oceans and Continent, *Monthly Weather Review*, Vol. 105, pp. 915 - 929.

Smith, J.M., 1991, Wind-Wave Generation on Restricted Fetches, Miscellaneous Paper CERC-91-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station.

Donelan, M.A., 1980, Similarity Theory Applied to the Forecasting of Wave Heights, Period, and Directions, *Proceedings of Canadian Coastal Conference*, National Research & Council, pp. 46-61

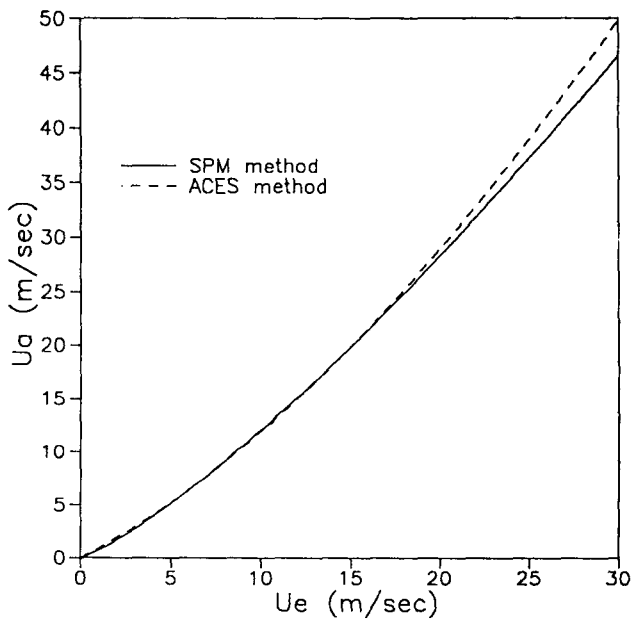


Fig.1. Comparison of U_a calculated using ACES and SPM Methods.

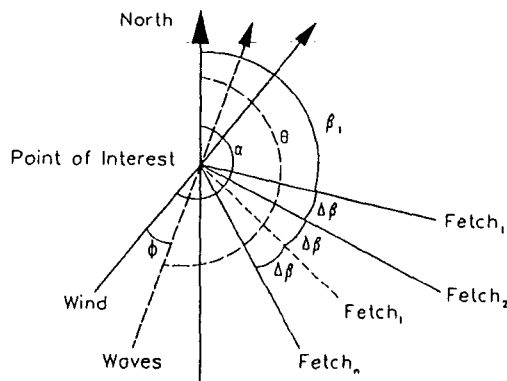


Fig.2. Restricted Fetch Conventions