

**포물선형 평형 해안선 식의 범용적 사용을 위한
극좌표계로의 매핑**
Mapping of the Equilibrium Shoreline Equation of parabolic type
into Polar Coordinates for Comprehensive Application

김동희*, 이정렬**
Dong Hee Kim, Jung Lyul Lee

.....
요 지

해안선은 길게 뻗어 있지만 직선적이지 않고 원호와 같은 곡선을 보인다. 그러나 대부분의 평형 해안선 식은 직선적 해안이라고 가정하고 수립되어 그 효용성이 크에도 불구하고 실 해안에 적용되는 경우 잘 재현하지 못하는 경우가 범용적으로 이용되는 데 큰 걸림돌이 되었다. 특히 해안선의 포괄 원호의 반경이 작을수록 문제가 크다는 점에 착안하여 해안선을 포괄하는 극좌표계에 포물선형 평형 해안선 식을 매핑하는 방법을 적용하였다. 그 결과 control point의 개연성을 극복하였고 대부분의 동해, 서해든 국내 해안에 적용한 결과 만족할 만한 결과를 제공하였다. Matlab GUI 로 개발되어 실무자들이 항만이나 어항 등 연안해역 개발에 따른 침식 문제의 근본 해결 방안을 사전에 수립하는 데 큰 도움이 되리라 기대한다.

핵심용어 : 해안선 변형, 해안 침식, 평형 해안선, Matlab GUI

1. 서론

최근 연안해역 개발로 인한 국내 연안침식 심화되고 있다. 신·증설한 항만 및 외곽 구조물과 해안도로와 병행하여 건설한 호안 등 해안 구조물에 의해 사회적 주목을 받을 수준의 해안침식이 지속적으로 발생하고 있다. 또한 해안 구조물에 의해 변형 되는 해안선을 사전 예측하고 해안선 침식에 대한 마땅한 예방대책을 마련하지 못하여 막대한 경제적 손실을 입고 있는 실정이다. 이러한 피해를 줄이기 위해 해안선 변형에 대한 예측 기술 연구가 절실히 필요하다.

이에 본 논문에서는 포물선형 평형 해안선 식의 단점을 보완하여 해안선을 포괄하는 극좌표계에 매핑하였다. 또한 Matlab GUI로 개발하여 실무자들도 연안해역 개발 전 변형된 해안선을 사전 예측하여 침식 문제의 근본적인 문제를 해결하기 쉽게 만들었다.

2. 평형 해안선

해안 구조물이 해안선 가까이 축조되면 회절 현상이 크게 발생하여 주로 입사 파향에 따라 연안을 따라 이동되는 연안 표사 이동에 영향을 미치게 된다. 따라서 해안선이 거의 직선적이던 해안에 아래 그림과 같이 방파제가 건설되는 경우 회절 구간으로의 표사 이동으로 만의 형태로 변

* 정희원 · 성균관대학교 방재안전대학원협동과정 학석사통합과정 · E-mail : donghee4x@naver.com
** 정희원 · 성균관대학교 수자원전문대학원 교수 · E-mail : jllee@skku.edu

하여 톱니형 해안(crenulate bay), 만형 해안(equilibrium bay), 그리고 나선형 해안(spiral beach)이라고 칭하는 해안 형상을 갖는다. 이러한 형상을 잘 재현하는 곡선 식으로는 로그 나선형(log spiral; Yasso 1965), 포물선 형(parabolic shape; Hsu 등 1987), 그리고 쌍곡선 탄젠트 형(hyperbolic tangent shape; Moreno and Kraus 1999) 등이 있다.

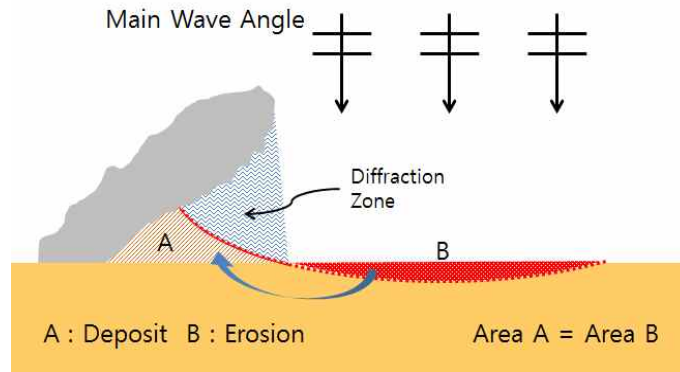


그림 1. 회절구간 모래포집 개념도

2.1 포물선형 평형 해안선

Hsu 등(1987)이 제시한 포물선형의 해안형상 식은 다음과 같이 주어진다.

$$R(\theta) = \frac{a}{\sin \beta} \left[C_0 + C_1 \left(\frac{\beta}{\theta} \right) - C_2 \left(\frac{\beta}{\theta} \right)^2 \right] \quad (\theta \geq \beta) \quad (1)$$

$$R(\theta) = \frac{a}{\sin \theta} \quad (\theta \leq \beta) \quad (2)$$

여기서 R은 포물선 초점(parabolic focus)로부터 해안선까지의 거리, a는 초점을 지나는 주파향 파봉선(파봉기준선)과 이와 평행하게 평형기준점(control point)을 지나는 선(해안기준선)과의 이격 거리, β 는 파봉기준선과 초점으로부터 평형기준점을 지나는 선이 이루어지는 각도, θ 는 파봉기준선과 초점으로부터 평형해안선을 연결한 선이 이루는 각도, 그리고 C_0 와 C_1 , C_2 는 fitting 계수로서 양 구간이 연결되기 위해서는 계수의 합이 1이 되어야 한다. 아래 그림은 포물선형 평형 해안선 곡선식의 정의도와 곡선계수 그래프이다.

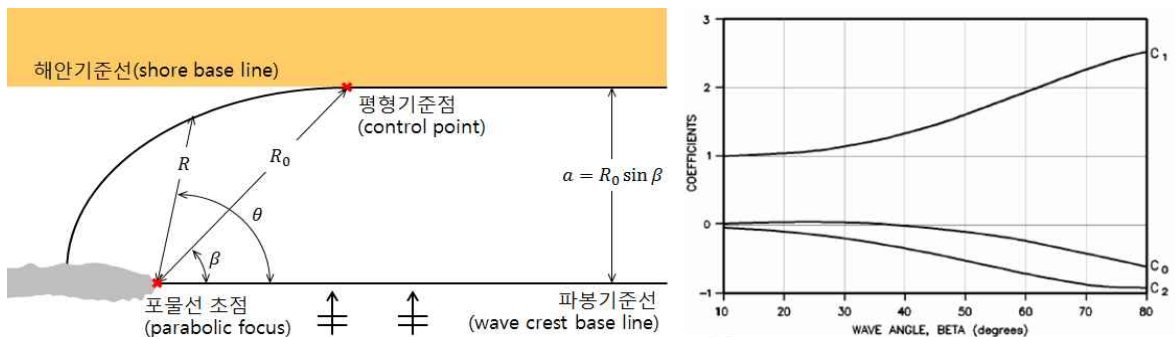


그림 2. 포물선형 곡선식의 정의도(좌), 포물선형 곡선식의 계수(Hsu, 1987)(우)

3. 포물선형 평형 해안선 극좌표 매핑

해안선은 길게 뻗어 있어 보이지만 직선적이지 않고 원호와 같은 곡선을 띤다. 그러나 대부분의 평형 해안선 식은 직선적 해안이라고 가정하고 수립되어 그 효용성이 크에도 불구하고 실 해안에 적용되는 경우 잘 재현하지 못하는 경우가 발생한다. 이에 본 논문에서는 활형, 바구니형, 주머니형의 해안에도 적용되도록 해안선을 포괄하는 극좌표계에 평형 해안선 식을 다음과 같이 매핑하였다. 그 결과는 아래 식과 같다.

$$(r, \phi) = (r_f + R \sin \theta, \frac{R \cos \theta}{r_f + R \sin \theta}) \quad (4)$$

여기서 r_f 는 해안선을 fitting하는 원의 중심으로부터 초점까지의 거리, r 은 원의 중심으로부터 해안선까지의 거리이며, ϕ 는 원의 중심과 초점을 이은 선이 0인 시계방향으로의 각을 양의 값으로 하는 극좌표의 각도 변수이다. 아래 그림은 포물선형 평형 해안선 식을 극좌표계로 변환한 모식도이다.

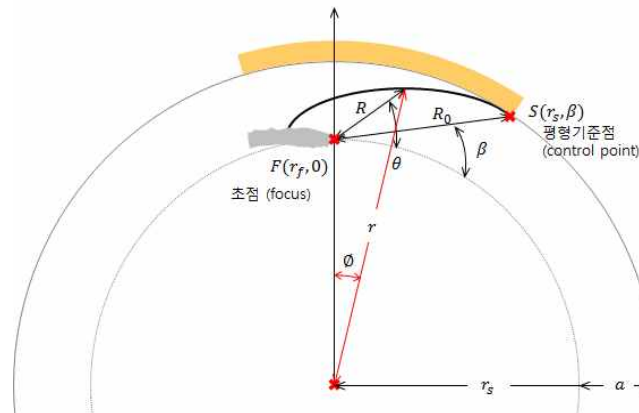


그림 4. 포물선형 곡선식의 극좌표계로 변환 모식도

4. 평형해안선 프로그램

위에서 변환한 극좌표계의 식을 이용하여 Matlab GUI 로 포물선형 평형해안선을 예측할 수 있는 사용자 편의 프로그램인 MeEPASoL(a Model of Estimating Equilibrium PARabolic-type ShOreLine)을 개발하였다.

아래 우측그림의 a)를 통하여 이미지를 불러올 수 있으며, b)의 버튼들을 통하여 해안선을 마우스를 이용하여 추출할 수 있다. 또한 c)에서는 해안선을 포괄하는 원호를 그리며 해안을 구성하는 파의 주파향을 산정하여 나타낸다. d)는 포물선형 평형해안선을 그리는 도구들이 위치해 있다. 'Focus Digitizing' 버튼을 이용하여 focus, control point를 각각 구조물 끝단과 해안선의 끝을 클릭 해준다. 그 후 'Equi. SL Plotting' 버튼을 이용하여 포물선형 평형 해안선을 위성사진 위에 도시 시킬 수 있다. 이 해안선을 도시 시킬 때 사용된 상수 값들 또한 d) 구간에 표시 된다. 마지막으로 e)에서는 이미지 확대 및 축소 그리고 작업한 이미지를 저장할 수 있으며 프로그램 종료 버튼이 위치해 있다.

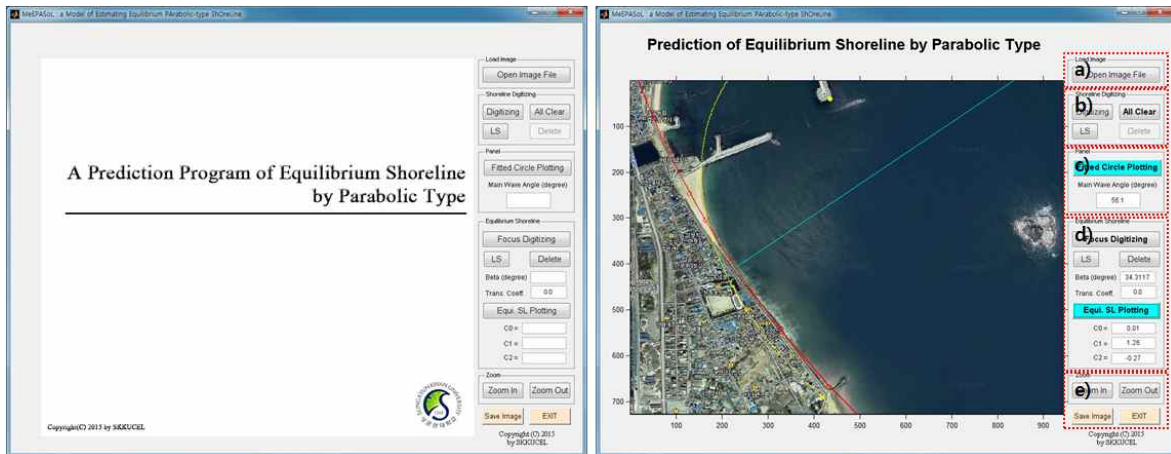


그림 5. EQU SL 메인 화면(좌), 프로그램 실행 화면(우)

매핑한 포물선형 평형 해안선 식의 타당성을 살펴보기 위하여 아래 그림과 같이 동해안, 서해안, 제주 서귀포 해안 등 국내 방파제로 인하여 해안선 변화가 초래된 해안에 적용하였다. 적용시 주파향은 구조물의 영향이 없다 가정한 해안선에 대하여 적용하였고, 초점(focus)은 구조물의 끝단, 그리고 control point는 해안의 끝에 적용하였다.



그림 5. 실제 해안 적용 사례

5. 결론

포물선형 평형 해안선 식을 해안선을 포괄하는 극좌표계에 매핑하는 방법을 적용하였다. 그 결과 control point의 개연성을 극복하였고 대부분의 동해안, 서해안, 제주 등 국내 해안에 적용한 결과 만족할 만한 결과를 제공하였다. 이를 이용하여 현장 실무자들이 항만 및 어항 등 해안 구조물 건축에 따른 침식 문제의 근본 해결 방안을 사전에 수립하는 데 큰 도움이 되리라 기대한다.

참 고 문 헌

1. Hsu, J. R. C., Silvester, R., & Xia, Y. M. (1987). New characteristics of equilibrium shaped bays. Proc., *8th Australasian Conference on Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, pp. 140-144.
2. Moreno, L. J., & Kraus, N. C. (1999). Equilibrium shape of headland-bay beaches for engineering design. *Proceedings, Coastal Sediments*, ASCE, pp. 860 - 875.
3. Yasso, W. E. (1965). Plan geometry of headland-bay beaches. *The Journal of Geology*, 702-714.