

Three-Dimensional Model of Coastal Sediment Transport and Morphologic Change

이관홍¹⁾ · 이희준²⁾

¹⁾한국해양연구원 연수연구원 · ²⁾한국해양연구원 책임연구원

1. 서론

장기간에 걸친 지형변화를 예측하는 것은 기초과학뿐만 아니라 응용과학 및 해양 공학적인 측면에서 볼 때 매우 중요하다. 퇴적물 이동과 지형변화의 예측은 항만의 수로를 유지하고, 폭풍에 의한 침식을 방제 할 뿐 아니라 지질학적 time-scale에서 퇴적층 형성을 이해함으로써 경제적으로 유용한 석유자원 매장을 밝히는데 도움을 준다. 그렇지만 퇴적역학에 대한 이해가 불충분하고 지형환경 system이 복잡하기 때문에 퇴적물 이동 및 지형변화에 대한 3차원 모델을 통한 지형 변화 예측을 실용적으로 사용하기에는 불충분하다. 그렇기 때문에 미국의 community sediment transport initiative나 유럽연합의 MAST program을 통한 퇴적물 이동 모델 개발은 불충분한 3차원 퇴적물 이동 및 지형변화 모델을 개발하고 향상시키기 위한 노력이라고 볼 수 있다.

한국에서 퇴적물 이동과 지형변화에 대한 관측 및 모델 연구는 시급하게 필요하다. 예를 들어, 새만금 사업의 방조제 건설은 새만금 지역과 인근 연근해에서 해수 유동의 변화를 유발하고 있다. 또한 해수 유동 변화에 따른 퇴적물 이동 양상과 퇴적 지형 변화가 일어나고 있다. 그렇지만 3차원 퇴적물 이동 및 지형 변화 모델이 정립되지 않았기 때문에, 새만금 사업으로 인하여 연근해에서 발생하는 정량적인 퇴적물 이동 및 지형 변화에 대한 예측이 쉽지 않다. 그렇기 때문에, 대규모 국책 사업을 시행하기 위한 정확한 환경영향평가를 위해서 3차원 퇴적물 이동 및 지형 변화 모델이 시급하게 필요하다.

현재 3차원 수리역학 모델이 비교적 정확하기는 하지만, 대부분의 모델이 water column에서의 유체운동에 중점을 주기 때문에 퇴적물의 entrainment와 suspension에 중요한 해저 경계면의 유체운동에 대한 정확성은 낮은 편이다. 또한, 퇴적역학에 대한 이해, 특히 퇴적지형이 존재할 경우의 퇴적역학에 대한 이해가 낮은 편이다. 그렇기 때문에 해저 경계면에서의 유체역학과 퇴적역학에 대한 이해를 높이기 위하여 모델을 정립하고, 관측을 통한 자료를 획득하여 자료를 분석하고, 모델과 비교하는 작업이 진행되어야 한다. 본 논문은 이러한 3차원 퇴적물 이동 및 지형 변화 모델을 새만

금 방조제 건설에 따른 퇴적물 이동과 지형변화 연구를 소개하는데 목적이 있다.

2. 새만금 방조제 건설에 따른 지형 변화

새만금 방조제 건설에 따른 지형변화를 관측하기 위하여, 한국해양연구원의 퇴적역학사업단에서 2002년과 2003년 방조제 내측에서 천해역 지형 모니터링 장비인 Bathymetric Sonar System으로 해저지형을 측량하였다. 그림 1은 1982년과 2002년 사이에 발생한 지형변화를 나타내고 있다. 지형 변화의 특징은 금강에서 유출된 퇴적물이 금강 하구를 따라 침식하는 패턴으로 지형 변화는 약 4 m에 달하고 있다. 그림 2는 2002년과 2003년 사이에 진행된 해저지형 변화를 나타내고 있다. 1년 사이에 발생한 지형변화의 특징은 고군산군도 북측의 물막이 공사가 완성된 이전에 형성된 채널을 따라 침식이 발생하고, 그 이외의 지역에는 퇴적이 발생한 것이 뚜렷하게 나타나고 있다는 것이다. 고군산군도 남측에도 갑문을 방조제가 쌓은 부분의 내측에는 퇴적, 갑문을 설치할 채널을 따라서 침식이 일어나는 비슷한 패턴을 보이고 있다. 한 가지 재미있는 현상은 불과 1년 사이에 4 m 이상의 지형변화를 보이고 있다는 것이다. 이러한 지형변화를 예측하기 위한 지형변화모델링을 다음 장에서 기술하고 있다.

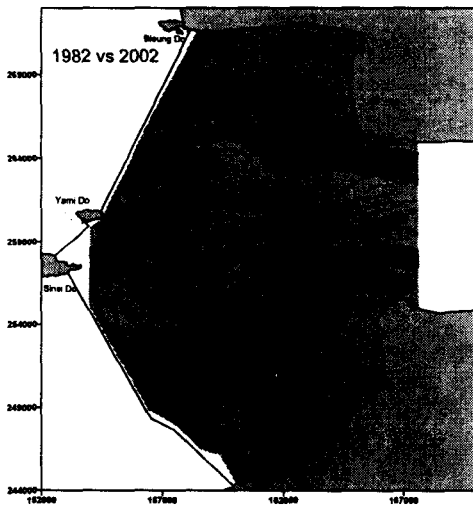


그림 1. 새만금 방조제 내측에서 1982년과 2002년 사이에 발생한 지형 변화. 파랑색은 침식, 고동색은 퇴적을 나타내며, 등고선의 단위는 m이다.

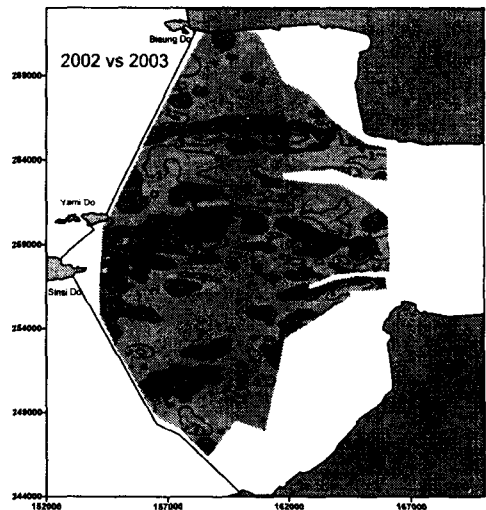


그림 2. 새만금 방조제 내측에서 2002년과 2003년 사이에 발생한 지형변화. 파랑색은 침식, 고동색은 퇴적을 나타내며, 등고선의 단위는 m이다.

3. 지형 변화 모델링

새만금 방조제 건설에 따른 지형변화를 예측하기 위하여 Estuarine and Coastal Ocean Sediment Transport Model (ECOMSED)를 사용하고 있다. ECOMSED는 1980년대 중반에 개발된 Princeton Ocean Model (Blumberg and Mellor, 1987)에 기반을 두고서 천해(강, 만, estuary, 그리고 해안) 및 저수지와 호수에 적용하는 version을 만들면서 ECOM (Estuarine and Coastal Ocean Model)이라고 이름을 붙였다. 1990년대 중반에는 ECOM에 점착성 퇴적물 재부유(cohesive sediment resuspension), 침강 및 응집(consolidation)을 고려(Lick et al., 1994)하는 퇴적물 이동을 포함하여 ECOMSED라고 명명하였다. 현재, ECOMSED는 개방경계, 해저 경계층 작용, 파랑 모델, 비점착성 퇴적물 이동(noncohesive sediment transport), dissolved and sediment-bound tracer와 같은 모듈을 포함하는 모델로 발달하였다. ECOMSED는 Navier-Stoke 방정식의 정수압 근사를 사용하는 비선형 연안 순환 모델로, 수직 방향에서 시그마 좌표를 사용한다. ECOMSED의 유체역학 요소는 Boussinesq 근사를 이용한 운동방정식, 수직 경압 평형 방정식, 연속방정식, 열 및 염 수송 방정식으로 구성되어 있으며, 자세한 모델은 Blumberg and Mellor (1987)에 자세히 기술되어 있다.

새만금을 대상으로 하는 모델에 사용된 수심은 그림 3 같으며, 모델의 개방경계는 검은 점으로 나타냈다. 모델 영역의 수평격자는 총 166×94개로 이루어져 있으며, 격자의 간격은 x-방향으로 360 m이고 y-방향으로 440 m이다. 수직방향에서는 등간격의 10개 격자로 구성하였다. 본 연구에서 사용한 외력은 조석만을 고려하였다. 조석 가운데 M2분조를 고려하였다. 또한 모델의 퇴적물 모듈에서는 입경이 100 μm 인 퇴적물 한가지만을 고려하였다.

그림 4는 ECOMSED로 M2만을 고려하고 모델을 운영하여 29시간 후에 나타난 해수면에서의 창조류 벡터를 나타내고 있다. 그림 5는 bed에서의 마찰계수를 계산한 결과를 나타내고 있으며, 그림

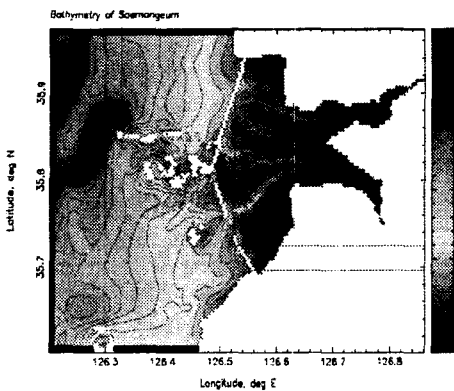


그림 3. 새만금 모델 영역. 육지와 섬, 그리고 방조제는 흰색으로 표현되어 있다.

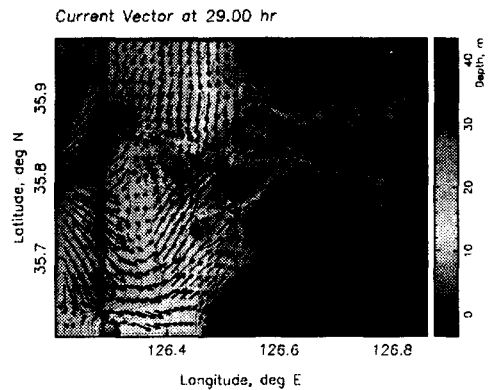


그림 4. 창조시 surface current vector.

6은 해저면의 퇴적물 농도를 나타내고 있다. 그림 7은 모델 운영 후 29시간 후의 지형 변화를 나타내고 있다. 본 연구는 서론에서 기술한 것처럼 현재 진행되고 있으며, 중간대에서의 해수유동과 퇴적물 이동, 다른 크기의 입자들의 고려 및 더 낮은 경계층 작용 등 모델 개선이 이루어질 계획이다.

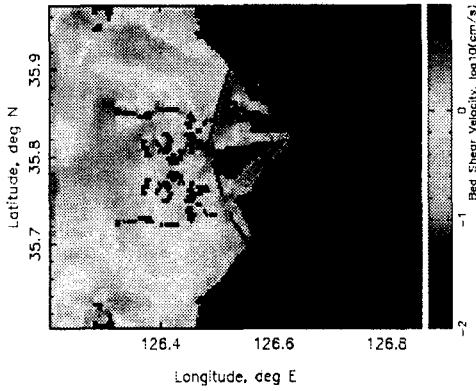


그림 5. 창조시 (29 h) bed shear velocity

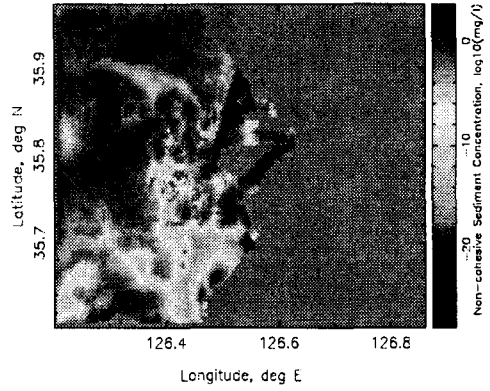


그림 6. 창조시 (29 h) 표층 퇴적물 농도

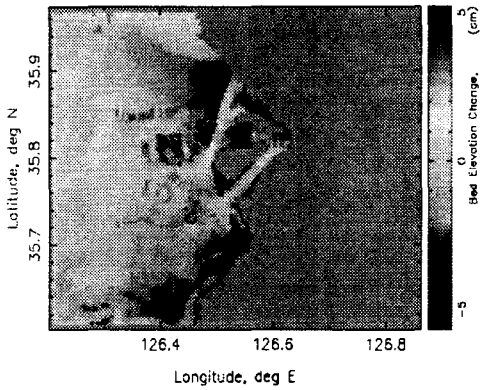


그림 7. 모델이 예측한 29시간 후 지형 변화

■ 참고문헌

- Blumberg, A.F., and G.L. Mellor, A description of a three-dimensional ocean circulation model,
In: Three-Dimension Coastal Ocean Models, Coastal and Estuarine Science, 4, N.
Heaps, ed, American Geophysical Union, Washington, D.C., 1-16, 1987.
- Lick, W., J. Lick, and C.K. Ziegler, The resuspension and transport of fine-grained sediments
in Lake Erie. J. Great Lakes Res., 20, 599-612, 1994.