

하구 지형 변화 수치모델링 시스템 구성에

○김효섭 ¹⁾, O'Connor, B.A.²⁾

1. 서론

포르투갈 Faro인근에는 예닐곱 개의 군도와 섬 사이의 유통구(inlet)로 구성된 특이한 형상의 해역이 있다. 이 해역의 군도와 유통구는 자연적으로 형성된 것으로서, 하천의 하구 주위의 해안선으로부터 약 10 km 가량 떨어져 있으며, 군도로 둘러싸인 반 폐쇄호(lagoon)의 수심은 최대 약 40 m 이다. 대상해역의 주 파향은 W로서 SE방향의 해안선을 지나 해안선 연장선을 따라 퇴적물이 공급되어 왔으며, 이로 인하여 섬이 발달한 것으로 예상된다.

대상해역에서의 물리적 현상을 열거하여 보면, 해저지형, 조석, 바람, 파랑 (파랑변형: 굴절, 회절, 반사, 천수화, 감쇄, 쇄파), 폭풍, 난류, 퇴적물 이동을 들 수 있다. 이 현상들은 개별적으로도 진행하지만, 상호작용을 하기도 한다. 현재까지 수치모형을 이용하여 하구 또는 유통구 인근에서의 지형변화를 재현하여 본 사례는 일부 있지만, 대부분 특수한 대상해역의 환경에 맞게 수치모형실험을 수행하였을 뿐이다.

목적에 맞는 수치모형 실험을 수행하기 위하여서는 적절한 수치모형의 선택과 운영이 필수적이다. 하나의 수치모형이 전체의 현상을 모두 정확하게 재현할 수 있는 그러한 모형은 아직 개발되지 않았으며, 시간과 공간의 범위의 문제로 인하여 그렇게 하기가 어려울 것이다. 2~3차원 조석·조류 모형, 평면 2차원 파랑변형 모형, 2~3차원 퇴적물이동 및 지형변화 모형이 모델실험 전체의 골간을 형성하며, 보조 모형으로서 모래결 특성 계산모형, 연직 1차원 파랑·조류공존 경계층 모형, Sheet flow 모형과 같은 요소모형을 선정·활용하였다. 이러한 수치모형들은 하나의 시스템으로서 출력과 입력을 상호활용하면서 종합적 결론을 얻을 수 있도록 구성하였다(Fig. 1. 참조).

수치모형을 검증하기 위하여서는 적절한 자료가 필요하다. 특정해역에서의 지형변화를 재현하기 위하여서는 현장에서의 관측자료가 유용하다. 대상해역에서의 지형변화를 재현하기 위하여 적절한 수치모형시스템을 구성하고, 현장관측을 계획할 필요가 있다. 대상해역에서 장기간 진행되고 있는 지형변화의 과정을 정확하게 파악하고, 반 폐쇄호수내의 항만을 효과적으로 운영하기 위하여 수치모형실험을 계획하여 수행하였다(O'Connor et al., 2001).

1) 국민대학교 건설시스템공학부 부교수, 공학박사, 02-910-4698(E-mail:hkim@kookmin.ac.kr)

2) Department of Civil Engineering, The University of Liverpool, UK.

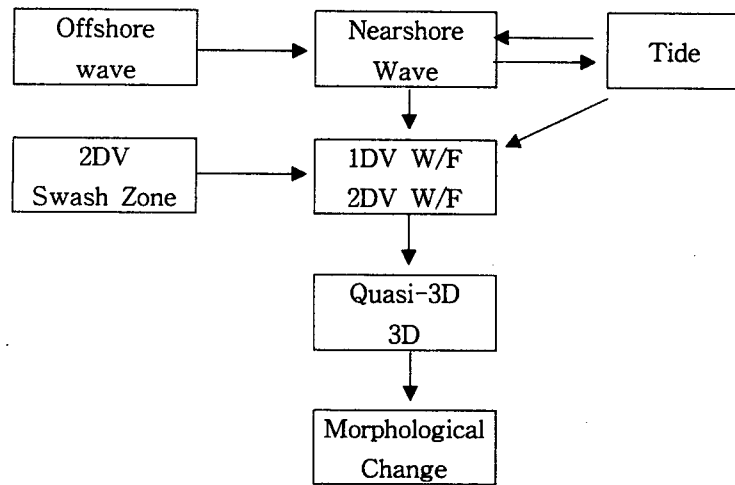


Fig. 1. Modelling System

2. 수치모형, 현장관측, 자료분석 계획

수치모형은 다음의 8 소분야로 나누어 시스템을 구성하였다.

- 평면 2 차원 소역 조류 수치모형: 유통구, 삼각주 포함;
- 약식 3 차원 광역 조류 수치모형: 소역 경계조건 제공
- 파랑 변형 수치모형: 파랑주기 평균 변수 계산기법; 쌍곡선형 방정식 모형; Boussinesq 모형
- 약식 3 차원 소역 흐름장 및 지형변화 수치모형: 파랑류 계산; 파랑 흐름 상호작용 고려;
- 연직 1 차원 쇄파대 수치모형: 파랑 경계층 특성 계산; undertow 2 차 흐름 계산;
- 연직 2 차원 모래결 변형 수치모형: 조류 기인 모래결; 파랑 기인 모래결;
- 연직 2 차원 공기중 퇴적물 이동 수치모형

수치모형을 검증하기 위하여 다음과 같은 현장관측팀과 항목을 계획하였다.

- 현장측정 준비: 총괄 계획; 장비 확보
- 현장 관련 행정: 현장 출입증 교부; 관련 자료 입수; 군사 문제 협조
- 측정 전용 가설교량: 2 개월 측정용 교량 건설

- 원격 탐사: 흐름장 측정; 파랑장 측정; 해안선 변화 측정
- 광역 조사: 조위; 층별조류; 파랑; 부유사 농도
- 소역 (유통구, 삼각주 인근) 조사; 조위; 조류; 파랑; 퇴적물 이동
- 쇄파대 조사; 파랑 조사; 난류특성 조사; 해저면 형상 (모래결) 이동 조사
- 사빈 조사: 해안 단면변화 조사
- 공기중 퇴적물 이동 조사

위의 현장조사 결과와 수치모형실험결과 중 일부 자료를 대상으로 관리, 보관, 분석, 배포를 전담하는 팀을 다음과 같이 운영하였다.

- 자료 분석
- 과정(process)의 해석
- 자료 운영

연구 주관기관에서는 위의 수치모형실험, 현장 관측, 자료 관리를 총괄하였다.

3. 성과

계획 대비 성과를 종합한다면, 거의 계획대로 수치모형실험과 현장관측, 자료분석이 수행되었다. 그러나, 몇 가지 면에서 계획을 변경하여 수행한 부분이 있다. 첫 째는, 조사 대상 유입구를 최초 계획하였던 구 Ancao Inlet 으로부터 New Ancao Inlet 으로 변경한 점이다. Faro 시에서 인공 유입구를 만들었기 때문이다. 둘 째는, 가설교량을 활용하는 대신 바지선 (jack-up barge)을 이용한 점이다. 설치 비용 등의 문제로 인함이었다. 셋 째는, 수심측량을 Lidar 방식 대신 재래식 음향측심 기법으로 수행하였다.

수치모형실험을 수행한 결과는 개별적으로 또는 종합적으로 여러 학술지와 학술발표회에 발표되었다. 예를 들면, Jacob and Eca (1999), O'Connor et al. (2000), Harris and O'Connor (2001)은 연직 1 차원과 2 차원의 해저면 파랑경계층에서의 흐름장과 부유사 거동을 계산하였다. 또한 Kaczmarek and Ostrowski (1999)는 sheet flow상태에서의 흐름과 퇴적물 이동에 관하여 조사하였다. Kim et al. (2000) 은 WIBATH 모형을 이용하여 대상해역에서의 파랑류와 이에 따른 지형변화를 예측하였다. Sancho et al. (2000) 은 약식 3 차원 파랑류 계산을 수행하였다.

파랑장 계산은 기성모형 중 WAM 모형, SWAN 모형, WACUP 모형 (Boussinesq 모형의 하나)을 활용하였다.

다중 유통구의 기능과 안정성에 관하여 Salles (2000a, 2000b) 은 미공병단의 RMA-2V 모형을 활용하였다. Boxel et al. (1999)은 대상해역에서의 공기중 퇴적물 이동에 관한 조사 결과를 발표하였다.

수치모형은 대부분 현장관측기간 2 개월 내의 자료와 비교, 검증하도록 하였으며, 단기간의 모형실험은 2 개월 내의 특정일 2 일(대조 1 일, 소조 1 일)의 자료와 비교하도록 하였다.

4. 결론

수치모형실험 수행결과로부터 초기의 수치모델링 구성을 평가하여 보면 세부수치모형의 역할과 모형 상호간의 정보교환이 모형실험결과 종합에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 세부 수치모형실험 (연직 1 차원, 연직 2 차원) 흐름장 및 부유사 이동 실험의 결과는 현장 측정 자료 등으로 검증되거나 비교되었지만, 대규모 평면 지형변화 계산시에 활용되지는 못하였다. 이를 위하여서는 세부 수치모형실험 결과를 수식화하여 쉽게 대규모 수치모형에서 활용할 수 있도록 하는 과정이 필요하며, 상당한 시간과 노력을 필요로 할 것으로 보인다.

5. 참고문헌

- Boxel, J. H., Arens, S.M., and Dijk, P.M. 1999. Aeolian processes across transverse dunes II: modelling the air flow. *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 24, pp.255-270.
- Harris, J. and O'Connor, B.A. 2001. Modelling random wave boundary wave boundary layers. Submitted to *Journal of Coastal Engineering*.
- Jacob, J.M. and Ecal, Q.B. 1999. An efficient numerical method for the solution of the 2D compressible Navier-Stokes equations. IV. *Congresso en Metodos Numericos en Ingeniera*, Sevilla, Spain.
- Kaczmarek, L.M. and Ostrowski, R. 1999. Modelling of a three layer sediment transport system in oscillatory flow. *Proc. 26th International Conference on Coastal Engineering, ASCE*, pp. 2559-2572.
- Kim, H., Kim, T.H., and O'Connor, B.A. 2000. Application of WIBATH-00 to wave-induced currents with tide at Algarve, Portugal. *HYDROSOFT 2000*. Lisbon, Portugal. WIT Press.
- O'Connor, B.A., Hale, I.P., Pan, S., Rose, C.P., Williams, J.J., Bell, P. and Thorne, P.D. 2000. Sediment transport in the Barra Nova Inlet, Portugal. *Environmental Coastal Regions III*, Rodriguez, G.R., Brebbia, C.A., and Perez-Martell, E. (editors), WIT Press, pp. 227-239.
- O'Connor, B. A. et al. 2001. Final Report : INDIA, EU MAST3 Project, Contract No. MAS3-CT97-0106.
- Salles, P. 2000a. Hydrodynamic controls on multiple tidal inlet persistence. PhD Thesis, MIT and WHOI, 266p.
- Salles, P. 2000b. Numerical simulations of the hydrodynamic response to inlet disturbances at Ria Formosa, Portugal. *Continental Shelf Research*.
- Sancho, F.E.P., Svendsen, I.A., and Haas, K.A. 2000. Modelling of wave-induced currents at an inlet. *Proc. International Conference on Coastal Engineering 2000*.