

3次元 海濱變形模型을 이용한 港內埋沒豫測

丁升鎭*, 金圭漢**, 片宗根**

1. 서론

우리나라 동해안에 위치한 대부분의 중소항만 및 어항들은 사빈해안에 건설된 소규모 어항이 주를 이루고 있으며, 항 입구부가 쇄파대 내에 위치하고 있으므로 지형변화가 극심하여, 항내에 매몰현상이 발생되고 있다. 이러한 현상들로 인하여 항내수심을 유지하기 위해 거의 매년 준설을 실시 할 뿐 아니라, 항내매몰로 인해 수심이 낮아져 배가 전복되어 인명피해가 발생하는등 극심한 피해를 입고 있어 항내 및 항로매몰이 적지않은 사회적 문제로 대두되고 있는 실정이다. 이와같은 문제를 해결하기 위해서는 우선, 사전예측 및 항내매몰현상의 정확한 재현을 통해 그 원인을 파악할 필요가 있다.

항내매몰의 예측 및 재현을 위한 연구방법으로는 수치모형실험과 수리모형실험, 그리고 현장조사의 방법이 고려될 수 있으며, 3가지 방법을 동시에 이용하는 것이 가장 합리적인 결과를 도출할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 우선, 항내매몰이 극심한 동해안의 K항을 대상으로 수치모형실험 및 현장조사의 방법을 통한 항내매몰예측법을 소개하고자 한다.

2. 주변해역의 자연조건 및 지형변화

2.1 자연조건

K항은 강원도 동해안에 위치한 비교적 소규모 어항으로 주변해안은 사빈으로 이루어져 있으며, 그림 1은 이 해역의 해저지형도를 나타내고 있다. 해저경사는 1/40~1/60의 대체로 완만한 경사를 이루고 있으며, 항 주변부의 수심은 3~5m 정도이고, 저질입경 $d_{50} = 0.45\text{mm}$ 정도의 비교적 가는 모래로 이루어져 있으며, 본 항의 조위는 대조차가 18cm이고 소조차는 9cm정도이다. 조류 및 해류는 계절에 따라 다소 차이는 있으나 약 0.1~0.3m/s 정도로 판단되며, 주파항은 NE방향으로 유의파의 연간 평균파고는 2.61m, 주기는 8.1sec이다. 항을 유지해주는 북방파제의 위치는 파랑의 영향은 다소 막을 수 있도록 설치되어 있으며, 해안을 따라 발달하는 해빈류의 영향을 제어하기에는 어려운 상황이다. 항의 남측에는 유입하천이 있으나 규모가 작고 토사의 유입이 거의 없으므로 항 주변과 항내 매몰에는 영향을 미치지 못하는 것으로 판단된다.

2.2 지형변화

K항은 1974년에 개발된 이후, 꾸준한 확장공사를 실시하여 왔으며 현재에는 어항으로서의 중요한 역할을 하고 있다.

그러나, 최근 심각한 항내매몰로 인하여 1993년 6월부터 93년 11월까지 준설을 실시한 바 있고, 준설량은 대략 $56,000\text{ m}^3$ 이고 준설면적은 $10,625\text{ m}^2$ 으로 조사된 바 있으며, 준설이후 현재까지도 극심한 매몰현상이 지속적으로 발생하고 있다.

* 관동대학교 건설환경시스템공학부 (Kwandong Univ. Division of Civil & Environmental Eng. System)

** 명지대학교 토목·환경공학과 (Myungji Univ. Dept. of Civil & Environmental Eng.)

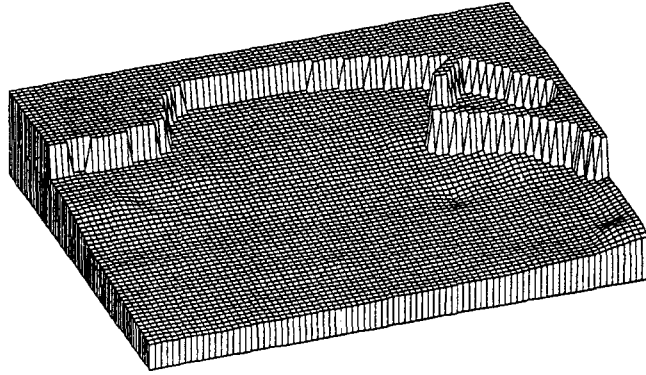


그림 1. 대상해역의 3차원 해저지형도

3. 항내퇴사에 관한 수치모형실험 및 현지관측

3.1 계산조건

본 연구의 대상해역인 K항에 대하여 항내퇴사 수치모형실험을 실시하였다. 수치계산을 수행하기 위한 입사파 제원으로, 파향은 대상해역의 주파향인 NE방향으로 취하였고, 파고 및 주기는 파랑관측 통계치에 따른 유의파의 연간 평균치인 $H_{1/3} = 2.61\text{m}$, $T_{1/3} = 8.1\text{sec}$ 을 사용하였다. 대상해역에 대한 계산격자는 격자간격을 $\Delta x = \Delta y = 10\text{m}$ 로 하여 85×65 개의 격자수로 구성하였다. 계산에 사용한 반사율은 해안선에 대해서는 파를 거의 흡수하므로 0.1로 하였으며, 구조물에 대해서는 0.5로 하였다. 또한, 평균조위는 0.23m로 하였으며, 차분계산의 시간간격은 안정조건을 고려하여 $\Delta t = 0.1\text{sec}$ 로 하였다.

해빈류 계산시 레이놀즈 응력항과 저면마찰항의 무차원정수 N 과 저면마찰계수 C_f 의 값은 각각 0.016, 0.02로 하였고, 경계조건은 파랑, 해빈류 모형을 동일하게 하였으며, 계산영역에 대해 측방경계는 투과경계, 해안은 개경계, 심해는 입사경계로 하였다.

3.2 흐름에 관한 수치모형실험 및 현지관측

수치모형실험에 의한 계산결과의 검증은 위하여, 대상해역인 K항에 대해 현지관측을 실시하였다. 현지관측은 1997년 5월 29일 10:00부터 17:00까지 실시하였고, 관측지점을 A,B,C의 3지점으로 나누어 관측을하여 각 지점에서의 유황분포를 그림 2에서 나타내었다. 그림 2에서 알 수 있듯이 A,B,C지점에 투입한 부자는 해안선을 타고 a,b,c지점으로 이동하고 있음을 알 수 있고, 특히 C지점에서는 해안선을 타고 이동하다가 원래의 위치로 회전하고 있음이 확인되었다. A,B지점에서는 항구측으로 향하는 연안류의 흐름으로 인하여 남측에서 북쪽 항구측으로 향하게되어 각각 a,b지점으로 이동하고 있음이 확인되었다.

흐름에 대한 수치계산에서는 먼저 비정상완경사방정식에 기초한 파랑계산 결과로부터 쇄파후의 잉여응력을 구할 수 있고, 계산된 잉여응력으로 부터 해빈류 계산이 수행되며 그 결과는 그림 3에 나타낸 해빈류 벡터로 확인할 수 있다. 그림 3으로부터 남측에서 유발되는 해빈류는 연안류의 특성에 의해 해안선을 따라 북측으로 이동한 후, 세갈래로 나뉘어 그 일부는 이안류로 전환되어 심해지역으로 이동하고, 별도의 일부분은 해안으로 향하는 질량수송류로 전환되었다가 남측 방향의 연안류로 바뀌고 다시 이안류로 전환되는 흐름을 나타내고 있으며, 이것은 일종의 순환류 역할을 하고 있다.

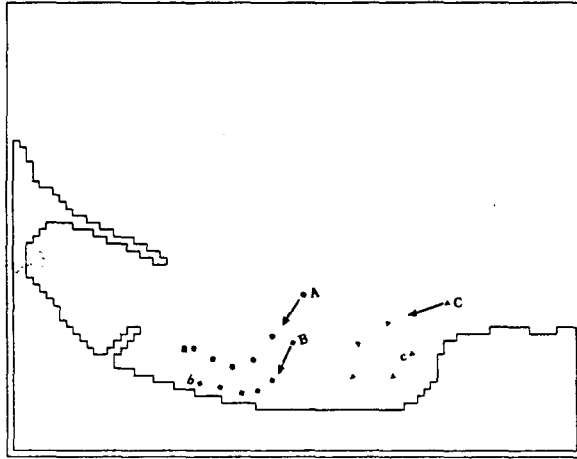


그림 2. 관측지점의 유향분포

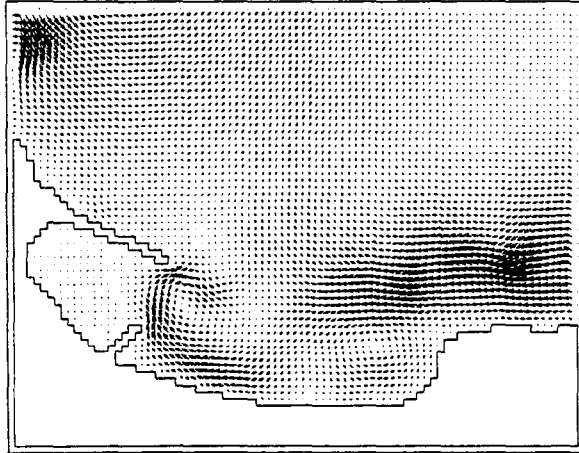


그림 3. 계산치의 해빈류 흐름상황

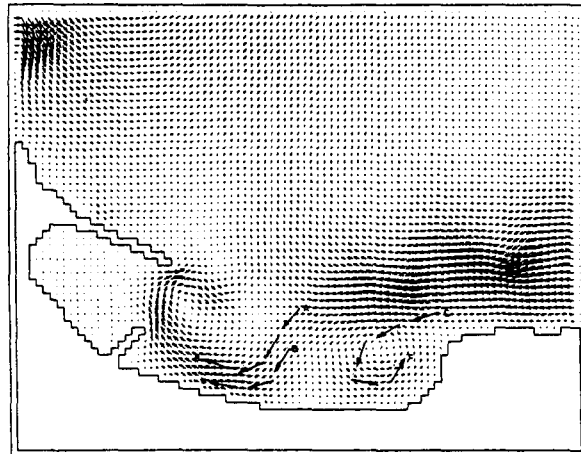


그림 4. 관측치와 계산치의 해빈류 유향비교

그림 4는 해빈류의 관측치와 계산치를 나타내며, 그림에서 굵은 화살표는 관측결과를 나타낸 것이고,

가는 화살표는 계산결과를 나타낸다. 관측결과와 마찬가지로 동일지점에서 순환류 현상이 발생하고 있어 계산결과와 타당성을 입증해 주고 있다. 주 흐름은 해안선을 따라 항 입구측으로 이동하는 연안류 특성을 나타내고 있으며, 이 흐름은 항 입구측에서 매우 큰 회전운동을 하게 되며 이때 흐름의 에너지는 크게 감소되어 연안류는 표사이동의 역할 능력을 상실하게 되고, 이와같은 현상으로 인해 남측에서 부터 연안류가 몰고 온 토사를 항 입구부에서 떨어뜨려놓아 항 입구 남측에 대량의 토사매몰이 발생하는 것으로 판단된다.

3.3 항내매몰에 관한 수치모형실험

항내매몰에 대한 수치모형실험 결과로서, 퇴적 및 세굴에 대한 등고선도를 그림 5와 6에서 나타내었으며, 이것은 계산시작후 각각 10일과 25일의 단기간의 계산결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 10, 25일 모두 항 입구부에서 심각한 매몰현상이 일어나고 있음을 알 수 있다. 여기에서도 단기간 동안의 시뮬레이션이므로 항내측의 매몰현상이 두드러지게 나타나고 있지는 않지만, 시간의 경과에 따라 항 입구부에서 항내측으로 서서히 이동하고 있음을 알 수 있다. 이와같은 계산결과로부터 해빈류 계산결과에서 유추하였던 표사이동에 의한 매몰상황이 3차원 해빈변형 수치시뮬레이션에 의해 잘 재현되었음을 알 수 있다.

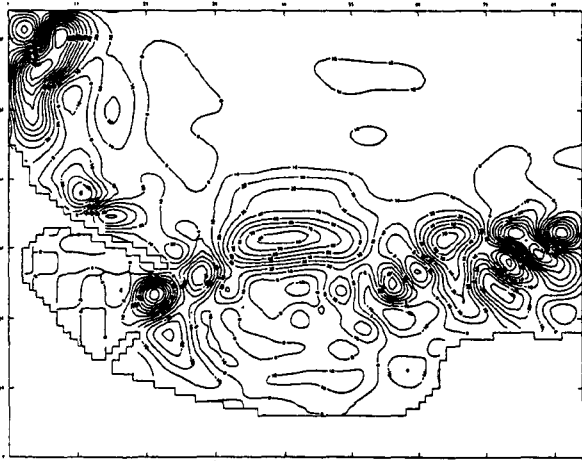


그림 5. 표사이동 상황-퇴적, 세굴 등고선도(10일후)

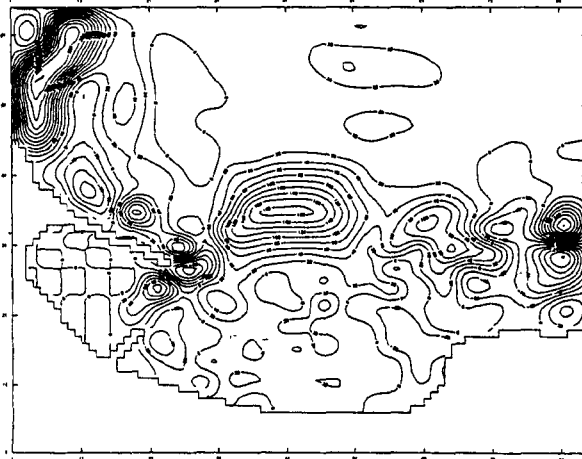


그림 6. 표사이동 상황-퇴적, 세굴 등고선도(25일후)

본 계산은 차후, 장주기파 특성을 고려한 장기간의 지형변동 수치모형실험을 실시한다면 항내 안쪽까지의 매몰현상에 대한 재현문제는 비교적 쉽게 해결되리라 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 동해안에 위치한 중소어항을 대상으로 항내매몰에 관한, 현지관측 및 수치시물레이션을 실시하였고, 실시결과 현지상황과 잘 일치되는 흐름상황 및 매몰현상이 발생하였음을 알 수 있었다. 현지관측 및 수치모형실험 결과를 비교한 결과 항내매몰은 항 남측으로부터 유입되는 해빈류의 영향으로 항 입구에 쌓인 토사가 장기적으로 항내로 계속 침입하여 발생된 현상으로 판단된다.

이와같은 해빈변형 현상을 제대로 평가하기 위해서는 외력의 특성과 저질조건에 부합하는 예측모형을 선정하고 경계조건이 성립될 수 있는 계산범위를 설정하는 것이 무엇보다 중요하며, 파랑, 해빈류등 각각의 모형에서의 각 단계마다 상세한 현지검증과 적용성 검토를 실시할 필요가 있다. 아울러 정확한 현지관측자료(파랑, 해빈류, 수심등)의 축적 또한 계속적으로 노력해야 될 중요한 사항일 것이다.

참고문헌

- 丸山康樹,成廣明雄, 近藤浩右(1982), 發電所港灣における港内堆砂の豫測モデル,第29回海岸工學講演會論文集, pp. 294-298
- Ozaki, A. (1964), On the effect of an offshore breakwater on the maintenance of a harbor constructed on a sandy beach, 9th ICCE, pp. 323-345
- Noda, H. (1966), Model study on the filling-up of a fishing harbor by drifting sand, 10th ICCE, Vol. 1, pp. 564-594
- Maruyama, K. and T. Takagi (1988), A simulation system of nearshore sediment transport for the coupling of the sea-bottom topography, waves and currents, IAHR Symp. on Mathematical Modelling of Sediment Transport in the Coastal Zone, pp. 300-309