

실시간 연안환경 모니터링시스템 구축에 관한 연구 Development of Real-time Coastal Environment Monitoring System

정태성¹·김성곤¹·오병철²

Tae Sung Jung¹, Sung Gon Kim¹, and Byung Chul Oh²

1. 서 론

연안환경은 공사중 발생하는 오탉 물질과 공사중 인부 등에 의한 오염물질 배출 등으로 인하여 수질환경이 크게 영향을 받는다. 개발사업 종료후에는 해수순환 환경의 변화로 인한 오염물질 확산환경의 악화, 개발 후 새로운 인구의 유입에 따른 오염물질의 추가 유입과 해상 활동시 발생하는 유류오염 등으로 인하여 수질환경이 크게 변화한다. 이러한 연안 수질을 효율적으로 관리하기 위해서는 공사중 또는 공사후 발생하는 수질 오염원으로부터 야기되는 환경변화를 실시간으로 감시하여 관리대책을 효율적으로 신속하게 수립하여 오염을 사전에 차단하여야 한다. 이러한 일을 효율적으로 수행하기 위해서는 해양환경에 관한 정보가 효율적으로 관리되고 실시간으로 정보를 빠르고 쉽게 접근할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 실시간 현장 관측자료, 해양환경요소에 대한 실시간 모델링 자료들이 연안환경관리책임자, 해상공사 종사자, 어민 등이 쉽게 자료를 접할 수 있어야 한다. 이와 관련하여 정태성 등(2000)은 아산만에 대한 2차원 조류 예측시스템을 개발한 바 있으며, 3차원 조석정보시스템을 개발한 바 있다(Jung and Kim, 2000).

본 연구에서는 해상공사시 공사 진행상황에 따라 발생하는 조류, 파랑 등과 공사시와 공사후 발생하는 오염물질의 확산과정을 3차원 동영상 사용하여 실시간으로 가시적으로 제공하고, 해상공사 및 수질오염과 관련된 각종 해양환경요소에 대한 정보를 실시간으로 제공하기 위한 실시간 해양환경 모니터링 시

스템 RECEMS(Real-time Coastal Environment Monitoring System)을 구축하였다. 환경요소로는 현재 해상공사와 밀접하게 관련이 있는 조위 및 조류, 파랑, 오염물질의 농도 등을 포함하고 있다. 실시간으로 제공되는 정보는 관측부이 등을 이용한 조위, 조류, 파랑, 각종 수질지표의 실시간 현장관측결과, 실시간 조위 및 조류 예측결과, 기상청의 바람 관측 및 예측자료에 근거한 실시간 파랑 예측결과, 조류에 의한 오염물질 확산과정의 실시간 예측결과 등을 정보시스템 구축을 위한 기본자료로 사용한다. 이 시스템은 해상공사 중에는 작업가능 해상환경의 판단기준과 재해예보시스템으로도 활용 가능하며, 공사후에는 환경정보시스템으로도 활용할 수 있도록 개발과 관련된 종합적인 정보도 수록하여 환경문제에 관련된 주민민원의 조기차단, 교육 및 관광용 홍보자료로 활용할 수 있도록 하였다. 또한, 체계적인 환경자료는 추후 해안 개발 및 관리 계획 수립을 위한 기초자료로 폭 넓게 활용될 수 있을 것이다.

2. 실시간 모니터링 시스템 구축을 위한 자료획득

2.1 실시간 수치모델링

프로그램은 해상공사시 발생하는 환경문제를 최소화 하기 위한 기초자료를 제공하기 위하여 개발되었다. 현재 해저지형 분포, 조위 및 조류 분포의 시간변화, 공사시 발생하는 오염물질(SS, COD 등)의 공간분포, 파고의 공간분포 등에 대한 실시간 정보 제공 및

¹ 한남대학교 토목환경공학과 (Department of Civil and Environmental Engineering, Hannam University, Daejeon 306-791, Korea)

² 한국해양연구소 연안·항만공학연구센터 (Coastal and Harbor Engineering Research Center, Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan, Seoul 425-600, Korea)

예보를 목적으로 개발을 진행 중에 있다. 조위 및 조류 자료는 유한요소모형(정태성, 1998)을 사용하여 실시간으로 계산하고, 그 결과를 정보제공자료로 활용한다. 즉 RECEMS 상에서 예보를 원하는 날짜를 입력하고 조류모형을 구동하면 계산이 시스템내에서 수행되어, 매시간의 조위 및 조류 계산결과가 파일로 저장된다. 사용자 편의를 위하여 이러한 모든 과정이 윈도우 환경에서 수행된다. 따라서, 본 모니터링시스템 내에 있는 조류 예측모형은 조석 및 조류 분포 계산을 위한 독자적인 프로그램으로도 활용될 수 있다. 그림 1은 남해안에 위치한 한 항만 주변에서 조류분포를 계산하기 위하여 삼각형요소로 구성된 유한요소 격자망이다. 오염물질 확산모형의 경우도 조류모형과 같이 유한요소모형을 사용하였으며, 그림 2과 같은 격자망을 사용한다. 파랑모형의 경우는 시간의존모형을 사용하여 정보 제공영역의 실시간 공간분포를 제공한다.

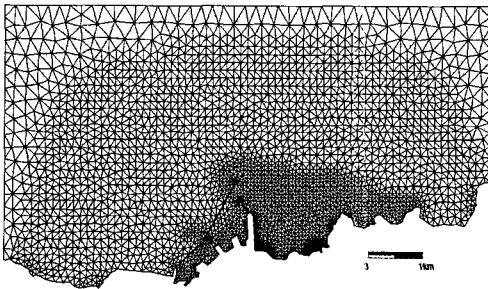


그림 1. 조류 및 확산 예측을 위한 유한요소 격자망

2.2 실시간 현장관측과 모델링 결과의 연결

수치모델링 결과는 시시각각 변하는 해양환경을 정확히 반영하지 못하여 예보오차를 발생한다. 이러한 오차를 최소화하기 위한 방편으로 실시간 현장 관측결과를 사용하여 모형결과를 수정보완하면, 실시간 예보결과와 정확도를 향상시킬 수 있다. 이를 위해 해양환경 관측망에서 얻어진 자료를 모형결과와 연결될 수 있도록 하였으며, 관측자료에 의한 해양환경 모니터링 자료도 실시간으로 그래픽을 사용하여 가시적으로 제공될 수 있도록 하였다.

3. 해양 환경모니터링 정보제공 시스템

위와 같은 방법으로 얻은 수치모형에 의한 실시간 예보와 실시간 관측결과를 파일로 저장된 후에 그림 2

와 같이 정보시스템을 구성하여 정보를 효과적으로 제공하였다. 계산결과를 프로그램에 읽어 들인 후에 본 연구에서 개발된 3차원 동적 가시화 프로그램을 사용하여 그 결과를 손쉽게 볼 수 있도록 하였다.

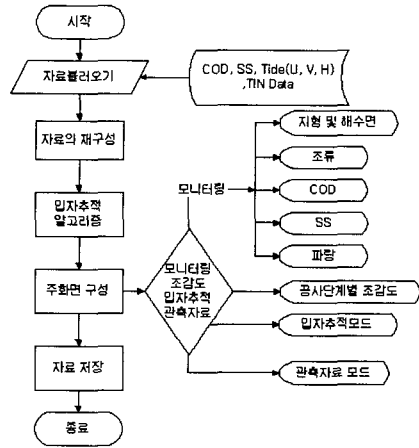


그림 2. 환경정보 제공시스템의 구성도

동적 가시화 프로그램은 객체지향형 프로그래밍 (Object Oriented Programming) 기법을 사용하여 개발되어서 프로그램의 수정 및 확장이 용이할 뿐만 아니라, 편리한 그래픽 사용자환경을 제공한다. 또한, PC와 같이 제한된 메모리를 갖는 환경하에서도 대용량의 계산이 가능하며, 단지 입력자료의 변환을 통하여 어느 해안지역에도 적용이 가능하다. 개발에 사용된 프로그램 언어는 Visual C++6.0과 OpenGL 라이브러리를 사용하였다. VisualC++언어는 GUI (Graphic User Interface) 프로그램 개발을 쉽게 개발할 수 있도록 C++로 만들어진 MFC를 내장하고 있는 프로그램 개발도구이며(이상엽, 1999), OpenGL은 그래픽라이브러리로 현재 많은 가시화 프로그램 개발에 활용되고 있다(Glaeser, 1999). 그림 3은 본 연구에서 개발된 RECEMS의 초기화면으로 프로그램명과 개발자에 대한 정보가 제공된다. 그림 4는 실시간 조류분포에 대한 3차원 그래픽이다. 수심자료와 함께 유한요소모형에 의해 계산된 특정시간의 조류분포를 보여준다. 그림 4의 왼쪽에 위치한 선택영역에서 보는 바와 같이 가시화가 필요한 요소를 임의로 선택할 수 있도록 하였으며, 공사전의 상태, 현재 상태, 공사후의 상태 등에 대한 예측결과도 필요시 볼 수 있도록 하여 해양 환경이 해상공사로 인하여 어떻게 변화하고 있는가를 자세히 살펴볼 수 있도록 하였다. 또한 공사단계별

조감도를 볼 수 있도록 하여 현장상황에 대해 보다 현실감 있게 이해할 수 있도록 하였다. 이외에도 실시간 관측자료를 자세히 살펴보기 위한 부분을 정보시스템에 포함시켰다.



그림 3. RECEMS의 초기화면



그림 4. 조류분포 가시화의 예



그림 5. 오염물질 확산분포 가시화의 예

그림 5는 그림 4에 오염물질 확산모형의 결과를 추가한 내용을 가시화한 결과이다. 육상오염원으로 부터 방출된 오염 물질의 이동-확산 과정이 유속분포와 함께 가시적으로 보여진다. 그림 4와 5의 자료는 공간분포 뿐만 아니라 공간분포의 시간변화를 면밀히 검토할 수 있도록 하기 위하여 환경요소의 시간변화를 동영상으로 볼 수 있도록 하였다. 바다에서 환경요소들은 시간과 공간에 따라 크게 변화하므로 시간에 따른 변화과정을 자세히 살펴봄으로써 오염물질 방출 등

에 의한 환경 변화추이를 면밀히 살펴볼 수 있도록 하여 오염문제 발생이 예상되는 경우에 공사중단, 오타 방지막 등 오염방지시설의 신속한 설치 등으로 수질 오염을 사전에 방지할 수 있도록 하였다. 그림 4, 5와 같은 환경요소의 공간분포에 대한 정보는 필요할 경우 특정 영역에 대해 확대-축소가 가능하도록 하여, 관련 정보를 보다 상세히 볼 수 있도록 하였으며, 특정 모형 격자점에서 정보에 대하여 시간변화를 자세히 살펴볼 수 있도록 하였다. 또한, 모니터링 영역을 필요시 다른 각도에서 살펴볼 수 있도록 하여, 보는 각도에 의해 일부 자료가 제한적으로 보여지는 단점을 보완하였다.

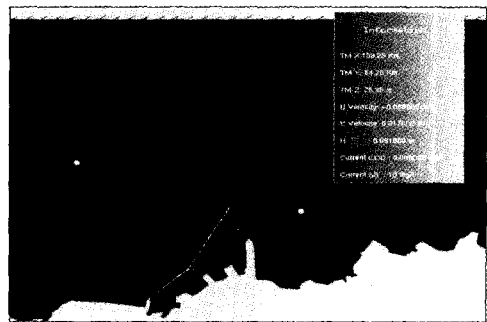


그림 6. 실시간 관측자료의 예

이외에도 현장에서 관측한 결과를 그림 6과 같이 바로 살펴볼 수 있도록 하여 실시간 환경요소 관측결과가 수치모형에 의한 실시간 예측결과와 함께 실시간 연안 환경관리를 위한 자료로 활용할 수 있도록 하였다.



그림 7. 준공후 상황 및 관련정보 제공의 예

해상공사시 공사단계마다 주변 경관이 변화될 것이다. 따라서, 이에 대한 자료(조감도 등)도 정보 시스템에 포함하여 놓음으로써 공사단계마다 현장 구조물 배치 상황의 변화, 공사로 인한 개발후 상황에 대한 정보도 제공하여, 지역주민, 공사 관련인사의 방문,

견학시 홍보자료로도 시스템을 활용할 수 있도록 하였다. 그림 7과 같이 사업 종료후에 대한 상황을 가시적으로 보여줄 수 있다.

이상과 같이 구성된 환경모니터링 시스템은 공사중 발생될 수질오염문제, 공사시 작업환경과 관련된 조류, 파랑 등에 관한 환경정보의 실시간 제공, 준공 후 관련 해역의 환경상태에 대한 정보제공 등을 위한 자료로 활용될 수 있다.

4. 결 론

연안 해역의 환경정보를 실시간으로 효율적으로 제공할 수 있는 환경모니터링 시스템이 구축되었다. 조위, 조류, 파랑, 오염물질 확산 등에 대한 환경정보를 실시간 수치모의 결과와 실시간 관측자료를 토대로 효율적으로 제공할 수 있는 시스템으로 이 결과는 공사중 발생하는 연안수질 오염문제의 실시간 관리를 통한 환경문제의 최소화, 작업환경의 효율적 관리로 태풍등에 의해 발생하는 공사중 자연재해의 효율적 방지를 통한 공사비 절감 등의 효과를 거둘 수 있으며, 공사후에는 지속적인 환경정보시스템으로 활용할 수 있을 것이다. 또한, 연안 환경의 실시간 관리로 해상공사시 빈번히 발생하고 있는 주변 어민과의 환경피해에 대한 분류 등을 미연에 방지하는 데 널리 사용될 수 있을 것이다. 현재 이 시스템은 정보제공시스템 뿐만 아니라 각종 예측모형을 윈도우 환경하에서 손쉽게 사용할 수 있도록 되어 있어 각종 연안개발사업 시행시 야기되는 환경영향을 평가하는 도구로도 활용할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 이상엽, 1999. Visual C++ Programming Bible, 영진출판사.
- 정태성, 1998. 물의 순환에 관한 3차원 유한요소모형, 한국해양.해양공학회지, 제10권 제1호, pp. 27-36.
- 정태성, 김진원, 박문진, GUI 를 이용한 아산만의 조석 및 조류 예측시스템, 대한토목학회논문집, 제20권 제2-B호, pp. 293-303.
- Glaeser, G. and Stachel, H., 1999. Open Gempetry: OpenGL + Advanced Geometry, Springer-Verlag New York, Inc.,
- Jung, T.S. and Kim, J.W., 2000. An Information System of Tide and Tidal Currents on GUI, *Proc. of Hydroinformatics 2000*, Iowa City, USA, 6 pages in CD.