현장관측을 통한 울산해역의 유황 특성 분석

편종근* 김규한** 안성모*** ○이준호****

1. 서 론

대규모의 해안개발사업은 주변해역에 연안수리학적 영향을 종종 미치게 되며, 이러한 경우 주변지역의 유황은 물론 해저 및 해안지형의 평형상태가 붕괴됨으로서, 예기치 못한 침식이나 퇴적현상이 유발하기도 한다. 이러한 환경변화에 대한 사전검토에 있어서는 현장관측을 통한 실제적인 자연현상을 파악하는 방법과 컴퓨터시뮬레이션에 의한 수치모형실험 및 현지해안의 자연상태를 그대로 축소·재현시켜 모의실험을 수행하는 수리모형실험 등이 주로 이용되고 있다. 최근에는 컴퓨터를 사용한 수치모형실험도 자주 이용되고 있지만 이러한 수치해석도 복잡한 물리적 현상을 재현·예측하는데 있어서는 한계성이 존재하고 있으며, 수리모형실험도 경제적 문제 및 상사율 적용이라는 어려움이 존재한다. 따라서 한가지 방법만으로 자연현상을 재현하기란 매우 곤란한 난점이 존재하므로, 환경변화에 대한 사전검토 및 감시에 있어서는 수치 및 수리모형실험을 병행시키는 것은 물론 현장에서의 지속적인 관측과 분석이 이루어져야 함이 타당하다. 그러나 현장관측에 의한 연구 및 지속적이 Monitoring 분석은 막대한 시간과 인적·물적자원이 소요되는 이유로 사업 규모에 따라서는 생략되는 경우가 적지 않다.

본 연구의 목적은 울산주변해역의 연안수리학적 현상 중 조류의 특성을 살펴보기 위해 장기간 현장관측 Monitoring을 실시하고 그에 따라 얻어진 자료들을 분석·검토함으로써 해수유동 상황의 계절적 특성을 확인하고 울산신항만 건설단계별 변화를 예측함으로써 대상 영역에서 발생될 수 있는 재반 영향을 사전에 파악하기 위한 기초자료를 획득·활용함에 있다.

2. 현장관측 및 자료획득 방법

본 연구에서는 울산신항을 대상지역으로 하여, 4회에 걸친 계절별 관측을 수행하고 해황분석을 위한 유속과 유향 자료를 획득하였다.

관측지점은 그림 2.에 표시된 바와 같으며, 관측지점의 선정시에는 크게 3가지를 사항을 고려하였다. 우선 공사의 진행에 따라 유황의 변화가 예상되는 지점을 위주로 선정하고, 장기관측시 기기의 안전성 확보를 위해 항로상에 위치하지 않도록 하였다. 마지막으로, 본 지역이 북동쪽으로부터 남서쪽으로 조류가 흐르는 점을 고려하여 위치를 선정하였다.

유속 및 유향을 측정하는 조작을 측류(current measurement)라 하며, 측류에는 부자 등 부표물 추적에 의한 방법과 유속계에 의한 방법이 있다. 본 연구에서는 전자기류 센서에 의해 X와 Y성분

* 명지대학교 SOC 공학부 교수
** 관동대학교 건설환경시스템공학부 부교수
*** 삼성물산(주) 토목설계팀 차장·공학박사
**** 명지대학교 토목공학과 석사과정

으로 계측되는 ACM 8M과 ACM 16M 및 유향, 유속 및 파고를 동시에 계측할 수 있는 WH-101, WH-102(I.O. Technic 社 제품)를 사용하여 유속 및 유향을 측정하였다.

자료의 획득은 그림 1.에서와 같이 간헐 자료획득 방식을 채택하였으며 간헐간격을 10분으로 하고 작동간격을 간헐간격의 전반부 1분으로 설정하였다. 아울러 획득자료수는 1초에 1개를 취득토록 하였다.

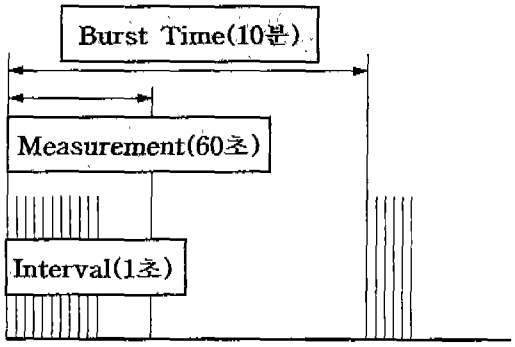

그림 1. 간헐추출방식

3. 현장관측에 의한 해황분석

3.1 대상지역의 현황

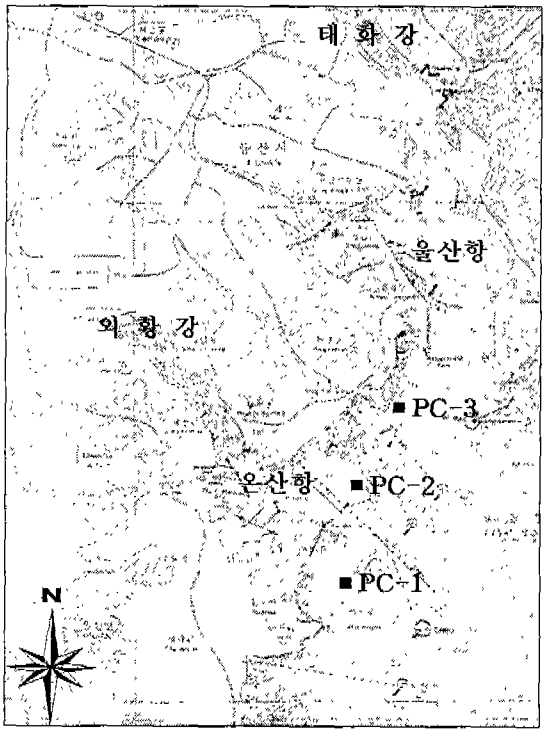

그림 2. 대상해역 및 관측위치

그림 2.에서 알 수 있듯이 외황강이 동해와 만나는 곳에 울산신항(온산항)이 위치하고 있다. 울산신항은 온산면과 청량면 일부를 포함하며, 대부분 공업단지로 둘러싸여진 항으로 항내 수면적은 $4.5km^2$ 정도이다. 현재, 온산항에 있는 접안시설이 모두 민자로 건설되었고, 각 사업체의 전용부두로 사용되고 있어 대다수 온산공단 화물수출입은 울산항 또는 인근항을 통하여 이루어지고 있다. 이로 인해 육상수송비의 과다부담과 화물 적기수송에 지장이 초래되고 있다. 이러한 문제의 해결과 예상되는 하역량의 증대에 대비하기 위해서 현재, 울산신항 공사가 진행 중에 있다.

대상해역의 해수유동상황 중 창조류는 만내측으로, 낙조류는 만외로 유출되고 있으며, 반일주조류에 비해 일주조가 약간 우세하다. 잔차류는 북북동에서 동남동으로 흐르며 유속은 0.4 *knot* 미만으로 미약하다. 그러나 여름철 강우기에는 하천수의 유입량에 따라 큰 차이를 나타낸다. 조류의 최강창조류는 남서쪽으로 울산항의

고조후 약 2.5~3시간 사이에 일어나고, 유속은 약 0.5~1.8 *knot*로 흐르며 최강낙조류는 북동쪽으로 저조전 약 1~3시간 사이에 일어나며 약 1.1~2.0 *knot*의 속도로 흐른다.

3.2 조류분석

울산신항해역의 계절별 조류 및 조석특성을 파악하기 위해서, 각 관측지점별로 계절별(4계절) 관측자료를 분석하였다.

3.2.1 조류의 분산특성

현장관측을 통해 획득된 자료를 동방성분과, 북방성분으로 분리하여 유향 및 유속별 출현양상을 파악 할 수 있도록 그림 3.에서와 같이 조류분산도로 나타내었다.
PC-1 지점은 동-서 방향의 양상을 띄며, 3차 관측시에는 유속이 크게 나타나는 경우도 눈에 띈다. PC-2 지점은 북동-남서의 흐름축을 형성하고, PC-3 지점은 뚜렷한 흐름의 축을 찾을 수는 없지만 다른 두 지점에 비해 유속값이 10 *cm/s* 정도 크게 관측되었다.

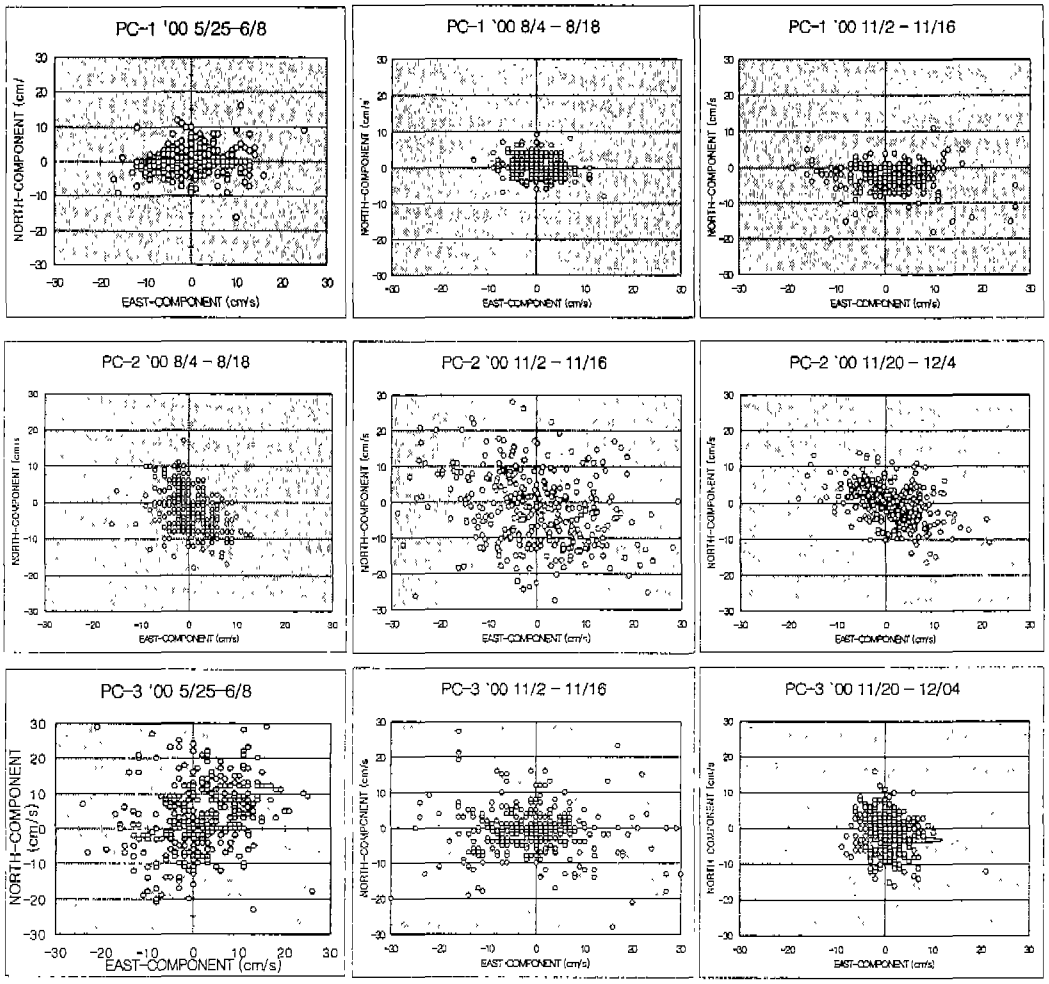

그림 3. 조류의 분산도

3.2.2 시간에 따른 유황의 변화

해면의 승강운동은 기조력의 크기에 따라 차이가 발생한다. 기조력은 신월과 만월에서 가장 크며, 하현과 상현에서 가장 작다. 하지만 유체의 관성과 마찰 등에 의해서 신월과 만월에서 1~3일 지난 시점에서 고조와 저조를 나타내게 된다. 일반적으로 유속도 수위 변화와 같은 형태 및 시간차를 나타내게 된다. 그림 4-1.에서 알 수 있듯이 다른 모든 관측에서 만월이 지난 후 최대유속을 상현 경과 후 최소유속을 나타낸다. 그러나 그림 4-2.에서는 상현 이후 최대유속을 보여주고 있는데 이것은 관측시기에 발생한 기상악화에 기인한 것으로 판단된다.

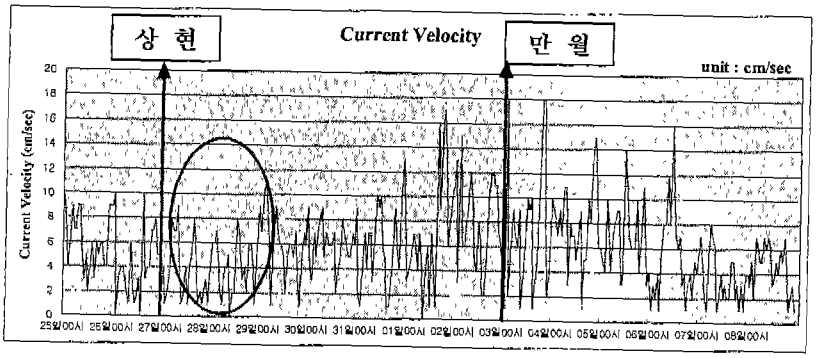

그림 4-1. 달의 위상에 따른 대·소조의 관계(PC-1, 1차)

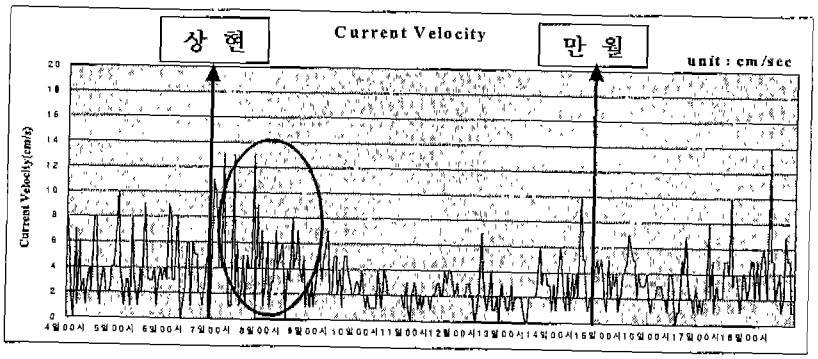

그림 4-2. 달의 위상에 따른 대·소조의 관계(PC-1, 2차)

3.3.3 잔차류성분

울산신항 주변해역의 흐름에 대한 현장관측자료에서 조석성분이 차지하는 크기를 확인하고자 조류조화분석을 실시하였으며, 관측치와 조류조화분석을 통하여 구한 조석성분과의 차인 잔차류성분을 비교하여 보았다. 그림 5-1.과 그림 5-2.는 관측치, 조석성분 및 조석이외의 성분인 잔차류를 나타내고 있다. 서해안과 같이 조석이 지배적인 해역에서는 관측값의 90%이상을 조석성분이 차지하여 잔차류성분이 작게 나타나지만, 본 연구의 대상지역인 울산신항은 동해에 자리잡고 있어 그림에서도 알 수 있듯이 그 특성상 조석성분과 잔차류성분의 크기가 비슷한 정도를 나타낸다. 본 해역의 잔차류성분은 주로 바람에 의한 영향에 기인한 것으로 판단된다.

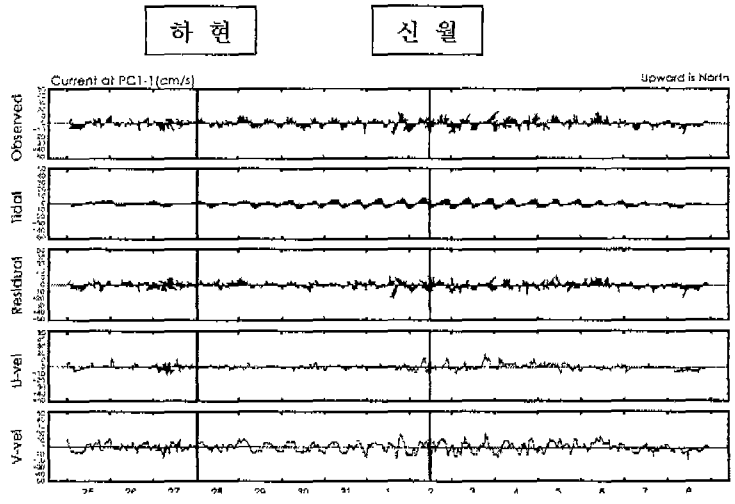

그림 5-1. 잔차류성분(PC-1, 1차)

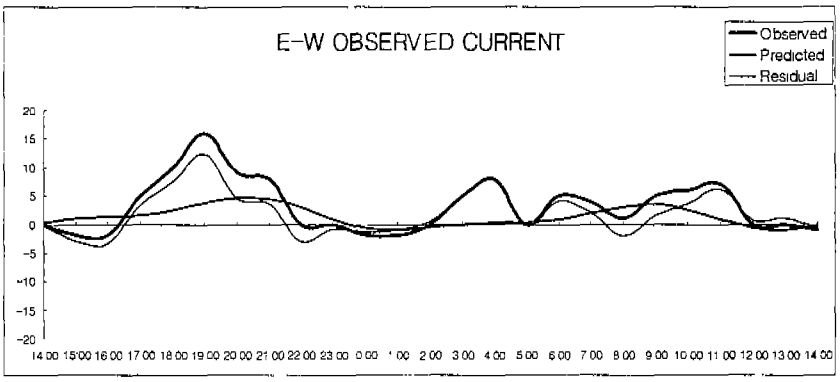

그림 5-2. 조석성분과 잔차류성분(PC-1, 1차)

4. 수치모형실험 결과와의 비교 · 검토

현장관측을 통하여 각 지점에서의 유속변화는 알 수 있었으나, 대상해역의 전반적인 흐름특성을 파악하는데는 어려움이 있어 해수유동수치모형실험을 병행 수행하여 관측값과 비교 · 검토해 보았다. 그 결과 PC-1지점에서는 관측값이 조금 작게 나타났으며, PC-3지점에서는 관측값이 더 큰 양상을 볼 수 있으나 관측값과 수치모형실험결과가 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

표 1. 관측치와 계산결과와의 비교

구 분	관 측 치 (1차)		계 산 치	
유속(m/s)	창 조	낙 조	창 조	낙 조
PC-1	0.194	0.130	0.200	0.140
PC-3	0.082	0.143	0.070	0.130

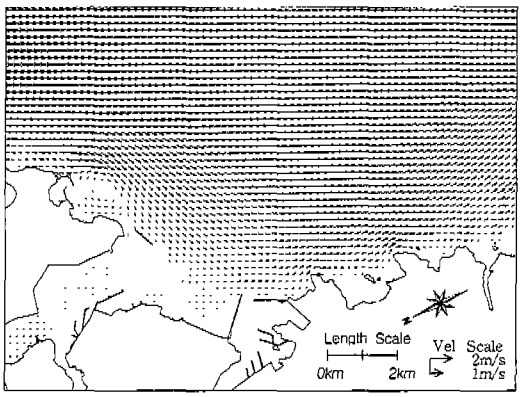

그림 6-1. 최강창조류 유속벡타도

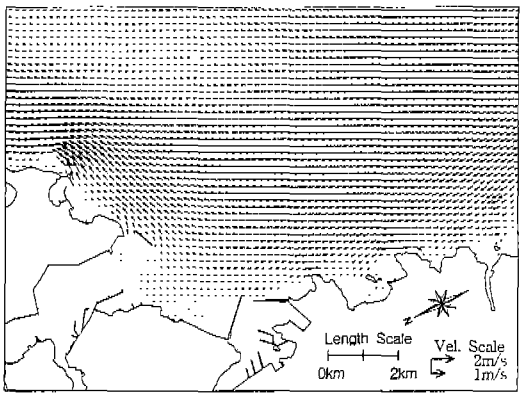

그림 6-2. 최강낙조류 유속벡타도

5. 결론

여러 자연현상에 대하여 좀 더 높은 정도의 결과를 얻어내는데는 실제 현장관측에 의한 기초 데이타를 얻어내는 것이 무엇보다 큰 비중을 차지한다. 그러나 현재, 현장관측에 대한 방법 및 그 내용을 체계적으로 정리한 연구결과는 매우 빈약한 상태이고 또한 정확한 현장관측을 이용한 데이터를 산출하는 문제는 아직까지 우리가 안고 있는 과제라 할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 문제점에 착목하여 현장관측 내용 및 방법의 체계적인 정립에 주안점을 두고 구체적인 검토를 수행하였다. 그 결과, 서해안과 같이 조석이 지배적인 해역에서는 관측값의 90% 이상을 조석성분이 차지하여 잔차류성분이 작게 나타나지만, 대상해역인 울산신항은 동해안에 자리잡고 있어 지역적 특성상 조석성분과 잔차류성분의 크기가 비슷한 정도인 것을 확인할 수 있었다. 아울러, 수치모형실험을 수행하여 현장관측 결과와 비교·검토한 결과 전반적인 흐름특성이 관측결과와 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

참고문헌

Benque, J. P. et al, 1982, "New Method for Tidal Current computation" , Proc., ASCE, Vol. 108, No. WW3, pp 396~417.

Maruyama, K, 1986, Numerical calculation method, in Nearshore Dynamics and Coastal processes, (ed. by Horikawa, K.), Univ. of Tokyo press, pp. 336-344

Thorn, M. F. C., 1981, "Physical Processes of Siltation in Tidal Channels" , Proc. Hydraulic Modelling Applied to Maritime Engineering Problems, ICE, Londen, pp. 47-55.

U.S. Army Costal Engineering Research Center, 1977, Shore Protection Manual, U.S. Government Printing Office.

朱道永, 1999, 現場觀測을 利用한 沿岸海域의 海況特性硏究, 關東大學校碩士學位論文.