

# 새만금사업에 따른 조류속 및 유향 변화

## Changes of Tide Velocity and Direction with Saemangeum Project

김 정 균\*(농기공) · 송 기 일(농기공) · 최 진 규(전북대)

Kim, Jeong Gyun · Song, Gi Il · Choi, Jin Kyu

### Abstract

This study was carried out to investigate the changes of tide velocity and sea bottom topology during the construction period of sea dike. The tide velocity and sea bottom depth were measured in Saemangeum area every year, and analyzed and compared to the initial data. The current and future changes of the tide velocity and direction according to the construction of Saemangeum sea dike were presented.

### I. 서론

우리나라는 좁은 국토에 높은 인구밀도를 가지고 있으며, 더구나 국토 이용면에서 볼때 전 면적의 65.8%는 임야로서 농경지나 도시지역은 1/3의 면적에 국한되어 있다. 그러나 지형적으로 3면이 바다로 이루어져 있고 국토면적의 2배가 넘는 대륙붕과 광활한 간석지를 가지고 있으며, 특히 이들 간석지는 대부분 서남해안에 분포하여 대규모의 간척사업을 시행할 수 있는 좋은 여건을 가지고 있다.

간척은 갯벌을 육지화 함으로서 국토면적을 확장할 수 있고, 층적으로 구성된 갯벌의 농지화를 통하여 양질의 경지를 조성할 수 있으며, 도시화에 따른 농경지의 절대면적의 감소에 대처할 수 있는 중요한 방법중의 하나이다.

현재 전라북도의 부안군에서 군산시에 걸쳐 시행중인 새만금사업은 산업화·공업화에 의해 갈수록 잠식되어가는 농지를 보충하여 식량생산의 전진기지를 구축할 목적으로 진행중이며, 외곽공사인 방조제 총연장 33km중 9.6km만 남겨놓은 상태이다.

방조제의 시공은 바다에서 행해지는 공사이므로 조수 간만의 차에 의한 조류속에 크게 영향을 받게 된다. 특히, 새만금지구는 최대 6.0m이상의 조차를 가진 지역으로 개발초기 조류속은 1.4m/s이었으나 현재 진행되는 공사로 조류의 유출입로가 감소하여 최대 2.68m/s까지 조류속의 증가가 발생하였고, 이로 인해 사업구역 주변 해저지형 및 조류속에 상당한 변화를 보이고 있다.

본 연구에서는 새만금사업지구에서의 방조제 공사로 인한 연도별 조류속 및 유향 변화를 조사하기 위하여 수심 및 유속을 측정하고, 이들 실측한 자료를 종합, 분석하고 향후 변동 상태를 검토하여 현재 진행중인 방조제의 보다 안전한 시공을 위한 자료를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 새만금지구

새만금사업은 전라북도 군산시, 김제시, 부안군에 걸쳐 총 33km의 방조제를 심해에 축조하는 대규모 간척사업이다. 이 사업의 전체 개발면적은 40,100ha이며, 이중 28,300ha는 토지로 11,800ha는 담수호로 개발될 예정이다.

방조제는 전북 부안군 변산면 대항리에서 가력도까지의 제1호방조제, 가력도에서 고군산군의 신시도까지 제2호방조제, 신시도에서 야미도까지의 제3호방조제, 야미도에서 군산시 비옹도까지 제4호방조제로 구분된 총 4개조의 방조제가 준공 또는 시공중에 있다.

방조제 제원을 보면 최대높이 36m, 평균 밑너비 290m, 총 체적 7,300만  $m^3$ 이며, 가력도와 신시도에 각각 8련( $30m \times 15m$ )과 10련( $30m \times 15m$ )의 배수갑문이 설치되게 된다.

Table 1. 새만금방조제의 연도별 공사 진척현황

Year	시공연장 (m)	구 간 별			
		Sea Dike 1	Sea Dike 2	Sea Dike 3	Sea Dike 4
1992	1,665	1,665			
1993	3,048	1,700	878	470	
1994	4,071	700		2,193	1,178
1995	1,835	100			1,735
1996	1,040		140		900
1997	1,800		1,600		200
1998	4,700	준공	2,800		1,900
1999	400				400

### 2.2 해저지형조사

새만금사업지구의 해저지형 조사를 위해 수심측량기(EchoSounder; Odom 3200)를 조사선의 측면에 설치하여 정밀 수심측량을 실시하였다. 여기서 얻어진 디지털 수심자료는 일차적으로 필터링을 통해 기기에 의한 에러를 없앤 후, 현장에서 측량시간에 측정된 조위자료를 기준으로 조석보정을 실시하여 평균조위를 기준으로 하는 수심을 구하였다.

조사선을 이용한 수심측량이 실시되는 동안 조사선의 위치는 GPS(Trimble; 4000Si) 또는 Trisponder를 이용하여 위치자료를 구하여 수심자료와 동시에 저장하여 측정구역에 대한 X,Y,Z(수심)의 자료를 획득하였다

### 2.3 유속 및 유향측정

방조제 공사가 진행됨에 따른 조류속의 변화를 측정하여 방조제 공사의 기초자료로 이용하기 위하여 조류속을 측정하였다. 조류속 측정 자료는 새만금사업 기본조사시부터 2000년까지 12번의 실측과 3번의 모형시험을 통해 조류속을 방조제 노선상의 여러 지점에서 측정을 실시하였다. 이 지점들 중에서 현재까지 지속적으로 측정을 실시하고 있고 또한 끝막이시까지 계속

적으로 측정을 실시할 지점은 끝막이 구간이 포함된 지점이다. 따라서 앞으로 지속적인 자료의 비교를 위해서 2호 방조제 No.25, No.90, 4호 방조제 No.70 지점의 자료만을 검토 대상으로 삼았다(Fig. 1). 또한 제4호 방조제는 공사중 지형변화로 인해 끝막이 구간이 변경되었으며, 변경 전에는 No.60 지점에서 조류속을 관측하였으므로 이 지점의 자료를 이용하였다. 그리고 실제 획득한 자료중 1996년 이전의 자료는 실측 자료가 적을 뿐 아니라 수치모형을 통해 산출한 결과이므로 여기에서는 이용하지 않고 1996년 이후의 조사자료를 주 검토 대상으로 하여 기본조사시(1991년 10월) 측정한 자료와 비교하였다.

유속측정은 방조제 노선상의 최종체질 3개지점에서 유속계를 이용하여 조류속을 측정하였다. 측정방법은 배를 이용하여 측정지점인 제2호방조제 No.25, No.90과 제4호방조제 No.70에 배를 고정시킨후 12시간 또는 24시간 이상을 연속측정하여 자료를 획득하였다.

조류속 측정에는 측정자가 배에서 직접 측정하여 기록하는 CM1과 마찬가지로 배에서 직접 측정 기록하거나 자동저장장치를 가지고 있는 도플러 유속계(Doppler Current meter), 수중에 설치하여 자동저장장치에 계속 데이터를 저장한후 나중에 회수하여 데이터를 취득할 수 있는 RCM7 유속계를 이용하여 조류속을 측정하였다.

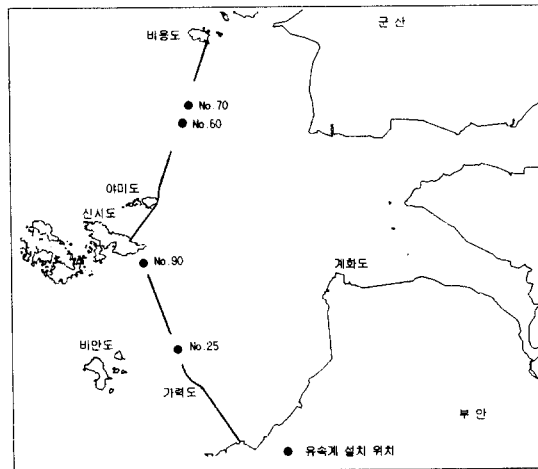


Fig. 1 Location map of field survey

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 지형변화

1988년 기본조사 당시의 지형자료를 기준으로 하여 1994년부터 1999년까지 실시한 총 20회의 조사측량자료를 이용하여 비교·분석하였다.

6년에 걸친 20여차례의 조사에서는 조사구역이 공사를 실시하는데 필요한 구간만을 선별하여 실시했기 때문에 실제 새만금방조제 내측의 지형변화 상태를 파악하는데는 한계가 있으나, 다른 자료 수집이 용이치 않아 본 자료만을 이용하였다. 특히 1996년 3차조사(10.24~12.4), 1997년 1차(3.24~5.12), 3차(9.3~11.2), 1998년 1차(3.16~4.22), 3차(9.18~11.3)에 걸쳐 제4호방조제내측의 지형을 지속적으로 조사하였으며, 1999년 2차(7.8~8.16) 조사에서는 방조제건설 내

측의 전반적인 지형을 조사하였다. 또한 향후 연간 1회정도 방조제 내측의 지형조사를 실시할 계획이므로 앞으로 더 정확한 지형변화에 대한 분석을 할 수 있을 것으로 생각된다. 모든 데이터는 Surfer 프로그램을 이용하여 결과를 도시하였으며, 그중 사업시행전인 1988년과 최근 1999년의 측량 결과를 나타내면 Fig. 2와 Fig. 3과 같다.

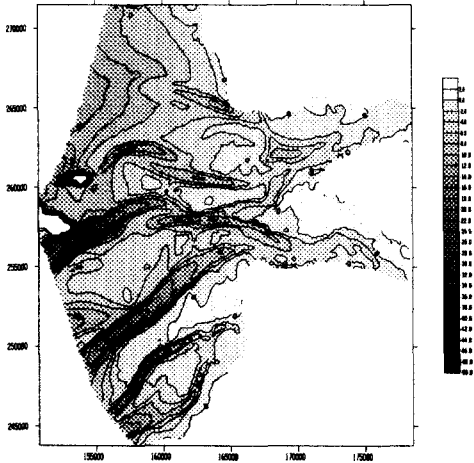


Fig. 2 Contour map in Saemangeum Area (1988)

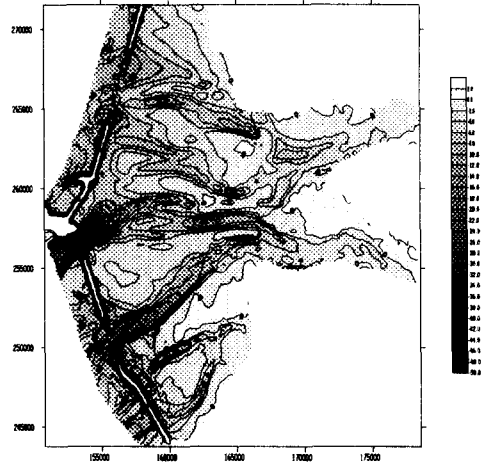


Fig. 3 Contour map in Saemangeum Area (1999)

제4호 방조제(야미도-비용도) 내측 사주 특성을 1988년 자료와 비교하여 보면 전반적으로 큰 수심변화는 없지만 조류의 유출입로의 감소로 인한 유속 변화로 약간의 침식 경향을 살펴볼 수 있었다. 또한 중앙부에 발달한 사주는 공사가 진행되기 전인 1988년 자료를 보면 현재의 사주는 없었지만 공사가 진척됨에 따라 중앙부에 사주가 외해쪽을 향하여 발달하였다가 1999년 조사자료를 보면 더 이상 외해쪽으로 발달하지 않고 오히려 내측으로 퇴보해 가는 경향을 나타내고 있다.

야미도측과 비용도측은 이미 체절된 제3호 방조제(신시도-야미도)와 제4호 방조제 시점부의 공사진척(3.5km)과 군장산업단지의 방조제공사와 제4호 방조제 종점부의 공사진척(2.5km)에 의한 수리에너지의 감소로 인해 퇴적성향을 나타내고 있다.

제2호 방조제(가력도-신시도)의 내측 단면특성은 제3호 방조제(신시도-야미도)의 체절과 제1호 방조제(부안 대항리-가력도)의 체절로 인하여 2개의 주 수로에 조류의 유출입량의 증가에 따른 조류속의 급속한 증가로 주 수로의 폭과 깊이의 증가를 가져왔으며, 제2호 방조제 중앙부의 사퇴는 전반적으로 약간의 퇴적성향을 볼 수 있다.

전반적으로 내측 지형은 조류의 유출입로의 감소와 집중으로 인해 주수로가 더욱 분명해지고 이로 인해 각 사주들은 주수로 방향인 동서방향으로 점차 정렬되어지고 있음을 알 수 있다. 또한, 지형조사 결과 남서쪽 방향은 침식, 북동쪽 방향은 퇴적성향을 나타내었다.

### 3.2 유향 및 유속

조류특성은 조석과 같이 매일 그 현상이 변화하고 있으므로 측정하는 날에 따라서 각각 다른 크기로 나타난다. 따라서 이는 통일된 기준으로 환산하여 비교해야 한다. 여기서는 측정일에 나타난 최강유속에 다음과 같은 계산식으로 정의된 경정계수를 적용하였다.

$$\text{경정계수} = \text{기준지점의 대조차} / \text{측정일의 조차} \quad (1)$$

여기서, 기준점의 대조차는 2호 방조제는 두리도(5.936m), 4호 방조제는 비용도(6.026m) 지점에서의 대조차를 측정일의 조차는 최강유속이 발생하는 시점의 간·만조의 조차이다.

위와 같은 경정계수를 이용하여 창·낙조류의 최강유속 측정결과를 지점별로 도시하면 다음 Fig. 4 및 Fig. 5와 같다.

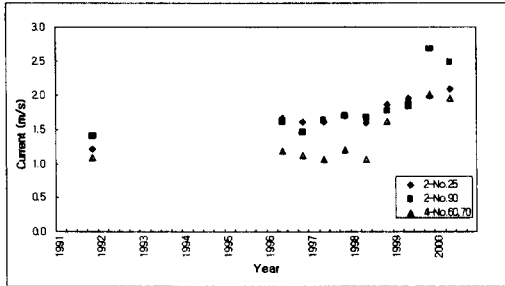


Fig. 4 Current Diagram (Spring Tide, F.T)

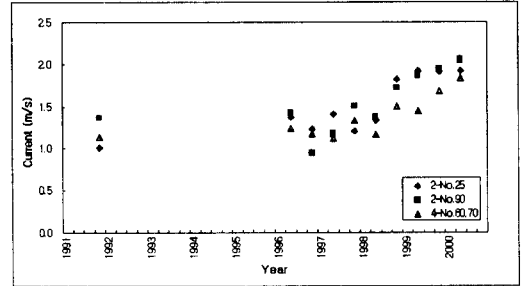
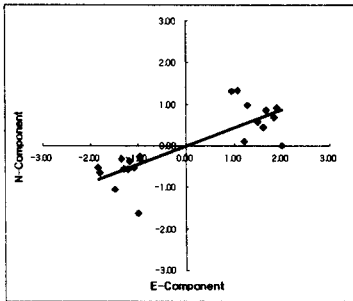


Fig. 5 Current Diagram (Spring Tide, E.T)

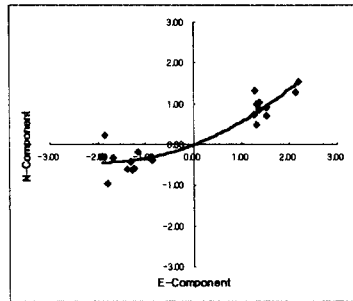
조류현상은 속도, 즉 Vector에 의해서 표현되기 때문에 방향과 크기에 의해 결정된다. 따라서 측정치인 유향( $\theta$ )과 유속( $V$ )으로부터 다음과 같이 북방분속( $V_N$ )과 동방분속( $V_E$ )으로 분리한다.

$$V_N = V \times \cos \theta, \quad V_E = V \times \sin \theta \quad (2)$$

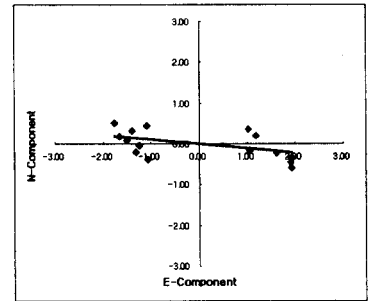
여기서, 북방분속과 동방분속으로 분류된 각 지점에서의 유향을 도시하면 Fig. 6과 같다.



No.25, Sea Dike 2



No.90, Sea Dike 2



No.60 · 70, Sea Dike 4

Fig. 6 Current Direction Diagram

조류속은 1991년과 비교하여 창조(Flood Tide)시 각 구간에서 70~80% 정도의 조류속의 증가를 가져왔으며, 낙조(Ebb Tide)시는 각 구간별로 약 50~90%정도의 큰 편차의 변화를 보이고 있다. 특히, 창조시는 제4호 방조제 No.70 지점에서 80% 정도 증가하였고 낙조시는 2호 방조제 No.25 지점에서 90%의 증가를 가져왔다.

현재 새만금유역의 주 수로에서의 조류속은 공사의 진척에 의해 조류의 유출입량이 주 수로에 집중되어감에 따라 점차 증가되어가고 있으며, 특히 창조시 최강유속의 지속시간이 1~2

시간정도 지속됨에 따라 주수로의 침식현상이 점차 커지고 있다.

이에 반해 유향의 변화는 제4호 방조제 No.70을 제외하고는 창조시와 낙조시 모두 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 제4호 방조제는 방조제 노선상의 지형변화로 인한 체절구간의 변동으로 조류속 측정지점이 No.60에서 No.70으로 이동하였기 때문에 나타난 결과로 보이며, 최근 3년간의 측정결과를 보면 제4호 방조제 유향도 다른구간과 마찬가지로 변화가 없는 것으로 나타났다.

이는 지형조사결과에서도 나타났듯이 방조제 노선상의 주 수로는 공사가 진행됨에 따라 더욱 그 방향과 형태가 분명해지며 당초 공사시작 전과 현재의 주 수로는 변화가 없음을 알 수 있다. 또한 내측 사주들도 주 수로 방향으로 정렬되면서 주 수로를 더욱 분명하게 하고있어 유향은 큰 변화가 없을 것으로 생각된다.

#### 4. 요약 및 결론

새만금사업지구에서 연도별 조류속 및 해저지형 변화를 조사하기 위하여 시공중인 방조제 구간의 주요 지점별 수심과 유속을 측정하고 실측한 데이터를 분석하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 제1호 방조제의 체절과 제2호 방조제의 진행에 의해 가력도앞의 주 수로를 경계로하여 계화도방조제 앞까지는 강한 퇴적성향을 나타내고 있고, 제2호 방조제 중앙부의 사주는 사주 북서쪽과 남동쪽의 두 개의 주 수로가 크게 발달하여 사주의 변화가 크지 않으나 제4호 방조제 내측의 사주들은 제3호 방조제의 체절과 새만금지역의 북쪽의 군장산업단지의 방조제 체절에 의해 수로의 방향의 변화가 있어 퇴적과 침식이 부분적으로 나타나고 있다.

2. 주 수로에서의 조류속은 공사의 진척에 의한 조류의 유출입량이 주 수로에 집중되어감에 따라 점차 증가되어가고 있으며, 특히 창조시 최강유속의 지속시간이 1~2시간정도 지속됨에 따라 주 수로의 침식현상이 점차 커지고 있다.

3. 조류속은 공사시행전에 비해 조류의 유출입로의 감소로 인해 창조시 70~80%정도의 증가를 보였고 낙조시에는 50~90%정도의 증가를 나타냈으나 유향은 큰 변화를 보이지 않고 있다. 이는 공사진행에 따른 내측 사주들이 주 수로 방향으로 정렬되면서 주 수로를 더욱 분명하게 하고있어 유향은 큰 변화가 없는 것으로 생각된다.

#### 참고문헌

1. 농림부, 농어촌진흥공사, 1997. '97새만금지구 수리시험 및 파랑관측 보고서.
2. 농림부, 농어촌진흥공사, 1998. 하구둑 설치연안의 조석특성연구(최종).
3. 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1990. 예정방조제 내·외해역의 사퇴이동 및 부유물질의 분포와 이동에 관한 연구.
4. 농림수산부, 농어촌진흥공사, 1991. 새만금지구 간척종합개발 사업시행계획서(외곽시설)
5. 농어촌진흥공사, 1999. 방조제 축조 후 연안의 해안지형과 퇴적환경 변화 연구(최종)
6. 박영욱, 구요한, 김진석, 권순국, 1997. 유한요소모형을 이용한 방조제 건설 전후의 조석특성변화예측, 한국관개배수, 4(1), pp.22~32.
7. 신문섭, 유시홍, 이용래, 권철휘, 최용규, 1999. 최종체절구간에서 유속변화에 관한 연구, 한국농공학회 학술발표회 논문집, pp.181~184.