

인천 연안해역의 대규모 매립사업에 따른 경기만 일대의 조석특성 변화

Tidal Changes of Kyonggi-Bay Region After the Large Reclamations in the Incheon Coastal Area

조진훈* · 박상현* · 구요한**
Jo, Jin Hoon · Park, Sang Hyun · Ku, Yo Han

Abstract

The changes of tidal characteristics of Kyonggi-Bay Region after the Large Reclamations in the Incheon Coastal Area have been studied by the numerical modelling. The constructions of Incheon International Airport and Sihwa Seadike were considered as the main reclamation projects in this region. A two dimensional hydrodynamic model was used for this study, and it was composed in relatively high resolution with curvilinear orthogonal coordinate.

As the results, at the Incheon harbor and Palmido, where a deep channel is developed, the semi tidal ranges (Z_0) were decreased in 8 cm after the two reclamations. However, the Z_0 values in the outside of the deep channel were decreased only in 2~4cm, so that the tidal changes in the deep channel were greater than in the outside of it. After the reclamations, the maxmum velocity was increased 17% at the Incheon harbor, however it was decreased from 1.55m/s to 1.10m/s at the Palmido. This is because the available area in which the stream may spread out was largely reduced after the reclamations.

In Asan-bay region, the Z_0 was decreased in 5cm at the Punyang-man and Asan-man stations located after the reclamations in Incheon coastal area. However the changes of Z_0 were very little at the outside of Asan-bay. In Asan-bay, the current velocity and direction were little influenced by the reclamations in Incheon coastal area.

I. 서론

서해안 지역은 간만의 차이가 크고 유사이동이 풍부한 입지조건 때문에 그동안 산업시설, 주거단지, 공항 및 항만시설 등 새로운 토지수요의 발생에 따라 여러 해에 걸쳐 매립이 진행되어 왔다. 매립의 규모도 과거의 소규모 개발에서 대단

위 종합개발로 양상이 변화였다. 이러한 대규모의 간척사업 또는 해안매립공사는 주변해역의 조석과 조류에 뚜렷한 수리특성의 변화를 야기시켜, 연안의 자연환경에 커다란 변화를 가져오게 한다. 따라서 대규모의 매립사업에 따른 조석의 변화를 정확히 분석하여, 해안개발사업이 연안해역에 미치는 부정적 영향을 최소화시키는 등 환

* 농어촌진흥공사 농어촌연구원

** 농어촌진흥공사 농어촌용수사업처

키워드 : 해안매립, 인천국제공항, 시화방조제, 조석 특성변화, 수치해석

경진화적 개발 방안을 강구하여야 한다.

인천해역에서는 인천국제공항과 시화방조제 공사로 인하여 넓은 면적의 간석지가 매립되고 해안선의 길이가 단축되었다. 인천국제공항의 경우에는 조류의 통로 역할을 하던 영종도와 용유도 사이에 방조제를 축조하고 그 내부를 매립함으로써 이 방향으로 흐르던 조류가 차단되고 주변의 조류유동패턴이 변화된 것으로 추측된다. 시화방조제의 경우에는 서수도와 동수도를 통하여 시흥만으로 유입되던 조류가 방조제의 축조로 차단됨으로써 역시 이 지역의 조류패턴과 조석특성의 변화가 예측된다.

본 연구에서는 수치해석을 통하여 인천해역에서 시행되고 있는 이들 간척사업과 매립공사로 인하여 야기되는 조석의 변화를 예측하고 이러한 변화가 주변 해역에 미치는 영향을 검토하였다.

II. 대상해역 및 분석방법

1. 연구대상해역 및 매립상황

인천연안해역은 굴곡이 심한 해안선과 많은 섬으로 구성된 복잡한 지형조건을 갖고 있다. 강화도 서측 지역은 북측해안을 경유하며 유하하는 한강의 흐름에 의하여 좁고 깊은 수로가 복잡하게 형성되어 있으며, 남측해안은 다른 지역에 비하여 상대적으로 약한 조류속에 의하여 간석지가 넓게 발달되어 있다. 경기만 일대의 해저지형은 조류의 유출입 방향인 북동과 남서방향으로 발달되어 있다.

인천국제공항은 영종도와 용유도를 잇는 호안 및 방조제를 축조하고 그 내부에 발달한 넓은 간석지를 주변의 절토지역에서 확보한 육상토와 해저퇴사(堆沙)지역에서 준설한 해사를 이용하여 매립한 지역에 건설되며 총 부지조성면적은 5,616ha에 달한다. 방조제는 동측, 북측 및 남측으로 구분되며 그 길이는 각각 3.93km, 7.3km 및 6.0km이고 1994년 10월에 물막이가 완료되었다. 이에 따라 두 섬 사이에서 조류의 통로 역할을 하던

넓은 면적의 간석지가 육지화함에 따라 이 지역의 조류유동패턴과 조석특성에 변화를 가져온 것으로 추측된다.

시화방조제는 시흥시와 화성군을 잇는 방조제로서 총 길이는 12.7km에 달한다. 시화지구 개발사업은 시흥만내의 간척지 17,300ha와 배후지 7,130ha 등 총 24,430ha를 개발하여 공업용지와 도시용지를 공급하고 영농단지 등을 조성하기 위하여 시행되는 사업이다. 1987년 6월에 착공하여 7년여의 공사끝에 1994년 1월 방조제 끝막이 공사를 완료하였다. 이에 앞서 대부도와 선감도 사이의 대선방조제, 선감도와 불도 사이의 불도방조제를 시공하였다(Fig. 1).

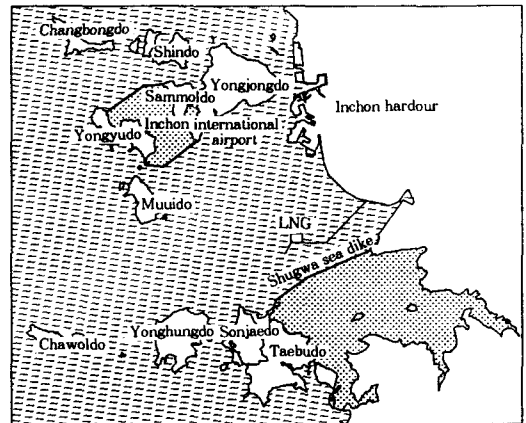


Fig. 1. Geographical change after the construction of incheon international airport and sihwa dike

2. 지배방정식

비선형 이차원 천수방정식은 다음 식으로 나타낸다. x, y 방향의 운동량방정식은

$$u_t + uu_x + vv_y - fv + g\xi_x + gu(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} / (C^2H) - \nu(u_{xx} + u_{yy}) = 0 \quad (1)$$

$$v_t + vv_y + uv_x - fu + g\xi_y + gv(u^2 + v^2)^{\frac{1}{2}} / (C^2H) - \nu(v_{xx} + v_{yy}) = 0 \quad (2)$$

과 같으며, 연속방정식은

$$\zeta_t + (Hu)_x + (Hv)_y = 0 \quad (3)$$

로 나타낸다. 여기서 $u, v = x$ 및 y 방향의 유속 성분, $\zeta_t =$ 기준면보다 높은 수위값, $h =$ 기준면 이하의 수심, $H = h + \zeta =$ 전체 수심, $f =$ Coriolis 변수, $g =$ 중력가속도, $C =$ Chezy 마찰계수, 그리고 $\nu =$ 동점성계수 이다.

가. 바닥전단응력

수심평균 흐름의 경우 난류에 의하여 바닥에 발생하는 전단응력(τ_b)은 다음 공식으로 구할 수 있다.

$$\tau_b = \rho \frac{g}{C_{2D}^2} |\bar{U}|^2 \quad (C_{2D}: \text{Chezy 계수}) \quad (4)$$

3. 적용 수치해석기법

격자망에서 수위계산지점은 하나의 격자중심에서 정의되는 반면 유속성분은 이 격자의 가장 자리에서 정의된다. 이러한 방법에 의하여 수위와 유속성분이 계산되는 지점은 서로 엇갈리게 된다. 이러한 격자망을 staggered grid라 한다. 수직방향에서도 유속계산 지점은 압력계산 지점과 엇갈리게 된다. staggered grid는 경계조건이 비교적 단순하게 적용될 수 있고 동일한 정확도를 얻기 위해 non-staggered grid에 비하여 더 적은 변수를 이용할 수 있으며, 수위에 있어서 공간적인 진동을 방지하는 등의 장점을 가지고 있다(Fig. 2).

ADI(Alternate direction implicit)기법에 의한 이류항의 적분에 있어서 두 가지 가정이 사용된다. 수위 계산시 처음의 음해법 반시간 스텝에는 이류항에 대하여 양해법(explicit) 2차 central approximation이 사용된다. 수위 계산시 다음의 양해법 반시간 스텝에는 이류항에 대하여 음해법(implicit) 고차 upwind approximation이 사용된다. 하나의 완전한 시간스텝에 대한 유한차분

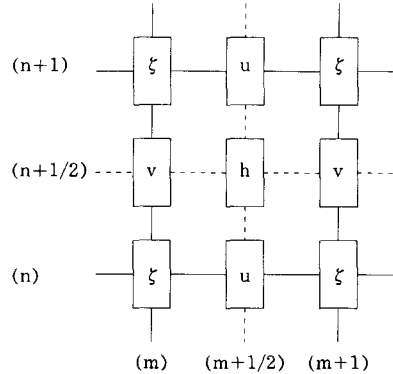


Fig. 2. Staggered spatial grid

기법은 2차원 함수로 표현된다.

Reynolds 전단력 tensor를 사용하면 U-운동량 방정식 내의 전단력은 V-속도의 미분항을 포함한다. 레이놀즈 전단력은 양해법에 의하여 적분되며 다음의 안정조건을 만족해야 한다.

$$\Delta t \leq \frac{1}{2\nu} \left(\frac{1}{\sqrt{Ge^2}} + \frac{1}{\sqrt{Gm^2}} \right)^{-1} \quad (5)$$

여기서, $\sqrt{Ge^2}$ 과 $\sqrt{Gm^2}$ 은 곡선직교좌표계에서 직각좌표계로의 변환계수

4. 모델의 구성과 보정

가. 모델의 구성

모델은 인천과 아산만 서해안을 포함하여 구성하였다. 모델의 범위는 북으로 강화도와 한강 하류지역을 포함하며 남으로 태안반도의 남쪽에 위치한 안면도를 포함한다. 북쪽경계는 조류의 유출입 방향과 해저지형을 고려하였으며 이는 해저 퇴사의 발달방향과 일치한다.

모델은 UTM 좌표계 상에서 곡선직교 격자망을 채택하였다(Fig. 3). 격자망은 가로 182, 세로 171개로서 31,122개의 격자로 구성되며 실제 계산에 이용되는 격자수는 16,326개이다. 격자망의 해상도는 공간상에서 변화한다. 최대 격자크기는 개방경계부근에서 약 $3,000 \times 1,000\text{m}$ 이며,

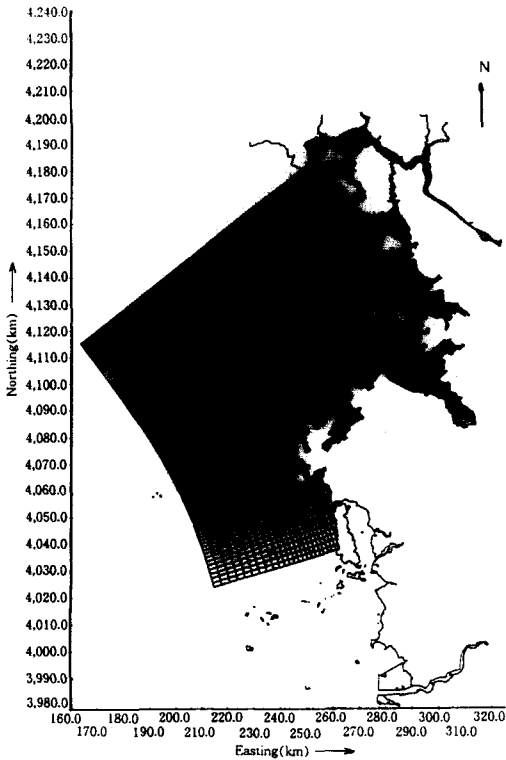


Fig. 3. Computational grid for the model

최소 격자크기는 평택항 부근에서 약 $350 \times 800\text{m}$ 의 크기를 갖는다.

모델내에서 조석의 동적인 거동은 개방경계에 조석의 분조들을 설정하여 조석을 발생시켜 이루어진다. 경계조건인 분조(진폭과 지각)들은 황해 지역에 대하여 실시한 광역모델로부터 확보하였으며 31개의 조석분조가 지역모델의 분석을 위하여 선정되었다. 한강 경계에서 하천유출량이 고려되었으며, 1963~1989년 사이에 인도교지점에서 측정된 년평균 유출량 $589.8\text{m}^3/\text{s}$ 을 하천경계조건으로서 사용하였다. 매개변수로서 해수밀도는 $1,024\text{kg}/\text{m}^3$ 의 균일값을 사용하였으며, 중력가속도는 $9.79\text{m}/\text{s}^2$ 을 사용하였다. Coriolis 계수는 37°N 에 해당하는 값을 사용하였다. 바닥 조도는 델프트 수리시험소가 우리나라 서해안에서 적용한 Manning 계수값 0.026을 사용하였다.

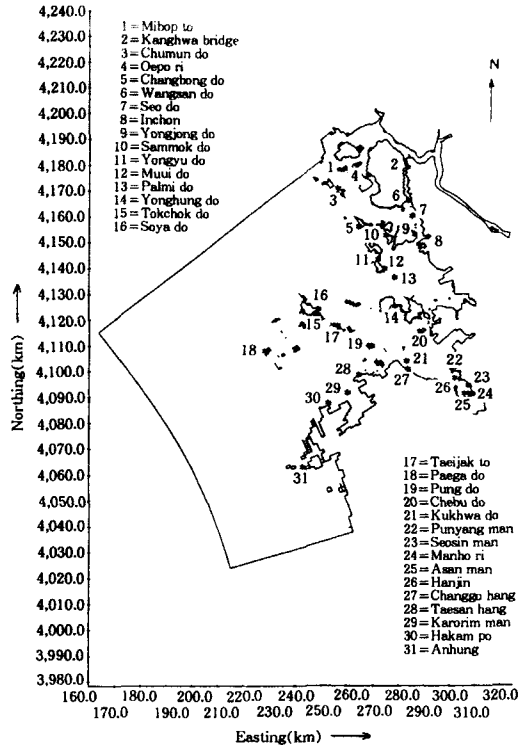


Fig. 4. Locations of water level stations

나. 모델의 보정 및 검증

모델의 여러 변수들은 변경 가능한 범위 내에서 실제 관측자료들과의 비교를 통하여 최적의 결과를 얻을 수 있도록 조정하였다. 보정 과정에서는 고정 및 안흥에서의 관측자료를 주로 이용하여 광역모델에서 확보된 경계조건이 모델에 적합하도록 조정하는 데 중점을 두었다.

모델의 보정은 주로 조석 조화상수들을 기준으로 하여 시행되었다. 모델의 보정 및 검증에 31개의 지점(stations)들을 설정하였다(Fig. 4). 조위의 보정은 상시검조소인 인천항과 안흥지점을 기준으로 하여 실시하였으며 모델의 검증시 여러 지점의 조석자료를 이용하였다. 조류의 검증을 위하여 1982년의 인천항 그 부근에 대한 조류도와 수로국 조류관측결과를 이용하였다.

모델의 보정은 관측 조석분조의 진폭과 지각에 대한 재현에 초점을 맞추었다. 모델의 보정 과정에서 개방경계의 조석조건이 조정되었다. 시간

간격을 여러 가지로 검토한 결과, 계산결과의 안정성을 유지하는 조건하에서 최종적으로 2분으로 결정하였다.

다. 보정 및 검증결과

보정된 모델에 대한 조석계산결과는 31개 지점에서 분석되었다. 각 지점에서 가장 중요한 일주조분조인 O_1 과 K_1 , 그리고 반일주조분조인 M_2 와 S_2 에 대하여 계산치와 관측치를 비교하였다. 각 지점에서 계산된 이들 4개 주요 분조의 진폭비와 지각을 관측치와 비교하여 분석한 결과는 Table 1과 같다. O_1 , M_2 및 S_2 분조의 경우, 계산진폭값은 관측치와 평균적으로 5% 이내의 오차를 보이며 K_1 분조의 경우는 11% 정도의 오차를 나타내나 4개 분조중에서 영향이 가장 작은 분조로서 결과의 정확성에 기여하는 정도는 다른 3개 분조들에 비하여 매우 작다. 지각의 경우 일주조의 경우 평균적으로 8° 이내의 오차를 나타내며, 반일주조의 경우 평균적으로 10° 이내의 오차를 나타낸다. 따라서 진폭과 지각 모두 허용오차 범위내에 있는 것으로 판단되었다.

Fig. 5는 1987년 5월 14일에서 16일 사이에 인천과 안흥지점에서 계산한 조위를 관측치와 비교한 곡선이다. 인천지점의 경우, 관측치가 계산치보다 약간 작게 나타났으나 이는 관측결과가 1시간 간격으로 관측되어 최대값의 표현에 미흡한 때문으로 판단된다. 이러한 점을 고려할 때 두 지점에서 모두 계산조위곡선이 관측결과와 유

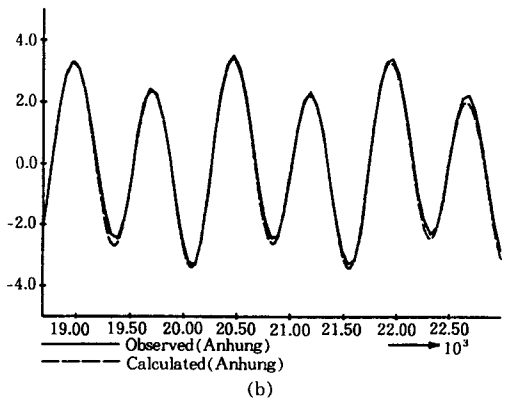
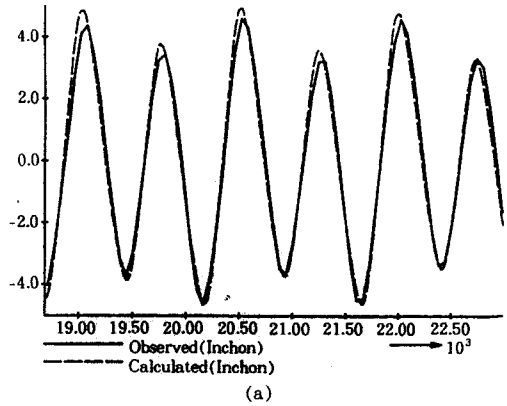


Fig. 5. Observed and calculated water level at Inchon (a) and Anhung (b)

사하게 재현되었으며 따라서 조위의 재현은 계산영역 전반에 걸쳐 비교적 정확하게 이루어졌음을 알 수 있다.

Table 1. Model performance at 31 water level stations

		O_1	K_1	M_2	S_2
H_c =computed amplitude					
H_o =observed amplitude					
G_c =computed phase					
G_o =observed phase					
Mean $H_c - H_o$	(m)	-0.002	.036	.125	-.018
Abs. mean $ H_c - H_o $	(m)	.019	.046	.145	.073
Mean H_c/H_o		1.001	1.114	1.051	.995
Mean $G_c - G_o$	($^\circ$)	.1	7.3	2.7	6.9
Abs. mean $ G_c - G_o $	($^\circ$)	6.7	10.9	4.6	8.6

IV. 사업시행이후의 조석특성변화

1. 인천연안해역

가. 조위특성

정량적인 분석을 위하여 각 지점에서 1개월간의 계산결과를 조화분해하였다. Table 2는 사업연안해역 개발전·후에 대하여 인천 연안지역 6개 지점에서 M_2 와 S_2 분조 및 반조차(Z_0)를 비교한 것이며 Table 3은 지각을 비교한 것이다. 조

인천 연안해역의 대규모 매립사업에 따른 경기만 일대의 조석특성 변화

위의 경우, 인천, 영종도 및 팔미도지점에서 인천 연안해역 개발 이후 Z_0 가 8cm 정도 감소하였음을 알 수 있다. 반면에 장봉도와 삼목도지점에서는 상기 지점들과 인접지역임에도 불구하고 2~4cm 정도만 감소하였다. 이로써 개발에 의한 조석변화는 주수로상에서 발생함을 알 수 있다. 인천, 영종도 및 팔미도지점의 경우 M_2 와 S_2 분

조의 합의 차이와 Z_0 의 차이가 동일하거나 이는 O_1 과 K_1 분조는 개발이후에도 변화하지 않았음을 의미한다. 지각의 경우, 인천연안해역 개발이후에 조위와 아울러 지각도 약간씩 감소하여 만조에 도달하는 시각이 약간 빨라짐을 알 수 있다. 인천과 영종도지점에서 M_2 와 S_2 분조는 $3.5^\circ \sim 4^\circ$ 정도 감소하여 개발 이후에 약 7~8분 정도 빠

Table 2. Tidal amplitudes pre and post-projects

Station	M_2 (m)		S_2 (m)		Z_0 (m)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Changbong-do	2.78	2.76	0.97	0.97	4.44	4.42
Inchon	3.00	2.94	1.06	1.04	4.76	4.68
Yongjong-do	3.00	2.94	1.06	1.04	4.76	4.68
Sammok-do	2.90	2.87	1.02	1.01	4.61	4.57
Palmi-do	2.89	2.83	1.02	1.00	4.60	4.52
Tokchok-do	2.47	2.46	0.86	0.86	4.01	4.00

Table 3. Tidal phases pre and post-projects

Station	M_2 ($^\circ$)		S_2 ($^\circ$)	
	Pre	Post	Pre	Post
Changbong-do	135.1	133.7	188.5	186.6
Inchon	136.4	133.0	190.9	186.5
Yongjong-do	138.4	135.9	193.5	190.2
Sammok-do	136.4	135.0	190.6	188.7
Palmi-do	133.7	130.6	187.4	183.3
Tokchok-do	124.7	124.0	175.2	174.2

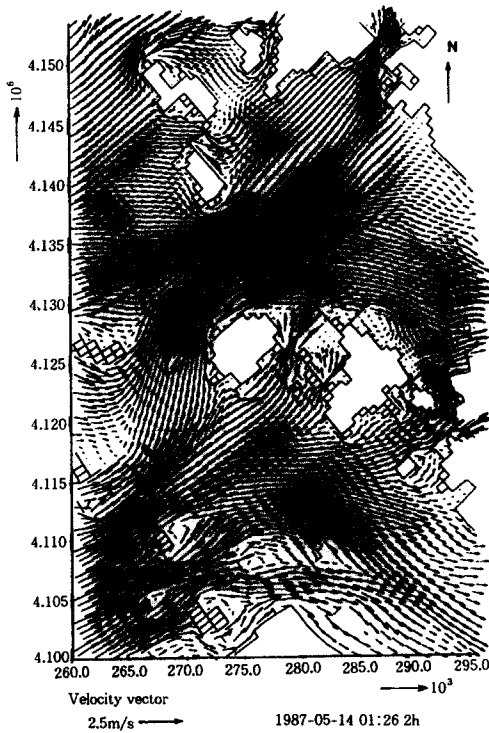


Fig. 6. Simulated current velocity before the projects(2 hours after the Moon passed the longitude 130° E)

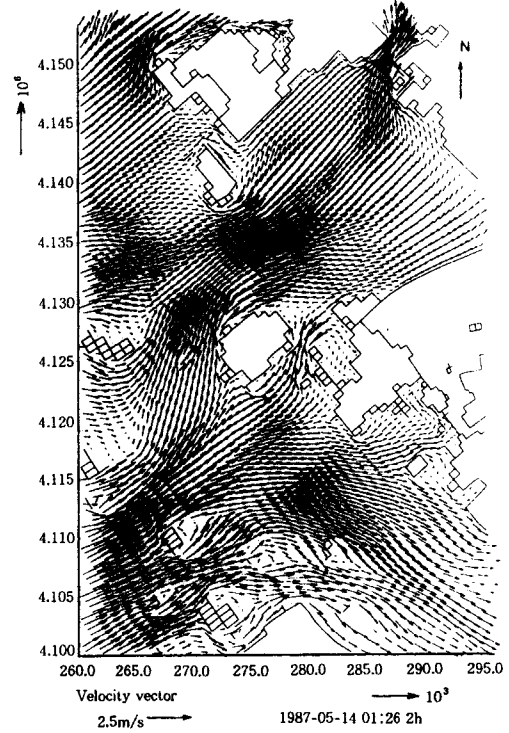


Fig. 7. Simulated current velocity after the projects(2 hours after the Moon passed the longitude 135° E)

르게 만조에 도달하게 된다.

나. 조류속특성

Fig. 6과 7은 각각 인천 연안해역 개발전·후의 경기만 지역에 대하여 태음이 자오선(135° E)을 통과후 2시간(창조)과 8시간(낙조)후의 유속분포를 나타낸다. 창조시 장봉수도를 따라 북상한 조류는 서수도와 동수도를 따라 북상하여 인천항역내로 진입하는 조류의 일부와 영종도와 용유도 사이에서 합류하며 다시 영종도와 삼목도 사이를 통하여 북상하게 된다. 이 수로를 통하여 흐르는 조석량은 크지 않으나 이 수로의 차단으로 인하여 인천항역 내로 유입하는 조석량에 다소 영향을 미치는 것으로 판단된다. 시화방조제의 건설로 시흥만의 입구가 차단됨으로써 조류는 서수도와 동수도를 따라 북상하여 인천만 내로 유입하

는 조류를 막는 역할을 하게 되어 인천항역 내로 유입하는 조석량을 감소시키는 것으로 판단된다. 유속벡터도에서 보면 개발후 영종도와 무의도 사이의 조석량이 감소하나 인천항과 영종도 사이를 통과하는 흐름은 더 강해짐을 알 수 있다. 이는 시화방조제의 건설로 시흥만내로 유입되는 흐름이 차단되었기 때문으로 풀이된다.

Fig. 8는 각각 연안해역 개발전·후의 대조기에 대하여 인천(station 1)과 팔미도 지점(station 3)에서의 조류속과 조류향의 변화를 비교한 것이다. 인천연안해역 개발후 인천지점에서 창조시 최대유속이 약 1.20m/s에서 1.40m/s로 0.2m/s(17%) 가량 증가하였음을 보여준다. 조류향은 개발 이후에도 거의 변화가 없었다. 반면에, 팔미도 지점에서 최대유속이 1.55m/s에서 1.10m/s로 0.45m/s(30%) 정도 감소하였음을 보여준다.

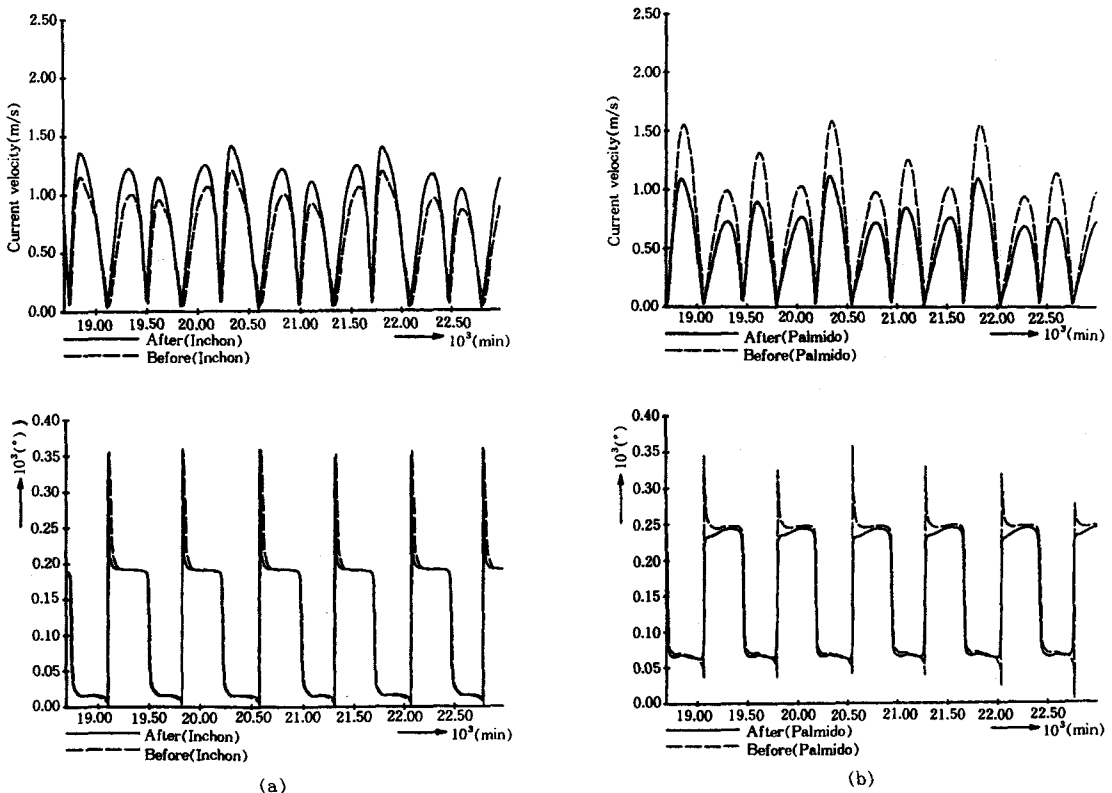


Fig. 8. Time dependent variation of current velocity and direction at Inchon (a) and Palmido (b)

이 지점에서의 조류향은 개발이후에 흐름의 양복 성향이 강해졌음을 보여준다. 이는 주 수로상의 흐름이 개발 이후에 주위로 분산될 수 있는 지역이 크게 제한되었기 때문이다.

2. 아산만 연안해역

가. 조위특성변화

정량적인 분석을 위하여 아산만의 주요 지점에서 계산한 결과를 조화분해 하였다. Table 4는 개발전·후에 대하여 아산만 연안지역의 6개 지점에서 계산한 M_2 와 S_2 분조 및 반조차(Z_0)를 비교한 것이며, Table 5는 지각을 비교한 것이다. 아산만의 내측 지점인 분양만과 아산만 지점에서 인천연안해역 개발이후 Z_0 가 각각 5cm 감소하였다. 아산만의 외측으로 나갈수록 조위변화는 작아지고 아산만의 입구인 국화도 지점에서는 Z_0 가 4cm 감소하였으며, 풍도와 가로림만 지점에서는 각각 2cm와 1cm 정도 감소하였다. 안흥에서는 Z_0 의 변화가 없었다. 인천연안해역의 개발로 인하여 아산만해역의 조위가 감소하는 것은

Table 4. Tidal amplitudes pre and post-projects

Station	M_2 (m)		S_2 (m)		Z_0 (m)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Pung-do	2.67	2.64	0.93	0.93	4.28	4.26
Kukhwa-do	2.84	2.81	1.00	0.99	4.53	4.49
Punyang-man	3.02	2.98	1.07	1.06	4.79	4.74
Asan-man	3.09	3.05	1.10	1.09	4.89	4.84
Karorim-man	2.49	2.47	0.87	0.87	4.03	4.02
Anhung	2.10	2.10	0.77	0.77	3.51	3.51

Table 5. Tidal phases pre and post-projects

Station	M_2 (°)		S_2 (°)	
	Pre	Post	Pre	Post
Pung-do	126.2	125.0	178.4	176.8
Kukhwa-do	126.8	125.6	179.6	178.0
Punyang-man	129.7	128.5	183.5	181.9
Asan-man	131.1	129.9	185.6	184.0
Karorim-man	118.9	118.3	169.6	168.9
Anhung	101.6	101.5	149.5	149.4

대부도의 화성군 사익을 통하여 시흥만 내로 유입되던 흐름이 시화방조제의 건설로 인하여 차단됨으로써 아산만 내로 유입하는 조석량의 감소에 따른 것으로 판단된다. 인천 연안해역 개발 이후 지각은 거의 변화가 없으며 M_2 와 S_2 분조 모두 불과 1.5°(약 3분) 정도 감소하였다.

나. 조류특성변화

인천연안해역 개발전·후의 아산만 내의 조류속 벡터 분포에는 별다른 변화가 나타나지 않았다. 대조기에 대하여 평택과 아산만 지점에서의 조류속의 크기와 조류향의 변화를 비교한 결과, 분양만(station 22)과 아산만 지점(station 25)에서 인천 연안해역 개발 이후 조류속은 최대 0.1m/s 정도 증가하였다. 이 지역의 조류향은 인천 연안해역의 개발로 인한 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 대규모 간척사업과 매립공사가 시행되고 있는 인천연안해역의 개발로 인하여 조류의 통로가 좁아지거나 완전히 차단됨으로서 예상되는 조석특성의 변화를 분석하였다. 모델의 보정과 검증을 위하여 31개 지점에서 관측한 조석자료가 사용되었으며, 검정결과 모델이 적합하게 구성되었음이 입증되었다. 인천 연안해역의 대표적인 개발사업인 인천국제공항과 시화방조제를 연구대상 사업으로 선정하여 수치모델링을 통하여 연안해역의 개발로 인한 조위 및 조류의 특성변화를 분석한 결과는 다음과 같다.

인천연안해역의 최대조위는 인천연안해역의 개발 이후 감소하였다. 인천연안해역의 개발 이후 인천항 및 팔미도부근의 주 수로지역에서 반조차(Z_0)는 8cm 정도 감소한 반면 주 수로 이외의 지역에서는 2~4cm 정도만 감소하였다. 이는 개발에 의한 조석변화는 주로 수로지역에서 발생함을 알 수 있다. 인천 연안해역의 조류속은

개발 이후 크게 변화하였다. 인천연안해역의 개발 이후 인천항 부근에서 창조시 최대유속이 약 17% 증가한 반면, 팔미도 부근에서는 약 30% 감소하였다. 이는 개발이후에 주 수로내의 흐름이 주위로 분산될 수 있는 지역이 크게 제한되었기 때문으로 판단된다.

아산만의 내측 지점인 분양만과 아산만 지점에서 인천연안해역 개발이후 Z_0 가 각각 5cm 감소하였으며 아산만의 외측으로 나아갈수록 조위변화는 작아지게되어 풍도와 가로림만 지점에서는 변화가 거의 나타나지 않았다. 인천연안해역의 개발로 인하여 아산만해역의 조위가 감소하는 것은 대부도와 화성군 사이를 통하여 시흥만 내로 유입되던 흐름이 시화방조제의 건설로 인하여 차단됨으로써 아산만 내로 유입하는 조석량의 감소에 따른 것으로 판단된다.

인천연안해역 개발전·후의 아산만 내의 조류속 벡터분포에는 별다른 변화가 나타나지 않았다. 이 지역의 조류향은 인천 연안해역의 개발로 인한 영향을 거의 받지 않음을 알 수 있다.

현재 인천 연안해역에서는 본 연구대상으로 고려된 두 대형 사업 외에도 항만확장공사 또는 화력발전소 건설 등이 시행되고 있다. 이들의 사업 규모는 본 연구 대상 사업들에 비하여 연안 지형의 변화에 미치는 정도가 작으나 이들이 경기만 내의 조석특성에 미치는 영향도 분석할 필요가 있다.

참 고 문 헌

1. Choi, B. H., 1980. A tidal model of the Yellow Sea and the Eastern China Sea. Korean Ocean Research and Development Institute, KORDI Report 80-02.
2. Choi, B. H., 1987. Surge hindcast in the East China Sea. Progress in Oceanography, Vol. 17, pp. 177-192.
3. Fang, G. and Yang, J., 1988. Modelling and prediction of tidal currents in the Korea Strait. Progress in Oceanography, 21, pp. 307-318.
4. Schwiderski, E. W., 1978. Global Ocean Tides, Part I: A detailed hydrodynamical interpolation model, Naval Surface Weapons Center, Dahlgren, Virginia, U. S.
5. Warrick, R. A., J. Oerlemans, P. L. Woodworth, M. F. Meier and C. le Provost, 1996. Changes in sea level. pp. 359-405 in: Climate Change 1995: The Science of Climate Change, J. T.
6. Houghton, L. G. Meira Filho and B. A. Callander (eds.). Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the International Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge.
7. Office of Hydrographic Affairs, 1982. Results of Tidal Current Observations in Incheon Hang and Asan Man Approaches. pp. 119-145 in Technical Reports, Office of Hydrographic Affairs, Republic of Korea.

1. Choi, B. H., 1980. A tidal model of the Yel-