

새만금간척에 따른 미티게이션

(Mitigation for the anti-function in caused by Saemangeum reclamation)

신 문 섭* (군산대)

Shin, Moon Seup

Abstract

The reclamation area of Saemangeum(Kunsan) located between 126 °10' E - 126 °5 0' E and 35 °35' N - 36 °05' N at the western coast of Korea. The construction of the 33km sea dike is building in the Saemangeum area. When the construction of the sea dike in the coastal region takes place, there exists ,a certain amount of soil which is diffused by the tidal current. Behavior of the soil diffusion usually depends on its intrinsic characteristics, bathymetry, construction method and used machinery. The amount of soil at the construction acts as a pollutant which is the cause of changing the marine environment. When the soil material is diffused, it may form a layer which obstructs the light passing into the sea and causes the extinction or alteration of the living beings on the sea bottom. The settlement of soil material could change the sea bottom deposit.

The purpose of MITIGATION is to harmonize the development and the conservation of enviroment, to restrict enviromental destruction and to reproduce the enviroment damaged by the construction in the coastal region. The purpose of this study is to find the method by which we minimize the anti-function of development in the coastal region. Tide and tidal current are calculated using a two-dimensional numerical model before the construction of sea dike in Saemangeum Bay. The numerical results are compared well with field observations. On the basis of these results, we calculated the tide and tidal current after the construction of the sea dike in order to investigate the change of the tide and tidal current after the construction of the sea dike. Morcover, we calculated the tide and tidal current after the construction of submerged breakwater in order to preserve the environmental condition of creature habitat. We compared the tide and tidal current before and after the construction of submerged breakwater, to investigate the possibility of MITIGATION in the fisheries.

1. 서 론

해양에서 생물생산이 높은 장소는 연안해역이라는 것은 잘 알려져 있다. 이 풍부한 생물을 포획하기 위하여 여러 형태의 어업이 행하여지고 있다. 오래 진부터 지속적인 어업생산을 유지하기 위하여 연안해역의 환경보전과 관리가 중요한 과제로써 취급되고 있다. 또한 연안은 생물에게 다양한 생활의 장소로써 제공되기 때문에 다양한 생태계가 형성되어 있다. 유용한 어업자원도 많을 뿐만 아니라 간석지와 해초가 많은 연안을 치어의 생육장으로서도 이용하고 있다. 따라서 자원의 지속적인 재생산을 위하여 연안해역의 다양한 생태계의 보전과 생산기능의 강화가 중요한 과제로 되고 있다. 그러나 연안해역에서 연안의 개

1999년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1999년 10월 16일)

밭이라는 목적으로 매립과 간척사업이 시행되고 있다. 이러한 사업이 경제성이 높다고 하여도 자연환경 및 수산자원보존의 견지에서 환경을 보존하면서 해상토복공사가 실시되어야 한다고 본다. 따라서 간척지와 사빈역에 자원의 안정화를 위하여 어업관리에 의한 자연적인 재생산력을 이용하는 자원증대, 연안구조물에 의한 부유유생의 이동효과와 치패육성장 조성, 인공종묘방류에 의한 자원육성 등이 계획, 시행되고 있다. 유생의 초기생활기에 급격한 감모과정은 부유유생기와 착저후 치패기에 대한 수리환경조건이 크게 좌우된다. 그러므로 자원변동의 기구를 명확히 하기 위해서는 이시기에 환경계측이 중요하다. 따라서 구조물설치에 따른 조류와 해빈류의 구조, 해저지형변화에측이 중요하다. 또한 재생·창조(Mitigation)의 견지에서 개발에 따른 영향을 최소한으로 줄이고, 손상된 환경을 복원하고, 또한 이러한 것들이 불충분한 경우에는 새로운 환경을 재생, 창조하여 전체적으로 환경영향을 개발이전의 환경으로 만들어야 한다.

현재 대규모 간척사업으로서 새만금종합개발사업이 전북 부안군 변산면 대항리를 시점으로 고군산군도의 신시도, 야미도와 군산시 비응도를 종점으로 하는 33km의 방조제를 축조하여 4만1백ha의 국토를 확장하는 사업으로써 만경강, 동진강하구의 연안해역에 대규모적으로 실시되고 있다. 방조제는 수심20m 이상의 깊은 바다에 축조되며 조석량이 최대 5억톤까지 유출입하는 대규모간척사업이다.

이러한 대규모 간척사업을 施行함으로써 일어날 수 있는 自然과 水産資源의 破壞등 생태계 변화예측을 위해서는 우선 조류가 강한 서해안에서는 조석과 조류에 대한 이해가 기본적으로 필요하다. 바람, 하천유량, 기상조건 등도 연안해역의 유동에 영향을 미치지만 일시적인 형태로서 유동에는 큰 영향을 미치지 못한다고 본다. 그러나 조류는 해수유동에 큰 영향을 미친다고 연구되고 있다. 조석잔차류는 조류의 유속에 비하여 작지만 장기적인 관점에서 볼 때 연안해역에서 물질수송에 큰영향을 미치고 있다. 연안해역에서 임의의 한점에 있는 물입자는 조석 한 주기후에 최초의 위치로 돌아오지 않는다. 이것은 잔차류와 난류의 영향인 것으로 연구되었다. 특히 잔차류는 해수표면에서 바람용력, 평균해수면경사, 수평밀도구배, 조류의 비선형성등에 원인이 있다고 한다. Yanagi(1978)에 의하면 계절적 잔차류의 주요 원인은 조석 잔차류와 밀도류라는 연구 결과가 있다. 연안해역에서는 보통 반일주조류(半日周潮流:semi-diurnal tidal current)가 매우 뚜렷하기 때문에 반일(半日:12시간 25분) 혹은 1일(24시간 50분)의 관측결과를 평균하면 평균류(平均流)는 대략 0으로 될 것이 예상된다. 하지만 실제 현장해역에서 관측을 행하면 평균류는 0으로 되지 않는다. 얼마간의 평균치가 얻어지는 것이 보통이다. 이와같은 평균류는 일본에서 항류(恒流:constant flow)라고 했으나 장기간 측정해 보면 항류는 언제나 일정하지 않다. 일일 변동이 크기 때문에 항류라고 하는 명칭은 적절하지 않다. 따라서 현재는 관측결과의 평균시간(半日, 日日, 15주야 또는 그이상)에 상관없이 그 평균류는 조류성분(潮流成分)을 제외한 것이라는 의미로 잔차류(殘差流:residual flow)라고 칭해지고 있다. 한때 이 평균류로서 잔차류는 조석주기로 평균한 흐름이라는 의미로 "조석잔차류"라고 칭해진 일도 있었지만 다음에 기술되는 조류운동(潮流運動)의 비선형성(非線形成)에 의해 발생하는 조석잔차류로 혼동하기 쉽기 때문에 잔차류로 칭하는 것이 더 적절할 것이다.

과거에는 연안해역의 물질확산에 가장 뚜렷한 조류의 역할이 크다고 생각되어졌다. 그러나 실제 연안해역에서의 물질교환과 확산을 주의 깊게 관찰해 보면 수 조석주기 이상의 장기간의 물질교환은 뚜렷한 왕복류인 조류보다도 미약하지만 한 방향으로 흐르는 잔차류의 역할이 크다는 것이 밝혀졌다. 연안해역의 잔차류의 주성분은 조류운동의 비선형성(非線形成)에 의해서 생기는 조석잔차류(Tide induced residual current), 바람에 의해 생기는 취송잔차류(Wind driven current), 밀도편차에 의해 생기는 밀도잔차류(Buoyancy driven current,density driven current)의 세가지가 있다.

우리나라 서해안 해역에서 유동은 조류·조석잔차류·취송류·밀도류가 탁월하며 서해안 연안해역의 수온·염분 분포는 기본적으로 이러한 유동장에 의하여 지배되고 있다. 따라서 연안 해

역의 물질의 분산, 어류의 난·치어등과 같은 생물의 이동·분산을 예측하려면 우선 유동, 수온·염분 분포 등 물리 요소의 분포를 정량적으로 재현할 수 있는 수치 모형의 작성이 요구된다. 본 연구에서는 새만금 방조제축조후의 잔차류의 특성을 규명하고, 방조제전면에 잠제를 설치하여 흐름이 연안성어류인 줄노래미(*Hexagrammos octogrammus*)의 유생(幼生)의 착저에 어느 정도 유효한가, 수산의 관점에서 개발역기능에 대한 재생·창조(Mitigation)의 가능성은 있는가를 알아보았다. 대상은 가을에 침성난을 산란하는 줄노래미의 유생(幼生)을 조석 잔차류와 수온·염분에 의한 잔차류, 바람에 의한 잔차류성분을 포함한 잔차류성분과 유생(幼生)의 침강속도를 고려하여 *Euler-Lagrange* 방법으로 유생(幼生)의 분산과정을 3차원 수치 실험하였다. 그 결과 비용도에서 방류한 유생(幼生)의 방류확산은 잠제축조전에는 10 km 범위를 확산한 반면, 잠제축조후에는 4 km 범위를 확산하였다. 야미도에서 방류한 유생(幼生)의 확산범위는 잠제축조전에는 12 km 범위를 확산한 반면, 잠제축조후에는 4.5km범위를 확산하였다. 따라서 유생(幼生)의 확산거리가 잠제축조전보다 잠제축조후가 짧아서 부유유생의 수송, 확산억제, 침착을 촉진하여 어장환경조성에 기여할 수 있고, 유생(幼生)의 감모를 감소시킬 수 있다고 본다. 그러므로 새만금 방조제축조 후, 방조제 전면에 잠제를 설치하여 잔차류의 특성을 규명하고 어류의 유생(幼生)의 이동특성에 대하여 규명하여 본 결과 수산의 관점에서 개발역기능에 대한 재생·창조(Mitigation)의 가능성은 있다고 판단되었다.

2. 수치 모형

2.1 조류·조석의 지배방정식

새만금 간척지구해역의 조석, 조류를 계산하기 위하여 이용한 기본 방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fv = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_x}{h} \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_y}{h} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} = 0 \quad (3)$$

여기서 u, v 는 x, y 방향의 유속, $f(8.55 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1})$ 는 coriolis 계수, $g(980 \text{ cm sec}^{-2})$ 는 중력 가속도, η 는 평균 수면으로부터 해면상승량, h 는 수심, $A_h(10^4 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1})$ 는 수평와동점성계수, $\tau_x, \tau_y(2.6 \times 10^{-3})$ 는 해저마찰을 나타내고 있다. 계산 결과로부터 얻어진 Fig.1과 같이 새만금간척전후와 잠제 설치 후의 M_2 분조의 진폭과 위상 분포, 조석잔차류는 신문섭 등(1997)에 기술되어 있다. 논문의 결과분석에서 M_2 분조의 진폭과 위상 분포는 관측 결과로부터 얻어진 고군산의 M_2 분조의 진폭(H:Cm) 과 위상(K)은 각각 204 cm, 75(K)였으며, 계산 결과로부터 얻어진 고군산의 M_2 분조의 진폭(H: cm) 과 위상(K)은 각각 204 cm, 70(K)로 계산치는 관측치를 잘 재현하였다고 보았다. 또한 계산 결과로부터 얻어진 계산지점(측점:94-R-4,측점:94-R-3)의 조화분석한 M_2 분조의 조류타원도는 관측 결과로부터 얻어진 관측지점(측점:94-R-4,측점:94-R-3)의 조화분석한 M_2 분조의 조류타원도를 잘 재현하였다고 판단되기 때문에 본 논문에서는 검증은 생략한다. 그리고 잠제의 설치위치결정은 조류의 평균유속과 창·낙조

류의 시간으로부터 결정하였다.

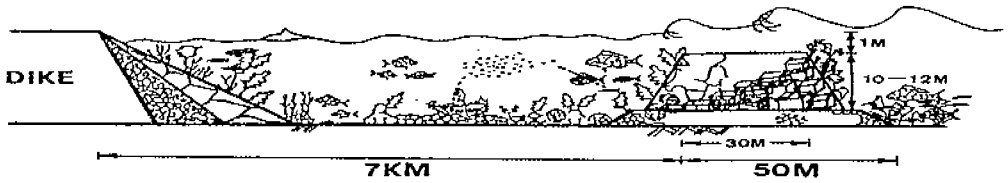


Fig.1 Typical form of submerged breakwater.

3. 방조제 축조후 예보수치모형(Prognostic numerical model)에 의한 잔차류 계산

3.1 기초방정식

예보모형(Prognostic model)에 의하여 방조제 축조후 잔차류를 계산하였다. 잔차류 계산을 위한 운동방정식은 다음과 같다.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - f v = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p}{\partial x} + A_h \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + S_x \quad (4)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + f v = -\frac{1}{\rho_o} \frac{\partial p}{\partial y} + A_h \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + A_v \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} + S_y \quad (5)$$

$$p = \rho_o g \eta - \rho_o \int_z^0 B dz, \quad B = \frac{\rho_o - \rho}{\rho_o} g \quad (6)$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (u \cdot \nabla_h) T + w \frac{\partial T}{\partial z} = K_h \nabla_h^2 T + K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (8)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + (u \cdot \nabla_h) S + w \frac{\partial S}{\partial z} = K_h \nabla_h^2 S + K_v \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \quad (9)$$

여기서 ρ_o 는 연직평균밀도, T_s 는 조석잔차류, A_h 는 수평와동점성계수, K_h 는 수평 확산계수, A_v 는 수직와동점성계수, K_v 는 수직확산계수, T 는 수온, S 는 염분이다.

3.2 경계조건 및 초기조건

서해안에 많이 서식하고 있고 가을에 침성난을 산란하는 줄노래미(Hexamgrammos octogrammus:PALLAS)의 유생(幼生)의 분산과정을 수치실험하기 위하여 해면에서 열수지(Heat flux)는 계산 계절이 가을이기 때문에 $100 (cal \ cm^{-2} \ day)$ (George and William, 1990), 바람은 군산 기상대 20년자료를 분석한 평균풍속 $4.10 \ m \ sec^{-1}$, 풍향 WNW, 수온·염분자료는 군산대학 해양개발연구소에서 1992년 여름부터 1993년 봄까지 김종래(1994) 등에 의하여 관측한 관측치를 이용하였다.

4. 계산결과

세만금간최후 예보모형(Prognostic model)에 의하여 군산대학 해양개발연구소에서 1992년 여름부터 1993년 봄까지 김종래(1994) 등에 의하여 관측한 수온·염분데이터를 경계조건으로 하여 예측한 표층, 중층, 저층의 수온·염분, σ_t 와 잔차류를 계산하였다. 잠제축조전·후의 잔차류는

Figs.2 및 3와 같다.

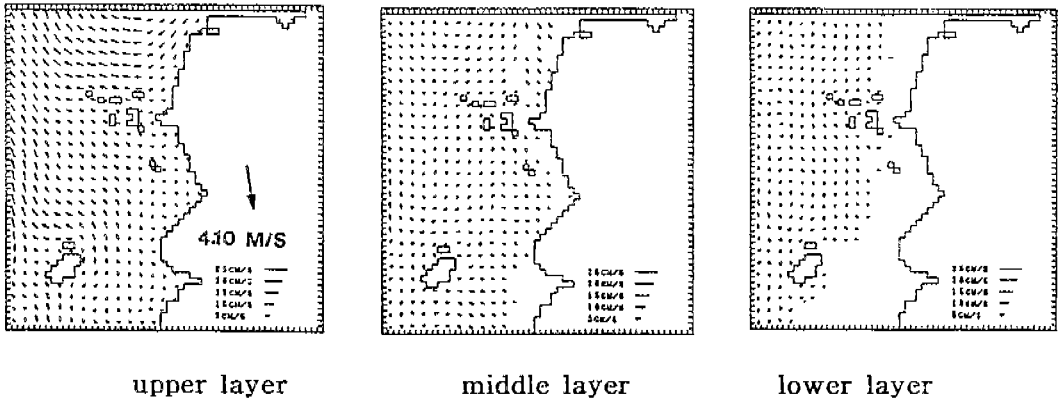


Fig. 2 The flow patterns of residual current at three layers during autumn obtained by prognostic model after construction.

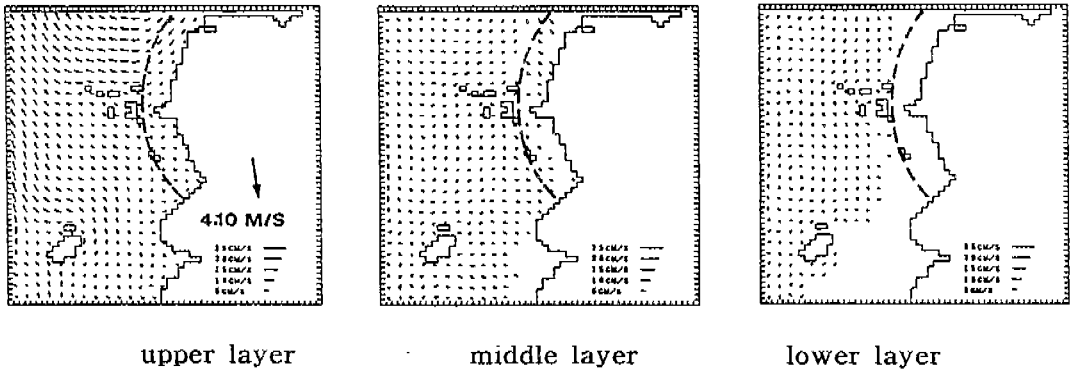


Fig.3 The flow patterns of residual current after the construction of submerged breakwater during autumn obtained by prognostic model after construction.

5. 유생(幼生)의 거동 수치모의

5.1 유생(幼生)의 추적

유생(幼生)의 운동특성에 대한 수치실험은 서해안에 많이 서식하고 있고 가을에 침성난을 산란하는 줄노래미(Hexagrammos octogrammus:PALLAS)의 유생(幼生)을 이용하여 분산과정을 수치실험하였다. 줄노래미 유생(幼生)의 추적은 *Euler-Lagrange* 방법을 이용하였다.

Euler-Lagrange 방법은 어느 시각 n 에 있어서 입자의 위치를 (x^n, y^n, z^n) 라 하면, Δt 시간후의 입자의 위치 $(x^{n+1}, y^{n+1}, z^{n+1})$ 을 (x^n, y^n, z^n) 의 주위에 Taylor 급수 전개하여 구한다. 단 4차이상의 고차항은 무시하고, 난류로서 취급한다.

$$X^{n+1} = X^n + u^n \Delta t + (\nabla u^n) u^n t^2 + R_x \quad (10)$$

$$Y^{n+1} = Y^n + v^n \Delta t + (\nabla v^n) v^n t^2 + R_y \quad (11)$$

$$Z^{n+1} = Z^n + w_s \Delta t + R_z \quad (12)$$

여기서 u'' , v'' 는 x , y 방향의 잔차류성분, w_S 는 유생(幼生)의 침강속도(Stoke's의 침강속도)속도이다.

5.2 유생(幼生)의 방류확산계산결과.

비응도에서 방류한 유생(幼生)의 방류후 24시간후의 확산계산결과 잠제축조전에는 10 km 범위를 확산한 반면,잠제축조후에는 4 km 범위를 확산하였다. 야미도에서 방류한 유생(幼生)의 확산범위는 잠제축조전에는 12 km 범위를 확산한 반면, 잠제축조후에는 4.5 km 범위를 확산하였다.



before(one day) submerged breakwater(one day) before(three day) submerged breakwater(three day)
 Fig.4 Calculated dispersion of larvae one day and three after the releasing with the residual currents obtained by prognostic model before and after the construction of submerged breakwater in autumn.

6. 결 론

방조제길이 33 km, 개발면적 40100ha의 새만금간척사업이 시행되고 있다. 이러한 대규모 간척사업은 해양환경과 생태에 나쁜 영향을 미치게 된다. 즉 수면을 육지화 하므로써 그 주위에서 어떠한 환경변화가 일어날 수 있으며 환경변화에 어떻게 대처할 것인가 하는 대책도 마련하여 재생·창조(Mitigation)의 전지에서 개발에 따른 영향을 최소화함으로써 줄이고, 손상된 환경을 복원하고, 또한 이러한 것들이 불충분한 경우에는 새로운 환경을 재생, 창조하는 방법이 모색되어야 한다. 본 연구에서는 새로운 환경을 재생, 창조하는 방법으로서 새만금 방조제축조 후의 잔차류의 특성을 규명하고, 방조제전면에 잠제를 설치하여 흐름이 어류의 유생(幼生)의 착저에 어느 정도 유효한가, 수산의 관점에서 재생·창조(Mitigation)의 가능성은 있는가를 알아본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 비응도에서 연안성 어류인 줄노래미 유생(幼生)의 방류확산계산결과 잠제축조전에는 10 km 범위로 확산한 반면, 잠제축조후에는 4 km 범위를 확산하였다. 야미도에서 방류한 유생(幼生)의 확산범위는 잠제축조전에는 12 km 범위를 확산한 반면, 잠제축조후에는 4.5 km범위로 확산하였다. 따라서 유생(幼生)의 확산거리가 잠제축조전보다 잠제축조후가 짧아서 유생의 수송,확산의 제,침착을 촉진하여 어장환경조성에 기여할 수 있고, 유생(幼生)의 감도를 감소시킬 수 있다고 본다. 그러므로 새만금 방조제축조 후의 잔차류의 특성을 규명하고, 방조제 전면에 잠제를 설치하여 어류의 유생(幼生)의 이동특성에 대하여 규명하여 본 결과 수산의 관점에서 재생·창조(Mitigation)의 가능성은 있다고 판단되었다.

References

1.申文燮, Yanagi T, 權哲輝(1997).“조석잔차류에 의한 새만금간척지구의 미치게이션”대한토목학회논문집,제17권Ⅱ-5호.461-468.