

# 새만금 방조제 물막이 구간 주변에서의 지형변화에측

## Time Dependent Morphological Changes around the Closure Gap in Saemankeum

박 영 옥\* · 어 대 수 · 박 상 현(농기공)  
Park, Yeong Wok · Eo, Dae Su · Park, Sang Hyun

### Abstract

Sea dike construction for the tidal flat reclamation works in estuary and coast may change the characteristics of tidal motion and wave conditions in the region. In turn, a new hydraulic condition provides the impacts on sediment transport pattern and forms a new morphological environment. Also, morphological changes during the closure works of sea dike are closely related with a safety of sea dike. Therefore, the prediction of morphological changes is required secure the safe closure work and the economic design of sea dikes. To investigate morphological changes due to sea dike construction, hydrodynamic changes of tides and waves have to be evaluated, then sediment transport and sea bottom changes are computed. Mathematical modelling is required for representation of interrelation of tidal motion, wave and sediment transport. In this study, numerical model MORSYS is applied to compute the hydrodynamics and morphological changes around the closure gap for Saemankeum dike. This model allows a flexible integration of the module for waves, currents, sediment transport and bottom changes.

### 1. 서론

연안이나 하구의 개발을 위한 방조제의 설치에 따른 하구 조석의 순환체계를 변화시켜 동적퇴적체계를 포함하는 기존의 하구지형과 환경을 변화시킨다. 방조제 건설후 해안수리현상의 변화는 기존의 동적평형 상태를 교란시키게 되므로 인공해저 또는 해변에서 유사이동의 균형을 깨뜨려 침식이나 퇴적현상을 유발하게 되고, 퇴적환경의 변화는 생물이 서식하는 생태계의 변화를 초래하게 될 수도 있다. 그리고 방조제 공사중에는 공사계획 및 시공등의 문제와 밀접한 관련이 있다. 즉, 물막이 공사가 진행됨에 따라 개방구간이 축소되고 방조제에 의해 조석활동이 억제됨에 따라 조류속과 내외 수위차는 점차 증가하게 되며, 방조제 전면에서의 파랑에너지 균형도 변화시키게 되는 등 연안에서의 수리특성을 변화시킨다. 이로 인하여 물막이 구간 주변에서 지반의 세굴이 확대되고 지형의 변화가 발생하며 바다보호공이나 축조재료가 유실되므로 인하여 방조제의 기초가 불안해져 제체의 붕괴를 야기시켜 공사의 진행을 어렵게 하기도 한다.

따라서 물막이 구간에서는 지반의 유실을 막기 위한 바닥보호공과 빠른 유속에 유실되지 않고 방조제를 형성할수 있는 대형의 석재를 사용하기도 한다. 그러나 물막이 구간의 개방구간이 줄어들어 따라 조류속이나 파랑에 의한 세굴이나 지형의 변화는 자연스런 현상이며, 또한 구조물의 파괴가 발생하지 않는 범위에서는 허용해야만 한다. 방조제 개방구간과 같은 구조물 주변에서는 조석, 파랑 그리고 유사이동의 상호관계가 매우 복잡하여 이의 정확한 규명과 그에 따른 지형변화의 현상을 완전히 이해하고 해석하는 것은 어려운 문제 중의 하나이다. 그러나 물막이 공사의 효율적인 수행을 위해서는 구조물 주변에서의 지형변화의 범위나 규모를 예측하는 것이 중요하다.

본 연구의 목적은 델프트 연구소에서 개발한 지형변화 예측모델인 MORSYS를 현재 공사가 진행중인 새만금 지구에 적용하여 물막이 공사의 진행에 따른 물막이 구간 주변에서의 지형변화를 검토하고자 한다.

### 2. 지형변화 예측모형의 구성

방조제 공사중이나 후 변화하는 수리현상을 모의하고 지형변화를 예측하기 위한 도구로 이용될 모델은 2차원 및 3차원 운동방정식과 연속방정식을 해석하는 동역학 흐름모델(FLOW)과 해역에서의 파랑생성과 소멸 및 천해파랑과정을 모의하고 파랑에 의한 해빈류(wave induced current)를 계산할 파랑모델(WAVE), 유사이동량을 계산할 유사이동모델(TRANSP) 및 해저지형의 변화를 계산하게 될 지형모델(BOTTOM)등 4개의 모듈로 구성되어 있다. 지형변화모델의 구성체계는 그림1과 같다.

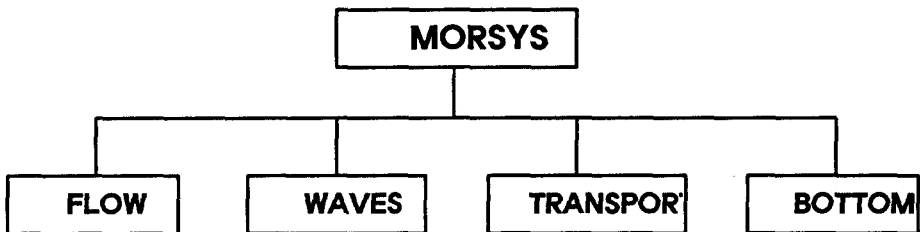


그림1 지형변화모델 MORSYS의 구성

### 3. 모형의 적용

#### 3.1 대상해역의 현황

새만금 간척사업지구는 금강하구로부터 고군산군도의 신시도와 야미도를 지나 변산반도에 이르는 연안지역으로 만경강과 동진강 하구역을 중심으로 이를 둘러싸는 4개의 공구에서 방조제 공사가 진행되고 있다. '91년 착공된 새만금 방조제는 현재 통수단면 연장 28.7km 중 20.7km가 물막이가 진행되었으며, 통수 단면적으로 비교하여 보면 72% 정도가 감소한 상태이다. 총 4개 공구 중 1공구와 3공구는 완전히 연결되었으며, 현재 공사가 진행중인 2공구는 Gap1에서 2700m, Gap2에서 1700m, 그리고 4공구는 약 5000m 정도가 개방구간으로 남아 있다.

### 3.2 흐름계산모델

#### 1) 모형의 범위

모형의 개방경계는 방조제로 인한 영향이 미치지 않고 개방경계에서의 해의 왜곡을 최소화시키기 위하여 방조제로부터 충분히 거리를 두어 결정하였다. 모형의 경계는 남쪽경계는 북위 35° 20' 부근의 범성포까지 북쪽의 경계는 북위 36° 27' 부근인 천수만까지로 하였으며, 외해쪽의 경계는 동경 125° 45' 부근까지로 정하였다. 대상해역의 범위는 남북으로 약 120km, 동서방향으로 약 90km에 달한다.

#### 2) 계산격자 및 바닥지형

대상해역의 격자망의 구성은 UTM 좌표계에서 Curvilinear Orthogonal Grid를 적용하였으며, 횡방향으로 122개, 종방향으로 336개의 격자망을 구성하였다. 격자의 간격은 외해측은 넓게 하였으며, 방조제 끝막이 구간은 흐름특성을 충분히 재현할수 있도록 방조제 노선을 따라서 격자간격을 100m까지 줄여 해상도를 높였다.

모형에 입력되는 격자별 수심은 평균해면으로 부터의 수심으로 해도 및 연안해역도로부터의 수심을 각 격자점의 수심으로 보간하여 사용하였다. 대상해역에 대한 격자망의 구성 및 바다지형 자료는 그림2, 3과 같다.

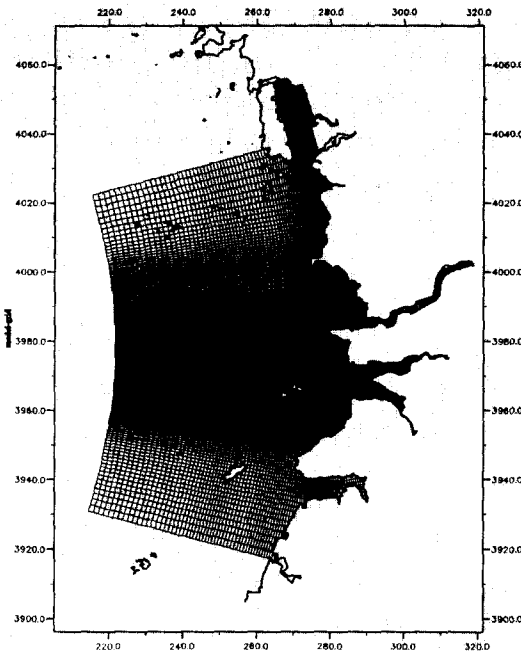


그림2 격자망 구성

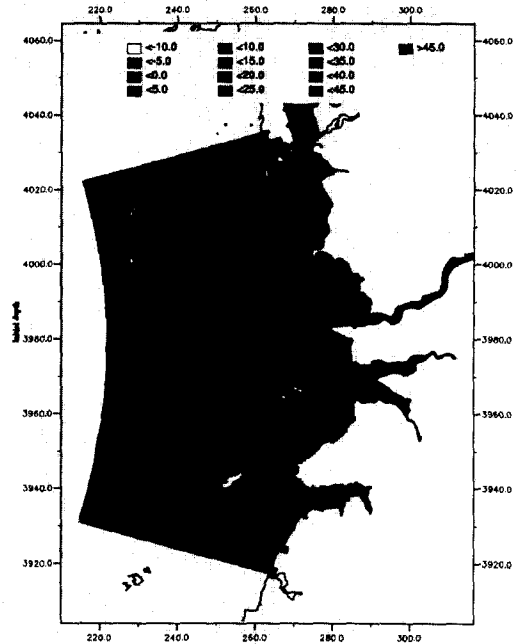


그림3 바닥지형자료 입력결과

#### 3) 경계조건 및 매개변수 설정

모델에서의 조석변화는 천문조를 이용하여 해측 개방경계를 따라서 계산되는 조위차에 의

해서 발생된다. 이러한 경계조건은 조석의 조화상수인 분조의 진폭과 위상을 광역모델인 황해 모델에서 계산하여 구하였다. 따라서 외해측 개방경계에 입력되는 분조는 38개의 조화상수를 사용하여 조위를 발생시켜 적용하였다.

또한 모형에 이용되는 각종 변수값인 해수 밀도  $1024\text{kg/m}^3$ , 중력가속도  $9.18\text{m/s}^2$ , 코리올리스 상수는 대상해역의 중앙부근에 위치하는 북위  $34^\circ 46'$  에 해당하는 값을 사용하였다. 그리고 해역의 마찰계수 산정에는 Manning의 조도계수인  $n$  값을 전해역에 걸쳐 0.026을 사용하였다. 모델의 계산시간은 지역표준시이며 GMT+9시간이다.

### 3.3 유사이동 및 지형변화모듈

흐름과 파랑자료에 기초한 유사이동모듈은 각 격자점에서의 유사이동량을 계산한다. 유사이동능의 차이 때문에 발생하는 해저 바닥의 높이는 바닥지형변화 모듈로 계산한다.

#### 1) 유사이동계산

소류사 및 부유사 이동을 계산하기 위해 사용된 공식의 Bijker의 유사이동 경험공식이다. 이 공식은 파랑과 흐름이 유사이동에 미치는 영향을 동시에 포함하고 있다. 유사이동량의 계산은 조석주기 동안 변화하는 파랑을 고려하여 계산 시간간격을 30분으로 정하고, 지형변화를 계산하기 위한 대표조석 12.5시간에 대하여 계산을 수행하였다. 이렇게 계산된 결과는 각 계산 셀에 대하여 조석평균 유사이동비를 나타낸다.

바닥지형변화는 바닥지형변화 모듈을 사용하여 시간에 따른 변화량을 계산하였다. 시간에 따른 변화량은 퇴적과 침식으로 수심의 변화와 수리학적 조건 변화가 고려되어야 함을 의미한다. 바닥지형 변화의 계산에 적용된 시간간격은 모델에서 계산에 의해 주어지는 대표적인 유사이동비에 따라 자동적으로 결정된다. 즉, 바닥지형 변화가 급격히 일어날 때는 짧은 시간간격이 모형에 적용되며, 반대의 경우는 긴 시간간격이 적용된다. 만약 바닥지형이 어떤 계산시간 내에서 최대 20회까지 변화하였다면 그에 따라 수리학적 조건 및 유사이동비는 다시 계산되어야 한다.

#### 2) 경계조건 및 파라미터 설정

유사이동과 바닥지형계산 모듈의 경계와 계산격자는 흐름모듈과 같다. 일정한 바닥지형조건과 평형퇴적농도가 개방경계조건으로 사용되었다. 새만금 해역에 대한 유사의 특성은 표1에 요약한 것과 같다.

표1 새만금 해역의 유사특성

Density	$2650 \text{ kg/m}^3$
$D_{50}$	$125 \mu\text{m}$
$D_{90}$	$300 \mu\text{m}$
Settling velocity	$0.01 \text{ m/s}$
Porosity	0.4
Bottom roughness	$0.05 \text{ m}$

### 3.4 지형변화 계산결과

새만금 방조제 끝막이 공사를 완료하기까지는 환경적인 문제 등으로 인하여 앞으로 상당한 기간이 소요될 전망이다. 연결공사가 완료된 1공구와 3공구는 별다른 문제점이 없지만 2, 4공구 경우 방조제 내외측에서 증가된 조류속으로 인하여 방조제 개방구간 및 주변해저에서 세굴 및 퇴적에 의한 지형변화가 진행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 개방구간의 바닥보호공이 설치된 현상태에 대해서 공사지연에 따른 개방구간 주변해역에서의 지형변화를 검토하였다. 그림 4는 새만금 방조제 공사로 인한 2공구 및 4공구 Gap1, 2, 3 구간 주변에서의 유사이동에 의한 지형변화를 등고선으로 나타낸 것이다. 이들 등고선은 현재의 공사진척 상황에서 2000년 3월의 지형자료(0월)로 부터 3개월, 6개월, 9개월, 12개월이 경과한 시점의 변화된 해저지형을 보여주고 있다. 청색영역들은 침식구간, 노란색부분들은 퇴적구간을 나타낸다. 이들 그림에서 알 수 있듯이 개방구간 내외측 전면에서는 세굴되고 있고, 그 측면 및 후방 지역에서는 부분적으로 퇴적되는 것으로 나타났다.

### 4. 요약 및 결론

지형변화 예측모형을 이용하여 현재 방조제 공사가 진행중인 새만금 해역의 물막이 구간 주변에서의 공사지연에 따른 지형변화를 예측하였다. 개방구간의 바닥보호공이 설치된 현상태에서 2공구 및 4공구의 Gap1, 2, 3 구간 주변에서의 세굴 및 퇴적에 의한 지형변화를 검토한 결과 개방구간 전면에서는 시간이 경과함에 따라 세굴 규모나 범위가 계속 확대되는 것으로 나타났다. 그 측면 및 후방 일부 구간에서는 이러한 세굴된 유사량이 퇴적되는 것으로 나타났다.

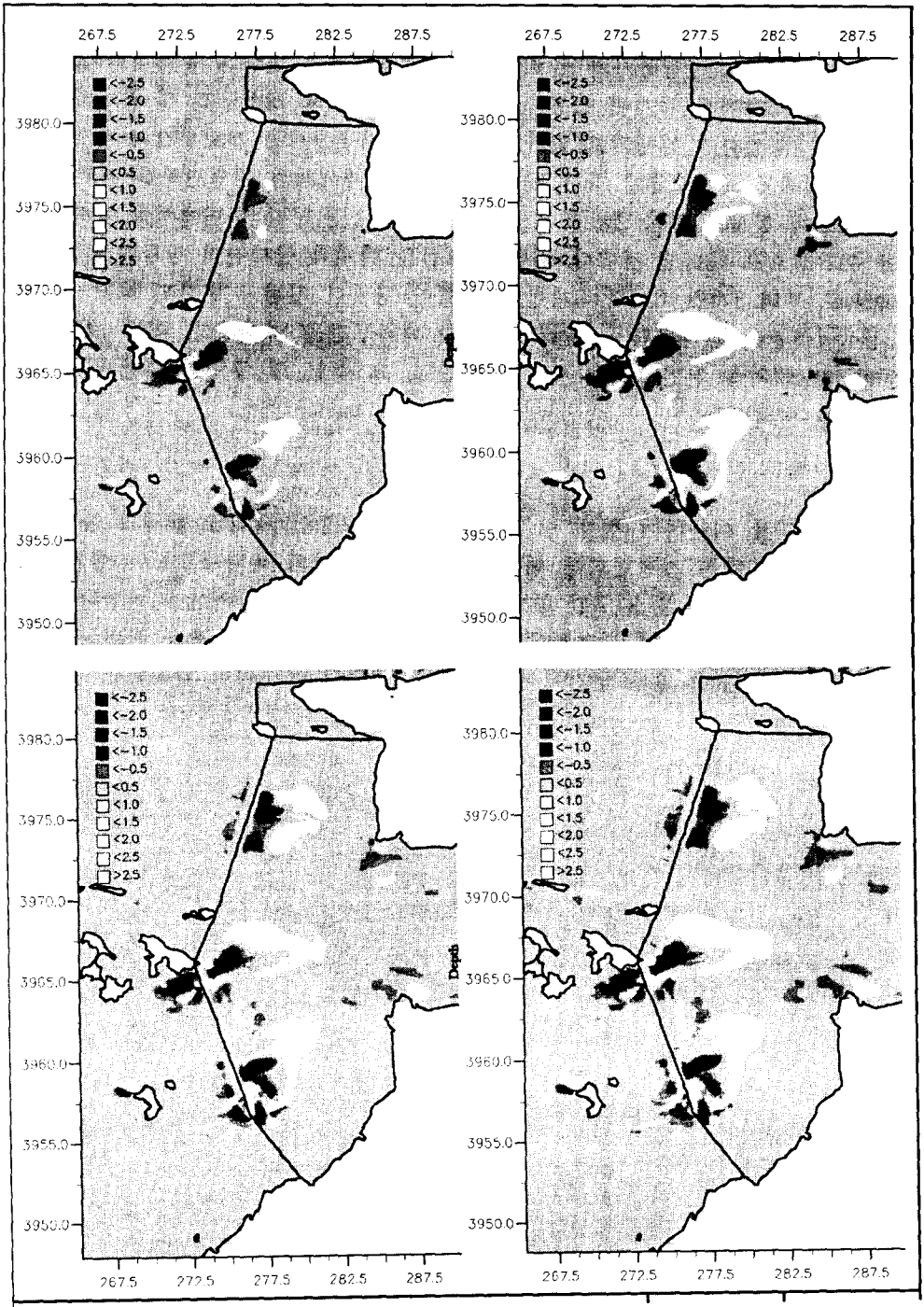


그림5 방조제 공사 지연에 따른 개방구간 주변에서의 지형변화