

해저지형변동 예측모형의 적용성에 관한 상호비교 연구

*정승진 **김규한 ***육운수 ****편종근

1. 서론

최근 우리나라는 경제 및 산업의 비약적인 발전을 거듭해오고 있으며, 이러한 급속적인 산업의 발달로 바다를 통한 교류가 필요하게 되었다. 그러나, 바다와 육지의 경계부분인 연안역을 무분별하게 개발하여 구조물이 건설되는 주변해역의 물리적 평형상태가 붕괴하고, 이로 인한 주변환경의 변화가 초래되어 예상하지 못한 지형변동 즉, 세굴이나 퇴적같은 현상이 발생하여 구조물의 완성 후에 제기능을 발휘하지 못하는 경우가 발생하고 있다.

이와같은 문제점의 해결방법으로는 크게 수치모형실험과 수리모형실험을 들 수 있다. 구조물 건설에 따른 지형변동 예측모형은 현재 몇가지 제안되어있지만 현지의 복잡한 해저지형에서 발생하는 저질이동현상을 재현하기는 쉽지않으며, 실험대상인 저질은 실트보다는 모래에 집중되어 왔다. 또한 수리모형실험에 있어서도 상사법칙등의 여러 어려움이 있는 실정이다. 더욱이 이러한 수치모형들간의 적용성에 관한 상호비교 연구는 그 예를 찾아보기 어려운 실정이다.

본 연구에서는 실트질에 의해 발생하는 지형변화를 해석할 수 있는 MIKE21 모형과 KSILT-II 모형 사이의 제반특성에 대한 비교연구를 수행하였다. 아울러, 두 모형을 가덕도 주변해역에 직접 적용하여 두 모형의 계산결과 및 각각의 현지적용성을 검토하였다.

2. 수치모형의 개요

본 연구에서 사용하는 지형변동 예측모형은 저면에서의 부상·침강향을 포함하는 표사의 이류 확산방정식을 해석함으로써 세굴·퇴적되는 실트의 양을 예측하는 모형이다.

2.1 외력장의 계산

외력장계산모형은 연직방향으로는 균질하다는 가정하에 2차원 비정상류를 모의하기위한 것으로 수심을따라 적분된 저질과 운동량의 보존에 관한 방정식인 연속방정식과 운동방정식을 사용하였다.

* 명지대학교 토목환경공학과 박사과정

** 관동대학교 건설환경시스템공학부 부교수

*** 관동대학교 건설환경시스템공학부 교수

**** 명지대학교 토목환경공학과 교수

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{H} \right) + gH \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} \right) + gM \frac{\sqrt{M^2 + N^2}}{C^2 \cdot H^2} \quad (2)$$

$$- \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial M}{\partial x} + K_y \frac{\partial M}{\partial y} \right) - \Omega N - fVV_x + \frac{\partial H(p_a)}{\partial x} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{H} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{H} \right) + gH \left(\frac{\partial \eta}{\partial y} \right) + gN \frac{\sqrt{M^2 + N^2}}{C^2 \cdot H^2} \quad (3)$$

$$- \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial N}{\partial x} + K_y \frac{\partial N}{\partial y} \right) - \Omega M - fVV_y + \frac{\partial H(p_a)}{\partial y} = 0$$

여기에서, η 는 수위, M, N 은 수평 선유량성분이고, g 는 중력가속도, $H(=h+\eta)$ 는 실제의 수심, h 는 정수시의 수심이며, C 는Chezy 상수 ($m^{1/2}/s$), $f(V)$ 는 바람저항계수이고, $V, V_x, V_y(x, y, t)$ 는 x, y 방향의 풍속과 x, y 의 성분(m/s), Ω 은 위도에 따라 달라지는 Coriolis 계수 (s^{-1}), P_a 는 대기압 ($kg/m/sec^2$)이다.

2.2 지형변동량계산

주어진 시간과 위치에서의 부유된 실트에 관한 농도이동 해석은 이류확산방정식에 의해 계산할 수 있다.

$$\frac{\partial(h\bar{C})}{\partial t} + \frac{\partial(hu\bar{C})}{\partial x} + \frac{\partial(hv\bar{C})}{\partial y} = \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(hK_x \frac{\partial \bar{C}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(hK_y \frac{\partial \bar{C}}{\partial y} \right) + Q_L C_L - S$$

여기에서, \bar{C} 는 수심평균농도(g/m^3), u, v 는 각각 수심평균유속(m/s), K_x, K_y 는 x, y 방향의 확산계수(m^2/s)이고, h 는 수심(m), S 는 퇴적/침식항($g/m^3/s$)이며, Q_L 은 단위수평면적당 source유출량($m^3/s/m^2$)이고, C_L 은 source유출의 농도(g/m^3)를 나타낸다.

부상항과 침강항 S 는 국부 동수역학조건이 하상이 침식되는가 또는 퇴적이 되는가에 의존하고, S 는 침식과 퇴적과정이 분리된다는 개념에 기초로 하고 있다.

3. 적용성에 따른 계산결과의 상호비교

대상지역의 현지관측 자료를 바탕으로 수치모형을 실시하여 현장관측치와의 비교 및 모형간의 계산치와의 상호비교를 실시할 목적으로 신항만건설 예정지역인 경남 진해시와 가덕도를 포함하

는 해역을 적용대상해역으로 선정하여 지형변화 수치시물레이션을 실시하였다.

3.1 대상지역의 현황

조사대상지역은 신항만건설 예정지역인 경남 진해시와 가덕도를 포함하는 해역으로서 주변해역의 수심분포를 살펴보면 동측 진우도로부터 남측으로 갈수록 점차 규칙적으로 깊어지는 분포를 나타내고 있으며 간사지형으로부터 수심 약 39m 이내로 분포되어 있다. 또한 가덕도 북측 용원동과 가덕도 사이는 수심 약 10m 이내로 얕은 수심분포를 이루고 있다.

가덕도 지역의 평균고조시간 간격은 8시간 18분 정도이며 대조승은 약 1.7m로서 부산항보다는 0.5m정도 높으나 서해안 및 남해안 서부에 비하여 조차가 적은 편이며, 일조부등은 현저하지 않으며 1일 2회 규칙적으로 나타나며 최고고조가 하계에는 야간에 동계에는 주간에 나타난다. 그림 1은 연속조류관측 및 층별조류관측 지점을 나타내는 위치도이다.

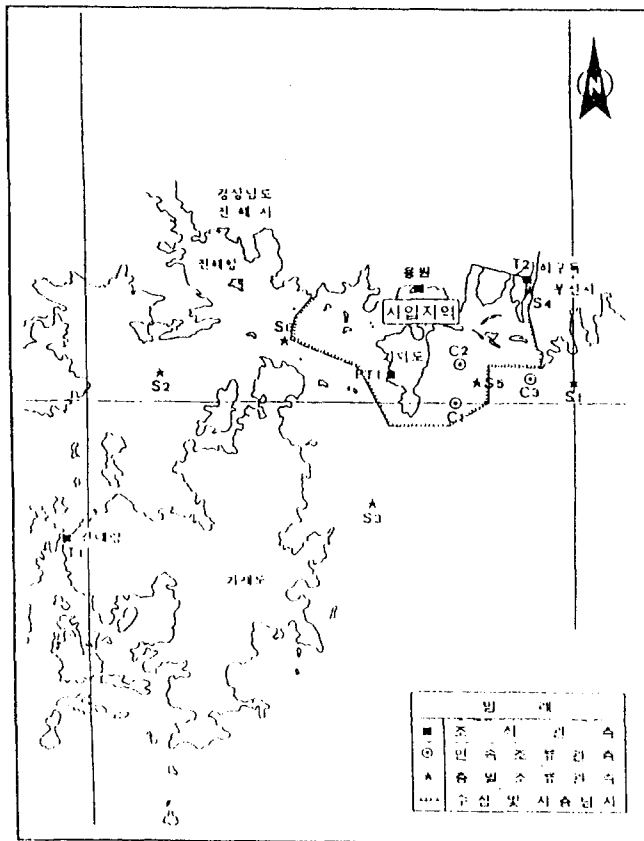


그림 1 조류관측 위치도

3.2 외력장 계산결과 및 상호비교

흐름장 계산을 시작하여 충분히 안정상태에 달했다고 판단되었을 때 KSILT-II모형과 MIKE21 모형의 창조시 유속분포는 그림 2와 3에서 나타내는 바와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 가덕도 일대의 전체적인 흐름방향은 동측해역으로부터 유입되기 시작하여 남측해역으로 빠져나가는 흐름의 형상을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

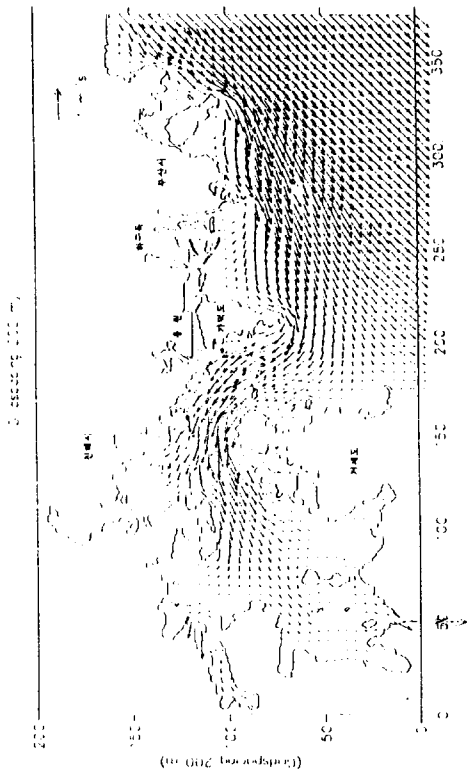


그림 2 MIKE21 모형의 유속분포(창조)

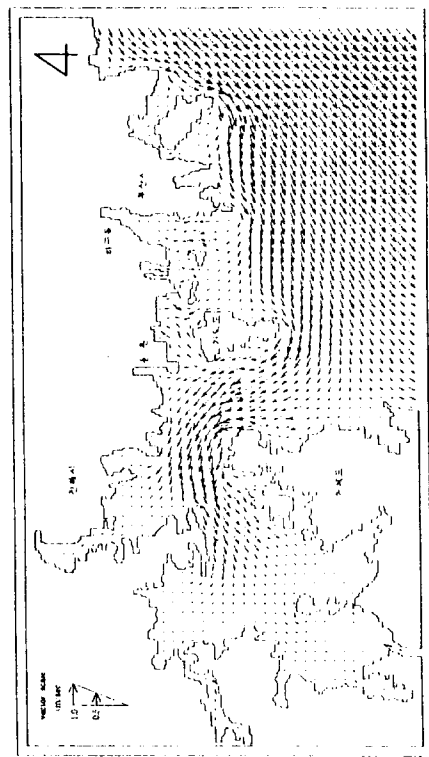


그림 3 KSILT-II 모형의 유속분포(창조)

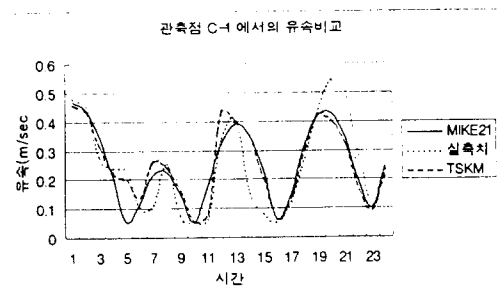


그림 4(a) 시간별 유속변화(C-1)

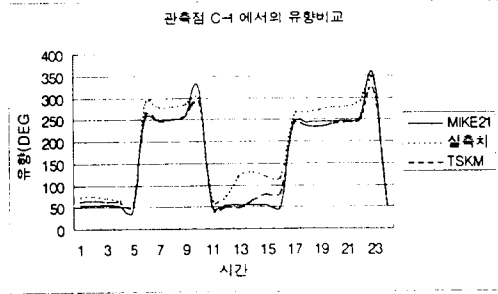


그림 4(b) 시간별 유향변화(C-1)

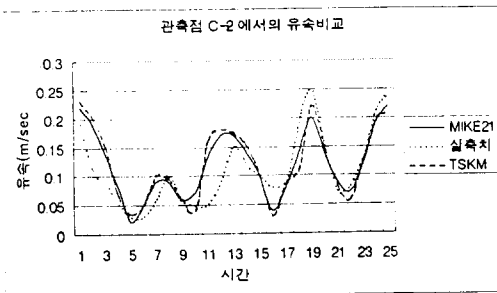


그림 5(a) 시간별 유속변화(C-2)

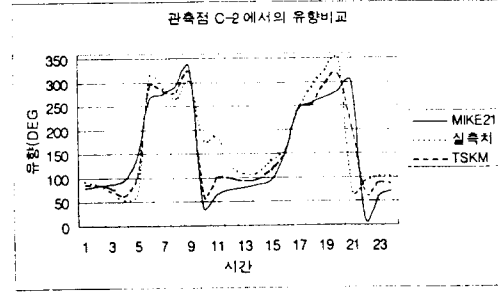


그림 5(b) 시간별 유향변화(C-2)

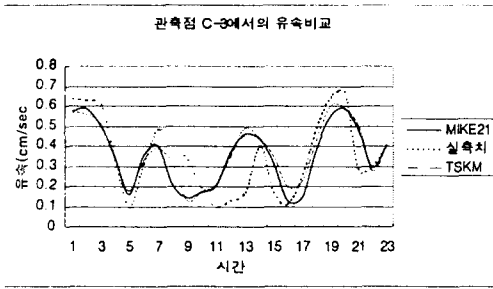


그림 6(a) 시간별 유속변화(C-3)

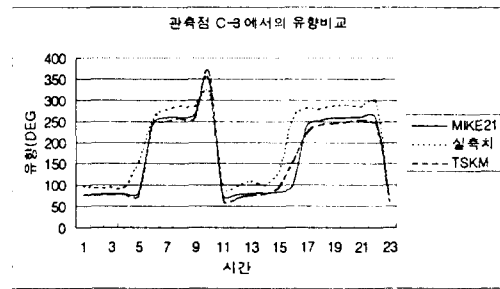


그림 6(b) 시간별 유향변화(C-3)

두모형을 실측치와 비교하기 위하여 연속조류관측을 실시한 지점에서 시간에 따른 조류의 변화를 그림 4(a),(b)~6(a),(b)에서 나타내고 있다. 앞서나타낸 흐름장의 상황 및 연속조류관측결과와 모형간의 비교에서 알 수 있듯이 모형과 실측치간의 오차범위는 10~15% 정도를 나타내고 있으며, 전체적인 흐름장 계산결과 두모형 모두 실측치와 잘 일치되는 흐름상황을 나타내었다.

3.3 지형변동 계산결과 및 상호비교

외력장 계산에 의해 얻어진 외력 조건을 토대로 하여, 표사이동 수치시물레이션을 실시하여 주변해역의 저질이동 상황을 살펴보았다. 또한 층별조류 관측을 실시한 지점과 동일한 지점에서 부유사 관측을 실시하였으므로 S1, S2, S3 지점에서 수치모형의 부유사 농도분포 계산치를 분석하였다.

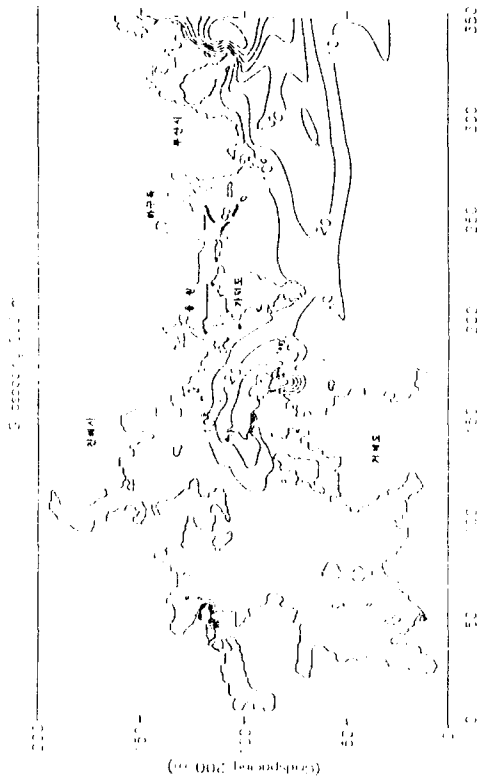


그림 7 MIKE21 모형의 농도분포(낙조)

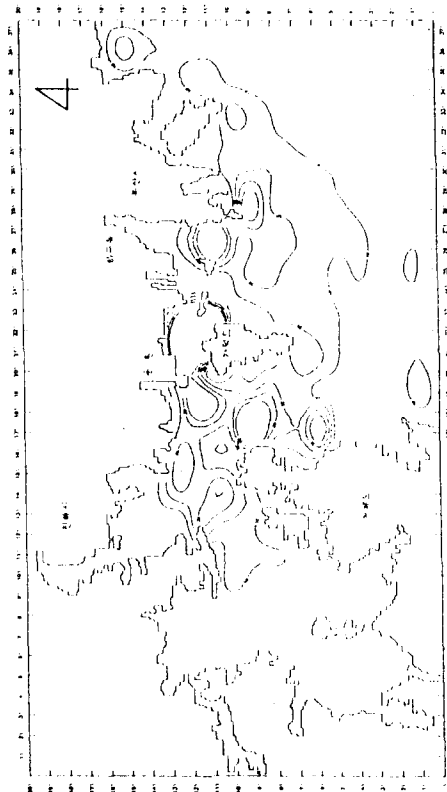


그림 8 KSILT-II 모형의 부유사 농도분포(낙조)

MIKE21모형과 KSILT-II모형의 부유사 농도분포는 그림 7과 8에서 나타내는 바와 같다. 그림에서 알 수 있듯이 가덕도주위로 10~30 mg/l의 부유사 증가선이 가덕도 서측해역으로 널리 퍼져 나가고 있으며, 가덕도 근접해역에서는 10 mg/l의 분포를 나타내고 있다.

두 모형의 부유사 분포 특성을 좀더 정확히 분석하기 위해 부유사 관측지점에서의 실측치와 계산치를 표 1에서 나타내고 있다. 표에서 나타내는 바와 같이 전반적인 농도분포는 80~90% 정도의 일치도를 보여주고 있음을 알 수 있었다.

표 1 각 지점별 부유사농도 비교·분석

(단위 : mg/l)

측점	창조시					낙조시				
	M	오차	K	오차	실측치	M	오차	K	오차	실측치
S1	17.8	4.7	15.1	11.7	17.0	20.22	9.8	14.7	20.0	18.4
S2	14.16	14.0	13.1	21.0	16.6	12.0	16.0	14.1	1.8	14.4
S6	24.7	9.5	18.5	17.0	22.5	21.5	8.5	25.0	6.7	23.5

(M : MIKE 21, K : KSILT-II 모형)

지형변동량에 있어서는 두모형 모두 가덕도 주변의 서측해역에서 약 $2\sim 3kg/m^2$ 의 표사이동 현상이 발생되고 있는 것으로 나타났으며, 또한 가덕도 남측과 동측해역에서는 전반적인 표사이동 현상은 $1\sim 2kg/m^2$ 이내임을 알 수 있었다. 따라서 가덕도 일대의 전반적인 표사이동 현상은 아주 미세한 것임을 알 수 있었으며, 이와같은 현상은 아직까지 항만구조물이 건설되지 않은 상태이므로 구조물 건설에 수반한 외력 및 단면특성의 변화로 순간적 대규모 지형변동 현상이 발생하지 않았기 때문이라 사료된다.

4. 참고문헌

- Rijn, L.C., "Sediment Transport, Part II Suspended Load Transport" Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 110, No. 10, October, 1984.
- Engelund, F., Fredsoe, J., "A sediment transport model for straight alluvial channels" Nordic Hydrology 7, 1976, pp. 293-306.
- Mehta, A.J., Hayter, E.J., Parker, W.R., Krone, R.B., Teeter, A.M., "Cohesive Sediment Transport. I: Process Description" Journal of Hydraulic Eng., Vol. 115, No. 8, Aug. 1989, pp. 1076-1093
- Ekebærg, L. and Justesen, P., "An Explicit Scheme for Advection-Diffusion Modelling in Two Dimensions" Comp. Meth. App. Mech. Eng., 1991, pp. 287-297