

# 부산 신항-낙동강 하구역 연결잔교부의 물질수송 해석(II) - 잔교 주변 해저수심변화에 따른 해수소통량 예측 -

이영복\* · 류승우\* · 윤한삼\*\*

\* 부경대학교 해양공학과, \*\* 부경대학교 해양산업개발연구소

## Estimation of Sea Water Transport by Water-depth Variation at Pier-bridge between Busan New-port and the Nakdong River Estuary

Young-Bok Lee\* · Seung-Woo Ryu\* · Han-Sam Yoon\*\*

\* Dept. of ocean Engineering, Pukyong National University, Busan, 608-737, Korea

\*\* Research Center for Ocean Industrial Development, Pukyong National University, Busan, 608 737, Korea

**요 약** : 부산 신항과 낙동강 하구역의 접점인 연결잔교를 통해 소통되는 해수수송 특성을 파악하기 위해 수치모형실험을 통해 대상해역의 해수유동장을 재현하고 연결잔교 주변의 해저수심변화를 가지는 3가지 시나리오를 설정하여 각 시나리오별 연결잔교부를 통한 해수소통 변화량을 예측하였다. 수치모의 결과를 요약하면 다음과 같다. 1) 신항만 지역에 항내매몰로 수심이 저감된 경우(수심 10 m 가정)에는 약 0.7~18.4% 해수소통량이 저감되었다. 2) 해수소통을 위해 낙동강 하구역 지역에 수로준설(수심 5 m 가정)을 할 경우 약 3.5~21.9%의 해수소통량이 증가하였다.

**핵심용어** : 부산 신항, 낙동강 하구역, 연결잔교, 수치모형실험, 해수소통량

**Abstract** : This study analyzed the characteristics of sea water transport between Busan New-port and the Nakdong River estuary. Numerical modeling was used to evaluate the characteristics of the tidal current. Numerical simulations of three different topographies were conducted. The results are summarized as follows: 1) The volume of sea water transport was reduced by 0.7~18.4% when water depth was decreased at Busan New port (10 m); 2) The volume of sea water transport was increased by 3.5~21.9% when a channel (depth 5 m) was constructed in the direction of the Nakdong River estuary.

**Key Words** : Busan new-port, Nakdong river estuary, Pier bridge, Numerical simulation, Sea water transport

### 1. 서 론

신항(Busan new-port)은 자연 해안을 매립하여 접안시설 건설 및 방파제 등을 축조함으로써 인근 주변 해역의 해수유동 변화 및 퇴적환경의 변화, 공사 중 또는 완료 후 오염물질 확산 양상의 변화가 예상되는 곳으로 특히, 인근에 낙동강 하구역을 끼고 있어 하구역 환경의 변화에 지대한 영향을 미칠 것으로 보인다(현, 1997). 낙동강 하구역의 경우 하구둑 건설, 녹산/명지 택지조성 등 각종 산업시설 및 주거시설 건설 등으로 해양 환경변화가 예상되는 지역으로서 그 변화양상은 더욱 복잡하게 발생될 지역으로 평가받고 있다(윤 등, 2007).

이상과 같이 신항과 낙동강 하구역간 해수소통이 이루어지는 연결 잔교(Pier bridge)는 신항 북컨테이너 부두와 남컨테이너 부두를 연결하는 잔교의 기본적인 기능뿐만 아니라 신항과 하구역을 연결하는 해수소통로 역할도 함께 수행한다. 연결부는 동서 방향 200 m, 남북방향 700 m의 크기를 가지며 여기서

잔교부는 북컨테이너 부두로부터 300 m이다(Fig. 1).

김과 하(2001)와 채(2007) 등의 기존 연구자들에 의해 제시된 바와 같이 대상해역은 퇴적 및 침식, 해수유동장 변화가 불가피한 지역이며 이는 향후 신항만에서 발생할 수 있는 항내매몰 문제와 오염물질 확산양상의 변화에 직·간접적인 영향을 미칠

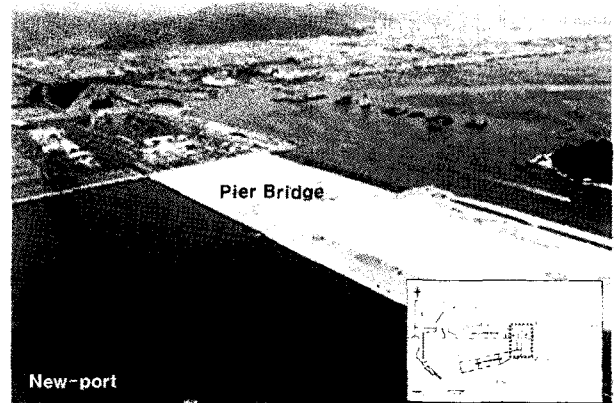


Fig. 1. The station on the pier bridge in Busan New-port.

\* 대표저자 : snemftm@nate.com, 051-629 6580

\*\* 교신저자 : 정희원, yoonhans@pknu.ac.kr, 051-629-7375

것으로 생각된다. 즉, 하구역 지형들은 인위적인 연안역 개발 공사에 따른 낙동강의 수력학적 특성변화를 반증하고 있으며 이로 인한 지형 변화는 낙동강 하구는 물론 인접한 진해만까지 영향을 미치고, 결과적으로 주변해역의 퇴적환경에 상당한 변화를 초래할 것으로 예상된다.

따라서 본 연구는 신항만 건설로 인해 발생할 수 있는 여러 가지 문제점들을 이해하고 신속하게 대처하기 위한 기초자료를 만들고자 하는데 그 목적이 있다. 특히, 두 해역의 유일한 소통구인 연결잔교를 통해 유·출입되는 해수소통량(수송량)을 파악하고자 한다. 이를 위해 해수소통량을 평가하기 위한 수치모형을 구축하고 대상해역의 해수유동장을 재현하였다. 또한 수치모형의 실험을 통해 현상에서의 해수유동장을 재현하여 현장 조사결과와 검증을 실시하였으며, 연결잔교부 주변의 항내매물 및 하구역 퇴적현상으로 인해 발생할 수 있는 수심변화 조건을 3가지 시나리오로 가정하여 잔교를 통해 소통되는 해수소통량을 정량적으로 평가하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 수치모형(EFDC model) 개요

본 연구의 대상해역인 신항만과 낙동강 하구역은 완만한 저지경사를 보이는 지역이므로 조간대가 넓게 분포하는 지형적 조건임을 고려하여 조간대를 처리할 수 있고 연직좌표체계로  $\sigma$ -좌표를 사용하는 EFDC(Environmental Fluid Dynamics Code)모형을 수치모형실험에 적용하였다. EFDC모형은 연안, 하구, 습지, 저수지 등의 유동 및 물질수송을 모의하는 3차원 모델로서 미국 Virginia Institute of Marine Science에서 개발되었으며, 미국환경청의 공인모델로 지정되어있다. 수평적으로 직교 혹은 곡면(Cartesian or curvilinear) 좌표계를 사용하며 Arakawa C-grid로 구성되어 있고 수직적으로는  $\sigma$ -좌표계를 사용한다.

그리고 Galperin et al.,(1998)에 의해 수정된 Mellor-Yamada level 2.5 난류모델(Mellor and Yamada, 1982)을 사용하여 수직혼합을 계산한다. 질량보존방범을 이용하여 조간대 처리가 가능하고 와동점성계수는 Smagorinsky(1963)의 식을 이용하여 매시간 계산한다. 시공간적으로 second order의 높은 정확성을 얻기 위하여 수치적 확산 에러를 최소화할 수 있는 multi-dimensional positive definite advection transport algorithm(Smolarkiewicz and Clark, 1986)을 사용하는 것으로 알려져 있다. 내부와 외부모드를 분리하여 계산하는 모드분리기법을 적용하여 계산시간을 단축하고 HEM-3D(a 3-Dimensional Hydrodynamic Eutrophication Model)와 연계도 가능하다.

또한 EFDC 모형은 연속방정식과 운동방정식, 열염 보존방정식들로 구성되어 있으며, 열염 보존방정식은 밀도차에 의한 경압력에 의하여 운동방정식과 연계되어 있다. 유체정력학적 가정과 Boussinesq 근사를 적용하면 수직 적분된 기본방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

연속방정식

$$\frac{\partial m\zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Hu) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hv) + \frac{\partial}{\partial z}(mw) = 0$$

운동방정식

$$\frac{\partial mHu}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Huu) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hvu) + \frac{\partial}{\partial z}(mwu)$$

$$- \left( mf + v \frac{\partial}{\partial x} m_y - u \frac{\partial}{\partial y} m_x \right) Hv = -m_y H \frac{\partial}{\partial x} (g\zeta + p)$$

$$- m_y \left( \frac{\partial h}{\partial x} - z \frac{\partial H}{\partial x} \right) \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left( mH^{-1} A_v \frac{\partial u}{\partial z} \right) + Q_u$$

$$\frac{\partial mHv}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y Huv) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x Hvv) + \frac{\partial}{\partial z}(mwv)$$

$$+ \left( mf + v \frac{\partial}{\partial x} m_y - u \frac{\partial}{\partial y} m_x \right) Hu = -m_x H \frac{\partial}{\partial y} (g\zeta + p)$$

$$- m_x \left( \frac{\partial h}{\partial y} - z \frac{\partial H}{\partial y} \right) \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial z} \left( mH^{-1} A_v \frac{\partial v}{\partial z} \right) + Q_v$$

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -gH(\rho - \rho_0)\rho_0^{-1} = -gHb$$

물질보존방정식

$$\frac{\partial mHS}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y HuS) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x HvS) + \frac{\partial}{\partial z}(mwS)$$

$$= \frac{\partial}{\partial z} \left( mH^{-1} A_v \frac{\partial S}{\partial z} \right) + Q_s$$

$$\frac{\partial mHT}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(m_y HuT) + \frac{\partial}{\partial y}(m_x HvT) + \frac{\partial}{\partial z}(mwT)$$

$$= \frac{\partial}{\partial z} \left( mH^{-1} A_v \frac{\partial T}{\partial z} \right) + Q_T$$

여기서,  $h, \zeta$  : 기준면 하 수심(m) 및 기준면 상 수위(m),  $u, v$  : 직교하는 곡선좌표계  $x, y$ 에서의 수평유속(m/s),  $m_x, m_y$  : 곡선좌표계 임의거리  $ds^2 = m_x^2 dx^2 + m_y^2 dy^2$ 을 만족시키는 metric tensor의 대각성분의 제곱근,  $w$  : 변환된 무차원 연직좌표계  $z$ 에서의 수직유속성분,  $H$  : 총수심,  $p$  : 압력, 수심  $z$ 에서 기준수압과의 차를  $\rho_0$ 로 나눈 값,  $f$  : Coriolis parameter,  $A_v, A_b$  : 수직 난류점성계수 및 난류확산계수,  $Q_u, Q_v$  : 운동량 source-sink 항,  $\rho$  : 밀도,  $T, S$  : 수온과 염분,  $b$  : 부력(m/s),  $Q_T, Q_S$  : 수온 및 염분의 source-sink 항이다.

EFDC모형은 staggered grid에 속하는 Arakawa C grid를 사용하며, 동쪽으로 갈수록  $x$ 가, 북쪽으로 갈수록  $y$ 가, 수직 위로 갈수록  $z$ 가 증가하는 좌표계를 사용한다. 기본방정식의 수치해법은 유한차분법과 질량 및 부피 보존을 위한 유한체적법을 사용하며, 수심, 잉여압력, 해저면 경사의 차분화시 2차 정확도를 갖는 중앙차분법(centered differencing)을 사용한다.

운동방정식에서 Coriolis force항과 Curvature항은 2차 정확도를 갖는 에너지 보존기법(Arakawa and Lamb, 1997)을 사용

한다. 빠르게 전파되는 외부 중력파를 계산하는 외부모드(external mode) 계산시 수평방향으로, 수직적 구조를 계산하는 내부모드(internal mode) 계산시 수직방향으로 음해법을 적용하므로 계산의 효율이 높다.

2.2 모형 계산영역 및 격자구성

수치모형의 계산영역은 진해에서 다대포까지 연구 대상해역인 신항만과 낙동강 하구역을 충분히 고려할 수 있도록 동서방향 25.2 km, 남북방향 16.7 km의 계산영역으로 설정하였고, 모형의 격자크기는 가로, 세로 100 m의 정방격자를 사용하였다(Fig. 2). 해안선 및 수심은 전자수치해도(국립해양조사원, 2006)로부터 추출하였으나 현재 신항만 지역의 수심은 준설이 되었거나 진행 중이기 때문에 수심이 수치해도와 상당부분 불일치하였다. 따라서 신항만 지역의 수심은 설계계획수심라인을 참고하여 수심을 보정하여 적용하였으며, 수치모의에 사용된 개방경계는 Fig. 2의 수심도에 표기된 P1~P5지점으로 경계조건은 Table 1에 나타내었다.

2.3 실험조건 및 시나리오 설정

신항과 낙동강 하구역의 두 해역간 유일한 소통구인 연결잔교를 통해 유·출입되는 해수소통량(수송량)을 파악하고자 구축되어진 수치모형을 이용하여 현상태의 해수유동장을 재현하였으며, 현장조사된 조석 및 조류속 관측 결과와 비교하여 모형을 검증하였다. 또한 장래 신항 건설 완공후의 경우에 대해서는 신항만 지역의 설계계획수심(16m)으로 가정하여 해수유동장을 재현하였다.

또한 두 해역간 물질수송량을 평가할 위해 연결잔교지역에서 현장관측된 조석 및 조령변 탁도와 수치모형실험에서 계산된 연결잔교단면의 해수소통량(Sea water transport)을 곱하여 소조기와 대조기시의 해수중에 포함되어진 탁도를 바탕으로 산정되어진 물질수송량(Material transport)을 계산하였다.

연결잔교부 주변의 항내매몰 및 하구역 퇴적현상으로 인해 발생할 수 있는 수심변화 조건으로는 3가지의 지형을 대상으로

Table 1. Open boundary conditions for the computation area

Compon	M <sub>1</sub>		S <sub>1</sub>		K <sub>1</sub>		O <sub>1</sub>	
	H(cm)	K(°)	H(cm)	K(°)	H(cm)	K(°)	H(cm)	K(°)
P <sub>1</sub>	59.04	240.94	27.43	269.24	6.77	153.35	3.64	131.15
P <sub>2</sub>	58.97	240.95	27.35	269.25	8.32	153.35	4.47	131.15
P <sub>3</sub>	54.54	240.85	25.30	269.15	7.69	153.25	4.14	131.55
P <sub>4</sub>	48.02	240.45	22.27	268.75	6.77	152.85	3.64	131.15
P <sub>5</sub>	47.97	240.45	22.25	268.75	6.76	152.85	3.63	131.15

가상 시나리오를 설정하고 각 Case별 수치모의를 실시하였다. 설정한 가상 시나리오는 ① C-1은 신항만 완공 후의 지형, ② C-2는 신항만지역에 항내매몰이 발생하였다고 가정하여 신항만 지역의 수심을 10 m로 보정한 지형, ③ C-3는 신항만과 낙동강 하구역간에 수심 5 m의 수로를 건설한 지형으로 설정하였다.

3. 연구결과 및 고찰

3.1 수치모형의 검증

조위 및 조류에 대한 검증은 모델 영역내에 위치하고 있는 가덕 검조소(Fig. 2)의 자료(국립해양조사원, 2007)와 연결잔교에서 계측한 유속자료를 이용하여 각각 검증을 실시하였으며, 조위의 경우인 Fig. 3에서 관측값과 계산값의 주요 4대분조의 시계열이 양호하게 일치하는 것으로 판단되나 대조기 낙조시 부분적으로 계산값과 관측값이 불일치하는 상황이었는 데 이는 검조소와 현장조사지점과의 거리 및 연결잔교부가 극천해지역으로서 천해분조의 영향이 고려된 것으로 생각된다. 또한 15일 동안의 매시간별 최대유속의 연결잔교지역 유속계산결과를 Fig. 4와 같이 조류분산도로 나타내어 본 결과에 따르면 주 흐름이 동북동(ENE)과 서남서(WSW)방향을 왕복하는 흐름패턴을 나타내었는데 이는 현장관측시의 흐름패턴과 일치하는 결과이며 그 크기에 있어서는 약 20% 정도 과대평가되는 것으로 나

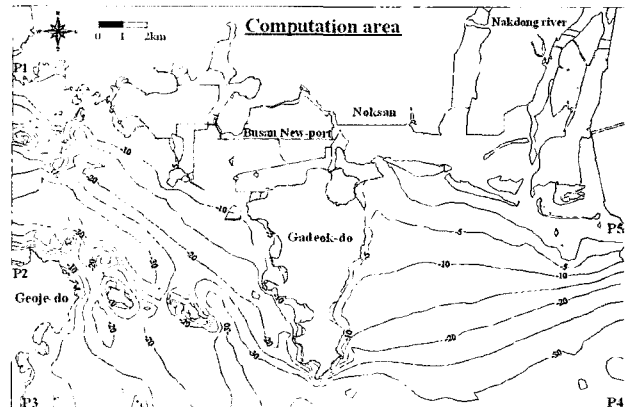
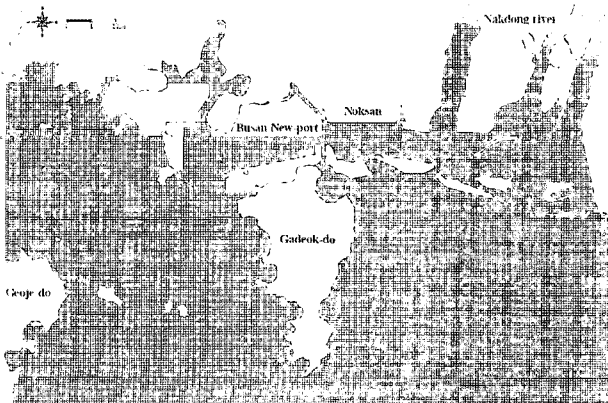


Fig. 2. Horizontal grid system (left side) and distribution of water depth (right side) in the computation domain.

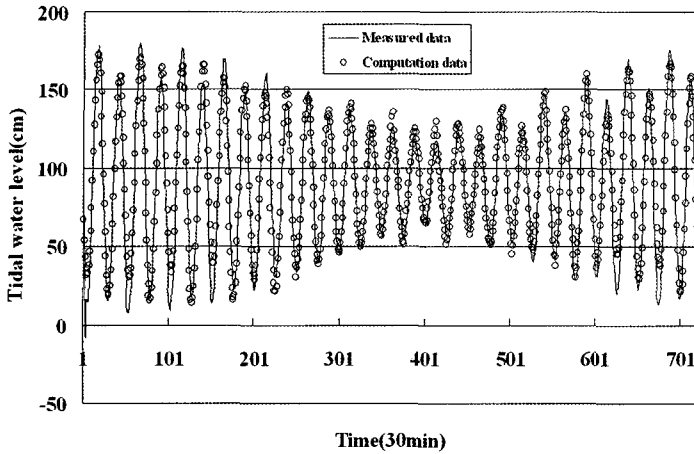


Fig. 3. Verification of the computation data.

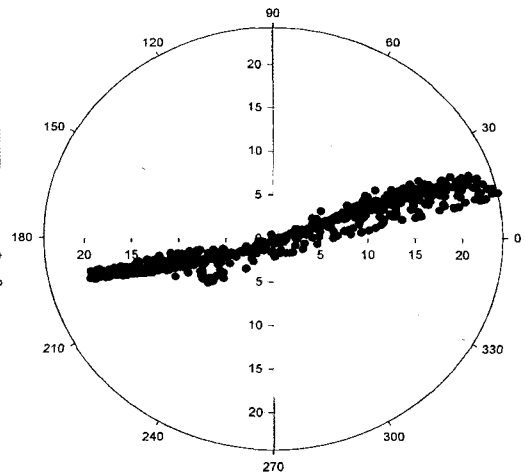


Fig. 4. Distribution of the directional velocity for the computed data.

타났다. 이와 같은 결과는 현장조사시 영향을 미칠 것으로 생각되는 기상조건이 모형에서는 고려되지 못함으로 인한 영향으로 생각되며 향후 이부분에 대해서 보다 면밀한 검토가 요구된다고 할 것이다.

### 3.2 연결잔교부 인근의 해수유동 특성

구축되어진 수치모형을 이용하여 현상태의 해수유동장을 재현하고 대조기시 최강 창·낙조류 흐름 패턴을 살펴보면 최강 창조시 연결잔교 지역에서는 신항만으로부터 낙동강 하구역으로 해수가 유입되는 결과를 보였으며, 최강 낙조시에는 창조시와 반대 방향의 결과를 보여 현장관측결과와 동일한 흐름패턴을 잘 나타내었다(Fig. 5).

연결잔교부 주변해역의 3가지 가상 수심변화 시나리오에 따른 수치모의계산 결과를 살펴보면 C-1의 경우 소조기 평균유속은 6.33 cm/s, 대조기 평균유속은 13.63 cm/s로 나타났으며, C-2의 경우 소조기 평균유속은 10.44 cm/s, 대조기 평균유속은 30.63 cm/s, C-3의 경우 소조기 평균유속은 8.97 cm/s, 대조기 평균유속은 15.41 cm/s로 나타났다. 계산된 결과를 비교하여 보면 C-1과 C-2의 경우 계산 기간 동안의 평균유속은 C-2가

C-1보다 소조기에 약 40%, 대조기에 약 30% 크게 나타났다.

### 3.3 수심변화 시나리오별 물질수송량

연결잔교부 주변해역의 3가지 가상 수심변화 시나리오에 따른 수치모의계산 결과는 Table 2와 같이 나타낼 수 있다. Fig. 6~Fig. 8은 각각 C-1, C-2, C-3의 최소, 평균, 최대 평균물질수송량의 시간별 시계열을 나타낸 결과이다.

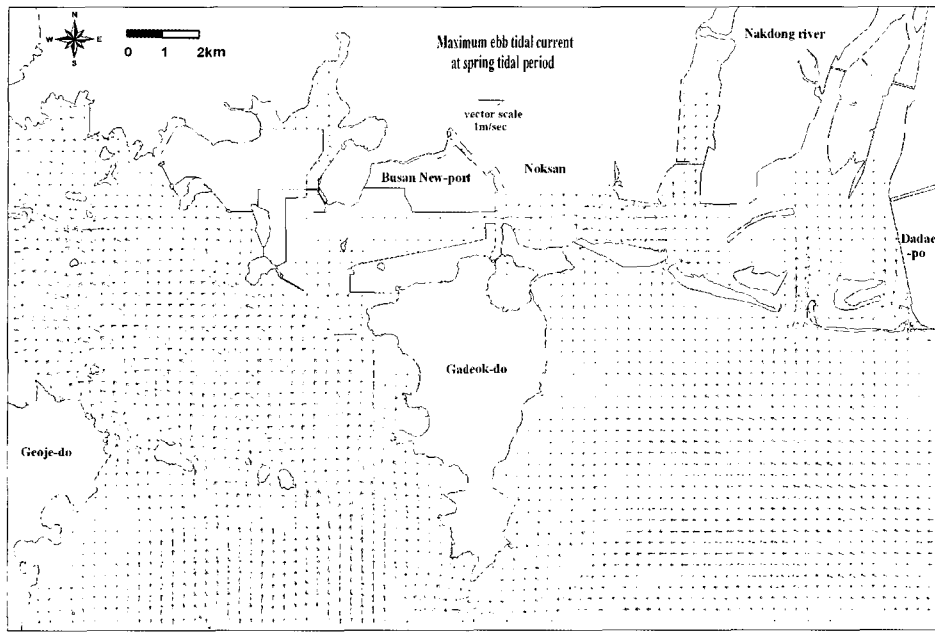
세부적으로 그 결과를 살펴보면 C-1의 경우 소조기 단위시간당 총 물질수송량은 1,810.94 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)236.74 ton/day, 대조기 단위시간당 총 물질수송량은 3,242.59 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)111.46 ton/day로 나타났다. 또한 C-2의 경우 소조기 단위시간당 총 물질수송량은 1,798.85 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)264.38 ton/day, 대조기 단위시간당 총 물질수송량은 2,646.43 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)28.51 ton/day로 나타났다. C-3의 경우 소조기 단위시간당 총 물질수송량은 2,467.76 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)269.57 ton/day, 대조기 단위시간당 총 물질수송량은 3,355.78 ton/day, 잔차 물질수송량은 (-)24.19 ton/day로 나타났다.

계산된 결과를 비교하여 보면 단위시간당 물질수송량은 C-1

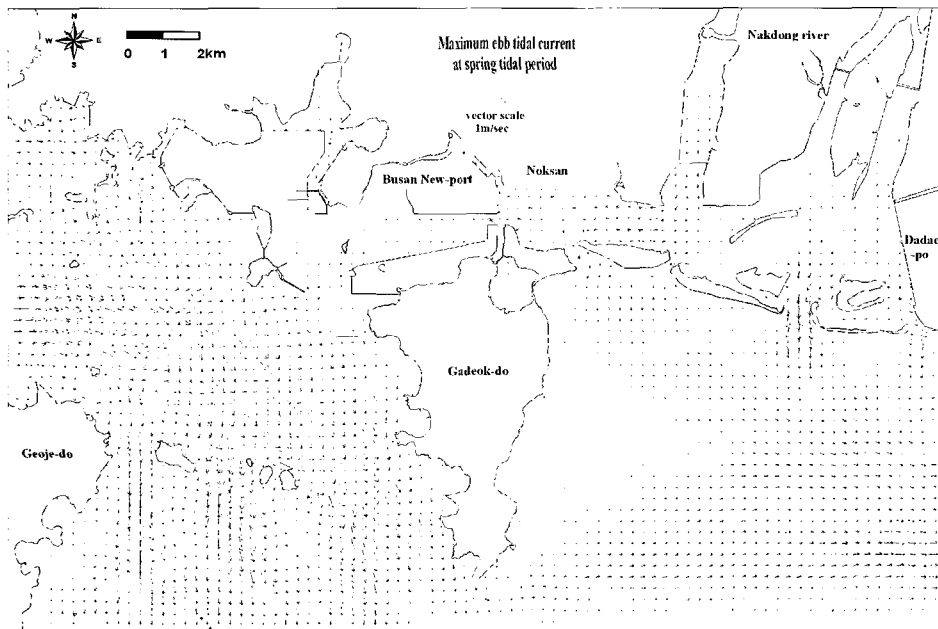
Table 2. Comparison of the calculated results for the three scenarios.

Division Scenario	Neap tide		Spring tide	
	Volume of material transportation	Residual volume of material transportation	Volume of material transportation	Residual volume of material transportation
C-1	1,810.94 ton/day (100%)	(-)236.74 ton/day	3,242.59 ton/day (100%)	(-)111.46 ton/day
C-2	1,798.85 ton/day (99.3%)	(-)264.38 ton/day	2,646.43 ton/day (81.6%)	(-)28.51 ton/day
C-3	2,467.76 ton/day (121.9%)	(-)269.57 ton/day	3,355.78 ton/day (103.5%)	(-)24.19 ton/day

부산 신항-낙동강 하구역 연결잔교부의 물질수송 해석(II)  
 - 잔교주변 해저수심변화에 따른 해수소통량 예측 -



(a) Flood tidal current vector



(b) Ebb tidal current vector

Fig. 5. Computed tidal current vector diagram during the spring tide.

이 C-2보다 대조기에 약 18.4% 더 많이 수송되는 결과를 보였으며, 소조기에는 C-1이 1,810.94 ton/day, C-2가 1,798.85 ton/day로 미미한 차이지만 C-1이 더 많이 수송되는 결과를 보였다. C-2의 경우 평균유속은 C-1 보다 크게 나타났지만 단위 시간당 총 물질수송량은 C-1이 더 많은 결과를 보였는데 이것은 C-2의 통수단면적이 줄어들었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 C-1과 C-3의 경우 계산 기간 동안의 평균유속은 C-3이 C-1보다 소조기에 약 30%, 대조기에 약 12% 크게 나타났다. 단위시간당 물질수송량은 C-3이 C-1보다 소조기에 약 21.9%, 대조기에 약 3.5% 더 많이 수송되는 결과를 보였다. 단위시간

당 잔차 물질수송량을 비교해 보면 모든 Case에서 양적인 차이는 있지만 낙동강 하구역에서 신항만으로 물질수송이 더 많이 일어나는 결과를 나타내었다.

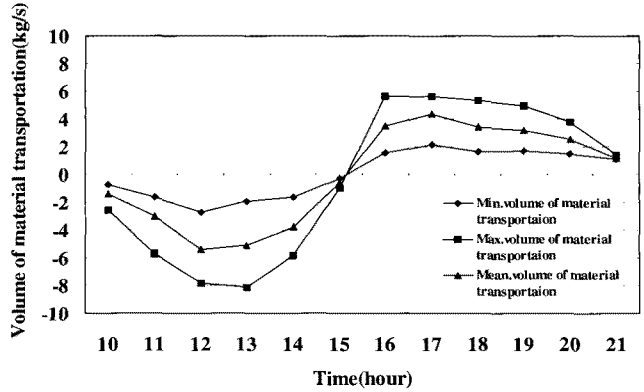
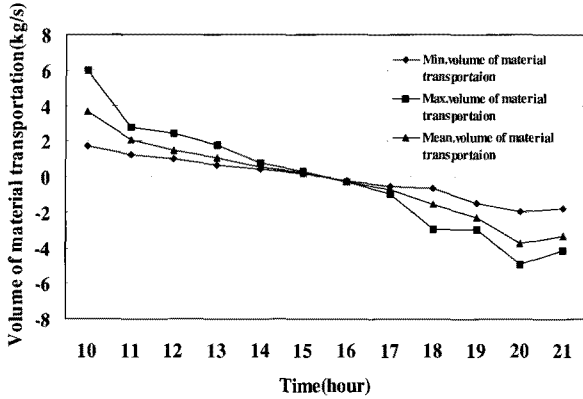
이상의 결과를 정리해 보면 신항만 완공후의 시점에서 먼저, 신항만 지역에 항내매몰로 수심이 저감된 경우(수심 10 m 가정)에는 약 0.7~18.4% 물질수송량이 저감하게 되며, 다음으로 해수소통을 위해 낙동강 하구역 지역에 수로준설(수심 5 m 가정)을 할 경우 약 3.5~21.9%의 물질수송량이 증가하는 것을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 신항(Busan new-port)과 낙동강 하구역의 접점인 연결잔교를 통해 소통되는 해수의 수리적인 특성을 파악하고 현장관측결과와 수치모형실험을 통해 연결잔교부를 통한 물질수송량을 평가하고자 하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

단위시간당 물질수송량은 신항 완공 후의 지형이 신항 완공 후 항내매물을 가정한 지형보다 대조기에 약 18.4% 소조기에는 0.7% 더 많이 수송되는 결과를 보였으며, 평균유속은 신항 완공 후 항내매물을 가정한 지형이 신항 완공 후의 지형 보다 크게 나타났지만 단위시간당 총 물질수송량은 신항 완공 후의 지형이 더 많이 수송되는 결과를 보였다.

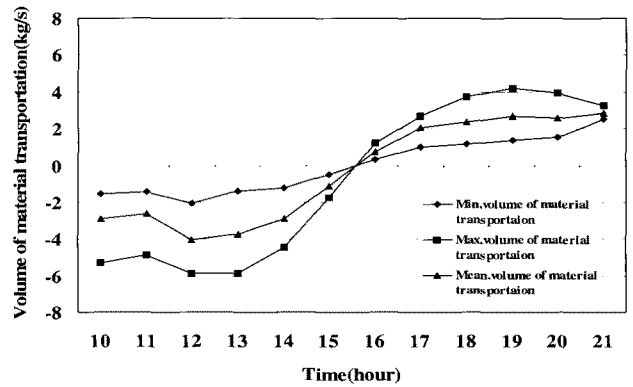
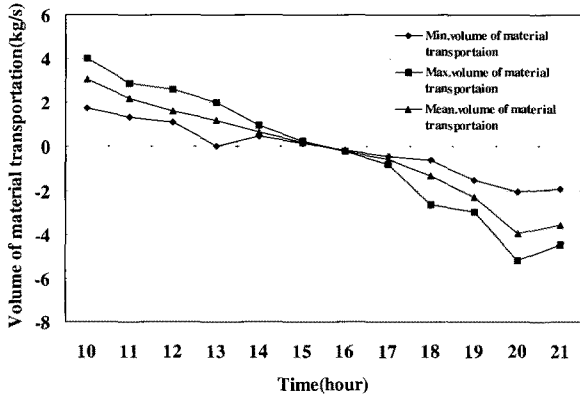
이에 대한 원인은 항내매물을 가정한 지형은 통수단면적이



(a) Neap tide

(b) Spring tide

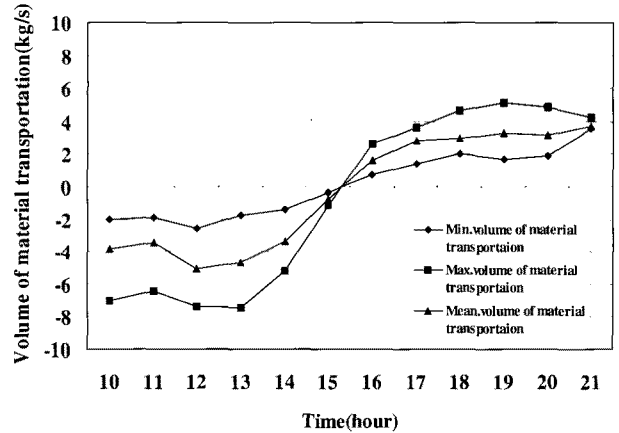
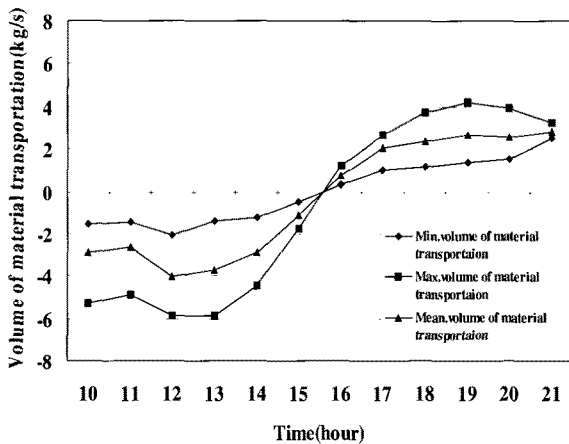
Fig. 6. The calculated volume of material transported (C-1).



(a) Neap tide

(b) Spring tide

Fig. 7. The calculated volume of material transported (C-2).



(a) Neap tide

(b) Spring tide

Fig. 8. The calculated volume of material transported (C-3).

줄어들기 때문인 것으로 사료된다. 또한 신항 완공 후의 지형과 신항 완공 후 낙동강 하구역 방향으로 가상의 수로를 건설한 지형의 경우 단위시간당 물질수송량은 수로를 건설했을 때가 소조기에 약 21.9%, 대조기에 약 3.5% 더 많이 수송되는 결과를 보였다. 단위시간 당 잔차 물질수송량을 비교해 보면 모든 지형에서 양적인 차이는 있지만 낙동강 하구역에서 신항만으로 물질수송이 더 많이 일어나는 결과를 나타내었다.

이상의 결과를 정리해 보면 신항만 완공후의 시점에서 먼저, 신항만 지역에 항내매몰로 수심이 저감된 경우에는 약 0.7~18.4% 물질수송량이 저감하게 되며, 다음으로 해수소통을 위해 낙동강 하구역 지역에 수로건설(수심 5 m 가정)을 할 경우 약 3.5~21.9%의 물질수송량이 증가하는 것을 알 수 있다.

본 연구는 현장관측 결과와 수치모형실험을 통해 계산한 결과를 비교 검토한 것으로 향후 본 연구에서는 수행하지 못한 연결잔교부의 전층 유속을 예측하여 현장관측결과와의 정도를 높여야 할 것이다. 또한 수치모의시 기상조건을 고려함으로써 모형의 정도를 향상시키고 하천수 유입에 따른 밀도류와 입자추적모의를 실시하여 물질수송이 어디까지 영향을 미치는지 그 범위를 파악하고, 물질의 체류시간까지 계산해 낸다면 신항만에서 발생할 수 있는 항내매몰과 오염물질의 거동을 보다 정확하게 예측할 수 있을 것으로 생각된다.

## 후 기

본 연구는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF 2006-331-D00700) 결과이며, 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김석윤, 하정수(2001), 낙동강 하구와 주변 연안역의 표층 퇴적상 및 퇴적환경 변화, 한국수산학회지, 제34권, 제3호, pp. 268-278.
- [2] 국립해양조사원(2006), <http://www.nori.go.kr>, 전자수치해도.
- [3] 국립해양조사원(2007), 조석표, pp. 37-39.
- [4] 윤한삼, 유창일, 강윤구, 류청로(2007), 낙동강 하구역 삼각주 발달에 관한 문헌 고찰 연구, 한국해양공학회지, 제21권, 제2호, pp. 22-34.
- [5] 채장원(2007), 신항만과 낙동강 하구역-부산항 신항만 개발에 따른 해양수리현상 변화, 부경대 FOID2007 학술심포지움 자료집, pp. 13-33.
- [6] 현도환(1997), 가덕 신항 건설에 따른 주변 해역의 수리환경특성 연구, 부경대학교 석사학위논문, pp. 1-2.
- [7] Arakawa, A. and Lamb, V.R.(1997), Computational design of the basic dynamical processes of the UCLA general circulation model, Method in Computational

- Physics, 17, pp. 174-265.
- [8] Galperin, B., Kantha, L.H., Hassid, S. and Rosati, A.(1998), A quasi-equilibrium turbulent energy model for geophysical flow, J. of Atmos. Sci., 45, pp. 55-62.
- [9] Mellor, G. L. and Yamada, T.(1982), Development of a turbulence closure model for geophysical fluid problems, Rev. Geophys. Space Phys., 20, pp. 851-875.
- [10] Smagorinsky, J.(1963), General circulation experiments with the primitive equations, I. The basic experiment. Mon. Weather Rev., 91, pp. 99-164.
- [11] Smolarkiewicz, P.K. and Clark, T.L.(1986), The multi-dimensional positive definite advection transport algorithm : Further development and applications, Journal of Computational Physics, 67(2), pp. 396-438.

원고접수일 : 2008년 6월 16일

원고수정일 : 1차 : 2008년 07월 25일

2차 : 2008년 09월 10일

게재확정일 : 2008년 09월 23일