인천대교 건설에 따른 대조차 환경의 수리학적 특성 변화에 관한 수치모델 연구

김명환, 김기환, 이혜민, 김종욱, 송진일, 윤병일, 우승범*
인하대학교 해양과학과
*sbwoo@inha.ac.kr

INHA UNIVERSITY
해양예측연구실
Marine Prediction Laboratory

Introduction

- 교통 편의성을 위해 다양한 연안에 건설된 대교의 해상 교각은 인근 수로에서의 흐름 양상 및 염분 분포 등의 수리학적 특성에 영향을 미친다.
- 2009년, 대한민국 서해 경기만의 인천대교 건설과 함께 인근 수로에 총 192개의 해상 교각이 설치되었다. 그 결과, 수로 단면적 감소로 인한 주변 해역 특성 변화가 대두되고 있다.
- 본 연구에서, 해양순환 수치모델인 FVCOM을 사용하여 인천대교 건설 전 / 후 수리학적 특성에 관한 비교 및 분석이 수행되었다.

Numerical model setup

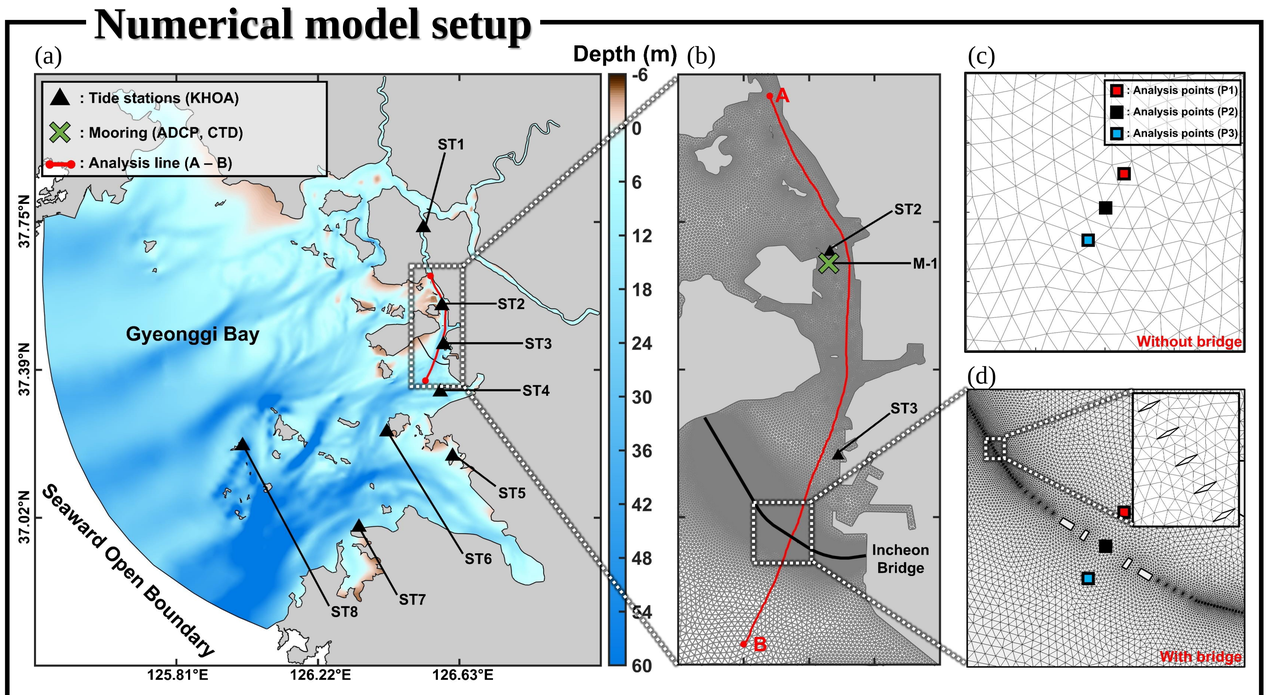


Fig 1. (a) A model domain and bathymetry for Gyeonggi Bay, showing eight tide stations ST1–ST8 from KHOA (black triangles). (b) Analysis area in this study, showing mooring station M–1 (green ×). The red line indicate the analysis transect line. (c, d) Detailed model grids near Incheon Bridge, showing three analysis points P1–P3 (red, black, and blue squares).

Table 1. Model configurations

Finite-Volume Community Ocean Model (FVCOM)				
Input condition	Grid	Information	Triangular unstructured grid	
		Number	Without bridge	Node: 60,882 and Element: 115,443
			With bridge	Node: 78,181 and Element: 149,607
		Resolution	Without bridge	55 – 4,500 m
			With bridge	20 – 4,500 m
	Bathymetry		Korea Hydrographic and Oceanographic Agency (KHOA)	
	Freshwater runoff		WAter resource Management Information System (WAMIS)	
	Tidal forcing		TPXO8-atlas (M_2, S_2, K_1, O_1, and N_2)	
	Simulation period		2020/01/20~2020/03/15 (56 days)	

Model validation

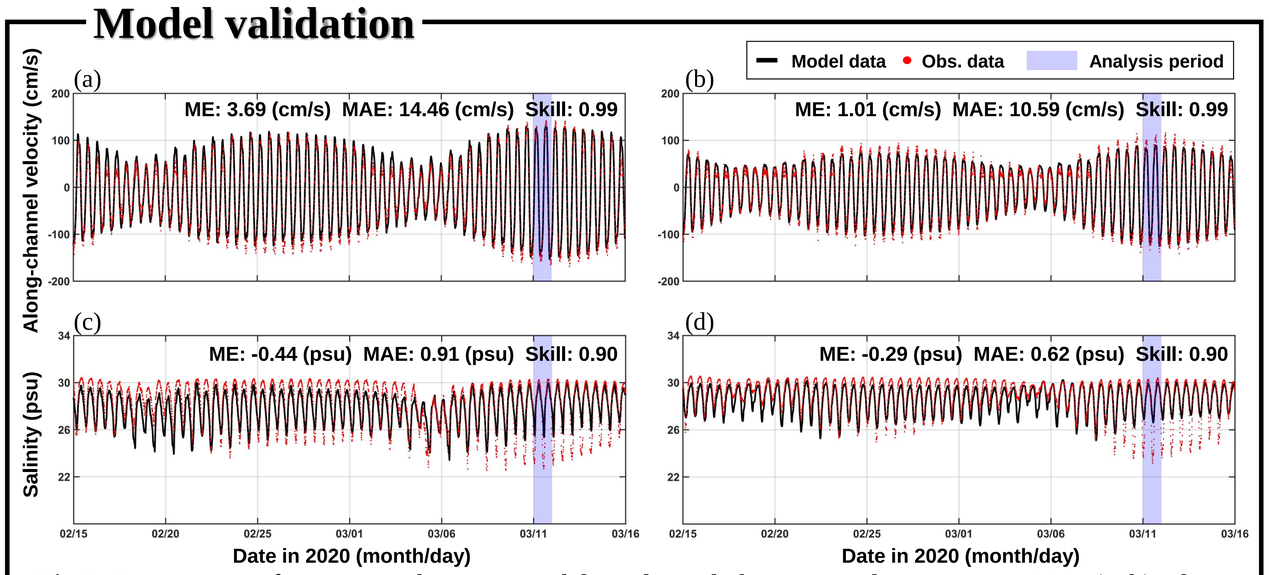


Fig 2. Comparison of time series between model results and observation data at station M-1: (a, b) Along-channel velocity at the surface and bottom layer, and (c, d) Salinity at the surface and bottom layer. The shaded blue areas are the analysis periods.

- **Error analysis**

$$ME = \frac{\sum(M_n - O_n)}{N}$$

$$MAE = \frac{\sum|M_n - O_n|}{N}$$

$$Skill = 1 - \frac{\sum(M_n - O_n)^2}{\sum(|M_n - \overline{O}| + |O_n - \overline{O}|)^2}$$

M_n: model data
O_n: obs. data
N: number of obs. datas
$\overline{O}$: time averaged obs. datas

1. **ME (Mean Error)**: 관측 값에 대한 모델 결과의 과소 (< 0) 및 과대 (> 0)산정 수치
2. **MAE (Mean Absolute Error)**: 관측 값과 모델 결과 간의 평균 편차
3. **Skill (predicted Skill)**: 관측 값에 대한 모델 결과의 정확도 (0 – 1)

- 표층과 저층 모두 유속 및 염분에 대한 skill은 0.90 – 0.99 의 범위로 산정

Results

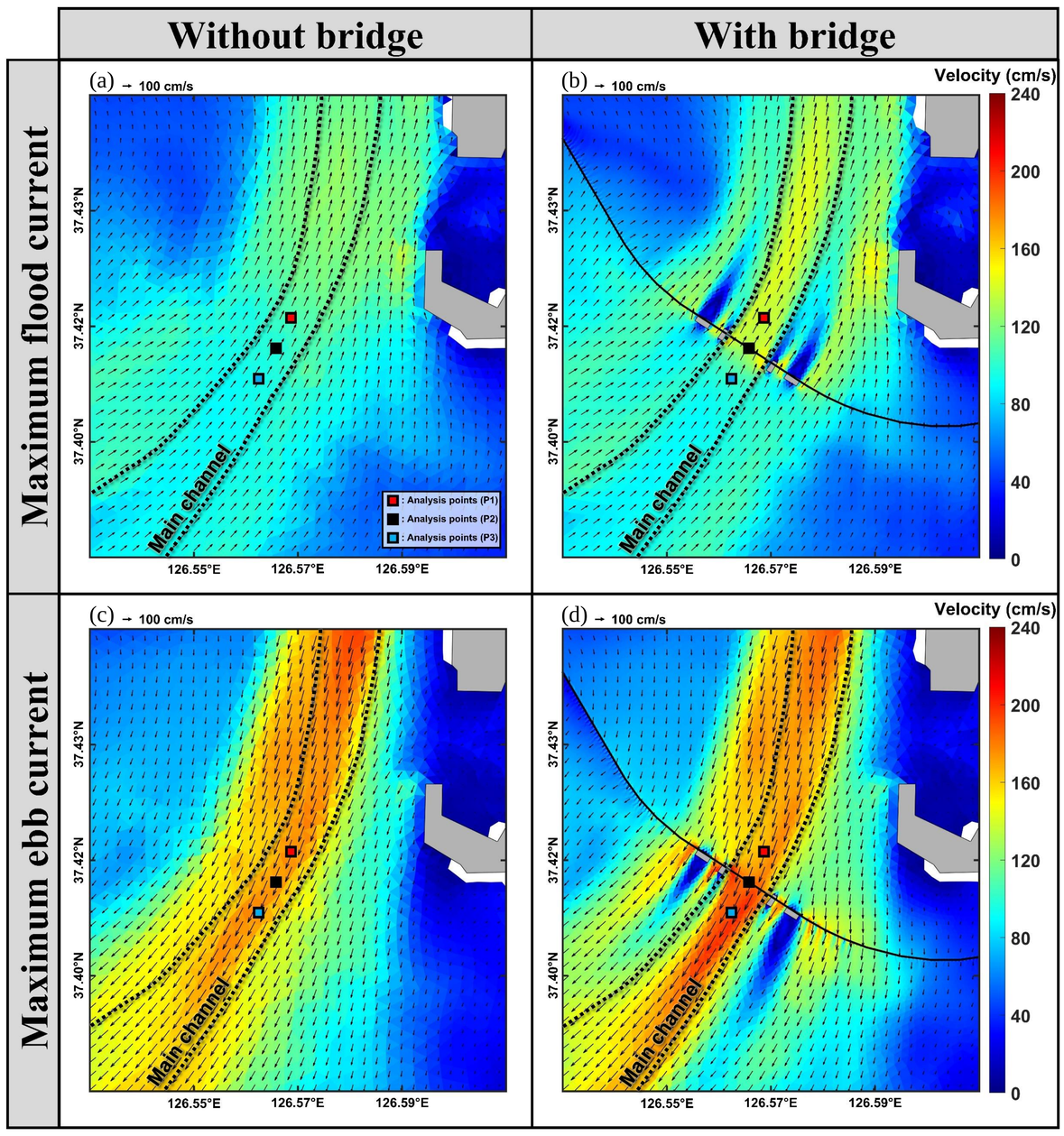


Fig 3. Comparison of spatial flow patterns between without and with bridge. The time window is selected during spring tide (see shaded blue areas in Fig. 2).

- **[최강 창조 및 최강 낙조 시 유속]**
  : 교각에 의한 수로의 단면적 감소 ➔ 창조 및 낙조 시 주수로에서의 유속 세기 약 20% 증가
  : 창조 및 낙조 시 교각 전 / 후방에서의 유속 세기 감소 (< 50 cm/s)
  ➔ 수평적 유속 차이 증가

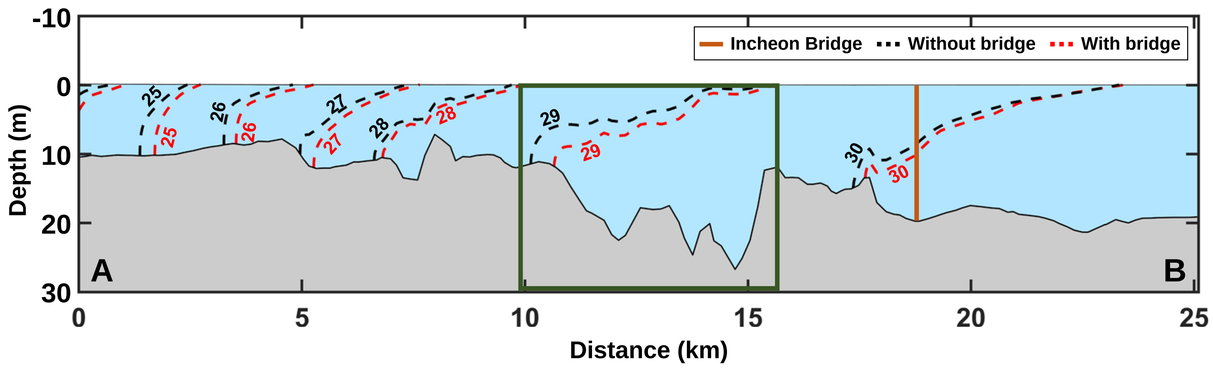


Fig 4. Comparison of 30 days-averaged salinity distribution in analysis transect line (A–B): The dotted lines indicate isohaline. Box 1 is the section where the maximum difference of isohaline occurs.

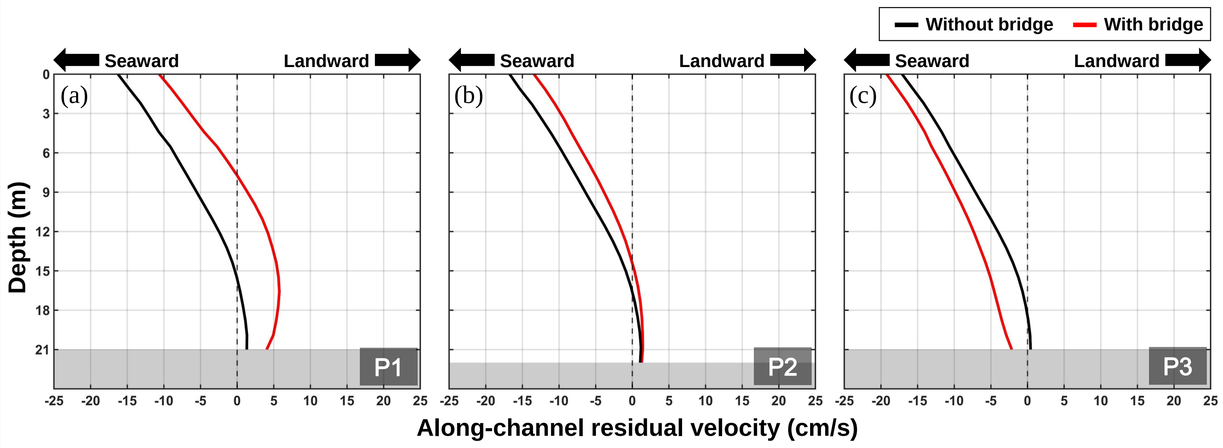


Fig 5. Vertical profiles of along-channel residual velocity in analysis points (P1–P3). Each residual velocity was converted to the along-channel direction through PCA.

- **[담수 영향범위]**
  : 낙조류 강화 ➔ 29 psu의 등염분선이 외해방향으로 약 500 m 확장 ➔ 담수 영향범위 증가
- **[수직적 잔차 유속 구조]**
  : P1 & P2 ➔ 상류방향으로의 잔차 유속 강화 ➔ 수직적인 2층 흐름 구조 강화
  : P3 ➔ 외해방향으로의 잔차 유속 강화

Conclusions

- 인천대교 건설로 인해 낙조 시 **인천대교 인근의 유속이 증가**되었으며, 이에 따라 **상류측의 담수 영향범위가 남쪽방향으로 확장**되었다.
- 또한, **교각 북측에서의 수직적인 2층 흐름 구조가 강화**되며, **교각 남측에서의 잔차류 세기는 외해방향으로 증가**된다.
- 따라서, 연안 해역에 대한 수치모델링을 수행함에 있어서 **대교와 같은 국지적인 구조물들이 필수적으로 고려되어야 한다**.

※ 이 연구는 2022년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (2020-0-01389, 인공지능융합연구지원센터지원(인하대학교))