

# 한강하구지역의 구조물 설치에 의한 수리학적 영향

## Study for influence by installing structures at lower the Han

안경훈\*, 최계운\*\*, 조형근\*\*\*, 조상욱\*\*\*\*

Kyung Hoon Ahn, Gye Woon Choi, Hyeong Geun Jo, Sang Uk Jo

### 요 지

한강하구는 하천의 담수와 해수가 만나 혼합되는 전이수역으로 유역면적이 38,655km<sup>2</sup>이며, 한반도 17.4% 면적의 빗물이 모여 남한강, 북한강, 임진강, 예성강이 되어 하구에서 합류하고, 그 70%가 홍수기에 집중 방류되는 지역으로 매년 토사퇴적량이 증가하여 홍수위가 증가하고 있다. 현재 한강하구의 각종 개발계획이 발표되면서 지형 변화에 대한 한강하구의 침식 및 퇴적 등의 수리학적 영향 검토에 대해 관심이 커지고 있다.

따라서 한강하구 전체의 복합적인 상호작용으로 인한 유사의 이동과 침식 및 퇴적에 대한 수치적인 연구와 수공구조물 등과 관련된 국부적인 유사이동문제에 대해 평시와 홍수시의 수위 및 유속을 산정하고 한강 하구에 대한 유사 이동흐름을 분석 할 필요성이 있다.

이에 본 연구에서는 강화도 인근을 수로로 가정하여 한강하구의 하류경계를 연장하여 수치모의를 실시하였다. 주변환경을 고려한 분석은 배제하였으며 수공구조물에 따른 조건을 변화하여 해석함으로써 수위 및 유속 등의 수치적 해석을 위해 MIKE 11프로그램을 이용하였다.

연구 결과, 한강하구와 서해 접경지역에 수공구조물을 설치함으로써 강화도 인근의 수로에 유출면적이 감소하여 강화도 북부의 청주초 일대의 수위가 높아지며, 이는 김포, 임진강 상류, 신곡수중보 하류까지 미치는 것으로 나타났다.

향후 수공구조물 설치에 의한 한강하구 지역의 침식원인 기작 및 침식유발 원인 규명을 위해 현장 조사, 실험 연구 등이 진행되어야 할 것이다.

**핵심용어 : 한강하구, 침식, 수공구조물, MIKE11**

## 1. 서 론

한강하구는 유역면적이 38,655km<sup>2</sup>이며, 한반도 17.4% 면적의 빗물이 모여 남한강, 북한강, 임진강, 예성강이 되어 하구에서 합류하고, 그 70%가 홍수기에 집중 방류되는 지역으로 매년 토사퇴적량이 증가하여 홍수위가 증가하였다.

한강하구의 개발계획들로 인한 환경변화로 한강하구의 유출 특성 및 유사이동 변화에 따른 하상 변화가 예상되므로 정밀한 조사연구가 필요하다.

\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 석사과정 · E-mail : blueema@hanmail.net  
\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 교수 · E-mail : gyewoon@incheon.ac.kr  
\*\*\* 정회원 · 인천대학교 토목환경공학과 박사과정 · E-mail : hkwetech@hanmail.net  
\*\*\*\* 유량조사사업단 연구원 · E-mail : chosanguk@kict.re.kr

따라서 본 연구에서는 연구지역의 특성을 검토하여, 인천·김포지역의 홍수문제, 모래의 유송특성 변화문제, 하폭 변화의 영향문제, 하상변화와 연안 침식 등을 시급히 검토하고, 침식 및 퇴적에 대한 수치적인 연구와 수공구조물 등과 관련된 국부적인 유사이동문제에 대해 평시와 홍수시의 수위 및 유속을 산정하고 한강 하구에 대한 유사 이동흐름을 분석하였다.

## 2. 이론적 배경

본 연구에서는 모래의 유송 변화 및 침식, 퇴적으로 인한 하상변화에 대한 1차원 해석 프로그램인 MIKE 11을 사용하였다.

### 2.1 MIKE 11

MIKE 11 모형은 강, 관개시스템 또는 다른 수역에서의 물의 흐름, 수질 그리고 침전물의 운반 시뮬레이션을 위한 전문적인 엔지니어링 소프트웨어 패키지이다. 이 프로그램은 단순 또는 복잡한 여러 환경의 수계에 대한 자세한 설계, 관리 운영을 위한, 동적이고 사용자의 편의에 맞추어진 일차원적인 모델링 도구이다. MIKE 11 모형의 동수역학적 모듈(HD-hydrodynamic Module)은 MIKE 11 모형의 핵심이 되는 모듈로써 홍수예보(flood forecasting), 이송-분산(advection-dispersion), 수질(water quality)과 비응집성유사이동(non-cohesive sediment transport)등의 해석기능을 포함하고 있다. MIKE 11 HD모듈은 연속방정식과 운동량방정식의 연립하는 Saint Venant 방정식을 기초로 하고 있다.

## 3. 모델의 구성

### 3.1 수위분석

MIKE 11프로그램으로 한강 상류와 임진강 상류로부터 석모도가 포함되는 강화도 해역을 하류로 설정하여 실제 좌표를 경기만 해역 인공사진(인천도시개발공사)에 mapping 하여 1차원 network를 구성하였다. 한강분류부분에서 실제 인공사진과 다소 불일치함을 볼 수 있는데 이것은 GIS와 실제 인공사진과의 차이라고 할 수 있다. 그림 1과 같이 한강상류로부터 강화북수로로 이어지는 수로를 network의 본류로 하였으며 임진강, 염하수로, 석모수로, 교동수로1, 교동수로2는 지류로 하였다.

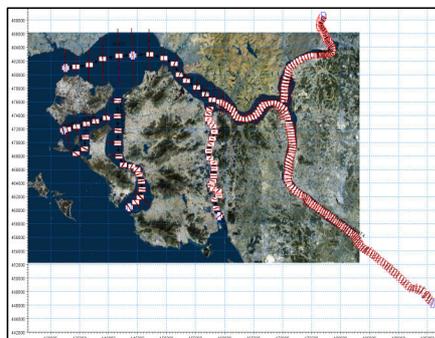


그림 1. 한강하구와 강화해변  
mapping network

### 3.2 단면구성

1차원 수치해석에서의 단면은 한강분류와 임진강분류는 각각 한강하천정비기본계획(2002)와 임진강하천정비기본계획(2001)에서 제시된 단면을 입력하였으며 한강과 임진강의 합류부와 강화복수로, 염하수로, 석모수로, 교동수로1,2는 해양수산부(2001,2002) 수심도를 Digitizing한 후, Grid로 구성하여 그림 2~3과 같이 1차원 단면을 구성하였다. 본 수치해석에선 1차원 해석이라고 하여 일직선 해석이 아닌 좌우측 제방에 표 1과 같이 실제 좌표를 입력하여 각 단면간의 곡률까지도 고려하여 해석을 실시하였다.

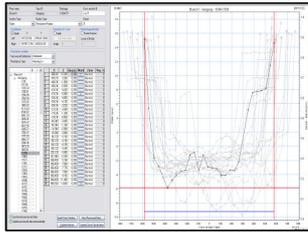


그림 2. 단면입력 및 구성

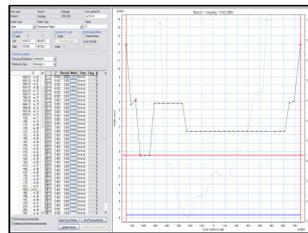


그림 3. 신곡수중보의 단면

표 1. 단면 입력 데이터

하천명	지류	단면개수	측량(Chainage)
한강	1	93	0-39871.1481
임진강	2	56	0-18781.8812
한강과 임진강 합류부	1	29	39871.1481 -55307.4081
강화복수로	5	14	0-27837.8306
염하수로	4	21	0-17921.0233
석모수로	6	14	0-18901.4512
교동수로	7	6	0-7606.54032
	8	3	0-3331.06317

또한, 한강분류 no.51+ 10 위치에 신곡수중보를 설치하여 조위에 대한 영향을 감소시켰다. 신곡수중보의 제원은 한강하천정비기본계획(2002)의 기존 시설물 현황에 따라 구성하였으며 가동보의 구간의 경우 보의 최대기립 상태인 (-)0.5m하여 입력하였다.

### 3.3 MIKE 11 경계조건 입력

상류경계조건(Boundary Condition)을 3개의 하천유량(임진강, 예성강, 한강)을 입력하였다. 이때 하천 유량은 각 하천의 하천정비기본계획의 200년 빈도의 계획홍수량과 평수량으로 설정하였다. 단, 예성강 유량은 북한지역에 위치하여 유역면적비를 이용하여 적용하였다. 각 수로 하류경계에 조위를 인천항의 조위를 이용하여 Mike 11의 경계 조건에 인천항의 약최고 만조위를 (4,635m)를 입력하여 조력발전소 건설 전·후에 따른 최대 수위변화를 구하도록 하류경계를 고려하였다. 본 수치해석에서 조도계수의 입력은 가장 영향력이 큰 한강분류의 조도계수를 한강하천정비기본계획(2002)와 한강의 제 1지류인 임진강의 구간별 조도계수를 입력하고, 나머지 구간 또한 하도상태에 따른 조도계수를 고려하여 입력하였다.

## 4. 해석 결과

### 4.1 구조물 설치 전·후의 수리적 특성변화

본 절에서는 그림 4와 같이 각 수로의 합류점, 그리고 한강분류와 임진강의 상류의 위치에 지점을 선정하여 수공구조물의 유무에 따른 강우사상 홍수기와 평수기로 구분하여 수치 모의하였다.



그림 4. 수공구조물 설치 장소

강화북수로와 석모수로의 합류부에서는 홍수기 때 수공구조물 설치 전에 비해 설치 후의 수위는 최대 14.2% 상승, 평수기 때에는 거의 변화 없으며, 강화북수로와 염하수로의 합류부에서는 홍수기와 평수기 각각 4.8% 상승, 0.5% 감소, 한강분류와 임진강 합류부에서는 각각 3.3% 상승, 0.6% 감소하였다. 신곡수중보가 설치된 지점의 직상류에서는 각각 0.1% 상승, 1.2% 감소하였으며 한강대교에서는 홍수기때 거의 수위 변화가 없고 평수기때는 1.2% 감소, 임진강의 통일대교에서는 홍수기때 2.8% 상승, 평수기때 1.5% 감소하였다. 이는 수공구조물 설치 전·후에 따라 홍수기 때는 상류에서 내려오는 큰 유량이 서해로 유출되는 면적의 감소로 수위가 상승하는 것이며, 조위의 영향이 지배적인 평수기 때는 수공구조물 설치로 인해 조위가 하천 수위에 미치는 영향이 감소하므로 오히려 하천의 수위가 낮아지는 것으로 나타났다. 아래 그림6 ~ 그림9는 한강과 강화북수로 구간에서 평수기와 홍수기 때 수공구조물 설치 전·후의 수위 종단면도를 나타 낸 것이다.

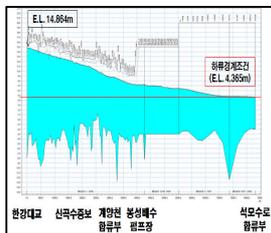


그림 6. 구조물 설치 전 수위 종단면도(홍수기)

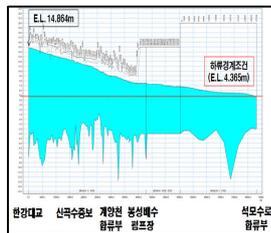


그림 9. 구조물 설치 후 수위 종단면도(홍수기)

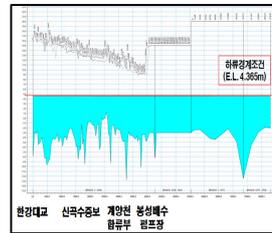


그림 7 구조물 설치 전 수위 종단면도(평수기)

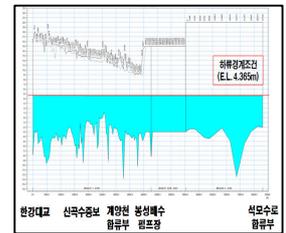


그림 8 구조물 설치 후 수위 종단면도(평수기)

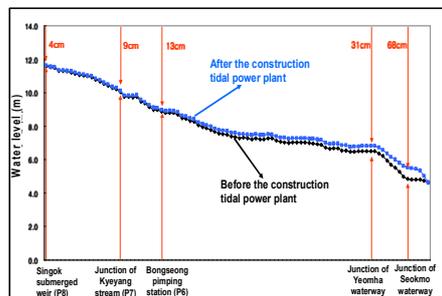


그림 10. 구조물 설치 전·후의 수위 비교

그림 10과 같이 조력발전소 건설 전과 후의 최대수위 변화는 홍수기에 68cm로 신곡수중보에서 나타난다.

## 5. 결론

본 연구에서는 MIKE 11 프로그램의 1차원 수치모형실험을 통해 한강하구의 수공구조물 설치 전·후의 수위변화를 비교 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

첫째, 수공구조물의 설치 후 한강하구를 통한 유출 경로의 변화(석모수로와 교동수로 폐쇄)로 강화북수로의 수위가 크게 증가하고 상류부 한강 및 임진강까지 영향을 받았다.

둘째, 수위변화가 가장 큰 지점은 강화북수로와 석모수로의 합류부이며, 최대 68cm 증가하였고 한강상류는 그 변화가 적었다.

셋째, 수공구조물 설치 전·후로 해류의 유입, 유출 수로가 4개에서 2개로 줄어들어 따라 대상지역의 유속, 흐름방향 등에 영향을 준다.

분석 결과 수공구조물의 설치 전·후로 한강하구지역의 수위를 증가시키고, 한강하구부터 바다 쪽의 수로 내 흐름방향 및 수위변화를 확인할 수 있었다.

향 후, 수리학적 특성변화에 따른 유사의 퇴적 및 세굴에 의한 대상지역의 지형변화를 분석하여, 수공구조물 설치에 의한 한강하구 지역의 침식원인 기작 및 침식유발 원인 규명을 위해 현장조사, 실험 연구 등이 진행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

1. 최계운(2007), MOUSE 및 MIKE21 통합모형을 이용한 도시구역의 침수분석, 한국방재학회 학술발표 논문
2. 최계운(2007), MIKE 21 모형을 이용한 인천연안의 수질 확산 모의에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표 논문
3. 최계운(2006), 수리모형을 이용한 평창강 합류구간의 횡단면 수위차 분석, 한국방재학회 논문집
4. 최계운(2004), 2차원 수치모형에 의한 남한강 합류흐름 해석, 한국수자원학회 학술발표 논문
5. DHI Water & Environment(2007), "MIKE 11 Flow Model FM - Hydrodynamic and Transport Module Scientific Documentation". DHI Water and Environment.
6. DHI Water & Environment(2004) "MIKE 11 Reference Manual". DHI Water and Environment.
7. European Commission-Environment(2000) "DIRECTIVE 2000/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 October 2000 - establishing a framework for Community action in the field of water policy", Official Journal of the European Communities