

## Developing an Index for Emergency Action Plan Using Flood Characteristics: The Case of Saemangeum Lake

Dong Joo Kim<sup>1#</sup>, Hyung San Kim<sup>2</sup>, Seung Jin Maeng<sup>3+</sup>, Ju Ha Hwang<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Koead Rural Community Corporation, Geurin-ro 20, Naju-si, Jeollanam-do, Korea

<sup>2</sup> K-water Convergence Institute, 1689 Beon-gil 125, Yuseong-daero, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

<sup>3</sup> Department of Agricultural & Rural Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Korea

### Abstract

Large hydraulic facilities such as sea dike, breakwater bank and river bank, can protect a lot of lives and various industrial facilities from flood. For sea dikes where EAP(Emergency Action Plan) has been established, emergency situations or countermeasures has been classified, but there is no index to separate them. If a manager performs stepwise measures based only on "forecasting" in the situational stage, their active responses are highly likely to face limitations. This research aims to perform hydraulic and hydrologic safety review on sea dikes according to the inflow of extraordinary floods from upstream of sea dikes and tributaries in order to provide sea dike operators with more accurate information by presenting an index for every emergency stage. The results, including hydraulic and hydrological data on flood level, travel time, and so on, are expected to be useful for sea dikes with or without EAP as a response index required for disaster management.

**Key words:** Saemangeum, flood water level, Delft3D, EAP

### 1. 서론

현재 우리나라에 산재하여 있는 1,604개소의 방조제 (배수갑문 포함)중 797개소는 1945년 이전에, 607개소는 1945~1970년에 설치되어 전체의 약 87%에 해당되는 1,404개소의 방조제가 40년 이상이 경과되어 내구연한이 경과하였거나 그에 근접하고 있다(KRC, 2011). 최근 기후변화로 인한 이상강우 발생과 더불어 태풍 및 국지성 호우에 의한 홍수피해가 증가하고 있으며, 이로

인해 내구연한이 경과한 방조제의 안정성에 대한 관심이 필요한 시점이다. 특히, 방조제의 경우 방조제 설치 해역의 해상 및 기상에 다양한 변화가 발생하여 방조제의 안정성이 크게 위협을 받게 된다. 이러한 홍수범람으로 인한 재해는 많은 인명손실과 극심한 재산피해를 줄 뿐만 아니라, 사회적 문제를 발생하므로 홍수재해 발생 시 적절한 홍수예경보, 피난대책수립 등은 매우 중요한 사안이다. 저수지 및 방조제 시설관리담당 기관에서는 자연대책법, 하천법, 농어촌정비법 등 관련법에

<sup>#</sup> The 1st author: Dong Joo Kim, Tel. +82-61-338-5114, Fax. +82-61-338-6902, e-mail. [cop7042@ekr.or.kr](mailto:cop7042@ekr.or.kr)

<sup>+</sup> Corresponding author: Seung Jin Maeng, Tel. +82-43-261-2572, e-mail. [maeng@cbnu.ac.kr](mailto:maeng@cbnu.ac.kr)

따라 총 저수량 100만 $m^3$  이상인 저수지 및 포용저수량 3,000만 $m^3$  이상의 방조제에 대해 설계홍수량을 초과하거나 지진 등 예측할 수 없는 원인으로 인해 각 시설물에 발생할 수 있는 비상상황을 시나리오별로 작성한 비상대처계획(Emergency Action Plan, EAP)을 수립하여 운영하고 있다(NEMA, 2009). 비상대처계획 수립내용은 저수지 및 방조제 붕괴등과 같은 비상상황이 발생할 때 발령하는 비상단계를 관심(Blue), 주의(Yellow), 경계(Orange), 심각(Red) 등 4단계로 구분하여 각 상황별로 징후를 판단하고 대응하는 내용으로 구성되어 있다. 현재 한국농어촌공사에서 관리하고 있는 방조제 중 17개소에서 비상대처계획이 수립되어 있으며, 3개소에서 정기적인 훈련을 실시하고 있는 상황이다(KRC, 2016). 하지만, 방조제에 대한 비상대처계획(EAP)이 수립된 지역의 경우 비상상황분류의 상황전개나 조치사항은 분류되어 있으나, 이를 구분하는 지표가 없는 실정이다. 이러한 경우 단지 상황단계에서의 “예상”으로 단계별 조치가 이루어질 경우 관리자가 보다 더 능동적으로 대처할 수 있는 한계가 발생할 가능성이 크다. Han(2006)은 비상대처계획의 수립목적은 댐 붕괴 등의 비상상황이 발생하였을 때 하류부의 인명과 재산 손실을 최소화하기 위한 것으로 설명하고 비상대처계획 수립에 포함할 사항으로 비상상황 확인, 평가 및 등급분류, 비상연락체계 및 경보전달체계 수립, 비상시 응급행동요령, 홍수범람 예측지도 작성, 주민대피계획 및 훈련방안 등을 제시하였으며, Choi(2016)는 저수지를 통하여 방류할 때 나타나는 물넘이 월류수심과 하류하천의 수위변화 관계를 분석하여 월류수심에 따른 구체적인 단계설정기준을 제시하였다.

본 연구에서는 방조제 상류지역 및 지천에서 이상홍수 유입에 따른 방조제의 수리·수문학적 안정성 검토를 실시하고 이를 통해 비상대처계획을 수립하고자 하였다. 이를 위해 호내로 유입되는 빈도별 홍수량에 따른 지점별 수위변화를 이용하여 방조제 비상대처계획에 대한 재난관리 지표로 활용할 수 있는지를 검토하였

으며, 연구대상 방조제를 중심으로 빈도별 홍수량을 산정하여 수리·수문학적 안정성을 분석하고, 빈도별 홍수량에 따른 호내의 홍수위 변화 및 홍수위 도달시간을 통하여 비상대처계획 시나리오를 구성하고자 하였다. 본 연구는 비상상황 발생 시 단계별 지표를 제시하여 방조제 운영자에게 보다 더 정확한 정보를 제공하는데 목적이 있으며, 이러한 결과는 비상대처계획이 기 수립되거나 수립되지 않는 방조제에 대하여 홍수위 및 도달시간 등의 수문학적 자료를 이용하여 방조제 재난관리에 필요한 대응지표로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

## II. 대상유역 및 연구방법

### 1. 대상유역 현황

연구대상지역은 현재 간척지에 농업용지를 개발 중인 새만금유역을 선정하였다. 새만금유역은 만경강과 동진강 두 개의 국가하천으로 구성되어 있으며, 하천을 따라 농지가 넓게 분포하고 있어 농업용수 공급을 위한 물 스트레스가 매우 높은 유역으로 용수계통이 매우 복잡하고 물이용 효율 또한 매우 높은 지역이다. 대상지역은 비교적 장기간의 관측 자료를 보유한 수위관측소가 유역 내에 산재해 있어 유출량 파악 및 강우-유출 모형의 검·보정이 용이한 지역이다. 내부개발 시행 후 새만금유역은 만경강수계와 동진강수계로 구분되어 있다. 유역의 전체 면적은 3,319 $km^2$ 이며 이 중 만경강수계는 1,741 $km^2$ 로서 전체 유역의 52.5%를 차지하고, 동진강수계는 1,578 $km^2$ 로 47.5%를 차지한다. 새만금 간척개발지는 401 $km^2$ 로서 전체 유역의 12.1%를 차지하고 있다. 새만금유역은 전주시를 비롯한 5개시와 3개 군으로 구성되어 있으며, 완주군이 전체 유역의 21.7%인 719.3 $km^2$ , 정읍시가 19.9%인 661.8 $km^2$ 를 차지하며, 고창군이 1.5%인 51.29 $km^2$ 로 가장 작은 구성비를 갖고 있다(Kim, et. al., 2012). 새만금유역의 유역도는 <Figure 1>과 같다.

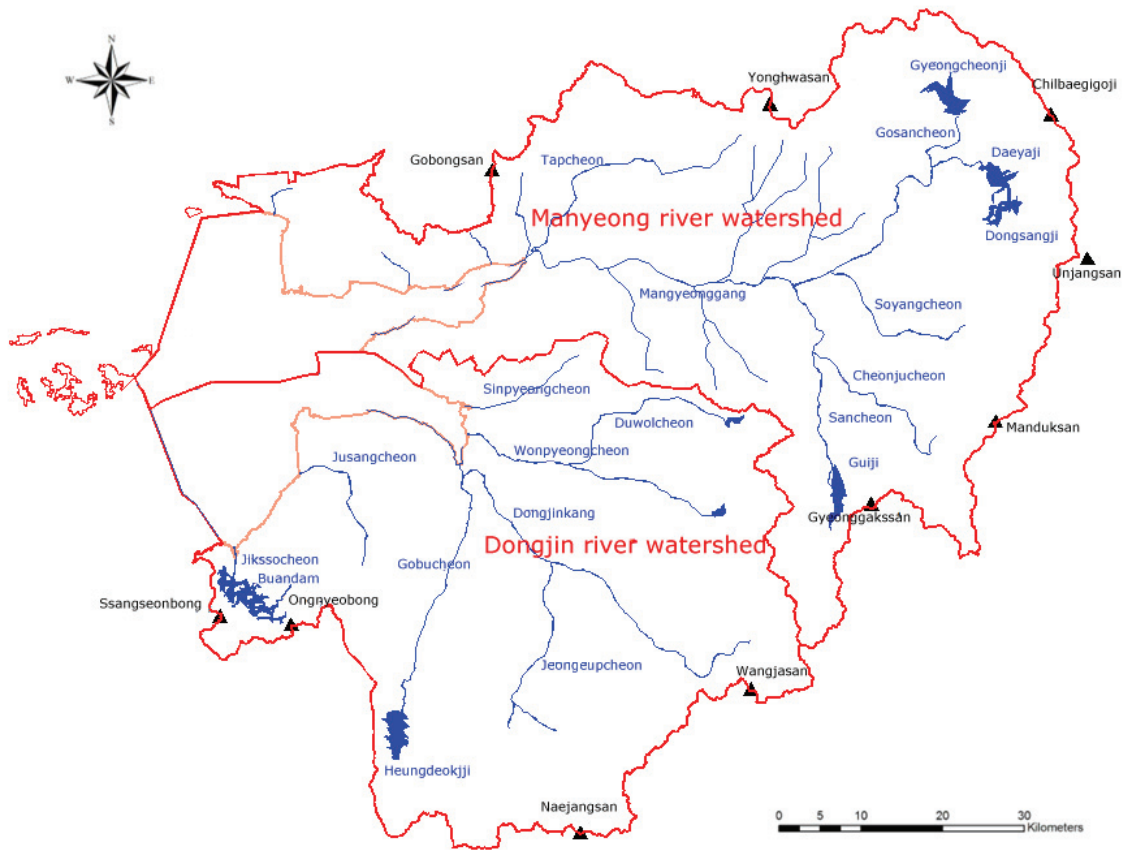


Figure 1. Map of Saemangeum watershed

## 2. 연구방법

비상대처계획에 필요한 지표를 개발하기 위해서 다음과 같은 절차에 따라 연구를 수행하였다.

### 1) 대상구역 선정 및 기초자료 구성

대상유역을 선정하고 주요 지점별로 유역을 구분한다. 대상유역에 대한 수리·수문자료(하천 유입지점, 빈도별 홍수량)와 분석지점의 지형자료 등을 수집한다.

### 2) 모형의 구축

대상유역의 해석영역을 구축하고 범위를 선정한다. 계산영역 및 계산격자를 구성한다. 지형자료를 입력하고 주요관측 지점을 선정한다. 상류경계인 본류 및 소유역의 유입량을 입력한다. 하류단 경계조건인 해측 조류를 모의한다. 해석범위내의 지점별 조도계수 및 기타 매개변수를 입력한다.

### 3) 수치해석 및 자료분석

보정된 매개변수를 사용하여 모형의 검·보정을 실시한다. 모형의 운영조건(조석조건, 배수갑문운영, 홍수량조건)을 결정한다. 수치해석을 모의하여 자료(홍수위 및 도달시간)를 도출한다. 계산된 홍수위 및 도달시간 자료를 비교·분석한다.

### 4) 비상대처계획 지표개발

기존 비상대처계획 상황전개에 따른 단계별 조치사항을 검토한다. 선정된 유역의 비상상황 시나리오를 작성한다. 재난지표 및 활용방안을 제시한다. 가상시나리오에 의한 재난지표를 제시한다.

연구의 흐름도는 <Figure 2>와 같다.

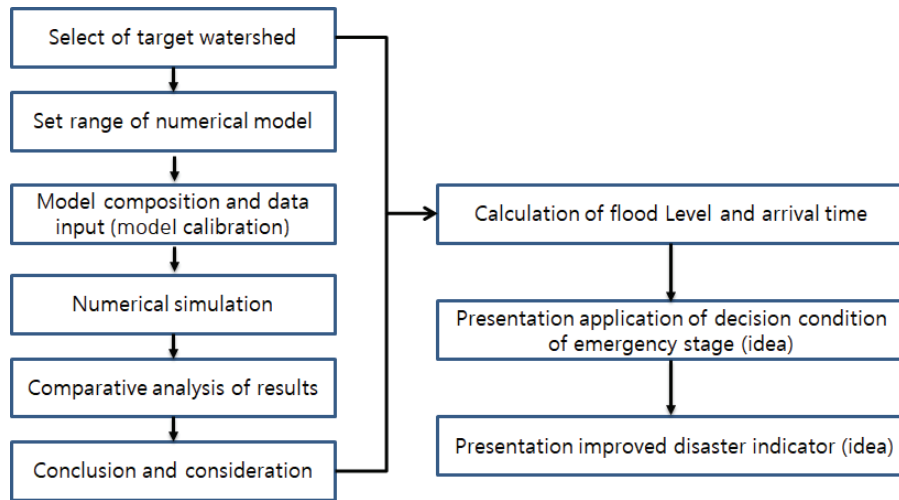


Figure 2. Research flowchart

### III. 모형 선정 및 구축

#### 1. 모형 선정

비상대처계획 시나리오 구성을 위해서는 연구대상 지역의 수리·수문학적 안정성 분석이 필요하며 이를 위해 다양한 모형의 적용이 필요하다. 본 연구에서는 상류단 경계인 동진강 및 만경강 유역의 홍수유입량은 기존연구자료(MLTMA, 2008; MLTMA, 2009)를 사용하였으며, 소하천 황유입 수문자료는 홍수유출에 대한 실측자료가 없어 강우자료와 각 소유역의 특성자료를 이용하여 홍수량을 산정할 수 있는 HEC-1 모형을 선정하였다. 또한, 호 내부의 홍수위 산정을 위하여 지배적인 흐름은 조석과 홍수에 따른 수평방향 흐름이므로 수직방향 유속 성분은 무시한 2차원 수심평균 흐름방정식을 지배방정식으로 하는 Delft3D 모형을 선정하여 홍수위를 산정하고자 하였다. Delft3D는 네덜란드 Deltares사에서 개발한 해안, 강, 그리고 하구에 대해 종합적인 접근과 3차원 계산을 위한 통합 소프트웨어 패키지이다. 흐름, 유사이송, 파랑, 수질, 지형변화와 생태환경의 모의를 수행할 수 있으며 상호 연계된 다수의 모듈로 구성되어 있다. 수리동력학적 모듈인 Delft3D-Flow는 조석현상과 기상변화현상으로 발생하는 힘이 원인이 되는 2차원 또는 3차원 부정류와 이송현상을 분석하며, 수온과 염분의 불균등 분포 때문에

생기는 밀도 차이에 의한 효과(밀도류)도 포함한다. Delft3D 모형은 새만금 호내 동진강, 만경강이 합류되는 하구 역에서 연결수로의 통수능력에 대한 홍수위 저감효과를 분석에 적용되었으며(Kim *et. al.*, 2015), Lee, *et. al.*(2015)의 연구에서 부산 온천천의 조석현상에 따른 흐름변화 분석에 적용되었다. 또한 Elias, *et. al.*(2001)는 네덜란드 Egmond 지역의 현장 측정과 Delft3D 모형의 유체역학적 검증을 비교 분석하였으며, Dongeren(2009)은 San Diego 하천 만곡부의 수리 및 수질 특성을 모의하였고, Gelfenbaum, *et. al.*(2015)은 미국 워싱턴 Elwha강의 대규모 댐 제거 후 해안 지형 변화를 Delft3D모형을 이용하여 토사이동량과 지형변화 추이를 제시하였다. 이처럼 국내외의 연구 사례를 분석한 결과 본 모형이 새만금유역에 적용 가능할 것이라 판단하였다.

#### 2. 모형구축

##### 1) 분석영역 선정

모형의 방조제로 인한 영향이 미치지 않고 개방경계에서 해의 왜곡을 최소화시키기 위하여 새만금 방조제로부터 최소 20km의 충분히 거리를 두어 결정하였고, 대상해역의 격자망 구성은 <Figure 3>과 같이 UTM 좌표계에서 곡선직교격자(Curvilinear Orthogonal Grid)를 적용하였다. 수리특성 변화를 정밀하게 모의하기 위

하여 서쪽에서 동쪽방향으로 810개, 남쪽에서 북쪽방향으로 610개의 격자망을 구성하여 총 494,100개의 격자점으로 구성하였다. 분석영역의 크기는 약 1,800km<sup>2</sup>으로 해측과 내측인 만경·동진강 상류유역까지의 범위이다. 모의간격 시간은 해의 안정성이 유지되는 범위 내에서 길면 길수록 분석에 소요되는 시간이 짧아져 경제적이지만 너무 길면 분석결과와 정확도가 떨어진다. 따라서 본 연구에서는 분석시간 간격에 대한 민감도 분석을 수행하여 최종적으로 7.5초로 결정하였으며, 격자크기는  $\Delta x$ 는 43~380m,  $\Delta y$ 는 32~345m로 구성하였다(〈Table 1〉).

Table 1. Computation area for calculation of grid

Model area	Approx. 1,800 km <sup>2</sup>
Latitude	36 degree
Horizontal meshes	810 × 610 Grid
Calculation time interval	7.5 sec
Grid constitution	$\Delta x$ : 43~380 m
	$\Delta y$ : 32~345 m

수치해석에 사용된 지형자료는 〈Table 2〉의 자료를 적용하였다. 수치해석의 지형자료는 새만금 방조제 외 해 측의 경우에는 가장 최근에 시행된 수심측량자료와 수로서지 등의 자료를 이용하였으며, 새만금 호내 내부의 수심자료 및 토지이용계획은 새만금종합개발계획의 단계별 준설계획 및 토지이용계획(MIFAFF, 2008c)을 반영하였다.

Table 2. Saemangeum topographic source

Classification	Saemangeum topographic source
Saemangeum dike and near coast area	Saemangeum internal development basic plan of reclamation comprehensive development project measurement data (MIFAFF, 2008c)
Mangyeong and Dongjin river cross section	Report of comprehensive flood management plan in Mangyeong river watershed (MLTMA, 2008) Report of master plan in Dongjin river. (MLTMA, 2009)
Saemangeum ocean area	Nautical publications (KHOA, 2007)
Dredged section	Dredging plan according to government's comprehensive development plan (K-water, 2011)
Land use plan	Saemangeum Master Plan (OPM, 2011)

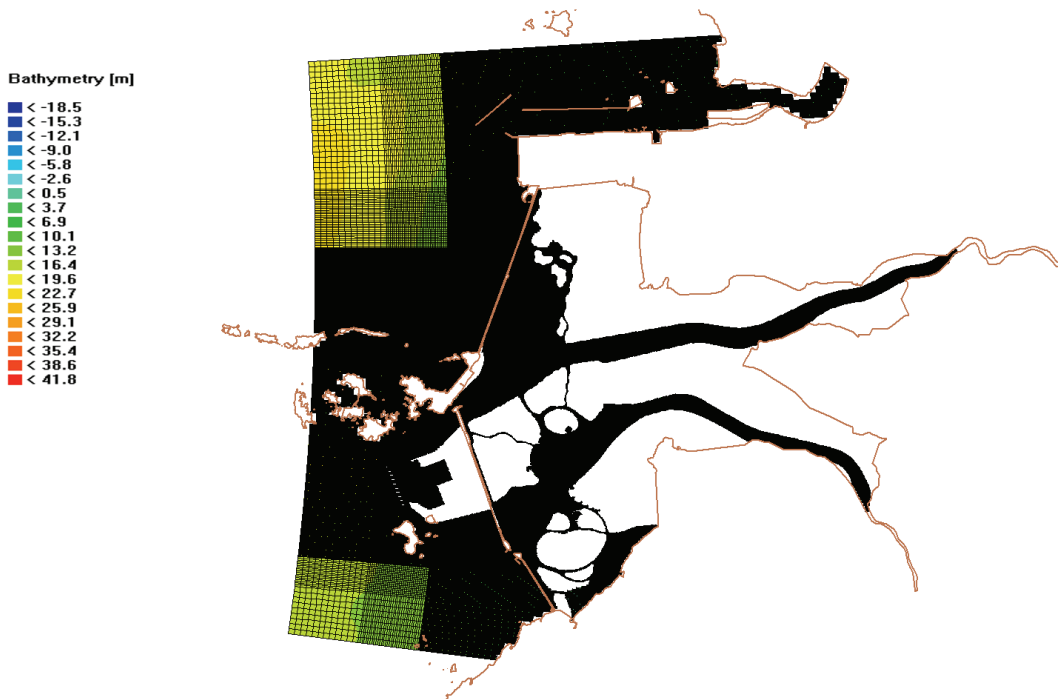


Figure 3. Grid diagram for Saemangeum model calculation

Table 3. Estimate flood volume of Saemangeum development

Classification		Mangyeong flow at Mangyeong bridge	Dongjin flow at Dongjin bridge
Current flood volume (2009)		5,950 m <sup>3</sup> /s	3,368 m <sup>3</sup> /s
Target year flood volume (2016, comprehensive flood management plan)		5,967 m <sup>3</sup> /s	3,376 m <sup>3</sup> /s
Annual average precipitation increase rate		0.041 %/year	0.034 %/year
2 Steps (2030 year) plan flood volume	100yr	6,001 m <sup>3</sup> /s	3,392 m <sup>3</sup> /s
	200yr	6,690 m <sup>3</sup> /s	3,774 m <sup>3</sup> /s
	500yr	7,667 m <sup>3</sup> /s	4,168 m <sup>3</sup> /s
	PMF	15,862 m <sup>3</sup> /s	5,753 m <sup>3</sup> /s

2) 유입량 산정

새만금 유역은 만경강 및 동진강 수계와 여기에 포함되지 않는 직소천 등의 나머지 소유역, 새만금 내부 개발지로 구분된다. 새만금 호내로 유입되는 주요하천은 동진강과 만경강이 있으며, 홍수량은 각 강의 주요지점인 만경대교와 동진대교 지점의 값을 적용하였다.

본 연구에서는 동진강 및 만경강 유역종합치수계획(MOLIT, 2008; MOLIT, 2009)에서 제시한 장래 홍수량 증가율을 분석하고, 이를 이용하여 2단계 완료시점인 2030년의 홍수량을 추정하였다. 100년 빈도의 경우 만경강 본류의 만경대교 지점의 2009년 최대 홍수량은 5,950m<sup>3</sup>/s이며, 2016년에는 5,967m<sup>3</sup>/s로 증가하는 것으로 유역종합계획에서 추정하였다. 동진강 본류 역시 3,368m<sup>3</sup>/s에서 3,376m<sup>3</sup>/s로 증가하는 것으로 추정하였으며, 본 자료를 활용하여 Table 3과 같이 각 하천의 연평균 홍수량 증가율을 추정하였다. 추정된 연평균 홍수량 증가율을 적용하여 2단계 완료시점인 2030년의 빈도별 홍수량을 산정하였다. 또한, 홍수량이 유입되기 이전인 평상시 만경강과 동진강 본류의 유입량은 국가수자원관리종합정보시스템(Water Management Information System, WAMIS)의 기왕 유행자료를 적용하여 만경강 5.73m<sup>3</sup>/s, 동진강 5.48m<sup>3</sup>/s의 하천 저수량이 유입되도록 가정하였다. 새만금유역의 소유역과 새만금 내부개발지에 대한 홍수량은 새만금지구 수문조사보고서(MIFAFF, 2008b)의 수문자료에 연평균 홍수량 증가율을 동일하게 적용하여 2009년에 고시된 유역종합치수계획과 일관성을 유지하였으며, HEC-1모

형을 적용하여 만경강수계 22개, 동진강수계 15개의 소유역 별 유입량을 산정하였다.

3) 하류단 조석조건

수치해석에 사용된 새만금 계산영역의 개방 경계조건은 북측 외해경계를 5개 구간, 서측 외해경계를 8개 구간, 남측 외해경계를 2개 구간으로 구분하여 설정하였다(Figure 4). 경계조건에 입력되는 조화상수 분석을 위해 1998년 개발한 '서해광역모형'을 이용하여 본 연구의 수치모델 경계에서 1년 동안의 조석을 발생시켰다. 그리고 각 경계의 발생조위에 대해 Delft3D-Tide 모듈을 이용하여 조석 조화분해를 실시하였다. 조화분해 결과로부터 주태음일주조(O1), 주태음반일주조(M2), 주태양일주조(P1), 주태양반일주조(S2)등을 포함한 38개의 분조에 대한 조화상수를 도출하였고, 그 결과를 외해경계조건으로 입력하였다.

4) 조도계수 및 기타 매개변수

수리 동역학적 모형의 입력조건 중 관심영역의 지면 마찰에 따른 영향을 주는 조도계수는 해의 신뢰도를 결정하는 중요인자이다. 본 연구에서는 새만금지구 수리 모형시험 및 수치해석(MIFAFF, 2011)의 값을 적용하여 보정과 검증을 통해 조도계수를 결정하였다. 계획하천의 조도계수 추정은 수위, 유량, 식생, 구조물, 단면형상, 사형, 하상재료 및 하상표면의 특성 등에 따라 변화하기 때문에 정확한 조도계수의 추정은 극히 어려운 것으로 판단되며, 각각의 셀이나 영역의 너무 많은 세

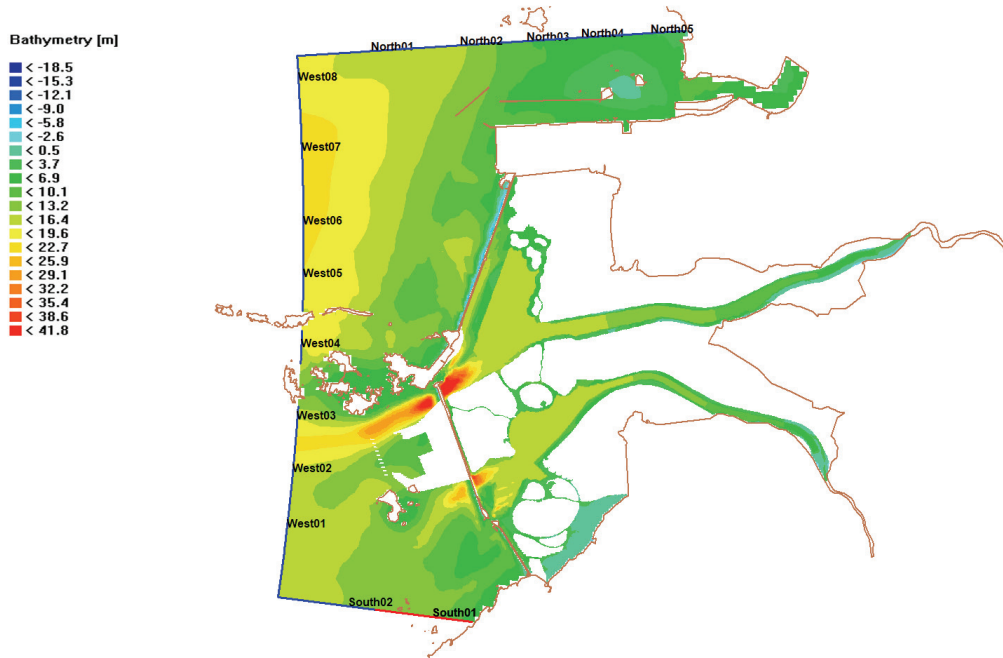


Figure 4. Open boundary condition of Saemangeum model

분화는 해의 정확도를 더 저하시킬 가능성이 있다. 따라서 새만금수역의 조도계수는 크게 상류하천, 새만금호내, 해양으로 구분하여 0.02~0.03의 범위로 적용하였다. 각 구간별 기타 매개변수는 <Table 4>와 같다.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 모형의 검·보정

신뢰할만한 홍수위를 산정하기 위해서는 모형의 검·보정이 필요하다. 본 연구에서는 조위 및 수위와 배수갑문 통과유량에 대한 검·보정을 실시하였다. 배수

갑문 유량계수의 보정 및 검증을 위하여 새만금사업단에서 관리·운영 중인 호 내측 신시 및 가력 수위 탐과 해측 조위 탐에서 2007년 4월 11일부터 4월 15일 대조기 동안 관측한 조위와 모형 추정치를 비교하였다 (<Figure 5>). 상류 유입량은 만경강 및 동진강 본류 관측 유량값을 입력하였으며, 가력배수갑문은 닫혔고 신시배수갑문은 개방된 상태였다. 수치모의 결과 매개변수를 조정하기 전에는 전반적으로 해측 조위의 경우 관측값에 비하여 모의된 수치 결과의 진폭은 크게 나타났으며, 위상은 10 ~ 30분 정도 느리게 나타났다. 이에 대해 4 대 분조에 대하여 지각 및 반조차 조정하였다.

Table 4. Other parameters

Area	Approx. 1,800 km <sup>2</sup>
Latitude	36 degree
Horizontal meshes	810 × 610 grid
Vertical layers	1 layer (Depth-averaged)
Tide conditions	Derived to Yellow Sea model (1998)
River discharge conditions	2 major channels and 35 minor channels
Discharge frequency	100yr, 200yr, 500yr, PMF frequency
Horizontal eddy viscosity	1 m <sup>2</sup> /s
Bed roughness	0.02 to 0.03
Gravity	9.81 m/s <sup>2</sup>
Water density	1,027 kg/m <sup>3</sup>

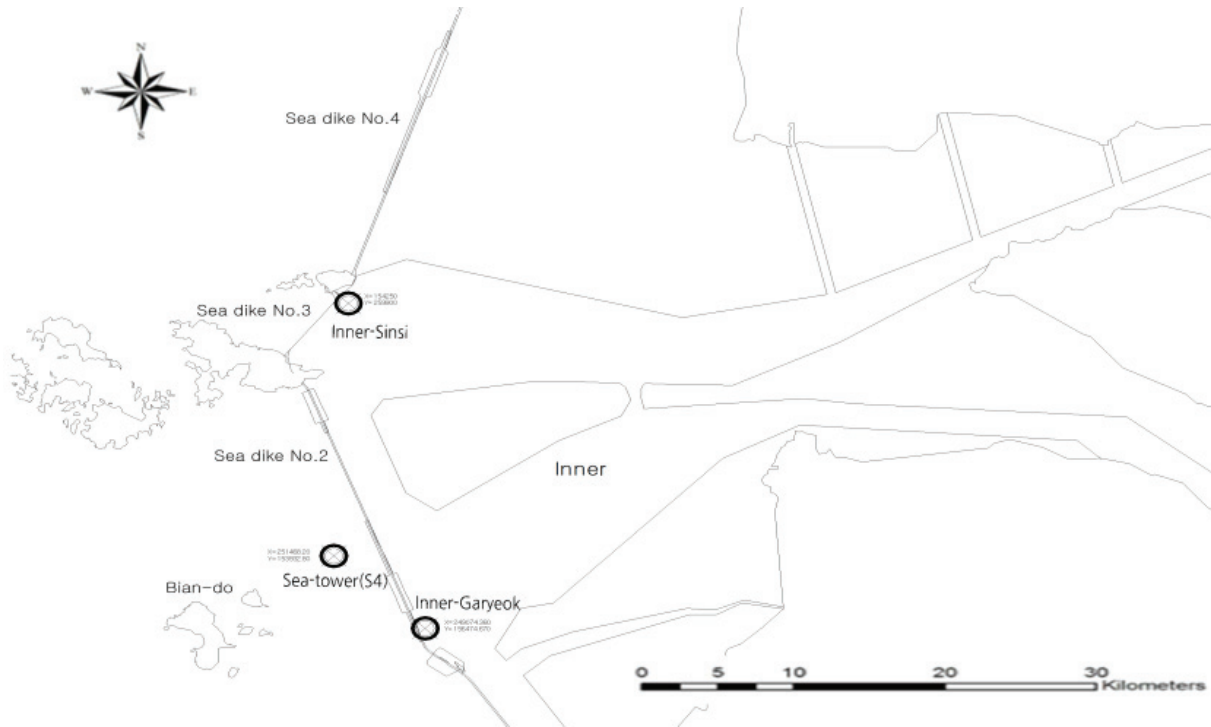


Figure 5. Position of water level and tidal tower used model test

모형 검증결과 중 가력 수위탑의 결과는 (Figure 6) 과 같다. 배수갑문의 유량계수를 변경시키면서 신시 및 가력 수위탑 및 해측 조위탑의 관측결과와 추정치의 RMSE가 최소가 되는 값을 시행착오법을 적용하여 분석하였으며, 가력 및 신시 배수갑문의 유량계수는 각각 0.90과 0.80의 값을 나타내었다. 새만금 호측에 위치

한 가력 수위탑의 시뮬레이션 기간 관측치와 모형 추정치의 RMSE는 0.004m로 나타났으며, 신시 수위탑의 RMSE는 0.003m로 나타나 모형은 실제 호측 수위를 잘 모의하는 것으로 나타났다. 새만금 해측에 위치한 조위탑의 시뮬레이션 기간 관측 조위와 추정 조위의 RMSE는 0.190m로 나타났다. 시뮬레이션기간 관측값

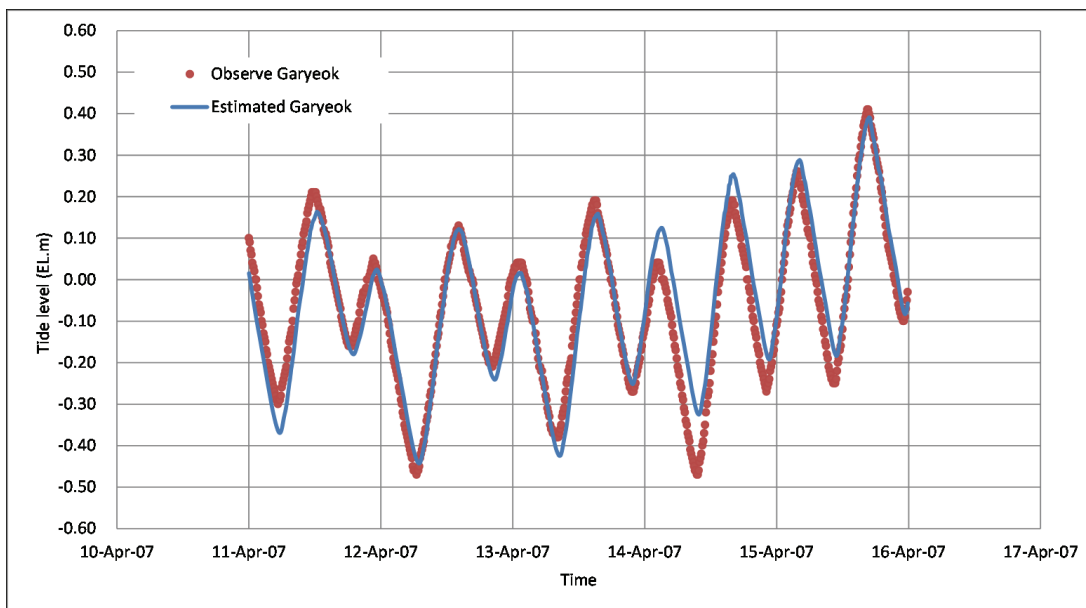


Figure 6. Comparison of observed and simulated water level (Inner-Garyeok)

Table 5. Model operating conditions

Classification	Operation condition
Calculation time interval	7.5 sec
Downstream boundary condition (Tide condition)	Neap tide period (August 22, 2007 ~ August 25, 2007)
Downstream boundary condition (Sluice gate drainage condition)	Inner water level > EL-1.5m and sea water level < inner water level
Downstream boundary condition (Inflow amount)	100yr, 200yr, 500yr, PMF frequency flow volume (2030yr estimated quantity)
Saemangeum dike operation method	Unified operation

의 평균 조차인 1.5m의 4% 이내에 들어가는 것으로 나타났으며, 최대 조차인 4.5m의 3%에 해당하는 것으로 나타나 모형 추정값과 관측값은 유의한 관계에 있다고 판단된다.

2. 모형의 운영조건

본 연구에서는 새만금 종합개발계획에서 관리수위로 결정한 EL-1.5m를 기준으로 100년, 200년, 500년, PMF 빈도의 홍수량에 대하여 배수조건이 가장 불리한 소조기를 선정하여 분석을 실시하였다. 군산외항 조위 관측자료의 1981년 1월부터 2016년 7월까지 35년간의 자료를 적용하였으며, 가장 취약한 조석조건은 연속된 5개 조차의 평균이 가장 작은 경우에 대해 분석하였다. 분석결과 2007년 8월 22일 04시~2007년 8월 25일 14시 사이의 조차가 평균 134.5cm로 가장 낮은 것으로 분석되었으며, 이 기간을 새만금 내부 홍수위 산정을 위한 조석조건 및 시나리오 기간으로 선정하였다. 배수갑문 운영은 새만금 호내 수위가 관리수위 EL-1.5m보다 높으면서 외측 조위가 호내 수위와 비교하여 낮을

경우 배수갑문을 개방하는 것으로 조건으로 하였다 (<Table 5>). 홍수기 유입량은 빈도별 홍수량을 기준으로 2030년(2단계) 홍수량 추정치로 선정하였다. 또한 새만금호를 수계 간 운영하는 방법에 있어서는 통합운영으로 하였다. 통합 운영할 경우 분리운영시보다 홍수 유입량을 효과적으로 배제하는 것으로 보고되고 있다 (MIFAFF, 2008a).

3. 최대홍수위 분석결과

해측의 조위에 따른 관리수위를 기준으로 홍수량 유입에 따른 새만금 호내의 빈도별 최대홍수위를 분석하였다. 해석의 보수적인 접근을 위해 100년 빈도의 홍수위에 대하여 신시 및 가력배수갑문에 홍수가 도달한 시간에 따라 홍수위를 산정하였다. <Table 6>에서 보듯이 가장 높은 홍수위 값을 찾기 위하여 홍수가 발생하는 시간을 시행착오법(Trial and Error Method)으로 추론하였다. 홍수발생시간 8월22일 10:00에 발생하여 신시배수갑문에 16시40분 홍수파가 도달한 경우가 Case 1이며, 이후 30분 간격으로 홍수발생시간을 조정하였

Table 6. Calculation result for 100-year frequency by case

Frequency	Sluice gate	Calculate flood water level(100 year frequency)			
		Maximum flood level (EL+m)	Flood occurrence time	Flood arrival time	Maximum flood level occurrence time
Case1	Sinsi	1.45	10:00 on August 22	16:40 on August 22	12:50 on August 23
	Garyeok	1.43	10:00 on August 22	14:10 on August 22	12:20 on August 23
Case2	Sinsi	1.46	10:30 on August 22	16:50 on August 22	13:00 on August 23
	Garyeok	1.44	10:30 on August 22	14:20 on August 22	12:30 on August 23
Case3	Sinsi	1.45	11:00 on August 22	17:00 on August 22	13:10 on August 23
	Garyeok	1.43	11:00 on August 22	14:30 on August 22	12:40 on August 23

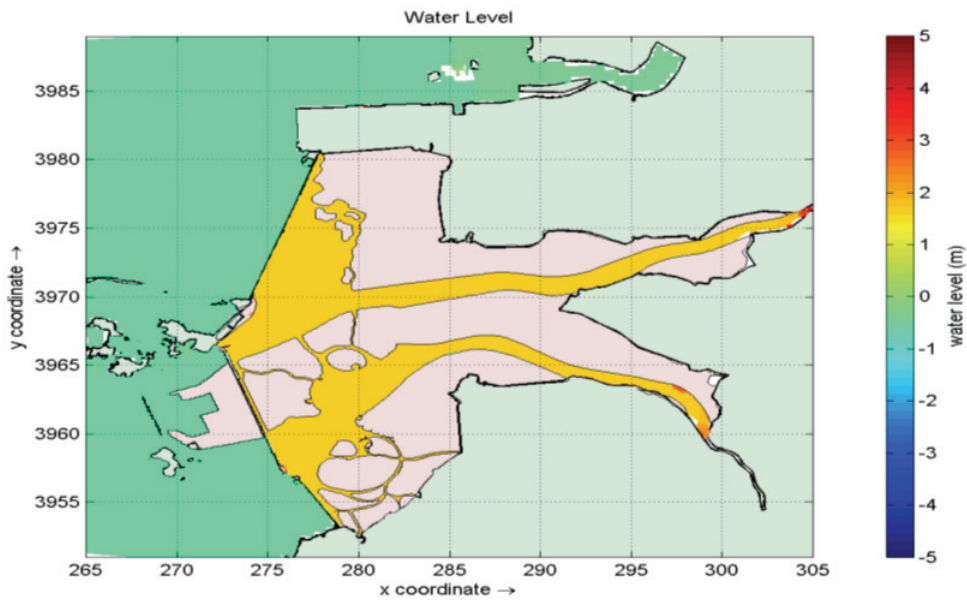


Figure 7. Maximum flood level (100-year frequency)

다. 모의결과 Case 2의 결과가 가장 높은 홍수위가 발생됨을 알 수 있었다. 만경강유역의 경우 홍수발생 후 약 6시간 20분 후 홍수위가 도달됨을 알 수 있었으며, 동진강유역의 경우 홍수발생 후 약 3시간 50분 후 홍수위가 도달되었다. 또한 최대홍수위 발생시간은 만경강유역의 경우 홍수 발생 후 26시간 30분, 동진강유역의 경우 홍수 발생 후 26시간 뒤에 최대홍수위가 발생됨을 알 수 있었다. 최대홍수위 발생시간에 따른 수위 분포는 <Figure 7>과 같다.

빈도별 홍수위 산정값은 <Table 7>과 같다. 홍수위를 모의한 결과 100년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+1.46m, 가력 EL+1.44m로 모의되었다. 200년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+1.99m, 가력 EL+1.96m 모의되었으며

500년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+2.30m, 가력 EL+2.23m로 모의되었다. PMF 최대홍수위는 신시 EL+5.08m, 가력 EL+4.99m로 각각 모의되었다. 홍수위 도달시간의 결과는 만경강유역은 홍수 발생시간 후 약 4시간 30분에서 6시간 20분까지 소요되었으며, 동진강유역의 경우 홍수 발생시간 후 약 3시간 10분에서 3시간 50분이 소요되는 것으로 모의되었다. 최대 홍수위 발생시간은 만경강유역의 경우 홍수 발생시간 후 약 26시간 30분경에 동진강유역의 경우 홍수 발생시간 후 약 26시간 후였다. 결과에서 최대 홍수위 발생시간은 큰 차이가 없었으며, 빈도 값이 클수록 배수갑문에 도달시간이 빨라짐을 알 수 있다. 만경강유역에 비하여 동진강유역의 경우 1시간 20분~2시간 30분 정도 홍수

Table 7. Frequency of maximum flood level, time of concertation and time of maximum flood level

Frequency	Sluice gate	Maximum flood level (EL+m)	Flood occurrence time	Flood arrival time	Maximum flood level occurrence time
100yr	Sinsi	1.46	10:30 on August 22	16:50 on August 22	13:00 on August 23
	Garyeok	1.44		14:20 on August 22	12:30 on August 23
200yr	Sinsi	1.99		16:00 on August 22	13:20 on August 23
	Garyeok	1.96		14:10 on August 22	12:40 on August 23
500yr	Sinsi	2.30		15:50 on August 22	13:20 on August 23
	Garyeok	2.23		14:00 on August 22	12:30 on August 23
PMF	Sinsi	5.08		15:00 on August 22	13:20 on August 23
	Garyeok	4.99		13:40 on August 22	12:50 on August 23

위가 빨리 도달하였다. 이러한 결과는 만경강유역에 비해 동진강유역 유로연장이 약 5km 짧으며 동진강유역 호내 담수 면적이 만경강유역보다 상대적으로 작기 때문이다.

#### 4. 새만금 비상상황 분류

방조제 비상상황 유발조건은 댐이나 저수지의 조건과 다르다. 저수지의 경우 제체나 여수로 붕괴에 따라 하류지역 피해가 집중되는 형태가 대부분이지만, 방조제의 경우 내측에서 발생하는 홍수조건과 배수갑문의 통수능력, 해수면 변화에 능동적으로 대처할 수 있는 관리자의 운영능력에 따라 비상상황 전개 및 피해형태가 다양하게 변화하게 된다. 비상대처계획은 방조제 비상상황 발생시 단계별로 어떤 역할과 임무를 수행해야 하고 어떻게 주민의 생명과 재산을 보호할 수 있는지를 나타내주는 가장 실제적이고 중요한 부분이다. 기상상황과 방조제 상황에 따라 비상상황의 단계를 구분하고

사전대비, 방조제 방어, 주민 및 관광객 대피와 구호, 사후복구와 수습에 이르기까지 방조제 운영기관은 물론 관련 기관별 역할과 임무가 명시되어야 한다. 새만금방조제 비상상황에 따른 단계별 조치사항은 크게 관심, 주의, 경계, 심각 4단계로 구분할 수 있으며 재난상황전개 및 조치사항은 <Table 8>과 같다.

#### 5. 재난지표 제안

방조제의 구조는 축조재료 및 물막이구간, 해상조건, 기초지반의 토질, 축조공법에 따라 차이가 있으나, 일반적으로 성토공, 사석공, 피복공, 기초공, 필터공, 바닥다짐공으로 구분된다. 방조제제체의 침투유량과 파이핑 검토시 가장 위험한 수위조건은 방조제내측(담수측)과 외측(해측)의 수위차이가 가장 클 경우이므로 방조제 내측의 경우 고극수위와 관리수위를, 방조제 외측의 경우 저극수위와 홍수위 시기이다(KISTEC, 2003). 또한 방조제는 사석 피복재료의 강성과 사면경사에 영

Table 8. Saemangeum EAP emergency classification

Emergency level	Situation development	Corrective measure
Attention (Blue) Early prevention	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Floods in the inner basin of the freshwater lake have occurred</li> <li>- Expected to exceed the planned flood level due to outer sea level rise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Weather conditions, other water level observation / stop</li> <li>- Observation / stop of the water level of the freshwater lake</li> <li>- Construction of emergency system among related organizations</li> </ul>
Caution (Yellow) Initial response	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Damage prediction in the part of Sea dike</li> <li>- Sluice gate Several damage predictions</li> <li>- Damage prediction of residents, tourists, merchants, fishermen, vehicles, small fishing boats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Report / report to relevant organizations</li> <li>- Establish emergency response headquarters</li> <li>- Unique temporary installation</li> <li>- Check emergency contact network of related organizations</li> </ul>
Alert (Orange) State development	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Freshwater lake beyond the flood level</li> <li>- Above tidal generation</li> <li>- Damage to tide breaks, sluice gates</li> <li>- Residents, tourists, merchants, fishermen, vehicles separated and injured</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construction of cooperative system of related organizations</li> <li>- Emergency situation radio warning and warning issuance</li> <li>- Evacuate contact to residents, tourists, merchants, farmers</li> <li>- Warning broadcast to nearby islands, neighboring shopping districts, fishing boats</li> </ul>
Serious (Red) State occurs	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inundation occurred in the rise of the freshwater lake level</li> <li>- Sea dike destruction</li> <li>- Sluice gate not operational</li> <li>- Life damage occurred</li> <li>- Small fishing vessels, damage to vehicles has occurred</li> <li>- Damage to shopping streets, harbor facilities</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Block invasion into hazardous areas</li> <li>- Instructions for evacuation of residents of neighboring islands, neighboring shopping districts</li> <li>- Evacuation location guidance, life saving, relief for victims</li> <li>- Sustained abnormality monitoring activity</li> </ul>
End of state	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Emergency repair</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repair</li> </ul>

Table 9. Utilize decision conditions of emergency stage(draft)

Emergency level	Decision conditions of emergency stage(draft)
Attention (Blue)	From the occurrence of the flooding, to management water level EL-1.5m
Caution (Yellow)	From management water level EL-1.5m, to management flood water level EL+1.5m
Alert (Orange)	From management flood water level EL+1.5m, to sea dike inner riprap protection flood water level
Serious (Red)	Higher sea dike inner riprap protection flood water level (Mangyeong EL+4.5m, Dongjin EL+2.5m)

향을 받으며, 제체의 직선사면 활동 및 원호활동 파괴에 대한 안전율은 사석경사제가 가장 큰 것으로 연구되어 있다(Ahn, 1997). 위의 사항에서 유추해 볼 때 담수호 내측에 홍수위가 상승될 경우 피복재료 강성이 큰 내측사석보호공과 소단이 시작되는 부분이 상대적으로 침투수가 발생할 확률이 크며, 붕괴의 위험성도 커질 것으로 판단된다.

본 논문의 결과를 토대로 비상단계 중 초기단계인 '관심단계'를 『이상홍수 발생부터 관리수위 EL-1.5m까지』로 설정한다면 방조제 초기 재난대응이 유리해 질 것으로 판단된다. 또한, '주의단계'는 『관리수위 EL-1.5m부터 호내 관리홍수위 EL+1.5m까지』로 '경계단계'를 『호내 관리홍수위 EL+1.5m부터 제당 내측 사석보호공 홍

수위까지』, '심각단계'를 『제당 내측 사석보호공(만경강유역EL+4.5m, 동진강유역 EL+2.5m) 이상의 홍수위』로 설정한다면 방조제 관리자에게 세부화된 정보 및 지표를 제공해 줄 것이라 판단된다. 논문결과에 따른 비상단계 판단조건 활용(안)은 <Table 9>와 같다.

6. 가상 시나리오에 의한 재난지표 적용

제안된 비상단계(안)의 타당성을 검증하기 위하여 새만금 방조제의 가상 시나리오를 <Table 10> 및 <Table 11>과 같이 작성하였다. 만경강유역 및 동진강유역으로 유역구분을 하였으며 빈도별 가상 시나리오를 작성하였다. 이상의 결과는 가상적인 상황에 의한 추정 결과로 실제상황과는 다르게 나타날 수 있으나, 선제적 대응을

Table 10. Improved disaster indicator(draft) for Mangyeong watershed

Emergency level	Improved disaster indicator(draft)	Time after flood occurrence(hh:mm)			
		100yr	200yr	500yr	PMF
Attention (Blue)	From the occurrence of the flooding To management water level EL-1.5m	6:20	5:30	5:20	4:30
Caution (Yellow)	From management water level EL-1.5m To management flood water level EL+1.5m		20:00	16:50	12:50
Alert (Orange)	From management flood water level EL+1.5m To sea dike inner riprap protection flood water level				19:20
Serious (Red)	Higher sea dike inner riprap protection flood water level (Mangyeong EL+4.5m, Dongjin EL+2.5m)				47:30

Table 11. Improved disaster indicator(draft) for Dongjin watershed

Emergency level	Improved disaster indicator(draft)	Time after flood occurrence(hh:mm)			
		100yr	200yr	500yr	PMF
Attention (Blue)	From the occurrence of the flooding To management water level EL-1.5m	3:50	3:40	3:30	3:10
Caution (Yellow)	From management water level EL-1.5m To management flood water level EL+1.5m		20:30	17:20	13:20
Alert (Orange)	From management flood water level EL+1.5m To sea dike inner riprap protection flood water level			24:40	15:20
Serious (Red)	Higher sea dike inner riprap protection flood water level (Mangyeong EL+4.5m, Dongjin EL+2.5m)				47:00

위한 보조수단으로 재난지표로 활용한다면 실제 재난관리에 도움을 줄 수 있을 것이라 사료된다.

## V. 결론

본 연구에서는 우리나라 서남해안에 분포되어 있는 간척지 중 새만금지역을 연구대상으로 선정하고 확정된 새만금 종합개발계획(MP)을 활용한 유역별·빈도별 홍수량에 따른 새만금호의 주요지점별 홍수위의 수리학적 분석을 실시하였다. 분석된 결과를 바탕으로 방조제 재난지표를 제시하였으며 세부적 결론을 요약하면 다음과 같다.

새만금 유역의 수치모델링에 필요한 범위를 설정하고, 모델구성 및 자료를 입력한 후 검·보정을 통하여 모델의 신뢰성을 검증한 후 모델운영 조건을 설정하였다. 새만금 종합개발계획(MP)이 완료되었을 경우를 가정하여 통합운영을 실시하였으며, 호내 관리수위에 따른 100년, 200년, 500년 빈도 및 PMF 홍수량 유입시 호내 홍수위 모의를 수행하였다.

홍수위를 모의한 결과 100년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+1.46m 가력 EL+1.44m로 모의 되었다. 200년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+1.99m 가력 EL+1.96m, 500년 빈도 최대홍수위는 신시 EL+2.30m 가력 EL+2.23m, PMF 최대홍수위는 신시 EL+5.08.m 가력 EL+4.99m로 모의 되었다

비상단계 중 초기단계인 ‘관심단계’를 『이상홍수 발생부터 관리수위EL-1.5m까지』로 설정한다면 방조제 초기 재난대응이 유리해 질 것으로 판단된다. 또한, ‘주의단계’는 『관리수위 EL-1.5m부터 호내 관리홍수위 EL+1.5m까지』로 ‘경계단계’를 『호내 관리홍수위 EL+1.5m부터 제당 내측 사석보호공 홍수위까지』, ‘심각단계’를 『제당 내측 사석보호공(만경유역 EL+4.5m, 동진유역EL+2.5m) 이상의 홍수위』로 설정한다면 방조제 관리자에게 세부화된 정보 및 지표를 제공해 줄 것이라 판단된다.

방조제 비상상황 단계별 분류에서 이상홍수위 발생

후의 시간을 수치모의를 통해 구분하였으며 정성적인 위기상황 판단이 아닌 구체적인 수치로 된 지표들을 방조제 위기상황 재난지표로 활용한다면 상황 관리자의 위기상황 판단과 대처를 위한 의사결정에 도움이 될 것으로 기대한다.

새만금호 내측 홍수위는 내부의 개발형태 및 규모에 따라 큰 차이를 보일 수 있으며, 새만금 종합개발의 변경 및 완료계획에 따라 피해규모가 달라지기 때문에 비상대처계획 또한 개발계획에 맞춰 보완 및 수정이 되어야 할 것이다. 본 연구의 결과는 새만금 방조제 설계기준에 따라 구분한 방법으로 새만금 유역과 같은 대규모 방조제 비상단계의 검토 및 설정 등에 재난지표로 활용할 수 있을 것으로 판단하지만, 다른 방조제에 일률적으로 적용하기는 무리가 있다. 이는 각 방조제가 위치한 지역의 수리·수문조건이나 지역적 특성이 매우 다양하기 때문에 각 방조제에 대해 별도의 조사 분석을 실시하고 다양한 연구를 통하여 활용할 때 신뢰도를 높일 수 있을 것으로 판단된다.

## 감사의 글

이 논문은 국토교통부 국토교통기술 지역특성화사업의 연구비지원(18RDRP-B134213-06)에 의해 수행된 연구입니다.

## References

- Ahn, Jong Pil. 1997. A Study on the Stability Analysis of Revetment Structure Subjected to the Wave and Soil Pressure. *The Journal of Engineering Geology*. 7(1): 37-52.
- Choi, Hyun Soo. 2016. Establishing Emergency Levels According to Spillway Overflow Depth for Agricultural Reservoirs. Ph. D. Dissertation. Chungbuk National University.
- Dongeren, V. A. 2009. Delft3D-Modelling of Hydrodynamic and Water Quality Processes in San Diego Bight. Deltares Delft(Netherlands).
- Elias, E. P. L., D. J. R. Walstra, J. A. Roelvink, M. J. F. Stive,

- and M. D. Klein. 2001. Hydrodynamic Validation of Delft3D with Field Measurements at Egmond. In Coastal Engineering Conference. 2714-2727.
- Gelfenbaum, G., A. W. Stevens, I. Miller, J. A. Warrick, A. S. Ogston, and E. Eidam. 2015. Large-scale Dam Removal on the Elwha River, Washington, USA: Coastal Geomorphic Change. *Geomorphology*. 246: 649-668.
- Han, Kun Yeon. 2006. Emergency Action Plan for Dam and Reservoir Collapse: Effective Handling of Scenarios. *KRC*. 249: 61-69.
- Kim, Hyung San, Seung Jin Maeng, Se Woong Chung, and Tae Woo Kim. 2012. Characteristic Analysis of Sediment Load in Mangyeong and Dongjin River during Flood Season. *Crisisonomy*. 8(2): 180-200.
- Kim, Soo Young, Hyung Jun Kim, and Kwang Seok Yoon. 2015. Analysis of Flood Control Effect by Applying the Connecting Channel in Estuary Area Including the Confluence of Two Rivers. *Journal of Korea Water Resources Association*. 48(12): 1065-1075.
- Korea Hydrographic and Oceanographic Administration(KHOA). 2007. Nautical publications.
- Korea Infrastructure Safety Corporation(KISTEC). 2003. Safety Evaluation of Coastal Structures: Estuaries and Seawalls.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2011. Survey and Design of Agricultural Production Maintenance Projects.
- Korea Rural Community Corporation(KRC). 2016. Emergency Action Plan Establishment and Implementation Situation.
- Korea Water Resource Cooperation(K-water). 2011. Dredging Plan according to Government's Comprehensive Development Plan.
- Lee, Sang Hwa, Han Seung Lee, Jae Jung Kim, and Dong Hun Park. 2012. Investigation into the Range of Effect of the Tide Level of Oncheon River Using Delft-3D. *Journal of Korea Water Resources Association*. 45(5): 465-472.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF). 2008a. A Study on Hydraulic Test for Saemangeum.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF). 2008b. Hydrologic Studies Report in Saemangeum.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF). 2008c. Saemangeum Internal Development Basic Plan of Reclamation Comprehensive Development Project Measurement Data.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(MIFAFF). 2011. Hydraulic Model Test and Numerical Analysis for Saemangeum Project.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTMA). 2008. Report of Comprehensive Flood Management Plan in Mangyeong River Watershed.
- Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(MLTMA). 2009. Report of Master Plan in Dongjin River.
- National Emergency Management Agency(NEMA). 2009. Emergency Action Plan(EAP) Guidelines for Dams and Reservoir Collapse.
- Office of the Prime Minister(OPM). 2011. Saemangeum Master Plan.
- Water Resource Management Information System.  
<http://www.wamis.go.kr/>

*Korean References Translated from the English*

- 국립해양조사원. 2007. 수로서지.
- 국무총리실. 2011. 새만금 종합개발계획.
- 국토해양부 · 익산지방국토관리청. 2008. 만경강유역종합치수계획보고서.
- 국토해양부 · 익산지방국토관리청. 2009. 동진강 하천기본계획(보완) 보고서.
- 김수영, 김형준, 윤광석. 2015. 2 개의 하천이 합류하는 하구역에서의 연결수로 통수능에 따른 홍수위저감효과 분석. 한국수자원학회논문집. 48(12): 1065-1075.
- 김형산, 맹승진, 정세웅, 김태우. 2012. 홍수기 만경강 및 동진강 유입 유사량 특성분석. 한국위기관리논집. 8(2): 180-200.
- 농림수산식품부 · 한국농어촌공사. 2011. 새만금지구 수리모형시험 및 수치해석.
- 농림수산식품부 · 한국농촌공사. 2008a. 새만금지구 수리시험 연구.
- 농림수산식품부 · 한국농촌공사. 2008b. 새만금지구 수문조사 보고서.
- 농림수산식품부 · 한국농촌공사. 2008c. 새만금종합개발계획의 단계별 준설계획 및 토지이용계획.

- 소방방재청. 2009. 댐·저수지 붕괴 등에 따른 비상대처계획 (EAP)수립지침.
- 안종필. 1997. 파압과 토압을 받는 호안구조물의 안정해석에 관한 연구. 지질공학회지. 7(1): 37-52.
- 이상화, 이한승, 김재중, 박동훈. 2012. Delft-3D 를 이용한 온천천의 조위 영향범위 검토. 한국수자원학회논문집. 45(5): 465-472.
- 최현수. 2016. 물넘이 월류수심을 고려한 농업용 저수지 비상단계 설정. 충북대학교 박사학위논문.
- 한건연. 2006. 댐·저수지 붕괴에 대한 EAP(비상대처계획): 시나리오에 따른 효율적 대처 필요. 흙사랑 물사랑. 249: 61-69.
- 한국농어촌공사. 2011. 농업생산기반정비사업 조사·설계 실무요령(간척).
- 한국농어촌공사. 2016. 비상대처계획 수립 및 실시상황.
- 한국수자원공사. 2011. 정부 종합개발계획에 따른 호내 준설계획.
- 한국시설안전기술공단. 2003. 해안구조물의 안정성 평가방안. 하구둑 및 방조제를 중심으로.
- 국가수자원관리종합정보시스템. <http://www.wamis.go.kr/>

---

Received: Jun. 11, 2018 / Revised: Jul. 20, 2018 / Accepted: Jul. 27, 2018

## 홍수특성을 이용한 새만금호 비상대처계획 지표 개발

국문초록 홍수재해로부터 많은 인명과 각종 산업시설을 보호하고 있는 방조제, 방수제 및 하천제방 등의 대형 수리시설물들은 그 설계 및 관리에 만전을 기하고 있음에도 불구하고 토지이용의 변화, 집중호우, 이상홍수, 지진 등의 기상이변 등으로 인하여 홍수와 토석류 등의 범람피해가 발생할 수 있다. 이러한 홍수범람으로 인한 재해는 많은 인명손실과 극심한 재산피해를 줄 뿐만 아니라, 사회적 문제를 발생하므로 재해발생에 따른 적절한 홍수예정보 및 피난대책 수립 등은 매우 중요한 사안이다. 방조제에 대한 비상대처계획이 수립된 지역의 경우 비상상황분류의 상황전개나 조치사항은 분류되어 있으나, 이를 구분하는 지표가 없는 실정이다. 이러한 경우 단지 상황단계에서의 “예상”으로 단계별 조치가 이루어질 경우 관리자가 보다 더 능동적으로 대처할 수 있는 한계가 발생할 가능성이 크다. 본 연구에서는 연구대상지역의 비상상황 발생에 따른 단계별 지표를 제시하여 방조제 운영자에게 보다 더 정확한 정보를 제공하고자 하였다. 이러한 결과는 비상대처계획이 기 수립되거나 수립되지 않는 방조제에 대하여 홍수위 및 도달시간 등의 수문학적 자료를 이용하여 방조제 재난관리에 필요한 대응지표로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

주제어 : 새만금, 홍수위, Delft3D, EAP

Profiles **Dong Joo Kim** : He Obtained a doctor of engineering degree in “Emergency Action Plan Index of Saemangeum Lake Using Flood Characteristics” (August, 2017) from Chungbuk National University, currently he is working at the Korea Rural Community Corporation(cop7042@ekr.or.kr).

**Hyung San Kim** : He Obtained a doctor of engineering degree in “Estimating probable annual maximum daily streamflow on climate change” (February, 2015) from Chungbuk National University, currently he is working as a researcher at the Korea Water Resources Corporation(kamakim486@hanmail.net).

**Seung Jin Maeng** : He Obtained a doctor of agriculture degree in “Estimation of design flood by the determination of best fitting order of LH-Moments” (February, 2002) from Chungbuk National University, currently he is working as professor in Chungbuk National University. The main areas of research are statistical hydrology, development of rainfall-runoff model, and area of hydrological data measurement, current activities include director society of agricultural engineering, the editorial board member in Journal Korea Water Resources Association(maeng@chungbuk.ac.kr).

**Ju Ha Hwang** : He obtained a master degree in Environmental and Agricultural Water Engineering with the thesis title of “Comparison of Probable Maximum Flood by Variation of Curve Number in HEC-HMS Model” (February, 2010), from Chungbuk National University, currently he is candidate of doctor degree in Chungbuk National University(ultras3@naver.com).