# 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

'클라우드 기반 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템 개발'(연구개발 기간 : 2017. 4. 5 ~ 2019. 12. 31) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2020. 1. 10.

주관연구기관명 : (주)로커스솔루션 (대표자) 박대희 (인)

협동연구기관명 : K-water (대표자) 이학수 (인)

협동연구기관명 : 에스지에이블록체인(주) (대표자) 은유민

주관연구기관책임자: 박 대 희
협동연구기관책임자: 조 용 덕
협동연구기관책임자: 조 찬 윤

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

# 보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>19CTAP-C129008-03</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>2019.01.01. ~2019.12.31</td><td>단계구분</td><td>03/03</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">클라우드 기반 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2">박대희</td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 26 명<br>내부: 23 명<br>외부: 3 명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부:200,000천원<br>민간:195,334천원<br>정부외: 천원<br>상대국: 20,000천원<br>계:415,334천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 26 명<br>내부: 23 명<br>외부: 3 명</td><td>총 연구비</td><td>정부:550,000천원<br>민간:312,334천원<br>정부외: 천원<br>상대국: 50,000천원<br>계:912,334천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="2">(주)로커스솔루션</td><td colspan="3">참여기업명<br>K-water, 에스지에이블록체인(주)</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="2">상대국명: 인도네시아</td><td colspan="3">상대국 연구기관명: MPWH</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="2">연구기관명:</td><td colspan="3">연구책임자:</td></tr>
</table>

※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음

| 연구개발성과의 보안등급 및 사유 | |
|---|---|

9대 성과 등록・기탁번호

| 구분 | 논문 | 특허 | 보고서 원문 | 연구시설・장비 | 기술요약 정보 | 소프트웨어 | 화합물 | 생명자원 | | 신품종 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | 생명 정보 | 생물 자원 | 정보 | 실물 |
| 등록・기탁 번호 | | | | | | | | | | | |

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

| 구입기관 | 연구시설・장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입연월일 | 구입가격 (천원) | 구입처 (전화) | 비고 (설치장소) | NTIS 등록번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

| 요약(연구개발성과를 중심으로 개조식으로 작성하되, 500자 이내로 작성합니다) | 보고서 면수 |
|---|---|
| | |

## 국문 요약문

<table>
<tr><td>연구의<br>목적 및 내용</td><td>ㅇ최종목표<br>홍수피해 최소화를 위한 동남아시아 맞춤형 물재해 관리 클라우드 시스템 개발<br>ㅇ세부목표<br>- 관련 기관에 산재되어 있는 물재해 DB 통합 및 일관성 있는 정보 관리 체계 구축을 통한 물재해 정보관리 시스템 개발<br>- 홍수분석(강우유출과 저수지 방류량 산정) 엔진의 현지화를 통해 시설물의 최적 운영을 위한 클라우드 기반 물재해 정보분석 시스템 개발<br>- 해당유역에 위치한 방재시설간의 최적 연계운영 가이드라인 수립</td></tr>
<tr><td>연구개발성과</td><td>ㅇ 연차별 연구내용<br>- 1차년도 : 본 연구과제는 3년에 걸쳐 추진하고자 하며, 금번 연구과제 대상은 해외지역인 만큼, 해외 연구기관과의 공동연구가 필수적인 사항으로 현지조사를 통한 물재해 관리 현황 및 문제점 분석을 통해 맞춤형 물재해 관리 시스템 설계 및 구축방안을 1차년도 연구성과로 제시<br>- 2차년도 : 물재해 관리 시설 운영 시나리오 수립을 통해 맞춤형 물재해 관리 대책(구조적/비구조적) 및 방안을 수립하고, 통합 DB 및 클라우드 기반의 물재해 관리시스템을 개발<br>- 3차년도 : 현장 테스트 및 시험운영을 통해 구축된 물재해 관리 시스템의 적용성을 검증하고자 하며, 동남아시아 타 지역으로의 확장방안을 제시<br>ㅇ 최종 성과물<br>- 클라우드 물재해 관리시스템(통합 DB 및 정보관리시스템 + 정보분석시스템)<br>- 물재해 관리 시설물 최적 연계운영 가이드라인(지침)<br>< 예상되는 연구개발성과 유형 ><br>
<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th rowspan="2">논문</th><th rowspan="2">특허</th><th rowspan="2">보고서<br>원문</th><th rowspan="2">연구<br>시설・장비</th><th rowspan="2">기술요약<br>정보</th><th rowspan="2">소프트<br>웨어</th><th rowspan="2">화합물</th><th colspan="2">생명자원</th><th colspan="2">신품종</th></tr>
<tr><th>생명<br>정보</th><th>생물<br>자원</th><th>정보</th><th>실물</th></tr>
<tr><td>성과</td><td>○</td><td>○</td><td>○</td><td></td><td>○</td><td>○</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
</table>
</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의<br>활용계획<br>(기대효과)</td><td>ㅇ 기술적 기대성과<br>- 국산 물관리 기술의 현지 적용을 통해 해외 진출 확산에 기여하고 동남아시아 개발도상국 IWRM(Integrated Water Resources Management) 기술 시장 진출 활성화 기대<br>- 유역관리 측면에서 각 수리시설물을 통합 운영하는 합리적인 운영기술을 제시함으로서 이해관계간의 의사결정지원 도구로서 활용<br>- 지능형 통합물관리가 도입되지 않은 동남아 도시지역의 수재해 관련 비상상황 발생시 민첩하고 효과적인 대응 기대<br>ㅇ 사회·경제적 파급효과<br>- 국내의 기술과 노하우를 기반으로 해당 지역에 최적화된 물재해 관리시스템을 공급하여 국내 물분야 중소기업과, K-water의 국제적 인지도 제고와 신규 해외시장 개척 및 통합물관리 사업으로 연계 확장의 교두보 확보<br>- 선진 물관리 기술 도입을 통해 물재해(홍수, 가뭄, 수질사고 등) 비상상황 발생시 신속 대응 할 수 있는 기반을 마련하여 추가적인 수자원 오염을 방지할 수 있고 이는 곧 물관리 비용 절감 기대</td></tr>
<tr><td>핵심어<br>(5개 이내)</td><td>물재해관리</td><td>맞춤형 기술</td><td>홍수유출해석</td><td>클라우드</td><td>개발도상국</td></tr>
</table>

영문 요약문

# 〈 SUMMARY 〉

| | |
|---|---|
| Purpose & Contents | ㅇ Final goal<br>- Development of Cloud computing based Water Risk Management System for East Asian Country to minimize flood damage.<br>ㅇ Detailed targets<br>- Development of water disaster information management system through integration of water disaster DB scattered among related organizations and establishment of consistent information management system.<br>- Flood analysis (calculation of discharge amount of rainfall and reservoir) Development of cloud-based water disaster information analysis system for optimum operation of facilities through localization of engines.<br>- Establish guidelines for optimal linkage between disaster prevention facilities located in the watershed |
| Results | ㅇ Research content by year<br>- 1st Year: This research theme is about to be promoted over 3 years. The target of this research theme is the overseas area, as it is indispensable for collaborative research with overseas research institutes, the current situation of water disaster management through field survey and analysis of problems Present the design and construction method of the disaster management system to the research results of the first year.<br>- 2nd Year: Establish customized water disaster management measures (structure / unstructured) and measures through formulation of scenarios for the management of water disaster management facilities, develop integrated DB and cloud-based water disaster management system.<br>- 3rd Year: We are planning to verify the applicability of water disaster management system constructed through field test and test operation and present a proposal for expansion in other regions of Southeast Asia<br>ㅇ Final product<br>- Cloud water disaster management system (integrated DB and information management system + information analysis system)<br>- Guidelines for optimal coordinated operation of water disaster management facilities (guidelines) |
| Expected Contribution | ㅇ Technological Expected Achievements<br>- Thanks to the local application of domestic water management technology, we will contribute to the spread of overseas expansion and effectively expect to enter the market of developed world IWRM (Integrated Water Resources Management) technology in Southeast Asia.<br>- Watershed management, by utilizing rational management techniques to integrate and operate each repair facility, it is utilized as a decision support tool between interests.<br>- Intelligent Integrated Water management is not introduced in urban areas in Southeast Asia, expecting to respond agile and effective when disaster-related emergency occurs.<br>ㅇ Social and economic spillover effects<br>- Based on domestic technologies and know-how, we will supply regional optimized water disaster management system, and promote the development of international awareness of K-water and the development of new overseas market with small and medium company in the domestic water sector Secure a bridgehead of expansion of cooperation in integrated water management project.<br>- With the introduction of advanced water management technology, it is possible to prepare a foundation on which emergency response can be made promptly in case of water disaster (flood, drought, water quality accident etc), to prevent additional water pollution, We expect to immediately reduce water management costs. |
| Keywords | Water Risk Management / Customized Technology / Flood analysis / Cloud Computing / Developing Country | | | | |

## 영문 목차

1. Overview ····· 1
2. Research Trends ····· 12
3. Methodology and Result ····· 21
4. Goal and Contribution ····· 224
5. Utilization of Study result ····· 225
6. Literature Survey ····· 225
7. Security Grade ····· 225
8. Research Facility and Equipment List ····· 225
9. Performance of Implementing Safety ····· 225
10. Performance of Research ····· 226
11. Other information ····· 226
12. Reference ····· 226

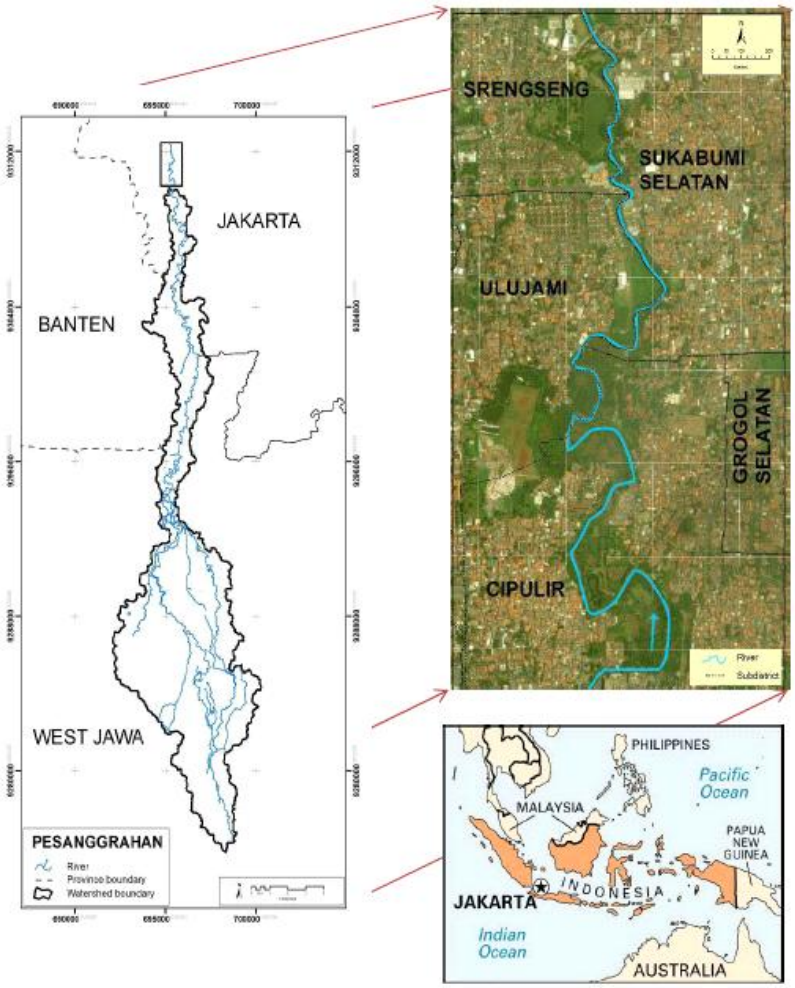
# 〈 목 차 〉

제1장 연구개발과제의 개요 ····· 1
1. 연구개발 목적 ····· 1
2. 연구개발의 필요성 ····· 2
3. 연구개발 범위 ····· 5
제2장 국내외 기술 개발 현황 ····· 12
제3장 연구수행내용 및 성과 ····· 21
1. 개요 ····· 21
2. 대상유역 현황 ····· 34
3. 요구사항 분석 및 현지조사 ····· 48
4. 신규 수문관측소 설치 ····· 72
5. 물재해 정보분석 및 의사결정지원시스템 개발 ····· 75
6. 홍수분석 모형 구축 ····· 92
7. 물재해 관리 시나리오 수립 및 가이드라인 작성 ····· 135
8. 물재해 통합 DB 및 정보관리 시스템 개발 ····· 191
제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 224
제5장 연구개발성과의 활용 계획 ····· 225
제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보 ····· 225
제7장 연구개발성과의 보안등급 ····· 225
제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황 ····· 225
제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적 ····· 225
제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적 ····· 226
제11장 기타 사항 ····· 227
제12장 참고 문헌 ····· 227

## 제1장. 연구개발과제의 개요

### 1. 연구개발 목적

○ 본 연구에서는 그동안 중점적으로 이루어졌던 구조적 대책을 대신하여 비구조적인 대책의 하나로 동남아시아 도시지역 특성에 적합한, 확장성 있는 맞춤형 물재해 관리시스템을 개발하고자 함



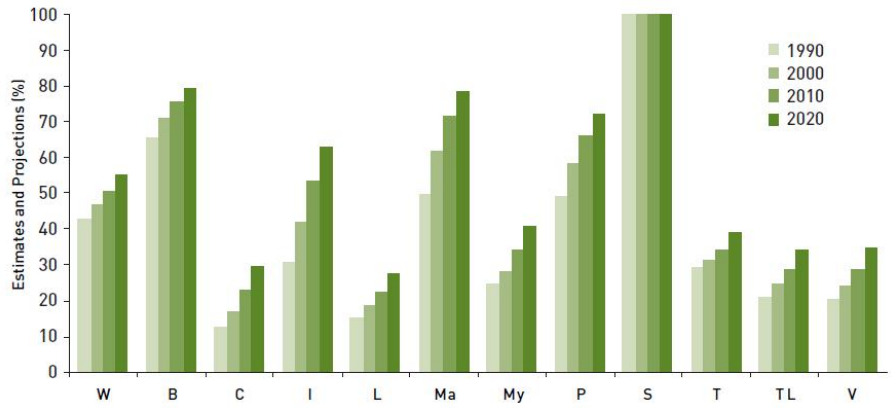

[연구대상지 Pesanggrahan 유역]

○ 본 연구에서는 기본적인 유역 수문현황 모니터링뿐 만 아니라 댐 및 보, 배수문 등 홍수방어시설물의 운영현황 정보, 홍수상황분석, 홍수위험지도 등 종합적인 물재해 정보를 제공하고, 사전에 홍수위험 지역을 분석하여 유관기관과 공유할 수 있는 물재해 관리 의사결정 지원시스템을 개발하고자 함

## 2. 연구개발의 필요성

○ 동남아시아의 도시인구는 세계 도시인구의 1.75배 빠른 비율로 증가하고 있으나 효과적인 관리 부족으로 빈곤, 물재해(홍수, 가뭄, 상수원부족), 오염 등 급격한 도시화의 문제에 효율적으로 대처하지 못하고 있음

○ 특히, 해안지역에 대규모 도시가 존재하고 있는 태국, 인도네시아, 베트남, 미얀마 등 동남아 지역은 급격한 도시화로 인한 불투수층 증가에 따른 홍수유출 증가, 불리한 지형여건(낮은 유역경사 등)으로 인한 배수불량, 지속적인 지반침하에 따른 내수침수 위험 증가 등 공통의 홍수관리 문제를 가지고 있음

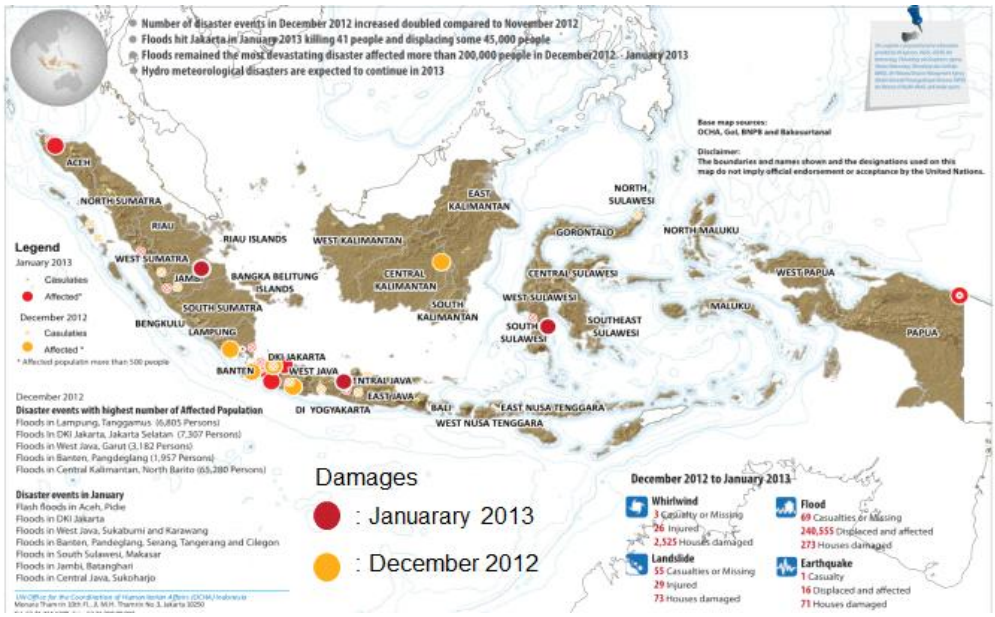



[Southeast Asia Urbanization : Estimates and projects]
Source : UN-HABITAT(2007a), p352
Notes: W:World, B:Brunei, C:Cambodia, I:Indonesia, L:LaoPDR, Ma:Malaysia, My:Myamar, PPhilippins, S:Singapore, T:Thailand, TL:Timor-Leste, V:Vietnam

○ 이 중 본 연구의 대상국가인 인도네시아 역시 최근 20여 년간의 급속한 경제성장 과정에서 인구와 산업의 과도한 도시집중을 야기하였고 이는 과거 우리나라가 산업화 과정에서 격었던 문제보다 더욱 심각한 환경문제를 불러왔음

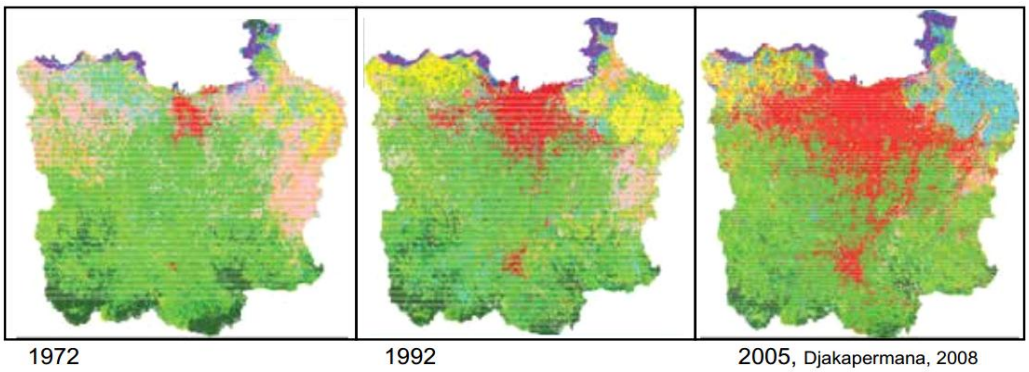
○ 수도인 자카르타 뿐만 아니라 인도네시아 대부분의 도시들은 물부족과 수질오염, 홍수해의 지속적인 반복으로 고통받고 있으며 이는 해수면 상승(2030년 3~16㎝, 2070년 7~50㎝), 국지성 집중호우의 증가와 같은 기후변화와 맞물려 향후 보다 가속화될 전망임

○ 특히, 2013년 홍수로 인해 북부 및 남부 수마트라, 자바섬 자카르타 인근 및 중부자바 지역 그리고 칼리만탄과 술라웨시 섬에서 막대한 재산 및 인명 피해가 발생. 자카르타 지역에서만 41명이 사망하고 4만 5천명의 이재민 발생하였으며, 인도네시아 전역에 걸쳐 20만명 이상에게 영향을 미친 기록적인 재해임




[2012~2013 Flood Damage in Indonesia], 인도네시아 방재청(BNPB)]

○ 특히, 본 연구의 대상지역인 Pesanggrahan 강 유역은 자카르타 서부의 주요 도시인 Bogor 및 Depok, Tangerang을 관통하고 있으며, 1990년 45%였던 도심 지역이 2010년 74%로 확대됨으로써 급격한 도시화로 인한 홍수피해가 급증하고 있어 근본적이고 전략적인 홍수피해 저감방안의 수립을 필요로 함

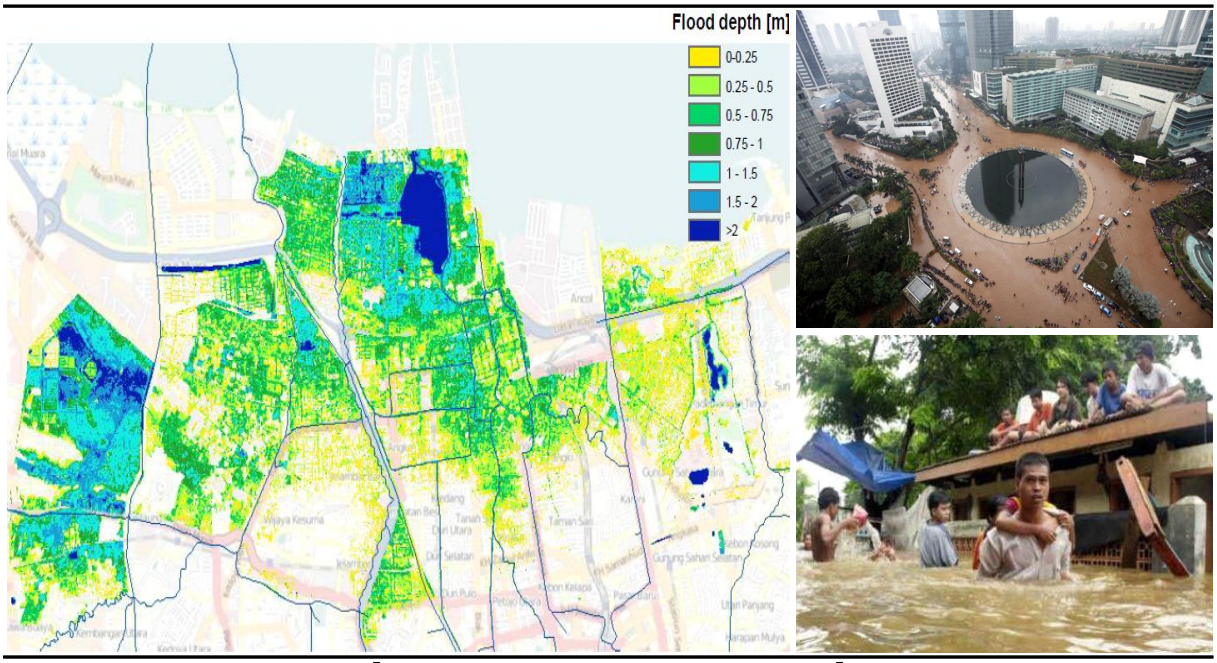



[Land use changes in Jakarta area], River management in Indonesia(2013)

○ 인도네시아 자카르타 수도권 지역은 BBWS Ciliwung-Cisadane(유역관리청)을 비롯해 BNPB(방재청), BMKG(기상청), DPSDA(서자바주 수자원국)등 다양하고 복잡한 물관련 기관들이 산재해 있는 반면, 업무 협조체계 및 자료 공유는 미비한 실정임

○ 또한, 물재해 관리에 필요한 강우, 수위 등의 수문자료의 수집도 대부분 관측원의 수동관측에 의존하는 부분이 크며, 일부 자동관측 시스템의 경우도 실시간 자료 전송에 어려움을 겪고 있음

○ 인니 방재청(BNBP) 경우 방재정보 DB를 구축하여 웹사이트를 통해 관련 정보를 제공하고 있으나 홍수 등 물재해 관련한 정보의 경우 과거 피해 집계 자료 등 단순한 정보 제공에 그치고 있으며, 실시간 재해 정보 제공에는 한계를 가지고 있음




[Past Flood Events in Jakarta City]
Source : Joint cooperation program – Flood earning warning system (2013)

○ 대상 유역의 주요 물관리 기관인 유역관리청(BBWS Ciliwung-Cisadane)의 경우 조기홍수경보시스템 (FEWS, Flood Early Warning System)을 운영 중에 있으나 단순 수문현황(강우, 수위) 모니터링 위주에 머무르고 있음

○ 이에 인도네시아 정부에서는 West Jakarta Flood system Project(2000), Joint Cooperation Program with Netherlands(2013), Capacity development of Jakarta comprehensive flood management(2013), The project for urgent reconstruction of east pump station of pluit in Jakarta 등의 단위 프로젝트를 수행하여 홍수피해 현황을 조사하고 배수 부족 문제를 해결하고자 노력하고 있음

○ 그러나 이러한 프로젝트들은 댐 및 보, 방수로, 펌프장 건설 등 구조적 대책 위주로 진행됨으로써 많은 비용과 시간을 필요로 함. 본 연구 대상 지역인 인도네시아 뿐만 아니라 동남아시아 도시지역들이 공통적으로 가지고 있는 물문제 해결을 근본적으로 해결하기 위해서는 구조적인 대책과 더불어 비구조적인 대책을 포함하는 종합적인 물재해 관리 대책이 절실함

## 3. 연구개발 범위




[분야별 연구개발 목표]

가. 최종목표

홍수피해 최소화를 위한 동남아시아 맞춤형 물재해 관리 클라우드 시스템 개발

나. 세부목표

1) 정확한 현지여건 파악 및 현황 분석을 통한 정보관리시스템 구축방안 검토

○ 현지기관과의 유기적인 협업을 통한 물관련 정보의 관리현황 점검 및 핵심 정보의 표준화 DB구축

○ 다기관 관리의 혼선 방지 및 유지관리 효율성 향상용 정보관리시스템 구축

2) 물재해 시설물 최적운영을 위한 가이드라인 작성

○ 국내유사지역 물재해 관리(홍수피해 저감) 사례 분석

○ 연구대상지의 여건을 반영한 지역맞춤형 물재해 관리 전략 수립

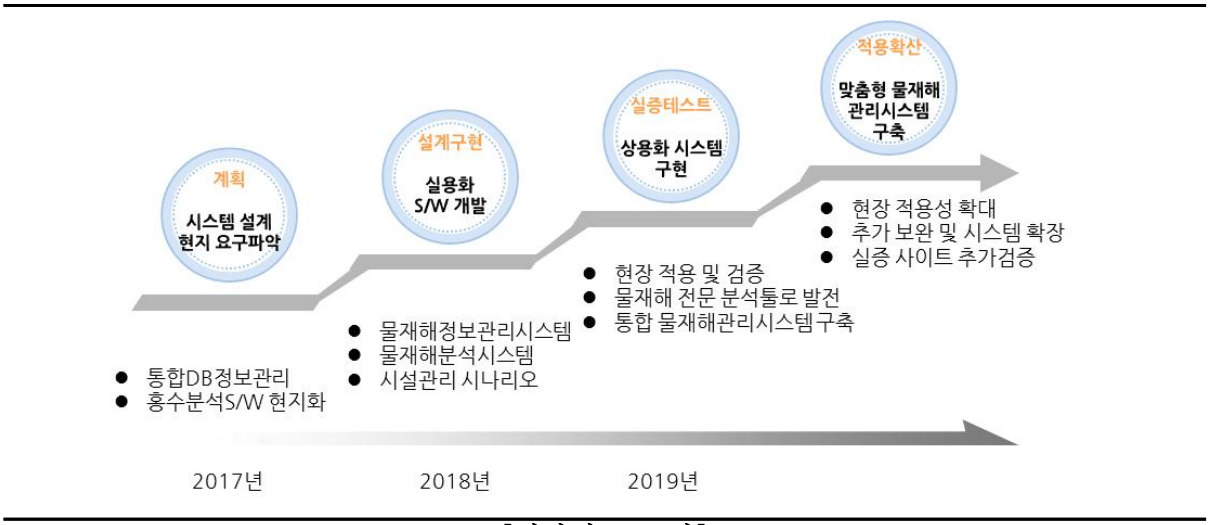
3) 홍수피해 분석을 위한 클라우드 기반의 물재해 분석시스템 개발

○ 클라우드 기반 DB 구축 및 관리 서비스(인터페이스) 구축

○ 유역 물수지 분석을 위한 시뮬레이션 기술연계형 강우유출해석 시스템

○ 홍수 피해 위험지역 사전예측을 위한 물재해 분석시스템 개발

○ 본 연구과제는 1차년도에는 물재해 정보 관리 및 분석시스템(WRMS)의 현지 요구사항을 수집 분석하여 시스템을 설계하고 2차년도에는 WRMS 시스템을 구현하고 3차년도에는 현장에 적용하여 검증하여 물재해 전문 분석툴로 실증테스트를 거쳐 적용지역을 확산하여 실증사이트를 추가 검증하고자함




[연차별 로드맵]

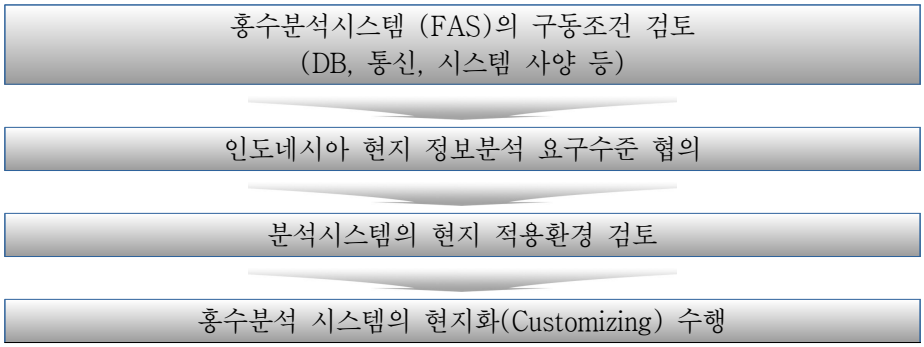
## (1) 1차년도

### 1차년도 분야별 연구내용

| 연구목표 | 구분 | 주요연구내용 |
|---|---|---|
| 동남아 맞춤형 통합 DB설계 | • 현지조사 및 현황 분석<br>• DB 설계 및 인벤토리 구축 | • 기관별 기존 DB 및 시스템 운영 현황 조사<br>• 수문 및 GIS 자료, 시설물 운영자료 관리 현황 분석<br>• 수문자료(강우, 수위) 및 GIS 데이터 수집<br>• 재해 정보 인벤토리 구축<br>• 물재해 관리를 위한 통합 DB 구조 설계 |
| 동남아 맞춤형 물재해 분석시스템 설계 및 구축 | • 분석시스템 적용방안검토<br>• 분석시스템 인터페이스구축 | • 물재해 분석시스템의 현지 정보화 요구분석<br>• 분석시스템 구성방안 수립(DB-FAS)<br>• 분석 DB 구조 및 시스템 프레임워크 설계<br>• 시뮬레이션 기반의 물재해 분석 프로그램 현지화 |
| 연구시행계획 협의 및 조사 | • 공동기관과의 업무분장<br>• 현지조사 및 현황분석 | • 이해관계자별 물재해 관리 수요조사<br>• 국외 공동연구기관과 사업범위, 업무분장 등 확정<br>• 물관리 시설물 현황 조사<br>• 운영데이터 획득 및 분석 |
| 물재해 현황 조사 | | • 홍수피해 이력조사 ( 발생지역, 피해정도 등)<br>• 현지기관의 물재해 방지를 위한 정책방향 조사<br>• Raw data 형태의 공간정보 수집(대상지역) |

가. 물재해 정보분석 시스템 현지화 개발

○ 우리나라 K-water에서 개발한 홍수분석시스템(FAS)의 기능을 인도네시아 여건에 적합하도록 현지화하여 기상, 지형, 수문정보 등 다원화된 정보들을 집중화하고 하천, 댐, 보 등 다중 물재해 관리 시설에 대한 다양한 최적 연계운영 가이드라인을 제시하기 위한 분석 툴을 개발함



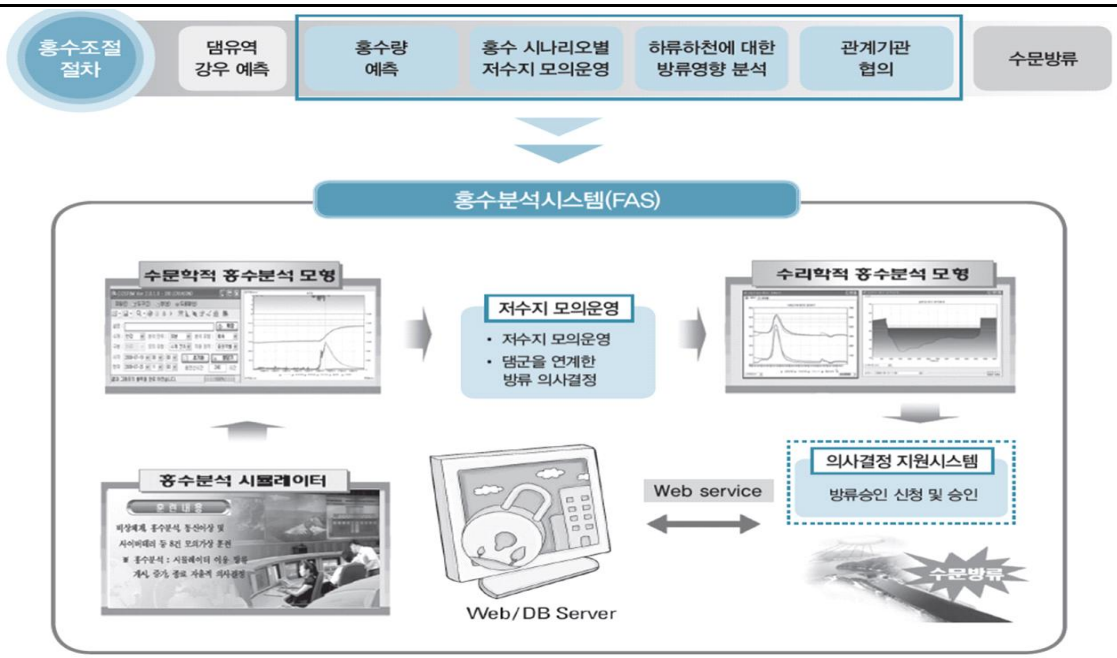

[홍수분석시스템 현지화 진행과정]

○ K-water의 홍수분석시스템(FAS)의 데이터베이스, 통신, 시스템의 서버사양 등 우리나라 여건에 맞추어 개발된 시스템을 인도네시아 현지여건에 적합하도록 전환하기 위한 기본 조사를 수행

○ 기존 FAS 시스템은 K-water의 물관리시스템의 Sub-system으로 수문관측, 수문정보취득, 강우예측 발전운영시스템 등과 유기적으로 연관되어 있으므로 이를 인도네시아 현지 요구 조건에 부합하도록 협의

○ 이상의 구동조건 검토 및 현지요구사항 협의 과정을 거쳐 인도네시아 맞춤형 홍수분석 시스템으로 Customizing 하는 과정 수행

나. 홍수분석시스템(FAS) 분석




[홍수분석시스템(FAS)의 구성]

○ 기후변화로 인한 집중호우와 이상가뭄으로 인해 물 재해의 발생빈도나 규모가 증가하여 물을 관리하는 여건이 변화되고 있지만, 홍수조절용량 확보를 위한 댐, 홍수조절지 등 신규

수자원시설물의 건설은 어려운 상황

○ 홍수분석시스템은 댐군 홍수조절 연계운영모형(집중형 수문모형 및 1차원 수리모형)에 홍수분석 모의훈련 프로그램인 시뮬레이터가 탑재

○ 홍수분석시스템에서 분석 가능한 대상 범위는 다목적댐, 발전용댐, 용수전용댐, 댐하류로서 분석환경은 동일 프로그램 내에서 유기적으로 연계되어 운영되고 있으며, 수계 내 상류의 다목적댐 및 용수전용댐을 우선 분석하여 댐에 대한 방류량이 결정되면 하류모형에서는 상류댐의 방류량을 하도의 기점유입으로 입력하여 홍수에 대한 연계분석을 실시

○ 홍수분석시스템은 신속한 홍수분석능력 및 의사결정을 위해 단일호우사상에 대한 집중형 모형으로 구성됨. 이는 수문기상 상황이 시시각각으로 변하기 때문에 각 분석 단계별로 지속적으로 상황에 맞는 분석정보를 재생산하여야 하는 이유로 비교적 단순하며, 사용자의 매개변수 조정이 최소화된 모형을 채택

○ 홍수분석모형은 강우량을 저류함수에 의해 유출량으로 환산하는 모듈, 산정된 유출량을 활용하여 저수지를 모의운영 하는 모듈 및 하류 하천에 대한 수문학적 및 수리학적 하도 추적를 통한 댐의 방류 영향을 파악하는 모듈로 구성

○ 현지화 된 홍수분석 시스템은 시뮬레이션 기법을 통해 유출량 산정, 저수지 모의 운영 후 방류량 산정으로 이루어지며 궁극적으로 침수지역 해소를 위한 의사도구 툴로서 사용 가능하도록 시스템 개발

### (2) 2차년도

**2차년도 분야별 연구내용**

| 연구목표 | 구분 | 주요연구내용 |
|---|---|---|
| 통합 DB 및 정보 관리시스템 개발 | • 통합 DB 구축<br>• 물재해 정보관리시스템 개발 | • 데이터 검증을 통한 물재해 관리를 위한 DB 아카이브 구축<br>• 통합 물재해 정보 데이터베이스 구축<br>• 물재해 정보 수집 및 저장, 처리 시스템 개발<br>• 물재해 정보 제공 및 공유 시스템 개발 |
| 클라우드 기반의 물재해 분석시스템 개발 | | • 분석시스템 전·후 정보처리모듈 개발<br>• 클라우드 기반 SaaS형 물재해 분석프로그램 개발<br>• 물재해 관리 시나리오와 개발프로그램 연계<br>• 시나리오별 물재해 시설물 연계운영 효과분석 |
| 물재해 관리 시설 운영 시나리오 수립 | | • 물재해 관리 주요 기술 분류 및 적용가능 기술 제시<br>• 물재해 관리 시나리오 작성 및 공동연구기관 협의 (물관리시설 연계운영 시나리오 포함) |
| 물재해 관리의 제도적 개선방안 도출 | | • 기존 제도의 개선방안 제시 |

가. 클라우드 기반의 물재해 분석시스템 개요

○ 클라우드 컴퓨팅(이하 ‘클라우드’)은 인터넷 기반의 컴퓨팅 기술로서, 인터넷 상의 유틸리티 데이터 서버에 프로그램을 두고, 개별 단말기를 통해서는 입·출력이 이루어지고, 정보 분석 및 처리나 저장, 관리 같은 작업들은 클라우드라고 불리는 가상의 공간에서 이루어지는 컴퓨팅 시스템의 한 형태

○ 클라우드는 여러 복합적인 개념들과 기술들이 적용되었는데 클라우드 서비스를 제공하기 위해서는 클라우드 구성요소인 분산 컴퓨팅, 가상화, 시스템 관리, 서비스 플랫폼, 보안, 과금, 사용자 인증 기술 등의 이해가 필요

○ 클라우드 구축, 이행시에는 크게 파일럿 모델을 도출하고 평가한 후 프로젝트 계획을 조정하여야 하며 이를 바탕으로 구축 절차에 따른 계획을 이행

○ 통합 및 마이그레이션에서는 도입대상 모델별로 차별화된 중점 검토 사항(애플리케이션의 데이터/플랫폼 이관 등)을 고려하고, 이후 테스트, 버그 수정 등을 통해 안정화 과정을 수행

○ 클라우드 컴퓨팅 기반으로 분석(업무)시스템을 전환하기 위해서는 클라우드 전환 준비 단계인 가상화 기반의 시스템 통합 단계가 선행되어야 함

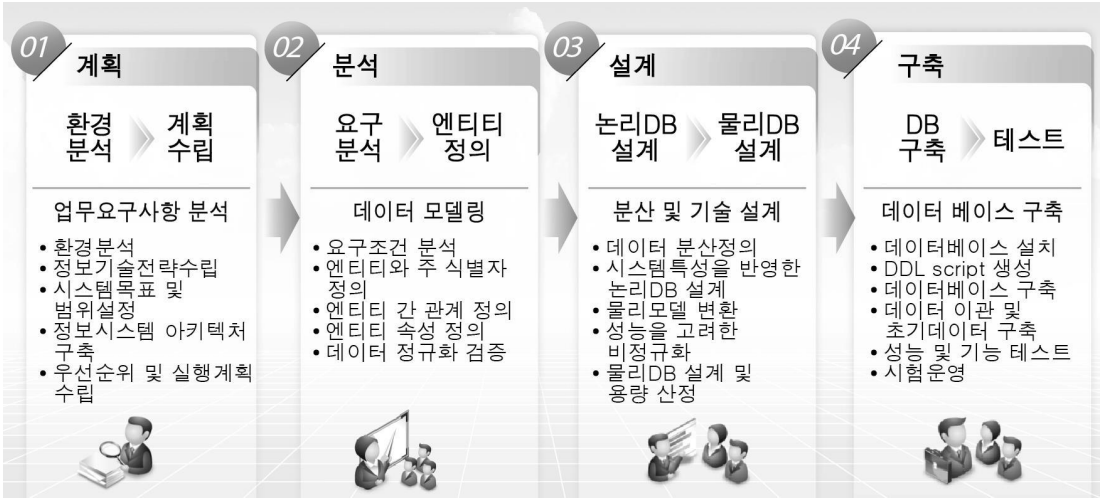
나. 맞춤형 물관리 시스템 M/P 수립

○ 자카르타 인근의 유역중 인도네시아 정부와 협의하여 대상지역(페상그라한강)을 선정하고 해당 유역의 주요 홍수조절용댐 1~2개에 대하여 홍수분석모형을 구축하고 해당 모형의 검증을 통해 홍수관리 가이드라인을 수립

○ 현지 여건 및 이해관계자의 정보요구 조사를 기반으로 구축된 맞춤형 물재해 관리 시스템을 검증하기 위해, 국내 운영 중인 통합 물관리 시스템과의 상호비교를 통해 후 보정 작업 예정이며, 이를 바탕으로 공동연구기관과 공동으로 시스템 신뢰도 검증

○ 물관리 시스템 가이드라인(지침)은 현지에서 취득 가능한 정보항목, 정보의 수준 등을 고려하여 적정기술로 대표되는 현지 맞춤형 시스템을 우선적으로 제시하고 향후 계측설비, 통신설비 및 모니터링 인프라의 단계별 구축을 통해 구현될 수 있는 물관리 시스템의 단계별 도입전략을 제시하고자 함

다. 통합 DB 및 정보관리시스템 구축




[통합 DB 구축 절차]

○ 동남아 도시 물재해 특성에 적합한 확장성 있는 데이터베이스 구조 설계 수행하고 현지 조사 및 현황 분석을 바탕으로 효율적인 물재해 정보 관리를 위한 DB 아키텍처 설계

○ 동남아 국가의 경우 수문자료 수집 및 관리 체계가 부실한 상황을 고려하여 기존 수동 관측 자료의 DB화 방안을 제시하고, 기관별 DB 관리 현황을 바탕으로 온라인을 통한 물재해 정보 공유 방안을 수립

○ 특히, 대상 유역의 수문자료 및 GIS 자료 수집은 공동연구기관인 공공사업부 수자원청(MPWH)와 주요 물관리 기관인 유역관리청(BBWSCC)의 협조를 통해 진행

○ 현지 수문관측 인프라 현황을 고려하여 기존 수동관측을 통해 수집된 수문자료와 자동계측을 통해 실시간으로 수집된 수문자료를 모두 저장하고 관리하기 위한 자료관리 방안을 수립하고, 다음과 같은 프로세스를 통해 통합 DB를 구축

○ 신규 구축되는 통합 DB는 구조적으로 표준 및 일관성, 확장성, 안정성 등을 고려하여 설계 및 구축하고 기존의 데이터베이스를 안정적으로 이관 및 연계하여 자료의 일관성을 확보

○ 통합 데이터베이스의 분류와 항목에 대해서 정의하고 세부정보 항목을 도출하여 통합 데이터베이스를 구성하고, ERD와 테이블 정의서를 작성하여 데이터베이스 구축

### (3) 3차년도

**3차년도 분야별 연구내용**

| 연구목표 | 구분 | 주요연구내용 |
|---|---|---|
| 시스템 시험운영 및 검증 | • 시스템 테스트<br>• 시험운영 및 검증 | • 단위 기능 테스트 및 오류 사항 개선<br>• 통합 테스트 및 시스템 보완<br>• 시험운영을 통한 시스템 성능 보완<br>• 타 유역 적용을 위한 시스템 확장성 검증 |
| 구축된 물재해 관리 시스템의 시험운영 및 검증 | • 시스템 테스트<br>• 시험운영 및 검증 | • 물재해 관리 시스템 시험운영 및 검증<br>• 시스템 개선안에 대한 보완<br>• 시스템 홍보(교육) 및 확산방안 검토 |
| 물재해 관리 시스템 구축 및 현지 검증 | | • 물관리 적정기술 적용방안 검토<br>• 지역 맞춤형 물관리 시스템 M/P수립<br>• 전문가 검증(공동연구기관 협업)<br>• 국제 물전문 협의체 등을 통한 연구성과 홍보 |
| 테스트베드 운영 및 확장안 검토 | | • 개발시스템의 현장 운영<br>• 개발 시스템의 개선안 제시 |

가. WRMS 시험운영 및 검증

○ 인도네시아 현지여건을 고려하여 개선된 물재해 분석시스템을 가상화 기반으로 물리적 통합한 후 통합된 정보자원을 자동으로 관리하고 운영하는 클라우드 관리솔루션(CMS) 적용단계로 진행

나. 테스트베드 운영 및 확장안 검토

○ 공동연구기관과 협업을 통하여 물관리 연계운영 시나리오를 포함한 가이드라인 제시

○ 물관리 시스템 가이드라인(지침)은 현지에서 취득 가능한 정보항목, 정보의 수준 등을 고려하여 적정기술로 대표되는 현지 맞춤형 시스템을 우선적으로 제시하고 향후 계측설비, 통신설비 및 모니터링 인프라의 단계별 구축을 통해 구현될 수 있는 물관리 시스템의 단계별 도입전략을 제시

다. 시스템 홍보 및 개선

○ 현지 업무담당자 WRMS 교육과 검증, 피드백을 반영하여 개선방안제시

○ 국제 물전문 협의체 등을 통한 연구성과 홍보

○ 자카르타 이외의 도시 및 동남아시아 타국가 타유역 적용을 위한 확장성 검증

○ 국내 현황

가. 물재해 관리 기술

1) 도시에서의 내수 침수의 경우 소유역 및 도시유역의 홍수유출모형 개발, 도시침수 및 홍수범람모형 개발, 레이더 영상을 활용한 국지적인 호우예측기술 및 돌발홍수예보 기술 등 특정분야 전문가 위주의 개발이 진행됨에 따라 실제 일선에서 방재 업무를 담당하고 있는 지자체 실무자들이 활용에는 기술적 한계와 제약

2) 도시홍수재해관리기술연구단(FFC)에서 빗물펌프장의 유입량을 예측하여 펌프를 조기 가동하는 운영 방안을 제시하였으나, 유수지 및 배수펌프장의 효율적인 운영에 대한 기술이나 기준의 개선이 필요함

3) 기후변화에 의한 강우강도의 증가로 대용량 지하 배수시설의 필요성이 대두되고 있는 실정이나 이에 관련한 설계 기술 및 운영기술이 미수립된 상황임

4) 행정안전부의 지자체 및 소방방재청에서는 기후변화를 고려한 도시방재 성능 목표를 설정하고 도시지역 내수 침수에 관한 수리모델 연구가 수행되고 있으나 보편적이고 객관적인 검증이 이루어지지 않고 단편적이고 지엽적으로 진행되고 있음

5) 저류(침투)시설, 유수지, 빗물펌프장 및 내외수에 의한 수문 등의 운영은 단독운영 계획은 수립되어 있으나 국지성 집중호우 등의 기상변화 및 외수위 영향을 고려한 효율 고도화된 통합운영 알고리즘 및 시스템 개발이 시급함

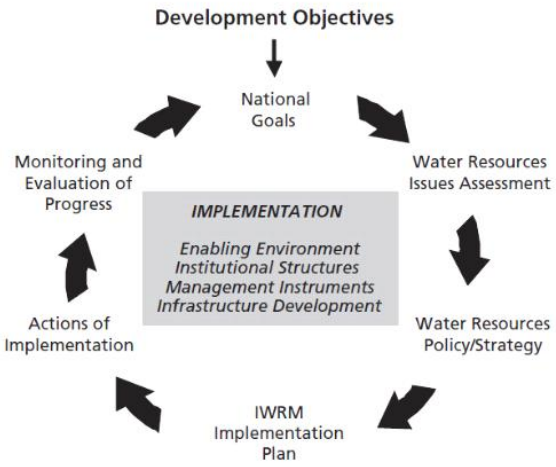
6) GIS, 위성영상분석, 모바일 앱기술은 발달되어 있으나 이를 하천정보 제공측면에서 통합·제공하는 시도는 미미한 상황임

7) 현재 IT와의 기술 융·복합에 의한 하천 및 하수도 분야 시장규모는 미미하나 현재 시행되는 각종 연구개발 사업의 결과 향후 5년 이내 수백억 규모의 시장으로 확대될 것으로 예상됨

나. IWRM(Integrated Water Resource Managememt)

1) 통합 수자원 관리(IWRM)은 생태 자원의 지속가능성을 유지하면서 경제적, 기술적 효용성을 최대화하기 위해 물, 토지 및 관련 자원의 조화된 개발과 관리를 촉진하는 프로세스임

2) 우리나라의 경우에도 장래 물수요 증가와 기상 이변에 따른 가뭄과 홍수에 대비하기 위해 기존 댐의 효율적 관리가 요구됨



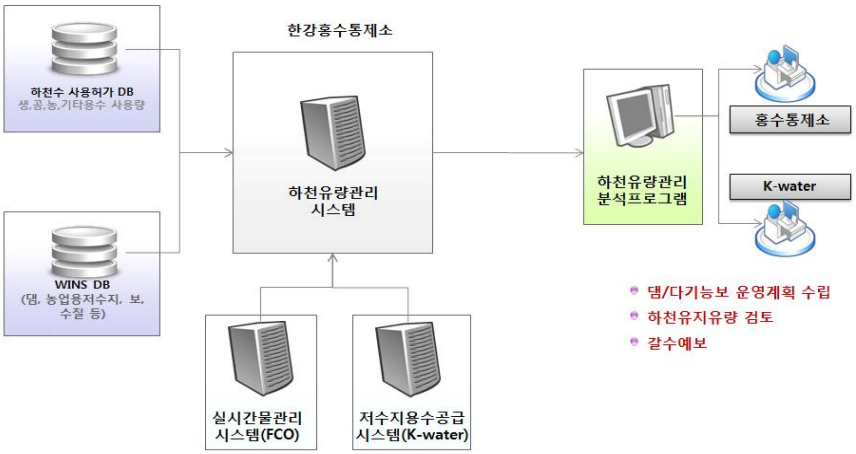

[IWRM 계획 및 구현단계]

3) 이에 수계내 수자원의 효율적인 관리를 위해 국토교통부의 '실시간물관리시스템'과 K-water의 '실시간저수지운영시스템'을 통합하고, 16개 다기능보 및 94개 둑높임 농업용저수지를 반영하여 하천의 유량과 수질을 예측함으로써 유기적이며 과학적인 수자원관리에 기여하고자 하천유량관리시스템을

구축

4) 하천유량관리시스템은 강우-유출모형(SSARR, TANK), 농업용 저수지연계모듈(AROM), 댐-보 연계모형(CoWMOM), 물수지 분석모형, 수질 모형(QUAL2E) 등으로 구성

5) 하천유량관리시스템의 수행을 위한 기상 및 수문자료(수위, 유량, 우량)는 한강홍수통제소의 내·외부 DB와 연계 하였으며, 댐, 농업용저수지, 수질자료는 물관리 정보유통 시스템(WINS, Water management Information Networking System)과 연계하도록 구성




[하천유량관리시스템 개념]

다. SWM(Smart Water Managment)

1) 국내에서는 수자원의 안정적 확보 및 시공간적 격차 해소를 통해 Security를 달성하고, 필요 수자원 및 수질의 안정적 공급을 통한 Safety확보, 저 에너지, 고 효율의 지능형 수자원 설계 및 관리를 통한 효율적 솔루션 제공, 글로벌 물 산업 패러다임 변화에 능동적 대응 및 선도화를 통한 글로벌 물 산업 패러다임 변화에 대응하는 것을 목표로,

2) 도시자족 수자원 확보와 이용에 대한 효율화, 하천유역의 수자원의 통합 정보 효율화 및 스마트 그리드 플랫폼 구축을 통해 물 분야의 3s(Security, Safety, Solution)를 달성하고자 하며, 국내 전 수계를 연결함과 동시에 전체 물 흐름 과정에서의 순환수 SWG 시스템을 구축하고 있음



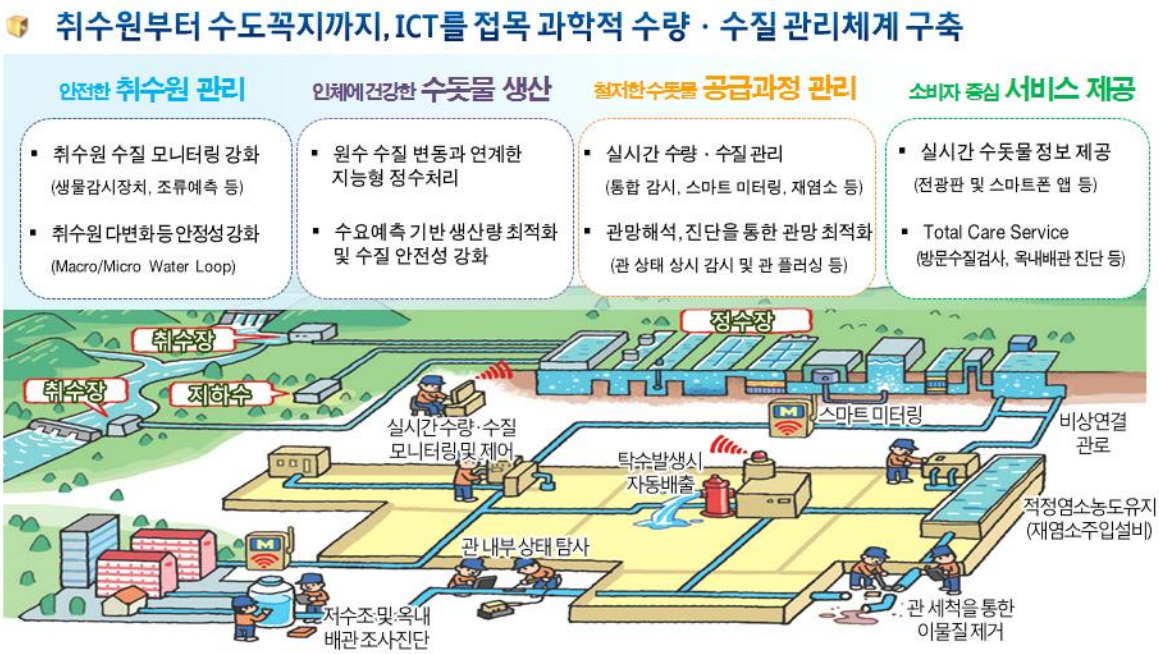

[K-water Smart Water Management 모식도]

3) 국내 유일의 물 관리 전문 공기업인 K-water의 경우, SWMI(Smart Water Management Initiative)를 전략적 비전으로 설정하고 스마트 물 관리를 새로운 사업동력으로 삼고 있다. 계획, 시설물 설치에서 관리까지 물관리 전 과정에 정보통신기술(ICT)을 융합, 수자원의 효율을 극대화하는 차세대 지능형 물관리 체계 구축을 중점적으로 추진하고 있음

4) SWMI 지능형 물관리 체계 구축을 위해, K-water는 축적된 물 관리 노하우와 인프라(Infrastructure)가 필수적인 요건으로 댐, 광역상수도 및 지방상수도 분야에서의 물 관리 시설 운영자료 및 물 관리 노하우를 기반으로 실시간 정보를 운영할 수 있는 통합물관리 시스템을 운영하고 있으며, 스마트 물관리(SWM) 추진을 위한 최상의 인프라를 보유하고 있음

5) 특히, K-water는 SWM의 테스트베드(실증테스트) 개념으로 통합물관리 센터를 구축하여 전국 댐과 보의 강우예보, 수문자료 모니터링, 발전통합 운영시스템을 통한 실시간 감시제어 등 과학적인 통합물관리를 실현 중에 있고, 이를 통해 예년대비 82%의 강수량에도 용수수요의 100%를 공급 중에 있으며 (2014) 4대강수계 기준 침수피해 면적 “0”를 달성(2013년)을 통해 그 효과를 입증하고 있음

6) 또한, 스마트워터 기술의 적용성과 효과를 시범사업을 시행하였으며, 파주시와 고령군의 스마트 워터 시티 시범사업의 경우 취수원 안정화, 맞춤형 고도정수처리 도입, 공급과정 수질 관리 강화, 수도꼭지 수질 정보 제공 서비스를 통해 수돗물 음용율을 향상시키고 주민만족도가 획기적으로 증대되는 효과를 확인함




[K-water Smart Water City 구축사업 주요내용]

7) 국내에서는 K-water 등 첨단 ICT 기술을 융합한 스마트물관리 경험을 토대로 국가 차원의 통합물관리 계획을 수립 중에 있으며, 이를 통해 국내 물서비스 만족도 제고는 물론 스마트 물관리 기술을 기반으로 댐통합 운영시스템, 스마트워터 시티 등 해외 물 시장 개척을 준비 중임

○ 국외 현황

가. 물재해 관리 기술

1) 유럽연합은 IT를 이용하여 홍수를 예방하고 방지할 수 있는 프로젝트에 투자하고 있음. 유럽집행위원회(EC, European Commission)는 실시간으로 홍수와 관련된 비상사태에 대한 경고 및 모니터링을 위해 사용되는 앱, 소프트웨어, 센서 등을 개발하도록 지원. 유럽집행위원회는 홍수 관리 및 예방을 위한 연구 혁신에 지속적으로 투자하고 있으며, 관련 연구개발 프로젝트에 1천1백만 유로의 재원을 투입

2) 미국의 경우 Lidar, air-borne, 인공위성 영상 등을 이용하여 홍수발생지역의 탐측 및 조사 등을 위한 시장이 활성화 되고 있으며, 이에 대한 정보시스템을 구축하여 연방 간의 자료교환 및 대국민 홍보를 통하여 홍수재해 경감 체계를 구축

3) 중국은 중소형 하천 정비 강화 및 산간 지역 수재해 예방 퇴치의 임무와 조치를 확정. 이에 따라 중국은 앞으로 2015년까지 홍수 재해 방지에 취약한 시스템을 기본적으로 보완. 이를 위해 재해를 피할 수 있는 조치를 엄격하게 집행하고 도시들의 맹목적인 확장과 과도한 개발을 원천적으로 단속하며 각 지방 정부를 기반으로 홍수 재해 방지 목표 책임제, 실적 평가제, 책임 추궁제를 실행
4) 일본의 경우 전국에 레이더 강우를 활용한 단시간 강우예측모형을 개발하여 현업에서 사용하고 있으며, 공간단위 동적 홍수범람을 시험적용. 1950년대 이후 서구의 기술을 바탕으로 독자적인 유역재해 프로그램을 개발 및 운영하고 있으며, 홍수해석을 위한 저류함수 모형에 기상수치예보 및 레이더 강우관측에 의한 기상-홍수 연계기술의 개발 및 현업 운영에 초점을 두고 있음. 수문관측만을 전문으로 하는 중소기업을 육성함으로써 전체적으로 미국과 유사한 수준의 관측자료를 확보하고 있으며, 아울러 다양한 관측기기 시장이 활성화 되어 있음. 미국의 경우와 유사하게 원격탐사 기술을 적극적으로 도입하고 있으며, 기상관측망의 밀도는 우리나라의 2배 이상에 달함차세대 홍수방어기술 기획연구보고서(2008년)에 의하면 수해저감을 위한 노력은 아직 초기단계로 선진국의 6-70% 수준으로 약 2~7년의 기술격차가 있음
5) 미국의 경우 미 육군 공병단(Army Corps of Engineers)은 “유역치수사업 및 내수성 구조물 설계와 시공” 기술, 연방재난관리국(Federal Emergency Management Agency)에서는 “홍수피해 최소화 대책과 관리” 연구, EPA는 “도시유역 유출 저감 및 우수처리 기술” 개발연구 등을 시행함. 대통령직속 재해·재난관리 전담기관인 연방재난관리청(FEMA)을 설립하여 국가 피해 경감 전략을 수립하여 시행하고 있으며, 이 전략에는 국가태풍대비프로그램, 침수위험지구관리프로그램, 댐 안전관리 프로그램 등이 있음
6) 일본 국토교통성에서는 1급 하천을 대상으로 우량·수위 텔레메타 및 우량계 등의 정보처리장비로 ‘하천정보시스템’을 구축하였고, 기상자료종합처리시스템(COSMETS)에 의해 해석·예측을 통해 재해·재난에 대비. 하천제방 붕괴에 따른 홍수위험지도를 제작하여 일선 행정관서에서 이를 일반주민에게 보급하고 있으며, 사전에 모의 대피훈련도 실시. 실제로 홍수 및 태풍피해에 대해서 “인명손실 zero” 라는 캐치프레이즈를 내걸고 추진
7) 유럽의 경우 EFFS(European Flood Forecasting System) 프로젝트를 가동하여 홍수 예·경보 관련 연구 및 기술 개발을 하고 있으며, 이는 재해예보를 4-10일전에 할 수 있는 Prototype 기술을 개발하는 것으로 이에 대한 불확실성을 정량화하여 유럽전역에 홍수정보를 생산 및 제공함

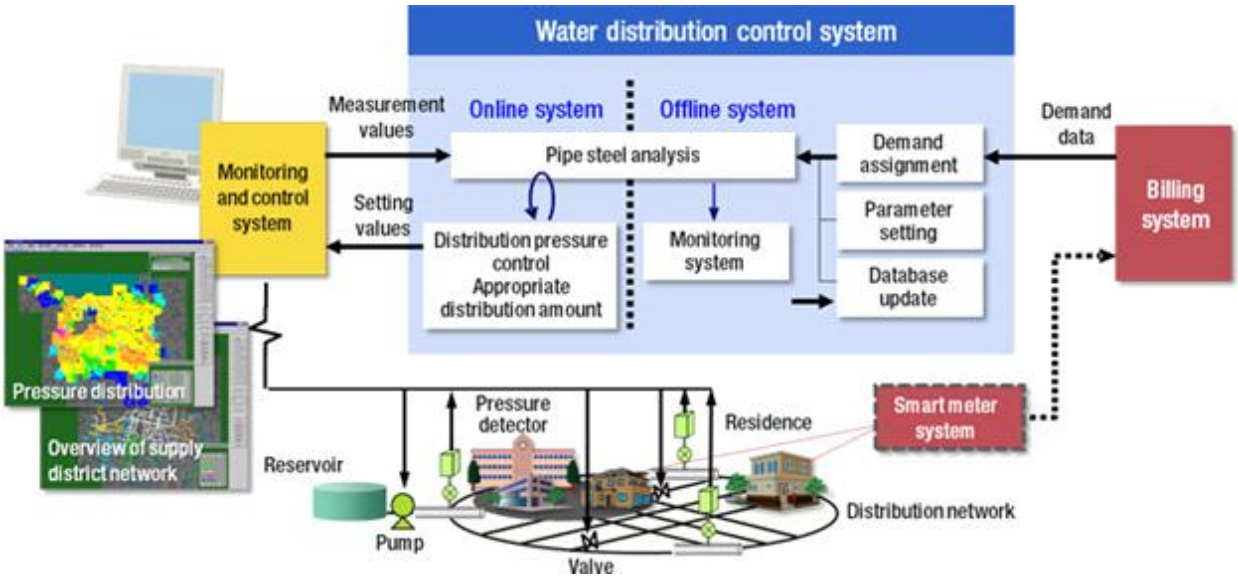
나. SWM(Smart Water Managment)

1) 세계 물산업 시장은 연평균 약 4.2%씩 지속적으로 성장하여 2018년에는 약 6천 890억달러에 이를 것으로 전망되며, 특히 중국을 포함한 아시아 시장은 연 5%이상의 고성장을 지속할 것으로 예상(한국수출입은행, 2014)
2) 최근 발표된 유엔의 지속가능개발목표(Sustainable Development Goals)에서도 물이 언급된 바(Clean Water and Sanitation)와 같이 물문제가 글로벌 아젠다로 주목받으면서, 물시장 선점을 위한 각종 국제협력활동이 활발하게 전개
3) 국제금융기관들은 저개발 국가의 물문제를 해결하고자 상수도 및 하수처리장의 정비, 교육 등 다양한 프로그램을 적용해 물관리 인프라의 구축을 지원하는 등 지속적으로 투자를 확대하고 있음. 월드뱅크(World Bank), 아시아개발은행(ADB), 아프리카개발은행(AfDB) 등 공적 국제금융기관의 역할도 증대되고 있음.
4) 또 한가지 물분야 선진국들이 국가 주도의 물산업 진흥을 유도하고 있는 점을 주목해야 함.싱가포르 국제물주간(Singapore inter-national Water Week), 스웨덴의 스톡홀름 세계물주간(Stockholm World Water Week) 등 국제행사를 통해 글로벌 물산업 시장의 동향과 정보파악의 기회를 마련하고 또한 다양한 형태의 해외진출 지원을 정책을 시행하고 있음(워터저널, 2014).
5) SWM은 물 산업분야의 새로운 패러다임으로 국외의 유명 물 전문 기업 및 IT솔루션 업체들도 신 성

장사업으로 채택하여 시장개척 중임

6) 세계 최대 물 전문 기업인 Veolia의 경우, 지속가능한 스마트시티를 비즈니스 주제로 설정하고 이를 위해 Smart operations, Smart services, Smart ecosystem의 3단계의 통합관리를 비즈니스 모델로 설정하고 세부 비즈니스 아이템으로 water, energy, Urban and Planning으로 제시하고, 이중 water에 대하여 획득 가능한 데이터의 활용을 통해 수자원 활용 극대화를 추진 중임

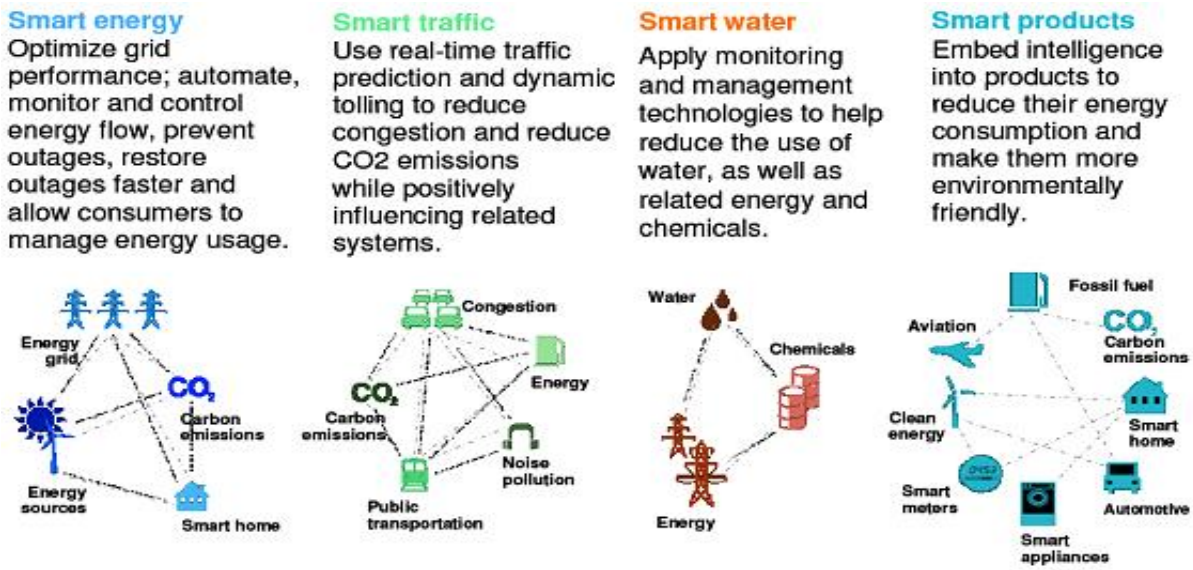
7) 최근 스마트 물 관리 기술을 이용하여, 도시지역 거주자를 위해 다양한 분야의 빅데이터를 구축하고, 구축된 정보를 급수 네트워크 효율 개선 및 물의 재사용을 통해 신규시설 투자의 최소화, 개보수의 최적화, 누수관리 및 수요대응 프로그램 등 스마트 기술과 융합하여 수자원 및 에너지 절감을 위해 서비스를 제공하고 있음.




[용수공급분야의 SWM 구현 요소기술 개념도(Hitachi, 2014)]

8) 스마트워터 기술 도입을 통해 유수율 제고, 물공급 및 수요관리를 통한 용수수량 저감, 재이용수 및 물 재사용의 증대, 물 생산과 배분에 있어 불필요한 투자 방지 및 주민들에게 새로운 서비스 제공하고 물 분야 이외의 도시 관련자에게 혜택을 제공할 수 있음

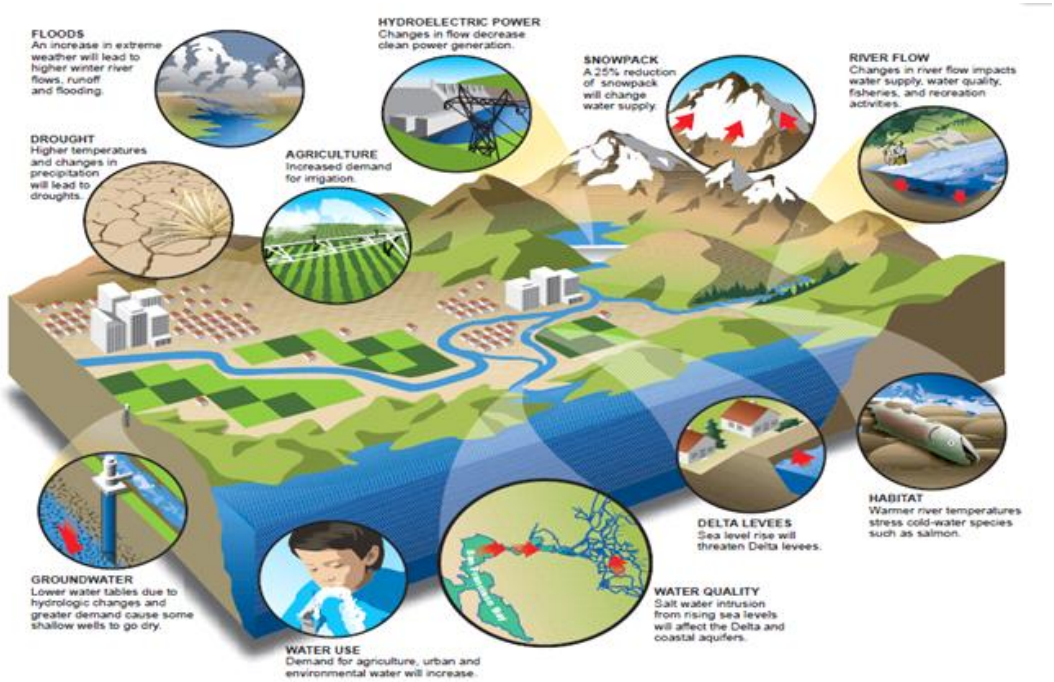
9) 프랑스 Paris 및 Beaune지역에 대한 스마트 워터 시티를 운영 중에 있으며, Beauneu시 스마트워터 도입결과 유수율이 77% 증가 되었으며, 30만m3의 물이 절감(2011년)된 사례가 있음




[IBM의 각 분야별 스마트 시스템]

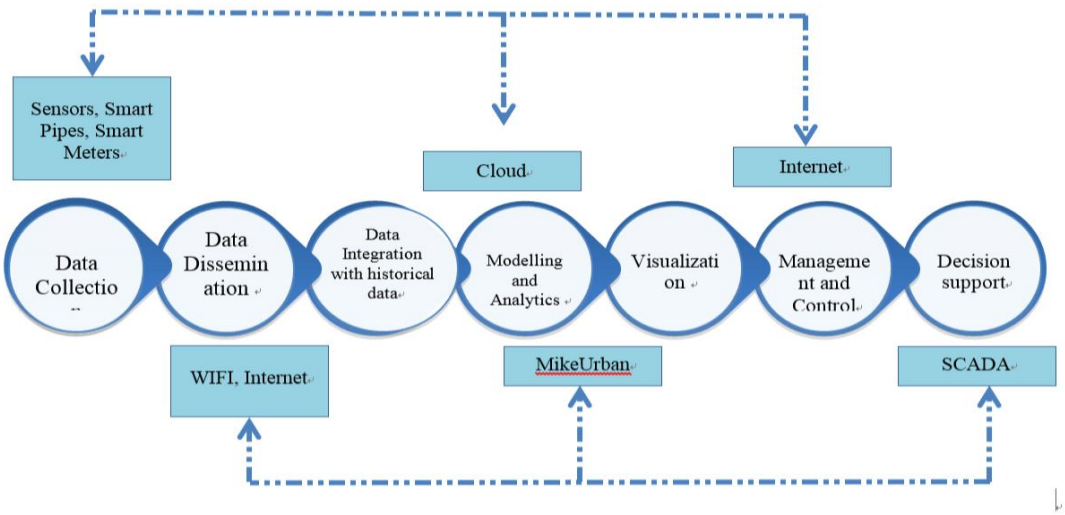
10) 글로벌 컴퓨터 IT솔루션 업체인 IBM의 경우에는 Smater City를 비즈니스 모델로 삼고, 계획 및 관리(빌딩정보, 공공시설물, 정부기관, 도시운영시설물), 인프라 스트럭쳐(도로, 상하수도, 에너지) 및 인적자원(교육, 사회복지 프로그램) 등의 3가지 카테고리 정보의 통합 및 활용을 통해 새로운 부가가치를 창출하는 비즈니스 모델을 제시하고 있음.

11) 최근 기후변화에 따른 기상이변과 자연재해의 빈도와 영향이 증대됨에 따라 극한가뭄, 홍수 등의 수재해를 극복하기 위한 다양한 기후변화 대응 또는 적응 기술과 전략에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음.



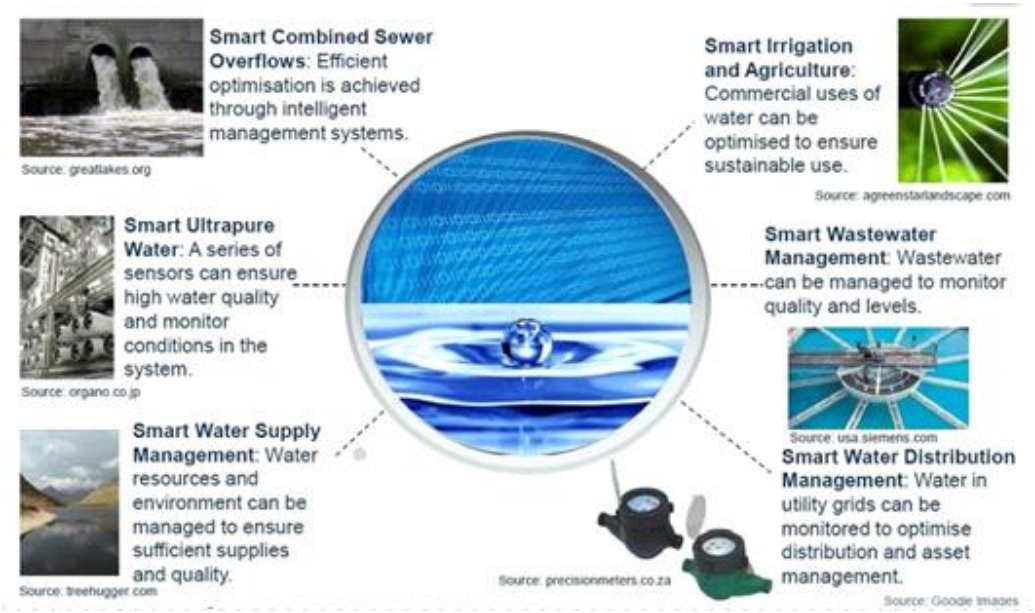

[기후변화에 따른 물순환의 영향(Major et al.(2011)]

12) 특히 기후변화에 대응하여 기상, 수문, 수리, 수질(환경), 생태 등 전통적인 물순환 요소간의 상관관계를 해석하고, 물순환의 건전성을 유지하기 위한 기술개발은 물론이고, 첨단 ICT와 접목하여 계측, 분석, 예측, 의사결정 등으로 이어지는 융복합 기술이 각광을 받고 있음.




[SWM 기술과 기법의 적용 절차(ITU, 2014)]

13) SWM 관련 기술개발은 국내외에서 활발히 진행되는 연구과제로 요소기술 개발을 통한 수량, 수질 통합관리 및 안정적이고 지속가능한 용수확보, 스마트 미터링을 통한 자동검침 및 수용가 서비스 향상 등의 방법론과 해당 기술 진행을 위한 계측장비, 통신설비 및 기술 등 관련 분야에 대한 광범위한 연구가 진행되고 있음(Hauser(2012))




[최근 적용되고 있는 SWM 기술(Hauser, 2012) ]

14) 또한, 최근 ICT는 IoT(Internet of things)와 같은 양방향 통신과 원격제어 기술과의 연계를 통해 운용효율성 개선 및 사고대응 능력 증대 등 다양한 부가 가치 발굴로 관심이 증대되고 있음.

15) 그러나 이러한 ICT 기반의 SWM은 물인프라 및 정보통신 선진국을 중심으로 기술적용이 활발하게 이루어지고 있으며, 고비용의 초기 설비투자와 고급인력에 의한 운영노하우로 인하여 상대적으로 경제수준이 낮은 저개발국가에서 SWM의 적용에 대해서는 아직 시도된 바가 없음

다. 클라우드 컴퓨팅

1) 국가별 클라우드 정책은 다소 차이를 보이고 있음. 미국은 클라우드 적용이 쉬우면서 많이 이용하는 서비스를 우선적으로 시행하고 있고 EU는 크게 2단계로 나누어 프랑스 등을 대상으로 선도사업을 추진한 이후 전 유럽으로 확산하는 정책을 추진하고 있으며 일본은 의료, 교육행정 등 사회 인프라 관련 부분에 클라우드 활용을 강구

2) 영국은 각 부처가 사용가능한 서비스, 제품군을 카다로그 형태로 제공하고 있고 싱가포르는 기업 유치를 하고 있으며 호주는 클라우드 서비스 전환에 대해 범정부적인 접근을 추진 중

| 국가 | 개념 및 의미 | 시사점 |
|---|---|---|
| 미국 | ● 2012년 공통서비스 전환정책을 추진하고, 공공서비스 제공에 대한 서비스 카탈로그(Uncle Sam's List)를 만들어 이용기관의 이용 편의성 향상<br>* 공통서비스 전환정책(Federal Information Technology Shared Service Strategy) : 서비스 복잡도에 따라 3단계 접근 방식을 마련하여, 기관 간 연계성이 적고, 클라우드 적용이 쉬운 일반적이고 많이 사용되는 서비스들 중심으로 우선 전환 | 정보자원 관리 혁신, 비용절감,정부서비스 효율화 |
| EU | ● 전 유럽 클라우드 네트워크를 2단계로 나눠 구축하는 '유로 클라우드 프로젝트' 추진<br>- 1단계 프랑스 스페인 영국 벨기에 등, 2단계는 전 유럽으로 확대 | 범유럽 클라우드 추진 |

| 국가 | 개념 및 의미 | 시사점 |
|---|---|---|
| 일본 | ● 클라우드로 정보시스템 통합화·집약화 도모(지방자치단체)<br>● 의료 교육 행정 등 사회 인프라 고도화에 클라우드 활용 강구 | 비용절감, 사회 인프라 고도화 |
| 싱가포르 | ● 사용자에게 안전한 공유 서비스 제공과 컴퓨팅 자원 구매비용 절감을 위해 정부 전용 클라우드 구축<br>● 클라우드컴퓨팅 허브화를 위해 각종 지원을 통한 기업 유치 | 정부서비스 효율화, 클라우드 허브화 |
| 영국 | ● 'Government ICT Strategy' 30개 프로젝트에 클라우드 포함('11. 3)<br>● 2012년 2월 클라우드 서비스 오픈마켓인 '클라우드 도입 지원책 중 하나로, 각 부처가 사용 가능한 클라우드 서비스와 제품군을 카탈로그 형태로 보여주는 서비스 | 정보자원관리 혁신, 비용절감 |
| 호주 | ● 범국가 차원의 데이터센터 전략과 공공데이터의 클라우드 서비스 전환을 위한 클라우드 전략 추진<br>- 현재 Stream3로 퍼블릭 클라우드를 진행하면서 클라우드 서비스로의 전환에 대한 범정부적인 공동 접근 시도<br>* 범정부 클라우드 프레임워크 원칙은 모든 호주정부기관에서 이용되고 있는 기관 서비스 아키텍처 원칙 및 보안정책 프레임워크를 기반으로 개발 | 정부 정보자원 효율적 운용 |

[각국의 클라우드 정책과 시사점]

*자료: 김정엽, 김은주. 공공부문 클라우드 컴퓨팅 추진정책 및 추진현황. 정보과학회지, 32(2), 2014

3) 클라우드는 PC, PDA, 스마트폰 등 다양한 단말기를 이용하여 사용자들이 ICT 자원을 필요할 때 마다 사용료를 주고 인터넷을 통해 서비스 형태(As a Service)로 이용하는 방식으로 ICT분야의 새로운 패러다임으로 부상

4) 서비스 공급자는 가상화 기술을 활용하여 분산된 ICT자원을 통합하여 확장성 높고 유연한 자원 할당 서비스를 제공하고 사용자는 인터넷에 접속할 수 있는 다양한 단말기를 이용하여 저렴하고 향상된 ICT서비스를 이용 하는 것이 특징

| 구분 | 유사점 | 방향 |
|---|---|---|
| 그리드 컴퓨팅 (Grid Compuing) | ● 분산 컴퓨팅 구조 사용<br>● 가상화된 컴퓨팅 자원제공 | ● 그리드가 인터넷상의 모든 컴퓨팅 자원을 사용하는 반면, 클라우드는 사업자 소유의 컴퓨팅 자원을 활용 |
| 유틸리티 컴퓨팅 (Utility Compuing) | ● 과금 방식 동일 | ● 네트워크 및 HW 위주의 자원을 취급 |
| 서버 기반 컴퓨팅 (Server Based Compuing) | ● 데이터 및 응용SW를 아웃소싱 형태로 운용 | ● 서버 기반의 처리가 이뤄지며 사용자측에서 입출력만 처리하는 반면, 클라우드는 클라이언트 자원 활용 가능 |
| 네트워크 컴퓨팅 (Network Compuing) | ● 데이터 및 응용SW를 아웃소싱 형태로 운용 | ● 네트워크 컴퓨팅은 사용자측에서 데이터를 처리하며 클라우드는 서버가 처리 능력 제공 |

[클라우드와 다른 컴퓨팅 기반 서비스 비교]

5) 이러한 서비스는 이전에도 그리드(Grid), ASP/SaaS, 유틸리티 컴퓨팅(Utility Computimg), 서버기반 컴퓨팅(SBC) 등의 개념으로 존재했지만 클라우드 컴퓨팅은 [표2]에서처럼 다른 컴퓨팅기반 서비스와의 차이점을 갖고 가상화(Virualization) 기술과 밀접한 연관관계를 가지며 상기 유사 컴퓨팅 개념들을 포괄하여 진화하는 형태로 발전

[클라우드 도입 시 기대효과]

- 사용도가 낮은 ICT자원에 대한 자산 구매를 회피하여 운영비용 절감
- ICT 인프라를 소유할 필요가 없어져 자산 비용 절감 효과 상승
- 사용자는 별도의 장치나 위치에 상관없이 시스템에 접근 가능
- 다수의 사용자가 자원을 나누어 사용하므로 인프라의 집중화로 인한 비용절감, 최대용량 증가, 시스템 효율성 향상
- 갑작스런 ICT 자원의 수용변화에 대한 저렴하고 신속한 대응 가능
- 해커와 외부 침입 및 공격에 시스템 및 데이터 보호 용이

*자료: 정해주, 이원만, "클라우드 컴퓨팅 서비스의 소개 및 기술동향", 국방과기술, 418, 2013

○ 기술개발 성숙도

| 구분 | | 연구 착수 | 연구 종료 | 단계별 설명 |
|---|---|---|---|---|
| 기초연구 단계 | TRL 1 | ☐ | ☐ | TRL 1 이론적 연구단계 |
| | TRL 2 | ☐ | ☐ | TRL 2 기술적 개념정립 단계 |
| 실험 단계 | TRL 3 | ☐ | ☐ | TRL 3 실험적 증명 단계 |
| | TRL 4 | ☐ | ☐ | TRL 4 실험실 성능평가 단계 |
| 시작품 단계 | TRL 5 | ☐ | ☐ | TRL 5 유사환경 시험 단계 |
| | TRL 6 | ☐ | ☐ | TRL 6 유사환경 기술시범 단계 |
| 실용화 단계 | TRL 7 | ☑ | ☑ | TRL 7 실제환경 시작품 데모 단계 |
| | TRL 8 | ☐ | ☐ | TRL 8 시제품 설치 및 성능시험 단계 |
| 사업화 단계 | TRL 9 | ☐ | ☐ | TRL 9 현장적용/사업화 단계 |

○ 최종성과물의 기술성숙도 설정근거

| 최종성과물 | 기술성숙도 | | 설정근거 |
|---|---|---|---|
| | 성과유형※ | 단계 | |
| 물재해 정보관리 시스템 | 시스템 | 7 | 실시간 수문자료(강우, 수위) 및 시설물 운영정보 (댐, 보, 배수문), 관련 물재해 정보 (피해정보, 홍수위험지도 등)를 통합하여 수자원국(DGWR)의 방재상황실 탑재 |
| 물재해 정보분석 시스템 | 시스템 | 7 | 수문자료 및 시설물 운영정보를 통합·분석하여 수자원국(DGWR)의 방재상황실 탑재 |
| 맞춤형 물재해 관리 가이드라인 작성 | 정책·제도 | 7 | 해당국에서 실행 가능한 시설물 간 연계운영에 따른 효과를 DSS시스템 기반 하에 분석하여 최적의 연계운영 방안을 수립 |

## 제3장. 연구수행내용 및 성과

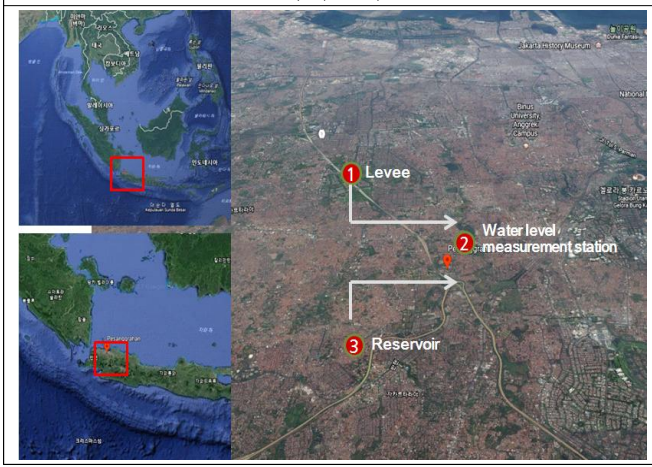
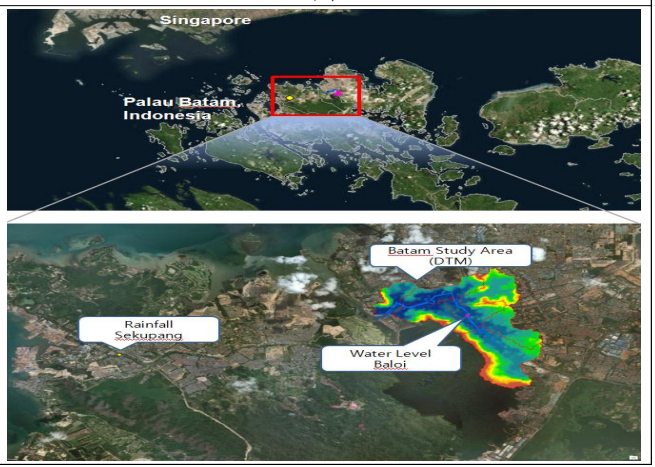
### 1. 개요

#### (1) 대상유역 현황

○ 대상유역은 인도네시아 자카르타와 바탐지역으로 선정

○ 자카르타는 해발고도 5~50m의 평탄한 지역으로 약 40% 이상이 평균 해수면보다 낮음

○ 바탐 지역은 11~1월이 우기에 해당되며, 다른 기간에도 폭우가 자주 발생

| 자카르타 | 바탐 |
|---|---|
|  |  |

#### (2) 요구사항 분석 및 현지조사

가. 요구사항 분석

1) 1차 워크샵

○ 자카르타 MPWH에서 수자원청장 참석하에 클라우드 기반의 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템에 대하여 설명하고 관계기관의 협조요청



[2017.05,자카르타 Kick off meeting]



[2017.07,자카르타 1st Workshop]

○ 연구초기에 대상지역으로 선정한 Pesanggrahan유역은 작은강으로 수문, 펌프 등의 별다른 수재해방지장치가 없음. 따라서 WRMS을 통해서 제어하려는 수재해방지장치가 설치되어 있는 다른 지역으로 고려(향후 협의를 통해 Kurkut 지역을 추가함)

○ 현지 실정에 맞는 물재해관리시스템을 구축

○ 네델란드 등의 선진국에서 사용중인 시스템을 수재해관리시스템을 FEWS로 발전시켜 운영중이나 실제적인 수재해 방지에 도움이 안됨

○ 실시간 수위 및 강우에 대한 모니터링과 수재해 방지시설물 최적운영방안이 필수

○ 단발성이 아닌 장기적인 협력이 필요함

○ WRMS 개발후에도 운영 및 기술교육과 이전 등이 필요함

2) 2차 워크샵

○ 2018.08 자카르타 MPWH에서 산하기관 참석하에 클라우드 기반의 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템 개발현황 설명하고 데모시연



[2018.08,자카르타 2nd Workshop]

○ 본 과제의 대상유역인 Pesanggrahan 및 Krukut 강 유역의 시간단위 강우자료가 부족하고 주요 수위측정지점의 자료가 부족함

○ 시간단위 강우자료와 수위자료를 구하기 수월하며 대상영역이 작은 지역을 다시 선정하여 본시스템에 대한 검증필요(협의를 통해 Batam으로 대상지역을 추가하기로 함)

3) 3차 워크샵

○ 2019.04 바탐섬을 관할하는 MPWH 산하기관 담당자 참석하여 바탐지역에 대한 현황 및 본 연구과제 추진성과 공유

○ 신규 수위계 설치지점 2개소 설치계획 협의

○ 조수로 인한 Back Water 영향 지역 조사

○ 홍수 피해가 빈번한 지역의 하도 확장 사업현장 방문 및 향후 수자원 관리 시설의 설치 필요 지점 등 확인



[2019.04, 3nd Workshop]

4) 4차 워크샵

○ 2019.12 수위계 설치 현황, 시스템 개발 등 최종 연구성과 공유

○ 신규 설치 강우 및 수위 관측소 현장 점검 및 홍수분석 모형 교육 및 시스템 시연



[2019.12, 4nd Workshop]

## (2) 현지조사

1) 2017.05 자카르타 서부 Pesanggrahan 유역 현지조사

○ 현지 MPWH와 산하기관 업무담당자와 함께 Tanah Kusir 수위측정지점 조사



[2017.05,Pesanggrahan 1st 현장조사

2) 2017.07 자카르타 서부 Kurukut유역 현지조사

○ Krukut Margasatwa 수위측정지점 조사결과 압력식 수위계를 사용중이며 Tanah Kusir 수위측정지점과 유사한 구성



[2017.07,Kurkut 2nd 현장조사

3) 2018.08 바탐섬 Baloi 유역 현지조사

○ 현지 MPWH와 산하기관 업무담당자와 함께 Baloi 수위측정지점 조사

○ 압력식 수위계와 데이터 로거, 데이터 전송장비 구축됨



[2018.08,Baloi 3rd 현장조사]

### (3) 신규 수문관측소 설치

가. 개요

○ 바탐 지역은 2개의 강우관측소로부터 강우관측자료를 수집하고 있으나, 통신장애 등의 사유로 실시간 모니터링 자료의 취득이 어려운 실정임

○ 연구과제 수행을 위하여 바탐 Sekupang 지역에 위치한 하천을 대상으로 수위와 강우 자료 취득을 위한 관측소를 설치하였음.

나. 신규 관측소 제원

1) 강우계 제원

○강우량계는 펄스방식 강우계를 설치하였으며, 관측단위는 0.5mm/pulse임

2) 수위 관측소 제원

○수위계는 초음파 방식 수위계(최대측정거리 12m)를 설치하였음

다. 설치 현황

○수위계 및 강우계 설치지점은 Tiban Lama와 Baloi 지점 2개소임

○DB 서버는 아마존 클라우드 서비스에 구성하고 있으며, 사용자는 모바일 및 PC의 웹브라라우저를 이용하여 관측된 데이터를 조회할 수 있도록 구성하였음



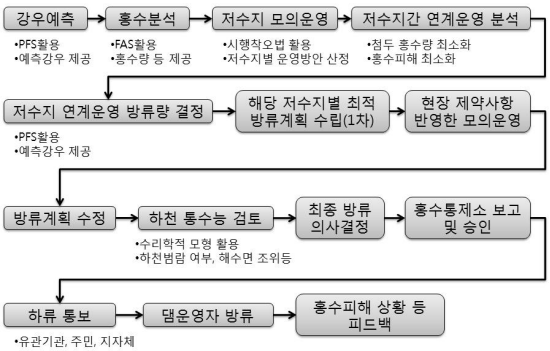

[신규 수위계 설치 현황]

### (4) 물재해 정보분석 및 의사결정지원시스템 개발

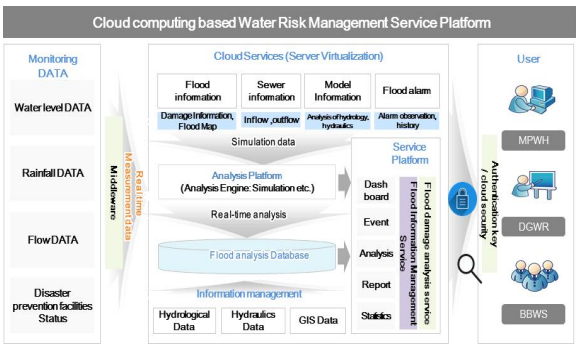
가. 시스템 구성

○ 본 연구과제를 통해 구축될 물재해 정보관리 및 분석시스템(WRMS: Water Risk Management System)의 구축절차는 전통방식 폭포수모형의 시스템 구축절차를 따름

○ 현재 K-water의 홍수예방을 위한 물관리시스템간의 연계는 수위 및 강우자료 등의 원시자료를 취합하여 수리, 수문자료와 GIS데이터를 관리하는 정보관리시스템과 그 데이터를 FAS의 COFIM(수문모형)과 Fldwav(수리모형)를 이용하여 방류의사 결정지원




[홍수예방 물관리업무 흐름도]




[클라우드 기반 WRMS 구조]

○ K-water의 홍수예방을 위한 물관리업무의 흐름은 위의 그림과 같이 강우예측자료를 이용하여 FAS를 이용한 홍수분석결과를 바탕으로 저수지를 모의운영하고 연계방안을 도출하여 방류량을 결정

○ K-water에서 개발한 홍수분석시스템(FAS)의 기능을 인도네시아 여건에 적합하도록 현지화하여 기상, 지형, 수문정보 등 다원화된 정보들을 집중화하고 하천, 댐, 보 등 다중 물재해 관리 시설에 대한 다양한 최적 연계운영 가이드라인을 제시하기 위한 분석 툴을 개발함

○ 수위 및 강우자료 등의 원시자료를 취합하여 수리, 수문자료와 GIS데이터를 관리하는 정보관리시스템과 그 데이터를 FAS의 COFIM(수문모형)과 Fldwav(수리모형)를 이용한 분석플랫폼, 입출력 데이터 관리와 모의결과를 시각적으로 표시하기 위한 서비스 플랫폼으로 유기적으로 연계되어 사용자에게 물재해 정보와 분석결과를 제공

○ 현지화 된 홍수분석 시스템은 시뮬레이션 기법을 통해 유출량 산정, 저수지 모의 운영 후 방류량 산정으로 이루어지며 궁극적으로 침수지역 해소를 위한 의사도구 툴로서 사용가능하도록 시스템 개발

○ 인도네시아 현지여건(잦은 정전과 물리적 서버관리와 유지보수의 어려움)을 고려하여 구축된 물재해 분석시스템을 가상화 기반으로 물리적 통합한 후 통합된 정보자원을 자동으로 관리하고 운영하는 클라우드 관리솔루션(CMS) 적용

나. 물재해 정보분석(Data Analysis) 시스템 개발

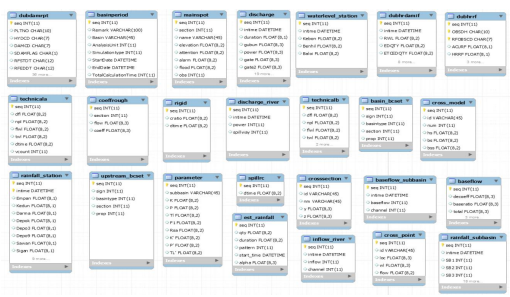
○ 물재해 정보분석 시스템은 FAS의 수문모델인 COSIFIM의 대상지역을 대상으로 한 모델에 수문자료(강우, 수위 등)을 입력하여 소유역별 유출량을 모의

○ 유출량을 입력값으로 하천단면 등으로 FAS의 수리모델인 Fldwav모델을 구축하여 관심지역의 수위값을 모의하고 유출량을 기반으로 2차원수문모형에 적용하여 홍수의 확산을 모의




[물재해 정보분석 시스템 업무 흐름도]

1) 시스템 DB 및 GIS레이어 구조설계



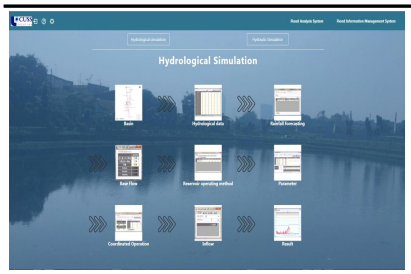
[테이블 구성도]

| 구 분 | 데이터 타입 | 순서 |
|---|---|---|
| 위성사진 | 이미지 | 1 |
| 등고자료 | DEM | 2 |
| 유역도 | 면 | 3 |
| 소유역도 | 면 | 4 |
| 하천 | 선 | 5 |
| 강우관측소 | 점 | 6 |
| 수위측정소 | 점 | 7 |
| 주요지점 | 점 | 8 |

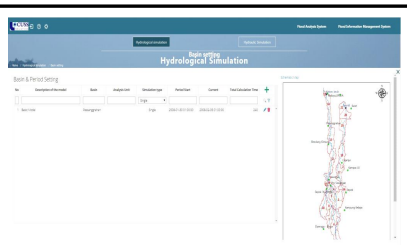
[레이어 구조 정의]

2) 시스템 기능구현

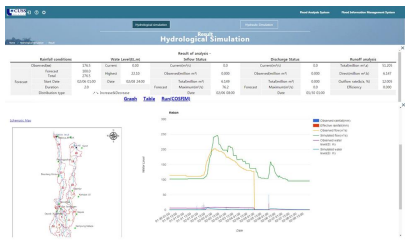
가) 수문 모의(Hydrological Simulation) 기능구현




[수문모의 초기화면]

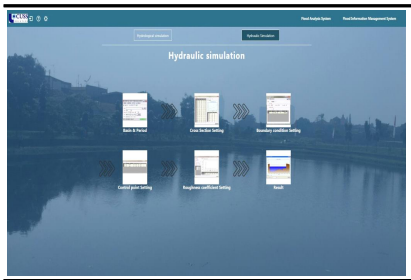



[대상 유역 설정 및 정보 입력]

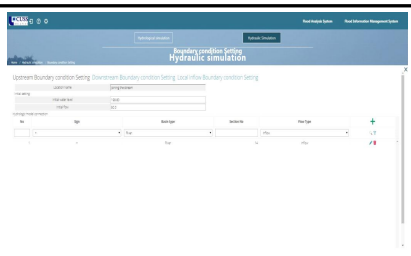



[수문모의 결과보기]

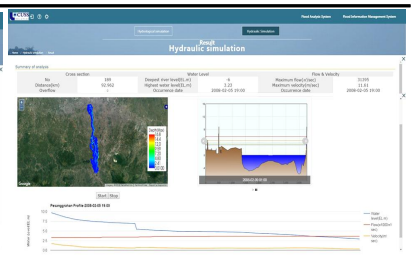
나) 수리 모의(Hydraulic simulation) 기능구현




[수리모의 초기화면]



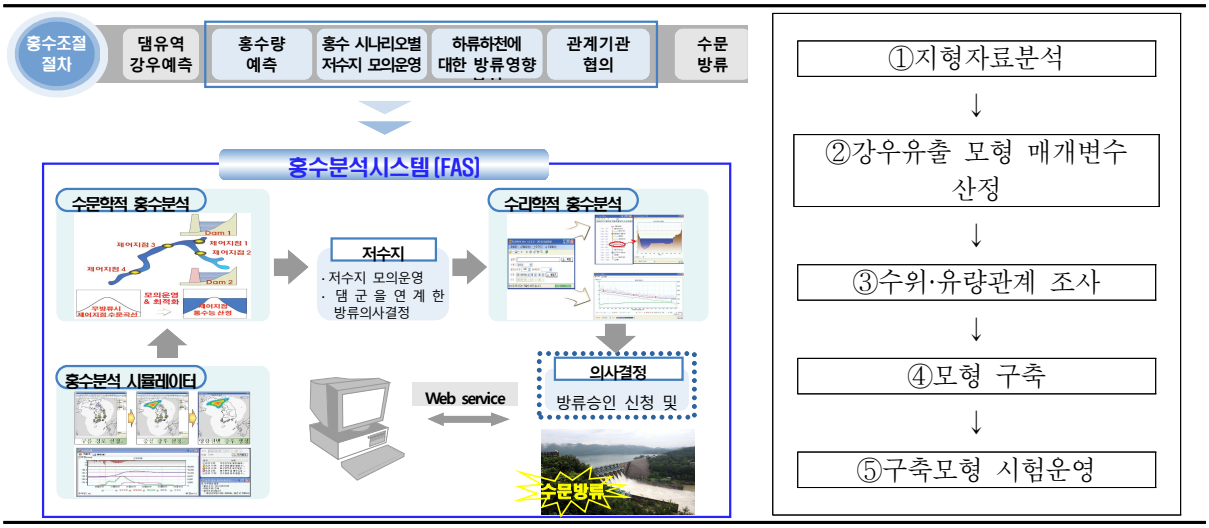

[경계조건 설정]




[수리모의 결과보기]

## (5) 홍수분석 모형 구축

### 가. 개요



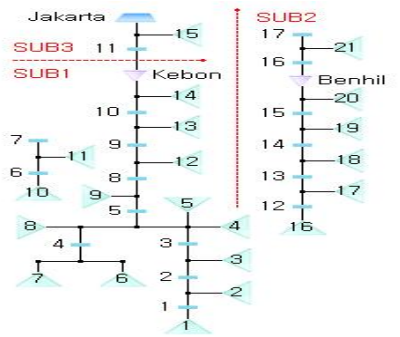

[홍수분석시스템 운영 개요]



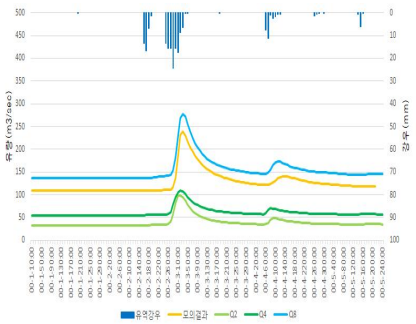

[홍수분석모형 구축 절차]

### 나. 대상지역 모식도 및 모의결과

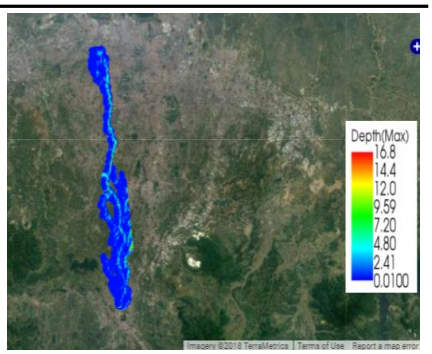
#### 1) 자카르타




[대상유역 하천모식도]

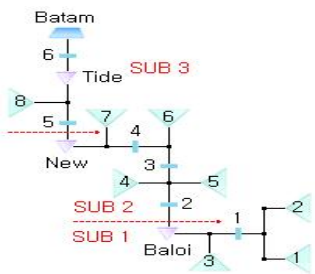


[Kebon 유역 유량 모의]

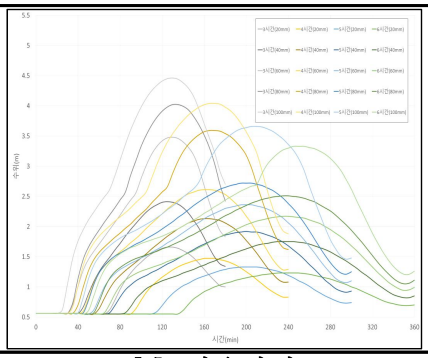



[2D확산 모의]

#### 2) 바탐




[대상유역 하천모식도]



[총 강우량별 지속시간-수위곡선]



[2D확산 모의]

## (6) 물재해 관리 시나리오 수립 및 가이드라인 작성

### 가. 대상유역 물재해 관리 시나리오 개발

#### 1) 크루쿠트(Krukut) 유역 – 자카르타

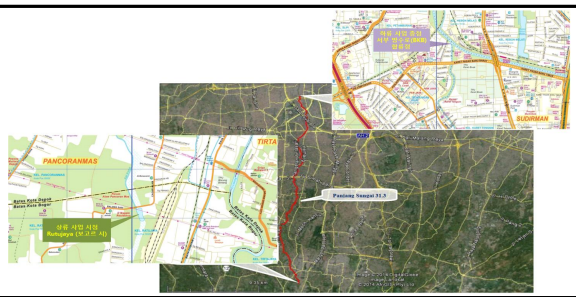
○ Krukut 유역은 유로연장 31㎞, 유역면적은 약 85㎢로써 연평균 강우량은 3,674mm 임

○ 보고르 (Bogor) 시의 Ratujaya에서 발원하여 중부 자카르타에서 서부 방수로와 합류

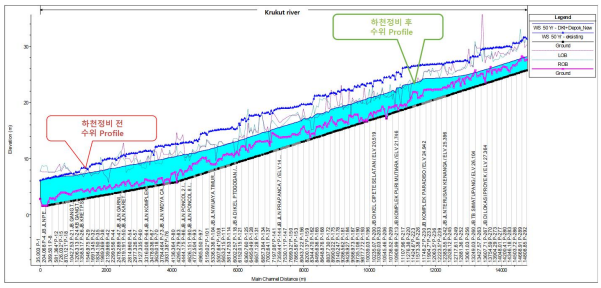
○ 서부 방수로의 주요 홍수방어시설인 Karet 수문의 직상류에서 합류함으로써 자카르타 중심부의 홍수관리에 있어 중요한 역할을 담당

##### 가) 준설 및 하천정비

– 보고르시의 Rutujaya부터 중부 자카르타의 서부 방수로(BKB) 합류점까지 31.3km 구간



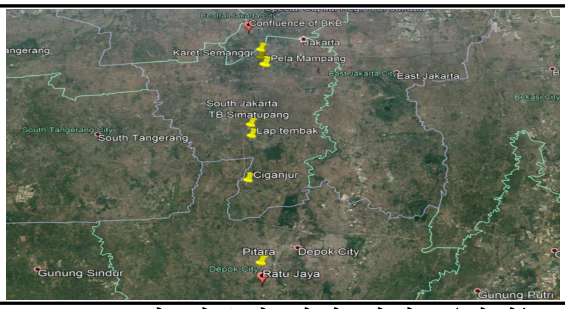

준설 및 하도정비 구간



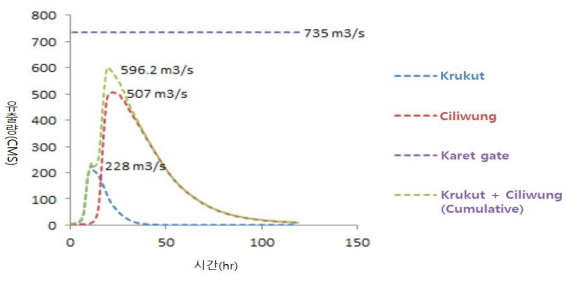

사업효과 검토

##### 나) 저류지 설치 계획

– Krukut 강 직하류에 위치한 Karet 수문의 설계 홍수량은 735 CMS인 반면, 서부 방수로 및 Krukut 강을 통해 유입되는 50년 빈도 홍수량은 777 CMS로써 홍수조절용량을 초과




Krukut 강 저류지 설치 위치도(계획)

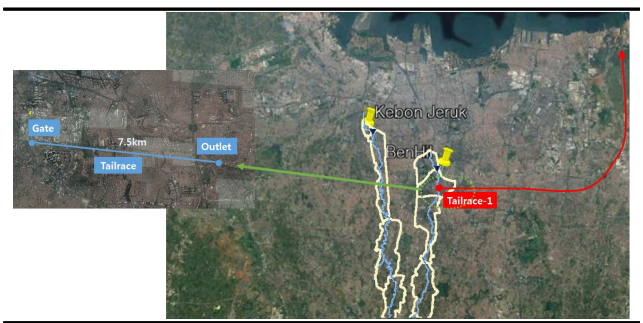



저류지 설치로 인한 유출저감효과 분석

##### 다) 방수로 건설계획

○ 방수로건설 및 운영을 통해 하류부에 위치하는 자카르타 지역내 홍수위 저감

– 방수로 설치지점으로부터 동쪽으로 7.5km 지점에 위치하는 하천에 연결함으로서 홍수량을 바다로 배제하여 홍수피해 저감 가능




방수로 설치 위치도(계획)

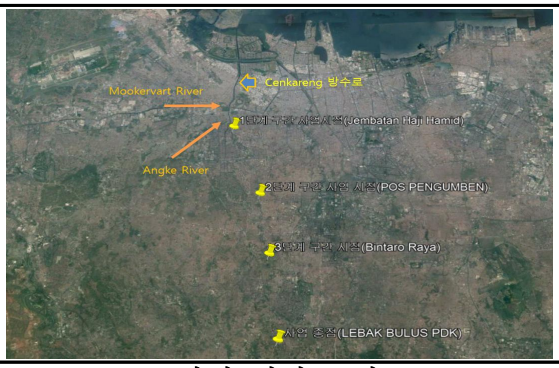
2) 페상그라한 강(Pesanggrahan river) 유역 - 자카르타

○ Pesanggrahan 유역은 유로연장 74㎞, 유역면적 약 112㎢, 유역경사는 0.27%로써 굉장히 평평한 지형을 가지고 있으며, 연평균 강우량은 약 3,700mm

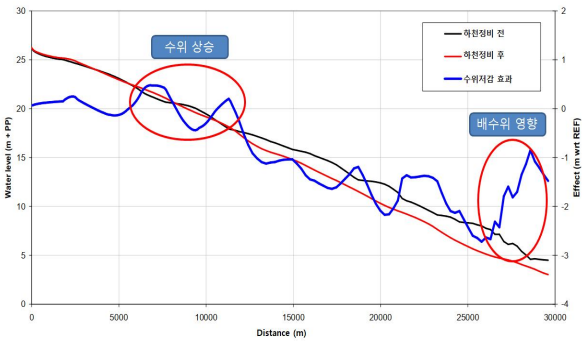
○ 보고르 (Bogor) 시 상류 Salak 산에서 발원하여 드폭(Depok), 탕에랑(Tangerang) 시를 거쳐 Cengkareng 방수로로 합류하여 자바해로 나감

○ 설계 홍수량은 210 CMS(25년 빈도)이나 불법 하천점용 및 퇴사로 인해 현재 통수능은 75 CMS로 감소

가) 하천정비 계획

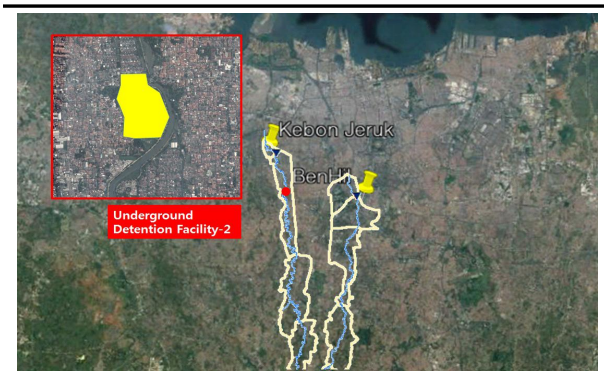



하천 정비 구간

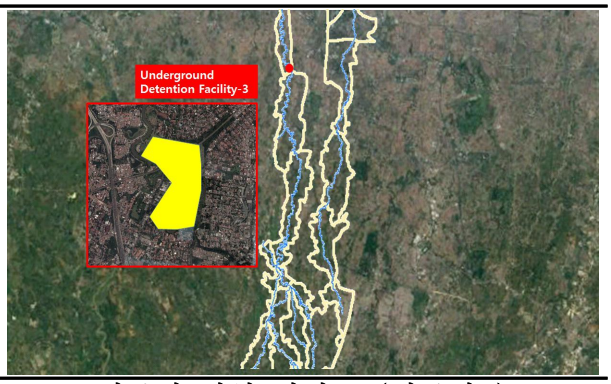



Pesanggrahan 수위저감 효과

나) 저류지 건설계획




저류지 계획 위치도 (저류지2)

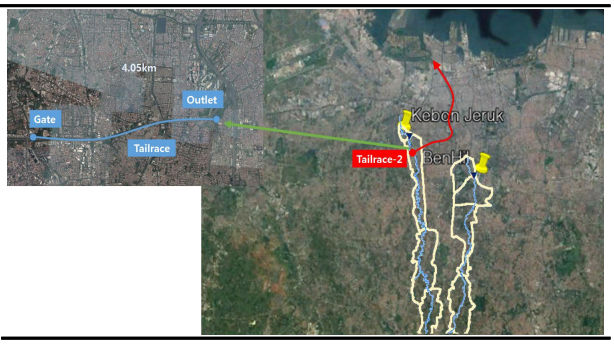



저류지 계획 위치도 (저류지3)

다) 방수로 건설계획

○ 대상유역 방수로건설 및 운영을 통해 하류부에 위치하는 자카르타 지역 내 홍수위 저감

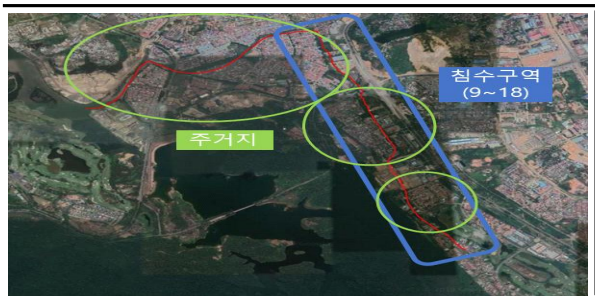
– 방수로 설치지점으로부터 동쪽으로 4.0km 지점에 위치하는 하천에 연결함으로서 홍수량을 바다로 배제하여 홍수피해 저감 가능



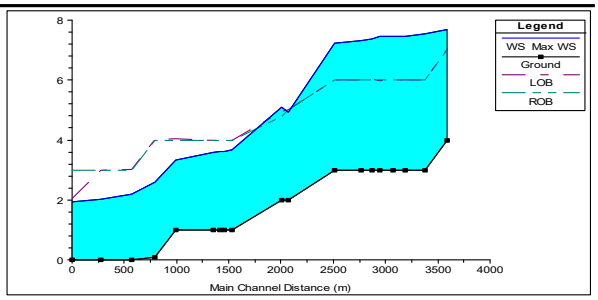

방수로 설치 위치도(계획)

3) 바탐(Batam) 유역

○ Batam 유역의 물재해 관리를 위한 데이터가 상당히 부족한 실정이므로, 확보가능한 강우자료 및 수위자료를 최대한 활용하여 물재해 시나리오 수립을 검토



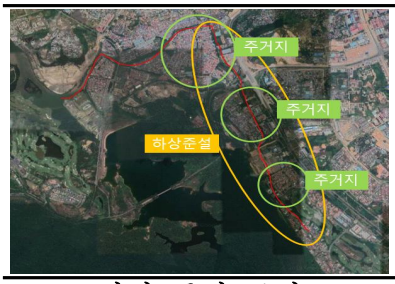

Batam 유역 침수구역



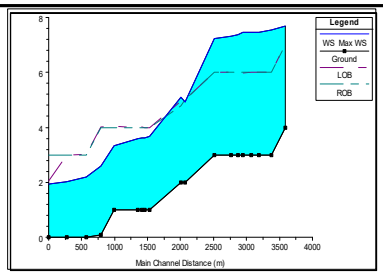

Batam 유역 하천 최대 수위

가) 하상준설

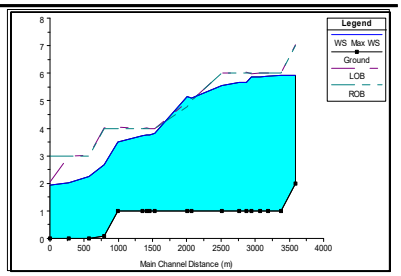
○ 월류가 발생하는 18번 단면에서 9번 단면까지 하상준설을 적용




하상 준설 구역




하상준설 전 최대 수위



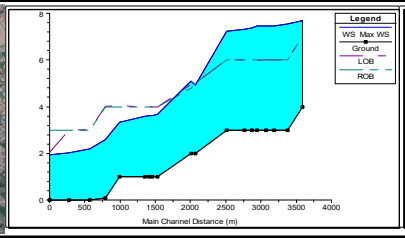

하상준설 후 최대 수위

나) 제방 증고

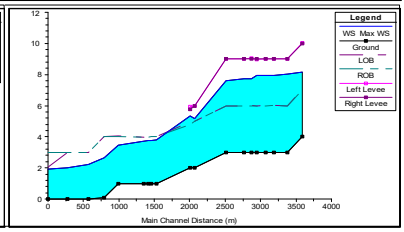
○ 제방증고는 월류가 발생한 횡단면 18번부터 9번까지 적용




제방증고 구역




제방증고 전 최고 수위




제방증고 후 최고 수위

다) 방수로

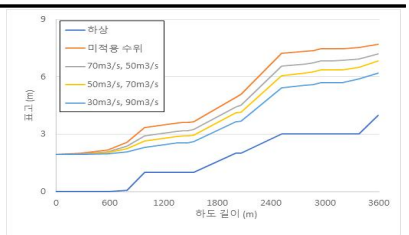
○ 유역 내 존재하는 DAM Sei Ladi Reservoir로 방수로를 연결하여 유량 배출 계획




방수로 설치 위치




DAM Sei Ladi Reservoir 전경



나. 물재해 저감대책 시행을 위한 추진계획

1) 통합물관리 시스템 구축계획

| 구 분 | 주 요 내 역 |
|---|---|
| Stage 1<br>(Pilot Project) | • 통합물관리 기반 구축<br>- Pilot 프로젝트 개념의 통합물관리센터 기반구축 사업 추진<br>- 주요과업 내용<br>1. 통합물관리센터 Design 및 구축<br>2. 기존 운영중인 인도네시아 물관리시스템과 연계 |
| Stage 2<br>(Extension) | • 통합물관리 시스템 확대적용<br>- 전국단위 통합물관리 시스템 구축을 위한 본사업 추진<br>- 주요과업 내용<br>1. 전국단위 모니터링 및 통제 가능한 물관리센터 구축 완성<br>2. 수문자료 수집 자동화를 위한 시스템 신설 및 개선<br>3. 물관리를 위한 소프트웨어 구입 및 설치<br>4. 최적의 운영을 가능케 하는 교육 및 유지관리 업무 |
| Stage 3<br>(Completion) | • World Class 통합물관리 시스템 완성<br>- 물관리 기술(홍수분석, 용수공급, 안전관리) 확대 적용<br>- 주요과업 내용<br>1. 신기술(퇴사관리, 원격제어) 도입 및 기존 기술 고도화<br>2. 인도네시아 공무원, 엔지니어 역량강화 프로그램 운영 |

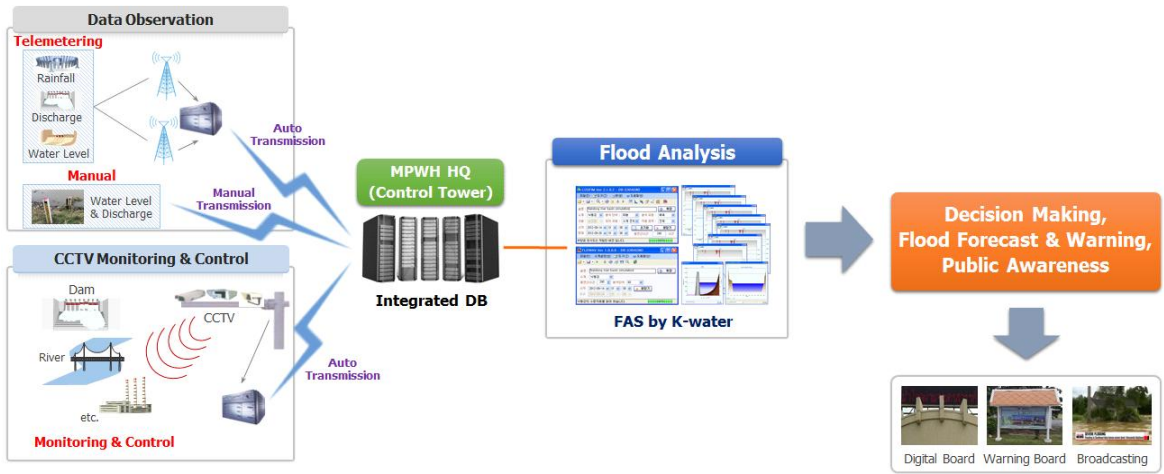
2) 홍수분석 및 예경보 시스템 연계 방안

가) 홍수분석 모형 구축 방안

○ 수계별 통합 홍수분석 모형 구축을 통한 효율적 홍수관리 대응능력 향상

– 통합 DB와 연계한 분석체계 및 시나리오 반영 수공구조물 모의운영 시스템 구축

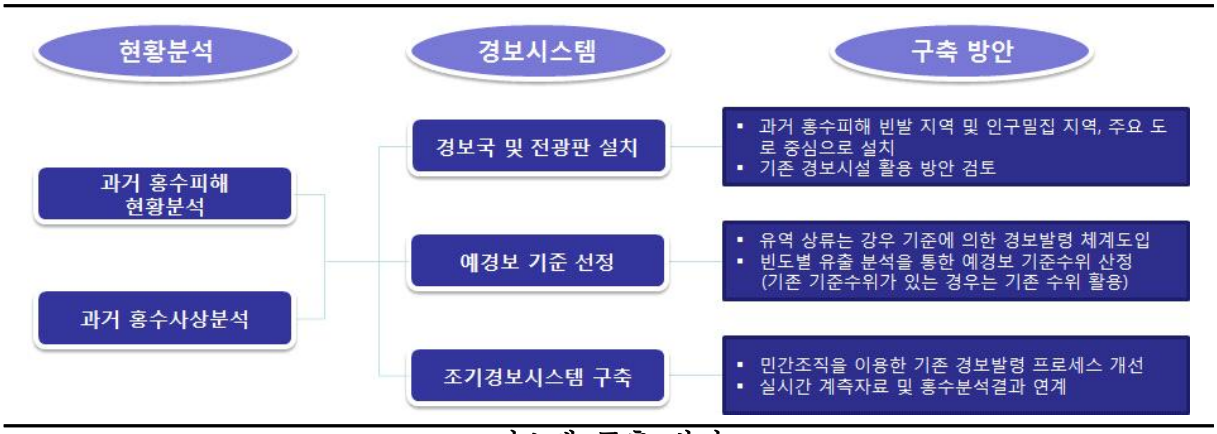
– GIS와 연계한 의사결정 및 침수위험 예경보체계 구축(통합표출시스템 연계)




**홍수분석 및 예경보 시스템 연계 모식도**

나) 홍수 조기경보 체계 구축

○ 홍수예경보 기준(강우 및 수위 기준)에 따라 홍수예측결과를 이용하여 선행 예보를 수행함으로써 주민 대피 등 사전 대응시간 확보



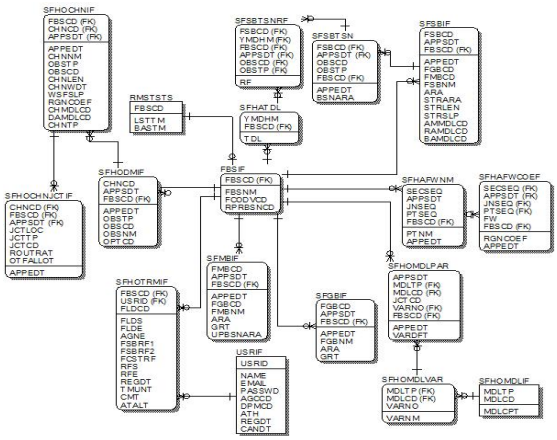

시스템 구축 방안

### (7) 물재해 통합 DB 및 정보관리 시스템 개발

가. 물재해 정보 관리를 위한 통합 DB 설계




수문자료 통합 데이터베이스 구축 방안

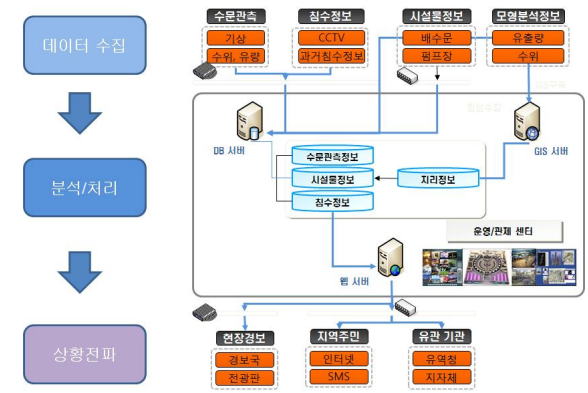


통합 DB ERD 설계

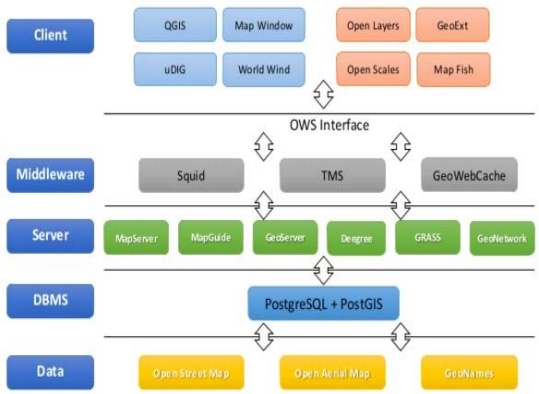
나. 시스템 구성 방향

○ 인도네시아 현지 사용자 환경을 고려하여 Web/GIS 기반의 정보 제공 및 관리 시스템 개발

○ 향후 시스템 유지관리 및 확장성 등을 고려하여 오픈 소스 기반의 시스템으로 구성하기 위해 Open GIS(GeoServer, PostGIS, OpenLayers) 및 MySQL DBMS 적용

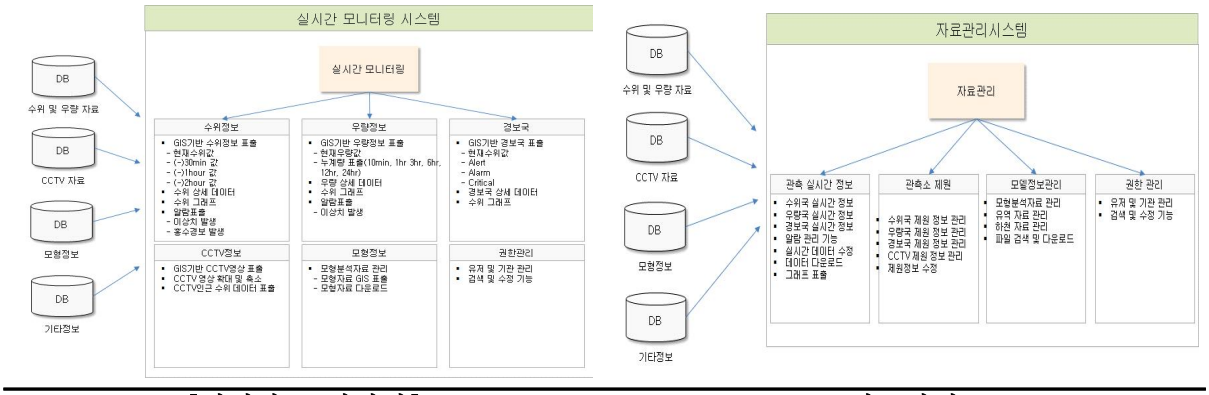



[시스템 개념도]



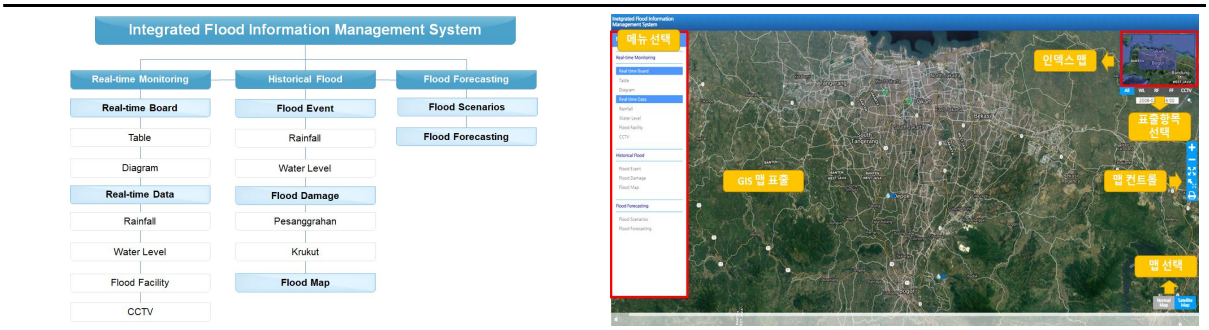

시스템 아키텍쳐

다. 시스템 구조도

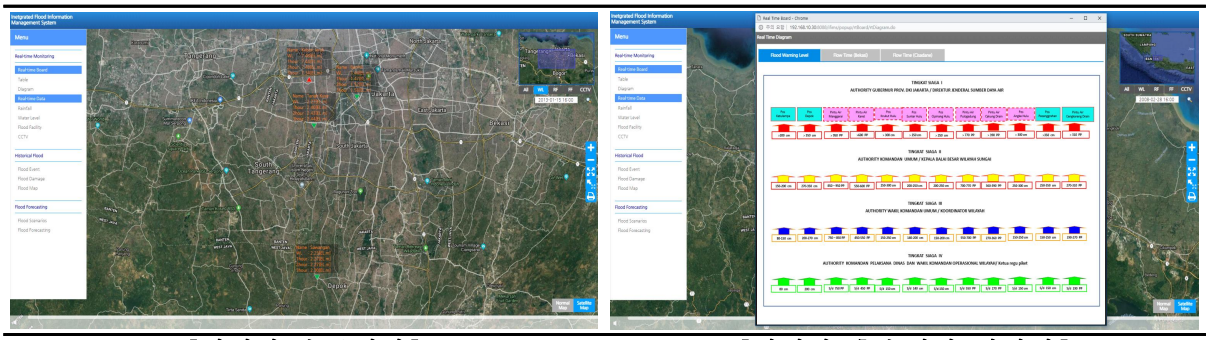



[실시간 모니터링] 자료관리

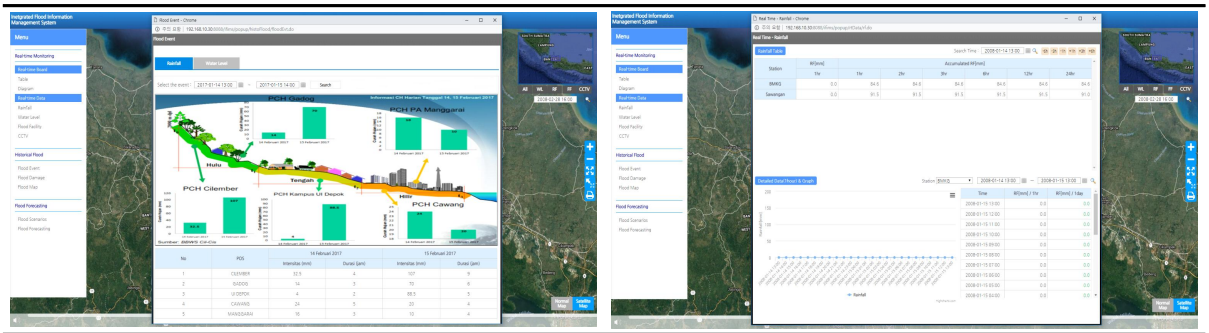
라. 물재해 정보관리 시스템 개발




[메뉴구성도] [레이아웃]



[실시간 수문현황] [실시간 홍수현황 상황판]



[강우사상 정보] [실시간 강우자료]

## 2. 대상유역 현황

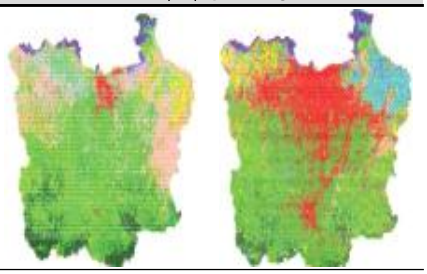
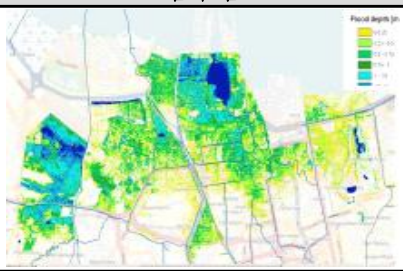
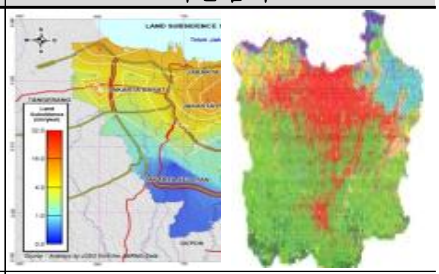
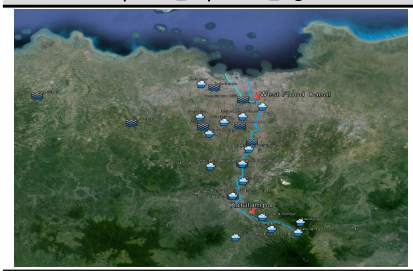
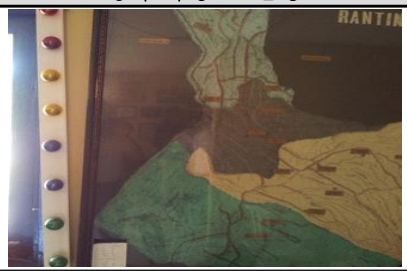
### (1) 자카르타 - 대상 유역

가. 유역 일반 현황

1) 본 과업 대상지역(Pesanggrahan 및 Krukut river)이 속한 Ciliwung-Cisadane 유역은 대통령궁 등 자카르타 시내 주요 시설이 밀집해 있는 유역으로써 매년 다수의 홍수피해가 발생

2) Ciliwung강 하류지역의 평균표고 EL. 0.8m 대비 최대조위는 EL. 1.90m로 배수문제 심각

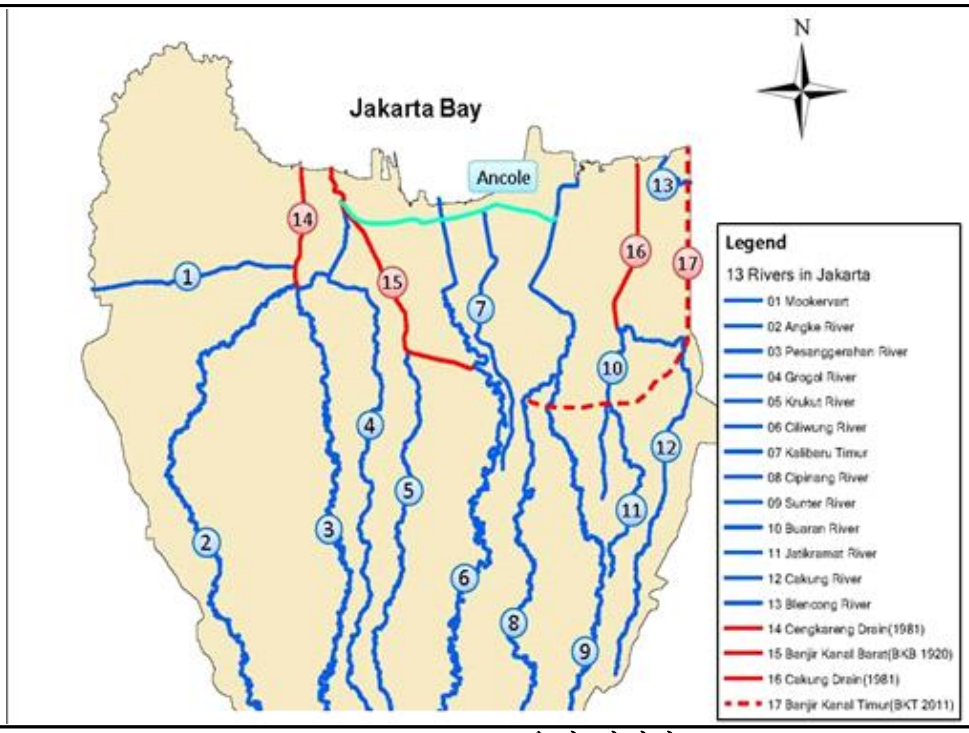
3) 자카르타 지역의 급격한 도시화 진행에 따른 유출계수 증가 ☞ 유출량 증가에 따른 피해가중

| 일반현황 | 수계현황 | 토지이용 현황 |
|---|---|---|
|  |  |  |
| •자바섬 서자바주에 위치<br>•하류에 자카르트(수도) 위치 | •전체유역면적:5.4천km2<br>(15개 소유역)<br>•Ciliwung 유역면적: 387km2 | •도시면적 지속적 증가<br>→ 유출증가<br>•홍수량 증가 및 도시홍수 발생 |
| **표고** | **침수심** | **지반침하** |
|  |  |  |
| •평균표고 0.8m, 평균조위1.4m<br>•내수배제 불량, 상습침수구역 발생 | •Lidar 자료(2m×2m) 활용<br>•2013년 1월 대홍수 사상 적용 | •과도한 지하수 사용<br>→ 지반침하 심각<br>•침하율 1~12cm/년 |
| **수문관측소 현황** | **계측기 설치 현황** | **홍수예경보 현황** |
|  |  |  |
| •강우관측소: 18개<br>•수위관측소: 10개<br>※ From DGWR & Tech4water | •자동관측시설 부족<br>•수동관측이며 측정주기가 길어 홍수예경보 활용에 부적합 | •모니터링, 경보방송 체계 및 기본 인프라 부족<br>•홍수예경보 업무를 위한 통합운영 노력 부족 |

나. 주요 하천 현황

1) 자카르타 관내에는 주요 13개 하천 및 4개 방수로가 위치

2) 방수로는 100년, 하천은 25~50년 빈도로 계획되어있으나, 현상태는 10~50년 빈도 이하로 홍수에 취약한 실정




Ciliwung-Cisadane 유역 하천망도

**하천 및 방수로 현황**

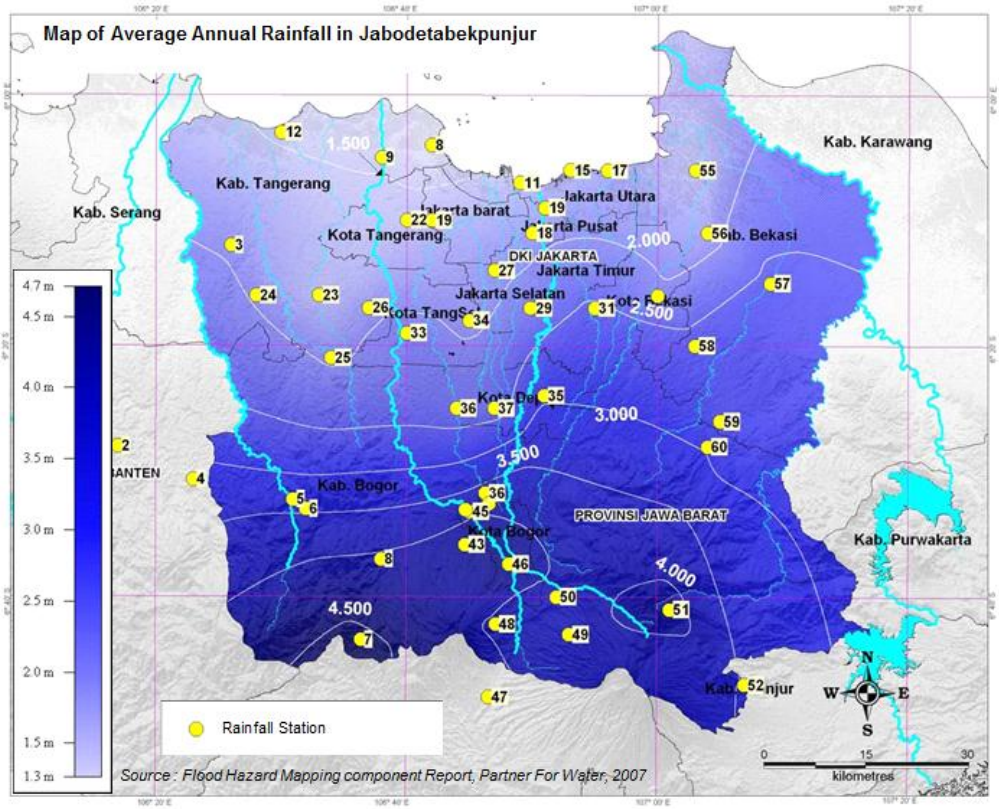
| 구분 | 번호 | 하천명 및 방수로 | 유역면적 (㎢) | 하천연장 (km) | 설계홍수량 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | 설계빈도 | 홍수량(㎥/s) |
| 하천 | 1 | Mookevart | 25.7 | 13.4 | 25 | 192.2 |
| | 2 | Angke River | 499.2 | 98.8 | 25 | 281.6 |
| | 3 | Pesanggrahan River | 128.4 | 76.3 | 25 | 237.1 |
| | 4 | Grogol River | 68.4 | 39.6 | 25 | 75.3 |
| | 5 | Krukut River | 85.0 | 31.4 | 25 | 163.4 |
| | 6 | Ciliwung River | 438.3 | 109.0 | 50 | 557.0 |
| | 7 | Kalibaru Timur | 55.2 | 30.9 | 25 | 72.8 |
| | 8 | Cipinang River | 57.5 | 37.6 | 25 | 79.3 |
| | 9 | Sunter River | 178.0 | 55.8 | 25 | 131.5 |
| | 10 | Buaran River | 8.9 | 6.0 | 25 | 62.7 |
| | 11 | Jatikramat River | 37.0 | 18.9 | 25 | 77.8 |
| | 12 | Cakung River | 34.5 | 22.9 | 25 | 83.4 |
| | 13 | Blencong River | 80.8 | 18.5 | - | - |
| 방수로 | 14 | CengkarengDrain(1981) | 480.0 | 6.9 | 100 | 593.3 |
| | 15 | BanjirKanal Barat(BKB, 1920) | 207.0 | 17.2 | 100 | 699.8 |
| | 16 | Cakung Drain(1981) | 154.8 | 9.8 | 25 | 159.5 |
| | 17 | Banjir Kanal Timur(BKT, 2011) | 421.0 | 23.3 | 100 | 591.2 |

(Review Masterplan Rengendalian Banjir Dan Drainase DKI Jakarta, 2009)

다. 수문 및 유역 특성

1) 기상 및 기후 특성

○ 자카르타 북부지역 연평균 강우량은 약 1,500~2,000 mm이고, 남부지역은 약 2,000~3,000 mm로써, 지형적(남고북저) 특성으로 인해 지역별 강우량 편차가 매우 큼




연 평균 강우량

**기상 특성**

| 구 분 | | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 | 연간 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 기온 (OC) | 저지대 | 26.5 | 26.8 | 27 | 27.5 | 27.7 | 27.2 | 26.9 | 27.2 | 27.6 | 28 | 27.8 | 27.1 | 27.3 |
| | 고지대 | 23.9 | 24.2 | 24.5 | 24.8 | 25 | 24.7 | 24.4 | 24.9 | 25 | 25.3 | 25.2 | 24.8 | 24.7 |
| 상대습도 (%) | 저지대 | 86 | 85.1 | 84.7 | 83.3 | 81.6 | 80.1 | 77.9 | 76.8 | 76.1 | 76.3 | 79.6 | 82.8 | 80.9 |
| | 고지대 | 88.6 | 86.9 | 86.9 | 86 | 85.8 | 84.5 | 83.3 | 81.2 | 80.6 | 81.1 | 84.4 | 85.9 | 84.6 |
| 일조시간 (hours) | 저지대 | 3.8 | 4.8 | 5.5 | 6.3 | 6.8 | 7.0 | 7.8 | 8.0 | 7.4 | 7.0 | 5.4 | 4.7 | 6.2 |
| | 고지대 | 3.5 | 4.4 | 5.0 | 5.7 | 6.8 | 6.9 | 7.5 | 7.8 | 7.0 | 6.6 | 5.5 | 4.9 | 6.0 |
| 풍속 (m/s) | 저지대 | 1.8 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.6 | 1.6 | 1.5 | 1.6 | 1.6 |
| | 고지대 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.4 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.5 | 1.4 |
| 증발량 (mm) | 저지대 | 118 | 116 | 132 | 128 | 127 | 120 | 134 | 149 | 152 | 160 | 136 | 129 | 1,600 |
| | 고지대 | 104 | 103 | 115 | 110 | 112 | 104 | 114 | 130 | 133 | 138 | 121 | 118 | 1,400 |

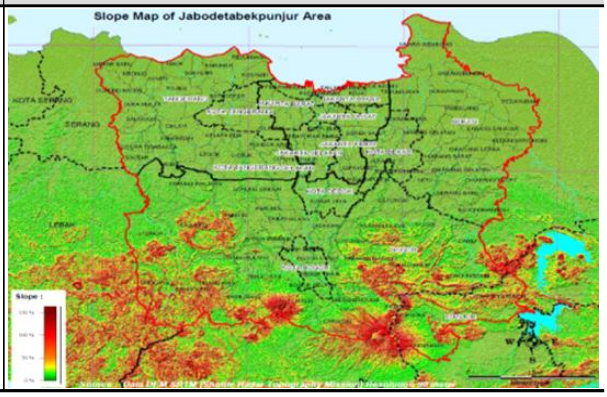
(Rancangan Pola PSDA Cisadane-Ciliwun (6 WS), 2011)

2) 유역 특성

○ 자카르타는 해발고도 5~50m의 평탄한 지역으로 약 40 %이상이 평균 해수면 아래

○ 지질특성조사결과 북부지역의 경우 침투율이 매우 낮아, 홍수가 발생하기 쉬운 구조

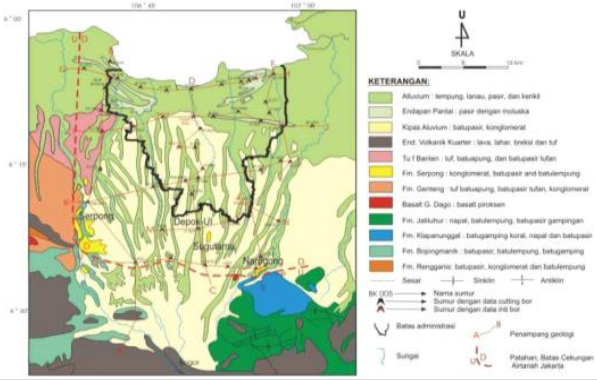
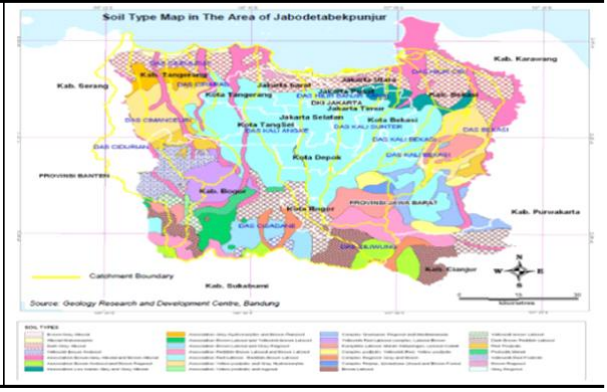
### 유역의 지형 특성

| Topographic Map | Slope |
|---|---|
|  |  |



(Ministry of Environment/Draft RTRW DKI Jakarta 2010-2030)

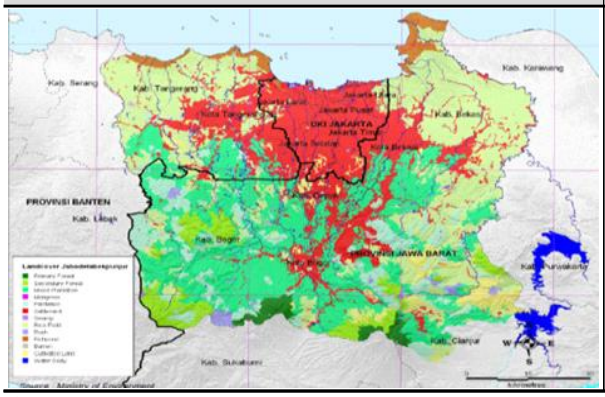
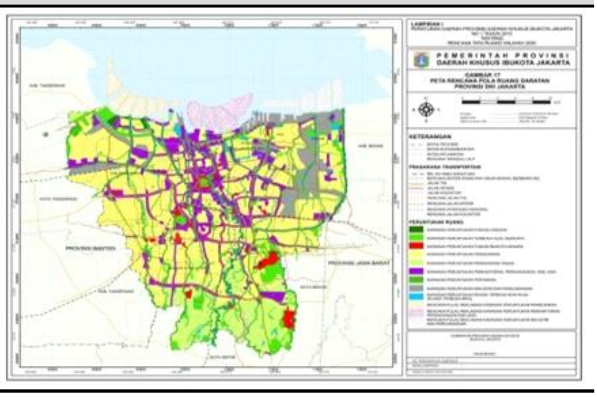
### 지질 및 토양 특성

| Geological Map | Soil type |
|---|---|
|  |  |



(Ministry of Environment/Draft RTRW DKI Jakarta 2010-2030)

### 토지이용계획(2030년)

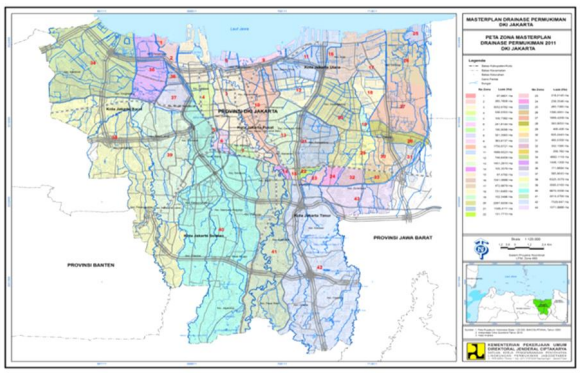
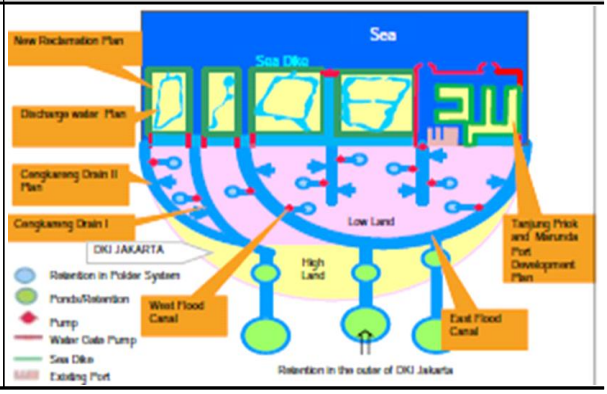
| Land cover | Land use |
|---|---|
|  |  |

(Ministry of Environment/Draft RTRW DKI Jakarta 2010-2030)

3) 수리시설물 현황

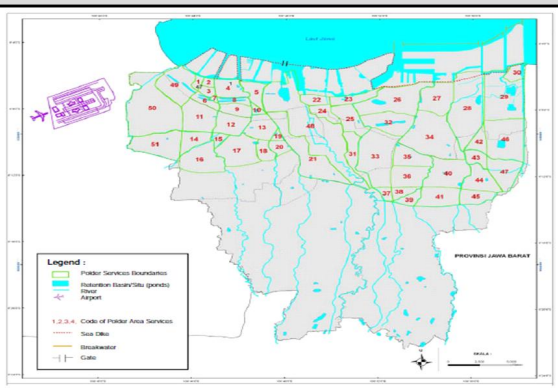
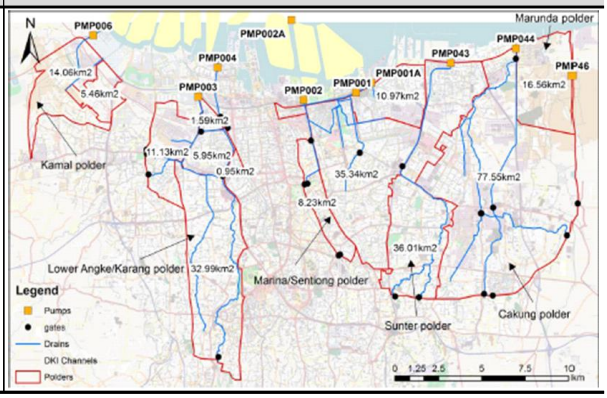
○ Macro 배수시스템 총 연장 429.2km, 배수펌프 442대, 저수지 21개소, 유수지 23개소, 제수문 30개소 위치

**배수구역 및 홍수관리 계획 : 43개 배수구역으로 구분, East Flood Canal 등 홍수방어 계획 수립(2010-2030)**

| 배수구역 구분 | 홍수방어계획(2010-2030) |
|---|---|
|  |  |

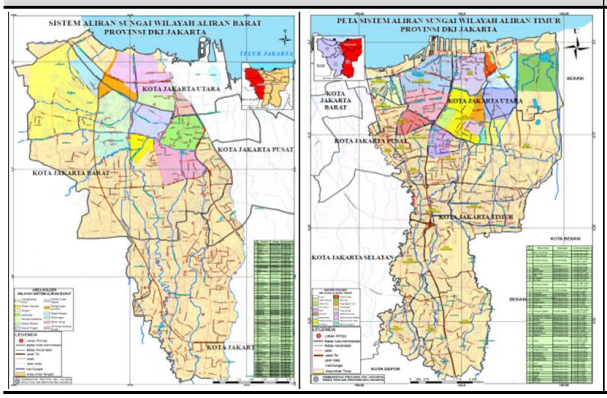
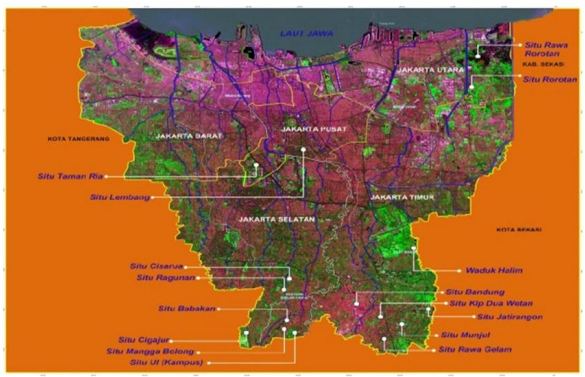


**Polder 시스템 : 신규 폴더 23개소 포함, 총 57개 폴더 운영**

| 배수구역 구분 | 홍수방어계획(2010-2030) |
|---|---|
|  |  |



**홍수방어시설 : 배수펌프 442대, 저수지 및 유수지 44개소 운영**

| 배수펌프장 | 저수지 및 유수지 |
|---|---|
|  |  |

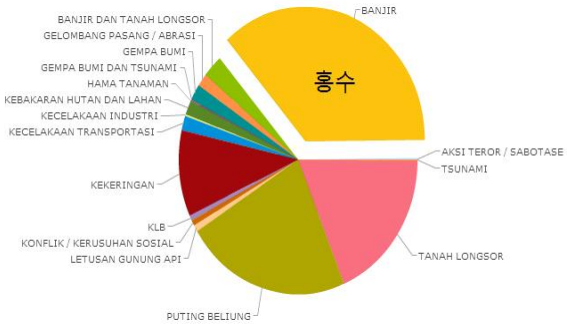
라. 자카르타 홍수 현황

1) 과거 홍수발생 현황

○ 2012년~2014년 자카르타 홍수발생 ☞ 이상기후 및 도시화에 따른 홍수 발생빈도 증가

○ 전체 재해 중 가장 높은 비율 차지(36%)

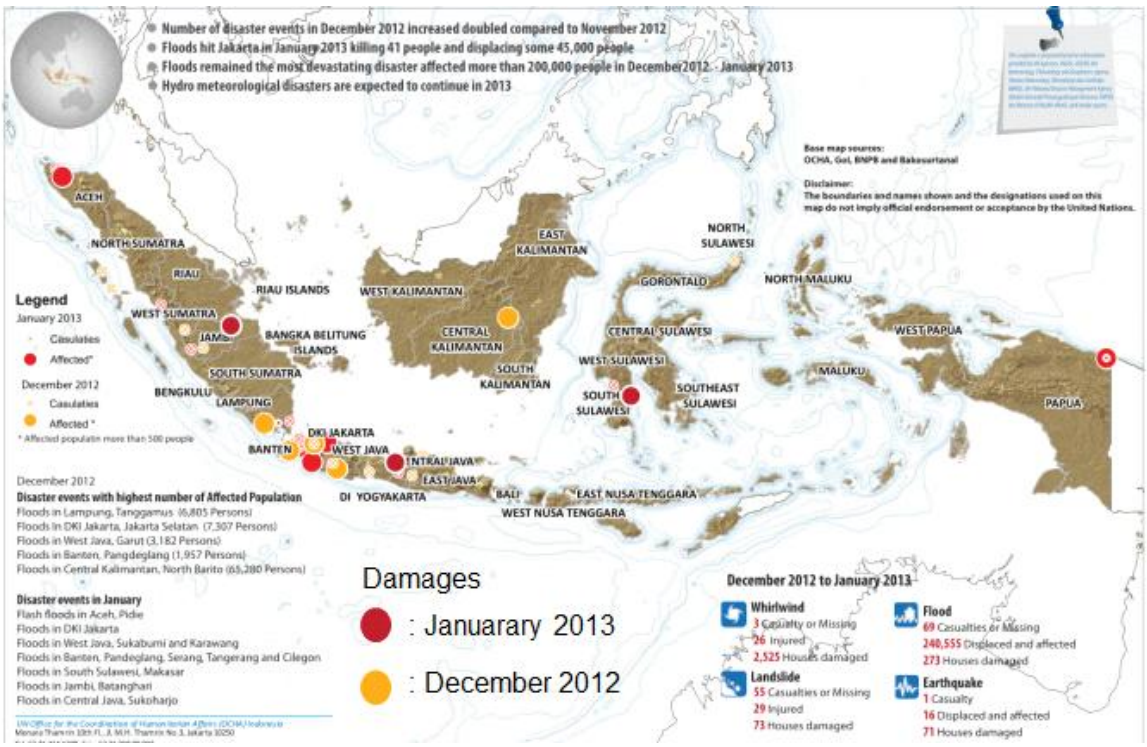





**홍수 발생빈도**

○ 특히, 2013년 1월 홍수로 인해 자카르타 지역에서만 41명이 사망, 4만5천명의 이재민 발생

○ 이 기간(2012.12~2013.1)의 홍수는 인도네시아 전역 20만명 이상에게 영향을 미친 기록적인 재해로 인식 됨

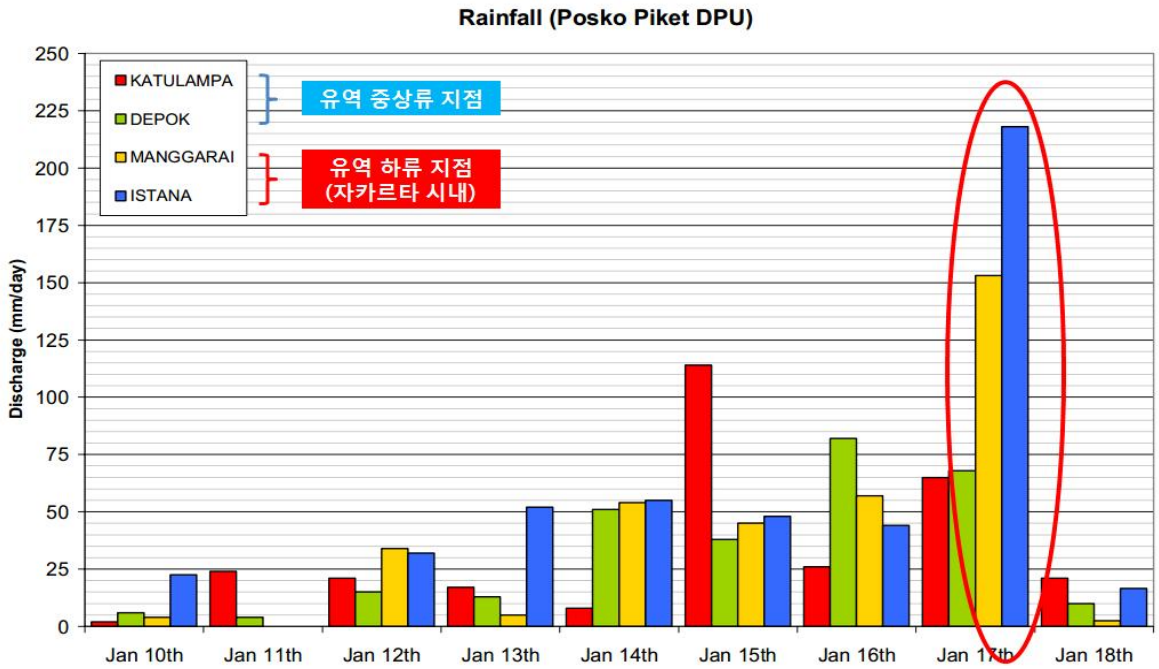



2012~2013 Flood Damage in Indonesia
(인도네시아 방재청(BNPB))

2) 2013년 자카르타 홍수 분석

○ 홍수 원인

– 2013년 1월 17일 유역 하류 지점인 Manggarai (150 mm) 및 Istana(225 mm) 지점에 집중호우 발생




유역 내 강우 발생 현황(2018년 1월 10일 ~ 18일)

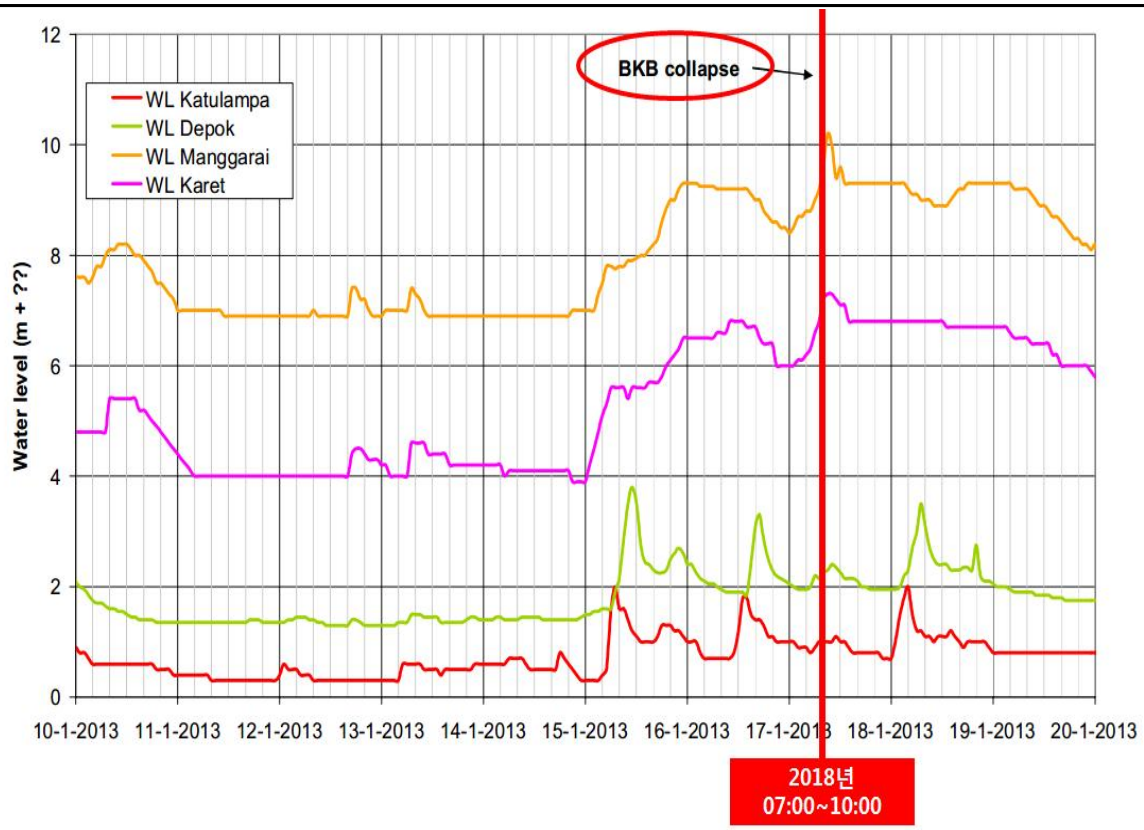
– 지속된 집중호우로 인해 Melati 폴더와 인접한 자카르타 서측 방수로(West Flood Canal, BKB) 제방 76m 구간이 붕괴됨



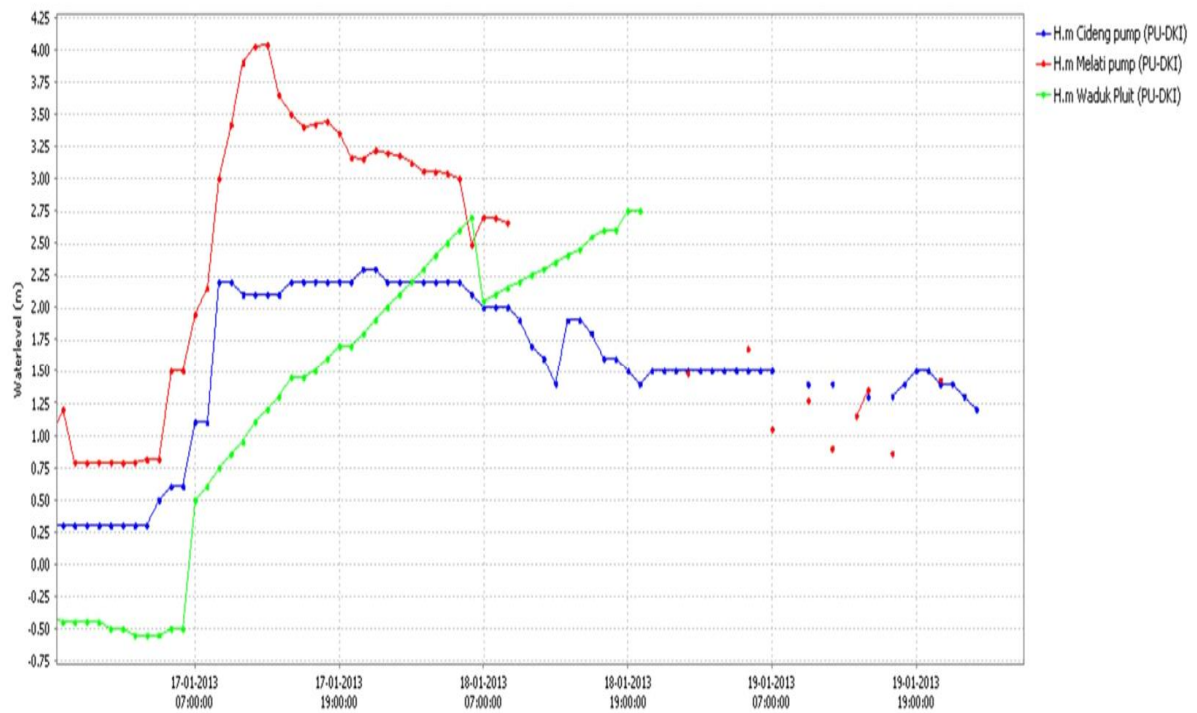

집중호우로 인한 붕괴사례

○ 홍수 발생결과

– 제방 붕괴로 하류의 Manggarai 및 Karet 지점의 수위 급상승

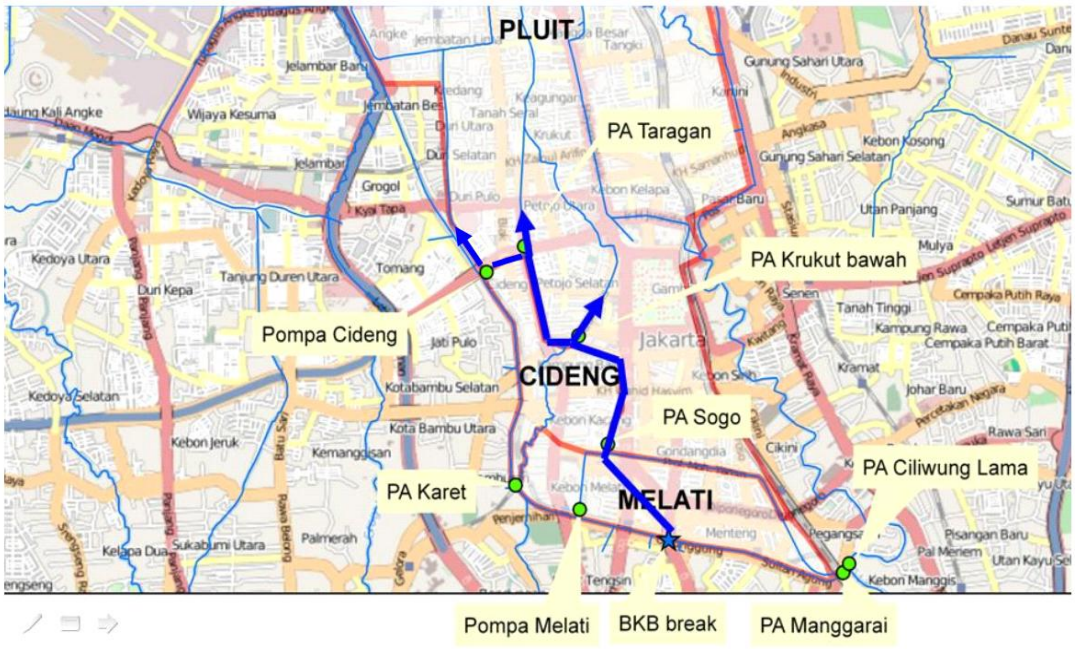



제방붕괴로 인한 수위 급상승



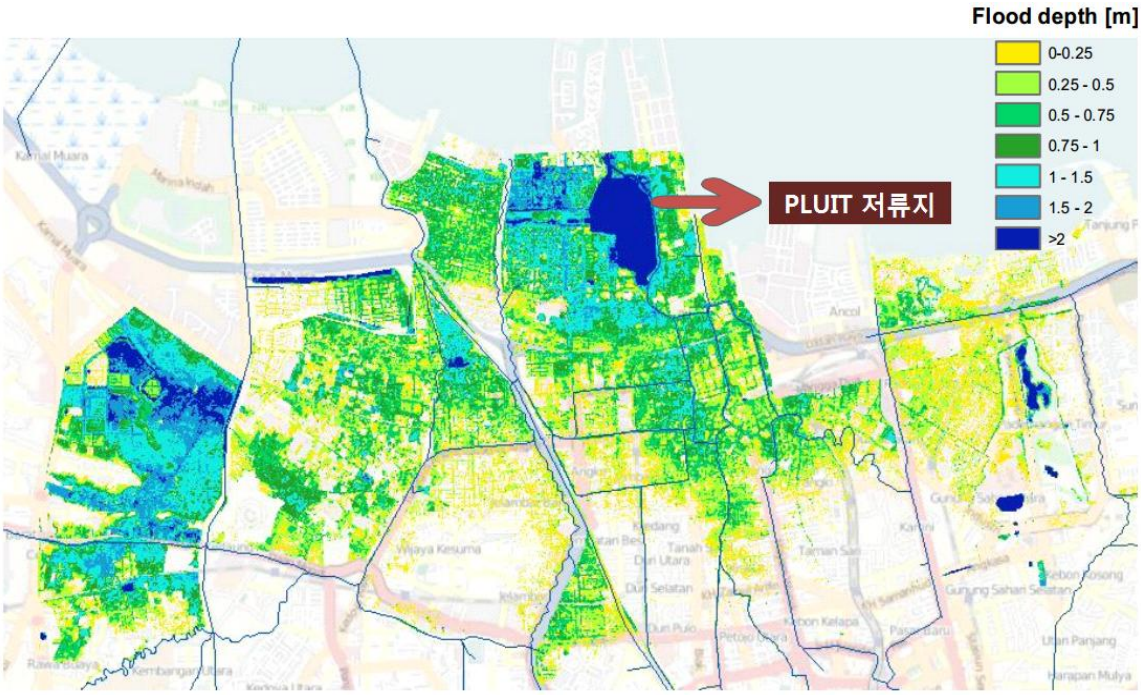

펌프장 및 저류지 수위 급상승

- 급격한 수위 상승으로 인해 각 폴더 시스템 내의 수문 모두 개방
- Ciliwung Lama 수문 및 West Flood Canal(BKB) 북측 도로를 통해 홍수 범람
- 제방 붕괴 및 범람된 홍수량은 Pluit 저류지(80ha)에 저장
- Pluit 저류지에 위치한 3개 펌프 모두 미작동(고장 및 전원 문제)




Pluit 저수지 인근 펌프장 배수 계획도

- 저류지 수위가 3m에 달하자 주변 지역으로 범람하기 시작
- 3일간 침수심 2m가 지속됨에 따라 15,000명의 주민 긴급 대피




Pluit 저수지 인근 침수 지도

### (2) 바탐 - 확대 적용 유역

○ Batam섬은 열대성 기후로 평균 기온은 26°C에서 32°C

○ 습도는 73%에서 96%에 이르며, 우기는 11월부터 4월까지, 건기는 5월부터 10월

○ 연평균 강우량 2,600mm

○ 아래 그림은 Batam 유역 내에 존재하는 자기관측소위 위치를 나타내며, 물재해 방지를 위한 Batam 유역의 관측소는 매우 부족




Batam 지역 수문 원격 측정지점
(http://www.tech4water.com)

가. Batam 유역

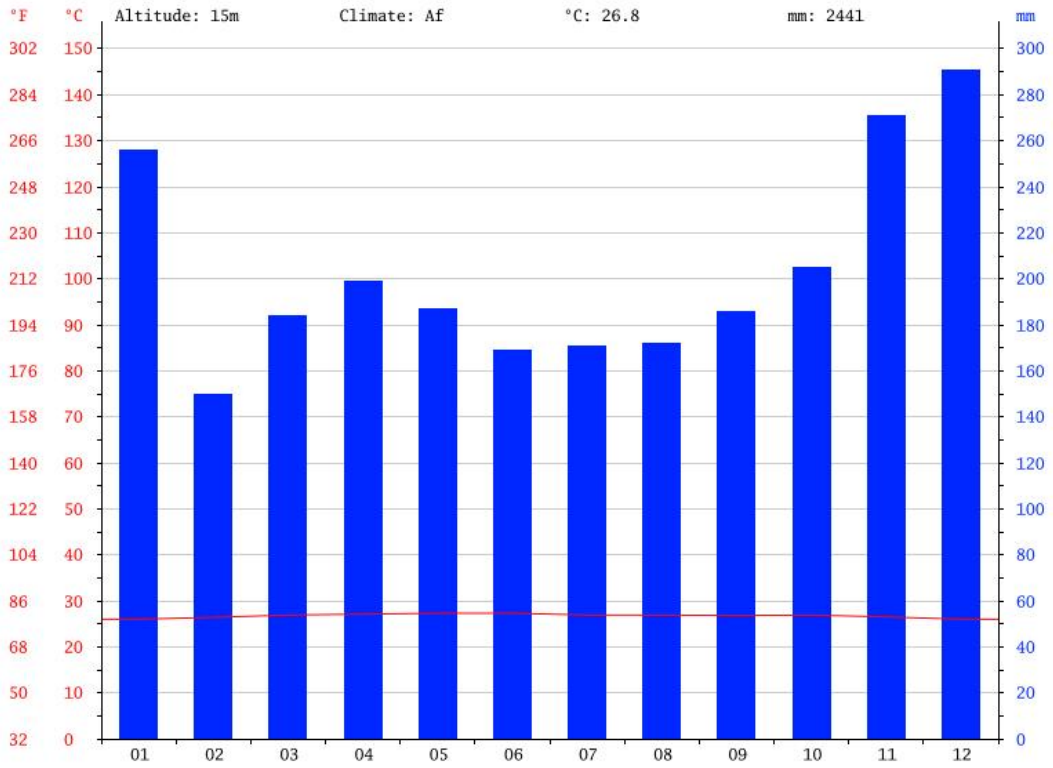
1) Batam 지역의 월별 강우량을 기준으로 2월에 가장 적은 약 150mm의 강우가 발생하며, 12월에 가장 많은 약 291mm의 강우 발생

2) 월평균 기온은 5월에 27.3°C로 가장 높으며, 1월이 26°C로 연중 평균기온이 가장 낮음

Batam의 기온과 강우량

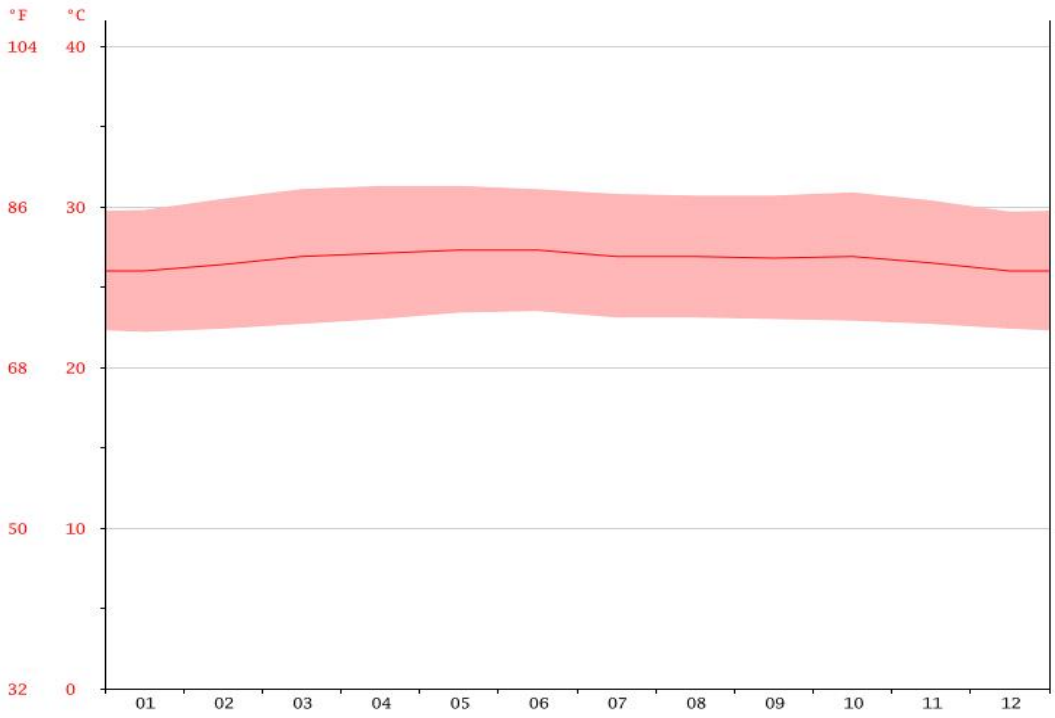
| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 평균 기온(°C) | 26.0 | 26.4 | 26.9 | 27.1 | 27.3 | 27.3 | 26.9 | 26.9 | 26.8 | 26.9 | 26.5 | 26.0 |
| 최저 기온(°C) | 22.2 | 22.4 | 22.7 | 23.0 | 23.4 | 23.5 | 23.1 | 23.1 | 23 | 22.9 | 22.7 | 22.4 |
| 최고 기온(°C) | 29.8 | 30.5 | 31.1 | 31.3 | 31.3 | 31.1 | 30.8 | 30.7 | 30.7 | 30.9 | 30.4 | 29.7 |
| 강우량(mm) | 256.0 | 150.0 | 184.0 | 199.0 | 187.0 | 169.0 | 171.0 | 172.0 | 186.0 | 205.0 | 271.0 | 291.0 |

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/batam-city-4745/)




Batam의 강우그래프

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/batam-city-4745/)




Batam의 기온그래프

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/batam-city-4745/)

나. Baloi 유역

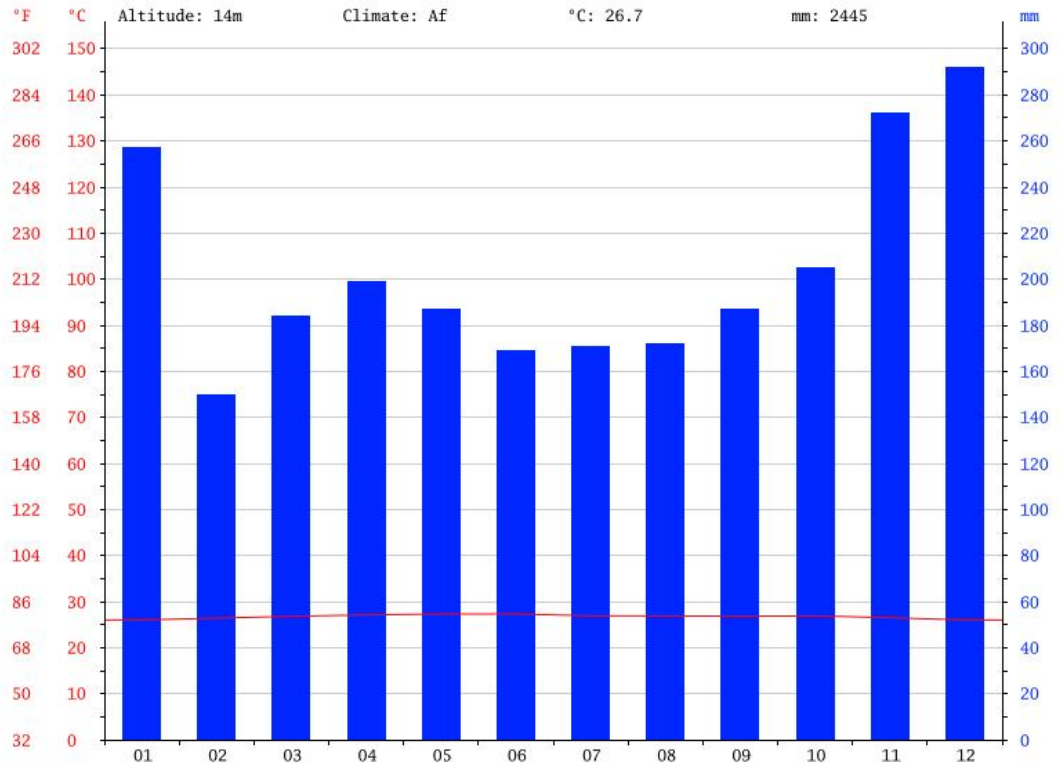
1) Baloi 지역의 월별 강우량은 2월에 가장 적은 약 150mm의 강우가 발생하며, 12월에 가장 많은 약 292mm의 강우 발생

2) 월평균 기온은 5월에 27.3°C로 가장 높으며, 1월이 26°C로 연중 평균기온이 가장 낮음

**Baloi의 기온과 강우량**

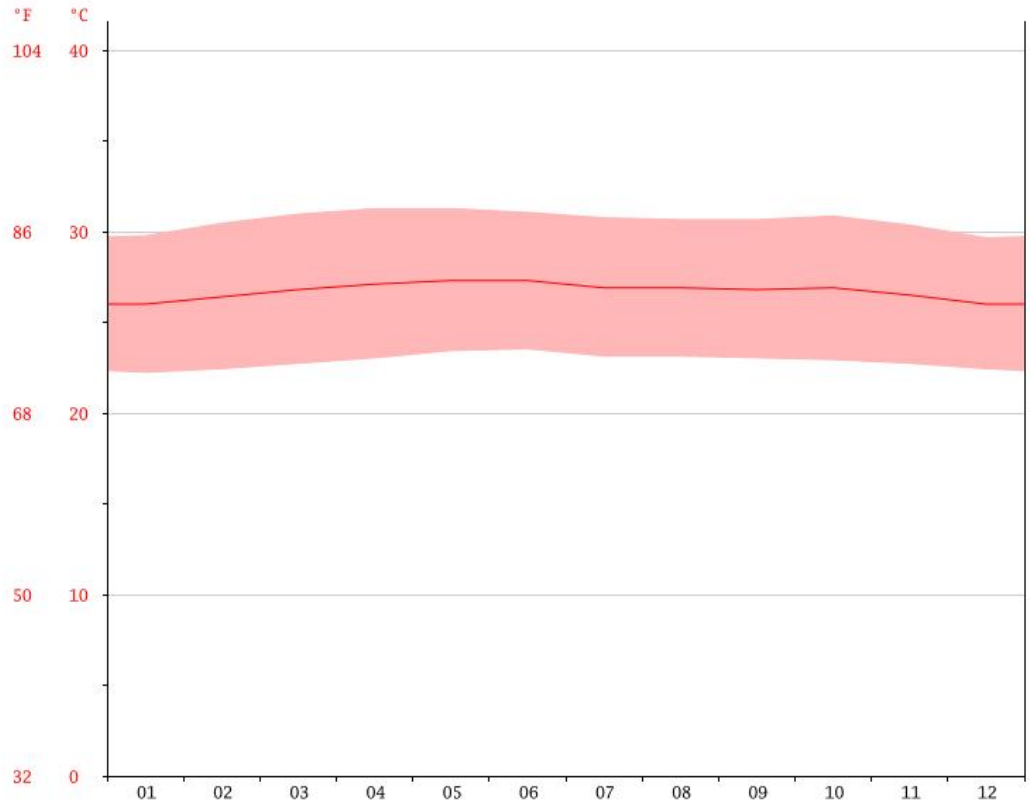
| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 평균 기온(°C) | 26.0 | 26.4 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.3 | 26.9 | 26.9 | 26.8 | 26.9 | 26.5 | 26.0 |
| 최저 기온(°C) | 22.2 | 22.4 | 22.7 | 23.0 | 23.4 | 23.5 | 23.1 | 23.1 | 23.0 | 22.9 | 22.7 | 22.4 |
| 최고 기온(°C) | 29.8 | 30.5 | 31.0 | 31.3 | 31.3 | 31.1 | 30.8 | 30.7 | 30.7 | 30.9 | 30.4 | 29.7 |
| 강우량(mm) | 257.0 | 150.0 | 184.0 | 199.0 | 187.0 | 169.0 | 171.0 | 172.0 | 187.0 | 205.0 | 272.0 | 292.0 |

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/baloi-571138/)




**Baloi의 강우그래프**

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/baloi-571138/)




Baloi의 기온그래프

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/baloi-571138/

다. Sekupang 유역

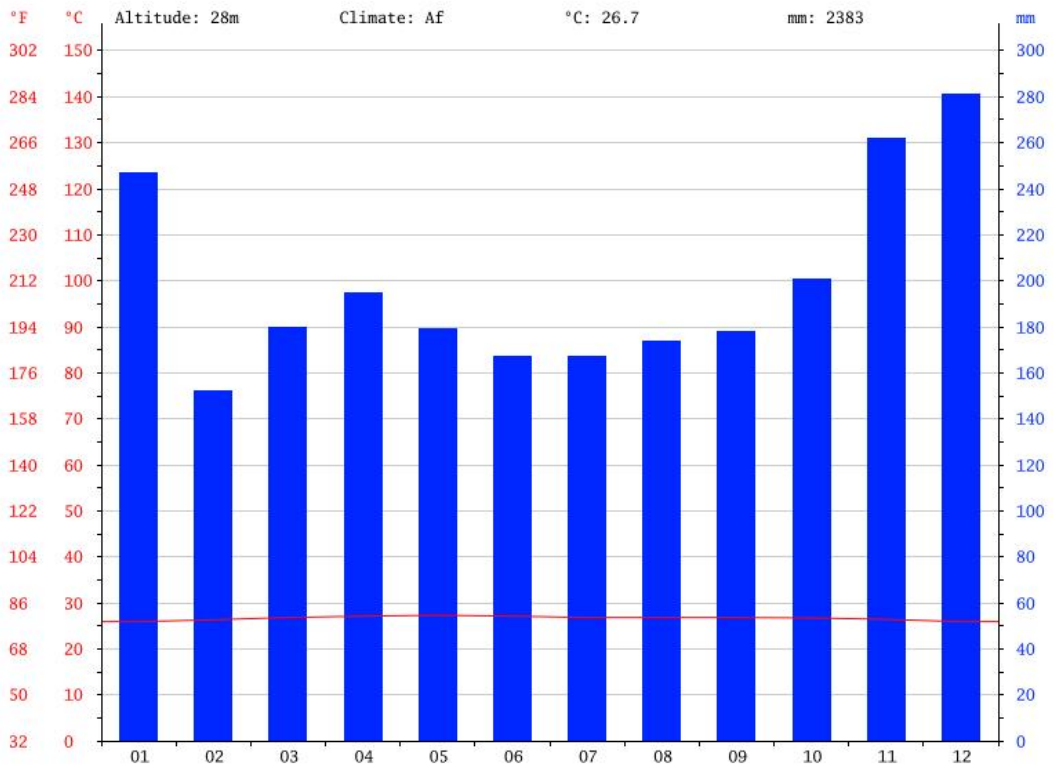
1) Sekupang 유역의 월별 강우량은 2월에 가장 적은 약 152mm의 강우가 발생하며, 12월에 가장 많은 약 281mm의 강우 발생

2) 월평균 기온은 5월에 27.3°C로 가장 높으며, 1월이 25.9°C로 연중 평균기온이 가장 낮음

Sekupang의 기온과 강우량

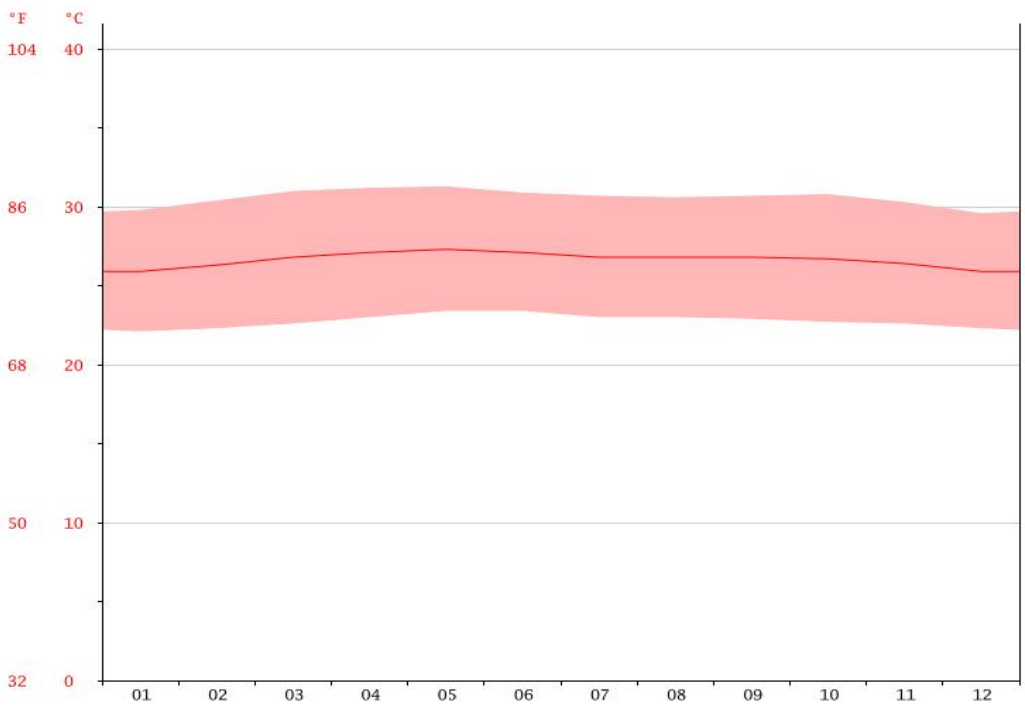
| | 1월 | 2월 | 3월 | 4월 | 5월 | 6월 | 7월 | 8월 | 9월 | 10월 | 11월 | 12월 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 평균 기온(°C) | 25.9 | 26.3 | 26.8 | 27.1 | 27.3 | 27.1 | 26.8 | 26.8 | 26.8 | 26.7 | 26.4 | 25.9 |
| 최저 기온(°C) | 22.1 | 22.3 | 22.6 | 23.0 | 23.4 | 23.4 | 23.0 | 23.0 | 22.9 | 22.7 | 22.6 | 22.3 |
| 최고 기온(°C) | 29.8 | 30.4 | 31.0 | 31.2 | 31.3 | 30.9 | 30.7 | 30.6 | 30.7 | 30.8 | 30.3 | 29.6 |
| 강우량(mm) | 247.0 | 152.0 | 180.0 | 195.0 | 179.0 | 167.0 | 167.0 | 174.0 | 178.0 | 201.0 | 262.0 | 281.0 |

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/sekupang-48466/)




Sekupang의 강우그래프

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/sekupang-48466/)




Sekupang의 기온그래프

(https://en.climate-data.org/asia/indonesia/kepulauan-riau/sekupang-48466/)

## 3. 요구사항 분석 및 현지조사

### (1) 요구사항 분석

가. 1차 워크숍

1) 인도네시아 이해관계자(MPWH, 수자원청, 산하기관) 니즈 파악을 통한 연구계획 반영

○ 2017.05 자카르타 MPWH에서 수자원청장 참석하에 클라우드 기반의 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템에 대하여 설명하고 관계기관의 협조요청

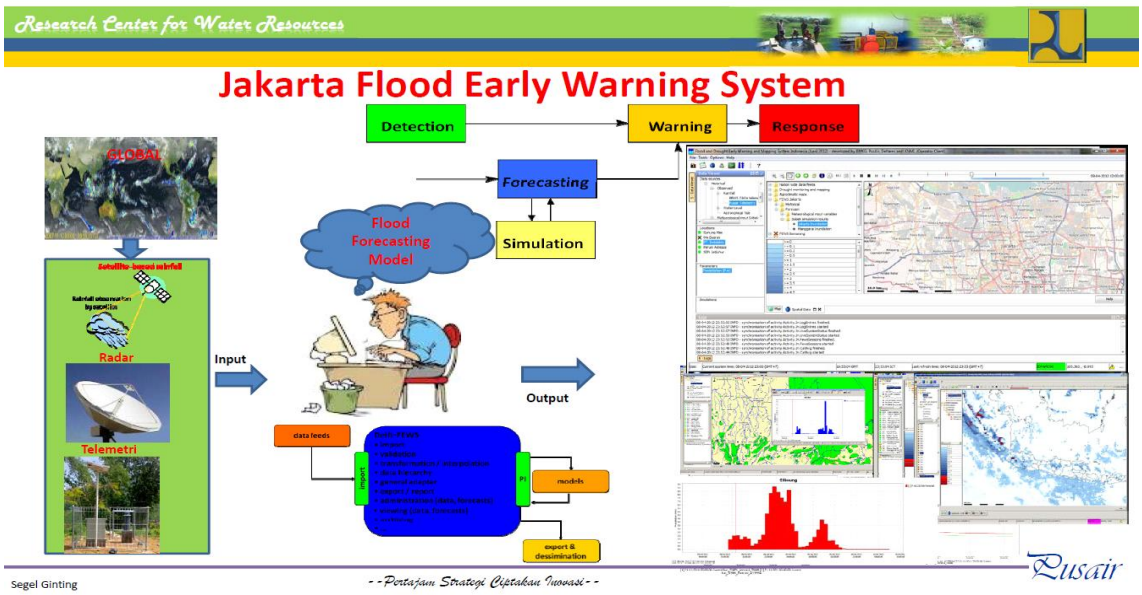


[2017.05,자카르타 Kick off meeting]



[2017.07,자카르타 1st Workshop]

2) BBWS Ciliwung-Cisadane의 Flood Early Warning System (FEWS) 소개




[FEWS 개념도]

3) Water Risk Management System(WRMS) 구축계획 소개

가) 현지 이해관계자의 요구사항 수집

○ 연구초기에 대상지역으로 선정한 Pesanggrahan유역은 작은강으로 수문, 펌프 등의 별다른 수재해방지장치가 없음. 따라서 WRMS을 통해서 제어하려는 수재해방지장치가 설치되어 있는 다른 지역으로 고려(향후 협의를 통해 Kurkut 지역을 추가함)

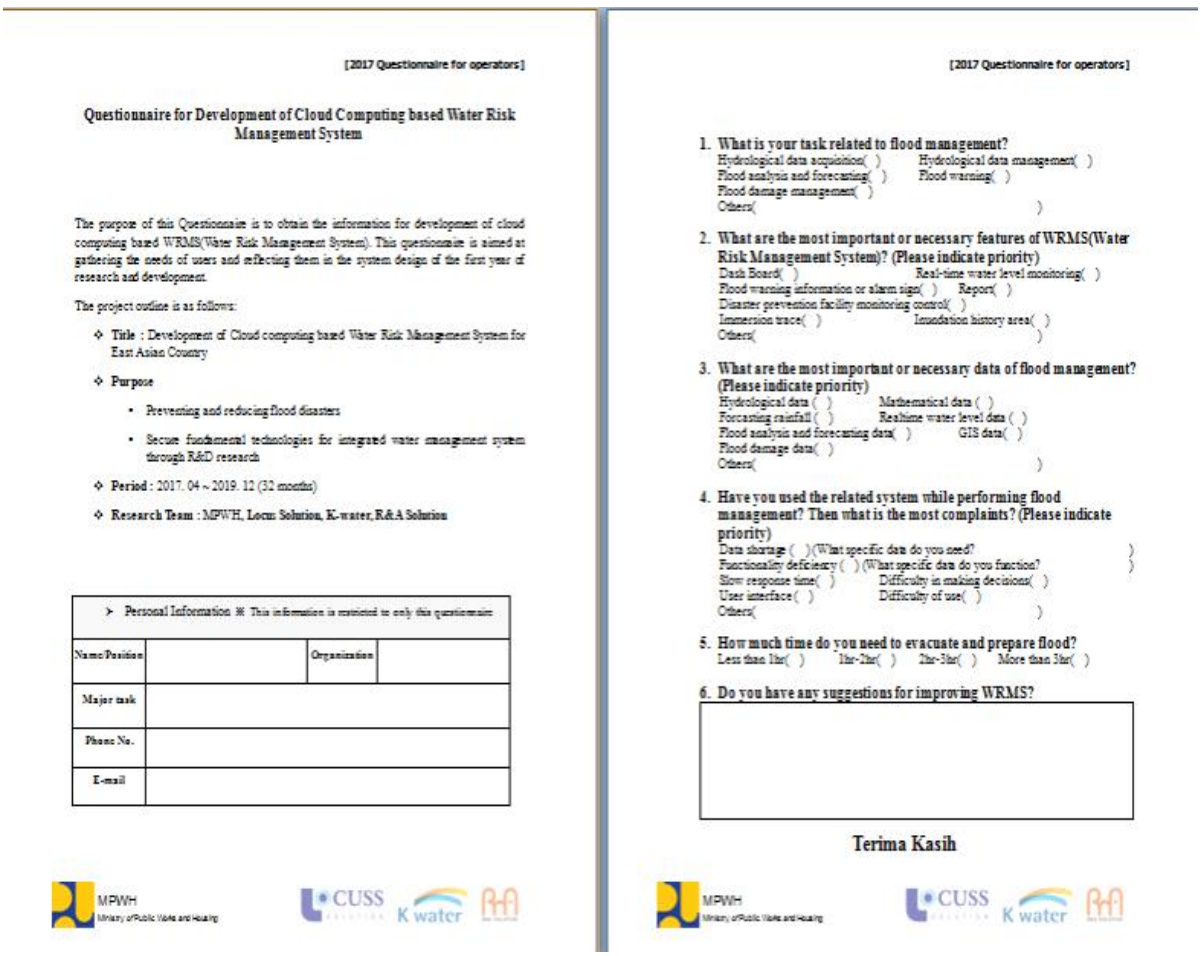
○ 현지 실정에 맞는 물재해관리시스템을 구축

○ 네델란드 등의 선진국에서 사용중인 시스템을 수재해관리시스템을 FEWS로 발전시켜 운영중이나 실제적인 수재해 방지에 도움이 안됨

○ 실시간 수위 및 강우에 대한 모니터링과 수재해 방지시설물 최적운영방안이 필수

○ 단발성이 아닌 장기적인 협력이 필요함

○ WRMS 개발후에도 운영 및 기술교육과 이전 등이 필요함



[2017 Questionnaire for operators]

**Questionnaire for Development of Cloud Computing based Water Risk Management System**

The purpose of this Questionnaire is to obtain the information for development of cloud computing based WRMS(Water Risk Management System). This questionnaire is aimed at gathering the needs of users and reflecting them in the system design of the first year of research and development.

The project outline is as follows:

- **Title** : Development of Cloud computing based Water Risk Management System for East Asian Country
- **Purpose**
  - Preventing and reducing flood disasters
  - Secure fundamental technologies for integrated water management system through R&D research
- **Period** : 2017. 04 ~ 2019. 12 (32 months)
- **Research Team** : MPWH, Locus Solution, K-water, R&A Solution

➢ Personal Information ※ This information is restricted to only this questionnaire

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name/Position | | Organization | |
| Major task | | | |
| Phone No. | | | |
| E-mail | | | |

MPWH Ministry of Public Works and Housing · CUSS · K water · R&A

[2017 Questionnaire for operators]

1. **What is your task related to flood management?**
   Hydrological data acquisition( ) Hydrological data management( )
   Flood analysis and forecasting( ) Flood warning( )
   Flood damage management( )
   Others( )
2. **What are the most important or necessary features of WRMS(Water Risk Management System)? (Please indicate priority)**
   Dash Board( ) Real-time water level monitoring( )
   Flood warning information or alarm sign( ) Report( )
   Disaster prevention facility monitoring control( )
   Immersion trace( ) Inundation history area( )
   Others( )
3. **What are the most important or necessary data of flood management? (Please indicate priority)**
   Hydrological data ( ) Mathematical data ( )
   Forcasting rainfall ( ) Realtime water level data ( )
   Flood analysis and forecasting data( ) GIS data( )
   Flood damage data( )
   Others( )
4. **Have you used the related system while performing flood management? Then what is the most complaints? (Please indicate priority)**
   Data shortage ( )(What specific data do you need? )
   Functionality deficiency ( )(What specific data do you function? )
   Slow response time( ) Difficulty in making decisions( )
   User interface ( ) Difficulty of use( )
   Others( )
5. **How much time do you need to evacuate and prepare flood?**
   Less than 1hr( ) 1hr-2hr( ) 2hr-3hr( ) More than 3hr( )
6. **Do you have any suggestions for improving WRMS?**

**Terima Kasih**

MPWH Ministry of Public Works and Housing · CUSS · K water · R&A

[설문지]

나) 현지 데이터 및 시스템 현황 자료요청

| Request Data |
|---|
| ▮ Flood response related plan establishment materials such as river basics plan and watershed general Plan |
| ▮ Dams Basin Characteristic Terrain Data (GIS data) |
| - Water resource map (sub watershed and river network map) and digital elevation map (DEM) |
| - Dam, water level, rainfall and warning station location information |
| - Status of use of rainfall and water level observing stations by management institutions (TM facilities, etc.) |
| ▮ Design specifications for dam, facilities, etc. Water resources design data |
| - Design inflow volume, discharge flow and reservoir management plan for flood control |
| - Storage capacity table according to water level |
| - The Specification of the facility in spill way (water gate size, access waterway elevation) and water level opening gate |
| - Other discharge facility specifications (emergency discharge pipe, power generation, etc.) and discharge capacity according to water level |
| - External Inflow Facility Operation Status (Inflow outside the basin) |
| - Water level of the water level station - Flow curve |
| ▮ Monthly water supply plan and results (domestic water, industrial water, agricultural water, etc.) |
| ▮ Hydrological data in case of major flood damage |
| - Current situation and frequency of flooding |
| - Main flood 10 excellent points by time point of thought, water level (including flow rate, water level - flow rate curve) and dam operation (dam water level, inflow. Discharge amount) material |
| - History of Flood Damage in Flood History (Inundation Drawing, Type of Damage, Life. |
| Property Damage and Cause Analysis) |
| ▮ Alarm generation criteria and results of flood forecast alarm points |
| ▮ Storage section cross section information (HEC-RAS format) & Illuminance count survey data |

**[요청자료 목록]**

다) 현지 데이터 및 시스템 현황 분석

○ 본 과제의 대상유역인 Pesanggrahan 및 Krukut 강 유역의 경우 2개의 강우 관측소와 6개의 수위 관측소가 존재

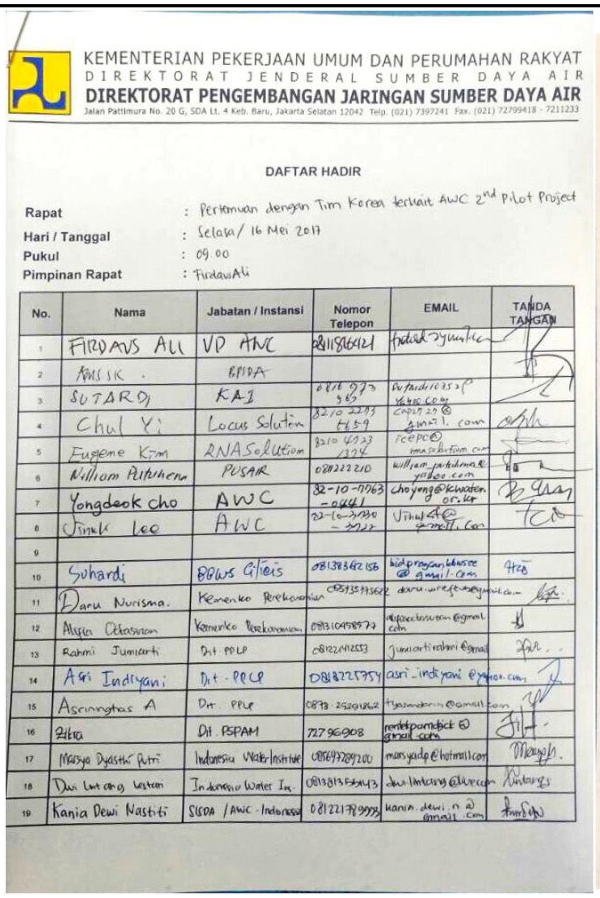
○ 강우 관측소의 경우 주로 수동 계측에 의존하고 있으며, 기상청(BMKG)의 자동계측 자료는 타 기관과 공유에 제약(자료 필요 시 유료 구매)

○ 수위 관측소의 경우 실시간 자동계측과 수동 계측을 병행하고 있으나, 자동계측 자료(5분 간격 측정, 1시간 간격 전송) 상당 부분이 결측 되고 있음

○ 실시간 모니터링을 위한 정보의 취득이 어려움

○ 강우량이나 수위가 일단위로 관리되고 있는 곳이 많아 향후 시뮬레이션을 위한 모델 구축시 필요데이터를 위한 가공이 필요함

○ 선진국(네델란드, 일본)등의 수자원관련 시스템들이 설치되어있으나 이력데이터에 대한 관리가 주목적으로 구축되어 있으며 실제 홍수 발생시 수해방지에 도움이 되는 시스템은 전무함. 실시간 모니터링과 방재시설의 최적제어가 필요함을 현지 업무담당자들 호소

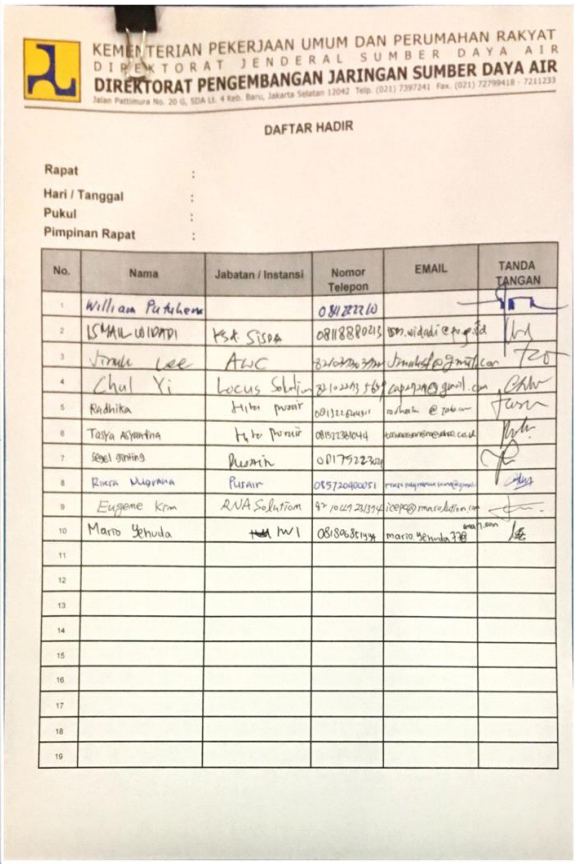


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
DIREKTORAT PENGEMBANGAN JARINGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Pattimura No. 20 G, SDA Lt. 4 Keb. Baru, Jakarta Selatan 12042 Telp. (021) 7397241 Fax. (021) 72799418 - 7211233

DAFTAR HADIR

Rapat : Pertemuan dengan Tim Korea terkait AWC 2nd Pilot Project
Hari / Tanggal : Selasa/ 16 Mei 2017
Pukul : 09.00
Pimpinan Rapat : FirdausAli

| No. | Nama | Jabatan / Instansi | Nomor Telepon | EMAIL | TANDA TANGAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | FIRDAUS ALI | VP AWC | 08115864424 | firdaus.ali@awc.com | |
| 2 | ANSIK . | BPIDA | | | |
| 3 | SUTARDI | KA-I | 0816 073 965 | Pusparidi1235@yahoo.co.id | |
| 4 | Chul Yi | Locus Solution | 8210 2295 4659 | cap7350@gmail.com | |
| 5 | Eugene Kim | RNASolution | 8210 4933 3394 | ceo@rnasolution.com | |
| 6 | William Pattiheru | PUSAIR | 0813222210 | william.pattiheru@yahoo.com | |
| 7 | Yongdeok cho | AWC | 82-10-7063 -0441 | choyong@kwater.or.kr | |
| 8 | Jimale Lee | AWC | 82-(0)-7350 - 3722 | Jimale@kwater.or.kr | |
| 9 | | | | | |
| 10 | Suhardi | PBWS Cities | 081383462158 | bidprogsdajabarbanten@gmail.com | |
| 11 | Daru Nurisma. | Kemenko Perekonomian | 085335795672 | daru.wirefa@yahoo.com | |
| 12 | Alifia Cetasitam | Kemenko Perekonomian | 08931045857 | alifiacetasitam@gmail.com | |
| 13 | Rahmi Jumiarti | Dit PPLP | 081224116533 | jumiartirahmi@gmail.com | |
| 14 | Asri Indriyani | Dit. PPLP | 081382215754 | asri_indriyani@yahoo.com | |
| 15 | Ascinthas A | Dit. PPLP | 0878 25201262 | ?yanuarsinta@gmail.com | |
| 16 | Zilda | Dit PSPAM | 7279 60908 | rendetpombdce@gmail.com | |
| 17 | Marsya Dyastri Putri | Indonesia Water Institute | 085693209200 | marsyadp@hotmail.com | |
| 18 | Dwi Untoro Wahyu | Indonesia Water Ins. | 08138135[illegible]43 | dwi.untoro@iwi.or.id | |
| 19 | Kania Dewi Nastiti | SISDA / AWC - Indonesia | 081221879993 | kania.dewi.n@gmail.com | |

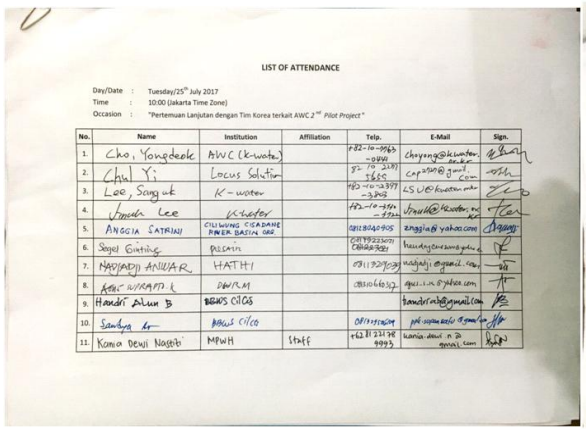


KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR
DIREKTORAT PENGEMBANGAN JARINGAN SUMBER DAYA AIR
Jalan Pattimura No. 20 G, SDA Lt. 4 Keb. Baru, Jakarta Selatan 12042 Telp. (021) 7397241 Fax. (021) 72799418 - 7211233

DAFTAR HADIR

Rapat :
Hari / Tanggal :
Pukul :
Pimpinan Rapat :

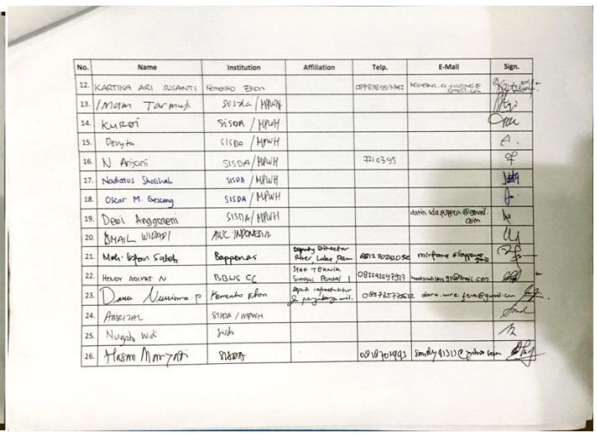
| No. | Nama | Jabatan / Instansi | Nomor Telepon | EMAIL | TANDA TANGAN |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | William Pattiheru | | 0813222210 | | |
| 2 | ISMAIL WIDADI | Ka SISDA | 081288802135 | ismail.widadi@yahoo.co.id | |
| 3 | Jimale Lee | AWC | [illegible] | Jimale@kwater.or.kr | |
| 4 | Chul Yi | Locus Solution | 8210 2295 4659 | cap7350@gmail.com | |
| 5 | Radhika | Staf Pusair | 081321[illegible] | radhika@[illegible] | |
| 6 | Tasya Ayuantina | Staf Pusair | 085733810441 | [illegible] | |
| 7 | Sigit Sinting | Pusair | 081773223[illegible] | | |
| 8 | Rivera Nugraha | Pusair | 0857204000[illegible] | [illegible] | |
| 9 | Eugene Kim | RNA Solution | 82 10 4933 3394 | ceo@rnasolution.com | |
| 10 | Mario Yehuda | PMU | 08[illegible]85[illegible]4 | mario.[illegible]778@[illegible].com | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |



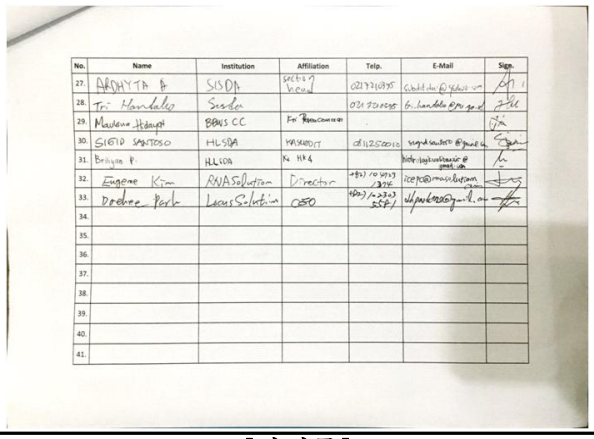
LIST OF ATTENDANCE

Day/Date : Tuesday/25th July 2017
Time : 10.00 (Jakarta Time Zone)
Occasion : "Pertemuan Lanjutan dengan Tim Korea terkait AWC 2nd Pilot Project"

| No. | Name | Institution | Affiliation | Telp. | E-Mail | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Cho, Yongdeok | AWC (K-water) | | +82-10-7063 -0441 | choyong@kwater.or.kr | |
| 2. | Chul Yi | Locus Solution | | 82-10-2295 -4659 | cap7350@gmail.com | |
| 3. | Lee, Sang uk | K-water | | +82-10-3397 -3722 | LSU@kwater.or.kr | |
| 4. | Jimale Lee | K-water | | +82-10-[illegible] -[illegible] | Jimale@kwater.or.kr | |
| 5. | ANGGIA SATRIANI | CILIWUNG CISADANE RIVER BASIN ORG. | | 081383040905 | anggia@yahoo.com | |
| 6. | Sigit Sinting | PUSAIR | | 0811922307/ 08[illegible] | [illegible] | |
| 7. | NADJADJI ANWAR | HATHI | | 08113729[illegible] | nadjadji@gmail.com | |
| 8. | ASRI WIKANTI. K | DWRM | | 08[illegible]6852 | asri.k@yahoo.com | |
| 9. | Handri Alun B | PBWS CITIES | | | handrirahi@gmail.com | |
| 10. | Sambya [illegible] | PBWS CITIES | | 0811[illegible]4 | [illegible] | |
| 11. | Kania Dewi Nastiti | MPWH | Staff | +62 811 221 99 9993 | kania.dewi.n@gmail.com | |



| No. | Name | Institution | Affiliation | Telp. | E-Mail | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12. | KARTINA ARI ASANTI | Kemenko Ekon | | 0[illegible]6[illegible]2 | Kemenko.a[illegible] | |
| 13. | Insan Tarmuji | SISDA / MPWH | | | | |
| 14. | Kurdi | SISDA / MPWH | | | | |
| 15. | Dewan | SISDA / MPWH | | | | |
| 16. | N. Ansori | SISDA/MPWH | | 7[illegible]5 | | |
| 17. | Nadiatus Shaliwal | SISDA / MPWH | | | | |
| 18. | Oscar M. Gesang | SISDA / MPWH | | | | |
| 19. | Dedi Anggadem | SISDA/MPWH | | | dedi.ida.p[illegible]@gmail.com | |
| 20. | ISMAIL WIDADI | AWC INDONESIA | | | | |
| 21. | Muh. Irfan Sidiq | Bappenas | | 0812 2020 05[illegible] | muhirfans@[illegible] | |
| 22. | Henry Daniel N | PBWS CC | Staf Teknik Sungai Bagian I | 0[illegible]4[illegible]3 | [illegible] | |
| 23. | Dewi Untoro P | Peneliti LIPI | Ahli Hidrometeorologi & pengelolaan sumber daya air | 0[illegible]7[illegible]6 | dewi.wre.[illegible]@gmail.com | |
| 24. | Anggun | SISDA / MPWH | | | | |
| 25. | Nugah Wk | Sisda | | | | |
| 26. | Hasna Maryati | PSDAPS | | 0[illegible]6[illegible]3 | [illegible]@yahoo.[illegible] | |



| No. | Name | Institution | Affiliation | Telp. | E-Mail | Sign. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 27. | ARDHYTA P. | SISDA | Sekretariat | 021721035 | [illegible] | |
| 28. | Tri Handaka | Sisda | | 021 72[illegible] | [illegible] | |
| 29. | Mardena Hutapea | PBWS CC | Ka Bidang Konservasi | | | |
| 30. | SUDIYO SANTOSO | HL SDA | KASUBDIT | 08112500[illegible] | [illegible] | |
| 31. | Brahma P. | HL SDA | K. HK 4 | | [illegible] | |
| 32. | Eugene Kim | RNASolution | Director | +82) 10 4933 3394 | ceo@rnasolution.com | |
| 33. | Dedree Perla | LocusSolution | CEO | +62) 8[illegible] 2582 | [illegible] | |
| 34. | | | | | | |
| 35. | | | | | | |
| 36. | | | | | | |
| 37. | | | | | | |
| 38. | | | | | | |
| 39. | | | | | | |
| 40. | | | | | | |
| 41. | | | | | | |

[방명록]

나. 2차 워크숍

1) 인도네시아 이해관계자(MPWH, 산하기관) 중간 점검

○ 2018.08 자카르타 MPWH에서 산하기관 참석하에 클라우드 기반의 동남아시아 맞춤형 물재해 관리시스템 개발현황 설명하고 데모시연



[2018.08,자카르타 2nd Workshop]

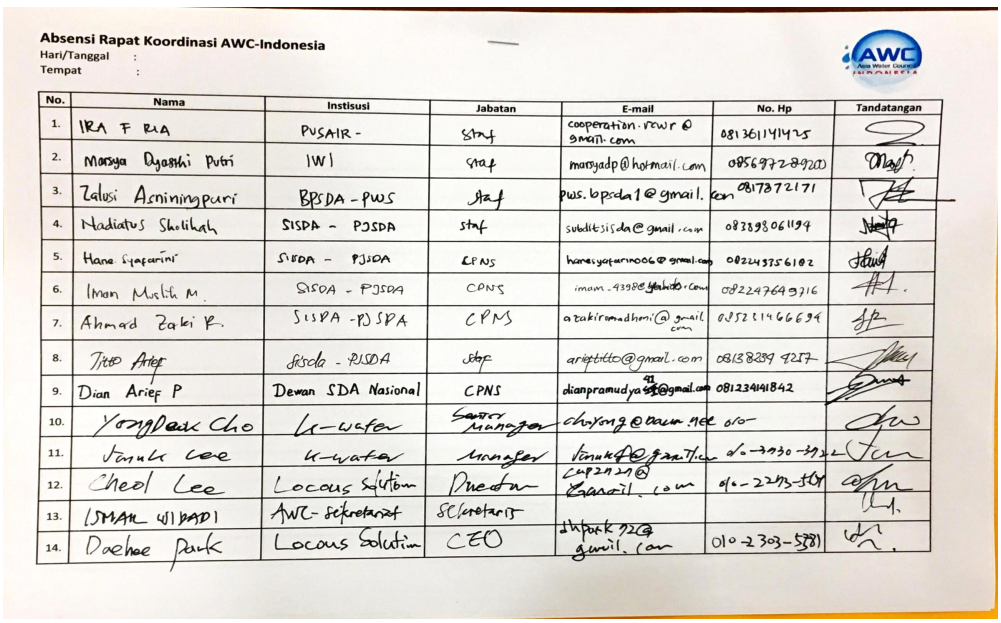
2) WRMS 구축 현황 및 이슈점검

○ 본 과제의 대상유역인 Pesanggrahan 및 Krukut 강 유역의 시간단위 강우자료가 부족하고 주요 수위측정지점의 자료가 부족함

○ 데모를 통하여 구축된 수리수문자료를 이용하여 시뮬레이션을 실행하여 모의결과를 표출하였으나 모델의 검증을 위하여서는 데이터가 부족함

○ 홍수피해 감소를 위한 대안 중 방재 시설물운영을 통한 물관리는 대상지역에 시설물(댐, 펌프)등이 존재하지 않아 어려움이 있음

○ 시간단위 강우자료와 수위자료를 구하기 수월하며 대상영역이 작은 지역을 다시 선정하여 본시스템에 대한 검증필요(협의를 통해 Batam으로 대상지역을 추가하기로 함)



**Absensi Rapat Koordinasi AWC-Indonesia**

Hari/Tanggal :
Tempat :

| No. | Nama | Instisusi | Jabatan | E-mail | No. Hp | Tandatangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | IRA F RIA | PUSAIR - | staf | cooperation.rewr@gmail.com | 081361141475 | |
| 2. | Marsya Dyasthi Putri | IWI | staf | marsyadp@hotmail.com | 085697728920 | |
| 3. | Zalusi Asniningpuri | BPSDA - PWS | staf | pws.bpsda1@gmail.com | 0817872171 | |
| 4. | Nadiatus Sholihah | SISDA - PJSDA | staf | subditsisda@gmail.com | 082298061194 | |
| 5. | Hana Syafarini | SISDA - PJSDA | CPNS | hanasyafarini006@gmail.com | 082243756182 | |
| 6. | Iman Mustih M. | SISDA - PJSDA | CPNS | imam_9398@yahoo.com | 082247649716 | |
| 7. | Ahmad Zaki P. | SISPA - PJSDA | CPNS | azakiramadhoni@gmail.com | 085221966694 | |
| 8. | Tito Arief | Sisda - PJSDA | staf | ariefttto@gmail.com | 08138289 9257 | |
| 9. | Dian Arief P | Dewan SDA Nasional | CPNS | dianpramudya[illegible]@gmail.com | 081234141842 | |
| 10. | Yongdeok Cho | K-water | Senior manager | chyong@kwater.or.kr | 042-870-0000 | |
| 11. | Yanuk Lee | K-water | Manager | Yanuk@kwater.or.kr | 042-870-0000 | |
| 12. | Cheol Lee | Locous Solution | Director | cup2729@naver.com | 010-2273-5107 | |
| 13. | USMAN WIBADI | AWC- Sekretariat | Sekretaris | | | |
| 14. | Daehae park | Locous Solution | CEO | thpark72@gmail.com | 010-2303-5381 | |

[방명록]

다. 최종 워크샵 (2019. 12. 18 - 20)

○ 최종 연구성과 공유

○ 신규 설치 강우 및 수위 관측소 현장 점검

○ 홍수분석 모형 교육 및 시스템 시연




[홍수분석 모형 교육]





[시스템 시연]

Ministry of Public Works and Housing
Republic of Indonesia

16 December 2019

**Receive:** Locuss Solution, K-water, SGA BlockChain Co. Ltd.
**Send:** Indonesian Hydraulics Engineers Association
**Title:** Letter of Appreciation

I would like to express my sincere gratitude for the good results for solving flood problems in Jakarta and Batam, Indonesia through the research project 'Development of Cloud computing based Water Risk Management System for East Asian Country', supported by KAIA during the last three years.

All areas of Indonesia still suffer from water problems such as floods and droughts, and each year there is a great loss of property and casualties. Through this research, we have learned a lot about the water information management system in Korea, and I am very happy that the know-how has been applied according to the characteristics of the target watershed.

We hope that this study will not end simply as a one-off but it will be extended to other regions of Indonesia. In addition, with the support of Korea (EDCF), there is a possibility that a project will be developed for the Batam basin, where I live, and I will actively review the project in order to reflect the results of this research study.

Thank you again for your hard work for this research, and I would also like to thank the representatives from KAIA for their support.

Dr. Ismail Widadi
Executive Secretary, IHEA

[Letter by Dr. Ismail Wididi, Executive Secretary, IHEA]

## (2) 현지조사

가. 1,2차 현지조사 및 현황 분석

1) 2017.05 자카르타 서부 Pesanggrahan 유역 현지조사

○ 현지 MPWH와 산하기관 업무담당자와 함께 Tanah Kusir 수위측정지점 조사

○ 압력식 수위계와 데이터 로거, 데이터 전송모뎀으로 구성되어 있고 한시간 간격으로 데이터를 서버로 전송

○ 관리수위를 벗어나면 SMS로 알림

○ 수위정보 앱 및 웹사이트 운영중이나 데이터의 오결측이 많음

○ Pesangrahan 유역의 배수지 방문 조사

○ 홍수시 자연유입되는 배수지이며 별도의 펌프 등의 시설이 없고 배수지 바닥고가 계속 상승하여배수지의 홍수조절기능이 떨어져 주변지역의 홍수피해가 증가하고 있음

○ JL. Pedongkelan, RT. 008 수문 방문조사

○ 바다로부터 해수면 상승시 해수 유입을 막기위한 목적으로 만들어졌으나 계속 열린 상태로 운영중이고 수동으로 수문을 개폐해야함

○ 별도의 관리장비 및 운영시스템 존재하지 않음

○ Pesanggrahan 관련 자료 수령함



[2017.05,Pesanggrahan 1st 현장조사

2) 2017.07 자카르타 서부 Kurukut유역 현지조사

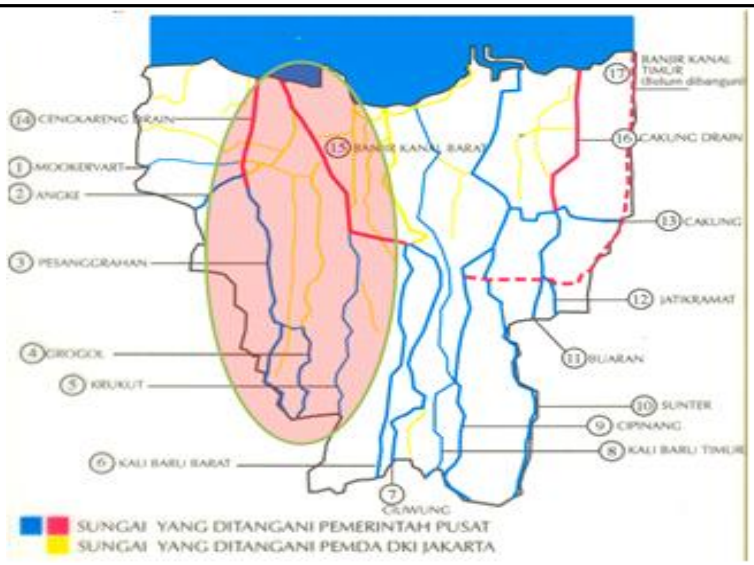
○ 제방관리가 제대로 되지 않고 있어 홍수발생시 충분한 제방고를 확보하지 못함

○ Krukut Margasatwa 수위측정지점 조사결과 압력식 수위계를 사용중이며 Tanah Kusir 수위측정지점과 유사한 구성

○ Krukut 수문설치 지점 방문조사

○ 홍수발생시에 해수면 상승시 해수 유입방지가 주목적이며 하천수위를 조절하는 목적으로 쓰임

○ 원격제어는 현재 안됨. 별도의 관리소를 두고 관리원이 현장에서 수문개폐를 조작




[연구대상지역 : Pesanggrahan river,Krukut river]



[2017.07,Kurkut 2nd 현장조사

나. 3차 현지조사 및 현황 분석

1) 2018.08 바탐섬 Baloi 유역 현지조사

○ 현지 MPWH와 산하기관 업무담당자와 함께 Baloi 수위측정지점 조사

○ 압력식 수위계와 데이터 로거, 데이터 전송장비 구축됨

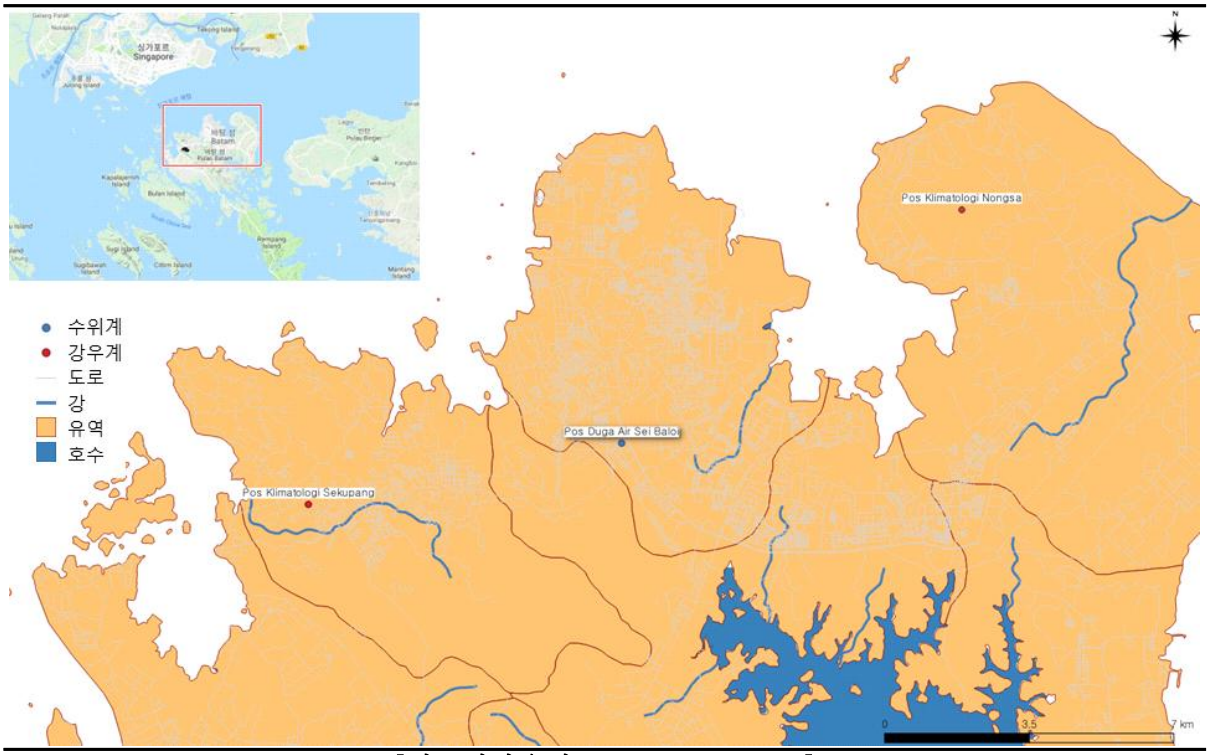
○ 관리수위를 벗어나면 SMS로 알림

○ 수위정보 앱 및 웹사이트 운영중이나 데이터의 오결측이 많음

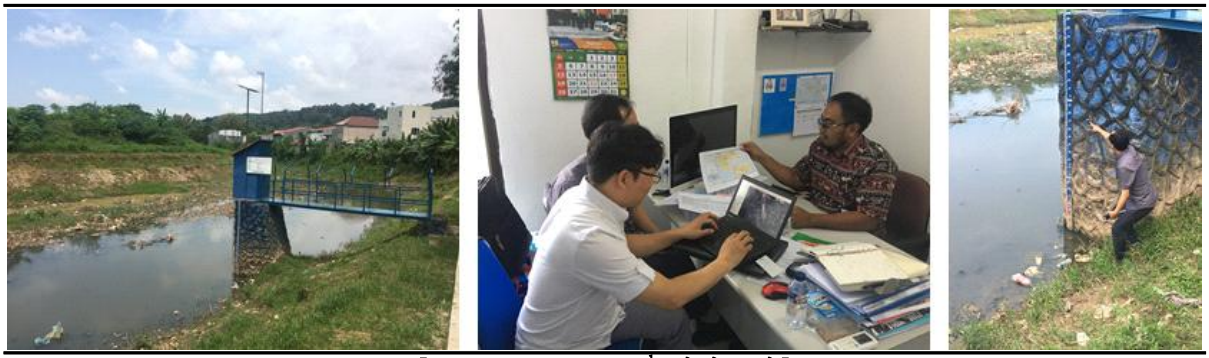
○ 홍수시 자연유입되는 인공수로이며 별도의 펌프등의 시설이 없음

○ 강우(2016~2017), 수위(2016~2017), GIS Data(관측소 위치, 강, 유역도) 자료 취득

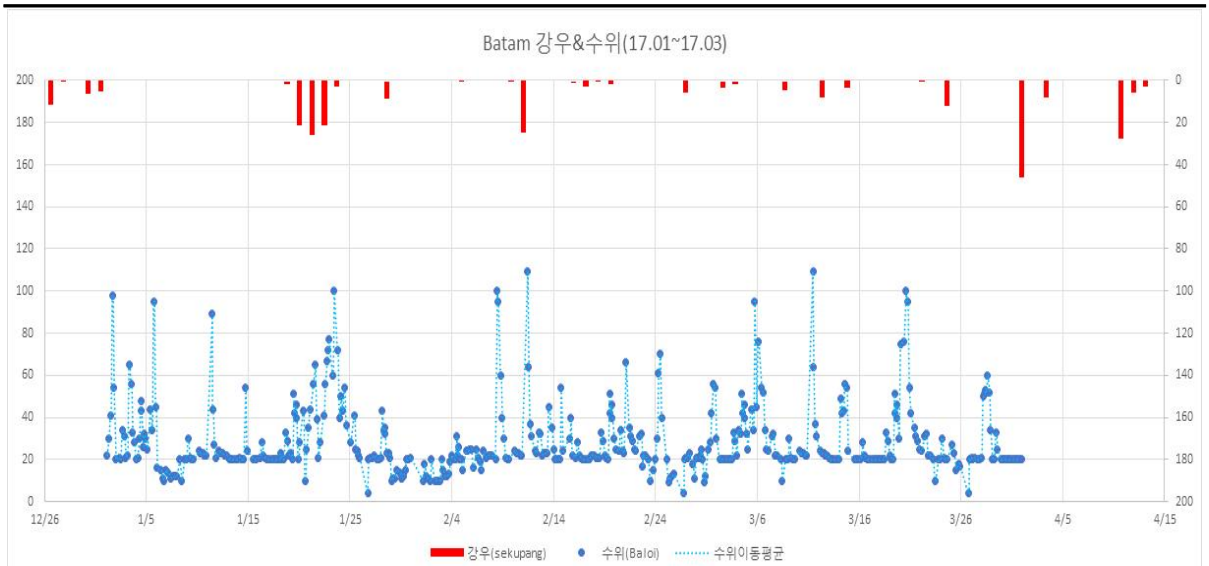
○ 하천 단면도(CAD) 취득




[연구대상유역 : Baloi, BATAM]



[2018.08,Baloi 3rd 현장조사]




[강우 및 수위 자료 상세(샘플자료 추출 2017.01~03)]

다. 수문관측소 현황

○ 본 과제의 대상유역인 Pesanggrahan 및 Krukut 강 유역의 경우 2개의 강우 관측소와 6개의 수위 관측소가 존재

○ 강우 관측소의 경우 주로 수동 계측에 의존하고 있으며, 기상청(BMKG)의 자동계측 자료는 타 기관과 공유에 제약(자료 필요 시 유료 구매)

○ 수위 관측소의 경우 실시간 자동계측과 수동 계측을 병행하고 있으나, 자동계측 자료(5분 간격 측정, 1시간 간격 전송) 상당 부분이 결측 되고 있음

**강우 관측소 현황**

| 강우 관측소 | 관측소 좌표 | | 위치 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 위도 | 경도 | 읍면동 | 시군구 | 주 |
| Bedahan | 06°24'32.73"S | 106°46'11.07"E | Sawangan | Depok | JawaBarat |
| Bendung Gintung | 06°34'28.9"S | 106°52'58.61"E | Ciputat | Tangerang Selatan | Banten |

**수위 관측소 현황**

| 대상 하천 | 수위 관측소 | 관측소 좌표 | 위치 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 읍면동 | 시군구 | 주 |
| Pesang grahan | Sawangan | 위도 : 06°23'50.1"LS<br>경도 : 106°46' 17.7" BT | Sawangan | Depok | JawaBarat |
| | Tanah Kusir | 위도 : 06°14'39.64"S<br>경도 : 106°46'5.01"E | Pesanggrahan | Jakarta Selatan | DKI Jakarta |
| | Kebon Jeruk | 위도 : 06°11.866'LS<br>경도 : 106°45.764' BT | Kebon Jeruk | Jakarta Barat | DKI Jakarta |
| | Bendung Gintung | 위도 : 06°18'05.405"LS<br>경도 : 106°45' 46.774" BT | Ciputat | Tangerang Selatan | Banten |
| Krukut | Margasatwa | 위도 : 06°18'40.791"LS<br>경도 : 106°48' 28.768" BT | Cilandak | Jakarta Selatan | DKI Jakarta |
| | Bendungan Hilir (Benhil) | 위도 : 06°12'55.54"S<br>경도 : 106°48'59.13"E | Tanah Abang | Jakarta Pusat | DKI Jakarta |

라. 기관별 강우자료 계측 현황

1) BBSWCC (BBWS Ciliwung-Cisadane)

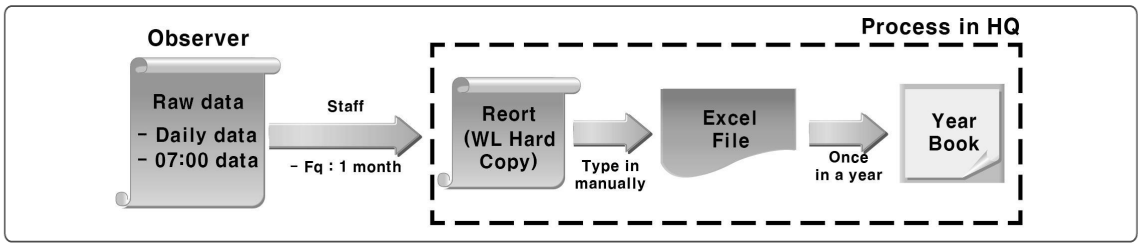
- BBWSCC에서는 총 22개 강우관측소를 관리하고 있으며, 이 중 일부는 자동관측소로 운영
- 하위 기관에 위임하여 관측업무를 수행하고 있으며, 관측된 데이터는 매월 서면으로 유역청에 전달되며 사무소에서는 이 데이터를 전산화하는 작업을 수행
- 유역청에서 보유하고 있는 자동관측소는 무인 운영이 가능하도록 태양전력을 기반으로 구성되어 있으며, 내부에는 데이터로거, 관측장치, 무선통신장치(GSM 모뎀)가 포함되어있음

– 설정된 시간간격으로 측정된 데이터는 데이터 로거에 임시 저장되며, GSM 통신을 이용하여 서버로 전송

– 전원공급의 경우 인도네시아의 평균 일사량이 4.8로 양호한 편이므로, 약 3개월 정도 지속되는 우기동안 운영 가능한 만큼의 예비전력을 갖추면 관측소 운영에 문제가 없을 것으로 판단됨

가) 수동관측소 현황

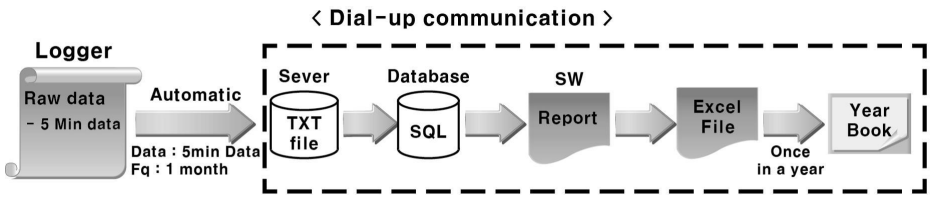
·1일 1회 보통우량계를 사용하여 관측
·측정일지에 기록하여 매월 BBWSC로 문서를 전송




유역청 수동관측소 데이터 수집 절차

나) 자동관측소 현황

·5분마다 전도식 우량계를 사용하여 자동으로 측정
·측정된 데이터는 함께 설치된 데이터로거에 저장되어 매 1시간마다 BBWSCC의 데이터베이스로 전송(1시간에 5분 단위값 12개)
·태양전력을 기반으로 구성, 자체 운영이 가능
·데이터로거, 관측장치, 무선통신장치(GSM 모뎀) 포함




| Contents | Type |
|---|---|
| Agent | Logger |
| Communication | GSM modem |
| Transducer | Rainfall, Water level, Water Quality, Temperature, Humidity |
| Power System | Solar Panel, Battery |
| Software Application | Data acquisition and application DCN |
| DCN(Data Communication System) | Cellular : GSM(SMS, GPRS), CDMA<br>Reserve : VHF/UHF, satellite |

BBWSC 자동관측소 데이터 수집 절차



BBWSCC 자동관측소 구성 현황

다) 타 기관과의 연계

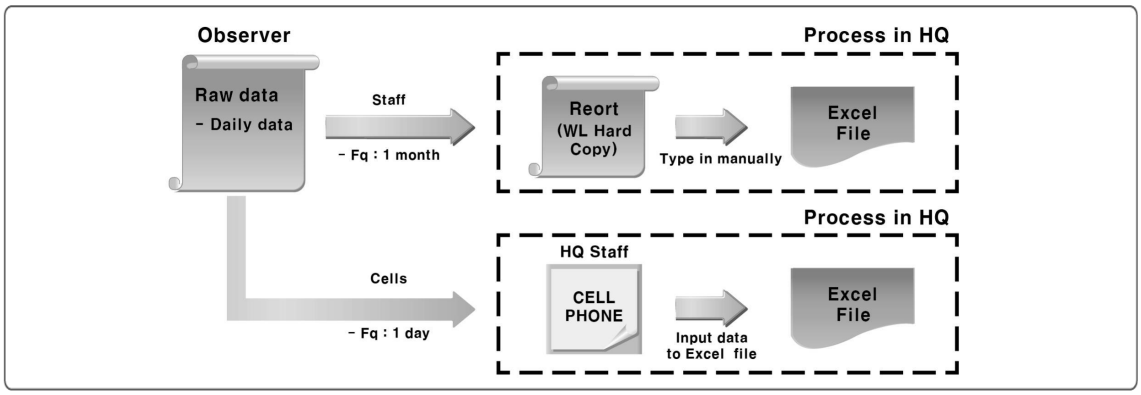
·BBWSC의 자동관측소에서 PUSAIR에도 원격으로 자동전송체계 운영 중(GSM망 사용)
·PUSAIR에 전송된 자료는 해당 기관에서 후속 처리하는 방식

2) BMKG

○ 인도네시아 기상청인 BMKG는 인도네시아 전역에 걸쳐 많은 강우관측소를 관리하고 있으나, 월자료 이외으 시자료 및 일자료의 경우 유료로 구매해야 함

가) 수동관측소 현황

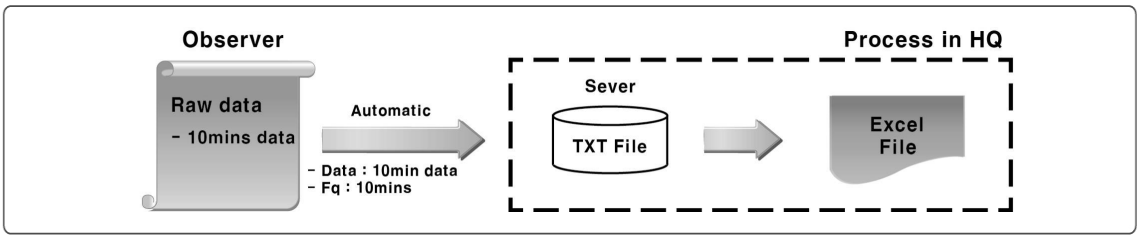
·수동관측과 자동관측 병행
·수동 관측소는 구두(전화통화)로 데이터를 전달
·중요도에 따라 매일 1회 또는 월 1회 주기로 데이터를 전달




BMKG 수동관측소 데이터 수집 절차

나) 자동관측소 현황

·자동관측은 10분마다 측정 후 실시간으로 데이터 전송
·강우, 습도, 증발량, 풍속 등 다양한 기후 인자들을 자동으로 수집하는 장치로 구성




BMKG 자동관측소 데이터 수집 절차



BMKG 자동관측소 구성 현황

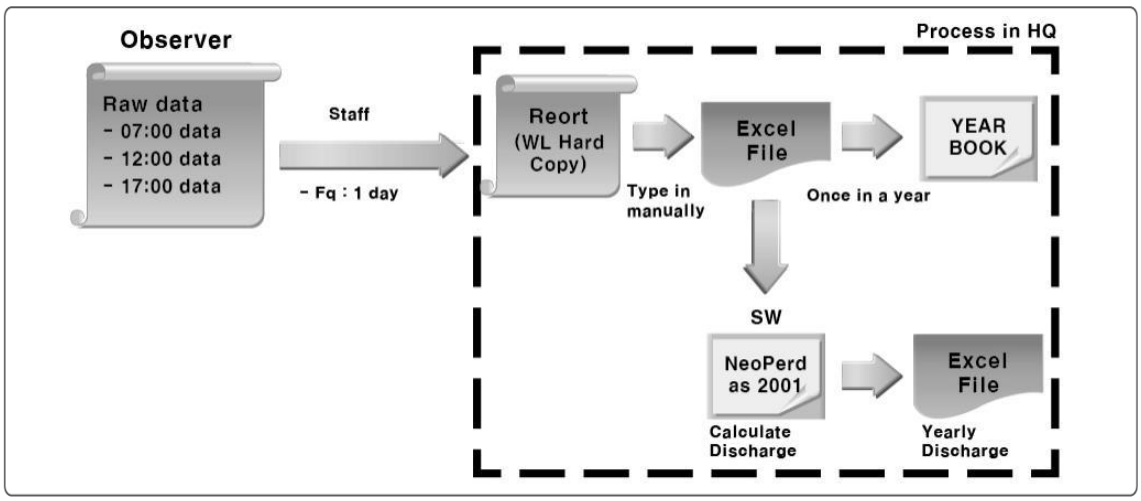
마. 기관별 수위자료 계측 현황

1) BBWSC

○ BBWSCC는 자카르타 지역에 총 33개 수위관측소를 관리하고 있으며, 최근 대부분의 수위 관측소는 수동관측과 자동관측을 병행

가) 수동관측소 현황

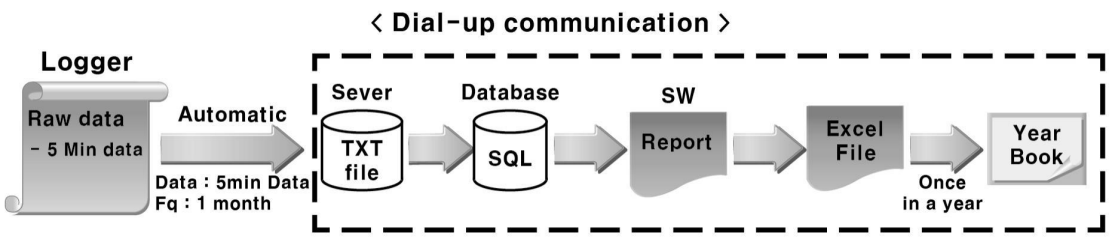
·수동관측소의 경우 1일 3회 수위표를 사용하여 관측
·측정일지에 기록하여 매월 BBWSCC로 문서를 전송




수동관측소 데이터 수집 절차

나) 자동관측소 현황

·5분마다 자동으로 측정
·측정된 데이터는 함께 설치된 데이터로거에 저장
·매 1시간마다 BBWSCC의 데이터베이스로 전송(1시간에 5분 단위값 12개)
·태양전력을 기반으로 구성, 자체 운영이 가능, 월 운영비용 : 225,000Rp
·데이터로거, 관측장치, 무선통신장치(GSM 모뎀) 포함




| Contents | Type |
|---|---|
| Agent | Logger |
| Communication | GSM modem |
| Transducer | Rainfall, Water level, Water Quality, Temperature, Humidity |
| Power System | Solar Panel, Battery |
| Software Application | Data acquisition and application DCN |
| DCN(Data Communication System) | Cellular : GSM(SMS, GPRS), CDMA<br>Reserve : VHF/UHF, satellite |

BBWSCC 자동관측소 데이터 수집 절차

다) 타 기관과의 연계

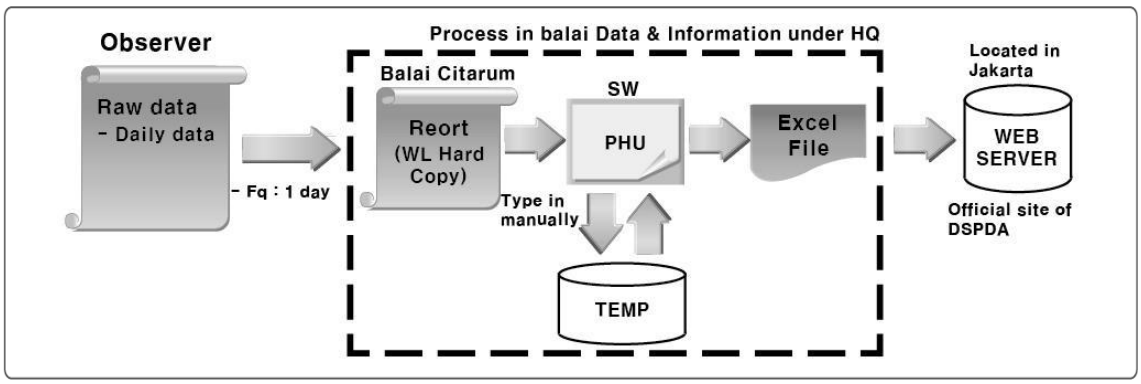
·BBWSCC의 자동관측소에서 PUSAIR에도 원격으로 자동전송체계 운영 중(GSM 사용)
·PUSAIR에 전송된 자료는 해당 기관에서 후속 처리하는 방식

2) DPSDA(자카르타 수자원국)

○ 해당 지역 내 방수로 등 주요 지점 및 홍수방어시설물 중심으로 수동 및 자동 수위 계측

가) 수동관측소 현황

·각 관측소에서는 일 3회 수위계를 통하여 수위를 계측하여 보고서를 작성
·월 1회 DPSDA에 전달




DPSDA 수동관측소 데이터 수집 절차

나) 자동 관측소 현황

○ 방수로 수문 운영을 위한 자동 수위 관측소를 운영

○ 5분 간격 계측 후 1시간 간격 전송

○ 유역청(BBWSCC) 및 공공사업부 수자원국(DGWR)



바. 기관별 시스템 운영 현황

1) 공공주택사업부(MPWPH) 수자원국(DGWR)

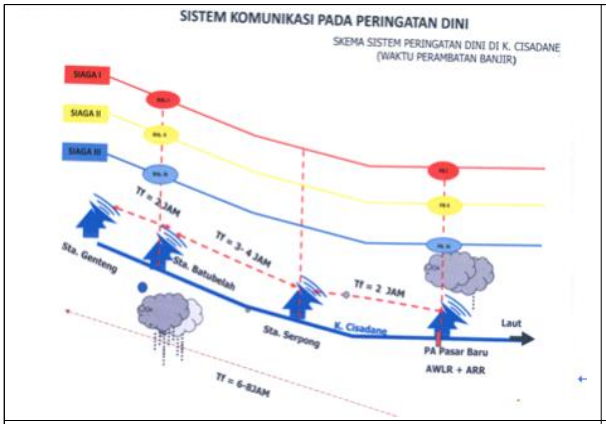
○ 수문관리 서버 시스템

- 공공사업부 내 위치한 수문자료, 지진 등 정보 통합 서버 운영
- 관측소에서 각 유역청과 수자원청으로 자료를 전송하고 DB에 저장된 정보는 유역청에 있는 WEB을 통해 공유
  - ○ 데이터 생성은 5분/시간/일/월 자료생성, DBMS는 MS-SQL (WEB), MY-SQL(DB) 사용하고, 자료 관리는 수자원국 수문관리과에서 수행
  - ○ Web(tech4water.com)을 통해서 수자원청내 정보공유
  - ○ 수위와 우량을 관측 및 자료 관리하고 있음
- 데이터 전송 주망을 GSM을 사용하고, 보조수단으로 SMS와 전화를 사용하고 있음
  - ○ CCTV 전송망은 유선망을 사용하고 있음(속도가 늦고, 화질 384K)
- 서버랙 5개, WEB 및 DB서버, CCTV 저장서버, 무정전정원장치 등이 별도의 제한된 구역에 설치 운영 중
  - ○ 디스플레이장치는 42인치 모니터 1대로 설치운영(서버는 HP사)

○ 재난관리센터

- 유역 물 재난관리상황실 역할 수행, 수위관측 및 자카르타 인근 댐 및 하천시설물을 CCTV를 통해 모니터링
- 평상시 4인이 통상근무하고, 홍수기에는 2인1조로 24시간 교대근무
- 디스플레이장치 42인치 모니터 3대, 운영자 PC 1대, 상황전파용 무전기 1대, FAX 1대 설치 운영 중
- 재난관리센터는 의사결정 기능이 없고, 수위에 따라 예상침수구역 정보를 경험에 따라 상황전파
- 홍수예측 및 분석 기능은 없으며, 홍수분석은 수자원 연구원(Pusair)에서 수행
- 홍수경보를 위해 3단계 기준수위를 설정하여 운영 중에 있으나, 예측정보가 아닌 상류 주요 지점의 기준수위 도달 시 경보 발령

☞ 홍수분석예측 체계가 아니므로 홍수대응 및 대피 지연(피해증가)




기준수위 및 홍수경보전달 체계




자카르타 주요 침수지역

2) 유역관리청(BBWSCC)

- 자카르타 지역(찔리웅-찌사단 유역) 내 홍수예경보, 수문자료 통합 등의 기능을 수행
- 유역내 수위관측소 33개소, 우량관측소 22개소를 관측 중에 있으며, 현장 관측소에서 이동통신망으로 자료수집하고, 수자원청(PU SDA센터)로 보내주는 구조
  - ○ (운용설비) 42인치 모니터 3개, 자료서버(hp社/Win2008,HDD300GB 2개), GSM 모뎀 1대, RF설비 1식, 무전기 1대 등
  - ○ (자료관리) 5분/1시간/1일/1월로 서버에 로그파일로 저장하고, 홍수기에는 수자원청 WEB을 통해 상황 모니터링
- GSM 통신을 주요 데이터 통신망으로 사용하고, 재난용 주파수를 할당 받아 보조통신망으로 활용

  * 무전기를 통해 주요 시설관리부서와 무전기를 활용하여 통신 중
- 홍수예경보 : 별도의 분석 프로그램은 없으며, 경험에 의해 상류 수위단계(1 위험도 높음 ~ 4 낮음)에 따라 하류 주요지점 도달시간과 예상수위를 예측하여 관계기관에 통보




홍수도달시간




수위단계별 하류 주요지점 예상수위

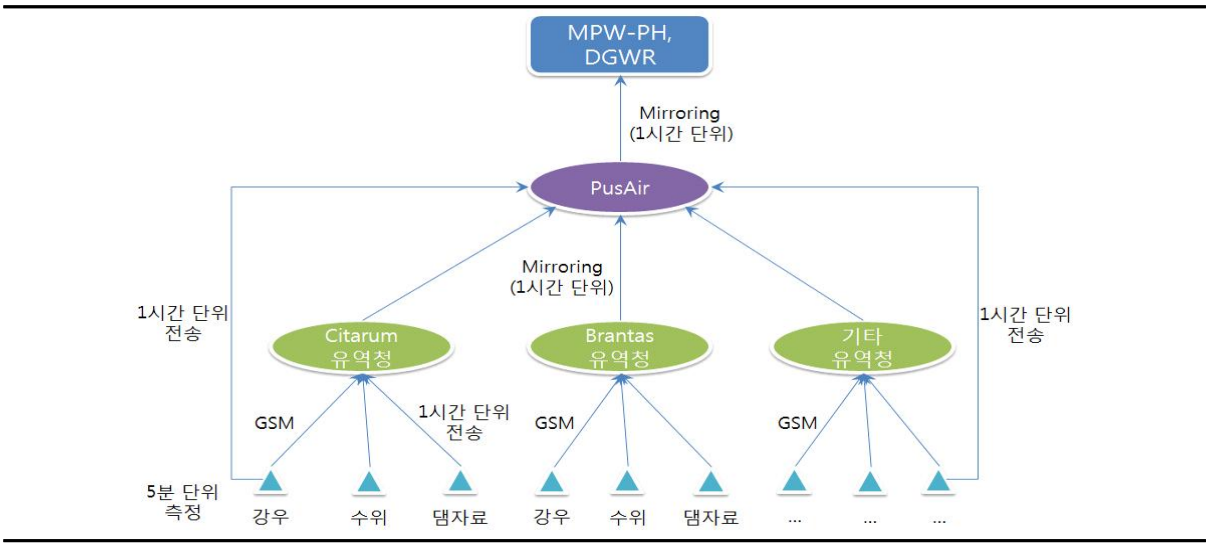
3)국가수자원연구원(PusAir)

○ 수문자료 수집

– 인도네시아 국가 실시간 수문자료 수집관리 시스템(Tech4Water)을 통해 전국 200여개소의 수문관측소(강우 및 수위, 저수위) 자료를 GSM을 이용하여 실시간으로 수집

– 웹사이트(www.tech4water.com)을 통해 실시간으로 수문자료 제공

– 각 관측소의 수문자료는 PusAir와 각 유역청으로 동시에 전송되며, 각 유역청의 수문자료는 PusAir에 미러링 됨(데이터 백업 개념). PusAir DB의 전국 단위 수문자료는 다시 공공사업부 DB에 미러링 됨




– 수문자료 측정은 5분마다, 유역청 및 PusAir로의 데이터 전송은 1시간 마다 수행되며, 데이터 미러링은 1시간 단위로 진행

– 운영체제는 Windows, 데이터베이스는 My-SQL, 웹서버는 Apache, 웹페이지 개발은 php를 사용

– 3대의 수문자료 수집서버와 1대의 DB 서버(웹서버 역할도 병행), 2대의 백업서버를 이용하여 시스템 운영

○ 수문자료 처리

– 수문자료 처리는 수문&수자원 관리과(HITA)에서 담당

– 수문자료 처리 및 관리를 위해 2개의 프로그램(HITA 1.1 및 NEO-PERDAS) 이용

– HITA 1.1은 자기기록지 자료를 디지털 데이터로 변환하는데 활용

– NEO-PERDAS는 수위-유량 관계곡선(Rating curve) 작성 및 관리하는 기능 수행

○ 수문관측소 관리

– 직접적으로 수문관측소 설치 및 관리를 수행하지는 않고 기술 지원 형태의 업무 수행

– 연구개발 목적의 프로젝트 단위로 일부 관측소는 직접 운영

– 기본적인 수문관측소 운영·관리는 각 유역청 및 개별 물관리시설물(댐·보) 운영기관(PJT-1&2, 지자체, Indonesia Power 등)에서 담당하며, PusAir는 수문관측소 고장 및 이상 발생 시 문제해결을 위한 기술지원 수행

– 수문관측소 관리를 위한 기술지원 및 문제해결을 위해 수문자료와 계측기 상태정보를 실시간으로 직접 전송받고 있음

사. 기관별 수문자료 데이터 구조 현황

○ 일부 자동 관측을 수행하고 있으나, 결측되는 자료가 많고, 대부분의 관측소에서 수동으로 관측을 수행하고 있음

○ 관측결과는 관측소에서 1차적으로 일지에 기입하여 우편 또는 전화를 통해 사무소로 전달

○ 전달결과는 사무소에서 2차적으로 Excel 등의 전자 문서로 변경하여 관리

○ 각 기관별로 관리하는 데이터가 다름

1) BBWSC

○ 관측소 별 강우량

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 강우량(월 최대강우량, 월 평균강우)

Curah Hujan Harian (mm)

| | | | |
|---|---|---|---|
| Nama Stasiun | Bojong Soang | | |
| No Stasiun | - | Elevasi | - |
| No In Database | - | Tipe alat | Manual |
| Lintang Selatan | - | Pemilik | BBWS Citarum |
| Bujur Timur | - | Operator | Supriyatna |

Tahun 2012

| Tanggal | Bulan | | | | | | | | | | | | Tahunan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nop | Des | |
| 1 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 2 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 14.0 | 0.0 | 28.0 | |
| 3 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | 0.0 | 23.5 | |
| 4 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 6.5 | |
| 5 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 0.0 | 16.0 | |
| 6 | - | - | - | - | - | 5.0 | 17.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 13.0 | |
| 7 | - | - | - | - | - | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 8 | - | - | - | - | - | 2.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 15.0 | 0.0 | 41.0 | |
| 9 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13.0 | 0.0 | |
| 10 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 24.0 | 3.0 | |
| 11 | - | - | - | - | - | 2.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 13.5 | |
| 12 | - | - | - | - | - | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | |
| 13 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 20.0 | |
| 14 | - | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 5.0 | 11.5 | |
| 15 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 18.0 | 0.0 | 6.0 | |
| 16 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 55.5 | 8.0 | |
| 17 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 48.5 | 11.0 | |
| 18 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 45.0 | 26.0 | 30.5 | |
| 19 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.5 | 3.5 | |
| 20 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.5 | 3.5 | |
| 21 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 | |
| 22 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 24.0 | 38.0 | |
| 23 | - | - | - | - | - | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 60.0 | |
| 24 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.5 | 2.0 | |
| 25 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 9.0 | 21.0 | |
| 26 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 39.0 | 3.0 | 28.0 | |
| 27 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.0 | 54.0 | 7.5 | 3.5 | |
| 28 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.5 | 0.0 | |
| 29 | - | - | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 7.0 | 1.0 | 28.5 | 0.0 | |
| 30 | - | | - | - | - | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 4.0 | 66.0 | 0.0 | |
| 31 | - | | - | | - | - | 0.0 | 11.0 | | 11.0 | | 6.0 | |
| Hujan Maximum | - | - | - | - | - | 5.0 | 17.0 | 11.0 | 11.0 | 54.0 | 66.0 | 60.0 | - |
| Jml Curah Hujan | - | - | - | - | - | 11.0 | 19.0 | 12.0 | 23.0 | 234.0 | 343.5 | 405.0 | - |
| Jml. Hari Hujan | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.0 | 3.0 | 2.0 | 3.0 | 15.0 | 17.0 | 25.0 | - |
| Jml. Hujan (1-15) | - | - | - | - | - | 10.0 | 19.0 | 1.0 | 0.0 | 80.0 | 42.0 | 187.0 | |
| Jml. data kosong | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| Jml Hujan (16-31 | - | - | - | - | - | 1.0 | 0.0 | 11.0 | 23.0 | 154.0 | 301.5 | 218.0 | |
| Jml. data kosong | 16.0 | 14.0 | 16.0 | 15.0 | 16.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |

**관측소별 강우량 기록양식**

○ 관측소 별 수위

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 수위

DATA MUKA AIR SUNGAI

**Ciburaleng-Sindangpakuon** **No. 2- 16- 3- 2 Tahun 2012**

Induk Sungai CITARUM
Data Geografi 06 11 00 LS 107 18 00 BT
Lokasi Prov. Jawa Barat, Kab.Sumedang, Kec.Cimanggung, Ds.Sd. Pakuon, Dari Bandung ke jurusan Sumedang

Luas Daerah Pengaliran 175.30 KM2 ; ELEVASI POS DUGA AIR :
**Keterangan mengenai Pos Duga Air**
Didirikan Tanggal 10-03-2011 oleh BBWSC
Periode Pencatatan Tanggal 01-01-2012 sampai dengan 31-12-2012
Jenis Alat Pos Duga Air Biasa
**Ringkasan Data Aliran Ekstrim**
Aliran Terbesar .90 M; TGL 29- 9-2012
Aliran Terkecil .10 M; TGL 22- 8-2012
Pelaksana Unit Hidrologi, Balai Besar Wilayah Sungai Citarum

**Tabel Besarnya Muka Air Harian (m)**

| Tanggal | Jan | Peb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nop | Des |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.24 | 0.3 | 0.29 | 0.28 | 0.27 | 0.24 | 0.25 | 0.19 | 0.1 | 0.11 | 0.25 | 0.33 |
| 2 | 0.24 | 0.28 | 0.29 | 0.29 | 0.25 | 0.24 | 0.25 | 0.19 | 0.11 | 0.11 | 0.24 | 0.3 |
| 3 | 0.25 | 0.25 | 0.28 | 0.29 | 0.21 | 0.25 | 0.26 | 0.18 | 0.11 | 0.11 | 0.23 | 0.3 |
| 4 | 0.27 | 0.26 | 0.34 | 0.28 | 0.2 | 0.26 | 0.25 | 0.17 | 0.11 | 0.12 | 0.21 | 0.3 |
| 5 | 0.27 | 0.3 | 0.3 | 0.29 | 0.22 | 0.31 | 0.25 | 0.18 | 0.11 | 0.12 | 0.22 | 0.35 |
| 6 | 0.25 | 0.31 | 0.27 | 0.3 | 0.21 | 0.36 | 0.24 | 0.19 | 0.12 | 0.12 | 0.2 | 0.49 |
| 7 | 0.23 | 0.33 | 0.27 | 0.32 | 0.23 | 0.36 | 0.19 | 0.18 | 0.13 | 0.11 | 0.18 | 0.61 |
| 8 | 0.21 | 0.31 | 0.27 | 0.32 | 0.25 | 0.29 | 0.19 | 0.18 | 0.11 | 0.11 | 0.19 | 0.66 |
| 9 | 0.2 | 0.3 | 0.29 | 0.3 | 0.23 | 0.27 | 0.17 | 0.18 | 0.12 | 0.11 | 0.26 | 0.46 |
| 10 | 0.21 | 0.27 | 0.28 | 0.29 | 0.2 | 0.25 | 0.18 | 0.18 | 0.12 | 0.13 | 0.32 | 0.31 |
| 11 | 0.2 | 0.26 | 0.28 | 0.3 | 0.2 | 0.24 | 0.18 | 0.19 | 0.12 | 0.15 | 0.32 | 0.33 |
| 12 | 0.28 | 0.28 | 0.29 | 0.3 | 0.19 | 0.24 | 0.2 | 0.19 | 0.12 | 0.14 | 0.33 | 0.5 |
| 13 | 0.33 | 0.32 | 0.29 | 0.28 | 0.2 | 0.21 | 0.21 | 0.19 | 0.11 | 0.13 | 0.32 | 0.55 |
| 14 | 0.33 | 0.29 | 0.3 | 0.27 | 0.28 | 0.2 | 0.22 | 0.18 | 0.12 | 0.12 | 0.33 | 0.55 |
| 15 | 0.31 | 0.27 | 0.27 | 0.26 | 0.3 | 0.2 | 0.24 | 0.17 | 0.11 | 0.12 | 0.36 | 0.48 |

**관측소별 수위 기록양식**

○ 관측소 별 유량

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 유량(수위유량 공식, 월 평균유량, 단위면적당 유량, 총 유출량)

DATA DEBIT SUNGAI

**Ciwidey-Cukanggenteng** **No. 2- 16- 3- 2 Tahun 2012**

Induk Sungai : CITARUM
Data Geografi : 06 11 00 LS 107 18 00 BT
Lokasi : Prov. Jawa Barat, Kab.Bandung, Kec.Pasirjambu, Ds.Cukanggenteng, Kp.Ck. Genteng
Dari Bandung ke jurusan Ciwidey +/- 25 km sampai di Kp.Cukanggenteng, belok kanan +/- 500 m sampai di sungai Ciwidey, pos berada disebelah kanan aliran
Luas Daerah Pengaliran : 175.3 KM2 ; ELEVASI PDA : + M
**Keterangan mengenai Pos Duga Air**
Didirikan : Tanggal 29-05-1996 oleh PHU
Periode Pencatatan : Tanggal 01-01-2012 sampai dengan 31-12-2012
Jenis Alat : Pos Duga Air Biasa
**Ringkasan Data Aliran Ekstrim**
Aliran Terbesar : M.A. = 1.00( +.00) M ; Q = 9.06 M3/DET ; TGL 28-11-2012
Aliran Terkecil : M.A. = .18( +.00) M ; Q = 2.83 M3/DET ; TGL 27- 8-2012
**Aliran Ekstrim yang Pernah Terjadi sampai dengan Tahun Ini**
Aliran Terbesar : M.A. = 3.80( +0.04) M ; Q = 323.97 M3/DET ; TGL 19- 11-2008
Aliran Terkecil : M.A. = .24( -.09) M ; Q = 3.90 M3/DET ; TGL 18- 7-2010
Penentuan Besarnya Aliran : BESARNYA ALIRAN DITENTUKAN BERDASARKAN RUMUS LENGKUNG Q = 3.465(H + 0.711)^1.789
HASIL ANALISA PAKET PROGRAM NEO PERDAS, MENGGUNAKAN DATA PENGUKURAN ALIRAN DARI TAHUN 2000 SAMPAI DENGAN TAHUN 2012.
Catatan : -

Pelaksana : Unit Hidrologi, Balai Besar Wilayah Sungai Citarum

**Tabel Besarnya Aliran Harian ($m^3$/det)**

| Tanggal | Jan | Peb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Ags | Sep | Okt | Nop | Des |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 6.61 | 7.07 | 7.49 | 7.97 | 7.15 | 4.05 | 3.59 | 3.03 | 3.58 | 3.88 | 7.29 | 8.21 |
| 2 | 7.49 | 5.96 | 8.51 | 8.21 | 6.26 | 3.57 | 4 | 3.23 | 3.78 | 3.59 | 8.11 | 7.42 |
| 3 | 7.18 | 5.15 | 7.59 | 8.51 | 5.19 | 3.7 | 3.56 | 3.15 | 4.04 | 3.85 | 5.99 | 7.45 |
| 4 | 6.4 | 5.31 | 8.44 | 7.39 | 5.12 | 3.87 | 3.44 | 2.99 | 3.71 | 4 | 5.66 | 8.13 |
| 5 | 5.8 | 5.13 | 6.4 | 6.89 | 6.34 | 3.55 | 3.8 | 3.06 | 3.99 | 3.95 | 5.59 | 7.74 |
| 6 | 7.02 | 5.72 | 7.04 | 7.03 | 5.67 | 3.54 | 3.63 | 3.12 | 4.08 | 4.3 | 5.34 | 6.83 |
| 7 | 6.05 | 5.09 | 5.08 | 7.19 | 4.46 | 3.48 | 3.59 | 3.1 | 4.1 | 4.42 | 6.25 | 7.98 |
| 8 | 7.49 | 5.71 | 4.75 | 7.02 | 5.58 | 3.43 | 3.69 | 3.19 | 4.1 | 4.13 | 5.27 | 8.03 |
| 9 | 8.14 | 6.33 | 5.38 | 6.93 | 6.2 | 3.38 | 3.41 | 3.3 | 3.91 | 3.66 | 5.69 | 7.38 |
| 10 | 6.2 | 7.32 | 5.71 | 6.24 | 6.37 | 3.34 | 3.37 | 3.13 | 3.86 | 4.14 | 6.84 | 8.22 |
| 11 | 6.42 | 7.76 | 5.43 | 5.55 | 6.14 | 3.5 | 3.56 | 3.21 | 4.18 | 3.71 | 8.25 | 7.7 |
| 12 | 6.51 | 8.27 | 5.45 | 5.05 | 5.49 | 3.5 | 3.41 | 3.35 | 4.22 | 4.21 | 8.63 | 7.66 |
| 13 | 7.17 | 7.82 | 6.02 | 5.84 | 5.56 | 3.38 | 3.67 | 3.23 | 3.88 | 4.4 | 7.98 | 7.94 |
| 14 | 6.93 | 6.55 | 5.46 | 6.77 | 4.49 | 3.43 | 3.65 | 3.26 | 3.63 | 4.35 | 7.49 | 7.05 |
| 15 | 7.11 | 6.71 | 5.39 | 6.61 | 5.05 | 3.47 | 3.49 | 3.36 | 3.86 | 4.77 | 7.93 | 7.62 |
| 16 | 6.35 | 7.05 | 4.87 | 6.39 | 5.78 | 3.43 | 3.41 | 3.26 | 3.71 | 4.8 | 7.79 | 8.14 |
| 17 | 6.85 | 6.91 | 6 | 6.11 | 6.33 | 3.48 | 3.56 | 3.37 | 3.53 | 4.66 | 7.37 | 7.84 |
| 18 | 6.73 | 7.19 | 6 | 6.54 | 6.8 | 3.41 | 3.46 | 3.44 | 3.58 | 3.83 | 6.65 | 8.1 |
| 19 | 7.85 | 7.76 | 5.97 | 5.89 | 8.07 | 3.33 | 3.35 | 3.35 | 3.57 | 3.96 | 7.71 | 8.31 |
| 20 | 7.41 | 8.23 | 4.65 | 7.22 | 8.47 | 3.4 | 3.44 | 3.19 | 3.51 | 4.07 | 8.43 | 7.45 |
| 21 | 6.58 | 6.9 | 4.21 | 6.65 | 7.82 | 3.28 | 3.49 | 3.19 | 3.49 | 4.04 | 8.25 | 7.89 |
| 22 | 7.5 | 6.85 | 5.18 | 7.04 | 8.45 | 3 | 3.48 | 3.22 | 3.56 | 4.22 | 8.08 | 7.9 |
| 23 | 8.15 | 7.35 | 5.29 | 6.96 | 8.53 | 3.09 | 3.41 | 3.27 | 3.65 | 4.14 | 8.53 | 8.14 |
| 24 | 6.47 | 7.06 | 5.52 | 6.28 | 8.84 | 3.15 | 3.5 | 3.35 | 3.66 | 4.19 | 8.27 | 8.48 |
| 25 | 6.9 | 7.16 | 5.22 | 6.07 | 8.79 | 3.08 | 3.29 | 3.17 | 3.59 | 4.09 | 7.42 | 8.11 |
| 26 | 7.25 | 6.27 | 5.23 | 6.04 | 8.15 | 3.13 | 3.33 | 3.11 | 3.48 | 4.13 | 8.09 | 7.31 |
| 27 | 7.5 | 5.78 | 5.37 | 6.42 | 7.15 | 3.13 | 3.4 | 2.98 | 3.55 | 3.82 | 7.69 | 7.95 |
| 28 | 7.07 | 6.13 | 5.14 | 6.48 | 6.8 | 2.92 | 3.4 | 3.23 | 3.49 | 4.04 | 8.37 | 7.48 |
| 29 | 7.6 | 5.66 | 5.51 | 5.9 | 6.42 | 2.95 | 3.45 | 3.23 | 3.58 | 4.15 | 8.54 | 7.47 |
| 30 | 6.99 | | 6.49 | 6.22 | 6.17 | 3.13 | 3.37 | 3.4 | 3.74 | 3.79 | 8.19 | 6.95 |
| 31 | 6.56 | | 5.68 | | 5.95 | | 3.33 | 3.34 | | 4.38 | | 7.13 |
| Rata-rata | 6.9768 | 6.6276 | 5.8216 | 6.647 | 6.5674 | 3.37 | 3.501 | 3.2197 | 3.7537 | 4.1184 | 7.3897 | 7.7423 |
| Aliran/km²(l/det) | 39.799 | 37.807 | 33.209 | 37.918 | 37.464 | 19.224 | 19.971 | 18.367 | 21.413 | 23.493 | 42.154 | 44.166 |
| Tinggi Aliran(mm) | 106.6 | 94.729 | 88.948 | 98.283 | 100.34 | 49.829 | 53.491 | 49.193 | 55.502 | 62.925 | 109.26 | 118.29 |
| Meter Kubik(10⁶) | 18.687 | 16.606 | 15.593 | 17.229 | 17.59 | 8.735 | 9.377 | 8.6236 | 9.7295 | 11.031 | 19.154 | 20.737 |

**Data Tahunan:**
Rata-rata 5.4737 $m^3$/det; Aliran $km^2$ 31.225
Tinggi aliran 987.4 mm; Total aliran 173.09 meter kubik ($10^6$).
**Keterangan:**
* = Tanggal Pengukuran
K = Debit Perkiraan Berdasarkan Hydrograph
E = Debit Ekstrapolasi

**관측소별 유량 기록양식**

2) DPSDA

○ 관측소 별 강우

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 강우량(월 최대강우량, 월 평균강우)

**DATA CURAH HUJAN HARIAN (mm)**

Nama Stasiun : PCH Ciherang
Kecamatan : Cangkuang Lintang Selatan : 07 02' 13"
Kabupaten : Bandung Bujur Timur : 107 34' 49"
Daerah Aliran : Citarum Tipe Alat : Manual
Propinsi : Jawa Barat Pemilik : Dinas PU Pengairan

TAHUN DATA 2012

| Tanggal | BULAN | | | | | | | | | | | | Tahunan |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jan | Feb | Mar | Apr | Mei | Jun | Jul | Agt | Sep | Okt | Nov | Des | |
| 1 | 8 | 0 | 0 | 24 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 30 | |
| 2 | 5 | 0 | 0 | 40 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 | 19 | |
| 3 | 0 | 0 | 1 | 13 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | |
| 4 | 0 | 17 | 36 | 10 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 3 | 3 | 24 | |
| 5 | 0 | 12 | 0 | 33 | 8 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 6 | 6 | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 13 | 0 | 10 |
| 7 | 0 | 0 | 37 | 3 | 1 | 6 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 17 | |
| 8 | 0 | 16 | 4 | 2 | 31 | 1 | 0 | 0 | 0 | 32 | 16 | 35 | |
| 9 | 10 | 0 | 5 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 22 | 0 | 0 | |
| 10 | 7 | 0 | 13 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 11 | 0 | 30 | 0 | 14 | 0 | 48 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 12 | 16 | 19 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | |
| 13 | 8 | 3 | 0 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 13 | |
| 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 24 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | |
| 15 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 52 | |
| 16 | 0 | 36 | 0 | 0 | 10 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 32 | 22 | |
| 17 | 4 | 12 | 0 | 18 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | |
| 18 | 9 | 0 | 0 | 9 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 36 | 135 | 44 | |
| 19 | 12 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 18 | |
| 20 | 0 | 6 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 7 | |
| 21 | 18 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | |
| 22 | 8 | 28 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 0 | |
| 23 | 3 | 6 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | |
| 24 | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | |
| 25 | 18 | 36 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 40 | |
| 26 | 0 | 3 | 0 | 44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 1 | 13 | |
| 27 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 10 | |
| 28 | 30 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 9 | 33 | |
| 29 | 19 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 13 | 10 | |
| 30 | 4 | | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 3 | |
| 31 | 0 | | 0 | | 0 | | 0 | 0 | | 0 | | 0 | |
| Hujan Maksimum | 30 | 36 | 37 | 44 | 45 | 48 | 10 | 2 | 4 | 45 | 135 | 44 | 135 |
| Jml. Curah Hujan | 295 | 225 | 100 | 289 | 206 | 66 | 15 | 2 | 9 | 165 | 349 | 387 | 2008 |
| Jml. Hari Hujan | 18 | 13 | 7 | 22 | 13 | 6 | 2 | 1 | 4 | 9 | 19 | 21 | 137 |
| Rata-rata | 9 | 8 | 3 | 10 | 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 5 | 12 | 12 | |
| Hujan (1-15) | 60 | 99 | 96 | 156 | 96 | 62 | 5 | 2 | 4 | 81 | 27 | 187 | |
| Jml. Data Kosong | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Hujan (16-31) | 195 | 126 | 4 | 133 | 110 | 4 | 10 | 0 | 5 | 84 | 322 | 200 | |
| Jml. Data Kosong | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |

Ket. : data kosong

**관측소별 강우량 기록양식**

○ 관측소 별 유량

– 데이터 형태 : 엑셀파일(PDF)

– 계측항목 : 일 유량(수위유량 공식, 월 평균유량, 단위면적당 유량, 총 유출량)

S.CISANGKUY-PATARUMAN
NO. POS DUGA AIR : 02-016-03-03
TAHUN : 2008
INDUK SUNGAI : CITARUM

LETAK GEOGRAFI : - -
LUAS DAERAH PENGALIRAN : 406.0 KM2 ;ELEVASI :
LOKASI : Prop.Jawa Barat Kab.Bandung,Kc.Pangalengan dari Bandung menuju arah Pangalengan +/- 20 km sampai di Cikalong,belok kanan menuju Kp.Pataruman +/- 2 km sampai di jembatan S.Cisangkuy. Pos berada disebelah kanan aliran.
KETERANGAN POS DUGA AIR :
TAHUN DIDIRIKAN : 01/04/2000 OLEH PHU
PERIODE PENCATATAN : TANGGAL 01/04/2000 SAMPAI DENGAN 31/12/2008
JENIS ALAT :PAPAN DUGA AIR BIASA ( PDAB )

ALIRAN EXTRIM :
ALIRAN TERBESAR : M.A. = 2.10(+0.00) M ; Q = 65.95 M3/DET ; TGL 17-03-2008
ALIRAN TERKECIL : M.A. = 0.30(+0.00) M ; Q = 1.969 M3/DET ; TGL 03-10-2008

ALIRAN EXTRIM YANG PERNAH TERJADI S/D TAHUN 2008 :
ALIRAN TERBESAR : M.A. = 2.10(+0.00) M ; Q = 65.95 M3/DET ; TGL 17-03-2008
ALIRAN TERKECIL : M.A. = 0.00(-0.02) M ; Q = 0.040 M3/DET ; TGL 14-09-2000

PENENTUAN BESARNYA ALIRAN :
BERDASARKAN PERSAMAAN LENGKUNG DEBIT : Q = 8.356 ( H + 0.250 )^2.418
YANG DIBUAT MENURUT DATA HASIL PENGUKURAN DEBIT DARI TAHUN 2000 S/D TAHUN 2007

TABEL BESARNYA ALIRAN HARIAN (M3/DET) :

| Tanggal | JAN. | PEB | MAR. | APR. | MEI. | JUN. | JUL. | AGU. | SEP. | OKT. | NOP. | DES. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 13.2 | 5.48 | 3.29 | 11.7 | 4.44 | 2.63 | 2.84 | 2.43 | 3.78 | 2.84 | 5.17 | 4.04 |
| 2 | 11.7 | 4.04 | 3.9 | 10.5 | 3.17 | 2.95 | 2.63 | 2.43 | 3.41 | 2.33 | 5.64 | 7.76 |
| 3 | 10.5 | 3.78 | 3.29 | 7.2 | 3.9 | 2.73 | 2.43 | 2.84 | 3.65 | 1.97 | 5.33 | 5.48 |
| 4 | 15.2 | 3.53 | 4.44 | 7.76 | 4.87 | 2.84 | 2.84 | 2.43 | 3.53 | 2.53 | 5.33 | 4.17 |
| 5 | 10.3 | 3.53 | 3.53 | 14.1 | 3.06 | 2.63 | 2.63 | 2.63 | 4.04 | 2.24 | 5.02 | 5.33 |
| 6 | 8.36 | 3.41 | 3.53 | 13.2 | 2.84 | 2.84 | 2.53 | 2.84 | 3.41 | 2.06 | 4.04 | 4.87 |
| 7 | 7.2 | 4.04 | 4.73 | 10.5 | 2.73 | 2.63 | 2.63 | 2.43 | 3.78 | 1.97 | 4.3 | 6.48 |

**관측소별 유량 기록양식**

아. 현황분석 결과 및 시스템 개선 방향

1) 현지 조사 결과

○ 시스템 개선방향 도출을 위해 전문가 파견을 통한 현지조사를 수행하였으며, 홍수관리 업무 체계 및 프로세스, 수문자료 수집 및 관리, 홍수분석기술에 대한 현황을 조사하였다.

□ 홍수관리 체계

– 현재 대상 유역의 수문자료 수집 및 관리는 유역관리청(BBWSCC) 및 지자체 수자원국에서 담당하며, 홍수경보발령 및 홍수사후 관리는 지자체 재난관리국(BPBD)에서 담당하고, 홍수방어시설인 수문 등의 관리 및 운영은 자카르타 시에서 담당하는 등 홍수관리를 위한 유관기관이 복잡한 상황임

□ 자료취득·관리

– 다양한 기관에서 수동 및 수동+자동, 완전자동 등 다양한 방식으로 자료를 취득관리하고 있으나 체계적인 관리가 필요

– 특히, 통신(GSM)에 따른 데이터 누락 등 문제가 많아 개선이 필요(통신망 이중화 등)하며, 계측시설에 대한 유지관리가 미흡한 상황임



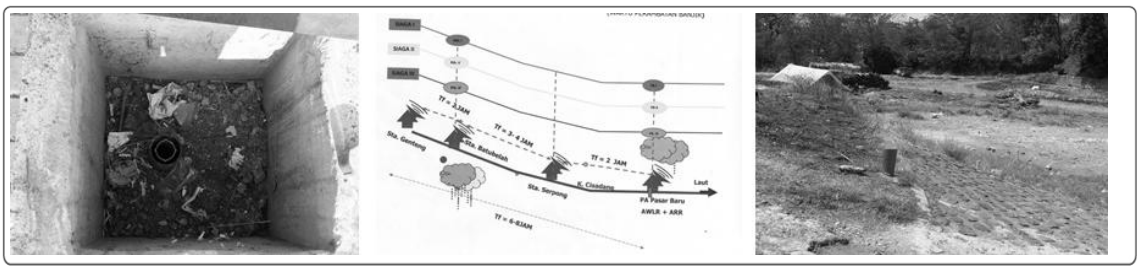
**수문자료 수집 및 관리 현황**

□ 홍수분석기술

– 다양한 분석 시스템을 도입하였으나, 지속적으로 활용되는 사례는 많지 않은 것으로 조사

– 홍수예경보는 현재 수위를 기준으로 하류를 경보하는 수준으로 기상예측, 수문분석, 홍수예경보 체계의 도입이 필요

– 또한 간단한 방법으로 홍수를 분석할 수 있는 기술의 도입을 고려할 필요가 있으며, 이에 따른 관리자 능력 향상을 위한 교육이 필수적임



**홍수분석 및 관리 현황**

2) 개선방향

○ 현지조사 결과를 바탕으로 다음과 같이 실시간 수문자료 수집, 통합운영 시스템 및 상황실 구축에 대한 기본 개선방향을 제시하고자 함

□ 수문자료 수집 자동화

·유역 및 하천, 댐, 보 등 주요 물관리 시설물에 대한 운영 기본정보 자동계측·전송 체계 구축
·자동계측 : 수위, 우량, 온도, 습도, 풍향, 풍속, 유량, 영상
·수위계, 기상관측설비, CCTV, 유량계 신규설치(기존설비 활용)
·수동입력 : 수동계측 수문관측소 자료(SMS를 이용한 수문자료 수집 시스템 활용)
·통신망 구축 : 계측 센서 ~ 상황실 간 유·무선 연결(안정적인 망구축을 위한 이중화)
·유관기관과의 수문자료 및 정보 공유 체계 구축 : “국가 실시간 수문자료 수집관리 시스템(Tech4Water)” 과의 연계 체계 구축 및
BPBD, PusAir, BMKG, DPSDAD, PLN 등 주요 유관기관과 정보 공유

□ 물재해 관리를 위한 통합 운영 시스템 구축

·(데이터 통합) 각 관측소에서 실시간 계측된 모든 정보를 유역청 상황실 DB서버에 통합 저장·관리·공유
·(물재해 정보관리 시스템) 수문자료 수집 및 DB 저장, 실시간 계측정보 표출, 품질관리, 홍수분석 및 예측, 정보관리 등이 가능한 홍수관리 의사결정지원시스템 구축

**물재해 관리를 위한 통합운영시스템**

| 구 분 | 주 요 기 능 |
|---|---|
| 수문자료 수집 | 수위, 우량 등 수문자료 자동 수집 및 DB 저장 |
| 실시간 모니터링 | 실시간 수문자료(수위, 우량, 유량, 댐 운영 정보) 통합·표현 |
| 수문자료 품질관리 | 이상치 및 결측치 실시간 알람, 수문자료 검보정 및 관리 |
| 홍수분석/ 예측 | 실시간 수문자료와 홍수분석 모형을 연계한 홍수 예측 수행 |
| 홍수경보 관리 | 경보발령 기준 관리, 실시간 자료 및 홍수분석 결과 기반의 경보발령 |

□ 통합운영 상황실 구축

▷ (공공사업부 수자원국) 물재해 정보 모니터링을 위한 상황실 설치
- 주요설비 : 통신서버, DB 서버, 대형 LED모니터, 운영 PC/프린터 등
▷ (유역청 상황실) 홍수관리를 위한 통합 상황실 구축
- 통합 상황실 : 유역 전체 하천 및 홍수방어시설 운영정보 통합 모니터링 및 상황 근무
- 강우, 수위, CCTV 영상, 기상정보 등 표출
- 주요 설비 : 디스플레이, 서버(통신, DB, 웹, 경보관리), 보안장비, 음향설비, 운영 PC/프린터 등

## 4. 신규 수문관측소 설치

### (1) 개요

○ 바탐 지역은 2개의 강우관측소로부터 강우관측자료를 수집하고 있으나, 통신장애 등의 사유로 실시간 모니터링 자료의 취득이 어려운 실정임

○ Baloi 하천에 수위관측소가 1개소 설치 운영되고 있음.

○ Baloi 수위관측지점은 부자식 수위계를 설치하여 1시간 간격의 수위 측정값을 제공하고 있으나, 가까운 강우관측소와 수 km 떨어져 있어 강우관측자료와 수위관측 자료간의 자료 연계성이 낮은 경우가 발생하고 있음.

○ 바탐 지역은 과거 수문자료의 자료수집 기간이 일정하지 않아 수집된 자료의 활용에 적합하지 않음

○ 인도네시아 지역 특성상 배수유역은 좁고 긴 형상이며, 강우는 국지성 강우형태가 많아 대상 유역으로부터 수 km 떨어진 지역에 위치한 강우관측소의 자료를 이용하여 대상 유역에 대한 수문 분석을 수행하는 것은 결과의 신뢰도를 낮추는 요인임.

○ 연구과제 수행을 위하여 바탐 Sekupang 지역에 위치한 하천을 대상으로 수위와 강우 자료 취득을 위한 관측소를 설치하였음.




신규 관측소 위치

### (2) 신규 관측소 제원

가. 강우계 제원

○강우량계는 펄스방식 강우계를 설치하였으며, 관측단위는 0.5mm/pulse임

○강우량계 상세 제원

- 수수구 : Ø 20cm
- 외 형 : Ø 20cm × H 520cm (스테인레스)
- 지지대 : 3발 고정식
- 측정방식 : 강우 0.5mm 당 1pulse용 Tipping Bucket Type
- 정밀도 : 1mm ~ 100mm / 1 hour ± 1%
- 출력신호 : Reed Switch 무전압 Make 접점
- 부호전환 : Make Time 150msec ± 10msec

나. 수위 관측소 제원

○수위계는 초음파 방식 수위계를 설치하였음

○수위계 상세 제원

- 최대측정거리 12m (최소감지거리 포함)
- 최소감지거리 600mm 이내
- 정확도 : ±0.5% F.S (at 25℃)
- 출력 신호 : 4 ~ 20mA + RS485
- 빔 각도 : 15°
- 동작온도 : -20 ~ 70 ℃
- 동작전압 : DC24V/300mA
- IP등급 : IP68



수위계



강우계

### (3) 설치 현황

○수위계 및 강우계 설치지점은 Tiban Lama와 Baloi 지점 2개소임

○수위 및 강우 관측 기기는 별도의 외부전원을 사용하지 않고, 태양광 발전으로 충전된 배터리를 이용하여 전원을 공급받음.



수위관측소 : Tiban Lama

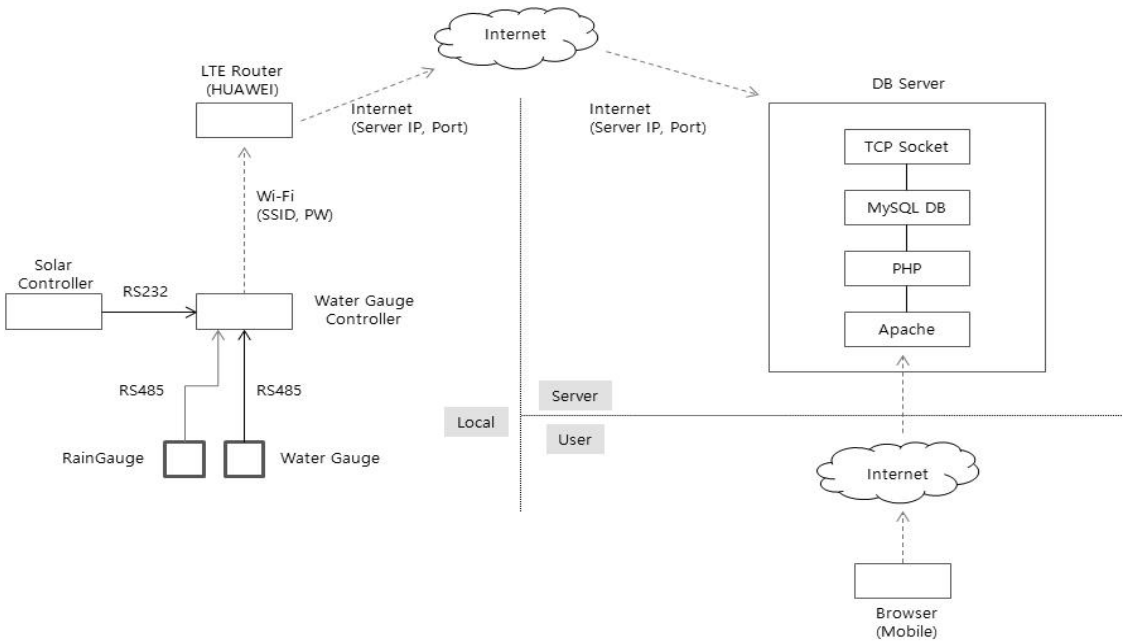


수위관측소 : Baloi

○ 수위 및 강우 관측데이터는 LTE통신망과 인터넷을 경유하여 DB서버로 전송됨

○ 데이터 전송시 태양광 발전 및 배터리 상태 모니터링을 위한 태양광 발전 전압, 전류, 배터리 전압 등의 정보도 동시에 전송하여 안정적인 전원공급 및 운영관리가 될 수 있도록 함

○ DB 서버는 아마존 클라우드 서비스에 구성하고 있으며, 사용자는 모바일 및 PC의 웹브라라우저를 이용하여 관측된 데이터를 조회할 수 있도록 구성하였음




클라우드 기반 수위측정값 전송체계

## 5. 물재해 정보분석 및 의사결정지원시스템 개발

### (1) 시스템 구축 절차

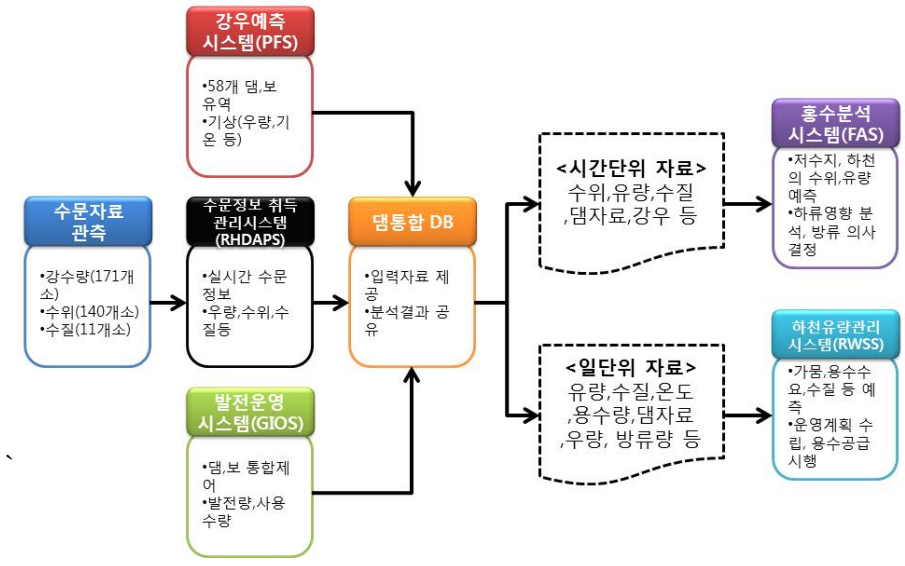
○ 본 연구과제를 통해 구축될 물재해 정보관리 및 분석시스템(WRMS: Water Risk Management System)의 구축절차는 전통방식 폭포수모형의 시스템 구축절차를 따름

| | |
|---|---|
| **프로젝트착수** | ▪ 프로젝트의 명확한 범위를 정의하고 프로젝트를 위한 전반적인 일정계획, 프로젝트 조직,프로젝트 관리절차를 정의 |
| **사용자 요구 분석** | ▪ 기 구축하여 보유한 시스템의 다양한 모듈들을 탐색<br>▪ 사용자의 응용시스템에 대한 이해를 바탕으로 관련업무와 관련된 사용자의 요구수렴<br>▪ 기 보유한 프로그램과 현 구축될 업무 모델간의 비교분석을 실시 |
| **시스템 설계** | ▪ 업무기능 재정의<br>▪ 개발방법론에 의한 기능 설계<br>▪ 검토 |
| **시스템 구현** | ▪ 업무모델별 기능 컴포넌트 개발<br>▪ 단위 테스트 및 사용자 확인 |
| **통합테스트** | ▪ 테스트 수행계획<br>▪ 피드백을 통한 문제점 해결, 프로세스, 산출물 검토 |
| **프로젝트 종료** | ▪ 공식적인 프로젝트 종료절차<br>▪ 프로젝트 제출물에 대한 관리와 추적 매커니즘의 공식적 종료 |

[시스템 구축절차]

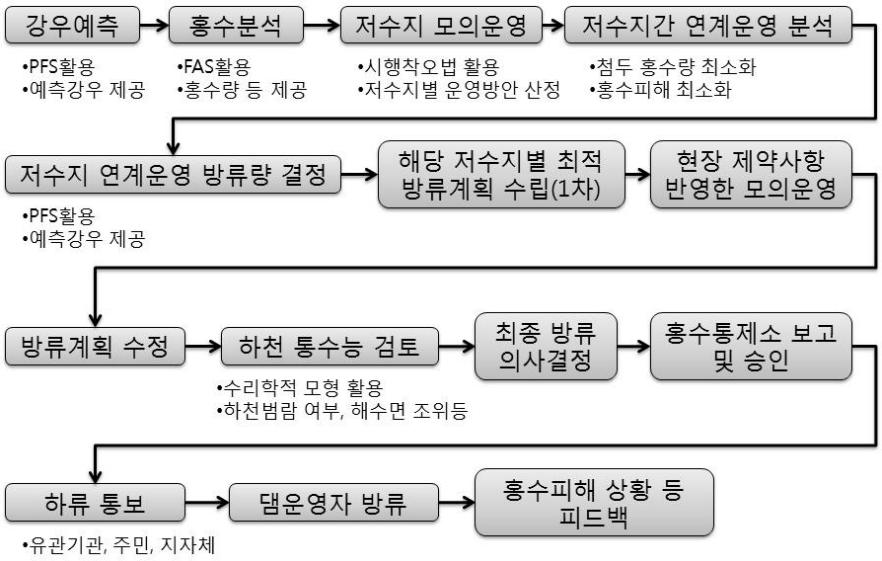
### (2) 시스템 구성

가. K-water의 물관리 방안




[K-water 홍수예방 물관리시스템간 연계]

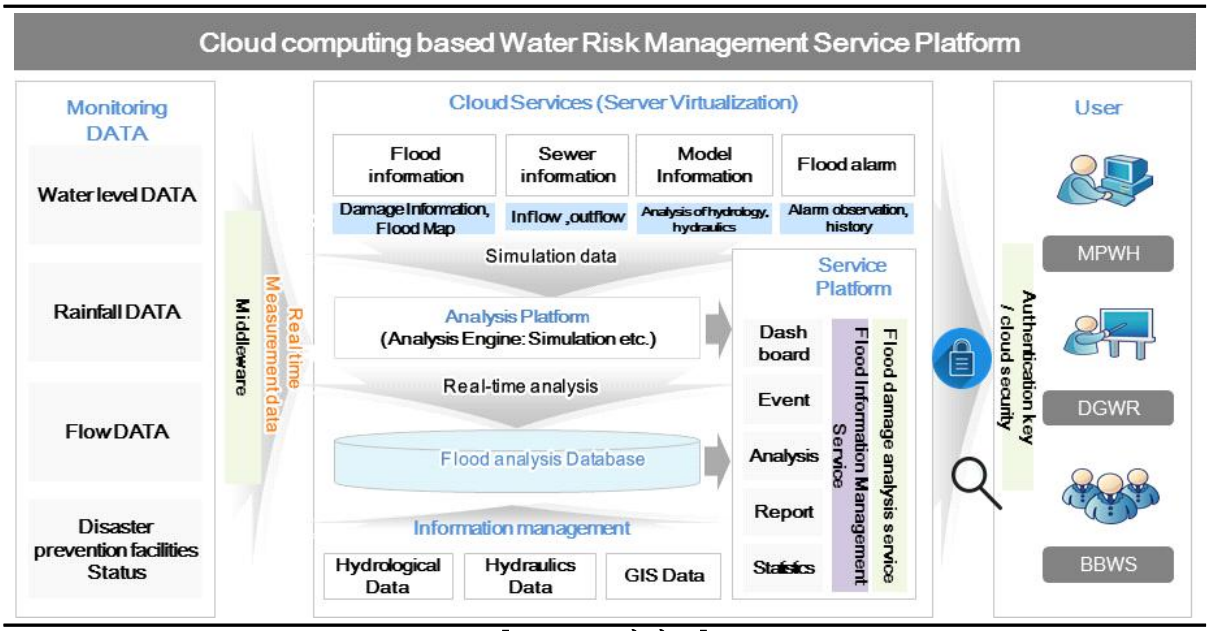
○ 현재 K-water의 홍수예방을 위한 물관리시스템간의 연계는 수위 및 강우자료 등의 원시자료를 취합하여 수리, 수문자료와 GIS데이터를 관리하는 정보관리시스템과 그 데이터를 FAS의 COFIM(수문모형)과 Fldwav(수리모형)를 이용하여 방류의사 결정지원




[홍수예방 물관리업무 흐름도]

○ K-water의 홍수예방을 위한 물관리업무의 흐름은 위의 그림과 같이 강우예측자료를 이용하여 FAS를 이용한 홍수분석결과를 바탕으로 저수지를 모의운영하고 연계방안을 도출하여 방류량을 결정

나. WRMS 구성




[WRMS 개념도]

○ K-water에서 개발한 홍수분석시스템(FAS)의 기능을 인도네시아 여건에 적합하도록 현지화하여 기상, 지형, 수문정보 등 다원화된 정보들을 집중화하고 하천, 댐, 보 등 다중 물재해 관리 시설에 대한 다양한 최적 연계운영 가이드라인을 제시하기 위한 분석 툴을 개발함

○ Kwater의 홍수분석시스템(FAS)의 데이터베이스, 통신,시스템의 서버사양 등 우리나라 여건에 맞추어 개발된 시스템을 인도네시아 현지여건에 적합하도록 전환하기 위한 기본 조사를 수행

○ 기존 FAS 시스템은 Kwater의 물관리시스템의 Sub-system으로 수문관측, 수문정보취득, 강우예측 발전운영시스템 등과 유기적으로 연관되어 있으므로 이를 인도네시아 현지 요구조건에 부합하도록 협의

○ 이상의 구동조건 검토 및 현지요구사항 협의 과정을 거쳐 인도네시아 맞춤형 홍수분석 시스템으로 Customizing 하는 과정 수행

○ 기후변화로 인한 집중호우와 이상가뭄으로 인해 물 재해의 발생빈도나 규모가 증가하여 물을 관리하는 여건이 변화되고 있지만, 홍수조절용량 확보를 위한 댐, 홍수조절지 등 신규 수자원시설물의 건설은 어려운 상황

○ 홍수분석시스템은 댐군 홍수조절 연계운영모형(집중형 수문모형 및 1차원 수리모형)에 홍수분석 모의훈련 프로그램인 시뮬레이터가 탑재

○ 홍수분석시스템에서 분석가능한 대상 범위는 다목적댐, 발전용댐, 용수전용댐, 댐하류로서 분석환경은 동일 프로그램 내에서 유기적으로 연계되어 운영되고 있으며, 수계 내 상류의 다목적댐 및 용수전용댐을 우선 분석하여 댐에 대한 방류량이 결정되면 하류모형에서는 상류댐의 방류량을 하도의 기점유입으로 입력하여 홍수에 대한 연계분석을 실시

○ 홍수분석시스템은 신속한 홍수분석능력 및 의사결정을 위해 단일호우사상에 대한 집중형 모형으로 구성됨. 이는 수문기상 상황이 시시각각으로 변하기 때문에 각 분석 단계별로 지속적으로 상황에 맞는 분석정보를 재생산하여야 하는 이유로 비교적 단순하며, 사용자의 매개변수 조정이 최소화된 모형을 채택

○ 홍수분석모형은 강우량을 저류함수에 의해 유출량으로 환산하는 모듈, 산정된 유출량을 활용하여 저수지를 모의운영 하는 모듈 및 하류 하천에 대한 수문학적 및 수리학적 하도 추적를 통한 댐의 방류 영향을 파악하는 모듈로 구성

○ 수위 및 강우자료 등의 원시자료를 취합하여 수리, 수문자료와 GIS데이터를 관리하는 정보관리시스템과 그 데이터를 FAS의 COFIM(수문모형)과 Fldwav(수리모형)를 이용한 분석플랫폼, 입출력 데이터 관리와 모의결과를 시각적으로 표시하기 위한 서비스 플랫폼으로 유기적으로 연계되어 사용자에게 물재해 정보와 분석결과를 제공

○ 현지화 된 홍수분석 시스템은 시뮬레이션 기법을 통해 유출량 산정, 저수지 모의 운영 후 방류량

산정으로 이루어지며 궁극적으로 침수지역 해소를 위한 의사도구 툴로서 사용가능하도록 시스템 개발

○ 인도네시아 현지여건(잦은 정전과 물리적 서버관리와 유집보수의 어려움)을 고려하여 구축된 물재해 분석시스템을 가상화 기반으로 물리적 통합한 후 통합된 정보자원을 자동으로 관리하고 운영하는 클라우드 관리솔루션(CMS) 적용

### (3) 물재해 정보분석(Data Analysis) 시스템 개발

○ 물재해 정보분석 시스템은 FAS의 수문모델인 COSIFIM의 대상지역을 대상으로 한 모델에 수문자료(강우, 수위 등)을 입력하여 소유역별 유출량을 모의

○ 유출량을 입력값으로 하천단면 등으로 FAS의 수리모델인 Fldwav모델을 구축하여 관심지역의 수위값을 모의하고 유출량을 기반으로 2차원수문모형에 적용하여 홍수의 확산을 모의

○ 확률강우를 적용하여 강우에 따른 홍수모의결과를 도출하고 이에 홍수피해 저감을 위한 시나리오를 적용하여 대안별로 결과를 비교

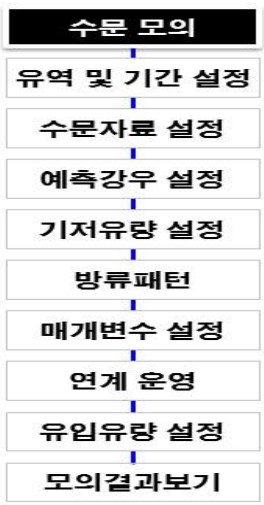



[물재해 정보분석 시스템 업무 흐름도]

가. 인터페이스 설계

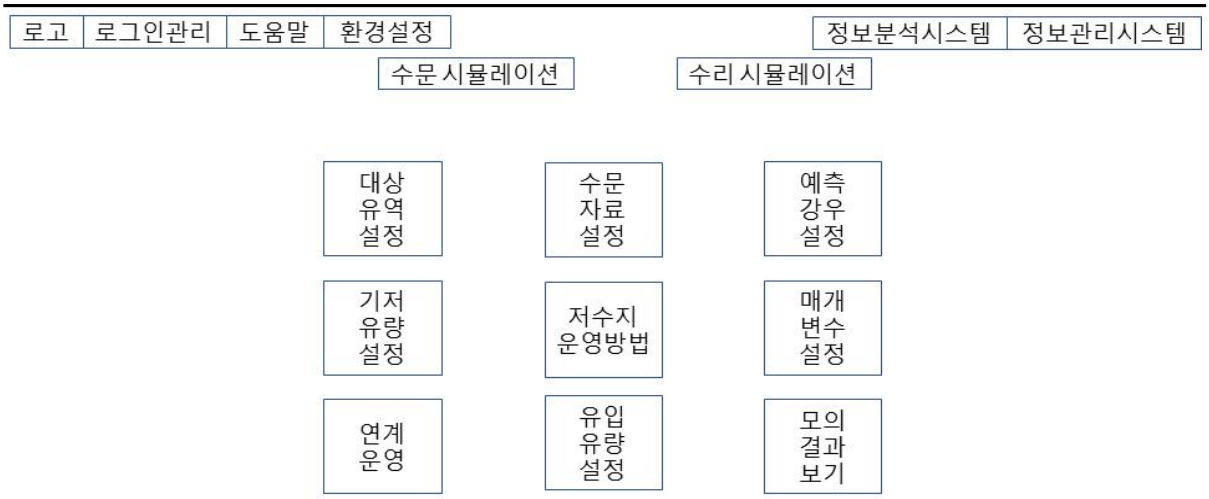
1) 수문 모의(Hydrological Simulation) 인터페이스 설계

가) 메뉴설계




[메뉴 설계]

나) 화면설계




[수문모의 초기 화면]




[대상 유역 설정 및 정보 입력]




[수문정보 입력]




[예측강우 설정]




[기저유량 설정]




[저수지 운영방법 설정]



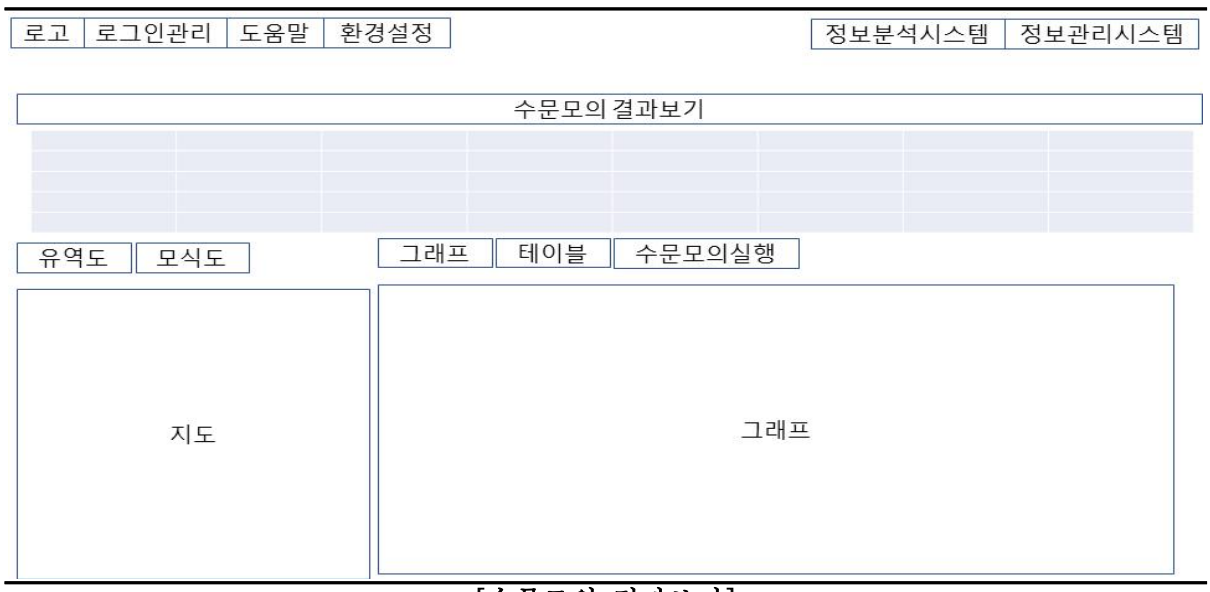

[매개변수 설정]




[연계운영 설정]



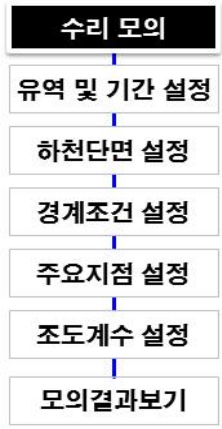

[유입,유출 설정]




[수문모의 결과보기]

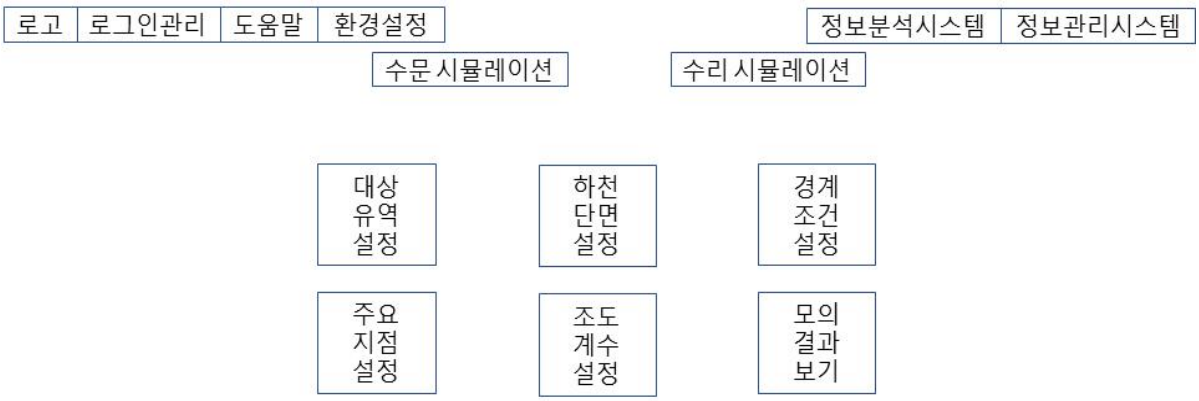
2) 수리 모의(Hydraulic simulation) 인터페이스 설계

가) 메뉴설계




[메뉴 설계]

나) 화면설계




[수리모의 초기화면]




[대상 유역 설정 및 정보 입력]




[하천단면 설정]




[경계조건 설정]




[주요지점 설정]



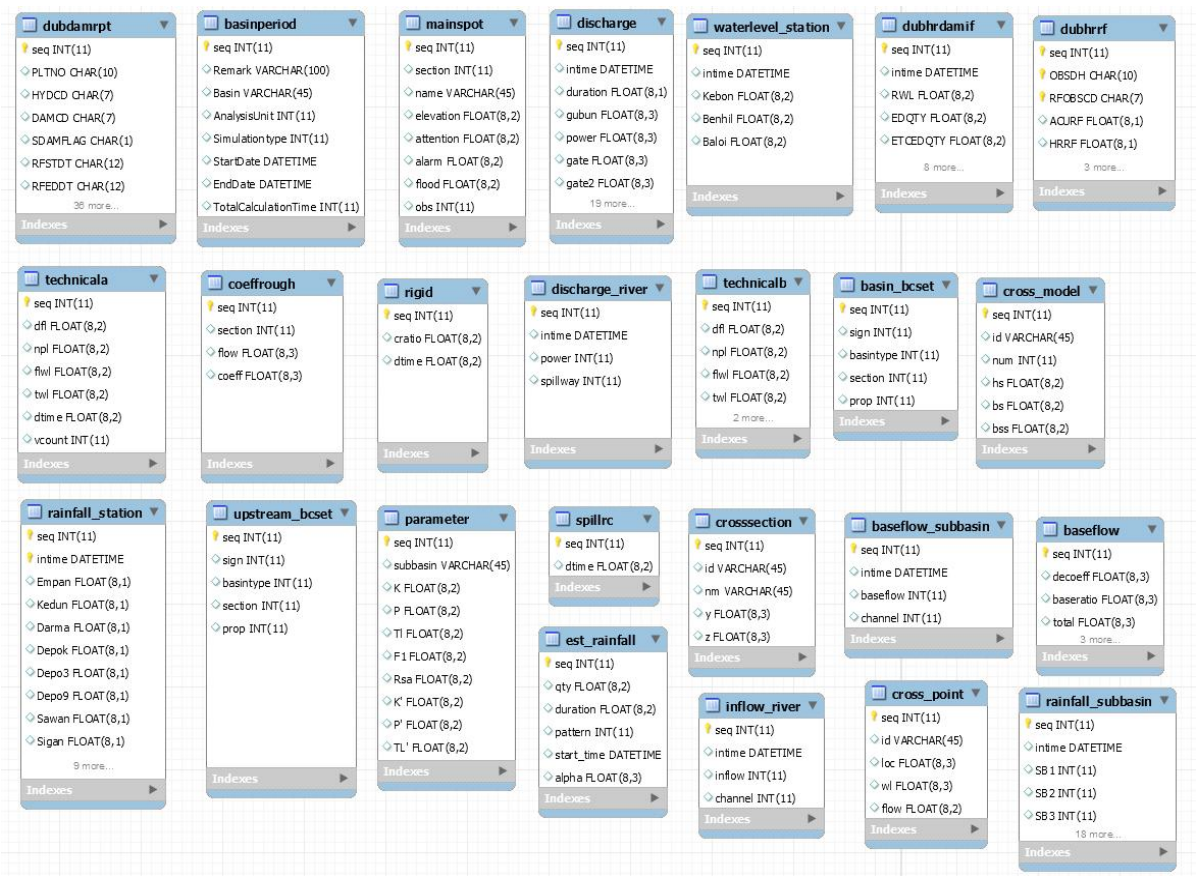

[조도계수 설정]




[수리모의 결과보기]

나. 시스템 DB 및 GIS레이어 구조설계

1) DB구성




[테이블 구성도]

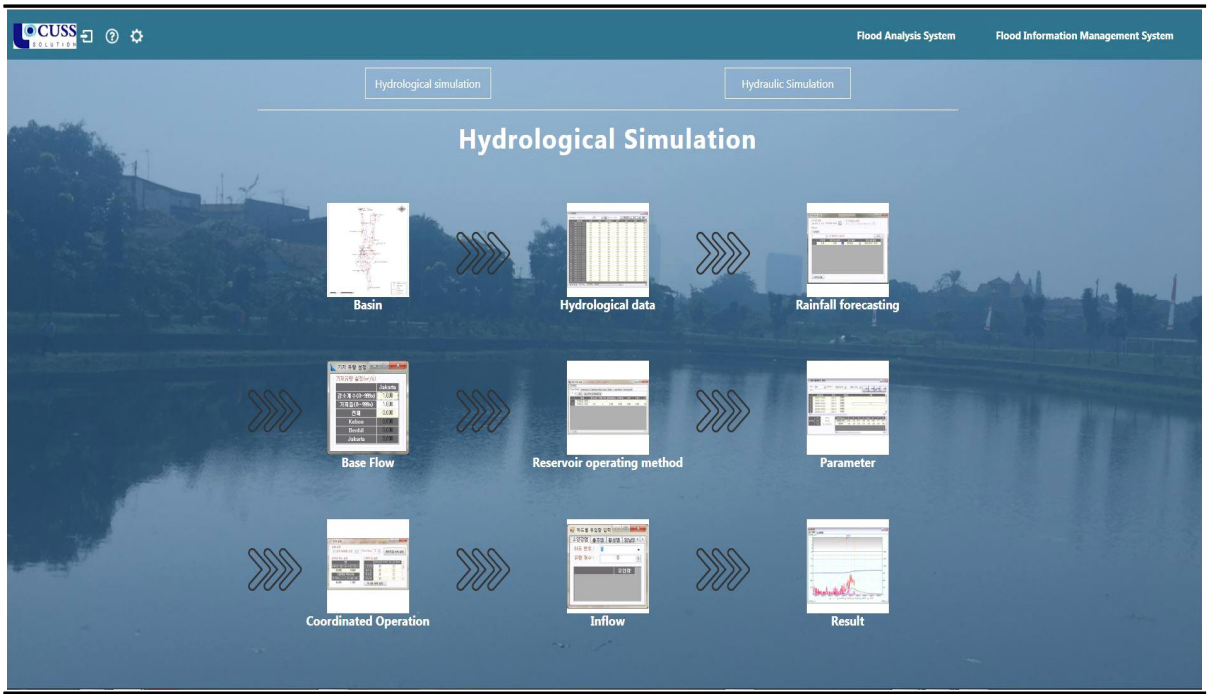
2) GIS 레이어 구성

**레이어 구성**

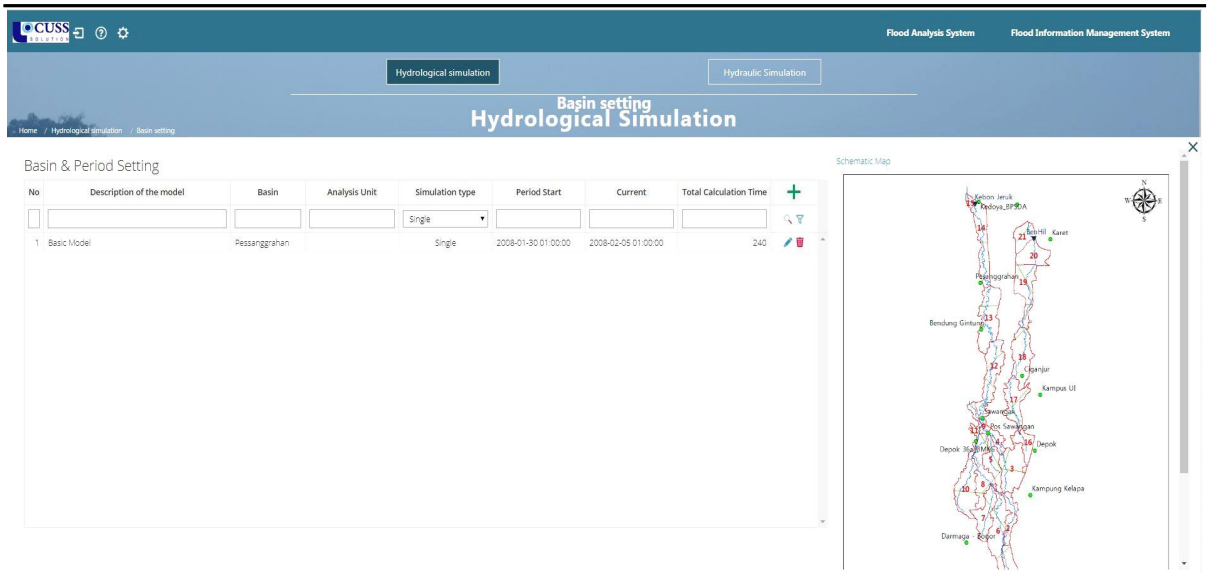
| 구 분 | 데이터 타입 | 순서 |
|---|---|---|
| **위성사진** | 이미지 | 1 |
| **등고자료** | DEM | 2 |
| **유역도** | 면 | 3 |
| **소유역도** | 면 | 4 |
| **하천** | 선 | 5 |
| **강우관측소** | 점 | 6 |
| **수위측정소** | 점 | 7 |
| **주요지점** | 점 | 8 |

다. 시스템 기능구현

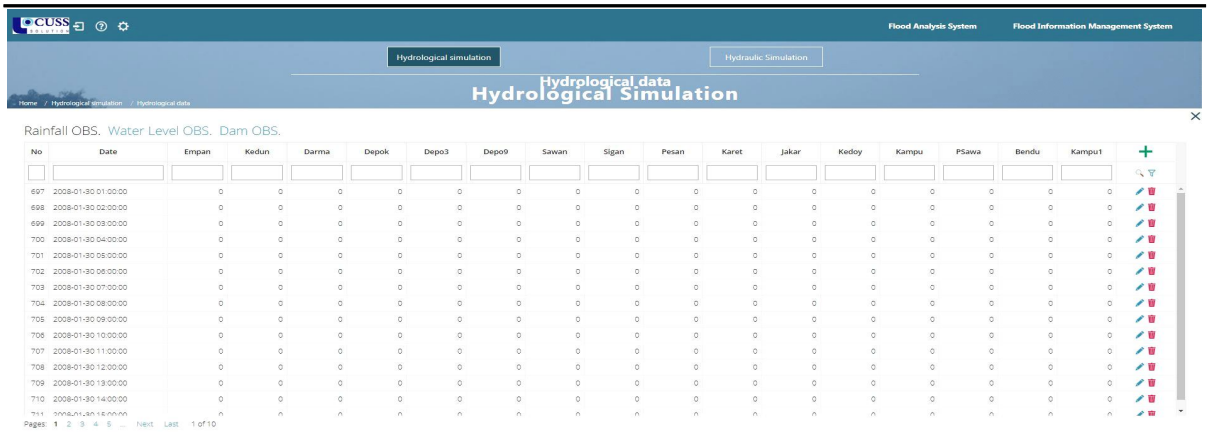
1) 수문 모의(Hydrological Simulation) 기능구현



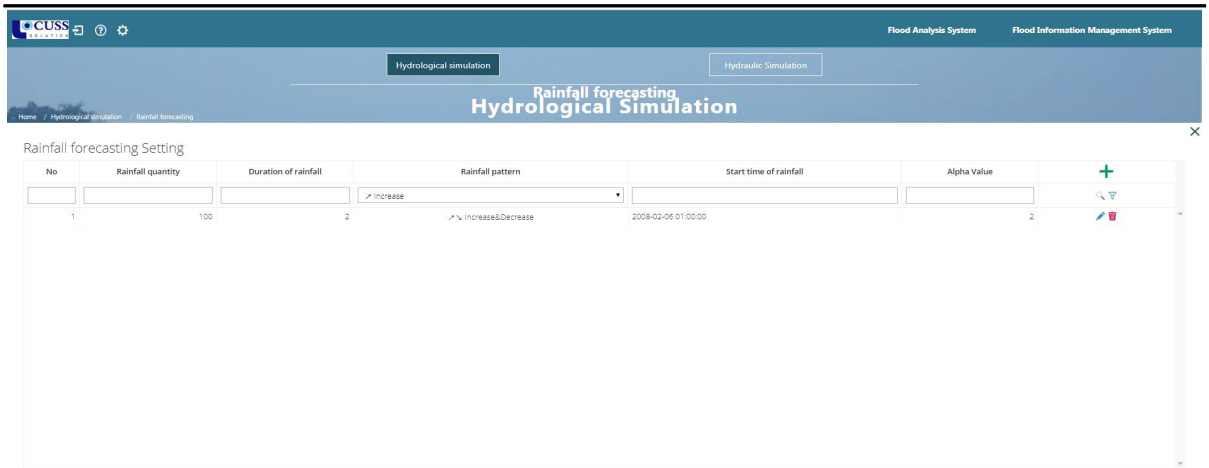

**[수문모의 초기화면]**



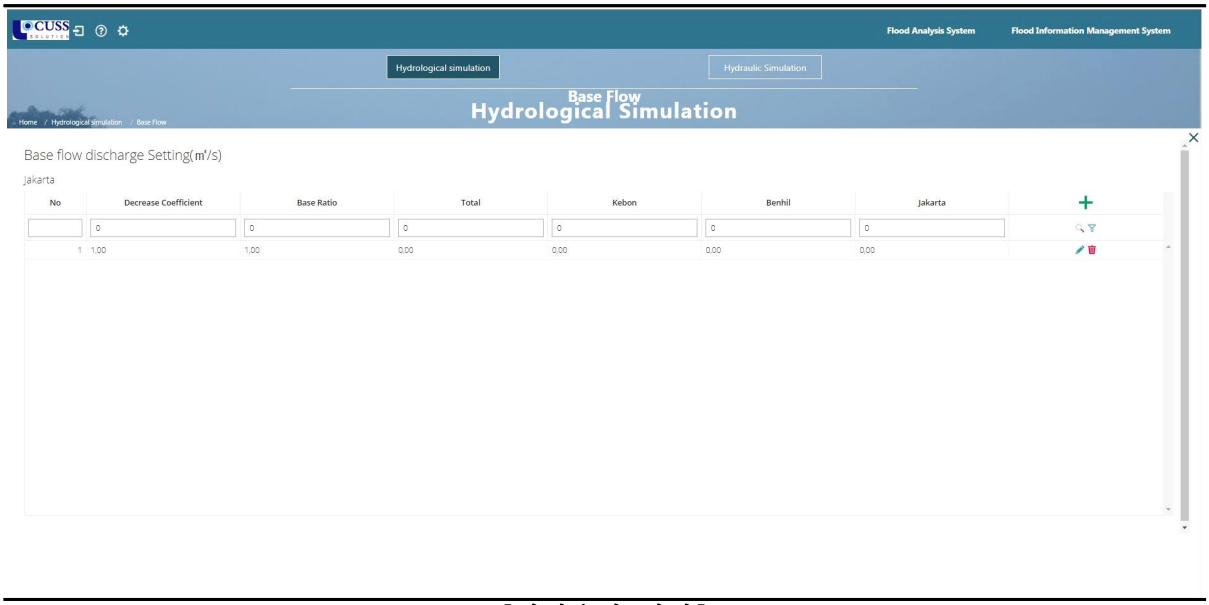

[대상 유역 설정 및 정보 입력]



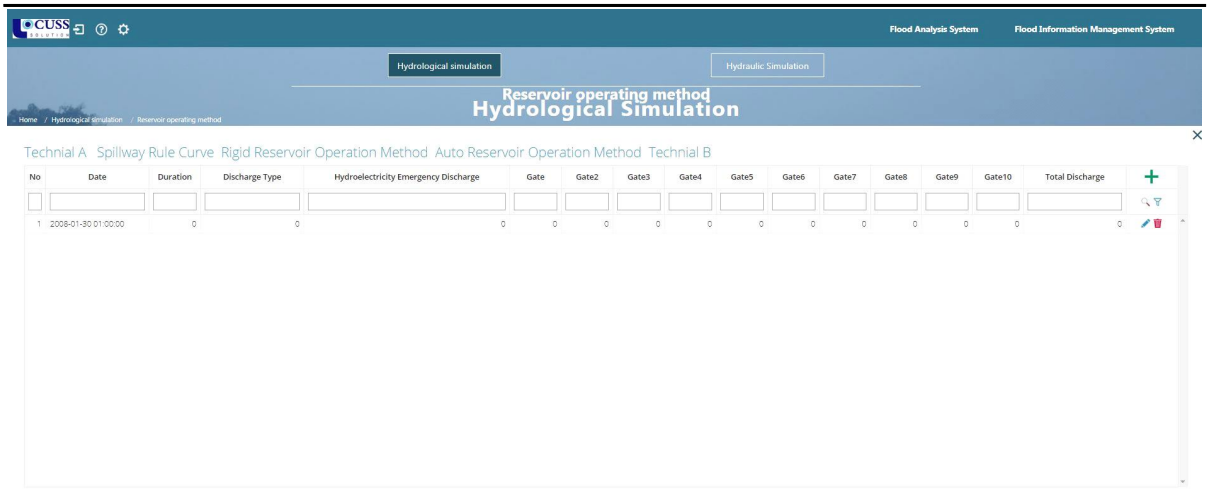

[수문정보 입력]



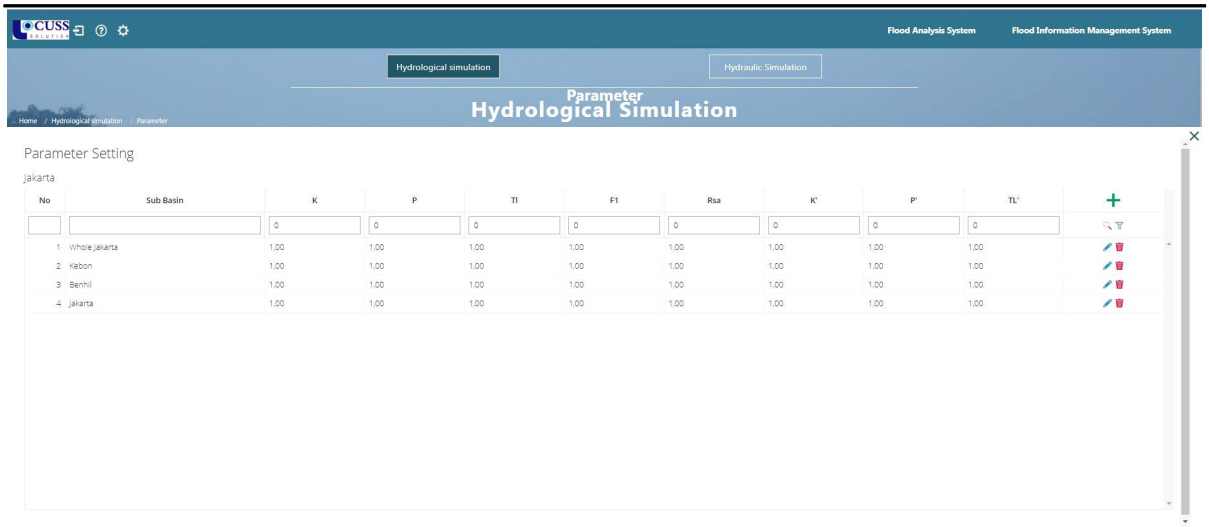

[예측강우 설정]



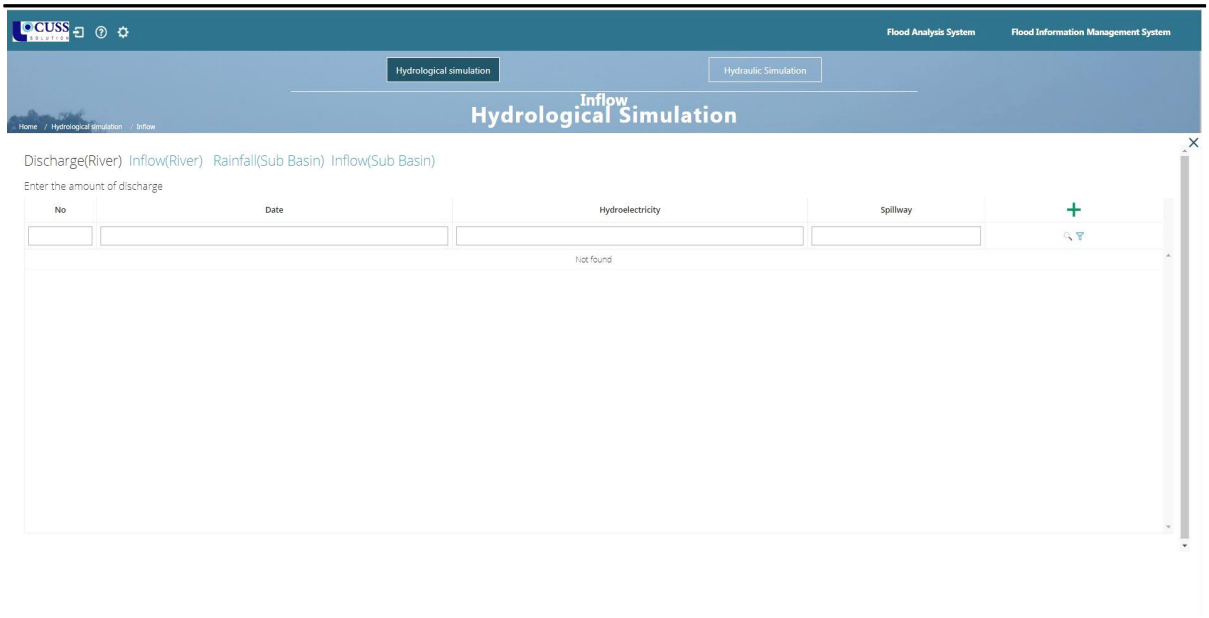

[기저유량 설정]



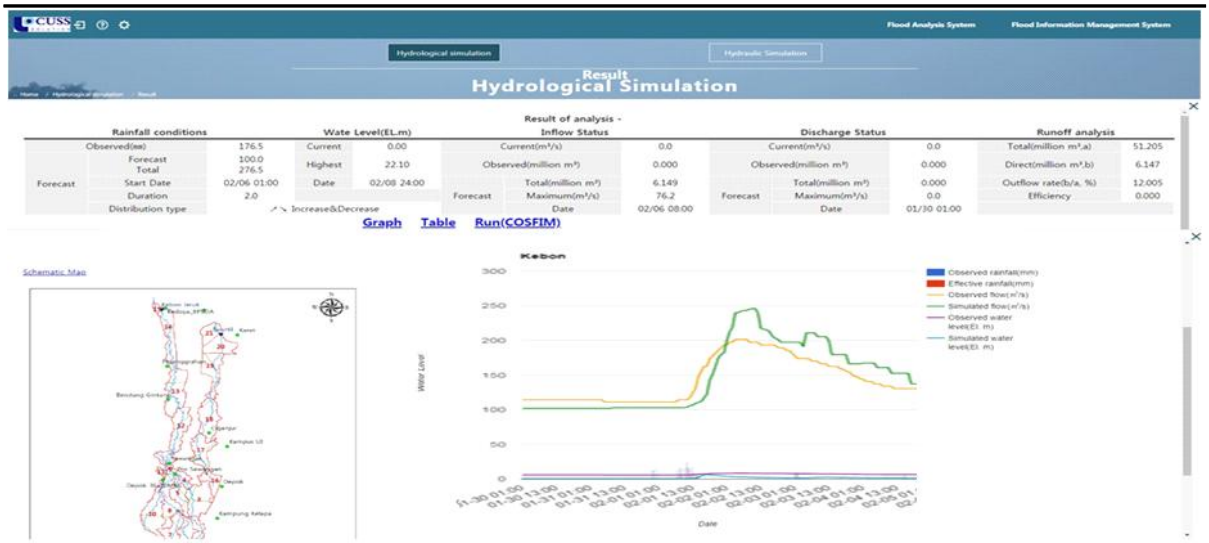

[저수지 운영방법 설정·방류패턴]




[매개변수 설정]

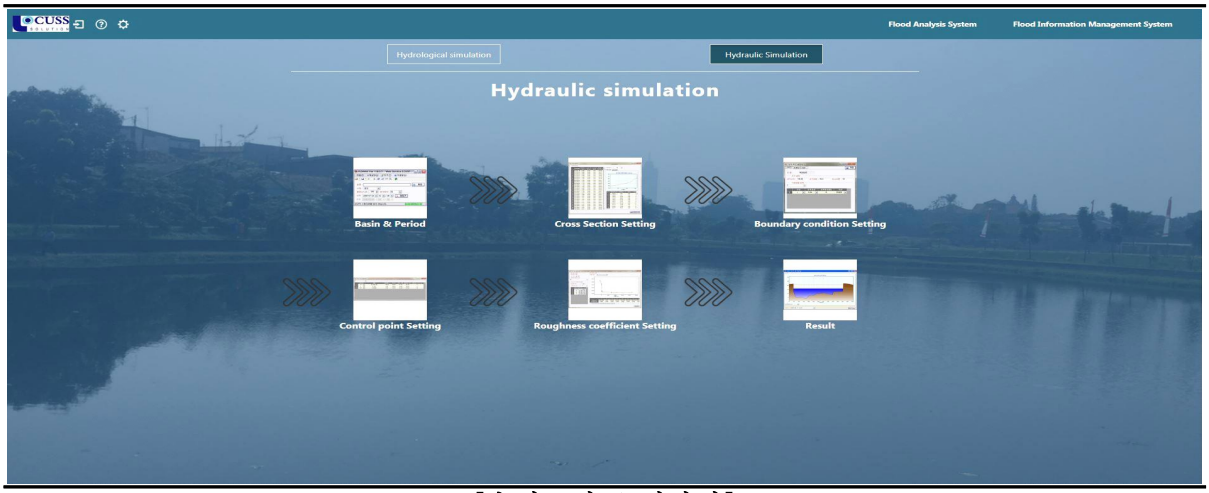



[유입,유출 설정]

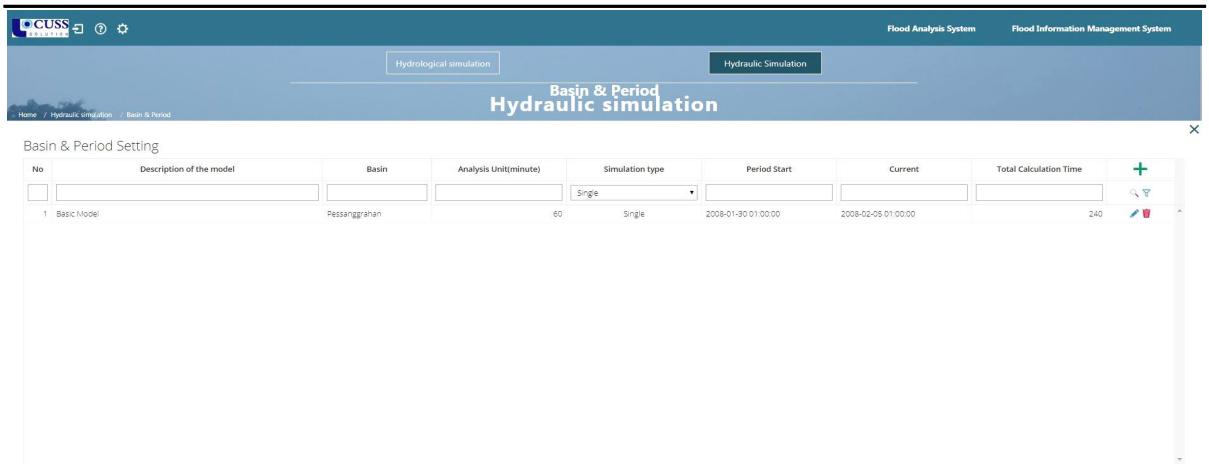



[수문모의 결과보기]

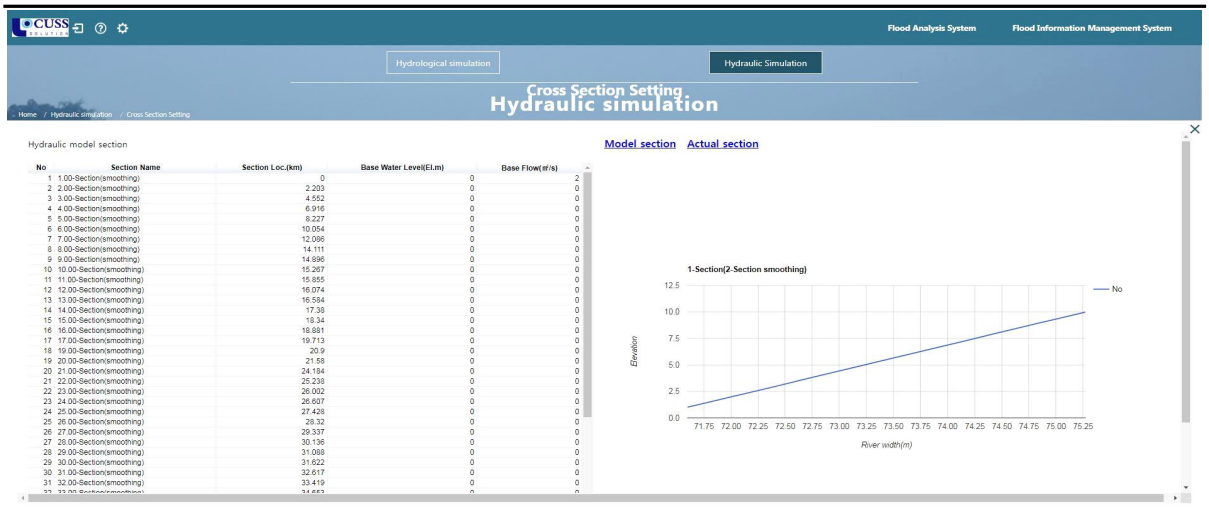
2) 수리 모의(Hydraulic simulation) 기능구현



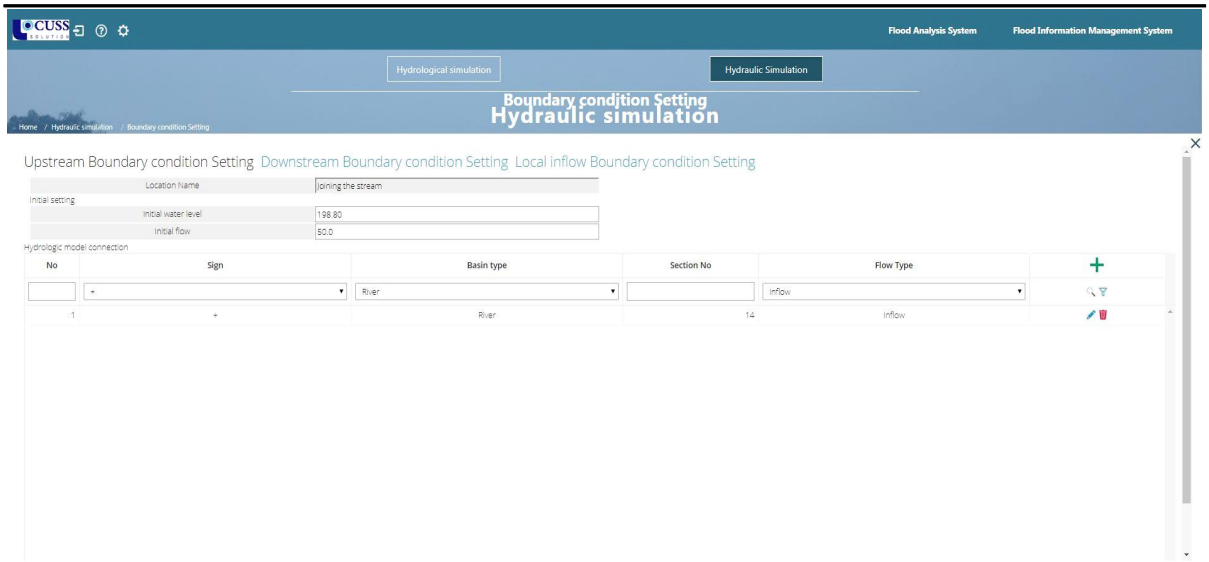

[수리모의 초기화면]



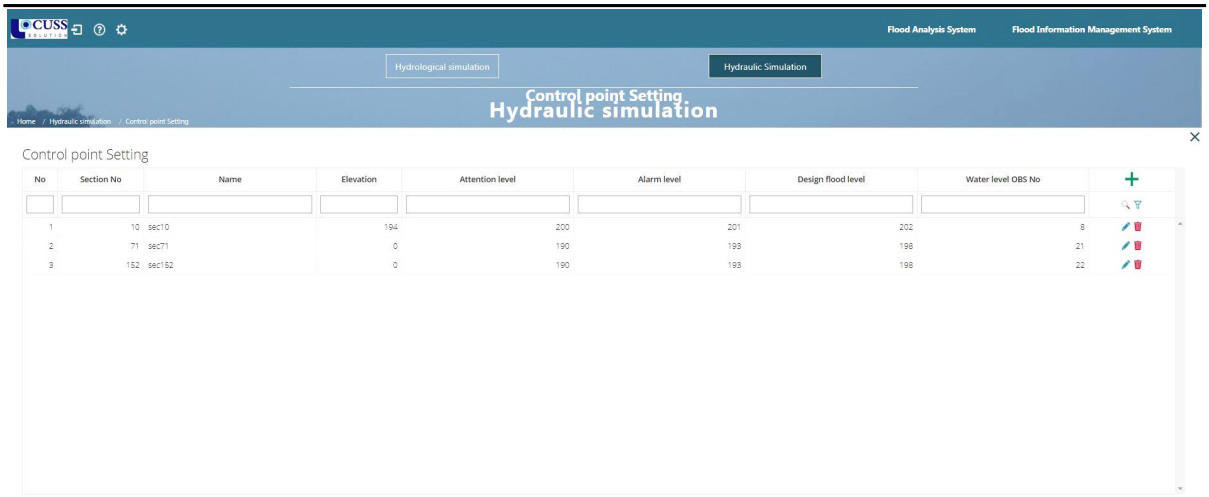

[대상 유역 설정 및 정보 입력]



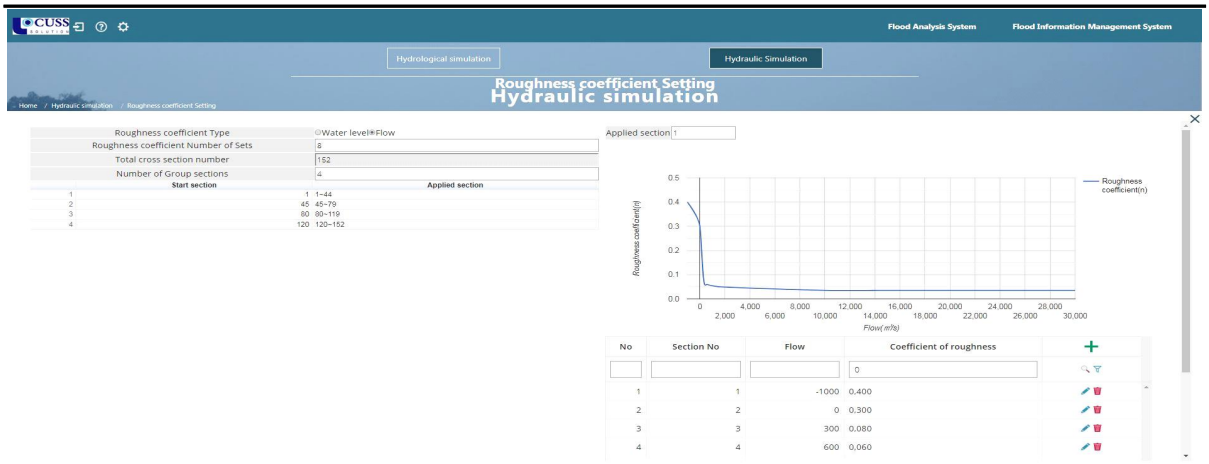

[하천단면 설정·모델]



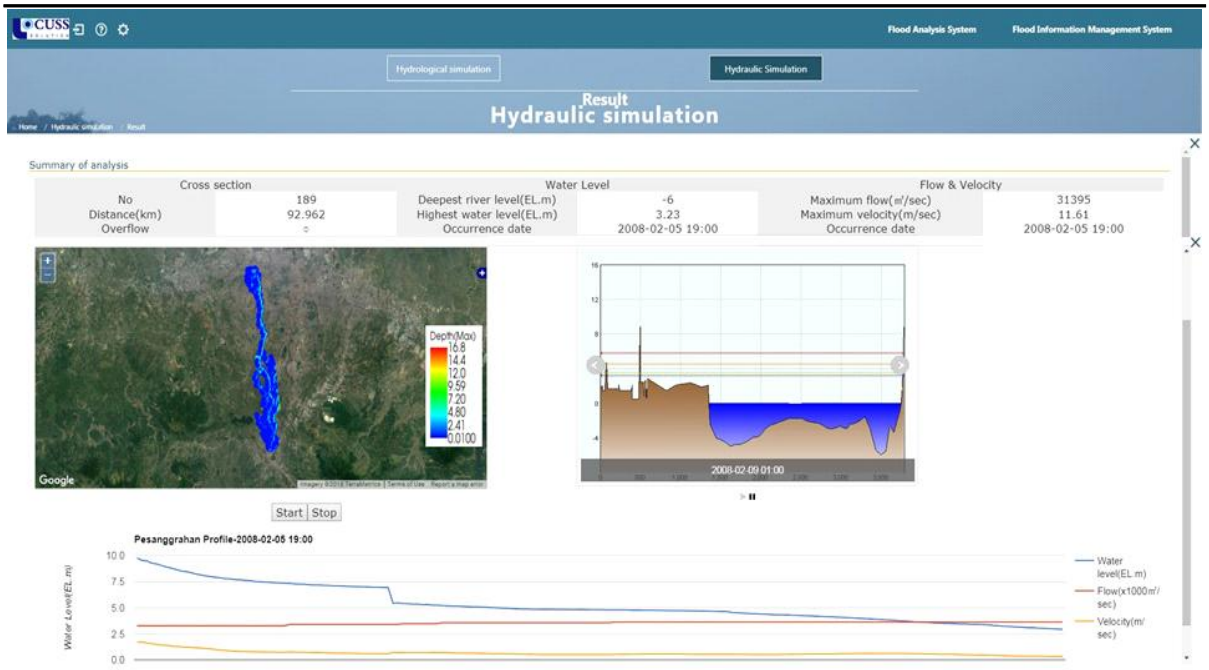

[경계조건 설정]




[주요지점 설정]




[조도계수 설정]


Flood Analysis System
Flood Information Management System
Hydrological simulation
Hydraulic Simulation
Result
Hydraulic simulation
Summary of analysis
Cross section
No 189
Distance(km) 92.962
Overflow
Water Level
Deepest river level(EL.m) -6
Highest water level(EL.m) 3.23
Occurrence date 2008-02-05 19:00
Flow & Velocity
Maximum flow(㎥/sec) 31395
Maximum velocity(m/sec) 11.61
Occurrence date 2008-02-05 19:00
Depth(Max)
16.8
14.4
12.0
9.59
7.20
4.80
2.41
0.0100
Google
2008-02-09 01:00
Start
Stop
Pesanggrahan Profile-2008-02-05 19:00
Water Level(EL.m)
10.0
7.5
5.0
2.5
0.0
Water level(EL.m)
Flow(x1000㎥/sec)
Velocity(m/sec)

[수리모의 결과보기]

## 6. 홍수분석 모형 구축

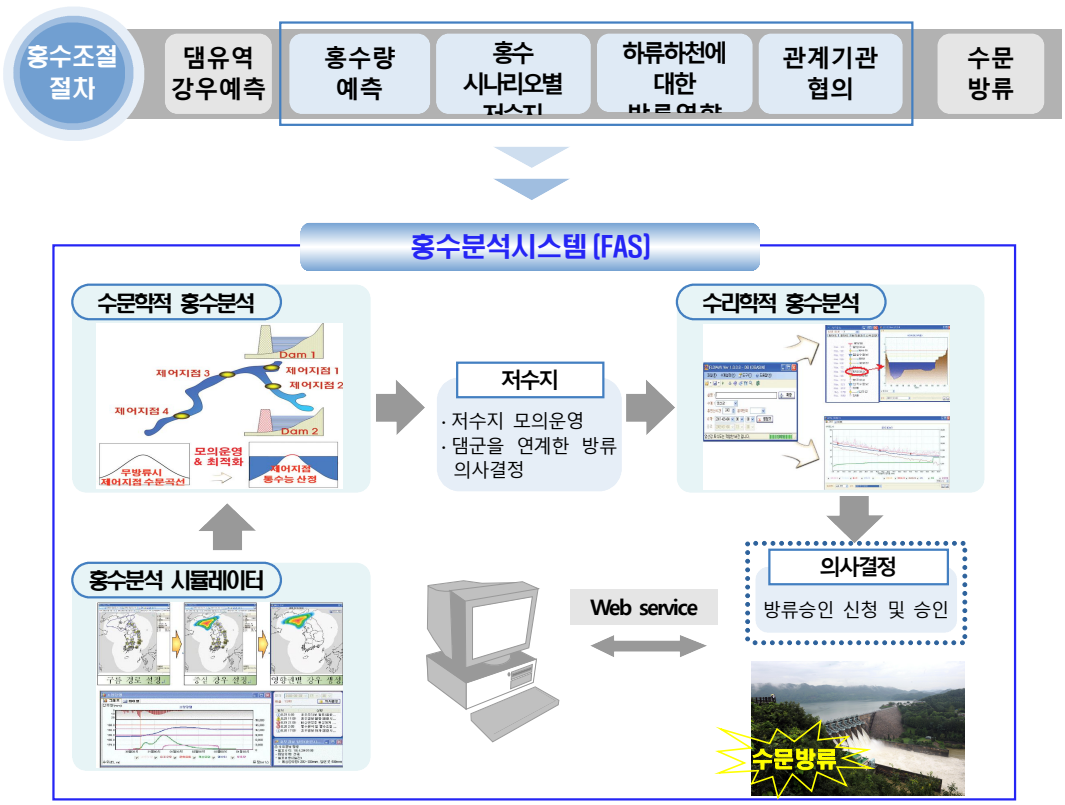
### (1) 모델링 개요

가. FAS

1) 개요

○ 기후변화로 인한 집중호우와 이상가뭄으로 인해 물 재해의 발생빈도나 규모가 증가하여 물을 관리하는 여건이 변화되고 있지만, 홍수조절용량 확보를 위한 댐, 홍수조절지 등 신규 수자원시설물의 건설은 어려워지고 있다. 따라서 기존 댐 등의 시설물을 통합운영하여 홍수조절의 효율성을 높이고 유역단위 물관리체계의 기반을 마련하기 위해 전 수계에 댐군 통합 홍수분석시스템(FAS, Flood Analysis System)을 자체기술로 구축하여 운영하고 있다.

○ 홍수분석시스템은 댐군 홍수조절 연계운영모형(집중형 수문모형 및 1차원 수리모형)에 홍수분석 모의훈련 프로그램인 시뮬레이터가 탑재되어 있다. 실시간 Data Base와 연동하여 수문관측 및 수퍼컴 강우예측자료를 자동으로 수집가능하며, 사무자동화 환경과의 호환은 물론, 간단한 교육을 통한 손쉬운 분석이 가능토록 구성되어 있다.




[홍수분석시스템 운영 개요]

○ 수계에 대한 홍수류 계산모형, 또는 홍수추적 모형은 수문학적 모형과 수리학적 모형으로 구분할 수 있다. 저류함수법과 같은 수문학적 모형은 비교적 단순하기 때문에 운영이 간편하고 복잡한 계산을 필요로 하지 않으며, 계산의 안정성이 뛰어나서 오래 전부터 많이 이용되고 있다.

그러나 수문학적 모형은 물리적인 방법이라기보다는 차분형의 연속방정식과 개념적인 저류방정식에 근거한 방법으로서 유량 및 수위 계산의 대상지점이 특정 지점에 한정되어 있어 다양하고 충분한 흐름정보를 제공하기 어렵다.

○ 홍수분석시스템에서 분석가능한 대상 범위는 다목적댐, 발전용댐, 용수전용댐, 댐하류로서 분석환경은 동일 프로그램 내에서 유기적으로 연계되어 운영되고 있으며, 수계 내 상류의 다목적댐 및 용수전용댐을 우선 분석하여 댐에 대한 방류량이 결정되면 하류모형에서는 상류댐의 방류량을 하도의 기점유입으로 입력하여 홍수에 대한 연계분석을 실시하고 있다.

○ 모형을 효과적으로 기술하는 데는 모형화(modeling)의 목적을 명확히 정의하고 요구되는 정도의 기준을 설정함이 필요하게 된다. 자연계인 원형의 거동은 대단히 복잡한 것이 일반적이므로 이를 단순화하기 위해서는 모형화 과정에서 여러 가지 가정을 하지 않을 수 없다. 이들 가정의 성격에 따라 수문학적 모형은 물리적 모형(physical model)과 개념적 모형(conceptual model)으로 구분하게 된다.

○ 개념적 모형은 원형의 거동을 수학적 방정식의 형태로 표시하는 것이 보통이므로 수학적 모형(mathematical model) 혹은 이론적 모형(theoretical model) 이라고도 하는데, 이 모형기법에서는 원형의 성질을 물리적으로 모방하거나 묘사하지 않고, 원형의 특성 혹은 거동을 일련의 수학적 관계식으로 표시하게 된다.

○ 홍수분석시스템은 신속한 홍수분석능력 및 의사결정을 위해 단일호우사상에 대한 집중형모형으로 구성되어 있다. 이는 수문기상 상황이 시시각각으로 변하기 때문에 각 분석 단계별로 지속적으로 상황에 맞는 분석정보를 재생산하여야 하는 이유로 비교적 단순하며, 사용자의 매개변수 조정이 최소화된 모형을 채택하였다. 홍수분석모형은 강우량을 저류함수에 의해 유출량으로 환산하는 모듈과, 산정된 유출량을 활용하여 저수지를 모의운영 하는 모듈 및 하류 하천에 대한 수문학적 및 수리학적 하도 추적를 통한 댐의 방류 영향을 파악하는 모듈로 구성된다.

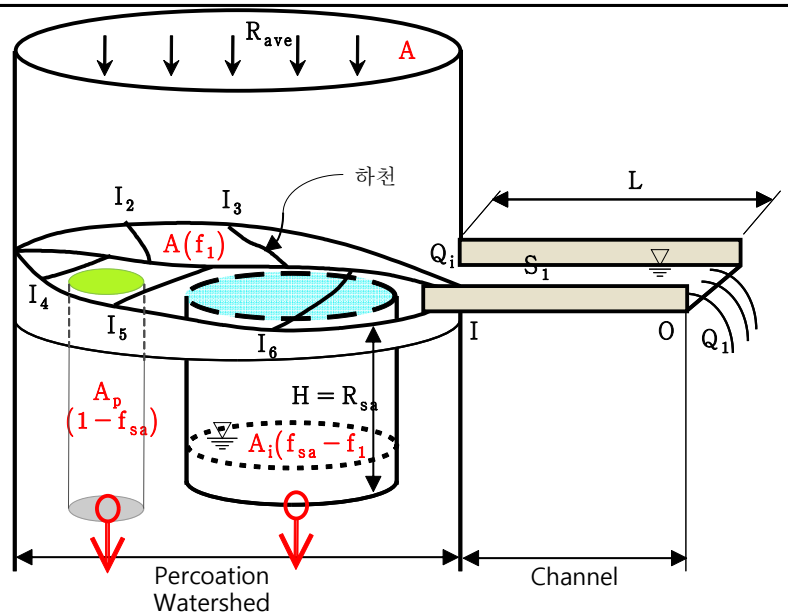
**홍수분석모형 주요 구성요소**

| 구 분 | 사용모델 | 주요 기능 | 주요 입력자료 |
|---|---|---|---|
| **홍수유출 계산** | 강우•유출 모형<br>(저류함수 모형) | 시·공간적 홍수<br>유출량 예측 | ● 수위 및 강우량<br>● 모형의 매개변수 |
| **댐방류<br>계획 수립** | 댐운영모형<br>(Technical ROM 등) | 댐 방류계획<br>시나리오 작성 | ● 시간별 댐유입량<br>● 댐 상하류의 제약조건<br>● 홍수기 댐운영 기준 |
| **댐하류 유출<br>예측** | 하도추적 모형 | 댐하류 수계의<br>수위·유량 예측 | ● 댐의 방류계획<br>● 지류하천의 유출수문곡선<br>● 하천자료와 매개변수 |
| **수리학적 분석** | 1차원 수리학적 하도추적<br>모형 | 댐하류 수계의 수위·유량의<br>수리학적 분석·예측 | ● 댐의 방류계획<br>● 지류하천의 유출수문곡선<br>● 하천자료와 매개변수 |

○ 수리학적 모형은 흐름이 연속적으로 변화하는 경우에 대하여 미분방정식인 연속방정식과 운동량방정식, 즉 Saint-Venant 방정식을 수치적으로 해석함으로써 원하는 시간 및 지점에서의 수위와 유속을 계산하게 된다. 실제 물리적 현상과 자연조건을 상세히 반영하므로 수문학적 모형에 비하여 정확한 반면, 모형의 복잡성 때문에 계산량은 많게 된다. 그러나 이러한 계산량이 별 문제가 되지 않을 정도로 컴퓨터의 성능이 향상된 오늘날에 있어서는 수리학적 모형이 널리 사용되고 있다.

2) 유역의 홍수 추적

○ 저류함수를 이용한 소유역 유출을 모의하기 위한 개념도는 <그림 5.3>과 같다. 여기서 $R_{ave}$은 강우량(Rainfall), $A$는 대상유역 면적(㎢), $f_{sa}$는 대상유역 중 유출에 기여하는 면적비, $f_1$은 대상유역에 대한 유출역(Runoff Area) 면적비, $f_{sa}-f_1$는 유출기여 면적에 대한 침투역(Infiltration Area) 비율, $1-f_{sa}$는 대상유역에 대한 침루역(Percolation Area) 면적비, $R_{sa}(H)$는 지표면하 침투역에 대한 포화우량(Saturation Rainfall), $L$은 하도의 길이, $S_l$은 하도저류량, $Q_i$는 하도유입량(소유역 유출량), $Q_l$는 하도의 유출량이다.




[저류함수모형의 강우·유출모의 개념도]

○ 유역의 자연현상에 대한 강우·유출 모의를 위해서 몇 가지 가정이 필요하다. 유역의 하도구간 $(I \sim O)$은 아래로 경사져 있으며, 유역 전체에 균등하게 강우량 $R_{ave}$이 발생하고, 소유역에서의 초과강우에 대한 지체시간을 고려하여 얻어지는 유출량은 하천에 유입된 후, 하도 형상에 따른 저류과정을 거쳐 출구로 배출된다고 가정한다.

○ 유역은 유출특성에 따라 3가지로 분류하였다. 강우에 대해 유출초기부터 유출에 기여하는 불투수지역인 유출역이 존재하며, 초기 강우에 대해 지표면하로 침투된 후 일정량의 토양 포화우량을 만족시킨 후 유출에 기여하는 침투역을 두었고, 침루역을 설정하여 하천 유출에 기여하지 않고 지하수로 유입되는 지역을 개념적으로 분류하였다.

○ 실제 유역 유출 계산에 있어서는 유역저류와 유출에 관한 단위를 강우량단위(㎜/hr)와 같이 단위저류고(㎜), 단위유출고(㎜/hr)로 사용한다. 이에 따라 유역의 저류함수식은 식(5.1) 및 식(5.2)으로 표시한다.

$$R_e(t) - q_l(t) = dS_l(t)/dt \tag{5.1}$$

$$S_l(t) = kq_l(t)^p \tag{5.2}$$

여기서, $t$ 시간의 유역출구에서의 유출량 $q(t)$는 $q_l(t-\Delta t)$의 개념

$R_e$ : 유효강우(㎜/$\Delta t$)　　$k$ : 저류상수($㎜^{(1-p)}/\Delta t^{(-p)}$)

$p$ : 저류상수(무차원)　　$T_l$ : 지체시간($\Delta t$)

$S_l$ : 저류고(지체)(㎜)　　$q_l$ : 유출고(지체)(㎜/$\Delta t$)

$q$ : 유출고(출구)(㎜/$\Delta t$)　　$\Delta t$ : 계산단위시간(여기서는 1시간)

식(5.2)을 차분식으로 표시하면 식(5.3)과 같다.

$$R_e(t) = \frac{(q_l(t-\Delta t) + q_l(t))}{2} + \frac{(S_l(t) - S_l(t-\Delta t))}{\Delta t} \tag{5.3}$$

식(5.3)를 다시 정리하면 식(5.4)과 같다.

$$\frac{S_l(t)}{\Delta t} + \frac{q_l(t)}{2} = \frac{S_l(t-\Delta t)}{\Delta t} - \frac{q_l(t-\Delta t)}{2} + R_e(t) \tag{5.4}$$

식(5.2)을 식(5.4)에 대입하면 식(5.5)와 같다.

$$\frac{kq_l(t)^p}{\Delta t} + \frac{q_l(t)}{2} = \frac{kq_l(t-\Delta t)^p}{\Delta t} - \frac{q_l(t-\Delta t)}{2} + R_e(t) \tag{5.5}$$

식(5.5)에서 우변항은 기지의 값이므로 식(5.6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$a \cdot q_l(t)^p + b \cdot q_l(t) = Constant \ (a, b : 일정) \tag{5.6}$$

식(5.6)은 포함된 여러 개의 미지수 때문에 직접적으로 해를 구할 수 없으므로, 변수 초기치를 가정하여 반복 수행함으로써 해를 얻을 수 있는 Newton-Raphson법에 의하여

$q_l(t+\Delta t)$, $q_l(t+2\Delta t)$, …, $q_l(t+n\Delta t)$의 값을 구한다.

○ 앞에서의 과정을 유출역과 침투역별로 각각 계산하면 전체 유역의 단위유출고 $q'$는 유출역의 단위 유출고 $q_f$(㎜/day)와 침투역의 단위 유출고 $q_s$(㎜/day)로 식(4)와 같이 표시하며, 이때 유출에 직접적으로 기여하지 못하고 지하수로 바로 침투하는 침루역$[1-f_{sa}]$의 단위유출고에 대하여는 계산에서 제외한다.

$$q' = f_1 \cdot q_f + (f_{sa} - f_1) \cdot q_s \tag{5.7}$$

여기서, $f_1$ : 1차유출률(무차원)

유역의 총 유출 $Q_T$는 기저유량을 포함하여 ㎥/s 단위로 고쳐 쓰면 식 (5.8)과 같으며, 여기에 식 (5.7)을 대입하면 식 (5.9)와 같다.

$$Q_T = \frac{1}{3.6} \cdot q' \cdot A + q_b \tag{5.8}$$

$$Q_T = \frac{1}{3.6} \cdot f_1 \cdot A \cdot q_f + \frac{1}{3.6} \cdot (f_{sa} - f_1) \cdot A \cdot q_s + q_b \tag{5.9}$$

여기서, $q_b$ : 기저유출(㎥/s), $A$ : 전체 유역면적(㎢)

3) 하도의 홍수 추적

가) 저류함수 하도추적

○ 저수지에서의 저류량이 유출량에 의해 결정될 수 있는 것과는 달리 자연 하도의 경우에는 저류량이 수문곡선의 상승부분 또는 하강부분인가에 따라 달라진다. 수문학적 하도 추적의 방법에는 식(5.10) ~ 식(5.12)과 같이 하천의 연속방정식과 저류함수를 사용하여 나타낸다.

$$I(t) - Q_l(t) = \frac{dS_l(t)}{dt} \tag{5.10}$$

$$S_l(t) = k' Q_l(t)^{p'} - T_l' \; Q_l(t) \tag{5.11}$$

$$Q(t) = Q_l(t - T_l') \tag{5.12}$$

여기서, $I(t)$ : 유입량(㎥/s), $k'$ : 저류상수$(\mathrm{m}^{3(1-p')}/\sec^{(-p')})$, $p'$ : 저류상수(무차원),

$T_l'$ : 지체시간(hr), $S_l(t)$ : 저류량(㎥/s·hr), $Q_l(t)$ : 지체된 유출량(㎥/s),

$dt$및 $\Delta t$ : 계산 단위시간(hr), $Q(t)$ : 출구에서의 유출량(㎥/s)

○ 저류함수법은 하천 유역이나 하도에 대한 저류량과 유출량 사이의 관계를 나타내는 저류함수를 연속방정식과 조합하여 홍수유출량을 산정하는 방법이다. 유출현상의 비선형성을 나타내기 위하여 강우·유출의 변환과정에 유역의 저류과정을 도입하고, 그것을 매개변수로 하여 저류량과 유출량의 관계식을 성립시켜 저류량의 물수지를 계산하여 유출을 해석하게 된다.

하도에서의 매개변수는 하도저류상수 k', p' 및 지체시간 Tl' 등이 있으며, 이들은 홍수수문곡선 자료만 있으면 확정적으로 추정할 수 있으므로, 모형의 적용이 용이한 장점이 있다.

식(5.10)의 연속방정식을 차분식으로 표시하면 식(5.13)이 되며,

$$\frac{I(t-\Delta t)+I(t)}{2}-\frac{Q_l(t-\Delta t)+Q_l(t)}{2}=\frac{S_l(t)-S_l(t-\Delta t)}{\Delta t} \tag{5.13}$$

식(5.13)을 정리하면 식(5.14)와 같다.

$$\frac{S_l(t)}{\Delta t}+\frac{Q_l(t)}{2}=\frac{S_l(t-\Delta t)}{\Delta t}-\frac{Q_l(t-\Delta t)}{2}+\frac{I(t)+I(t-\Delta t)}{2} \tag{5.14}$$

식(5.11)를 (5.14)에 대입·정리하면 식(5.15)이 성립한다.

$$\frac{k'Q_l(t)^{p'}}{\Delta t}+\frac{Q_l(t)}{2}-\frac{T_l'Q_l(t)}{\Delta t}=$$

$$\frac{k'Q_l(t-\Delta t)^{p'}}{\Delta t}-\frac{Q_l(t-\Delta t)}{2}-\frac{T_l'Q_l(t-\Delta t)}{\Delta t}+\frac{I(t)+I(t-\Delta t)}{2} \tag{5.15}$$

상기 (5.15)식은 식(5.16)로 나타낼 수 있다.

$$A'Q_l(t)^{p'}+B'Q_l(t)=Constant(A',B':\text{일정}) \tag{5.16}$$

이는 비선형의 수식을 포함하기 때문에 직접적으로 해를 구할 수 없으므로 수치해석 기법인 Newton-Raphson 방법을 이용하여 현재 시각의 $Q_l(t)$를 계산한다.

나) Muskingum 하도추적

○ Muskingum법은 저류량에 미치는 홍수 유입량의 영향을 고려하기 위하여 구간 내의 저류량을 태형저류량과 쐐기저류량으로 구분하여 생각하고, 태형저류량은 유출량에만 비례하나 쐐기저류량은 유입량과 유출량과의 차에 비례한다고 가정한다. 즉 총저류량은 태형저류량과 쐐기저류량의 합으로 나타내어진다.

$$S = KO + Kx(I - O) \tag{5.17}$$

$$S = K[xI + (1-x)O] \tag{5.18}$$

여기서, $K$는 구간 내 저류량의 유출량에 대한 비를 나타내는 저류상수로 시간의 차원을 가지며, 이 값은 홍수파의 분석에 의하면 홍수의 유하시간과 같다. $x$는 하천구간의 총 저류량에 공헌하는 유입량과 유출량의 상대적 중요성을 표시하는 무차원 변수이다.

저류방정식과 저류량과 유출량 관계식을 연립하면 하나의 미지수($O_2$)에 관하여 정리하면 다음 식 (5.19)와 같다.

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \tag{5.19}$$

여기서, $C_0 = -\dfrac{Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$, $C_1 = \dfrac{Kx + 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$,

$C_2 = \dfrac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t}$, $\quad C_0 + C_1 + C_2 = 1$

Muskingum법에 의한 유역유출계산은 식(5.19)를 축차적으로 풀어나감으로써 이루어지며 어떤 추적기간에 대한 계산으로부터 얻은 미지수($O_2$)는 다음 추적기간에서의 기지값 $O_1$이 된다.

Muskingum법의 모형상수인 $K$와 $x$는 하도의 양단의 유입유량수문곡선과 유출유량수문곡선이 있어야 구할 수 있다.

다) Muskingum-Cunge 하도추적

○ Cunge는 Muskingum 방법 또한 선형 운동파 방정식의 해라고 보고, 수치적 확산(numerical diffusion)을 사용하여 파의 감쇠를 나타내려고 하였다. 우선 운동파 방정식을 공간적으로는 중앙 차분을 하고 시간적으로는 가중치 $X$를 주어 차분하면 다음과 같다.

$$\frac{X\left(Q_j^{n+1}-Q_j^n\right)+(1-X)\left(Q_{j+1}^{n+1}-Q_{j+1}^n\right)}{\Delta t}+c\frac{\left(Q_{j+1}^n-Q_j^n\right)+\left(Q_{j+1}^{n+1}-Q_j^{n+1}\right)}{2\Delta x}=0 \tag{5.20}$$

위의 식을 정리하면 다음과 같다.

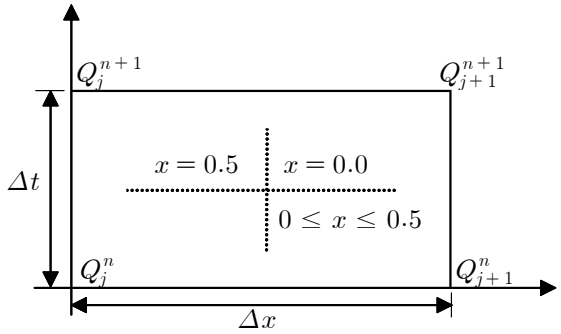
$$Q_{j+1}^{n+1}=C_0Q_j^{n+1}+C_1Q_j^n+C_2Q_{j+1}^n \tag{5.21}$$

각각의 계수는 다음과 같다.

$$C_0=\frac{c(\Delta t/\Delta x)-2X}{2(1-x)+c(\Delta t/\Delta x)} \tag{5.22}$$

$$C_1=\frac{c(\Delta t/\Delta x)+2X}{2(1-x)+c(\Delta t/\Delta x)} \tag{5.23}$$

$$C_2=\frac{2(1-X)-c(\Delta t/\Delta x)}{2(1-x)+c(\Delta t/\Delta x)} \tag{5.24}$$




[격자 구성도]

Muskingum-Cunge 방법을 사용하여 파의 확산현상을 모의하기 위해서는 수치적 dispersion은 최소화하고 diffusion은 최적화하는 것이 필요하다. Muskingum 방법의 수치 확산 계수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$v_n=c\Delta x\left(\frac{1}{2}-X\right) \tag{5.25}$$

확산 근사식에서 나오는 수리학적 확산계수는 다음과 같다.

$$v_h=\frac{Q_0}{2TS_0}=\frac{q_0}{2S_0} \tag{5.26}$$

위의 두 식의 확 계수 값을 사용하여 매개변수 X에 대한 다음의 관계를 나타낼 수 있다.

$$X = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{q_0}{S_0 c \Delta x}\right) \qquad (5.27)$$

위의 X 값을 사용하여 하도 추적을 하는 것을 Muskingum-Cunge 방법이라고 한다. 즉 수면경사항까지 생략한 운동파에서 출발하였지만, 차분기법의 적절한 선택으로 수심 경사항까지 고려한 확산 근사에 상응하는 추적식이 유도되는 것이다.

**Muskingum-Cunge 방법의 장단점**

| 장 점 | 단 점 |
|---|---|
| • 측방 유입류의 고려 가능<br>• 모형의 매개변수가 하도에서 발생하는 물리현상에 기초<br>• 계산되어진 해가 계산시간 간격에 독립적<br>• 다양한 하도와 수문학적 조건에도 적용 가능 | • 흐름의 배수효과(backwater effect)를 고려할 수 없음<br>• 매우 평탄한 경사에서 빠르게 증가하는 홍수추적 시 한계 |

나. FLDWAV

1) 개요

○ 수리학적 모형에 대한 모의를 수문학적 모형과 독립적 또는 연계하여 진행할 수 있다. 한강, 낙동강, 금강, 섬진강 등 기타 수계에 대하여도 범용적으로 추가할 수 있도록 개발되었다.

2) 경계 조건 설정하기

○ 수리학적 모형에서는 상, 하류단에 대한 경계조건과 지천을 통한 내부 경계 조건을 설정할 수 있다. 이러한 경계 조건을 통해 수문학적 모형과 연계를 할 수 있게 되어있다. 각 경계조건으로 사용할 수문학적 모형의 자료를 설정할 수 있는 화면이다. 사용자는 이미 설정된 자료를 수정 없이 사용하도록 구성되어 있으며, 임의 변경 시에는 모형수행이 불가한 경우도 발생되므로 주의를 요한다.

○ 위 화면에서 상류단 경계조건은 대청 조정지댐을 사용하고, 대청 조정지댐에 대한 초기 수위는 El.98.20m이며, 초기유량은 100㎥/s로 되어 있고, 최소유량은 80, 수문모형에서 하도 14번의 유입량을 자동 연계하여 사용하도록 설정이 되어있다.

○ 초기수위 및 초기유량은 모형의 WARMING UP을 위하여 설정하는 값이다. 수리모형은 모형의 발산을 방지하기 위하여 분석기간의 연산을 수행하기 전 상당기간동안 모형의 안정성을 도모할 수도 있다. 따라서 설정된 값은 WARMING UP의 초기 자료로 입력되며, 천이구간을 거쳐서 본격적인 분석기간에 대한 수리해석이 수행된다.

○ 수리모형 수행 시 상류단 경계의 유량이 너무 적으면 하천단면의 유량 흐름에 불연속이

발생하여 모형이 수행되지 않는다. 즉 모형이 수행되기 위해서는 최소한의 하천흐름을 유지하는 유량이 필요한데, 이 유량이 최소유량이다. 최소 유량이 80㎥/s 으로 설정된다면, 상류단 경계조건인 대청조정지의 방류량이 80㎥/s 보다 적을 경우에 대하여 최소값인 80㎥/s 가 입력되어 발산을 방지할 수 있다.

○ 최소유량이 너무 클 경우는 하천의 유황을 변경시키는 역할을 하여 실제 수위 상승을 왜곡하는 경우도 발생하므로 안정성을 위하여 최소유량을 과다하게 설정하는 것은 삼가야 한다.

○ 하류단 경계조건은 4가지 자료 중 1개를 선택할 수 있도록 구성된다. 예측의 경우는 수계의 하구에 해당하는 천문조위 자료(??FW.TID)를 조회하여 입력한다. 예측+실측의 경우에는 현재시점 이전까지는 하구와 인접한 수위국의 조위자료를 입력하고, 현재시점 이후는 천문예측조위 자료로부터 입력한다. 금강수계의 경우는 일반적으로 “예측+실측”을 선택하여 현재시점 이전은 금강하구둑 내수위 자료를 이용하며, 이후는 군산 외항의 천문 조위를 사용한다.

○ 하류단 경계조건으로 “수리모형 결과”를 선택한 경우에는 수계 내 수리모형의 조합운영이 적용된다. 예를 들어 섬진강수계의 경우는 섬진강댐 하류 섬진강 본류와 주암댐 하류 보성강에 대하여 수리모형이 구성되어있다. 만일 보성강 하류 석곡 수위표 지점의 수위를 알고자 한다면, 섬진강 본류의 모형을 우선 수행하여야 한다. 이후 본류 수행결과 모의된 보성강 합류점의 예측수위를 하류단 경계조건으로 하여 보성강 모형이 수행되어야 한다.

○ 하류단 경계조건으로 “수문모형 결과”를 선택한 경우에는 충주댐 저수구역의 배수위 계산을 위한 조건으로 사용된다. 즉 충주댐 상류를 분석 시에는 수문모형의 분석결과인 충주댐의 수위가 하류단 경계조건으로 입력되어야 한다.

○ 지천의 경계조건은 수문모형과 연계되는 모식도 상의 지류유입량을 자동으로 연계하도록 설정하는 사항이다.

3) 단면 설정하기

○ 수리학적 모형에서 모의에 사용되는 단면에 대한 정보이다. 좌측에는 모든 단면에 대한 이름, 위치, 초기수위, 초기유량을 설정할 수 있으며, 선택한 단면에 대한 좌표 정보를 볼 수 있다.

○ 실측단면의 경우는  버튼을 이용하여 저장 할 수 있다.

4) 주요 지점 설정

○ 설정된 수계에서 사용자가 중점적으로 살펴볼 지점에 대한 설정을 할 수 있다. 이곳에서 설정된 지점에 대해 결과화면에서 직접적으로 살펴볼 수 있다.

○ 모형단면에서는 표고별 하천 폭과 홍수터(DSS)를 입력할 수 있으므로 모형의 범용적 활용이 가능하다.

5) 조도 계수 설정하기

○ 수리학적 모형에서는 전체 구간을 구분하여 조도계수를 입력할 수 있다. 조도 계수는 수위, 유량, 단면의 Y 좌표에 따라 구분하여 입력할 수 있다. 전체 구간의 구분할 단면의 개수를 변경하게 되면, 조도 계수 설정 화면에서 구분 단면을 먼저 설정해 주어야 한다. 그 후에 그래프나 아래의 조도 계수 입력을 통해 설정에서 선택한 구분 방법에 따라 조도계수를 입력할 수 있다.

6) 모형수행 절차 및 모형 발산 대처 방안

가) 수행절차

○ 수리모형의 수행을 위해서는 수문모형의 수행이 선행되어야 한다. 최소한 수문모형의 "단독·하류"가 수행된 이후에 수리모형을 구동하면 자동으로 수문모형의 연계자료를 읽어오도록 구현되어 있다. 따라서 사용자는 별도의 수작업 없이 모형을 수행할 수가 있으나, 자료연계 시 결측자료 또는 상류단 경계조건의 최소유량 등은 확인할 필요가 있다. 간편한 수행절차는 다음과 같다.

- 수문학적 모형이 수행된 후, 수리학적 모형을 구동 하여 수문모형과의 연계를 다시 한 번 확인한다. 이때 상류단 조건의 최소유량 및 하류단 조건의 수위 중 결측 또는 오측 자료의 유무를 확인하여 그리드 내에서 보정하거나, 수문모형에서 원시자료를 수정한다.
- 수행결과 주요 수위표 지점의 수문곡선이 예상과 다르다면 구간 조도계수를 수정하여 모형을 보정하면 된다. 이때 조도계수를 크게 하면 하천의 유속이 작아지므로 하천의 수위는 상승하게 되므로 수계별 적정한 민감도를 사전에 숙지하는 것이 바람직하다.

나) 발산 대처 방안

○ 수리모형은 과학적인 수치계산에 의하여 하천의 수위를 모의하여 정확도가 높은 반면 계산과정에서 수식의 수렴이 어려운 경우가 많다. 이는 단면의 불연속 또는 하천의 기저유량 부족에 따른 오류가 주를 이룬다.

○ 모형이 발산된 경우를 확인하는 방법은 모형수행이 완료된 이후 종단도 결과 보기에서 쉽게 확인이 가능하다.

○ 특정 시간 이후의 수위 자료가 모두 0을 기록하고 있다면 모형이 올바로 수행되지 않은 경우이다. 또한 수리모형 수행시의 도스창이 짧은 시간동안 활성화 되었다가 사라져도 계산과정에서 발산이 되었음을 예측할 수 있다.

○ 오류 발생 시에는 상류단 경계조건 및 하류단 경계조건을 우선 확인하여 바로 잡아야 한다. 하류단 경계조건은 결측 및 오측 자료에 의한 수위의 급변동이 있으면 모형 수행이 안 되므로 수문자료의 연속성 여부를 점검하여 자료를 보정하면 조치가 가능하다.

○ 반면 상류단 경계조건은 수문모형과의 자료연계가 동적으로 이루어지므로 여러 가지 오류조건을 갖고있다. 상류단 조건은 대부분 댐의 방류량에 해당한다. 연계운영으로 결정된 방류량 시계열은 대부분 급 변동 하는 경향이 많다. 이로 인해 해의 수렴이 지장을 받는다. 따라서 오류 발생 시 댐방류량을 부드럽게 증가 또는 감소시킨다면 오류를 해소 가능하다.

○ 다른 방법은 상류단 경계조건 설정하기 창에서 최소유량을 점진적으로 증가시켜 모형이 발산하지 않는 초기유량을 설정하는 방안이다. 이는 분석초기 하천의 유황을 풍부하게 만드는 방법이 있다.

○ 한편, 상기 방법은 하천흐름을 원활하게 하는 데는 유리하지만 인위적인 하천수위의 상승으로 잘못된 수위를 예측할 수 가 있다. 모형의 적용 시에는 최소유량을 변경하고 수문자료에 변경내용이 반영되도록 자료연계를 수행하여야 한다.

**입력변수 목록**

| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| AS(1,I,J) | 78 | 최하위의 HS 보다 아래에 위치한 활성 수로의 넓이 |
| ALOS(J) | 17 | 손실 배분 계수 |
| ATF(J) | 12 | 지천과 주하천의 합류점에서의 예각 |
| B1 | 76 | Y1 수심에서의 활성 수면 폭(calibration) |
| B2 | 76 | Y2 수심에서의 활성 수면 폭(calibration) |
| B3 | 76 | Y3 수심에서의 활성 수면 폭(calibration) |
| B4 | 76 | Y4 수심에서의 활성 수면 폭(calibration) |
| B5 | 76 | Y3 수심에서의 비활성 수면 폭(calibration) |
| B6 | 76 | Y4 수심에서의 비활성 수면 폭(calibration) |
| BBD(K,J) | 49 | 균열부 하부의 최종 폭 |
| BLVMX(L) | 21 | 제방의 균열의 최종 폭 |
| BREXP(K,J) | 49 | 균열 발달 과정에 사용된 지수 |
| BRGBS(L,K,J) | 48 | 교량 개구와 관련된 폭 |
| BRGHS(L,K,J) | 47 | 교량 개구 폭과 관련된 표고 |
| BRGW(K,J) | 46 | 도로 제방의 상부 폭 |
| BS(L,I,J) | 80 | 단면의 활성 흐름 비율별 수면 폭 |
| BSL(L,I,J) | 81 | 좌측 홍수터의 활성 흐름 비율별 수면 폭 |
| BSR(L,I,J) | 82 | 우측 홍수터의 활성 흐름 비율별 수면 폭 |
| BSS(L,I,J) | 85 | 단면의 비활성 흐름 비율별 수면 폭 |
| CDBRG(K,J) | 46 | 교량 개구를 통한 흐름에 관한 유량 계수 |
| CDOD(K,J) | 28 | 댐의 상부로의 조절되지 않는 위어흐름에 관한 유량 계수 |
| CGD(K,J) | 29 | 수문 흐름에 관한 유량 계수 |
| CHNMN(I,J) | 74 | 계산된 조도계수(n) 값의 수용 가능한 최소값 |
| CHNMX(I,J) | 74 | 계산된 조도계수(n) 값의 수용 가능한 최대값 |
| CHTW(K,J) | 41 | 수문과 댐의 하류의 저수지의 수위 |
| CLL(K,J) | 28 | 작은 여수로나 수문의 길이를 제외한 댐의 상부 길이 |
| CM(L,I,J) | 89 | 하도에서의 조도계수(n) |
| CML(L,I,J) | 90 | 좌측 홍수터의 조도계수(n) |
| CMR(L,I,J) | 91 | 우측 홍수터의 조도계수(n) |
| COFW(J) | 12 | wind stress의 계수 |
| CPIP(K,J) | 49 | piping breach의 중심 표고 |
| CRESL(L,K,J) | 31 | 기지의 표고에 대한 댐 마루의 가변적 길이 |

입력변수 목록(계속)

| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| CSD(K,J) | 29 | uncontrolled spillway에 관한 유량 계수 |
| DESC | 0 • 2 | output 양식 |
| DHLV | 10 | 제방고의 최대값과 최소값의 차이 |
| DPLV(L) | 22 | flood drainage pipe의 직경 |
| DTEXP | 7 | 양해법적인 추적의 계산 시간 간격 |
| DTHII | 49 | 댐/교량 파괴 후 계산 시간 간격 |
| DTHIN(K) | 7 | 초기 계산 시간 간격 |
| DTHLV | 8 | 가변적 계산 시간 간격 |
| DTHLV | 10 | 제방 범람/파괴 중 계산 시간 간격 |
| DTHPLT | 7 | plotting/printing 시간 간격 |
| DTHYD | 1 | 모든 입력 수문곡선의 시간 간격 |
| DTOUT | 1 | 모든 출력 수문곡선의 시간 간격 |
| DTYPE(K,J) | 50,52,54 | 단면에서의 time series data 유형 |
| DXM(I,J) | 19 | 단면간 최소 계산 거리 간격 |
| EMBEL1(K,J) | 46 | 제방도로의 하위 부분의 마루 표고 |
| EMBEL2(K,J) | 46 | 제방도로의 상위 부분의 마루 표고 |
| EMBW1(K,J) | 46 | 제방도로의 하위 부분의 마루 길이 |
| EMBW2(K,J) | 46 | 제방도로의 가장 윗부분의 마루 길이 |
| EPQJ(J) | 12 | Tributary iteration scheme에서 유출 허용오차 |
| EPSY | 1 | Newton • Rapshon iteration scheme에서 수심 허용오차 |
| F1 | 1 | 유한차분 기법의 시간 가중치 θ |
| FBIASO(L,K,J) | 97 | FRMS와 관련된 바이어스 |
| FKC(I,J) | 75 | 합성단면의 하도 부분에서의 비례 축소 매개 변수 |
| FKEC(I,J) | 87 | 확대, 축소 계수 |
| FKF(I,J) | 75 | 합성단면의 홍수터 부분에서의 비례 축소 매개 변수 |
| FKO(I,J) | 75 | 합성단면의 비활성 부분에서의 비례 축소 매개 변수 |
| FLST(I,J) | 78 | 홍수 시작 시의 수위 |
| FMC(I,J) | 75 | 합성단면의 하도 부분의 형상 계수 |
| FMF(I,J) | 75 | 합성단면의 홍수터 부분의 형상 계수 |
| FMO(I,J) | 75 | 합성단면의 비활성 부분의 형상 계수 |
| FRDFR | 7 | 한계 Froude 수 영역 |
| FRMSO(L,K,J) | 96 | 수문곡선의 하강부에서의 RMS오차 |
| GAMA(J) | 57 | 초기 정상류에서부터 수문곡선의 중심까지의 시간 비 |
| GHT(I,L,K,J) | 39 | 수문의 하부부터 sill까지의 거리 |
| GSIL(L,K,J) | 37 | 수문 하부의 표고 |
| GWID(L,K,J) | 37 | 개문 폭 |
| GZ(K,J) | 52 | 관측 수위를 평균해수면으로 변환하기 위한 gage 보정 |
| GW1(J) | 60 | 상류단 경계에서 관측 수위를 평균해수면으로 변환하기 위한 gage 보정 |
| GZN | 62 | 하류단 경계에서 관측 수위를 평균해수면으로 변환 위한 gage 보정 |

입력변수 목록(계속)

| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| GZO(K,J) | 56 | WSEL을 수위로 변환하기 위한 gage 보정 |
| HB | 75 | 제방의 최상부에서의 단면 표고 |
| HCRESL(L,K,J) | 30 | 댐 마루의 가변 길이와 관련된 표고 |
| HDD(K,J) | 28 | 댐 마루의 표고 |
| HF | 75 | 홍수터의 최상단에서의 단면표고(calibration) |
| HFDD(K,J) | 49 | 댐 파괴 시 수위 |
| HFLV(L) | 21 | 제방 붕괴 시 수위 |
| HGTD(K,J) | 29 | 개문부 중심의 표고; 시간에 종속적인 수문 sill의 표고 |
| HKC(L,I,J) | 83 | 이송과 상응하는 수심 |
| HLVMN(L) | 21 | 제방 균열부 하부의 최종 표고 |
| HPLV(L) | 22 | flood drainage pipe의 중앙부 표고 |
| HPOND(L) | 23 | 저수지(levee)의 초기 수위 |
| HS(L,I,J) | 79 | 각 수면폭에 상응하는 수심 |
| HSAP(K,L) | 25 | SAPOND(levee)에 상응하는 표고 |
| HSAR(L,K,J) | 27 | 저수지 표면적에서 정의된 표고 |
| HSC(J) | 73 | 최상류 단면에서의 invert elevation |
| HSPD(K,J) | 29 | uncontrolled spillway 상단의 표고 |
| HWLV(L) | 21 | 제방, 용마루 등의 상단 표고 |
| ICG(K,J) | 29 | 수문 구조 양식에 관한 변수 |
| IFXC(I,J) | 72 | 단면의 특성을 지정하는 변수 |
| ICHAN(K,L) | 28 | 댐 조절 변수 |
| ICOND | 2 | 초기조건 형식을 지정하는 변수 |
| IFUT (3 or 6) | 2,13,14 | 향후 모형 개선시 사용될 변수들(현재 사용되지 않음) |
| IOBS | 5 | 관측 데이터 사용 시 지정하는 변수 |
| ITMAX | 2 | Newton•Rapshon iteration scheme에서 허용된 반복횟수의 최대값 |
| ITWT(L,K,J) | 43 | 수문이 흐름을 제어하는지 아닌지를 지정하는 변수 |
| IWF1(J) | 16 | dry bed routing을 지정하는 변수 |
| IWTI(K,J) | 104 | 각 수문과 댐의 초기 gage control switch |
| JDBG1 | 6 | 첫 번째 하도와 추가적인 debug 정보 |
| JDBG2 | 6 | 마지막 하도와 추가적인 debug 정보 |
| JN | 2 | 하도의 총수 |
| JNK | 4 | 출력 내용 지정 변수 |
| JNKDBG | 6 | 추가적인 정보를 위한 debug switch |
| KAM | 74 | 계산을 위한 단면 입력 방법을 지정하는 변수 |
| KCG | 3 | time•dependent spillway control curve에서 점의 수 |
| KD(J) | 13 | 하류단 경계조건의 형식을 지정하는 변수 |
| KFLP | 2 | 홍수터 변수 |
| KFTR(J) | 14 | Kalman Filter option의 사용을 위한 변수 |
| KLOS(J) | 14 | 유량 감소를 계산에 사용되는 지정 변수 |

입력변수 목록(계속)

| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| KLPI(K) | 15 | LPI Tecnique의 power(k) 사용 |
| KPL | 4 | plotting에 사용될 수문곡선의 형식을 위한 변수 |
| KPRES | 3 | 동수반경 계산 방법을 위한 변수 |
| KRCHT(I,J) | 20 | 추적 방법이나 내부 경계의 유형을 지정하는 위한 변수 |
| KREVRS | 4 | 저유량 필터의 사용 여부를 지정하는 변수 |
| KTERM | 5 | 운동 방정식의 출력 기간을 위한 변수 |
| KU(J) | 13 | 상류단 경계조건 형식의 변수 |
| KWARM | 2 | warm•up 단계를 위한 시간 간격의 수 |
| LAD(K,J) | 28,46 | 내부경계에 상응하는 수로 번호 |
| LDBG1 | 6 | 첫 수로와 debug 정보(calibration) |
| LDBG2 | 6 | 마지막 수로와 debug 정보(calibration) |
| LQ1(K,J) | 50 | 유입지천의 직상류 단면 번호 |
| MCMDBG | 6 | 처음 반복과 debug 정보(calibration) |
| MDT | 7 | 시간 간격을 결정하기 위한 약수 |
| MESAGE | 105 | Data set의 설명. 40자 |
| METRIC | 1 | 입/출력의 단위를 위한 변수 |
| MIXF(J) | 14 | 흐름 영역의 변수 |
| MRU(J) | 12 | 하도 J로부터 흘러나가는 하도의 수 |
| MRV(J) | 12 | 하도 J로부터 흘러들어오는 하도의 수 |
| MSG | 0•1 | Data set의 설명 |
| MUD(J) | 14 | Dummy parameter; set MUD(J)=0 |
| NBT(J) | 12 | 단면의 총수 |
| NCG | 3 | Dummy parameter; set NCG=0 |
| NCM(I,J) | 88 | 조도 계수 n이 적용될 최상류 관측지점의 단면번호 |
| NCS | 4 | 수면폭 대 수위의 표에서 값의 수 |
| NET | 2 | Network 옵션을 나타내는 변수 |
| NFGRF | 4 | FLDGRF 데이터를 생성하기 위한 변수 |
| NG(K,J) | 36 | Dummy parameter |
| NGAGE(J) | 13 | 하천에서 관측된 수문곡선의 총 수 |
| NGS(K,J) | 52 | 각 관측/plotting 지점의 순서 번호 |
| NIFM(K) | 11 | 제방을 통과하여 나가는 흐름을 가진 하도의 수로 개수 |
| NITO(K) | 11 | 제방을 통과하여 들어오는 흐름을 가진 하도의 수로 개수 |
| NJFM(K) | 11 | 제방을 범람/파괴하여 나가는 흐름의 하도 개수 |
| NJTO(K) | 11 | 제방을 범람/파괴하여 들어오는 흐름의 하도 개수 |
| NJUM(J) | 12 | 급수 하도의 지천 합류점의 주하도 직상류의 단면 번호 |
| NJUN(J) | 12 | 지천 합류점의 주 하도 직상류의 단면 번호 |
| NLEV | 10 | 모형에서 제방을 가진 수로의 개수 |
| NP | 5 | Automatic Calibration option 사용을 위한 변수 |
| NPEND | 5 | 통계에서 사용된 계산 수위 수문곡선의 마지막 값(calibration) |

입력변수 목록(계속)

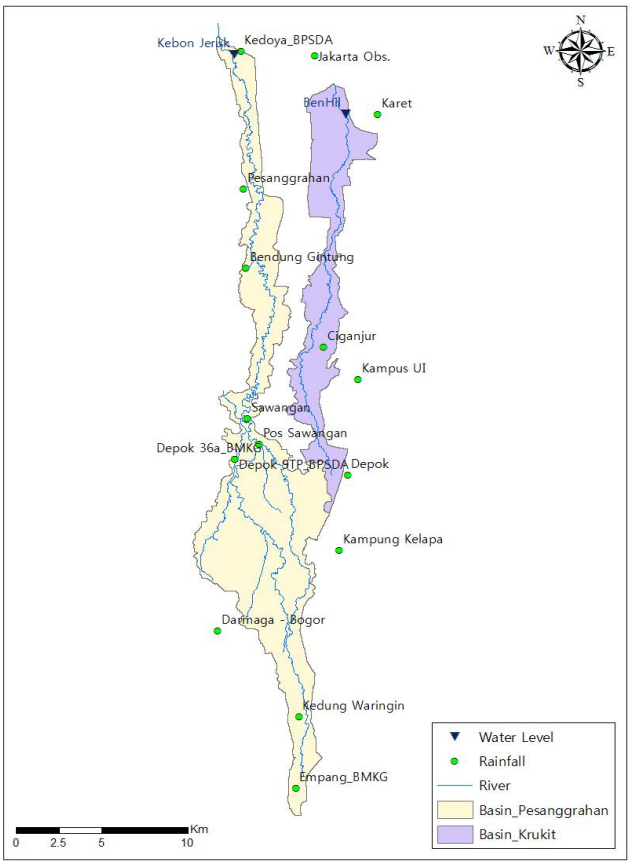
| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| NPST | 5 | 통계에서 사용된 계산 수위 수문곡선의 처음 값(calibration) |
| NPT(1,J) | 12 | debug 정보를 출력할 시작되는 단면 번호 |
| NPT(2,J) | 12 | debug 정보를 출력할 마지막 단면 번호 |
| NQCM(J) | 13 | Manning table에서 총 값의 수. 또한 조도계수 n이 수위의 함수인지 유출량의 함수인지를 나타냄 |
| NQL(J) | 13 | 하도에 지천유입의 총 수 |
| NQ니(J) | 94 | 통계가 수위 또는 흐름의 함수인지를 지정하는 변수 |
| NRCM1(J) | 13 | 하도의 수로의 조도 계수 n의 총 수 |
| NSLCE(J) | 93 | time series를 맞추기 위한 slice의 총 개수 |
| NST(K,J) | 56 | 출력 time series의 순서 번호 |
| NSTR(J) | 13 | 각 하도에 저장될 time series의 총 수 |
| NU | 2 | 관측된 수문곡선과 관련된 값의 수 |
| NYQD | 3 | 하류단 경계에서 수위 유량 곡선의 값의 수 |
| PLTI(K,J) | 103 | 각 수문과 댐의 초기 목표 저수지의 수위 |
| POLH(L,K,J) | 42 | 각 시간 간격의 저수지 수위 |
| POWR1(J) | 16 | mud/debris 흐름에서 멱함수의 지수 |
| PTAR(K,J) | 40 | 대상 저수지 수위 |
| QDI(I,J) | 78 | 초기 유출량 |
| QKC(L.I.J) | 84 | 이송과 대응하는 수위고 |
| QL(L,I,J) | 51 | 단면에서의 지천 유입 |
| QLI(K,J) | 102 | 지천 유입을 포함한 각 수로의 초기 지천 유량 |
| QLOS(J) | 17 | 총 활성 흐름의 손실 백분율 |
| QTD(K,J) | 28 | 터빈을 통한 일정한 유출량 |
| QTT(L,K,J) | 32 | 터빈을 통한 가변적 유출량 |
| QYQD(K) | 68 | 하류단의 경험적 수위•유량 곡선으로 정의된 유출량 |
| RBIASO (L,K,J) | 97 | RRMS와 관련된 바이어스 |
| RHI(L,K,J) | 34 | 여수로 마루나 수문의 중앙보다 높은 수두 |
| RHO(J) | 57 | 유입 수문 곡선의 첨두 흐름과 초기 흐름의 비 |
| RIVER(J) | 106 | 각 하도와 관련된 16자 name |
| RQI(L,K,J) | 35 | 여수로나 수문의 수위•유량 곡선의 유출량 |
| RRMSO (L,K,J) | 96 | 수문곡선의 상승부에서의 RMS오차 |
| SAPOND (K,L) | 24 | HSAP(K,L)과 관련된 저수지 표면적 |
| SAR(L,K,J) | 26 | HSA(L,K,J)과 관련된 저수지 표면적 |
| SHR1(J) | 16 | mud/debris 흐름에서의 전단강도의 항복 응력 |
| SLFI(1) | 69 | 하상/초기 수면 경사 |
| SLICE (L,K,J) | 95 | 통계에 들어갈 수위 혹은 유출량 범위 |
| SLV(L) | 21 | 제방 L의 경사 |
| SNM(L,I,J) | 86 | 굴곡 계수 |
| SPL(K,L) | 29 | uncontrolled spillway의 상단 길이 |

입력변수 목록(계속)

| VARIABLE | DATA GROUP | DEFINITION OF THE VARIABLE |
|---|---|---|
| ST1(L,J) | 58 | 상류단 경계에서 관측 수위나 유출량 |
| STM(J) | 60 | 상류단 경계에서 허용된 수위나 유출량의 최소값 |
| STN(1) | 61 | 하류단 경계에서 관측된 수문곡선 |
| STNAME (K,J) | 50,52,54 | 각 관측 지점과 관련된 8• or 20•자 name |
| STQ(L,K,J) | 55 | 관측 지점에서 관측된 유출량 수문곡선 |
| STT(L,K,J) | 53 | 각 관측 지점에서 관측된 수위나 유출량 수문곡선 |
| SXS | 74 | 평균 하상 경사(calibration) |
| T1(L,J) | 59 | 상류단 수문곡선과 관련된 시간 배열 |
| TDBG1 | 6 | 추가적인 debug 정보를 시작할 시간 |
| TDBG2 | 6 | 추가적인 debug 정보를 끝마칠 시간 |
| TDTIN(K) | 9 | DTIN(K)의 마지막 사용시간 |
| TEH | 7 | 추적 계산 시간의 끝 |
| TFH(K,J) | 49 | 구조물의 붕괴 시간 |
| TFLV(L) | 21 | 제방 붕괴 시간 |
| TGHT (I,L,K,J) | 38 | 수문 개구와 관련된 시간 |
| THETA | 1 | 지천 합류 문제를 풀기 위한 가속 요소 |
| TPG(J) | 57 | 상류단 경계 수문곡선의 초기 흐름부터 첨두 흐름까지 시간 |
| TQT(L,K,J) | 33 | 터빈을 통한 유출량과 관련된 시간 |
| UW1(J) | 16 | mud/debris 흐름의 단위 중량 |
| VIS1(J) | 16 | mud/debris 흐름의 동점성 계수 |
| VWIND(J) | 12 | 풍속 |
| WCLV(L) | 21 | 위어흐름 유량 계수 |
| WINAGL(J) | 12 | 하도의 축과 바람이 이루는 예각 |
| XLOS (1...2,J) | 17 | 흐름 손실이 시작되는 위치와 끝나는 위치 |
| XFACT | 1 | 계산점 위치의 단위 변환 요소 |
| XT(I,J) | 18 | 계산 되는 단면의 위치 |
| Y1 | 77 | 제방의 하부와 상단 사이의 중점에 전형적인 단면의 수위 |
| Y2 | 77 | 제방의 상단의 전형적인 단면의 수심 |
| Y3 | 77 | 제방의 상단과 산정된 최대 홍수 수위 사이의 중점에 전형적인 단면의 수위 |
| Y4 | 77 | 산정된 홍수 수위의 전형적인 단면의 수위 |
| YBMIN(K,J) | 49 | breach 하도의 가장 낮은 수위 |
| YDI(I,J) | 78 | 초기 수면 수위 |
| YQCM(L,I,J) | 92 | 조도계수 n과 관련된 수위 또는 유출량 |
| YQD(K) | 67 | QYQD(K)와 대응하는 수위 |
| YQI(J) | 57 | 상류단 경계에서의 초기 유출량 또는 수위 |
| ZBCH(K,J) | 49 | 균열의 측면 경사 |

## (2) 자카르타 지역 유출 해석

○ 대상 유역 : 자카르타 상류 Pesanggrahan 및 Krukut 유역(184.65㎢)




[대상유역 현황도]

가. 소유역 분할

○ 수치고도자료(DEM) 분석을 통한 유역 분할 및 유역특성상수 산정

○ 유역 평균우량 산정을 위한 티센관측망 구성 및 결측자료 보정계수 산정

○ 수위국 유량관계 곡선식 재산정

○ 과거 실측 홍수에 대한 매개변수 검보정 및 시험운영

| 절차 | ①<br>지형자료<br>분석 | ②<br>강우유출 모형<br>매개변수 산정 | ③<br>수위·유량관계 조사 | ④<br>모형 구축 | ⑤<br>구축모형<br>시험운영 |
|---|---|---|---|---|---|
| 내용 | ·소유역분할<br>·모식도 작성<br>유역평균<br>Thiessen<br>및 RDS보정<br>계수 산정 | ·유역추적 매개변수<br>(저류함수 모형)<br>·하도추적 매개변수<br>(저류함수 모형)<br>※ 경험식 적용 | 주요 수위표<br>지점<br>기준 | 소유역,<br>수위국 별<br>유출수문<br>곡선표출 | ·과거호우<br>사항을<br>대상으로<br>모형의<br>적용성<br>검토 |

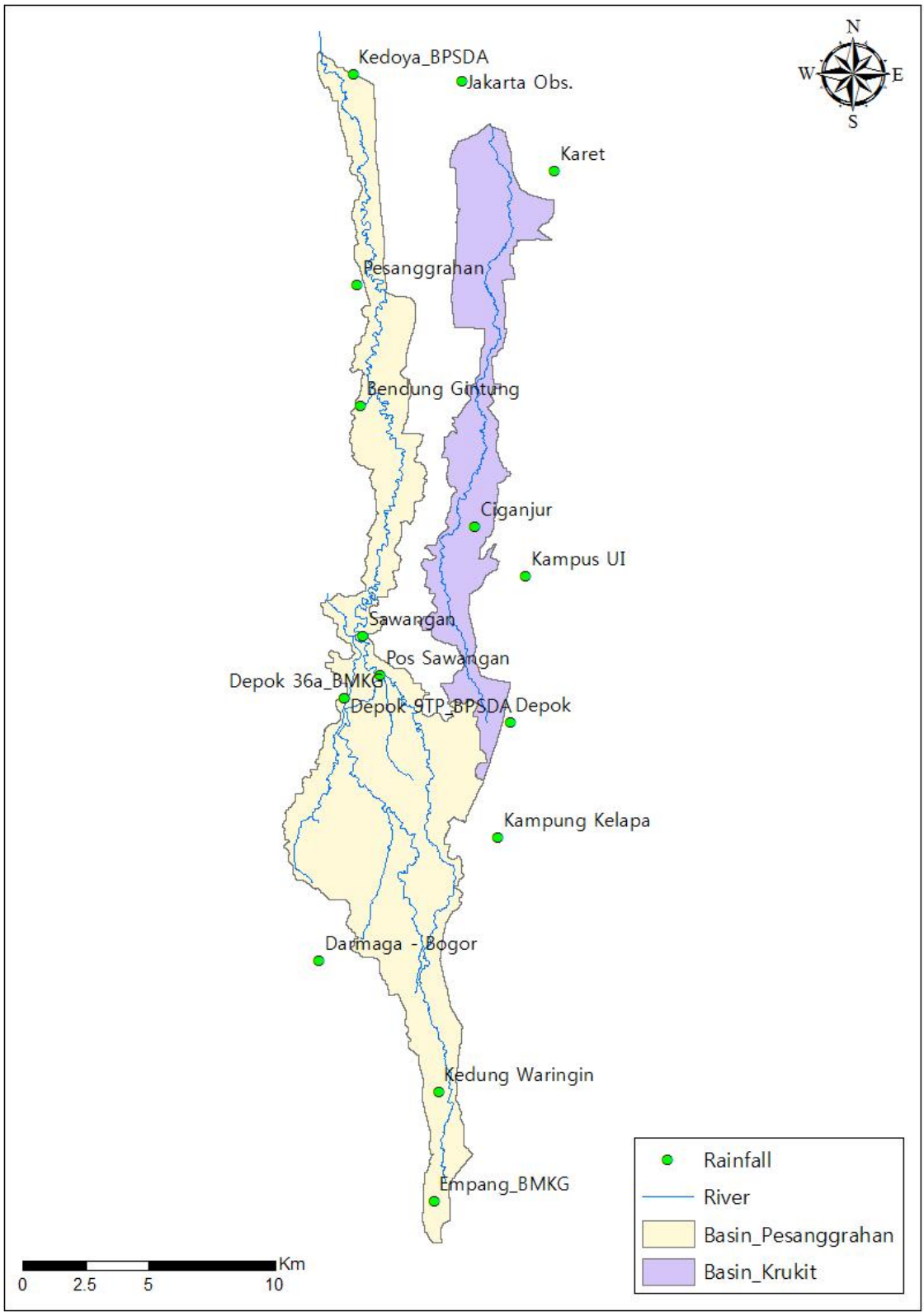
[홍수분석모형 구축 절차 및 내용]

1) 유역평균 우량 산정

○ 우량관측소 활용

**우량관측소 현황**

| 번호 | 이름 | DB코드 | TM • X좌표 | TM • Y좌표 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Empang_BMKG | 9999901 | • 2081682.16320 | • 4483469.95660 |
| 2 | Kedung Waringin | 9999902 | • 2081662.67600 | • 4478823.49430 |
| 3 | Darmaga_Bogor | 9999903 | • 2086990.35220 | • 4473515.49080 |
| 4 | Depok | 9999904 | • 2079349.35690 | • 4463039.32540 |
| 5 | Depok 36a_BMKG | 9999905 | • 2086409.27480 | • 4462327.95750 |
| 6 | Depok 9TP_BPSDA | 9999906 | • 2086409.27480 | • 4462327.95750 |
| 7 | Sawangan | 9999907 | • 2085744.15350 | • 4459681.66140 |
| 8 | Ciganjur | 9999908 | • 2081215.04670 | • 4454834.26010 |
| 9 | Pesanggrahan | 9999909 | • 2086640.54910 | • 4444792.13090 |
| 10 | Karet | 9999910 | • 2078546.65380 | • 4439631.07770 |
| 11 | Jakarta Obs. | 9999911 | • 2082621.42950 | • 4435967.66560 |
| 12 | Kedoya_BPSDA | 9999912 | • 2087205.32510 | • 4435867.21760 |
| 13 | Kampus UI | 9999913 | • 2078981.66320 | • 4456821.33310 |
| 14 | Pos Sawangan | 9999914 | • 2084950.24440 | • 4461314.83940 |
| 15 | Bendung Gintung | 9999915 | • 2086288.57030 | • 4449930.29040 |
| 16 | Kampung Kelapa | 9999916 | • 2079674.94850 | • 4467937.13290 |




[시범유역 우량관측소 위치도]

2) 강우보정(Reciprocal Distance Squared) 계수 산정

○ RDS 강우 보정 대상 관측소 ( 999는 대상관측소 없음 표시)

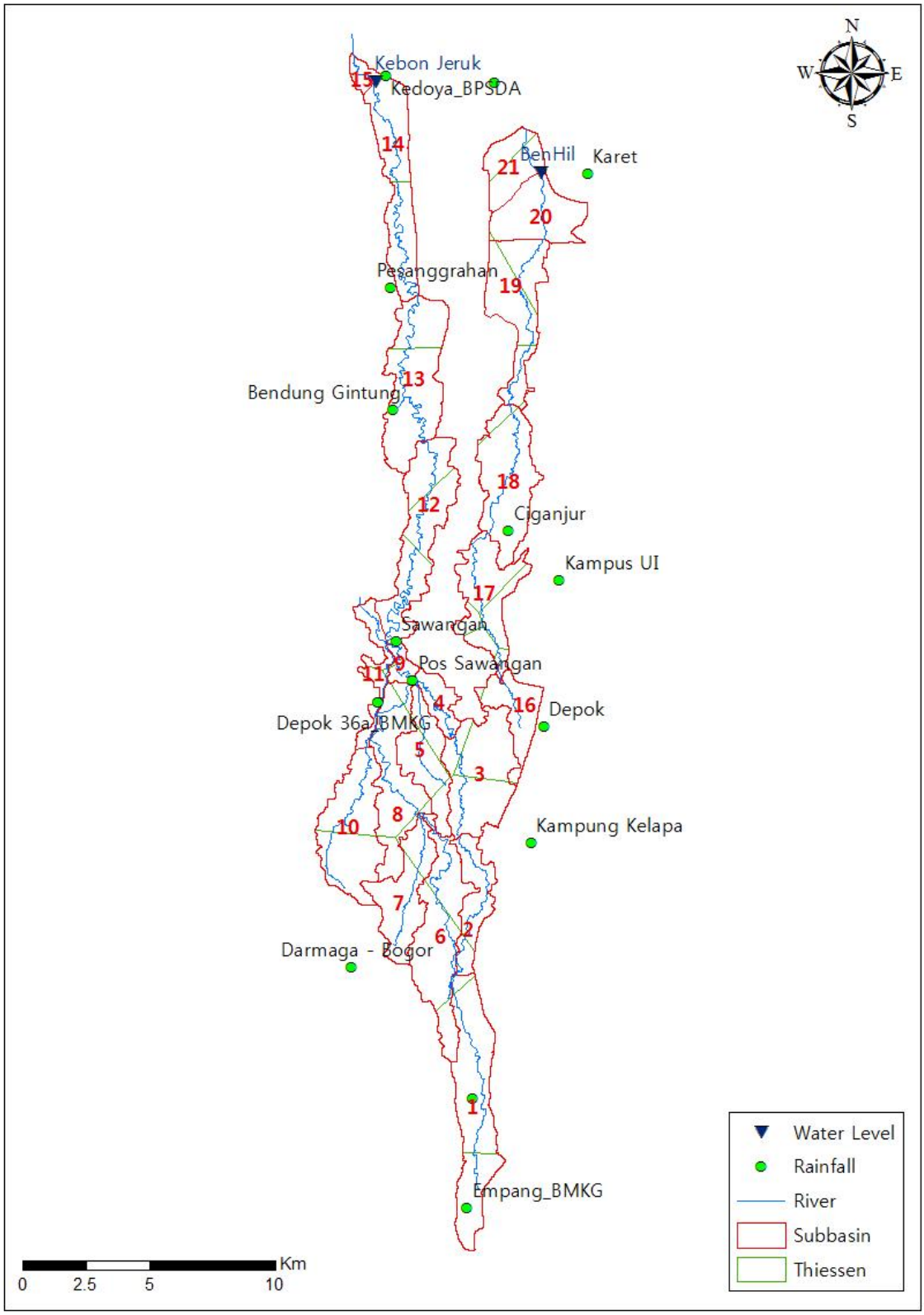
RDS 강우 보정 대상 관측소

| 관측소 번호 | 1차 우량국번호 | | | | 2차 우량국번호 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 |
| 1 | 11 | 3 | 6 | 47 | 20 | 4 | 2 | 8 |
| 2 | 8 | 6 | 7 | 46 | 1 | 42 | 14 | 48 |
| 3 | 20 | 39 | 4 | 1 | 16 | 51 | 10 | 11 |
| 4 | 3 | 39 | 10 | 1 | 20 | 51 | 42 | 6 |
| 5 | 10 | 34 | 35 | 42 | 4 | 36 | 38 | 6 |
| 6 | 8 | 42 | 7 | 2 | 1 | 4 | 14 | 46 |
| 7 | 2 | 14 | 999 | 33 | 46 | 37 | 999 | 26 |
| 8 | 11 | 47 | 2 | 21 | 40 | 1 | 6 | 31 |
| 9 | 49 | 13 | 31 | 45 | 17 | 40 | 21 | 18 |
| 10 | 4 | 34 | 42 | 6 | 39 | 28 | 5 | 2 |
| 11 | 20 | 3 | 47 | 29 | 27 | 4 | 1 | 40 |
| 12 | 25 | 27 | 29 | 49 | 999 | 20 | 40 | 13 |
| 13 | 49 | 29 | 40 | 9 | 17 | 12 | 31 | 45 |
| 14 | 2 | 35 | 37 | 7 | 6 | 5 | 999 | 46 |
| 15 | 45 | 48 | 22 | 32 | 31 | 21 | 26 | 999 |
| 16 | 30 | 19 | 51 | 20 | 999 | 44 | 3 | 27 |

○ RDS 강우 보정 대상 관측소별 이격거리(단위: ㎞)

RDS 강우 보정 대상 관측소별 이격거리(단위: ㎞)

| 관측소 번호 | 1차 우량국번호 | | | | 2차 우량국번호 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 |
| 1 | 3.1 | 5.1 | 7.7 | 2.9 | 6.6 | 7.0 | 10.1 | 6.4 |
| 2 | 6.8 | 3.5 | 9.8 | 6.0 | 10.1 | 11.3 | 10.5 | 10.5 |
| 3 | 7.1 | 7.0 | 3.7 | 5.1 | 8.5 | 7.7 | 8.8 | 7.4 |
| 4 | 3.7 | 5.9 | 5.1 | 7.0 | 10.7 | 8.6 | 6.5 | 8.7 |
| 5 | 4.9 | 2.7 | 7.0 | 4.6 | 9.8 | 17.4 | 10.3 | 12.8 |
| 6 | 7.1 | 8.3 | 11.1 | 3.5 | 7.7 | 8.7 | 11.1 | 9.5 |
| 7 | 9.8 | 1.8 | 0.0 | 10.8 | 10.0 | 5.2 | 0.0 | 12.9 |
| 8 | 6.2 | 4.7 | 6.8 | 7.7 | 6.2 | 6.4 | 7.1 | 8.1 |
| 9 | 4.3 | 1.6 | 5.9 | 9.8 | 5.5 | 3.3 | 9.3 | 9.8 |
| 10 | 5.1 | 7.3 | 1.8 | 9.0 | 7.7 | 12.5 | 4.9 | 12.3 |
| 11 | 5.4 | 7.4 | 1.6 | 5.2 | 5.8 | 9.9 | 3.1 | 7.0 |
| 12 | 7.0 | 6.1 | 3.6 | 3.1 | 0.0 | 8.0 | 5.1 | 4.1 |
| 13 | 3.8 | 3.2 | 2.3 | 1.6 | 5.4 | 4.1 | 6.6 | 11.0 |
| 14 | 10.5 | 12.4 | 3.8 | 1.8 | 11.1 | 13.5 | 0.0 | 11.5 |
| 15 | 3.8 | 2.5 | 5.0 | 2.2 | 6.1 | 3.6 | 8.4 | 0.0 |
| 16 | 2.9 | 3.9 | 8.2 | 5.7 | 0.0 | 3.9 | 8.5 | 7.1 |




[소유역 분할 및 강우 Thiessen 망]

○ 평균강우망(Thiessen) 구축

**소유역별 강우관측소 현황**

| 관측소 / 소유역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 3 | | | | | | | |
| 2 | 3 | 16 | | | | | | | | |
| 3 | 4 | 14 | 16 | | | | | | | |
| 4 | 14 | | | | | | | | | |
| 5 | 6 | 14 | 16 | | | | | | | |
| 6 | 2 | 3 | 16 | | | | | | | |
| 7 | 3 | 16 | | | | | | | | |
| 8 | 3 | 6 | 14 | 16 | | | | | | |
| 9 | 7 | 14 | | | | | | | | |
| 10 | 3 | 6 | | | | | | | | |
| 11 | 6 | 7 | 14 | | | | | | | |
| 12 | 7 | 8 | 15 | | | | | | | |
| 13 | 9 | 15 | | | | | | | | |
| 14 | 9 | 12 | | | | | | | | |
| 15 | 12 | | | | | | | | | |
| 16 | 4 | 14 | | | | | | | | |
| 17 | 4 | 7 | 8 | 13 | 14 | | | | | |
| 18 | 8 | 15 | | | | | | | | |
| 19 | 8 | 9 | 10 | 15 | | | | | | |
| 20 | 10 | | | | | | | | | |
| 21 | 10 | 11 | | | | | | | | |

**소유역별 우량관측소 영향면적(㎢)**

| 관측소 / 소유역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 합계 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 4.6 | 10.1 | 0.5 | | | | | | | | 15.2 |
| 2 | 1.0 | 4.6 | | | | | | | | | 5.6 |
| 3 | 5.7 | 1.4 | 5.5 | | | | | | | | 12.6 |
| 4 | 2.9 | | | | | | | | | | 2.9 |
| 5 | 3.7 | 2.1 | 1.3 | | | | | | | | 7.1 |
| 6 | 1.7 | 7.2 | 4.4 | | | | | | | | 13.3 |
| 7 | 6.3 | 2.3 | | | | | | | | | 8.6 |
| 8 | 1.5 | 8.3 | 0.7 | 0.5 | | | | | | | 11.0 |
| 9 | 0.5 | 0.9 | | | | | | | | | 1.4 |
| 10 | 6.1 | 6.3 | | | | | | | | | 12.4 |
| 11 | 1.6 | 2.0 | 0.1 | | | | | | | | 3.7 |
| 12 | 5.0 | 4.1 | 3.8 | | | | | | | | 12.9 |
| 13 | 4.2 | 9.9 | | | | | | | | | 14.1 |
| 14 | 5.2 | 5.9 | | | | | | | | | 11.1 |
| 15 | 1.2 | | | | | | | | | | 1.2 |
| 16 | 5.2 | 0.1 | | | | | | | | | 5.3 |
| 17 | 0.5 | 0.9 | 5.1 | 2.2 | 0.9 | | | | | | 9.6 |
| 18 | 11.2 | 0.8 | | | | | | | | | 12.0 |
| 19 | 0.1 | 5.3 | 3.5 | 1.9 | | | | | | | 10.8 |
| 20 | 7.8 | | | | | | | | | | 7.8 |
| 21 | 3.5 | 2.1 | | | | | | | | | 5.6 |

소유역별 우량관측소 티센계수

| 관측소 / 소유역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.30263 | 0.66447 | 0.03289 | | | | | | | |
| 2 | 0.17857 | 0.82143 | | | | | | | | |
| 3 | 0.45238 | 0.11111 | 0.43651 | | | | | | | |
| 4 | 1.00000 | | | | | | | | | |
| 5 | 0.52113 | 0.29577 | 0.18310 | | | | | | | |
| 6 | 0.12782 | 0.54135 | 0.33083 | | | | | | | |
| 7 | 0.73256 | 0.26744 | | | | | | | | |
| 8 | 0.13636 | 0.75455 | 0.06364 | 0.04545 | | | | | | |
| 9 | 0.35714 | 0.64286 | | | | | | | | |
| 10 | 0.49194 | 0.50806 | | | | | | | | |
| 11 | 0.43243 | 0.54054 | 0.02703 | | | | | | | |
| 12 | 0.38760 | 0.31783 | 0.29457 | | | | | | | |
| 13 | 0.29787 | 0.70213 | | | | | | | | |
| 14 | 0.46847 | 0.53153 | | | | | | | | |
| 15 | 1.00000 | | | | | | | | | |
| 16 | 0.98113 | 0.01887 | | | | | | | | |
| 17 | 0.05208 | 0.09375 | 0.53125 | 0.22917 | 0.09375 | | | | | |
| 18 | 0.93333 | 0.06667 | | | | | | | | |
| 19 | 0.00926 | 0.49074 | 0.32407 | 0.17593 | | | | | | |
| 20 | 1.00000 | | | | | | | | | |
| 21 | 0.62500 | 0.37500 | | | | | | | | |

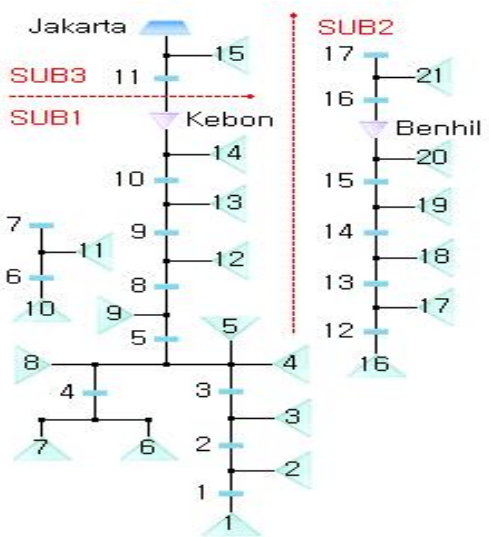
나. 유출해석 모식도 작성

1) 지형자료 분석(유역 분할)

○ 기초자료 : DEM(90m×90m)

○ 유역분할 : 21개 소유역 및 17개 하도 분할 (중권역은 3개 권역)

※ 하천 합류점, 수위국 등 고려




[대상유역 하천모식도]

다. 모델 구성

1) 지형인자를 고려한 모형 매개변수 산정

○ 저류함수 소유역 매개변수[利根川 式(일본 Tone river)]

소유역 및 하도의 매개변수는 일본의 대하천에서 개발된 경험공식 적용

$T_l = 0.056 \cdot L - 0.031$ 단, $L$: 주하천장(㎞)

$K = 118.84 \cdot (\frac{1}{i})^{-0.3}$ 단, $i$: 주하천평균경사

$P = 0.175 \cdot (\frac{1}{i})^{0.235}$

**소유역별 매개변수**

| 소유역 번호 | 면적 (㎢) | 연장 (㎞) | 상류표고 (EL.m) | 하류표고 (EL.m) | 주하천경사 | 소유역 K | 소유역 P | 소유역 TL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 15.22 | 11.41 | 256.00 | 143.00 | 0.0099 | 29.765 | 0.518 | 0.608 |
| 2 | 6.27 | 13.55 | 150.00 | 108.00 | 0.0031 | 21.007 | 0.680 | 0.728 |
| 3 | 12.61 | 4.23 | 121.00 | 98.00 | 0.0054 | 24.864 | 0.596 | 0.206 |
| 4 | 2.88 | 2.62 | 99.00 | 75.00 | 0.0092 | 29.076 | 0.527 | 0.116 |
| 5 | 7.17 | 6.70 | 121.00 | 75.00 | 0.0069 | 26.667 | 0.564 | 0.344 |
| 6 | 13.30 | 10.03 | 175.00 | 102.00 | 0.0073 | 27.137 | 0.556 | 0.531 |
| 7 | 8.59 | 5.99 | 153.00 | 102.00 | 0.0085 | 28.445 | 0.536 | 0.304 |
| 8 | 11.06 | 8.83 | 136.00 | 75.00 | 0.0069 | 26.716 | 0.563 | 0.463 |
| 9 | 1.47 | 2.65 | 86.00 | 64.00 | 0.0083 | 28.230 | 0.540 | 0.117 |
| 10 | 12.46 | 7.80 | 138.00 | 92.00 | 0.0059 | 25.478 | 0.585 | 0.406 |
| 11 | 3.58 | 6.85 | 99.00 | 67.00 | 0.0047 | 23.757 | 0.618 | 0.353 |
| 12 | 12.93 | 10.18 | 82.00 | 29.00 | 0.0052 | 24.543 | 0.602 | 0.539 |
| 13 | 14.14 | 9.59 | 59.00 | 19.00 | 0.0042 | 22.963 | 0.634 | 0.506 |
| 14 | 11.10 | 10.33 | 32.00 | 7.00 | 0.0024 | 19.504 | 0.721 | 0.547 |
| 15 | 1.25 | 2.12 | 8.00 | 4.00 | 0.0019 | 18.100 | 0.764 | 0.088 |
| 16 | 5.36 | 4.28 | 111.00 | 75.00 | 0.0084 | 28.341 | 0.538 | 0.209 |
| 17 | 9.65 | 6.55 | 90.00 | 49.00 | 0.0063 | 25.937 | 0.577 | 0.336 |
| 18 | 11.92 | 7.56 | 71.00 | 28.00 | 0.0057 | 25.203 | 0.590 | 0.392 |
| 19 | 10.75 | 8.35 | 42.00 | 12.00 | 0.0036 | 21.958 | 0.657 | 0.437 |
| 20 | 7.89 | 4.02 | 22.00 | 9.00 | 0.0032 | 21.275 | 0.673 | 0.194 |
| 21 | 5.62 | 3.87 | 18.00 | 7.00 | 0.0028 | 20.468 | 0.694 | 0.186 |

○ 저류함수 하도 매개변수[利根川 式(일본 Tone river)]

$K' = 1.67 \cdot Ks$ , $P' = 0.6$ (실측 홍수 보정값 적용)

$T_l' = 0.00165 \cdot L' \cdot i^{-0.5}$ 단, $L'$ : 하도연장($km$)

$Ks = 0.185 \cdot L' \cdot Wd^{0.4} \cdot (\frac{1}{i})^{0.3} \cdot n^{0.6}$ 단, $Wd$: 하도의평균폭($m$)

$n = 0.1 - 0.02 \cdot \log(1/i)$ 단, n : Manning 조도계수

**저류함수 하도 매개변수**

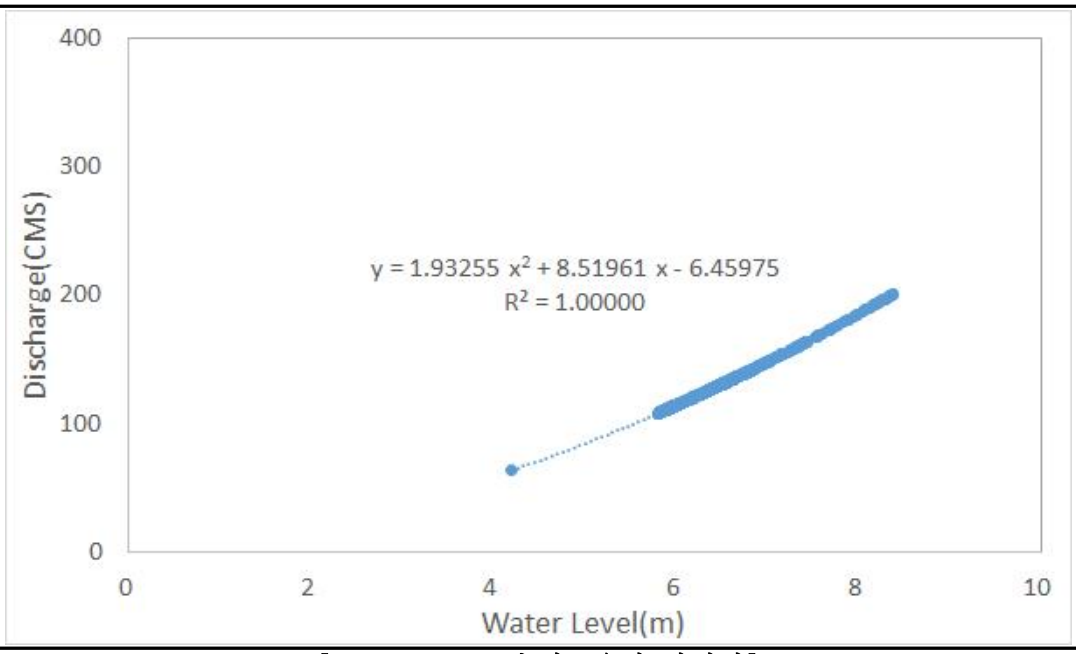
| 하도 번호 | 하폭 (m) | 연장 (㎞) | 상류표고 (EL.m) | 하류표고 (EL.m) | 하도 경사 | K' | P' | TL' | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.00 | 7.02 | 143.00 | 108.00 | 0.00499 | 4.635 | 0.600 | 0.164 | |
| 2 | 10.00 | 4.66 | 108.00 | 98.00 | 0.00215 | 3.629 | 0.600 | 0.166 | |
| 3 | 15.00 | 4.37 | 98.00 | 75.00 | 0.00526 | 3.357 | 0.600 | 0.099 | |
| 4 | 15.00 | 8.58 | 102.00 | 75.00 | 0.00315 | 7.303 | 0.600 | 0.252 | |
| 5 | 15.00 | 2.78 | 75.00 | 64.00 | 0.00396 | 2.262 | 0.600 | 0.073 | |
| 6 | 15.00 | 6.67 | 92.00 | 67.00 | 0.00375 | 5.486 | 0.600 | 0.180 | |
| 7 | · | · | · | · | · | · | · | · | Dummy |
| 8 | 20.00 | 13.41 | 64.00 | 29.00 | 0.00261 | 13.283 | 0.600 | 0.433 | |
| 9 | 25.00 | 8.76 | 29.00 | 19.00 | 0.00114 | 11.042 | 0.600 | 0.428 | |
| 10 | 25.00 | 10.10 | 19.00 | 7.00 | 0.00119 | 12.636 | 0.600 | 0.483 | |
| 11 | 25.00 | 1.64 | 7.00 | 4.00 | 0.00183 | 1.899 | 0.600 | 0.063 | |
| 12 | 10.00 | 6.97 | 75.00 | 49.00 | 0.00373 | 4.879 | 0.600 | 0.188 | |
| 13 | 10.00 | 5.96 | 49.00 | 28.00 | 0.00352 | 4.220 | 0.600 | 0.166 | |
| 14 | 15.00 | 7.44 | 28.00 | 12.00 | 0.00215 | 6.815 | 0.600 | 0.265 | |
| 15 | 15.00 | 2.61 | 12.00 | 9.00 | 0.00115 | 2.678 | 0.600 | 0.127 | |
| 16 | 20.00 | 2.17 | 9.00 | 7.00 | 0.00092 | 2.595 | 0.600 | 0.118 | |
| 17 | · | · | · | · | · | · | · | · | Dummy |

라. 모델 적용결과

1) 수위관측소별 수위·유량 관계식 산정

○ Kebon Jeruk

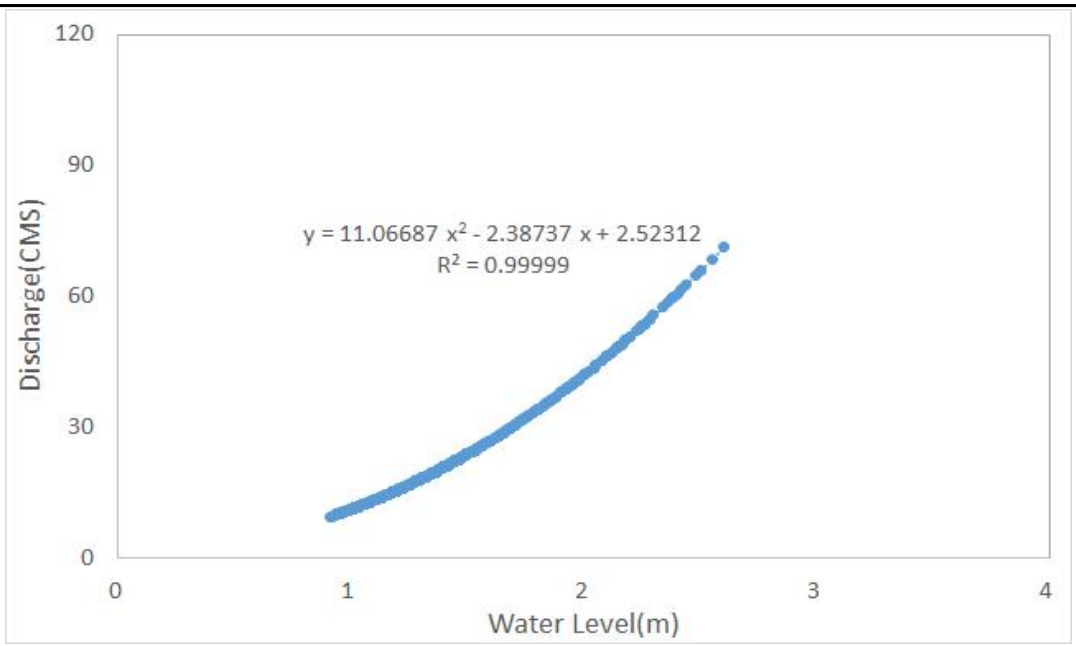
$$Q = 1.93255h^2 + 8.5196h - 6.45975$$




[Kebon Jeruk 수위·유량 관계식]

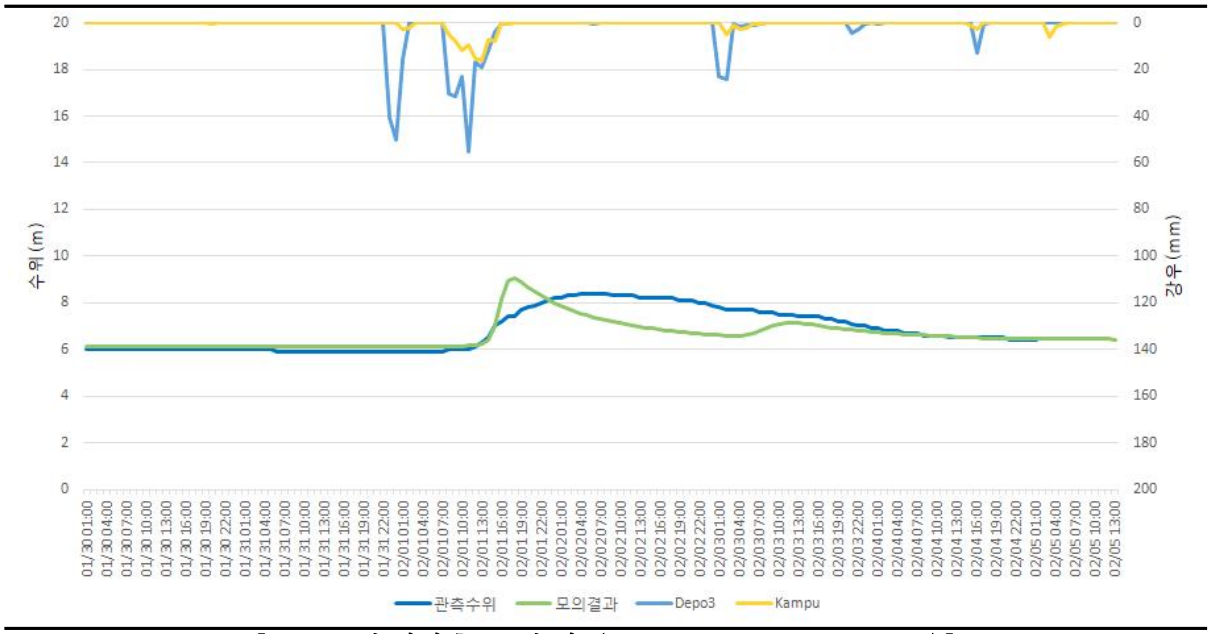
○ Benhil

$$Q = 11.06687h^2 - 2.38737h + 2.52312$$

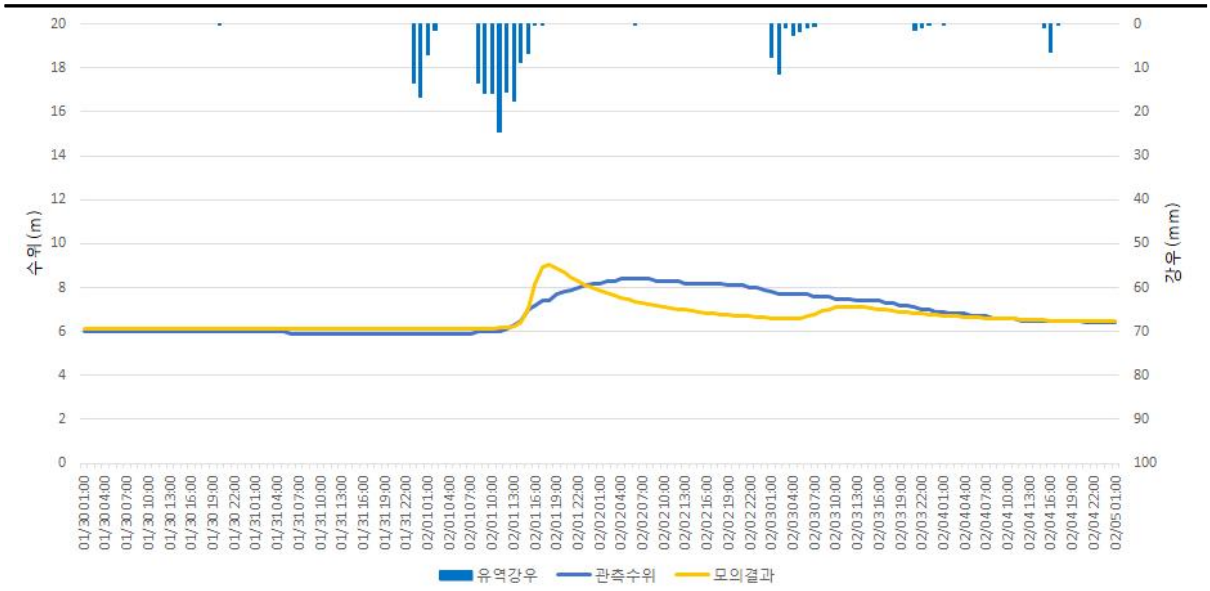



[Benhil 수위·유량 관계식]

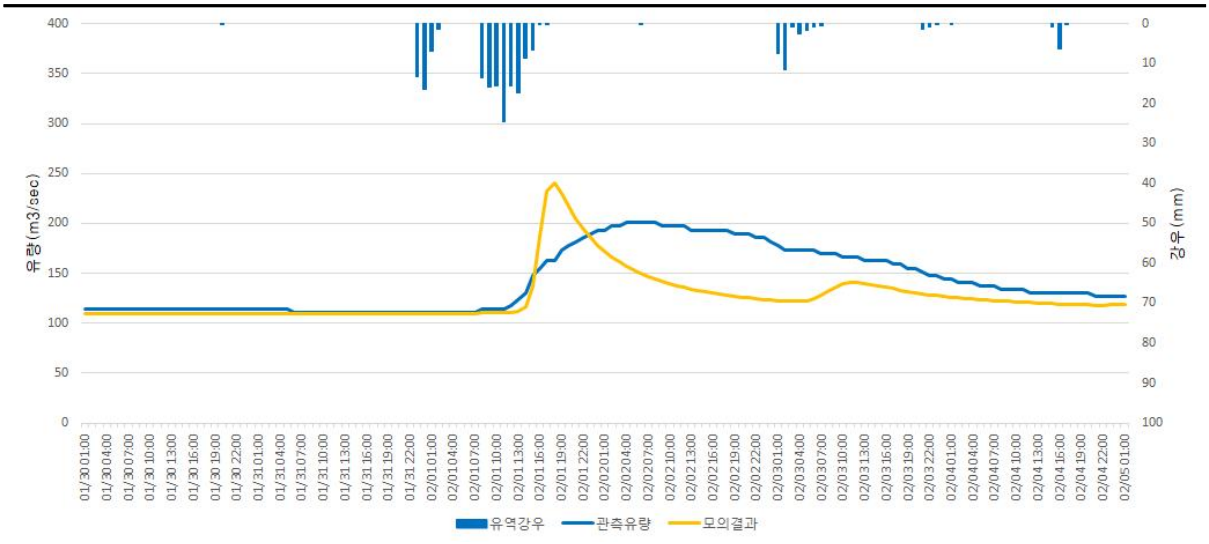
2) 대상지역 하류의 Kebon 수위관측소 기준 실강우와 모의결과 비교




[Kebon 수위관측소, 수위 (2008.01.30.~2008.02.05)]




[Kebon 유역강우, 수위 (2008.01.30.~2008.02.05)]

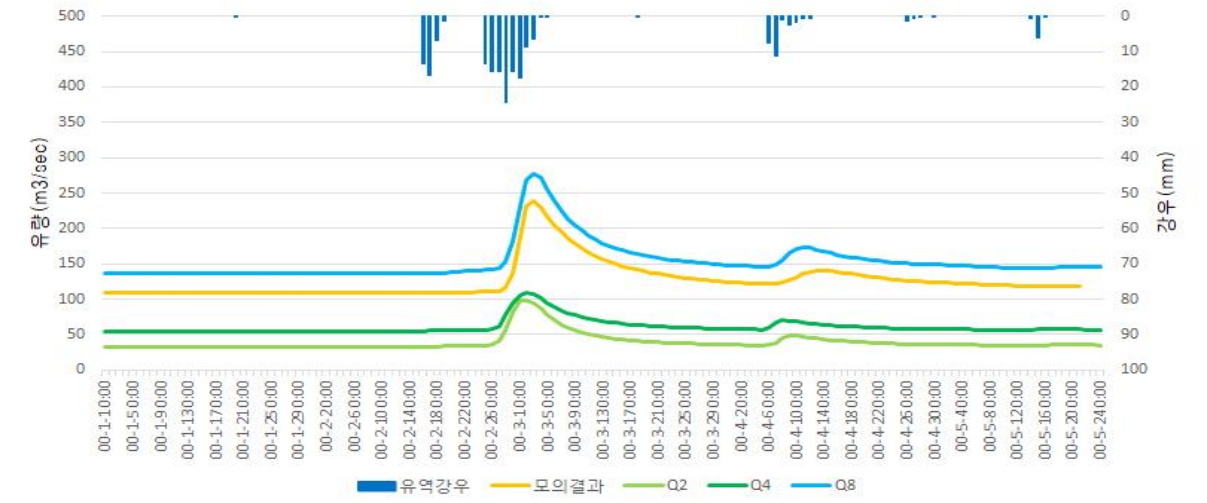



[Kebon 유역강우, 유량 (2008.01.30.~2008.02.05)]

관측값(수위,유량)과 모의값(수위,유량)의 비교

| 구분 | 관측수위 | 모의수위 | 유역강우 | 관측유량 | 모의유량 |
|---|---|---|---|---|---|
| 합계 | – | – | 192.20 | 20675.92 | 2391.95 |
| 최소 | 5.90 | 6.13 | 0.00 | 111.096 | 110 |
| 최대 | 8.40 | 9.04 | 24.60 | 201.50 | 239.83 |
| 평균 | 6.81 | 6.63 | 1.33 | 142.59 | 126.50 |

3) 대상지역 상류(Ch2), 중류(Ch4), 하류(Ch8), Kebon 실강우와 유량 모의결과 비교

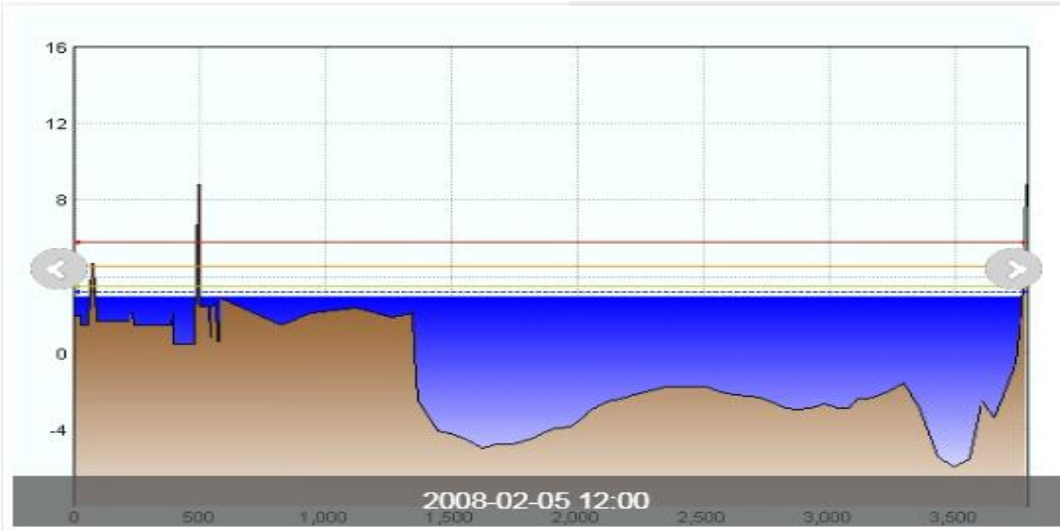



[Kebon 유역강우, Channel2, Channel4, Channel8 유량 모의 (2008.01.30.~2008.02.05)]

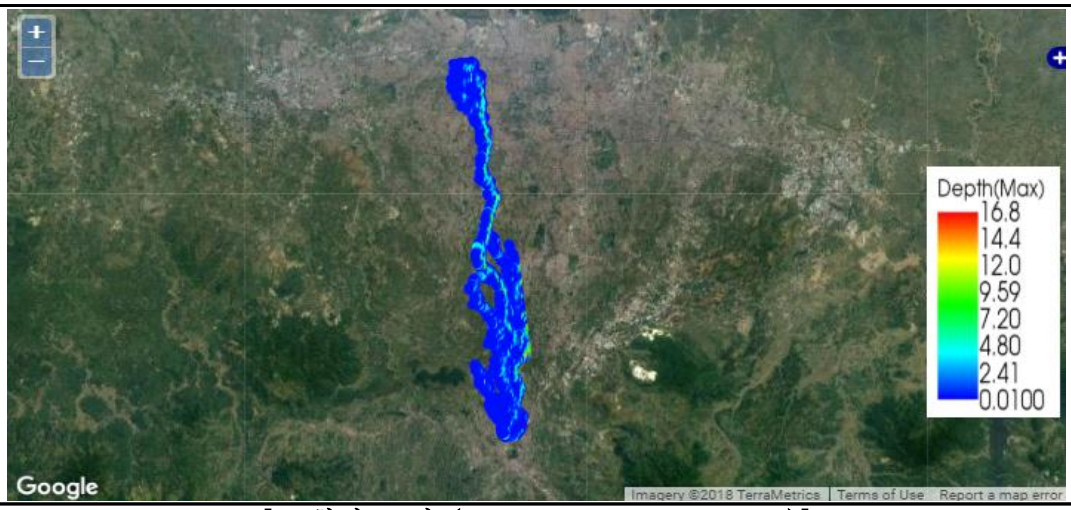
주요지점의 유량분석

| 구분 | Kebon | Channel8 | Channel4 | Channel2 |
|---|---|---|---|---|
| 합계유량 | 18341.95 | 37877.21 | 14587.34 | 9361.29 |
| 최대유량 | 239.83 | 344.76 | 118.57 | 97.83 |
| 평균유량 | 126.50 | 157.82 | 60.78 | 39.00 |

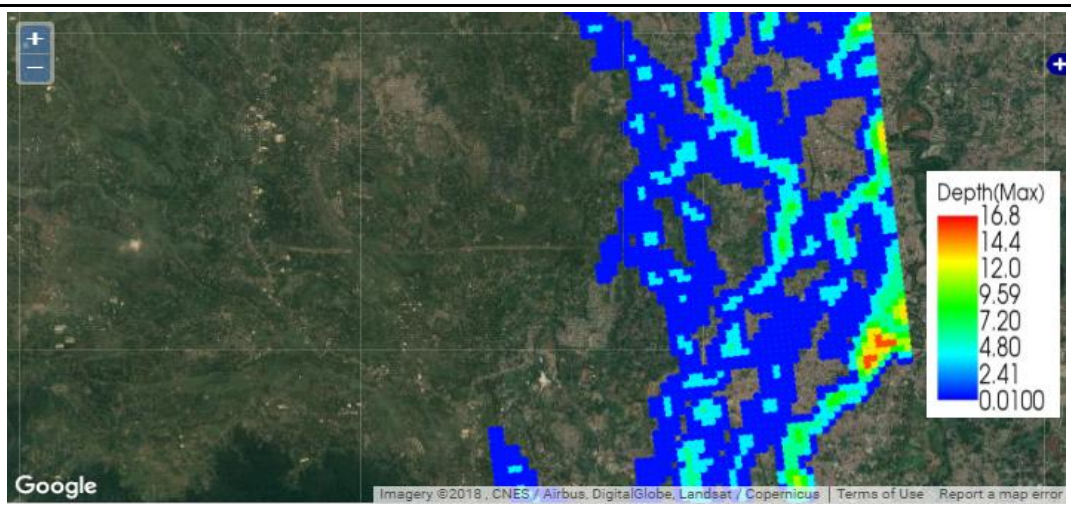
4) 대상지역 하도추적 모의결과




[Kebon 하도추적 모의 (2008.01.30.~2008.02.05)]




[2D확산 모의 (2008.01.30.~2008.02.05)]




[2D확산 모의 (2008.01.30.~2008.02.05)]

### (3) 바탐 지역 유출 해석

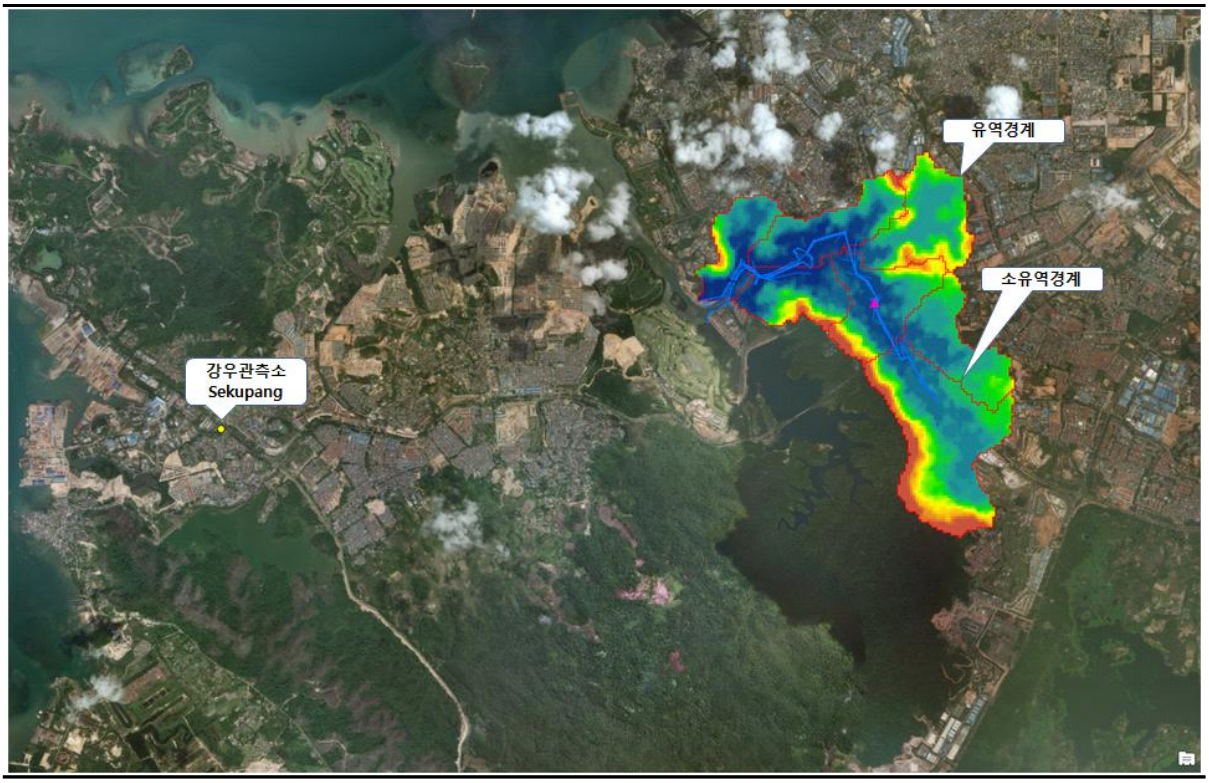
가. 모형 구성

▷ 우량관측소 현황

| 번호 | 이름 | DB코드 | TM - X좌표 | TM - Y좌표 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | New | 9999901 | -2431285.8959 | -3572256.2165 |
| 2 | Sekupang | 9999902 | -2438087.6935 | -3574133.9379 |

※ New 강우관측소는 금회 연구과제 수행을 통하여 신규설치 예정

※ DB코드는 가상의 임시코드 부여




[바탐유역 우량관측소 위치도]

▷ 강우보정(Reciprocal Distance Squared) 계수 산정

○ RDS 강우 보정 대상 관측소 ( 999는 대상관측소 없음 표시)

| 관측소 번호 | 1차 우량국번호 | | | | 2차 우량국번호 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 |
| 1 | 999 | 999 | 2 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |
| 2 | 1 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 | 999 |

○ RDS 강우 보정 대상 관측소별 이격거리(단위: ㎞)

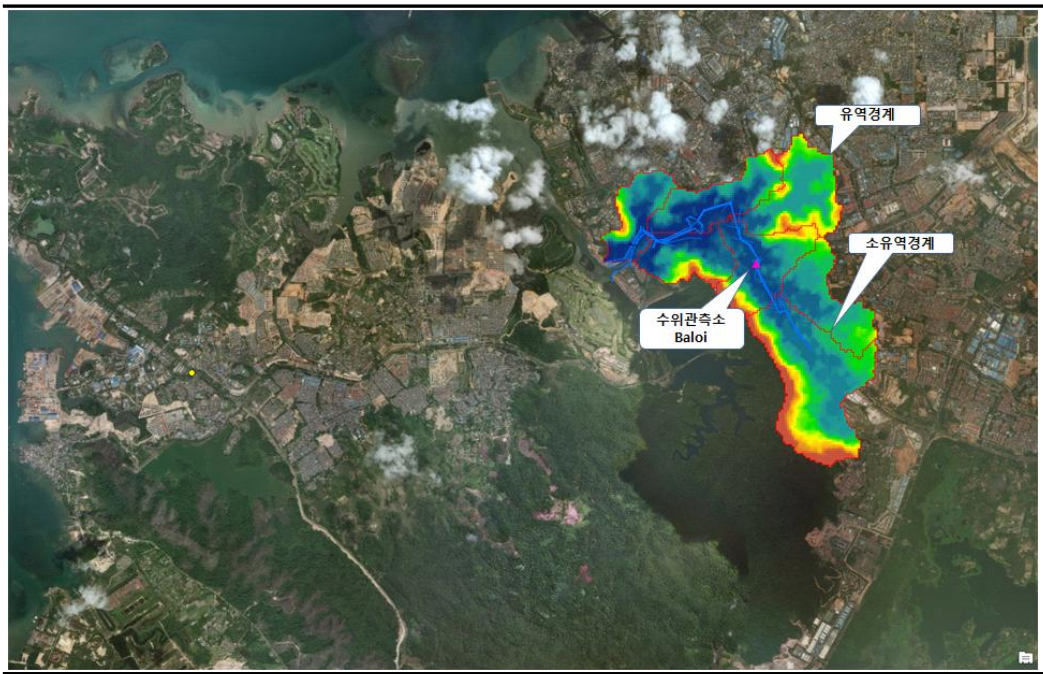
| 관측소 번호 | 1차 우량국번호 | | | | 2차 우량국번호 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 | 1상안 | 2상안 | 3상안 | 4상안 |
| 1 | 0.000 | 0.000 | 6.485 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 6.485 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

▷ 수위관측소 현황

| 번호 | 이름 | DB코드 | 모형내 하도번호 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Baloi | 9999903 | 2 | |
| 2 | New | 9999904 | 5 | |

※ New 수위관측소는 금회 연구과제 수행을 통하여 신규설치 예정

※ DB코드는 가상의 임시코드 부여



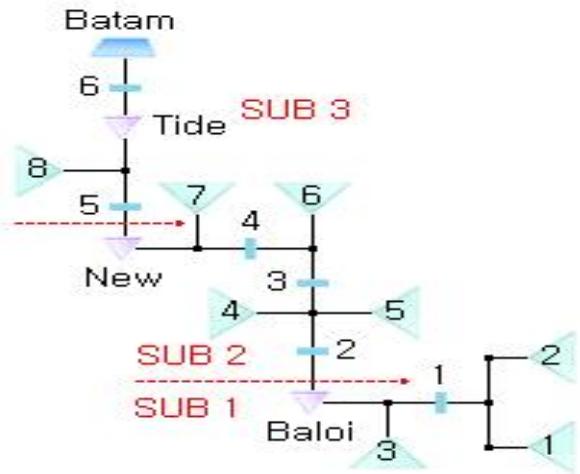

[바탐유역 수위관측소 위치도]

▷ 지형자료 분석

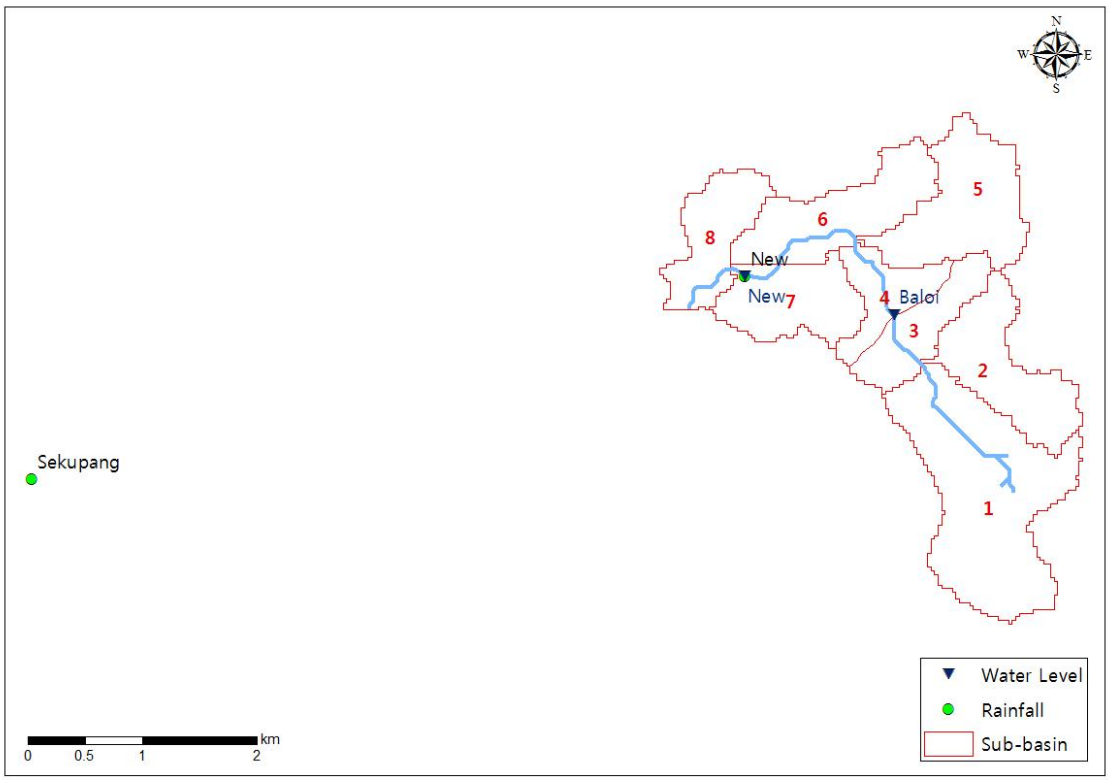
○ 기초자료 : DEM(90m×90m)

○ 유역분할 : 8개 소유역 및 5개 하도 분할 (중권역은 3개 권역)

※ 하천 합류점, 수위국 등 고려




[바탐유역 하천모식도]




[바탐유역 소유역 현황]

▷ 지형인자를 고려한 모형 매개변수 산정

○ 저류함수 소유역 매개변수[利根川 式(일본 Tone river)]

소유역 및 하도의 매개변수는 일본의 대하천에서 개발된 경험공식 적용

$$T_l = 0.056 \cdot L - 0.031$$ 단, $L$: 주하천장(㎞)

$$K = 118.84 \cdot \left(\frac{1}{i}\right)^{-0.3}$$ 단, $i$: 주하천평균경사

$$P = 0.175 \cdot \left(\frac{1}{i}\right)^{0.235}$$

| 소유역 번호 | 면적 (㎢) | 연장 (㎞) | 상류표고 (EL.m) | 하류표고 (EL.m) | 주하천 경사 | 소유역 K | 소유역 P | 소유역 TL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.435 | 2.31 | 85 | 13 | 0.0312 | 41.984 | 0.395 | 0.098 |
| 2 | 1.055 | 1.31 | 77 | 13 | 0.0489 | 48.044 | 0.356 | 0.042 |
| 3 | 0.644 | 0.75 | 66 | 11 | 0.0733 | 54.269 | 0.323 | 0.011 |
| 4 | 0.541 | 1.22 | 51 | 5 | 0.0377 | 44.451 | 0.378 | 0.037 |
| 5 | 1.249 | 1.73 | 55 | 5 | 0.0289 | 41.043 | 0.402 | 0.066 |
| 6 | 1.110 | 1.59 | 44 | 2 | 0.0264 | 39.950 | 0.411 | 0.058 |
| 7 | 0.883 | 1.28 | 29 | 1 | 0.0219 | 37.753 | 0.430 | 0.041 |
| 8 | 0.767 | 1.43 | 33 | 0 | 0.0231 | 38.363 | 0.424 | 0.049 |

○ 저류함수 하도 매개변수[利根川 式(일본 Tone river)]

$K' = 1.67 \cdot Ks$ , $P' = 0.6$ (실측 홍수 보정값 적용)

$$T_l' = 0.00165 \cdot L' \cdot i^{-0.5}$$ 단, $L'$: 하도연장($km$)

$$Ks = 0.185 \cdot L' \cdot Wd^{0.4} \cdot \left(\frac{1}{i}\right)^{0.3} \cdot n^{0.6}$$ 단, $Wd$: 하도의평균폭($m$)

$$n = 0.1 - 0.02 \cdot \log(1/i)$$ 단, n : Manning 조도계수

| 하도 번호 | 하폭 (m) | 연장 (km) | 상류표고 (EL.m) | 하류표고 (EL.m) | 하도 경사 | K' | P' | TL' | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10.00 | 0.53 | 13.00 | 11.00 | 0.00377 | 0.370 | 0.600 | 0.014 | |
| 2 | 15.00 | 0.85 | 11.00 | 5.00 | 0.00706 | 0.614 | 0.600 | 0.017 | |
| 3 | 20.00 | 0.84 | 5.00 | 2.00 | 0.00357 | 0.783 | 0.600 | 0.023 | |
| 4 | 20.00 | 0.49 | 2.00 | 1.00 | 0.00204 | 0.509 | 0.600 | 0.018 | |
| 5 | 40.00 | 0.61 | 1.00 | 0.00 | 0.00164 | 0.870 | 0.600 | 0.025 | |
| 6 | - | - | - | - | - | - | - | - | Dummy |
| 7 | - | - | - | - | - | - | - | - | Dummy |

○ 평균강우망(Thiessen) 구축

- 소유역별 강우관측소 현황

| 관측소 / 소유역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | | | | | | |
| 2 | 1 | 2 | | | | | | |
| 3 | 1 | 2 | | | | | | |
| 4 | 1 | 2 | | | | | | |
| 5 | 1 | 2 | | | | | | |
| 6 | 1 | 2 | | | | | | |
| 7 | 1 | 2 | | | | | | |
| 8 | 1 | 2 | | | | | | |

- 소유역별 우량관측소 티센계수

| 관측소 / 소유역 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 2 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 3 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 4 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 5 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 6 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 7 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |
| 8 | 0.99999 | 0.00001 | | | | | | |

※ 유역내 위치하는 New 강우관측소의 티센계수가 1.00000에 가까우며, 결측시에는 Sekupang 강우관측소의 값으로 보정

나. 모의 결과

▷ 관측사상에 대한 모의 운영 ('17. 1. 22 ~ 1. 24, 유역평균 178.5mm)

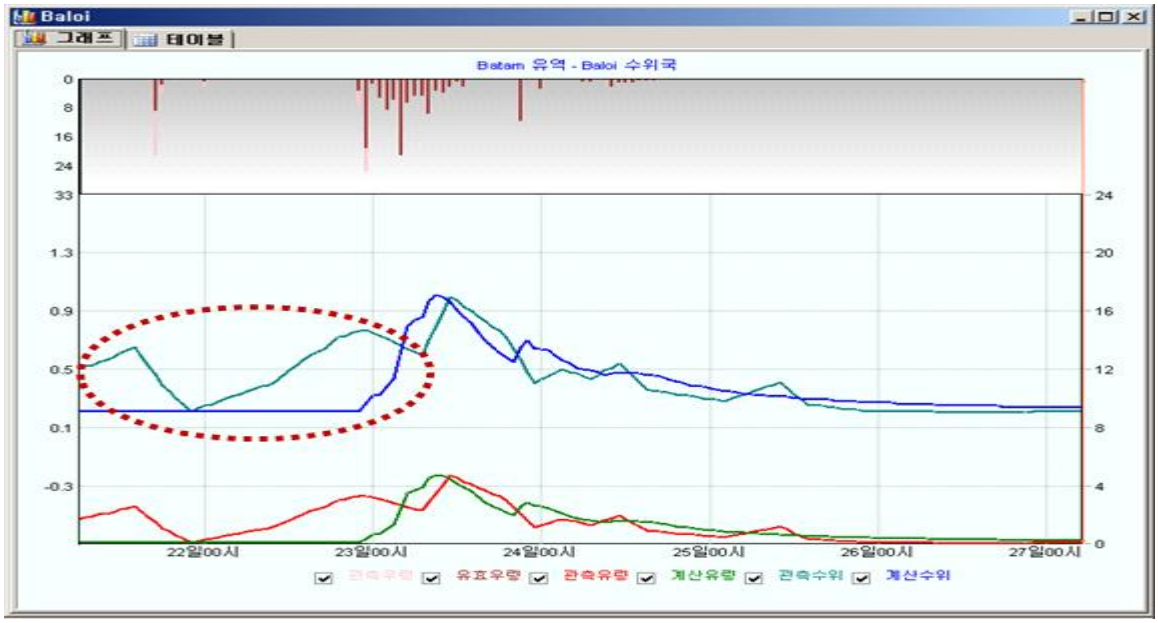
○ 강우-유출 분석결과 : Baloi 수위국

- 해당유역내 우량국 부재로 유역외 위치한 Sekupang 우량국 관측자료 적용에 따른 강우영향 반영이 어려우며, 관측자료 부족에 따른 홍수분석 신뢰도 한계
- 첨두유량 및 최고수위 발생 이후 홍수상황은 유사하게 재현하나, 앞부분의 무강우시 수위상승을 재현하지 못하여 효율계수 저하

※ 효율계수가 1.0 에 가까울수록 모형의 정밀도가 높음

- 수위-유량 관계식 신뢰도 제고를 위한 수문자료 추가 필요

※ 금회 연구과제 추진시 신설예정인 우량·수위관측소 및 기존 관측소 자료를 활용한 수위-유량 관계식 재산정 필요



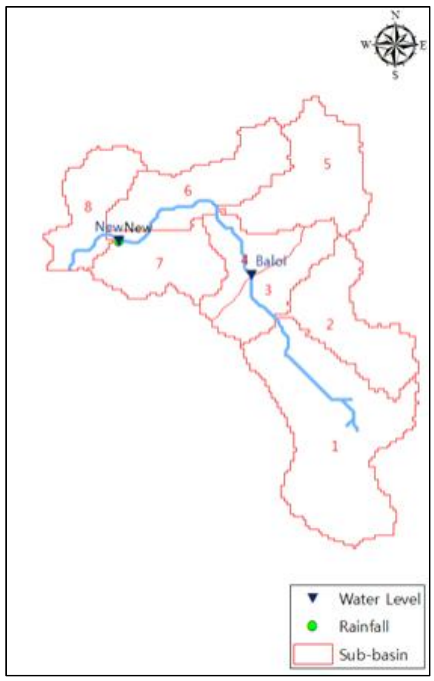
### (4) 실측자료를 통한 수위-유량 관계곡선

가. 개요

- Batam 유역은 유역 내의 수위 관측소(Baloi)가 존재하나 결손 자료가 많고 축적된 자료의 양도 1년 미만으로 자료가 매우 부족하며, 강우자료 역시 부족한 상황이다. 따라서 Batam 유역의 물재해 관리를 위한 데이터가 부족한 실정이다.
- 부족한 강우자료 때문에 해당 유역의 강우에 대한 빈도해석이 불가능한 상황이다. 따라서 별도의 확률강우량이 존재하지 않는다.
- 강우자료가 부족한 경우 인근 유역의 강우자료를 이용하여 보완을 할 수 있지만 보완을 위해서는 최소 3개의 관측치가 필요하다. 하지만 Batam 유역은 인근 관측 자료가 1개만 존재하여 보완이 불가능하다.
- 존재하는 강우자료 및 수위자료를 최대한 활용하여 수위-유량관계곡선 작성을 실시하였다.

나. 분석 조건

- Batam 유역의 면적이 약 7.3km$^2$정도의 작은 유역이고 하천 연장 역시 매우 작아 결과에 영향을 주기 힘들기 때문에 유로연장은 무시하였다.
- Batam 유역의 모의를 위해 그림 32와 같이 8개의 소유역으로 나누었으며 소유역에 대한 데이터는 아래 표와 같다. 수관차단과 지면보류 단순한 일정량으로 하였으며 기저유출은 월마다 일정한 유량으로 설정하였다. 손실우량은 지수형을 사용하였으며 지수는 0.7, 초기 계수는 0.24 그리고 계수비는 1로 모든 소유역에서 동일하게 적용하였다.




Batam 소유역 분할

소유역 정보

| 소유역 | 면적 ($km^2$) | 수관차단 (mm) | 지면보류 (mm) | 불투수성 | 기저유출 ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.0611 | 5 | 16 | 5 | 0.3 |
| 2 | 0.5 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |
| 3 | 0.8928 | 5 | 16 | 5 | 0.1 |
| 4 | 0.5030 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |
| 5 | 1.0571 | 5 | 16 | 70 | 0.1 |
| 6 | 0.9393 | 5 | 16 | 85 | 0.1 |
| 7 | 0.7475 | 5 | 16 | 85 | 0.1 |
| 8 | 0.6487 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |

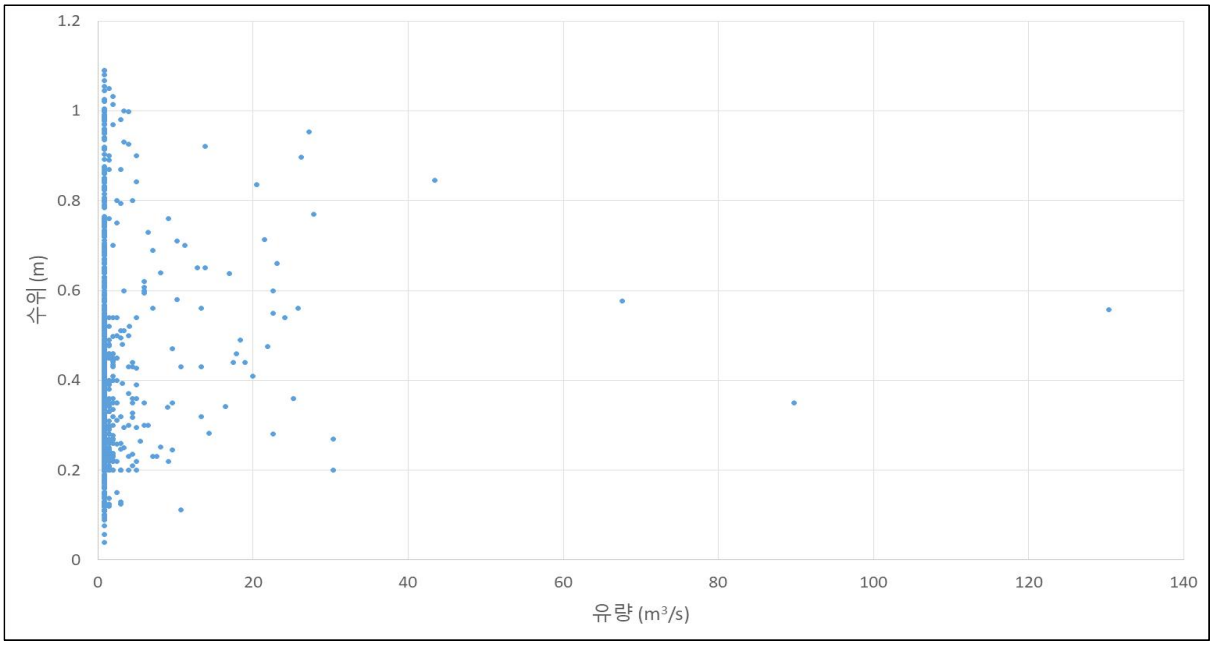
다. 결과

- 인근 유역(Sekupang)의 기왕 강우자료를 사용하여 HEC-HMS로 모의해 Batam 유역의 유량자료를 작성하였으며, 작성된 유량자료와 수위 관측자료(Baloi) 간의 관계곡선을 작성하였다.
- 다음 표를 보면 강우가 발생하지 않은 시점에도 수위가 상승하거나 강우가 1시간에 20mm이상 발생하였음에도 수위가 감소하는 등 기왕 강우자료와 실측 수위자료가 서로 일치하지 않는다.

강우자료, 모의 유량 및 Baloi의 수위자료 (2017.01.22.19시부터 2017.01.23.17시까지)

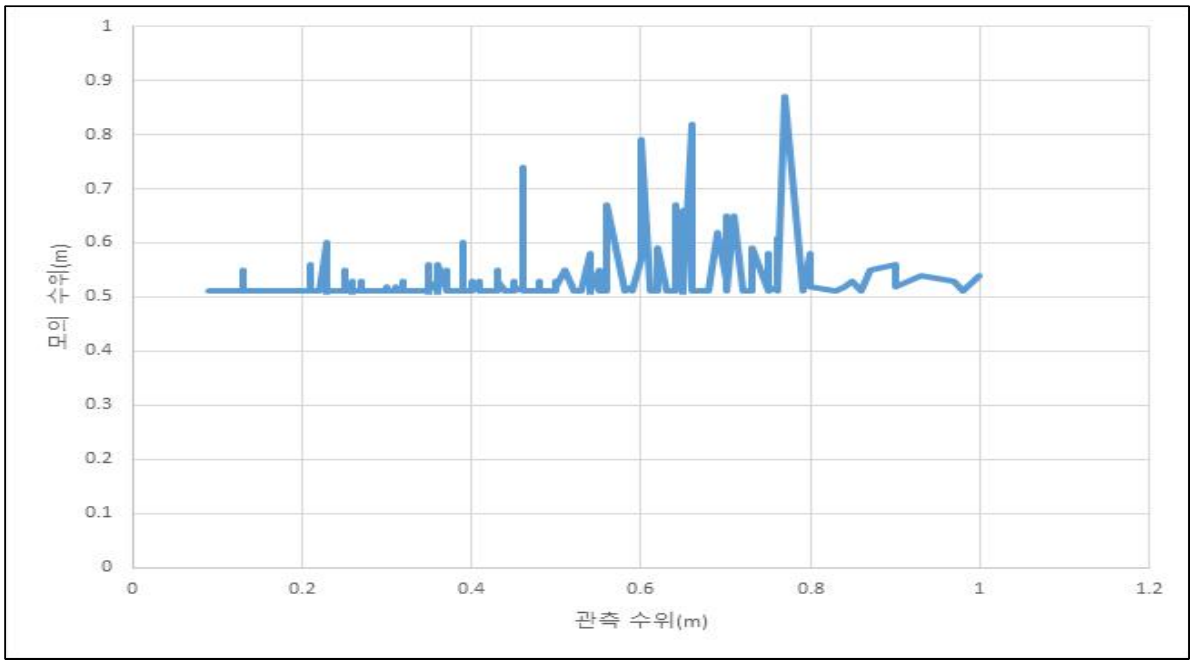
| 일시 | 강우량 (mm) | 유량 (m3/s) | 수위 (m) |
|---|---|---|---|
| 2017-1-22 19:00 | 0 | 0.8 | 0.72 |
| 2017-1-22 20:00 | 0 | 0.8 | 0.73 |
| 2017-1-22 21:00 | 0 | 0.8 | 0.75 |
| 2017-1-22 22:00 | 8 | 9.1 | 0.76 |
| 2017-1-22 23:00 | 26 | 27.8 | 0.77 |
| 2017-1-23 00:00 | 1.5 | 2.4 | 0.75 |
| 2017-1-23 01:00 | 5.5 | 6.5 | 0.73 |
| 2017-1-23 02:00 | 9 | 10.2 | 0.71 |
| 2017-1-23 03:00 | 6 | 7.1 | 0.69 |
| 2017-1-23 04:00 | 21.5 | 23.1 | 0.66 |
| 2017-1-23 05:00 | 7 | 8.1 | 0.64 |
| 2017-1-23 06:00 | 5 | 6 | 0.62 |
| 2017-1-23 07:00 | 5 | 6 | 0.6 |
| 2017-1-23 08:00 | 10 | 11.2 | 0.7 |
| 2017-1-23 09:00 | 3.5 | 4.5 | 0.8 |
| 2017-1-23 10:00 | 4 | 5 | 0.9 |
| 2017-1-23 11:00 | 2.5 | 3.4 | 1 |
| 2017-1-23 12:00 | 1 | 1.9 | 0.97 |
| 2017-1-23 13:00 | 2.5 | 3.4 | 0.93 |
| 2017-1-23 14:00 | 0.5 | 1.4 | 0.9 |
| 2017-1-23 15:00 | 0 | 0.8 | 0.86 |
| 2017-1-23 16:00 | 0 | 0.8 | 0.83 |
| 2017-1-23 17:00 | 0 | 0.8 | 0.79 |

– 다음 그림은 관측 강우자료를 통해 작성된 유량자료와 관측 수위자료를 이용한 수위–유량 관계곡선을 나타낸 것이다. 그림 33을 보면 거의 대부분의 점이 수위 축에 몰려 있으며 일반적인 수위–유량관계곡선의 추세를 보이는 점들도 존재하지 않는 것을 볼 수 있다.




관측 강우자료 및 수위자료를 통한 수위-유량 관계곡선 작성

– 다음 그림은 관측 강우자료 기반 모의 수위와 관측 수위간의 관계곡선이다. 그림 34에 따르면 모의 수위와 관측 수위가 서로 비례하지 않는다. 이는 두 자료의 경향성이 동일하지 않는 것을 의미한다. 따라서 인근 유역의 강우자료는 수위–유량 관계곡선을 작성하는데 사용할 수 없다.




관측수위-모의수위 관계곡선

### (5) 모의 값을 통한 수위-유량 관계곡선

가. 개요

- Batam 유역의 강우자료가 부족하여 실측값으로 수위-유량 관계곡선을 작성하는 것은 무리가 있다. 확률강우량 역시 강우자료가 부족하여 존재하지 않아 Huff 분포를 통한 수위-유량곡선 작성이 어렵다.
- 따라서 임의의 총 강우량으로 Huff 분포를 통해 지속시간별 강우자료를 작정하고 HEC-HMS 모의를 통해 유량을 획득하였다.
- 획득한 유량자료로 HEC-RAS 모형을 구축하고, HEC-RAS 모의를 통해 Huff 분포 강우자료에 대한 수위자료를 획득하여 수위-유량 관계곡선을 작성하였다.

나. 분석 조건

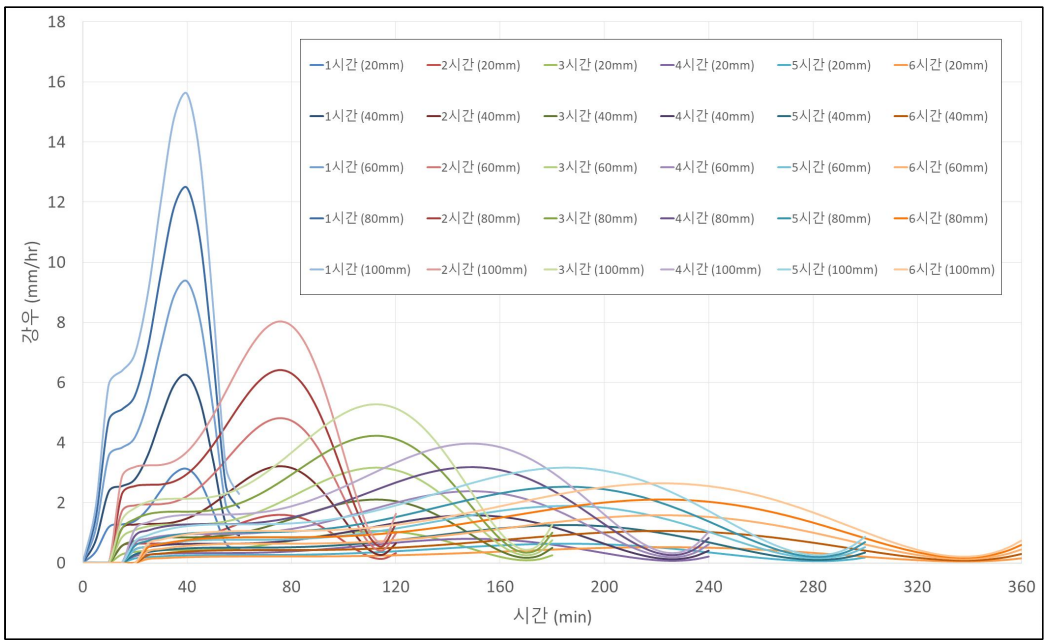
- Batam 유역의 본류 하천을 0번부터 18번까지 총 19개의 횡단면으로 나누었으며 번호가 높을수록 상류에 위치한 단면이다.
- HEC-RAS구축을 위한 Manning의 조도계수는 모든 횡단면에서 동일한 0.035를 적용하였다.
- 유로연장은 총 3588m로 다음 표는 횡단면별 거리를 표로 정리한 것이다.

강우량별 최대 수표면 표고 (단위 : m)

| 횡 단 면 | 이전 단면과의 거리 | 0번 단면과의 거리 | 횡단 면 | 이전 단면과의 거리 | 0번 단면과의 거리 |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 209 | 3588 | 8 | 74 | 1535 |
| 17 | 191 | 3379 | 7 | 51 | 1461 |
| 16 | 120 | 3188 | 6 | 61 | 1410 |
| 15 | 121 | 3068 | 5 | 360 | 1349 |
| 14 | 80 | 2947 | 4 | 197 | 989 |
| 13 | 100 | 2867 | 3 | 217 | 792 |
| 12 | 252 | 2767 | 2 | 299 | 575 |
| 11 | 450 | 2515 | 1 | 276 | 276 |
| 10 | 60 | 2065 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 470 | 2005 | | | |

다. Huff 분포 강우 자료

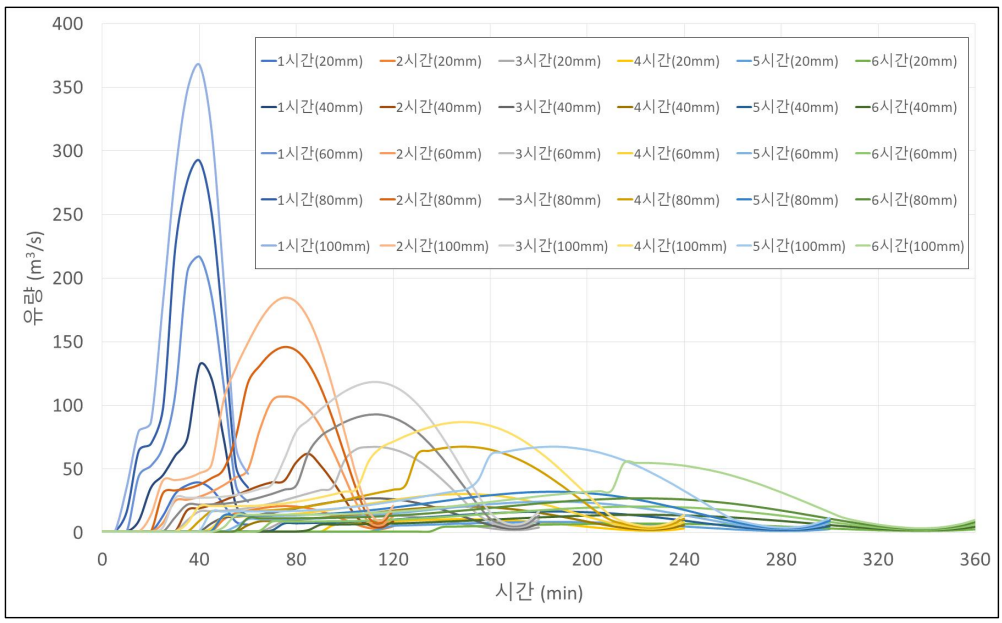
- 총 강우량을 20mm부터 100mm까지 20mm간격으로 나누어 Huff 분포를 통해 강우자료를 작성하였다. 이때 사용한 Huff 분위는 3분위이다.
- 표 9부터 표 14까지는 지속시간별 Huff 분포 결과를 나타낸 것이다.
- 다음 그림은 총 강우량별 강우강도-지속시간 곡선이다.




총 강우량별 강우강도-지속시간 곡선

라. HEC-HMS 유량 자료

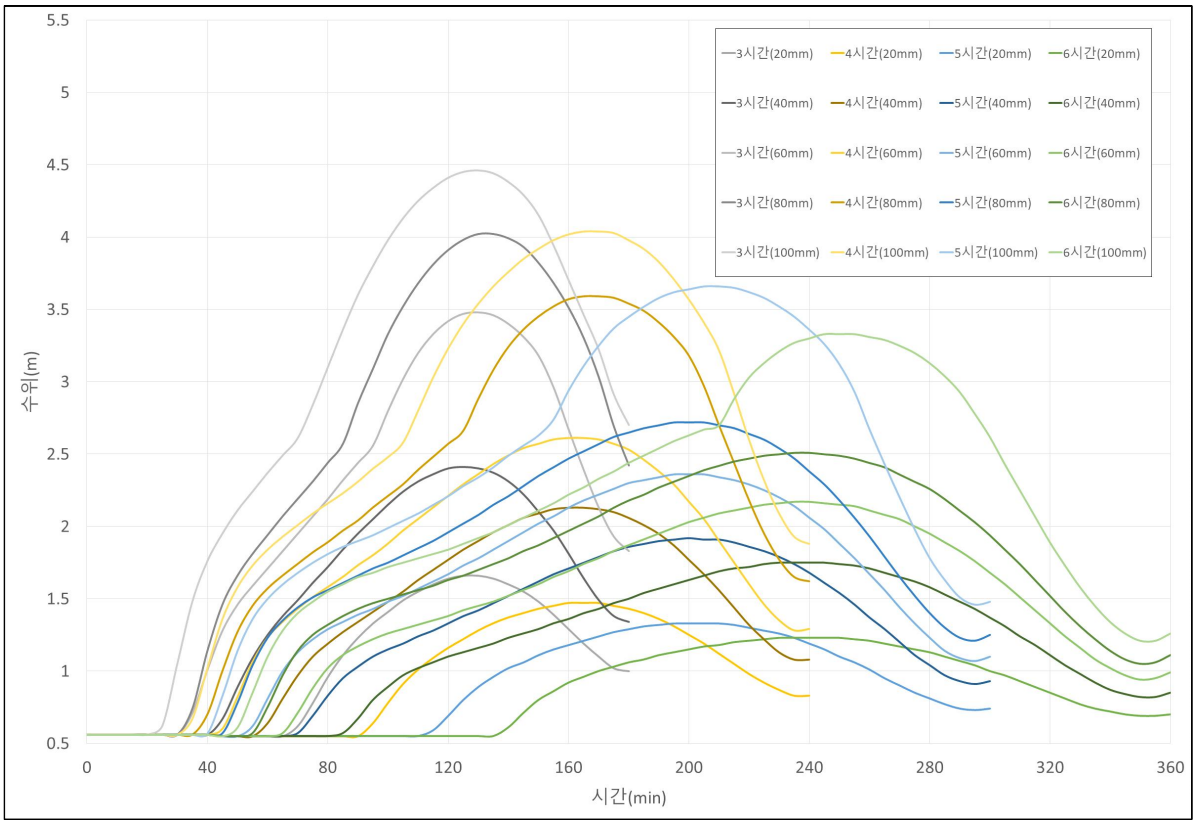
- Huff 분포를 통해 작성된 지속시간별 강우자료를 HEC-HMS로 모의하여 유량자료를 만들었다.
- 다음 그림은 총 강우량별 지속기간-유량곡선이다.




총 강우량별 지속기간-유량곡선

마. HEC-RAS 수위자료

- HEC-HMS 모의로 작성된 유량자료를 HEC-RAS 모형에 적용하여 수위자료를 작성하였다.
- HEC-RAS 모형에서 수위 측정지점의 하천바닥고(Elevation) 3m이다.
- 하천바닥 기준 수위는 HEC-RAS에서 나온 수위 값에서 하천바닥고 3m를 빼주어 계산한다.
- 지속시간이 1시간, 2시간인 경우 일부 강우량에서 5분당 약 200m3/s에서 150m3/s가량의 유량이 흐르게 되어 적합하지 않다고 판단되어 지속시간이 3시간인 경우부터 결과를 작성하였다.
- 다음 그림은 총 강우량별 지속기간-수위곡선이다.




총 강우량별 지속시간-수위곡선

바. 모의값을 활용한 수위-유량 관계곡선 작성

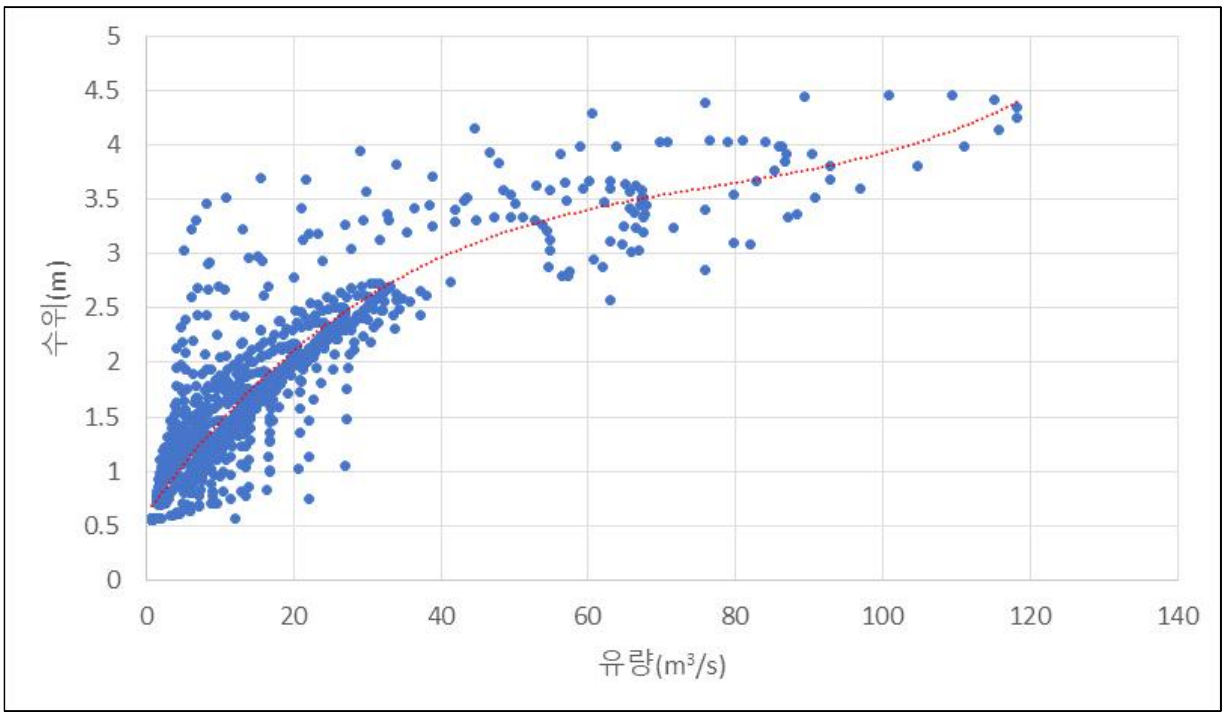
- Huff 분포 강우자료를 통해 작성된 유량 및 수위자료를 시간단위가 일치하도록 정리하였고 이를 그래프로 표현하여 추세선을 식 (2)와 같이 구하였다.

$$Q = 5 \times 10^{-6} h^3 - 0.0011 h^2 + 0.0947 h + 0.6081 \quad (2)$$

- 여기서 Q는 유량($m^3/s$)을 나타내고, h는 수위(m)를 나타낸다.

- 식 (2)의 결정계수($R^2$)은 0.8063이다.

- 다음 그림은 유량 및 수위자료를 그래프로 표현하고 추세선을 그린 것이다.




Huff 분포를 통한 수위-유량 관계곡선

## 7. 물재해 관리 시나리오 수립 및 가이드라인 작성

### 7.1 물재해 현황

#### (1) 전세계 물재해 현황 및 대응현황

가. 물재해 현황

1) 전 세계적으로 물재해 피해는 증가 추세로 특히 홍수는 어느 한 지역에 국한된 것이 아니라 전 세계에 걸쳐 피해 발생 중

○ 미국의 경우 허리케인 '하비'가 뿌린 비로 인해 40여명이 사망하였고, 도시 전체 침수 발생

○ 아프리카의 나이지리아에서도 홍수가 나서 10만 여명이 집을 잃었고, 사상자수는 아직 파악이 어려운 상황

○ 남아메리카 바하마의 경우 최악의 허리케인 피해를 입었으며, 적십자사는 바하마 주택 1만 3천 채의 파손(전체 주택의 약 45%) 및 6만2천명이 깨끗한 식수를 이용하지 못한 것으로 추정

○ 남아시아는 8월에 내린 비로 인도, 방글라데시, 네팔 등지에서 1200여 명이 사망하고, 4100만 여명의 수재민이 발생

– 아래 그림은 올해 8월 인도 남부지역에서 계절풍 홍수로 인해 물에 잠긴 인도 남부 케랄라 주의 한 마을로, 계절풍 홍수 피해로 인해 케랄라에서 80명이 넘는 사망자가 발생하였고, 1만 8천 헥타르(ha)의 농경지가 침수피해 발생




**폭우로 물에 잠긴 인도 남부의 한 마을**
(https://www.yna.co.kr/view/AKR20190813070000077)

○ 기후과학자들에 따르면, 현재 지구의 평균 온도는 산업혁명이 일어난 19세기보다 0.5도 정도 상승한 상태로 큰 수치는 아니지만 그 영향은 매우 치명적으로 지구 평균온도의 상승은 홍수와

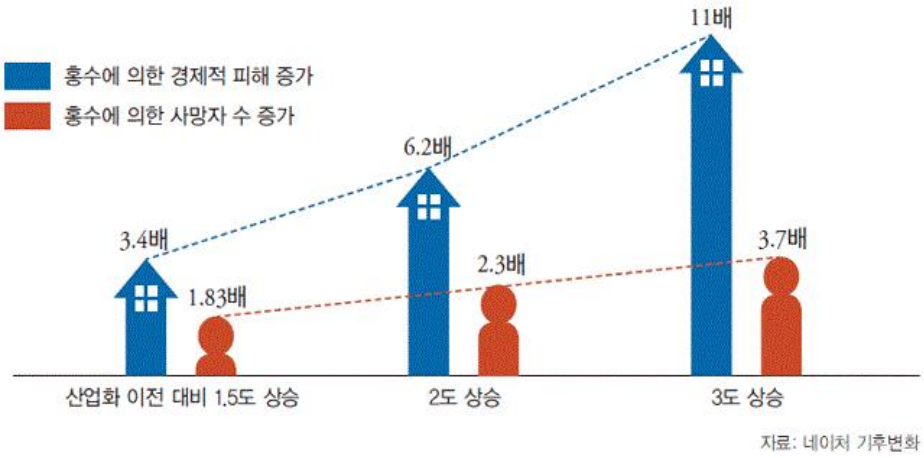
가뭄의 위험성을 동시에 증가

- 0.5도의 온도 상승의 영향으로 빙하가 녹고 그 결과 해수면 상승 및 기상이변이 발생되고 있으며, 해수면은 19세기에 비해 59cm정도 상승을 하였고, 강수량은 20%가 증가를 하여 이러한 변화는 홍수 피해를 가속화

- 또한 기온이 높아지면서 증발하는 수증기의 양이 증가하여 가뭄의 발생 빈도도 빈번

○ 유럽합동연구센터 연구원팀은 2040년에 기온이 1.5°C 상승할 것 예상

-온도가 상승함에 따라 그림 3.2-2와 같이 홍수로 인한 사망자 수는 현재의 약 1.8배, 재산피해는 현재의 약 3.4배가 될 것으로 예측되고, 2040년 이후로는 인명피해와 경제적 피해가 급격하게 증가할 것으로 예측




**기후변화에 따른 21세기 말의 홍수피해 예측**
(http://weekly.chosun.com/client/news/viw.asp?ctcd=C02&nNewsNumb=002523100006)

○ 세계에서 발생한 대규모 물 관련 자연재해

**세계의 대규모 물 관련 자연재해**

| 연도 | 날짜 | 사건 | 지역 | 사망자수 (명) | 경제손실 (백만$) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | 8월~10월 | 홍수 | 인도 동부, 북부, 네팔 중부 | 1,550 | 12,000 | 수천개의 마을 범람, 가축피해 극심, 350만명 이재민 발생 |
| 2004 | 7월 | 홍수 | 중국 중남부 | 381 | 미확인 | 실종(98명), 이재민(4,574만명), 농지300만ha침수, 가옥 20만여채 파손 |
| | 7월 | 홍수 | 인도 등 서남아시아 | 1,282 | 미확인 | 이재민(2,500만명), 사망자수(인도:770명, 방글라데시:394명, 네팔:113명) |
| | 12월26일 | 쓰나미 | 인도양 일대 | 150,000 | 미확인 | 인도네시아 수마트라섬에서 발생한 진도 9.0의 강진으로 인근 여러나라들에 500만명의 이재민 발생 |
| 2005 | 8월 | 허리케인 | 북미 남동부 | 1,577 | 81,200 | 제방붕괴에 의하여 뉴올리언즈 대부분 침수피해 |

(Water for People, Water for life(UN 세계수자원개발보고서, 2003, 재해연보 2013(소방방재청, 중앙재난안전대책본부, 2014, Annual Disaster Stafisfical Review 2012(http://www.cred.be))

**세계의 대규모 물 관련 자연재해**

| 연도 | 날짜 | 사건 | 지역 | 사망자수 (명) | 경제손실 (백만$) | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2007 | 6월24일 | 홍수 | 인도, 파키스탄 | 341 | 미확인 | 부상자 200여명발생, 전력공급이 끊어지면서 감전사 발생 |
| | 7월 | 홍수 | 중국 | 505 | 410 | 550만ha의 농경지침수, 118,500여채 가옥파괴 8,205만명의 이재민 발생 |
| | 8월7일 | 홍수 | 북한 | 600 | 미확인 | 90여만명의 수재민발생, 24만여채의 주택붕괴 8천여개의 공공건물 외 기간시설 파괴 |
| | 11월15일 | 사이클론 | 방글라데시 | 3,000 | 미확인 | 시속240km의 초강력 사이클론, 400만명의 이재민 발생, 1.2m의 해일 |
| 2008 | 5월 3일 | 사이클론 | 미얀마 | 138,373 | 490 | 시속190km 강풍, 240만명의 이재민발생, 전력, 가스 등 기간시설 파손 |
| | 8월 | 홍수 | 인도 | 42 | 미확인 | 220여만명의 이재민 발생 |
| 2009 | 8월 | 태풍 | 대만 | 650 | 154 | 3,000mm폭우, 900만명의 이재민 발생 |
| | 9월 | 태풍 | 필리핀, 베트남 캄보디아 | 472 | 240 | 마닐라의 80%에 이르는 지역이 침수 60여만명의 이재민 발생 |
| | 10월 | 태풍 | 필리핀 | 160 | 493 | - |
| 2010 | 7월 | 홍수 | 파키스탄 북서부지역 | 1,600 | 43,000 | 파키스탄 전국토의 20% 침수피해 |
| | 8월8일 | 산사태 | 중국, 간쑤성 | 127 | 미확인 | 사망 127명, 실종 2000명 |
| 2012 | 10월 | 허리케인 | 미국 동북부 지역 | 60 | 60,000,000 | 13개주 650만명 전기공급 중단 |
| | 12월 | 태풍 | 필리핀 남부 | 902 | 65 | 태풍'보파'로 산사태 및 홍수피해 |
| 2013 | 6월 | 태풍 | 필리핀, 베트남, 중국 | 6,100 | 미확인 | 슈퍼 태풍'하이엔'(105m/sec) |
| | 6월 | 폭우 | 인도 (아타라칸트주) | 5,500 | - | 이재민 9만 여명 발생 |
| 2014 | 9월 | 홍수 | 파키스탄, 인도 | 557 | - | 폭우에 따른 홍수 및 산사태 피해 |

(Water for People, Water for life(UN 세계수자원개발보고서, 2003, 재해연보 2013(소방방재청, 중앙재난안전대책본부, 2014, Annual Disaster Stafisfical Review 2012(http://www.cred.be))

2) 이러한 현상에 대하여 영국 가디언지는 인간으로 인한 기후변화는 가뭄과 폭풍우를 더 심각하게 만들어 낼 것이며, 이런 현상은 앞으로도 계속 될 것으로 경고

○ 지구온난화로 인해 바다 온도가 올라가면서 더 많은 수분이 증발하게 되어 극심한 강우 유발

○ 미 국립대기연구소에 따르면, 바다 표면 온도가 0.5도 높아지면, 대기는 약 3%의 물을 더 머금게 어 온난화된 기후는 앞으로 인류에게 극심한 폭염과 그로 인한 가뭄, 극단적인 폭풍과 홍수를 더 자주, 더 강하게 가져올 것으로 예측

나. 주요 대응방안

○ 기후변화로 인해 발생하는 극한홍수, 극한가뭄의 심각한 피해에 대응하기 위해서 수자원·하천관련 지표의 정량적 분석을 통해 단계적으로 집중과 선택의 정책적인 대응이 필요

○ 최소의 투자를 통한 최대의 효과를 얻기 위한 재난 관련 국가 재정의 효율적 활용 전제조건 충족 필요

○ 이를 위해서는 기상자료, 수문자료, 증발량, 하천유량, 수자원부존량 및 하천환경의 변동성 등을 장기적 안목에서 평가하여 구조물적, 비구조물적 물재해 대책을 기후변동의 추이에 따라 단계별 추진이 필요

1) 구조물적 대응책

○ 구조물적 대응책으로 홍수조절 기능을 가지는 다목적 댐 혹은 홍수조절 전용댐의 신규 건설과 기존 하천제방의 제방고 및 안전성을 보강하고, 수재해 위험도가 크고 반드시 방어를 하여야 하는 지역은 대용량 제방의 설치의 검토가 필요

○ 아울러 기존 시설의 경우 발생 가능한 홍수 시나리오에 의해 기존 댐의 안전도를 재검토하고 시설을 보강하고 비상여수로 보강을 통해 월류에 의한 댐 붕괴 등 피해 가능성을 차단하고 다목적댐, 용수전용 댐, 홍수조절 전용댐 등을 연계 운영하여 수계내 홍수조절 능력을 최적화 하는 것이 중요

- 하천정비 및 하도 개수 등 통수단면 확대

통수단면 확대 방안은 제방의 축조 및 증축(하천제방, 슈퍼제방), 하도의 준설, 하도의 확폭 등이 있으며, 홍수파의 월류를 방어하여 제내지 또는 홍수취약지대를 보호할 수 있는 확실한 홍수방어대안으로 시설물 설치구간 및 상류부의 수위를 저하시키는데 효과적. 또한 제방의 축조 및 증축은 비교적 저렴한 가격으로 현장에서 사용 가능한 재료로 축조할 수 있으며 다른 홍수방어 대안에 비하여 비교적 쉽고 확실한 홍수효과를 기대할 수 있으나 제방축조로 인하여 생성된 제내지의 홍수량 처리를 위해서 배수장 설치 등의 부가적인 홍수대안이 필요



하천제방
(http://imnews.imbc.com/more/citizen/photo/1325205_16766.html)

- 강변저류지

최근 도시화와 이상기후 등으로 인해 유출량이 증가함에 따라 기존의 제방위주의 홍수방어는 한계를 보이며 갑작스런 홍수에 취약하며 외수위를 증가시켜 내수침수를 초래. 이에 따라 유역단위 홍수방어대책으로 평수시에는 다양한 목적으로 활용 가능하고, 홍수시에는 홍수량의 일부를 저류 하여 치수능력을 증대시킬 수 있는 강변저류지에 대한 관심이 증가 중. 강변저류지는 과거 농경지 조성 및 보호를 목적으로 기존 범람지에 제방을 축조함으로써 홍수조절 기능을 상실한 구 하도를 복원하여 원래의 홍수조절 기능을 수행할 수 있는 수공구조물로 정의. 강변저류지는 하천 또는 수로에 접한 제방의 일부를 낮춰 홍수량의 일부를 저류 하는 방식이며, 하도 흐름에 직접적인 영향을 미치므로 첨두 홍수량 조절 효과가 우수하고 그 효과가 즉시 나타나는 것이 장점. 강변저류지를 설치하게 되면 홍수 시 홍수량의 일부를 횡월류시켜 강변저류지 직하류의 홍수량과 홍수위를 저감 가능. 이와 같은 강변저류지의 홍수조절효과는 홍수 방어를 하고자 하 는 지점의 직상류 또는 직하류의 단면에서 강변저류지 설치 전·후의 첨두홍수량 또는 첨두홍수위 차이로 정의



강변저류지 조감도
(http://www.dailian.co.kr/news/view/208248)

- 홍수조절지

홍수조절지는 하천 본류에 댐이나 보를 설치하여 상류로부터의 홍수량을 하도 내 또는 천변에서 일정량 저류시킴으로써 홍수파의 진행을 지체시키거나 저감시키는 역할을 하는 시설로서 홍수를 조절하는 일종의 홍수지체 또는 홍수량 저감 시설로 하류의 홍수유량을 작게 함으로써 홍수로 인한 피해를 방지 또는 경감하기 위한 시설. 보의 경우 예전의 보들은 구조물들이 미비하여 홍수 때마다 유실되어 매년 다시 쌓아야 하는 단점이 있었으나 현대에는 많은 하천들의 상류에 저수지가 축조되고, 보도 대형화·현대화됨으로써 과거에 보가 갖고 있던 문제점들이 해결



홍수조절지 조감도
(http://www.wdynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=271025)

- 방수로

방수로 및 하천의 하도를 통한 홍수의 원활한 배제가 어렵거나 유수지와 빗물펌프장을 통해 내수침수피해 방지에 한계가 있는 유역의 일부 홍수량을 하도를 통해 배제하지 않고 다른 유역이나 하천으로 배제하는 시설. 타 유역으로 홍수량을 배제하기 때문에 대상 유역의 확실한 홍수조절 효과를 기대할 수 있으며, 지하하천은 도심지 등 토지가 집약적으로 이용되는 지역에서의 홍수방어대안으로 활용가치가 높음. 그러나 유역변경에 의한 홍수배제로 대상 유역 및 방수로 노선에 위치한 유역과 방수로 하구의 해안에 환경 및 생태계 교란문제를 야기할 가능성이 크며 사업지역 및 시설물의 연장이 넓고 커 유지 및 관리에 비용이 상대적으로 높음



방수로
(http://m.cnews.co.kr/m_home/view.jsp?idxno=2016100912102752101 28#cb)

– 빗물 펌프장

빗물배수펌프장은 상습침수지역이나 소유역의 출구로 우수를 집수하여 침수가 발생하지 않도록 외수위에 따라 자연배제 시키거나 배수펌프를 이용하여 강제배제 시키는 홍수조절 시설. 우수를 개발지역 내에 일시적으로 저류하고 하천유역의 홍수부담을 경감시키는 시설로서 중요한 치수대책의 하나로 추진. 일반적으로 빗물펌프장의 운영은 유수지의 수위가 일정수위에 도달해야 순차적으로 가동하게 되어 있으나 펌프의 가동률을 변경함으로써 펌프 운영에 따른 효과는 더욱 증대가 가능



**빗물 펌프장**
(http://www.ctman.kr/news/10520)

2) 비구조물적 대응책

○ 기후변화로 인해 강수량이 증가되는 등 외력이 증대되는 상황에서 지역을 완벽하게 방어하기는 어렵기 때문에 다양한 대책을 강구하여 해당 피해의 집중화를 회피하고 분산이 필요. 이를 위해서는 댐 및 저류지, 홍수조절지, 방수로 등 유역내 구조물적 홍수방어시설도 다양화하고, 시설물을 최적으로 연계하여 홍수량을 유역내에서 분산 소통시켜야 할 뿐 아니라 비구조물적 대응책도 강구하여 지역의 치수특성에 적합한 통합적인 홍수관리계획의 수립이 필요. 아울러, 홍수피해 잠재성에 따라 토지이용 및 관리계획을 수립하여 홍수로 인한 침수피해 가능성이 높은 지역은 공원, 습지 등으로 활용하고 중요시설은 홍수피해 가능성이 낮은 지역에 전략적으로 배치가 중요

○ 비구조물적 대책으로는 법적, 제도적인 대책으로서 토지이용제도, 홍수예경보시스템, 수방관리체제, 홍수대처교육, 홍수보험, 홍수관련법률 제개정 등

– 비구조물적 대책은 경제적이고 친환경적인 장점인 반면에 효과를 가늠할 수 없는 것이

단점이나 비구조물적 대책은 장기적인 측면과 환경적인 측면에서 구조물적 대책에 비해 효과적

- 비구조물적 대책에는 피해를 줄이기 위한 목적과 홍수의 영향을 완화시키는 목적이 있으며, 피해를 줄이기 위한 방법으로는 홍수터 규제, 홍수관련 정책의 개발, 토지이용규제, 빌딩코드, 주민들이 직접 대처할 수 있는 방안, 홍수예경보시스템, 홍수보험이 속하고 홍수 영향을 완화시키기 위한 방법으로는 재난 준비, 홍수터 사용 및 규제, 홍수터 안의 자연 자원 보호 등이 속함

- 홍수위험지도는 장기간 유량측정에 의한 하천 유역별 홍수가 일어날 위험성이 있을 것이라고 구분하는 지도로써 홍수예방대책을 세우고 위험성을 인식할 수 있도록 선진국에서는 많이 이용하는 비구조물적 대책 중 하나. 홍수시 범람위험지구 및 대피경로를 제시하는 홍수위험지도를 제작·배포하여 비상대피에 활용하여 비상시 주민들이 신속하게 홍수정보를 파악하여 대피를 유도. 이를 위해 제방 월류, 이상홍수 발 생 등 홍수피해 위험지역에 대한 사전 공시제도 도입방안 또한 검토가 필요

- 홍수예경보시스템은 홍수에 의해 크게 재해를 일으킬 염려가 있는 경우에 일반 사람들에게 경고하여 사전대피 및 수방활동으로 인명과 재산피해를 줄이기 위해 예보시스템. 특히, 홍수방어시설물의 규모를 초과하는 이상홍수 발생 시, 첨단 강우예측기술을 활용하여 홍수예보 능력을 향상시켜 신속하고 정확한 홍수예보를 함으로서 피해를 최소화하도록 노력해야 한다, 아울러, 신속한 정보제공을 위한 휴대폰, 전광판 등 정보제공 방식을 다양화하여 비상대피 시스템을 강화



▲ 유관기관 전파

**홍수예보 발령 사항을 유관기관 전파 체계**
**(국토교통부/홍수예보체계 구축, 2012)**

3) 홍수에 대한 국민 방재의식의 강화

○ 홍수로 인한 피해를 줄이기 위해서는 구조적 대책, 비구조적 대책과 함께 홍수에 대한 국민 방재의식의 강화가 필요

○ 홍수에 대해 보호받는 구역일지라도 계획된 규모 이상의 홍수가 생긴다면 피해가 생기기 때문에 홍수에 대한 가능성을 홍보하고, 피해 차단 및 피해 저감 개념을 병행한 홍수 대응

대책을 수립

- 도시화, 택지개발, 이상기후 등으로 홍수규모가 커지고 있으며, 제방 등으로 보호되는 지역에서도 계획규모 이상의 홍수로 인해 피해가 발생할 수 있는 가능성을 홍보하는 것이 중요
- 완벽한 홍수방어는 불가능하므로 피해차단 및 피해저감 개념을 병행한 홍수대응 대책을 수립하여야 한다.

○ 국가 주도의 홍수방어에서 일반 가정과 피해지역 주민들이 직접 참여하는 주민 참여형 홍수방어로 전환

- 정부는 홍수피해 위험조사 자료를 제공하고, 지자체는 이를 이행하고, 주민들은 이를 적극적으로 준수함으로서 홍수피해를 최소화 할 수 있도록 국민 방재의식 제고를 위한 노력 필요

### (2) 인도네시아 물재해 현황 및 대응현황

가. 물재해 현황

○ 2012년~2014년 자카르타 홍수발생 ☞ 이상기후 및 도시화에 따른 홍수 발생빈도 증가

○ 이 기간(2012.12~2013.1)의 홍수는 인도네시아 전역 20만명 이상에게 영향을 미친 기록적인 재해로 인식 됨

○ 홍수의 경우 전체 자연 재해 중 가장 높은 비율 차지(36%)

○ 특히, 2013년 1월 홍수로 인해 자카르타 지역에서만 41명이 사망, 4만5천명의 이재민 발생

○ 올해 인도네시아에서 수마트라섬 남서부 집중호우로 인해 발생된 홍수 발생

○ 홍수로 인해 최소 29명의 사망자가 발생, 10여 명이 실종되었으며 인명피해와 더불어 건물이 수백 채가 잠겨 1만 2천 명의 이재민이 발생



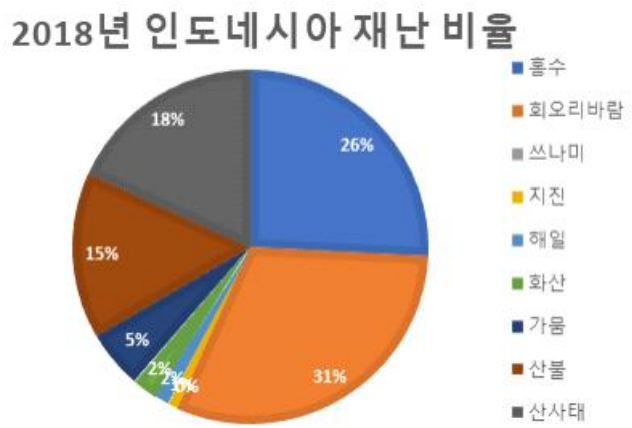
홍수로 인하여 시가지가 잠긴 인도네시아 수마트라섬
(https://news.sbs.co.kr/news/endPage.do?news_id=N1005244504)

○ 2018년 인도네시아는 재난이 총 2,430회 발생하였으며, 그중 홍수로 인한 피해가 627회




2018년 인도네시아 재난사고 현황
(http://haninpost.com/?p=21669)

○ 인도네시아에서 일어난 재난을 비율로 변경해본 결과 그림과 같이 홍수로 인한 재난이 약 26%에 달하며, 이는 2018년 인도네시아에서 발생된 재난 중 두 번째로 높은 비율



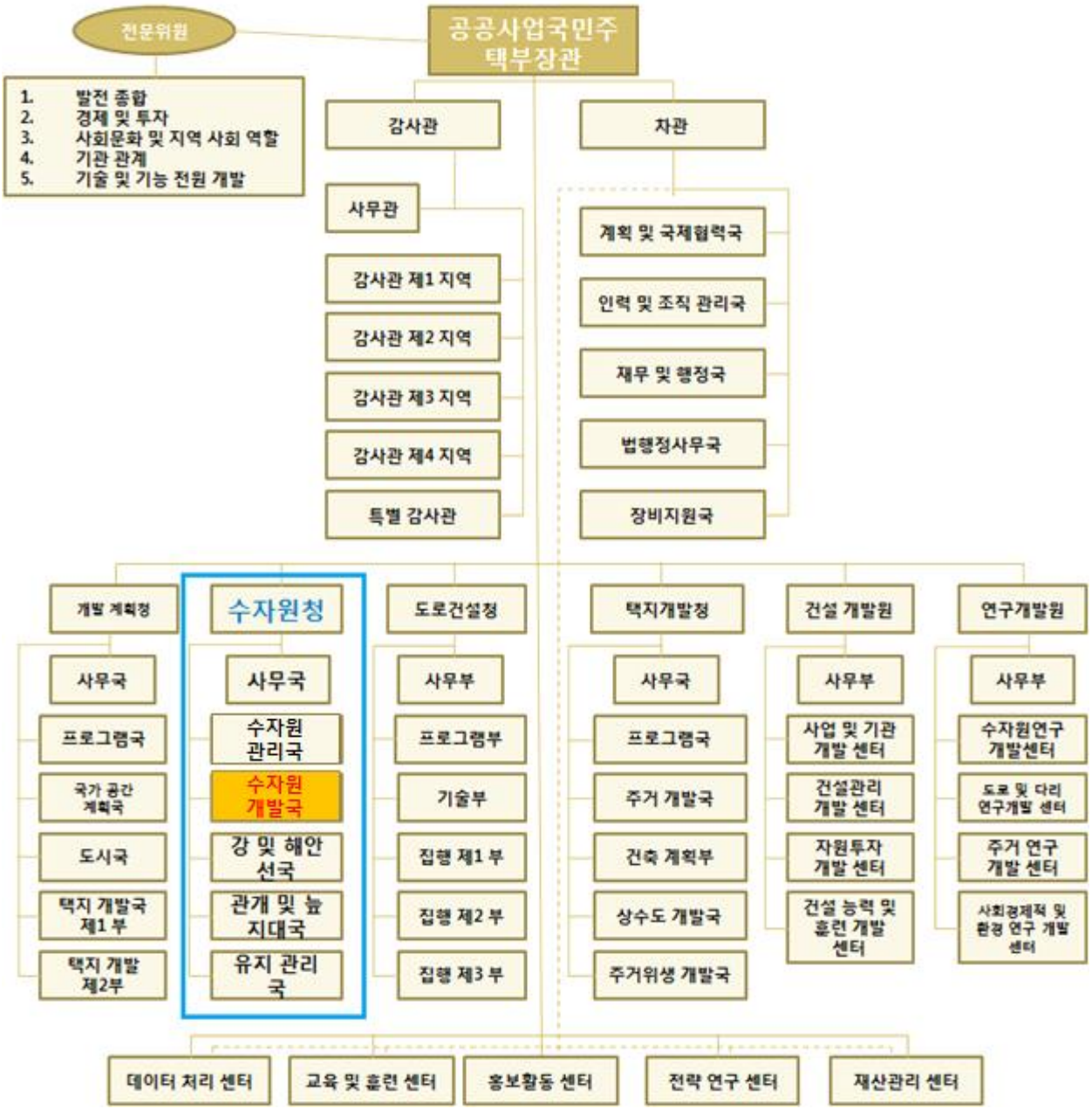

인도네시아 2018년 재난 비율

나. 물재해 대응현황

1) 국가 물관리 기관

○ 중앙 물관리 조직

– 국가 물관리는 다음 그림과 같이 공공주택사업부 산하 수자원관리청에서 담당




**인도네시아 중앙 물관리 조직도**

- 수자원청 산하 5개의 국이 있고, 그 아래에 15개의 과가 있음
- 물재해는 수자원관리국과 수자원개발국이 주로 담당하며, 연구개발청의 수자원연구 개발 센터 및 국가수자원연구원(PusAir)로부터 기술적인 지원을 받음
- 특히, 수자원개발국 산하의 정보시스템 및 자료관리과는 인도네시아 전체의 수문자료 관리를 담당하고 있는 핵심 부서임

○ 국가 수자원연구원(PusAir)

- PusAir는 공공사업부 연구개발청(Arie 청장) 산하의 국립 연구개발원으로 수자원 관리에 필요한 자료와 정보 제공 등의 기술 지원 서비스 수행

– 특히, 수문 및 수자원 관리과(HITA, Hydroloy & Water Management)에서는 전국 200여개소 수문관측소의 수문자료 관리를 담당

– GSM 무선통신 방식을 이용하여 수문자료를 수집하고 있으나, 통신 불량으로 인한 자료 결측이 심한 상황으로 안정적인 통신망 구축에 큰 관심을 가지고 있음




**인도네시아 국가 수자원연구원 조직도**

– (수문자료 수집) 인도네시아 국가 실시간 수문자료 수집관리 시스템(Tech4Water)을 통해 전국 200여개소의 수문관측소(강우 및 수위, 저수위) 자료를 GSM을 이용하여 실시간 수집

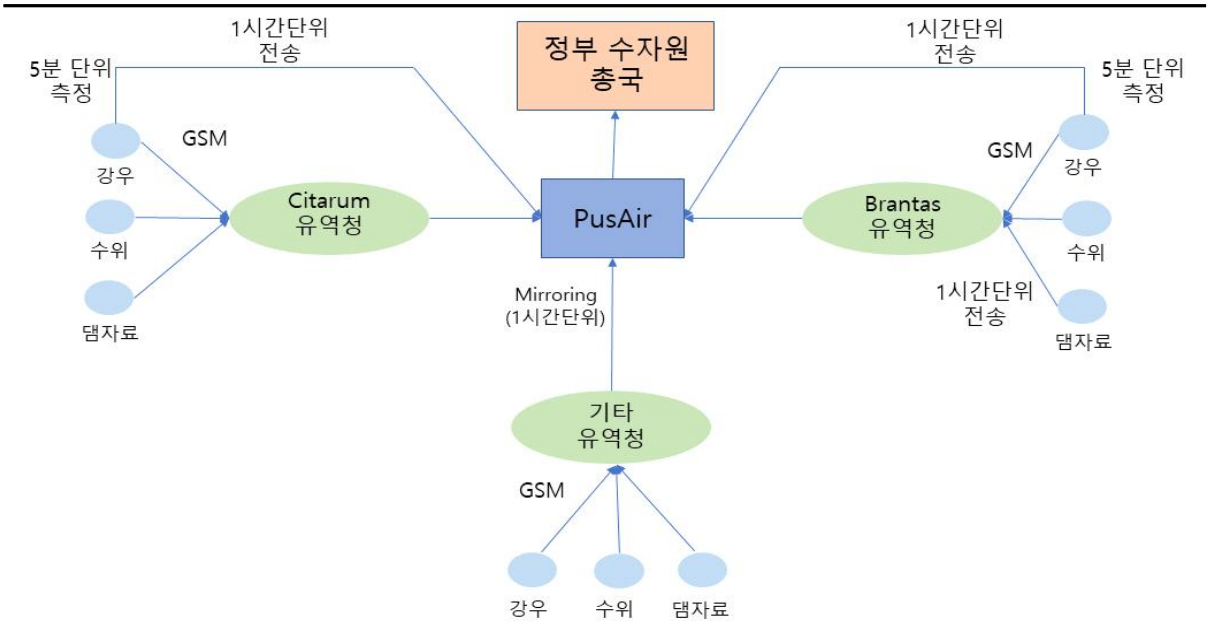
* 웹사이트(www.tech4water.com)을 통해 실시간으로 수문자료 제공

* 각 관측소의 수문자료는 PusAir와 각 유역청으로 동시에 전송되며, 각 유역청의 수문자료는 PusAir에 미러링 됨(데이터 백업 개념). PusAir DB의 전국 단위 수문자료는 다시 공공사업부 DB에 미러링

* 수문자료 측정은 5분마다, 유역청 및 PusAir로의 데이터 전송은 1시간 마다 수행되며, 데이터 미러링은 1시간 단위로 진행

* 운영체제는 Windows, 데이터베이스는 My-SQL, 웹서버는 Apache, 웹페이지 개발은 php를 사용

* 3대의 수문자료 수집서버와 1대의 DB 서버(웹서버 역할도 병행), 2대의 백업서버를 이용하여 시스템 운영




**인도네시아 수문 자료 수집 체계**

- (수문자료 처리) 수문자료 처리는 수문&수자원 관리과(HITA)에서 담당

* 수문자료 처리 및 관리를 위해 2개의 프로그램(HITA 1.1 및 NEO-PERDAS) 이용

* HITA 1.1은 자기기록지 자료를 디지털 데이터로 변환하는데 활용

* NEO-PERDAS는 수위-유량 관계곡선(Rating curve) 작성 및 관리하는 기능 수행

- (수문관측소 관리) 직접적으로 수문관측소 설치 및 관리를 수행하지는 않고 기술 지원 형태의 업무 수행

* 연구개발 목적의 프로젝트 단위로 일부 관측소는 직접 운영

* 기본적인 수문관측소 운영·관리는 각 유역청 및 개별 물관리시설물(댐·보) 운영기관(PJT-1&2, 지자체, Indonesia Power 등)에서 담당하며, PusAir는 수문관측소 고장 및 이상 발생 시 문제해결을 위한 기술지원 수행

* 수문관측소 관리를 위한 기술지원 및 문제해결을 위해 수문자료와 계측기 상태정보를 실시간으로 직접 전송받고 있음

- (강우-유출 모형) TANK, Sacramento, Rainrun, NRECA, black-box model 등 다양한 유출모형을 활용하여 연구를 진행한바 있음

2) 관련 계획 및 정부 정책

○ 인도네시아는 최종적으로 다양한 분야에 전반적인 개발 역량 강화를 목표로 2005년부터 2025년까지의 국가장기개발계획 수립 및 추진

○ 현재 개발계획 상 제3기에 해당하며 천연 및 인적자원을 토대로 국제사회에서의 경쟁력 확보 및 과학기술 부문의 확장을 진행 중

| | |
|---|---|
| 제 1기 (2005~2009) | - 인도네시아 모든 지역 재조직 및 개발<br>- 국민 복지 증진, 안전하고 평화로운 민주사회 · 정의사회 실현 |
| 제 2기 (2010~2014) | - 인적자원 강화, 과학기술 개발 및 경제적 경쟁력 강화 |
| 제 3기 (2015~2019) | - 천연 및 인적자원을 토대로 경제적 경쟁력 확보<br>- 과학기술 부문 확장 → 다양한 분야에 전반적인 개발 강화 |
| 제 4기 (2020~2025) | - 발전된 다양한 분야의 개발 가속화와 유능한 인적자원바탕 → 사회 창출, 선진 · 정의 · 번영국가 형성 |

2005~2025년 국가장기개발계획(RPJPN)
(https://www.indonesia-investments.com)

○ 2011년부터 2025년까지 인도네시아 정부는 경제개발 마스터플랜을 수립하여 2025년 세계 10대 경제 대국 진입을 목표

· 3대 주요전략:6개 권역별 성장잠재력 제고, 지리적(국내외) 연결성 확대, 인적자본 및 과학기술 역량 강화
· 2025년 세계 10대 경제대국 진입목표 → 15년간 총 4,700억 달러 투자
· 최우선 과제로 인프라 개발 선정 → 전체 투자계획금액의 48.3% 배정

2011 ~ 2025년 경제개발 마스터플랜(MP3EI)
(https://www.indonesia-investments.com)

○ 2004년에 수자원 관련법이 제정 및 2012년 인도네시아 전역의 하천유역 경계를 확정

**수자원 관련 법령 (인도네시아 수자원법)**

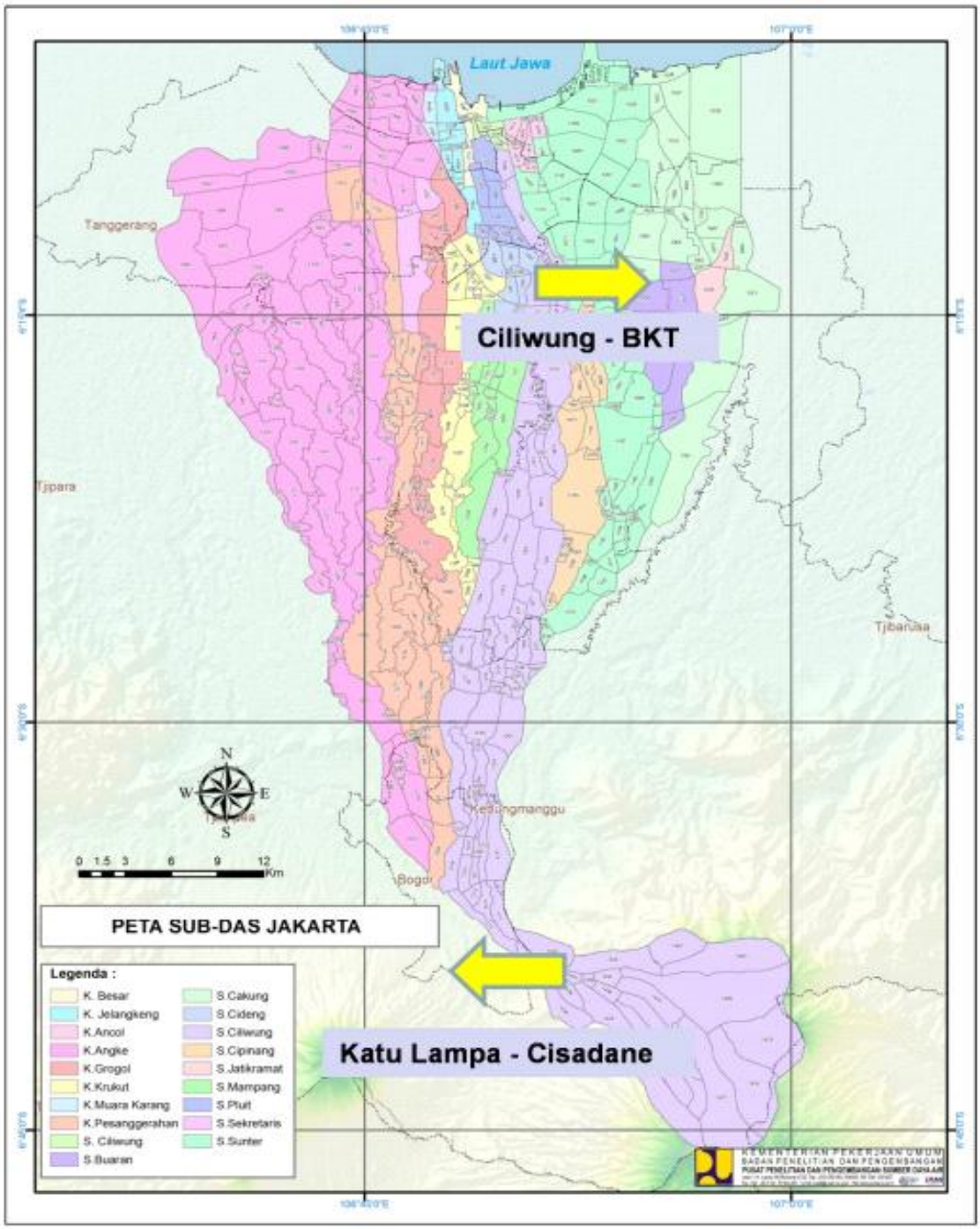
| 연 혁 | 국가 물관리 정책(대통령령 33) |
|---|---|
| · 1945년:수자원 토지자원관리 및 이용에 관한 규정<br>· 1969년:관개용수의 관리와 관개시스템의 유지관리<br>· 1981년:수자원 시설에 대한 유지관리비용<br>· 2004년:수자원에 대한 법 정리<br>· 2012년:인도네시아 전역의 하천유역 경계 확정 | · 수자원 보전의 지속적인 개선을 위한 정책<br>· 국민 형평성과 복지를 위한 물이용<br>· 물의 잠재적 훼손 통제와 영향저감<br>· 지역과 기업 참여 증진<br>· 통합물관리를 위한 물 정보체계 개발 |

## 7.2 물재해 기존대책 분석

### (1) 자카르타 홍수저감 계획 분석

가. 2012년 및 2013년 대홍수 이후 인도네시아 중앙 정부 및 자카르타 주 정부는 자카르타 도심 홍수 저감을 위한 계획 검토

나. 주요 홍수저감 계획으로 Ciliwung-동부 방수로(East Flood Canal, BKT 또는 East Banjir Canal, EBC) 연결 및 대심도 터널, Katulampa-Cisadane diversion 등이 검토 되고 있으나, 본 보고서에서는 홍수 시 유수 전환을 위한 Ciliwung-BKT diversion 및 Katulampa-Cisadane diversion 계획을 중심으로 검토




자카르타 도심 홍수저감 주요 대책 현황

## (2) Ciliwung-BKT 유수 전환 계획

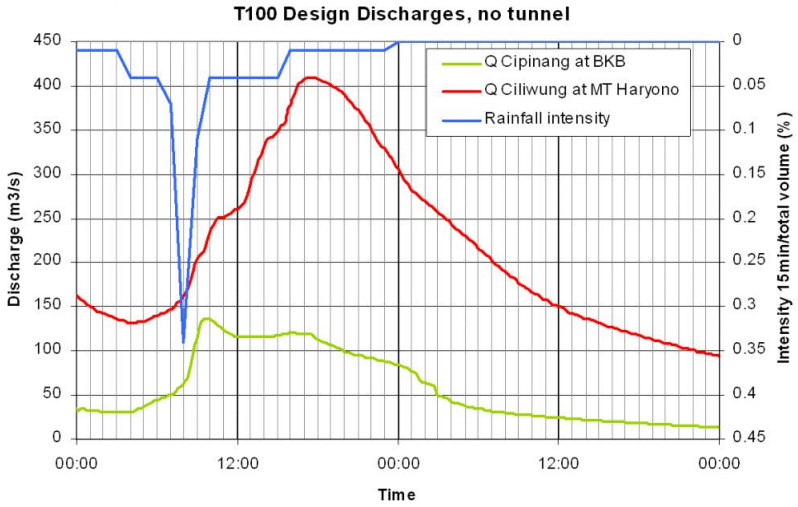
가. 개요

○ 2013년 1월 홍수 발생 시, 서부 방수로(BKB)는 홍수조절용량 400 ㎥/s를 초과하여 많은 홍수 피해가 발생한 반면, 2010년 건설된 동부 방수로(BKT)는 상대적으로 적은 유량만 부담

○ 이에 따라 BKB로 유입되는 Ciliwung 강의 홍수량을 BKT로 전환하기 위한 계획을 검토

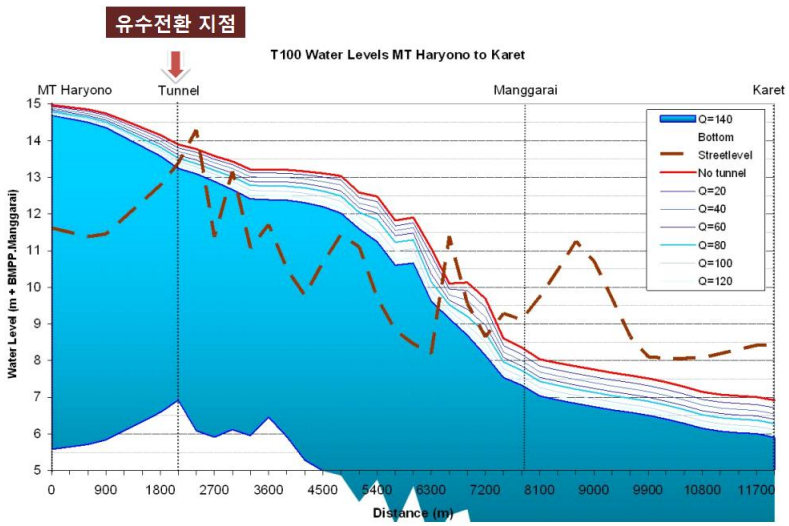
나. Ciliwung-BKT 유수 전환 시 효과 검토 [100년 빈도 홍수 사상]

○ 유수 전환이 없을 경우, 100년 빈도 강우 사상에 따른 Ciliwung 강과 Cipinang 강의 유출량은 다음과 같으며, Ciliwung 강의 MT Haryono 지점의 첨두 유출량이 BKB의 홍수조절 용량인 400 ㎥/s를 초과하는 것으로 나타남



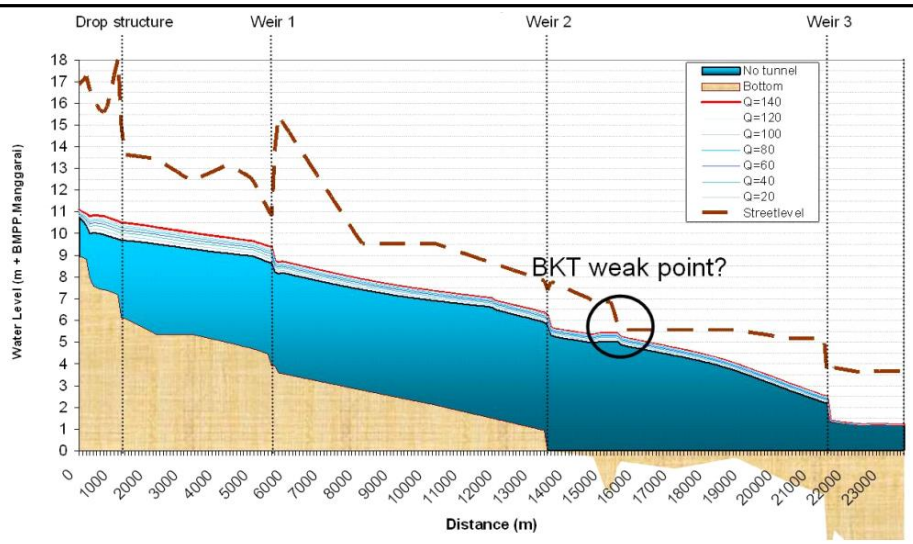

유수전환 전, Ciliwung 강과 Cipinang 강의 유출량

○ 100년 빈도 홍수 발생 시, 140 ㎥/s의 홍수량을 BKT 방수로로 전환할 경우, 다음과 같이 Ciliwung 강의 수위를 1m 정도 낮출 수 있는 것으로 조사 됨




유수전환 후, Ciliwung 강 수위변화(100년 빈도 홍수 발생 시)

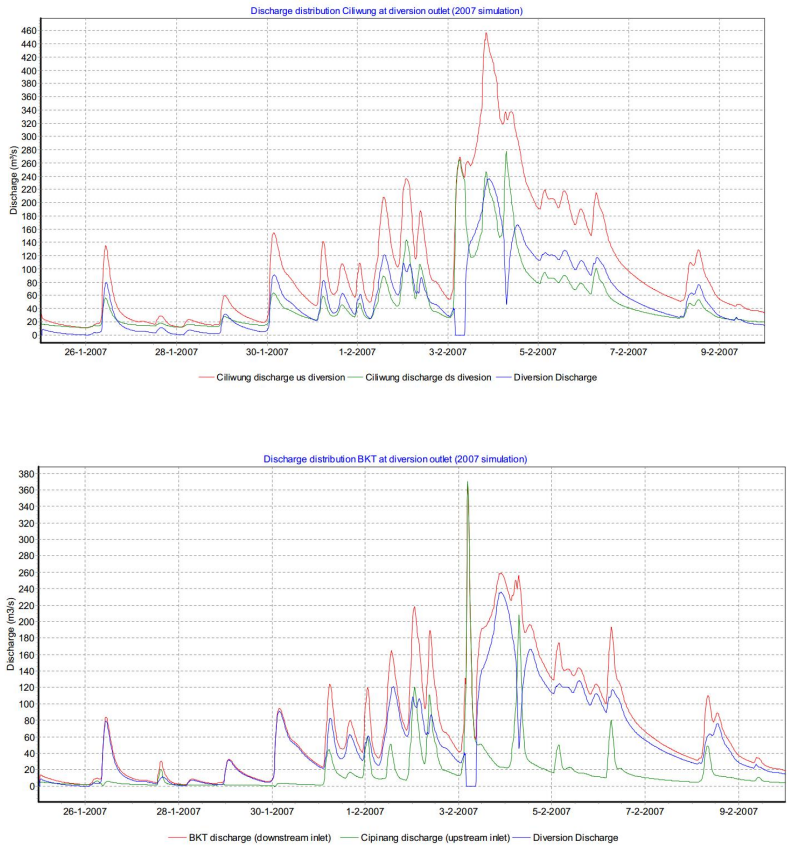
○ 반면, 140 ㎥/s의 홍수량이 유입되는 BKT 방수로의 수위는 최대 1m 정도 상승




유수전환 후, Ciliwung 강 수위변화(100년 빈도 홍수 발생 시)

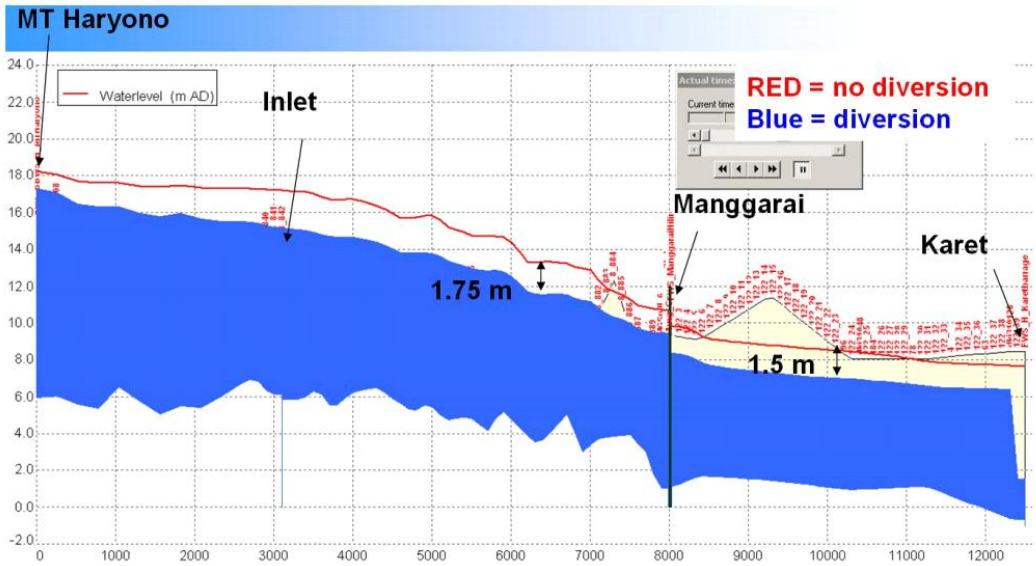
다. 2007년 홍수 사상

○ 2013년 홍수의 경우 홍수저감 효과 분석을 위한 수문 자료가 부족함에 따라 2007년 홍수 사상을 대상으로 홍수 전환 효과 분석




2007년 홍수 시, Ciliwung 강 및 BKT 방수로의 홍수 유출수문곡선

○ BKT 방수로로 전환되는 홍수량을 200 CMS로 가정할 경우, Manggarai 상류 지점의 경우 1.75m, 하류 지점의 경우 1.5m의 수위 저감 효과 발생

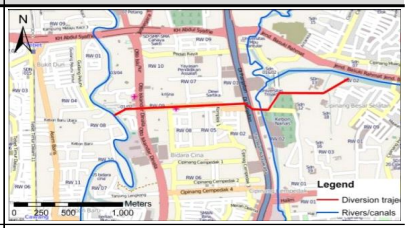
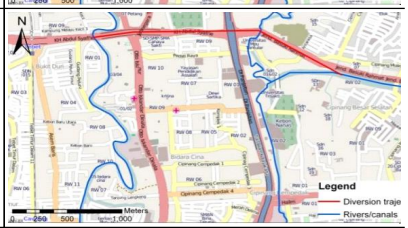
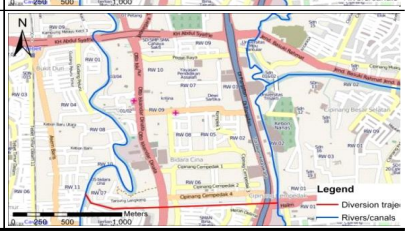



BKT 유수전환 효과 검토

라. 유수전환 대안 검토

○ Ciliwung-BKT 유수전환을 위해 다음과 같이 4개 안에 대해 검토

**유수전환 대안**

| 대안 | 설명 | 위치도 |
|---|---|---|
| Alternative BBWSCC | Ciliwung-Cisadane 유역청이 제안<br>Ciliwung 강 Otista tiga 지점과 BKB를 직접 연결 |  |
| Alternative Otista tiga(OT3) | Ciliwung-BKB 직접 연결 대신, Ciliwung 강 Otis tiga 지점에서 BKB와 연결되어 있는 Cipinang 강을 연결<br>BBWSCC 안에 비해 연결 길이 1km 단축 |  |
| Alternative Casablanca | Ciliwung 강과 BKB를 Casablanca 거리를 따라 연결<br>BBWSCC 안의 BKB 연결 지점과 동일 |  |
| Alternative Tarum Kanal Barat(TKB) | Tarum Kanal Barat 지점에서 Ciliwung 강과 Cipinang 강을 연결 |  |

○ 4개 대안에 대한 평가 결과는 다음과 같으며, Ciliwung-BKT 홍수 전환을 위해서는 Casablanca 안이 가장 적합한 것으로 검토 됨

**유수전환 대안**

| 평가 항목 / 대안 | BBWSCC | OT3 | Casablanca | TKB |
|---|---|---|---|---|
| 홍수 조절 용량 (㎥/s) | 120* | >120** | 200 | >120** |
| 길이(m) | 2,350 | 1,400 | 2,400 | 1,250 |
| 연결 형태/방법 | TBM | TBM | Box Culvert | Open cut |
| BKT 방수로 굴착(m) | 500 | 1,100 | 500 | 1,100 |
| Cipinang 강 하도 개선(m) | 0 | 350 | 0 | 1,300 |
| Cipinang 강 보 철거 | No | Yes | No | Yes |
| BKT 방수로 flushing gate 설치 | No | Yes | No | Yes |
| Ciliwung 강 유입부 수문 설치 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| BKT/Cipinang outlet 설치 | Yes | Yes | Yes | Yes |
| 채택 | | | ● | |

* 직경 2×6m로 가정
** 수리계산 미적용
색상 표시(적합도) : 녹색(적합도 상), 주황색(적합도 중), 빨간색(적합도 하)

## 7.3 물재해 관리 시나리오 수립

### (1) 대상유역 물재해 관리 시나리오 개발

가. 크루쿠트(Krukut) 유역 – 자카르타

1) 개요

○ Krukut 유역은 유로연장 31㎞, 유역면적은 약 85㎢로써 연평균 강우량은 3,674mm 임

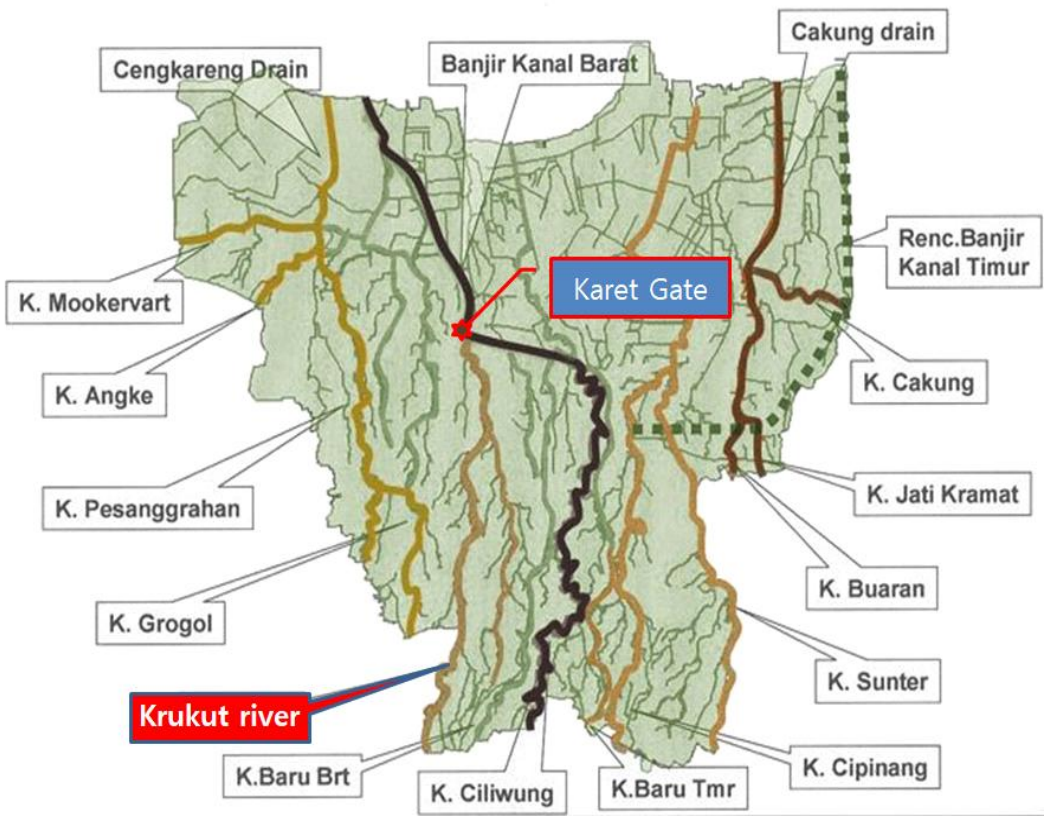
○ 보고르 (Bogor) 시의 Ratujaya에서 발원하여 중부 자카르타에서 서부 방수로(West Flood Canal, Banjir Kanal Barat)와 합류

○ 서부 방수로의 주요 홍수방어시설인 Karet 수문의 직상류에서 합류함으로써 자카르타 중심부의 홍수관리에 있어 중요한 역할을 담당

○ 그러나 Krukut 강의 경우, 장기간의 불법적인 하천점용으로 인해 일부지역의 경우 하천폭이 많게는 20m에서 4~5m로 줄어듦으로써 통수능 부족으로 인한 홍수문제가 지속적으로 발생

○ 이에 따라 자카르타주에서는 2017년 서부방수로 합류점부터 Krukut 강의 가장 큰 지류인 Mempang 강 합류점까지 약 4km 구간에 대한 준설 및 하천정비를 완료하였으나, 홍수문제를 해결하기에는 역부족인 현실임

○ 본 보고서에서는 기존 계획 등을 참고하여 하천정비, 저류지 및 방수로 건설과 같은 물재해 관리 방안에 대해 검토하고자 함




Krukut 유역 현황도

2) 준설 및 하천정비

○ 사업 대상 구간

– 상류 발원지인 보고르시의 Rutujaya부터 중부 자카르타의 서부 방수로(BKB) 합류점까지 31.3km 구간

– 즉, 2017년 시행한 4km 시범 구간(Mampang 강 합류점 ~ 서부 방수로 합류점)을 포함한 Krukut 강 전체 구간인 31.3km에 대해 준설 및 하천정비를 시행할 경우 얻을 수 있는 홍수위 저감 효과에 대해 검토


하류 사업 종점
서부 방수로(BKB)
합류점
SUDIRMAN
TIRTA
PANCORANMAS
Batas Kota Depok
Batas Kota Bogor
상류 사업 시점
Rutujaya (보고르 시)
Panjang Sungai 31.3
AH2
Jl. Gn. Gede Raya
Jl. Kemang Raya
Jl. Cinere Raya
Jl. Margonda Raya
Jl. Raya Bogor
Jl. Jend. Sudirman
Jl. Gatot Subroto
Jl. Prof. Dr. Satrio
Jl. Mampang Prapatan Raya
Jl. Warung Buncit Raya
Jl. Moch. Kahfi
Jl. Lenteng Agung Raya
Jl. Raya Ciganjur
Jl. Raya Tb. Simatupang
Jl. Ir. H. Djuanda
Jl. Pangeran Jayakarta
Jl. Hayam Wuruk
Jl. Gajah Mada
Jl. Hasyim Ashari
Jl. Panjang
Jl. Daan Mogot
Jl. Kebon Jeruk Raya
Jl. Kebon Jeruk Baru
Jl. Kebon Jeruk Lama
Jl. Kebon Jeruk Ilir
Jl. Kebon Jeruk Hilir
Jl. Kebon Jeruk Tengah
Jl. Kebon Jeruk Utara
Jl. Kebon Jeruk Selatan
Jl. Kebon Jeruk Barat
Jl. Kebon Jeruk Timur

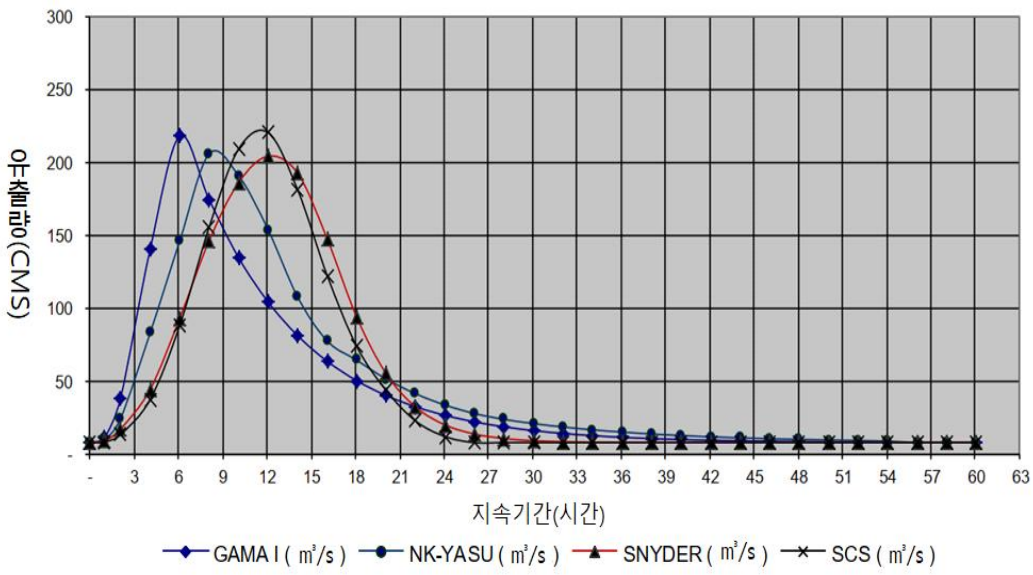
비슷하게 산정되었으며, 2017년 시범사업의 경우 2014년 산정된 설계 홍수량을 적용함에 따라 본 보고서에서도 2014년 산정된 50년 빈도 홍수량을 적용

**프로젝트별 홍수량 산정 결과 비교**

| 구분 | 재현기간 | The Study on Comprehensive River Water Management Plan in Jabotabek | Detail designs for flood control of Krukut river | Review of detail designs for flood control of Krukut river |
|---|---|---|---|---|
| | | JICA (1997) | 유역관리청 (2010) | 유역관리청 (2014) |
| 1 | Q2th | - | 122.48 | 137.00 |
| 2 | Q5th | - | 159.68 | 165.00 |
| 3 | Q10th | - | 182.33 | 183.00 |
| 4 | Q25th | **135.00** | 209.13 | 210.00 |
| 5 | Q50th | - | **227.95** | **228.00** |
| 6 | Q100th | - | 245.91 | 246.00 |

**재현기간별 홍수량 (BBWSCC, 2014)**

| 재현 기간(년) | GAMA I | NAKAYASU | SNYDER | SCS | MODEL |
|---|---|---|---|---|---|
| | (㎥/s) | (㎥/s) | (㎥/s) | (㎥/s) | (㎥/s) |
| 2 | 113 | 107 | 106 | 114 | 137 |
| 5 | 176 | 166 | 165 | 178 | 165 |
| 10 | 199 | 188 | 186 | 201 | 183 |
| 25 | 209 | 198 | 196 | 212 | 210 |
| 50 | 216 | 204 | 202 | 218 | 228 |
| 100 | 218 | 206 | 204 | 220 | 246 |



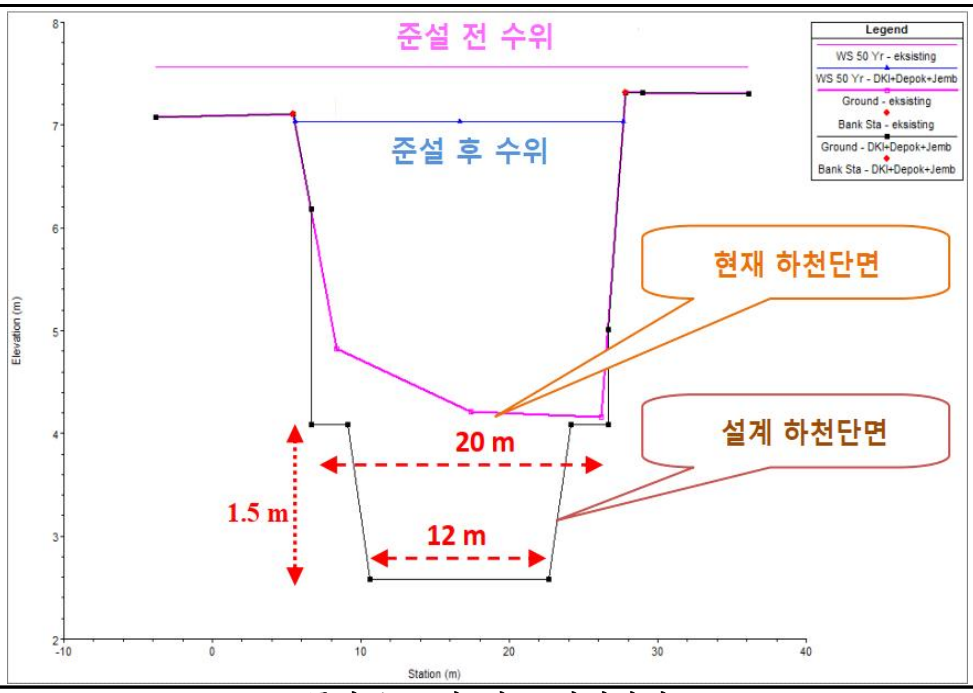

재현기간별 홍수량 그래프 (BBWSCC, 2014)

○ 하천단면 설정

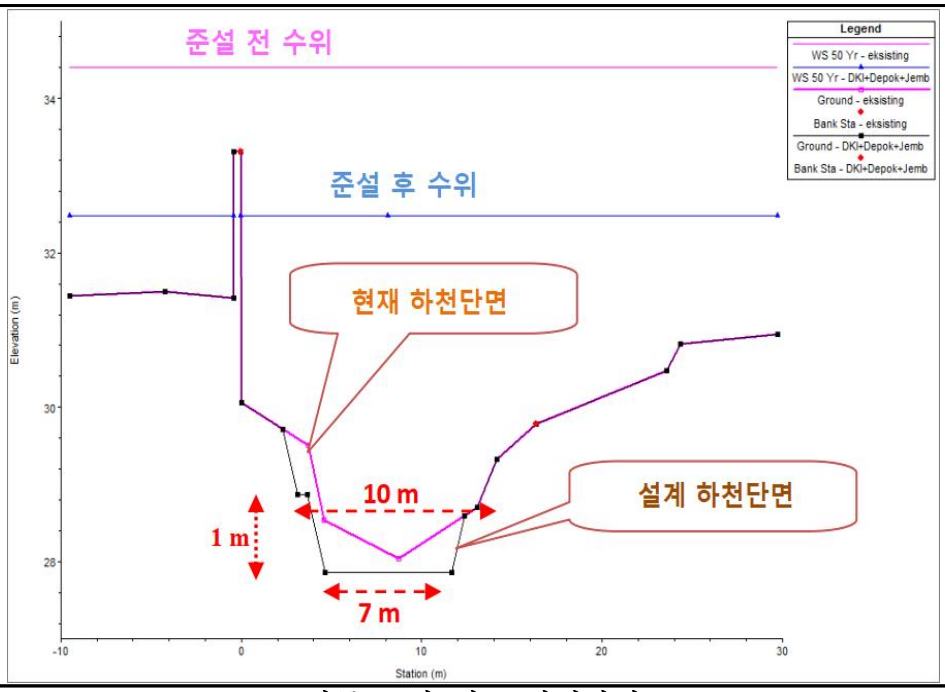
– 2017년 시범사업 구간의 하천 단면을 참조하여 하천 단면 설정

– 중하류 구간은 저수로 수심 1.5m, Depok 시가 있는 상류 구간의 저수로 수심은 1.0m를 확보하도록 단면 설정

– 하천 폭의 경우 중하류 지역의 저수로 폭은 12m, 고수부지는 20m를 적용. 상류 지역의 경우 저수로는 7m, 고수부지 구간은 10m 폭을 적용




중하류 구간 대표 하천단면



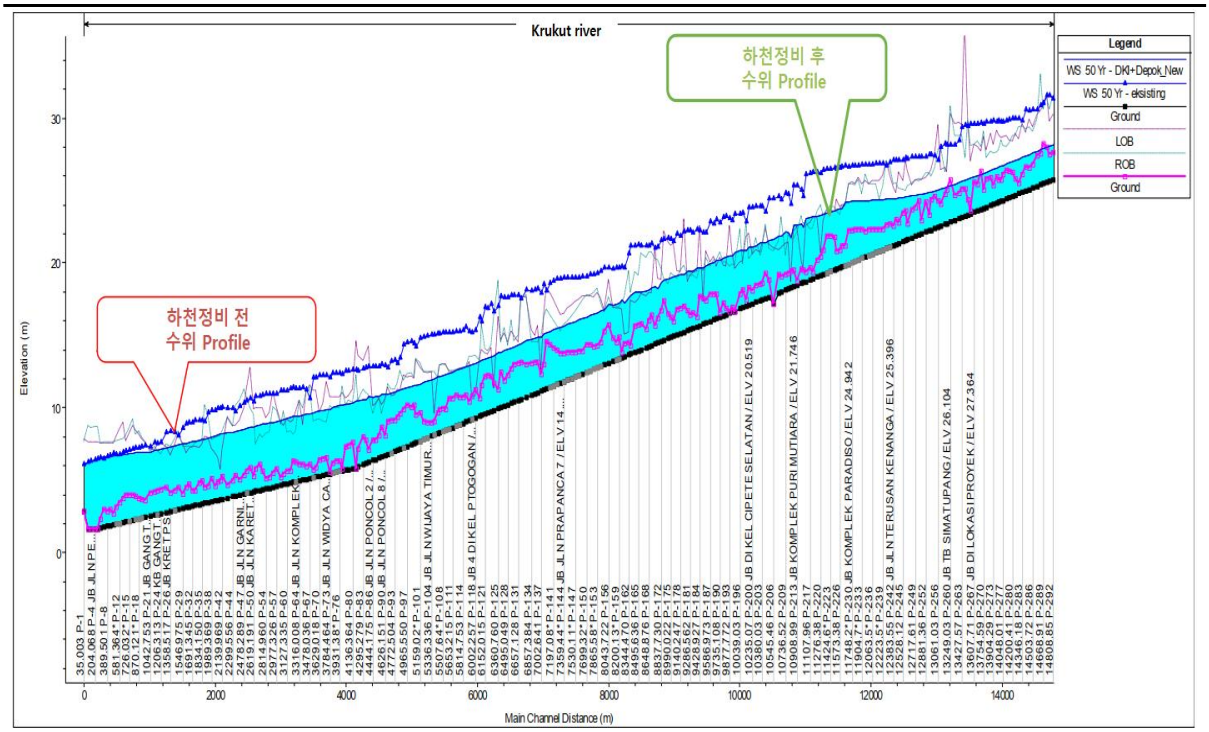

상류 구간 대표 하천단면

○ 사업 효과 분석

– 50년 빈도 홍수량을 적용한 홍수위 분석 결과, 준설 및 하도정비에 따른 홍수위 저감 효과는 0.5~4.2m로 나타났으며, 상류로 갈수록 수위 하강 폭이 큰 것으로 나타남

– 이에 반해 중류 일부 구간 및 상류 구간의 경우 오히려 큰 폭의 수위 하강으로 인해 하천 유지유량 확보가 어려울 것으로 분석 됨

– 이에 따라 상류 구간의 경우 설계 하천단면을 재조정할 필요가 있음

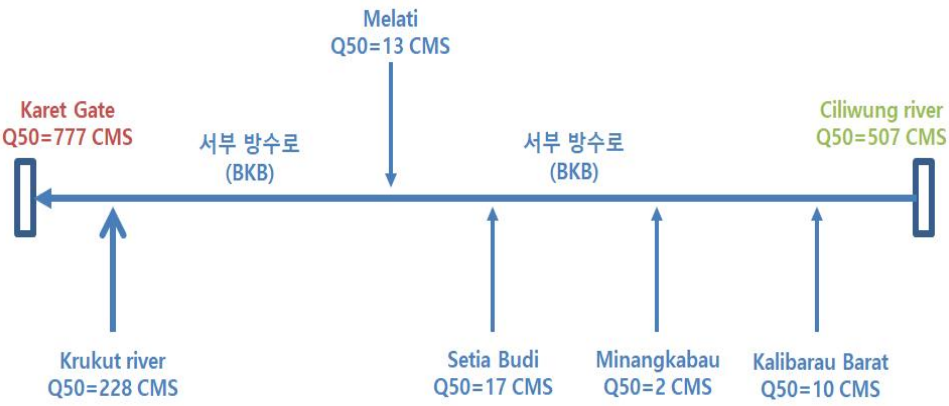



하천 정비 전후 수위 변화 비교

3) 저류지 설치 계획

○ 저류지 설치 필요성

– Krukut 강 직하류에 위치한 Karet 수문의 설계 홍수량은 735 CMS인 반면, 서부 방수로 및 Krukut 강을 통해 유입되는 50년 빈도 홍수량은 777 CMS로써 홍수조절용량을 초과




Karet 수문 지점의 50년 빈도 홍수량

– 이에 따라 서부 방수로의 주요 홍수방어시설인 Karet 수문의 원활한 홍수조절을 위해서는 유입량의 30%에 달하는 Krukut 강의 유출량을 조절할 필요가 있으며, 이를 위해 저류지 건설 계획을 검토

○ 저류지 계획

– 저류지 건설 및 운영을 통해 자카르타 지역 내 홍수위 저감

* 방수로 건설 및 운영 외에도 자카르타 시내 유휴지를 활용한 저류지 건설 및 운영을 통해 자카르타 지역 내 홍수위 저감 가능

* 저류지를 지하화하고, 지상은 공원, 체육시설 등으로 활용하는 방안을 추진하여 공간 활용도를 최대화 하는 것이 바람직함

– 저류지 설치지점은 대상유역 인근으로 설정하는 것이 타당함

* 하천으로부터 직선거리로 1.0km 떨어진 오프라인 저류지 개념을 도입함이 타당함

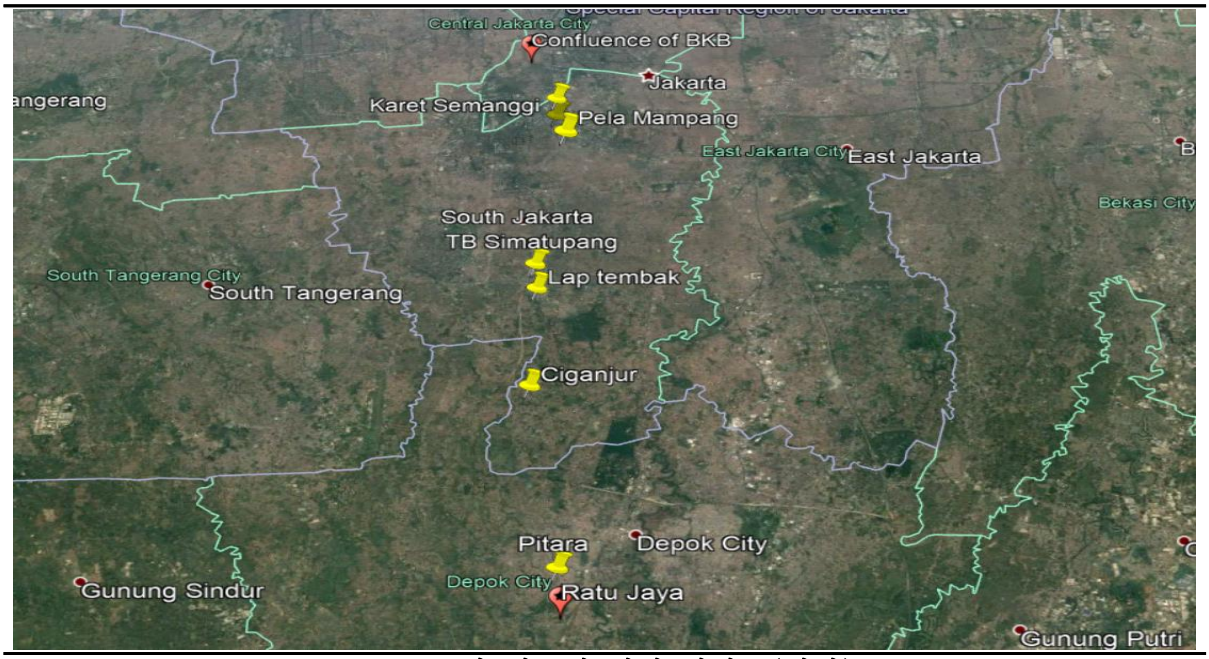
* 홍수시 초기우수 배재가 아닌 첨두홍수량 저류를 통해 자카르타 시내 홍수피해 저감 가능

– 기존 계획 및 구글 지도 분석을 통해 저류지 위치를 산정하고, 50년 빈도 홍수량을 적용하여 산정한 저류지 위치 및 용량, 그에 따른 홍수저감량은 다음과 같음

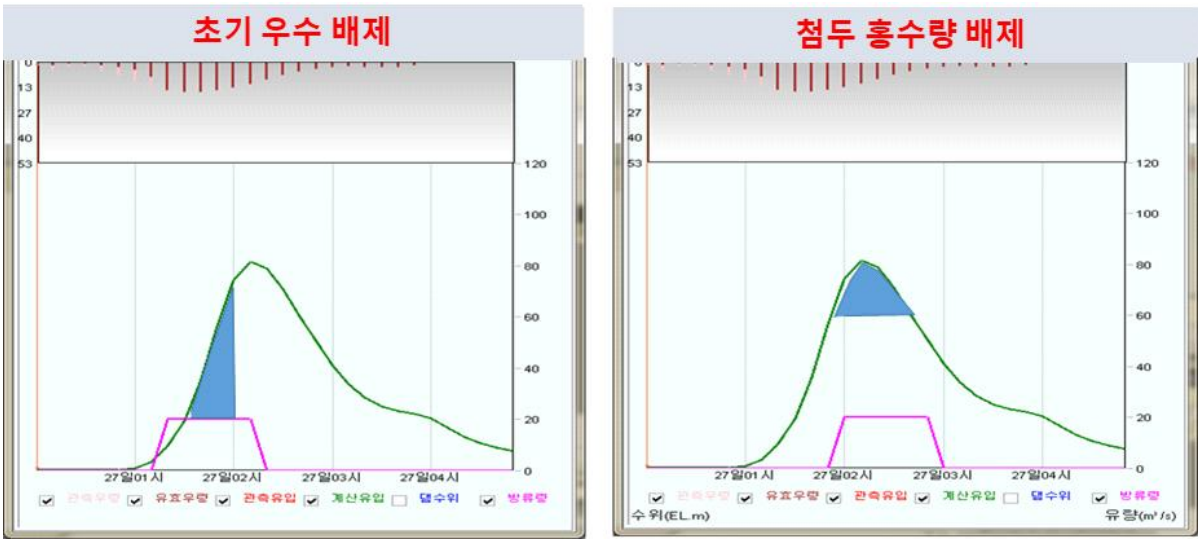
– 총 7개 지역에 9개소를 설치하는 것으로 계획하였으며, 규모가 비교적 큰 저류지는 주거지가 적은 상류 지역에 설치하는 방향으로 계획

**Krukut 강 저류지 설치 계획**

| 저류지 이름 | 위치 | | 저류면적 (㎡) | 저류용량 (50년 빈도) (㎥) | Elevation (m) | 홍수량 저감량 Q50 (㎥/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | X (m) | Y (m) | | | | |
| Karet Semanggi | 701214.5 | 9312121.58 | 33,815.0 | 45,200.0 | 2.7 | 9 |
| Widya Candra | 701033.31 | 9311272.28 | 14,068.0 | 22,100.0 | 2.8 | 10.1 |
| Pela Mampang | 700164.03 | 9308404.27 | 53,665.0 | 46,600.0 | 1.9 | 7.2 |
| TB Simatupang | 699885.44 | 9304278.41 | 41,515.0 | 53,600.0 | 2.3 | 6.5 |
| Lap Tembak 1 | 699901.92 | 9303256.77 | 83,645.0 | 132,700.0 | 1.8 | 5.6 |
| Lap Tembak 2 | 700134.47 | 9302598.59 | 26,041.0 | 19,500.0 | 1.5 | 3.4 |
| Lap Tembak 3 | 700043.8 | 9302237.47 | 22,926.0 | 24,200.0 | 1.5 | 3.3 |
| Ciganjur | 698546.81 | 9296723.97 | 189,511.0 | 520,300.0 | 2.9 | 12.2 |
| Pitara | 698783.81 | 9294411.32 | 399,578.0 | 1,119,300.0 | 3 | 15.2 |

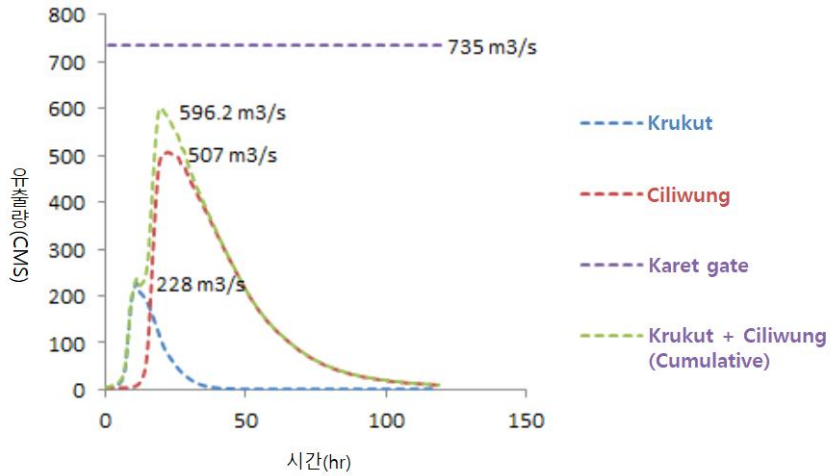



Krukut 강 저류지 설치 위치도(계획)




저류지 건설을 통한 대상유역 첨두홍수량 배제

- 저류지를 통해 초기우수 배제는 저류지의 설치 효과를 제대로 발휘할 수 없으므로, 첨두홍수량 배제가 매우 중요함
- 효과적인 첨두홍수량 배제를 위해서는 다양한 분석을 통한 저류지 운영기준 수립을 통한 효율적인 저류지 운영이 필요함
- 저류지를 통해 Krukut강의 첨두홍수량 228 CMS를 지체시킨 결과, Ciliwung강의 유입량을 고려하더라도 Karet 수문 지점의 첨두홍수량을 596 CMS까지 낮출 수 있는 것으로 검토 됨




**저류지 설치를 통한 유출 저감 효과**

* 위의 결과는 준설 및 하도정비 계획을 함께 고려한 것으로, 저류지 설치·운영 효과만을 고려하기 위해서는 추가적인 분석이 필요

* 또한, 최신 호우사상 및 기상 관측자료를 고려한 추가적인 홍수분석을 통하여 적정 운영방식 및 홍수저감효과 산정이 가능할 것으로 판단됨

4) 방수로 건설계획

○ 방수로건설 및 운영을 통해 하류부에 위치하는 자카르타 지역내 홍수위 저감

– 방수로 설치지점으로부터 동쪽으로 7.5km 지점에 위치하는 하천에 연결함으로서 홍수량을 바다로 배제하여 홍수피해 저감 가능

– 방수로 규모는 현장조사를 통해 적정규격을 산정하고, 재원조달 방안 및 단계별 시행방안 등을 종합적으로 고려하여 결정되어야 함

* 기존 호우사상 및 기상 관측자료를 고려한 추가적인 홍수분석을 통하여 적정 방류규모 및 홍수 저감효과의 산정이 가능함




**방수로 설치 위치도(계획)**

나. 페상그라한 강(Pesanggrahan river) 유역 – 자카르타

1) 개요

○ Pesanggrahan 유역은 유로연장 74㎞, 유역면적 약 112㎢, 유역경사는 0.27%로써 굉장히 평평한 지형을 가지고 있으며, 연평균 강우량은 약 3,700mm

○ 보고르 (Bogor) 시 상류 Salak 산에서 발원하여 드폭(Depok), 탕에랑(Tangerang) 시를 거쳐 Cengkareng 방수로로 합류하여 자바해로 나감

○ 설계 홍수량은 210 CMS(25년 빈도)이나 불법 하천점용 및 퇴사로 인해 현재 통수능은 75 CMS로 감소

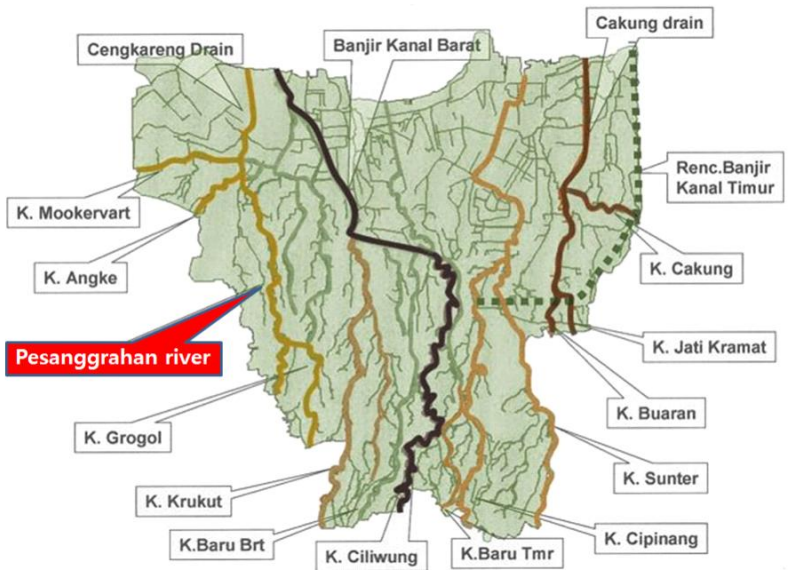
○ 급격한 도시화로 인한 불투수 면적 증가는 외수범람 뿐만 아니라 내수 침수 피해도 가중시키고 있는 상황임

○ 1900년도에는 전체 유역면적의 12%에 불과했던 도심 지역이 1990년에는 45%, 2010년에는 74%까지 증가

**Pesanggrahan 강 유역 현황**

| 유역 | 유역면적 (㎢) | 도시화율 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1900 | 1940 | 1980 | 1990 | 2000 | 2010 |
| Pesanggrahan | 112 | 12 | 17 | 24 | 45 | 62 | 74 |

○ 이에 따라 기존 계획 등을 참고하여 하천정비, 저류지 및 방수로 건설과 같은 물재해 관리 방안에 대해 검토하고자 함




Pesanggrahan 유역 현황도

2) 하천정비 계획

○ 기존 하천정비 사업

– 기존 Pesanggrahan 강의 하천정비는 자카르타 주정부의 JEDI(Jakarta Emergency Dredging Initiative)를 통해 2011년부터 2014년까지 3년동안 시행

– 사업시점인 Haji Hamid 교량으로부터 사업종점인 Lebak Bulus PDK까지 전체 26.74km 구간을 3개 구간으로 나누어 수행하였으며, 50년 빈도 설계홍수량을 적용

* 1단계 구간 : Haji Hamid Bridge ~ Pos Pengumben (7.75km, 설계홍수량=220 CMS)

* 2단계 구간 : Pos Pengumben ~ Bintaro Raya (7.73km, 설계홍수량=205 CMS)

* 3단계 구간 : Bintaro Raya ~ Lebak Bulus PDK (11.26km, 설계홍수량=114 CMS)



<하천정비 전> <하천정비 후>

**하천 정비 전후 모습**

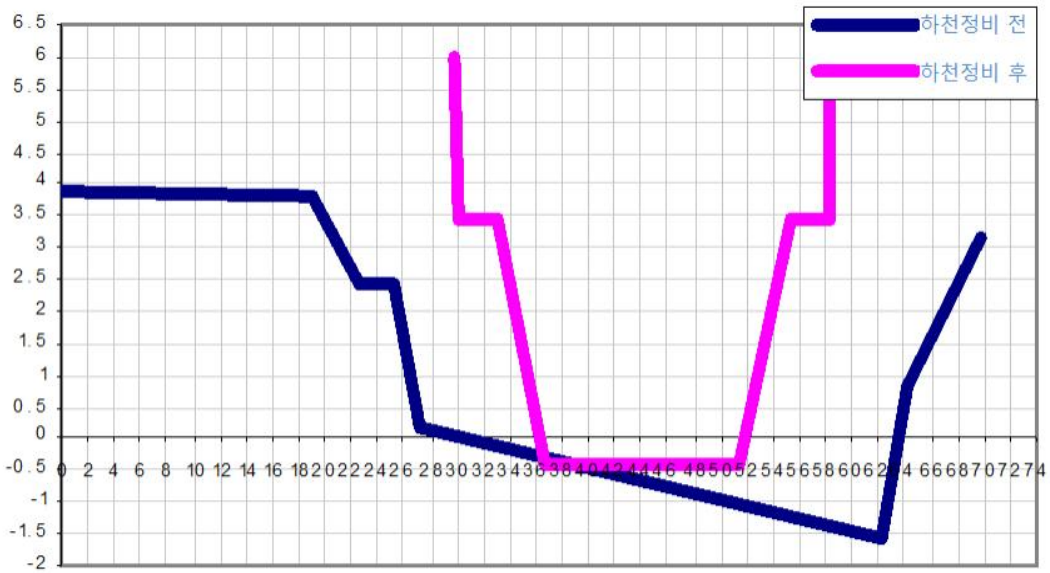



**하천 정비 구간**

○ 하천정비 영향 검토

– 주민 이전 및 토지 보상을 최소화하기 위해 하촌폭을 좁히는 대신 쉬트 파일을 높게 설치하는 것으로 계획

– Pesanggrahan 강의 경우 Angke 및 Mookervart 강과 Cenkareng 방수로를 통해 자바해로 유입되는 구조이므로, 본 보고서에서는 Pesanggrahan 강 뿐만 아니라 Angke 및 Mookervart 강도 동일한 단면으로 하천정비를 시행할 경우의 영향을 분석




Pesanggrahan 강 하천정비 대표 단면

– 홍수위 저감 효과 분석을 위해 50년 빈도 설계홍수량과 유사한, 최근 지역 내 가장 많은 홍수 피해를 불러온 2012년 홍수사상의 첨두 홍수량을 적용

**하천별 적용 홍수량**

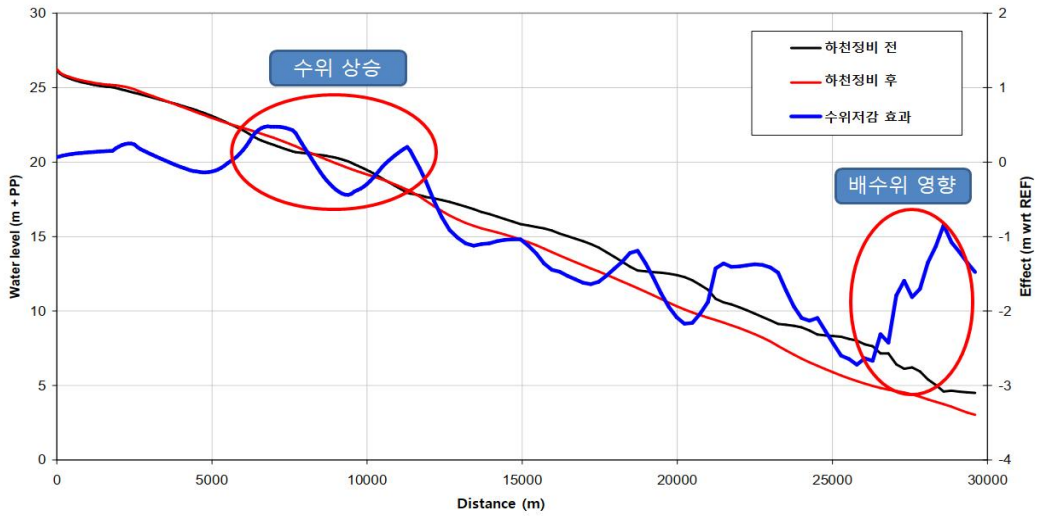
| 하천 | 적용 홍수량(CMS, 50년 빈도) |
|---|---|
| Pesanggrahan | 205 |
| Angke | 135 |
| Mookervart | 50 |
| Cenkareng Drain | 265 |

○ Pesanggrahan 수위저감 효과

– 하천정비 후 약 1~2.6m 정도의 수위 저감 효과가 발생

– 상류 일부 구간에서는 하천정비 전보다 수위가 상승하는 것으로 나타남에 따라 이러한 구간에 대해서는 하천단면 재설계가 필요

– Cenkareng 방수로 합류점 상류에서는 방수로의 배수위 영향으로 수위 저감효과가 일부 감소하는 현상 발생

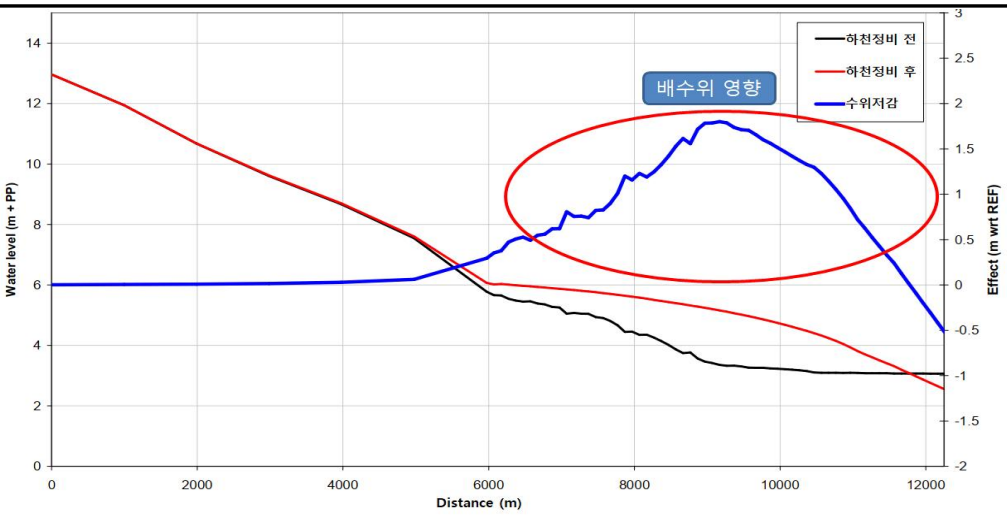



Pesanggrahan 수위저감 효과

○ Angke 수위저감 효과

– Angke 강의 경우 Pesanggrahan과 달리 Cenkareng 방수로의 배수위 영향으로 중하류 대부분의 구간에서 하천정비 전보다 수위가 상승

– 따라서, Angke 강의 하천 단면은 배수위 영향을 고려하여 재설계 필요

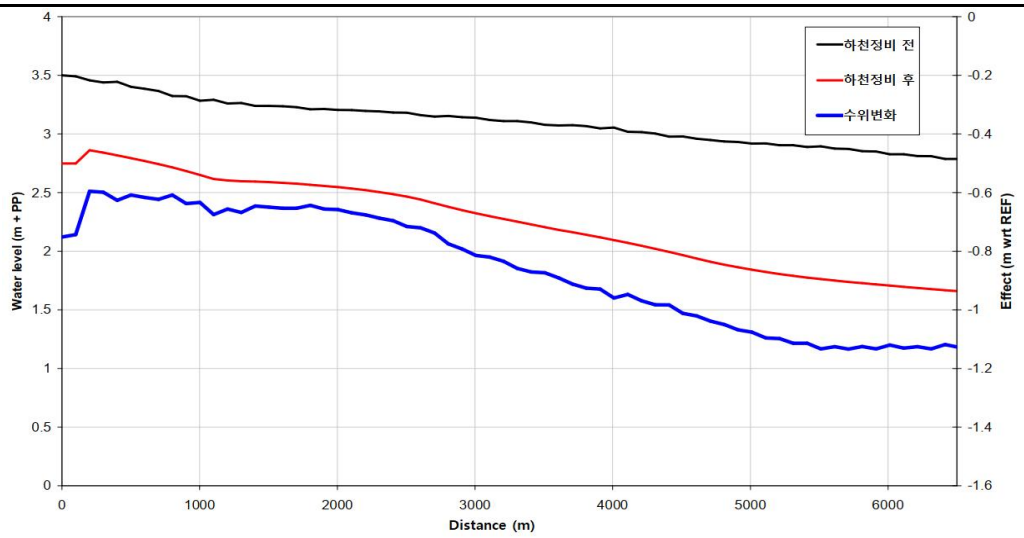



Angke 수위저감 효과

○ Mookervart 수위저감 효과

– Mookervart 강의 경우 전 구간에 걸쳐 하천정비에 의해 수위 저감 효과 발생

– 수위 저감 폭은 약 0.6~1.2m 정도인 것으로 나타났으며, 배수위 영향도 다른 하천에 비해 크지 않은 것으로 분석 됨

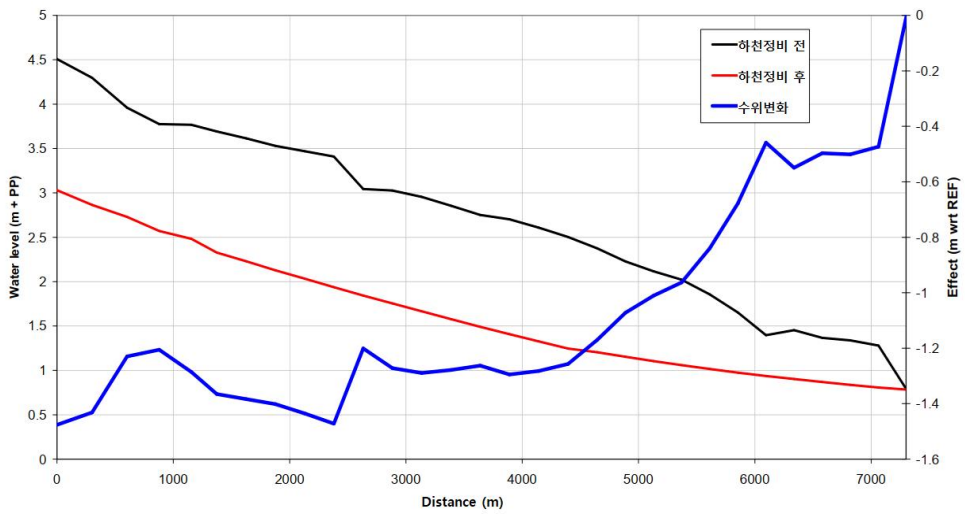



Mookervart 수위저감 효과

○ Cengkareng 수위저감 효과

– Cengkareng 방수로의 경우 합류점(0m)에서 수위 저감폭이 가장 크고, 하류로 갈수록 점차 작아지는 것으로 나타남

– Cengkareng 방수로의 수위에 따라 방수로로 합류되는 Pensanggrahan 및 Angke, Mookervart 강의 수위가 영향을 받는 것으로 나타남에 따라 하천정비 계획 시 이를 고려하여 하천단면을 설계할 필요가 있음




Cengkareng 수위저감 효과

3) 저류지 건설계획

○ 저류지 건설 및 운영을 통해 자카르타 지역내 홍수위 저감

– 대상유역 방수로 건설 및 운영 외에도 대상유역 인근 유휴지를 활용한 유휴지를 활용한 저류지 건설 및 운영을 통해 자카르타 지역내 홍수위 저감 가능

– 자카르타 도심인 현장여건을 고려하여 저류지를 지하화하고, 지상은 공원, 체육시설 등으로 활용하는 방안을 추진하여 공간 활용도를 최대화하는 것이 바람직함

○ 저류지 설치지점은 대상유역 인근으로 설정하는 것이 타당함

– 하천으로부터 직선거리로 1.0km 떨어진 오프라인 저류지 개념을 도입함이 타당함

* 홍수시 초기우수 배재가 아닌 첨두홍수량 저류를 통해 자카르타 시내 홍수피해 저감 가능

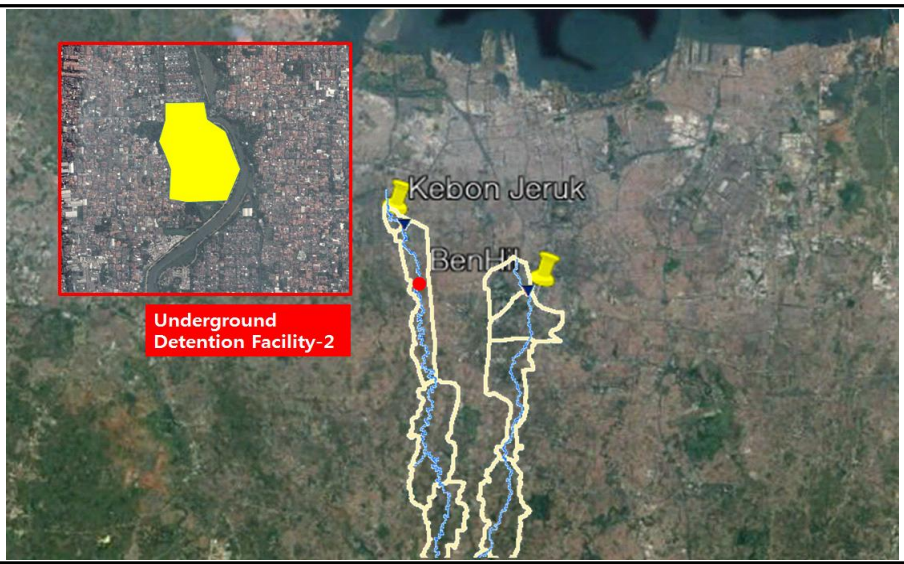
– 저류지 설치가능 면적은 위성지도상 유휴지 75,000㎡ 활용 가능 추정(저류지2)

– 저류지 설치가능 면적은 위성지도상 유휴지 300,000㎡ 활용 가능 추정(저류지3)

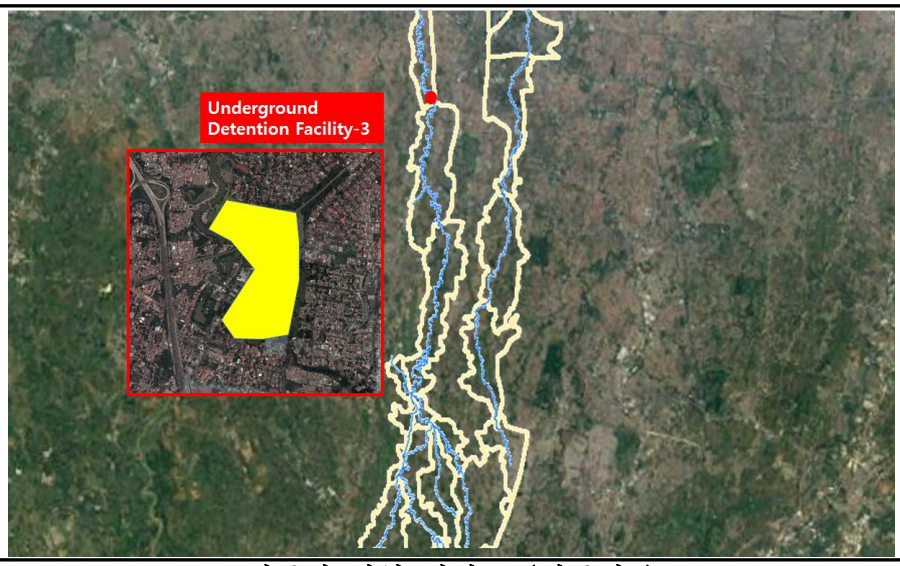
○ 지하화 저류조의 경우, 저류조 깊이 선정에 따라 다양한 저류지 규모 산정이 가능

– 적정 저류지 규모는 현장조사를 통하여 이루어져야 할 것으로 판단됨

* 기존 호우사상 및 기상 관측자료를 고려한 추가적인 홍수분석을 통하여 적정 운영방식 및 홍수 저감효과 산정이 가능할 것으로 판단됨




**저류지 계획 위치도 (저류지2)**




저류지 계획 위치도 (저류지3)

4) 방수로 건설계획

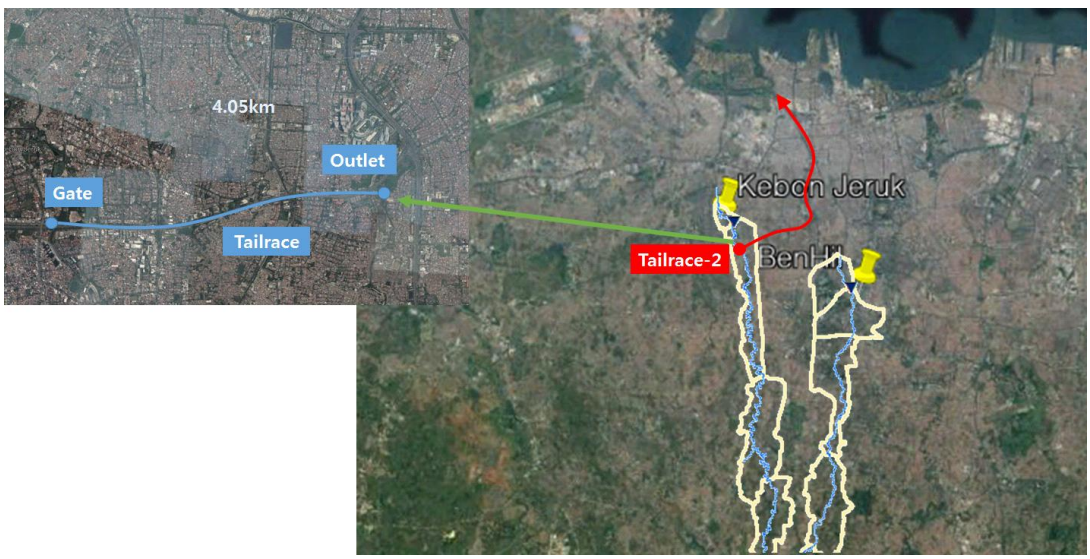
○ 대상유역 방수로건설 및 운영을 통해 하류부에 위치하는 자카르타 지역 내 홍수위 저감

– 방수로 설치지점으로부터 동쪽으로 4.0km 지점에 위치하는 하천에 연결함으로서 홍수량을 바다로 배제하여 홍수피해 저감 가능

– 해당 노선은 개발된 지역으로 개수로 보다는 기존 도로밑 공간을 활용하는 관수로 형태로 건설하는 것이 공간적인 제약사항이 덜하여 바람직할 것으로 판단

* 실제 매설가능여부는 도로내 지하매설물 현황파악이 선행되어야함. 아울러, 적정 관수로 규격은 별도 현장조사를 통하여 이루어져야 할 것으로 판단

* 기존 호우사상 및 기상 관측자료를 고려한 추가적인 홍수분석을 통하여 적정 방류규모 및 홍수 저감효과의 산정이 가능




방수로 설치 위치도(계획)

다. 바탐(Batam) 유역 – 확대 적용 유역

1) 개요

○ Batam 유역의 물재해 관리를 위한 데이터가 상당히 부족한 실정

– Batam 유역은 유역 내의 수위 관측소(Baloi)가 존재하나 결손 자료가 많고 축적된 자료의 양도 1년 미만이며, 강우자료 역시 불충분

– 강우자료가 불충분하여 해당 유역의 강우에 대한 빈도해석이 불가능하고 따라서 별도의 확률강우량 산정 불가

– 강우자료가 부족한 경우 인근 유역의 강우자료를 이용하여 보완을 할 수 있지만 보완을 위해서는 최소 3개의 관측치가 필요하나 Batam 유역은 인근 관측 자료가 1개만 존재하여 보완이 불가능

○ 존재하는 강우자료 및 수위자료를 최대한 활용하여 수위-유량관계곡선 작성을 실시하고 물재해 시나리오 수립을 검토




Batam 소유역 분할

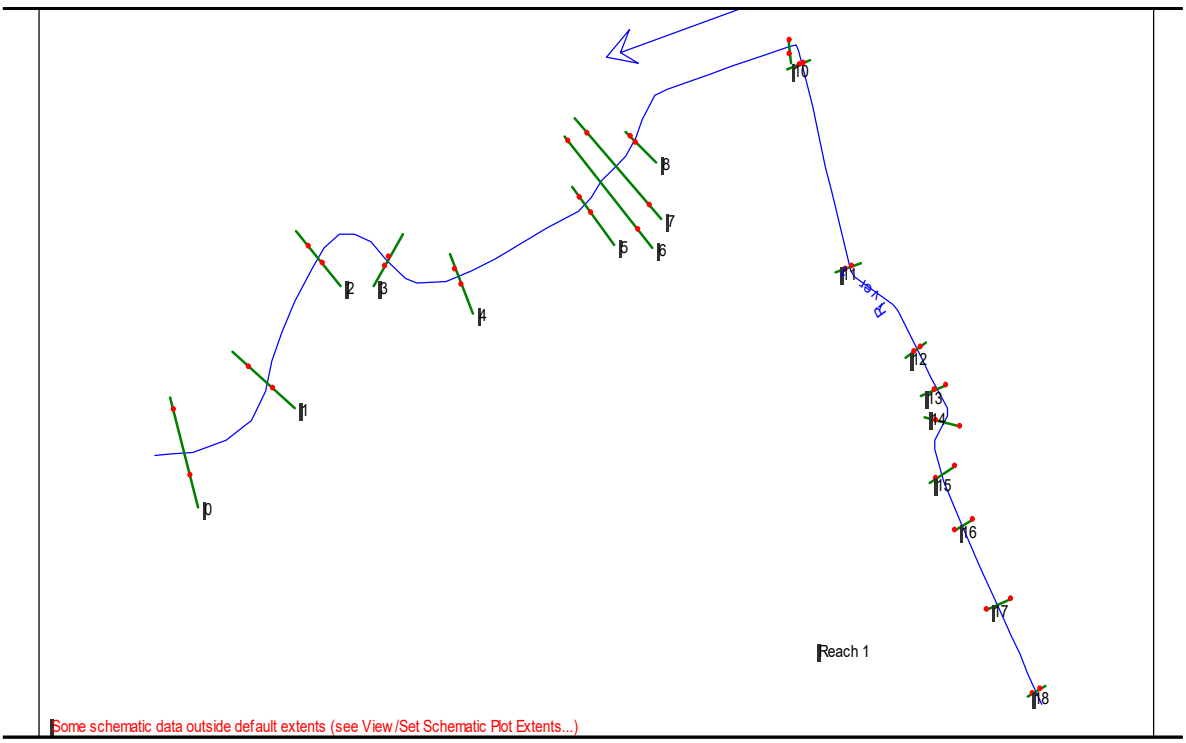
소유역 정보

| 소유역 | 면적 (㎢) | 수관차단 (mm) | 지면보류 (mm) | 불투수성 | 기저유출 (㎥/s) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.0611 | 5 | 16 | 5 | 0.3 |
| 2 | 0.5 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |
| 3 | 0.8928 | 5 | 16 | 5 | 0.1 |
| 4 | 0.5030 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |
| 5 | 1.0571 | 5 | 16 | 70 | 0.1 |
| 6 | 0.9393 | 5 | 16 | 85 | 0.1 |
| 7 | 0.7475 | 5 | 16 | 85 | 0.1 |
| 8 | 0.6487 | 5 | 16 | 85 | 0.05 |

○ 시나리오의 효과를 검증하기 위해 적용 전과 적용 후의 제방 여유고를 기준으로 적용 결과 비교 시행

하천 제방고 (단위 : m)

| 횡단면 | 하상고 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 최소 제방고 | 횡단면 | 하상고 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 최소 제방고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18(상류) | 4.00 | 7.04 | 7.00 | 7.00 | 8 | 1.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 17 | 3.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 7 | 1.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 |
| 16 | 3.00 | 6.01 | 6.01 | 6.01 | 6 | 1.00 | 4.02 | 3.99 | 3.99 |
| 15 | 3.00 | 6.02 | 6.00 | 6.00 | 5 | 1.00 | 3.99 | 3.99 | 3.99 |
| 14 | 3.00 | 5.98 | 6.00 | 5.98 | 4 | 1.00 | 4.04 | 4.00 | 4.00 |
| 13 | 3.00 | 6.04 | 6.00 | 6.00 | 3 | 0.08 | 4.02 | 4.00 | 4.00 |
| 12 | 3.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 2 | 0.00 | 3.01 | 3.00 | 3.00 |
| 11 | 3.00 | 6.00 | 6.00 | 6.00 | 1 | 0.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 |
| 10 | 2.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 0(하류) | 0.00 | 2.06 | 3.00 | 2.06 |
| 9 | 2.00 | 4.94 | 4.77 | 4.77 | | | | | |




HEC-RAS 하천 모형

○ Batam 유역의 위성사진으로 하천은 빨간색 선으로 표시

– 하천 하류부에는 많은 건물들이 있어 추가적인 구조물 설치가 어렵움

– 반면 하천 상류부는 공터와 산지가 존재해 추가적인 구조물 설치가 가능하여 구조적인 대책은 주로 상류부에 적용하는 것이 바람직



Batam 유역 위성사진
(https://www.google.co.kr/maps)

○ 강우자료 선택

– 연구 대상인 Batam 유역은 유역면적이 약 7.3km2의 소규모 도시하천으로서 짧은 시간 내에 강우에 의한 직접유출량의 기여도가 큼

– 강우의 지속기간 선정을 위해 총 강우량별로 Huff의 강우시간분포를 입력 자료로 유출(HEC-HMS) 및 하도 해석(HEC-RAS)를 수행

– 강우의 지속기간은 총 강우량별 지속기간에 따른 수위를 비교·검토하여 최고 수위를 갖는 3시간을 채택

– 대상 유역인 Batam 유역은 강우분석 및 홍수빈도 해석에 필요한 강우자료가 업음(수년). 따라서 물 재해 시나리오 해석을 위해 지속기간 3시간에 대한 총 강우량 시나리오를 분류(20mm, 40mm, 60mm, 80mm, 100mm)하고 유출 및 하도해석을 통해 제방의 월류 정도를 검토함

– 표 26은 지속시간 3시간일 때 제방여유고를 정리한 것으로 총 강우량 60mm 이상부터 제방의

월류가 시작되며, 80mm 이상에서는 1m이상, 100mm 이상에서는 1.5m 이상 월류됨

- 따라서 제방의 월류는 총 강우량이 60mm일 때 발생하나, 도시하천 유역임을 고려하여 총 강우량 100mm를 물 재해시나리오 분석에 활용

- 향후, 축적된 강우 자료가 충분히 축적된 이후에는 강우의 빈도해석을 통해 적정 계획 빈도를 선정하고 이를 기반으로 물 재해 시나리오가 도출되어야 할 것임

**총 강우량 100mm인 경우 지속시간별 제방여유고 (단위 : m)**

| 횡단면 | 지속시간(hr) | | | | 횡단면 | 지속시간(hr) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 3 | 4 | 5 | 6 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 18 | −0.70 | −0.36 | −0.02 | 0.94 | 8 | 0.34 | 0.61 | 1.20 | 1.59 |
| 17 | −1.54 | −1.13 | −0.62 | 0.32 | 7 | 0.38 | 0.66 | 1.27 | 1.64 |
| 16 | −1.47 | −1.05 | −0.47 | 0.54 | 6 | 0.37 | 0.65 | 1.27 | 1.64 |
| 15 | −1.47 | −1.04 | −0.46 | 0.56 | 5 | 0.40 | 0.68 | 1.30 | 1.66 |
| 14 | −1.48 | −1.06 | −0.47 | 0.55 | 4 | 0.66 | 0.93 | 1.55 | 1.84 |
| 13 | −1.38 | −0.94 | −0.33 | 0.65 | 3 | 1.41 | 1.55 | 1.85 | 1.98 |
| 12 | −1.34 | −0.90 | −0.27 | 0.70 | 2 | 0.81 | 0.88 | 1.00 | 1.04 |
| 11 | −1.23 | −0.77 | −0.11 | 0.83 | 1 | 0.99 | 1.01 | 1.05 | 1.06 |
| 10 | 0.07 | 0.37 | 0.80 | 1.50 | 0 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 |
| 9 | −0.33 | 0.01 | 0.51 | 1.32 | | | | | |

○ 제방여유고

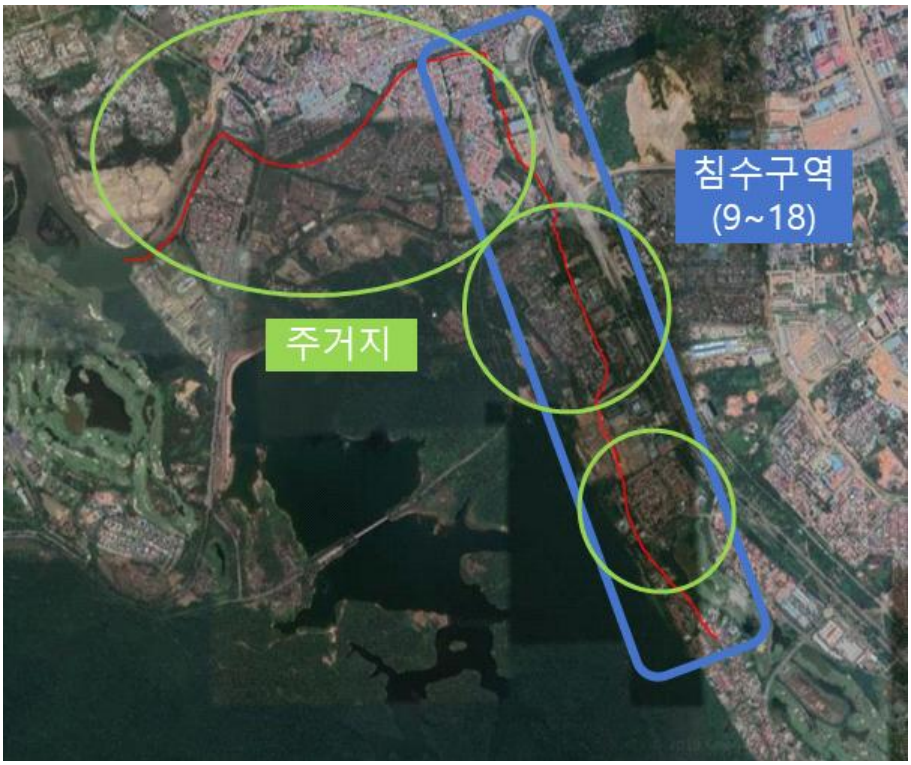
- 총 강우량 100mm, 지속시간 3시간일 때 최대 수위와 제방 여유고는 아래 표와 같으며 횡단면 18번부터 11번까지 월류가 발생

* 횡단면 17번은 최대 수표면 표고가 가장 높게 나타나 위험단면으로 설정

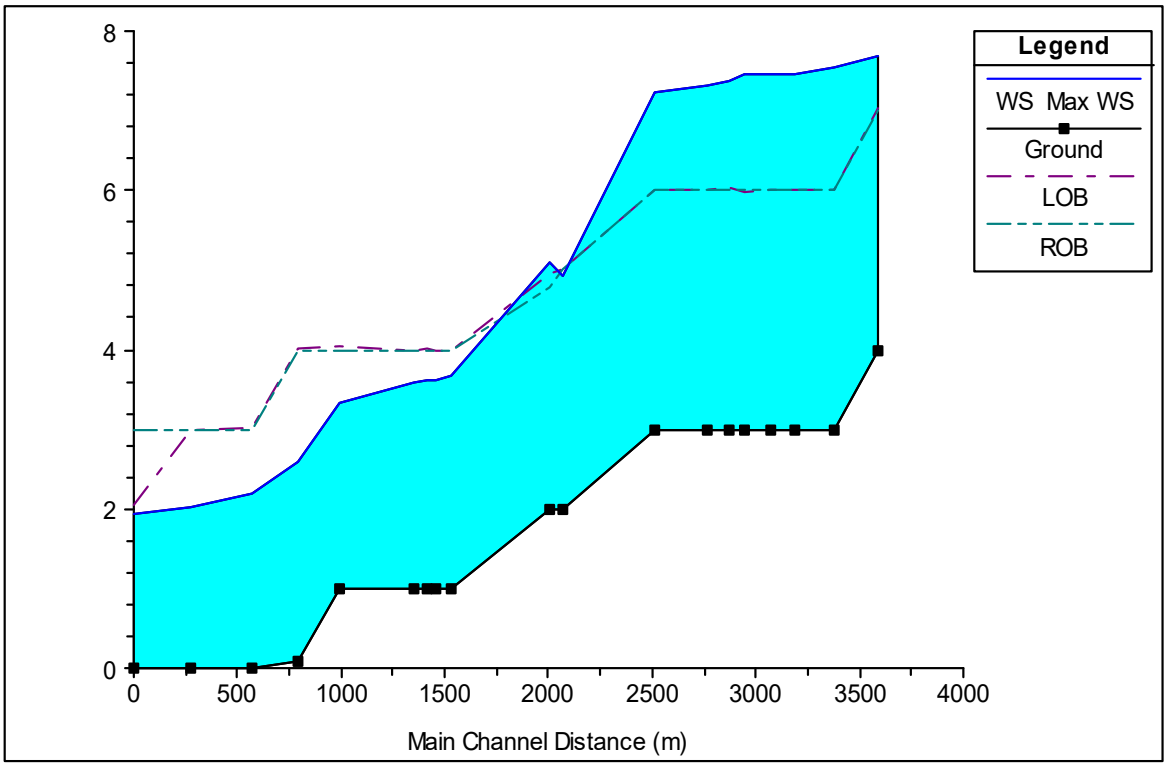
**총 강우량 100mm, 지속시간 3시간 최대수위 및 제방 여유고 (단위 : m)**

| 횡단면 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 최대 수표면 표고 | 제방 여유고 | 횡단면 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 최대 수표면 표고 | 제방 여유고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 7.04 | 7.00 | 7.70 | −0.70 | 8 | 4.00 | 4.00 | 3.66 | 0.34 |
| 17 | 6.00 | 6.00 | 7.54 | −1.54 | 7 | 4.00 | 4.00 | 3.62 | 0.38 |
| 16 | 6.01 | 6.01 | 7.48 | −1.47 | 6 | 4.02 | 3.99 | 3.62 | 0.37 |
| 15 | 6.02 | 6.00 | 7.47 | −1.47 | 5 | 3.99 | 3.99 | 3.59 | 0.40 |
| 14 | 5.98 | 6.00 | 7.46 | −1.48 | 4 | 4.04 | 4.00 | 3.34 | 0.66 |
| 13 | 6.04 | 6.00 | 7.38 | −1.38 | 3 | 4.02 | 4.00 | 2.59 | 1.41 |
| 12 | 6.00 | 6.00 | 7.34 | −1.34 | 2 | 3.01 | 3.00 | 2.19 | 0.81 |
| 11 | 6.00 | 6.00 | 7.23 | −1.23 | 1 | 3.00 | 3.00 | 2.01 | 0.99 |
| 10 | 5.00 | 5.00 | 4.93 | 0.07 | 0 | 2.06 | 3.00 | 1.94 | 0.12 |
| 9 | 4.94 | 4.77 | 5.10 | −0.33 | | | | | |

- 위성지도 상 침수구역은 횡단면 18번부터 9번까지이며 해당 구역에는 주거지가 존재하지만 하천에 치수대책이 전무




Batam 유역 침수구역
(https://www.google.co.kr/maps)

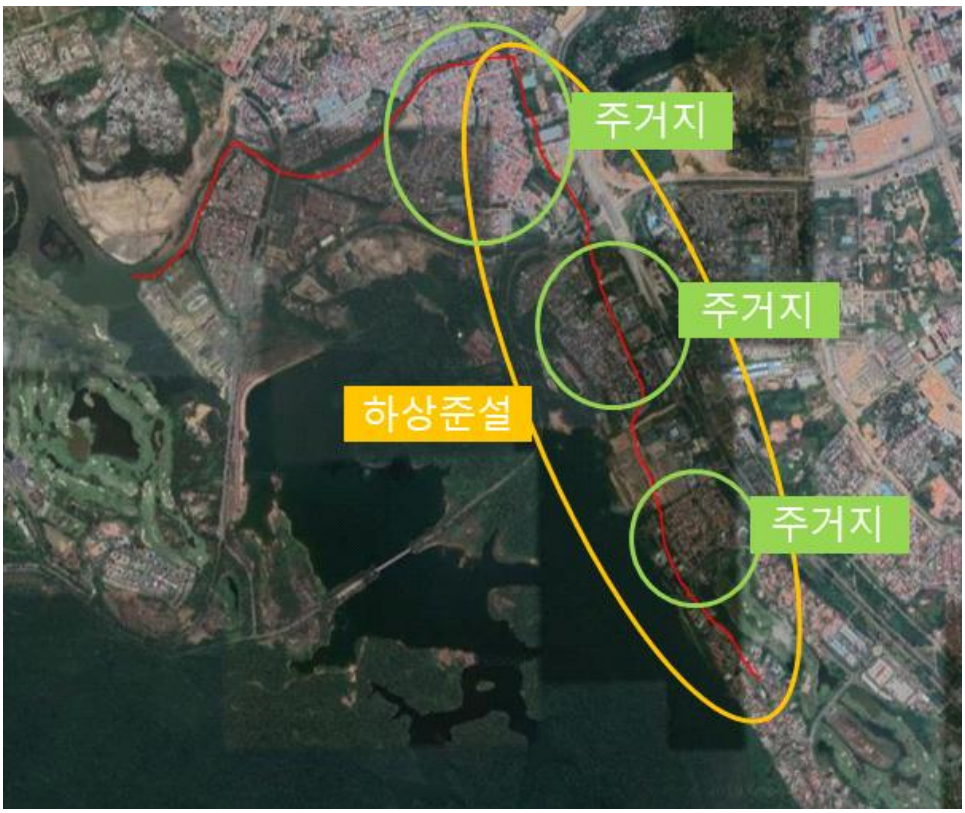



Batam 유역 하천 최대 수위

2) 하상준설

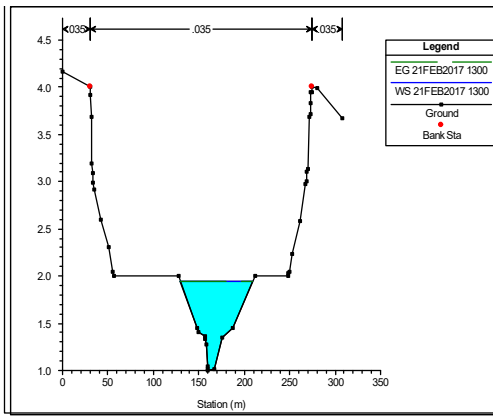
○ 총 강우량 100mm이고 지속시간이 3시간인 경우, 월류가 발생하는 18번 단면에서 9번 단면까지 하상준설을 적용

○ 하천 상류부의 근변에 주거지가 밀집해있어 하폭확대는 어려우며 하상고를 낮춰 통수능을 확보하는 방법이 적절

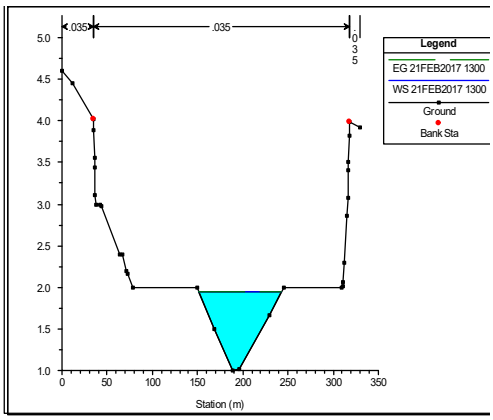



**하상 준설 구역**

○ 하천 횡단면 확인 결과 7번과 6번 구역은 이미 준설이 시행된 지역이며, 필요한 경우 하류부의 단면도 추가적인 하상준설을 통하여 통수능 확보 필요




횡단면 7번 단면형상

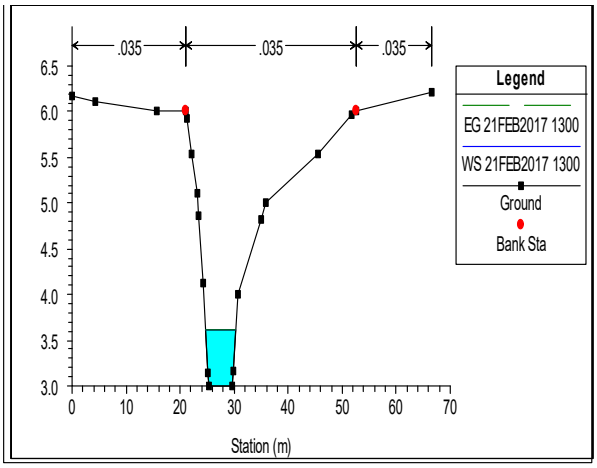



횡단면 6번 단면형상

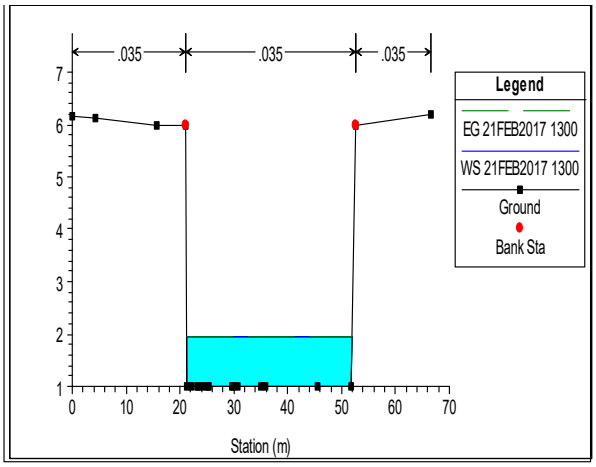
**기하상 준설 단면**

○ 적용

– 하상준설은 대상 지점의 하상고를 낮추면서 제외지 지역의 표고를 모두 하상고와 동일하게 적용




하상준설 전 위험단면의 단면형상




2m 하상준설 후 위험단면의 단면형상

**하상준설 전·후 위험단면의 단면형상**

– 준설 후 역류가 발생하지 않도록 횡단면 18번부터 11번까지는 준설 2m, 횡단면 10번부터 횡단면 9번까지 준설 1m 시행

**하상준설 전·후 하상고 (단위 : m)**

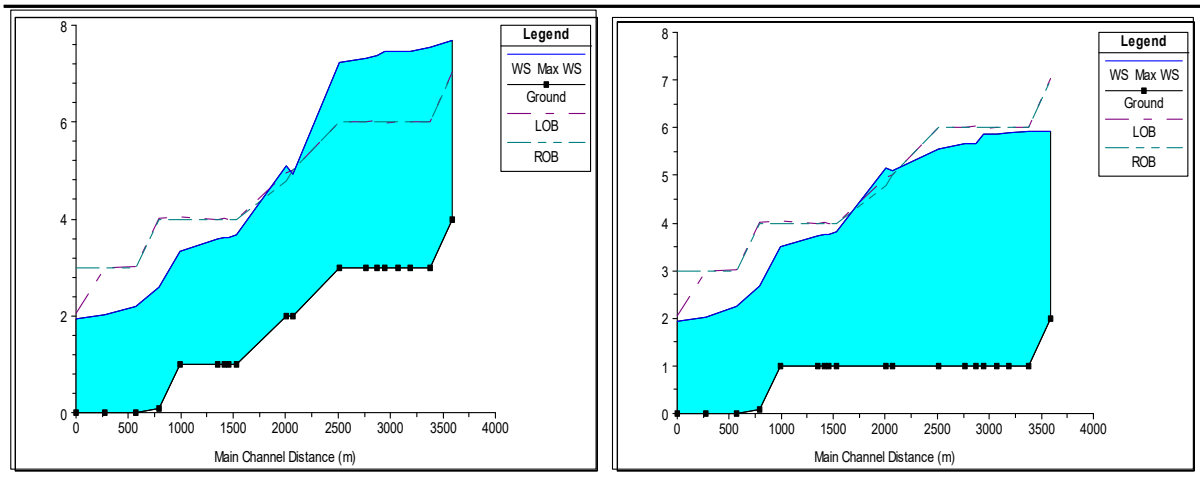
| 횡단면 | 하상준설 전 | 하상준설 후 | 횡단면 | 하상준설 전 | 하상준설 후 |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 4.00 | 2.00 | 8 | 1.00 | 1.00 |
| 17 | 3.00 | 1.00 | 7 | 1.00 | 1.00 |
| 16 | 3.00 | 1.00 | 6 | 1.00 | 1.00 |
| 15 | 3.00 | 1.00 | 5 | 1.00 | 1.00 |
| 14 | 3.00 | 1.00 | 4 | 1.00 | 1.00 |
| 13 | 3.00 | 1.00 | 3 | 0.08 | 0.08 |
| 12 | 3.00 | 1.00 | 2 | 0.00 | 0.00 |
| 11 | 3.00 | 1.00 | 1 | 0.00 | 0.00 |
| 10 | 2.00 | 1.00 | 0 | 0.00 | 0.00 |
| 9 | 2.00 | 1.00 | | | |

○ 결과

– 하상준설 후 수표면 표고 및 제방 여유고 검토 결과, 하상고를 2m까지 감소시켰음에도 불구하고 횡단면 9번과 10번에 여전히 월류가 발생하여 추가 제방을 설치가 필요

**하상준설 후 최대 수표면 표고 및 제방 여유고 (단위 : m)**

| 하천 제방 | | | 하상준설 후 | |
|---|---|---|---|---|
| 횡단면 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 최대 수위 | 제방 여유고 |
| 18 | 7.04 | 7.00 | 5.92 | 1.08 |
| 17 | 6.00 | 6.00 | 5.92 | 0.08 |
| 16 | 6.01 | 6.01 | 5.88 | 0.13 |
| 15 | 6.02 | 6.00 | 5.86 | 0.14 |
| 14 | 5.98 | 6.00 | 5.86 | 0.12 |
| 13 | 6.04 | 6.00 | 5.65 | 0.35 |
| 12 | 6.00 | 6.00 | 5.66 | 0.34 |
| 11 | 6.00 | 6.00 | 5.55 | 0.45 |
| 10 | 5.00 | 5.00 | 5.08 | −0.08 |
| 9 | 4.94 | 4.77 | 5.16 | −0.41 |
| 8 | 4.00 | 4.00 | 3.81 | 0.19 |
| 7 | 4.00 | 4.00 | 3.77 | 0.23 |
| 6 | 4.02 | 3.99 | 3.77 | 0.22 |
| 5 | 3.99 | 3.99 | 3.73 | 0.26 |
| 4 | 4.04 | 4.00 | 3.49 | 0.51 |
| 3 | 4.02 | 4.00 | 2.67 | 1.33 |
| 2 | 3.01 | 3.00 | 2.24 | 0.76 |
| 1 | 3.00 | 3.00 | 2.02 | 0.98 |
| 0 | 2.06 | 3.00 | 1.94 | 0.12 |

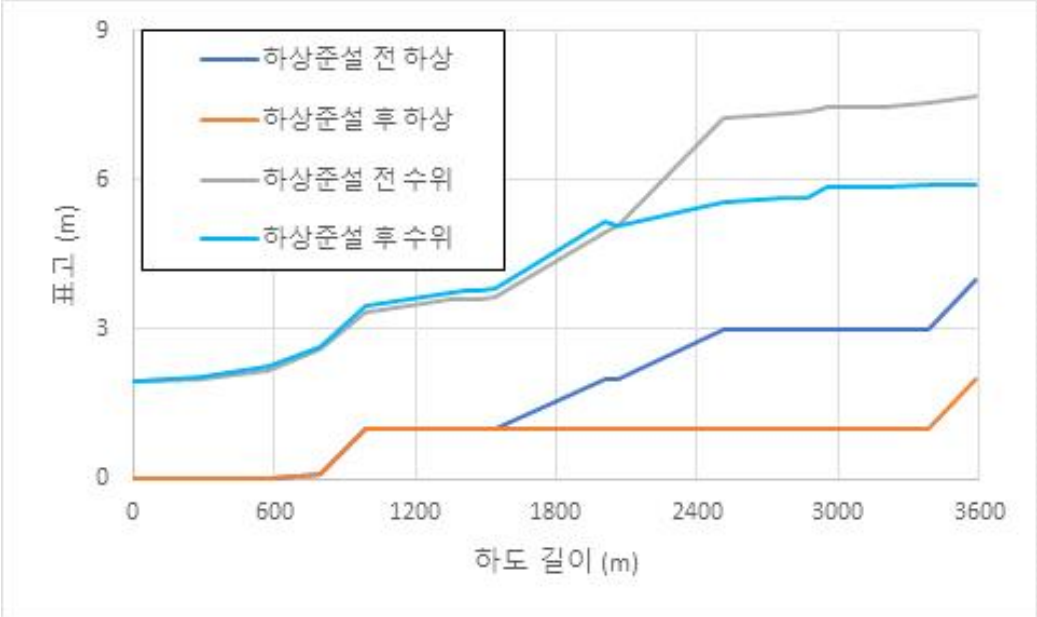



하상준설 전 최대 수위 하상준설 후 최대 수위

**하상준설 전·후 최대수위**

– 하도 준설을 통해 상류부에 수위가 상당량 감소하였으나, 하류부 일부 구간은 오히려 수표면 표고가 증가

* 상류부 하천단면적의 확대로 통수능이 증가하여 하류부의 유량이 늘어나 수위 증가




**하상준설 전·후 최대수위 비교**

3) 제방 증고

○ 제방증고는 월류가 발생한 횡단면 18번부터 9번까지 적용하였으며, 월류가 발생하는 상류에 주거지가 존재하므로 이를 고려해서 적용이 필요




**제방증고 구역**

○ 적용

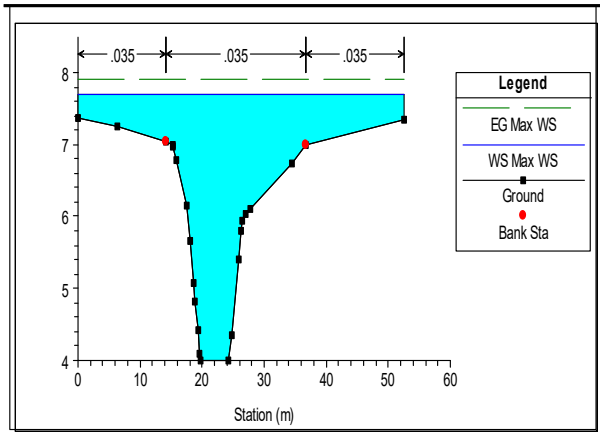
– 월류가 발생하지 않은 하류부에 속하는 횡단면 8번부터 0번의 제방은 증설하지 않고, 월류가 발생한 상류부에 속하는 횡단면 18번부터 9번은 제방고 증설을 검토

– 최대 수위가 높은 횡단면 18번부터 11번까지는 3m 증고, 상대적으로 수위가 낮은 횡단면 10번과 9번은 1m 증고

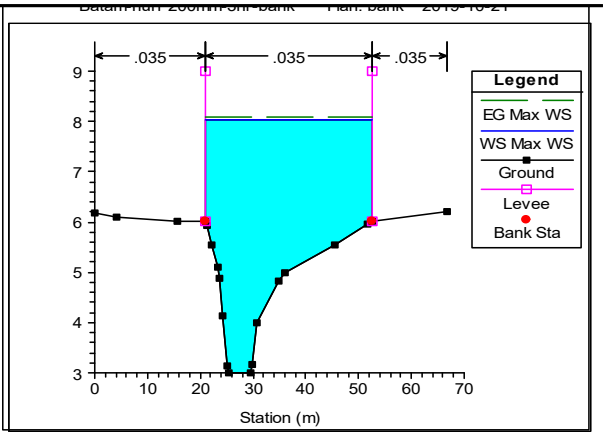
**제방증고 전·후 제방고 (단위 : m)**

| 횡단면 | 제방증고 전 | 제방증고 후 | 횡단면 | 제방증고 전 | 제방증고 후 |
|---|---|---|---|---|---|
| 18 | 7.00 | 10.00 | 8 | 4.00 | 4.00 |
| 17 | 6.00 | 9.00 | 7 | 4.00 | 4.00 |
| 16 | 6.01 | 9.01 | 6 | 3.99 | 3.99 |
| 15 | 6.00 | 9.00 | 5 | 3.99 | 3.99 |
| 14 | 5.98 | 8.98 | 4 | 4.00 | 4.00 |
| 13 | 6.00 | 9.00 | 3 | 4.00 | 4.00 |
| 12 | 6.00 | 9.00 | 2 | 3.00 | 3.00 |
| 11 | 6.00 | 9.00 | 1 | 3.00 | 3.00 |
| 10 | 5.00 | 6.00 | 0 | 2.06 | 2.06 |
| 9 | 4.77 | 5.77 | | | |

– 3m제방 증고 시, 제방 여유고 확보 가능




제방증고 전 위험단면의 단면형상




제방증고 후 위험단면의 단면형상

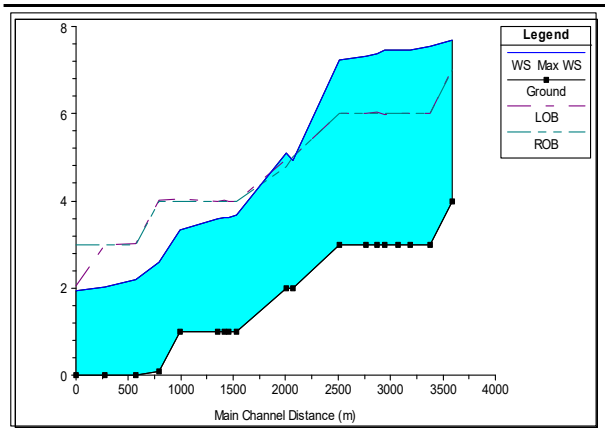
**제방증고 전·후 위험단면의 단면형상**

○ 결과

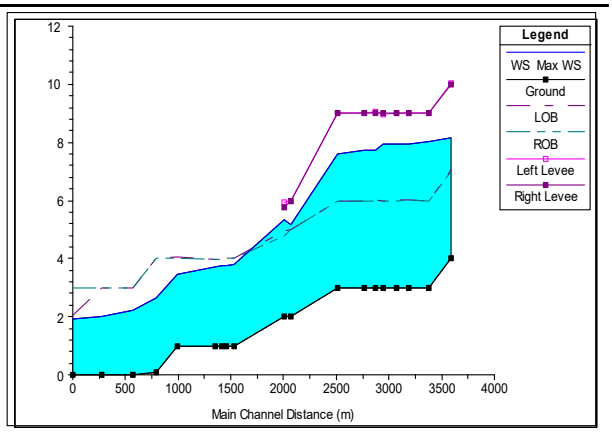
– 제방증고 후 월류가 발생하는 단면은 없는 것으로 검토되었으며 제방증고를 통해 제내지 침수를 방지가 가능

**제방증고 후 최대 수표면 표고 및 제방 여유고 (단위 : m)**

| | 하천제방 | | 제방 증설 후 | | 결과 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 횡단면 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 수표면 표고 | 제방 여유고 |
| 18 | 7.04 | 7.00 | 10.04 | 10.00 | 8.14 | 1.86 |
| 17 | 6.00 | 6.00 | 9.00 | 9.00 | 8.04 | 0.96 |
| 16 | 6.01 | 6.01 | 9.01 | 9.01 | 7.95 | 1.06 |
| 15 | 6.02 | 6.00 | 9.02 | 9.00 | 7.94 | 1.06 |
| 14 | 5.98 | 6.00 | 8.98 | 9.00 | 7.94 | 1.04 |
| 13 | 6.04 | 6.00 | 9.04 | 9.00 | 7.72 | 1.28 |
| 12 | 6.00 | 6.00 | 9.00 | 9.00 | 7.71 | 1.29 |
| 11 | 6.00 | 6.00 | 9.00 | 9.00 | 7.59 | 1.41 |
| 10 | 5.00 | 5.00 | 6.00 | 6.00 | 5.16 | 0.84 |
| 9 | 4.94 | 4.77 | 5.94 | 5.77 | 5.35 | 0.42 |
| 8 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.79 | 0.21 |
| 7 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 4.00 | 3.75 | 0.25 |
| 6 | 4.02 | 3.99 | 4.02 | 3.99 | 3.75 | 0.24 |
| 5 | 3.99 | 3.99 | 3.99 | 3.99 | 3.71 | 0.28 |
| 4 | 4.04 | 4.00 | 4.04 | 4.00 | 3.47 | 0.53 |
| 3 | 4.02 | 4.00 | 4.02 | 4.00 | 2.65 | 1.35 |
| 2 | 3.01 | 3.00 | 3.01 | 3.00 | 2.23 | 0.77 |
| 1 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 3.00 | 2.02 | 0.98 |
| 0 | 2.06 | 3.00 | 2.06 | 3.00 | 1.94 | 0.12 |




제방증고 전 최고 수위




제방증고 후 최고 수위

**제방증고 전·후 최고 수위**

4) 방수로

○ 월류 시 유량을 기준 유량으로 하여 기준 유량 이상에서는 일정한 양의 유량을 감소시켜 주는 것으로 검토

○ 유역 내 존재하는 DAM Sei Ladi Reservoir로 방수로를 연결하여 유량 배출 계획




방수로 설치 위치




DAM Sei Ladi Reservoir 전경

(https://www.google.co.kr/maps/place/DAM+Sei+Ladi+Reservoir/)

○ 적용

– 방수로의 적용효과를 확인하기 위해서 기준유량을 설정하고 기준 유량 이상의 유량은 방수로로 유출되도록 검토

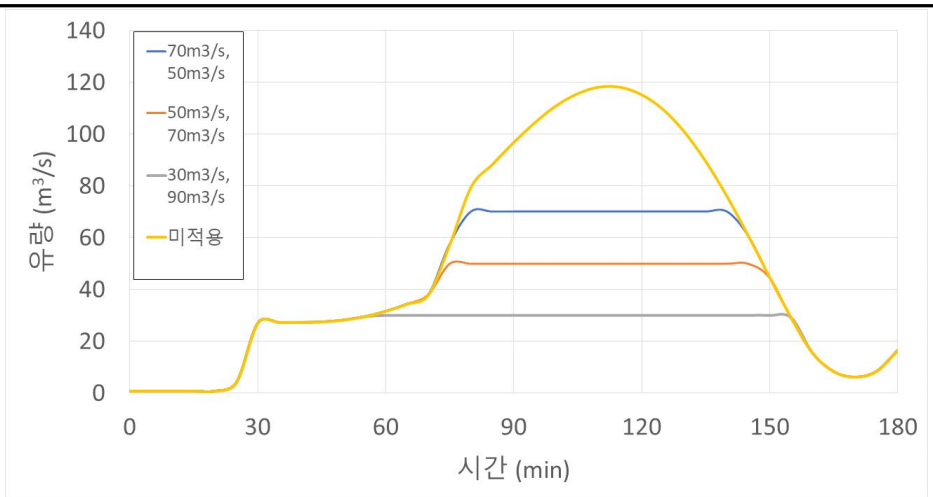
* 각 기준 유량이 70㎥/s, 50㎥/s 및 30㎥/s일 때 방수로 용량은 50㎥/s, 70㎥/s 및 90㎥/s

* 방수로 용량 별 방수용량은 각각 124,020㎥, 205,200㎥, 306,030㎥

**유입단면의 유량 및 위험단면 수위 변화**

| 시간 (min) | 유입단면 유량 (㎥/s) | 위험단면 수위 (m) | 시간 (min) | 유입단면 유량 (㎥/s) | 위험단면 수위 (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.8 | 3.61 | 95 | 104.6 | 6.97 |
| 5 | 0.8 | 3.61 | 100 | 111.1 | 7.12 |
| 10 | 0.8 | 3.60 | 105 | 115.7 | 7.26 |
| 15 | 0.8 | 3.60 | 110 | 118.2 | 7.36 |
| 20 | 0.8 | 3.60 | 115 | 118.1 | 7.45 |
| 25 | 4.2 | 3.83 | 120 | 115.2 | 7.51 |
| 30 | 27.1 | 4.82 | 125 | 109.5 | 7.54 |
| 35 | 27.3 | 5.14 | 130 | 100.8 | 7.54 |
| 40 | 27.3 | 5.27 | 135 | 89.4 | 7.51 |
| 45 | 27.5 | 5.36 | 140 | 75.8 | 7.44 |
| 50 | 28.2 | 5.46 | 145 | 60.6 | 7.33 |
| 55 | 29.5 | 5.56 | 150 | 44.6 | 7.19 |
| 60 | 31.6 | 5.66 | 155 | 29.1 | 6.98 |
| 65 | 34.4 | 5.77 | 160 | 15.5 | 6.74 |
| 70 | 38.0 | 5.89 | 165 | 8.3 | 6.49 |
| 75 | 57.5 | 6.14 | 170 | 6.2 | 6.27 |
| 80 | 79.7 | 6.42 | 175 | 8.4 | 6.00 |
| 85 | 88.4 | 6.63 | 180 | 16.5 | 5.83 |
| 90 | 96.9 | 6.81 | | | |

– 방수용량이 커질수록 방수를 시작하는 시점이 빨라짐




**방수로 용량별 수문 곡선**

방수 용량에 따른 유량 변화

| 시간(min) | 미적용 | 124,020㎥ | 205,200㎥ | 306,030㎥ |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 5 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 10 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 15 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 20 | 0.8 | 0.8 | 0.8 | 0.8 |
| 25 | 4.2 | 4.2 | 4.2 | 4.2 |
| 30 | 27.1 | 27.1 | 27.1 | 27.1 |
| 35 | 27.3 | 27.3 | 27.3 | 27.3 |
| 40 | 27.3 | 27.3 | 27.3 | 27.3 |
| 45 | 27.5 | 27.5 | 27.5 | 27.5 |
| 50 | 28.2 | 28.2 | 28.2 | 28.2 |
| 55 | 29.5 | 29.5 | 29.5 | 29.5 |
| 60 | 31.6 | 31.6 | 31.6 | 30.0 |
| 65 | 34.4 | 34.4 | 34.4 | 30.0 |
| 70 | 38.0 | 38.0 | 38.0 | 30.0 |
| 75 | 57.5 | 57.5 | 50.0 | 30.0 |
| 80 | 79.7 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 85 | 88.4 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 90 | 96.9 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 95 | 104.6 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 100 | 111.1 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 105 | 115.7 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 110 | 118.2 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 115 | 118.1 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 120 | 115.2 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 125 | 109.5 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 130 | 100.8 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 135 | 89.4 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 140 | 75.8 | 70.0 | 50.0 | 30.0 |
| 145 | 60.6 | 60.6 | 50.0 | 30.0 |
| 150 | 44.6 | 44.6 | 44.6 | 30.0 |
| 155 | 29.1 | 29.1 | 29.1 | 29.1 |
| 160 | 15.5 | 15.5 | 15.5 | 15.5 |
| 165 | 8.3 | 8.3 | 8.3 | 8.3 |
| 170 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.2 |
| 175 | 8.4 | 8.4 | 8.4 | 8.4 |
| 180 | 16.5 | 16.5 | 16.5 | 16.5 |

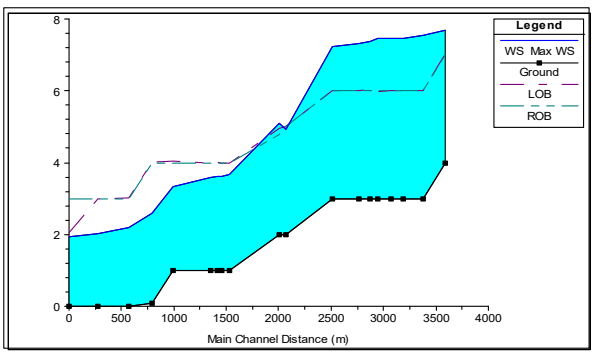
○ 결과

– 방수 용량이 커질수록 수위가 떨어지고 줄어든 수위는 제방 여유고를 확보

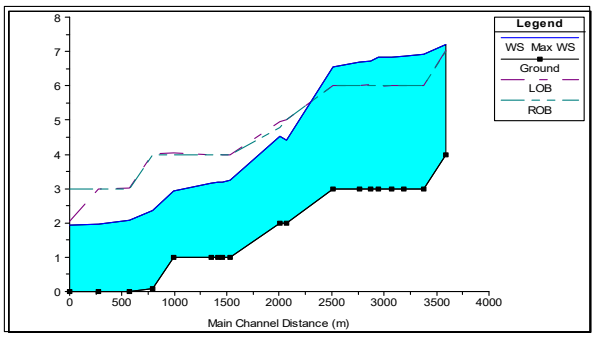
– 방수 용량이 가장 큰 306.030㎥인 경우 모든 횡단면에서 월류가 발생되지 않는 것으로 검토

**방수 용량별 최대 수위(단위 : m)**

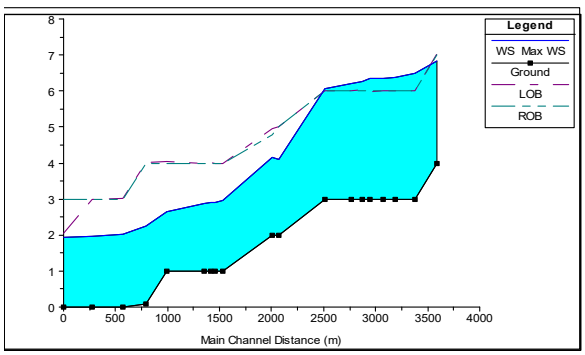
| | | | 미적용 | | 124,020㎥ | | 205,200㎥ | | 306,030㎥ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 횡단면 | 좌측 제방 | 우측 제방 | 수위 | 제방 여유고 | 수위 | 제방 여유고 | 수위 | 제방 여유고 | 수위 | 제방 여유고 |
| 18 | 7.04 | 7.00 | 7.70 | −0.70 | 7.20 | −0.20 | 6.82 | 0.18 | 6.21 | 0.79 |
| 17 | 6.00 | 6.00 | 7.54 | −1.54 | 6.93 | −0.93 | 6.49 | −0.49 | 5.88 | 0.12 |
| 16 | 6.01 | 6.01 | 7.48 | −1.47 | 6.85 | −0.84 | 6.38 | −0.37 | 5.71 | 0.30 |
| 15 | 6.02 | 6.00 | 7.47 | −1.47 | 6.83 | −0.83 | 6.36 | −0.36 | 5.68 | 0.32 |
| 14 | 5.98 | 6.00 | 7.46 | −1.48 | 6.82 | −0.84 | 6.35 | −0.37 | 5.68 | 0.30 |
| 13 | 6.04 | 6.00 | 7.38 | −1.38 | 6.73 | −0.73 | 6.25 | −0.25 | 5.59 | 0.41 |
| 12 | 6.00 | 6.00 | 7.34 | −1.34 | 6.68 | −0.68 | 6.2 | −0.20 | 5.55 | 0.45 |
| 11 | 6.00 | 6.00 | 7.23 | −1.23 | 6.56 | −0.56 | 6.07 | −0.07 | 5.42 | 0.58 |
| 10 | 5.00 | 5.00 | 4.93 | 0.07 | 4.53 | 0.47 | 4.15 | 0.85 | 3.67 | 1.33 |
| 9 | 4.94 | 4.77 | 5.10 | −0.33 | 4.42 | 0.35 | 4.11 | 0.66 | 3.65 | 1.12 |
| 8 | 4.00 | 4.00 | 3.66 | 0.34 | 3.25 | 0.75 | 2.96 | 1.04 | 2.61 | 1.39 |
| 7 | 4.00 | 4.00 | 3.62 | 0.38 | 3.20 | 0.80 | 2.91 | 1.09 | 2.56 | 1.44 |
| 6 | 4.02 | 3.99 | 3.62 | 0.37 | 3.19 | 0.80 | 2.91 | 1.08 | 2.56 | 1.43 |
| 5 | 3.99 | 3.99 | 3.59 | 0.40 | 3.16 | 0.83 | 2.88 | 1.11 | 2.54 | 1.45 |
| 4 | 4.04 | 4.00 | 3.34 | 0.66 | 2.92 | 1.08 | 2.65 | 1.35 | 2.33 | 1.67 |
| 3 | 4.02 | 4.00 | 2.59 | 1.41 | 2.37 | 1.63 | 2.24 | 1.76 | 2.09 | 1.91 |
| 2 | 3.01 | 3.00 | 2.19 | 0.81 | 2.08 | 0.92 | 2.03 | 0.97 | 1.98 | 1.02 |
| 1 | 3.00 | 3.00 | 2.01 | 0.99 | 1.98 | 1.02 | 1.96 | 1.04 | 1.95 | 1.05 |
| 0 | 2.06 | 3.00 | 1.94 | 0.12 | 1.94 | 0.12 | 1.94 | 0.12 | 1.94 | 0.12 |



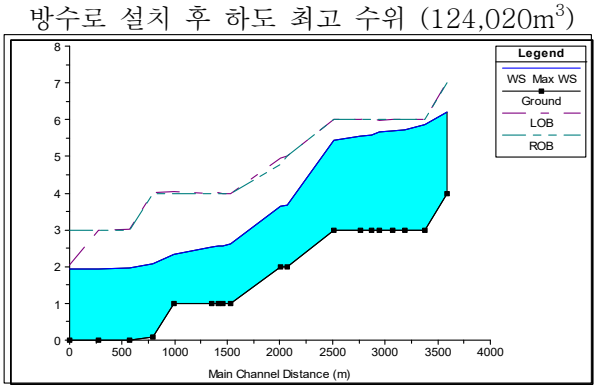

방수로 설치 전 하도 최고 수위




방수로 설치 후 하도 최고 수위 (124,020m$^3$)




방수로 설치 후 하도 최고 수위 (205,200m$^3$)



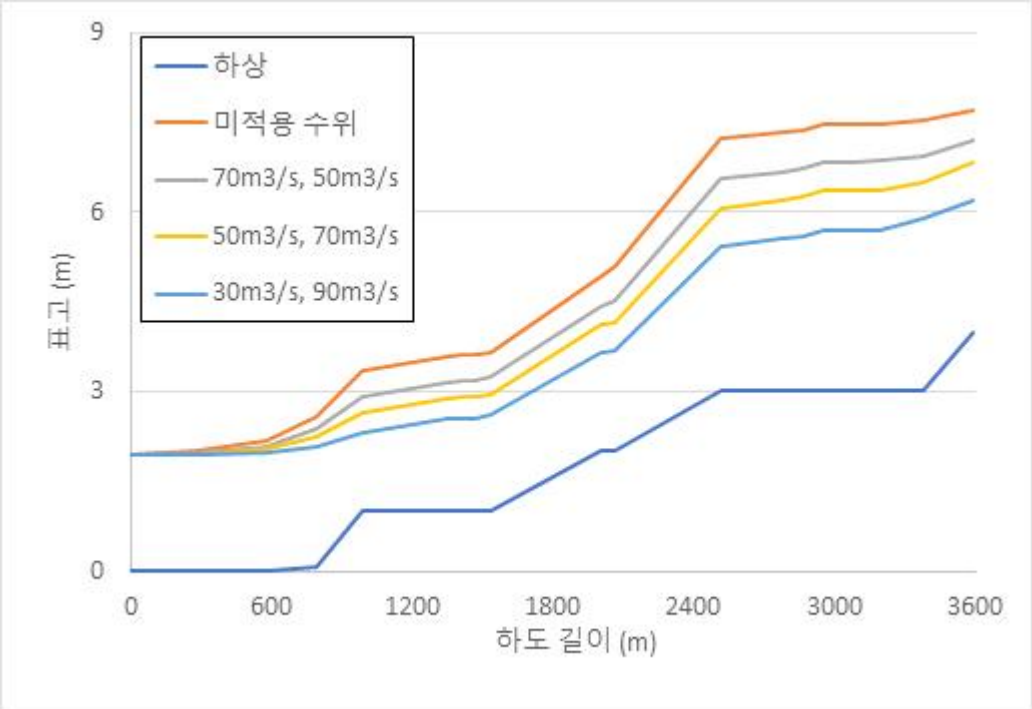

방수로 설치 후 하도 최고 수위 (306,030m$^3$)

**방수로 설치 전후 최고 수위**

– 방수 용량이 306,030㎥인 방수로를 설치하기 어렵기 때문에 상류부분에 방수로를 여러 개 나누어 설치하는 것으로 대체 검토 필요

– 향후 Batam 유역의 방수로 설치 지검 선정 시 설치 여건이 좋지 않은 경우 지하 방수로를 설치 필요

– 만일 방류지인 DAM Sei Ladi Reservoir가 하천 상류부 보다 높은 표고를 가지는 경우 추가로 펌프장을 설치하여 운영이 필요




**방수로 용량별 전체 하도에서 최대 수위**

### (2) 물재해 저감대책 시행을 위한 추진계획

가. 통합물관리 추진을 위한 정책 및 제도적 개선방안

1) 유역단위의 홍수, 가뭄 및 환경에 대한 종합적인 관리뿐 아니라 지하수자원의 개발 이용에 대한 관리에 대하여 표준화를 통한 시스템화가 필요

2) 지방정부 및 중앙정부간 협력강화가 절실히 요구되며, 실효성 높은 법과 제도의 개선방안과 지속가능한 수자원 관리를 위한 조직 강화 요구

3) 아울러, 극한홍수, 극한가뭄에 대응하고, 지하수 및 수질을 포함한 통합물관리를 위해서는 다음과 같은 정책 및 제도적 개선방안의 이행 필요

○ 물관리와 국토이용 연계체계 강화

– 도시(택지) 및 건축물 계획단계부터 물관리 영향 평가체계 강화

– 투수형 블록 및 침투저류지 등 건전한 물순환을 위한 자재 사용

○ 지하수 등 물영향 취약시설 관리 강화

– 지하수시설 전수조사 및 방치공 원상복구를 통한 지하수 오염방지

○ 수리시설물 정비 및 성능개선사업 시행

– 댐, 보 등 수리시설 물, 지자체 노후저수지 정비

– 신규 댐건설 및 기존댐 치수능력 증대사업 추진 가능성 검토

○ 지류(지자체) 재해 통합관리체계 구축

– 중앙정부와 협력하여 지자체별 재해통합관리사업 확대

– 사업활성화를 위한 시스템적 기반 마련

– 국가 재난관리기관간 협업체계 구축 및 강화

○ 유역단위 통합거버넌스 구축

– 국가 및 유역별 통합거버넌스 구축 및 운영(법적 근거 확보)

– 정부 및 공공사업부 등 수재해 관련기관의 역할 정립

○ 통합물관리를 위한 구조적, 비구조적 대응방안 연계

– 국가 수자원개발 마스터 플랜상에 재해관리 시스템 구축계획 반영

– 구조적대책(신규 인프라 건설)과 연계한 비구조적(시스템 구축) 대응방안 수립

– 재정여건, 사회 및 환경여건 등을 고려한 단계별 구축방안 제시

나. 물재해 관리 시나리오 이행을 위한 단계별 시행방안

1) 신규 수자원시설 단계별 시행방안

○ 시나리오에서 제시한 사업의 시행을 위해서는 우선 인도네시아 공공사업부 주도로 사업수행방안을 협의하여 추진방식 및 시행계획을 결정하여야 하고, 단계별 재원조달 방안을 수립 필요

– 1단계 : 관련기관, 중앙정부 및 지자체간 사업수행방안 협의

– 2단계 : 수자원시설물에 대한 타당성조사 및 재원조달 방안 검토

– 3단계 : 사전타당성 조사 및 사업타당성조사 시행

– 4단계 : 사업시행 인허가 취득 및 본사업 재원조달방안 마련

– 5단계 : 실시설계 및 사업 발주(입찰절차)

– 6단계 : 시공 및 준공후 운영관리

○ 다만, 사업 수행을 위한 소요기간은 개발계획 수립, 인허가, 재원조달 및 토지매입 등 다양한 원인에 따라 변경되는 요인은 본 과제에서는 생략

2) 물재해 관리시스템 구축 단계별 시행방안

– 시나리오에 따른 인프라 시설 구축과 연계하여 통합물관리 시스템 단계별 구축계획 수립

**통합물관리 시스템 구축계획**

| 구 분 | 주 요 내 역 및 사 업 비 |
|---|---|
| Stage 1<br>(Pilot Project) | • 통합물관리 기반 구축<br>- Pilot 프로젝트 개념의 통합물관리센터 기반구축 사업 추진<br>- 주요과업 내용<br>1. 통합물관리센터 Design 및 구축<br>2. 기존 운영중인 인도네시아 물관리시스템과 연계 |
| Stage 2<br>(Extension) | • 통합물관리 시스템 확대적용<br>- 전국단위 통합물관리 시스템 구축을 위한 본사업 추진<br>- 주요과업 내용<br>1. 전국단위 모니터링 및 통제 가능한 물관리센터 구축 완성<br>2. 수문자료 수집 자동화를 위한 시스템 신설 및 개선<br>3. 물관리를 위한 소프트웨어 구입 및 설치<br>4. 최적의 운영을 가능케 하는 교육 및 유지관리 업무 |
| Stage 3<br>(Completion) | • World Class 통합물관리 시스템 완성<br>- 물관리 기술(홍수분석, 용수공급, 안전관리) 확대 적용<br>- 주요과업 내용<br>1. 신기술(퇴사관리, 원격제어) 도입 및 기존 기술 고도화<br>2. 인도네시아 공무원, 엔지니어 역량강화 프로그램 운영 |

다. 홍수분석 및 예경보 시스템 연계 방안

1) 홍수분석 모형 구축 방안

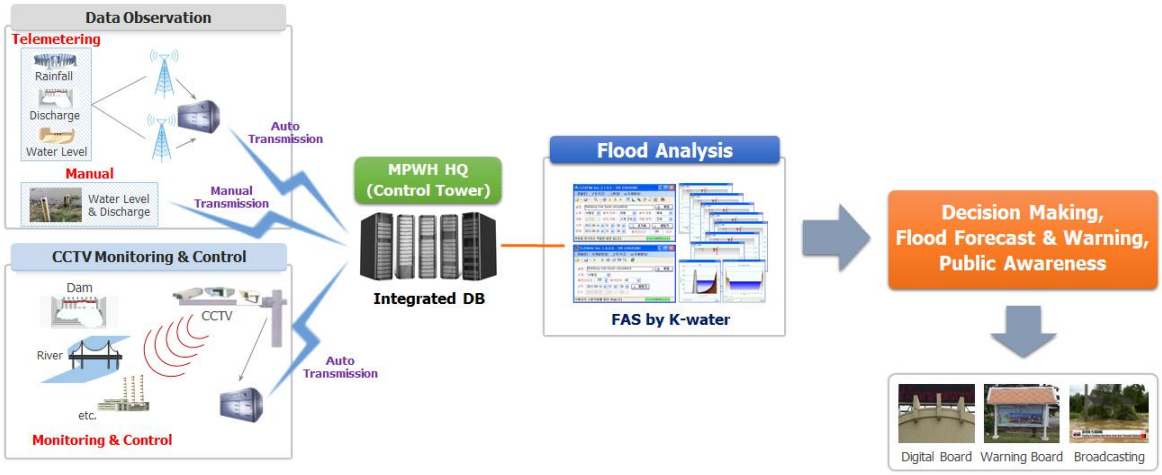
○ 수계별 통합 홍수분석 모형 구축을 통한 효율적 홍수관리 대응능력 향상

– 통합 DB와 연계한 분석체계 및 시나리오 반영 수공구조물 모의운영 시스템 구축

– GIS와 연계한 의사결정 및 침수위험 예경보체계 구축(통합표출시스템 연계)

○ 홍수관리 표준운영 매뉴얼 및 예·경보 기준(모니터링 기준 포함) 연계

○ 시나리오 기반 모의훈련 프로그램을 활용한 홍수관리 기술력 향상




**홍수분석 및 예경보 시스템 연계 모식도**

2) 세부 추진방안

○ 통합 DB와 연계한 홍수분석 모형 구축

– 유역별 DB분석을 통한 홍수분석 모형 입·출력 구조 파악 및 통합 DB연계방안 수립

– Telemetry 및 수동 관측자료 적용과 홍수분석 모형 정확도 검증을 통한 최적 홍수분석 체계 구축

– 예상 시나리오 반영 수공구조물 모의운영 시스템 구축을 통한 홍수관리 체계 강화

○ 통합표출시스템과 연계한 의사결정 지원체계 강화

– GIS 연계 예상수위·침수범위 가시화를 통한 효율적 모니터링 및 예·경보 기준 재산정

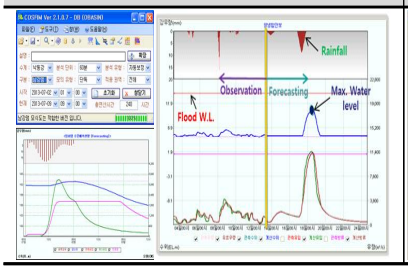
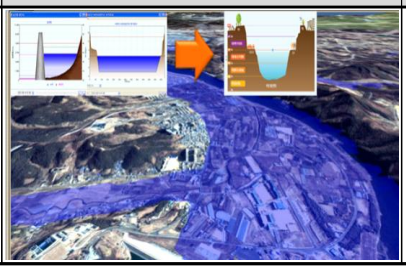
○ 시나리오 기반 모의훈련 프로그램 및 사용자 확대를 통한 홍수관리 기술력 향상

– 홍수기전 모의훈련 프로그램을 활용한 홍수관리 대응능력 강화

– 통합 DB연계 분석체계 구축을 통한 다양한 사용자 그룹 구성으로 홍수관리 기술력 확산

○ 통합DB적용 최적 홍수분석 체계와 연계한 수공구조물 운영 및 홍수예경보 표준매뉴얼 구축 필요

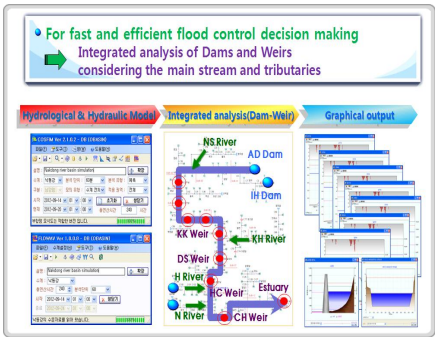
**유역 현황**

| 모의운영 연계 홍수관리 체계 | 홍수모니터링 및 예·경보 기준 | Training & Education |
|---|---|---|
|  |  |  |

3) K-water 홍수분석 모형 FAS(Flood Analysis System) 적용

## FAS 개요

· 개　발 : 1985년부터 K-water 자체 개발[특허 등록]
· 이　론 : 수문 - 저류함수모형(storage function model)
　　수리 - 동역학파(Saint-Venant)
· 정확도 : 약 90% 이상의 신뢰도 확보 가능
· 활　용 : 예비방류 등 댐 운영 의사결정, 강우 영향 사전예측 및 대응



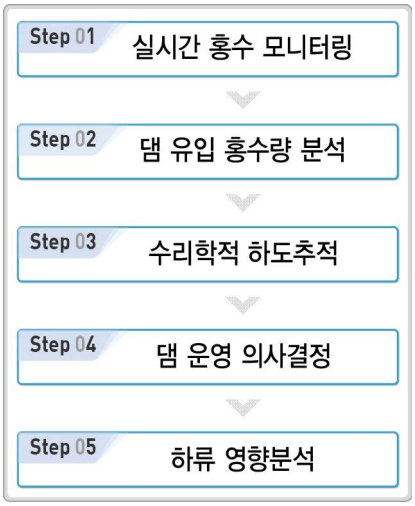

## 모형 구축 프로세스

| 구　분 | 주 요 내 용 |
|---|---|
| ① 댐 현황자료 수집 및 분석 | · 자료수집 : 댐 수위 - 저수용량, 과거 수문자료, 여수로 방류량 조견표, 수치지도, DEM 등<br>※ 원활한 모형 구축과 신뢰도 향상을 위해 과거 수문 · 기상자료 등에 대한 확보필요<br>· 소유역 분할 및 수계 모식도 작성<br>· 유역 내 면적 평균강우 및 강우보정계수 산정 |
| ② 모형 매개변수 산정 | · 초기강우, 토양 습윤상태, 침투 등 홍수분석에 필요한 모형 매개변수 분석 |
| ③ 수위-유량관계 분석 | · 기 조사된 댐 상·하류 주요 수위표 지점 수위-유량관계 자료수집, 신뢰도 분석 |
| ④ 실시간 수문자료 연계 | · 댐 상·하류 강우, 수위 등 실시간 계측 수문자료 홍수분석 모형 연계 |
| ⑤ 분석모형 GUI 구축 | · 사용자 편의 환경(Graphical User Interface, GUI) 설계 및 구축<br>· 모의 설정(유역, 댐, 분석기간 등) 및 실시간 수문자료 연계, 매개변수 설정 등 입력 데이터 전처리<br>· 댐 및 상·하류 지점별 홍수 분석 결과 표출 |
| ⑥ 모형 시험 운영·최적화 | · 과거 호우사상을 대상으로 시험적용 및 홍수조절 효과 분석<br>· 매개변수 보정 등을 통한 모형 인도네시아 현지 최적화 및 시스템 검증 |

Dam Facility Investigation → Calculate Parameter → Rating Curve Analysis → Real time Data Connection → Model GUI → Model Optimization

## 모형 활용방안

| 구분 | 분석내용 |
|---|---|
| Step 1 | · 실시간 수문자료(우량, 수위, 유입량) 수집 |
| Step 2 | · 수문학적 강우-유출 분석을 통한 댐 유입 홍수량 예측 |
| Step 3 | · 하류부 수문현황을 고려한 수리학적 하도추적 (단면 측량 자료 확보 시) |
| Step 4 | · 댐 모의 운영을 통한 방류 의사결정 (강우규모별 다양한 시나리오 모의) |
| Step 5 | · 방류의사결정에 따른 하류 영향 분석 |



4) GIS 기반 홍수위험지도 제작

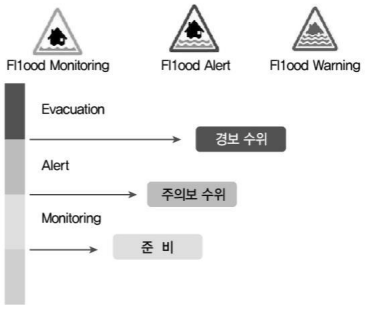
○ 기존 홍수경보 단계(4단계) 기준 수위별 홍수위험지도(Flood Hazard Map) 구축 및 표출

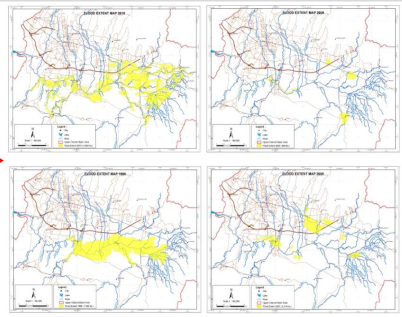
○ 시나리오(강우량, 빈도별 홍수량, 과거 홍수사상) 기반의 홍수위험지도 구축 및 표출

○ FAS 홍수분석 결과를 GIS와 연계하여 동적으로 침수위험구역 표출(1차원 모형의 동적 시각화)

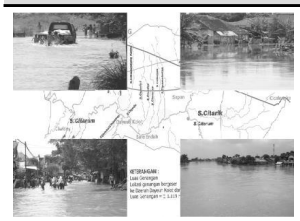
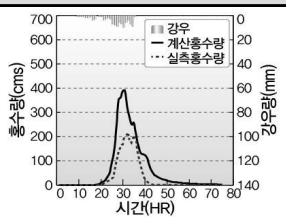
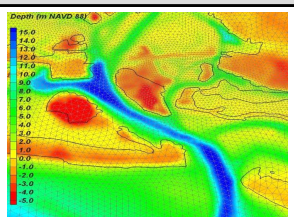
**홍수경보단계 별 홍수위험지도 구축**

〈 홍수경보 단계 〉
· 1단계 : 위험(Bahaya/Danger)
· 2단계 : 주의(Awas/Alert)
· 3단계 : 준비(Siaga/Standby)
· 4단계 : 평시(Normal condition)



**시나리오 기반의 홍수위험지도 구축**

| 분석대상 시나리오 선정 | 홍수량 산정 | 홍수범람 분석(2차원) | 홍수위험지도 가시화 |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| ·강우강도 시나리오<br>·하천별 재현기간<br>·과거 홍수사상 분석 | ·강우 및 유출 특성 분석<br>·확률 강우량 및 빈도별 홍수량 산정<br>·시나리오별 유출 분석 | ·2차원 모형 기반 범람 시뮬레이션<br>·침수흔적자료 비교·검토<br>·침수심 산정 | ·분석결과 맵핑<br>·홍수위험지도 구축<br>·GIS 기반 범람 가시화 |

**시뮬레이션 기반 침수범람구역 가시화**

·FAS(홍수분석시스템) 분석결과(홍수위)와 연계
·수위 변화에 따른 침수위험 구역을 동적으로 표출
·GIS 및 위성영상을 이용한 현실감 있는 범람 가시화
·사용자 설정 수위에 대한 침수범람 위험구역 가시화



홍수분석 시스템

수문학적 홍수분석 모형

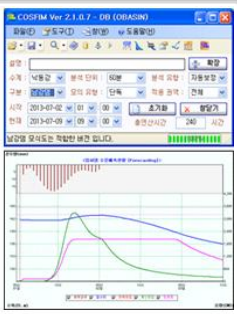
수리학적 홍수분석 모형

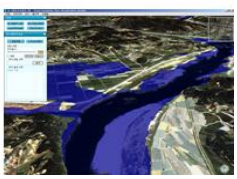
홍수위

표출 시스템

GIS+위성영상

동적 가시화



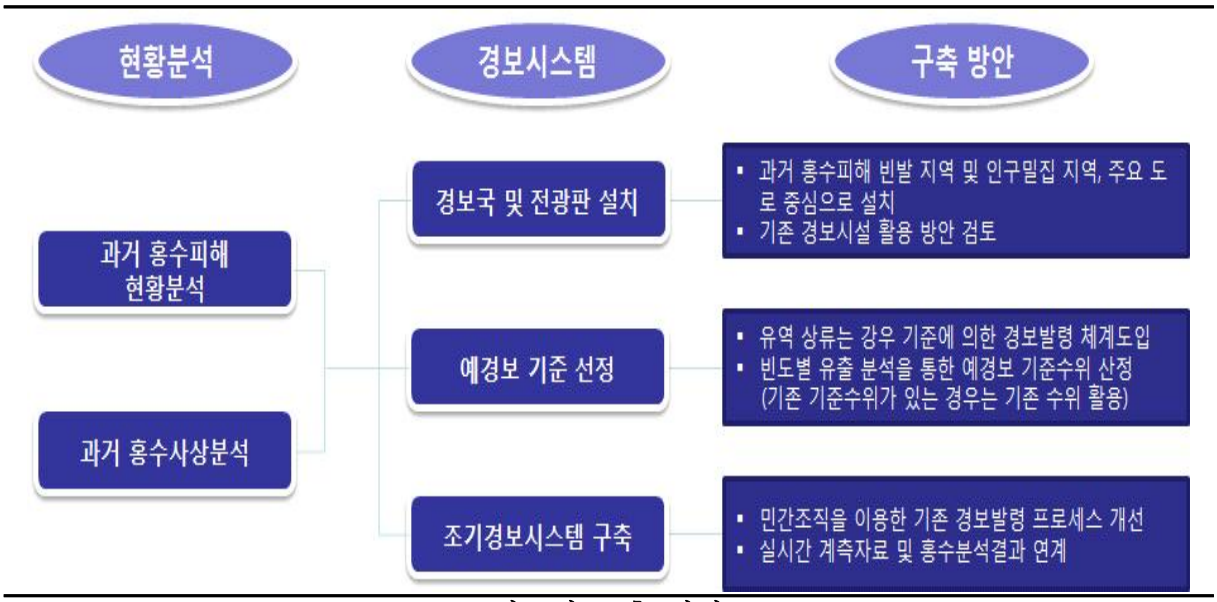


5) 홍수 조기경보 체계 구축

○ 홍수위험지역 경보국 설치 및 차량 통행이 많은 주요 도로 문자 전광판 설치로 신속한 홍수정보제공 체계 구축

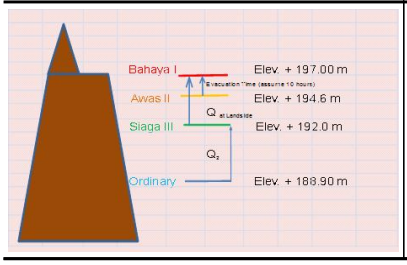
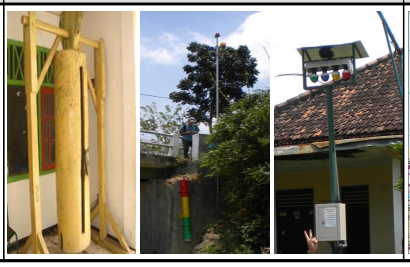
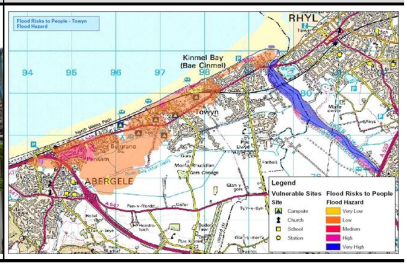
○ 홍수예경보 기준(강우 및 수위 기준)에 따라 홍수예측결과를 이용하여 선행 예보를 수행함으로써 주민 대피 등 사전 대응시간 확보

○ 홍수경보 단계(4단계)에 따라 지자체 재난관리국(BPBD) 등에 상황전파 및 유관기관과 홍수정보 공유




**시스템 구축 방안**

**홍수 경보체계**

| 4단계 홍수경보 | 기존 홍수경보시설 | 주민대피지도 |
|---|---|---|
|  |  |  |



○ 홍수경보 발령 프로세스

– 홍수경보단계(4단계)별 상황전파 및 경보발령, 실시간 관측자료와 홍수분석모형 모의결과에 의한 경보발령 의사결정

– 경보국, 문자전광판, SMS, 모바일 웹 등 다양한 통로를 이용하여 홍수상황 인지 및 정보 공유 극대화

## 8. 물재해 통합 DB 및 정보관리 시스템 개발

### (1) 물재해 정보 관리를 위한 통합 DB 설계

○ 동남아시아 맞춤형 물재해 관리 시스템의 효율적인 운영을 위해 일관성, 확장성 및 안정성 등을 고려한 표준화된 물재해 정보 통합 데이터베이스를 설계

가. 표준 수문코드 체계 수립

- 현재 운영중인 수문관측소는 정형화된 코드체계 없이 일련번호 형태로 부여되어 있어 기관간 수문자료 공유 및 자료의 일관성 확보에 장애물로 작용

- 따라서 관측지점에 대한 제원정보를 관리할 수 있는 DB Table을 별도로 생성하고 향후 확장성 및 일관성을 고려하여 인도네시아 및 동남 아시아 현실에 부합하는 표준화된 수문코드체계를 수립 및 적용




**표준수문코드 체계**

| 구분 | 코드명 | 코드체계 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 유역 구분 | 섬 코드 | ①<br>일련번호(1) | 지점코드에 활용 |
| | 대권역 코드 | ①②③<br>섬(1)+일련번호(2) | |
| | 중권역 코드 | ①②③④⑤<br>섬(1)+대권역(2)+일련번호(2) | |
| | 소유역 코드 | ①②③④⑤⑥⑦<br>섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+일련번호(2) | |
| 지점 정보 | 수위 관측소 코드 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨<br>섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3) | 구분 : 수위(6), 중계소(5), 홍수정보시설(9)<br>일련번호:Downstream order |
| | 강수량 관측소 코드 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨<br>섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3) | 구분 : 기상/유인(1), 기상/무인자동(2), 기상/레이더(3), 강수량(4)<br>일련번호 : 관측소 설치순 |
| | 경보국 코드 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨<br>섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3) | 구분 : 경보국(7)<br>일련번호 : 설치순 |
| | CCTV 코드 | ①②③④⑤⑥⑦⑧⑨<br>섬(1)+대권역(2)+중권역(2)+구분(1)+일련번호(3) | 구분 : CCTV(8)<br>일련번호 : 설치순 |
| 홍수 예측 | 하도 코드 | ①②③④⑤⑥⑦⑧<br>섬(1)+대권역(2)+하도(2)+일련번호(3) | |

나. 통합 DB 구조 설계

- 현재 수문자료를 저장 및 활용하는 DB는 MySQL을 사용
- 관측지점별로 DB Table을 생성하여 사용하고 있으며, DB Table 및 Column명칭의 일관성 부재, 우량/수위 비구분, 구조의 비정형성 등에 대한 개선이 반드시 필요
- 따라서 신규 구축되는 물재해 정보 통합 DB는 구조적으로 표준 및 일관성, 확장성, 안정성 등을 고려하여 설계 및 구축하고, 유역관리청의 기존 수문정보 데이터베이스를 안정적으로 이관 및 연계하여 자료의 일관성을 확보 필요

1) 데이터베이스 구축 요구 및 고려사항

□ 인도네시아 현지의 수문자료 계측 현황 및 데이터 특성을 고려

| 현지현황 | 신규 DB 설계시 고려사항 | 비고 |
|---|---|---|
| ·관측소 제원정보 DB Table 부재 | ·관측소 제원정보 DB Table 생성<br>- 관측소정보 Table 생성 | ERD<br>테이블정의서 |
| ·우량/수위 정보를 동일 DB Table에 혼용 | ·우량, 수위 시계열정보를 별도의 Table로 구분<br>- 우량, 수위 시계열정보 Table 생성 | |
| ·관측지점별로 DB Table 존재<br>- 지점이 추가될 때마다 DB Table을 추가 생성 | ·우량, 수위 시계열정보를 저장하는 DB Table을 1개씩 생성하여 지점 추가의 경우 관측소정보에 등록하면 Table 추가 생성 없이 확장 운영 가능하도록 설계<br>- 관측소정보, 우량, 수위 Table | |
| ·계측현황<br>- 자동관측 : 5분 단위 관측, 1시간단위 수집(1시간에 지점별 12개의 관측값 일괄 수집/저장)<br>- 수동관측 : 1일단위 관측, 월단위 수집 | ·기존 통신 인프라, 홍수예경보업무의 효율성, 국내의 현황 등을 고려할 때 10분단위 실시간 수집하고 저장할 수 있는 DB 구조로 설계<br>- 우량, 수위 시계열정보 Table | |
| ·데이터의 특성<br>- 언어 : 영문<br>- 관측, 수집, 저장되는 데이터 오류의 빈도 및 수량이 많은 편임 | ·DB구조 설계는 영문을 기본으로 하고, 결측 및 오측에 대한 품질관리를 고려하여 DB 설계<br>- 오결측 기준 정의 DB Table 생성<br>- 오결측 기준에 따른 실시간 품질등급(자료상태) 구분자 column 생성 | |
| ·DBMS : MySQL | ·현지 유지관리 용이성 등을 고려할 때 신규 시스템에 MySQL을 적용하는 것이 타당함 | 응용<br>시스템구조도 |

□ 내·외부 기관 및 시스템과 연계를 고려하여 설계

| 현지현황 | 신규 DB 설계시 고려사항 | 비고 |
|---|---|---|
| 현지 기관간 온라인 시스템 연계체계 부재 | ·웹기반의 시스템에서 다운로드 방식으로 정보를 제공하는 형태로 구성. 방화벽을 기준으로 내부/외부로 시스템을 구분하여 웹시스템을 외부DB와 연계하여 다운로드 기능이 구현되도록 DB 설계 및 생성<br>- 방화벽 내부 DB의 우량, 수위 관측 자료를 동일한 값으로 저장하는 DB Table을 방화벽 외부에 생성<br>- 응용시스템구조도에 반영<br>- 데이터인터페이스 정의서에 반영 | 테이블정의서<br>응용시스템구조도 |
| 본 과업의 단위 시스템과의 연계 고려 필요 | ·본 과업의 단위시스템에서 DB를 공동으로 활용 및 연계되도록 DB설계<br>- Table간의 관계 ERD에서 확인<br>- 응용시스템구조도에 반영 | 데이터인터페이스 정의서 |

□ 수문자료 검보정 등 품질관리를 고려한 DB 구조 설계

| 현지현황 | 신규 DB 설계시 고려사항 | 비고 |
|---|---|---|
| 관측, 수집, 저장되는 데이터 오류의 빈도 및 수량이 많은 편임 | ·DB구조 설계는 영문을 기본으로 하고, 결측 및 오측에 대한 품질관리를 고려하여 DB 설계<br>- 오결측 기준 정의 DB Table 생성<br>- 오결측 기준에 따른 실시간 품질등급(자료상태) 구분자 column 생성<br>- ERD, 테이블명세서에 반영 | ERD<br>테이블정의서 |

□ DB 구조의 설계는 홍수예경보 프로세스를 반영하여 유기적으로 구조화하고, 향후 변동에 따른 확장성을 충분히 고려

| 구분 | 신규 DB 설계시 고려사항 | 비고 |
|---|---|---|
| 홍수예경보 프로세스 | ·우량, 수위 실시간 관측자료 수집 및 저장<br>·실시간 관측자료 및 각종 수문기초자료 관리<br>·실시간 관측자료 모니터링<br>·홍수예측 및 경보<br>·ERD, 테이블명세서에 반영 | ERD<br>테이블정의서 |
| 향후 변동에 따른 확장성 고려 | ·향후 지점 변동 및 확장에 따라 DB의 구조적 변경 없도록 설계<br>- 관측소 제원 Table에 지점을 추가 및 변경하면 구조변경 없이 적용되도록 설계<br>- 관측소제원, 시계열정보 Table 생성 및 연계 | |

□ DB구조의 최적화, 튜닝을 통해 데이터 안정성과 성능을 개선

·국내 홍수예경보에서 20년 이상 지속적 최적화 및 튜닝을 통해 안정적, 효율적으로 사용하고 있는 DB구조를 활용한 DB설계 실시
·현지 DB구조 및 운영현황의 미흡 부분을 개선한 형태의 DB구조로 신규 DB설계

□ 시스템 확장시 데이터의 재분배 없이 수평적 확장이 가능하도록 유연하게 설계

·1개 이상의 시스템이 통합DB를 공동 활용하도록 구성하여 향후 시스템이 추가되어도 통합DB에 연계되어 기존의 동일 DB를 중복적으로 추가·복사형태의 확장이 없도록 설계 및 구축

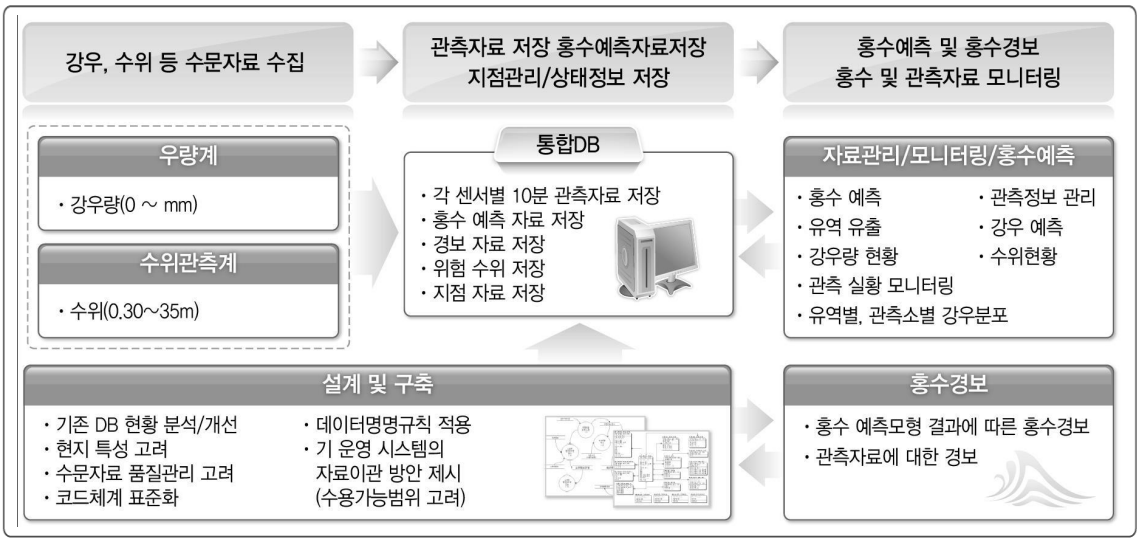
□ 기존 데이터베이스 현황 분석을 통한 DB 개선 방안 도출

| 구분 | 신규 DB 설계시 고려사항 | 비고 |
|---|---|---|
| 기존<br>데이터<br>이관 부문 | ·수집된 기존 수문자료 조사결과 자동관측 자료의 경우 결측율이 약 50% 이상이고 저품질의 자료, 수집주기의 차이 등으로 기존 DB를 이관 및 연계하여 신규 시스템에서 운영 불가<br>·따라서 PUSIR의 실시간 수문관측자료를 연계/활용<br>- PUSIR의 자료를 물재해 정보 DB에 입력<br>- DB의 자료를 실시간모니터링시스템에서 표출 | 데이터인<br>터페이스<br>정의서 |
| 기초<br>데이터<br>구축 부문 | ·신규DB에 본 사업의 시스템운영을 위한 기초데이터 입력 필요<br>- 유역정보 : 섬, 대권역, 중권역, 소유역, 관할기관 정보(코드, 명칭 등)<br>- 관측소정보 : 우량, 수위 관측소, 경보국, CCTV지점 정보 (코드, 명칭, 관할기관, 위치 등)<br>- 하도정보 : 코드, 하도연장, 하도 폭, 기본모형 등<br>- 하도합류지점 : 코드, 적용시작일, 합류점위치, 종류, 합류지점코드<br>- 수위-유량 관계식정보 : 수위코드, 적용시작/종류일, 관계식 등<br>- 예측수문모형정보 : 모형종류, 모형코드, 모형설명<br>- 예측수문모형변수명 : 모형종류, 모형코드, 변수번호, 변수이름<br>- 예측수문모형매개변수값 : 소유역코드, 적용시작일, 모형종류, 모형코드, 지점코드, 변수번호, 적용종료일, 변수기본값<br>- 조도계수 : 유량조도계수, 조도계수 단명 명칭, 조위자료 정보 | 기초<br>데이터<br>구축<br>정의서 |

2) 수문자료 통합 데이터베이스 구축 방안

- 강우, 수위 등 수문자료를 수집하여 관측자료, 홍수예측자료, 지점관리, 상태정보를 저장하고 홍수예측 및 경보에 활용할 수 있는 통합 데이터베이스의 구축이 필요

- 통합 데이터베이스 구축을 위해 현지 특성, 수문자료 품질관리, 코드체계 표준화, 데이터 명명규칙 등을 고려하여 설계

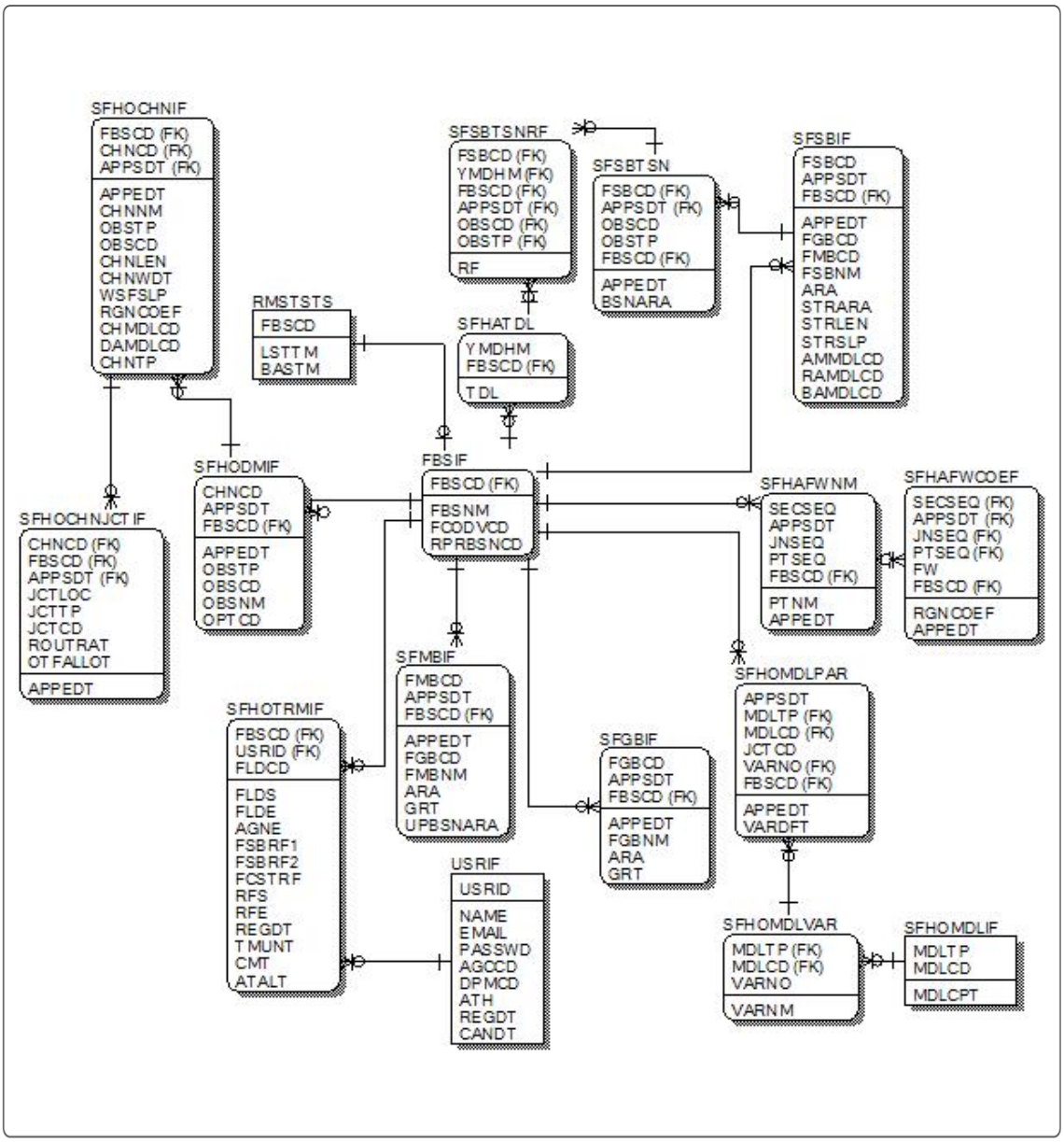



**수문자료 통합 데이터베이스 구축 방안**

- 통합 데이터베이스의 분류와 항목에 대해서 정의하고 세부정보 항목을 도출하여 통합 데이터베이스를 구성하고, ERD와 테이블정의서를 작성하여 데이터베이스를 설계

**통합 DB 구성 정보**

| 대분류 | 중분류 | 제공정보 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 수문관측 | 공통 | 실측상태, 관리기관, 관측기종 | |
| | 수위 | 수위관측소, 수위자료 | |
| | 우량 | 우량관측소, 우량자료 | |
| | 기상 | 기상관측소, 기상자료 | |
| 품질관리 | 이상치 | 이상치 기준정보 | |
| 홍수예측 | 예측수문 | 하도정보, 하도합류지점, 하도 예보소유역, 하도단면, 강우패턴, 모형정보, 모형 매개변수, 기간정보, 사용자 모형정보, 사용자 매개변수, 강우분포, 예보소유역결과, 하도결과 | |
| | 예측수리 | 예보소유역 정보, 수위-유량곡선환산표, 하도단면정보, 모형정보, 모형 변수명, 모형 매개변수 | |
| | 예측통계 | 모형 매개변수, 예보소유역 티센정보 | |
| 홍수경보 | 경보관측소 | 경보관측소, 장비상태 | |
| | 경보관리 | 경보발령, 경보처리 이력 | |
| 부가정보 | 사용자 및 SMS | 사용자정보, SMS 정보, SMS 전송이력 | |


SFHOCHNIF
FBSCD (FK)
CHNCD (FK)
APPSDT (FK)
APPEDT
CHNNM
OBSTP
OBSCD
CHNLEN
CHNWDT
WSFSLP
RGNCOEF
CHMDLCD
DAMDLCD
CHNTP
SFSBTSNRF
FSBCD (FK)
YMDHM (FK)
FBSCD (FK)
APPSDT (FK)
OBSCD (FK)
OBSTP (FK)
RF
SFSBTSN
FSBCD (FK)
APPSDT (FK)
OBSCD
OBSTP
FBSCD (FK)
APPEDT
BSNARA
SFSBIF
FSBCD
APPSDT
FBSCD (FK)
APPEDT
FGBCD
FMBCD
FSBNM
ARA
STRARA
STRLEN
STRSLP
AMMDLCD
RAMDLCD
BAMDLCD
RMSTSTS
FBSCD
LSTTM
BASTM
SFHATDL
YMDHM
FBSCD (FK)
TDL
SFHODMIF
CHNCD
APPSDT
FBSCD (FK)
APPEDT
OBSTP
OBSCD
OBSNM
OPTCD
FBSIF
FBSCD (FK)
FBSNM
FCODVCD
RPRBSNCD
SFHAFWNM
SECSEQ
APPSDT
JNSEQ
PTSEQ
FBSCD (FK)
PTNM
APPEDT
SFHAFWCOEF
SECSEQ (FK)
APPSDT (FK)
JNSEQ (FK)
PTSEQ (FK)
FW
FBSCD (FK)
RGNCOEF
APPEDT
SFHOCHNJCTIF
CHNCD (FK)
FBSCD (FK)
APPSDT (FK)
JCTLOC
JCTTP
JCTCD
ROUTRAT
OTFALLOT
APPEDT
SFMBIF
FMBCD
APPSDT
FBSCD (FK)
APPEDT
FGBCD
FMBNM
ARA
GRT
UPBSNARA
SFHOMDLPAR
APPSDT
MDLTP (FK)
MDLCD (FK)
JCTCD
VARNO (FK)
FBSCD (FK)
APPEDT
VARDFT
SFHOTRMIF
FBSCD (FK)
USRID (FK)
FLDCD
FLDS
FLDE
AGNE
FSBRF1
FSBRF2
FCSTRF
RFS
RFE
REGDT
TMUNT
CMT
ATALT
SFGBIF
FGBCD
APPSDT
FBSCD (FK)
APPEDT
FGBNM
ARA
GRT
USRIF
USRID
NAME
EMAIL
PASSWD
AGCCD
DPMCD
ATH
REGDT
CANDT
SFHOMDLVAR
MDLTP (FK)
MDLCD (FK)
VARNO
VARNM
SFHOMDLIF
MDLTP
MDLCD
MDLCPT

통합 DB ERD 설계

DB 테이블 설계

| 주제영역 | 테이블명 | 테이블 한글명 | 설 명 |
|---|---|---|---|
| 공통 | RMSTSTS | 실측_상태 | 예보유역별 실측자료 상태를 제어한다. |
| | AGCIF | 관리기관_정보 | 관리기관을 정의한다. |
| | QBSTIF | 관측기종_정보 | 관측소의 관측기종을 정의한다. |
| 수위관련 정보 | WLOBSIF | 수위_관측소_정보 | 수위 관측소의 기본 정보를 정의한다. |
| | WLMST | 수위자료_원시 | Telemeter로 전송된 기본 원시 자료의 보관 및 품질관리 업무를 수행한다. |
| 기상관련 정보 | WTOBSIF | 우량_관측소_정보 | 기상관측소의 기본 정보를 정의한다. |
| | WTMST | 우량자료_원시 | Telemeter로 전송된 기본 원시 자료를 관리한다. |
| 경보관련 정보 | WPQBSIF | 정보_관측소_정보 | 정보 관측소의 기본 정보를 정의한다. |
| | WPMST | 정비상태_정보 | Telemeter로 전송된 기본 원시 자료를 관리한다. |
| | WPFCT | 경보_발령_정보 | 경보 발령 정보를 정의한다. |
| | WPACC | 경보_처리_이력_정보 | 경보 처리 이력 정보를 정의한다. |
| 홍수예측 관련정보 | FHOCHNIF | 예측수문_하도_정보 | 수문학적 예측모형에 사용되는 하도구간 정보를 관리한다. |
| | FHOCHNICTIF | 예측수문_하도_합류지점_정보 | 수문학적예측모형에 사용되는 하도구간별 합류되는 소유역, 하도의 정보를 관리한다. |
| | FSTMDLPAR | 예측통계_모형_매개변수값 | 통계학적모형에 사용되는 매개변수 정보를 관리한다. |
| | FSTFSBTSNIF | 예측통계_예보소유역_티센_정보 | 통계학적모형에 사용되는 유역별 강우량을 계산하기 위한 티센계수를 관리한다. |
| | FHAFSBIF | 예측수리_예보소유역_정보 | 수리학적모형에 사용되는 소유역(측방유입량계산) |

다. 수문자료 연계 방안(유관기관 연계 포함)

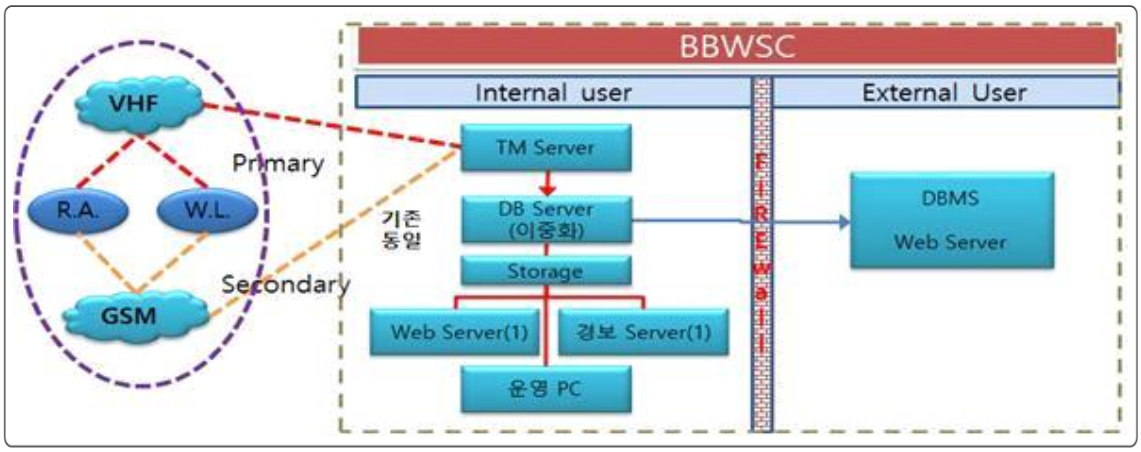
○ 수문자료의 연계는 찔리웅-찌사단 유역관리청을 중심으로 기관 내의 시스템간 연계와 유관기관간의 연계로 구분되며, 각각 인트라넷과 인터넷망을 기반으로 연계체계를 구축

1) 기관 내부 시스템 간 연계체계 구성 방안

- 우량, 수위 관측소로부터 원격 수집 체계는 VHF(주망)와 GSM(보조망)을 이중화 구성하여 통신서버(TM Server)로 자료가 수집되고, 이를 DB Server에 입력하여 개별 시스템에 이를 연계할 수 있도록 구성

- 먼저 정보보안체계를 고려하여 방화벽(VPN)을 설치하고 내·외부 영역을 구분 내부영역(Internal User 영역)의 통합 DB(이중화 구축)에서 외부영역(External User 영역)의 DB로 자료를 복제·저장하는 방식으로 연계하며, 내·외부의 DB자료는 항상 동일하도록 자료동기화 처리

- 내부영역(Internal User 영역)에는 통합 DB에 실시간모니터링시스템을 연계하고, 외부영역(External User 영역)에는 외부 DB와 대국민 및 유관기관 연계를 고려한 홈페이지와 연계되도록 구성




**기관 내부 시스템 간 자료연계체계 구성 방안**

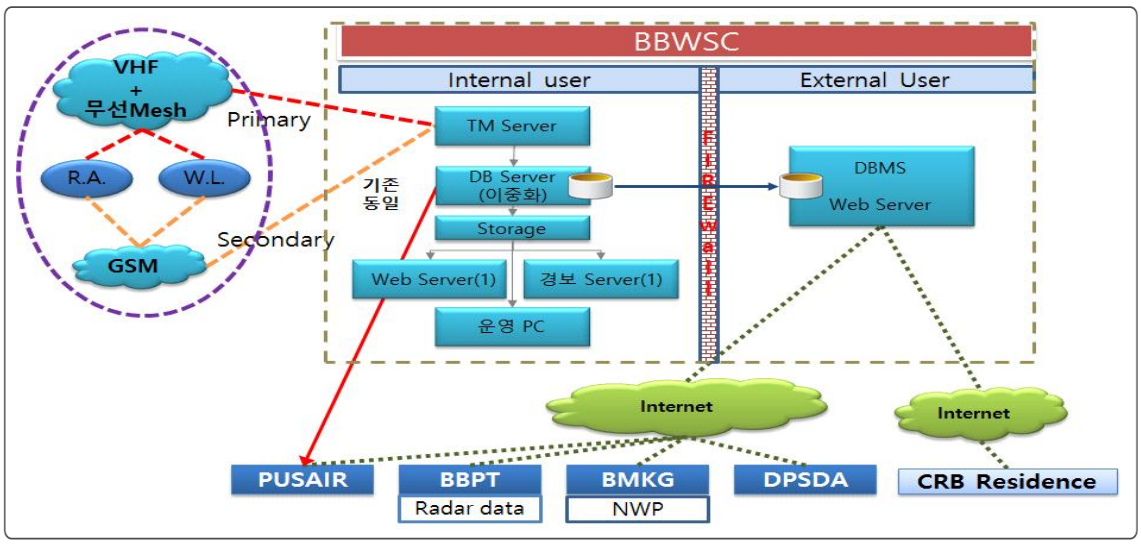
2) 유관기관 연계체계 구성 방안

- 찔리우-찌사단 유역관리청(BBWSCC)을 중심으로 유관기관으로는 PUSAIR, BBPT, BMKG, DPSDA 등이 있으며, 당초 PUSAIR는 유역청의 수문관측소(우량, 수위)의 모뎀을 통하여 직접 자동 전송되는 체계로 연계되고 있고, 나머지 기관에 대해서는 수문자료에 대한 온라인 연계체계가 없음

- 따라서 신설관측소에 대한 수문자료는 PUSAIR의 경우 당초 연계체계에 준하되 실시간 수집된 DB서버의 해당 자료를 연계하며, 나머지 기관에 대해서는 홈페이지에 인터넷 웹브라우저로

접근하여 원하는 자료를 다운로드하는 방식으로 연계

- 데이터베이스는 방화벽 외부에 내부DB 자료와 동기화되도록 구성

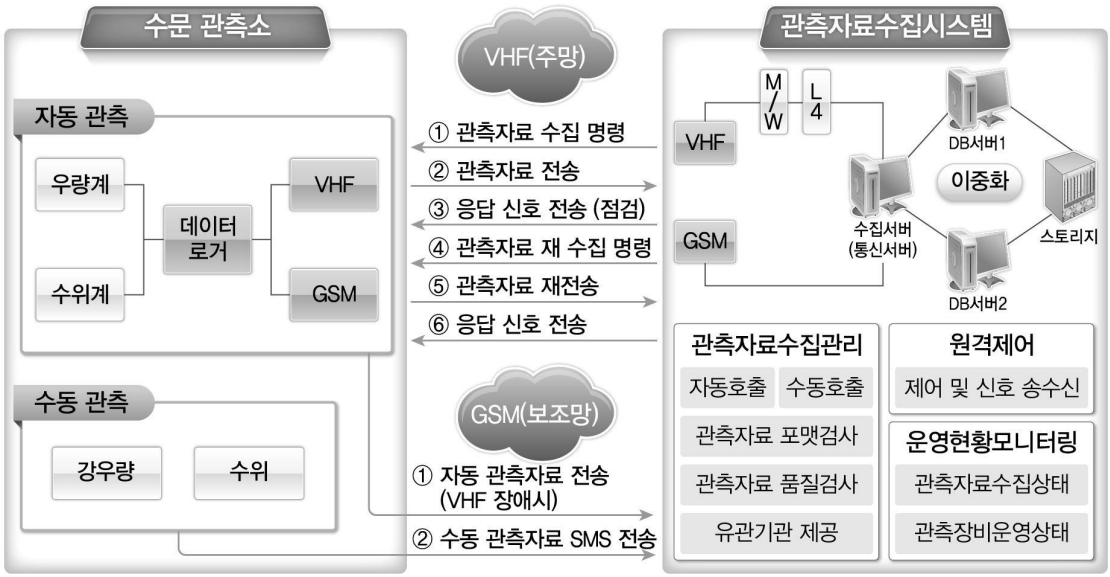



**유관기관 자료연계체계 구성 방안**

라. 수문관측자료 수집 방안

○ 물재해 관리 시스템을 정상적으로 구축 및 운영하기 위해서는 우량계, 수위계 등 관측기기의 측정 자료가 통신망을 통해 수집되면, 이를 데이터베이스에 저장하고 관련 시스템에서 효율적으로 사용할 수 있도록 적시성, 정확성, 안정성 등을 고려한 무중단 자동화 수집체계 구축이 필수적임

○ 이에 따라, 양질의 수문자료 수집을 위한 관측자료 수집 시스템에 대한 구축 방안을 제시하고자 함




**관측자료 수집 시스템 구성 방안**

○ 네트워크 안전성을 고려하여 VHF망 등의 자가망을 주통신망으로 이용하며, 장애시 GSM 보조통신망을 이용하여 수집

- 현지 조사결과 기존 관측소의 통신망으로 GSM망을 사용하고 있으나, 네트워크의 안정성을 고려할 때 VHF망 등 자가망의 설치 및 사용이 요구됨

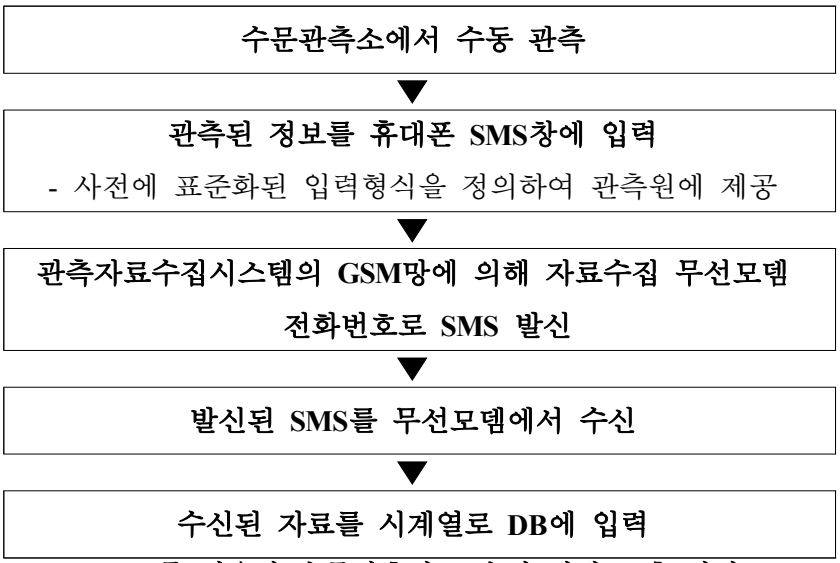
- VHF망과 GSM망을 주·보조 통신망으로 사용함으로써 중단 없는 자료수집 체계 구축

○ 관측된 수문자료를 수집시스템으로 송신하고 품질검사를 통해 신뢰도 높은 수문자료 저장

○ 수문자료에 대한 품질확보를 위해 수집 시스템에서 관측자료에 대한 전송여부 및 데이터 품질을 점검하여 관측자료의 정확도를 유지

○ 또한, 수문관측소 중 관측원에 의한 수동 관측 지점에서는 수기로 입력된 기록지를 해당 기관에 제출하여 이를 업무에 사용하는 방식으로 매우 불편하며, 수집주기가 길어 홍수예경보업무에 필요한 적시에 사용할 수 없는 실정임

○ 관측원의 상당수가 이미 모바일 휴대폰을 사용하고 있으므로 수동 관측된 정보를 SMS를 통해 즉시 전송하는 체계를 구축하여 당초 자료수집의 편리성, 신속성 등을 개선할 수 있는 방안을 수립




**SMS를 이용한 수문관측자료 수집 체계 구축 방안**

마. 수문자료 품질관리 방안

○ 고품질의 강우 및 수위 등 수문자료를 안정적이고, 지속적으로 관리하기 위한 수문자료 품질관리 시스템을 도입하는 방안을 수립

○ 관측자료(우량, 수위)에 대한 체계적인 품질관리 기반 마련

○ 관측자료의 이상 및 결측치 기준 관리

- 관측자료(우량, 수위)를 실시간 수집할 때 해당 자료의 이상 및 결측치를 자동점검 할 수 있도록 이상치 기준을 정의하여 시스템에서 관리할 수 있도록 구현

○ 신속·정확한 품질관리가 가능한 화면 및 기능 구성

- 이상치 기준에 의하여 처리된 자료의 상태 정보를 DB에서 읽어 PC에서 팝업 알람
- 화면에서 유역, 관측소, 자료종류, 기간 선택을 통한 수문자료 조회 및 검색
- 검·보정이 용이하도록 시계열 연속자료의 표, 그래프 등 직관적이고 다양한 표출방식 활용
- 결측율, 자료 검·보정 건수 등 각종 통계정보 제공

○ 홍수예측을 위한 기초자료 관리

- 관측소 제원 정보, 유역 및 하천 기초정보, 모형 매개변수 관리 기능 구현




수문자료 품질관리 시스템 구성 방안

## (2) 물재해 DB 구축을 위한 자료수집 현황

1) 강우 자료

○ Pesanggrahan 유역 강우 자료만 있음 (2개 관측소, Sawangan & Bendung Gintung)

○ Krukut 유역 강우 자료 유무 확인 필요

○ 기상청(BMKG) 시자료의 경우 당일 07:00부터 다음날 07:00까지 측정

DGWR 입수 자료 현황(BBWSCC 자료)

| 관측소 | 자료 형태 | 보유 기간 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Sawangan | 일자료 | 1998,<br>2009 – 2016 | – |
| Bendung Gintung | 일자료 | 2015 – 2016 | – |

NCICD 입수 자료 현황

| 관측소 | 자료 형태 | 보유 기간 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Sawangan | 일자료 | 1996 – 1999<br>2003 – 2005 | DPSDA 자료 |
| | 시자료 | 2007(1–2월)<br>2008(1–2월) | 자료 출처 및 정확히 어떤 값이 강우 자료인지 불명확 |
| bendung Gintung | – | – | – |
| Jakarta (Meteorology 745) | 시자료 | 2000 – 2008 | BMKG 자료 |

2) 수위(유량) 자료

○ 일자료의 경우 일 3회(06:00, 12:00, 18:00) 측정 값 평균

○ 시자료의 경우 당일 07:00부터 다음날 06:00까지 측정, 부분 및 완전 결측 많음. 2004년부터 시자료 존재

○ 영점표고 없음. 수위 기준(단위) 불명확(m or E.L. m)

DGWR 입수 자료 현황(BBWSCC 자료)

| 관측소 | 자료 형태 | 보유 기간 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Pesanggrahan | | | |
| Sawangan | 일자료 | 1994 – 2003 | 1998 누락 |
| | 시자료 | 2004 – 2016 | 2007, 2008년 자료 누락<br>2006년 자료는 유량만 존재 |
| | 유량 | 곡선식만 존재 | 연도 미상 |
| Tanah Kusir | 일자료 | 2004 – 2006 | 2005년 완전 결측 |
| | 시자료 | 2009 – 2015 | 부분 결측 |
| Kebon Jeruk | 일자료 | 1994 – 2003 | – |
| | 시자료 | 2004 – 2016 | 2006년 자료 누락, 부분 결측 |
| | 유량 | 곡선식만 존재 | 연도 미상 |
| Gintung | 일자료 | 2014 – 2016 | 시자료 없음, 부분 결측 |
| Krukut | | | |
| Margasatwa | 일자료 | 1999 – 2003<br>2013 – 2014 | 2002년 자료 누락 |
| | 시자료 | 2004 – 2012<br>2015 – 2016 | 2006년 자료 누락, 부분 결측 |
| | 유량 | 곡선식만 존재 | 연도 미상 |
| BenHil | 일자료 | 1998 – 2003 | – |
| | 시자료 | 2004 – 2014 | 2006년 자료 누락, 부분 결측 |
| | 유량 | 곡선식만 존재 | 연도 미상 |

NCICD 입수 자료 현황

| 관측소 | 자료 형태 | 보유 기간 | 비고 |
|---|---|---|---|
| Pesanggrahan | | | |
| Sawangan | 일자료 | - | - |
| | 시자료 | 2003.02-2007.02 | 부분 결측, 유량자료 포함 |
| Tanah Kusir | 일자료 | - | - |
| | 시자료 | 2004.01-2007.02 | 부분 결측, 유량자료 미포함 |
| Kebon Jeruk | 일자료 | 1994 - 2010 | 2006년 자료 누락<br>유량자료 포함<br>(1989-2009)/90, 91, 98, 02년 누락 |
| | 시자료 | 2003.02-2007.02 | 부분 결측, 유량자료 포함 |
| Gintung | - | - | - |
| Krukut | | | |
| Margasatwa | 일자료 | - | - |
| | 시자료 | - | - |
| BenHil | 일자료 | 1994 - 2010 | 2006년 자료 누락<br>유량자료 포함<br>(1991-2009)/98, 00, 02, 03년 누락 |
| | 시자료 | - | - |

3) 하천 단면 자료

하천 단면 자료

| 구분 | 하천 | 형태 | 측정년도 |
|---|---|---|---|
| DGWR | Pesanggrahan | 없음 | |
| | Krukut | PDF | 확인 필요 |
| 동부 | Pesanggrahan | EXCEL, DWG | 2010? |
| | Krukut | EXCEL, DWG | 2010? |

4) 기타(GIS 및 분석모형, 시설물 정보)

GIS 및 분석모형, 시설물 정보

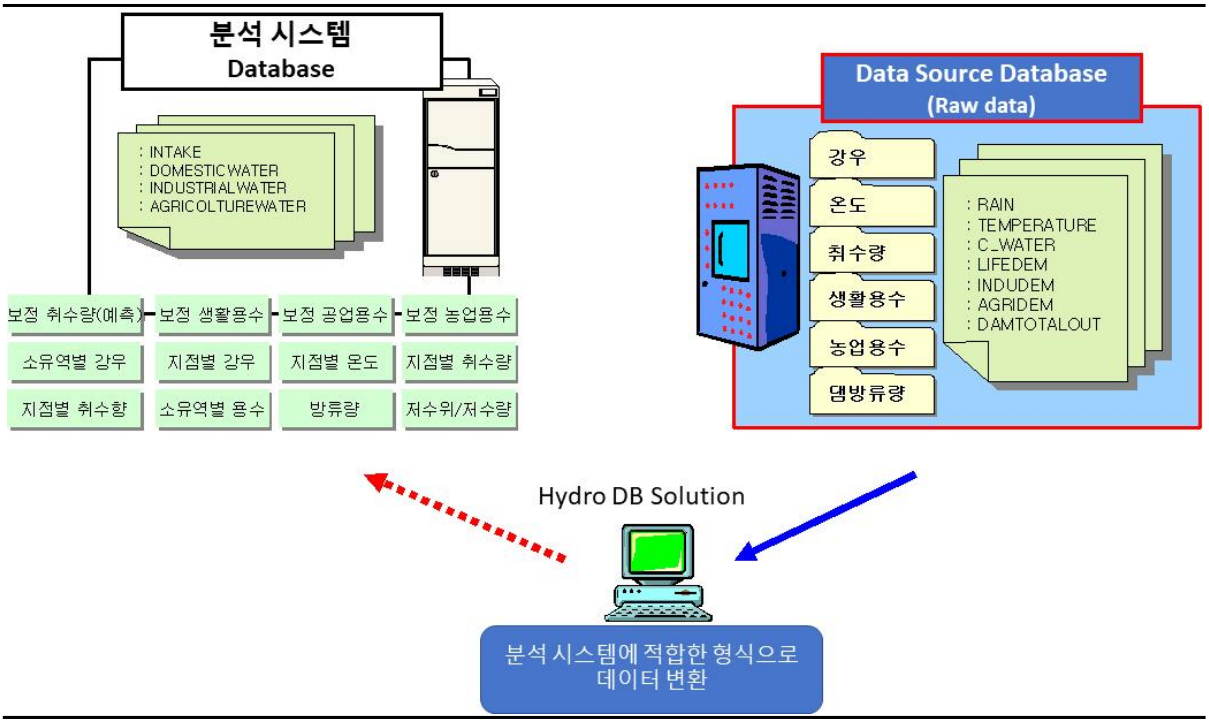
| 구분 | 자료 | 형태 | 비고 |
|---|---|---|---|
| GIS | DEM, 유역도, 하천망도, 토지이용도, 토양도, 강우관측소 위치도 | SHP | PusAir<br>이 외 여러 버전 자료 존재 |
| 분석 모형 | HEC-HMS | HMS 입출력 파일 | |
| | SOBEK | 지형 입력파일(SHP)<br>홍수량 모의결과(엑셀) | |
| 시설물 정보 | 펌프장, 저류지, 수문 | PDF | |

### (3) 수문자료 변환 시스템(Hydro DB Solution)

- 동남아시아 타 지역에도 분석 시스템을 용이하게 구축하기 위해 모형 수행을 위한 수문자료 변환 시스템(Hydro DB Solution) 개발 방안 제시
- Hydro DB Solution 프로그램은 일반적인 수문모형 및 수자원 관련 모형들의 초기세팅시 모형별로 사용되는 각기 다른 형태의 입력자료 대한 활용성을 용이하게 하고 실제 시스템에 적용하여 모형의 활용성을 높이고자 하는데 있음
- 특히 각 물관리 기관 데이터베이스의 수문자료는 각종 수문모형 및 수자원 관련 시스템에 직접 사용하기에는 모형의 입력 포맷 형태가 너무나 다양하기 때문에 그 한계가 있음
- 자료의 형태 대부분이 Raw data의 형식으로 이루어져 있어 모형 입력을 위한 선행 자료처리가 불가피하며, 이로 인해 실질적인 유출해석의 정확성을 높이는 연구 또는 수문학적 분석을 위한 연구등의 학술적인 측면에 초점이 맞추어지기보다 오히려 입력자료 구축에 많은 시간이 투입되고 있는 실정임
- 그 예로 물재해 관리 시스템에서 유역유출 모형으로 사용 중인 저류함수 모형의 강우 입력자료로는 유역평균강우량(MAP)이 사용되고 있음. 한편 데이터베이스에는 지점 강우자료가 저장되어 있으며, 이를 사용하기 위해서는 다시 티센법(Thiessen Method), 유역평균법 등을 이용하여 지점강우에서 MAP로 환산 후 활용해야 함. 또한 이러한 선행 작업들은 모형 수행자마다 반복적으로 이루어지는 작업이므로 변환 프로그램에 의해 자동으로 계산하여 DB 등에 저장하고 사용한다면 수문자료 분석에 소모되는 시간과 비용을 절감할 수 있음
- 현재 개별 물관리기관의 데이터베이스 내부에는 이러한 자료변환 알고리즘이 포함되어 있지 않으며 원시자료인 지점 강우자료가 데이터베이스에 저장되어 활용하고 있음
- 따라서 수자원 전문가들 및 재해관리 업무 담당자에게 분석하고자 하는 유역별 모형별로 입력자료의 형태가 변환되어 자료를 실시간으로 제공하고, 또한 전산전문가가 아닌 수자원 전문가에 의해 관리 될 수 있는 데이터베이스 관리프로그램이 필요
- 이러한 데이터베이스 관리프로그램의 역할가운데 주요사항으로 수문 자료를 활용한 수자원 관련 프로그램에 해당 실무 차원에서 작성, 검토, 사용을 위한 물관리기관 DB의 Raw Data 가공이 사용자의 요구에 따라 이루어져야 함
- 사용자의 요구에 따라 가공된 데이터는 다시 데이터베이스에 저장되어 다른 모형에서 해당 자료를 필요로 하게 될 경우 사용자들은 데이터를 손쉽게 받아 사용할 수 있음
- 또한, 저장된 자료들은 검·보정 기능을 포함하여 신뢰성을 확보하고 유출모형의 입력자료를 동일한 수준으로 유지하게 됨
- 특히 물재해관리시스템을 유역청에서 실질적으로 운영하기 위해서는 신뢰성 있는 수문자료의

확보가 반드시 필요. 초기 입력자료의 신뢰성에 따라 시스템 전체에 미치는 영향이 상당히 크기 때문임

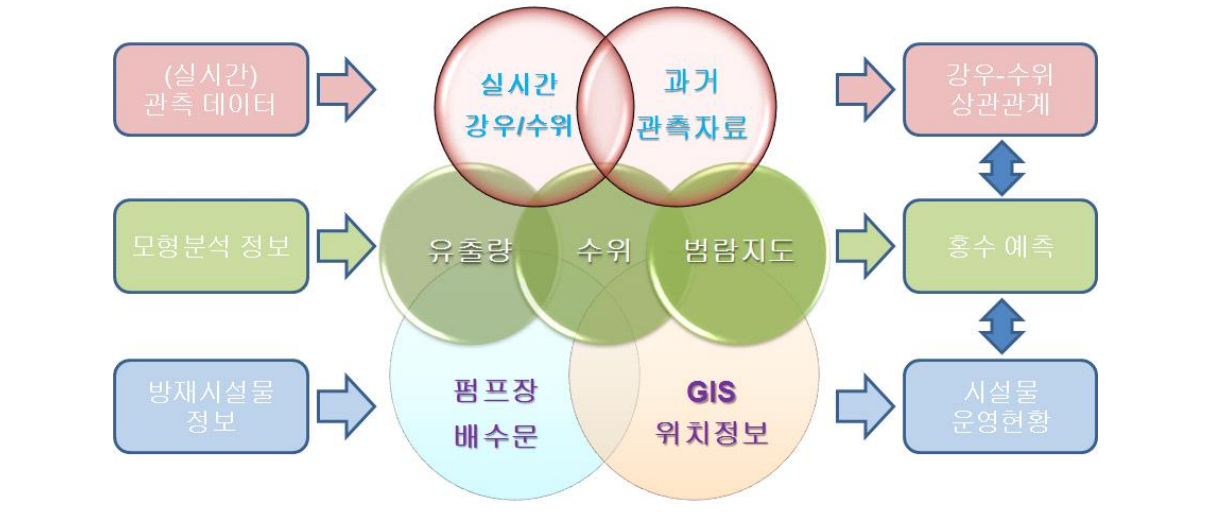
– 따라서 이러한 수문자료 연산 프로그램(HydroDB Solution)은 수문자료의 신뢰도를 분석할 수 있을뿐만 아니라 시스템 내부의 여러 모형과 연동이 가능하도록 개발 가능하고, 수자원 전문가에 의해 데이터베이스관리가 손쉽게 이루어지도록 구성할 수 있음




수문자료 연산 프로그램 개념도

### (4) 물재해 정보관리 DB 구축

가. 정보 제공범위




[물재해 정보관리 데이터 구성]

나. 물재해 정보관리 시스템은 크게 3가지 범주의 데이터를 제공하도록 설계

○ 수문 관측 데이터 : 과거 우량 및 수위, 유량 등의 수문자료와 실시간 관측 자료

○ 모형 분석 정보 : 홍수분석 시스템의 홍수분석 결과 및 예측 결과자료

○ 방재 시설물 정보 : 펌프장, 저류지, 배수문 등의 수위 정보 및 운영 정보

다. DB 구축 대상자료

**GIS 및 분석모형, 시설물 정보**

| 구분 | 구축 대상 자료 | | 자료 보유 유무 |
|---|---|---|---|
| 수문자료 | 강우 | 관측소 현황 | △ |
| | | 시자료 및 일자료 | △ |
| | 수위 | 관측소 현황 | △ |
| | | 시자료 및 일자료 | △ |
| | | 수위-유량 관계식 | △ |
| 방재시설 | 배수문 | 제원 | × |
| | | 운영자료(수위, 유량) | × |
| | 펌프장(저류지) | 제원 | × |
| | | 운영자료 | × |
| 홍수지도 | 수위-유량 관계식 | △ | |
| | 배수문 | 제원 | × |

**GIS 및 분석모형, 시설물 정보 (계속)**

| 구분 | 구축 대상 자료 | | 자료 보유 유무 |
|---|---|---|---|
| 홍수분석 정보 | 운영자료(수위,유량) | × | |
| | 펌프장(저류지) | 제원 | × |
| | 운영자료 | × | |
| | 빈도별 | 2/5/10/20/50/100/200년 | × |
| | 과거 사상 | 과거 홍수지도 | × |
| | 유출량 예측 | 주요 지점 유출량 | △ |
| | 수위 예측 | 주요 지점 수위 | △ |
| | 침수 예측 | 홍수범람 지도 | △ |
| 홍수피해 | 홍수피해 현황 | 피해액, 사상자 등 | △ |
| | 수문 현황 | 홍수 당시 강우, 수위 | △ |
| 홍수대응 | 방재자원 | 장비, 물자, 인적 자원 | × |
| | 대피계획 | 홍수대피지도 | × |
| 관련 자료 | 홍수관리 | 홍수관리 조직, 체계 | △ |
| | 보고서 | 관련 보고서 | △ |

○ 수집 자료 중 가용한 자료를 대상으로 1차 DB 구축

○ 방재시설 정보 및 홍수지도, 홍수대응 관련 자료는 확보가 어려움에 따라 본 과제에서는 제외

### (5) 물재해 정보관리 시스템 구조 설계

가. 사용자 요구사항 분석

○ 인도네시아 현지 특성 및 환경에 적합한 물재해 정보관리 시스템 개발을 위해 2015년 찌따룸강 유역청(BBWSC)의 실무 담당자 21명을 대상으로 한 설문조사 결과를 분석

○ 총 10개 항목에 대해 설문조사를 실시하였으며, 조사결과는 다음과 같음

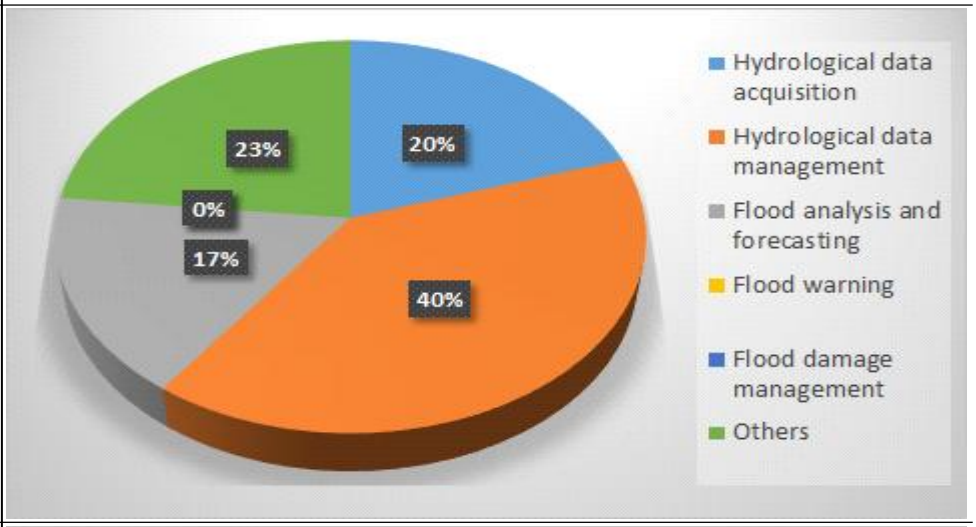
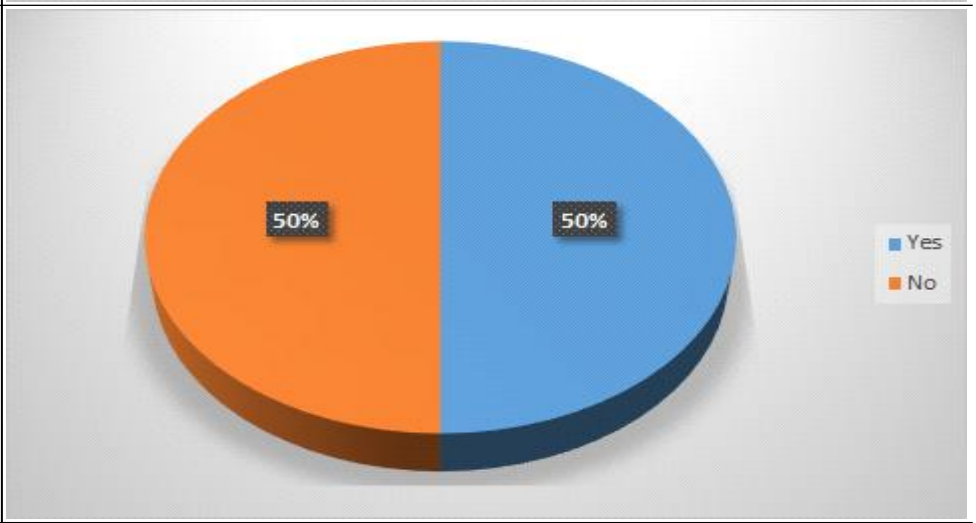
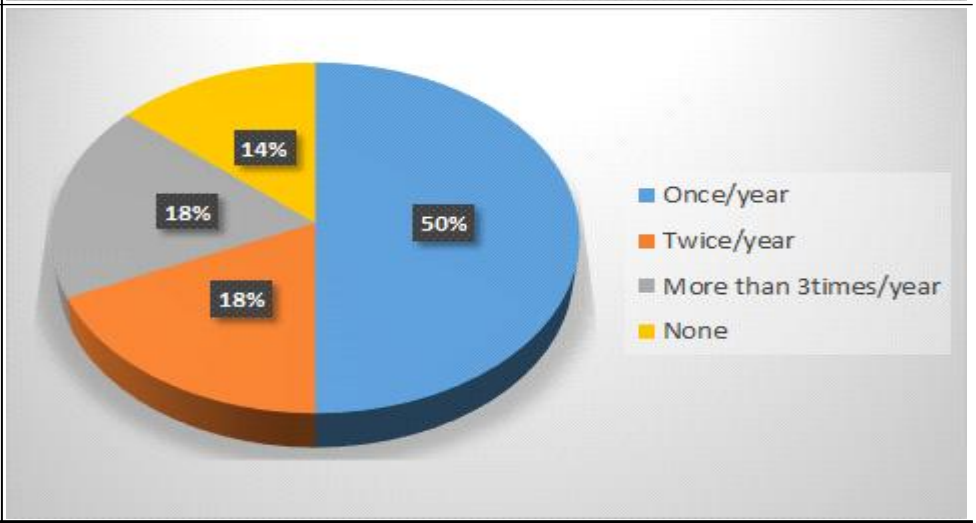
1) 조사 항목 및 결과분석

**설문조사 항목 및 결과**

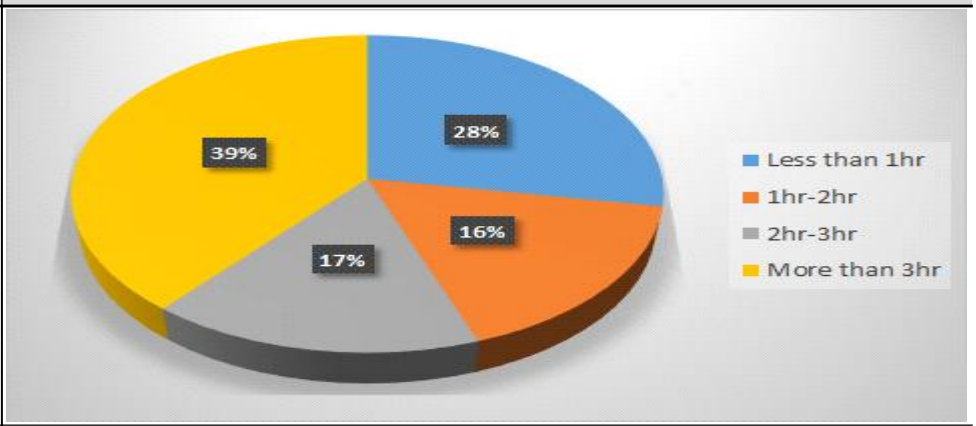
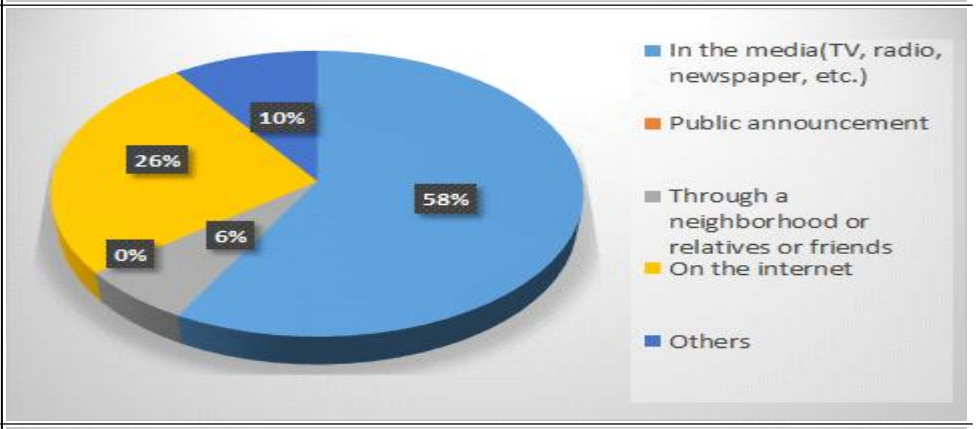
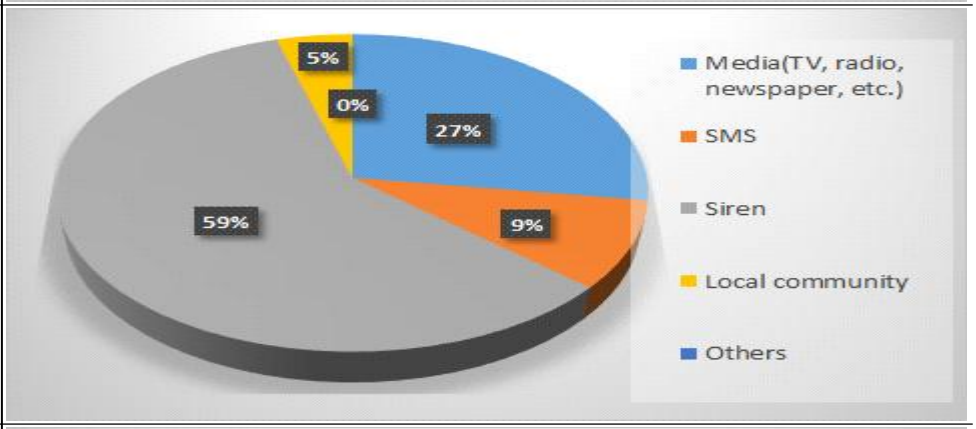
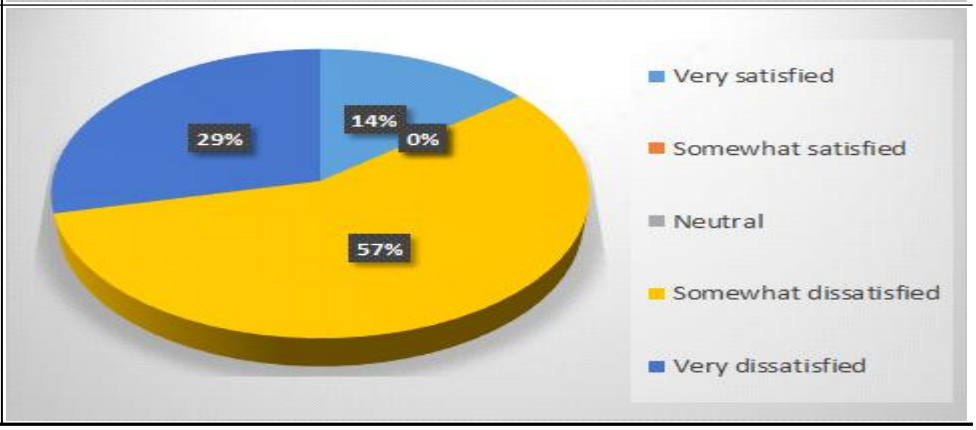
| 설문 내용 | 조사결과 분석 |
|---|---|
| **1. 홍수 관리와 관련된 귀하의 담당업무는 무엇인가?** | 수문자료 관리 업무 담당자가 가장 많았으며, 그 다음으로는 자료 계측 업무 담당자가 설문에 가장 많이 응함 |
| **2. 홍수 범람 피해경험이 있는가?** | 절반 정도가 직접 홍수 피해를 경험한 적이 있다고 함 |
| **3. 귀하는 홍수를 얼마나 자주 경험했는가?** | 최소 1년에 한번 이상은 직간접적으로 홍수를 경험 |
| **4. 홍수 전에 대피경보/알람을 받은적 있는가?** | 거의 대부분(95%)이 홍수전에 대피경보를 받은 적이 없다고 답변 |
| **5. 홍수 경보/알람을 언제 받았는가?** | 대부분이 홍수 경보 및 알람을 받지 못했으며, 홍수 바로 직전 홍수 경보를 받을 수 있는 것으로 조사됨 |
| **6. 홍수에 대비하고 대피하는데 얼마나 걸리는가?** | 홍수 대피시간은 절반 정도가 3시간 이상이라고 답변했으며, 최소 1시간 이상은 소요되는 것으로 조사됨 |
| **7. 실제로, 홍수를 경보하는데 얼마만큼의 시간이 소비되고 있다고 생각하는가?** | 3시간 이상 소요될거라고 예상한 응답자가 가장 많았으며, 최소 1시간 이상은 걸리는 것으로 응답 |
| **8. 홍수에 관한 정보를 어디에서 얻는가?** | 홍수에 관한 정보는 TV, 라디오와 같은 미디어와 인터넷을 통해 획득하는 경우가 가장 많은 것으로 조사 |
| **9. 홍수 경보에 어떤 방법이 가장 적합하다고 생각하는가?** | 홍수경보에 적합한 방법으로는 현장에서 바로 사이렌을 통한 방법이 가정 선호되었으며, 미디어를 통한 전파가 그 다음으로 중요하다고 응답 |
| **10. 현 홍수 경보/알람 시스템에 대하여 얼만큼 만족하고 있는가?** | 응답자 대다수가 현 홍수관리 시스템에 대해 만족도가 높지 않았으며, 홍수관리시스템 전반에 대한 개선이 시급한 것으로 조사됨 |

2) 조사결과 (출처 : 찌따룸강 홍수예경보 시스템 개발 사업 보고서(2017, KOICA))

**설문조사 결과**

| 구 분 | 찌따룸강 유역청(BBWSC) 설문조사 |
|---|---|
| 조사시기 | 2015. 8. 6~10 |
| ■ 설문자의 직업 |  |
| ■ 홍수 피해 경험 |  |
| ■ 홍수 경험 빈도 |  |

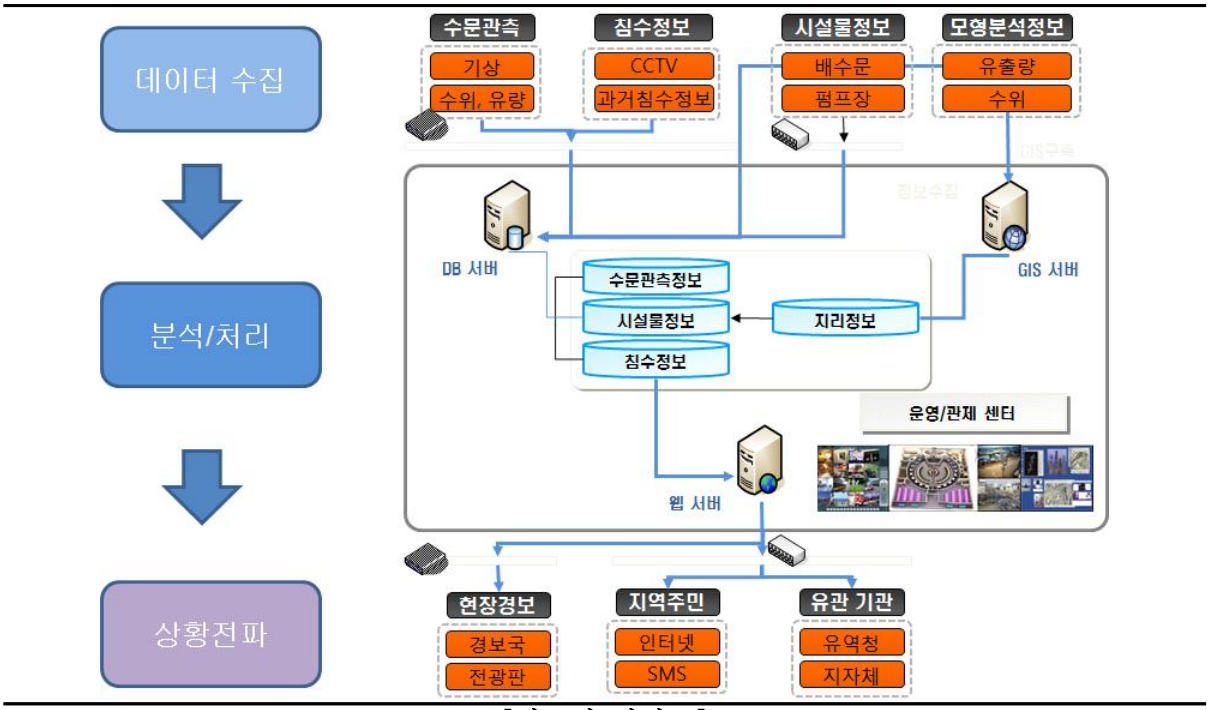
설문조사 결과(계속)

| 구 분 | 찌따룸강 유역청(BBWSC) 설문조사 |
|---|---|
| ■홍수 경보에 소비되는 시간 |  |
| ■홍수 관련 정보처 |  |
| ■홍수 경보에 적합한 방법 |  |
| ■현시스템 만족도 |  |

나. 시스템 구성 방향

○ 인도네시아 현지 사용자 환경을 고려하여 Web/GIS 기반의 정보 제공 및 관리 시스템 개발

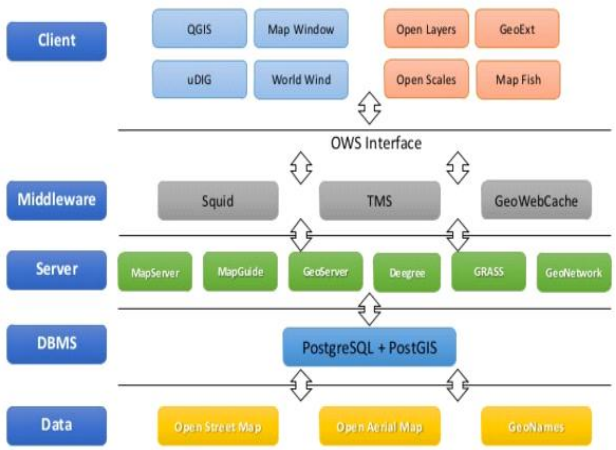
○ 향후 시스템 유지관리 및 확장성 등을 고려하여 오픈 소스 기반의 시스템으로 구성하기 위해 Open GIS(GeoServer, PostGIS, OpenLayers) 및 MySQL DBMS 적용




[시스템 개념도]

다. 시스템 구조 설계

○ 본 시스템은 Open GIS 서버로 'Geo Server'를 사용하였고, MySQL DBMS를 사용하여 시스템의 개발 환경을 구성. 소프트웨어 구성 및 개발환경은 다음과 같음




| 분류 | 세부내용 |
|---|---|
| 시스템 기본 구성 | • 운영체제 : CentOS 6.4<br>• 웹서버 : Apache 2.2.15<br>• MAP서버 : GeoServer 2.3.5<br>• DBMS : MySQL 5.1.66<br>• ORDBMS : PostGIS 2.1.3 (PostgreSQL 9.3.1)<br>• 개발 언어 : PHP 5.3.3 , javascript, Openlayers, jQuery 1.9.1 |

1) GeoServer

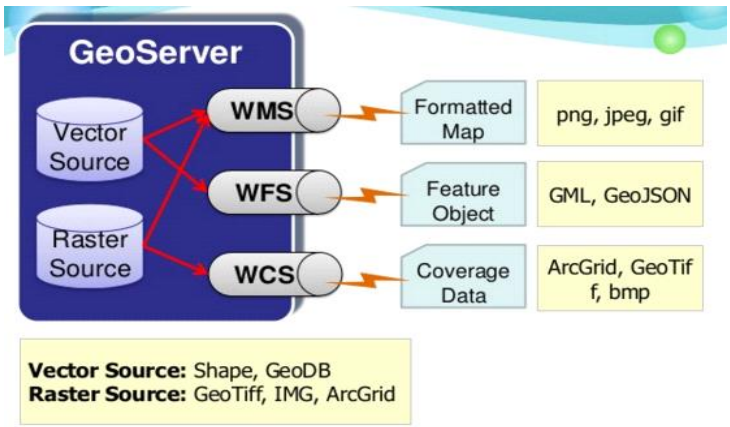
○ 물재해 정보관리 시스템의 기반이 되는 GeoServer는 Java로 개발되어 지리공간(geospatial) 데이터를 공유·편집할 수 있는 오픈 소스 GIS소프트웨어 서버로써, 호환성(interoperability)을 전제로 설계되었기 때문에, 개방형 표준을 따르는 다양한 공간 데이터 소스 생산이 가능

○ GeoServer는 커뮤니티 기반 프로젝트이기 때문에, 전세계의 개인과 단체 등 다양한 그룹에 의해 개발되고, 테스트 및 지원을 받고 있음

○ 또한, 고성능 인증을 준수하는 Open Geospatial Consortium (OGC)의 Web Map Service (WMS)는 물론, Web Feature Service (WFS), Web Coverage Service (WCS)들의 표준 레퍼런스를 구현

○ 나아가 GeoServer는 지리공간 웹(GeoSpatial Web)의 핵심 컴포넌트이며, 월드 와이드 웹(World Wide Web)과 유사한 지리 공간 웹(Geospatial Web)을 통해 누구나 웹에서 텍스트를 검색하고 다운로드할 수 있듯이 지리공간 웹을 통해 누구나 지리공간 데이터를 검색하고 다운로드 가능

○ OS에 구애받지 않으며, 캐시지원 및 다양한 좌표계로 실시간 변환이 가능하고 Data Processing도 가능하며 거의 모든 GIS 자료 이용이 가능한 장점을 가지고 있음

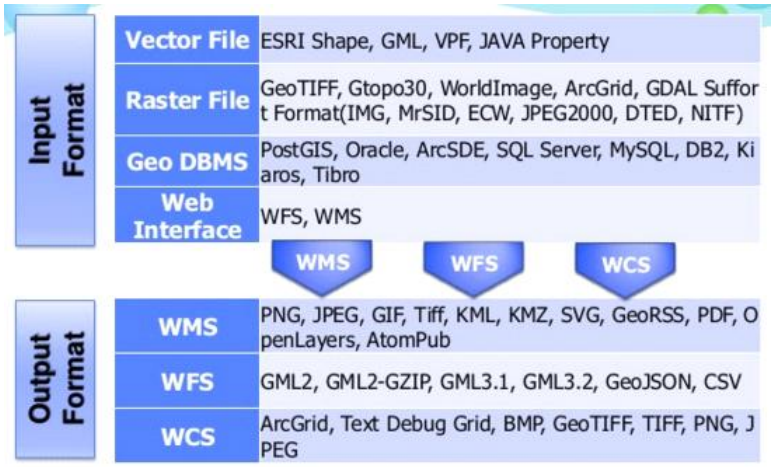



[GeoServer의 역할]

○ 본 연구에서는 GeoServer와 함께 오픈 소스 GIS Java 툴킷인 GeoTools를 통해 Shape파일, Oracle DB, ArcSDE 통합함으로써 그 밖에 많은 기능에 대한 지원이 가능하도록 함

○ 또한, WFS( Web Feature Service) 표준을 통해 호환 가능한 데이터 포맷인 GML(Geographic Markup Language)을 이용하여 웹상의 공간 데이터를 직접 사용할 수 있도록 프로토콜을 정의

○ 그리고 공간 데이터로부터 생성한 지도 이미지를 표현하기 위한 프로토콜인 Web Map Service 표준을 이요하여 공개형 공간 데이터베이스인 PostGIS를 통해, GeoServer를 무료 데이터베이스에 연결




[GeoServer 지원 포맷]

가) Web Map Service

○ OGC가 정의한 지도이미지 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 지도요청, 카타로그 조회, 속성조회 등이 가능

○ Http로 요청하고 이미지로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities/GetMap을 필수로 GetFeatureInfo /DescribeLayer/GetLengendGraphic을 옵션으로 제공

나) Web Feature Service

○ OGC가 정의한 지리적 피처(Feature) 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 피처요청, 카타로그조회, 속성조회 등이 가능

○ Http로 요청하고 XML, GeoJSON 등으로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities /DescribeFeatureType/GetFeature를 필수로 함(Feature = Geometry + attribute)

다) Web Coverage Service

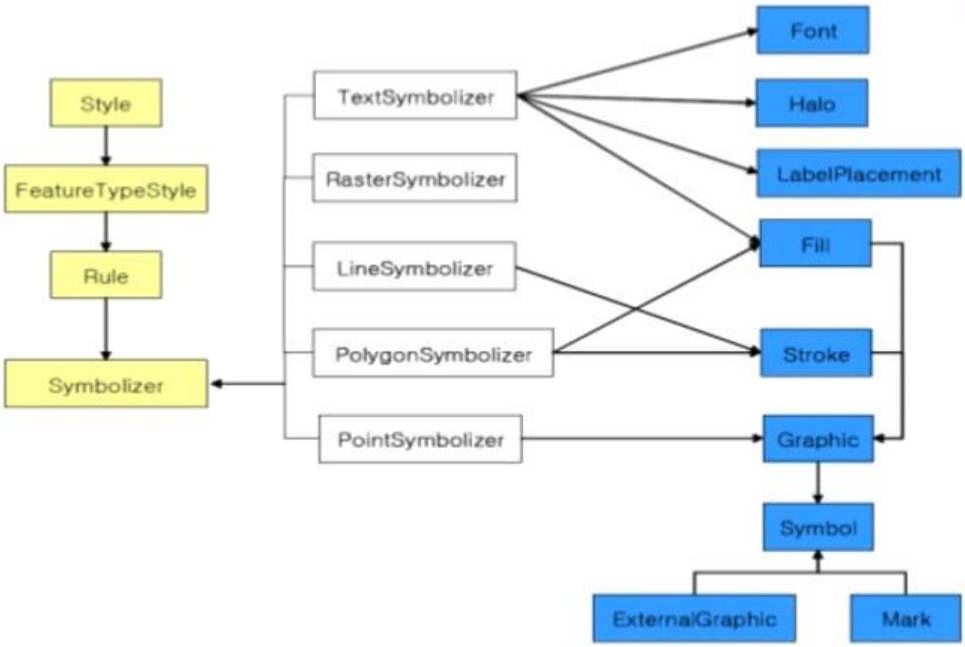
○ OGC가 정의한 커버리지 인터페이스 표준으로 요청방법과 응답형식을 정의하고 있으며, 커버리지요청, 카타로그 조회 등이 가능

○ Http로 요청하고 래스터 파일로 받는 구조를 갖고 있으며, GetCapabilities/ DescribeCoverage/ GetCoverage를 필수로 함(Coverage = 좌표가 있는 Raster Data)

라) Map Styling

○ Styled Layer Descriptor(SLD)는 벡터 및 래스터 레이어 시각화를 위한 스타일 마크업 언어로 심볼, 필터, 라벨, 최대/최소축척 등을 정의하며 WMS의 핵심이 됨

○ XML 기반의 OGC 표준스펙을 준수하며 점/도형/색/크기/아이콘 등의 설정, 선색/두께/점선/연결방법 등의 설정, 면 색/패턴채움/이미지채움 등 설정/텍스트 참조컬럼/색/강조/위치/회전 등의 설정, 투명도 조절, 축척에 따른 자료보이기, 조건에 따른 자료표현(가시/크기/색/회전/아이콘 등)변경 의 기능을 수행

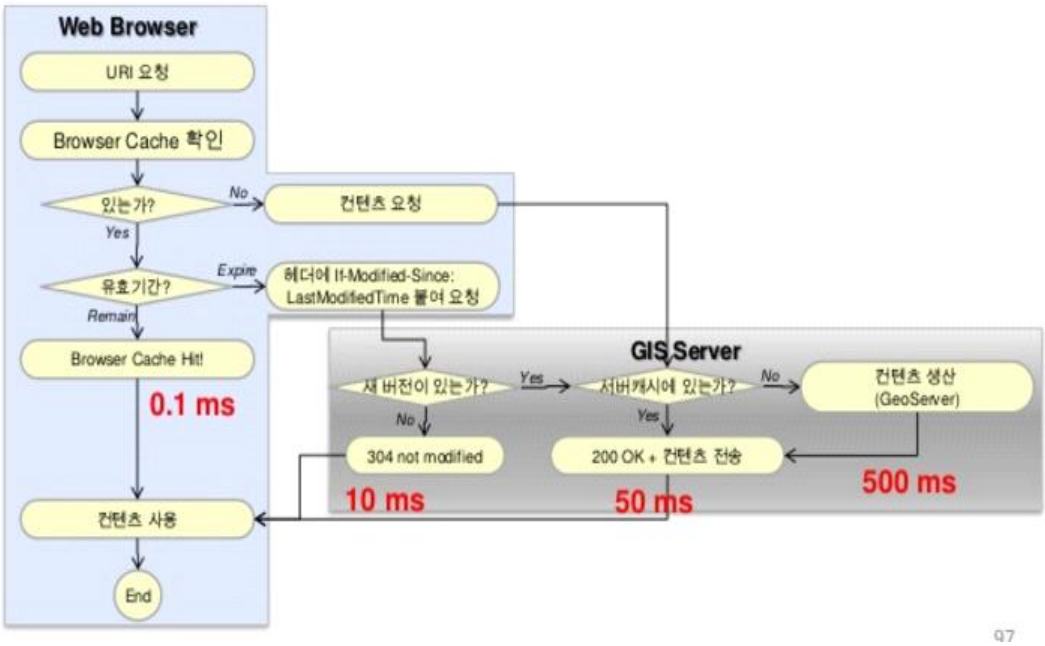



[SLD(Styled Layer Descriptor 개요]

마) Web Cache

○ 본 연구에서는 웹을 사용하면서 서버에 접속하는 클라이언트 수가 많을 경우 문제가 발생하는 네트워크 지연시간을 해결하기 위해 Web Cache 기술을 적용

○ 이 문제를 해결하는 방법으로 고성능 서버를 사용함으로써 해결할 수 있지만, 인터넷 사용자수를 고성능 서버만으로 처리하는데 한계를 나타내고 있으므로, 이를 해결하기 위한 방안으로 프록시 캐시 서버 (Proxy Cache Server)를 사용




[Web Cache 개요]

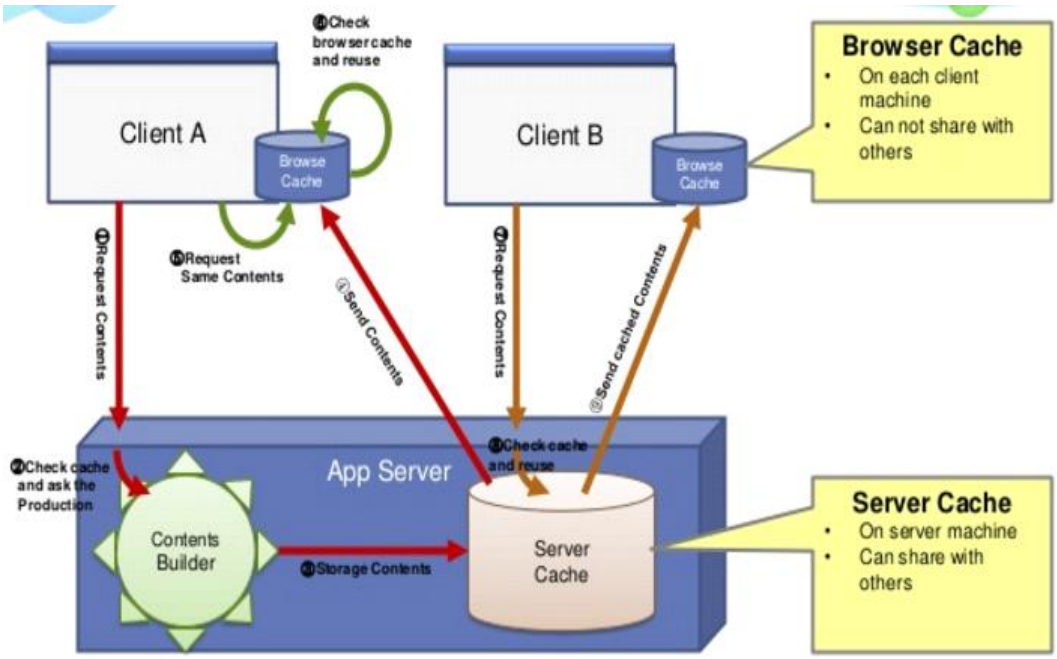
○ 클라이언트가 객체를 요구하게 되면 프록시 서버에서 요청한 객체를 감지

○ 만일 캐시 서버에서 이상이 발생하게 되면 클라이언트를 대신해서 실제 원격 서버에 객체를 요청하고, 원격 서버에서는 요청 받은 객체를 프록시 서버로 서비스

○ 이렇게 받은 객체를 프록시 서버 캐시에 저장을 한 후 클라이언트에게 서비스

○ 이후에 같은 객체에 대한 다른 클라이언트의 요청이 감지되면, 자신의 캐시 서버에 저장되어 있는 객체를 서비스

○ 따라서 최근에 사용되고, 접근 빈도수가 많은 객체인 경우 굳이 원격 서버에서 제공 받을 필요 없이 최초의 방문을 통해 객체를 가까운 캐시에서 제공 받음으로써 원격서버에서 발생할 과부하를 방지




[Browser Cache & Server Cache]

2) OpenLayers

○ 웹 브라우저에서도 지도데이터를 표현하고 조작할 수 있는 자바스크립트 라이브러리로써, Google Map, Bing Map, OSM 등 오픈 데이터 사용이 가능하도록 라이브러리를 제공

○ 지도서버로의 접근을 OGC 표준에 의해 요청하므로 지도서버와 독립적으로 동작하며, FreeBSD

라이센스를 제공

○ 하나의 응용프로그램에 여러 지도를 중첩이 가능하고, WMS, 쓴, WMTS, Google, Bing, OpenStreetMap, ArcGIS와 연동이 가능

○ WFS, KML, GeoJSON, GeoRSS 등 벡터 레이어를 지원하고 여러 자바 스크립트 툴킷(ExtJS, JQuery, DoJO 등)과 결합이 가능

○ 클라이언트 사이드에서 ReProjection이 가능하고, 다양한 웹 브라우저(Explorer, Crome, Firefoc, Safari 등)를 지원

○ OpenLayers의 Class중 기본이 되거나 자주 사용하게 되는 Class는 다음과 같음

가) Map

○ 웹 지도 서비스를 제공하기 위해 기본이 되는 클래스로써 지도를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성

○ Layer, 컨트롤, 팝업 등을 등록하기 위한 기본 컨테이너가 됨

나) Layer

○ Layer를 생성하고 조작하는 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스로써 Map 컨테이너 위에 여러 개의 Layer를 등록하여 보여줄 수 있음

○ OpenLayers의 WMS Layer는 Hub에서 등록한 여러 개의 Layer를 합쳐서 한 개의 WMS Layer로 나타내며, WMS, WFS, GML, Vector Layer 등을 지원을 지원

다) BaseTypes

○ OpenLayers에서 사용하는 기본 타입들을 정의하며, 문자열, 숫자, 함수, 배열을 다루기 위한 함수를 포함

<지원 Layer>

| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Vector | Vector 기반의 Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스 |
| WMS | WMS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스 |
| WFS | WFS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스 |
| GML | WFS Layer를 생성하고 조작하기 위한 프로퍼티 및 함수로 구성된 클래스 |

<지원 BaseTypes>

| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Bounds | 영역을 지정(지도 좌표 기준) |
| Class | Javascript를 객체지향 프로그래밍과 비슷하게 구성하기 위해 사용하는 클래스. 상속개념을 비슷하게 지원 |
| LonLat | 지도 좌표를 프로퍼티로 가지고 조작하기 위한 함수를 제공하는 클래스 |
| Pixel | 화면 좌표를 프로퍼티로 가지고 조작하기 위한 함수를 제공하는 클래스 |
| Size | 영역의 너비, 높이를 지정하는 포맷 |

라) Control

○ 맵 객체를 컨트롤 하기 위한 클래스로써 확대, 축소, 거리, 면적 등의 컨트롤의 기본 클래스

마) Handler

○ 컨트롤과 연결되어 발행하는 이벤트 클래스

<지원 Handler>

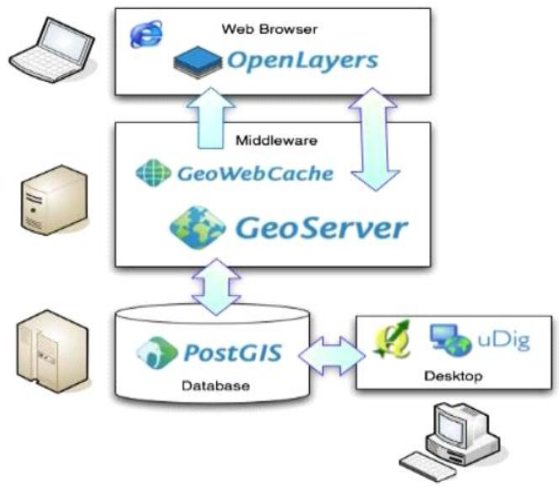
| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Drag | 영역 그리기와 관련된 클래스 |
| Point | 점 그리기와 관련된 클래스 |
| Path | 선 그리기와 관련된 클래스 |
| Polygon | 다각형 그리기와 관련된 클래스 |
| RegularPolygon | 정형화된 도형과 관련된 클래스 |

<OpenLayers지도 제공 서비스>

| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Map loading | 지도를 생성할 패널(DIV)에 Map 객체를 생성하고Map 객체에 Layer를 등록 |
| Map Control | 마우스의 이벤트와 동작을 다루는OpenLayers.Control.MouseToolbar 클래스를 이용해 지도조작 컨트롤을 생성하고 위에서 생성한 지도객체(giMap)에 등록 |
| 이전, 다음 컨트롤 | OpenLayers.Control.NavigationHistory 클래스는 지도를 이동, 확대, 축소할 때의 정보를 배열에 저장하고 이전, 다음 영역으로 이동하는 컨트롤을 생성하는 기능 |

3) PostGIS

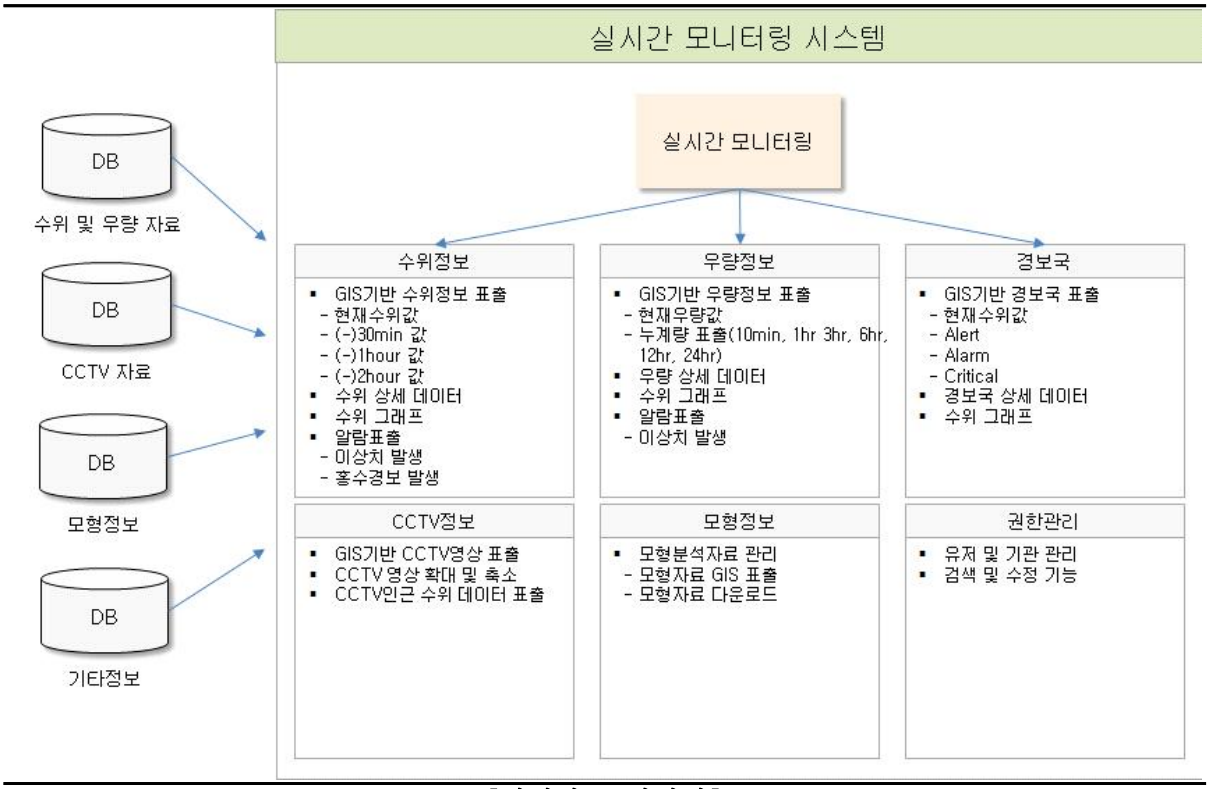
○ PostgreSQL 기반 spatial types, indexes, function의 3가지 기능을 추가한 공간 데이터베이스로써, GeoServer 등과의 연계 및 제공 기능은 다음과 같음




| 구분 | 설명 |
|---|---|
| Spatial Databasees store/manipulate spatial objects | data types, indexes, and functions |
| Spatial data types | shapes • point, line, polygon |
| Spatial indexing | efficient processing of spatial operations |
| Spatial functions | querying of spatial properities relationships |

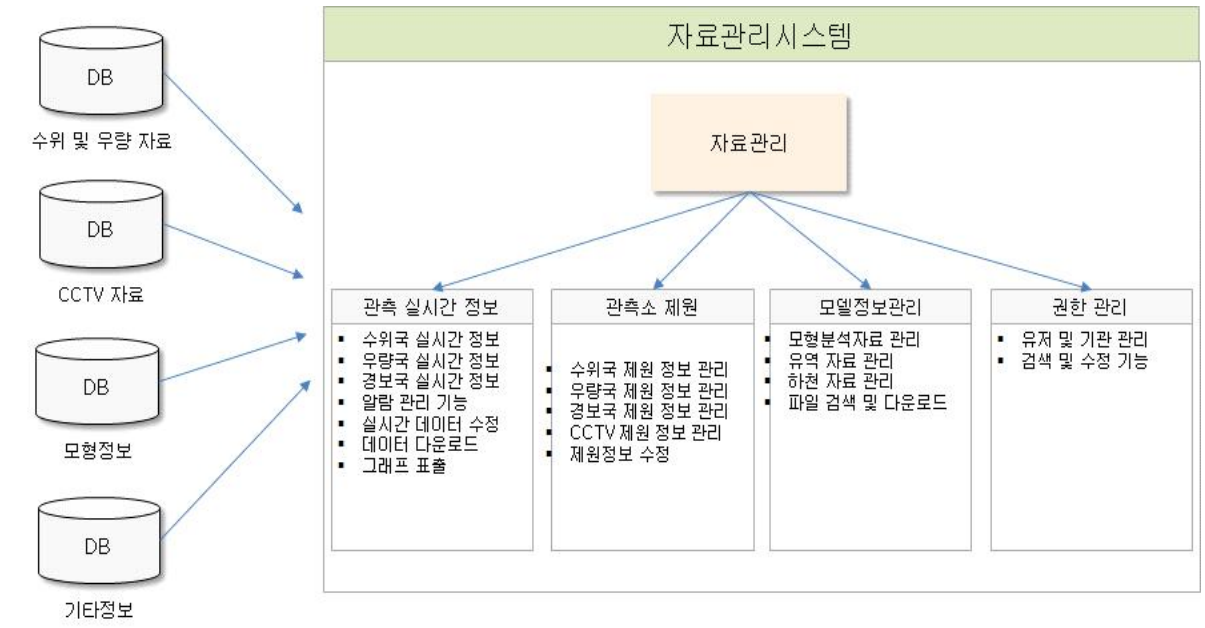
라. 시스템 구조도

1) 실시간 모니터링




[실시간 모니터링]

2) 자료관리




[자료관리]

### (6) 물재해 정보관리 시스템 개발

가. 물재해 정보관리 시스템 메뉴 구성

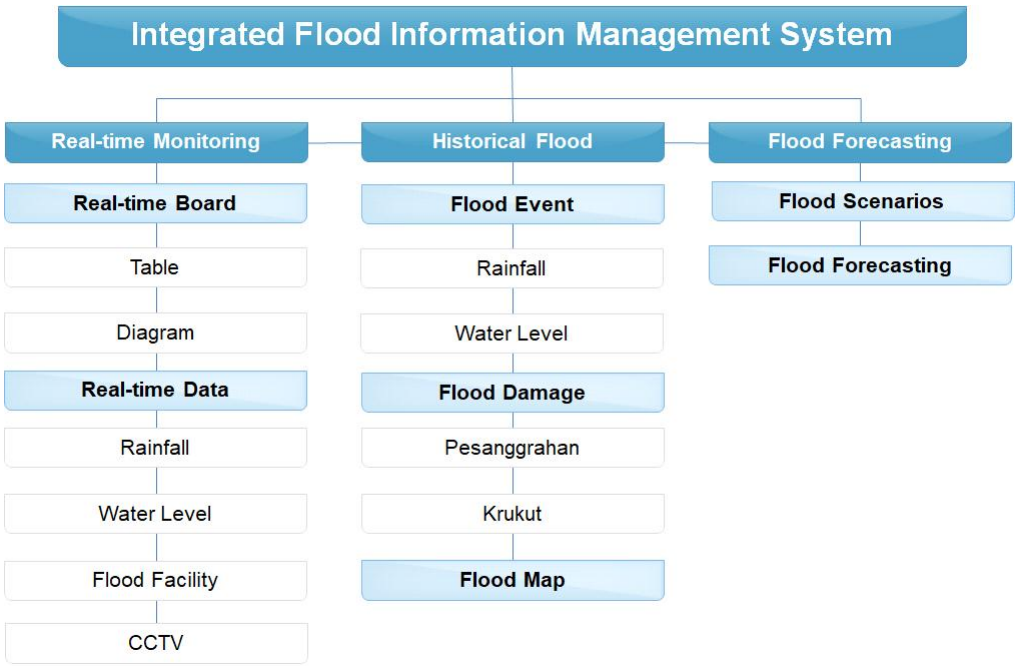
1) 메뉴 설명

○ 물재해 정보관리 시스템의 메뉴는 Real•time Monitoring 및 Historical data, Flood Forecasting의 메인 메뉴와 하위의 세부 메뉴로 구성됨

**메뉴설명**

| 대메뉴 | 중메뉴 | 소메뉴 | 설명 |
|---|---|---|---|
| Real•time Monitoring | Real•time Board | Dash board(Table) | 유역 전체의 수문현황(강우, 수위, 유량 등) 및 시설물(배수문, 펌프, 저류지) 현황을 테이블 형태로 제공 |
| | | Dash board(Map) | 유역 전체의 수문현황(강우, 수위, 유량 등) 및 시설물(배수문, 펌프, 저류지) 현황을 GIS 맵 상에 표출 |
| | Real•time Data | Rainfall | 실시간 강우량 및 누적 강우량 데이터를 그래프 및 테이블 형태로 제공, 이상치 및 결측 발생 시 알람 발생 |
| | | Water Level | 실시간 수위 및 30분~2시간 이전 수위를 비교 표출, 지점별 경보기준 수위에 따라 홍수 경보 알람 발생 |
| | | Flood structure | 펌프장, 저류지, 배수문 등 홍수방어구조물의 실시간 운영 상태 정보(수위, 수문개폐, 펌프가동) 제공 |
| | | CCTV | 하천 주요 지점의 홍수발생 현황을 CCTV를 통해 실시간으로 확인 |
| Historical Flood | Flood Event | Rainfall | 과거 주요 홍수 시 유역 상류부터 하류까지의 강우 발생 현황을 테이블 및 인포그래픽 형태로 제공 |
| | | Water Level | 과거 홍수 발생 시 주요 지점의 수위변화를 경보 기준 수위와 함께 표출 |
| | Flood Damage | Pesanggrahan | Pesanggrahan 유역의 과거 홍수발생 지점 및 피해발생 및 복구 현황 정보 제공 |
| | | Krukut | Krukut 유역의 과거 홍수발생 지점 및 피해발생 및 복구 현황 정보 제공 |
| | Flood Map | • | 과거 홍수사상으로 인한 침수범람지도 및 홍수위험지도, 홍수시 대피지도 등의 홍수지도 표출 |
| Flood Forecasting | Flood Scenarios | • | 사용자가 모의분석 후 DB에 저장한 홍수분석시스템의 모의 및 예측 결과 리스트를 제공 |
| | Flood Forecasting | • | 홍수분석 시스템과 연계하여 홍수모의 및 예측결과를 정보관리 시스템에서 표출 |

2) 메뉴 구성도



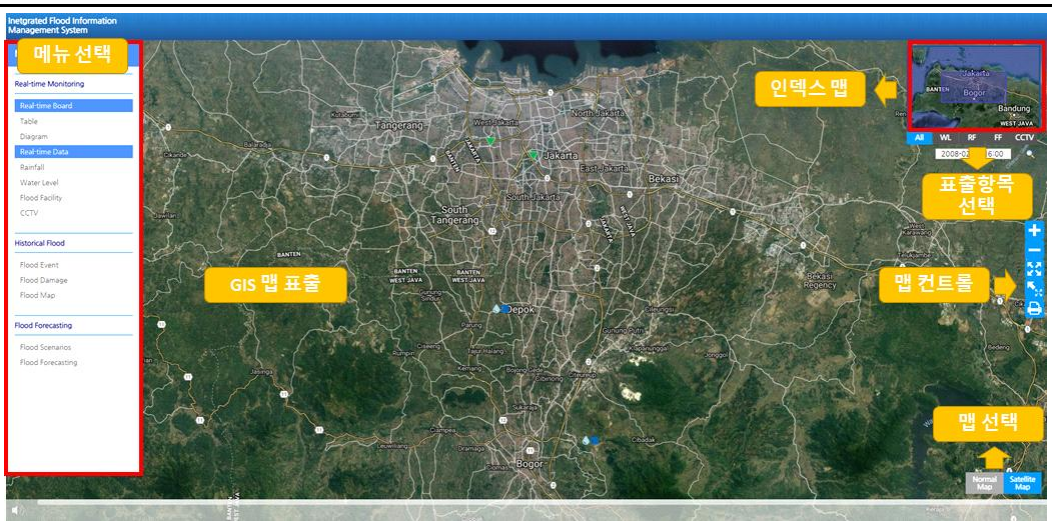

[메뉴구성도]

나. 화면 레이아웃

○ 물재해 정보관리 시스템의 화면 구성은 다음과 같이 좌측에 전체 메뉴를 배치하고, GIS 맵을 기반으로 정보를 표출할 수 있도록 구성

○ 기본 GIS 맵은 구글 맵을 적용하였으며, 우측 최하단 메뉴를 통해 인공위성 기반 지도와 일반 지도를 선택 가능

○ 우측 상단에는 인덱스 맵과 함께 표출항목을 선택할 수 있는 아이콘을 별도로 배치하여 사용자의 접근성 향상



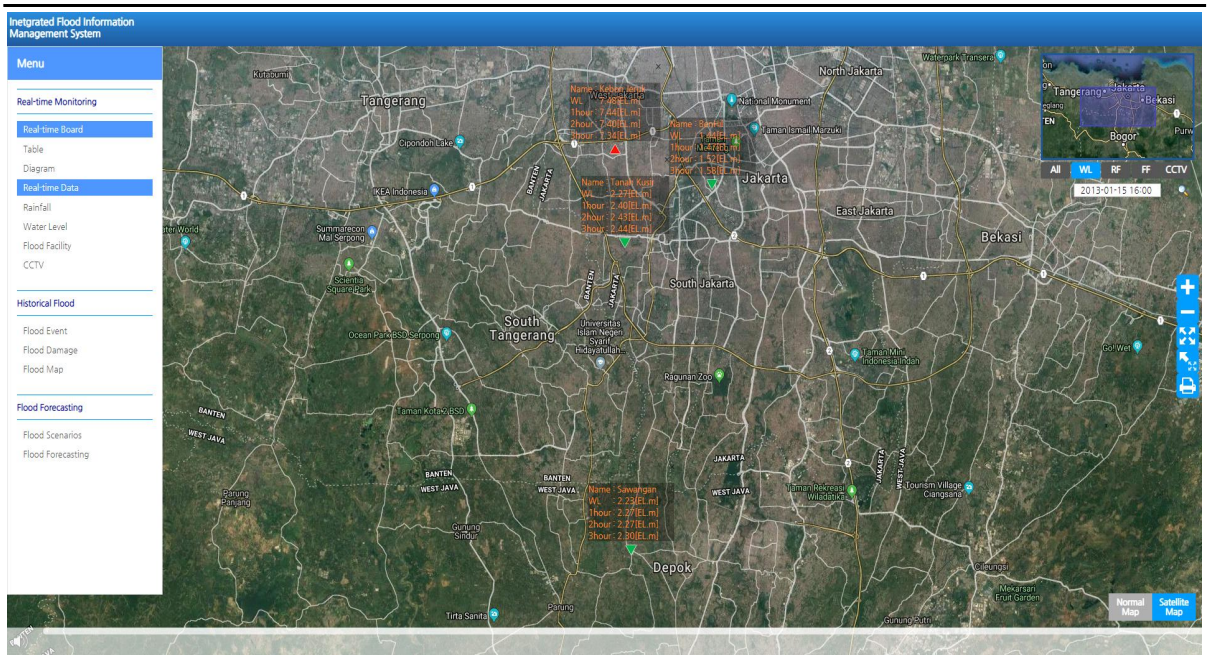

[레이아웃]

## (7) 물재해 정보관리 시스템 세부 기능

### 가. 실시간 모니터링

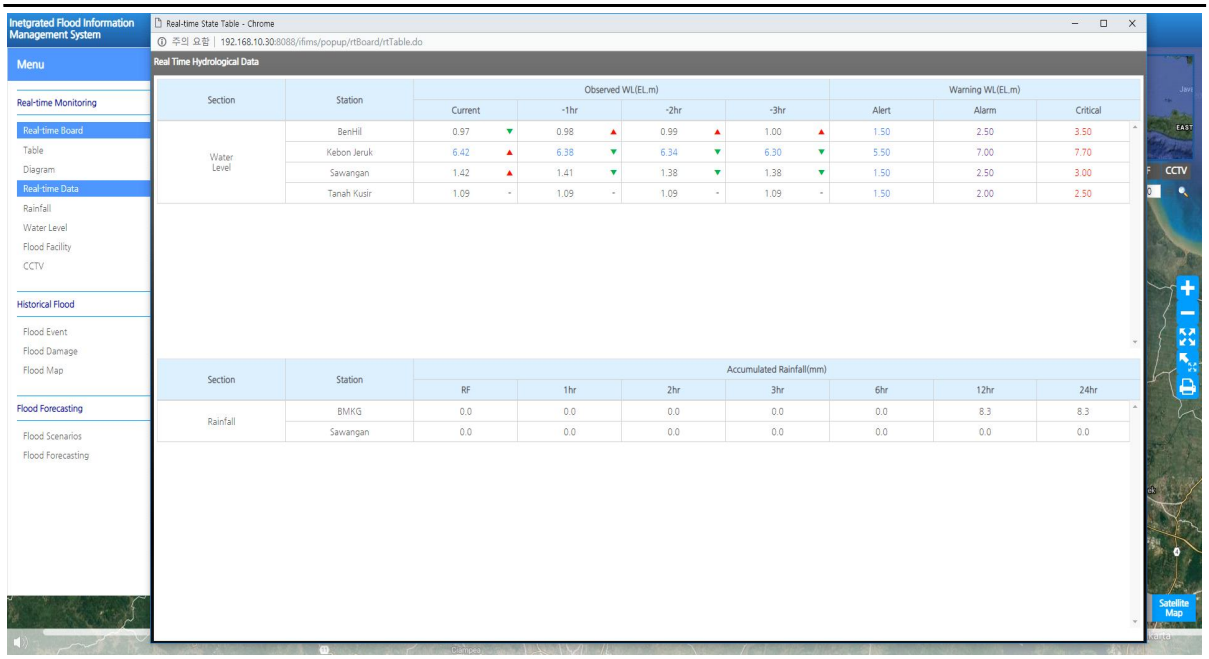
#### 1) 실시간 상황판

○ 실시간 수문현황 GIS 맵 표출



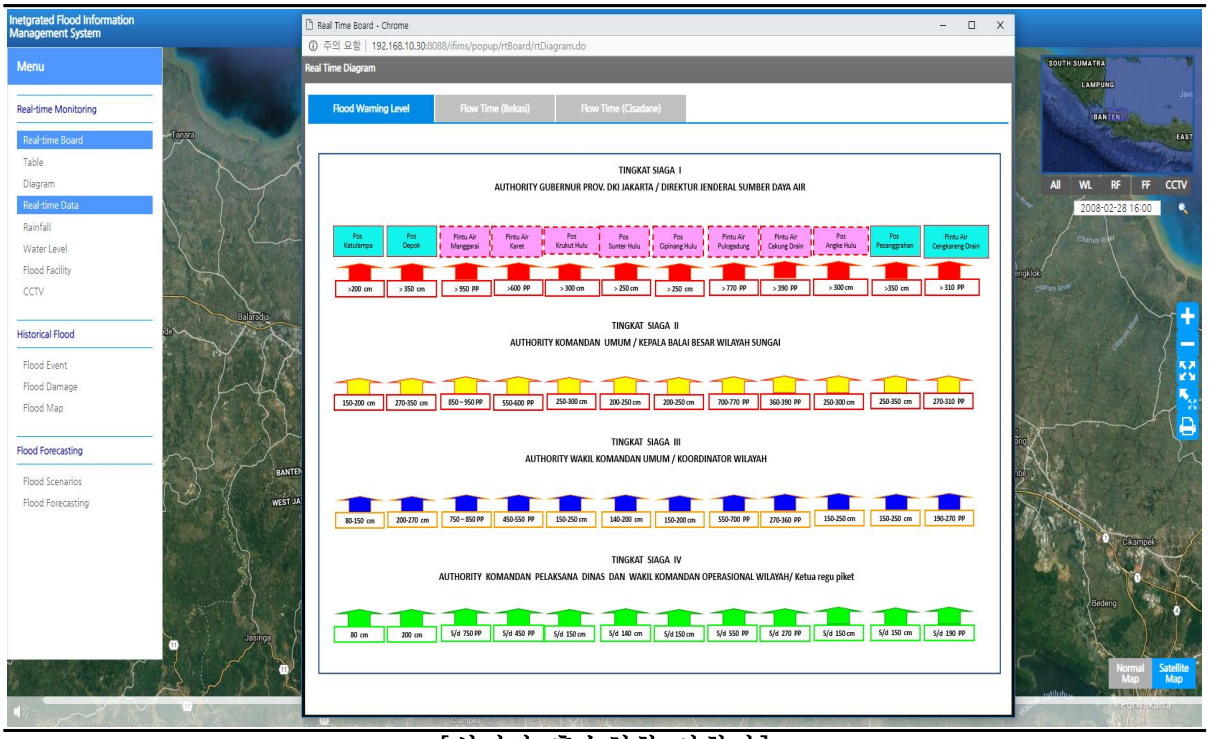

[실시간 수문현황 레이아웃]

○ 실시간 홍수현황 상황판(테이블)




[실시간 홍수현황 상황판]

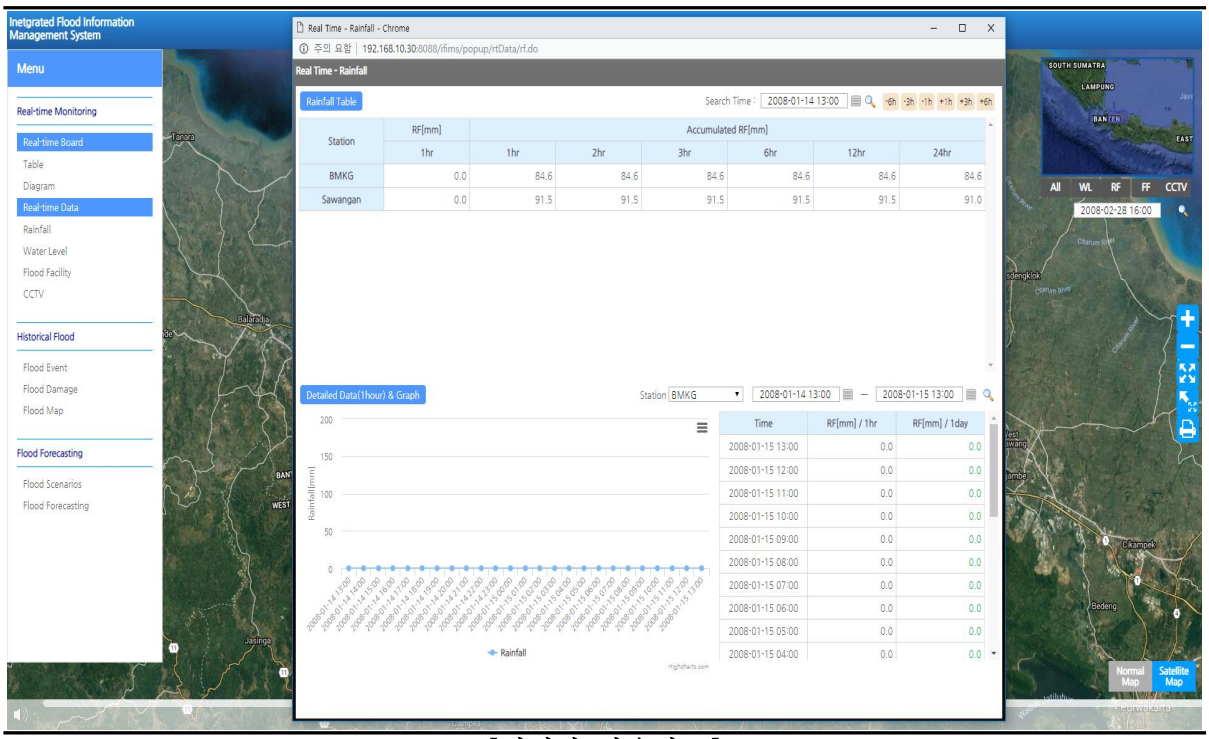
○ 실시간 홍수현황 상황판(다이어그램)




[실시간 홍수현황 상황판]

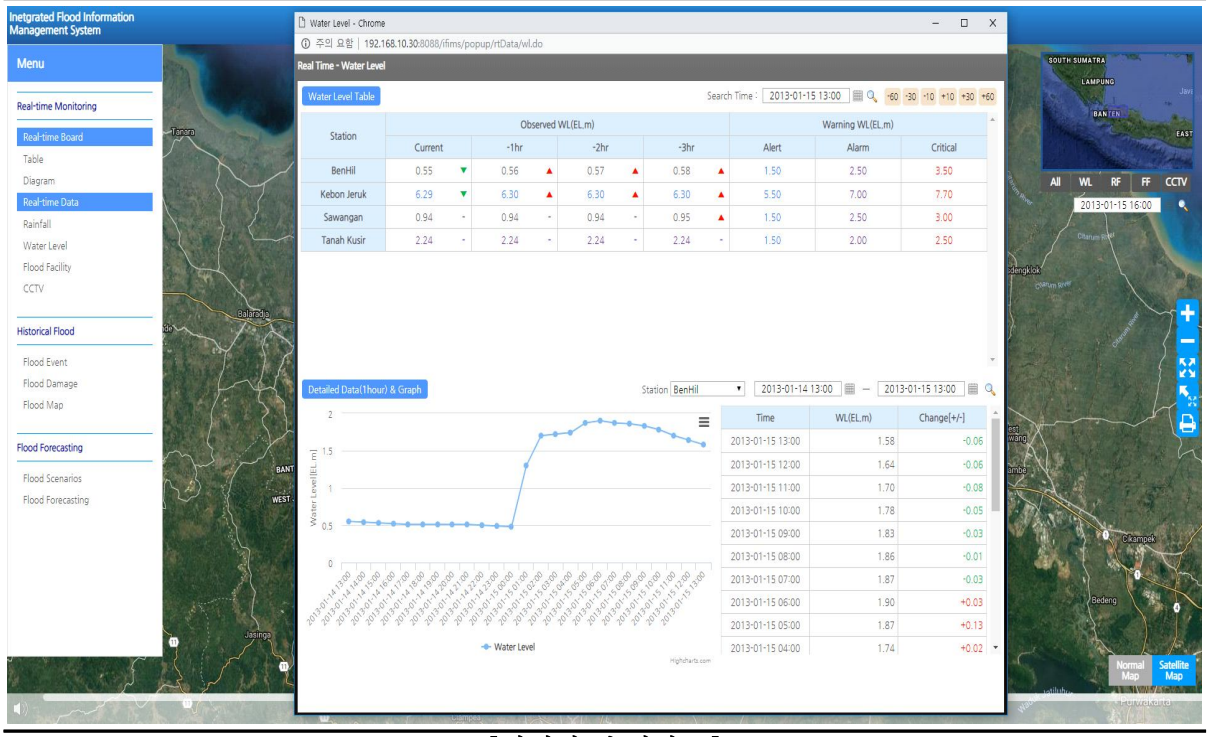
2) 실시간 수문 데이터

○ 실시간 강우 자료



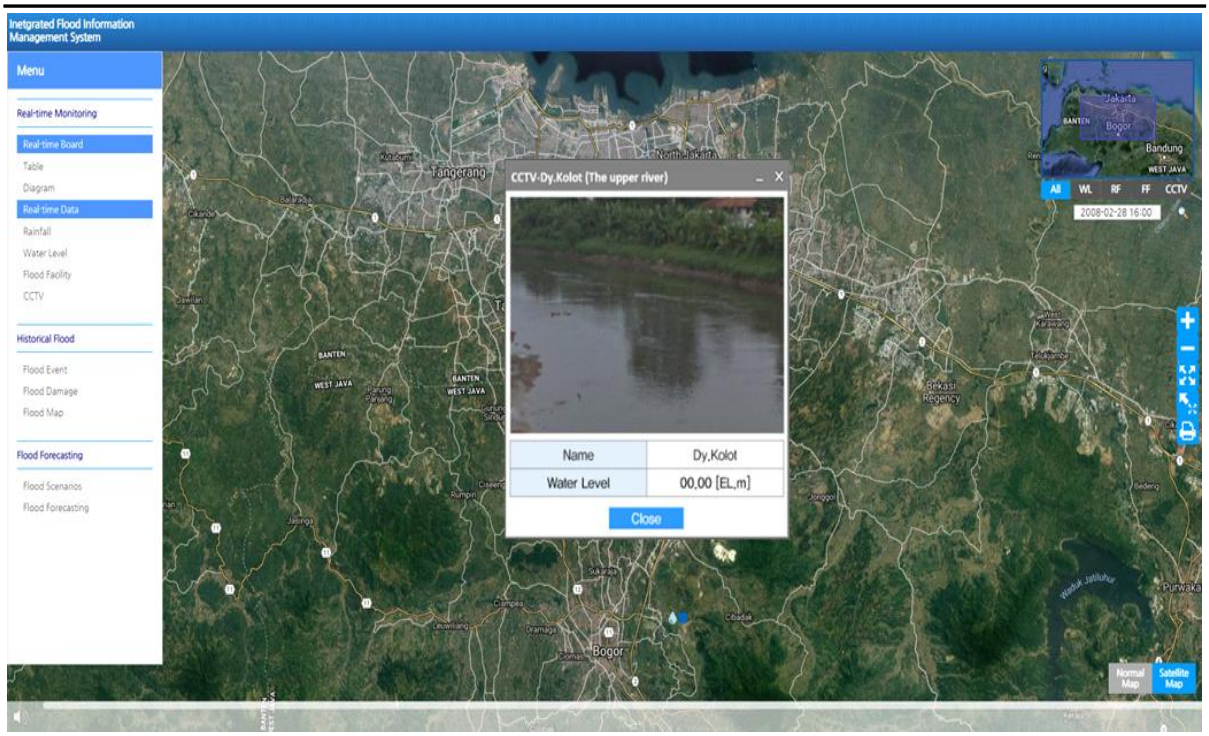

[실시간 강우자료]

○ 실시간 수위 자료




[실시간 수위자료]

○ 실시간 CCTV

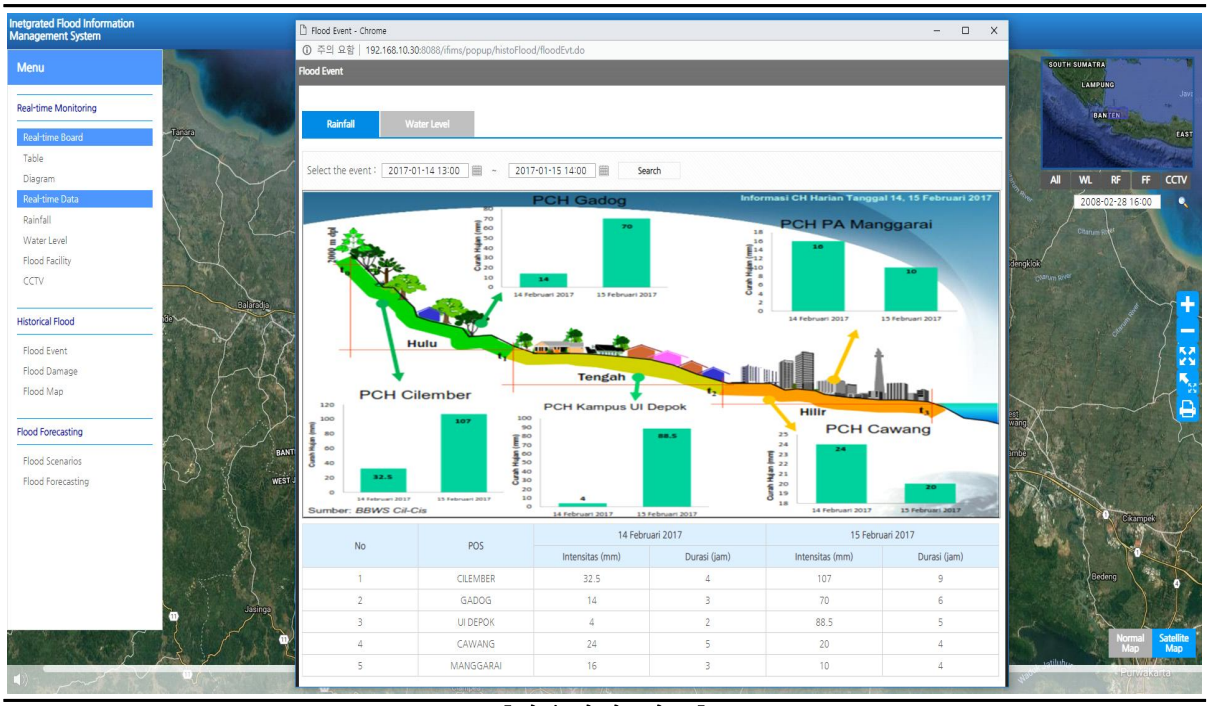



[실시간 CCTV]

나. 과거 홍수 정보

1) 과거 수문현황 정보

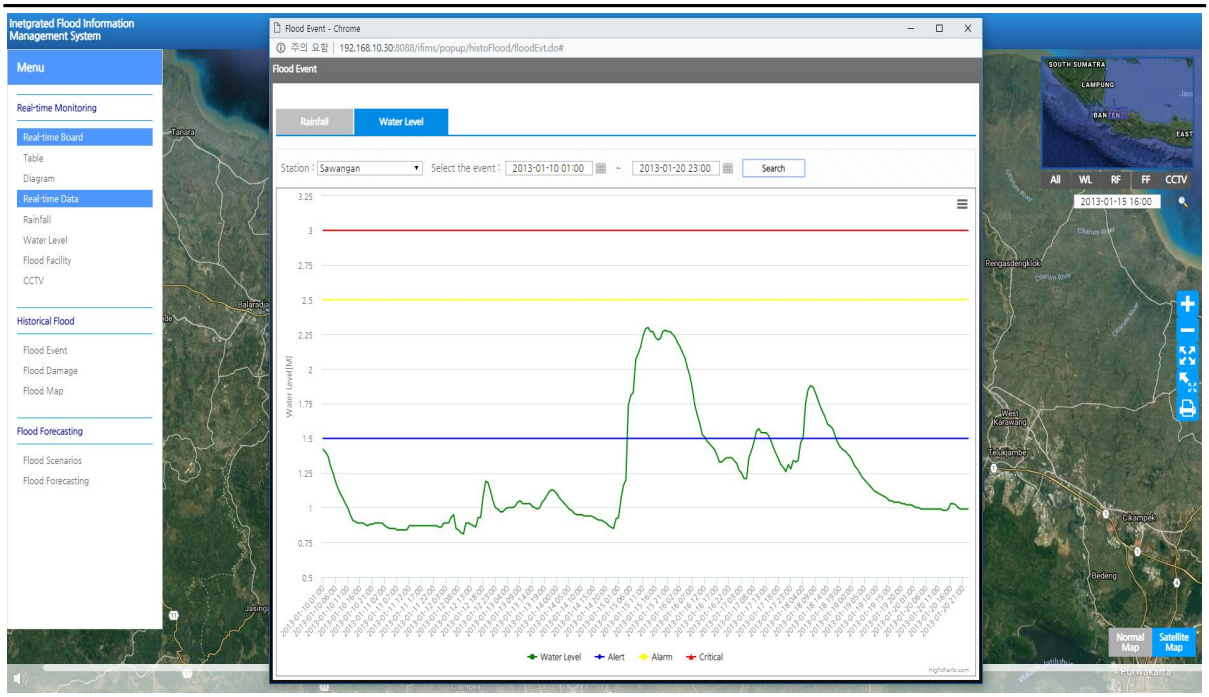
○ 강우사상 정보




| No | POS | 14 Februari 2017 | | 15 Februari 2017 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Intensitas (mm) | Durasi (jam) | Intensitas (mm) | Durasi (jam) |
| 1 | CILEMBER | 32.5 | 4 | 107 | 9 |
| 2 | GADOG | 14 | 3 | 70 | 6 |
| 3 | UI DEPOK | 4 | 2 | 88.5 | 5 |
| 4 | CAWANG | 24 | 5 | 20 | 4 |
| 5 | MANGGARAI | 16 | 3 | 10 | 4 |

[강우사상 정보]

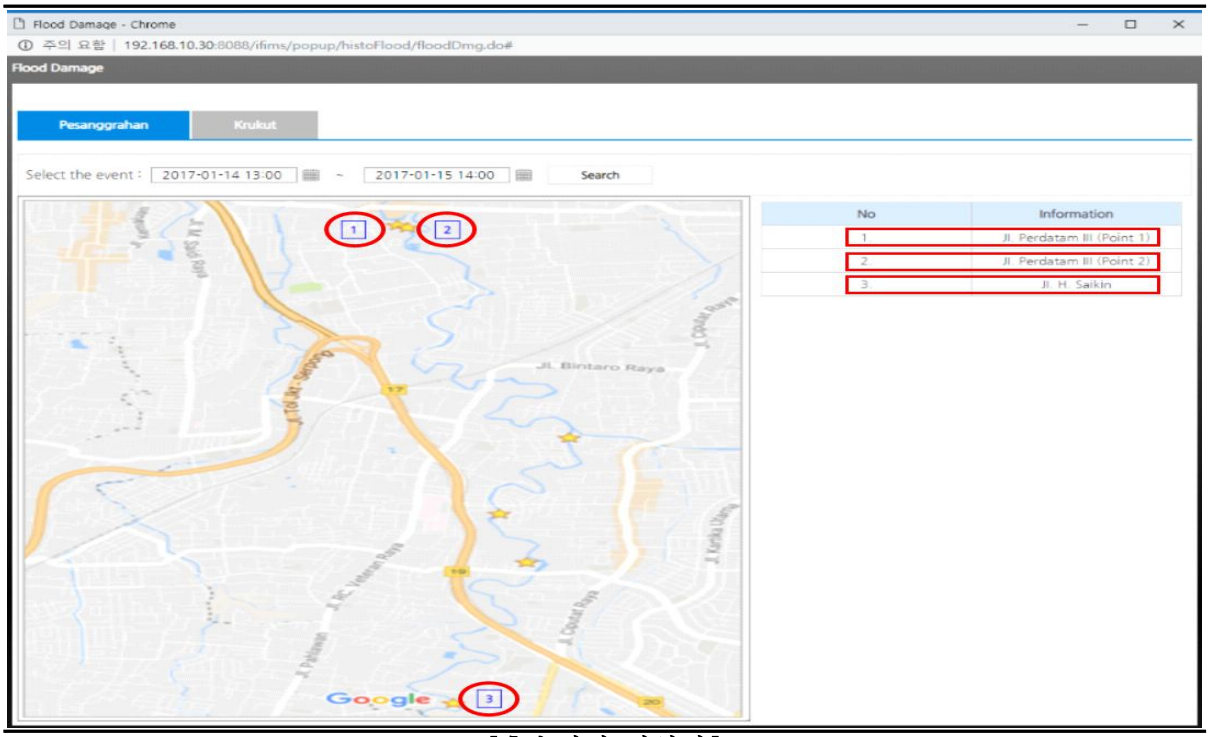
○ 수위사상 정보




[수위사상 정보]

2) 홍수피해 현황 정보

○ 홍수피해 현황판



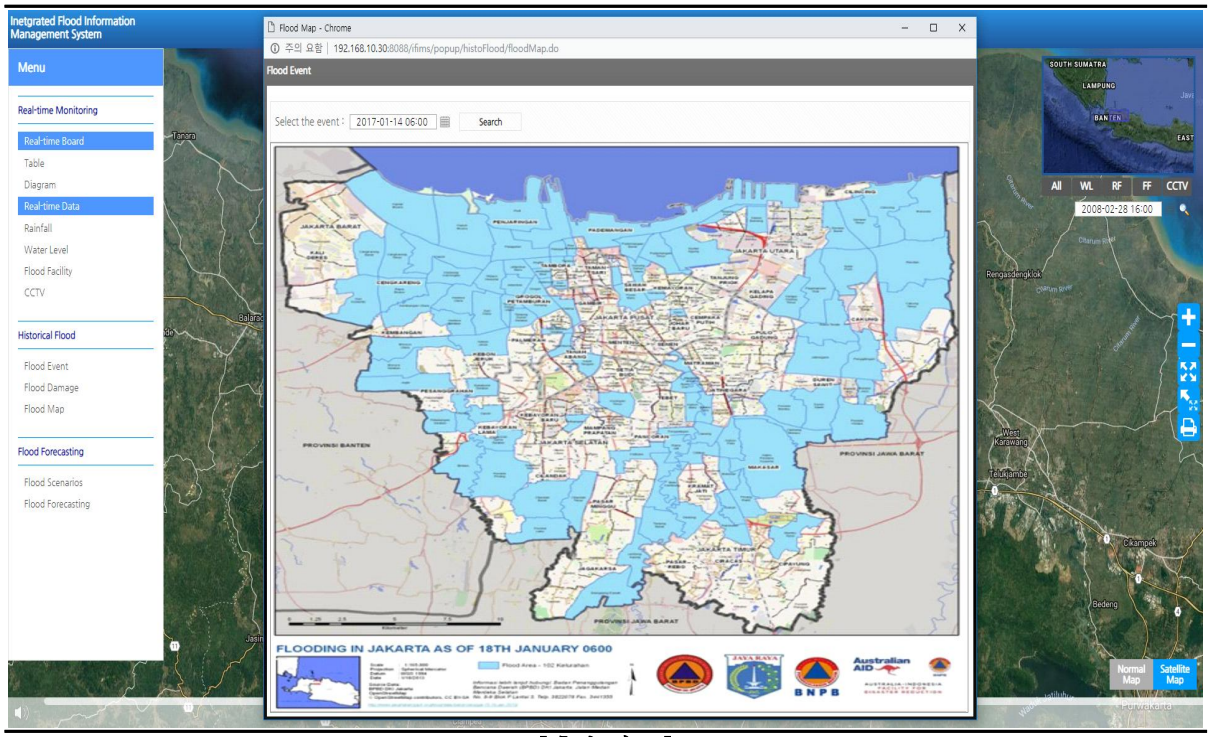

[홍수피해 상황판]

○ 세부 피해 현황



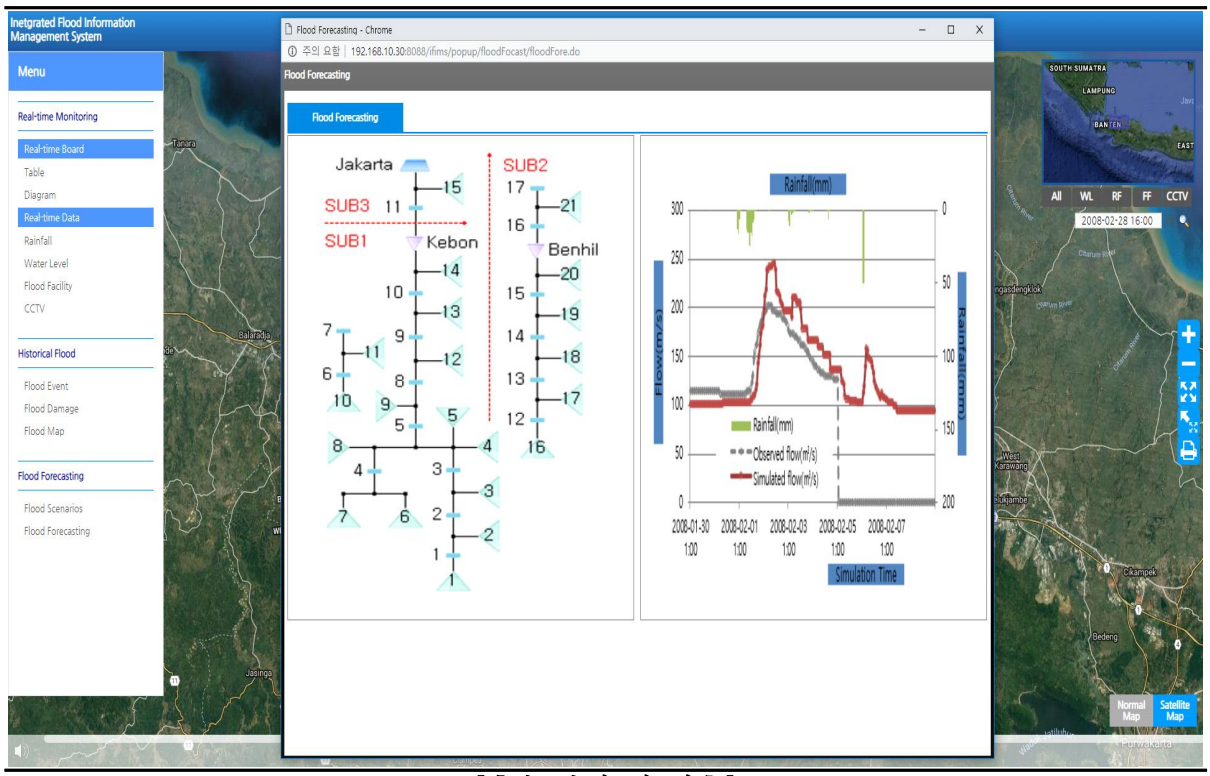

[피해현황]

3) 홍수지도




[홍수지도]

다. 홍수분석 및 예측 정보




[홍수 분석 및 예측]

## 제4장. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

○ 양적 성과

- 특허 출원목표 1건 대비 1건 달성 (출원 완료)
- 논문 목표 1건 대비 1건 달성
- S/W 등록목표 5건 대비 6건 달성으로 1건 초과달성
- 학술발표 목표 5건 대비 6건 달성하여 1건 초과달성
- 기술보고서 목표 5건 대비 5건 달성

| 성과 | 계획 | 실적 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 특허 | 1 | 1 | |
| 논문 | 1 | 1 | |
| S/W 등록 | 5 | 6 | 1건 초과달성 |
| 학술발표 | 5 | 6 | 1건 초과달성 |
| 기술보고서 | 5 | 5 | |

○ 질적 성과

- 맞춤형 물재해관리시스템 개발, 사업 대상유역 물재해 관리 가이드라인 작성, 통합 DB 및 정보관리시스템 개발의 질적성과는 기술보고서와 최종보고서 제출본에 수록

2. 관련 분야 기여도

○ 기술적 측면

- 국산 물관리 기술의 현지 적용을 통해 해외 진출 확산에 기여하고 동남아시아 개발도상국 IWRM(Integrated Water Resources Management) 기술 시장 진출 활성화 기대
- 유역관리 측면에서 각 수리시설물을 통합 운영하는 합리적인 운영기술을 제시함으로서 이해관계간의 의사결정 지원 도구로서 활용
- 지능형 통합물관리가 도입되지 않은 동남아 도시지역의 수재해 관련 비상상황 발생시 민첩하고 효과적인 대응 기대
- 현지 정부기관과의 네트워트 구축 및 국제기구(AWC 등), 현지 정부 연구기관과의 공동연구를 통해 현지 적용성이 담보된 맞춤형 물재해 관리시스템 개발

○ 경제적·산업적 측면

- 체계적인 분석을 통해 물관리시설의 효율적인 운영방안을 제공함으로써 국내 기술에 대한 국제적 인지도 제고와 신규 해외시장 개척 및 통합물관리 사업으로 연계 확장의 교두보 확보
- 선진 물관리 기술 도입을 통해 홍수, 가뭄, 수질사고 등 비상상황 발생시 신속하게 대응 할 수 있는 기반을 마련하여 추가적인 수자원 오염을 방지할 수 있고 이는 곧 물관리 비용 절감의 효과로 연결

○ 사회적 측면

- 국내의 기술과 노하우를 기반으로 해당 지역에 최적화된 클라우드 기반 맞춤형 물재해 관리시스템을 공급하여 국내 물분야 중소기업과 IT기업, K-water, 해외 수요국 연구기관과의 협업을 통해 해외 진출 및 동반성장의 기회 마련

3. 목표 미달성 시 원인(사유) 및 차후대책(후속연구의 필요성 등)

○현지 적용방안(실용화)

- 공동 연구기관인 인도네시아 공공사업부 수자원청과의 협의를 통해 수자원국(DGWR)의 방재상황실에 본 물재해 관리시스템을 설치하여 현장 적용 추진

- 향후 현지 관리자로부터 요구되는 보완사항을 추가 적용하여 방재 업무에 실제 적용할 수 있는 실용화 제품으로 발전 모색

- 인도네시아 현지에서 공동연구기관과 워크샵등을 개최

- AWC, WWC등 물관련 국제기구에 사업내용의 소개(발표)등을 추진

- 인도네시아 대댐회등 현지 학계를 대상으로 사업소개 및 성과보고를 실시

○향후 활용방안(사업화, 후속연구)

가. 기본 방향

- 인도네시아 현지 여건이 반영된 물재해 관리시스템은 연구 대상지인 자카르타 시에 우선 적용하고 향후, 인도네시아 2대 도시인 수라바야시에 Pilot 테스트를 제안하여 적용지역의 확산을 모색

- 본 과제의 물재해 관리는 홍수문제에 초점이 맞춰서 진행하는바 향후 가뭄, 수질오염 관리 시스템을 추가하여 종합적인 물재해 관리시스템으로 발전 할 수 있도록 추진 예정임

- 이러한 현지 맞춤형 물재해 관리시스템 적용은 동남아시아 인근 국가에서 통합유역 및 하천관리 사업과 연계하여 기술이전 및 시스템 구축사업으로 확장

- 우리나라 홍수통제소의 역할을 수행할 수 있는 관제센터를 인도네시아 전역으로 확대 적용해야 함을 피력하여 후속 사업 발굴에 집중

나. 인도네시아 시장 진출 방안

- 현재 인도네시아 정부는 수자원 개발 사업(총 9건)에 대한 엔지니어링 서비스 제공을 통한 수자원 인프라 사업을 준비중에 있음

- 다목적댐 개발사업(5개), 하천 유역 홍수관리 사업(4개) 관련한 수자원 엔지니어링 사업을 EDCF 차관을 통해 32백만불 규모로 시행 예정

- 해당 사업의 설계 보고서에 본 연구를 통해 개발된 물재해 관리 시스템을 반영함으로써 향후 본 사업 수행 시 인도네시아의 홍수관리를 위한 기본 시스템으로 활용 가능

다. 개발도상국 시장 진출 방안

- 코이카는 ODA 원조 사업으로 본 과제의 대상지역인 인도네시아를 비롯하여 필리핀, 베트남, 방글라데시, 페루, 모잠비크 등 동남아시아 뿐만 아니라, 서남아시아, 남미, 아프리카 등 전 세계 개발도상국들을 대상으로 홍수예경보 시스템 구축 사업을 준비 중에 있음

- 이에 따라 다수의 물관련 기업과 IT기업들이 관심을 보이고 있으며, 이에 따라 사업 참여 가능성이 높고, 이를 바탕으로 향후 사업화를 추진할 수 있을 것으로 전망

- 연구과제의 수행과 함께 해외사업 진출을 위한 인적 네트워크의 구축, 본 연구기관의 타 사업분야인 개발도상국 또는 저개발국가의 통합유역 및 하천관리 사업과 연계하여 개발기술을 적극 활용을 통한 신시장 진출

- 동남아시아 등 개도국의 홍수관리를 위한 계측, 데이터베이스 구축, 홍수분석 기술 분야로의 수출 기대되며, 다음과 같이 대상 국가들을 구분하여 시장 진출 전략 수립

* 중점 국가 : 인도네시아, 태국, 필리핀, 베트남, 캄보디아 (풍부한 수자원에 따른 관리의 중요성 대두, 빈번한 재해발생, 시범적용 가능성이 높으며 인접국가로의 접근성 및 파급효과가 큰 곳)

* 전략국가 : 라오스, 방글라데시, 인도, 파키스탄 (수자원 및 재해관리에 대한 인식 제고, 중점국가에 인접하여 파급효과를 받는 국가)

* 관찰국가 : 미얀마, 르완다 (향후 지속적인 물관리 및 재해관리의 중요성을 인식할 수 있는 국가)

라. 홍수유출 및 수리해석 모형 신뢰성 제고를 위한 후속연구 추진

- 물 재해 관리 시스템의 핵심은 사전에 홍수피해를 최소화하기 위한 홍수예경보 발령을 위한 정보를 신속하게 제공하는 하는 것임

- 본 연구에서는 K-water 물 관리 시스템에 활용 중인 홍수분석모형(FAS, Flood Analysis System)과 1차원 수리해석모형인 FLDWAV가 시스템에 장착되어 있음

- 예경보의 신뢰성 제고를 위해서는 모형의 예측정확도가 무엇보다도 중요하며, 시스템 활용에 앞서 홍수유출 및 수리해석모형의 검증과정이 필요함

- 즉, 홍수유출모형의 검증을 위해서는 신뢰성 있는 수문기상학적 매개변수(강우, 기온, 조위 등)와 토양 및 토지이용 관련 매개변수와 함께 실측 수위 및 유량자료가 필수적임

- 국내와는 달리, 인도네시아와 같은 개발도상국의 경우 기초자료 및 실측자료의 확보가 매우 어렵고 자료의 관리에 대한 이해도가 낮은 편임

- 특히, 본 연구의 확장 유역인 바탐의 경우 유연 내 강우관측소가 없으며, 홍수유출모형 및 수리해석 모형의 검증에 필수적인 수위관측소 1개를 보유하고 있으나, 간헐적 자료를 수기로 구축하고 있음(수위-유량 자료 無)

- 이와 같은 사유로 인하여 모형에서 산정된 수문곡선과 수위해석 결과에 대한 검증을 수행할 수가 없음

- 지난 해 말, 국내 중소벤쳐기업부 예산 지원으로 태양열 기반 자동수위계(수위, 유량, 기온 등)를 설치하여 바탐유역청에서 관리 중임

- 본 연구에서 개발된 물재해관리시템이 인도네시아의 홍수관리를 위한 기본 시스템으로 활용을 위해서는 홍수유출과 수리해석 모듈에 대한 검증과 자동보정 시스템 등 후속연구 추진 필요

- 후속연구는 인도네시아 정부에서 추진 중인 EDCF 차관 사업과 연계하여 추진

## 제6장. 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

## 제7장. 연구개발성과의 보안등급

보안등급 분류 : 일반
결정사유 : 핵심기술의 지적재산권(특허, 프로그램 등록) 확보 후 공개로 기술보안 가능함

## 제8장. 국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설 · 장비 현황

| 구입 기관 | 연구시설/ 연구장비명 | 규격 (모델명) | 수량 | 구입 연월일 | 구입 가격 (천원) | 구입처 (전화번호) | 비고 (설치 장소) | NTIS장비 등록 번호 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

## 제9장. 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

해당사항 없음

## 제10장. 연구개발과제의 대표적 연구 실적

| 번호 | 구분 (논문/ 특허/ 기타) | 논문명/특허명/ 기타 | 소속 기관명 | 역할 | 논문 게재지/ 특허 등록 국가 | 영향력 지수 | 논문 게재일 /특허 등록일 | 사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사) | 특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 논문 | 기후변화를 고려한 다목적댐 운영기준 개선 및 평가 | K-water | | 한국습지학회 | | 2019년 12월 27일 | 중복 사사 | |
| 2 | 특허 | 선행강우를 고려한 홍수경보 시스템 | (주)로커스솔루션 | | 대한민국 | | 출원중 (2019.12.30.) | | h |
| 3 | 기타 | 클라우드 기반 물재해 관리시스템의 동남아시아 지역 적용방안 | 로커스솔루션, K-water, MPWH | | 한국지리정보학회 학술대회 | | | 단독 사사 | |
| 4 | 기타 | ADVANCED MODELING TECHNOLOGY FOR FLOOD RISK MANAGEMENT | ADB, Locus solution | | 6th International seminar of HATAI | | | 단독 사사 | |
| 5 | 기타 | Development of Water risk Management Platform for Indonesia | Locus Solution | | 한국수자원학회 | | | 단독 사사 | |
| 6 | 기타 | Development of Cloud Computing based Water risk Management System in Indonesia | K-water | | 10th IWA conference | | | 단독 사사 | |
| 7 | 기타 | 동남아시아 맞춤형 물재해 정보관리를 위한 통합 DB 구축방안 연구 | 알엔에이솔루션 | | 한국산학기술학회 | | | 단독 사사 | |
| 8 | 기타 | DECISION SUPPORT SYSTEM FOR SMART WATER MANAGEMENT, INDONESIA | SGA | | 6th International seminar of HATHI | | | 단독 사사 | |

## 제11장. 기타 사항

## 제12장. 참고 문헌

## 9. 뒷면지

주 의

1. 이 최종보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.