Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 24, No. 11 pp. 527-534, 2023

https://doi.org/10.5762/KAIS.2023.24.11.527
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

물막이설비 설계 높이 결정 방법의 개선

김종천*, 김지호
하존이앤씨(주) 기업부설연구소

An Improved Method in Determining the Design Height of Flood Barriers

JongChun Kim*, Jiho Kim
Research Center, Hajon Engineers and Consultants Co., Ltd.

요 약 물막이설비의 설계 높이는 지반고와 계획홍수위를 비교한 예상침수심에 여유고를 추가로 고려하여 결정한다. 그동안 국내 물막이설비 설치에 관한 기준을 몇 차례 개정하였으나, 아직도 설계 높이를 결정하기 위한 예상침수심을 결정하는 기준이 명확하지 않다. 또한, 여유고 기준이 0.3 m로 획일화되어 있는 등 추가 보완이 필요한 상황이다. 본 연구에서는 방재성능목표강우량 기준의 예상침수심을 대상으로 침수심의 범위와 건물의 지하층 유무를 고려하여 여유고 기준을 차등 적용하는 개선된 물막이설비 설계 높이 결정 방법을 제안하였다. 개선된 물막이설비 설계 높이 결정 방법의 적용성을 향상하고자 GIS 프로그램과 연계한 계산 도구를 추가로 개발하였다. 침수예상도가 구축된 시·군을 대상으로 개선 방법을 적용한 결과, 집계구별로 0.0~2.0 m의 현실적인 범위의 물막이설비 설계 높이가 필요한 것으로 분석되어 방법론의 타당성을 확인하였다. 본 연구에서 제안하는 물막이설비 설계 높이 결정 방법은 지구 특성을 구체적으로 고려하여야 하는 물막이설비 실시설계에 앞서 개략적인 사업예산을 검토하는 등의 정책 결정 단계에서 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract The determination of flood barrier heights entails a comparison of the ground elevation and flood water level while taking into account an added safety margin known as the freeboard. Despite multiple revisions to the enforcement rules for flood barrier standards, a universally accepted criterion for the design height of flood barriers remains elusive. Moreover, the uniformity in the freeboard, which is fixed at 0.3 meters, highlights the need for further enhancements. In this study, we proposed an improved method for determining the design height of flood barriers that considers various freeboards based on the range of flood depths and the presence of underground spaces in buildings. To increase the applicability of the method, a design height calculator integrated with GIS software was developed. The validity of the method was verified through case studies in regions with flood inundation maps, and the reasonable ranges of design height spanning from 0.0 to 2.0 meters were estimated. It is expected that the proposed method will provide invaluable insights in the policy decision-making stage before the working design stage.

Keywords : Flood, Inundation, Flood Barrier, Equipment Standard, Freeboard

이 논문은 행정안전부 기후변화대응 AI 기반 풍수해 위험도 예측기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2022-MOIS 61-002(RS-2022-ND634021)).
*Corresponding Author : JongChun Kim(Hajon Engineers and Consultants Co., Ltd.)
email: arz6oiof@naver.com
Received September 25, 2023 Revised October 24, 2023
Accepted November 3, 2023 Published November 30, 2023

1. 서론

최근 이상기후로 인하여 집중호우가 빈번해지고, 도시화에 따른 홍수 집중으로 내수침수 피해가 증가하는 상황에서[1] 내수침수 방지를 위한 구조적 대책으로 물막이설비 설치가 주목을 받고 있다. 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」을 통하여 일정 규모 이상의 건축물에 대한 물막이설비 설치가 의무화되었으며[2], 지자체에서는 다양한 물막이설비 지원사업을 진행하는 등 건축물에 물막이설비 설치를 적극 장려하고 있다[e.g., 3,4]. 이에 따라 지하철역사 출입구, 지하주차장 출입구, 상가 출입구 등을 중심으로 물막이설비 설치 사업이 활발한 데 비하여, 최근 제정된 「물막이설비 설치 기술기준」에서는, 물막이설비 설계 높이 결정 방법, 여유고(freeboard) 기준 등 실무적으로 중요한 항목이 누락되어 보완이 필요한 상황이다[5].

국외에서는 기후변화 대응의 일환으로 건축물의 물막이설비 설치에 관한 다양한 정책과 지침이 마련되고 있다. 특히, 홍수보험 운영 측면에서 보험료율 산정시 물막이설비 설치 유무가 중요하기 때문에 물막이설비에 관한 구체적인 기준을 수립하고, 관련 지침을 지속해서 보완하고 있다. 미국연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency)에서는 하천 및 해안에 가까이 위치한 건물에 대한 홍수방어지침으로 건물의 형태와 용도에 따른 물막이설비 설치 방향, 여유고 규정 등 구체적인 사항을 제시하였다. 특히, 홍수발생빈도를 연간 1% 발생확률(100년빈도)을 적용하여 홍수위험구역 및 기준홍수표고(base flood elevation)를 설정하고, 이를 기준으로 활용하였다[6]. 또한, 기준홍수표고의 불확실성에 대비하여 여유고 개념을 적용하였다[7]. 홍수보험제도에서 물막이설비가 설치된 건물에 대하여 기준홍수표고 대비 확보된 여유고가 높을수록 낮은 보험료율을 적용하는 것이 그 예이다[8]. 미국 뉴욕과 보스턴에서는 회복탄력성(climate resilience) 개념을 바탕으로 침수 상황에 대한 홍수회복력을 고려하여 설치하여야 할 물막이설비의 재료(강성 또는 연성), 작동 방법(수동 또는 자동) 등 세부 항목을 구체적으로 규정하였다[9,10].

유럽에서도 물막이설비의 규모를 결정하는데 수리·수문분석을 통한 계획홍수위와 불확실성을 대비한 여유고 개념을 고려한다는 측면에서 미국과 유사한 방식을 적용하고 있다. 영국 환경청(Environment Agency)에서는 물막이설비에 관한 다양한 정책과 지침을 제시하였는데, 분리형 물막이설비를 이용하여 기본적으로 계획홍수위 미만의 침수를 대비하다가 필요시 탈부착 물막이설비를 추가로 설치하여 계획홍수위를 초과하는 침수에 대응하거나 여유고를 확보하는 것이 특징이다[11]. 그 밖에도 이탈리아, 프랑스, 체코, 핀란드 등에서 기준의 차이는 있으나 공통으로 홍수발생확률에 대한 계획홍수위를 결정하고, 여유고를 고려하는 방식을 채택하고 있다[12].

일본 「지하상가 침수방지용 설비 가이드라인」에서는 지하시설 출입구의 위치와 형태에 따라서 설치하여야 할 물막이설비의 형식과 기준 높이를 제시하였다. 출입구 바닥에 대해서는 최대 2.0 m 높이로 기립식 시설을 설치하는 것이 기준이며, 상대적으로 중요도가 낮은 출입구 측벽과 천장은 0.3~1.0 m 높이의 탈착식 시설을 설치하도록 규정하였다[13].

국내 물막이설비 관련 기준은 앞선 해외 사례와 마찬가지로 계획홍수위를 고려하여 물막이설비 기준 높이를 결정하고, 여유고를 추가로 고려하는 방향으로 법령과 지침이 개정되어 왔다. 건축물 물막이설비 설치에 관한 최초 규정은 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」에서 수립되었다[14]. 설치 대상 건축물은 연면적 1만 m^2 이상으로 규정하고 있으나 물막이설비 제원에 관한 구체적인 기준은 제시되지 않았다. 이후 관련 세부기준인 「차수설비 설치기준(안)」에서 과거 피해 당시 침수심보다 20 cm 초과하는 높이의 물막이설비를 설치하는 내용을 제시하였으나, 행정예고 과정에서 철회된 바 있다[15].

「지하공간 침수 방지를 위한 수방기준」을 개정하면서 침수 방지대책 적용 대상을 기존 건축물에서 지하시설로 확대하였으며, ① 과거 침수높이, ② 하천 및 해일범람에 대한 수치모의 결과, ③ 관련법에 근거한 방재관련 계획에서 제시하는 침수높이 등을 종합적으로 고려하여 예상침수심을 결정하고, 이를 바탕으로 물막이설비 기준 높이를 결정하도록 보다 정량적인 기준을 설정하였다[16]. 최근에는 「물막이설비 설치 기술기준」으로 예상침수심을 바탕으로 물막이설비 기준 높이를 결정할 뿐만 아니라 물막이설비 기준 높이가 1 m를 넘는 경우, 0.3 m 내외의 여유고를 추가로 고려하도록 보완되었다[5].

한편, 서울특별시에서는 「침수방지용 물막이판 설치 기준(안)(서울연구원, 2023)」을 수립중이며, 물막이판 높이 설정 기준을 기존 0.4 m에서 0.5 m로 상향하는 개선안을 제시하였다. 이때, 0.5 m의 높이 설정 기준은 2022년 관악구 신림동에서 인명피해가 발생한 당시의 침수심을 실험으로 재현한 결과[17,18]와 2020년 대전광역시 서구 정림동에서 발생한 침수피해를 수치모형을 통하여 분석한 결과[19]를 바탕으로 채택되었으나, 공통적으로

여유고의 개념을 고려하지 않았고 일부 지역에 국한된 침수해석 결과를 바탕으로 일괄적인 0.5 m의 높이 기준을 설정하였다는 한계가 있다.

지금의 국내 물막이설비 제원에 관한 기준은 계획홍수위를 통한 예상침수심을 결정하고 여유고를 고려하여 물막이설비 기준 높이를 결정하도록 제시되었으나, 예상침수심 결정시 침수이력 또는 침수흔적도를 통한 과거 피해 당시 침수심과 수치모형 모의를 통한 예상 침수높이 중에서 채택 기준이 명확하지 않다. 또한, 0.3 m의 획일화된 여유고 기준을 적용한다는 점에서 현장여건을 고려하지 못한다는 문제점이 있다. 이러한 배경에서 본 연구에서는 우수관거 설계에 적용하는 예상침수심 산정 방법과 하천 설계에 적용하는 여유고 기준을 접목하여, 주관적인 요소를 배제하고 물막이설비 설계 높이를 결정하는 개선 방법을 제안하였다. 개선된 물막이설비 설계 높이 결정 방법의 적용성을 향상하고자 GIS 프로그램의 툴박스 형태의 계산 도구를 추가로 개발하였다.

이어지는 2장에서 개선된 물막이설비 설계 높이 결정 기준과 개발된 GIS 프로그램 기반의 계산 도구를 설명하고, 3장에서는 개선된 물막이설비 설계 높이 결정 방법을 시·군에 적용한 사례를 검토한다. 끝으로 결론을 4장에서 제안하는 것으로 본고를 구성하고자 한다.

2. 물막이설비 설계 높이 결정 개선안

2.1 물막이설비 설계 높이 결정 기준

물막이설비 기준 높이를 결정하는 국내외 사례를 종합적으로 살펴보면, 결국 물막이설비의 설계 높이는 예상침수심을 바탕으로 한 홍수방어 높이와 여유고의 합으로 결정된다. 따라서 예상침수심을 결정하는 과정과 기준을 명확하게 하고 0.3 m로 획일화된 여유고 기준을 현장여건 등을 고려하여 다양화하는 것이 주요 사항이다.

첫 번째로 예상침수심 결정에 관한 「지하공간 침수 방지를 위한 수방기준」 제4조의 예상 침수 높이 결정시 고려 대상은 다음과 같다.

1. 과거의 태풍, 호우, 해일 등으로 인한 침수피해나 침수 흔적에 따른 침수 높이
2. 침수흔적도에 의한 침수 높이
3. 하천 범람 모의, 해일 범람 모의 등의 침수 높이 분석 결과
4. 지역별 방재성능목표를 적용한 내수 침수 모의 등의 침수 높이 분석 결과
5. 「자연재해대책법」 제16조에 따라 수립하는 자연재해저감종합계획의 전지역단위 침수 높이 분석 결과
6. 침수예상도(홍수범람, 내수침수, 해안침수)가 작성된 지역에서 침수 높이

자연재해저감종합계획의 전지역단위 하천·내수재해 발생가능성 검토시 지역별 방재성능목표강우량을 기준으로 하천·해일범람, 내수침수를 모의하는 「자연재해저감종합계획 세부수립기준」을 고려할 때, 3~5번은 결과적으로 동일한 기준이다[20]. 한편, 침수예상도 작성 관련 실무 기준인 「재해지도 작성 기준 등에 관한 지침」에서 침수 모의 결과를, 과거 피해이력, 침수흔적도 등과 비교하여 타당성을 검토하기 때문에 1~2번 항목의 검토는 3~5번에 포함되는 개념이다[21].

정리하면, 물막이설비 설계 높이를 결정하고자 침수예상도를 활용할 때, 홍수위험지도 등 침수예상도가 이미 제작된 경우는 해당 자료를 그대로 사용하면 되고, 활용할 수 있는 침수예상도가 없는 경우에는 「재해지도 작성

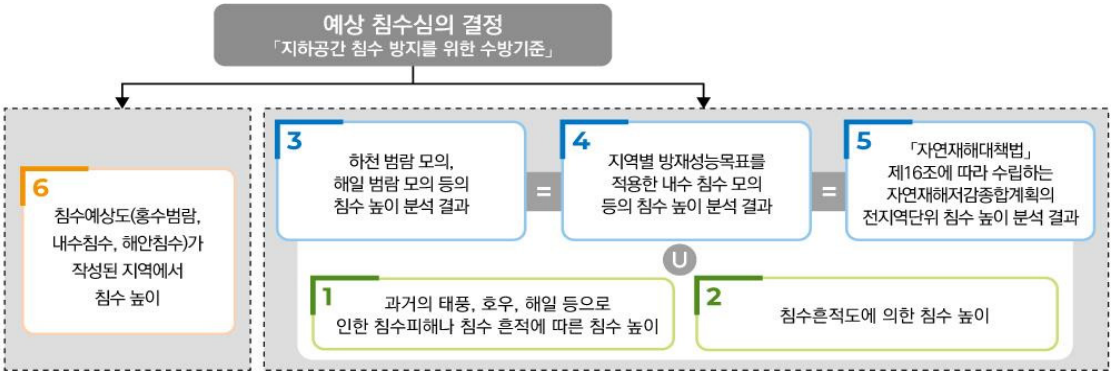

Fig. 1. Hierarchy diagram of predicted flood depth criteria in MOIS regulations[16]

기준 등에 관한 지침」에 따라서 방재성능목표강우량 기준의 침수모의 결과를 침수예상도로 사용하면 된다(Fig. 1). 추가로 침수예상도의 침수심이 cm 단위일 경우 물막이설비 제작 편의를 위하여 0.1 m 단위로 올림 처리하여 설계 높이를 결정하는 것이 필요하다.

두 번째는 여유고 기준 결정에 관한 것으로 현재 물막이설비 높이 결정에 적용하는 여유고는 0.3 m로 종류가 한 가지다. 여유고 적용 기준을 다양화하기 위해서 「하천설계기준」에서 적용하는 여유고 기준 체계를 참고할 필요가 있다. 하천제방 설계시 고려하는 여유고는 여러 불확실한 요소에 대한 안전값으로 주어지는 여분의 높이를 의미하며, 계획홍수량에 따라서 0.3, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.5 m 등으로 차등 적용한다. 반면에 우수관거나 배수로 설계시에는 관거 높이의 약 30%를 여유고로 두는 방법이 적용된다[e.g., 22,23].

우선, 수자원 설계에서 적용되는 여유고 구분 기준과 재해지도 작성시 적용되는 침수심 구분 기준을 종합적으로 고려하여 적용되는 여유고가 침수심의 약 30% 수준이 될 수 있도록 침수심의 계급구간에 따라서 여유고 기준을 결정하였다(Table 1). 여유고 결정에 고려하여야 할 대상으로 침수심 이외에 보호하여야 할 건물의 중요도 및 침수대비 취약정도가 있다. 특히 건물의 침수대비 취약정도를 고려하고자 건물의 지하층 유무를 검토하여 지하층이 존재할 경우 여유고 기준을 한 단계 상향하는 방법을 채택하였다. 즉, 예상침수심이 1.2 m 인 건물에 지하층이 없는 경우의 여유고 기준은 0.6 m이고, 지하층이 존재하는 경우 여유고 기준은 0.8 m가 된다.

Table 1. Criteria of freeboard for flood barriers

Class of flood depth(m)	Freeboard(m)	Note
flood depth ≤ 0.5	0.3	If underground spaces exists, criteria of freeboard is raised one level
0.5 < flood depth ≤ 1.0	0.3	
1.0 < flood depth ≤ 1.5	0.6	
1.5 < flood depth ≤ 2.0	0.6	
2.0 < flood depth ≤ 3.0	0.8	
3.0 < flood depth	0.8	

2.2 물막이설비 설계 높이 계산 도구

본 연구에서 제안하는 물막이설비 설계 높이를 결정하는 개선안을 실무에서 적용하려면 침수예상도, 지하층 유무가 포함된 건물 정보, 물막이설비 설계 높이를 결정할 구역 경계 3가지가 필요하다. 해당 자료는 통상 공간정보자료 형식으로 생성되므로 물막이설비 설계 높이를 계산하는 도구의 개발 환경을 결정하는데 기존 GIS 프로그램과의 호환을 최우선으로 고려하였다. 그중 무료 오픈소스인 QGIS의 툴박스 형식(애드온 방식)으로 계산도구를 개발하였다(Fig. 2).

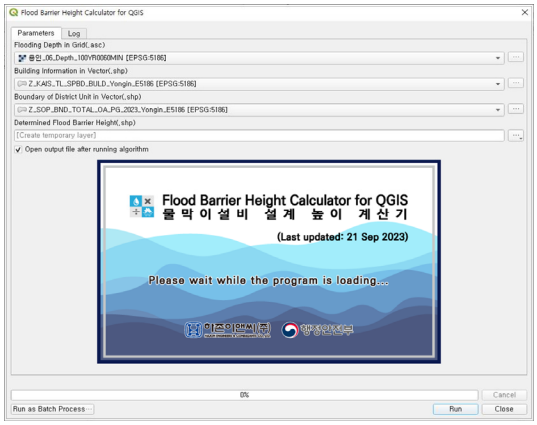

Fig. 2. Main page of flood barrier height calculator

개발된 「물막이설비 설계 높이 계산기(Flood Barrier Height Calculator for QGIS)」는 QGIS 3.0 이상 버전에서 정상 구동되며, QGIS의 기본 연산기능을 활용하여 산정구역별 물막이설비 설계 높이를 결정한다(Fig. 3). 주요 기능으로 ① buffer를 이용한 사용자 편의 입력자료 오류 객체 자동수정, ② join attributes by location 및 statistics by categories를 이용한 산정구역별 최대 지하층수 계산, ③ zonal statistics를 이용한 산정구역별 최대 침수심 계산, ④ field calculation을 이용한 침수심을 고려한 여유고 기준 및 물막이설비 설계 높이 계산이 있다.

3. 물막이설비 설계 높이 결정 방법 적용성 검토

3.1 대상 지역 및 활용자료

본 연구에서 제안한 물막이설비 설계 높이 결정 개선안의 타당성을 검증하고, 물막이설비 설계 높이 계산기의 활용성을 검토하기 위하여 침수예상도가 구축된 시·군을 대상 지역으로 설정하였다. 침수예상도는 환경부 홍수위험지도 정보시스템(https://floodmap.go.kr/)에

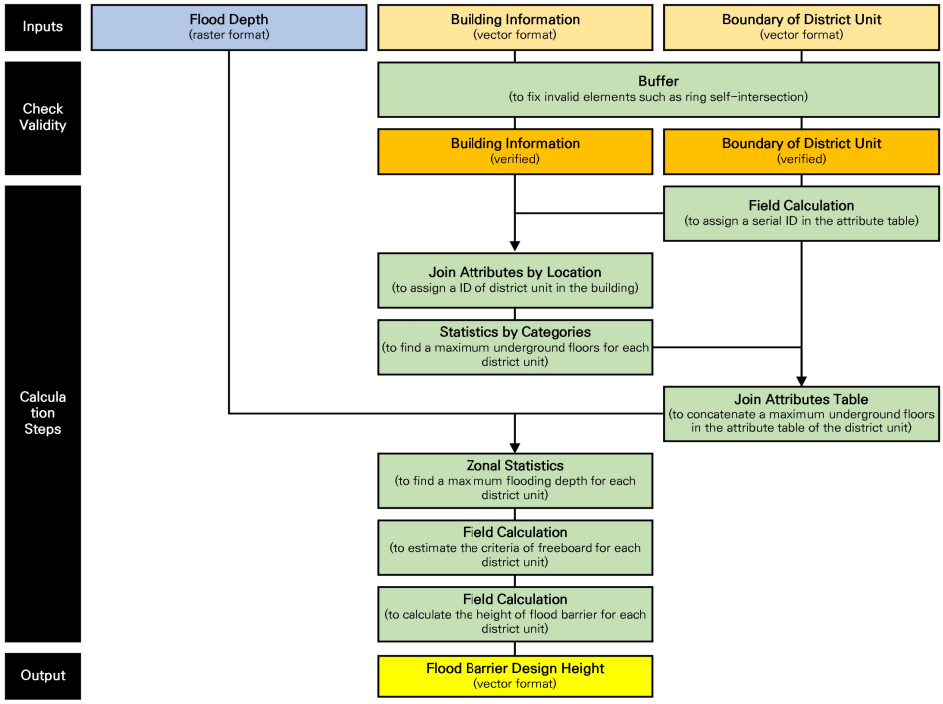

Fig. 3. Flow chart of calculation

서 제공하는 도시침수지도의 원자료나 기수립 자연재해저감종합계획의 전지역단위 내수침수 모의 자료 확보가 가능한 15개 시·군을 대상으로 수집하였다(Fig. 4). 수집된 침수예상도는 공통적으로 도시침수모형(예, SWMM)을 이용하여 극한강우조건에서 빗물펌프장, 우수관거 등 우수배제시설의 용량 초과로 발생할 수 있는 침수심과 침수면적을 모의한 결과로 지역에 따라서 1~5 m 격자 크기의 래스터 형태이다.

15개 시·군의 건물 정보는 행정안전부에서 제공하는 국가주소정보시스템(http://www.juso.go.kr/)의 건물 데이터베이스에서 획득하였다. 해당 데이터베이스는 2023년 제작되었으며, 건물별 일련번호, 주소, 용도, 지상층수, 지하층수 등의 정보를 포함하고 있다. 그중에서 지하층수 정보를 물막이설비 여유고 기준의 상향 여부 결정에 활용하였다.

물막이설비 설계 높이를 산정하기 위한 구역 경계로 통계청에서 제공하는 집계구(OA: Output Area) 경계를 활용하였다. 집계구는 기초단위구를 기반으로 인구규모, 사회경제적 동질성 등을 고려하여 구축한 최소 통계 집계구역이다. 사회경제적 동질성으로 주택유형, 지가 등을 고려한다는 점에서 건물 기준의 물막이설비 설치 구역을 구분하는 경계로 활용하기에 용이하다. 2022년을 기준으로 전국에는 총 10,687,007개소의 집계구가 위치하는 것으로 조사되었다.

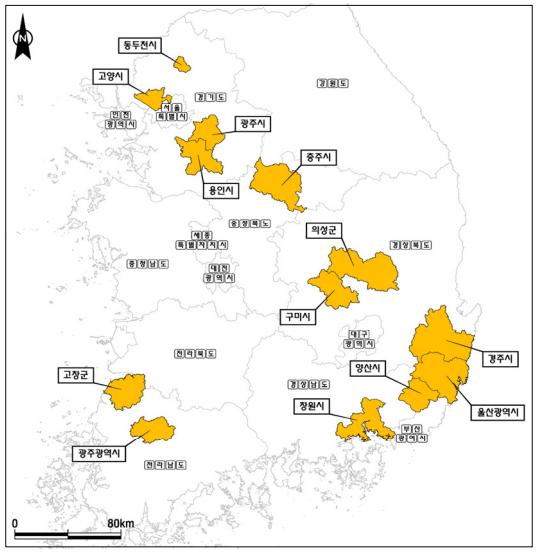

Fig. 4. Location of study areas

Table 2. Statistics for output areas

Sigun	Number of OA		Flood rate(%) based on OA number
	Entire city	Confine to flood area	
Gyeongju	523	140	26.8
Goyang	2,068	11	0.5
Gochang	130	26	20.0
Gwangju	3,059	541	17.7
Gwangju(GG)	715	71	9.9
Gumi	864	14	1.6
Dongducheon	204	59	28.9
Yangsan	743	2	0.3
Yeosu	640	85	13.3
Yongin	2,240	608	27.1
Ulsan	2,277	153	6.7
Uiseong	128	14	10.9
Changwon	2,130	248	11.6
Cheongju	1,727	136	7.9
Chungju	458	111	24.2
Total	17,906	2,219	12.4

3.2 적용 결과

침수예상도를 확보한 대상 지역은 경주시, 고양시, 광주광역시, 용인시, 울산광역시 등 15개 시·군이며, 적계는 128개소(의성군)부터 많게는 3,059개소(광주광역시)의 집계구로 구성된다(Table 2). 집계구 수를 기준으로 시·군 전체 대비 침수예상도의 침수구역에 해당하는 비율은 동두천시(28.9%), 용인시(27.1%), 경주시(26.8%), 충주시(24.2%) 순으로 나타났다(Table 2). 여기서 20%를 초과하는 수치는 최적인구 500명을 기준으로 구역을 나누는 집계구의 특성을 고려할 때, 내수침수가 집중되는 도심지역에 집계구가 밀집되어 있기 때문이다.

「물막이설비 설계 높이 계산기(Flood Barrier Height Calculator for QGIS)」를 이용하여 15개 시·군의 침수구역에 해당하는 2,219개소 집계구의 물막이

Table 3. Statistics for determined height of flood barriers

Sigun	Number of OA existing underground spaces	Determined freeboard(m)				Determined height of flood barriers(m)				
		0.3	0.6	0.8	1.0	~0.5	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~
Gyeongju	41	92	43	4	1	53	53	29	2	3
Goyang	9	2	6	1	2	2	-	6	1	2
Gochang	17	5	12	7	2	4	8	4	7	3
Gwangju	335	199	298	38	6	119	276	111	29	6
Gwangju(GG)	63	8	52	3	8	6	49	6	2	8
Gumi	6	7	4	2	1	2	6	3	1	2
Dongducheon	26	26	24	7	2	13	20	15	5	6
Yangsan	2	-	1	-	1	-	1	-	-	1
Yeosu	65	20	52	10	3	8	38	31	5	3
Yongin	292	287	237	51	33	191	238	106	37	36
Ulsan	135	17	132	3	1	7	103	39	3	1
Uiseong	4	9	3	1	1	4	6	2	1	1
Changwon	151	92	143	10	3	62	138	35	9	4
Cheongju	116	20	115	1	-	20	108	8	-	-
Chungju	44	61	38	6	6	35	49	13	6	8
Total	1,306	845	1,160	144	70	526	1,093	408	108	84

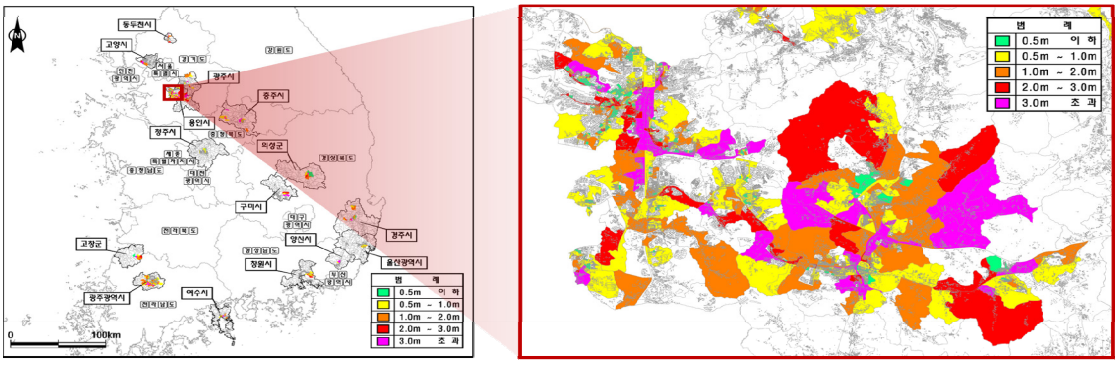

Fig. 5. Spatial distributions for determined heights of flood barriers

설비 설계 높이 결정 결과를 살펴보면, 채택된 여유고는 대부분 0.3 m(845개소)와 0.6 m(1,160개소)이다(Table 3, Fig. 5). 여유고 결정 기준(Table 2)과 2,219개소 집계구 중에서 지하층이 있는 건물이 포함된 집계구는 1,306개소(약 59%)인 것을 감안할 때(Table 3), 집계구내 최대 침수심은 대부분 1.0 m 이하로 기본적으로 0.3 m의 여유고 기준에 해당하며, 일부 지하층 유무에 따라서 여유고 기준이 한 단계 상향되어 0.6 m의 여유고가 채택된 것으로 판단된다. 최종 결정된 집계구별 물막이설비 설계 높이는 대부분 1.0 m 이하이며, 예상 침수면적이 큰 광주광역시와 용인시에서는 1.0~2.0 m 높이의 물막이설비가 필요한 지역이 존재하는 것으로 검토되었다(Table 3).

4. 결론

미국, 유럽, 일본 등의 물막이설비 설계 기준을 참고하여 국내 현황에 맞는 물막이설비 설계 높이 결정 개선안을 제안하였다. 개선된 주요 내용은 기존 물막이설비 설계 높이 결정 방법의 모호한 예상침수심 채택 기준을 명확히 하고, 0.3 m의 획일화된 여유고 기준을 하천 및 우수배제시설 설계에서 적용하는 여유고 기준을 접목하여 침수심과 건물의 지하층 유무에 따라서 차등 적용하는 것이다. 또한, GIS 프로그램 기반의 계산 도구를 개발하여 물막이설비 설계 높이 결정 개선 방법의 실무 편의성을 확보하였고, 15개 시·군을 대상으로 방법론의 타당성을 검증하였다.

본 개선안은 물막이설비 설계 높이를 결정하는데 고려하여야 할 요소를 침수심, 건물의 침수대비 취약정도 등으로 국한하였다. 그러나 기후변화에 대응하여 국민의 생명을 보호한다는 물막이설비 도입 배경을 고려할 때, 재해취약인구 현황, 보호하여야 할 건물의 출입구 특성 등을 고려한 후속 연구가 필요하다. 또한, 최근 공포된「도시하천유역 침수피해방지대책법」과 연계하여 물막이설비 관련 기준과 지침 개정을 고려하여야 한다. 개정될 기준 및 지침의 내용과 더불어서 본 연구에서 개발한 물막이설비 설계 높이 계산 도구의 알고리즘을 고도화하고, 다양한 사용자 편의 기능을 추가하는 개선도 함께 진행되어야 한다.

References

[1] Ministry of the Interior and Safety (MOIS), The 2021 Annual Natural Disaster Report, Annual Reports, MOIS, Korea, pp.1-492, 2023.

[2] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Enforcement Rules on Building Equipment Standards, Raw, MOLIT, Korea, 2021.

[3] Seoul Metropolitan Government, Support Project for Installation of Flood Barrier for Undergroud Parking Lot in the Apartment Complex [Internet], Seoul Metropolitan Government [cited 13 Mar. 2023], Available From: https://news.seoul.go.kr (accessed Sep. 21, 2023)

[4] Anyang City, Support Project for Installation of Flood Barrier for Apartment Houses [Internet], Anyang City, Korea, [cited 13 Mar. 2023], Available From: https://www.anyang.go.kr/, (accessed Sep. 21, 2023)

[5] Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), Regulations on Technical Standards for Installing Flood Barrier Facilities, Raw, MOLIT, Korea, 2023.

[6] Federal Emergency Management Agency (FEMA), Modeling and Mapping Non Accredited Levees: Freeboard Deficient Procedure, Technical Guidelines, FEMA, USA, p.1-2, 2021.

[7] Federal Emergency Management Agency (FEMA), Floodproofing Non-Residential Buildings, Technical Guidelines, FEMA, USA, p.A1-F2, 2021.

[8] Association of State Floodplain Managers (ASFPM), Understanding and Managing Flood Risk: A Guide for Elected Officials. Guidelines, ASFPM, USA, p.1-74, 2020.

[9] NYC Mayor's Office of Resiliency, Climate Resiliency Design Guidelines, Guidelines, NYC Mayor's Office of Resiliency, USA, p.1-70, 2020.

[10] K. Choe, Z. Wassmouth, P. Jayasinghe, A. Cording, A. Brizius, et al., Climate Resilient Design Standards & Guidelines For Protection of Public Rights of Way, Technical Guidelines, Boston Public Works Department, USA, p.1-108, 2018.

[11] F. Ogunyoye, R. Stevens, S. Underwood, Temporary and Demountable Flood Protection Guide. Research Reports, Environment Agency, UK, p.1-282, 2011.

[12] R. Tourment, B. Beullac, P. Peeters, R. Pohl, M. Bottema, et al., European and US Levees and Flood Defences Characteristics, Risks and Governance. Research Reports, French Committee on Dams and Reservoirs, France, p.1-167, 2018.

[13] Ministry of Land Infrastructure and Transport, Guidelines for the Improvement of Flood Prevention Facilities in Underground Streets, Guidelines, Ministry of Land Infrastructure and Transport, Japan, p.1-35, 2016.

[14] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA), Enforcement Rules on Building Equipment Standards, Raw, MLTMA, Korea, 2012.

[15] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (MLTMA), Regulations on Technical Standards for Installing Flood Barrier Facilities, Raw, MLTMA, Korea, 2012.

[16] Ministry of the Interior and Safety (MOIS), Regulations on Standards to Prevent Flood in Underground Spaces, Raw, MOIS, Korea, 2022.

[17] J. Kim, Hydraulic experiment of applications for flood barrier with 40 cm of heigt by Seoul Metropolitan Government, MBC News, c2023, [cited 2023 June 26], Available From: https://imnews.imbc.com/replay/2023/nwdesk/article/6497328_36199.html, (accessed Oct. 22, 2023)

[18] S. Sin, S. Kim, H. Nam, S. Kim, Basement Homes in Seoul:Types and Safety Improvemets, Research Report, The Seoul Institute, Korea, p.1-112, 2022.

[19] B. Kim, S. Noh, S. Lee, "Retrospective analysis of the urban inundation and the impact assessment of the flood barrier using H12 model". *Journal of Korea Water Resources Association*, vol. 55, no. 5, pp. 345-356, 2022.
DOI: https://dx.doi.org/10.3741/JKWRA.2022.55.5.345

[20] Ministry of the Interior and Safety (MOIS), Guidelines to Establish the Comprehensive Plan for Storm and Flood Damage Reduction, Technical Guidelines, MOIS, Korea, pp.1-176, 2022.

[21] Ministry of the Interior and Safety (MOIS), Guidelines for Mapping of the Disaster Hazard Maps, Technical Guidelines, MOIS, Korea, pp.1-124, 2020.

[22] Korea Water Resources Association (KWRA), River Design Guideline and Commentary, Technical Guidelines, KWRA, Korea, pp.1-764, 2019.

[23] J. Jeong and Y. Yoon, Water Resources Engineering Design Practice, p.1-722, Goomi Publishing Co., 2023.

김 종 천(JongChun Kim) [정회원]

- 2011년 2월 : 고려대학교 사회환경시스템공학과 (공학사)
- 2016년 8월 : 고려대학교 건축사회환경공학과 (박사수료)
- 2016년 9월 ~ 현재 : 하존이앤씨(주) 기업부설연구소 차장

〈관심분야〉
수자원, 방재, GIS, 시스템소프트웨어

김 지 호(Jiho Kim) [정회원]

- 1994년 2월 : 홍익대학교 토목공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 홍익대학교 토목공학과 (공학박사)
- 2006년 3월 ~ 2022년 4월 : 동부엔지니어링(주) 전무
- 2022년 5월 ~ 현재 : 하존이앤씨(주) 기업부설연구소 소장

〈관심분야〉
수자원, 물순환, 방재