



Building technical and institutional capacities towards new river maintenance

Lee, Sangeun^a · Park, Jin-Won^b · Rhee, Dong Sop^c · Lee, Du Han^d · Kim, Dong Hyun^e · Lee, Seung Oh^{f*}

^aManager, Land & Infrastructure Safety Research Center, Korea Research Institute for Human Settlements, Sejong, Korea

^bDirector, Department of Water Resources, Isan Corporation, Anyang, Korea

^cResearch Fellow, Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute for Civil Engineering and Building Technology, Ilsan, Korea

^dResearch Fellow, Department of Land, Water and Environment Research, Korea Institute for Civil Engineering and Building Technology, Ilsan, Korea

^ePh.D. Candidate, Department of Civil Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

^fProfessor, Department of Civil Engineering, Hongik University, Seoul, Korea

Paper number: 21-054

Received: 30 June 2021; Revised: 28 August 2021; Accepted: 28 August 2021

Abstract

Laws, administrative rules, and task manuals have been revised to build a modern river maintenance system in Korea for the last decade. And various researches and technology developments have been carried out to resolve related issues. However, the recent enactment of the new Act and the catastrophe of flood damage in 2020 have accelerated more emphasis on the reorganization and reinforcement of the river maintenance system in terms of political and social aspects. In this study, we suggested promising directions for strengthening the technical and institutional competencies of river maintenance with respect to policy, R&D, planning, and technology. The open discussion was held with the participation of industry, academia, research institutes, and government officials, and all participants conducted the related survey to collect their opinions effectively. These results are expected to be used as a reference to secure the justification for integration of government organizations, planning of R&D, the introduction of new river maintenance, and related technology development when reestablishing and reinforcing the river management system in the future.

Keywords: River maintenance, River Law, River maintenance plan, Levee safety assessment

새로운 하천 유지관리를 위한 기술적·제도적 역량 강화 방안

이상은^a · 박진원^b · 이동섭^c · 이두한^d · 김동현^e · 이승오^{f*}

^a국토연구원 안전국토연구센터 센터장, ^b(주)이산 수자원부 상무, ^c한국건설기술연구원 국토보전연구본부 연구위원, ^d한국건설기술연구원 국토보전연구본부 연구위원, ^e홍익대학교 토목공학과 박사과정, ^f홍익대학교 토목공학과 교수

요지

지난 10년간 현대적인 하천 유지관리체계 구축을 위해 하천법령, 행정규칙, 업무 매뉴얼을 정비해오고 있으며, 현장지원을 위해 다양한 연구와 기술개발도 병행해 왔다. 이러한 가운데 기반시설관리법의 제정, 2020년 홍수피해 등을 계기로 하천 유지관리 체계의 재정비 및 강화가 다시 요구되는 시점이다. 본 연구는 하천 유지관리의 제도적·기술적 역량 강화를 위해 중요한 분야인, 정책, 연구개발, 계획, 기술 측면에서 발전방향을 제안하고자 하였다. 폭넓은 소통을 위해 산·학·연·관의 합동 토론회를 개최하여 쟁점사항을 논의하였고 참석자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 본 연구에서 수집한 의견은 향후 하천 유지관리 체계 재정립 시 법제도 개선, 연구개발사업 기획, 유지관리 계획 도입, 기술개발의 방향 정립 등에 있어 중요한 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

핵심용어: 하천 유지관리, 하천법, 유지관리 계획, 제방 안정성 평가

*Corresponding Author. Tel: +82-2-320-3046
E-mail: seungoh.lee@hongik.ac.kr (S. O. Lee)

1. 서론

지난 10여 년간 하천관리를 둘러싼 정책여건이 불안정한 가운데에서 정부는 하천 유지관리의 중요성을 인식하여 우선한강, 금강, 영산강, 섬진강, 낙동강 등 국가하천 본류를 중심으로 현대적인 하천 유지관리체계를 구축하기 위해 상당한 노력을 기울여 왔다. 2007년 하천법을 전면개정하면서 하천 유지관리 개념을 구체화하였고, 4대강살리기사업을 마무리하면서 전담조직을 설치하고 현장인력을 편성하였으며 행정규칙과 매뉴얼을 마련하여 업무 수행방법도 정립하였다. 2012년에 국가하천 유지·보수사업이라는 국가재정사업을 착수·진행하면서 국가하천 관리주체에게 예산을 배정함으로써 현장에서는 일상적 또는 주기적인 업무가 진행되고 있다. 아울러 정부는 다양한 연구와 국가연구개발사업을 통해 현장에서 요구하는 기술을 공급하려는 노력도 병행해 왔다 (MOLIT, 2016).

최근 하천 유지관리는 한층 더 도약할 여러 가지 기회를 마주하고 있다. 첫째는 국가 기반시설 전반에 걸쳐 유지관리 정책이 크게 강화되고 있다. 1990년대 중반 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법(이하 ‘시설물안전법’으로 약칭 사용)이 제정된 후 우리나라는 국민안전에 중요한 시설물의 안전관리를 위해 필수적인 업무를 강제하는데 집중해 왔다. 그러나 2020년 1월 지속가능한 기반시설 관리 기본법(이하 ‘기반시설관리법’으로 약칭 사용)이 시행되면서 노후화가 심화되는 국가기반시설에 대해 안전관리를 넘어 내구성, 안전성, 사용성 등의 성과중심의 전략적인 유지관리와 장기적인 안목에서 장수명화를 위한 투자정책을 채택하였다. 하천은 국토계획법 제2조 제6에서 정의하는 방재시설로서 기반시설관리법 제4조에 의거하여 국가 기반시설 관리에서도 중요시되고 있다. 둘째로 2020년 여름철 전국적인 홍수를 경험하면서 하천 유지관리의 중요성(Joint Ministry, 2020)을 다시 한번 체감하게 되었다. 사실, 제방 등의 구조적 안정성을 위협할만한 극심한 홍수는 매우 간헐적이고 불규칙적으로 발생하므로 평상시에 유지관리의 중요성을 체감하기 힘들다. 또한 하천연장이 방대하므로 일상관리, 점검, 진단, 성능평가 등(이하 ‘안전관리 업무’로 표현)을 위한 행정적·예산적인 부담이 크다는 문제, 그리고 제방이 식생으로 포장되어 있어 내부상태를 정확히 파악하기 힘들다는 현실적인 문제도 있다(Wu et al., 2020). 최근 수해 경험으로 국회, 정부위원회, 학술단체, 포럼 등의 논의를 통해 비용 최소화를 지향한 현 유지관리를 근본적으로 탈피해야 한다는 공감대가 크게 형성되었다. 국민안전과 장기 재정운영을 위해 하천 유지관리 정책을 재검토가 필요한

시점에서 본 연구는 이를 지원할 제도적·기술적 역량을 확보하기 위한 방향을 제안하려는 목적으로 수행되었다.

2. 방법론

2.1 합동 토론회 개최

합동 토론회를 개최하여 국가하천 유지관리체계 전반에 대한 현안, 정부대책, 향후 방향을 공유하고 폭넓은 의견을 수렴하고자 하였다. 이에 국토교통부에서 주최하고 있는 하천정책연구회(행사명 「제8차 하천정책연구회: 새로운 하천 유지관리체계 구축 방향은?」)를 2021년 5월 7일 서울 양재 AT센터에서 개최하였다. 개방형 토론회를 위해 국토연구원, 한국건설기술연구원, 한국수자원학회, 한국하천협회 등 유관기관이 공동으로 주관하였고, 관련된 정부기관과 학회·협회의 구성원에게 홍보하여 사전에 다양한 참석자를 파악·초대하였다. 아울러 심도 있는 논의를 위해 정책, 연구, 계획, 기술 등의 분야로 구분하여 4가지 주제발표를 실시하였으며, 각각의 발표는 ①현황, ②새로운 기회, ③제안사항으로 구성하여 토론회의 취지를 쉽게 파악할 수 있게 하였다. 주제발표 이후에는 미리 준비된 지정토론의 시간을 가진 뒤 전체 참석자들과 함께 무제한 토론회를 실시하였다.

2.2 설문조사 실시

주제발표별로 참석자의 의견을 효과적으로 수렴하기 위해 설문조사를 실시하였다. 정책부문에 대해서는 하천법 개정이나 관련 기술지침 마련을 통해 유지관리 업무 근거를 마련할 필요성과 하천등급별 유지관리 목표수준을 중심으로 설문항을 구성하였다. 연구부문에 대해서는 현장의 유지관리 강화에 필요한 연구방향을 중심으로 문항을 구성하였다. 계획부문에서는 주제발표를 통해 제안한 새로운 계획 도입에 대한 의견을 수렴코자 하였다. 마지막으로, 기술부문에서는 핵심 치수시설인 제방관리의 현 문제점과 개선방향에 대한 선호도를 확인할 수 있도록 설문을 구성하였다. 가급적 발표내용의 이해도가 높고 하천관리 정책·기술에 관심이 높은 참석자들의 의견을 확인하기 위해 설문조사에 자발적으로 응하도록 요청하였다.

설문조사 응답자는 총 31명으로 Fig. 1과 같이 산·학·연·관의 그룹 비율은 각각 22.6%, 16.1%, 22.6%, 35.5%로 구성되었고, 소속을 밝히지 않은 익명의 응답자도 1명 포함되었다. 정부기관 담당자의 응답이 비교적 높은 것은 코로나-19 방역지침 상 참석자를 50명 이내로 제한할 수밖에 없었는데, 학계의 전문가들이 이중 다수를 차지하였다.

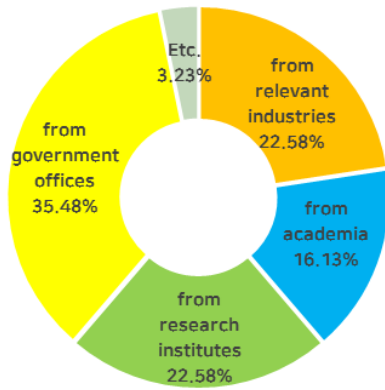


Fig. 1. Number of respondents

3. 주제발표 및 토론

3.1 정책부문

3.1.1 현황

정부의 재정투자 효율성이라는 기반시설 차원의 논의를 제외하더라도, 하천의 유지관리가 중요한 이유는 하천관리청의 책무와 관련하여 두 가지로 구분하여 설명될 수 있다. 첫째는 극심한 홍수로 제방이 붕괴되거나 월류하게 되면 방대한 지역에 걸쳐 인명피해와 재산손실을 야기하고, 조기에 회복하기 힘든 수준으로 국가의 사회경제 기능이 마비된다(Lee et al., 2021b). 둘째는 하천은 주민의 일상생활의 공간범위에 포함되어 역사·문화·휴식·소통의 공간으로 오랜 기간 공유해 왔으며 지역의 생계활동을 영위하기 위한 소중한 자원으로 활용해 왔다. 특히, 하천정비사업 후 물리·환경적인 측면에서 하천공간의 활용성이 높아져 지역 활기 창출이나 관광자원화를 위한 도시의 계획수단으로의 가치도 계속해서 증가되고 있다(Lee, 2019). 이에 따라 하천관리청에게 안전하고 쾌적한 공간관리에 대한 주민들의 요구가 증가하고 있다(MOLIT, 2020a).

국토교통부는 2019년부터 “국가하천 유지관리체계 개선 방안 도출 및 종합관리계획 수립” 연구를 추진해오면서 정책동향 조사와 담당자 면담을 실시한 뒤 기반시설 관리의 맥락에서 다음과 같이 현행 유지관리의 한계를 제시한 바 있다(Lee et al., 2021a). 관리청 책무의 경우 하천법에서 유지관리 개념이 함축적이고 핵심 업무를 타 법이나 국토교통부 자체 훈령에 두고 있으며, 시설물안전법 적용에 제외된 둔치, 저수로, 친수시설 등의 의무가 불명확해 관리부실이 쉽게 발생하고 있다. 역할분담 방식에 대해서는, 국가는 하천의 중·횡으로 복잡하게 구분해 지자체에 사무를 위임할 뿐 관리청으로서의 조정·감독 역할이 부족하며(BAI, 2016), 민간위탁계약 또한

효율성, 전문성, 창의성을 발견하기 힘들다고 분석되었다. 조사와 안전관리에 대해서는, 시설물안전법에 따라 핵심 친수 시설의 점검·진단과 성능평가를 수행하고 있으나 많은 지출에도 불구하고 그 결과가 보수·보강 공사로 연결되지 못한다고 분석되었다. 하천기능과 무관한 점용허가 공작물에 대해서도 오랜 기간 하천공간에 존치되어 친수·안전, 환경성, 공공성 등에 부작용을 발생하고 있음을 지적하였다. 일상관리와 인력운영에 대해서는, 국토관리사무소나 특·광역시가 담당하는 특정 구간을 제외하고 일상관리가 체계적으로 실시되지 않고 있으며, 인력부족 등을 이유로 불법행위의 단속에도 어려움을 크게 겪고 있다. 계획의 경우 전체 수계단위에서 중장기적인 안목에 따라 관리주체의 업무와 시설투자를 지휘·감독할 계획적 수단이 부재하며, 시설투자의 경우 시설의 내부상태에 대한 정보 부족으로 외관의 손상, 결함 또는 조작 불능을 해소하는 수준에 불과하며 지자체 위임구간에서는 친수시설 정비나 경관개선에 치중하는 경향도 발견되었다. 재원조달의 경우 국가하천 유지·보수사업 예산은 적정수준의 예산과 간격이 크고 하천수입금마저 계속 감소하여 지자체 동기부여가 힘들어지고 있다. 스마트 기술과 정보화의 경우 소수 인력이 방대한 하천연장을 관리해야 하므로 첨단기술을 통해 특화산업을 육성할 잠재력이 매우 크나 CCTV, 정보시스템 등의 기술기반이 부족하고 첨단기술의 현장적용 사례도 부족한 것으로 분석되었다.

3.1.2 새로운 기회

2020년 12월에는 기반시설관리법에 근거하여 국가하천관리계획(MOLIT, 2020b; Lee et al., 2021a)을 수립하였다. 동 계획에서는 국가하천의 협력적·계획적 유지관리체계를 재정립하여 효율성을 높이고, 하천의 상태·성능 모니터링 개선으로 국민 안전과 편익을 증진하며, 전략적 투자를 통해 미래세대 부담을 줄이며, 적극적인 성능개선과 스마트 기술기반 구축으로 여건변화의 대응력을 높이도록 전략을 정하였고, 법제도 정비를 포함한 다양한 추진과제를 발표하였다.

또 하나 주목할만한 사실은 하천정비 역사가 오래된 국가의 하천 유지관리 정책이 최근 크게 변하고 있다는 점이다. 카트리나 사태 이후 2007년 수자원개발법과 2014년 수자원혁신법을 연이어 개정한 미국의 하천관리 정책 사례(NCLS, 2009; US ACE, 2020)가 대표적인데, 연방정부의 홍수관리 리더십 회복의 일환으로 미 공병단에게 국가의 노후 제방 안전관리를 총괄·감독하는 책무를 부여하였으며, 제방 데이터베이스 구축, 위험성 잠재력 분류 시스템(hazard potential classification system) 적용, 제방성능에 따른 건축규제와 보험요율 차별화

등으로 제도와 기술 역량을 함께 개발해 나가고 있다. 동시에 연방정부의 재정부담을 고려하여 효율적인 자산관리를 위해 투자전략 논의도 전개되고 있다(NRC, 2012).

3.1.3 제안사항

첫째, 하천법령 내에서 유지관리체계, 즉, 원칙·의무, 기초 조사, 계획체계, 안전관리 시행, 보수·보강 및 성능개선 조치, 자료관리 및 정보화, 인력·예산의 운영 등의 규정을 신설하는 방안을 제안하였다. 국토교통부 행정규칙인 하천의 유지·보수 및 안전점검에 관한 규칙(이하 ‘하천 유지관리 규칙’으로 명명)은 기본원칙과 업무를 명시한 일반 규정만을 담고 있는데, 전체 하천관리의 범규적인 성격을 갖도록 하천법으로 이관될 필요가 있다. 과거 유지관리는 건설공사에 비해 중요성이 낮아 관련 규정의 성격이나 위상이 소관부처의 훈령으로 정하는 것이 일반적이었다. 그러나 최근 들어 국가 기반시설 정책이 변화됨에 따라 개별법령 내 유지관리의 위상이 크게 변화되고 있다. 즉, 2019년에 “철도건설법”에서 “철도의 건설 및 철도시설 유지관리에 관한 법률”로 변경한 철도나 2021년에 “댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률”을 “댐건설·관리 및 주변지역지원 등에 관한 법률”로 변경한 댐의 사례가 대표적이라 할 수 있다. 둘째, 하천법에 근거를 두고 국가하천과 지방하천에 모두 적용되는 전문적인 기술지침, 즉, ‘(가칭)하천 유지관리 등의 실시에 관한 지침’을 신설된 업무에 맞춰 개발할 것을 제안하였다. 사실 국가 기반시설 가운데에는 개별법령에서 유지관리에 대한 기술적인 지침을 운영하는 사례는 어렵지 않게 찾아볼 수 있다. 일찍이 농업생산기반시설의 경우 2006년에 농업생산기반시설 관리규정을 마련할 때 농업생산기반시설에 대한 현장의 안전관리 방법을 구체적으로 규정하였다. 항만의 경우 2015년에 항만시설물 안전점검 지침을, 철도의 경우 2019년에 철도시설의 정기점검 등에 관한 지침을, 상수도의 경우에는 2021년에 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준을 비슷한 취지에서 마련한 바 있다. 이러한 시도는 유지관리 대상과 업무의 구체화로 인한 관리부실 방지, 위임기관에 따른 유지관리 품질 격차 해소, 시설에 특화된 안전관리 및 보수·보강 방법의 표준화, 우수한 신기술의 적극적인 활용 및 신산업 육성 등 많은 기대효과가 예상된다. 셋째, 이러한 기술지침 개발과 더불어 각각의 업무를 전문화하기 위한 현장 밀착형 연구주체를 발굴한 뒤 기술역량을 결집할 것을 제안하였다. 각 연구는 방법론의 정립, 기술의 검증과 보완, 기술지침과 매뉴얼화, 현장 적용·확대를 위한 추진전략 수립 등 일관된 방향을 통해 현장화로 이어져야 할 것이다. 사실 국가 기반시설 가운데에는 개별법령에서 유지관리에 대한 기술적인 지침

을 운영하는 사례는 어렵지 않게 찾아볼 수 있다. 일찍이 농업 생산기반시설의 경우 2006년에 농업생산기반시설 관리규정을 마련할 때 농업생산기반시설에 대한 현장의 안전관리 방법을 구체적으로 규정하였다. 항만의 경우 2015년에 항만시설물 안전점검 지침을, 철도의 경우 2019년에 철도시설의 정기점검 등에 관한 지침을, 상수도의 경우에는 2021년에 상수도관망시설 유지관리업무 세부기준을 비슷한 취지에서 마련한 바 있다. 이러한 시도는 유지관리 대상과 업무의 구체화로 인한 관리부실 방지, 위임기관에 따른 유지관리 품질 격차 해소, 시설에 특화된 안전관리 및 보수·보강 방법의 표준화, 우수한 신기술의 적극적인 활용 및 신산업 육성 등 많은 기대효과가 예상된다.

3.1.4 쟁점사항

토론시간에 제기된 쟁점은 다음과 같이 요약된다.

- (1) 하천 유지관리를 위한 하천법 및 하위법령 체계의 종합 정비가 필수
- (2) 하천관리 범위의 재검토 필요
- (3) 하천 유지관리를 제방 유지·보수로 좁게 해석하는 관습을 벗어나야 함
- (4) 하천공사와 유지관리의 연결성 증시
- (5) 국가하천 유지관리에 대한 국가와 지자체 간의 역할과 비용 부담의 합리성 개선
- (6) 정책개선 효과를 확산하기 위해 인력과 예산 확보가 중요

(1)은 많은 참석자들의 일치된 의견으로서 국가하천 분류 중심의 현 유지관리 방식을 확대해야 하며, 이를 위해 유지관리 업무의 법적책임을 강화하고 수계단위의 협력적이고 유기적인 유지관리체계를 구축하기 위해 하천법령 정비가 최우선적으로 이뤄져야 한다는 의미이다. (2)는 하천법에서 하천의 기능은 하천시설의 종류를 통해 가능할 수 있는데, 여전히 친수시설, 환경시설, 하수도·배수펌프장 등이 포함되는지 여부가 불분명하다는 점을 지적한 것으로 향후 법령 정비시에 고려할 필요가 있다고 논의되었다. (3)은 하천관리청 책임범위와 관련성이 높는데, 향후 하천법을 정비할 때 지역·주민들이 기대하는 하천관리청 역할에 맞게 유지관리의 목적범위를 구체화해야 할 것이다. (4)에 대해 이론적으로는 하천공사 준공과 함께 유지관리가 즉각 시작되나, 실제로는 유지관리로 원활하게 전환되기 위해 하천공사 준공 전에 담당기관·담당자 지정, 보수원 관리구간 재편성, 관리방식 결정, 예산 배정액의 재산정, 하천시설관리대장 갱신, 시설물정보관리종합시스템(FMS)과 하천정보관리체계(RIMGIS) 자료등록 등을 위

한 절차가 필요함을 의미한다. (5)는 하천 정비율 증가로 지자체 관리부담이 크게 증가하였음에도 국비지원이 부족하고 하천수입금 등 추가 재원도 감소하고 있으며 동시에 책임기관인 중앙정부의 지휘·감독·지원의 역할도 미흡하다는 점이 지적되었다. 마지막으로 (6)의 경우에는 소수 인원이 부족한 예산으로 방대한 구간을 맡으면서 법적 의무화된 안전관리 업무를 수행해야 하는 현실을 외면한 채 현장업무의 품질 개선을 기대하기 곤란하다는 점이 지적되었다.

3.2 계획부문

3.2.1 현황

국가하천의 유지관리는 국토관리사무소, 지자체, 민간사업자 등으로 위임·위탁되어 이루어지기 때문에 전략적인 유지관리 투자가 중요하나 이러한 수단이 부족한 실정이다. 이러한 측면에서 국가차원의 관리계획 하에 시설관리기관인 국토관리사무소·지자체·위탁사업자의 역할수행 및 전문성을 강화하고 시설관리주체인 지방국토관리청의 지휘·감독 수단으로서의 세부 실행계획은 반드시 필요한 실정이다. 현재는 기반시설관리법의 계획체계에 명확하게 포함되지 못하였으나, 실행계획 수립 및 관리·감독의 근거를 빠른 시일 내에 마련하여야 한다.

3.2.2 새로운 기회

국토교통부는 기반시설관리법에 따라 제1차 기반시설관리기본계획에 부합하도록 국가하천에 대한 관리계획을 2020년 12월에 수립한 바 있다. 해당 계획에서는 국가 기반시설 관리 정책에 맞게 선제적 관리로 전환하고 하천의 장수명화와 효율적 투자를 위해 수계단위의 중기 유지관리계획을 수립하는 대책을 제안하고 있다.

일본의 최근 입체적 관리계획 추진방식도 참고가 될 수 있다. 전체 범부처 차원에서 ‘인프라 장수명화 기본계획(2014~2020)’을 수립하였으며, 관리감독기관 단위에서 해당 인프라에 대한 행동계획(우리의 국가하천 등 기반시설 관리계획에 해당)을 수립한 뒤에 개별 관리주체별로 시설계획을 수립하는 방식을 취하고 있다. 일급수계를 담당하는 일본 국토교통성 지방정비국은 5년을 기본으로 관할하는 하천에 대한 유지관리계획을 수립하고 있는데, 유지관리의 상태 파악, 목표 설정, 시설·공간·환경·수해관리 등의 세부대책, 지역 연계·협력 방안 등을 종합적으로 계획하는 방식을 취하고 있다. 두 국가의 기반시설관리체계가 매우 유사한바 선형적으로 도입한 일본의 하천 유지관리 계획은 한국에도 계획의 필요성, 사전 조사항목, 계획의 내용적 범위 등에 있어서 상당한 시사점을 제공하고 있다.

3.2.3 제안사항

첫째, 수계별 또는 하천별로 선계획·후집행이라는 원칙하에 유지관리를 실시할 수 있도록 하천관리청이 중기계획을 수립해야 한다는 점을 강조하였다. 전체적으로 5년 단위로 계획을 수립하되 계획에 포함된 실행계획을 매년 여건에 따라 조정하는 방식을 제안하였다. 둘째, 계획 수립의 법적 근거를 마련해야 한다는 점을 강조하였다. 기반시설관리법에는 전체 기반시설 관리계획(예를 들어, 제1차 국가하천 관리계획)을 의무화 할 뿐 개별적인 실행계획은 소관 법령에서 다뤄야 한다. 그러나 하천법령에는 유지관리에 대한 계획을 규정하고 있지 않으며, 하천 유지관리 규칙에서도 각 관리주체의 예산 신청 근거를 마련하기 위한 단년도 계획만 언급하고 있는 상황이다. 따라서 하천법에서 하천공사를 위한 하천기본계획과 함께 하천 유지관리를 위한 하천 유지관리계획을 도입할 것을 제안하였다. 셋째, 하천 유지관리계획의 내용적 범위를 제안하였다. 제1차 국가하천 관리계획의 요구사항을 기본으로 실제 국가하천에 대한 국토관리사무소와 지자체의 업무범위를 감안하여 계획의 개요, 하천 관리현황 및 전망, 하천 유지관리 실태조사, 유지관리 및 성능개선 기본방향, 유지관리·성능개선·하도개선 추진계획, 하천공간 운영계획, 이행사항 평가 및 기타사항, 재정운영계획 등으로 내용적 범위를 구성하였다.

3.2.4 쟁점사항

토론시간에 제기된 쟁점은 다음과 같이 요약된다.

- 1) 새로운 유지관리 계획에는 개별하천에 대한 유지관리의 방향을 제시하는 것이 중요
- 2) 단위시설의 안전성을 넘어 전체 하천의 안전성 평가도 필요
- 3) 유지관리 계획의 내용적 범위 확대 필요
- 4) 유지관리 계획의 자료조사 및 자료활용 방법 마련

전반적으로 국가하천 관리계획에 의거하여 중기단위의 수계별로 유지관리 계획이 필요하다는 점에 대해서는 공감대를 확인할 수 있었다. 다만, (1)의 경우 하천의 특성을 고려할 때 배후지역과의 공간적 상호작용을 기반으로 하천의 장소성을 고려할 수 있도록 구간별로 치수, 이수, 환경, 친수 등에 대한 성과목표를 선정하고 주기적이고 정량적인 평가를 통한 업무를 조정하는 방식을 강조하였다. (2)의 경우 치수부문의 성과 관리에 있어 개별시설의 안전등급, 개별구간의 하도단면 협착 등을 종합하여 전체 하천의 안전성을 진단할 수 있어야 함을 지적하였다. (3)의 경우 하천 유지관리가 특정 시설물 유지·보수를 위한 실시계획이 되지 않도록 유지관리 계획의 내용적 범위에 하천시설, 하천공간, 저수로를 포함해야 함을 강조하

였다. (4)의 경우 유지관리 계획에 대해서는 아직 기초조사 방법이 정립되어 있지 않으며, 계획수립 이후 단계의 실행방안이나 정보화에 대한 규정도 부재하기 때문에 지침을 개발하는 단계나 시범사업을 수행하는 단계에서 이를 정립해야 함을 강조하였다.

3.3 기술부문

3.3.1 현황

최근 제방 피해는 월류와 함께 침투, 파이핑, 구조물 접합부 누수 등의 제체의 구조적 안정성 문제로 발생하며 일부지역에 국한된 문제가 아니라 점이 지적되고 있다. 2000년대 전에는 재정적 한계, 양질의 재료원 수급의 어려움, 다짐도 부족 등의 문제를 겪었는데, 특히, 1998년 집중호우와 2002년 루사 피해 후에도 불량한 재료에 의한 덧쌓기 방식의 제체 확대가 이뤄진 것이 사실이다. 2000년대 이후 하천설계기준을 강화하면서 제체 재료, 다짐, 외형 규격, 차수벽 등의 기준이 변경되었으나 이전에 축조된 대부분의 제방에 대하여 충분한 안정성을 보장하지 못하는 실정이다.

국가하천 제방은 시설물안전법에 따른 2종시설물로 점검과 성능평가를 수행하고 있으나 예산과 조직의 문제로 대부분 육안 점검에 의존하고 있으며 지자체에게 자율적인 안전관리를 하도록 맡겨둔 지방하천의 제방은 외관이나 규격의 유지도 어려운 실정이다. 그나마 정기적인 안전관리가 의무화된 국가하천의 제방을 보더라도 일상적인 점검 및 보수는 지방국토관리청 또는 국토유지관리사무소에서 수행하며 정밀점검 및 안정성 평가는 국토안전관리원에서 수행할 수 있으나, 예산 및 인력의 문제로 기술용역 형태로 유관업체에서 수행하고 있다. 동법 세부지침에 의하면 상태평가는 현장조사, 측량, 시추, 물리탐사, 재료시험 등을 포함하고 안정성 평가는 월류, 활동, 누수, 침하, 세굴 등에 대해 분석할 수 있도록 되어 있으나 실제로는 예산과 인력의 문제로 육안 점검 및 평가로 대체하고 있어 점검 결과의 신뢰도도 낮은 실정이다. 실제로 2020년 피해가 발생한 제방 대부분은 안전등급이 양호한 수준인 B등급으로 나타나 현재 제방의 안전관리체계가 제대로 작동하는 지에 대한 심각한 의문을 갖게 한다. 제체 자체와 점검방법의 불확실성으로 제방의 안정성을 보장하기 어려운 상황이며 이로 인해 대규모 피해가 발생할 수 있음을 2020년 홍수로 확인하였다고 볼 수 있다.

제방은 타 토목구조물과 달리 지형, 지질, 수문·기상, 홍수 등의 자연적 제약조건에 영향을 크게 받으며 지역 특성이 반영되어 세부기준의 결정이 어렵다. 재해발생과 개수로 인해 위치와 형태가 지속적으로 변하며 시기별로 재료, 공법, 형태 등이 상이하여 축조 이력이 누적되는 구조물이다. 또한 기초

지반의 선택·개량이 불가능하여 복합적인 지형과 지질 위에 축조되는 특성을 갖는다. 재료도 대규모 흙을 필요로 하므로 인위적인 선택이나 개량이 쉽지 않다. 제방이 수류에 의해 침투 영향을 받게 되면 전단강도가 크게 저하되고 투수계수는 증가하여 붕괴에 취약해지는데 하천수에 의한 수위 상승, 저하, 지속 등에 의해 안정성에 큰 영향을 받게 된다. 그러나 재료의 불균질한 특성과 수위 가변성 영향을 안정성 평가에 충분히 고려하기 어려운 실정이다. 제방은 지속적으로 형태의 변화와 손상이 발생하기 때문에 제방의 유지관리는 다양한 변화에 대응하는 관찰, 평가, 금지, 보수, 개선 등을 활동을 의미하는데, 이 중에서 제방 안정성 평가는 유지관리의 핵심이라 할 수 있다(EA, 2005; Hui *et al.*, 2016).

제방 안정성 평가의 목적은 설계홍수량 발생 시 제방의 안정성을 보장하는 것이나 현재의 평가는 외형의 손상 유무만 판단한다. 특히 축조 시기가 오랜 된 경우에는 당시의 설계기준이 현재 기준에 부합하지 못하므로 외관 점검에 의한 안정성 평가는 큰 의미가 없다. 과거 제방의 축조 이력 조사, 시추 등에 의한 제체 내부 조사, 조사 자료의 DB화 등을 통해 체계적인 조사자료 구축 및 설계기준에 의한 안정성 평가가 필요하다(Curt *et al.*, 2018; Peyras *et al.*, 2015; Serre *et al.*, 2009).

3.3.2 새로운 기회

제방의 본질은 제내지의 홍수방어에 있다. 하천중심의 제방관리는 국가하천과 지방하천 연결지점에서 불완전 제방에 의한 홍수피해를 초래하기도 한다. 제내지 보호 관점에서 제방 및 부속시설물의 홍수방어 시스템을 평가하는 제도적 정비가 국제적으로 강조되고 있다.

미국은 홍수보험제도의 일부로 제방인증제도를 시행하고 있다(NCLS, 2009). 제방인증제도는 미 연방재난관리국(FEMA)에서 인증하며 기술적인 사항은 미공병단에서 평가한다. 제내지 방어 관점에서 제방시스템(제방, 통문/통관, 펌프, 내수배제시설 등)의 안정성을 적절한 홍수방어목표수준에 대해 평가하며 제방의 안정성이 미흡할 경우 필요한 유지관리 방법을 권고함과 동시에, 미이행에 따른 제내지의 홍수보험 요율 조정을 검토하고 있다(Lee *et al.*, 2021b).

일본은 ‘제방 등 하천관리시설 및 하도의 점검·평가 요령’(MLIT, 2019a)에 의해 제방의 안전관리를 실시하는데 제방 구조물의 불확실성과 자료부족으로 인해 전문가에 의한 경험적·정성적 평가를 활용한다. 조사에는 모바일 맵핑, 레이더 탐사, 항공 라이다, 드론 측량 등의 신기술을 활용하여 정확성 향상 및 자료 축적에 활용한다. 조사 평가 항목은 국내 제방 점검 항목과 유사하나 이상 구간에 대한 지속적이고 정교한 모니터링을 수행한다는 점에서 큰 차이가 있다.

3.3.3 제안사항

제방은 구조적 불확실성으로 현재 기술수준에서 안정성 평가에 한계가 있어, 첫째로 광범위한 지역에 대한 지속적인 모니터링 체계 구축을 제안하였다. 미국, 일본 등에서도 지속적인 외관 점검에 크게 의존하고 있으나 이를 보완하기 위한 제체 물리 탐사기법(geophysical exploration method) 등의 기술개발을 진행 중이다. 둘째, 제방 점검 및 평가가 실효성을 갖기 위해 Fig. 2와 같은 차별화된 전략이 필요하다. 단기적으로 국가적으로 중요한 제방에 집중하여 점검 및 평가 체계를 우선 구축하되 장기적으로 국가 전체 제방에 대한 지속적인 모니터링 및 평가 체계를 구성하여야 한다. 또한 기술적 한계를 극복하기 위한 원격 모니터링 시스템, 제방 관리 DB 시스템, 제체 물리 탐사 기술 등의 기술개발도 병행되어야 한다.

3.3.4 쟁점사항

토론시간에 제기된 쟁점은 다음과 같이 요약된다.

- (1) 육안점검 등의 한계 극복을 위한 기술적 대안 필요
- (2) 하천법에서 제방 안정성 평가를 중심으로 안전관리 체계 구축 필요
- (3) 제방 안정성 평가를 계기로 체계적인 자료관리 방법 도입

참석자들은 제방관리의 현황과 문제점을 공통적으로 인식하고 있으며 정책, 인력, 조직, 제도, 기술 등의 종합적인 개선 방향에 대해서도 공감대를 확인할 수 있었다. (1)의 경우 일회성 육안 점검이 아닌 체계적이고 정기적인 안정성 평가가 가능해야 할 뿐만 아니라, 원격계측, ICT, 드론, AI 등을 활용한 다양한 첨단 점검기술의 적극적인 활용을 제안하였다. (2)와 (3)의 경우 세부대책에 있어서는 참석자의 의견 차이가 있었으나, 하천법령에서 근거 확보와 지속적인 자료관리의 필요성에 있어서 공통된 의견으로 분석된다. 이를 위해서는 당연히 예산과 조직의 확보가 필요하므로 구체적인 방안에 대해서는 추후 상세한 연구와 논의가 필요할 것이다.

3.4 연구부문

3.4.1 현황

하천 유지관리의 효율성과 실효성을 높이기 위해서는 관련 종사자와 현장 근무자들에게 필요한 현장 밀착형 기술이 공급되어야 한다. 특히, 하천시설의 스마트 인프라로의 전환은 하천 유지관리를 저비용, 고효율 관리 방식으로 전환하고, 하천 유지관리를 근간으로 하는 고부가가치 산업 육성 및 일자리 확대가 가능해 질 것으로 전망되고 있다(MOLIT, 2020c).

2020년 8월 발생한 홍수피해에서도 나타났듯이 하천 유지관리의 한계는 홍수 위험에 큰 영향을 주는데, 주요 하천시설인 제방은 연평균 121개소 이상의 피해가 꾸준히 발생하고 있음에도 불구하고(KICT, 2019) 여전히 육안점검에 의존하고 있으며 육안점검 방법도 기술역량 전문성 배양이 거의 이루어지지 못하고 있는 것으로 보인다. 하천 정비율 증가와 노후화에 따라 안전관리 및 보수·보강 필요성은 매년 증가하고 있지만 광범위한 하천 연장에 걸쳐 손상 우려 구간을 효율적으로 선별하고 결함·손상에 맞춰 보수·보강을 하며, 비용을 효율화하기 위한 기술 개발 등에 대한 중요성이 지속적으로 증가하고 있다.

그동안 기술 개발은 주로 국외기술의 적용성 검토 위주로 이루어져 국내 현장여건을 충분히 고려하지 못하였다. 하천 유지관리 중요성이 증가하면서, 예초나 제방 육안점검 기법 등은 선진국 사례를 적용성 검토 후 바로 도입하였고, 예를 들어, 강변저류지나 홍수조절지 등의 유지관리에 대해서도 관련 연구가 마무리되기 전에 시급히 적용되는 경우도 많아, 결국 국외기술에 대한 종속을 심화시키는 결과를 가져왔다(MOLIT, 2015). 현장에서 발생하는 새로운 문제에 대한 신속한 대응이 부족하고, 국외 기술 도입에 급급하다는 인식에 의해 친환경 시설 및 하도 유지관리를 위한 기술 개발이 조속히 진행되었으나(MOLIT, 2018), 현장관리자나 하천보수원들에 의해 적절히 활용되지 못하였다. 후속 연구에서도 첨단 기술 도입을 우선하여 현장에서의 활용 가능성에 대한 고민이 부족하였고, 육안점검에 대한 의존을 심화시키는 결과를 가져왔다. 아울러 개발된 기술의 우수성과 무관하게 기술 활용 시간이 많

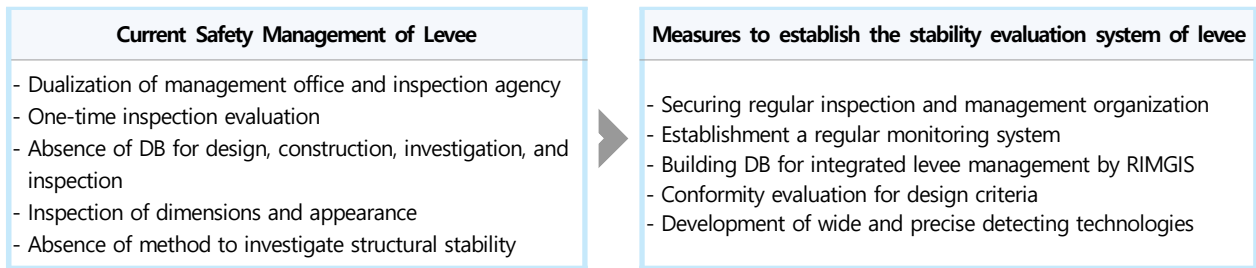


Fig. 2. Introduction for stability evaluation of levee

이 소요되면서, 예를 들어, 무인이동체를 이용한 콘크리트 구조물 점검 기술과 같이, 활용되지 못하고 사장되는 기술도 다수 발생하였다(MOLIT, 2020c).

또한, 현장 적용성이 높은 경우 기존 기술이 재활용되거나 외양만 바뀐 기술이 많아 실질적인 기술 발전이 이루어지지 못한 사례도 확인되었다. 이외에도 또한 최신킨기술 활용을 위한 현장 담당자 교육 부족, 이에 따른 신기술 채택에 대한 거부감, 하천 유지관리 기술 발전에 대한 투자 감소 등이 기술 발전을 저해하는 요소로 분석되었다.

3.4.2 새로운 기회

최근 정부의 여러 부처에서 위성 인프라 구축을 위해 상당한 노력을 기울이고 있다. 국토교통부와 과학기술정보통신부가 2021년 3월에 발사한 국토관측위성과 환경부에서 현재 준비 중인 수자원위성이 운영을 시작하게 되면, 국외와 필적할 만한 위성 인프라를 보유하게 된다. 하천시설에 대한 광역적인 관리가 가능해지며, 하천조사 전문드론과 수심LiDAR 등의 임무장비와 결합하여 하천 유지관리의 고도화를 위한 기술 인프라를 갖추게 된다.

해외의 경우에는 하천 유지관리 인력의 전문성과 경험에 근거한 철저하고 정밀한 육안점검이 유지관리 업무의 핵심이 되고 있다(EUCOLD, 2018). 동시에 제체의 특성, 단면, 재료 등을 고려한 적절한 유지관리 방법을 개발하고 있으며, 기술 수준을 고도화하여 효율성과 정확도 향상을 추진하고 있다(MLIT, 2019b). 유럽은 스마트 제방 시스템(Levee Monitoring IT System) 연구를 활발히 진행하고 있으며(KICT, 2019), 일본의 경우에도 극한홍수 대응을 위하여 실시간 제방 붕괴 실험을 대규모로 진행하면서 제체 내부상태를 모니터링하기 위한 계측 시스템도 개발하였다(RIRT, 2021).

3.4.3 제안사항

시간적·공간적 범위를 고려하여 연구개발 방향을 크게 5가지로 구분하여 제안하였다(Fig. 3). 첫째, 위성을 활용하는 위성자료 기반 광역 탐사기술을 제안하였다. 2025년 기준으로, 국토관측위성 및 수자원위성 등 고해상도 위성 인프라를 보유하게 되므로 점검 범위의 공간적인 혁신이 가능하며, 고해상도 위성영상을 기반으로 극한 홍수로 인한 제방 붕괴 및 손상 탐지, 제방 내외부 손상별 주요 원인 파악이 가능해질 것으로 판단된다. 둘째, 현재 개발 중인 하천조사 전문드론 등의 독립형 장비를 활용한 원격조사를 적극 활용할 것을 제안하였다. 원격조사로 취득한 고정밀 지형자료를 유지관리 시스템에 축적함으로써 제방 등 하천시설의 구조적 변화를 주기적으로 관측하는 것이 가능하다. 또한 광역탐사 정보와의 결합으로 정보화 시스템을 고도화할 수도 있을 것이다. 셋째, 기존 육안 점검기법을 고도화하기 위한 방법으로 휴대용 및 설치형 장비를 이용한 근접점검의 개발방향을 제안하였다. 근접 점검은 하천시설 유지관리의 근간이 되는 기술 개발 방향으로 하천시설의 주요 결함이나 상제 원인을 파악하기 위해서는 중점을 두어 혁신적으로 개선되어야 한다. 시설 외부뿐만 아니라, 제방 구조물 접합부, 제체 내부 취약지점, 수층부 성능 저하 등의 상태를 신속히 파악할 수 있는 기술로 고도화할 것을 제안하였다. 넷째, IoT 센서 등 첨단기술을 활용한 계측 및 모니터링 기술이 접목된 스마트 제방 개발 방향을 제안하였다. 인력 활용의 한계를 극복하기 위한 기술로 24시간 계측 자료를 확보하고 정기적인 모델링을 통하여 발생할 수 있는 문제점을 사전에 파악 및 예측할 수 있는 장점을 가지고 있다. 또한 붕괴 위험도 감지를 위한 ICT 기술 접목, 휴대 가능한 관입형 장비 개발, 근접 점검 결과와 연계 등으로 활용 가능하다. 마지막으로, 네 가지 공간적 범위를 고려한 기술을 통하여 수집한 자료를 통합하여 관리하는 하천 유지관리 정보 시스템 고도화 방

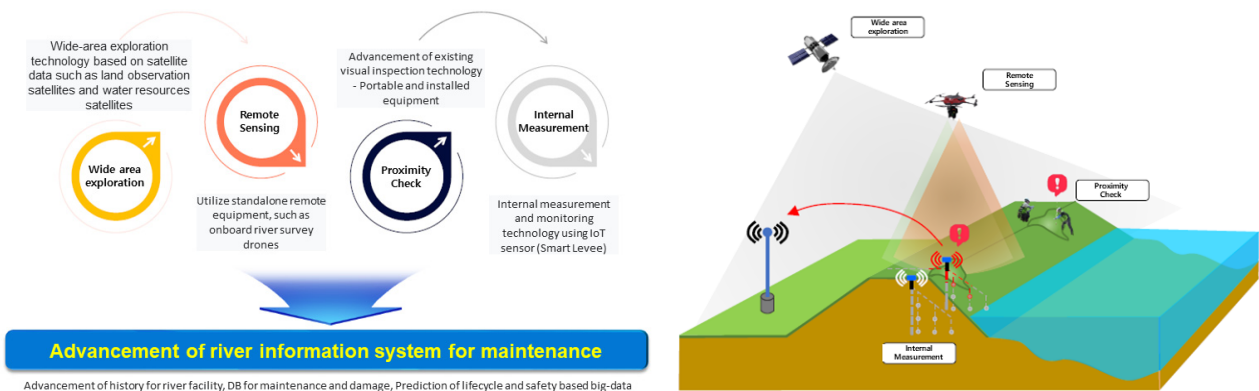


Fig. 3. Conceptual diagram and spatial scope of river maintenance technology

안을 제안하였다. 정보의 가치에 대한 강조와 함께 단순한 계측자료 및 점검 자료 DB를 관리하기 위한 시스템으로 머물러서는 안 되며, 점검 DB와 이력에 근거한 취약 시설을 선별, 유지관리 우선순위 선정, 예산 및 평가 결과를 고려한 보수·보강 시행 등 종합적인 시스템으로 발전시킬 것을 제안하였다.

3.4.4 쟁점사항

토론시간에 제기된 쟁점은 다음과 같이 요약된다.

- (1) 연구를 통해 첨단기술을 개발함과 동시에 이를 활용할 인력 육성도 중요
- (2) 설계단계에서 하천 유지관리 업무 고려 필요
- (3) 전문적인 유지관리로 전환하기 위해 방대한 자료수집과 정보화가 중요

(1)은 사회적 필요와 개발한 기술을 활용할 수 있는 인력 육성이 뒷받침 되어야 함을 의미한다. 최근 첨단 기술을 기반으로 한 하천관리 기술이 활발히 개발되고 있는데, 담당자의 기술 수준 향상을 위한 교육의 필요성이 강조되고 있다. 따라서 담당자에 대한 기술 맞춤형 교육 프로그램 개발과 기술 활용을 위한 매뉴얼 개발이 활발히 이루어져야 하며, 기술 개발도 일회성으로 끝날 것이나 아니라 기술을 보완하면서 사용의 난이도를 낮추는 후속 단계가 이뤄져야 한다. (2)에 대해서는 다른 SOC와 설계와 근본적으로 다른 하천설계의 단계에 활용할 수 있는 기술 개발이 이루어져야 하는데, 특히, 설계된 도면을 체계적으로 관리하면서 유지관리 기능에 맞게 재가공할 수 있는 정보화 시스템 개발이 필수적이다. 이를 위한 향후 법적 근거와 기술지침 마련이 필요하다. (3)에 대해서, 하천 유지관리를 위한 정보 시스템개발의 요구와 필요성이 지속적으로 제기되어 왔으나 그동안 정책 등의 변화에 따른 예산 확보에 어려움이 많아 적시에 개발되지 못한 것으로 볼 수 있다. 과거 경험에서 볼 때 하천법에서 규정한 하천관리정보체계에 하천 유지관리 시스템을 포함하도록 법령정비가 반드시 이뤄져야 할 것이다.

4. 설문조사

4.1 정책부문

첫 번째로 현행 하천법에서 별도 장을 구분하여 중요한 유지관리 업무의 근거를 두는 것이 필요한지 질문하였다(Fig. 4). 현재의 방식이 적절하다는 응답비율은 13%에 불과한데, 공무원 그룹 외 현 방법이 적절하다고 보는 응답자가 없었으며,

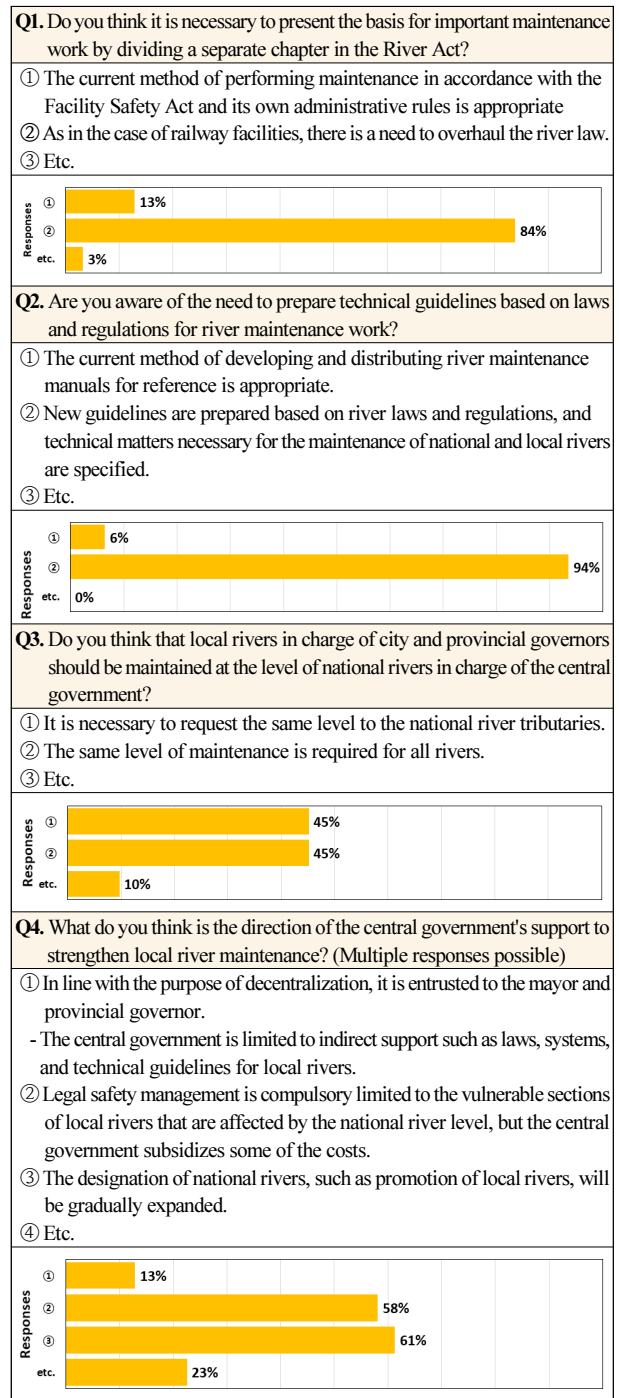


Fig. 4. Questions and responses about policy issues

하천법 개정을 통한 하천공사에서 하천 유지관리로의 전환을 크게 기대하고 있었다. 두 번째 질문에서도 절대 다수의 응답자들이 하천 유지관리를 위한 법령에 근거한 기술지침 개발을 요구하고 있었다. 세 번째로 시·도지사가 담당하는 지방하천을 중앙정부가 담당하는 국가하천 분류 수준으로 관리할 필요

가 있는지에 대해서 질문하였다. 모든 하천에 대하여 국가하천 수준으로 유지관리를 수행해야 한다는 응답(47%)이 제일 높았으나, 국가하천 지류까지는 동일 수준으로 유지관리해야 한다는 의견도 높은 비율(43%)로 나타났으며 이는 응답자들이 지자체의 현실적인 재정여건을 고려한 것으로 해석되었다. 이외에도 제내지의 인구, 자산 등의 특성을 고려하여 유지관리 수준을 결정해야 한다는 의견도 확인할 수 있었다. 마지막으로 지방하천 유지관리를 강화하기 위해 중앙정부의 지원 방향에 대해서는 국가하천 지정 확대의 응답이 가장 많았으며, 지방하천 취약구간에 한정하여 중앙정부 비용 지원과 안전관리를 의무화하는 의견도 응답이 높았다. 지방분권화에 맞춰 중앙정부 지원을 최소화하여야 한다는 응답은 매우 저조하였음을 알 수 있었다. 해당 질문에 대한 기타의견도 23%로 비교적 높게 나타났다. 지방하천의 승격과 관련된 의견 지방행정기관의 지방하천 예산 편성, 국가하천으로 승격하여 하천정비 시행 후 다시 지자체로 환원하는 방안, 국가하천의 확대 및 지방하천의 미개수 구간을 증대하는 방안 등의 의견도 함께 나타났다.

4.2 계획부문

주제발표에서 수계별 유지관리계획 수립방안을 제시하였으며, 계획수립의 목적, 활용방안, 그리고 구체적인 목차까지 제안하였기 때문에 설문조사에서는 발표내용에 대해 자유로운 의견을 수렴하고자 하였다. 계획부문에서는 Table 1에 나타난 것처럼 제안된 하천유지관리계획에 대한 적절성에 대

한 서술형 문항으로 구성하였다. 서술형 문항에도 불구하고 51.6%라는 높은 응답률을 얻을 수 있었으며 Table 1과 같이 요약할 수 있다. 현재 하천 유지관리는 시설물안전법 등의 타법에 크게 의존하여 특수시설의 점검·진단 등에 치우쳐 있는데, 하천법령에 근거하여 하천 본래 특성에 맞게 유지관리를 수행할 수 있도록 포괄성과 구체성을 가져야 한다는 의견을 확인할 수 있었다. 일상관리로부터 확보하는 정보와 주기적으로 진행하고 있는 점검, 진단 등을 종합하여 관리주체가 매년 수행해야 할 하천관리 업무를 결정하는 목적으로 계획을 도입할 것을 강조하였다. 또한 관리청이 직접 수계단위로 계획을 수립해야 한다는 등의 공간범위와 계획수립 주체에 대한 의견도 확인할 수 있었다. 계획수립을 통해 얻게 되는 자료를 실무에서 활용할 수 있도록 전산화해야 한다는 의견도 얻을 수 있었다.

4.3 기술부문

기술부문의 설문은 Q1과 Q3은 서술형 문항, Q2는 객관식 문항으로 구성하였다. 첫 번째로 핵심 치수시설인 제방의 안전관리의 문제점에 대해서는 모든 그룹에서 육안위주의 점검 방법이 갖는 한계를 지적하였을 뿐만 아니라 현장인력과 예산의 부족 등 기술 외적인 문제들도 지적하였다(Table 2). 두 번째로 제방의 안전관리를 위한 법제도, 인력, 예산 등의 적절성에 대해 부적절하다는 의견이 87%로 나타났으며, 법제도에 있어서는 관리체계 개선, 안전관리 업무에 따른 후속 조치의 무화 등이 필요하며 인력 및 예산에 있어서는 전면적인 보강

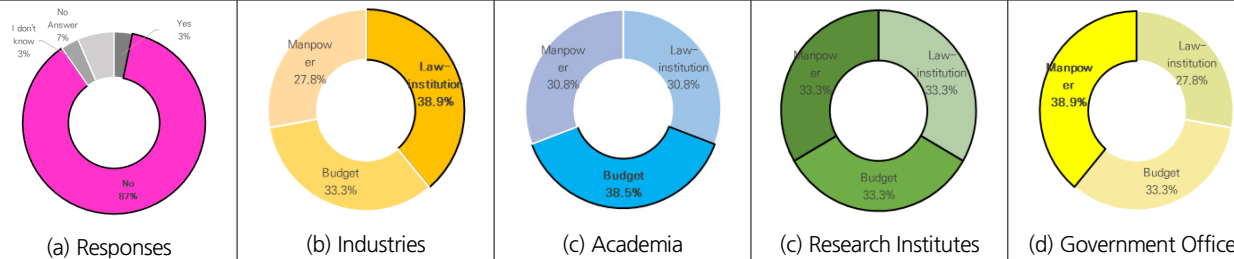
Table 1. Questions and responses about planning issues

Q. Do you think the maintenance plan for each river proposed through the presentation is appropriate?		
Group	Responses	Note
Government Offices	<ul style="list-style-type: none"> - The government should present a plan to be implemented by the management entity each year. - It is also necessary to link with the watershed environment management plan that reflects water quality and ecological performance. -The reform of the legal system should be promoted first for the continuous maintenance plan. - It is necessary to consider a unified management system of local governments and land offices. 	
Relevant industries	<ul style="list-style-type: none"> - The local government should present an action plan on a one-year basis. - A system should be established based on the watersheds, and the responsibility for implementing the plan needs to be clearly defined. 	
Academia	<ul style="list-style-type: none"> - It is necessary to gradually expand the national river management target. - Determination of specific contents such as maintenance target and time should be presented in connection with the river management form, etc. - Utilization of specialized river management institutions is also necessary. - Informatization of the results and review of river maintenance plan are also important. 	
Research Institutes	<ul style="list-style-type: none"> - The results of periodic inspection, diagnosis and evaluation should be reflected in the action plan. - It is necessary to make up for insignificant areas through an overall inspection of maintenance (especially establishment of new technologies and new plans in the field of investigation and maintenance) - It is necessary to establish a big data system of information and data for each item required for maintenance. 	

Table 2. Questions and responses about field-technology issues

Q1. What do you think are the problems with current safety management of levee?		
Group	Responses	Note
Government Offices	<ul style="list-style-type: none"> - Lack of system and technology for daily inspection - Insufficient evaluation criteria such as visual inspection - It is necessary to review not only the stability of the body but also whether it meets the design standards. - Lack of on-site manpower and insufficient budgeting - Consistency of policy and technology is required 	
Relevant industries	<ul style="list-style-type: none"> - It is necessary to improve the effectiveness of safety management according to the characteristics of the facility. - Not only safety inspection experts but also design experts need to participate in safety management - The river channel has a large limit to visual inspection due to the vegetation cover. - It is necessary to prepare a systematic inspection method by classifying it into structures, junction sections, and river channels. 	
Academia	<ul style="list-style-type: none"> - Efforts are needed to objectify inspection results - It is necessary to secure the linkage between the inspection results and the repair/reinforcement work, and It is also urgent to prepare an administrative system for this purpose. - The management technology and know-how acquired by the central government should be transferred to local governments. 	
Research Institutes	<ul style="list-style-type: none"> - It is difficult to identify any abnormal signs in advance with an inspection method centered on external inspection. - Tasks for levee management such as weeding are not systematically carried out. - It is also necessary to consider the safety impact of floods due to climate change. - It is important to prepare and use clear inspection standards for daily management. 	

Q2. Do you think it is possible with the current legal system, manpower and budget to ensure the safety of the levee?



Q3. How do you think system improvement, technology development, and data management should be improved to strengthen embankment safety management?

Group	Responses	Note
Government Offices	<ul style="list-style-type: none"> - (Institutional improvement) Expanding national rivers, technical support for local governments, institutionalization of stability evaluation for levee - (Technology development) specialization in daily management, real-time monitoring, developing measurement equipment for levee condition, securing a digital twin-based technology, and expanding R&D investment - (Data management) Informatization of survey, planning, construction, and maintenance data, establishment of management system and improvement of accessibility, use of specialized institutions 	
Relevant industries	<ul style="list-style-type: none"> - (Institutional improvement) Establishment of embankment safety management system centering on the River Act - (Technology development) Development of practical manuals for performance evaluation - (Data management) Establish an information system to enable history management centered on RIMGIS for continuity of management work 	
Academia	<ul style="list-style-type: none"> - (Institutional improvement) Establish a system so that the performance evaluation of the levee can be carried out in a substantial way - (Technology development) Development of technology to solve the limitations of visual inspection - (Data management) The direction of expanding the functions of RIMGIS is important 	
Research Institutes	<ul style="list-style-type: none"> - (Institutional improvement) Establish a legal basis in the River Act, but implement discriminatory safety management in consideration of regional and river characteristics - (Technology development) Developing non-proximity inspection methods through remote measurement, AI, and ICT, and building and upgrading systems for prompt on-site response are also important. - (Data management) Integrated maintenance information system owned by each institution centered on RIMGIS 	

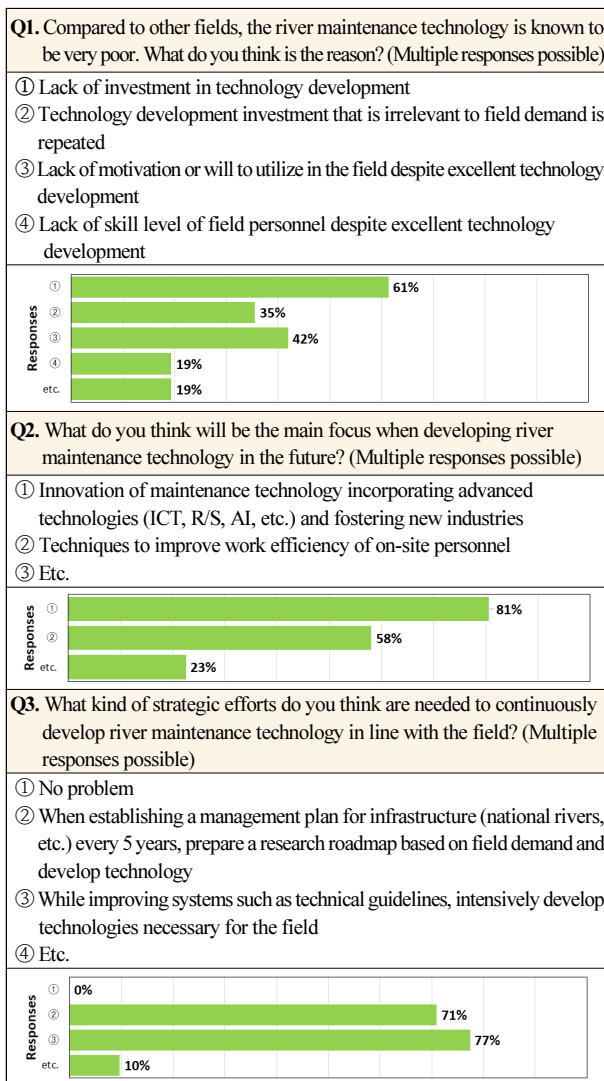


Fig. 5. Questions and responses about R&D issues

이 필요하다고 나타났다. 제방의 안전관리가 곤란한 원인은 그룹별로 다르게 인식하고 있는데, 산업계 그룹에서는 법제도 부문, 학계 그룹에서는 예산 부문, 연구계와 정부기관에서는 전문인력의 확보에 있어서 가장 큰 문제가 있다고 응답하였다. 세 번째로 제방 안전관리 강화를 위해 제도개선, 기술개발, 자료관리(정보화 포함) 측면에서 필요한 개선방안에 관한 다양한 의견을 수렴하였다. 제도적 측면에서는 하천법을 개정할 때 제방 안정성 평가를 제도화하고 정기점검, 성능평가 등에 대한 의무규정 마련이 필요하다는 의견이 많았다. 기술개발 측면에서는 육안조사의 효율·효과성이 부족한 점을 극복할 수 있도록 계측장비, 모니터링, 데이터기술, 정보화 등에 대한 집중적 투자를 요구하였는데, 정부기관에서는 소수의 현장인력이 광범위한 제방연장을 효과적으로 점검하기 위한

기술을 특별히 강조하였다. 자료관리의 경우 현행 하천관리 정보체계에 해당하는 RIMGIS의 기능 확대와 고도화를 공통적으로 요구하였으며, 다수의 응답자가 유지관리를 위한 새로운 자료관리체계를 마련해야 한다는 점 또한 언급하였다.

4.4 연구부문

첫 번째로 타 분야와 비교하였을 때 유지관리 기술개발이 저조한 이유에 대해서는 Fig. 5와 같이 기술개발에 대한 투자 부족을 지적하는 응답이 가장 많았고, 우수한 기술개발에도 불구하고 현장에서 활용할 동기가 의지가 부족하다는 응답과 현장 수요와 무관한 기술개발 투자가 반복된다는 응답 또한 비교적 높은 수준이었다. 기술개발의 투자 확대의 필요성은 대부분 동의하고 있으나, 기술의 활용성을 염두하여 현장의 수요를 적극 반영하여 연구를 추진해야 한다는 점을 시사한다. 두 번째로 유지관리 기술개발의 주안점에 대해서는 Fig. 5와 같이 ICT, AI 등 첨단기술을 접목을 통한 기술혁신과 신산업 육성이 필요하다는 응답이 80%를 상회할 뿐만 아니라 현장 담당자의 업무 효율화도 약 60%에 달하였다. 즉, 기술혁신, 신산업 육성, 현장 업무 효율화는 연구개발의 핵심 키워드가 되어야 함을 확인하였다. 세 번째로 현장과 보조를 맞춘 기술의 지속적인 발전을 위한 전략으로 기술지침 등 제도개선에 맞춰 필요한 기술 중심으로 집중 개발해야 한다는 의견과 5년 주기로 수립하는 관리계획에 현장 수요를 반영하여 연구로드맵을 작성 후 기술을 개발해야 한다는 의견이 모두 70%를 상회하였다. 이를 종합하면, 5년마다 국가하천 관리계획을 수립할 때 현장 수요자의 의견을 충실히 반영하여 연구 로드맵을 작성하고 관리계획을 실행하는 단계에서 연구개발을 추진한 뒤 최종적으로 연구성과를 바탕으로 기술지침을 개정하는 방식이 바람직하다고 볼 수 있다.

5. 결론

본 연구는 하천관리에 대한 국가정책이 크게 변화되는 시점에서 하천공사에서 유지관리로의 본격적인 전환을 대비하고자 산·학·연·관의 합동 토론회를 개최하고 설문조사를 통해 정책·기술의 대안에 대해 다양한 의견을 수렴하였다. 최종적으로 각 부문별로 다음과 같은 권고사항을 도출하였다.

- 1) 하천법령 및 기술지침을 정비함으로써 하천공사에서 하천 유지관리로의 본격적인 전환을 추진해야 한다.
- 2) 하천법에 근거를 둔 「(가칭)하천 유지관리 등의 실시예

관한 지침」을 개발함으로써 현장 업무의 통일성과 전문성을 높여야 한다.

- 3) 단기적으로 국가하천의 본류와 지류의 유지관리 격차 해소를 위해 노력해야 한다.
- 4) 시·도의 하천관리 부담을 줄이기 위해 중앙정부는 지방 하천 승격을 지속하되 지방하천의 취약구간에 대해서는 지자체가 충분한 안전관리 업무를 수행할 수 있도록 취약 구간 지정, 국비 지원, 기술 컨설팅 등 다양한 지원방안을 종합적으로 검토해야 한다.
- 5) 변화된 하천관리·정책 대응을 위해 유지관리 기술역량 강화를 위한 R&D사업 등 투자 확대가 시급하다.
- 6) 기술개발은 현장의 활용성뿐만 아니라 기술혁신을 통한 산업육성과 인력·예산 등의 한계를 극복할 수 있도록 기술의 효율성과 포괄성, 그리고 신뢰도 향상을 고려해야 한다.
- 7) 국가하천 관리계획을 수립할 때 현장 수요를 바탕으로 연구 로드맵을 작성 후 연구개발사업을 추진하고 연구성과를 바탕으로 기술지침을 개정하는 방식을 취할 필요가 있다.
- 8) 관리청은 하천시설뿐만 아니라 하천공간, 저수로 등을 포함해 실태조사를 실시하고 중기단위의 재정투자 전략을 반영한 해당 수계의 유지관리 계획을 하천법에 근거하여 수립하여야 한다.
- 9) 관리청의 수계별 하천 유지관리 계획은 각 관리주체가 매년 수행해야 하는 업무를 구체적으로 결정하고, 계획 수립 후에는 투명하고 합리적인 예산배정과 탄력적인 역할분담이 수반되어야 한다.
- 10) 제방 안전성 평가를 통해 기존의 안전관리 방식을 보완하고 안전관리 결과에 따른 후속 조치를 의무화하도록 하천 법령의 개정이 필요하다.

최근 하천 유지관리 분야의 정책 및 환경의 여건변화는 개발중심에서 유지관리 중심으로 변화하는 과정에서 큰 의미를 가지고 있다. 이에 하천시설의 유지관리는 하천법령 및 기술 지침의 정비와 필수적이며, 특히 현장업무의 여건을 고려한 단·중·장기적인 방향과 계획 수립이 강조되어야 할 것이다. 끝으로 하천관리에 대한 국가정책의 방향을 제시함에 있어 설문조사 결과에 의존한 방법론 측면의 한계가 있다고 비춰질 수 있다. 그러나 최근 정부정책 연구를 종합하여 현안을 진단 하였고 다양한 이해관계자와 함께 토론과 설문 방식의 통째 한 차례 더 수정·보완하였다. 이를 통해, 장래 하천관리에 필요한 정책, 계획, 현장기술, 연구 등의 방향을 가늠할 실증적 결과를 제시하였다는 점에서 본 연구의 의의가 있다고 판단된다. 하천은 전주기 건설관리 이론의 적용이 부진한 대표적인 기반 시설이었다는 점도 본 연구의 의의를 설명하는데 또 다른 이

유가 될 수 있을 것이다. 제1차 기반시설관리기본계획과 제1차 기반시설(국가하천) 관리계획에 대응하기 위해, 그리고 최근 정부조직법 개정에 따른 하천관리의 개발시대에서 관리시대로의 본격 전환을 위해 머지않아 하천법령을 중심으로 하천 유지관리체계를 재정비할 것으로 예상된다. 법령과 계획을 정비하고 현장조직을 유기적으로 통합하며 기술개발의 당위성을 확보하는데 중요한 참고자료로 활용되길 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부(「국가하천 유지관리체계 개선방안 도출 및 종합관리계획 수립(2019~2021)」)과 국토교통부/국토교통과학기술진흥원(21DPIW-C153746-03)의 지원으로 수행되었습니다.

References

- Board of Audit and Inspection (BAI) (2016). "Investigation of current status of river management and river improvement projects." Press Release, August 24.
- Curt, C., Tourment, R., Gat, Y.L., and Wery, C. (2018). Asset management of water and sewer networks, and levees: recent approaches and current considerations. *Proceedings of the 6th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering*, Ghent, Belgium. Hal-01951181.
- Environment Agency (EA) (2005). *Performance and reliability of flood and coastal defences*. R&D Report FD2318/TR1, UK.
- European Club of ICOLD (EUCOLD) (2018). *European and US levees and flood defences: Characteristics, risks and governance*, Norway.
- Hui, R., Jachens, E., and Lund, J. (2016). Risk-based planning analysis for a single levee. *Water Resources Research*, Vol. 52, No. 4, pp. 2513-2528.
- Joint Ministry (2020). *Comprehensive plans for improvement of flood management*.
- Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology (KICT) (2019). *Development of MEMS sensing technology for embankment monitoring*.
- Lee, S. (2019). "Recent issues on river management." *KRIHS Policy Brief*, Vol. 708, pp. 1-6.
- Lee, S., Lee, S.O., and Park, J. (2021a). :Current status and policy changes of national river O&M." *The Magazine of the Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 69, No. 3, pp. 38-45.
- Lee, S., Park, T., Ahn, S., and Cho, H. (2021b). *Determining the flood defense level based on the quantitative risk assessment*. KRIHS.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2015).

- Development of river facility management system in 2015.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2016). *Methods for evaluation and improvement of river operation and maintenance.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2018). *Research on advanced technology-based river operation and management.* KAIA.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2020a). *Developing methods for efficient management of national river using mobile-phone big data.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2020b). *The 1st SOC management plan ('20 ~ '25): National river.*
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT) (2020c). *Development of technology roadmap for smart river management.*
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) (2019a). *Inspection of river management facilities such as embankments and river channels evaluation procedure.* Japan.
- Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) (2019b). *Inspection of river management facilities such as embankments and river channels evaluation procedure reference materials.* Japan.
- National Committee on Levee Safety (NCLS) (2009). *Recommendations for a national levee safety program: A report to congress from the national committee on levee safety.* U.S.
- National Research Council (NRC) (2012). *Corps of engineers water resources infrastructure deterioration, investment, or divestment? Report in Brief.* US ACE, Washington, D.C., U.S.
- Peyras, L., Tourment, R., Vuillet, M., Beullac, B., Delaunay, C., and Bambara, G. (2015). Development of an expert-led GIS-based approach for assessing the performance of river levees: the Digsure method and tool. *Journal of Flood Risk Management*, Vol. 10, pp. 393-407.
- Research Institute of River Technology (RIRT) (2021). Japan, accessed 1 November 2021, <<http://www.rirt.or.jp>>
- Serre, D., Peyras, L., Maurel, P., Tourment, R., and Diab, Y. (2009). A spatial decision support system aiding levee managers in their repair and maintenance planning. *Journal of Decision Systems*, Vol. 18, No. 3, pp. 347-373.
- Wu, H.S., Jeon, S.J., Cho, G.C., and Lee, D.H. (2020). *Nature-friendly levee engineering.* Gyomoon.