

# 제방 인증제 도입에 관한 연구

## A Study on Introduction of Levee Accreditation Program

이상호\*, 강태욱\*\*, 류권규\*\*\*, 이남주\*\*\*\*, 이재형\*\*\*\*\*

Sang Ho Lee, Tae Uk Kang, Kwon Kyu Yu, Nam Joo Lee, Jae Hyung Lee

### 요 지

현재 국내에는 하천시설물의 인증과 관련한 제도와 법령이 마련되어 있지 않다. 하천시설물과 관련된 인증 제도는 효율적인 하천시설물의 유지관리를 가능하게 하고, 치수 안전성 증대에 기여할 수 있다. 본 연구는 미국의 제방 인증(levee accreditation) 제도를 분석하여 국내에 적용하는 방안에 관한 것이다. 미국의 연방 재난 관리국(Federal Emergency Management Agency; FEMA)은 국가 홍수 보험 프로그램(National Flood Insurance Program; NFIP)을 관리하고 있는데, 그의 일환으로 제방 인증 제도를 시행하고 있다. 제방의 인증은 제내지를 보호하는 제방 시스템이 100년 빈도의 홍수에 대한 방어 능력이 있는지를 기술적으로 검토하는 것이다. 여기서 제방 시스템이란, 제방, 홍수벽, 수문 장치, 펌프시설, 암거, 내수 배제 시설 등 홍수로부터 제내지를 보호하기 위한 모든 시설을 포함한다. 미국은 제방 인증을 위한 제도로써 연방 규정 조례(code of federal regulation; CFR)를 두어 제방 시스템의 설계, 운영, 유지관리의 기준을 마련하였다. 제방 인증을 신청하는 기관은 연방 규정 조례에서 정의된 제방 시스템의 운영 및 유지관리에 관한 문서를 갖추어야 하고, 공학적인 설계 기준에 대하여 면밀히 검토되어야 한다. 운영 및 유지관리에 관한 사항은 수문과 내수 배제 시스템을 포함한 제방 시스템의 홍수 시 운영 지침과 운영실적, 유지보수 지침과 점검 보고서 등이다. 공학적인 설계 기준에 대한 검토사항은 제방의 여유고, 수문, 호안, 제방과 기초의 안정성, 침하, 내수배제에 관한 분석 결과이다. 이러한 제방의 인증에 필요한 기술적인 검토 자료와 관련 문서는 등록된 전문 기술자나 제방의 설계와 시공능력을 갖춘 연방 기관을 통해 보증(certification) 되어야 한다. 현재, 미국에서 제방의 보증을 결정하는 대표적인 기관은 미 공병단(U.S. Army Corps of Engineers; USACE)이다. 제방 보증의 유효 기간은 최대 10년이지만 검사와 평가가 지속되고, 유효 기간 만료 전이라도 언제든지 재검토될 수도 있다. 또한, 제방 시스템 전체에 대하여 보증 여부를 결정하고, 개별 시설에 대한 보증이나 조건부 보증은 수행하지 않는다. 국내에 제방 인증 제도를 도입하기 위해서는 제방 인증에 관한 절차, 수행 기관, 수행 방법 등에 대한 규정과 제도가 마련되어야 하고, 현재 국내에서 수행되고 있는 하천시설물의 안전도 검사 방법을 포함한 평가 지표와 평가 기술에 대한 인증 표준화가 요구된다.

**핵심용어 : 제방 인증, 제방 시스템, 제방 보증, 인증 표준화**

### 1. 서 론

우리나라는 매년 발생하는 태풍과 호우로 인해 하천시설물 및 제내지의 피해가 지속적으로 발생하고 있다. 하지만 하천시설물에 대한 기술적인 평가와 관리, 운영 및 유지관리에 대한 체계적

\* 정회원 · 부경대학교 건설공학부 교수 · E-mail : peterlee@pknu.ac.kr  
\*\* 정회원 · 부경대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : ktw62@hanmail.net  
\*\*\* 정회원 · 동의대학교 토목공학과 조교수 · E-mail : pururumi@deu.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원 · 경성대학교 건설환경공학부 교수 · E-mail : njlee@ks.ac.kr  
\*\*\*\*\* 정회원 · 현대엔지니어링 수자원부 부장 · E-mail : jhlee908@hec.co.kr

이고 제도적인 기준은 마련되어 있지 않다. 또한, 유지관리 및 안전진단에 관한 기술도 선진국에 비해 미흡한 실정이다.

국내에서 기 수행된 하천시설물의 평가 및 관리와 관련한 대부분의 연구들은 개별 하천시설물의 안전성 평가 기법만을 제시하고 있다. 또한, 이러한 연구들도 최근 들어 수행되었는데, 국내에서 수행된 연구들은 다음과 같다. 건설교통부(2004)는 제방설계와 안전진단의 기술을 개발하였고 대규모 제방과 환경사 제방에 대한 설계 지침을 개발하였다. 건설교통부(2005a)는 제방, 호안, 수문과 같은 하천시설물에 대한 유지관리 매뉴얼을 작성하였다. 건설교통부(2005b)는 한국형 배수통문의 최적 설계 기법을 개발하였고 배수통문의 표준도 개선안을 제시하였으며, 배수통문의 안정성 평가 및 탐사기법, 보수·보강 기법을 개발하였다.

본 연구는 미국에서 수행하고 있는 제방 인증(levee accreditation) 제도를 분석하여 국내에 적용하는 방안에 관한 것이다. 이러한 제방 인증제의 도입은 하천시설물에 대한 합리적인 인증을 가능하게 하여, 시설물의 효율적인 운영과 유지관리를 수행할 수 있도록 한다. 또한, 홍수에 대한 하천시설물의 치수 안전성을 증대시켜 홍수로 인한 피해 저감에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 미국의 제방 인증제

### 2.1 제방 인증제의 배경

U. S. Army Corps of Engineers(2007)는 미국에서 수행하고 있는 제방 인증제의 배경에 대하여 다음과 같이 설명하고 있다. 미국의 국토안보부(Department of Homeland Security) 예하의 연방 재난 관리국(Federal Emergency Management Agency; FEMA)은 국가 홍수 보험 프로그램(National Flood Insurance Program; NFIP)을 관리하고 있다. 그리고 국가 홍수 보험 프로그램의 일부로서 홍수의 영향을 받을 수 있는 지역을 식별하고 홍수 보험료를 결정하며, 홍수터 관리를 위해 홍수 보험률 지도(Flood Insurance Rate Map; FIRM)를 개발하고 있다.

연방 재난 관리국은 연방, 주, 지방 관청과 함께 수치 홍수 보험률 지도(Digital Flood Insurance Rate Map; DFIRM)에 가장 최신의 정보를 추가하는 과정에서, 기존에 설치된 많은 제방이 상당히 변했거나 기능이 저하되었음을 인지하였다. 따라서 연방 재난 관리국은 연방 규정 조례(Code of Federal Regulations; CFR)의 44편 65.10절(44 CFR 65.10)에 제시된 제방 시스템에 의한 보호지역의 지도화(Mapping Areas Protected by Levee Systems)에 부합하도록 기본 홍수(연간 1%의 초과확률)로부터 제내지를 보호하는 모든 제방 시스템을 인증하고 있다. 여기서 제방 시스템이란, 제방, 홍수벽, 수문, 펌프시설, 암거, 내수 배제 시설, 운영 및 유지관리 시설 등 홍수로부터 제내지를 보호하기 위한 모든 시설을 포함한다.

### 2.2 제방 인증제의 규정과 역할

제방의 인증과 관련한 규정으로서, 연방 재난 관리국은 1986년에 연방 규정 조례의 44편 65.10절을 발행하였다. 이 연방 규정 조례는 제방 시스템을 인증받기 위해 필요한 최소한의 설계 기준과 제방 시스템의 운영과 유지관리에 요구되는 계획과 기준에 대하여 제시하고 있다. 따라서 제방 인증을 받고자 하는 기관에서는 연방 규정 조례에 부합하는 정보와 분석 자료를 연방 재난 관리국에 제출해야 한다. 표 1은 연방 규정 조례 44편 65.10절에 제시된 6가지의 설계 기준을 요약하

여 나타낸 표이다.

이러한 제방의 인증에 필요한 기술적인 검토 자료와 관련 문서는 등록된 전문 기술자나 제방의 설계와 시공능력을 갖춘 연방 기관을 통해 보증(certification)되어야 한다. 현재, 미국에서 제방의 보증을 결정하는 대표적인 기관은 미 공병단(U. S. Army Corps of Engineers; USACE)이다. 미 공병단은 제방 인증과 관련하여 연방 재난 관리국과 긴밀하게 협조하고 있고, 제방의 보증과 관련한 각종 기술 규정(Engineer Regulation; ER), 기술 설명서(Engineer Manual; EM) 등을 발간하고 있다.

따라서 미국의 제방 인증 제도는 제방을 인증 받고자 하는 기관, 미 공병단과 같이 제방을 보증하는 기관, 최종적으로 제방을 인증하는 연방 재난 관리국으로 구성된다. 즉, 연방 재난 관리국은 제방의 보증에는 관여하지 않고, 제방 보증 기관의 검토 자료를 근거로 제방을 인증하고, 이를 국가 홍수 관리에 적용한다.

표 1. 연방 규정 조례 44편 65.10절에 제시된 설계 기준

설계 기준	세부 검토 내용
여유고	<ul style="list-style-type: none"> <li>하천의 제방이 기본 홍수위보다 3 ft 이상 되도록 설계</li> <li>강에 구조물(교량, 암거)이 위치하거나 흐름이 축소되는 지점의 경우, 그 지점으로부터 100 ft 구간 내에 서는 1 ft의 추가적인 여유고 요구</li> </ul>
수문	<ul style="list-style-type: none"> <li>모든 수로는 수문 장치를 가져야 함</li> <li>수문 장치는 공학적인 분석에 따라 설계 및 운영 되고, 제방 시스템의 구조적인 역할을 해야 함</li> </ul>
호안	<ul style="list-style-type: none"> <li>호안은 기본 홍수에 대하여 침식이 발생해서는 안됨</li> <li>침식 발생으로 인해 침윤 경로가 축소되고, 이로 인해 호안과 기초가 파괴되지 않아야 함</li> <li>예상되는 유속, 파랑의 작용, 얼음 침적(ice loading), 잔해물의 영향, 비탈면 보호 기법, 홍수의 지속시간 과 속도, 호안과 기초의 재료, 제방의 정렬, 굽음, 변화, 제방의 측면 경사에 대한 공학적인 분석이 요구됨</li> </ul>
제방과 기초의 안정성	<ul style="list-style-type: none"> <li>기본 홍수 발생 시 예상되는 침윤의 평가와 제방과 기초를 통한 침윤이 안정성을 저해하지 않음을 분석</li> <li>홍수의 깊이와 지속시간, 제방의 기하학적 구조와 침윤선 길이, 제방과 기초의 재료, 제방의 다짐도, 침투, 침윤과 안정성에 영향을 주는 기타 요소에 관한 공학적인 분석이 요구됨</li> </ul>
침하	<ul style="list-style-type: none"> <li>침하에 따른 여유고의 손실 가능성의 평가와 최소한의 여유고가 유지될 것이라는 공학적인 분석</li> <li>제방하중, 제방토의 압축성, 제방 시스템의 사용연한, 건설 시 사용된 다짐 방법 등 상세한 침하분석 자료</li> </ul>
내수 배제	<ul style="list-style-type: none"> <li>제내지에 대한 홍수의 원인과 양을 평가</li> <li>제내지의 홍수를 배제하기 위해 제내지와 제외지의 홍수에 대한 확률을 조합하여 분석되어야 하고, 배수 관로, 펌프와 같은 시설용량이 검토되어야 함</li> </ul>

### 2.3 제방 인증의 절차

Federal Emergency Management Agency(2005)는 그림 1과 같은 제방 인증의 절차를 제시하였다. 연방 재난 관리국은 홍수 보험률 지도에 제방이 기본 홍수에 대하여 방어능력을 갖추고 있는지를 나타내는 것이 목적이므로, 제방의 식별에서부터 홍수 보험률 지도에 표시하는 단계에 대하여 도식화하였다.

그림 1에 표시된 수리·수문학적인 분석, 여유고의 적절성, 기본 홍수위에 대한 검토는 제방의 보증을 수행한 기관의 분석 자료에 근거하여 결정된다. 연방 재난 관리국은 이러한 절차에 따라 제방 시스템을 검토하여 기본 홍수에 대한 홍수 방어 능력의 유무를 결정하고, 최종적으로 홍수 보험률 지도에 반영한다. 그림 1에서 나타난 영문 약어 중 H&H(Hydrologic and hydraulic analysis)는 수문, 수리 분석을 의미하고, BFE(Base Flood Elevation)은 기본 홍수위, RPO(Regional Project Officer(FEMA RO))는 연방 재난 관리국의 지역 본부를 의미한다.

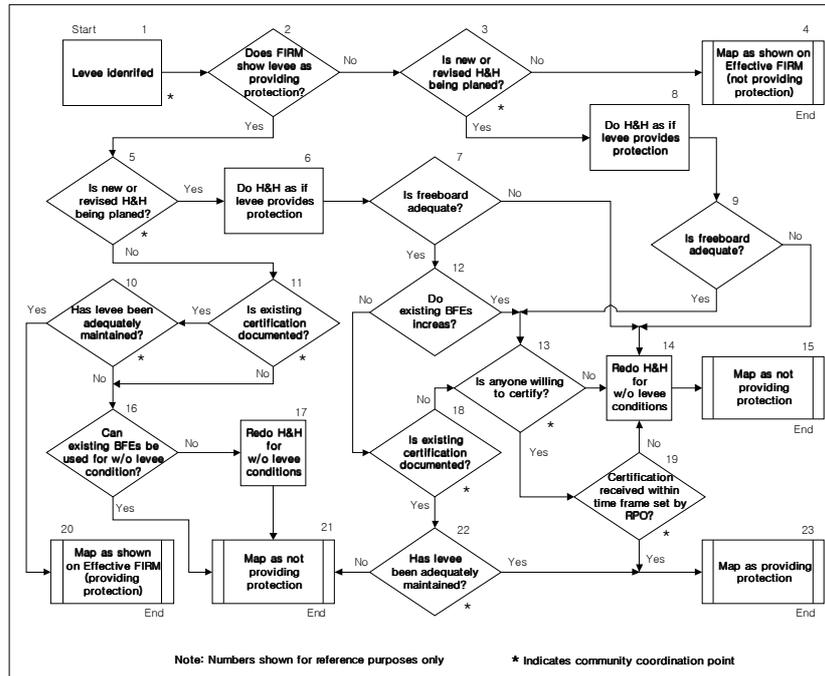


그림 1. 연방 재난 관리국의 제방 인증 절차

## 2.4 제방의 보증 조건

제방 시스템은 하나의 종합 시스템으로서 효과적인 홍수방어 기능을 수행하는 구성요소의 집합체이다. 그리고 제방의 보증은 기본의 홍수의 발생에 대하여 제방 시스템이 홍수에 대한 방어 기능을 수행할 수 있는지를 기술적으로 평가하는 것이다. 따라서 제방 시스템 내에 있는 일부 시설에 대한 부분 보증의 개념은 적절하지 않다. 또한 조건부 보증은 일부 조건에서는 보증이 유효하나, 미래의 수위 상승 등에 의해서는 보증이 유효하지 않을 수 있음을 의미한다. 따라서 연방 규정 조례 44편 61.12는 조건부 보증을 허용하지 않음을 기술하고 있다.

현재의 지침이나 문서상에는 보증의 유효기간에 대하여 명확하게 기술되어 있지는 않다. 미 공병단은 다수의 심의를 거쳐 국가 표준이 확립되기 전까지 보증의 최대 유효기간을 10년으로 설정하였다. 따라서 미 공병단에 의해 발행되는 보증 문서에는 보증이 10년을 초과할 수 없음을 기술하고 있다. 또한, 부적합한 제방 시스템의 운영과 유지관리, 구조적 및 지질공학적인 변화, 수리 수문학적 상태 변화 등에 의해 제방 시스템이 더 이상 보증 기준에 부합하지 않는다고 판단될 경우, 보증 기간의 만료 전이라도 언제든지 보증은 철회될 수 있다.

## 3. 제방 인증제의 국내 도입 방안

### 3.1 하천시설물의 인증 표준화 기술의 개발

미국은 합리적인 제방 인증을 수행하기 위하여 다양한 평가 요소에 대하여 많은 공학적인 기법과 통계적인 기반의 평가 방법을 활용하고 있고, 최근에는 공공의 안전을 강조하는 방침과 개념을 도입하여 운영하고 있다. 국내에서 이러한 제방 인증 제도를 수행하기 위해서는 전체 제방 시

스탬의 안전성 평가 기법과 지표를 마련하는 것은 물론, 이를 구성하는 세부 구성 요소에 대한 다양한 평가기법과 기준이 마련되어야 한다. 이를 위해, 현재 국내에서 운영되고 있는 하천시설물의 안전성 평가 기법과 각종 연구를 통해 개발된 평가 방법과 지표를 표준화할 필요가 있다. 뿐만 아니라, 국외의 선진 기술의 도입을 통해 국내의 부족한 기술력을 보완하고, 하천시설물의 종합적인 평가 프로그램과 지침이 마련되어야 한다.

### 3.2 제도적인 기준 마련

미국의 제방 인증 제도를 요약하면, 미국은 국가 차원의 홍수 보험률 지도 제작을 목적으로 제방 인증 제도를 수행하고 있고, 원활한 제방 인증 수행을 위해 관련 규정을 마련하였다. 또한, 합리적인 제방 인증을 위하여 제방 보증에 관한 전문 기술자와 보증 기관을 설정하였고, 인증 기관과 보증 기관과의 유기적인 협력관계로부터 인증 평가 기술과 지침을 지속적으로 개발하고 있다.

국내에 이러한 제방 인증제를 도입하기 위해서는 하천시설물에 대한 인증의 필요성을 인지하고, 국가 차원의 제도적인 기준이 마련되어야 한다. 그리하여 하천시설물의 인증을 수행할 기관을 선정하고 국내에 부족한 전문가를 양성하며, 기술력 확보를 위한 관련 연구의 진행이 요구된다.

## 4. 결론

본 연구는 미국에서 시행되고 있는 제방 인증제에 대하여 검토하였고, 국내의 도입 방안을 두 가지로 요약하였다. 첫 번째는 현재 국내에서 정립되어 있지 않은 하천시설물에 대한 인증 표준화 기술을 개발하는 것이고, 두 번째는 이를 시행하기 위한 국가 차원의 제도적인 기준이 마련되어야 한다. 이러한 하천시설물에 대한 인증 시스템의 개발은 시설물의 효율적인 운영과 유지관리를 가능하게 하고 홍수에 대한 치수 안전성을 증대시킬 뿐만 아니라 기 설치된 시설물의 유지관리를 통한 홍수방어 기능을 향상시킴으로써, 신규 홍수 방어 시설물의 건설을 최소화하여 경제적 가치가 증대될 것으로 판단된다.

## 감 사 의 글

본 연구는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행한 건설기술혁신사업(08기술혁신F01)에 의한 차세대홍수방어기술개발연구단의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

1. 건설교통부 (2004). 하천제방 관련 선진기술 개발 최종보고서, 한국건설교통기술평가원.
2. 건설교통부 (2005a). 하천시설물 유지관리 매뉴얼, 수자원국
3. 건설교통부 (2005b). 하천제방 배수통문의 설계 및 안정성 평가기법 연구, 한국건설교통기술평가원.
4. Federal Emergency Management Agency (2005). *Procedure Memorandum 34-Interim Guidance for Studies Including Levees.*
5. U. S. Army Corps of Engineers (2007). *Certification of Levee Systems for the National Flood Insurance Program (NFIP).*