

미국의 제방 인증제에 관한 고찰



강 태 옥 |

부경대학교 토목공학과 박사수로
ktw62@hanmail.net



이 상 호 |

부경대학교 토목공학과 교수
peterlee@pknu.ac.kr

1. 머리말

우리나라는 매년 발생하는 태풍과 호우로 인해 하천시설물 및 제내지의 피해가 지속적으로 발생하고 있다. 이에 따라 국토해양부는 ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’ 제13조 및 같은 법 시행령 제13조에 따라 제정한 ‘안전점검 및 정밀안전진단 지침’의 시행을 위해 세부지침을 마련하였다(한국시설안전공단, 2009).

한국시설안전공단(2009)에서 제시하고 있는 지침은 댐, 제방, 수문 등의 시설물에 대한 안전점검 및 정밀안전진단에 관한 세부지침이다. 평가 수행자는 각 시설물의 상태와 안전성을 종합적으로 평가하여 시설물의 안전등급(安全等級)을 A~E까지 지정한다. 시설물의 상태평가는 재료시험 및 외관

조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태 변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 수행되고, 안전성 평가는 정량적으로 안전성을 검토할 수 있는 요소로 선별된 기준에 따라 수행되며 정밀안전 진단 시에 시행된다(한국시설안전공단, 2009).

하지만 한국시설안전공단(2009)의 지침 내용은 외관조사와 재료시험에 의한 상태평가가 주를 이루고 있고, 안전성을 정량적으로 평가할 수 있는 도구 및 지침은 미흡한 실정이다. 또한, 우리나라에는 하천시설물에 대한 기술적인 평가와 관리, 운영 및 유지관리에 대한 체계적이고 제도적인 기준이 마련되어 있지 않으므로 국외의 기술 수준에 대한 검토와 해당 기술 도입의 필요성이 제기된다.

본 고에서는 미국의 연방 차원에서 시행하고 있는 제방 인증(levee accreditation) 제도를 소개함으로써 하천시설물에 대한 관리 및 평가 체계와 유지관리에 대한 국외의 선진 기술 현황을 제시하고자 한다.

2. 미국의 제방 인증제

2.1 제방 인증제의 배경과 목적

미국은 국가 차원의 효과적인 홍수 관리를 위하여 대규모 사업들을 수행하고 있다. 이 가운데 제방

인증제는 하천시설물의 홍수에 대한 안전성을 평가하여 치수 안전성을 증대시키고, 효율적인 하천시설물의 유지관리를 가능하게 한다. U.S. Army Corps of Engineers(2007)는 이러한 제방 인증제에 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 관장하고 있다. 그리고 국가 홍수 보험 프로그램의 일부로서 홍수의 영향을 받을 수 있는 지역을 식별하고 홍수 보험료를 결정하며, 효과적인 홍수터 관리를 위해 홍수 보험률 지도(Flood Insurance Rate Map; FIRM)를 개발하고 있다. 또한, 연방 재난 관리국은 2002년부터 지도 현대화 사업(Map Modernization; Map Mod)이라 불리는 전국적인 홍수 지도화 프로그램에 투자하였다. 이러한 지도 현대화 사업의 목적은 수치 홍수 재해 자료를 확보하여 보다 신뢰적이고, 손쉽게 수치 홍수 보험률 지도(Digital Flood Insurance Rate Map; DFIRM)를 제공하는 것이다.

연방 재난 관리국은 연방, 주, 지방 관청과 함께 수치 홍수 보험률 지도에 가장 최신의 정보를 추가하는 과정에서 기존에 설치된 많은 제방이 상당히 변했거나 기능이 저하되었음을 확인하였다. 따라서 연방 재난 관리국은 연방 규정집(Code of Federal Regulations; CFR)의 44편 65.10절(44 CFR 65.10)에 제시된 제방 시스템에 의한 보호지역의 지도제작(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 등 홍수로부터 제내지를 보호하기 위한 모든 시설을 포함한다. 그림 1은 제방 시스템을 구분한 예를 나타내는데, 실선으로 표시된 것이 각각의 제방 시스템을 의미한다.

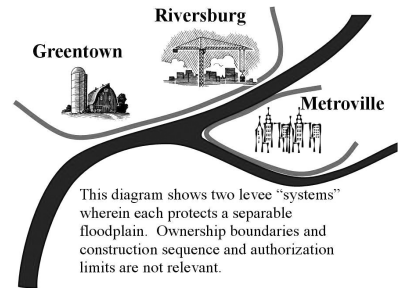


그림 1. 제방시스템 구분의 예(U.S. Army Corps of Engineers, 2007)

이러한 제방 인증의 궁극적인 목적은 홍수 보험률 지도상에 각각의 제방 시스템에 의해 보호되는 지역과 피해가 발생하는 지역을 구분하여 표시하는 것이다. 이렇게 작성된 홍수 보험률 지도는 홍수터의 보험료를 결정하고 홍수터 관리의 필요사항을 검토하여 국가 홍수 보험 프로그램의 관리에 사용된다.

2.2 제방 인증제의 규정과 역할

제방의 인증과 관련한 규정으로서, 연방 재난 관리국은 1986년에 연방 규정집의 44편 65.10절을 제정하였다. 해당 규정은 제방 시스템을 인증받기 위해 필요한 최소한의 설계 기준과 제방 시스템의 운영과 유지관리에 요구되는 계획과 기준에 대하여 제시하고 있다. 따라서 제방을 인증 받고자 하는 기관에서는 연방 규정집 44편 65.10절에서 정의된 제방 시스템의 운영 및 유지관리에 관한 문서를 갖추어야 하고, 공학적인 설계 기준에 대하여 면밀히 검토해야 한다. 표 1은 연방 규정집 44편 65.10절에 제시된 6가지의 설계 기준을 요약하여 나타낸 표이다.

U.S. Army Corps of Engineers(2006)에 의하면, 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.

표 1. 연방 규정집 44편 65.10절에 제시된 공학적 설계 기준

설계 기준	세부 검토 내용
여유고 (freeboard)	<ul style="list-style-type: none"> 하천의 제방이 기본 홍수위보다 3 ft 이상 되도록 설계해야 함 강에 구조물(교량, 암거)이 위치하거나 흐름이 축소되는 지점의 경우, 그 지점으로부터 100 ft 구간 내에서는 1 ft의 추가적인 여유고가 요구됨
수문 (closures)	<ul style="list-style-type: none"> 모든 수로는 수문 장치를 가져야 함 수문 장치는 공학적인 분석에 따라 설계 및 운영 되고, 제방 시스템의 구조적인 역할을 해야 함
호안 (embankment protection)	<ul style="list-style-type: none"> 호안은 기본 홍수에 대하여 침식이 발생해서는 안됨 예상되는 침식 발생으로 인해 침윤 경로가 축소되고, 그에 따른 불안정으로 인해 호안과 기초가 파괴되지 않아야 함 예상되는 유속, 파랑의 작용, 얼음 침적(ice loading), 잔해물의 영향, 비탈면 보호 기법, 홍수의 지속시간과 속도, 호안과 기초의 재료, 제방의 정렬, 굽음, 변화, 제방의 측면 경사에 대한 공학적인 분석이 요구됨
제방과 기초의 안정성 (embankment and foundation stability)	<ul style="list-style-type: none"> 기본 홍수 발생 시, 예상되는 침윤을 평가하고, 제방과 기초를 통한 침윤이 안정성을 저해하지 않음을 기술해야 함 홍수의 깊이와 지속시간, 제방의 기하학적 구조와 침윤선 길이, 제방과 기초의 재료, 제방의 다짐도, 침투, 침윤과 안정성에 영향을 주는 기타 요소에 관한 공학적인 분석이 요구됨
침하 (settlement)	<ul style="list-style-type: none"> 침하에 따른 여유고의 손실 가능성을 평가하고, 최소한의 여유고가 유지될 것이라는 공학적인 분석이 요구됨 제방 하중, 제방토의 압축성, 제방 시스템의 사용연한, 건설 시 사용된 다짐 방법, 상세한 침하 분석 자료가 요구됨
내수 배제 (interior drainage)	<ul style="list-style-type: none"> 제내지에 대한 홍수의 원인과 양을 평가해야 함 제내지의 홍수를 배제하기 위해 제내지와 제외지의 홍수에 대한 확률을 조합하여 분석되어야 하고, 배수관로, 펌프와 같은 시설의 용량이 검토되어야 함

Army Corps of Engineers)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 제도에 관련된 기관은 제방을 인증 받고자 하는 기관, 미 공병단과 같이 제방을 보증하는 기관, 최종적으로 제방을 인증하는 연방 재난 관리국으로 구성된다.

2.3 제방 인증의 절차

Federal Emergency Management Agency(2005)는 그림 2와 같이 연방 재난 관리국에서 수행하고 있는 제방 인증의 절차를 제시하였다. 그림 2에는 제방의 식별로부터 시작하여 홍수 보험률 지도에 표시하는 절차가 제시되어 있다.

그림 2에 표시된 수리·수문학적인 분석, 여유고의 적절성, 기본 홍수위에 대한 검토는 제방의 보증을 수행한 기관의 분석 자료에 근거하여 결정된다.

연방 재난 관리국은 이러한 절차에 의해 제방 시스템을 검토하여 기본 홍수(100년 빈도 홍수)에 대한 홍수 방어 능력의 유무를 결정하고, 최종적으로 홍수 보험률 지도에 반영한다. 그림 2에서 H&H (Hydrologic and hydraulic analysis)는 수문, 수리 분석을 의미하고, BFE(Base Flood Elevation)는 기본 홍수위를 의미하며, RPO

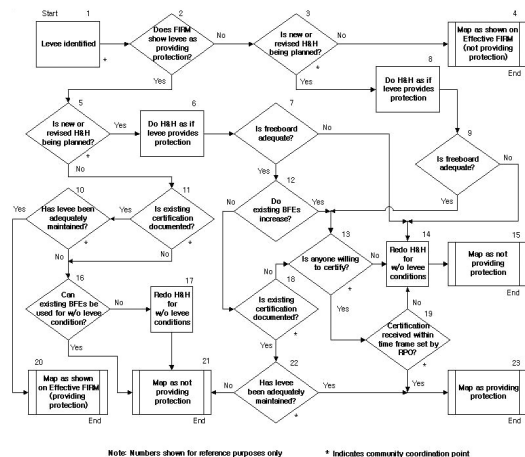


그림 2. 연방 재난 관리국의 제방 인증 절차(Federal Emergency Management Agency, 2005)

(Regional Project Officer(FEMA RO))는 연방 재난 관리국의 지역본부를 의미한다.

3. 미 공병단의 제방 보증

3.1 제방 보증의 개요

3.1.1 제방 보증에 관한 주요 정책

2장에서 언급한 바와 같이 미국의 제방 인증제는 인증에 필요한 기술적인 검토를 위해 전문 기관에 의한 보증이 요구된다. 다음은 제방 보증에 관한 내용으로서, 미국의 대표적인 제방 보증 기관인 미 공병단과 관련된 내용이다(U.S. Army Corps of Engineers, 2007).

미 공병단은 국가 홍수보험 프로그램을 위한 제방 보증과 관련한 많은 정책 안내서를 발간하였다. 1990년대 중반에는 홍수 피해 감소를 위해 위험도 분석 접근 방법을 도입하였다. 홍수 피해 저감을 위한 위험도 분석(Risk Analysis for Flood Damage Reduction Studies)이란 제목의 기술 규정 1105-2-101은 이 방법을 설명하고 있으며, 2006년에 갱신되었다.

1997년에는 제방 보증 결정에 관한 두 가지 문서가 발행되었다. 첫 번째 문서는 제방 보증에 관한 정책을 일관성 있게 시행하기 위하여 1997년 4월에 발행된 홍수 보험 프로그램에 관한 제방 보증 지침(Guidance on Levee Certification for the National Flood Insurance Program)이다. 이는 2006년 6월에 연방 재난 관리국의 지도 현대화 프로그램의 내용을 포함하여 갱신되어 재 발행되었다. 이 문서는 통계적인 기반의 평가 방법을 제시하고, 하천의 종단적 변화와 불확실성을 반영하여 여유고 기준의 범위에 대한 미 공병단의 방침을 강조하고 있다. 두 번째 문서는 1997년 6월에 발행된 제방 보증의 지침을 보충하는 지반공학적 분석(Geotechnical Activities in Support of Levee

Certification for Federal Emergency Management Agency Flood Insurance Purpose)에 관한 것으로서, 확정론적 분석 방법에 의한 지반공학적 기법이 제시되었다. 미 공병단은 추후 지반공학적 분석이 현재의 확정론적 평가 방법에서 위험도 분석을 포함한 종합적인 접근 방법으로 개선될 것으로 전망하고 있다.

3.1.2 제방 보증의 권한과 자금

미 공병단은 국가가 관장하는 많은 제방 시스템의 계획, 설계, 건설에 주요한 역할을 수행하였다. 이러한 많은 사례를 바탕으로 미 공병단은 제방 보증에 관한 결정과 지원에 있어 중추적인 역할을 수행하고 있다.

미 공병단은 미 공병단에서 운영, 유지관리 하는 제방에 대하여 제방 보증에 대한 검토를 수행한다. 이러한 경우, 해당 제방 시스템의 운영과 유지관리 자금의 일부를 이용한다. 그리고 미 공병단에 의해 설계, 건설된 제방과 미 공병단에서 건설되지는 않았지만 연방 시스템과 협조 하에 있는 비 연방 기관의 관할 제방에 대하여 미 공병단의 준공 구조물 검사(Inspection of Completed Works; ICW) 프로그램의 자금을 통해 제방 보증 업무를 수행한다. 뿐만 아니라, 미 공병단의 복원 및 검사 프로그램(Rehabilitation and Inspection Program; RIP)에 속한 비 연방 제방과 다른 연방 기관에 의해 건설된 제방에 대해서도 다른 연방 기관의 요청에 따라 제방 보증의 권한을 갖는다. 이러한 형태의 제방 보증은 경제 법령(Economy Act) 또는 요청하는 기관에서 제공하는 자금으로 수행된다. 또한, 미 공병단은 다른 기관에 의해 수행되는 모든 제방 시스템에 대한 제방 보증 결정에 있어서도 기술적인 분석을 지원한다.

즉, 미 공병단은 공병단의 관할 제방 및 연방 기관의 요청에 따른 제방에 대하여 직접 제방 보증을 수행할 뿐만 아니라, 모든 제방 보증의 결정에 있어 기술적인 분석을 지원하고 있다. 또한, 연방 재난

관리국 및 지역 지원 기관과 함께 제방 보증에 관한 사업의 전망과 일정을 결정하며 사용가능한 자금 메커니즘을 결정한다.

그림 3은 미 공병단에서 수행하고 있는 제방 보증의 절차에 관한 모식도를 나타낸다(U.S. Army Corps of Engineers, 2007). 그림 3은 인증 대상 제방 시스템에 대한 제방 보증의 권한 및 자금에 따른 보증 절차와 보증 결정 후의 조치 사항 등을 제시하고 있다.

3.2 제방의 보증 조건

3.2.1 제방의 부분 보증과 조건부 보증

제방 시스템은 하나의 완성된 종합 시스템으로서 효과적인 홍수방어 기능을 수행하는 구성요소의 집합체이다. 그리고 제방의 보증은 기본 홍수의 발생에 대하여 제방 시스템이 홍수에 대한 방어 기능을 수행할 수 있는지를 기술적으로 평가하는 것이다. 따라서 제방 시스템 내에 있는 일부 시설에 대한 부분 보증(partial certification)의 개념은 적절하지 않다.

조건부 보증(conditional certification)은 일부 조건에서는 보증이 유효하나 전체 조건에 대한 보증은 유효하지 않음을 의미 한다. 예를 들어, 현재의 수위에 대한 제방의 여유고는 보증을 만족하지만, 미래의 수위 상승 등에 의해서는 보증이 유효하지 않는 경우가 조건부 보증에 해당한다. 연방 규정집(44 CFR 61.12)은 조건부 보증을 허용하지 않음을 기술하고 있다.

3.2.2 제방 보증의 최대 유효 기간

현재의 지침이나 문서상에는 제방 보증에 관한 유효기간이 명확하게 기술되어 있지는 않다. 미 공병단은 다수의 심의를 거쳐 제방 보증의 최대 유효기간을 10년으로 설정하였다. 따라서 미 공병단에 의해 발행되는 보증 문서에는 보증이 10년을 초과할 수 없음을 기술하고 있다.

비록, 제방 보증의 최대 유효 기간은 10년으로 설정되었지만, 보증된 제방 시스템에 대한 검사와 평가는 지속된다. 또한, 부적합한 제방 시스템의 운영과 유지관리, 구조적 및 지반공학적인 변화, 수리 수문학적 상태 변화 등에 의해 제방 시스템이 더

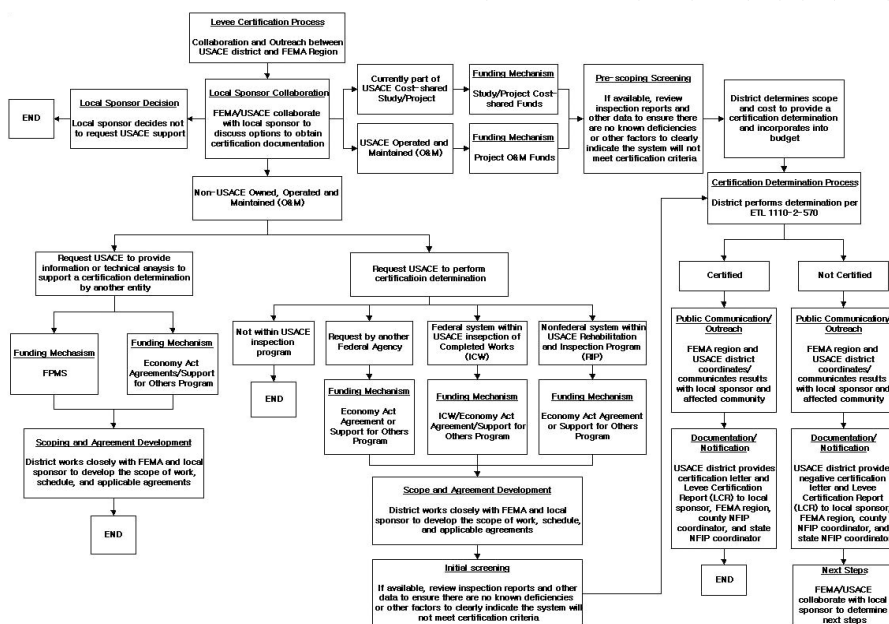


그림 3. 미 공병단의 제방 보증 절차(U.S. Army Corps of Engineers, 2007)

이상 보증 기준에 부합하지 않는다고 판단될 경우, 보증 기간의 만료 전이라도 언제든지 보증은 철회될 수 있다.

3.3 제방의 보증 보고서와 제출 문서

미 공병단은 제방 보증을 위한 검토가 완료된 후에 제방 보증 보고서(Levee Certification Report; LCR)를 제출한다. 제방 보증 보고서에는 제방 시스템에 대한 보증을 결정하기 위해 사용된 근거 자료가 모두 수록되어야 한다. 즉, 제방 보증 결정이 어떠한 근거로 보증되거나 보증되지 않았는지를 확인할 수 있도록 분석에 사용된 자료, 정보, 가정, 해석에 관한 내용을 보고서에 포함해야 한다. 표 2는 제방 보증 보고서를 구성하는 주요 요소를

나타낸다. 제방 보증 보고서 중 제방 보증 결정 서한(Levee Certification Determination Letter)은 제방 보증을 통해 도출된 주요 결과를 요약하고, 최종적으로 결정된 보증 유무에 관하여 공식적으로 설명하는 서한 문서이다.

제방 보증 보고서는 독립적인 기술 심의(Independent Technical Review; ITR)를 거쳐야 하는데, 독립적인 기술 심의는 설정된 기준, 지침, 운영, 수행된 분석 방법, 문서 등이 충분한지를 검토하기 위해 수행된다. 이러한 독립적인 기술 심의는 인증 대상 제방의 보증과 관련이 없으면서 제방 보증을 수행할 자격이 있는 기관에 의해 검토되어야 하고, 제방 보증 보고서에 반드시 수록되어야 한다.

이러한 제방 보증 보고서와 제방 보증 결정 서한

표 2. 제방 보증 보고서의 구성

I. 목차		
II. 시스템 설명(위치, 사업권한, 주요 특징, 지역 담당)		
III. 참조(분석에 사용된 설계 문서, 보고서, 모형 등)		
IV. 제방 보증에 참여한 구성원		
V. 이전의 인증 정보(FIRM 또는 DFIRM)		
VI. 계획서, 협약서, 관할기관과 신청기관 간의 사업 범위		
VII. 제방 보증 결정 서한		
VIII. 종합적인 수행 실적(검사 보고서, 과거 홍수에 대한 운영사항, 재건 조치 등)		
IX. 공학적인 조사, 분석	a. 현장 조사 요약(참여자, 범위, 방문지 목록, 결과 요약)	
	b. 수문 수리 평가	1. 이용 가능한 정보의 요약 2. 홍수 위험의 특징 3. 용량 초과/기준과 시스템의 성능
	c. 구조적인 평가	1. 이용 가능한 정보의 요약 2. 수문 시설 3. 안정성과 강도 요구사항 4. 주금관의 상태 평가
	d. 지반공학적인 평가	1. 이용 가능한 정보의 요약 2. 호안 3. 제방과 기초의 안정성 4. 침하 5. 지진
	e. 전기, 기계	
	f. 내수 배제	
	g. 기타 분석/ 관련 자료	
	X. 시스템 평가	a. 비상대처 계획과 상황 b. 실패 확률과 결과 c. 시스템 용량 초과에 대한 대비
	XI. 잔여 위험과 공공의 안전	
	XII. 부록	a. 현장 조사 보고서
b. 적절한 의사록과 의사결정 이정표		
c. 독립적인 기술 심의 문서d. 필요시 부가적인 부록		

의 사본은 인증을 의뢰한 지역 지원기관과 연방 재난 관리국의 지역 사무소, 국가 홍수 보험 프로그램 담당자에게 제공되어야 한다. 또한, 최종 제방 보증 보고서는 국가 제방 데이터베이스로 전송되어 관련 업무에 활용된다.

4. 맺음말

본 고에서는 미국에서 시행하고 있는 제방 인증 제도를 살펴보았다. 미국의 제방 인증제는 국가 홍수 보험 프로그램의 일환으로 수행되고 있고, 제내지를 보호하는 제방 시스템이 100년 빈도 홍수에 대한 방어 능력이 있는지를 기술적으로 검토하는 것이다. 제방 인증제의 원활한 시행을 위해 연방 규정 조항을 제정하여 운영하고 있고, 행정적 제방 인증을 담당하는 연방 재난 관리국과 기술적 검토를 통해 제방 보증을 수행하는 미 공병단으로 이원화

하여 운영되고 있다.

현재 국내에는 하천시설물 관리에 대한 제도적 기준이 마련되어 있지 않다. 또한, 하천시설물 관리에 관한 기술 수준도 선진국에 비해 미흡한 실정이다. 지속적으로 발생하는 하천시설물 피해를 줄이기 위해서는 단기적으로는 선진국에서 수행하고 있는 기술을 검토하여 기술 도입에 대한 평가가 필요하다. 그리고 장기적으로는 미국의 제방 인증제와 같은 하천시설물 관리 제도를 국내 여건에 맞도록 운영하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 한국시설안전공단 (2009). 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침, 국토해양부.
2. Federal Emergency Management Agency (2005). *Procedure Memorandum 34-Interim Guidance for Studies Including Levees*.
3. U.S. Army Corps of Engineers (2006). *Levee Certification for the National Flood Insurance Program (NFIP)*. USACE Fact Sheet.
4. U.S. Army Corps of Engineers (2007). *Certification of Levee Systems for the National Flood Insurance Program (NFIP)*.