

제방 점검과 안정성 평가의 미국 사례

Water
for future
학술/기술 기사
02



이두한

한국건설기술연구원
연구위원
dhlee@kict.re.kr



손민우

충남대학교 토목공학과 교수
mson@cnu.ac.kr

1. 머리말

본 기사에서는 제방 점검 및 안정성 평가와 관련되는 미국의 기관, 시행 목적과 내용, 점검 사항 등에 대한 일반적인 내용을 설명한다. 이러한 조사는 제방 안정성에 대한 평가를 우리나라에서 보다 객관적, 효율적으로 시행하기 위한 해외 사례 조사의 일부로서 시행되었다. 미국 이외에 유럽, 동아시아 등에서도 제방 관리와 관련되는 정부조직 차원의 적극적 활동이 이루어지고 있으며 이들 국가에 대한 사례 조사는 환경부 '제방 안전성 평가제 도입을 위한 제도 마련 및 기초조사' 과업의 최종보고서에서 소개된다.

2. 미국의 국가하천 제방 담당기관

우리나라의 국가하천 제방에 해당하는 미국의 제방은 Federally Authorized Levee이며 일반적인 경우에 미육군공병단(U.S. Army Corps of Engineers, USACE)이 담당기관으로서 관리, 점검 등의 업무를 시행한다. USACE은 방위부 소속 수자원 관련 정부기관으로 긴 역사와 다양한 분야에서의 활동으로 잘 알려진 기관이다. 주된 활동은 홍수

조절 등 치수 관련이지만 환경의 복구 및 보존 등 다양한 업무까지 담당하고 있다. 이 중 제방 관리로 범위를 국한하여 USACE의 담당 역할을 요약하면 다음과 같다.

- 제방 계획, 설계, 시공, 보수
- 제방의 현상태 평가
- 제방 관련 기술적 지원 및 자문
- 제방 관련 위탁 관리기관, 지역 단체 및 조직과의 정보 및 관리 방안 공유
- 제방 관리 관련 비상활동 지원
- 제방 긴급 복구
- 특정 제방의 운영 및 유지관리

이상의 역할은 ‘USACE Levee Safety Program’을 기반으로 하여 수행된다. 이 프로그램은 2021년 4월에 일반공개 되었으며 USACE 기관 홈페이지의 EC 1165-2-218 문서로 검색할 수 있다. 국토가 넓은 미국의 특성상 중앙기관 1개의 역할만으로 제방 관리가 이루어지기는 어려워 지역사회 관련 기관을 적극적으로 활용한다. 이러한 관련 기관은 ‘Sponsor’로 규정되며 ‘The Sponsor’s Guide to the USACE Levee Safety Program(2018)’ 지침서를 통해 교육을 시행한다. 본 기사의 내용 역시 2018년 발행된 해당 지침서의 내용을 다수 참고하였다.

3. USACE Levee Safety Program

USACE에 의해 규정되는 제방 유지관리의 목적은 ‘홍수에 의한 잠재적 위험 억제(The risk may reduce the consequences of potential flooding)’이다. 그리고 이 목적의 달성을 위해 다음 5가지 주

요 활동이 Levee Safety Program에서 제시된다.

- 제방 점검
- 제방의 현재 위험도 평가
- 제방에 대한 운영, 유지관리, 보수, 교체, 재건
- 제방 관련 정보의 공유
- 데이터베이스의 구축

위 활동 중 제방의 점검과 위험도 평가에 관한 내용은 현재 우리나라 제방 관리 과정에서 참고할 사항이 많아 본 조사의 주요 내용에 해당하며 3.1절과 3.2절에서 보다 상세히 설명한다.

USACE Levee Safety Program의 적용대상은 이하와 같다.

- 정부 관할 제방 및 준용이 가능한 기타 프로그램과 승인절차
- 홍수와 범람을 대비하여 수로를 따라 인공적으로 만들어진 일련의 시설물
- 저수지 공간을 제외하고 Dam Safety Program에 의해 관리되는 댐 부속 시설물 중 제방으로 고려할 수 있는 시설물
- 관리위원회의 승인 또는 지자체와의 사업협정에 의해 USACE Levee Safety Program이 적용되는 제방
- 고지대 제외지로 홍수를 제한하는 제방 역할인 공구조물(예: 도로, 운하, 철도)
- 지자체 운영 시설물 중 PL 84-99 Rehabilitation Program의 일환인 시설물

3.1 Levee Safety Program의 제방 점검

점검 및 승인 담당 기관으로서 USACE는 제방의

안정성 평가를 시행한다. 이를 위한 제방 점검은 제방 현상태의 문서화 뿐 아니라 유지관리의 제안, 제방 안정성 관련 정보의 제공까지 포함하여 진행된다. 제방에 관한 점검은 정기 점검(Formal Inspection)과 특별 점검(Special Inspection)을 모두 포함한다.

우리나라의 국토부 지방청, 환경부 유역청과 유사한 기능을 담당하는 USACE 지부(USACE District)에서 시행하는 제방의 정기 점검은 5년마다 1회 이상 시행되어 문서화한다. 점검의 대상은 제체 뿐 아니라 제방의 기능 수행을 위한 일체의 시설물까지 포함한다. USACE 지부가 시행하는 특별 점검은 홍수 발생 전, 중, 후에 관련 기관과의 협력작업을 통해 시행된다. 특히 침수 상태를 직접적으로 확인할 수 있는 홍수 중 특별 점검을 중요하게 진행한다. 제방 점검의 일반적인 과정을 파악할 때 이하의 주요 사항을 알 수 있다.

- USACE 지부는 국가하천 제방에 해당하는 구간에 대한 점검 등 총괄계획을 수립하며 각종 조율, 체계 구축 등의 역할까지 수행한다.
- 표준화된 점검 체계를 따를 수 있도록 규정하고, 점검 결과를 문서화하여 보관한다. 문서화는 'USACE Levee Inspection System'을 이용하여 진행한다.
- 각 관련 기관과의 협력체계를 유지하며 현장 방문에 대한 계획을 USACE 지부에서 수립한다.

현장 점검 시행시에는 최소 30 근무일 이전에 통보하여 현장 관련 기관의 담당자, 책임자가 USACE 지부와 동행한다. 동행 점검의 일정 조율은 가능한 관련 기관의 일정을 고려할 수 있도록 USACE 지부가 노력한다.

제방 점검의 결과로 수집되는 제방 안정성 관련 자료를 이용하는 과정을 통해서서는 이하의 주요 참고사항을 확인할 수 있다.

- 점검을 완료하는 단계에서는 점검내용을 사안별로 분류할 뿐 아니라 평가하여 보고서로 작성한다.
- 점검내용이 수록된 보고서의 승인은 USACE 지부의 담당자에 의해 이루어지며, 최종 보고서를 90일 이내 관련 기관에 배포한다.
- 점검내용이 수록된 보고서는 요약본까지 작성하여 제방관리 관련 위탁기관에 배포한다. 주요한 변경 사항이 있는 경우에는 담당기관 또는 담당자에게까지 통보한다.
- 최종적으로 완료된 점검 사항 및 관련 문서는 USACE 지부에 의해 National Levee Database에 저장된다. 저장된 문서는 일반인 대상으로는 비공개, 관계 기관에게는 공개된다. 이에 대한 이유가 명시되어 있지는 않지만 공공안전과 밀접한 제방의 안보적 보호 차원으로 추측된다.

제방 점검의 과정에서 필요한 필수 및 선택 사항은 표 1에서 나타난다.

3.2 제방 위험도 평가

우리나라의 제방 안전성 평가와 동일한 과정을 USACE는 위험도 평가(Risk Assessment)라고 칭한다. 위험도 평가는 자격이 있는 전문가에 의해 실시되는 것이 일반적이지만 'USACE Levee Safety Program'에서 제시하는 절차를 준수하고 USACE 본부 담당자의 최종 검토 및 승인을 요구한다. 그림 1은 USACE에서 수집하는 위험도 평가 고려 항목을 보여준다. 그림 2는 제방 위험 사항



그림 1. USACE의 제방 위험도 평가 고려 항목(USACE, 2021).

표 1. 제방 현장 점검의 내용

	USACE (필수사항)	제방 위탁기관 (필수사항)	제방 위탁기관 (선택사항)
점검 및 방문 계획 수립	- 30일 이전 위탁기관과의 일정 조율	- 운영 및 유지관리 기록, 점검 기록, 제방 변경 사항 등을 USACE에 제공	- 점검일 확정을 위해 USACE와 공동작업 수행
현장 준비 사항	- 제방 접근권 요청 등 필요한 행정절차 점검	- 제방 및 관련 시설물에 대한 USACE의 접근권 허가	- 점검을 위한 기관담당자 결정
점검 및 방문 시행	- 도보를 통한 제방 전구간 점검 및 점검 후 보고 시행	- 필요한 시설물의 시범운영(갑문 개폐, 펌프 운영 등)	- 점검 및 현장 방문 참여 - 점검에 대한 사전 보고 참여 - 점검 후 보고 참여
결과의 문서화	- 결과 보고서의 취합 - 위탁기관에 대한 결과보고서 또는 요약보고서 배포		- 결과보고서의 검토 및 검토 결과의 USACE 통보
최종문서화	- 보고서 및 요약본을 National Levee Database에 업로드 - 보고서 최종본을 관계 기관에 배포 - FEMA 등 위탁기관에 업로드 자료의 접근 가능을 통지	- 점검 및 방문 보고서 및 요약본의 보관 및 관리	- 점검 결과를 지역 내 관계자 등과 공유

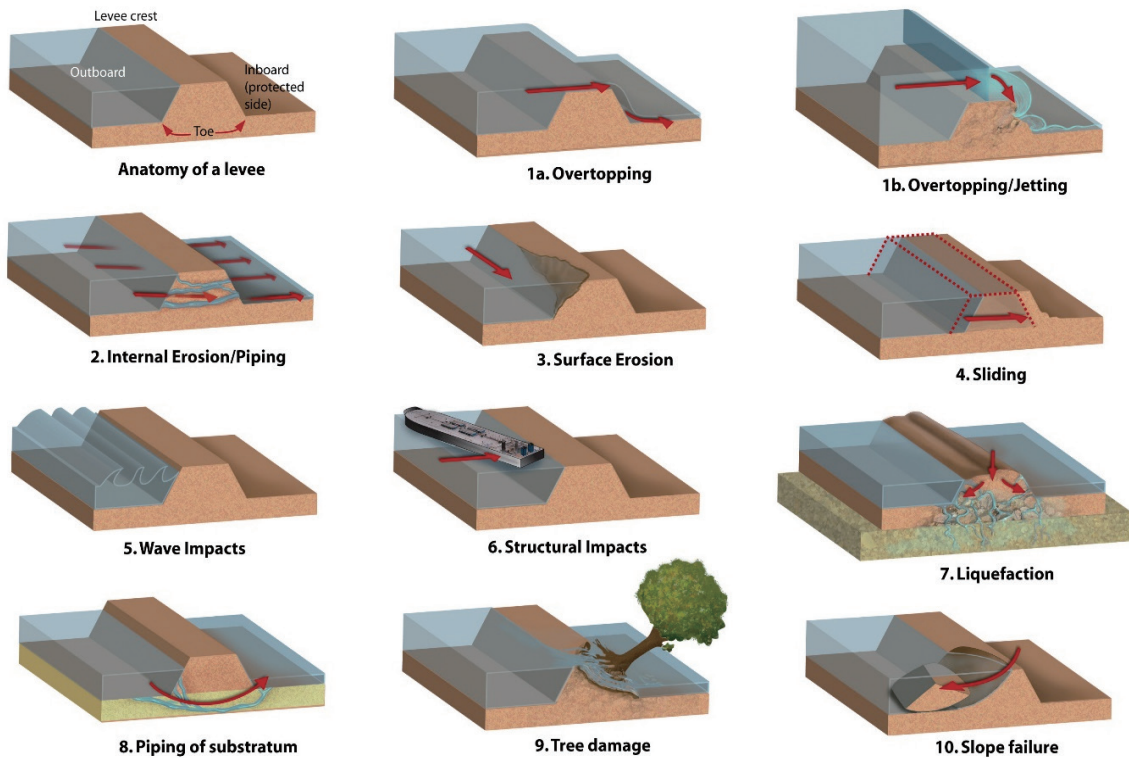


그림 2. 제방 붕괴 사례에 해당하는 위험도 평가 사항(USACE, 2021).

중 특별히 중요하게 다루어야 하는 제방 붕괴 사례를 요약한 것이다.

제방 위험도 평가는 잠재적 위험 인자를 보다 구체적으로 파악하는 것을 주요한 목적으로 한다. 잠재적 위험 인자는 제방에 따라 달라질 수 있지만 홍수심, 제방의 과거 이력, 제방의 시공 및 설계상 특이사항, 제내지 특성 등의 다양한 요소까지 포함한다. 제방 위험도 평가의 또 다른 목적은 제방의 운영, 유지관리는 물론, 제방 교체 및 복원의 상황에서까지 필요한 정보를 제공하기 위한 것이다. 이러한 목적은 다음 3가지로 요약할 수 있다.

- 제방 안정성 관련 주요 사항과 구간에 대한 정량적 파악
- 제방 관련기관 및 정책결정자의 의사 결정과정에서 필요한 지원의 제공

- 제방 관련 정보를 구체화, 객관화하여 지역 사회와 공유

이러한 목적을 달성하기 위해 시행하는 위험도 평가의 과정에서 제방 관련(또는 위탁) 기관이 보다 적극적으로 참여할 수 있는 기회가 USACE 지부의 노력으로 제공된다. 이러한 기회의 제공은 관련 기관이 가지고 있는 경험적, 문서상 정보가 USACE 지부보다 더 구체적이고 폭넓을 수 있다는 인식을 기본으로 한다.

평가가 필요한 제방 구간에 대한 선별적 위험도 평가(Screening Risk Assessment)를 위험도 평가의 첫 단계에서 시행한다. 이 과정은 즉시 활용 가능한 자료를 통해 대략적인 위험도를 추정하는 것을 포함한다. 해당지역 제방 관련 원로 모임(Levee Senior Oversight Group), USACE 본부 담당자 등

이 협력체계를 만들어 선별적 위험도 평가가 시행될 구간을 결정한다. 보다 자세하고 면밀한 위험도 평가가 특정 구간의 위험도 파악, 문제점 해결을 위해 시행된다. 필요 자료의 신규 수집 및 잠재적 위험인자, 위험상황에 대한 검토 역시 시행한다. 이 과정은 공학적, 기술적 분석을 기초로 하며 위험도 해석을 위해 확률론적 위험 수치를 제시한다. 도출되는 결과는 USACE 본부 담당자에게 통보되어 추가 평가의 실시 여부가 결정된다. 미국의 국가홍수보험과 관련된 승인 등 주요 사항이 발생하는 경우에는 제방 관련기관 또는 지역 단체가 USACE에

상세한 위험도 평가를 요청할 수 있다. 국가홍수보험 제도와 관련되어 USACE의 위험도 평가가 시행되는 경우에는 USACE 자체 절차에 따른다. 이 절차와 관련된 상세한 내용은 ‘USACE Levee Safety Program’의 Appendix D에서 수집할 수 있으며 개략적인 내용은 그림 3과 같다.

다음 7개의 사항은 USACE에 의해 시행되는 제방 위험도 평가의 전 과정에서 요구되는 필수 단계이며 기관별 상세 사항은 표 2에서 요약된다. 미국의 ‘댐’ 안정성 및 위험도 분석 관련 웹페이지(<http://www.usbr.gov/ssle/damsafety/risk/>)



그림 3. 국가홍수보험 제도를 위한 제방 위험도 평가의 과정.

표 2. 위험도 평가 수행 사항

	USACE 지부 (필수사항)	위탁기관 (필수사항)	위탁기관 (선택사항)
제방 구간 전반에 대한 관찰	<ul style="list-style-type: none"> - 위탁기관과 일정 조율(공지 30일 이전) - 위험도 평가의 방식과 주요 사항 확인 - 위험도 평가를 통해 도출되어야 하는 내용 파악 		<ul style="list-style-type: none"> - USACE 지부와 일정 조율 - 위험도 평가시 고려되어야 하는 사항에 대한 제시
자료준비와 위험인자 규명	<ul style="list-style-type: none"> - 설계, 시공, 제방 운영, 홍수 사례 등 필요한 자료의 수집 - 홍수 및 지진재해 발생 가능성 등 위험 인자 파악 		<ul style="list-style-type: none"> - 과거 제방 운영과 관련된 자료를 지부에 제공
개연성 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 점검자료, 과거 운영 정보 등을 이용하여 누수, 범람 발생 가능성을 산정 		<ul style="list-style-type: none"> - 과거 제방 운영과 관련된 자료를 지부에 지공
결과 평가	<ul style="list-style-type: none"> - 인명, 재산 등과 관련된 잠재적 위험요소와 환경 영향의 파악 		<ul style="list-style-type: none"> - 제내지 인구 및 물적 사항에 대한 최신 정보 제공 - 주민 대피, 재해경보와 관련된 논의를 위한 관계자 연락망 제공 - USACE와 지역공동체 간 회의 참석
위험도 산정	<ul style="list-style-type: none"> - 제방 누수에 따른 홍수 등 예상되는 인적, 물적 재해 발생 가능성과 결과 검토 		
위험도 특성 규명	<ul style="list-style-type: none"> - 위탁기관과의 공동작업을 통해 평가 보고서의 초안 작성 - 제방 시설물의 이점, 운영상 주요 유의사항, 불확실성 등에 대한 검토 - 위탁기관과의 공동작업을 통해 우선순위 작성 		<ul style="list-style-type: none"> - USACE와의 공동작업을 통해 평가 보고서의 초안 작성 - 제방 시설물의 이점, 운영상 주요 유의사항, 불확실성 등에 대한 검토 - USACE와의 공동작업을 통해 우선순위 작성
검토 및 승인	<ul style="list-style-type: none"> - 위험도 평가 보고서의 검토를 위해 위탁기관 배포 - 제방 관련 지역 원로 모임에 위탁기관 참여 요청 - FEMA와 PL 84-99 프로그램에 평가 결과 제공 - 최종 문서를 National Levee Database에 업로드 		<ul style="list-style-type: none"> - 제방 관련 지역 원로 모임 참석 - 위험도 평가 결과의 검토와 그 결과를 USACE 지부에 통보 - 위험도 평가 결과의 보관

[methodology.html](#))를 통해서도 ‘제방’ 위험도 평가의 상세한 정보를 확인할 수 있다.

- 제방 구간 전반의 관찰
- 자료 준비와 위험인자 규명
- 위험 발생 개연성 평가
- 결과 평가
- 위험도 산정
- 위험도 특성 규명
- 위험도 평가의 검토 및 승인

제방의 위험도 평가를 통해서 운영, 유지관리, 교체 등 제방 관련 사업의 우선순위가 부여된다. 그리고 이 결과를 이용하여 USACE가 최종적으로 제방 관련 사업을 결정한다. 또한 위험도 특성 규명(Risk Characterization)에 대한 내용을 작성하여 제방 및 관련 시설물의 필요성 및 역할, 운영 유의사항, 제방 운영의 결과 및 불확실성 등을 분석한다. 위험도 평가 과정에서 나타나는 주요한 사항, 이에 대한 대처 방안 등은 문서로 요약, 정리하여 USACE 지부가 제공한다. 제방 위험도 평가의 결과에 대한 보고서는 최종 제출되기 전까지 관련

및 위탁기관 등에서 검토할 수 있도록 배포한다. 검토가 완료되고 지역 원로 모임까지 동의하는 경우에 제방 담당부서의 책임자가 보고서에 대한 최종 승인을 시행한다.

4. 맺음말

이 기사에서는 미국의 제방 안정성 평가에 관한 일반적 내용을 소개하였다. 미국의 사례를 통해서 제방과 관련된 특이사항에 대한 추가적 조사의 필요성과 예방적 점검의 중요성을 확인할 수 있다. 중앙정부와 제방이 위치하는 지역의 지자체 및 지역사회 사이의 협력이 가지는 중요성 역시 이해할 수 있었다. 본 조사를 통해 우리나라 제방 관련 운영의 시행 및 점검 규정에 대한 자그마한 기여가 이루어지길 기대한다.

감사의 글

이 기사는 환경부의 ‘제방 안전성 평가제 도입을 위한 제도 마련 및 기초조사(2021-2022)’의 지원으로 작성되었고 해당 과제보고서의 일부를 요약 하였습니다.

참고문헌

- U.S. Army Corps of Engineers, 2021, USACE Levee Safety Program, EC 1165-2-218, No. 1165-2-218.
- U.S. Army Corps of Engineers, 2018, The Sponsor’s Guide to the USACE Levee Safety Program, EP 1105-1-1.