



하천 제방 피해 사례 및 원인



김원

한국건설기술연구원
선임연구위원
wonkim@kict.re.kr

01 서론

우리나라에서 가장 일반적으로 사용되는 홍수 대책은 제방이다. 하천을 따라 제방을 쌓고 하천변에 살기 시작한 역사는 오래되었다. 삼국시대에도 제방을 쌓은 흔적이 있을 정도로 제방의 역사는 길다. 더구나 현대 산업사회에 들어오면서 토지이용이 활발해짐에 따라 제방은 더욱 일반화된 홍수대책이 되었다.

제방이 가장 흔하게 홍수방어대책으로 사용되는 이유는 경제성이다. 일반적으로 흙으로 축조하기 때문에 재료비용이 많이 들지 않고 큰 홍수에도 안전성을 확보할 수 있기 때문이다. 이와 같은 제방의 장점은 단점으로 작용하기도 한다. 흙으로 축조되기 때문에 물이 스며들거나 월류할 경우 붕괴할 가능성이 있다. 완벽한 대책으로는 한계가 있는 것이다.

제방은 사회적으로도 영향을 미친다. 하천 인근의 도시를 보호하기 위해서는 제방을 축조하는 것이 일반적이다. 제방이 어느 정도의 안전도를 확보해 주기 때문에 도시의 발달을 가속화시켜 인구나 건물 등이 고밀도로 집중하게 된다. 도시의 발달은 더 높은 홍수안전도를 요구하게 되고 이에 따라 제방은 다시 높아지게 된다. 제방으로 인한 홍수 안전도의 향상은 도시 지역의 홍수피해 잠재성을 키우는 결과로 나타나게 되는데 이런 현상을 ‘제방효과(levee effect)’라고 부른다.

제방은 모든 홍수피해를 막아낼 수 없다. 계획된 규모의 범위내에서만 효력을 발생한다. 제방은 사고의 위험성도 안고 있다. 사전에 예측하지 못한 현상에 의해서 무너질 수도 있다. 본 고에서는 최근 발생한 제방 피해 사례를 살펴보고 이를 통한 교훈을 되새겨 보고자 한다.

02 제방 붕괴 사례

2.1 2020년 낙동강 장천제

2020년 8월 홍수시 낙동강 장천제가 붕괴되었다. 장천제 붕괴의 특징은 배수통문 지점에서 발생하였다는 것이다. 2020년 12월 대한토목학회의 장천제 유실 피해 원인조사 결과를 보면 말뚝기초로 지지된 배수구조물 주변의 부등침하와 이로 인한 상부제방의 연약화 현상에 의하여 붕괴된 것으로 추정되었다(부산지방국토관리청, 2020). 다시 말해 통문 주위에서 발생한 부등침하로 인해 발생한 공극으로 홍수시 물이 스며들어 붕괴가 발생한 것이다. 제방 월류에 의한 붕괴가 아니라 제방 관통 구조물 주위의 공극으로 인해 발생한 것이다.



그림 1. 낙동강 장천제 붕괴 모습과 말뚝기초

2.2 2020년 섬진강 제방 피해 사례

2020년 8월 홍수시 섬진강 금곡교 인근 제방이 붕괴되었다. 이 지점의 제방붕괴는 주변에 비해 낮은 교량 지점을 통해 제내지로 유입된 물로 제방이 포화되었고 이로 인해 제방 일부가 포락되면서 발생한 것으로 추정된다. 수위가 계획홍수위를 넘기는 하였지만 제방을 완전월류하여 발생한 붕괴는 아닌 것으로 추정된다. 제내지로 유입된 물에 의해 제방 일부가 포락될 수 있고 이로인해 제방 붕괴까지 이어질 수 있다는 것을 보여준 사례로 판단된다.



그림 2. 섬진강 금곡교 제방 붕괴 및 인근 제방 포락

2020년 8월 홍수시 서시천 제방이 붕괴되었다. 이 지점의 제방 붕괴는 상부로 하천을 횡단하는 교량으로 인해 낮게 축조된 제방 부분으로 홍수가 유입되면서 붕괴로 이어진 것으로 추정된다. 월류할 경우 쉽게 유실될 수 있는 제방의 특성을 보여준 사례로 판단된다.



그림 3. 섬진강 서시천 제방 붕괴

2.3 2002년 낙동강 제방 피해 사례

2002년 낙동강에서는 여러 제방이 피해를 입었다. 이중 황강 가현제, 신반천 광암제, 남강 백산제가 붕괴되었는데 모두 동일한 이유인 것으로 분석되었다.

2002년과 2000년 낙동강 제방붕괴의 특징은 배수통문 주위의 붕괴라는 것이다. 제방을 월류하지 않은 상황에서 통문 주위에서 발생한 공극으로 인해 제방이 붕괴된 것이다. 이를 계기로 제방 관통 구조물 주위의 불안정성에 대한 조사와 분석이 이루어지기 시작했다.

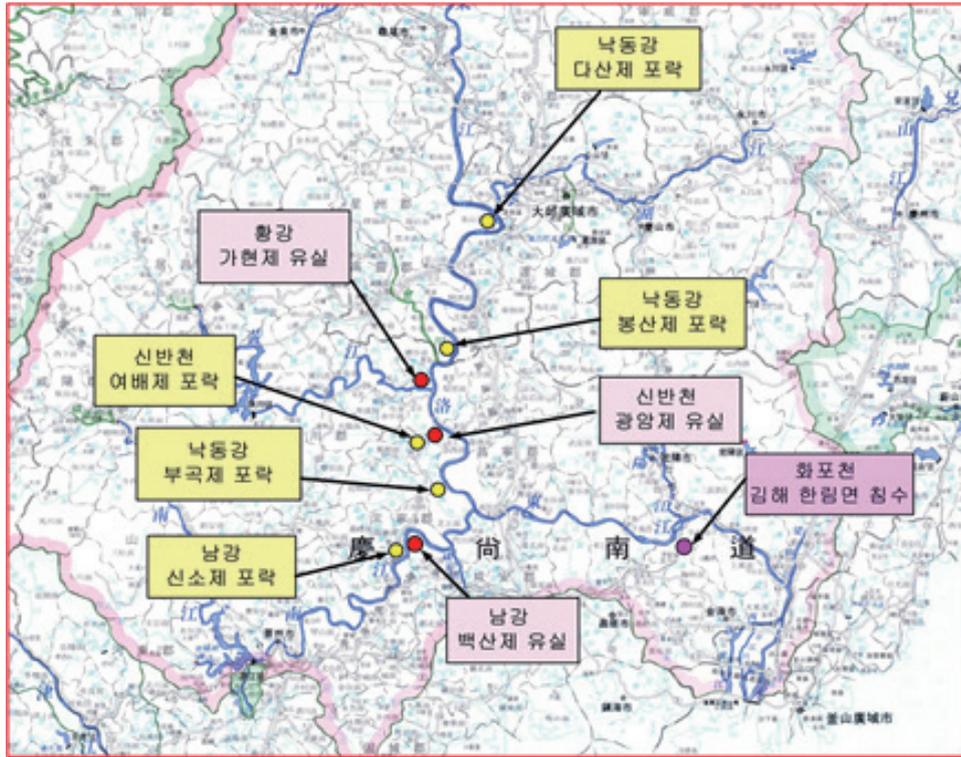


그림 4. 2002년 낙동강 제방 피해 사례



(a) 신반천 광암제

(b) 황강 가현제

(c) 남강 백산제

(d) 낙동강 봉산제

그림 5. 2002년 및 2000년 낙동강 제방 붕괴

03

제방 붕괴 원인

제방의 일반적인 붕괴 원인은 다음과 같다. 월류나 침식에 의한 붕괴가 가장 많고 구조물에 의한 파괴나 제체 불안정도 주요 원인이다. 월류의 경우 제방 설계 조건을 초과한 것으로 제방 자체의 원인으로 볼 수는 없다. 반면 제방 관통 구조물로 인한 붕괴의 경우 제방 설계나 축조시에 예측하기 어려운 면이 있다. 제방 축조 이후 침하되는 흙 제방과 말뚝 기초 등에 의해 침하가 발생하지 않는 제방 관통구조물 사이에서 발생하는 예측하기 어려운 부분이라고 할 수 있다.

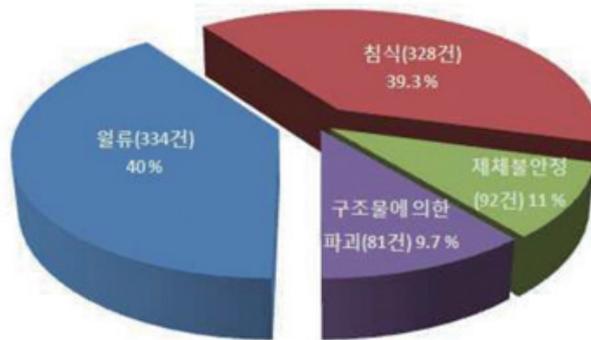


그림 6. 제방 붕괴 원인

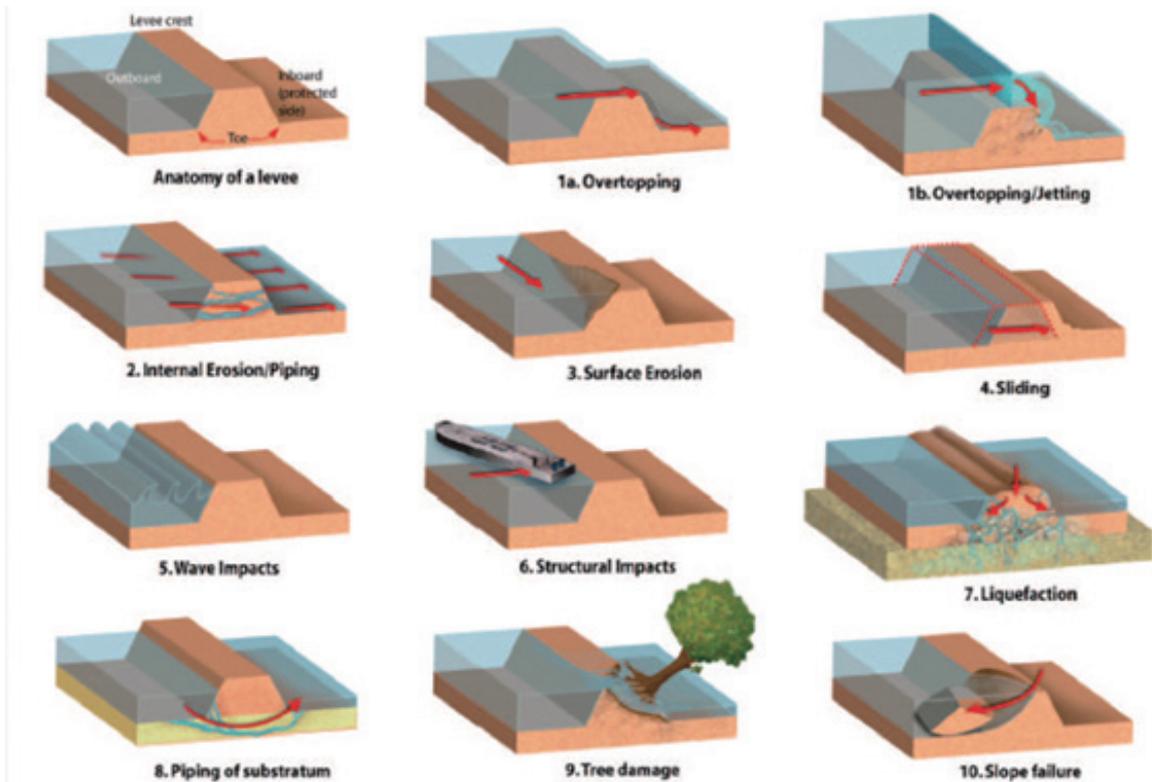


그림 7. 제방의 일반적인 피해 원인(CIRIA, 2013)

통문으로 인한 피해의 원인은 다음 그림으로 자세하게 설명될 수 있다. 통문 설치 직후에는 제체와 통문 사이에는 공극이 없는 상태이다. 시간이 지나면서 제체의 자연 침하에 의해 제방은 침하되지만 구조물은 침하되지 않으면서 제방 주변이나 아래 부분에 공동이 발생하기 시작한다. 이 공동이 점점 더 커지게 되고 통문 주변에 물이 관통할 수 있는 조건이 형성된다. 이와 같은 문제는 통문을 지지하는 말뚝기초로 인해 발생하는 것으로 이를 방지하기 위해서는 근본적인 대책이 필요하다. 우선 제방 관통

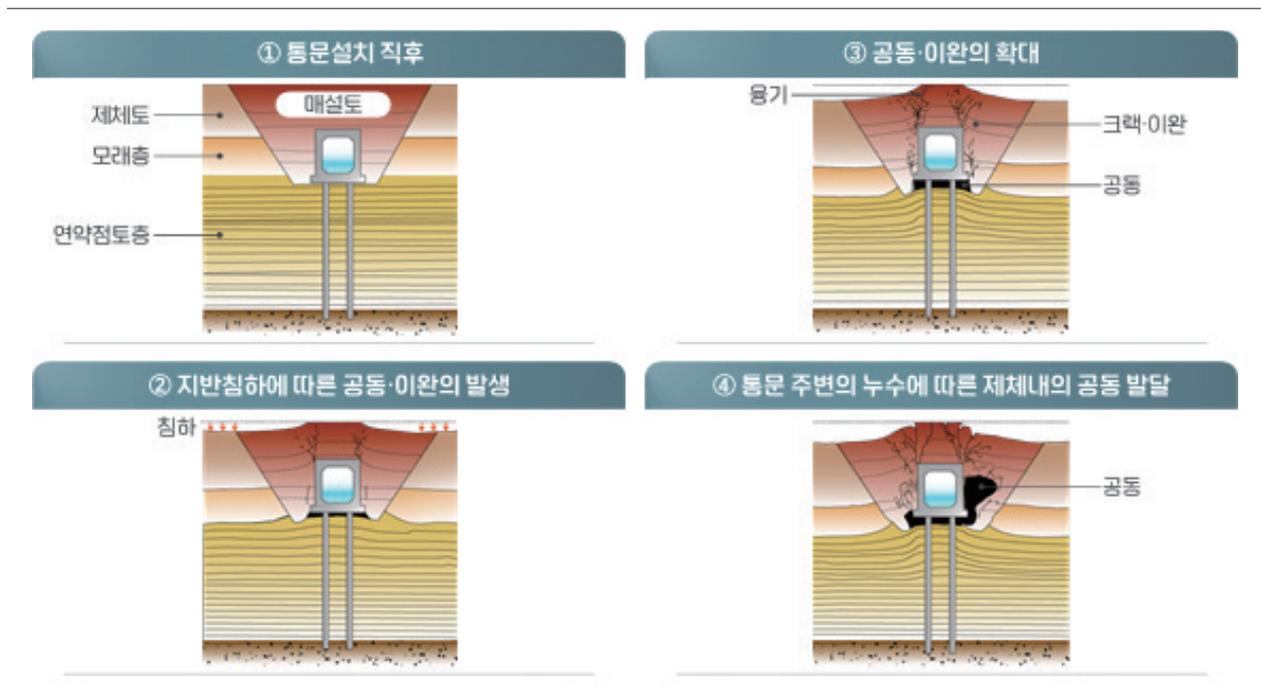


그림 8. 통문 주위 제방 공동 발생 메카니즘

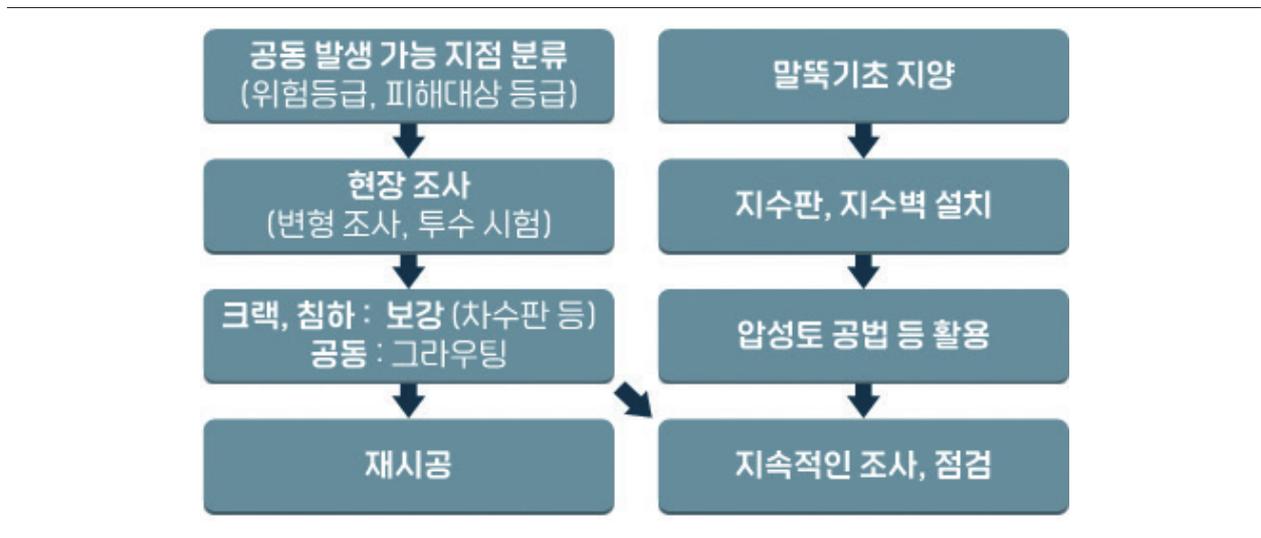


그림 9. 통문 주위 제방 공동 발생 방지 방법

구조물을 신설하는 경우 말뚝기초를 지양하고 지수판이나 지수벽을 설치하는 것이 필요하다. 또한 압성토 공법 등을 활용하여 누수가 발생하지 않도록 조치가 필요하다. 기 설치된 말뚝기초 통문의 경우 공동 발생 가능성을 조사하여 크랙이나 침하의 경우 차수판 등을 이용하여 보강하고 공동이 발생한 경우에는 그라우팅 등의 방법으로 조치가 필요하다. 2005년 개정된 하천설계기준에서는 연약지반상 구조물의 하부지반은 연약지반 처리공법을 적용하고 말뚝기초는 원칙적으로 금지하고 있다.

04 결론

제방은 홍수방어 구조물이다. 제방 계획 규모를 넘어서지 않는 한 정상적인 기능을 발휘해야만 한다. 제방 붕괴 등으로 인해 발생할 수 있는 인명 및 재산피해는 매우 크기 때문이다. 최근들어 제방이 월류되지 않는 경우에도 붕괴되는 사례가 발생되고 있다. 제방의 중요성을 감안하면 제방의 취약성을 사전에 파악하고 충분한 대책을 수립하는 것이 필요하다. 제방의 주요 취약점은 다음과 같이 정리할 수 있다.

- ① 제방이 계획된 제방고를 확보하지 못하는 경우
- ② 기준에 적합한 여유고를 확보하지 못하는 경우
- ③ 도로, 교량 등의 구조물로 인해 제방 단면이 잠식된 경우
- ④ 기준에 적합한 제방 단면적으로 확보하지 못하는 경우
- ⑤ 기준에 적합한 둑마루 폭을 확보하지 못하는 경우
- ⑥ 통문 등 제방 관통 구조물로 인해 공극이 발생하는 경우
- ⑦ 호안 등 침식에 대한 안전성이 부족한 경우
- ⑧ 기타 수목 등으로 인해 제방에 누수가 발생하는 경우

제방 신설시에는 충분한 검토를 통해 안전하게 제방을 축조하는 것이 중요하다. 문제는 기존에 설치된 제방의 안전성을 조사하거나 보강하는 것이 쉽지 않다는 것이다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 취약지점에 대한 조사와 더불어 제방이 정상적인 기능을 유지하고 있는지에 대한 정기적인 점검과 유지관리가 매우 중요하다.

참고문헌

부산지방국토관리청, 2020, '21년 제2회 하천분야 정책자문단 자문회의 자료
CIRIA, 2013, The International Levee Handbook