

사례를 통해 본 하천 피해 원인 및 대책



안재찬 >>
국립방재교육연구원 방재연구소 연구원



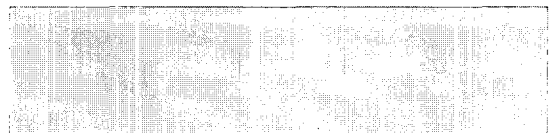
이종설 >>
국립방재교육연구원 방재연구소 토목연구관

1. 서론

하천이란 자연의 현상에 의하여 또는 인위적인 작용에 의하여 지구표면에 만들어진 물의 흐름이 바다로 이어지기 이전까지로 정의된다. 자연과학적인 입장에서는 지표에 도달한 강수가 중력의 작용 하에 주로 하상의 마찰저항을 받으면서 집중 유하하는 부분을 하도(River Channel)라 하며, 범람하여 단기간 하천수가 존재하는 부분을 홍수터(Flood fringe)라 하는데, 이들을 통틀어 하천이라 한다. 하천법에서는 공공의 이해에 밀접한 관계가 있는 유수의 체계(수계)으로서 그 수계의 하천구역과 하천부속물을 포함하는 것을 말한다.

하천이 인간생활에 미치는 영향은 이수, 치수, 환경의 세가지 측면을 가지고 있다. 이수 측면에서 볼 때 하천은 수자원의 주요 공급원이며, 치수측면에서는 홍수를 안전하게 유하시키는 통로가 된다. 또한 환경적인 측면에서 볼 때에는 어류의 생존과 번식, 주운, 각종 스포츠 및 레크리에이션의 장소로서 정서적 함양을 담당한다. 따라서 현재와 같이 사회 및 경제가 급속히 변하는 경우에는 하천의 이용이 급증하게 되므로, 하천관리의 중요성도 높아지게 된다. 이와 같이 하천은 인간의 여러 활동에 필요 불가결한 존재이지만, 때론 인간의 생명과 재산에 위협을 가하기도 한다. 하천 관리는 이러한 하천의 이중성을 인식하여, 하천의 혜택을 보다 크게 하고, 동시에 그 위험을 최소화하려는 활동이다.

상기와 같이 하천의 모든 현상은 -치수, 이수, 환경 문제와 결부된- 너무 많은 요소들이 복합되어 있어 모든 조건을 충족하는 계획과 시공, 유지관리를 위한 완전한 해결책이 제시되지 못하고 있는 실정이다. 이에 본 고에서는 하천의 치수 분야로 대상 범위를 제한하여 그간 하천 피해 사례의 조사·분석을 통해 피해 원인과 대책에 대해서 간략히 기술하고자 한다.



2. 하천 피해 사례

2.1 하천시설물 피해

우리나라 하천시설물의 피해는 집중호우에 의한 홍수량을 배제할 수 있는 통수단면적의 부족, 유송잡물과 토사에 의한 통수능의 저해, 빠른 유속에 의한 침식이 주요 원인이 되고 있다.

특히 우리나라 하천은 하천지형학적 측면에서 장년기와 노년기에 해당되는 경우가 대부분으로 만곡이 심한 사행하천이 많으며, 만곡부에서는 유수의 흐름이 바깥쪽으로 몰리면서 수류는 큰 힘을 가지게 되고 수위상승도 유발하게 되며, 이러한 만곡부가 연속적

으로 존재하는 경우 복잡한 흐름거동에 의해 만곡부 부근에 설치된 제방, 교량, 보 등 하천시설물의 피해가 많이 발생하고 있다.

그림 1은 강원도에 위치하고 있는 하천 만곡수로 구간으로 태풍 '매미' 내습시 상류에서 급격하게 불어난 유량이 상류쪽 만곡부의 외측 제방을 붕괴시키면서 농경지를 관류한 후 다시 하류쪽 만곡부의 제방을 붕괴시키면서 하천으로 유입되고 있는 상황을 나타내고 있다. 이 과정에서 제내지에 있던 영동선 철로가 침식에 의해 유실되는 피해가 발생하였다.

그림 2는 강원도에 위치하고 있는 하천 만곡수로 구간의 제방붕괴 및 영동선 철로가 유실된 모습을 나타내고 있으며, 그림 3은 강원도내 하천변의 도로가

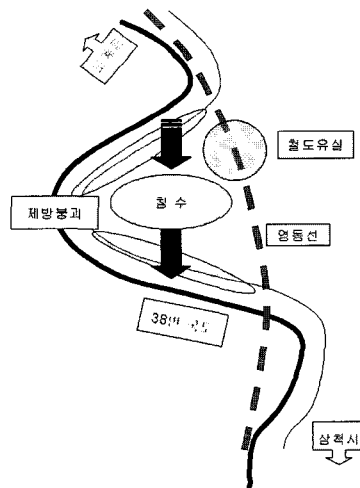


그림 1. 하천 만곡부 제방붕괴 모식도



(a) 만곡부 제방붕괴



(b) 철로 유실

그림 2. 강원도내 하천 피해 현황

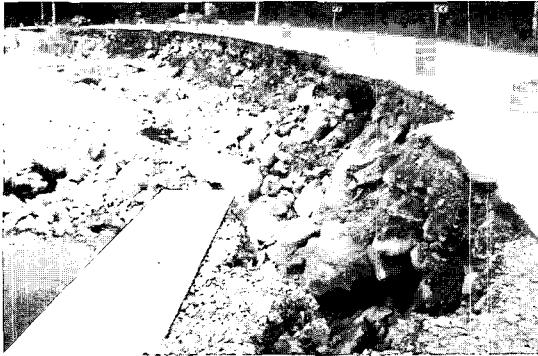


그림 3. 강원도내 하천변 도로 유실 사례

유실된 모습을 나타내고 있다. 이와 같이 태풍이 동반한 집중호우로 인해 하천시설물과 하천과 접한 도로, 철도 등의 기반시설들의 피해가 많이 발생하고 있는 실정이며, 특히 산지 사행하천의 만곡부에 하천 구조물을 설치하고자 하는 경우 지형특성을 고려한 설계 및 시공이 이루어질 필요가 있다.

2.2 외수범람

외수범람 피해는 하천의 홍수위 상승으로 하천 홍수터 내에 조성된 농경지나 주거지역이 침수되는 경우, 제방을 월류하거나 하천횡단구조물의 영향으로 홍수위가 부분적으로 상승하여 제내지에 피해를 발생시키는 경우, 제방·교량 등 하천시설물의 붕괴로 인해 외수가 침입하여 침수피해를 유발하는 경우 등이 이에 해당된다. 연안지역의 경우를 포함하면 조위 또

는 해일로 인한 파고가 방조제, 방파제의 마루고를 초과하거나 이들 구조물이 도괴되어 제 기능을 상실하는 경우에 발생하게 된다.

이러한 피해의 사례로는 금년 태풍 ‘메기’로 인한 집중호우 발생시 전라남도내 지방2급하천의 월류 피해를 들 수 있으며, 그림 4에 나타낸 바와 같이 〇〇면 마을앞을 횡단하고 있는 구 23번 국도를 기준으로 상류부 하천이 월류하여 침수피해가 발생하였고(침수 심 약 1m) 인접 마을 총 20세대 51명의 이재민이 발생하였다.

〇〇천의 월류원인은 구 23번 국도를 중심으로 한 상류부 저지대에 마을이 조성되어 있으며, 상류부 구간에 복개암거교량, 소규모 교량 등 횡단시설물과 마을하류부 구 23번 국도, 신설 23번 국도의 횡단에 따른 암거 등으로 인한 전반적인 홍수소통능력의 저하가 침수피해의 원인으로 작용한 것으로 판단된다. 또한, 구 23번 국도와 신설 23번 국도 사이구간에 2개의 급만곡부가 존재하고 있어 유수력 증대 및 배수불량에 의한 영향도 복합적으로 작용한 것으로 생각된다.

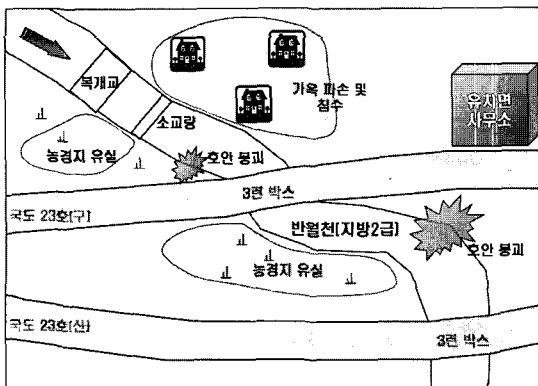


그림 4. 〇〇군 〇〇면 〇〇천 인근 피해 개요도

2.3 내수침수

매년 지속되는 집중호우와 태풍시 해수면 상승으로 내수 배제불량에 의한 저지대 주택 침수가 발생하였다. 강원도 〇〇시 〇〇동 침수피해의 경우 상류부 △동지역의 지속적인 아파트 개발과 7번 국도 일부구간 빗물받이 미설치로 〇〇동 저지대에 우수가 집중

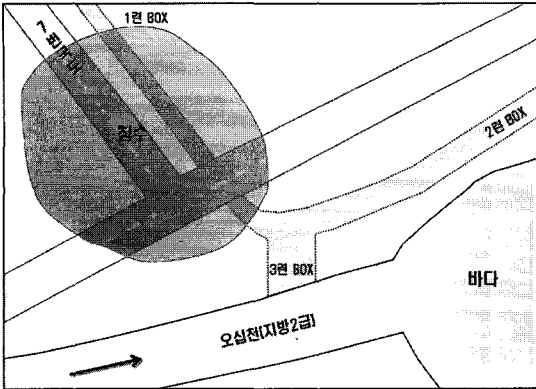


그림 5. ○○시 ○○동 침수피해 현황

되었으며 바다와 인접한 배수암거용량 절대부족으로 하수 및 우수역류 피해가 발생하였다. 이와 같은 원인으로 ○○시 ○○동 3, 4, 5통 지역 50,000㎡ 면적에 건물 51동이 침수되고 주민 158명이 임시대피하였다. ○○동은 해안에 위치하고 있으며 침수지역에는 1련 박스가 매설되어 있고 오십천으로 배수되고 있다. 태풍으로 인한 집중호우시 상류부에서의 유량 집중과 동해의 만조로 인한 오십천의 수위상승으로 인한 배수 불량에 직접적인 원인이 되었다.

이 지역의 내수침수 원인을 제거하기 위해서는 우선 상류부 아파트 단지개발시 하류부에 대한 영향을 검토하여 해당지역내 저감시설을 설치할 필요가 있다. 즉, 궁극적으로는 재해영향평가제의 대상규모를 확대할 필요가 있다. 또한, 7번 국도변 빗물받이 보강 및 관련 법령 개정으로 도로내 빗물받이 설치조항을 강화하여야 한다. 현재 도로법에는 별도 규정에 대한 명시가 미흡한 실정이다. 보다 근본적으로는 저지대 기존 주택을 이주보상하고 배수관거 용량확충과 동시에 일부지역(제재소 부지)을 우수지로 활용하여 하류부 내수침수를 방지하는 대책이 필요하다고 판단된다.

2.4 하천범람 및 내수침수

강릉 남대천은 강릉시를 서에서 동으로 관류하는 지방 1급 하천이다. 따라서, 강릉지역의 홍수방재 측면에서 가장 중요한 하천이라고 할 수 있다. 강릉 남

대천의 설계빈도는 하류지역에서 100년 빈도이고, 상류지역에서는 80년 빈도로 되어 있다. 태풍 ‘루사’의 영향으로 발생된 극한 강우에 의하여 ○○시는 시가지 저지대 대부분이 침수되었다.

침수의 원인을 살펴보면, 남대천 북쪽 중심시가지역은 내수배제불량이고, 남대천 남쪽의 ○○동과 ○○동에 있는 하천변 저지대는 제방범람에 의한 외수 유입과 제내지 내수배제불량으로 판단되었다. 시가지의 침수는 이미 새벽 6시 30분 경부터 내수배제불량으로 발생되기 시작하였다. 오전 8시경에는 ○○동 남산 밑 저지대의 복개하천을 통하여 역류가 발생되었고, 9시경에는 약 1m의 침수심을 나타내었다.

남대천 하구에 위치한 농업용댐인 오봉댐에서 댐의 안정성을 확보하기 위해 8월 31일 20시부터 9월 1일 1시까지 최대 방류량 1,040m³/sec를 방류함으로써 하류부 수위가 증가하였다. 이는 댐에서 약 2km 하류 보광천 합류전의 남대천 계획홍수량 716m³/sec를 324m³/sec나 초과하는 것이었다. 따라서, 강릉 남대천이 태풍 ‘루사’에 의한 홍수량을 감당하기에는 역부족이었던 것으로 판단된다.

남대천 하구지역에 위치한 ○○시 하수종말처리장이 내수에 의한 침수피해를 당하여 하수처리장의 가동이 중단되었고, 오봉댐에서 강릉 정수장으로 원수를 공급하는 관로가 유실되어 9월 1일 2시부터 강릉시 전역이 9월 4일까지 단수 조치되었다. 남대천의 외수가 높아짐에 따라, 노암 공설운동장 부근의 제방고가 낮은 곳에서 남대천 범람이 발생되었으며, 이로 인해 내곡동 저지대는 약 3m의 침수심을 기록하였다. 계획홍수량을 크게 초과한 것으로 판단되는 강릉 남대천 중하류부 14km 구간은 영동지역의 모든 하천에서 제방유실, 교량파괴 등이 발생하였음에도 불구하고 제방과 교량에 큰 피해가 없었다. 남대천 본류 구간에서 상대적으로 큰 피해가 발생되지 않은 것은 하천상류지역에서 유출된 토사와 유목이 오봉댐에서 대부분 차단된 데에도 원인이 있는 것으로 판단되었다(한국건설기술연구원, 2002년 태풍 ‘루사’에 의한 강원도 지역 대홍수).

2.5 해안침수

○○시 상류부는 산지여서 강우시 홍수량이 하류부로 급격히 집중하고, 하류부는 완만한 저지대로 만조, 고조시 자연배수가 불가능한 조건이다. 또한 시가지 62%가 매립지로 형성, 해수위보다 낮은 저지대 상존하고, ○○, ○○지역(관해들 내) 등에 대단위 택지가 개발되었거나 조성중으로 개발완료시 홍수량가 중요인으로 대두되고 있다. 이러한 상황에서 시에서는 항구적인 수해복구를 위한 지속적인 노력으로 현재까지 해수월류벽 설치사업 등 6개사업에 총 981억 원을 투자하였으나, '04년에도 태풍 민들레(7.3), 집중호우(7.14)에 의한 침수피해가 발생하였으며, 태풍 '매기' (8.18)에 의해서도 침수피해가 발생하는 등 금년 들어서만 3회에 걸쳐 연속적으로 침수피해가 발생하였다. 또한, 영산강 하구둑, 금호방조제 등 축조로 목포항 조위가 상승하여 해수의 월류위험 증가요인 제공하고 있으며 기존 시가지 등의 하수관거 용량이 설계빈도 5~10년에 불과하여 중상류부에서도 역류 침수피해가 빈발하고 있다.

이러한 문제점을 개선하기 위해서는 월류벽 설치 및 배수펌프장 보강으로 해수월류 및 침수방지를 실시하고 기존 하구둑 등 재검토·보강을 통한 조위상승 방지대책을 강구하여야 한다. 또한 기 추진중인 하수관거용량 개선사업(환경부)을 보완하여 중상류부 역류를 방지하고 배수체계 재검토 및 개선을 통해 가급적 자연배수체계를 확보하도록 하고 택지개발에 의한 유출증가량은 사업지구내에서 전량처리토록 유도하는 등 종합적인 계획이 수립되어야 할 것으로 판단된다.

3. 피해유형별 대책

3.1 하천피해 대책

(1) 하천의 설계규모 상황 조정

현재의 하천 설계규모로 볼 때 PMP 수준에 근접

한 최근의 홍수량을 안전하게 소통시키는 것은 근본적으로 불가능할 수 있다. 따라서, 하천의 설계규모를 증가시키되 하천의 설계빈도는 하천의 등급에 따라 획일적으로 설정하기보다는 하천의 중요성을 고려하여 결정되어야 할 것이다.

(2) 합류지점의 하폭 확대와 교량 등의 구조물 설치 금지

하천의 합류지점에서 토사퇴적에 의한 하상상승과 통수단면 부족에 의한 범람 등으로 제방유실이 많이 발생하였다. 따라서, 본류와 지천이 합류하는 지점에서는 하폭을 증대시키고, 교량과 같은 시설물의 설치를 금지하며, 부득이한 경우에는 흐름에 영향을 주지 않도록 설계하여야 한다.

(3) 하천준설 및 유로 재조정

토사의 퇴적으로 상승된 하상을 준설하고, 유로가 크게 변경된 경우에는 새로 형성된 유로를 존중하여 하천정비를 실시한다. 다만, 유로변경의 원인이 교량이나 보와 같은 인위적인 구조물에 있을 경우에는 가급적 기존의 유로를 보전하고 문제가 되는 수공구조물을 개선하는 것이 필요하다.

(4) 하천 중·상류지역

하천 중·상류지역은 일반적으로 산악지형으로 형성되어 있다. 산악지역은 유로연장이 짧고, 하상경사가 커 유속이 빠르고 집중호우가 발생할 때 유량이 단시간 내에 급증한다. 상류 산지부의 유속을 감소시키는 방안으로 삼림을 개간하여 만든 대단위 농경지 면적을 줄이고, 산사태 발생에 따른 유목의 이동을 방지하기 위한 시설물 설치가 필요하다.

(5) 하천내 교량설계

교량은 설계시 교각을 없애거나, 경간을 넓혀 유목과 같은 장애물이 차단되어 흐름을 방해하지 않도록 설계되어야 한다. 태풍으로 파괴된 다수의 교량에서 교각형식으로 T형 교각이 많이 발견되었다. 수류가

상판을 월류하면서 수압에 의해 상판이 이동, 중심이 한쪽으로 쏠리면서 교각이 좌굴되는 매우 취약한 구조임을 보여 주었다. 월류를 대비하여 교각형식은 T형 교각보다 교각자체의 안정성을 확보할 수 있는 새로운 설계방식이 보완, 도입되어야 한다.

(6) 하천 합류부

하천 합류부는 지류와 본류의 합류지점으로 지형 특성상 상류 구간은 높은 하상경사와 하류구간의 완만한 하상경사의 완충지역으로 갑자기 유속이 저하되고, 수위가 급증하는 특성을 보인다. 집중호우에 의해 이 구간에서는 흐름의 지·정체현상과 배수현상이 발생되므로 충분한 통수단면이 확보되지 못했을 때, 주변의 많은 피해가 예상된다. 따라서, 합류부에서는 둔치의 조성, 교량설치(잠수교 형태), 하천점유에 의한 도로건설 등 통수단면을 줄이거나, 흐름을 방해하는 일체의 시설물 설치에 피해야 한다.

3.2 내수침수 피해 대책

(1) 도시지역 토사유출 대책

산지에 인접한 도시지역에서 대부분 자연녹지에 발생된 사면붕괴와 이로 인한 극심한 토사유출은 하수도의 기능을 크게 저해한다. 따라서, 자연녹지가 많은 도시의 하수도와 도로설계에서 우수배제시 토사유출의 영향을 고려한다.

(2) 내수처리 대책

도시지역의 홍수피해는 주로 내수처리의 문제로 인해 침수피해가 발생한다. 이미 대부분의 도시들이 과거 강우자료를 기초로 하여 모든 수공구조물이 설계되어 최근과 같은 큰 강우가 발생했을 때 이에 대처하지 못하는 결과를 초래하고 있다. 따라서, 향후 기존 배수구조물의 처리용량에 대한 전면적인 재검토가 이루어져야 하고, 강우량을 기준으로 한 시가지 침수 예상도를 만들어 평상시에는 시가지 정비, 주택, 도로건설 등과 같은 통상 건설업무에 활용하고,

호우발생 시 수해에 대비하여 주민대피와 같은 재난방지업무에 활용하여야 한다.

3.3 해안피해 대책

해일에 의한 침수 등 해안피해를 저감하기 위해서는 월류벽 설치, 펌프장 신설 등으로 해수월류 및 침수방지를 실시하고 필요한 경우 침수지역의 전반적인 성토도 고려할 수 있다. 이 경우에는 주변지역이 상대적으로 저지대가 되어 또다른 침수피해를 야기할 수 있으므로 유의하여야 한다. 또한, 해수면 상승으로 인한 내수배제 불량을 방지하기 위하여 우수관거를 정비 및 확충할 필요가 있다.

3.4 지하공간 침수피해 대책

(1) 토지이용에 대한 신중한 고려와 대피체계 확립

도시지역 저지대에서는 국지적·집중적 호우에 의한 지하공간의 침수가 빈번히 발생하며, 침수지역에 상가나 인구밀집시설이 존재할 경우 대피가 곤란한 상황에서는 인명피해로 직결되는 위험성이 있다. 인구밀도가 높고 가용토지면적이 적은 우리나라 실정에서 지하공간의 이용은 불가피하게 허용되어야 하나, 2003년 태풍 ‘매미’ 시의 피해가 재현되지 않도록 하기 위해서는 기본적으로 신중한 토지이용이 요구된다.

또한 기존의 지하공간 생활자, 이용자에 대해서는 호우 및 홍수에 대한 위험성의 사전인지와 경보가 중요하며, 대상지 주민을 위한 신속하고 정확한 정보전달과 대피체계 확립이 중요하다.

(2) 침수방지 시설의 설치

지하상가·지하철 등 지하생활공간과 시설공간에는 우수 침투를 방지하는 시설의 설치와 침수피해를 경감하기 위한 시설의 정비 등이 중요하게 고려되어야 한다. 특히 침수에 대비하여 지하공간 설계시 침수방지 및 배수구조에 대한 고려가 충분히 이루어져야 하며, 배수설비의 설치 및 철저한 유지관리와 출

입구의 침수방지 설비 및 침수확대방지를 위한 설비 등이 충분히 확보되어야 한다.

4. 결론

우리나라의 치수 분야 투자는 타 국가기반시설의 투자에 비해 매우 미약한 상태로 투자비율이 심한 불균형을 보이고 있으며, 재해예방 차원에서 하천사업에 대한 투자 규모 확대가 시급하다. 더욱이 하천분야 사업조차 국가에서 관리하는 장대하천에 투자가 집중되고 있어 상류부나 지류에 속하는 지방1·2급하천, 소하천 등의 경우는 매년 여름철 우기시마다 반복적인 재해가 상습적으로 발생하고 있다. 더불어 일부 지방자치단체를 제외한 지방자치단체의 대부분이 낮은 재정자립도로 인하여 하천 방재에 대한 투자가 거의 이루어지고 않고 있어 하천 피해의 악순환이 되풀이되고 있다.

지금으로부터 약 100년전 카리브해의 마르티네스라는 작은 섬의 생피에르라는 작은 도시에 대규모 화산폭발로 도시 인구 30,000명이 절멸하는 대재앙이 있었다. 생존자는 단 3명이었다고 전해진다. 생피에르는 나폴레옹의 황후인 조세핀의 출생지이자

1902년 당시 마르티네스의 상업적 중심지인 해안도시였다. 생피에르 북쪽 약 7km에 위치한 펠레화산은 1851년 이후 휴화산이었으나, 1902년 활동을 재개하여 폭발 징조를 보임에 따라 주민대피 여부를 결정하기 위해 위원회를 구성하였고 위원회는 용암의 흐름이 도시에는 영향을 미치지 않을 것으로 잠정결론 지었다. 여기에는 마르티네스의 정치적 중심도시였던 포드프랑스 지사가 다가온 선거를 염두에 두고 사람들이 계속 거주하기를 바라는 의중이 많이 작용하였다고 한다. 주민들을 안심시키기 위한 수단으로 지사는 포드프랑스에서 생피에르로 이주하였으나, 이튿날 화산은 격렬한 폭발음과 함께 생피에르를 삼켜 버렸고 지사를 포함한 전 도시민이 사망하였다(‘잠 못 이루는 행성’, 어네스트 지브로스키, 이전 회 역 인용).

펠레화산과 같은 자연재난은 인간의 정치적인 관심을 존중하지 않는다.

오로지 예방에 노력하는 국가, 대비하는 사회에 관심을 베풀 것이며, 자연을 이해하고 재난에 적극적으로 대응하는 자만이 자연재난으로부터 조금은 자유로울 것이며, 설혹 피해를 당하더라도 재할과 자활의 의지와 능력을 갖추어 지속가능한 사회발전을 이룩할 수 있음은 너무도 자명한 이치일 것이다.