

시설물별 태풍에 따른 피해특성 및 원인분석

The Analysis of Damage Characteristic and Cause on Infrastructures by Typhoon

신창건¹⁾, Chang-Gun Shin, 이종영²⁾ Jong-Young Lee, 김석조³⁾, Seok-Jo Kim, 지영환⁴⁾, Young-Hwan Ji

¹⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 차장, 기술사, Vice director, P.E(S&F), Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

²⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

³⁾ 한국시설안전기술공단 지하시설실 차장, 기술사, Vice director, P.E(S&F), Dept. of Tunnel & Underground Structure, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

⁴⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

SYNOPSIS : In this study was investigated and analyzed of damage characteristics for infrastructures by typhoon that have been many occur. The objective Structures were the road and hydraulic structure. The road structure was included the cut-slopes, retaining walls and bridges. The hydraulic structure is divided with the dike, small-scale dam, reservoir and floodgate. The analysis result of the bridge damage cause is river bottom height increase and passage ability decrease. The principal damage reasons of the cut-slope structure are weakening the ground due to the localized torrential downpour and drainage defective. Also, the principal damage reasons of the small-scale dam, reservoir, dike and the floodgate are continuous collapse of dike beside the floodgate. And we divided a typhoon damage occurrence cause with artificial and natural. As the result of analysis, the many damage occurrence cause will be removed by system improvement and technical development.

Key words : Typhoon, Infrastructure, Damage

1. 서론

최근 들어 지구환경 변화에 따른 이상기후의 영향으로 태풍, 집중호우, 하천범람 등 풍수해에 의한 인명 및 재산의 피해가 급증하고 있다. 실제로 지난 10년간(1993~2002) 연평균 사망피해 129명, 이재민은 22,320명에 이르며, 재산피해는 연평균 1조 2,882억원에 달하며, 복구비용은 1조 9,765억원에 달하지만, 이에 대한 정부의 예산 대부분이 주민보상과 피해원상복구에 투입되고 있는 실정으로서 자연재해의 사전예방을 위한 과학적, 공학적 원인규명 및 기술개발이 수행되지 않은 상황에서 매년 반복되는 피해가 발생하고 있는 실정이다. 이와 같이 매년 반복되는 피해를 입는데도 불구하고 같은 일을 되풀이하는 이유로는 체계적이고 효율적인 시설물의 풍수해 대책이 정립화 되어 있지 않는 것을 가장 큰 이유로 들 수 있다. 따라서 본 연구에서는 매년 반복되는 자연재해 중 가장 큰 인명 및 재산피해를 유발하는 태풍피해를 국내사례 중심으로 도로시설물, 수리시설물로 대별하여 조사한 후 결과 분석을 통해 각 시설물 특성에 따른 피해 유형과 발생원인을 분석하여 시설물 특성에 맞는 태풍피해 점검요령 개발에 필요한 기초자료로 활용하는 목적에 주안점을 두었다.

2. 태풍피해 사례

2.1 도로시설물

2.1.1 교량

표 1 태풍피해시 피해유형 및 원인(교량)

교명	교장 (m)	폭원 (m)	상부구조	피해상태	피해원인	교명	교장 (m)	폭원 (m)	상부구조	피해상태	피해원인
진동교	20	5	RC 슬라브	기초부 유실	수층부 발생	세월교	30	8.5	RC 슬라브	난간파손, 기초부 세굴	유송잡물, 하상침식
화랑골	18	2	RC 슬라브	교대전도 교대뒷채움 유실	하상침식 기초부세굴	용암교	60	9.5	RC 슬라브	난간파손, 교대부 토사유실, 교각단부노출	원류, 통수단면 부족
춘당교	40	5	RC 슬라브	난간파손	월류	가마교	25	4	라멘	교각붕괴, 교대파손	유송잡물로 인한 통수능저해
세월교	70	5	라멘형 Box	교량유실	통수능부족	퇴창말교	12	6.6	RC 슬라브	교각전도, 상부구조붕괴	유송잡물
대관대교	28	5	RC 슬라브	난간파손, 도로접속부유실	월류, 통수단면부족	마하교	28	6	RC 슬라브	난간파손, 접속부파손	유송잡물로 인한 통수능저해
신곡교	60	19.5	PC Beam	교대사면붕괴, 도로접속부 유실	교대부 옹벽붕괴	한탄2교	30	8.5	RC 슬라브	난간파손, 포장파손	유송잡물로 인한 통수능저해
철정교	70	5	RC 슬라브	난간파손	월류	방림교	30	4.5	라멘교	스래브, 교대파손	유송증가, 기초부 세굴
선평교	60	5	RC 슬라브	교각 및 슬래브 유실	통수능 부족, 기초세굴	화산교	40	8	RC 슬라브	교각유실	급류 및 유송잡물
새마을교	45	5	RC 슬라브	전체파손	통수단면부족	매송교	40	4	RC 슬라브	상판유실	급류 및 유송잡물
용수교	40	5	RC 슬라브	난간파괴, 교대 뒷채움 유실	교량 통수능 부족	상환천교	32	4	RC라멘교	상판낙교, 교각침하	급류, 기초세굴
지장1교	10	5	RC 슬라브	교대 뒷채움 유실	하상고 증가로 인한 월류	산평교	20	5.9	RC T형교	교량붕괴	급류 및 통수단면부족
소구니교	55	5	Box형	도로접속부 유실	월류	진동2교	70	6	RC 슬라브	교각침하	기초부 세굴

2.1.2 사면

2003년 태풍 매미로 인한 도로사면 피해를 분석한 결과 그림 1과 그림 2와 같으며, 집중강우에 의한 사면붕괴 특성을 보다 세부적으로 분석하기 위하여 각 절토사면 유형별로 붕괴유형을 분석하였다. 지반구성물질에 따른 사면유형에서의 붕괴형태를 분석한 결과 토사사면과 혼합사면에서는 slide 형태의 붕괴가 80% 이상의 비율로 가장 많이 나타났으며, 암사면에서도 토사사면이나 혼합사면에 비해 낮은 비율이지만 slide 형태의 붕괴가 40% 이상을 차지하여 집중강우시에는 slide 형태의 붕괴가 가장 많이 발생함을 알 수 있다. 또한 기타로 분류된 계곡부에서는 토석류만이 발생한 것을 알 수 있다(그림 1). 또한

지반조건 및 특성에 따른 사면유형에서의 붕괴형태를 분석한 결과 토사사면과 연약암반사면, 파쇄암반사면에서는 slide 형태의 붕괴가 80% 이상의 비율로 가장 발생하였다(그림 2).

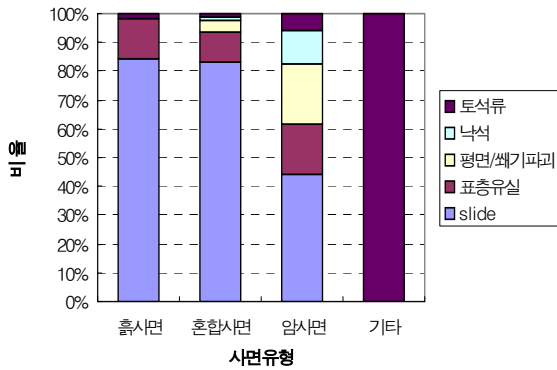


그림 1. 지반구성물질에 따른 사면유형별 붕괴유형

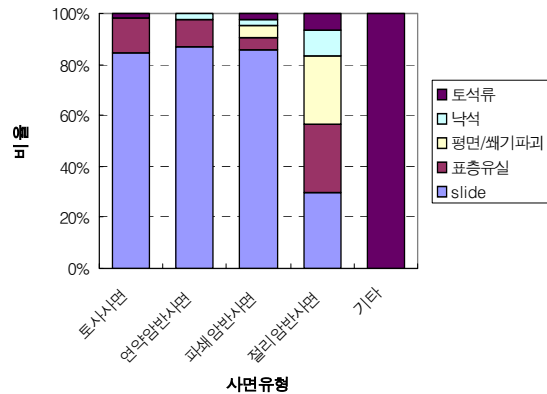


그림 2. 지반조건 및 특성에 따른 사면유형별 붕괴유형

2.2 수리시설물

2.2.1 제방

표 1. 제방의 피해사례

피해지역		피해내용	피해지역		피해내용
경남 합안	가야읍 산서리(합안천)	낙동강 역류로 인한 제방범람	경북 김천	양천동 감천	제방 붕괴 (80m)
	산인면 가산제 칠서면 구포제(광려천)	월류에 의한 제방범람	경북 의성	구천면 미천리 (위천)	구조물 집합부 부근 누수 발생으로 제방붕괴
	군북면 사도, 수곡, 발곡제 칠서면 진동제	제방누수	경북 성주	초전면 용봉제	제방유실
	산인면 송정리(금암천)	제방유실(70m)	경북 포항	북구 죽장면(죽장천)	제방붕괴(150m)
경남 창령	유어면 대대리 대대제 (토평천)	월류에 의한 제방붕괴(100m)	경북 울진	평해읍 (평해남대천, 왕피천)	제방 유실(각 100m, 140m)
	이방면 장천제	낙동강 역류로 인한 제방유실	경북 청송	진보면 괴정리(갈머리 천)	제방붕괴(30m)
	장마면 회정제 이방면 내동제 부곡면 비봉제	제방유실(각 50m, 20m) 도로 암거 집합부 제방붕괴 (10m)	강원 양양	서면 용천리 만곡부 (남대천)	제방붕괴
경남 의령	정곡면 월현제(월현천)	제체 침투에 의한 제방붕괴 (30m)	경남 합천	청덕면 가현리(황강 가현제)	가현제 펌프장 주변 제방 유실(L=20m)
	지정면 유곡리 백산제	배수문 공사중 배수문 주위 누수 제방붕괴(100m)		청덕면 양진리 (신반천 광안제)	배수펌프장 제방 유실 (L=30m)
	정곡면 증교리 월현2제	남강 방류로 인한 제방붕괴 (30m)		청덕면 여배리 (신반천 예배제)	배수펌프장 주변 누수발생 (3개소)
경남 합천	덕곡면 덕곡제	제방유실, 낙동강 역류	경남 의령	용덕면 소상리(남강 신소제)	제체 슬라이딩 및 누수 발 생
경남 밀양	무안면, 상남면	제방붕괴(무안면 판곡제)	경남 의령	낙서면 전화리 (낙동강 부곡제)	제체 천단 함몰 및 누수방 생
경남 거창	가북면(가천천)	수해복구공사구간 제방유실	경남 합안	범수면 백산리(남강 백산제)	배수펌프장 주변 제방 유 실(L=15m)
대구	달성군 화읍면 성산리 (설하천, 천내천)	침투에 의한 제방붕괴	경북 고령	우곡면 객기리 (낙동강 봉산제)	제방 비탈면 침하
				다산면 호촌리 (낙동강 다산제)	제내지 파이핑 발생(3개소)
경북고 령	우곡면 도진리 도진제 (회천)	구조물 집합부 부근 누수 발 생으로 제방붕괴(38m)	경북 예천	호명면(내성천)	제방 파이핑 발생

2.2.2 수문(배수문)

표 2. 수문(배수문)의 피해내용 및 원인

피해지역	피해내용	피해원인
천동배수펌프장	배수문부근 20m 붕괴·유실 배수펌프장 하류 150m 지점 제방 70m 붕괴	하천제방 파이핑
백산제 배수문	둑 붕괴	부등침하로 인해 하천수 유입(약 35시간)
군선천 배수문	범람으로 인한 인근 지장물 침수	과다한 지표수 유입
신반천 광암제 배수문	배수문 주위제방 붕괴	통관주위 구조물 접합부에서의 누수에 의한 공동

2.2.3 소규모댐 및 저수지

표 3. 댐, 저수지 피해내용 및 원인

저수지명	피해내용	피해원인
연천댐	우측 댐체의 붕괴	월류로 인한 양안의 급속 세굴
장현저수지	여수로와 도수로 파손	월류 및 도수로 하부의 세굴
동막저수지	제체 우안측 완전 파손	댐체의 활동 및 상류측 사면의 함몰
칠성저수지	여수로, 댐체, 감세공 손상	세굴현상의 진전
경보저수지	우안측 여수로, 댐체 접합부위 손상	여수로 유실부 공사 및 세굴

3. 태풍피해 발생원인 평가

3.1 도로시설물

3.1.1 교량

조사결과 세굴로 인한 교각의 침하·유실, 유송잡물이나 경간장 부족으로 인한 통수능 부족, 만곡 수층 부에서 교대부 및 제방 유실이 가장 교량에 치명적인 피해를 입히는 것으로 나타났으며, 피해가 교량 다수에서 발생한 부재는 상판, 교각, 교대, 도로 접속부, 난간, 주변제방 등으로 이 중에서 상판, 교각, 교대부분의 피해는 곧바로 교량의 기능상실로 이어졌다. 또한 도로접속부와 난간부의 파손은 홍수가 교량을 월류하여 발생한 것이므로 통수능 확보대책이 부족했던 것으로 판단된다.

참고로 국내에서는 장대경간교량의 건설이 외국에 비해 늦게 시작되었으므로 외국에서 현수교, 사장교 등에 발생한 바람에 의한 피해사례는 없는 것으로 나타났다.

3.1.2 사면

매년 7~9월에 걸쳐 태풍 및 집중호우가 발생하는 시기에 집중적으로 사면붕괴가 발생하는 것이 특징이며, 주요 원인인 강우, 지형, 지질, 토질, 임상 등 자연적 요인과 절토, 성토 등 인위적인 각 요인들이 상호 영향을 주고 받으므로 재해원인을 설명할 때 전적으로 하나의 요인만으로 설명되지 않는다. 그러나 피해유형을 분석했을 때 도로사면은 호우로 인한 안정성 감소로 절리나 토층과 암석층 사이의 불연속면 등 취약지점에서 붕괴가 발생하거나, 석축·옹벽 등 주요 사면구조물에서 배수가 불량하여 상기 구조물에 수평도압이 증가함으로써 붕괴가 발생하는 것으로 추정된다. 또한 발생형태를 살펴보면 앞서 언급하였듯이 기타로 분류된 사면에서는 모두 토석류가 발생한 것으로 나타나 연쇄적으로 이루어지는 토석류의 하천유입은 밀도류를 형성하여 교량 및 제방, 수문 등의 주요 피해원인으로 지적될 수 있다.

3.2 수리시설물

3.2.1 제방

국내에서 최근 발생한 제방피해사례를 분석한 결과 제방의 손상원인은 설계빈도 이상의 홍수위 및 하천시설물의 장애로 인한 월류, 제체의 균열 등으로 인한 누수, 하천 내에 위치한 교량, 암거, 보 등의 시설물과의 접촉부의 부설 및 하천 만곡부에서의 제방의 세굴, 침투로 인한 원인 등으로 제방이 손상을 입고 붕괴가 되는 것으로 평가되었다.

월류에 의한 제방의 피해는 최근 집중호우로 인한 산사태로 하상의 상승 및 잡목들이 교량 등에 걸려 통수단면적을 감소시킴으로써 수위가 상승하거나 설계빈도 이상의 홍수위가 직접적인 원인이라 판단된다. 누수에 의한 피해는 반복적인 홍수로 인한 제체의 다짐이 느슨해지고 제체의 부등침하로 인한 균열이 발생함으로써 누수가 발생된다. 누수가 발생하면 제체내부가 포화되어 응력이 감소함으로써 제체가 유수에 의해 파괴 및 붕괴되는 것으로 분석되었다.

또한 제방과 타 구조물과의 접촉부에서의 피해는 제체와 구조물과의 재료 상이성으로 인한 응력의 감소 및 설계기준 등에서 접촉부에 대한 뚜렷한 기준이 없어 접촉부에서의 구조적 부설로 인한 제방의 세굴 및 손상이 발생하는 것으로 판단된다.

3.2.2 수문

수문에서 발생한 주요 피해원인은 배수문 인근의 제방 붕괴로 인한 수문의 피해, 지반의 부등침하로 인한 구조물의 변형 및 균열로 인한 손상, 설계빈도 이상의 홍수위로 인한 월류 등이 피해 원인으로 평가된다.

수문인근의 제방붕괴로 인한 피해는 수문은 하천의 제방에 양안부를 지지하고 제방에 연속적인 구조물로서 제방의 손상은 연속적인 수문 손상으로 이어지게 되며, 지반의 부등침하로 인한 피해는 부등침하가 발생시 날개벽에 비해 본체의 침하가 크기 때문에 본체로 기울어지며 날개벽의 상단에 큰 압력이 작용한 결과로 흉벽이나 측벽 등이 균열을 발생시켜 손상을 입히게 된 것으로 추정된다.

수문은 하천구조물의 하나로써 피해의 원인 및 피해로 인한 영향은 수문자체만의 문제가 아닌 타구조물과 관련이 있다. 이러한 이유로 수문에 대한 유지관리를 할 때에는 인근의 제방 및 펌프장, 유수지 등의 상태를 동시에 점검하고 관리를 해야 한다. 또한 수문을 설계하고자 할 때에는 사전조사를 통한 위치, 지반, 배수구역 등을 면밀히 조사해야 부등침하의 방지와 적정 홍수위 등을 검토하는 방안이 필요하다.

3.2.3 소규모 댐 및 저수지

국내 댐 피해 사례에 대한 피해원인을 분석한 결과 댐체의 월류, 활동, 세굴, 사면의 함몰, 파이핑, 기초부설, 접합부의 부설, 시공부설 등 그 피해 원인이 다양한 것으로 평가되었으며, 댐체의 월류는 최근에 태풍 및 집중호우에 의한 홍수량의 증가로 여수로에서 유입홍수량을 감당하지 못하여 발생한 것으로 판단된다. 그리고 소규모 댐이나 저수지의 경우 일반적으로 흙댐으로 축조가 댐 월류시 제체의 붕괴를 가속화 시킨것으로 판단된다. 또한, 댐의 기초부분에서 활동이나 파이핑 등이 발생하여 댐의 손상 및 붕괴를 발생시켰으며, 댐 사면의 손상은 세굴 및 누수가 주요 원인으로 작용하여 댐체의 부설을 초래하였다.

4. 불안정요인별 태풍피해분석

4.1 인위적요인

4.1.1 도로시설물

가. 교량 구조체의 부실

교량연장부족, 경간장 부족, 교대 접속부 부실, 여유고 부족, 통수단면적 부족, 기초부실 등 교량구조체에 설계·시공과정에서 고의 또는 과실에 의한 부실이 태풍 등에 의해 발생하는 피해의 인위적인 요인으로 평가할 수 있다.

나. 주변 환경(하도, 수중보)의 인위적인 변화

교량에 피해를 미치는 주변 환경의 변화로는 골재채취로 인해 하도가 변화하게 되는 경우, 부유물 유하, 보(낙차공)의 설치로 인해 유수의 속도가 늦어져 퇴적물이 쌓이면서 교고가 낮아지게 되는 경우, 상류부 저수지의 방류, 인위적인 하상정리 및 홍수로 인한 양안제체가 붕괴하는 경우를 들 수 있다. 즉, 교량주변의 인위적인 환경변화로 인하여 하도변화 및 유수 소통능력의 감소를 야기시키게 되어 교량에 치명적인 피해를 가하며, 이는 단지 교량자체의 부실뿐만 아니라 시설물의 유지관리 차원에서 교량 주변 환경에 관심을 기울여야 한다는 것을 알 수 있다.

다. 배수시설 불량

모든 축대나 옹벽은 표면수를 처리하는데 적합한 배수를 해야 하며 만약 이것이 적절히 실시되지 않는다면 벽체에 작용하는 힘을 계산할 때 수압도 함께 고려하여 그 안정성을 검토해야 한다. 이는 수압이 축대 및 옹벽 붕괴의 직접적인 원인 가운데 하나이며 축대나 옹벽의 안정성에 큰 영향을 미칠 수 있다는 것을 반증하여 주는 것이다.

라. 제도미비로 인한 허술한 지질조사

우리나라는 국토의 70%가 산지로 산지 개발이 불가피하여 산을 깎아서 절개지들이 형성되는데, 이 절개지들이 자주 붕괴되어서 인명 및 재산손실의 피해가 발생한다. 도로와 택지 주변의 절개지들이 붕괴된 현상들을 살펴보면, 배수처리 문제도 있지만 사전에 지질조사가 허술하여 그 지반에 적합한 대책공법이 미흡한 경우가 대부분이다. 실제로 절개지 붕괴를 방지할 수 있는 정도로 충분히 실시된 경우가 드물게 지질조사를 실시하였으며, 제3자가 충분히 조사 분석했는지를 판단하기는 매우 어려운 것이 실정이다. 따라서 설계, 시공, 감리단계에서 각각 지질조사를 수행하여 서로 미비한 점을 보완하여야 하며, 특히 최종 굴착면에서 정밀지질조사를 의무화하고, 기록을 준공시 제출하도록 하는 것이 필요하겠다.

4.1.2 수리시설물

가. 배수문 구조를 주위에서 제방 보호기술 부족

우리나라는 대부분의 제방은 당시 빈약한 사회 기술, 경제적 여건 때문에 사실상 지금과 같은 이상홍수와 홍수를 감당할 만한 여건에서 건설되지 못하였다. 따라서 하천변 토지이용의 고도화, 중상류 각종 도시개발에 따른 홍수피해 잠재능력 증가, 또는 최근에 급격히 그 빈도가 높아지는 초과 홍수에 대한 대응에는 현실적으로 너무 큰 한계를 가지고 있다. 대표적인 예로 그 동안 홍수피해가 없었던 지역인 강원도와 김천 지역이 과거에 건설된 홍수방어시설의 한계를 2002년 태풍 루사 때의 홍수를 계기로 실감한 것을 통해 알 수 있다. 더구나 이러한 하천시설물의 양적인 측면에서 건설은 상당한 수준에 이르렀으나, 질적인 안정성을 높이기 위한 유지관리와 증·개축, 각종 사회기반시설 건설시 홍수 재해 가능성과 그에 대한 대책에는 소홀히 한 점을 들 수 있다.

나. 취약한 홍수방어시설 성능 개선 및 유지관리 소홀

강릉지역에서 완전 파괴된 저수지나 일부 유실된 저수지나 일부 유실된 저수지의 여수로는 측구여수로 형식으로서 과도한 홍수량에는 적합하지 못한 것으로 판단된다. 또한 설계홍수량이 약 100에서 240년 빈도로 설계되어 있어 2002년 태풍 루사의 홍수량을 감당하기에는 한계가 있었다.

다. 미비한 복구

수해가 일어날 때 마다 응급복구라는 명분아래 땀질식 처방으로 일관해 왔다. 제방, 도로, 다리 등을 이전 상태로 적당히 모양만 갖춘 채로 흙을 쌓고 석축한 후 콘크리트로 덮고 덧씌우며 보강해 보지만 그다음 집중호우 때 또 다시 그 자리나 인접지역이 파헤쳐지고 있는 것이 현실로서 보다 근본적인 원인 제거와 체계적이고 신속한 복구체계가 이루어져야 할 것이다.

4.2 자연적요인

4.1.1 도로시설물

가. 만곡 수층부에 위치하여 그 흐름의 영향을 받는 교량

산악지역에 위치한 교량의 경우 하상경사가 심하고 유속이 빨라 S자나 C자형의 하도를 갖는 하천에 많이 위치한다. 만곡부에 교량이 위치하게 되면 구조물에 세굴 피해를 입게되고 주변은 침수되는 피해를 입게 되므로 이는 최초 교량의 계획단계에서 이 지역은 피해야 할 것이다.

나. 지반의 문제

자연적인 산사태는 무수히 발생하였는데 일반적으로 지표면과의 경사가 30-50.로 가파른 곳이며 지형적으로 약간 오목하여서 물이 모일 수 있는 집수지형인 곳의 토층과 연암사이에서 거의 직선적으로 붕괴되는 특성이 있다. 우리나라 산지는 토층이 지표에서 1m정도 두께로 얇고 그 하부에 연암이 분포하는데 이 경계면은 전단강도가 낮고, 또한 폭우시 경계면을 따라 양압력이 발생하여 산사태가 쉽게 발생한다. 이런 지형조건의 지역 상부에서 산사태가 발생하면 토석류가 하부지역을 덮쳐 인명피해, 재산피해 그리고 교통두절이 많이 발생하게 된다. 또한 얇은 토층이 있는 지역은 나무뿌리가 토층에만 발달하며 연암까지 관통하지 못하므로 산사태 역지효과가 적고 오히려 산사태시 뿌리까지도 쉽게 뽑혀 내려온다. 그러므로 대부분 뽑혀 나온 나무들이 하류의 교량과 부딪쳐서 교량을 훼손시키거나 교량에 걸려서 오히려 물길을 막아 범람하게 한 경우가 많았다. 그러므로 계곡상류에 스크린댐과 같은 구조물의 건설이 필요하며, 산지 개발시 어느 지역이 위험한가를 파악하기 위하여 광역적인 산사태 재해위험지도를 작성하여 인근 지역에서 산사태로 인한 피해까지도 검토가 필요하겠다.

다. 태풍과 동반된 폭우로 인한 갑작스런 수위증가

과거 우리나라에 피해를 준 태풍 매미나 루사의 예를 보면 시간당 30mm 이상의 강우강도를 보이고 있다. 이는 국지성 집중호우 때에도 마찬가지인데 이때 상류부에서 갑작스런 수위가 급증하는 현상이 나타나고 산사태나 주변 부유물들이 유수에 휩쓸려 오면서 교량에 중대한 피해를 입히게 된다. 특히 우리나라는 산악지역과 평야지역의 중간에 취락이 발달하고 있어 이곳에 교량이 많이 건설되어 있기 때문에 상류부인 산악지역에서 내려온 유송잡물이 교량의 통수능을 저하시켜 취락지구에 침수피해를 입히는 경우가 주류를 이룬다.

4.1.2 수리시설물

가. 집중호우

과거의 강우량 자료를 이용해 설계된 기존의 하천 통수단면을 능가하는 호우의 발생시엔 유출량을 감당하기에는 역부족이다. 2003년 태풍 매미 때에도 강원도 대부분의 지역에서 9월12일 9시부터 13일5

시 까지 9시간동안 평균 강우강도가 30mm/hr정도가 집중호우였다. 또한 하천 상류지역인 산간지역에 상대적으로 많은 강우가 발생되었으며, 유역의 경사가 급하고 2002년 수해 때 상당한 지역이 산사태 등으로 지표면이 교란되어 차단저류 기능이 떨어진 상태로서 피해가 가중되었다.

나. 강한 국지성호우

강우의 관측점별 관측치에 의하면 가까운 거리에서 매우 강한 국지성 호우가 단시간에 집중되었다. 관측점간의 거리가 직선거리로 10~20km에 불과한데 강우량의 차이가 두 배 이상을 기록하였다. 강우강도에 있어서도 지역 내 최대 86mm/hr을 기록하는 매우 강한 집중호우로 단시간 내에 하천의 유출량이 급증하는 주요 원인으로 판단된다.

다. 국지성 호우에 의한 상류부의 수위급증

강원 영동지역의 경우 유로 연장이 약 50km정도로 하천의 중상류는 산악지형으로 하상 경사가 매우 크며 하류는 완만한 하도 형상을 띠고 있다. 상류 지역에 호우가 집중되면 상류구간에 수위가 급증하여 급류가 발생하면서 계곡부에서 산사태가 발생하고 유목과 많은 토사가 한꺼번에 하천으로 유입되어 월류 및 세굴 피해가 동반되었다.

라. 심한 만곡하도에 의한 흐름 지체

산악지형은 그 특성에 따라 일부 하류지역을 제외하고 대부분 심한 만곡수로를 형성하고 있으며, 하도 특성상 만곡부에서는 부분적으로 흐름이 원활치 않아 유속이 감소하고 수위가 다소 증가하는 현상을 보인다. 따라서 만곡수로 외측에서는 세굴에 의한 제방유실 피해가 많았고, 내측에서는 침수피해가 주로 발생했다.

마. 시공기간의 절대 부족

2002년 8월31일 수해 이후 12월까지 피해조사가 진행되었고, 이후 설계 용역발주, 2003년 3월경 시공 발주를 시작하였으나, 중대형 현장은 약 15개월 이상의 공사기간이 소요되므로 2004년 상반기에 완공되는 공정을 가지고 있었다. 또한 2003년도는 잦은 강우일수로 공사가 중단되는 악조건 속에 있었다. 이와 같이 공사가 진행 중인 가운데 또 다시 집중호우가 발생하여 태풍에 대한 피해가 가중된 것으로 판단된다.

5. 제 언

1. 교량의 주요 피해원인은 유송잡물에 의한 하상고 증가와 통수능 저하로 구분할 수 있으며, 유송잡물 및 토석류 등에 의한 하상고 상승을 풍수해 피해의 주요 원인으로 지적할 수 있다.
2. 국내 소규모댐 및 저수지 피해 사례에 대한 피해원인을 분석한 결과 댐체의 월류, 활동, 세굴, 사면의 함몰, 파이핑, 기초부실, 접합부의 부실, 시공부실 등 그 피해 원인은 다양한 것으로 평가되었다.
3. 태풍피해원인은 인위적 요인과 자연적 요인으로 구분할 수 있으며, 제도개선 및 기술개발을 통해 상당부분 재해발생 요인을 제거할 수 있을 것으로 판단된다.
4. 시설물의 태풍피해를 최소화하기 위해서는 사전 및 사후에 각 시설물의 특성에 맞는 점검기법의 개발이 필요하며, 사전점검을 통해 피해를 최소화하고 사후 신속한 복구가 이루어질 수 있도록 제도 개선이 절실히 요구된다.
5. 본 연구는 시설물별 태풍피해에 따른 주요 사례와 원인을 분석한 자료로서 추후 지속적인 연구와 자료수집을 통해 매년 반복되는 태풍피해를 최소화시키는 방안이 수립되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 한국시설안전기술공단(2004), “시설물별 태풍을 대비한 사전 및 사후점검요령 개발(I)”
2. 건설교통부(2004), “건설교통 재해대책편람”
3. 김경덕, 방돈석, 안상로(2003), “댐 붕괴사례 조사 및 분석”, 방재정보 제 25호, 한국방재협회
4. 국립방재연구소(2002), “태풍루사 현장조사 보고서”
5. 장현식 외 4인(2004), “집중강우시 발생하는 절토사면 붕괴특성 연구”, 한국지반공학회 봄 학술발표회