

2006년 7월 장마에 의한 강원산간지역 홍수재해특성과 대책



박 상 덕 ▶▶▶
강릉대학교 토목공학과 교수
sdpark@kangnung.ac.kr

그 심각성이 결코 뒤지지 않는다. 태풍 빌리스의 영향으로 한반도 북부에서 남북으로 진동하던 장마전선은 중국남부에 상륙한 빌리스가 2006년 7월 15일 세력이 약화됨에 따라 그림 1과 같이 한반도 중부로 남하하여 강원지역에 국지성이 강한 집중호우를 뿌렸다. 우리나라가 태풍에 의해서 주로 대규모 홍수피해를 당하였던 것이 일반적이었으나 이번 홍수는 장마에 의해서도 큰 홍수가 발생할 수 있음을 잘 보여주었다. 본 고에서는 강원도의 홍수피해가 심각한 양양, 인제, 정선, 평창 지역을 중심으로 장마에 의한 홍수피해의 가중요인을 파악하고 그 대책을 제시하고자 한다.

1. 서론

장마에 의한 홍수피해로는 유례를 찾아보기 어려운 2006년 7월 15일부터 16일까지의 강원지역 집중호우는 태풍 루사와 매미에 의한 홍수피해에 비할 때

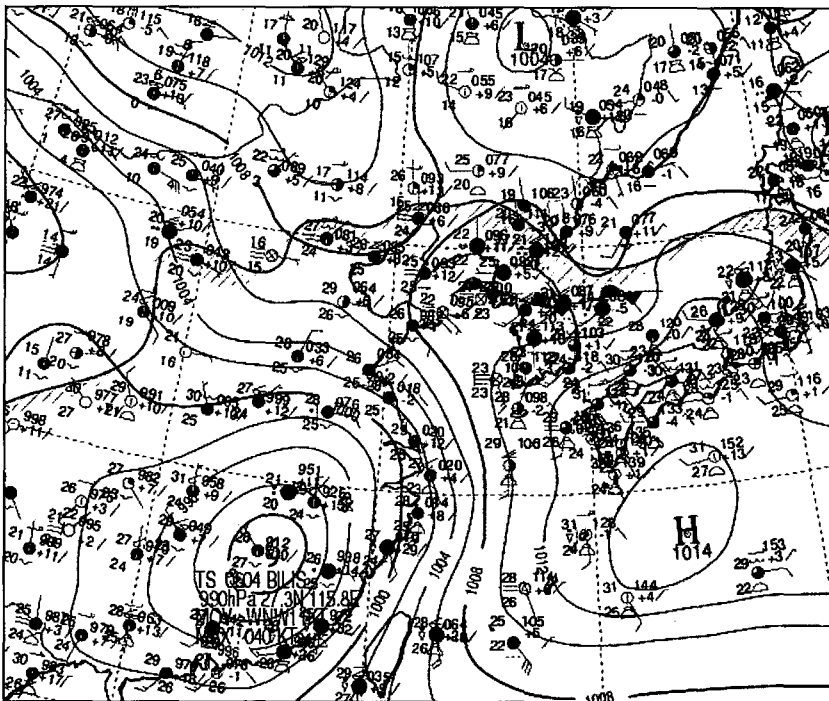


그림 1. 일기도(2006년 7월 15일 0시, 기상청)

2. 강우와 홍수피해 개요

2.1 강우

중국남부에 상륙한 태풍 빌리스의 영향이 줄어들면서 장마전선이 한반도 북부에서 중부지역으로 이동에 따라 강원 영서지역과 태백산맥을 중심으로 한 산간 내륙에는 국지적으로 강한 집중호우가 발생하였다. 기상청에서 관할하는 강원도 주요 관측지점의 강우량은 표 1과 같다. 1시간 강우량은 홍천에서 200년 빈도를 상회하였고 인제가 20~30년 빈도이며 그 외의 지역은 10년 빈도 이내를 나타내었다. 그러나 평창군 진부면에서 관측된 시우량은 7월 15일 10~11시

에 82mm를 기록하여 200년 이상의 발생빈도를 나타내고 있다. 양양군 오색지역에서도 시간당 최대 103mm를 기록하였다. 따라서 7월 15~16일 장마는 국지성이 매우 강한 특성을 나타냈다.

2.2 홍수피해

7월 중순 장마의 집중호우로 발생된 홍수피해는 지방2급 하천인 오대천, 한계천, 오색천, 송천 유역에서 큰 것으로 나타났다. 그러나 이들 하천이 유입하는 본류에는 큰 피해가 발생되지 않았으며 이는 국지성이 강한 강우특성에 의한 것으로 판단된다. 평창, 인제, 양양의 홍수피해는 표 2와 같다. 양양군은 오색

표 1. 강원지역 주요지점의 강우특성

지 점	구 분	1시간	3시간	24시간
인 제	강우량(mm)	66	125	280.5
	발생기간	7.15.9~10	7.15.8~11	7.15.7~16.7
	확률빈도(년)	20~30	100~200	20~30
원 주	강우량(mm)	23.5	68.5	250.5
	발생기간	7.16.11~12	7.16.10~13	7.15.16~16.16
	확률빈도(년)	<2	2~3	5~10
속 초	강우량(mm)	22	43.5	126.5
	발생기간	7.15.7~8	7.15.7~10	7.15.7~16.7
	확률빈도(년)	<2	<2	<2
강 릉	강우량(mm)	37.5	98.5	209
	발생기간	7.15.12~13	7.15.10~13	7.15.9~16.9
	확률빈도(년)	5~10	20~30	3~5
대관령	강우량(mm)	35.5	88.5	230.5
	발생기간	7.15.13~14	7.15.11~14	7.15.10~16.10
	확률빈도(년)	5~10	10~20	3~5
동 해	강우량(mm)	51.0	115.0	317.5
	발생기간	7.15.13~14	7.15.12~15	7.15.12~16.12
	확률빈도(년)			
홍 천	강우량(mm)	88	99	270
	발생기간	7.15.13~14	7.15.12~15	7.15.18~16.18
	확률빈도(년)	>200	<2	10~20
춘 천	강우량(mm)	41.5	83.5	224.0
	발생기간	7.15.11~12	7.15.9~12	7.15.10~16.10
	확률빈도(년)	3~5	5~10	5~10

※ 자료: 강우량/기상청, 확률강우량/한국건설기술연구원(2000. 6)

표 2. 강원지역 주요 피해 현황

구분	피해내용	평창군	인제군	양양군	
인명	사망 및 실종(명)	12	29	-	
	이재민(세대/명)	1,257/3,292	513/1,227	197/500	
공공시설	도로 및 교량(개소)	427	204	25	
	하천(건)	국가	25	47	10
		1급	26		
		2급	149		
		소하천	400	79	20
	상하수도(개소)	35	37	17	
	수리시설(개소)	379	155	46	
	소규모시설(개소)	445	227	135	
사유시설	주택(동)	전파	249	184	2
		반파	267	65	15
		침수	730	291	483
	농경지 유실 및 매몰(ha)	4000	4118.7	109.5	
공공시설피해액(백만원)		449,189	456,457	163,000	

지역에 홍수피해가 집중되었으며 양양읍 남문리와 서문리 저지대 주택과 상가가 침수되었다. 평창군 지역의 공공시설에서 도로 및 교량은 고속국도 3개소, 국도 70개소, 교량 9개소가 피해를 당하였다. 평창군에서 집계된 산사태는 49개소, 임도 15개소가 피해를 당하였으며 인제에서는 학교 10개소와 사방시설 93개소의 피해를 당하였다. 양양군은 오색지역 상가 54동이 침수되었으며 설악산 국립공원내 20.53ha에서 산사태가 발생되었다.

배출할 수 있다. 그러나 하천의 설계빈도를 현저히 초과하는 큰 호우에 대해서는 이에 상당하는 하천재해를 피하기 어렵다. 설계빈도를 초과하지 않더라도 홍수시 발생하는 유목이 많으면 홍수피해가 더욱 가중된다.

이번 장마에 의한 강원지역의 토사유출에 따른 대규모 홍수피해를 보면 지방2급 하천인 오대천으로 유입하는 거문천, 하진부천, 호명천, 유천과 같은 소하천과 북천의 지류로서 지방2급 하천인 한계천에서 극심하였다. 거문천은 오대천 합류지점이 협착되어 있고 오대천 본류의 수위 상승으로 홍수유출이 원활하

3. 홍수의 원인과 피해양상

3.1 토사유출과 유목

홍수시 유역에서 발생한 토사가 하천을 통해 유역 밖으로 유출되는 현상은 지형변화과정의 핵심이다. 특정 유역의 하천수계조직은 오랜 기간에 걸쳐 그 유역의 토사유출에 적응한 결과로서 강우에 대한 유역의 반응특성을 좌우한다. 하천설계기준 이내의 범위로 발생하는 강우조건에 대해서 하천수계는 큰 하천 피해 없이 홍수량과 유사량을 유역 밖으로 안전하게



사진 1. 거문천 유출토사 퇴적(2006. 8. 4)



사진 2. 하진부천 사남1교 하류의 토사에 의한 하천 및 가옥 매몰(2006. 8. 4)



사진 3. 오대천 지류 호명천 토사재해 (2006. 7. 23)

지 않아 문필교 하류의 정농영농조합법인이 침수되었다. 거문천 유역은 우상형 수계조직의 분지형태로 되어 있고 새마을 교량 등에 유목이 차단되어 상류에서 유출된 많은 토사가 하천에 퇴적되어 문필교 상류로 약 2.5km구간에 범람원이 사진 1과 같이 형성되었다. 유출토사는 유역에서 발생한 다량의 산사태를 공급원으로 하는 것으로 판단된다.

하진부천은 하진부 2리의 하진부교 상류에서 오대천과 합류되는 진부교 하류까지 약 2.5km구간에 걸쳐 토사유출에 따른 퇴적이 발생하였으며, 사진 2와 같이 주택매몰과 인명피해가 발생하였다. 하진부 지역은 저지대에 주택이 밀집되어 있어 하천범람에 의한 주택피해 가능성이 많았던 곳이다. 이와 같은 토사유출에 따른 토사재해는 하진부교에 유목이 걸리고, 사남1교, 사남2교, 진부교와 오대천 본류의 수위상승으로 유속이 저하되면서 발생한 것으로 판단되었다. 이런 양상은 호명천에서도 나타났으며 산지에서 발생한 과도한 토사는 평촌들을 흘러 오대천에 유입하는 1.7km구간에 이르기까지 사진 3과 같이 범람원을 형성하였다. 유천은 유천교 상류에서 하류로 약 1.5km 구간에 토사퇴적에 따른 하상상승과 유로변경이 발생되었다.

오대천 주요 지류들이 과도한 모래질 토사유출에 의한 토사유출재해인 반면에 한계천은 급경사 산지의 사력과 전석 등이 하천으로 유입되고 유목이 교량에

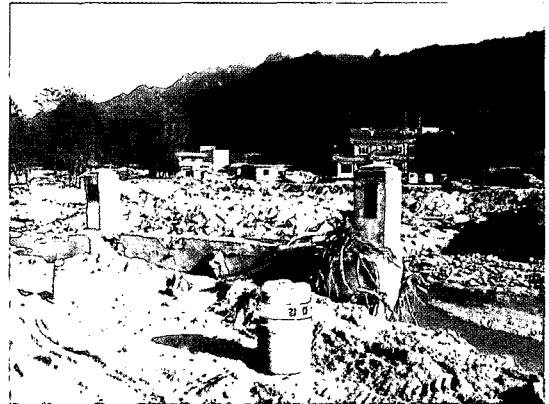


사진 4. 한계천 쇠리 피해지역(2006. 8. 9)

걸리면서 발생한 하천재해라고 할 수 있다. 본래 한계천의 하상구성 재료는 사력과 전석으로 되어 있고 유역 내 산지계곡들에 보류되어 있던 대량의 돌과 전석이 토석류와 같은 작용으로 하천으로 유입되면서 하천재해를 일으킨 것으로 판단된다. 한계천의 장수대 상류 지역부터 한계리 안내소가 있는 유역출구까지 약 7km구간에 걸쳐 하천과 도로의 파괴가 발생되었다. 사진 4는 한계천 쇠리 지역의 홍수피해를 보여주는 것이다. 한계천 본류의 대부분 교량이 피해를 당하였으며 이는 유목 차단에 관련되어 있는 것으로 판단된다. 한계천에는 하천을 따라 형성된 취약지역이 배후 산간계곡의 출구나 하천변 저지대에 자리하고 있어 대규모 홍수시 피해를 당할 가능성이 높은 곳이 많은 것으로 판단된다.

3.2 산사태와 토석류

호우시에 발생한 산사태나 사면붕괴는 하천의 토사유출 공급원이 될 뿐만 아니라 대량의 유목을 발생 시키기 때문에 하천의 재해를 가중시키는 역할을 하게 된다. 또한 산지의 급경사 계곡에는 풍화 암석들이 많이 보류되어 있어 호우시 사면계곡으로 유입되는 집중 홍수류에 의하여 큰 돌이나 전석들이 마치 토석류와 같은 작용을 하면서 계곡 하류로 이동할 수 있다. 이는 하천과 합류하는 계곡의 출구에 돌무더기나 토석의 퇴적원을 이루게 된다. 이는 본류 하천의 흐름을 변경시키거나 하상을 상승시켜 하천재해를 크게 가중시키는 요인이 될 수 있다.

오대천의 거문천, 하진부천, 호명천 등의 소하천에

서 과도한 토사유출에 따른 재해는 사진 5의 예에서와 같이 유역에서 발생된 산사태에 주로 관련되어 있다. 반면에 한계천에서는 계곡에서 대량으로 유입하는 사력과 전석이 큰 영향을 미친 것으로 판단된다. 한계천에서 발생된 많은 계곡 출구부의 돌무더기들이 토석류에 의하여 형성되었는지는 확인하기 어려우나 퇴적 결과만으로 보면 토석류로 해석될 수 있다. 토석류는 산사태나 산지의 암석붕괴, 석력이 집단적으로 이동하기 때문에 계곡에 대한 침식력이 매우 크고, 곡저를 삭박하기 때문에 하류로 이동할수록 질량이 크게 증가하는 경향이 있으며, 홍수량이 증가함에 따라 계곡의 출구부에서 입경별 분급현상이 나타날 수도 있다. 한계천과 오색천의 계곡 출구에는 사진 6과 7에서 볼 수 있는 토석 퇴적지가 많이 발생하였다.

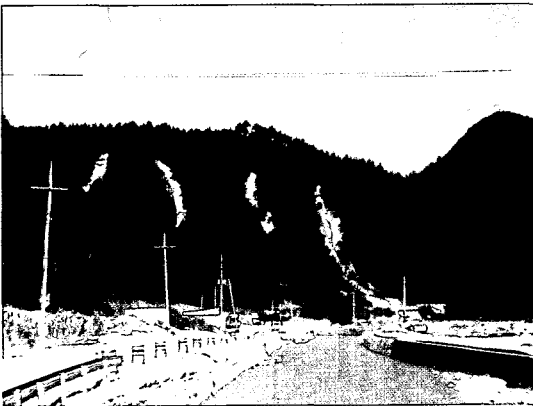


사진 5. 평창군 진부면 거문천의 산사태(2006. 8. 4)



사진 6. 오색천 산지 계곡의 출구(2006. 8. 8)

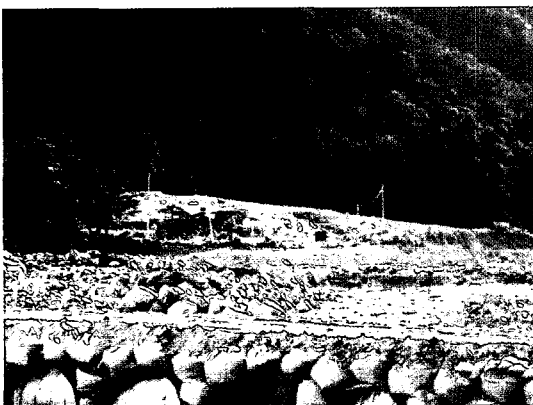


사진 7. 한계천 산지 계곡의 출구(2006. 8. 9)

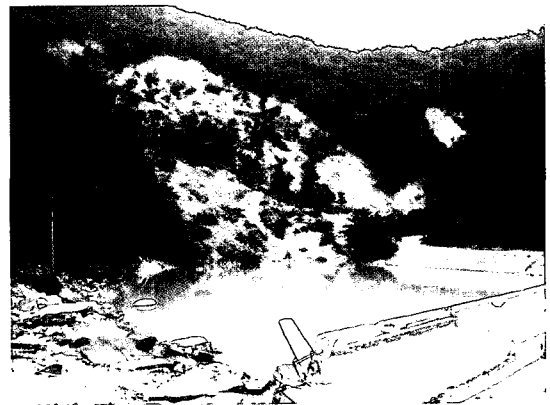


사진 8. 송천 구절리의 산사태(2006. 7. 24)

정선군 북면 구절리 오장폭포 상류지역에서는 대규모 산사태가 발생되어 지방2급 하천인 송천이 사진 8에서 보는 바와 같이 완전히 차단되고 소규모 호수가 형성되었으며 상류지역의 도로가 완전히 유실되는 피해를 입었다.

3.3 수공구조물과 산간도로

일반적으로 하천재해는 교량, 보, 제방과 같은 하천수공구조물에 의해 가중될 수 있다. 이번 장마에서도 교량에 의해서 하천재해가 가중된 사례가 많다. 특히 교량은 경간의 길이가 작아서 유목이나 부유잡물이 차단되어 홍수위를 상승시켜 제방의 범람과 파괴를 일으킬 수 있다. 보는 홍수시 홍수량에 따라 발생할 수 있는 하상변동을 억제하기 때문에 제방의 범람에 의한 하천피해를 일으키는 원인이 되고 있다. 제방은 하폭을 주어진 공간으로 제한하기 때문에 설계홍수량을 초과하는 홍수의 경우 하상의 동적반응구조를 왜곡시켜 하천피해를 가중시킬 수 있다. 하폭의 협소에 따른 피해는 지방2급 하천인 강릉 대기천 상류와 오대천 지류 소하천들에서 나타나고 있다. 특히 강원지역에서 과거 태풍 루사와 같은 홍수피해를 경험하지 않은 하천에서 교량과 보에 의한 하천피해가 많이 나타나고 있다.

이번 장마에 의한 강원도 산간지역 재해의 특징적인 현상은 도로피해가 유난히 많다는 점이다. 특히

도로를 횡단하는 소규모 계곡이나 수로지역에서 집중적으로 나타났으며, 호우시 소규모 계곡에서 유출되는 토석과 유목 등이 도로 횡단배수구에 걸리면서 발생된 경우가 지배적이다. 이는 오색천의 도로 파괴에서 지배적인 현상이며 그 피해양상은 배수구가 막혀 노면으로 범람한 물이 그림 2와 같이 도로 가장자리에서부터 선단파괴를 일으키고 심한 경우 도로를 유실시키기도 한다. 이때에는 소계곡에서 유출된 토사나 돌무더기가 도로를 횡단해 퇴적되어 있는 경우가 많다. 오대천, 한계천, 오색천에서 도로가 전면 유실된 경우에는 만곡부의 과도한 수위상승과 교량에 의한 유목차단과 수위상승이 원인이 된 경우가 많았다. 평창군 진부면 막동리의 국도 59번 도로 유실은 하천만곡에 의한 도로 유실의 대표적인 사례라고 할 수 있다. 이는 홍수시 하천의 양안 사이에 홍수위 차이가 만곡부에서 현저히 크게 나타날 수 있다는 것을 나타낸다.

도로를 횡단하는 배수구조물은 건설교통부의 “도로배수시설 설계 및 유지관리지침”에서 하천과 연한 도로의 경우 하천설계기준의 설계빈도를 따르도록 규정하고 있다. 그러나 하천에 연하지 않은 산간도로의 경우 10년에서 25년으로 규정하고 있다. 도시지역의 경우 도로배수설의 설계빈도를 50년으로 한 것과 비교하면 현저 작은 것을 알 수 있다. 따라서 오색천 등 산간도로의 배수암거와 산지 소규모 수로가 횡단하는 지역에서 도로피해가 크게 발생하였다.

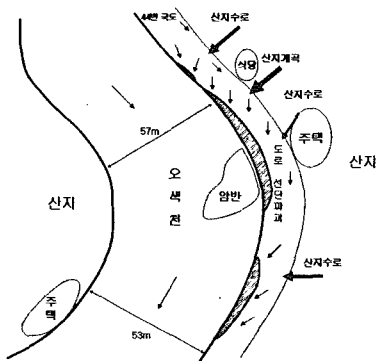


그림 2. 양양군 서면 오가리 44번 국도피해



사진 9. 송천 구절리의 도로 피해(2006. 7. 24)

4. 홍수재해 저감대책

4.1 토사유출 및 유목 조절 대책

토사유출에 의한 재해는 주로 소하천에서 크게 발생되었으며 본류와 만나는 지역에 범람원이 형성되고 그 주변 저지대를 침수시키는 홍수피해가 전형적이다. 이는 호우시 유역의 토양침식량 급증에 따른 토사공급원 증가와 하천의 토사수송능력 부족에 원인이 있는 것으로 판단된다. 따라서 유역의 토양침식량을 줄이거나 하천의 토사수송능력을 확대하는 것이 필요하다. 토양침식량을 줄이는 방안은 산지가 벌목이나 산불과 같은 요인에 의해 훼손되지 않는 한 산지의 식생량이 크면 큰 문제가 되지 않는다. 그러나 식생량이 큰 산지라하더라도 산사태와 같은 사면붕괴는 발생할 수 있으며 이는 토사공급원의 대량화와 장기화를 초래하므로 토사유출을 줄이기 위해선 주요 계곡에 사방댐을 설치하는 것이 바람직하다. 이 사방댐은 동시에 산사태지역의 유목을 차단할 수 있는 기능할 수 있게 해야 할 것이다. 토사수송능력을 향상시키기 위해서는 하폭을 확대하거나, 하상변동을 제어하는 보를 철거하여 하천의 동적기능을 강화시켜야 한다.

4.2 산사태 발생 및 토석류 제어대책

산사태는 하천의 가장 큰 토사공급원이 되기 때문에 그 발생을 억제할 수 있는 방안이 요구된다. 우리나라는 70년대까지만 해도 산지가 헐벗어 호우시 토사유출이 극심하고 산지의 산림녹화가 중요한 과제였다. 80년대 이후 현재까지 산림녹화가 충분히 진행되어 산지의 토양침식을 줄일 수 있었으나 최근 집중호우에 따른 강우량이 증가함에 따라 산사태가 증가하는 추세에 있다. 따라서 민둥산 시절에는 크게 문제되지 않았던 유목이 대량 발생하기 때문에 홍수피해 규모는 더 증가하고 있다. 산사태와 이로 인한 유목 발생을 줄이기 위해서는 적극적인 산림관리가 필요하

다. 즉, 잡목의 제거나 간벌로 산지식생량을 적정수준으로 유지하는 것이 산사태를 줄이는데 효과적인 것으로 판단된다. 토석류는 산사태로 발생된 토석이나 계곡의 붕괴 및 붕락 토석이 유수와 함께 집단적 경향으로 이동하는 것이므로 그 파괴력이 매우 크다. 따라서 토석류는 급경사 암석산지의 계곡에서 발생할 수 있으므로 그 위험지구를 조사하고 토석류 제어를 위한 스크린댐 등을 설치하여야 한다.

4.3 수공구조물 및 도로설계기준 개선

홍수위험을 가중시킬 수 있는 대표적인 수공구조물은 교량이다. 치수적인 측면에서 교량은 교량자체 뿐만 아니라 그 주변에 홍수피해를 가중시킬 수 있는 경간장 및 형하고 결정이 중요하다. 하천의 통수단면 확보와 교량에 의한 유목 차단억제를 위해서는 경간장과 형하고가 충분히 크게 설치되어야 한다. 교량의 경우 새마을 교량과 같은 작은 교량에서 문제가 되고 있다. 특히 대규모 홍수피해를 경험하지 않은 하천의 경우 일제조사를 실시하여 기준에 미달하는 교량이 있을 경우 이후로 큰 홍수피해를 당하기 전에 철거하고 현재의 기준에 따라 신축하여 하천의 치수안전도를 높여야 한다. 산지지역의 배수시설은 국도와 같이 중요한 도로의 경우 설계기준을 50년 빈도이상으로 강화시켜야 한다. 또한 도로를 횡단하는 소규모 산지수로의 경우 배수구 입구를 막을 수 있는 유목과 토석을 산지에서 차단하기 위한 유목 및 토석 유출방지망을 설치하여야 한다.

4.4 소하천 설계빈도 결정

이번 장마에 의한 홍수에서 소하천의 토사재해가 심각하였다. 이는 대부분의 소하천이 하폭이 작고 본류와 연결되는 부분의 교량 및 하폭이 본류의 설계빈도에 연동되지 못하기 때문으로 판단된다. 즉 농경지 소하천의 경우 2~25년으로 하고 있어 지방2급 하천의 50~100년과 비교하여 크게 작다. 소하천과 본류

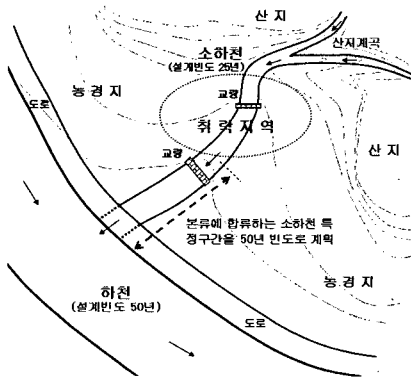


그림 3. 소하천의 설계빈도 강화 개념도

의 합류점에서 설계기준이 갑자기 큰 차이가 나는 경우가 대부분이므로 소하천 하구의 설계빈도를 대폭 상향조정하는 것이 필요한 것으로 생각된다. 소하천은 하구에서 상류로 일정한 구간이 본류의 배수 영향을 강하게 받으므로 그 영향범위를 포함하는 일정 구간에서 그림 3과 같이 설계빈도를 본류의 설계빈도에 따르거나 특정비율로 연동시키는 것이 필요하다. 이는 소하천의 토사수송능력 향상에도 기여할 뿐만 아니라 산지지역 소하천 하구에서 발생하는 홍수피해를 줄이는데도 효과적인 방안이 될 것이다.

4.5 위험지구 해소

산지하천의 홍수위험 지구는 계곡의 출구에서 특정한 영향거리, 교량이 위치한 인근 지역 저지대 하반, 산지사면 하구의 저지대, 만곡부 하천변 등을 들 수 있다. 이들 지역에 있는 취락지역은 보다 안전한 지역으로 이전하여 위험을 회피할 필요가 있다. 산지

하천유역은 대부분 도로가 하천을 따라 놓여 있으므로 하천 만곡부에서 홍수시 발생할 수 있는 과도한 수면상승에 따른 영향을 고려하여 도로지반을 높여야 할 것으로 판단된다.

5. 맺음말

태풍에 의하지 아니하고 발생한 강원지역 홍수피해 중에서 2006년 7월 14~16일 홍수에 의한 피해가 가장 크다. 이 장마기간의 의한 집중호우는 과거 잘 드러나지 않은 하천재해 양상을 나타내었다. 즉, 소하천에서 토사재해가 집중적으로 발생하였으며 산지지역 도로피해가 대단히 크다. 소하천과 본류가 합류하는 지역의 설계빈도를 본류의 설계규모 수준으로 높여서 소하천의 치수기능을 강화하고 산지지역 국도에 대해서는 산지수로나 계곡이 횡단하는 배수시설의 설계빈도를 하천에 연한 도로의 설계기준과 같이 증가시키는 것이 필요하다. 특히 산지수로에서 과도하게 유입할 수 있는 유목과 토석을 방지하기 위한 시설을 도로건설시 적극 도입하여야 한다. 태풍루사에 의한 홍수피해에 준하는 홍수가 장마기간의 집중호우에서도 발생할 수 있다는 것을 확인한 만큼 강원 산간지역 하천의 치수안전도를 전면적으로 검토하여 치수안전도가 낮은 교량이나 보와 같은 하천시설물을 개선하여 홍수시 하천재해 위험을 줄이고 침수위험 취락지구 해소와 같은 적극적인 방재대책을 강구하여야 한다. ㉓