

우리나라 태풍/전선의 이동과 호우특성

Movement and Heavy Rain Characteristics of Typhoon/Rain Front in Korea

○임기석¹⁾ · 최은호²⁾ · 전무갑³⁾ · 지홍기⁴⁾ · 이순탁⁴⁾

1. 서 론

우리나라에서 년중 발생하는 주요호우의 형태는 전선형 집중호우나 태풍이 동반한 집중호우가 대표적인 형태이며, 그 외에 작은 규모의 강우는 주로 소규모 비구름대가 주변 기류와 상호작용을 일으키면서 발생하는 형태이다. 또한 국내에서 발생한 태풍과 전선에 의한 기왕의 집중호우로부터 전선과 태풍의 형성과정, 발생유형 및 발생특성과 그 발생패턴을 파악하여 태풍의 진로에 따른 강우량이나 전선이동에 따른 강우의 국지현상을 규명이 필요한 실정이다. 이러한 전선형 강우나 태풍/저기압의 경우에 발생하는 집중호우는 공간적으로 불균일하고 시간적으로도 매우 불규칙하여 거시적이거나 대륙적인 강우 패턴이라기 보다는 국지적인 양상으로 나타나고 있어 그 원인과 주변의 제 인자들과의 상관성을 찾지 않고서는 보다 정밀한 강우예측이나 홍수예보는 불가능하다고 판단된다. 대체로 우리나라 동남부 낙동강유역에서 발생한 최근의 집중호우들 가운데서 전선형 강우와 태풍/저기압형 강우로 나누어 보면 다음과 같다.

먼저, 전선형 강우는 주로 국지적인 집중호우의 형태가 대부분이며, 경우에 따라서는 게릴라성 호우의 형태나 지형성 집중호우가 그 대표적인 형태이다. 즉, 1984. 9월에 낙동강 중류부에 막대한 홍수피해를 가져온 전선형강우는 중부(충북) 지방에 중심을 둔 강우전선이 소백산맥을 넘어 낙동강 하류를 향해서 남하한 집중호우대로서 1980년대 낙동강유역에 최대의 홍수피해를 발생시켰다.

다음으로, 1987~90년 사이에 발생한 호우의 양상을 살펴보면 경북북부지방에 형성된 강우전선이 이동하면서 소백산맥을 사이에 두고 정체와 복상을 거듭하면서 경북북부 산악지인 영주지역에 집중호우를 연례행사처럼 발생시키고 있다.

따라서 유역의 홍수관리 뿐만 아니라 설계호우를 결정하는데 있어서 국지성 호우의 패턴 또는 자료의 한계성에서 오는 위험도를 줄일 수 있는 방안이 절실히 필요한 실정으므로 본 연구과제에서는 우리나라 동남부에 위치한 낙동강유역 주변에서 최근에 발생하는 전선형 강우와 태풍/저기압형 집중호우에 대한 기왕의 자료를 수집 정리하고 이로부터 이 유역에서 발생하는 강우의 발생 패턴과 국지형 강우의 특성을 규명하고자 한다.

- 1) 영남대학교 대학원 박사과정 수료
- 2) 영동전문대학 토목건설시스템과 교수
- 3) 농업기반공사 농어촌연구원 책임연구원
- 4) 영남대학교 토목도시환경공학부 교수

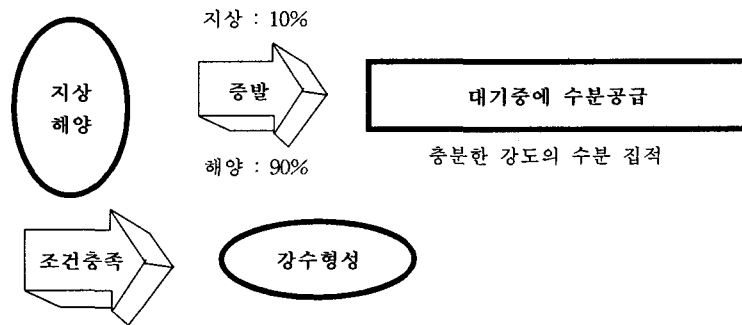
2. 호우와 태풍의 유형

2.1 호우의 유형

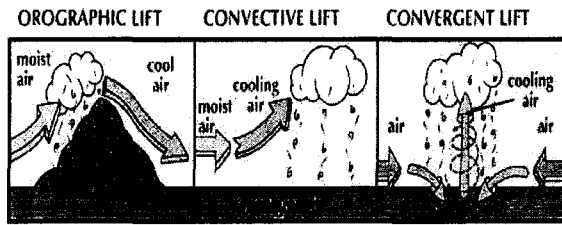
일반적으로 호우의 유형은 대류성 호우, 지형성 호우 및 전선형 호우로 분류할 수 있다. 먼저, <그림 1>에서 강수의 형성과정을 나타내면 다음과 같다.

먼저, <그림 2>와 같이 대류성 호우는 대기의 상승에 따른 단열 냉각에 의해 생기는 호우 현상이다. 국지적으로 가열된 가벼운 공기는 상층으로 올라가 주위의 찬 공기로 둘러싸여 대류성 세포를 이루며, 팽창에 따른 단열 냉각으로 구름이 생기고 마침내는 적란운이 형성되어 맹렬한 비가 쏟아진다. 이와 같은 비는 보통 열대 지방에서 볼 수 있다. 아침에 해가 뜨면서 강렬한 일사에 의해 지표가 더워지면서 가열된 대기는 수직으로 치솟아 올라가다 구름을 이루며, 오후에는 소나기(Squall)가 쏟아진다. 이와 비슷하게 온대 지방에서는 맑게 개인 더운 여름날 갑자기 비가 내리기도 한다.

다음으로, <그림 3>과 같이 지형성 호우는 산이나 산맥에서 바람받이가 되는 산사면에서 나타나는 호우 현상이다. 습기를 지닌 대기가 산에 부딪치면 산사면을 따라 상승하면서 단열 냉각되고 응결 고도에 이르면 구름이 생기고 비가 내린다. 탁월풍이 부딪치는 바람받이 쪽에는 많은 비를 내리나, 반대편의 바람의지 쪽은 대기가 하강하므로 습도가 더욱 낮아져 건조해진다. 전선성 호우는 서로 성질이 다른 기단이 만나 따뜻한 공기의 상승에 의해 나타나는 호우 현상이다. 한대 기단대, 열대 기단, 대륙 기단대 및 해양 기단과 같이 온도차가 큰 기단이 서로 전선을 이루면 전선을 경계로 저기압이 발달하고 호우가 발생한다.



<그림 1> 강수의 형성조건



<그림 2> 대류성 호우



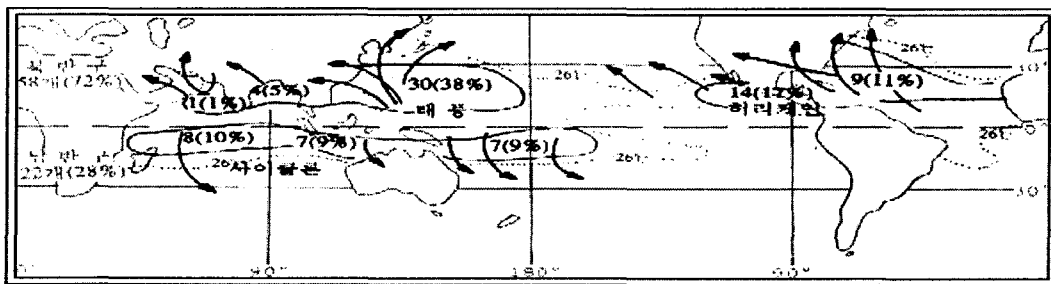
<그림 3> 지형성 호우 간략도

2.2 태풍의 발달과 열대성 저기압

태풍은 북태평양 서부에서 발생하는 열대성 저기압 중에서 중심 부근의 최대풍속이 17m/s 이상의 강한 폭풍우를 동반하고 있는 것을 말하는데, 폭풍우는 반드시 태풍에만 동반되는 것이 아니고 온대성 저기압에서도 발생하는 경우가 많다. 그러나 그 발생원인과 양상이 다르기 때문에 열대성 저기압과 온대성 저기압은 구별되고 있다.

열대성 저기압(Tropical Cyclone)은 <그림 4>와 같이 지구상 여러 곳에서 연간 평균 80개 정도가 발생하고 있다. 열대저기압은 발생장소에 따라 명칭을 각각 달리하고 있으며, 이를 살펴보면 다음과 같다.

- 1) 태풍(Typhoon) : 북태평양 서부에서 발생하는 것
- 2) 허리케인(Hurricane) : 북대서양, 카리브해, 멕시코만, 북태평양 동부에서 발생하는 것
- 3) 사이클론(Cyclone) : 인도양, 아라비아해, 벥골만에서 발생하는 것



<그림 4> 열대저기압의 발생장소와 명칭

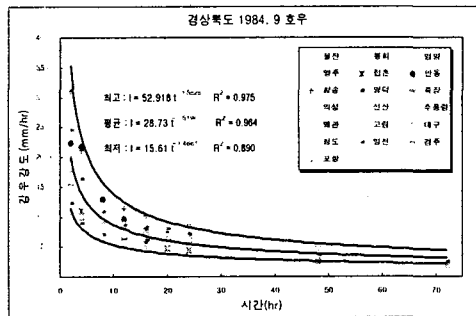
3. 국내 호우발생 특성

3.1 전선형 호우

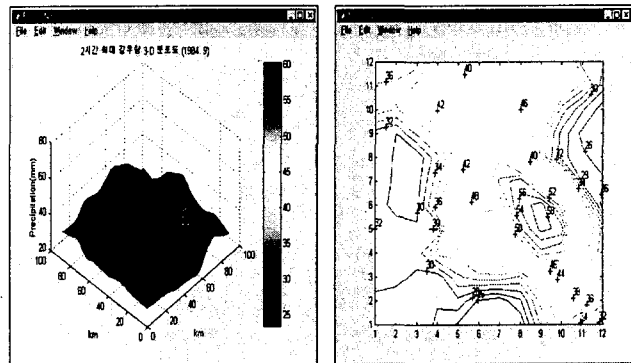
지속강우량의 특성을 분석하기 위하여 경상북도 지역의 19개 강우관측소에 대하여 1984년 9월 호우시의 지속시간별 강우량 자료를 수집하였다.

1984년 9월 호우에 대한 각 지점별 강우지속시간별 강우강도는 <그림 5>와 같이 나타났으며, 당시의 지속시간 2시간 강우의 공간분포를 플롯트해 보면 <그림 6>과 같다. 1984년 9월 호우당시에 강우의 중심안을 형성했던 의성지역의 강우지속시간별 강우량과 그 강도를 살펴보면 다음과 같다.

의성지역의 경우 지속시간 2시간 강우강도는 25.0mm로 청송지역의 지속시간 2시간 강우강도 31.1mm보다 작았으나 지속시간 4시간부터는 강우강도는 23.3mm대 21.2mm, 지속시간 8시간 강우강도는 16.6mm대 13.0mm, 지속시간 24시간 강우강도는 9.5mm대 8.6mm로 더 큰 강도를 나타내고 있다. 따라서 1984년 9월 호우의 특성은 경북지역에 호우의 중심안을 형성하였던 의성지역을 중심으로 발생하였음을 나타내고 있다.



<그림 5> 강우지속시간별 강우강도 (경상북도 1984. 9)



<그림 6> 경상북도 지역의 지속시간 2시간 강우량 3-D 분포도 및 등우선도 (1984. 9)

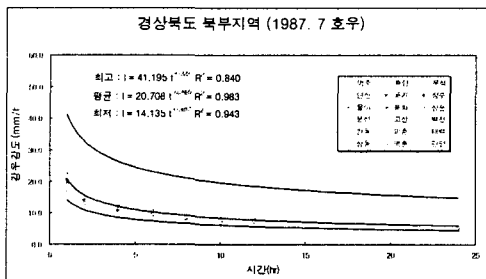
3.2 태풍/열대성 저기압형 호우

1987년 7월에 발생한 집중호우시의 기상특성은 장마전선이 동서로 걸쳐 있는 가운데 태풍 셀마(Thelma), 버넌(Vernon), 엘리스(Alex) 등의 직접 혹은 간접적인 영향을 받아 강풍과 함께 집중호우가 발생하였다.

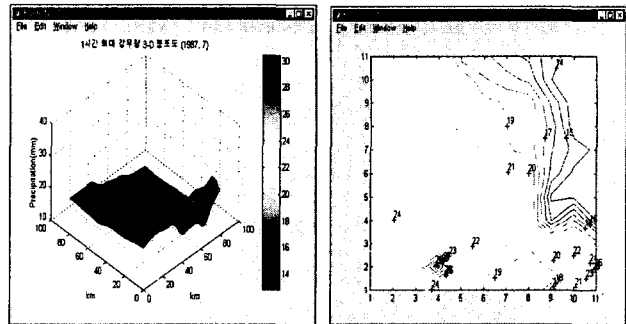
1987년 호우에 대한 각 지점별 강우지속시간별 강우강도는 <그림 7>과 같이 나타났으며, 당시의 지속시간 1시간 강우의 공간분포를 플롯트해 보면 <그림 8>과 같다. 특히 영주와 봉화지역을 통과한 태풍 셀마는 지속시간별 강우량 3-D 분포도에 나타낸 바와 같이 영주지역에 116.0mm의

강우가 발생한 것을 비롯하여 백천지역에 280.0mm의 강우가 발생함으로써 소백산맥과 태백산맥을 분기하는 태백과 백천지역에 강력한 집중호우가 발생하여 당시의 호우의 중심핵을 형성하였다. 이러한 현상은 제 5호 태풍 셀마가 북동진하면서 호우를 동반한 저기압이 태백산맥을 통과하는 과정에서 전선대가 고산지대인 태백산맥에 강력한 저항을 받아 태백과 백천지역에 일시 정체되어 발생한 호우였음을 알 수 있다.

1987년 7월 호우당시에 강우의 중심안을 형성했던 백천지점 및 태백지점의 강우지속시간별 강우량과 그 강도를 살펴보면, 백천지점 및 태백지점의 1시간 강우강도는 각각 34.0mm, 25.0mm, 2시간 강우강도는 각각 33.5mm, 13.5mm, 지속시간 4시간 강우강도는 각각 24.5mm, 11.8mm, 8시간 강우강도는 각각 23.5mm, 9.3mm, 24시간 강우강도는 각각 11.7mm, 5.0mm의 강도를 나타내고 있다. 따라서 1987년 7월 호우의 특성은 경북지역에 호우의 중심안을 형성하였던 백천 및 태백지점을 중심으로 발생하였음을 나타내고 있다.



<그림 7> 강우지속시간별 강우강도 (경상북도 1987. 7)



<그림 8> 경상북도 지역의 지속시간 1시간 강우량 3-D 분포도 및 등우선도 (1987. 7)

3.3 강우강도의 변화특성

지금까지 낙동강 유역에서 발생한 전선형 강우(1984. 9 호우)와 태풍/열대성 저기압형 강우(태풍 Thelma)를 대상으로 동일 호우사상에 대해서 각 지점별로 지속시간별 강우강도를 구하고 이 때의 강우강도식을 유도하여 인근 지점간의 강우강도의 변화특성을 <표 1>과 같이 비교해 보았다.

<표 1> 강우강도의 변화범위 분석

호우사상		상관식	결정계수 (R ²)	강우량(mm)			비고
				1hr	12hr	24hr	
1984. 9.	최대	$I = 52.918 t^{-0.5828}$	0.975	52.9	35.3	27.9	전선형
	평균	$I = 28.730 t^{-0.5190}$	0.964	28.7	20.0	16.2	
	최소	$I = 15.610 t^{-0.4661}$	0.890	15.6	11.3	9.4	
1987. 7	최대	$I = 39.711 t^{-0.2861}$	0.946	39.7	32.6	29.0	태풍 Thelma
	평균	$I = 30.929 t^{-0.4816}$	0.996	30.9	22.2	18.2	
	최소	$I = 24.017 t^{-0.6498}$	0.955	24.0	15.3	11.8	

4. 결 론

최근에 낙동강 유역에 발생한 주요호우를 대상으로 강우자료를 수집하고 이를 전선형 호우와 태풍/열대성 저기압형 호우로 나누어 각각의 시·공간적 분포특성과 호우핵의 이동특성 등을 분석해본 결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저, 본 연구에 사용된 강우자료가 매우 제한된 자료였으나 가능한 한 각 호우사상이 뚜렷한 중심을 두고 발생하거나 호우의 중심이 이동하는 경우에 공간적으로 광범위한 지역을 포함시켜 호우의 시·공간적 분포특성과 이동특성을 규명하고자 하였다. 그 결과 낙동강 유역에서 발생한 태풍이나 전선을 동반한 호우는 태풍의 진로와 전선이동 및 지형의 영향을 받아 집중호우로 나타나고 있었다. 특히, 최근에는 태풍 셀마, 글레디스, 예니와 전선을 동반한 게릴라성 호우 등의 집중호우가 국지적으로 발생하여 기상청으로서의 예보에 어려움이 많았던 근년에 보기 드문 이상호우였다.

다음으로, 육상 기상관측소의 새로운 설치는 기존 관측소의 관측기록을 보완시키고 지형의 영향을 받아 국지적으로 발생하는 이상호우에도 대응하여 예보할 수 있는 기능을 평가한 후에 관측소의 위치를 결정해야 할 것이다. 특히, 지형성 호우와 관련하여 고도에 따른 강우발생 규모를 파악할 수 있는 시범사업도 병행되어야 할 것이다.

마지막으로, 기상자료를 이용하여 설계수문량을 결정하는 경우에는 동일 호우사상이라 하더라도 인접한 강우관측소와 상이한 호우패턴이 발생하고 있음을 감안하여 최고, 평균 및 최소 강우강도가 발생하는 범위와 그 상관성을 규명하고 이를 설계호우 결정에 반영하는 방안을 모색함으로써 설계수문량의 결정과정에서 오는 위험성을 줄일 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 태풍이나 전선을 동반한 광범위한 집중호우나 국지적인 이상호우의 사전예보를 위해서는 국내에 도입되어 운영중인 슈퍼컴퓨터에 의한 수치예보모델의 성능향상과 기술정보교류 및 주변국가와의 협력을 확대시키고 실시간 예보기술을 개발하기 위한 산·학·연 공동연구의 노력이 필요하다. 또한 우리나라가 비교적 좁은 국토로서 삼면이 해양에 접해있어 보다 가까운 주변국으로부터 기상자료와 정보를 확보하기에는 지리학적으로 매우 불리한 위치에 있다. 그 동안 기상청에서는 육상에 450여 개의 자동기상관측장비를 설치하여 실시간 기상감시망을 구축하였다. 그러나 최근에 겨우 출범시킨 해양기상관측선(기상 2000호)의 취항은 해양기상관측의 출발에 불과하며, 앞으로 보다 정밀한 육상의 기상예보 뿐만 아니라 해양자원 보호와 개발 그리고 안전한 해상활동을 보장하기 위해서라도 해양기상관측에 최신장비와 인력을 확보해야 할 것이다.

참고문헌

1. 김상단, 유철상, 김중훈, 윤용남(2000), 다차원 강우모형의 시간적인 특성 연구, 한국수자원학회논문집, 제33권 제6호, pp. 783-791.
2. 경북북부(봉화·영풍)지역 수해원인 분석 및 종합대책 조사연구(1991), 경상북도.
3. 경북지방의 수재양태 및 종합대책을 위한 수문학적 조사연구 보고서(1985), 경상북도.
4. <http://cjb200.interpia98.net>
5. <http://www.yshg.chonnam.kr>
6. <http://myhome.hananet.net>