

낙동강유역의 태풍경로별 호우발생특성 및 유출특성 분석

Analysis of Typhoon Storm Occurrence and Runoff Characteristics by Typhoon Tracks in Nakdong River Basin

안 승 섭*
Ahn, Seung Seop

Summary

When typhoon occurs, the meteorological conditions get worse and can cause a large damage from storm and flood. This damage, however, can be minimized if a precise analysis of the runoff characteristics by typhoon tracks is used in the flood control.

This paper aims at the analysis of storm occurrence and runoff characteristics by typhoon tracks in Nakdong river basin.

Therefore, the data of 14 typhoons which invaded Nakdong river basin during the period from 1975 to 1991 were collected, analyzed, and studied.

The major results of this study are as followings;

1) The frequency of the typhoon occurrence here in Korea was affected by the storms three times a year on the average. The highest-recorded frequency was during the months of July to September.

2) The survey of the track characteristics depending on the forms of the storm in the Nakdong river basin showed that typhoon storm advanced from the south of the basin to the north, while the frontal type storm was most likely to advanced from the west to the north.

3) Typhoon tracks are classified into three categories, 6 predictors with high correlation coefficient are finally selected, and stepwise multiple regression method are used to establish typhoon strom forecasting models.

4) The riview on the directions of progress of the storm made it clear that the storm moving downstream from upstream of the basin could develop into peak discharge for a short time and lead to more flood damage than in any other direction.

I. 서 론

태풍이 내습하면 기상조건이 악화되고 동시에 많은 호우를 동반하게 되므로 유역내에서는 대규모 풍수해가 발생하게 된다. 태풍이 내습할 경우에 풍수해를 방지하기 위한 일반적인 방안으로는 구조물적·비구조물적인 대책을 수립하여 피해를 최소화하는 방법이 있다. 그러나 최근에는 기상관측시설의 발달로 기상예보가 비교적 정확하므로, 이들 자료를 최대한 활용하여 사전에 태풍의 발생 및 유출특성을 예측하여 풍수해 피해를 줄일 수 있는 방안에 관한 효과적인 연구가 선행되어야 할 것이다.

우리나라는 지리적 위치로 볼 때 발달된 태풍이 통과하게 되므로 태풍의 진로예상이 주요한 문제로 대두되고 있다. 태풍의 예보방법으로는 주관적방법, 통계적방법 및 객관적방법이 있으나 태풍진로가 전향(recurvature)할 때는 예보의 어려움이 따르며 예보법 자체는 물론 예보자의 예측방법에 따라서도 달라지게 된다. 우리나라의 태풍진로에 관한 연구는 김진만¹⁾에 의한 한국에 영향을 미친 태풍조사와 정창희 등²⁾에 의한 우리나라에 홍수를 초래한 태풍 연구 및 정성호 등³⁾에 의한 태풍 경로에 따른 한반도의 강우분포 특성 연구가 있었으며, 호우발생특성에 관한 최근의 연구로는 C.T.Chiang¹⁰⁾에 의한 Taiwan의 Cho-Shui강 유역의 태풍형강우예측 연구 및 박종길 등⁴⁾에 의한 우리나라의 태풍에 의한 강수의 특성 등을 분석한 바 있다.

또한 하천유역의 태풍형 호우 발생으로 인한 홍수시 종합 물관리시스템은 기왕의 태풍 발생 특성을 분석하여 태풍의 진행경로와 발생빈도 및 호우대의 공간적인 분포특성을 검토하여 호우의 진행방향별 유출특성을 규명함으로써, 태풍내습으로 인하여 발생되는 홍수의 규모와 시간을 가능한 한 정확하고 신속하

게 예측하여 댐저수지의 수문조작에 의한 홍수조절을 가능하게 하고 홍수에 대비할 수 있도록 하류유역이나 지역주민에게 사전에 홍수에 대한 예보(예상되는 수위와 시간의 예측)를 실시하여 태풍으로 인한 홍수 피해를 최소화할 수 있도록 구축되어야 한다.

따라서, 본 연구에서는 한반도에 내습한 태풍 중에서 낙동강유역에 영향을 미친 태풍자료를 수집하여 태풍의 경로, 내습빈도, 월별 내습빈도 등을 조사·분석하여 낙동강유역의 태풍경로별 호우발생특성 및 유출특성을 분석하는데 목적을 두었다.

II. 태풍형 호우의 발생특성

태풍은 일반적으로 강수량의 다과에 따라서 우태풍(Rain Typhoon)과 풍태풍(Wind Typhoon)으로 구분할 수 있다. 우태풍의 경우는 태풍으로부터의 남편기류와 그 북쪽에 있는 고기압 순환에서 불어오는 북편기류에 의해 수렴대가 형성되며 그 위치는 거의 정체하나, 풍태풍의 경우는 전혀 수렴대가 형성되지 않는 것으로 알려지고 있다⁴⁾.

따라서 본 연구에서는 먼저, 우리나라에서 기왕에 발생한 태풍발생특성을 조사분석하고, 다음으로 본 연구의 대상유역인 낙동강유역의 태풍내습빈도와 태풍을 동반한 집중호우시 기상특성을 조사분석하여 태풍형 호우의 발생특성을 분석하고 이를 호우역의 이동특성에 따른 유출특성분석에 이용토록 하였다.

1. 우리나라의 태풍내습빈도

열대해상에서 발생한 태풍은 점차 발달하면서 매시 약 20km의 속도로 서진 또는 북서진하여 25°N부근에서 전향을 하여 북동진하게 되며 동시에 속도가 빨라지는 것이 일반적인 태풍의 정상진로이나 때로는 정체 또는 Loop형으로 이동하는 등의 이상진로를 갖는 것이

많다. 그리고 태풍의 진행방향에 대하여 우측 반원을 위험반원이라 하고 좌측반원을 가항반원(可航半圓)이라 한다.

한편 중앙기상청 통계자료¹²⁾에 의하면 북서 태평양에서 발생한 열대성 저기압 중에서 태풍(최대풍속 34m/sec 이상) 또는 열대 폭풍(최대풍속 17m/sec 이상)으로 발달한 열대 저기압(태풍)의 발생빈도는 연평균 28회로 조사되어 있으나, 본 연구에서 조사분석한 결과 Table-1에서 나타낸 바와 같이 우리나라를 통과한 태풍의 내습빈도는 기상관측이 시작된 1904년부터 1991년까지 88년간 총 262회의 태풍이 발생하여 연평균 3회의 태풍이 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 월별 내습빈도를 조사하면 5월에 1회, 6월에 12회, 7월에 76회, 8월에 101회, 9월에 66회 및 10월에 6회의 태풍이 우리나라에 영향을 미친 것으로

조사되었다.

따라서 우리나라에 영향을 미치는 태풍의 월별 발생빈도는 8월이 38%, 7월이 29%, 9월이 25%, 기타 8% 등으로 조사되어 7~9월 사이에 태풍내습빈도가 가장 높은 것으로 나타났다으며, 순별 내습빈도는 8월 하순에 40회, 7월 하순에 35회, 8월 초 30회, 8월 중순 31회 등 태풍의 대부분이 7월 중순 이후부터 9월 초 사이에 발생하는 것으로 분석되었다.

다음으로, 우리나라에 내습한 태풍의 진로와 그에 따른 집중강우 발생지역¹²⁾을 기왕의 관측자료로 부터 검토한 결과 Fig. 1 및 Table-2에서 나타낸 바와 같이 크게 5가지 유형으로 나눌 수 있다. 즉, 우리나라에 직·간접적으로 영향을 미치는 태풍의 진로는 서해상으로 북상하여 서해안으로 상륙하는 경우(Type I), 서해상으로 북상하여 발해만으로 상륙하는 경우(Type II), 남해안으로 상륙하는 경우(Type III), 대한해협을 통과하여 동해 북부로 통과하는 경우(Type IV) 및 대한해협을 통과하여 동해로 북상하는 경우(Type V)

Table-1. Frequency of Typhoon Occurrence by Monthly and 10-days

Month	Monthly Frequency		10-days Frequency		
	No.	rate (%)		No.	rate (%)
5	1	0.38	1st	—	—
			2nd	—	—
			3rd	1	0.38
6	12	4.58	1st	2	0.76
			2nd	5	1.91
			3rd	5	1.91
7	76	29.01	1st	14	5.34
			2nd	27	10.31
			3rd	35	13.36
8	101	38.55	1st	30	11.45
			2nd	31	11.83
			3rd	40	15.27
9	66	25.19	1st	28	10.69
			2nd	25	9.54
			3rd	13	4.96
10	6	2.29	1st	4	1.53
			2nd	1	0.38
			3rd	1	0.38
Total	262	100.00		262	100.00

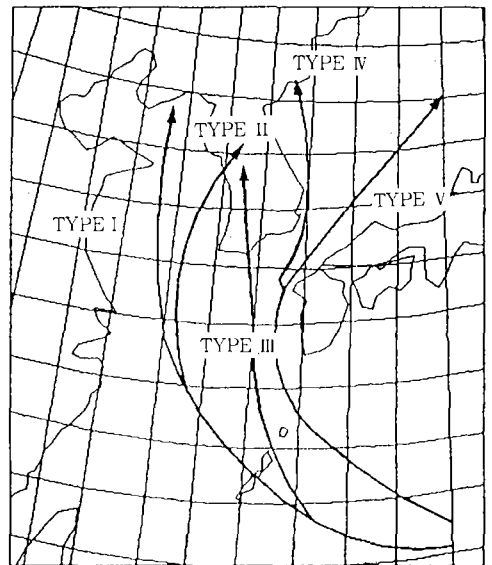


Fig. 1. Classification of Typhoon Tracks in Korea

Table-2. Locations of Heavy Storm Areas & Typical Typhoon Tracks in Korea

Typhoon Types	Heavy Storm Area
West Sea & Nouthly-Western Coast Invasion(Type I)	Cheju of South-Western Coast Area
West Sea & Northly-Balhai Bay Invasion(Type II)	Cheju & Junla South-Western Area
Southern Coast Invasion (Type III)	East Sea of Southern Area
Korean Straits-East Sea of Northly Invasion(Type IV)	Southern Area
Korean Straits-North East Sea Invasion(Type V)	Kangrung of East Coast Area

Table-3. Frequency of Typhoon Classified by Month and Traks in Korea

Month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total	%
Normal	-	-	-	-	1	10	64	89	64	6	-	-	234	89.3
Abnormal	-	-	-	-	2	12	12	2	-	-	-	-	28	10.7
Total	-	-	-	-	1	12	76	101	66	6	-	-	262	100.0

로 분류할 수 있다.

이들 경로별 집중호우발생지역은 일반적으로 Type I의 경우 제주도를 비롯한 남서해안지방, Type II의 경우 제주도를 비롯한 호남 남서부지방, Type III의 경우 동해남부지방, Type IV의 경우 남부지방, Type V의 경우는 강릉일대의 동해안지방이 다우지역이 되는 것으로 조사되었다.

또한 태풍의 진행방향과는 달리 경로특성은 크게 이상경로와 정상경로로 구분할 수 있으며, 우리나라를 통과한 태풍의 발생특성을 1904년부터 1991년까지 88년간 중앙기상청에서 조사된 자료를 검토한 결과 Table-3에서 나타낸 바와 같이 대부분이 7~8월에 집중되고 있으며 경로별 특성은 이상경로가 10.7%, 정상경로가 89.3%로 조사되었다.

2. 낙동강유역의 태풍형 호우발생 특성

낙동강유역에 있어서 태풍형 호우의 발생특

성에 따른 유출특성의 분석을 위하여 본 유역 내 또는 유역 인근지점의 관측소를 대상으로 16년간(1975~1991년)에 발생한 호우기록을 수집하여 태풍의 발생 및 내습빈도와 태풍경로 및 중심시도를 분석하였다. 분석을 위한 자료는 낙동강유역에 영향을 미친 태풍자료를 중앙기상청 발행 일기도와 기상년보, 기상월보 및 태풍관계철의 자료를 수집하였다.

먼저, 낙동강유역의 호우역에 대한 이동특성을 분석하기 위하여 중앙기상청 산하에 설치된 낙동강유역내 또는 유역 인근지점의 관측소를 대상으로 호우기록 자료를 수집하여 이를 전선형호우의 발생특성과 비교하여 검토하기 위하여 호우형을 태풍형과 전선형으로 분류하고 주요호우의 지점별 총강우량과 최대강우량 발생시각을 조사하여 호우의 중심이동특성을 분석하였다.

그 결과, 호우의 이동특성은 Fig. 2 및 Table-4와 같았으며, 낙동강유역에 대한 호우

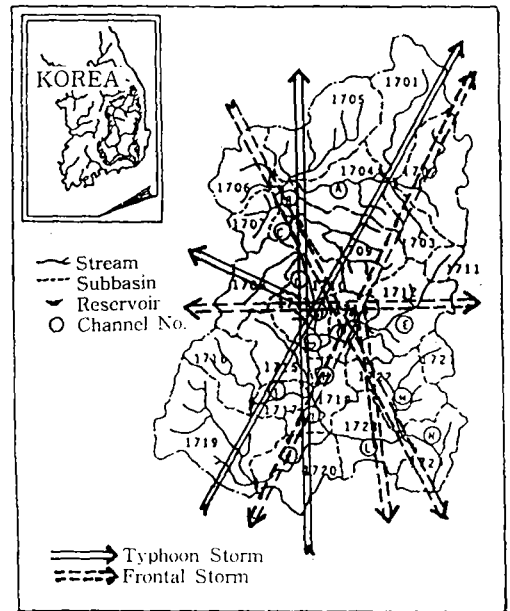


Fig. 2. Comparison of Typhoon & Frontal Storm Tracks in Nakdong River Basin

Table-4. Comparison of Frequency of Typhoon & Frontal Storm by Monthly & Tracks in Nakdong River Basin

Storm Type	Type of Tracks	Monthly					Total
		Jun.	Jul.	Aug.	Sept.		
Typhoon	S→N	1	3	6	2	12	
	S→W	—	—	1	—	1	
	NW→SE	—	—	1	—	1	
	Subtotal	1	3	8	2	14	
Frontal	W→E	—	—	1	—	1	
	W→S	—	—	—	1	1	
	W→NE	2	3	2	5	12	
	E→W	1	—	—	—	1	
	NW→SE	3	—	—	—	3	
	NE→SW	—	1	—	1	2	
Subtotal	6	4	3	7	20		
Total		7	7	11	9	34	

의 진행방향은 태풍/저기압형 호우의 경우 대부분이 유역의 남해안에서 진입하여 유역의 북쪽으로 진행하고 있으며, 전선형 호우의 경우 유역의 서쪽에서 진입하여 유역의 북동방향으로 진행하는 것으로 분석되어 호우의 발생형태별 진행경로가 뚜렷함을 알 수 있었다.

다음으로 낙동강유역의 태풍 및 저기압형 호우의 발생빈도는 연평균 2회 정도인 것으로 분석되었으며, 태풍의 월별 내습빈도는 Table-4에서 나타난 바와 같이 8월에 8회(57.1%), 7월에 3회(21.5%), 9월에 2회(14.3%) 및 6월에 1회(7.1%)로 분석되었고 태풍의 중심시도의 범위는 951.5~1,009mb로서, 평균 983mb로 분석되었다.

그리고 호우의 발생특성에 대한 분석결과 Table-4에서 분석된 바와 같이 태풍형 호우가 전체 발생호우의 약 42%로 나타났으며, 이 호우에 대한 경로를 분석한 결과는 남해에서 진입하여 유역의 북쪽으로 진행하는 호우가 전체 태풍형 호우 중의 85%, 기타의 경우가 15%로 분석되어 남해안으로부터 상륙하는 것이 가장 빈도가 높은 것으로 분석되었다. 또

한 전선형 호우는 전체 발생호우 중에서 58%로 나타났으며, 호우의 이동경로는 유역의 서쪽에서 호우가 진입하여 북동방향으로 이동하는 호우가 전체 전선형 호우의 약 60%로 가장 높게 나타났다. 그 다음으로 유역의 북동쪽에서 진입하여 남쪽 혹은 남서방향으로 이동하는 호우가 약 25%를 차지하는 것으로 분석되었다.

따라서 본 연구에서는 낙동강유역에서 발생하는 호우의 이동경로 특성을 볼 때 태풍/저기압형의 경우는 남해안 진입형, 전선형의 경우는 유역의 서쪽 진입형의 발생비율이 높게 나타난 것으로 분석되었다.

마지막으로, 강우의 시간분포특성 분석을 실시한 결과에서 강우대의 분포는 직경이 약 20km~100km로서 강우대의 위치가 느린 이동을 하는 것으로 나타났으며, 강우대속의 작은 강우핵은 모양, 크기 및 이동의 변화가 현저하게 나타났다. 그리고 강우대의 이동속도 분석 결과에서 30~40km/hr가 33%, 10~20km/hr가 28%로서 전체적으로 10~40km/hr의 이동경로를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 낙동강유역의 태풍내습시 유출특성분석을 위한 강우의 진행경로를 남서방향에서 진입하는 것으로 하고 진행속도는 중위치인 25km/hr로 하였으며, 강우대의 발생분포는 반경 50km로 하여 적용토록 하였다.

III. 태풍내습시 호우 및 기상특성 분석

낙동강유역의 태풍형호우 발생빈도는 Table-4에서 조사분석된 바와 같이 전선형호우 발생빈도 보다 낮게 나타났으나 태풍 내습시에는 엄청난 강도의 호우와 바람을 동반하게 되므로 태풍에 수반되는 호우의 양적규모와 풍속을 조사하여 홍수예측은 물론 재해예방에 이용할 필요성이 점차 커지고 있다.

또한 우리나라의 연평균 강수량은 1,200~

1,300mm 정도로서 여름철 강우량이 전체의 절반 이상을 차지하고 있으며, 이 중 태풍내습으로 인한 강우가 여름철 강우량의 약 16%를 차지하는 것으로 조사되었다. 그리고 과거 10여년간(1975~1991)의 재해조사결과 200억원 이상의 재산피해중에서 태풍으로 인한 피해(10회)가 다른 기상재해(4회)의 약 2.5배에 달하는 것으로 조사¹³⁾되어서 홍수나 해일 등의 재해방지 측면에서도 더욱 중요한 문제로 대두되고 있다.

1. 태풍형호우시 기상특성분석

본 연구에서는 태풍내습시에 발생한 낙동강유역의 호우발생특성의 분석을 위하여 주요 호우시의 기상특성 인자를 조사분석함으로써 기상인자가 호우에 미치는 영향을 분석하였다. 그러나 태풍이 동반하는 강수량과 바람의 강도가 뚜렷한 상관관계로 나타나지 않기 때문에 태풍의 강도를 단적으로 표현하기란 매우 어려운 문제이므로 태풍의 특성해석에 있어서는 본 연구자⁶⁻⁸⁾와 Chiang¹⁰⁾에 의해 연구된바 있는 태풍내습시 집중호우발생에 영향을 미치는 기상인자분석 결과를 이용토록 하였다. 이 연구에서 태풍내습시 호우발생에 영향을 미치는 특성인자로서는 일평균 해면기압, 일평균 해면기압 변화량, 상대습도, 일평균풍속 및 운량 등이 있는 것으로 분석 검토된바 있으므로, 분석에 있어서 1975~1991년까지 16년간에 걸쳐서 낙동강유역에 직접적인 영향을 미친 태풍형 호우 중에서 70mm이상의 호우를 동반한 태풍을 대상으로 자료를 수집하여 조사분석하였다.

또한, 분석지점은 낙동강유역의 태풍형호우에 대한 Clust분석결과⁹⁾에 의하면 제1권역은 금호강을 포함한 금호강상류의 낙동강 좌안지역, 제2권역은 부산을 포함한 낙동강 본류 우안지역, 제3권역은 남강댐상류 일부지역(지리산주변지역)으로 강우권역이 구분되었으나 이

중에서 제3권역은 낙동강유역의 극히 일부지역으로 제한되고 있으므로 유역내의 장기 기상관측실태로 볼 때 태풍형호우는 크게 2개의 권역으로 구분되고 있음을 알 수 있었다. 그러나 정확한 분석을 위해서는 유역내의 여러 개의 기상관측소로부터 자료를 수집하여 분석하여야 하나 유역내의 기상관측지점 중에서 장기간 정밀한 기상관측이 실시되고 있는 기상관측소가 대구와 부산지점으로 제한되어 있으므로 이들 지점을 기준으로 기상특성을 분석하였다.

그 결과, 태풍내습시의 기상특성인자로서 일평균 해면기압은 대구기상대 자료의 경우 606~1012mb, 부산기상대의 경우 998.8~1009.6mb로 분석되었다. 일평균풍속은 대구기상대 관측치는 1.7~9.0m/sec, 부산기상대 관측치는 4.0~20.1m/sec로 분석되었고, 일평균해면기압의 24시간 변화량은 대구기상대에서 0.6~13.5mb, 부산기상대에서 0.0~12.5mb로 관측되었다. 이 중에서 유역에서 비교적 많은 호우를 동반한 태풍 CECILL(1982.8)호와 THELMA(1987.7)호의 경우 일평균해면기압은 약 950mb를 전후하였고 일평균해면기압 변화량은 다른 호우에 비하여 적은 것(0.0~5.4mb)으로 나타났다.

2. 태풍형 강우량과 기상인자간 상관분석

일반적으로 강우는 매우 불규칙한 현상으로서 종류도 다양하고 변동도 매우 크다. 본 연구에서는 태풍형호우 내습시 강우발생특성을 분석하기 위하여 전절 3.1에서 분석 검토된 기상인자를 사용하여 상관관계를 분석하였다. 분석에 사용된 독립변수는 일평균기온(°C, X₁), 일평균기압(mb, X₂), 일평균기압 차(mb, X₃), 일평균상대습도(% , X₄), 일평균풍속(m/sec, X₅), 운량(X₆)으로 하고, 종속변수는 일강우량(mm, Y)으로 하였다. 여기서 기상 및 호우

인자로서 일평균치를 채택한 것은 각 관측소 별 단시간 자료가 없고 일관측자료만 보관되고 있기 때문이며, 유역내의 각 T/M강우국에 대한 과거년의 장기간 관측자료가 없기 때문에 태풍형호우의 강우권역구분에 대한 선행연구를 기초로하여 분석대상지점을 대구와 부산 지역으로 제한하였다. 또한 강우발생에 많은 영향을 미치는 고도별 운량과 밀도는 극히 제한된 지역에서 특수 목적으로 관측되고 있는 실정이므로, 본 연구에서는 운량의 경우에 고도별로 상이하나 자료수집의 어려움이 있어서 편의상 중앙기상청에서 발간되는 기상년보와 월보에서 제시된 값을 사용하였다.

태풍형 강우량과 기상인자간의 상관분석에 사용된 모형은 기상인자 $X_i(i=1, 2, \dots, 6)$ 를 독립변수로, 강우량 Y 를 종속변수로 하는 식 (1)과 같은 다중선형회귀방정식(Multiple Linear Regression Equation)을 유도하기 위하여 단계별회귀분석(Stepwise Regression)을 실시하였다.

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 + \alpha_3 X_3 + \alpha_4 X_4 + \alpha_5 X_5 + \alpha_6 X_6 \dots \dots \dots (1)$$

그리고, 식 (1)과 같이 추정된 회귀방정식의 정도를 측정하는 측도(Measure)로는 F-검정, 결정계수(R^2), 중상관계수(R), 잔차제곱의 평균(MSE) 및 추정치의 표준오차(σ) 등이 이용되고 있으나 본 연구에서는 R^2 , F-Value 및 σ 에 대하여 검토하였다. 즉, 중회귀방정식에서 F-Value는 클수록, R^2 은 1에 가까울수록, σ 는 작을수록 방정식의 정도가 높다고 볼 수 있다.

분석결과 Table-5에서 나타낸 바와 같이 태풍형 호우내습시의 강우량은 본 연구에서 이용한 6개의 대표적인 기상인자(기온, 기압, 기압차, 상대습도, 운량 및 풍속)를 사용하여 모형화 할 경우에 결정계수는 대구와 부산관측소에서 각각 0.867, 0.945로 분석되었고, F-검정결과 두 관측소에서 관측된 강우량과

Table-5. Typhoon Storm Forecasting Models in Taegu & Pusan Area

Area	Variables	Typhoon Storm Forecasting Model	Statistical Values		
			R^2	F	σ
Taegu	X_3	$Y = 137.179 - 6.310X_3$	0.684	3.149*	6.667
	X_3, X_6	$Y = 33.133 - 5.584X_3 + 10.446X_6$	0.726	3.295*	6.709
	X_3, X_6, X_1	$Y = -74.692 + 3.315X_1 - 3.927X_3 + 13.113X_6$	0.752	3.812*	6.786
	X_3, X_6, X_1, X_4	$Y = 63.717 + 4.014X_1 - 2.783X_3 - 3.340X_4 + 27.306X_6$	0.769	4.621*	6.884
	X_3, X_6, X_1, X_4, X_2	$Y = 8443.808 + 6.057X_1 - 8.1137X_2 - 10.051X_3 - 10.734X_4 + 71.389X_6$	0.810	5.353**	6.949
	$X_3, X_6, X_1, X_4, X_2, X_5$	$Y = 16237.060 + 6.619X_1 - 15.717X_2 - 18.084X_3 - 13.870X_4 - 7.074X_5 + 91.009X_6$	0.867	7.216**	6.993
Pusan	X_1	$Y = -142.314 + 11.335X_1$	0.696	3.197*	7.461
	X_1, X_3	$Y = -281.020 + 16.085X_1 + 6.604X_3$	0.752	2.808*	7.242
	X_1, X_3, X_4	$Y = -1488.014 + 20.712X_1 + 11.826X_3 + 11.629X_4$	0.775	3.812*	6.679
	X_1, X_3, X_4, X_2	$Y = -7661.596 + 24.103X_1 + 5.930X_2 + 20.332X_3 + 12.761X_4$	0.796	4.878*	6.134
	X_1, X_3, X_4, X_2, X_6	$Y = -8261.096 + 30.465X_1 + 5.847X_2 + 23.862X_3 + 16.999X_4 + 16.048X_6$	0.878	5.769**	5.701
	$X_1, X_3, X_4, X_2, X_6, X_5$	$Y = -11171.220 + 34.793X_1 + 8.169X_2 + 27.808X_3 + 20.426X_4 + 4.195X_5 + 29.437X_6$	0.945	8.404**	5.048

R^2 : Coefficient of Determination, F : F-Value for Analysis of Variance,
 σ : Standard Error of Estimate,
 * : Significant level 5%, ** : Significant level 1%

기상인자간의 증상관관계가 유의수준 1%로서 유의함을 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 이러한 결과는 유역내의 여러 관측지점에서 장기간의 관측자료를 수집하여 보완한다면 더욱 우수한 모형을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 호우의 진행방향별 유출특성 분석

본 연구에서는 낙동강유역에서 발생한 태풍형 호우의 이동특성에 따른 유출특성 해석을 위하여 실제호우와 예상강우를 대상으로 유출특성 분석을 실시하였다.

1. 실제호우시 분석

실제호우에 대한 진행방향별 유출특성 분석을 위하여 SSARR모델¹⁾을 이용하였으며, 해석에 사용된 모델매개변수는 본 연구자⁵⁾에 의해 검토된 바 있는 유역별 최적 매개변수를 이용하였다. 그 결과 본류 주요지점에 대한 첨두홍수유출 특성은 Table-6과 같이 호우의 진행방향에 따른 본류 주요 지점별 첨두발생 시각은 변화가 큰 것으로 분석되었으며, 이들 두 호우는 규모가 상이함으로 직접적인 변화특성을 분석하기는 어려우나, 대체적인 경향을 볼 때 호우의 진행방향이 유역의 하류에서 상류(남해안 진입→북서진)로 진행되는 경우에 홍수수문곡선의 형태는 유역의 서편에서 진입하여 유역의 상류로 진행(서쪽 진입→북동진)하는 경우의 홍수수문곡선의 형태보다 수문곡선의 첨두부분이 낮음을 알 수 있었다.

그러나 이러한 결과는 실제호우의 공간적인 분포가 불균일함으로 인해서 나타나는 결과로서 호우의 이동특성과 유출특성간의 관계분석을 위해서는 유역별로 정량적인 예상호우의 분석이 필요하므로 본 연구에서는 예상호우별 이동경로에 따른 분석을 실시하였다.

Table-6. Results of Typhoon Storm-Runoff Characteristics(Q_p & T_p) by Tracks (Actual Typhoon Tracks)

Typhoon	Parameter	Gauging Station			Remarks
		Waegwan	Jukpogyo	Jindong	
HOLLY (1984.8.31)	Q_p (m/sec)	6,200	9,470	10,500	NW→SE
	T_p (hrs)	9.3.19:00	9.3.21:00	9.3.22:00	
DINAH (1987.8.25)	Q_p (m/sec)	3,810	5,470	6,190	S→W
	T_p (hrs)	8.26.16:00	8.26.16:30	8.26.17:00	
GLADYS (1991.8.22)	Q_p (m/sec)	3,770	6,190	7,330	S→N
	T_p (hrs)	8.24.06:30	8.24.08:00	8.24.09:00	

2. 예상태풍시 홍수유출특성분석

예측호우의 이동경로에 따른 홍수유출특성 분석을 위하여 100mm/day 및 200mm/day의 예상호우에 대한 진행경로를 유역의 상류에서 하류로 진행하는 경우(N→S)와 유역의 하류에서 상류로 진행하는 경우(S→N) 및 남서방향에서 진입하여 북동방향으로 진행하는 경우(SW→NE)로 구분하여 비교 검토하였으며, 그 결과 본류 주요지점의 태풍형호우로 인한 첨두홍수유출특성은 Table-7 및 Fig. 3과 같았다.

이상과 같은 태풍의 진행경로별 첨두유출특성에 대한 분석결과를 본 연구에서 검토한 3개의 주요수위표 지점 중에서 최하류부에 위치한 진동지점을 기준으로 검토하면 다음과 같았다.

먼저, 예상호우 100mm/day가 유역의 남서방향에서 진입하여 북동방향으로 이동(SW→NE)할 경우의 첨두홍수량은 4,290.0CMS, 첨두발생시각은 36:00이고, 남해안에서 진입하여 유역의 북쪽으로 이동(S→N)할 경우의 첨두홍수량은 4,170.0CMS, 첨두발생시각은 36:30이며, 유역의 북쪽에서 진입하여 남해안으로 이동(N→S)할 경우의 첨두홍수량 5,070.0CMS. 첨두발생시각은 35:00으로 분석되었다. 따라서 유역의 북쪽에서 남해안으로 이동

Table-7. Results of Typhoon Storm-Runoff Characteristics(Q_p & T_p) by Tracks (Anticipated Typhoon Tracks)

Typhoon Tracks	Parameter	100mm/day			200mm/day		
		Waegwan	Jukpogyo	Jindong	Waegwan	Jukpogyo	Jindong
S→N	Q_p (m/sec)	2,760	3,760	4,170	12,800	16,700	19,400
	T_p (hrs)	35:00	36:30	36:30	34:30	35:00	35:30
N→S	Q_p (m/sec)	3,110	4,420	5,070	14,100	19,500	22,400
	T_p (hrs)	31:30	34:00	35:00	30:00	32:30	33:00
SW→NE	Q_p (m/sec)	2,800	3,850	4,290	12,900	16,900	19,600
	T_p (hrs)	35:00	36:30	36:00	34:00	35:30	36:00

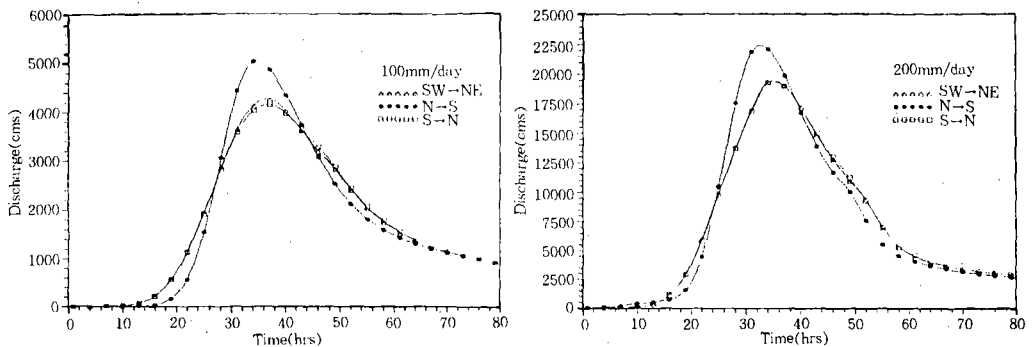


Fig. 3. Results of Typhoon Storm-Runoff Characteristics by Tracks(Anticipated Typhoon Tracks)

할 경우에 첨두홍수량은 가장 커지면서 홍수 유출수문곡선의 형태는 첨예하게 되고 첨두홍수량발생시각이 빨라짐을 알 수 있다.

다음으로 예측호우 200mm/day가 발생할 경우의 진행방향별 유출특성을 검토하면 SW→NE, S→N 및 N→S 방향에 대하여 첨두홍수량은 19,600.0CMS, 19,400.0CMS 및 22,400.0CMS로 분석되어 호우가 유역의 북쪽에서 남해안으로 진행되는 경우가 첨두홍수량은 커지면서 홍수수문곡선이 첨예해짐을 알 수 있었으며, 첨두홍수의 발생시각을 검토하면 호우발생시점에서부터 SW→NE, S→N 및 N→S 방향에 대하여 각각 36:00, 35:30, 33:00으로 분석되어 N→S 방향의 호우시에 첨두홍수발생시각이 가장 빨라지는 것을 알 수 있다.

따라서 동일한 호우가 유역의 상류에서 하류방향으로 진행하면서 발생할 경우 첨두홍수

량이 가장 커짐은 물론 첨두홍수발생시간이 가장 빨라지는 것으로 분석되어 하류에서 상류로 진행되는 경우보다 홍수피해에 대한 위험이 큼을 알 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 낙동강유역에 태풍형 호우 발생시 유출특성분석을 위하여 한반도에 내습한 태풍 중에서 낙동강유역에 영향을 미친 태풍자료를 수집하여 태풍의 경로, 내습빈도, 월별 내습빈도 등을 분석하여 태풍의 발생특성을 분석하고 호우역의 이동특성에 따른 유출특성을 분석하는데 목적을 두었다.

1. 우리나라를 통과한 태풍 중에서 집중호우를 동반한 태풍의 내습빈도를 조사한 결과, 기상관측이 시작된 1904년부터 1991년까지

년평균 3회의 태풍이 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 월별내습빈도는 7~9월, 순별 태풍내습빈도는 7월 중순~9월 초 사이에 태풍내습빈도가 가장 높은 것으로 나타났다.

2. 낙동강유역의 태풍형 호우발생특성을 분석하기 위하여 이동특성, 발생특성 등을 분석한 결과 호우의 진행방향은 태풍형 호우의 경우 대부분이 유역의 남해안에서 진입하여 유역의 북쪽으로 진행하고 있으며, 전선형 호우의 경우 유역의 서쪽에서 진입하여 유역의 북동방향으로 진행되는 것으로 분석되어서 호우의 발생형태별 진행경로가 뚜렷함을 알 수 있었다.

3. 태풍형호우시 강우발생특성을 분석하기 위하여 기상인자를 사용하여 다중상관분석을 실시한 결과 태풍에 의한 강우량은 본 연구에서 선정한 기상인자인 일평균기온, 일평균기압, 일평균기압의 차, 일평균 상대습도 및 운량과 같은 기상인자만으로 모형화할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 태풍의 이동방향에 대한 유출특성분석을 위하여 3개의 대표적인 진행경로(SW→NE, S→N, 및 N→S)에 대하여 분석검토한 결과, 동일한 호우가 유역의 상류에서 하류방향으로 진행하면서 발생할 경우 첨두홍수량은 가장 커지고, 첨두홍수발생시각이 가장 빨라지는 것으로 분석되어 하류에서 상류로 진행되는 경우보다 홍수피해에 대한 위험이 큼을 알 수 있다.

이 논문은 1996년도 경북산업대학교 교내 일반과제 연구비 지원에 의하여 연구 되었음.

참 고 문 헌

1. 김진만(1972), 한국에 영향을 미친 태풍 조사, 한국기상학회지, 제8권, 1호, pp. 39~40.

2. 정창희외 3인(1982), 우리나라에 홍수를 초래한 태풍에 관한 연구, 한국기상학회지, 제18권, 1호, pp. 33~47.
3. 정성호(1977), 태풍경로에 따른 한반도의 강우분포특성, 한국기상학회지, 제13권, 1호, pp. 31~37.
4. 박종길, 문승의(1989), 우리나라의 태풍에 의한 강수의 특성, 한국기상학회지, 제25권 2호, pp. 45~55.
5. 이순탁, 지홍기, 안승섭(1992), 유역유출 모형과 매개변수의 변화특성, 한국수자원학회 수공학연구 발표회 논문집.
6. 안승섭(1995), 댐저수지군의 최적연계운영을 고려한 유출예측시스템모형 구축을 위한 기초적연구, 한국농공학회지 제37권 3·4호, pp. 48~60.
7. 안승섭(1995), 다목적댐들의 최적연계운영을 고려한 유출예측시스템모형, 한국농공학회지 제37권 6호, pp. 70~81.
8. 안승섭(1992), 홍수유출 Simulation에 의한 댐저수지군의 최적연계운영 및 홍수예측 모델, 영남대학교 공학박사 학위논문.
9. 이순탁, 박정규(1993), Cluster 분석에 의한 낙동강유역의 강우권역구분, 영남대학교 새마을 지역개발연구소 논문집, 제14집, pp. 1~22.
10. C. T. Chiang(1986), A Study of Typhoon Rainfall Forecasting Over Cho-Shui River Watershed in TAIWAN, 5th Congress of IAHR, Seoul, Vol. IV, pp. 183~199.
11. Lee, S. T. and S. S. Ahn(1994), Flood-Flow Management System Model of River Basin, VIII IWRA World Congress on Water Resources, Cairo, Egypt.
12. 중앙기상청(1904~1991), 기상년보.
13. 건교부(1988), 방재종합대책 중장기 계획 조사보고서 IV권, pp. 4-437~4-439.

(접수일자 : 1996년 6월 10일)