

HEC-HMS 모델을 이용한 산지 소하천유역의 홍수유출량 산정 Flood Runoff Computation for Mountainous Small Basins using HEC-HMS Model

장 인 수*
In-Soo Chang*

<Abstract>

The objective of this study is to propose a methodology of the flood runoff analysis in steep mountainous basins and the analysis basin is the Jasa valley basin in Chungju city. Analyzing the spatial pattern of the rainfall in 1994. 6.30~7.1, the seasonal rainy front was tied up in the whole central district, and the rainfall center was moving from the northern Chungbuk province to the northern Kyongbuk province and caused heavy storm. Analyzing the temporal pattern with the Huff method, the 52.5% of the rainfall was concentrated on the 3rd quartile. Rainfall frequency analysis is accomplished by five distribution types; 2-parameter Lognormal, 3-parameter Lognormal, Pearson Type III, Log-Pearson Type III and Extremal Type I distribution.

Rainfall-runoff analysis in Jasa valley basin was made using HEC-HMS model. Jasa valley basin was divided into 3 sub-basins and the analysis point was 3 points(A, B and C point). With the rainfall data measured by the 10 minutes, the flood runoff also was calculated by as many minutes. SCS CN model, Clark UH model and Muskingum routing model in HEC-HMS model were used to simulate the runoff volume using selected rainfall event.

Key-Words : *HEC-HMS Model, Mountainous Small Basin, SCS CN Model, Clark UH Model, Muskingum Routing Model*

1. 서론

1990년대 이후 우리나라의 홍수피해는 급증하고 있으며, 이는 대부분 집중호우와 태풍으로 인한 것으로 지구온난화와 엘니뇨현상 등으로 인하여 앞으로도 홍수발생빈도는 증가될 것으로 전망된다. 특히 급경사 산지 소하천유역에 집중

호우가 발생하면 계곡의 급류에 의해 유실, 범람 및 산사태가 가중되며 인명 및 재산의 피해 정도가 평지 하천유역보다 커지는 경우가 많다. 또 산지를 도로, 과수원, 목장, 광산 등으로 개발하는 경우에는 유출율과 첨두홍수량이 증가되어 수해에 따른 피해밀도, 즉 단위면적당 피해액도 커진다. 그런데 산지 소유역의 경우,

* 정희원, 충주대학교 환경공학과 부교수, 工博
380-702 충북 충주시 이류면 검단리 123
E-mail ischang@chungju.ac.kr

* Associate Prof., Dept. of Envir. Eng.,
Chungju National University

대체로 수위관측소가 설치되어 있지 않기 때문에 유출량자료가 없으므로 강우-유출과정을 simulation하기 위해서는 적절한 모델의 설정과 분석 방법론의 제시가 필요하다.

본 연구에서는 미계측 급경사 산지 소하천 유역에 대한 홍수유출량산정을 위한 하나의 방법론을 제시하기 위하여 충북 충주시 살미면 토계리에 위치한 자사골유역을 대상으로 HEC-HMS 모델을 적용하여 수문학적 분석을 실시하였다.

2. 모델의 기본이론

2.1 유역유출모델

본 연구에서 적용한 Clark 모델은 유역의 홍수도달시간-누가면적 관계를 이용하여 자연하천유역에 순간적으로 내리는 단위유효유량을 홍수추적절차에 의해 추적계산함으로써 유역의 순간단위유량도(Instantaneous Unit Hydrograph)를 작성하는 모델로 강우로 인한 유수의 전이 뿐만 아니라 유역의 저류효과도 고려하므로 자연하천유역에 적합한 모델이다. 이 모델로 순간단위유량도가 유도되면 원하는 지속시간의 단위도로 변환이 가능하다.

Clark 모델에 의해 단위유량도를 유도하기 위해서는 소유역별 홍수도달시간 T, 저류상수 R 및 도달시간-면적곡선이 필요하다. 도달시간-면적곡선은 유역의 지형학적 요소가 유역출구의 수문곡선에 미치는 영향을 나타내는 인자로서 지형도상에서 유역출구로부터 흐름이 도달하는 시간이 같은 점들을 연결하여 작성할 수 있다. 그런데 이 곡선에 대한 일반적인 관계는 제안된 바 없으나 미육군공병단(U. S Army Corps of Engineers)에서는 식 (1) 및 (2)와 같이 소유역의 지체시간 T의 범위를 (0 ≤ T < 0.5)인 경우와 (0.5 ≤ T < 1)인 경우로 구분하여 제안하였다

$$AI = 1.414 T^{1.5} \quad (0 \leq T < 0.5) \quad (1)$$

$$1-AI = 1.414 (1-T)^{1.5} \quad (0.5 \leq T < 1) \quad (2)$$

여기서, AI : 소유역의 누가면적(km²)
T : 소유역의 지체시간(hr)

위와 같은 모델 매개변수로부터 단위유량도의 종거 QUNGR은 다음 식 (3)~(6)과 같은 과정에 의하여 계산한다.

$$Q(2) = CA \cdot I + CB \cdot Q(1) \quad (3)$$

$$CA = \Delta t / (R + 0.5 \Delta t) \quad (4)$$

$$CB = 1 - CA \quad (5)$$

$$QUNGR = 0.5 (Q(1) + Q(2)) \quad (6)$$

여기서, Q(1) : 초기의 순간유량

Q(2) : 말기의 순간유량

I : 천이수문곡선의 종거

Δt : 계산시간 간격

R : 저류상수

QUNGR : 단위유량도의 종거

2.2 하도추적모델

하도추적모델은 Muskingum 모델을 이용하였으며, 자연하천의 어떤 하도구간으로 유입하는 홍수류는 하도구간의 저류효과로 인하여 첨두홍수량이 감소되고 발생시각도 지체되어 이 현상의 지배방정식은 식 (7)과 같은 저류방정식으로 표시된다

$$\bar{I} - \bar{O} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad (7)$$

여기서, \bar{I} : Δt시간동안 하도구간으로의 평균 유입량(m³/sec)

\bar{O} : Δt시간동안 하도구간으로의 평균 유출량(m³/sec)

ΔS : Δt시간동안 저류량(m³/sec)의 변화량

Muskingum 모델에서 저류방정식에 포함되는 하도저류량 S는 하도유입량 I와 하도유출량 O의 함수이며, 다음 식과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} S &= KO + Kx(I - O) \\ &= K(xI + (1-x)O) \end{aligned} \quad (8)$$

여기서, K : 하도구간의 저류상수(hr)
x : 상수

식 (8)을 저류방정식 (7)에 대입하고 정리하면,

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1 \quad (9)$$

여기서,

$$C_0 = \frac{-(Kx - 0.5\Delta t)}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (10)$$

$$C_1 = \frac{Kx + 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (11)$$

$$C_2 = \frac{K - Kx - 0.5\Delta t}{K - Kx + 0.5\Delta t} \quad (12)$$

또한

$$C_0 + C_1 + C_2 = 1 \quad (13)$$

윗 식에서 유입량 I와 유출량 O의 첨자 1, 2는 추적기간의 시점과 종점을 의미한다

3. 유역의 지형특성 및 수문기상학적 특성 분석

3.1 유역의 개황 및 지형특성

본 연구의 분석대상 유역인 자사골유역은 충북 충주시 살미면 토계리에 위치하고 있는 장방형의 급경사 산지 소하천유역으로 유역의 중앙에는 본 유역의 최정점인 옥류봉(EL 435.8 m)에서 발원하여 북쪽으로 유하하다가 달천분류 우안으로 유입하는 소하천이 있다

자사골유역에 대한 수문학적 조사분석을 위하여 Fig 3.1과 같이 유역을 3개의 소유역(sub-basin)으로 나누었다 먼저 Sub 1은 광산개발 예정지점(A점) 윗 쪽의 유역 최상류부이며, 전형적인 산악지역으로서 급경사면에 산림이 울창하다. 유역 중류부인 Sub 2는 광산개발 예정지점(A점)과 목장입구(B점)사이의 소유역으로 계곡을 따라 상당부분이 목장으로 개발되어 있으며, 목장 윗 쪽의 우안측 계곡부를 따라 광산개발을 위한 진입로 공사가 시행되었다 유역 하류부인 Sub 3는 목장입구(B점)와 달천합류점(C점) 사이의 소유역으로서 소하천을 따라 농경지가 형성되어 있으며, 이 농경지를 경작하는 농가가 소하천 우안측에 자연부락 형태로 모여있다

현장답사 결과, 자사골 유역의 중류부는 소하천을 따라 계곡부의 상당부분이 목장과 광산 진입로 공사로 개발되어 있었으며 개발되기

전보다 유출율이 증가할 것으로 판단되었다. 중상류부의 나머지 부분은 산림은 울창하나 표토층이 얇은 산지 급경사면인 관계로 호우시 저류효과와 체류효과가 부족할 것으로 판단되었다. 또 Table 3.1에서 알 수 있는 바와 같이 유역의 중앙부에 위치한 소하천이 급경사 하천임을 고려할 때, 본 유역에 호우가 발생하면 일시에 홍수량이 유하할 것으로 판단되었다.

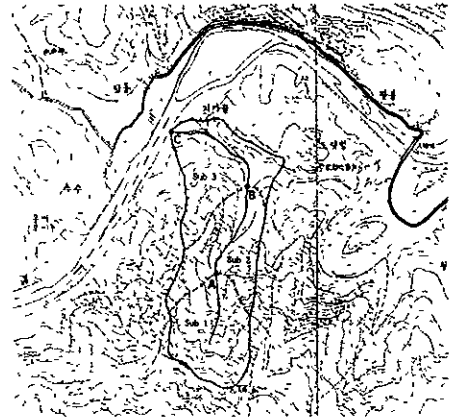


Fig. 3.1 분석유역도

Table 3.1 주요 지점별 지형 특성인자

지점	유역면적 A(km)	유로연장 L(km)	고저차 ΔH(m)	유로경사 ΔH/L	비고
A	110	069	251	0.3638	광산개발 예정지점
B	211	128	323	0.2523	목장 입구
C	334	203	356	0.1754	최하류지점(달천합류점)

3.2 수문기상학적 특성

본 연구의 분석대상 강우는 최근 충주지방에 발생한 강우증 집중성이 가장 강했던 94. 6. 30~7. 1의 강우이다. 당시의 기상특성을 살펴보면, 장마전선이 서쪽의 태안반도로부터 충북 북부지방을 거쳐 동쪽의 경북과 강원도의 도경계에 걸쳐 있었으며, 호우가 발생한 이틀 동안 이동하지 않고 우리 나라의 중부지방에 정체되어 있었다. 이로 인해 6월 30일 0시부터 7월 1일 8시까지 강우의 핵은 충북 북부의 충주와 경북 북부의 춘양에 형성되어 있었으며, 강우량은 각각 299.0mm와 305.0mm였다. 이 때 서울은 충주 강우량의 1/4 정도인 75.1mm였으며, 포항 8.7mm, 부산 17.1mm 그리고 광주 16.6mm였다 당시 충주기상관측소

에서는 6월 30일과 7월 1일에 각각 263mm와 54mm로서 총 317mm의 강우가 관측되었으나, 2~3km의 떨어진 구충주시청지점에서는 각각 254mm와 68mm로서 총 322mm의 강우가 관측될 정도로 지역적 편차가 심했다

Table 3.2는 강우지속시간별 최대강우량을 나타낸 것이다. 94. 6. 30의 강우를 Huff의 4분기법에 의해 강우의 시간분포양상을 분석하여 보면, 총강우량 263mm중 1분기인 0~6시에 19mm(7.2%), 2분기인 6~12시에 16mm(6.1%), 3분기인 12~18시에 138mm(52.5%) 그리고 4분기인 18~24시에 90mm(34.2%)의 강우가 내렸다. 즉, 3, 4분기인 12~24시에 당일 강우의 86.7%인 228mm의 강우가 내렸으므로, 1, 2분기의 강우는 상당부분이 손실되었을지라도, 3, 4분기의 집중호우는 대부분 손실없이 홍수량으로 유출되었을 것이다

Table 3.2 강우지속시간별 최대강우량 (충주, 94. 6. 30~7. 1)

강우지속시간	강우량(mm)	강우발생시간
10 분	15.0	6 30 19 50~20 00
20 분	26.0	6 30 19 50~20 10
30 분	34.0	6 30 19 50~20 20
1 시간	44.0	6 30 16 30~17 30 16 40~17 40 19 20~20 20
2 시간	71.5	6 30 12 50~14 50
3 시간	85.5	6 30 12 00~15 00
4 시간	110.0	6 30 16 50~20 50
6 시간	141.5	6 30 16 00~22 00
8 시간	192.5	6 30 12 20~20 20
12 시간	230.5	6 30 11 40~23 40
18 시간	254.0	6 30 04 00~22 00
24 시간	263.0	6 30 00 00~24 00
48 시간	317.0	6 30 00 00~7. 1 24 00

한편 충주기상관측소의 10분 단위 일기상 관측값의 종합자료로부터 일기상자료의 극값을 조사한 결과, 94. 6. 30의 경우, 강우가 시작된 1시 이후에는 풍향이 서북서(WNW)였으나 4시~8시 경에는 남동(SE)풍이었다. 이것이 10시경부터 24시까지의 계속 남남서(SSW)풍이었는데, 이 때 서해상 태안반도쪽에서 충북 북부쪽으로 걸쳐 있던 장마전선을 따라 수분이 많이 유입되면서 폭우가 쏟아졌다. 당시 순간 최대풍속은 11시 40분 남남서(SSW)풍의 11.0 m/sec였으며, 일평균풍속은 2.3m/sec였다.

3.3 분석호우의 빈도분석

94. 6. 30 호우의 특성을 분석하기 위하여 충주지방의 1일 최대강우량에 대한 빈도분석을 실시하여 확률강우량을 산정하였다. 분석에 있어서는 분석유역과 가장 가까우며, 비교적 장기간의 정확한 자료를 보유하고 있는 충주 기상관측소의 1971년부터 2003년까지의 1일 최대강우량의 년최대치계열을 수집하여 분석하였으며, 확률분포는 2변수 대수정규분포(LN2), 3변수 대수정규분포(LN3), Pearson Type III 분포(PT3), Log-Pearson Type III 분포(LP3) 및 극치 I 분포(TIE)를 사용하였다

이때 재현기간 2.33, 5, 10, 20, 50, 80, 100, 150 및 200년에 대하여 확률강우량을 산정하였다. 각 분포형에 따른 확률년별 1일 최대강우량은 Table 3.3과 같다. 확률년 50년에 대한 확률강우량은 2변수 대수정규분포가 257.9mm, 3변수 대수정규분포가 254.4mm, Pearson Type III 분포가 262.9mm, Log-Pearson Type III 분포가 275.6mm 및 극치 I 분포가 275.3mm로 나타났으며, 3변수 대수정규분포가 가장 작게, Log-Pearson Type III 분포가 가장 크게 나타났음을 알 수 있다. 94. 6. 30에 충주기상관측소에서 관측된 1일 최대강우량 263.0mm는 약 50년 빈도에 해당하는 폭우였음을 알 수 있다

Table 3.3 분포형별 확률 1일 최대강우량 분석결과 (충주)

분포형	재현기간(년)									1994 6.30
	2.33	5	10	20	50	80	100	150	200	
LN2	110.9	156.0	187.3	217.7	257.9	278.8	288.8	307.1	320.3	263.0
LN3	112.0	157.5	187.9	216.9	254.4	273.6	282.7	299.3	311.1	
PT3	108.3	155.1	188.4	220.8	262.9	284.4	294.6	313.1	325.3	
LP3	121.8	164.4	199.2	232.5	275.6	297.5	307.9	326.8	340.1	
TIE	108.3	153.3	187.7	223.7	275.3	303.9	318.1	344.7	364.5	

4. 모델의 적용

4.1 유역의 수계시스템

하천유역의 홍수유출량 산정을 위한 수계시스템의 구성서 소유역의 분할 및 하도구간의 분할은 대단히 중요하며, 미계측 산지 소유역의 경우 더욱 그러하다. 본 연구의 분석유역인

자사골유역은 Fig. 3.1과 같이 3개의 소유역으로 나누어 정밀분석하고자 하였으며, Table 4.1은 HEC-HMS 모델을 적용하여 유역의 수계시스템을 구성한 결과이다.

분석시 Sub 1 소유역의 유출구인 A 점에 대하여 홍수량을 산정하고, 이를 Sub 2 소유역 유출구인 B점까지 하도추적을 실시하였다. 이 하도추적 결과를 Sub 2 소유역 유출구인 B점에서 산정된 Sub 2 소유역 홍수량과 B점에서 합성한다. 그리고 B점에서 합성된 홍수량을 최하류점인 C점까지 하도추적하고 이를 Sub 3 소유역에서 유출된 홍수량과 합성하면 자사골유역의 최하류점인 C점의 홍수량이 산정된다.

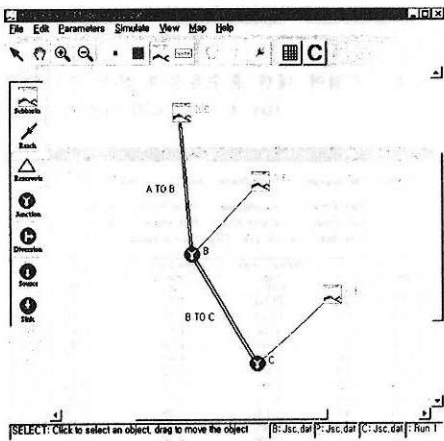


Fig. 4.1 유역의 수계시스템 구성도 (HEC-HMS 모델)

4.2 홍수유출량 산정

홍수량을 산정하기 위해서는 먼저 강우량 자료를 수집해야 한다. 일반적으로 홍수유출량 분석에는 1시간 혹은 2시간 단위의 강우자료가 사용되지만, 본 연구에서는 분석대상 유역이 산지 급경사 소하천유역으로 유하시간이 짧은 점을 고려하여 10분 단위로 관측된 강우 자료를 사용하였다.

Table 4.1은 94. 6. 30~7. 1 호우시 A점 (Sub 1 소유역의 최하류점, 광산개발 예정지점)에 대해 홍수유출량을 산정한 결과중 일부(94. 6. 30 15:00~18:00)를 보인 것이다. 이 Table에서 Date와 Time은 각각 강우가 발생한 연월일과 시분을 나타내고, Precip., Loss, Excess는 각각 강우량, 손실우량, 유효우량을 나타낸다. 본 분석에서는 유효우량 산정에 SCS Curve

Number법을 사용했으며, 토양, 지표면상태, 선행강우 등을 고려하여 CN 값을 산정하였다.

분석기간중 시간에 따른 홍수유출량이 변화를 simulation하기 위하여 Clark모델로 유역유출량을 산정하였으며, Table에서 Direct Q, Base flow, Total Q는 각각 10분 단위의 직접유출량, 기저유량, 총유출량을 나타낸다.

Table 4.1 A점에 대한 홍수유출량 산정 결과 (94. 6. 30 15:00~18:00)

Date	Time	Precip. (mm)	Loss (mm)	Excess (mm)	Direct Q (cms)	Base-flow (cms)	Total Q (cms)
30 Jun 94	1500	0.5	0.0	0.5	5.373	0.001	5.374
30 Jun 94	1510	1.0	0.0	1.0	4.207	0.001	4.208
30 Jun 94	1520	4.0	0.0	4.0	3.577	0.001	3.578
30 Jun 94	1530	2.0	0.0	2.0	3.519	0.001	3.520
30 Jun 94	1540	7.0	0.0	7.0	3.971	0.001	3.972
30 Jun 94	1550	1.0	0.0	1.0	4.657	0.001	4.658
30 Jun 94	1600	2.0	0.0	2.0	5.116	0.001	5.117
30 Jun 94	1610	15.0	0.1	14.9	5.676	0.001	5.677
30 Jun 94	1620	11.0	0.0	11.0	7.305	0.001	7.306
30 Jun 94	1630	8.0	0.0	8.0	9.864	0.001	9.865
30 Jun 94	1640	2.5	0.0	2.5	11.761	0.001	11.761
30 Jun 94	1650	1.0	0.0	1.0	11.851	0.001	11.852
30 Jun 94	1700	2.0	0.0	2.0	10.539	0.001	10.539
30 Jun 94	1710	2.5	0.0	2.5	8.805	0.001	8.806
30 Jun 94	1720	3.5	0.0	3.5	7.682	0.001	7.683
30 Jun 94	1730	2.0	0.0	2.0	6.934	0.001	6.934
30 Jun 94	1740	5.5	0.0	5.5	6.578	0.001	6.578
30 Jun 94	1750	2.5	0.0	2.5	6.485	0.001	6.486
30 Jun 94	1800	5.5	0.0	5.5	6.906	0.001	6.906

Fig. 4.2는 A점의 강우-유출 관계를 분석한 것 중 94. 6. 30 00:00~7. 2 6:00부분을 나타낸 것으로서 위 쪽은 강우주상도, 아래쪽은 홍수유출수문곡선을 나타냈다. 강우주상도와 홍수유출수문곡선에서 황축은 시간, 종축은 10분 단위의 강우량과 홍수량을 나타낸다.

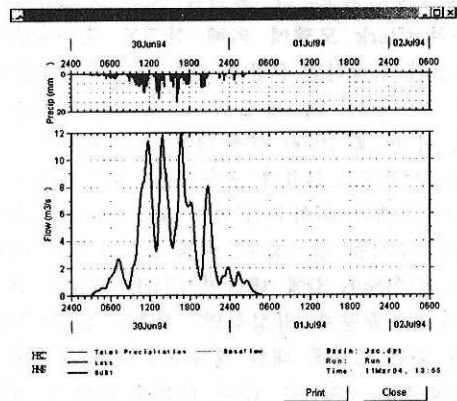


Fig. 4.2 A점에 대한 홍수유출수문곡선 (94. 6. 30 0:00~7. 2 6:00)

A점에 대하여 Clark 모델로 유역유출량을 산정한 결과, Table 4.1 및 Fig. 4.2에서 알 수 있는 바와 같이 94. 6. 30 11:20, 13:30 및 16:20 경에 내린 집중호우에 의해 6. 30 11:50, 14:00 및 16:50 경에 첨두홍수량이 유하하였는데, 그 중 최대치는 당시 1시간 최대강우강도의 호우가 발생한 6.30 16:50경의 11.852m³/sec였다.

본 연구에서는 A점(광산개발 예정지점)에 대하여 Clark 모델로 산정한 홍수유출량(Table 4.1 및 Fig. 4.2 참조)을 B점(목장입구)까지 하류방향으로 소하천 계곡을 따라 Muskingum 모델로 하도추적을 실시하였다.

Table 4.2는 하도추적을 실시한 것 중에서 94. 6. 30 15:00~18:00 부분을 나타낸 것이며, Inflow는 A점에서 B점 사이 하도구간으로의 홍수유입량, Outflow는 그 하도구간에서의 홍수유출량이다. 이 Table에서 알 수 있는 바와 같이 유입량과 유출량의 첨두홍수량 발생시간은 각각 94. 6. 30 16:50과 17:00이고 첨두홍수량은 11.852m³/sec와 11.565m³/sec이며, 유입량의 첨두발생시간이 유출량보다 약간 빠르다.

A점(광산개발 예정지점)과 B점(목장입구)사이의 소유역인 Sub 2에 대해서도 Sub 1 소유역과 동일하게 Clark 모델로 유역유출량을 산정하였다. 이것을 앞에서 언급한 하도추적 결과와 합성하면, B점에 대한 홍수유출수문곡선을 얻을 수 있다.

즉 Fig. 4.2에 나타나 있는 Sub 1 소유역의 Clark 모델에 의한 홍수유출수문곡선은 A~B점간에서 Table 4.2와 같이 Muskingum 모델에 의해 하도추적되고, 그 결과를 Sub 2 소유역에 대하여 Clark 모델에 의해 산정된 홍수유출수문곡선과 합성하면 B점에 대한 홍수유출수문곡선이 얻어진다. 이 때 2.173m³/sec의 첨두홍수량이 94. 6. 30 16:50 경에 B점을 통과한다.

같은 방법으로 B점의 홍수유출수문곡선을 C점(자사골수계의 최하류점)까지 Muskingum 모델로 하도추적을 실시하고, 이를 B점과 C점 사이의 소유역(Sub 3)에 대하여 Clark 모델로 산정한 유역유출량과 합성하면, Table 4.3과 Fig. 4.3과 같은 C점에 대한 홍수유출량과 홍수유출수문곡선을 구할 수 있다. C점에 있어서 첨두홍수량은 33.169m³/sec이며, 94. 6. 30 16:50 경에 발생하였다.

Table 4.2 A점~B점간 하도추적 결과 (94. 6. 30 15:00~18:00)

Time Series Results for Reach A TO B				
Project : Old Jasagol		Run Name : Run 1		Reach : [A TO B]
Start of Run : 30Jun94 0000		Basin Model : Jsc.dat		
End of Run : 02Jul94 0150		Met. Model : Jsc.dat		
Execution Time : 11Mar04 1954		Control Specs : Jsc.dat		
Date	Time	Inflow (cms)	Outflow (cms)	
30 Jun 94	1500	5,374	6,787	
30 Jun 94	1510	4,208	5,439	
30 Jun 94	1520	3,578	4,323	
30 Jun 94	1530	3,520	3,700	
30 Jun 94	1540	3,972	3,624	
30 Jun 94	1550	4,669	4,022	
30 Jun 94	1600	5,117	4,626	
30 Jun 94	1610	5,677	5,120	
30 Jun 94	1620	7,306	5,839	
30 Jun 94	1630	9,865	7,456	
30 Jun 94	1640	11,761	9,744	
30 Jun 94	1650	11,852	11,420	
30 Jun 94	1700	10,534	11,565	
30 Jun 94	1710	9,866	10,452	
30 Jun 94	1720	7,663	8,966	
30 Jun 94	1730	6,934	7,776	
30 Jun 94	1740	6,578	7,026	
30 Jun 94	1750	6,406	6,642	
30 Jun 94	1800	6,606	6,533	

Table 4.3 C점에 대한 홍수유출량 산정 결과 (94. 6. 30 15:00~18:00)

Time Series Results for Junction C				
Project : Old Jasagol		Run Name : Run 1		Junction : [C]
Start of Run : 30Jun94 0000		Basin Model : Jsc.dat		
End of Run : 02Jul94 0150		Met. Model : Jsc.dat		
Execution Time : 11Mar04 1954		Control Specs : Jsc.dat		
Date	Time	Inflow (cms) from B TO C	Inflow (cms) from SUB3	Outflow (cms)
30 Jun 94	1500	13,744	6,419	20,163
30 Jun 94	1510	11,340	5,202	16,542
30 Jun 94	1520	9,154	4,471	13,625
30 Jun 94	1530	7,669	4,294	11,963
30 Jun 94	1540	7,150	4,644	11,795
30 Jun 94	1550	7,547	5,260	12,807
30 Jun 94	1600	8,490	6,676	14,166
30 Jun 94	1610	9,429	6,226	15,655
30 Jun 94	1620	10,675	7,829	18,504
30 Jun 94	1630	13,325	10,368	23,713
30 Jun 94	1640	17,226	12,377	29,603
30 Jun 94	1650	20,636	12,632	33,169
30 Jun 94	1700	21,657	11,498	33,155
30 Jun 94	1710	20,491	9,950	30,449
30 Jun 94	1720	18,143	8,744	26,886
30 Jun 94	1730	15,640	7,966	23,626
30 Jun 94	1740	14,138	7,567	21,704
30 Jun 94	1750	13,115	7,426	20,541
30 Jun 94	1800	12,686	7,499	20,184

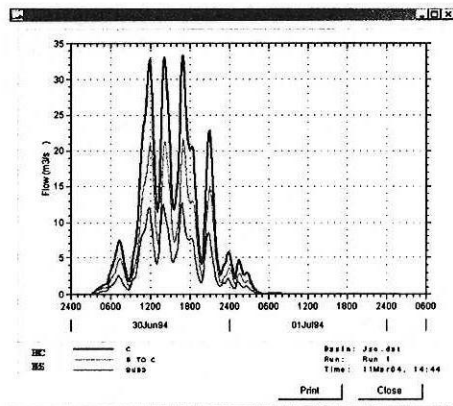


Fig. 4.3 C점에 대한 홍수유출수문곡선 (94. 6. 30 0:00~7. 2 6:00)

앞에서 분석한 A점(광산개발 예정지점), B점(목장입구) 그리고 C점(자사골수계의 최하류점)의 침투홍수량과 그 발생시간 등을 요약한 것이 Table 4.4이다. 이 Table에서 알 수 있는 바와 같이 A점 상류의 Sub 1 소유역의 유역면적은 1.10km²이며 11.852m³/sec의 침투홍수량이 94. 6. 30 16:50 경에 A점을 통과하였다. B점 상류의 유역면적은 2.11km²이며 22.173m³/sec의 침투홍수량이 94. 6. 30 16:50 경에 B점을 통과하였으며, 자사골수계 최하류점인 C점의 유역면적은 3.34 km²로서 33.169m³/sec의 침투홍수량이 A, B점과 마찬가지로 94. 6. 30 16:50 경에 C점을 통과하였다.

Table 4.4 주요 지점별 침투홍수량과 그 발생시간

HEC-HMS - Summary of Results				
Project : Old Jasagot		Run Name : Run 1		
Start of Run :	30Jun94 0000	Basin Model :	Jsc.dat	
End of Run :	02Jul94 0150	Met. Model :	Jsc.dat	
Execution Time :	11Mar04 1354	Control Specs :	Jsc.dat	
Hydrologic Element	Discharge Peak (cms)	Time of Peak	Total Volume (1000 cu m)	Drainage Area (sq km)
SUB1	11.852	30 Jun 94 1650	332.86	1.100
A TO B	11.585	30 Jun 94 1700	332.87	1.100
SUB2	11.278	30 Jun 94 1640	302.53	1.010
B	22.173	30 Jun 94 1650	635.41	2.110
B TO C	21.657	30 Jun 94 1700	635.43	2.110
SUB3	12.632	30 Jun 94 1650	364.43	1.230
C	33.169	30 Jun 94 1650	999.86	3.340

확률분포는 2변수 대수정규분포, 3변수 대수정규분포, Pearson Type III 분포, Log-Pearson Type III 분포 및 극치 I 분포를 사용하였다. 94. 6. 30 충주기상관측소에서 관측된 1일 최대강우량 263.0mm는 약 50년 빈도에 해당하는 폭우였음을 알 수 있었다.

분석유역이 급경사 산지 소하천유역인 점을 고려하여 수계시스템 구성시 전체유역을 3개의 소유역(Sub 1, Sub 2 및 Sub 3)으로 세분하였고, 각 소유역의 유출구인 3개의 분석지점(A점, B점 및 C점)에 대하여 수문분석을 실시하였다. 유역유출분석을 위하여 유효우량 산정시 SCS 모델을 적용하였고, 유역유출량 산정시 Clank모델을 적용하였다. 그리고 Muskingum 모델로 자사골계곡의 소하천을 상류로부터 하류 쪽으로 하도추적을 실시하였다. 분석유역이 급경사 산지소하천유역으로서 유하시간이 짧은 것을 고려하여 정밀분석을 위해 10분 단위의 충주기상관측소의 강우자료를 사용하였고, 홍수량도 10분 단위로 산정하였다.

94. 6. 30~7. 1에 발생한 호우를 분석유역인 자사골유역에 적용하면, A점의 침투홍수량은 11.852m³/sec, B점의 침투홍수량은 22.173m³/sec, C점의 침투홍수량은 33.169m³/sec로 산정되었으며, 침투홍수량 발생시간은 3지점 모두 94. 6. 30 16:50 경으로 simulation 되었다.

5. 결론

본 연구에서는 집중호우시 산지 소하천유역의 홍수유출량산정을 위한 하나의 방법론을 제시하기 위하여 충북 충주시 살미면 토계리에 위치한 자사골유역을 대상으로 HEC-HMS 모델을 적용하였다.

먼저, 충주지역에서 발생한 강우중 가장 집중성이 강했던 94. 6. 30~7. 1 호우를 분석대상 강우로 선정하였다. 당시 장마전선이 중부지방에 동서로 걸쳐 정체되어 있으면서 호우중심만 충북 북부지역에서 경북 북부지역으로 이동하며 집중호우를 발생시켰는데, 지역별로 강우량의 편차가 심했다. Huff의 4분기법으로 6월 30일 호우의 시간적 분포양상을 분석해 보면, 3분기에 일강우량의 53.5%가 집중되었다. 또 1971년부터 2003년까지의 1일최대강우량의 년최대치계열을 수집하여 재현기간 2.33, 5, 10, 20, 50, 80, 100, 150 및 200년에 대한 확률강우량을 산정하였으며,

참고문헌

- 1) 장 인수 등 : 충주시 목벌동(요각골) 수해 원인 분석 및 종합대책 조사연구 보고서, 충주시, 1994. 8.
- 2) 강 인식 : 소하천 유역에서의 유출해석 모형 비교, 한국수자원학회지, 제 29권 제 4 호, pp. 209-221, 1996. 8.
- 3) 안 상진 등 : 호우로 인한 수공구조물의 홍수 피해 영향, 충북대 건설기술연구소 논문집 제22권 제1호, pp77-86, 2003. 4.
- 4) 김 상민 등 : HEC-HMS 모형과 HEC-Geo HMS 모듈을 이용한 농업소유역의 홍수유출 해석, 한국농공학회지 제45권 제6호, pp119-127, 2003. 11.
- 5) 김 운태 등 : 돌발홍수예보를 위한 미소유역의 한계유출량 산정, 한국수자원학회 논문집, 제35권 제5호, pp553-561, 2002. 10.

- 6) 김 경탁 등 : 유역분할에 따른 유출응답에 관한 연구, 한국수자원학회 논문집, 제36권 제6호, pp911-924, 2003. 12
- 7) HEC HEC-1 Flood Hydrograph Package, U S Army Corps of Engineers, 1990. 9.
- 8) HEC : Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Technical Reference Manual, U S. Army Corps of Engineers, 2000. 3
- 9) HEC : Hydrologic Modeling System HEC-HMS, User's Manual, Version 21, U. S. Army Corps of Engineers, 2001 1.
- 10) HEC Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Applications Guide, U S Army Corps of Engineers, 2002. 12
- 11) HEC Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Release Notes, Version 2.2.2, U S Army Corps of Engineers, 2003 5.
- 12) Sukegawa, N. and Kitagawa, Y. : Flood Runoff Model for Small Urdan Watershed with Detension Basins, JSCE, Vol. II-18, No. 443, pp.1-8, 1992
- 13) A. D. Korssis, et al A Note on Nonlinear Storage Routing, WRR, Vol. 22, No. 13, pp2111-2113, 1986

(2004년 3월26일 접수, 2004년 8월20일 채택)