

중소하천 유역에서의 확률홍수량 분석

Estimation of the Probability Flood Discharge for Small and Middle Watersheds

윤성준*, 유의근*, 김병찬**, 이종석**
(주)동호*, 한밭대학교**

Yun seong-jun, Yu ui-geun,
Kim byeong-chan, Lee jong-seok
Dong-Ho Co.*, Hanbat National Univ.**

요약

최근, 기상이변으로 인해 폭설, 가뭄과 홍수 등의 자연재해가 빈번하게 발생하고 있다. 이 자연재해 중에서 홍수에 의한 피해가 가장 큰 비중을 차지하고 있고, 홍수의 큰 파괴력으로 인한 인명피해와 재산피해가 심각한 실정이다. 이러한 홍수피해로부터 구조적·비구조적 대책을 마련하기 위해서는 정확한 홍수량을 예측하는 것이 매우 중요한 일이다. 본 연구에서는 감천유역을 대상으로 유역내외의 우량관측소의 시우량자료를 사용하여 빈도해석 하였으며, HEC-HMS를 통한 유출해석방법별 확률홍수량을 산정하였다. 또한, 유출곡선지수를 변화시킴으로써 재현기간별 확률홍수량을 산정하여 민감도를 분석하였다. 유출곡선의 변화에 따른 확률홍수량 산정결과, 동일한 강우량과 지형조건에도 불구하고 선행함수조건(AMC)의 변화로 인해 크기는 홍수량이 최대 약 40%까지 증가하는 것으로 나타났다. 이는 연구대상유역에 적합한 AMC조건을 선택이 홍수량 분석에 매우 중요한 변수임을 확인할 수 있었다.

Abstract

Recently, the natural disaster has occurred as a heavy snow fall, drought and flood by abnormal weather. The damage of human and property by flood is most serious problem among those natural disaster. In order to prepare structural or non-structural measure, to estimate exact flood discharge is important element. This study analyze frequency of hour-unit rainfall data and estimate probability flood discharge by HEC-HMS as changing method of runoff analysis. Also, this study analyze the peak flood discharge sensibility according to Curve Number(CN) with the return period. As a result of estimation of probability flood discharge with the variety CN, to select Antecedent Moisture To select suitable condition(AMC) is important parameter because flood discharge is estimated 40% gap according to AMC.

I. 서론

1. 연구목적

최근에 기상이변으로 인한 폭설, 가뭄과 홍수를 일으키는 경우가 빈번하다. 여기서 홍수는 집중호우에 의한 유출로 인해 하천의 유수가 범람하는 현상으로서 큰 파괴력을 가지고 있기 때문에 인명피해와 재산피해를 야기시킨다. 2002에는 태풍 “루사”가 전국을 관통하면서 246명의 인명피해와 51,479억 원의 재산피해가 있었고, 2003년에는 태풍 “매미”가 경상도와 전라도를 관

통하면서 130명의 인명피해와 47,810억 원의 재산피해를 발생시켰다. 이러한 홍수피해로 인해 정확한 홍수량 산정이 더욱 강조되고 있기 때문에 본 연구에서는 감천유역을 선정하여 해당 우량관측소를 채택하고 시우량자료를 빈도해석 하였다. 확률홍수량을 산정하기위해서 유효우량을 NRCS 유출곡선지수방법으로 결정하였으며, 유출곡선의 변화에 따른 민감도분석을 하고자 한다.[1]

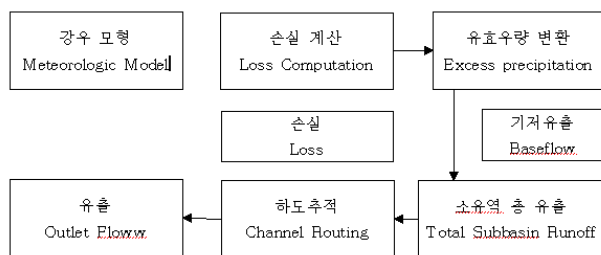
2. 연구방법

홍수량을 산정하기 위해서 연구대상 유역을 선정하

고, 유역 내·외에 위치한 강우관측소를 선택하여 고정 시간강우자료를 수집하였다. 환산계수를 적용하여 고정 시간강우량을 임의시간강우량으로 변경하고, 빈도해석을 통한 확률강우량을 산정하였다. 유역면적이 1000km²가 넘는 대유역에 해당하게 때문에 면적환산계수를 적용하였고, 토지피복도를 이용한 유출곡선지수(CN)값으로 NRCS방법에 의해 유효우량을 산정하였다. 또한 Huff의 4분위법으로 강우분포시켜 해당유역의 홍수량 산정지점별 홍수량을 산정하고, 유출곡선지수에 따른 확률홍수량의 민감도를 분석하였다.

II. 이론적 배경

본 연구에서는 대상유역의 강우관측소의 지점확률강우량을 산정하여 면적확률강우량으로 환산하였다. 홍수량 산정을 위해서는 국·내외에서 범용적으로 사용되고 있는 강우-유출 모형인 HEC-HMS 모형을 이용하였으며, 유역출구에서의 유량을 산정하기 위한 HEC-HMS의 적용절차는 그림1 과 같다. 소유역의 유역추적은 단위도법으로 Snyder 방법, NRCS 방법, Clark 방법을 적용하였으며, 하도추적은 Muskingum 방법을 이용하였다.



▶▶ 그림1. HEC-HMS 모형의 적용절차

1. Snyder 방법

미국 애팔래치아 산맥 지역에서 유역면적이 30~30,000 km²인 유역을 대상으로 여러 계측유역에 대한 분석으로 개발되었으며, 단위도의 침투홍수량의 크기 및 발생시각과 단위도의 기저시간 길이를 유역의 지형특성인자와 상관시키는 경험공식이다. 기저폭 또는 기저시간 T, 침투유량 Q_p, 지체시간 t_p의 3개 매개변

수로 매끈하게 연결시켜 단위도를 작성하는 방법으로 식 (1)과 같다.

$$T_L = C_t (LL_{ca})^{0.3} \quad (1)$$

여기서 Q_p는 침투유량(m³/s)이고, C_t값에 반비례하는 C_p는 유량의 저류용량에 따른 유역특성 상수로서 유효강우가 1cm인 경우 1.5~1.9의 범위이며, A는 유역면적(km²), T_L은 지체시간(hr)이다.

한편, 우리나라의 경우 Snyder 방법에 의한 결과는 통상 다른 단위도 방법에 의한 결과와 많은 차이를 나타내며 또한, 이를 적절히 조정할 방안이 마땅히 없는 등의 이유로 인하여 현실적인 적용성이 매우 낮으므로 실무에서는 거의 사용하지 않고 있다.

2. NRCS 방법

NRCS 방법은 미국토양보존국(U. S. Soil Conservation Service)에 의해 개발되어 합성단위유량도를 작성하기 위하여 고안된 방법으로서 무차원단위도의 이용에 근거를 두고 있다. 이 무차원 수문곡선은 미국내 여러 지방의 대소유역으로부터 얻은 실제의 단위도를 해석하여 얻은 것이므로 유역의 특성에 별 관계없이 적용할 수 있다는 장점이 있다. 이 방법에 의한 단위도의 합성을 위해서는 단위도의 침투유량 Q_p와 침투유량의 발생시간 t_p를 결정하여야 하며, Q_p와 t_p가 결정되면 무차원곡선을 사용하여 단위도를 합성하게 된다. NRCS는 Q_p와 t_p를 산정하기 위한 식으로 다음 식 (2)와 식 (3)을 추천하고 있다.

$$t_p = \frac{1}{2}t_r + T_L \quad (2)$$

$$Q_p = \frac{2.083A}{t_p} \quad (3)$$

여기서 t_p는 강우시작부터 침투유량까지 시간(hr), t_r은 강우지속기간(hr), T_L은 우량중심으로부터 침투유량까지의 시간인 유역 지체시간(hr), Q_p는 1cm유효우량시 침투유량(m³/s), A는 유역면적(km²)이다.

NRCS 모형의 경우 입력자료로는 유역의 면적, 유로연장, 유역경사, CN값, 강우지속시간 등이 있다. 이 값들을 이용하여 식 (2)와 식 (3)을 이용하여 단위도의 침투발생시간 t_p, 단위도의 침투유량 Q_p, 지체시간 T_L,

즉 우량의 질량중심으로부터 첨두유량점까지의 시간 등을 구한다.

3. Clark 방법

이 방법은 유역의 도달시간-누가면적 관계를 이용하여 유역 내에 내리는 순간단위 유효우량으로 인한 유역 출구에서의 직접유출 수문곡선인 순간 단위유량도를 유도하는 방법으로 강우로 인한 유수의 전이뿐만 아니라 유역의 저류효과도 고려하므로 자연하천에서의 적용에 적합한 방법으로 이론식은 다음과 같다.

수문학적 홍수추적방법은 다음 식 (4)로 표시되는 저류방정식에 기초한다.

$$I - O = \frac{dS}{dt} \quad (4)$$

여기서 I 와 O 는 하도의 임의구간으로 유입되는 유입량 [L^3T^{-1}]과 유출량 [L^3T^{-1}]을 표시하며 S 는 저류량을 나타낸다.

식 (4)를 미분의 항으로 표시하면,

$$(I - O) \cdot \Delta t = \Delta S \quad (5)$$

이는 다음과 같이 변형될 수 있다.

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t - \frac{(O_1 + O_2)}{2} \Delta t = S_1 - S_2 \quad (6)$$

여기서 Δt 는 추적기간이다.

따라서 유역출구의 선형저수지의 저류량-유출량 관계는 선형성 가정에 의해 식 (7)이라 한다면 식 (8)과 같다.

$$S = K \cdot O \quad (7)$$

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t - \frac{(O_1 + O_2)}{2} \Delta t = K(O_2 - O_1) \quad (8)$$

식 (8)을 O_2 에 대해 풀면,

$$O_2 = m_0 I_2 + m_1 I_1 + m_2 O_1 \quad (9)$$

여기서 $m_0 = m_1 = \frac{0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t}$,

$m_2 = \frac{K - 0.5\Delta t}{K + 0.5\Delta t}$ 이다.

그러나 최종 저류방정식은 시간-면적곡선으로부터 작

성되는 계산시간간격(Δt)의 시간-면적주상도의 추적기간 Δt 의 시점 및 종점 유입량이 동일($I_1 + I_2$)하므로 다음과 같이 단순화된다.

$$O_2 = (m_0 + m_1)I + m_2 O_1 \quad (10)$$

3. Muskingum 방법

어떤 하도구간으로 들어오는 유입수문곡선을 하도구간에서 나가는 유출수문곡선으로 전환하는 절차를 하도 추적이라 하며, McCarthy는 하천구간 내 저류량에 미치는 홍수유입량의 영향을 고려하기 위하여 미국의 Ohio 주 Muskingum 보존지역의 홍수조절계획 수립시 식 (11)과 같은 식을 유도하였다.

$$S = K[xI + (1-x)O] \quad (11)$$

여기서 K 는 하도구간 내 저류량의 유출량에 대한 비를 나타내는 하도 저류상수로서 시간의 차원을 가지고, x 는 하도의 총저류량에 공헌하는 유입량과 유출량의 상대적 중요성을 대표하는 상수로서 한계값=0~0.5, 전형적인 값=0.2~0.4를 갖는다.

식 (11)의 S 를 시점과 종점으로 구분하고 각각 첨자 1, 2 를 사용하여 식 (12)와 같은 저류방정식에 대입하여 정리하면 식 (13)과 같은 식을 얻는다.

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} + \frac{(S_1 + S_2)}{\Delta t} = \frac{(O_1 + O_2)}{2} \quad (12)$$

$$\frac{(I_1 + I_2)}{2} \Delta t - \frac{(O_1 + O_2)}{2} \Delta t = K[xI_2 + (1-x)O_2] - K[xI_1 + (1-x)O_1] \quad (13)$$

미지의 유출량 O_2 에 대해 정리하면 다음 식을 얻는다.

$$O_2(-0.5\Delta t - K + Kx) = I_1[-Kx - 0.5\Delta t] + I_2[Kx - 0.5\Delta t] + O_1[-K + Kx + 0.5\Delta t] \quad (14)$$

$$O_2 = C_1 I_1 + C_2 I_2 + C_3 O_1 \quad (15)$$

여기서 계수 C_1 , C_2 , C_3 는 다음과 같이 각각 정의한다.

$$C_1 = \frac{\Delta t + 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx} \quad (16)$$

$$C_2 = \frac{\Delta t - 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx} \quad (17)$$

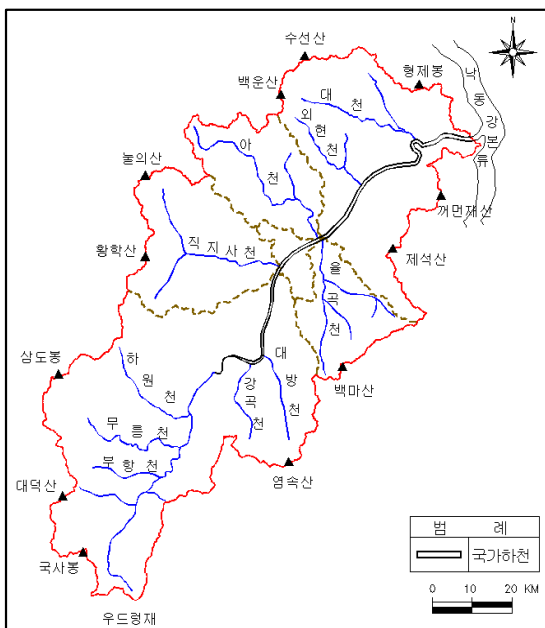
$$C_3 = 1 - C_1 - C_2 = \frac{-\Delta t + 2K - 2Kx}{\Delta t + 2K - 2Kx} \quad (18)$$

추적상수 K, x값의 결정은 추적하고자 하는 하도구간의 유입 및 유출수문곡선의 관측자료를 사용하여 시행착오법으로 계산한다.

Ⅲ. 연구대상유역의 특성

1. 일반현황

감천은 그림 2와 같이 경상북도 김천시 대덕면 태리 와 경상남도 거창군 웅양면 산포리의 경계인 우두령재에서 발원하여 북동류한 후 낙동강 중류부 우안측(낙동강 하구로부터 223.4km지점)으로 합류하는 하천으로 낙동강의 제 1지류이며 유로연장은 69.0km(국가하천: 39km, 지방하천: 30km)이다.



▶▶ 그림 2. 감천 유역도

2. 지형학적 특성

유역의 지형학적 특성은 수문설계시 가장 기본이 되는 인자로서 하천을 포함한 그 유역이 가지는 일반적인 현황을 파악할 수 있으며, 유역의 강우-유출 등 수문학적 특성 분석을 위한 기초 자료로 사용되므로 정확성이 확보되어야 한다. 홍수량 산정지점에서의 일반적인 특성은 표 1과 같이 유역면적, 유로연장, 유역평균폭, 유

역형상계수 등으로 나타내었는데, 이는 하천을 포함한 유역을 이해하고, 유역의 유출특성을 파악할 수 있는 가장 중요한 기초 자료이다.

표 1. 감천유역의 평균적 특성

홍수량 산정지점 (산정지점 부호)	유역면적 A(km ²)	유로연장 L(km)	유역평균폭 A/L(km)	형상계수 A/L ²
감천 하구(G1)	238.65	37.38	6.38	0.17
대동교(G2)	20.27	10.54	1.92	0.18
아천 합류점(G3)	95.09	23.61	4.03	0.17
울곡천 합류점(G4)	75.41	15.50	4.87	0.31
직지사천 합류점(G5)	128.63	22.91	5.61	0.24
김천교(G6)	451.42	50.41	8.95	0.18

Ⅳ. 강우분석 및 홍수량산정

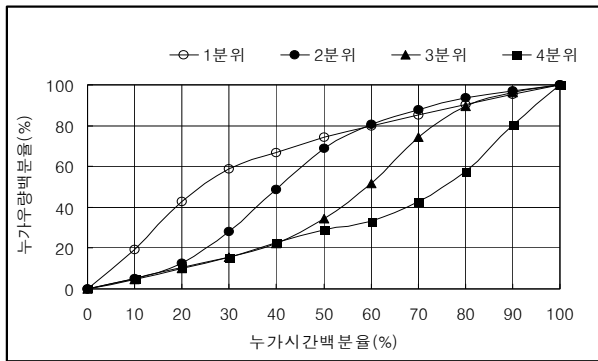
1. 강우분석

국토해양부 관할의 유역 내 선산, 김천, 부항, 지례관측소와 유역 외 웅북, 왜관, 웅양관측소의 강우량을 수집하였고, 이를 빈도분석하여 재현기간별 확률강우량을 산정하였다. 감천유역의 총 면적이 1000km²이 넘는 대유역이기 때문에 산정된 재현기간별 확률강우량에 면적감소계수를 적용하였고, 홍수량산정지점별 면적확률강우량은 표 2와 같다.

표 2. 홍수량 산정지점별 유역평균 24시간 면적확률강우량(mm)

홍수량산정지점	유역면적 (km ²)	유로연장 (km)	빈도		
			50년	100년	200년
G1	238.65	37.38	224.5	246.1	265.2
G2	20.27	10.54	234.8	257.5	278.9
G3	95.09	23.61	229.3	251.4	271.5
G4	75.41	15.50	230.3	252.5	272.8
G5	128.63	22.91	227.9	249.8	269.6
G6	451.42	50.41	220.5	241.6	259.9

강우를 유역에 분포시키기 위하여 선산관측소 지점에 대한 Huff의 분위별 무차원 누가우량곡선을 지속시간 10% 증분으로 그림 3과 같이 나타내었으며, 총 4분위 중 평균강우강도 보다 큰 중후우에 대해 2분위를 최빈구간으로 선정하였다[2], [5].



▶▶ 그림 3. 선산 기상관측소의 무차원누가곡선

2. 홍수량산정

본 연구에서는 홍수량 산정을 위해서 HEC-HMS를 사용하였으며, 유효우량을 산정하기 위하여 NRCS 곡선 지수법을 이용하였고, 유출해석에서는 Snyder 방법, NRCS 방법, Clark 방법을 이용하였다. 표 3은 감천구역의 특성인자와 매개변수를 정리한 것이다.

표 3. 감천구역의 특성인자와 매개변수 [3]

지점	유역면적 (km ²)	CN값		Snyder	NRCS	Clark	
		AMC-II	AMC-III	지체 시간 (T _L , hr)	지체 시간 (t _p , hr)	도달 시간 (hr)	저류 상수 (K, hr)
G1	238.65	68.01	83.02	2.73	3.49	4.94	5.22
G2	20.27	72.12	85.61	1.84	0.98	1.39	1.42
G3	95.09	66.16	81.81	1.25	1.54	2.19	2.31
G4	75.41	66.16	81.81	1.23	1.01	1.44	1.22
G5	128.63	65.01	81.04	1.86	1.50	2.12	1.92
G6	451.42	61.69	78.74	1.22	3.30	4.67	4.83

홍수량 산정시 필요한 여러 가지 인자 중에서 AMC조건 선택이 필수적이지만 현재에는 적절한 AMC 조건의 채택기준이 없는 실정이다. 따라서 홍수량이 가장 크게 산정되는 CN-III를 채택하거나 CN-II와 CN-III의 값을 검토하여 둘 중 하나를 채택하고 있는 실정이다. 실제 유출기록을 기준으로 평가할 경우 최적 CN값에 비해 AMC-II조건은 CN값을 과소하게 산정하고, AMC-III조건은 과대산정하는 경향이 있다. 그러므로 최적 유효우량 산정을 위한 객관적인 도입이 필요하고 다음 식 (19), (20)과 같은 방법이 있다[4].

$$CN-37 = 0.3(CN-II) + 0.7(CN-III) \quad (19)$$

$$CN-55 = 0.5(CN-II) + 0.5(CN-III) \quad (20)$$

식 (19)와 식 (20)으로부터 산정된 CN-37과 CN-55 값은 표 4와 같다.

표 4. CN-37법과 CN-55법의 유출곡선지수

산정지점	CN-37	CN-55
G1	78.52	75.52
G2	81.56	78.87
G3	77.12	73.99
G4	77.12	73.99
G5	76.23	73.03
G6	73.63	70.22

유출곡선지수 변화에 따른 홍수량의 민감도를 분석하기 위해서 AMC-II, AMC-III, CN-37법, CN-55법으로 CN값을 변화시켜 Snyder 방법, NRCS 방법, Clark 방법 별로 산정한 결과 표 5~7과 같다.

표 5. 50년 빈도의 유출곡선지수에 의한 홍수량(m³/s)

산정 지점	CN-II			CN-55		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	2284.5	2136.2	1777.0	2779.3	2608.0	2172.0
G2	1826.6	1563.3	1360.5	2231.6	1935.7	1679.4
G3	1765.6	1516.8	1314.5	2164.5	1883.0	1630.0
G4	1517.1	1289.6	1107.1	1877.5	1606.6	1374.0
G5	1346.0	1187.5	1012.6	1666.4	1473.7	1262.7
G6	1042.9	1010.0	825.0	1299.7	1254.3	1036.0

산정 지점	CN-37			CN-III		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	2979.5	2794.6	2326.7	3268.1	3064.0	2599.0
G2	2392.0	2081.6	1805.2	2637.9	2294.2	1993.0
G3	2316.3	2027.7	1754.7	2558.0	2238.8	1938.1
G4	2015.5	1730.7	1481.4	2212.6	1910.3	1639.0
G5	1795.5	1586.2	1360.8	1980.7	1760.4	1503.6
G6	1397.2	1356.4	1119.3	1544.9	1503.3	1240.3

표 6. 100년 빈도의 유출곡선지수에 의한 홍수량(m³/s)

산정 지점	CN-II			CN-55		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	2649.4	2432.2	2098.9	3180.7	2924.1	2519.2
G2	2129.0	1762.4	1591.2	2553.4	2151.7	1928.8
G3	2060.2	1762.4	1539.6	2477.9	2151.7	1873.9
G4	1764.2	1499.1	1285.4	2141.6	1835.3	1570.4
G5	1561.0	1381.1	1178.1	1904.7	1681.0	1442.8
G6	1214.9	1174.4	960.4	1483.5	1436.4	1185.6

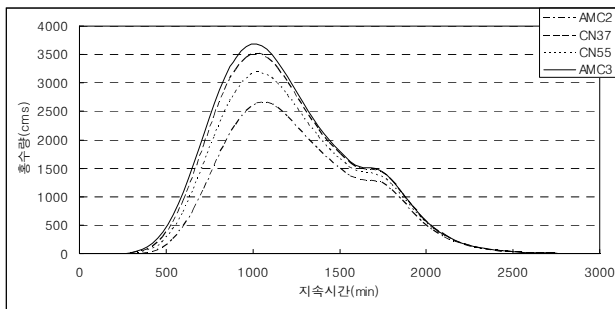
산정 지점	CN-37			CN-III		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	3514.1	3115.9	2686.4	3682.3	3390.2	2928.8
G2	2868.4	2302.1	2060.0	2982.2	2519.3	2260.1
G3	2783.3	2302.1	2004.0	2893.5	2519.3	2193.4
G4	2410.4	1963.9	1682.4	2489.2	2153.0	1844.9
G5	2164.6	1803.3	1544.7	2227.3	1982.2	1695.2
G6	1707.3	1542.1	1272.1	1741.3	1692.4	1396.5

표 7. 200년 빈도의 유출곡선지수에 의한 홍수량(m³/s)

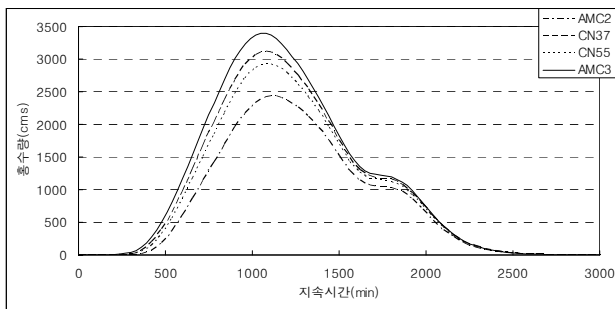
산정 지점	CN-II			CN-55		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	2969.4	2772.6	2355.3	3529.2	3295.5	2796.7
G2	2391.4	2047.3	1791.2	2838.6	2455.8	2142.8
G3	2315.3	1986.7	1734.4	2747.9	2391.8	2082.7
G4	1985.5	1689.7	1445.9	2375.9	2038.9	1745.8
G5	1752.2	1554.2	1327.3	2115.2	1867.9	1602.6
G6	1366.6	1319.6	1082.6	1644.1	1596.1	1316.8
산정 지점	CN-37			CN-III		
	Snyder	NRCS	Clark	Snyder	NRCS	Clark
G1	3740.6	3492.7	2968.5	4039.3	3772.0	3215.7
G2	3019.4	2611.6	2280.4	3275.7	2842.1	2486.6
G3	2926.1	2546.5	2216.8	3178.8	2767.9	2410.6
G4	2521.1	2170.9	1861.1	2736.7	2368.6	2027.5
G5	2251.6	1995.8	1707.4	2443.5	2178.0	1864.4
G6	1749.0	1704.3	1405.7	1912.2	1857.0	1532.6

유출해석 방법별로 산정된 확률홍수량은 Snyder 방법, NRCS 방법, Clark 방법 순으로 크게 산정되었으며, 이는 지체시간, 도달시간 및 저류상수 등의 매개변수 민감도에 따른 차이로 판단된다.

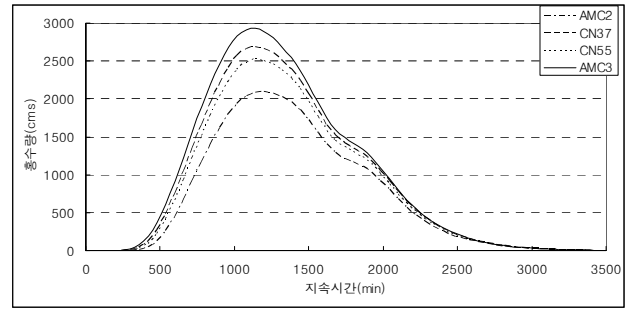
그림 4~6은 대표적으로 100년 빈도의 G1지점에서 유출해석방법별 유출곡선지수별 홍수유출수문곡선을 나타낸 것이다.



▶▶ 그림 4. Snyder 방법의 유출수문곡선



▶▶ 그림 5. NRCS 방법의 유출수문곡선



▶▶ 그림 6. Clark 방법의 유출수문곡선

유출율이 제일 낮은 CN-II를 기준으로 분석한 홍수량의 민감도는 100년 빈도에서 CN-55법의 경우 약 18.1~23.2%, CN-37법의 경우 약 28.0~32.0%, CN-III의 경우 35.1~44.7% 증가하였다.

V. 결론

본 연구에서는 감천유역을 대상으로 유출해석 방법별 확률홍수량을 산정 하였으며, AMC조건을 변화시키면서 홍수량의 민감도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 유출해석 방법별로 산정된 확률홍수량은 Snyder 방법, NRCS 방법, Clark 방법 순으로 크게 산정되었으며, CN값이 증가함에 따라 홍수량의 변화폭도 크게 나타났다.
2. AMC-II를 기준으로 분석한 유출곡선지수별 홍수량의 민감도는 100년 빈도에서 CN-55법의 경우 약 18.1~23.2%, CN-37법의 경우 약 28.0~32.0%, CN-III의 경우 35.1~44.7% 증가하였다.
3. 재현기간이 증가함에 따라 김천교 지점과 감천하구 지점 홍수량의 민감도 변화폭은 작게 나타나는 것으로 보아 재현기간이 증가함으로 인해 일최대확률강우량이 커지고, 이로 인해 유역의 초기손실은 직접 유출에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.
4. 동일한 강우량과 지형조건에도 불구하고 AMC 조건의 변화로 인해 크기는 홍수량이 최대 약 40%까지 증가하는 것으로 보아 연구대상유역에 맞는 AMC조건의 선택이 매우 중요하다고 판단된다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 윤성준, “중소하천 유역에서의 확률홍수량 분석”, 한밭대학교 산업대학원 석사학위논문, 2008.
- [2] 건설교통부, 한국 확률강우량도 작성, 2000. 노재식, 이길춘, 하천 홍수량의 크기 및 빈도 결정, 대한토목학회논문집 제12집 제2호, pp. 141-150, 1992.
- [3] 한국수자원공사(2007), 하도준설에 따른 하상지형 및 환경변화 연구보고서, 2007.
- [4] 윤태훈, 유효우량 산정을 위한 곡선번호 방법의 적용성, 한국수자원학회지 제24권 제2호, pp.97-108, 1991.
- [5] Huff, F. A., Time Distribution of Rainfall in Heavy Storms., Water Resources Research, Vol. 3, No. 4, pp. 1007-1019, 1967.