

SCS TR-20 모델을 이용한 미계측 소유역의 홍수유출량 추정

Estimating Peak Runoff from Small Ungauged Watersheds Using SCS TR-20 Model

김철겸^{*}(서울대) · 박승우(서울대) · 박창언(신구대)

Kim, Chul Gyum · Park, Seung Woo · Park, Chang Eon

ABSTRACT

The objectives of this study are to evaluate the applicability of SCS TR-20 model for small ungauged watershed, to show the behavior of the model with variation of topography in watershed, and to evaluate the storage effect of paddy field for flood flow. For this purpose, simulated data from the model were compared with the observed flood data at two sites (HS#3, HS#4) in Balan watershed. From the comparison between simulated and observed data, it was found that the model is applicable to this watershed.

I. 서론

큰 강이나 하천 등 중·대규모 유역의 경우 수위나 유량 등의 관측 시설이 되어 있기 때문에 폭우시 비교적 정확한 홍수예경보가 되고 있으나, 관측시설이 미비한 소규모 하천의 경우에는 정확한 홍수량 추정이 불가하여 예기치 않은 피해를 입게 되는 경우가 많다.

미계측 소유역의 홍수량을 추정하는 방법에는 가지야마 공식과 같은 단순홍수량식으로부터 빈도해석법, 합리식, 합성단위도법, SCS법, 침투량과 홍수추적에 의한 방법 등에 이르기까지 다양한 방법들이 있다. 이러한 방법들의 대부분은 유역의 지형자료, 식생피복상태, 토지이용상태 등의 지상인자와 기후, 기상조건 등을 나타내는 인자들의 매개변수로 구성되어 있다.

미국 토양보전국 (National Resources Conservation Service, NRCS)에서 개발한 TR-20 모형은 소규모의 농업 유역에 적용하여 농업용 수자원개발사업의 계획 및 설계에 이용할 수 있도록 고안된 모형이다. 이 모형은 SCS법을 이용한 홍수유출 추정 모형으로, 대부분의 입력 자료가 측정 매개변수로 구성되기 때문에 유출량 자료가 없는 미계측유역에 바로 적용할 수 있는 특징이 있으며, 흐름 추적을 통하여 임의 하도 단면이나 구조물에서의 침투유량, 침투시간, 수면 표고 등의 산정이 가능하고, 9개의 서로 다른 강우 사상 분포와 최대 200개의 소유역 및 하도, 99개의 수리구조물에 대하여 홍수유출 해석이 가능하다.

본 연구에서는, TR-20 모형 내의 홍수추적기법을 통하여, 이를 시험유역인 발안 유역의 홍수량 자료를 이용하여 모형의 적용성을 분석하고, 또한 지형 변화에 따른 모형의 매개변수의 변화 및 논의 저류 효과에 따른 홍수유출 영향을 계량화하여 그 수문적 특징을 고찰하고자 한다.

II. 모형의 구조

TR-20 모형의 입력자료는 Table 1과 같이 계산조절자료와 유역특성자료로 구분된다. 계산조
1998년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (1998년 10월 24일)

절자료에서는 홍수추적을 위한 모든 조절변수들이 입력되며, 강우자료가 시간단위로 입력된다. 유역특성자료는 유역, 저수지구간, 하도구간, 수문곡선 합성구간으로 구분되어 입력된다.

Fig. 1은 모형의 계산과정을 나타낸 것이다.

Table 1 Input data of the TR-20 model

Items	Contents
Run control	rainfall - AMC - rainfall depth - rain table number
Watershed characteristics	main time increment for hydrograph drainage area runoff curve number (CN) time of concentration (t_c)
Reservoir characteristics	elevation discharge storage
Reach characteristics	length of reach cross section data - rating curve coeff. "x" and "m"
Hydrograph composition	inflow hydrograph no. outflow hydrograph no.

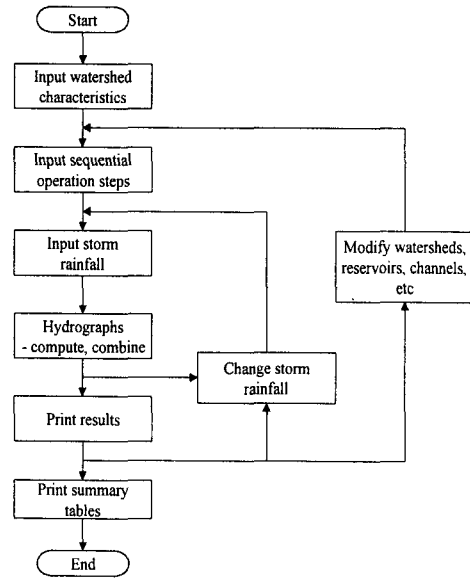


Fig. 1 Schematic of TR-20 model

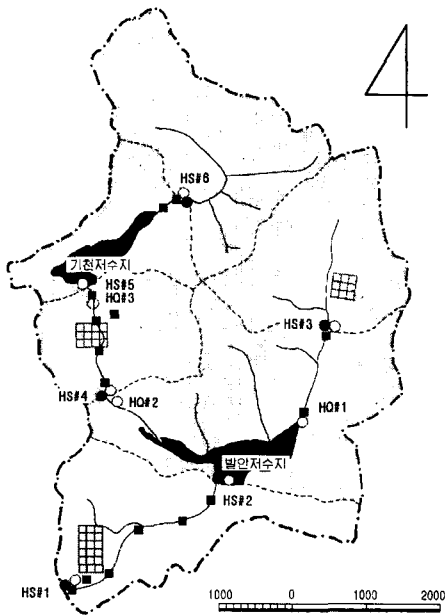


Fig. 2 Sketch of the Balan watershed

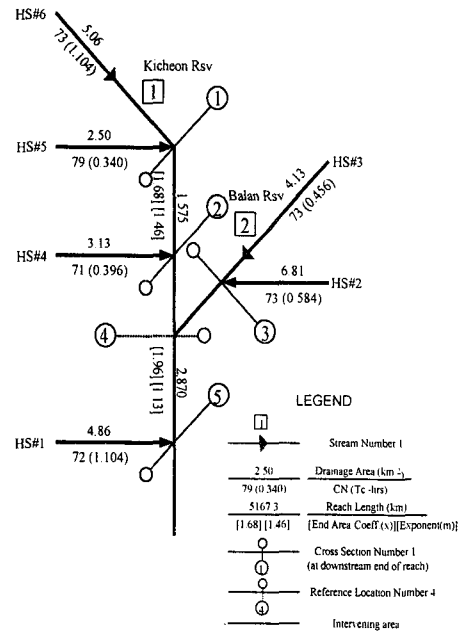


Fig. 3 Schematic Diagram of the Balan watershed

III. 모형의 적용

1. 대상유역

본 연구의 적용 대상유역은 경기도 화성군 봉담면 및 팔탄면 소재 발안저수지와 기천저수지 유역으로, 총 유역면적 2648.8 ha, 총 유로연장 42.93 km로 유역 경계 및 소유역 구분은 Fig. 2에 나타난 바와 같다.

Fig. 3은 TR-20 모형의 적용을 위해 구성한 발안 유역의 모식도로서, 유역 상류부인 HS#6 지점으로부터 하류부인 HS#1 지점까지 유역, 저수지, 하도를 통한 홍수추적 흐름을 나타내고 있다.

본 연구에서는 유역 내 6개의 소유역 중, 유역추적이 이루어지는 HS#3 지점과, 유역, 저수지, 하도 추적이 이루어지는 HS#4 지점을 모형 적용 대상으로 하였다.

2. 모형의 입력자료

2-1. 폭우사상

모형에서 선정된 폭우사상은 Table 2에 나타난 바와 같이, '96~'98년 강우자료 중에서, 단일 강우사상 중 비교적 강우량이 크고, 동일 기간에 대한 홍수유출 자료가 존재하는 사상 총 14개를 선정하였다. 선정된 사상의 강우량은 22.5 ~ 230.5 mm의 범위를 가지고 있다.

Table 2 Storm events used in the study

Rainfall Event	Dates and duration	Rainfall (mm)	AMC
ST960704	'96/07/04 11:00 ~ '96/07/04 23:00	53.5	II
ST960715	'96/07/15 6:00 ~ '96/07/15 13:00	39.0	I
ST960721	'96/07/21 12:00 ~ '96/07/22 6:00	46.5	I
ST960727	'96/07/27 23:00 ~ '96/07/28 9:00	33.5	II
ST961006	'97/10/06 6:00 ~ '97/10/06 17:00	22.5	I
ST961024	'97/10/24 7:00 ~ '97/10/24 21:00	26.5	I
ST970507	'97/05/07 8:00 ~ '97/05/08 1:00	63.5	I
ST970512	'97/05/12 15:00 ~ '97/05/13 22:00	102.0	III
ST970625	'97/06/25 8:00 ~ '97/06/25 23:00	99.5	I
ST970630	'97/06/30 22:00 ~ '97/07/01 19:00	139.0	I
ST970704	'97/07/04 17:00 ~ '97/07/05 12:00	50.5	III
ST970715	'97/07/15 3:00 ~ '97/07/15 16:00	42.5	I
ST970803	'97/08/03 11:00 ~ '97/08/04 21:00	230.5	I
ST980502	'98/05/02 1:00 ~ '98/05/02 11:00	32.5	I

2-2. 유역 특성 자료

Table 3은 각 소유역별 면적, 유로장, 형상계수, 하천평균경사, 유역의 지체시간, 유출곡선번호를 나타낸 표로서, HS#4 지점에서의 총 집수면적은 1068.75 ha, 유로장은 6.95 km임을 알 수 있다.

유역의 지체시간은 SCS-method를 이용하여 구하였고, 유출곡선번호는 토양특성과 토지이용상태로부터 GIS 격자를 이용하여 구하였다.

Table 3 Hydrologic characteristics of the study areas

Sub-Area	Area (ha)	Reach Length (km)	Shape Factor	Stream Slope (m/m)	t_c (hrs)	CN
HS#1	486.30	2.950	0.1280	0.0076	1.104	72
HS#2	681.25	2.870	4.6584	0.0092	0.584	73
HS#3	412.50	1.630	1.5620	0.0178	0.456	73
HS#4	312.50	1.575	2.2724	0.0127	0.396	71
HS#5	250.00	2.250	1.0124	0.0127	0.340	79
HS#6	506.25	3.125	0.5184	0.0218	1.104	73

3. 모형의 적용 결과

3-1 수문곡선

Fig. 4와 Fig. 5는 HS#3 지점에 대한 홍수유출 수문곡선으로, 각각 사상 ST960704와 ST960721에 대하여 모형을 적용한 결과이다.

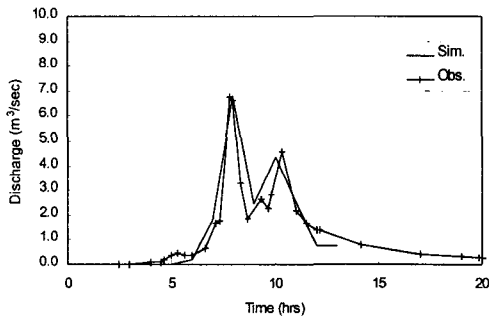


Fig. 4 Comparison of observed and simulated hydrographs (HS#3, ST960704)

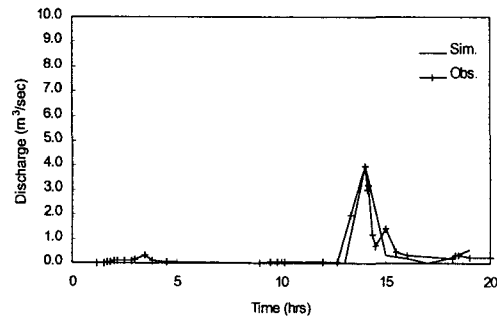


Fig. 5 Comparison of observed and simulated hydrographs (HS#3, ST960721)

Fig. 6와 Fig. 7은 HS#4 지점에 대한 홍수유출 수문곡선으로, 각각 사상 ST960704와 ST960715에 대하여 모형을 적용한 결과이다.

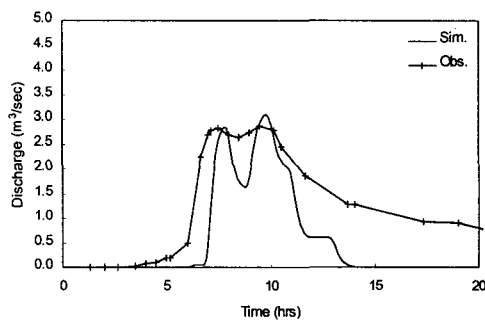


Fig. 6 Comparison of observed and simulated hydrographs (HS#4, ST960704)

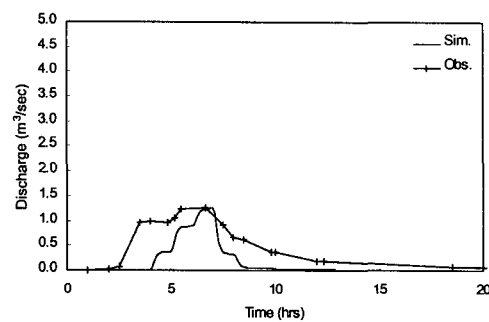


Fig. 7 Comparison of observed and simulated hydrographs (HS#4, ST960715)

3-2 침투유량 및 침투시간

Fig. 8과 Fig. 9는 HS#3과 HS#4 지점에 나타난 홍수유출 수문곡선의 침투유량에 대하여 실측치와 모의치를 표시한 것이며 95%와 99% 신뢰구간에 대하여 추정치를 분석해 보았다.

HS#3에 대해 적용한 13개의 사상 중에서, 95%와 99% 신뢰구간에 대해서는 9개의 사상이 신뢰성을 보였고, HS#4에 적용한 7개의 사상 중에서는, 95% 신뢰구간에서 4개 사상, 99% 신뢰구간에서 5개의 사상이 신뢰성을 보였다.

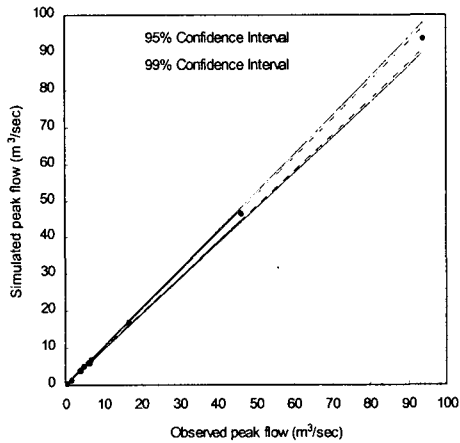


Fig. 8 Comparison of peak flows (HS#3)

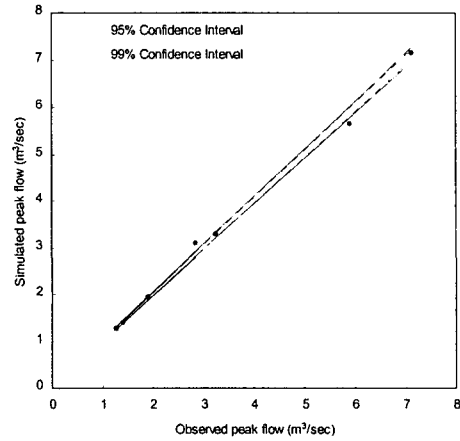


Fig. 9 Comparison of peak flows (HS#4)

Fig. 10과 Fig. 11은 침투시간에 대한 비교로, 위와 마찬가지로 방식으로 신뢰구간에 따른 추정치를 분석해 보았다.

HS#3에 대한 13개의 사상 중, 5개 사상이 95% 신뢰구간에서, 6개의 사상이 99% 신뢰구간에서 신뢰성을 보였고, HS#4에 대한 7개의 사상 중에서는, 95%와 99% 신뢰구간 모두 5개의 사상만이 신뢰성을 보였다.

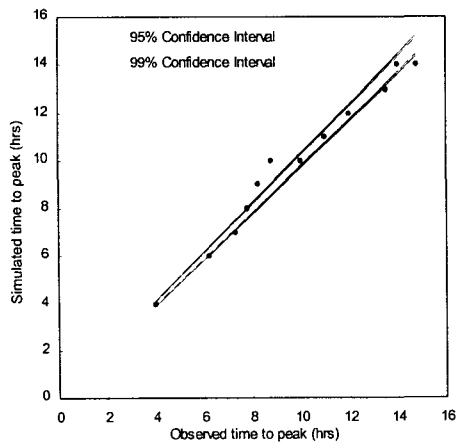


Fig. 10 Comparison of times to peak (HS#3)

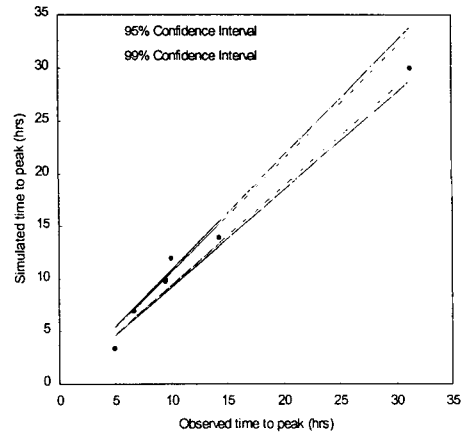


Fig. 11 Comparison of times to peak (HS#4)

3-3 적용 결과

Table 4는 HS#3과 HS#4 지점에 대한 홍수유출 수문곡선에 대하여 실측치와 모의치의 첨두유량과 첨두시간을 각 사상별로 나타내고, 실측치와 모의치에 대한 상관계수 R^2 값과, RMSE 값을 계산한 결과이다.

Table 4 Observed and simulated peak flows and times to peak

Rainfall Event	HS#3				HS#4			
	Peak flow (m ³ /sec)		Time to peak (hrs)		Peak flow (m ³ /sec)		Time to peak (hrs)	
	Observed	Simulated	Observed	Simulated	Observed	Simulated	Observed	Simulated
ST960704	6.785	6.823	7.8	8.0	2.856	3.087	9.5	9.8
ST960715	-	-	-	-	1.277	1.264	6.7	7.0
ST960721	4.010	3.974	14.0	14.0	1.908	1.939	14.3	14.0
ST960727	5.067	5.072	4.0	4.0	1.405	1.403	5.0	3.4
ST961006	0.452	0.421	8.8	10.0	-	-	-	-
ST961024	0.465	0.468	14.8	14.0	-	-	-	-
ST970507	3.867	3.856	7.3	7.0	-	-	-	-
ST970512	6.009	6.073	7.3	7.0	-	-	-	-
ST970625	16.697	17.041	10.0	10.0	3.265	3.285	9.5	10.0
ST970630	46.187	46.532	12.0	12.0	5.898	5.663	10.0	12.0
ST970704	6.478	5.947	13.5	13.0	-	-	-	-
ST970715	4.041	3.736	6.2	6.0	-	-	-	-
ST970803	93.988	93.737	11.0	11.0	7.119	7.164	31.3	30.0
ST980502	1.556	1.231	8.2	9.0	-	-	-	-
R^2	0.99		0.97		0.99		0.98	
RMSE*	0.25		0.50		0.13		1.12	

* Root Mean Square Error

IV. 요약 및 결론

유출량 자료가 없는 미계측 소유역의 홍수유출량 추정을 위해 TR-20 모형을 적용하였으며, 적용성 평가를 위해 유역 내 두 지점 (HS#3, HS#4)에서의 실측 홍수량 자료를 이용하였다.

연구의 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 홍수유출량을 모의 비교한 결과, 저수지의 홍수조절 효과로 인하여 HS#4 지점이 HS#3 지점과 비교해, 유출량이 작게 나타났다.
2. 모형의 적용성 평가를 위해 선정된 사상들에 대하여 95%와 99%의 신뢰구간에 대하여 신뢰성을 검정한 결과, 대략 50~70% 정도의 사상들이 신뢰성을 갖는 것으로 나타났다.
3. 첨두유량과 첨두시간에 대하여 실측치와 모의치의 상관계수 R^2 의 값이 0.97~0.99의 범위를 보였고, RMSE 값은 첨두유량이 0.13~0.25 m³/sec, 첨두시간이 0.50~1.12 hr의 값을 보였다.

참 고 문 헌

- 김종덕, 1990. SCS법에 의한 소유역의 홍수유출 추정, 서울대학교 석사학위 논문.
- 심순보, 안상진, 1976. 미계측 중소하천의 계획홍수량 산정에 관한 연구, 한국수문학회지, 9(2), pp. 101~114.
- Foroud, N. and R. S. Broughton, 1981. Flood hydrograph simulation model, J. of Hydrology, 49, pp. 139~172.