

HEC-1 모형의 유역특성변화에 따른 설계 홍수량의 비교 분석

Analysis of Design flood in a relation to Changing Characteristics of Area by using HEC-1 Model

김 선 주 · 김 필 식*
Kim, Sun Joo · Kim, Pill Sik

Abstract

While there are estimating design discharge, we are in trouble with how to separate area. Because discharges will be different depending on the shape of area even though there are same size of area.

This study is for a reasonable presentation of design discharge method where there are changing characteristics of area with SCS and Clark theory by using HEC-1 Model

While we were Estimating design discharge with separating area in a relation to Time of Concentration(T_c) with SCS, Clark method, we found that if there are no variation of T_c , the value of a discharge is not changed where shapes of area are different though. And from the result of analysis with SCS and Clark method, we ascertained that discharge by the SCS method was more bigger than that of the Clark where Area is less than 100ha. On the other hand, Clark method is more bigger in the more 1000ha

I. 서 론

홍수유출량은 수리 구조물을 설계하기 위한 가장 중요한 요소이다. 합리적인 홍수유출량을 산정하기 위한 가장 좋은 방법은 해당 유역에서 실측을 하여 그 지역의 홍수수문곡선을 구하는 것이지만, 현재 국내에서는 실측 자료를 근거로 설계홍수량을 산정한 예는 미비한 실정이다.

실무에서는 단위도를 합성하여 미계측 지점에 대한 근사치로서 홍수량을 산정하는 방법을 주로 사용해 왔다. 이러한 목적으로 사용되는 단위도를 합성단위도라고 하며, 대부분의 유역에서는 일정기간동안의 강우사상을 확률강우분포로 만들어 합성단위도법에 단위도의 3가지 기본 가정을 적용하여 홍수유출량을 계산하게 된다. 이러한 합성단위도법의 가장 대표적인 이론은 SCS와 Clark, Snyder 방법등이 있는데 각 방법마다 홍수량을 산정하는 방법이 틀리므로, 실제 유역에 적용할 때 어떠한 방법을 사용하느냐는 문제가 발생하게 된다.

또한 소유역과 중유역, 대유역으로 유역을 나누고 대유역은 여러개의 중유역으로 나누어 홍수 추적에 의해 유출을 계산하는 것이 일반적이다. 그러나 실무에서 범용화 되어 있는 HEC-1 model 의 경우 이러한 유역의 구분에 어떻게 적용될지에 대한 문제가 발생하게 된다.

따라서 이와 같은 문제를 해결하기 위해서 홍수유출량 산정시 가장 중요한 유역 도달시간

(Time of Concentration, Tc)과 유역 면적(Area)에 따라 SCS 방법과 Clark 방법을 적용하여 Tc와 면적에 따른 명확한 적용 기준의 정립이 중요하다고 사료 된다.

본 연구에서는 실무에서 범용화 되어 있는 HEC-1 model을 이용하여 동일면적의 유역을 대상으로 유역 지형적 특성인자 변화에 따른 홍수유출량의 변화를 SCS 및 Clark 합성단위도로 비교하여 합리적인 홍수유출량 산정하고자 하고 이러한 방법으로 유역의 면적을 다르게 적용하므로 면적의 크기에 따른 변화를 고찰하고자 한다. 나아가 면적과 유역도달시간을 더욱 세부적으로 나누어 홍수유출량을 Simulation 하므로 면적과 유역 도달시간, 홍수유출량의 관계를 제시하고자 한다.

II. 재료 및 방법

2.1 Simulation 재료

제1차 Simulation 재료는 유역면적이 100ha, 1000ha, 10000ha이고 초기손실과 일정손실률이 같고 유역면적에 대하여 유역도달시간이 1hr, 5hr, 10hr 이라고 가정하고 도달시간이 모두 같게 동일 면적의 소유역으로 나눈 경우와 도달시간이 다르게 동일 면적의 소유역으로 나눈 경우로 구분하였다.

제2차 Simulation 재료는 좀 더 세부적이게 유역면적이 100ha, 500ha, 1000ha, 5000ha, 10000ha, 20000ha, 50000ha이고 초기손실과 일정 손실률이 같고 각각의 유역면적에 대하여 유역도달시간이 1hr, 3hr, 5hr, 7hr, 9hr, 11hr,시간의 경우로 가정하여 Simulation 한다.

2.2 Simulation 방법

제1차 Simulation에서는 두 가지의 Step으로 구분하여 각 Step에 대하여 각각의 Case 별로 Simulation 하였다. Clark 방법에 의한 홍수 유출모형의 적용에 필요한 입력자료는 (Table 1) 과 같고 유역면적이 100ha인 경우를 예를 들면 First Step은 유역형상과 유역도달시간을 같게 하고, 2, 3, 4개의 동소유역으로 나누어 Simulation하고 Second Step은 유역의 형상과 유역도달시간을 바꿔가면서 Simulation 한다. 이러한 방법을 1000ha, 10000ha의 유역에서도 Tc = 5hr, 10hr으로 가정하여 적용시켰다. SCS방법의 경우도 Clark 방법과 같이 입력자료는 (Table 1) 과 같고 SCS방법의 TLEG은 SCS Lag method(1973)에 의해, $T_c=1.667T_g$ 를 사용하여 같은 형식으로 분할하여 Simulation 하였다.

(Table 1) Area Input Data (SCS, Clark)

Classification		Dividing Subbasin figures	Subbasin Area (ha)	CN	Lag time(SCS)	Time of concentration (Clark)
First Step	Case1	1	100	90	0.6	1
	Case2	2	50, 50	90	0.6	1
	Case3	3	33, 34, 33	90	0.6	1
	Case4	4	25, 25, 25, 25	90	0.6	1
Second Step	Case1	1	100	90	0.6	1
	Case2	2	50, 50	90	0.3	0.5
	Case3	4	25, 25, 25, 25	90	0.15	0.25

제2차 Simulation에서도 두 가지의 Step으로 구분하여 각 Step에 대하여 각각의 Case 별로 Simulation 하였다. 필요한 입력자료는 (Table 2)와 같고 First Step의 경우 예를 들어 100ha의 유역면적에 유역도달시간이 1hr, 3hr, 5hr, 7hr, 9hr, 11hr라고 가정하여 Simulation 하였고, Second Step의 경우는 1hr의 유역도달시간에 대하여 100ha, 500ha, 1000ha, 5000ha, 10000ha, 20000ha, 50000ha를 각각 적용하여 Simulation 하였다. 제1차 Simulation에서와 같이 초기손실과 일정 손실량은 같다고 가정하고, SCS의 TLEG의 경우도 같다. 이 두 단계를 SCS 방법과 Clark 방법으로 Simulation 하였다.

(Table 2) Time of concentration-Area input Data (SCS, Clark)

Classification		Subbasin Area(ha)	Time of concentration (Lag time)	
First Step	Case1	100	1(0.6), 3(1.8), 5(3), 7(4.2), 9(5.4), 11(6.6)	
	Case2	500		
	Case3	1000		
	Case4	5000		
	Case5	10000		
	Case6	20000		
	Case7	50000		
Classification		Time of concentration(Clack)	Lag time (SCS)	Subbasin Area(ha)
Second Step	Case1	1	0.6	100, 500, 1000, 5000,
	Case2	3	1.8	
	Case3	5	3	
	Case4	7	4.2	
	Case5	9	5.4	10000, 20000, 50000,
	Case6	11	6.6	

III. 결과 및 고찰

제1차 Simulation에서 SCS와 Clark에 의한 결과물 각 Case 별로 침투유량, 침투시간, 총유출량, 침투유량 비율, 유역도달시간을 (Table 3)과 같이 정리하였다.

First Step은 Tc의 변화가 없이 유역면적을 같은 형상의 등유역으로 나눈 경우로, 침투유량과 총유출량의 경우 SCS와 Clark 방법으로 Simulation 한 결과 Case별로 모두 같게 나왔고, 100ha에서는 SCS방법이 더 큰 값이었지만 유역이 커질수록 Clark방법이 커지는 것을 알 수 있다. 침투시간은 100ha와 1000ha에서는 SCS와 Clark 방법이 같았는데 10000ha 경우에는 Clark 방법이 1시간 빨라진 것을 볼 수 있다.

Second Step은 Tc와 형상의 변화를 주면서 등유역으로 나눈 경우로 Case 별로 모든 값은 변화였다. 우선 침투유량은 Case 순서대로 값이 커지는 것을 볼 수 있고, SCS와 Clark를 비교하던 First Step일 때와 같이 100ha에서는 SCS방법이 더욱 큰 값을 보이지만, 유역이 커질수록 Clark 방법이 큰 값을 나타내었다. 총유출량은 100ha 경우만을 제외하면 Case 순서대로 증가하였고, 100ha에서는 SCS 방법이 Clark 방법 보다 조금 크고, 1000ha에서는 SCS방법과 Clark방법이 비슷하다. 그리고 면적이 가장 큰 10000ha에서는 Clark방법이 SCS방법 보다 큰

것을 볼 수 있다. 하지만 각각의 면적에 대하여 SCS방법 별로, Clark방법 별로 Case 끼리 비교하면 거의 비슷한 값을 나타내었다. 침투시간도 침투유량과 같이 100ha에서는 큰 차이를 보이지 않지만 유역이 커질수록 Case 순서대로 짧아졌다.

(Table 3) Results of Simulating of runoff

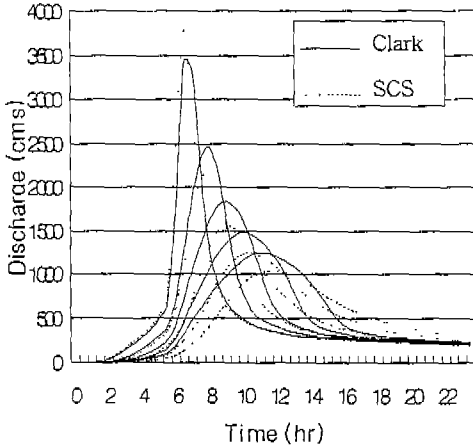
Classification		Peak Flow (cms)	Peak time (hr)	Total flow (cms)	Ratio of Peak flow	Tc (hr)	
First Step	SCS 100ha	Case 1,2,3,4	19	6.5	120	1	1
	Clark 100ha	Case 1,2,3,4	17	6.5	117	0.89	1
	SCS 1000ha	Case 1,2,3,4	78	9	1,140	1	5
	Clark 1000ha	Case 1,2,3,4	92	9	1,161	1.25	5
	SCS 10000ha	Case 1,2,3,4	484	12.5	10,238	1	10
	Clark 10000ha	Case 1,2,3,4	580	11.5	11,027	1.03	10
Second Step	SCS 100ha	Case 1	19	6.5	120	1	1
		Case 2	24	6	118	1.26	0.5
		Case 3	26	6	118	1.36	0.25
	Clark 100ha	Case 1	17	6.5	114	0.89	1
		Case 2	20	6.5	118	1.05	0.5
		Case 3	20	6.5	118	1.05	0.25
	SCS 1000ha	Case 1	78	9	1,140	1	5
		Case 2	120	7.5	1,182	1.53	2.5
		Case 3	137	6.5	1,198	2.14	1.25
	Clark 1000ha	Case 1	92	9	1,167	1.17	5
		Case 2	135	7.5	1,187	1.73	2.5
		Case 3	138	7	1,196	2.15	1.25
	SCS 10000ha	Case 1	484	12.5	10,238	1	10
		Case 2	782	9	11,399	1.74	5
		Case 3	1199	7.5	11,817	2.68	2.5
	Clark 10000ha	Case 1	580	11.5	11,027	1.27	10
		Case 2	919	9	11,589	2.05	5
		Case 3	1349	7.5	11,849	3.0	2.5

제1차 Simulation에서 유역 면적에 따라 SCS와 Clark방법에 따라 각각의 침투유량이 다르게 나타났고, 유역 도달시간과 유역면적의 적용에 따라서도 침투유량과 침투시간에 크고 작음을 도출 할 수 있었다. 따라서 좀 더 많은 경우의 유역 도달시간과 유역면적의 적용으로 유역 특성에 따른 침투유량과 침투시간의 변화를 Simulation한 제2차 Simulation 결과가 다음과 같다.

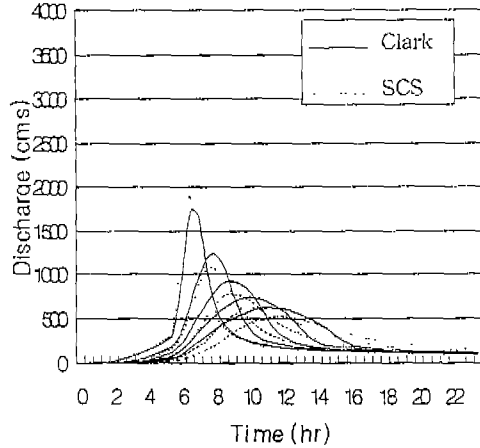
제2차 Simulation 결과는 각각의 면적에 대하여 T_c가 변하는 경우는 모든 경우를 가장 잘 대표할 수 있는 면적이 1000ha, 5000ha, 10000ha, 20000ha의 경우에 해당하는 수문곡선을 나타내었고, 각각의 T_c에 대하여 면적이 변하는 경우는 T_c가 3hr, 5hr, 7hr, 9hr의 경우에 해당하는 수문곡선을 나타냈다.

First Step은 1000ha, 5000ha, 10000ha, 20000ha에 대해 T_c를 변화시키면서 Simulation를 실시하였고 실선은 Clark 방법에 의한 수문곡선이고 점선은 SCS 방법에 의한 수문곡선을 나타

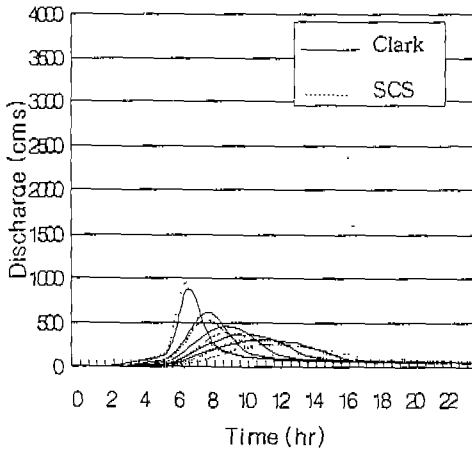
낸다. 수문곡선상에서 가장 큰 첨두유량을 갖는 수문곡선이 T_c 가 가장 짧은 1시간의 경우이고 가장 작은 첨두유량을 갖는 수문곡선이 T_c 가 가장 긴 9시간의 경우이다.



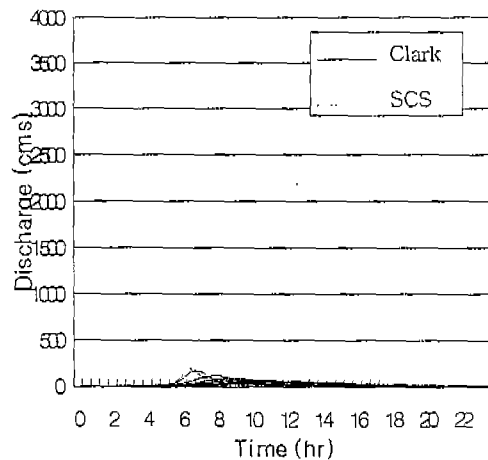
<Fig 1> Hydrograph in the 20000ha



<Fig 2> Hydrograph in the 10000ha



<Fig 3> Hydrograph in the 5000ha



<Fig 4> Hydrograph in the 1000ha

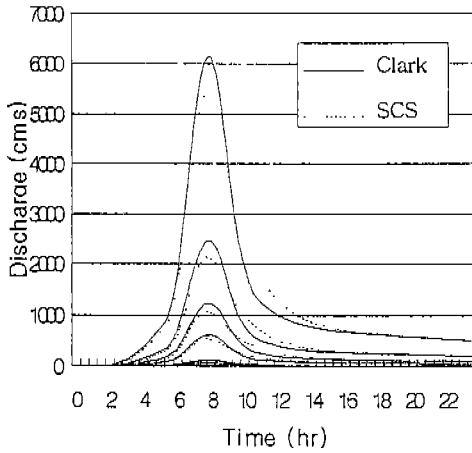
<Fig 1>, <Fig 2>, <Fig 3>, <Fig 4>모두에서 볼 수 있듯이 T_c 가 1시간일 경우 SCS 방법에 의한 첨두유량이 Clark 방법에 의한 첨두유량 보다 크고 그 이후로는 Clark 방법에 의한 첨두유량이 큰 것을 볼 수 있다.

수문곡선의 추세에서 증가부분은 유역면적에 상관없이 유출 시작 시간과 경향이 비슷하나 감소부분은 T_c 를 다르게 적용함에 따라 완급의 차이가 나타나고 있다.

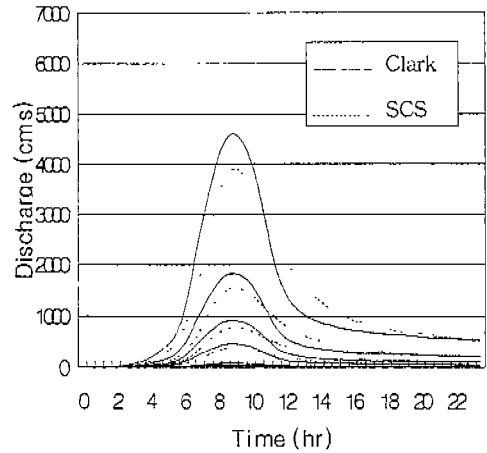
T_c 와 첨두시간의 관계를 보면 면적의 변화와 상관없이 T_c 가 길어짐에 따라 첨두시간이 정비례관계를 갖으면서 늦어지는 경향을 보이고 있다.

Second Step은 T_c 가 3hr, 5hr, 7hr, 9hr인 경우에 대해 면적을 변화시키면서 Simulation 하

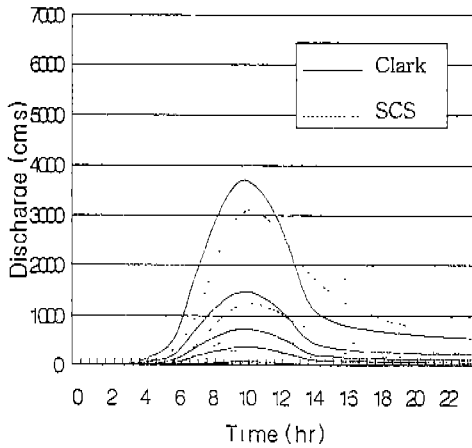
였고 수문곡선상에서 가장 큰 첨두유량을 갖는 수문곡선이 면적 50000ha에 해당하고, 가장 작은 첨두유량을 갖는 수문곡선이 면적 1000ha에 해당한다.



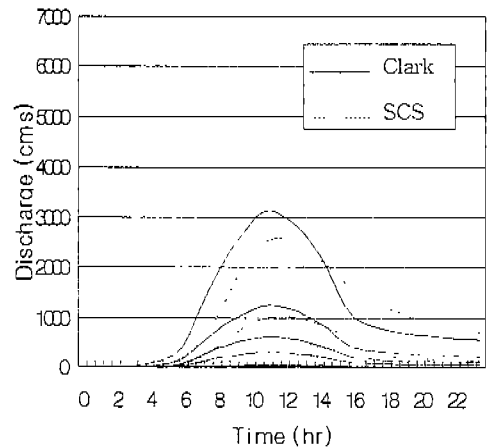
<Fig 5> Hydrograph in the Tc-3hr



<Fig 6> Hydrograph in the Tc-5hr



<Fig 7> Hydrograph in the Tc-7hr



<Fig 8> Hydrograph in the Tc-9hr

<Fig 5>, <Fig 6>, <Fig 7>, <Fig 8> 모두에서 볼 수 있듯이 Clark 방법이 SCS 방법에 의한 첨두유량보다 크고 면적이 커질수록 그 차이가 확실해진다.

<Fig 5>, <Fig 6>의 경우와 같이 Tc가 3hr, 5hr 일때는 첨두시간이 Clark 방법과 SCS 방법이 같았으나 <Fig 7>, <Fig 8>의 경우와 같이 Tc가 7hr, 9hr 일때는 SCS 방법이 Clark 방법보다 첨두시간이 늦어지고 있다.

Tc에 상관없이 면적이 변함에 따라 첨두유량은 일정한 간격을 유지하고 있다. 따라서 Tc와 첨두유량간의 상관분석을 해본 결과 첨두유량과 Tc와의 관계에 상관관계의 계수(r)의 절대값이 1.00에 가까운 높은 상관관계를 갖는다.

수문곡선의 추세에서 첨두시간 이후 Clark 방법에 의한 감소 경향은 급격한데 비해 SCS방

법은 완만함을 보인다. 이 경향은 Tc가 길고, 면적이 커질수록 더욱 급격하다. 즉, Tc가 짧고 면적이 작을수록 Clark 방법과 SCS방법에 의한 감소 경향이 비슷해진다.

IV. 결론

1. 동일 면적에서 유역의 형상과 Tc가 변화하지 않는 경우 소유역으로 나누어 계산하여도 첨두유량과 총유출량에는 차이가 나지 않았다. 따라서 유출 손실이 유사한 대유역에 대해서는 비슷한 형상의 소유역으로 나누어 산정하여도 그 결과는 같다는 것을 알 수 있다.
2. 동일 면적에서 유역의 형상과 Tc가 변화하는 경우 소유역으로 나누어 계산할 때에는 Tc가 짧을수록 첨두유량 및 총유출량은 커지고, 첨두시간은 짧아졌다. 그러므로 유역의 형상은 유역의 유출량에 큰 영향을 미치며 Tc가 짧을수록 홍수로 인한 피해가 크다는 것을 알 수 있다.
3. 유역면적이 100ha 미만의 경우에는 SCS방법이 Clark방법 보다 첨두유량과 총유출량이 크지만 1000ha 이상의 유역면적에서는 Clark 방법이 더 크게 나오므로 실측 자료에 의한 유역의 구분은 이루어져 유역 면적에 따른 적합한 합성단위도 방법의 결정이 필요하다.
4. Clark 방법과 SCS 방법의 비교 결과 유출의 시작은 면적과 Tc에 관계없이 일정한 반면에 첨두유량 이후 감소 부분에서 급격함과 완만함의 차이를 보이고 이러한 차이는 감수변곡점의 위치에 큰 영향을 미친다. 따라서 감수변곡점의 위치로 기저유출과 직접유출을 결정하는 HEC-1 model은 유출수문곡선에서 Clark방법과 같이 면적과 Tc에 따라 감소 부분이 급격한 방법의 유출량에 영향이 크다.
5. 동일 면적에서 Tc가 증가함에 따라 첨두시간이 일정한 간격으로 길어졌고, 동일 Tc에서 면적이 증가함에 따라 첨두유량이 일정하게 증가함을 보여주므로 Hec-1 Model에서는 적용 Tc에 첨두시간과 첨두유량이 높은 상관관계를 갖고 있다.
6. 첨두유량의 경우 유역면적에 상관없이 Tc가 1hr일 경우만 유일하게 SCS방법이 Clark방법보다 크게 나왔고, 첨두시간의 경우 Tc가 3hr, 5hr일 경우에는 Clark 방법과 SCS방법이 같으나 Tc가 7hr, 9hr일 경우에는 SCS방법이 Clark방법보다 길게 나왔다. 따라서 실측 자료를 이용하여 비교 분석 한다면 Tc에 따라 SCS방법과 Clark방법의 적용범위를 구할 수 있다고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 건설부, 하천시설기준, 1993
2. 윤용남, 공업수문학, 청문각, 1996.
3. 한국건설기술연구원, 수문모형 평가에 관한 연구, 1992.
4. 서병하외 2명, 설계홍수량 산정을 위한 합성단위유량도의 개발, 한국수문학회지, 제22권 4호, 1989.
5. 윤용남외 2명, CLARK 유역추적법에 의한 계획홍수량 산정에 미치는 메기변수의 민감도 분석, 한국수문학회지, 제27권 4호, 1994.
6. 이재수, HEC-1모형의 실유역 적용 -위천 유역 중심-, 고려대학교, 1987.
7. 최의정, 홍수도달시간의 추정에 관한 연구, 건국대학교, 1993.
8. 전병선, 소유역에서의 합성단위유량도 산정에 관한 연구, 건국대학교, 1988.
9. U.S. Army Corps of Engineers, HEC-1 Flood Hydrograph Package, User's Manual, 1990.
10. Larry W. Mays, water resources handbook, 1996.