

산지 소유역의 도달시간 결정에 관한 고찰

○심기오¹⁾, 이철규²⁾

1. 서론

소유역에 대한 개발계획을 수립함에 있어 수문설계자들은 설계홍수량을 산정하여야 한다. 이러한 설계홍수량을 산정하기 위해서는 여러인자들을 결정하여야 하며 홍수도달시간 또한 결정되어야 한다. 유역에서의 홍수도달시간을 결정하기 위해서 수문설계자들은 도달시간공식 개개의 특성을 파악하고 적합한 도달시간 공식을 선택하여 비교하고 결정하여야 한다.

홍수도달시간은 유역의 최원점에 내린 비가 유역 출구점에 도달하는데까지 소요되는 시간으로 유역의 모든 지점에서 출구점 유출량에 영향을 끼치게 되는데 유역의 여러 가지 특성에 따라 도달시간 공식의 적용을 달리하는 것이 합리적이다.

이러한 유역에 적용되는 홍수도달시간에 관한 공식은 이미 매우 여러 가지 형태로 제안되어 적용되고 있으며 소규모 지역의 개발에 따른 재해영향을 평가하기 위한 공식들 또한 매우 다양한 공식들이 적용되고 있다.

현재 재해영향평가서 등에 적용되고 있는 도달시간 산정값을 보면 수문설계자들이 일반적으로 3 가지 이상의 홍수도달시간 공식을 비교 분석하여 홍수도달시간을 임의로 결정하고 있으므로, 동일한 소유역에 대해 산정된 홍수도달시간을 비교하면 2배가 넘는 상당한 차이가 나고 있는 경우가 많은 실정이다. 이러한 도달시간의 차이는 여러 가지 이유가 있겠으나 도달시간 공식의 불완전함과 공식의 잘못된 적용과 선정, 대상유역 특성의 불충분한 고려 등에서 온 결과일 것으로 판단된다.

이러한 도달시간 공식의 적용에 있어 우리나라 산지소유역 특성을 고려한 공식들을 추천하기 위하여 「자연재해대책법」에 의하여 수문설계자들은 대규모 개발사업을 하고자 할 경우 개발에 따른 재해의 영향에 대하여 개발 이전에 재해영향을 평가하고, 이로 인한 개발 전·중·후의 재해요인들을 최소화하는 방향으로 설계를 추진하도록 하기 위하여 1996년도부터 「재해영향평가서」를 작성하고 있다. 이에 본 연구에서는 수문설계자들이 재해영향평가서에서 적용하고 있는 홍수도달시간 산정값과 적용유역의 특성을 파악하여, 재해영향평가서에서 분석된 홍수도달시간 산정값과 유역특성과의 적용분포를 분석 제시하므로써, 우리나라 산지 소유역을 개발하고자 할 때 홍수도달시간의 결정시 수문 설계자들의 설계홍수량 산정에 기여하고자 한다.

또한 국내 소유역에서 선택되어 사용되고 있는 홍수도달시간 산정값을 파악하고, 공식이 적용된

1) 국립방재연구소 토목연구관

2) 국립방재연구소 위촉연구원

산지 소유역들의 여러가지 유역특성을 분석하여 우리나라 산지 소유역에 적용가능한 홍수도달시간 공식을 추천하고자 한다.

2. 대상자료의 선정

산지 소유역의 홍수도달시간을 파악하기 위하여 1996년부터 행정자치부 주관으로 실시되고 있는 재해영향평가서를 조사 분석하여, 체육시설과 관광단지 개발을 위해 작성된 10개의 재해영향평가서를 표 1.과 같이 대상자료로 선정하였다.

표 1. 유역별 선정된 재해영향평가서

유역 별	한 강	낙 동 강	만 경 강
사 업 명	경포 골프장 대중 골프장 용평 스키장 춘천 한화리조트 현대 성우골프장	김해 골프장 대구종합운동장 진례 컨트리클럽 A/G 골프 경기장	전주월드컵 경기장
계	5 개	4 개	1 개

위와 같이 선정된 10개의 재해영향평가서에서 재해영향을 평가하기 위해 대상지역을 소유역으로 구분하여 조사·분석하였으며, 이러한 소유역에 있어서 홍수도달시간을 산정하는식을 제안하고자 하였다. 선정된 10개 사업지구에 대한 대상지역의 소유역에 따른 분포는 표 2. 와 같다.

표 2. 사업명에 따른 소유역의 수

사 업 명	소유역 수	사 업 명	소유역 수
경포 골프장	10	대중 골프장	2
용평 스키장	2	현대 성우골프장	6
진례 컨트리클럽	14	A/G 골프경기장	7
춘천 한화리조트	2	전주월드컵 축구경기장	6
김해 골프장	5	대구종합운동장	1
총 계	55 개		

3. 자료의 분석

대상지역으로 선정된 10개 지역에서 소유역으로 구분하여 55개의 소유역으로 구분하였다. 재해영향평가서 보고서에서 사용된 소유역 특성인자들을 적출(유역면적, 도달시간, 평균경사, 유로연장)하였으며, 그밖에 필요한 인자들(둘레길이, 유역밀집도)을 산정하여 표 3.에 제시하였다. 위의 표 3.에서

표 3. 소유역의 특성인자

사 업 명	유역면적 (km ²)	도달시간 (min)	평균경사 (m/m)	유료연장 (km)	물래길이 (km)	유역밀집도
춘천 한화리조트	2.143	18.06	0.129	2.564	6.46	0.803
	1.160	13.02	0.110	1.548	4.62	0.826
용평 스키장 확대 조성	11.208	16.63	0.122	5.646	16.16	0.735
	14.867	23.38	0.096	6.880	17.39	0.786
대구 종합운동장	3.463	33.30	0.093	3.030	8.51	0.775
경포 골프장	7.340	43.93	0.219	6.500	12.58	0.763
	6.790	31.85	0.224	5.490	11.52	0.802
	3.880	31.85	0.227	5.490	10.63	0.657
	3.090	21.56	0.237	4.000	8.20	0.760
	1.340	12.63	0.245	2.360	5.06	0.811
	1.710	10.70	0.246	1.760	8.07	0.574
	2.910	25.17	0.221	4.260	9.98	0.606
	2.530	20.25	0.230	3.520	8.64	0.653
	1.218	12.45	0.238	2.320	6.19	0.632
	0.757	6.21	0.188	1.590	5.32	0.580
대중 골프장	3.554	30.30	0.062	3.480	8.13	0.822
	1.968	22.30	0.064	2.370	5.88	0.845
현대성우 골프장	0.100	1.11	0.095	0.325	1.69	0.663
	0.080	1.04	0.166	0.424	1.18	0.850
	1.340	5.34	0.140	1.969	5.04	0.815
	0.260	1.81	0.257	0.962	2.32	0.780
	0.060	0.95	0.145	0.360	0.92	0.945
	1.230	3.92	0.197	1.775	4.51	0.872
김해 골프장	26.452	82.50	0.020	9.500	21.69	0.841
	7.556	36.10	0.057	4.200	11.89	0.820
	10.069	40.50	0.021	4.800	14.81	0.760
	3.304	17.70	0.023	2.200	8.06	0.799
	7.969	55.50	0.021	6.600	11.34	0.883
전주 월드컵 축구 경기장	7.760	70.84	0.023	5.650	13.11	0.754
	12.970	80.76	0.019	6.950	18.13	0.704
	17.350	109.63	0.015	8.710	20.35	0.726
	18.590	130.42	0.014	10.050	21.93	0.697
	24.850	130.42	0.014	10.050	26.09	0.677
	28.150	155.04	0.012	11.350	28.28	0.665
A / G 골프 경기장	0.298	4.82	0.050	0.960	2.19	0.885
	0.167	5.32	0.050	1.060	2.11	0.685
	0.103	2.28	0.100	0.690	1.45	0.787
	0.321	3.45	0.070	0.840	2.25	0.892
	0.142	2.38	0.070	0.580	1.82	0.736
	0.366	4.87	0.050	0.970	2.93	0.733
	0.051	1.28	0.120	0.340	1.27	0.632

표 3. 소유역의 특성인자(계속)

사업명	유역면적 (km ²)	도달시간 (min)	평균경사 (m/m)	유로연장 (km)	둘레길이 (km)	유역밀집도
진 레 컨트리클럽	0.093	1.10	0.142	0.410	1.277	0.847
	0.117	0.90	0.224	0.420	1.393	0.871
	0.074	0.60	0.257	0.300	1.082	0.892
	0.089	0.90	0.255	0.490	1.249	0.847
	0.133	1.20	0.282	0.650	1.763	0.733
	0.176	1.80	0.239	0.890	1.955	0.761
	0.156	1.60	0.236	0.830	2.215	0.632
	0.120	1.30	0.300	0.720	1.556	0.789
	0.181	1.90	0.232	0.930	1.982	0.761
	0.684	10.00	0.130	1.810	4.128	0.710
	0.532	7.20	0.146	1.610	3.617	0.715
	0.348	3.60	0.192	1.210	2.904	0.720
	0.325	9.80	0.150	1.800	3.655	0.553
0.255	4.40	0.189	1.360	2.856	0.627	

소유역의 도달시간 특성을 파악하기 위하여 유역면적, 평균경사, 유로연장, 둘레길이 및 유역밀집도를 분석하여 식을 유도하고자 하였으며 유도된 식은 다음과 같다.

$$T = \frac{\sqrt{L}}{F \cdot C \cdot S} \quad \text{식(1)}$$

여기에서 T : 회귀분석을 위한 산정값

L : 소유역의 유로연장 (km)

F : 소유역의 형상계수 (= 유역평균폭/유로연장)

C : 소유역의 밀집도 (= $\frac{2\sqrt{\pi A}}{\text{유역의 둘레길이}}$)

A : 소유역 면적

S : 소유역의 평균경사

위의 식(1)의 값(T)과 재해영향평가서에서 소유역별로 산정 채택된 도달시간(T_u)을 표 4. 에 함께 나타내었다.

표 4에 제시된 55개 소유역에 대한 산정값(T)과 재해영향평가서에서의 도달시간(T_u)을 회귀 분석하여 그래프로 나타내면 그림 1. 과 같고 회귀식은 식(2)와 같다.

$$T_u = 0.0812 T + 7.6 \quad \text{식(2)}$$

표 4. 도달시간과의 비교

사업명	도달시간 T_u (min)	산정값 (T)	사업명	도달시간 T_u (min)	산정값 (T)
춘천 한화리조트	18.1	47.4	전주 월드컵 축구 경기장	70.8	564.2
	13.0	28.3		80.8	733.8
용평 스키장 확대 조성	16.6	75.4		109.6	1,185.7
	23.4	110.7		130.4	1,765.2
대구 종합운동장	33.3	64.0		130.4	1,358.8
경포 골프장	43.9	87.8	155.0	1,931.8	
	31.9	57.9	A / G 골프경기장	4.8	68.5
	31.9	122.1		5.3	202.2
	21.6	57.5		2.3	48.8
	12.6	32.1		3.5	32.3
	10.7	17.0		2.4	35.0
	25.2	96.1		4.9	69.1
	20.3	61.2		1.3	17.4
	12.5	44.8		1.1	9.6
	6.2	38.6		0.9	5.0
대중 골프장	30.3	124.6		0.6	2.9
	22.3	81.6	0.9	8.7	
현대성우 골프장	1.1	9.6	1.2	12.4	
	1.0	10.4	1.8	23.3	
	5.3	35.7	1.6	27.0	
	1.8	17.4	1.3	15.5	
	1.0	9.4	1.9	26.1	
	3.9	19.8	10.0	69.8	
	82.5	622.3	7.2	59.2	
김해 골프장	36.1	102.2	3.6	33.5	
	40.5	312.8	9.8	161.3	
	17.7	119.7	4.4	71.4	
	55.5	750.4	계	55개	

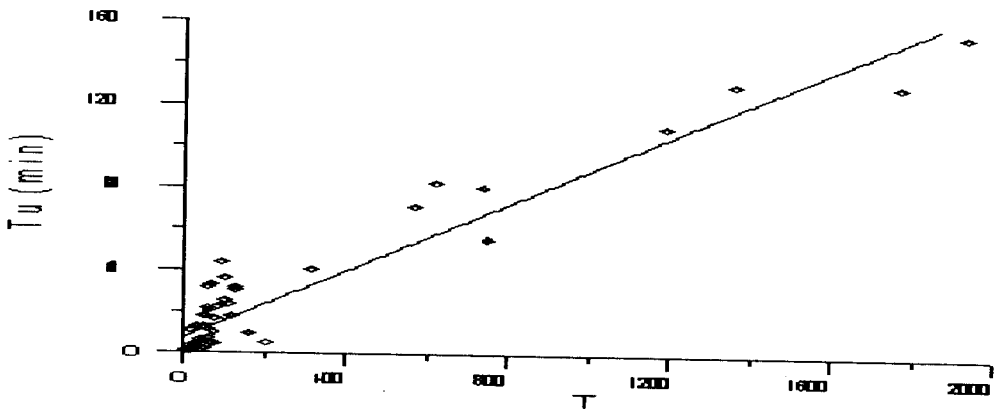


그림 1. 도달시간(T_u)과 T 값과의 관계

식(2)에서 결정계수의 값은 0.91(상관계수 0.95)로 산정되었으며 식(1)과 식(2)를 이용하여 소유역에서의 도달시간(T_c)은 다음과 같이 제시할 수 있다.

$$T_c = 0.0812 \frac{\sqrt{L}}{F \cdot C \cdot S} + 7.6 \quad \text{식(3)}$$

여기서 T_c : 소유역에서의 도달시간 (min)

L : 소유역 유로연장 (km)

4. 결론

인구의 증가와 더불어 산지지역이 도시화되고 불투수지역이 투수지역으로 변화되어감에 따라 개발에 따른 홍수량 변화는 더욱 중요한 재해요소가 되고있다. 동일한 유역면적에 동일한 강우가 발생하더라도 개발지역의 총유출용적의 크기는 개발이전에 비해 상당히 크게 나타난다. 이러한 홍수량의 변화는 침투유출량이 발생하는 침투시간이 중요한 요소가 되며, 동일한 유역인 경우 침투도달시간의 크기에 따라 유역 하류부에 끼치는 영향은 매우 다른형태로 나타날 수 있으므로 유역의 홍수량 추정시 도달시간의 결정은 매우 중요하다.

본 연구에서는 개발에 따른 재해영향을 사전에 예측·평가하기 위해 작성된 재해영향평가서에서의 소유역에 대한 특성인자를 파악하여 도달시간과 산정값과의 회귀분석을 실시하므로써 도달시간 공식을 제공하여 홍수량 설계시 도달시간의 결정에 도움을 주고자 하였으며 다음과 같이 나타났다.

$$T_c = 0.0812 \frac{\sqrt{L}}{F \cdot C \cdot S} + 7.6$$

여기서, T_c : 유역에서의 도달시간 (min), L : 유로연장 (km)

5. 참고문헌

1. 쌍용양회주식회사, "용평스키장 조성사업을 위한 재해영향평가서", 1996.12.
2. 한화국토개발주식회사, "춘천한화 리조트 개발사업을 위한 재해영향평가서", 1997.6.
3. 한국체육진흥주식회사, "한국체육진흥(주) 대중골프장 조성사업 재해영향평가서", 1997.7.
4. 대구광역시, "대구종합운동장 체육공원조성 재해영향평가서", 1997.9.
5. 두산기업(주), "경포골프장조성사업 재해영향평가서", 1997.10.
6. 김해시, "김해골프장조성사업 재해영향평가서", 1998.8.
7. 성우종합레저산업(주), "현대성우골프장 개발사업 재해영향평가서", 1998.11.
8. 롯데산업주식회사, "진례컨트리클럽 건설사업 재해영향평가서", 1999.4.
9. 전주시, "전주월드컵 축구경기장 건설사업 재해영향평가서", 1999.8.
10. 부산광역시, "A/G 골프경기장 건설사업 재해영향평가서", 1999.12.