

PE10) **한국 산악 소유역을 위한 지형상사 특성에 기초한
수정 지형수문단위도 개발 연구**
- 한국형 지형수문단위도 개발 및 적용 -

김홍태*, 송시훈, 안승섭¹, 심현석²

국립환경과학원 수질총량관리센터, ¹경일대학교 건설정보공학과,

²부산대학교 토목공학과

1. 서 론

지금까지 지형수문인자는 지형도 상에서 추출하기는 작업상 상당히 힘들며 장시간의 작업시간을 요하므로 소규모 유역의 적용에만 가능했다. 그러나 최근 들어 GIS기법의 발달과 지형연산프로그램의 개발과 함께 급속도로 산정방법이 수월해졌지만 아직도 Horton 차수비 등과 같은 일부 매개변수의 산정은 상당한 작업 시간과 까다로운 처리과정을 요한다. 따라서 이와 관련된 응용분야의 연구사례도 부족한 편이며 실무의 적용은 더욱 고려하기가 힘든 상황이다. 그리고 임의 유역에 대한 강우-유출 현상의 정확한 규명은 강우의 시간 공간적 불규칙한 특성과 지형의 3차원 공간성과 침투와 차단 등의 손실 특성으로 인해 상당히 어렵고 힘든 문제이다. 하지만 전통적 방법으로 임의 유역 자체를 하나의 덩어리로 취급한 개념적 모형으로 가정하여 강우에 대해 선형적 단위도법을 통하여 유출특성을 파악하였다.

지형수문인자의 단위도에서의 특성, GIS기법을 이용한 지형수문학적 매개변수 산정의 자동화 과정, DEM의 해상도에 따른 하천망도의 변화 등과 같이 지형학적 수문인자 자체의 특성분석은 일부 검토되었지만 한국 산악지역 전반에 대한 일반적인 지형특성과 지형수문인자와의 상관성 검토는 부족한 편이다. 또한 지형수문단위도식을 이용한 실유역의 적용 및 검증에 관한 연구사례는 많지만 국내 산악지역에 적용 가능한 한국형 지형수문단위도의 개발에 관한 시도 또한 없었다.

따라서 본 연구에서는 한국 산악유역 약 40여개 지역에 대해 구축된 지형특성자료와의 상사성 이용하여 산정된 Horton차수비와 지형인자간의 상관식을 이용하여 한국형 지형수문단위도를 개발하고 이를 실유역에 적용함으로써 개발된 지형수문단위도의 타당성 및 적용성을 평가하고자 한다.

2. 한국형 지형수문단위도 개발

한국 산악지역의 수정 지형수문단위도를 개발하고자 기존의 지형수문단위도식에 지형상사 과정에서 도출된 임계유역면적에 의해 분리되는 Horton 차수비와 지형변수와 상관적인 <Table 1>과 하천 평균하폭의 지형변수와 상관적인 식 (1)을 이용하여 유도하였다.

유도과정은 <Fig. 1>과 같이 유역면적 50km²에서 분리되는 Horton 차수비와 유역면적간의 관계식과 하천 평균하폭 관계식을 기존 지형수문단위도식에 대입하여 유역면적 50km²미만과 50km²이상에 적용되는 한국형 지형수문단위도인 K-GCUH식을 유도하여 사용

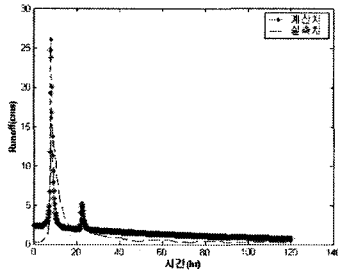
하였다.

$$b_{\Omega} = 2.9772 \times A^{0.620} \quad (1)$$

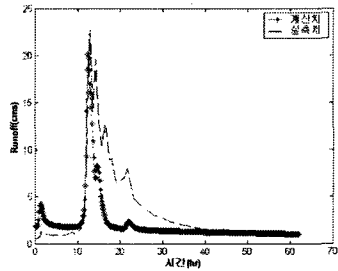
여기서, A는 유역면적(km²) 이고 b_Ω는 하천 평균하폭(m)이다.

Table 1. Horton차수비와 지형인자의 최적상관식 산정결과

임계유역면적	지형인자	상관식	상관도
50km ² 미만	R _L = f(L)	R _L = 0.668L ^{0.538}	0.8697
	R _A = f(A)	R _A = 1.802A ^{0.314}	0.9318
	R _B = f(A)	R _B = 1.540A ^{0.312}	0.8533
50km ² 이상	R _L = f(A)	R _L = 0.495A ^{0.322}	0.8661
	R _A = f(A)	R _A = 1.578A ^{0.236}	0.8519
	R _B = f(A)	R _B = 1.387A ^{0.237}	0.8533

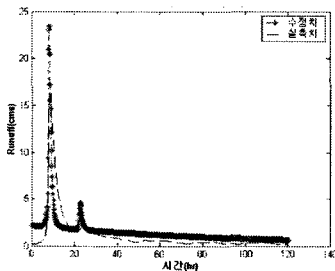


(e2)

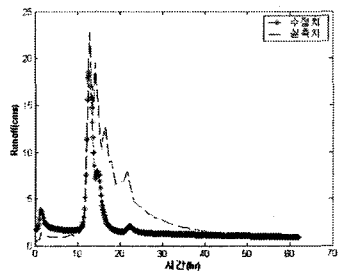


(e5)

(a) 실측치와 계산치 결과

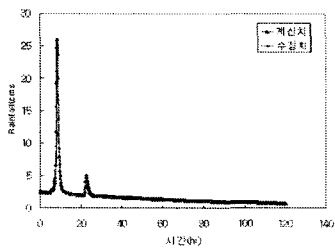


(e2)

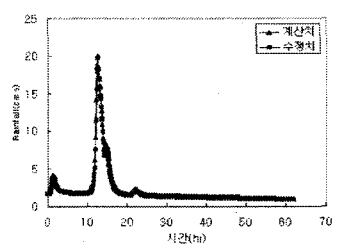


(e5)

(b) 실측치와 수정치 결과



(e2)



(e5)

(c) 계산치와 수정치 결과

Fig. 1. 설마천 유역의 수문곡선 모의 결과.

2.1. K-GCUH의 검증오차 기준

K-GCUH로 산정된 결과의 검증오차 분석기준을 <Table 2>와 같은 평가기준으로 정확도를 평가하였다.

Table 2. 검증 오차 분석 기준

기 준	수 식	정 의
상대첨두치오차 (Relative Peak Error)	$RPE = \frac{[\hat{R}_p - R_p]}{R_p} \times 100$	N = 총검정자료수 $\hat{R}_p, R_p =$ 예측, 관측첨두치
상대총량오차 (Relative Volume Error)	$RVE = \frac{[\hat{R}_v - R_v]}{R_v} \times 100$	$\hat{R}_v, R_v =$ 예측, 관측총량
절대평균편차 (Absolute Mean Bias)	$AMB = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \hat{R}(t) - R(t) $	$\hat{R}_v(t), R_v(t) =$ 예측, 관측치
제곱근평균자승오차 (Root-Mean-Square-error)	$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{t=1}^N [\hat{R}(t) - R(t)]^2}$	t = 시간
상관 계수 (Correlation Coefficient)	CC	예측치와 관측치 사이의 선형상관계수

2.2. 첨두유량 검증

K-GCUH식의 타당성을 검증하기 위해 본 연구의 대상유역에 대해 지속시간 20분 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70mm 총우량에 대해 기존의 GCUH식과 K-GCUH 식으로 산정한 첨두유량을 비교 분석하였다. <Table 3>의 결과에서 가평천, 쌍곡, 옥천, 동

Table 3. 대상유역의 첨두유량 오차분석

유역명	RPE	RVE	AMB	RMSE	CC	유역명	RPE	RVE	AMB	RMSE	CC
대원사	0.85	0.87	1.04	1.39	1.00	소금강1	17.10	17.32	56.22	74.32	1.00
덕천강1	0.96	1.01	1.38	1.83	1.00	소금강2	45.81	46.50	87.36	115.42	1.00
덕천강2	23.50	28.97	85.55	106.98	1.00	쌍 곡	12.48	23.38	117.41	140.20	0.71
덕천강3	18.23	18.66	71.94	96.39	1.00	남 천	43.33	55.36	109.48	134.02	1.00
덕천강4	1.45	1.49	2.67	3.53	1.00	남 창	19.64	27.71	90.85	102.86	1.00
덕천강5	17.86	18.18	62.10	83.20	1.00	안 성	21.55	29.29	73.78	85.05	1.00
청 암	0.41	0.41	0.38	0.51	1.00	구 천	48.37	61.40	97.61	119.33	1.00
화 개1	0.75	0.93	2.18	2.68	1.00	서 재	31.19	41.96	101.90	119.51	1.00
화 개2	15.51	15.78	63.06	83.94	1.00	장 흥	11.74	18.76	44.44	49.17	1.00
문수사	1.07	1.13	1.92	2.50	1.00	단 월	42.68	51.67	91.96	114.47	1.00
뱀사골1	1.17	1.19	1.93	2.58	1.00	용 문	18.52	22.08	65.07	78.35	1.00
뱀사골2	16.48	17.03	79.58	105.88	1.00	서 종	12.47	15.28	28.00	33.96	1.00
삼정·백무1	0.61	0.66	1.41	1.80	1.00	옥 천	4.92	19.50	523.63	607.84	0.61
삼정·백무2	0.07	0.07	0.10	0.13	1.00	배내골	4.81	5.55	9.66	11.88	1.00
덕천강6	9.95	15.09	32.33	35.38	1.00	석 남	26.38	35.97	61.51	71.82	1.00
내원사	37.59	50.03	68.14	80.69	1.00	남덕유산	31.25	41.59	61.49	72.63	1.00
중산리	39.62	53.93	137.68	161.49	1.00	부 천	42.14	52.15	50.29	62.48	1.00
거 림	49.61	63.38	99.07	120.39	1.00	남 강	78.25	94.02	436.24	542.26	1.00
가평천	24.38	35.92	64.56	77.30	0.84	용 추	27.62	37.35	69.46	82.06	1.00
미호천	27.75	34.71	48.92	59.87	1.00	동 곡	1.42	47.5	91.42	134.62	0.62
주 왕	30.97	43.35	107.17	123.85	1.00	어 치	39.01	20.73	69.44	94.11	0.98
용 하	23.42	28.79	60.71	74.55	1.00	대상유역 전체	8.79	25.73	77.47	149.58	0.91

곡유역은 0.61에서 0.71정도의 낮은 상관계수 값을 나타내어 K-GCUH 결과와 상관성이 좋지 않지만 나머지 유역은 0.98에서 1.00으로 K-GCUH와 상관성이 아주 좋음을 알 수 있었다. 이들 전체적인 결과를 도시한 <Fig. 2>의 결과에서 일부지역을 제외하곤 대체로 상관성이 높게 나타남을 알 수 있었다.

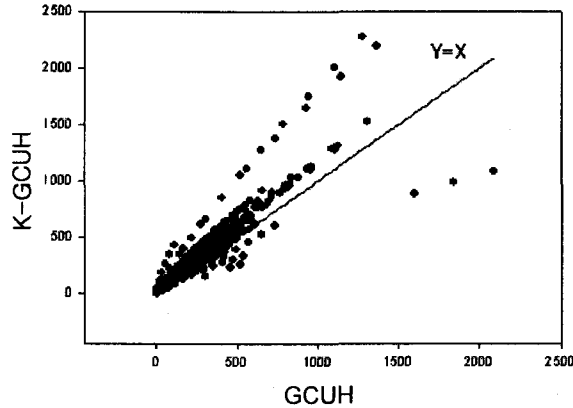


Fig. 2. 대상유역의 GCUH와 K-GCUH의 침투유량 비교.

2.3. 실측수문곡선의 검증

설마천 유역의 실측호우사상 e2, e5에 대해 K-GCUH식과 GCUH식을 이용해 유출수문곡선을 산정하고 실측치와 계산치 수정치를 각각 비교하였다. 여기서, 실측치는 계측된 실측수문곡선이고, 계산치는 기존 GCUH식으로 산정한 결과이고, 수정치는 K-GCUH식으로 산정한 결과이다.

결과에서 실측치와 계산치의 e2, e5의 상관계수의 평균이 0.73, 실측치와 수정치의 e2, e5의 상관계수의 평균은 0.77, 계산치와 수정치의 상관계수의 평균은 0.99 각각 거의 비슷한 형태의 수문곡선을 얻었다.

3. 결론 및 고찰

K-GCUH의 검증에서 국내 40개소 이상 유역의 침투유량(Q_p) 산정결과를 GCUH식으로 산정한 결과와 비교했는데, 일부지역을 제외하고 0.95이상의 높은 상관도로 산정되어 K-GCUH식을 GCUH식 대신 사용가능함을 알 수 있었고, 설마천 유역에 적용한 실측수문곡선과 GCUH 계산치와의 비교에서도 실측치, GCUH 계산치, K-GCUH 계산치가 모두 0.8 이상의 상관도를 나타내어 실제유역의 적용이 가능함을 검증하였다.

참 고 문 헌

- 이병운, 장대원, 김형수, 서병하, 2004, GIUH-Clark 모형의 유도에 관한 연구, 한국수자원학회 학술발표회 특별세션/국제세션/발표논문 초록집, 한국수자원학회, 144.
 이순탁, 박종권, 1987, 하천 유출량 산정을 위한 GIUH모형, 한국수자원학회지, 한국수자원학

회, 20(4), 267-278.

이원환, 전민우, 1989, 수로망크기를 이용한 유출모형, 대한토목학회논문집, 대한토목학회, 9(2), 83-90.

이혁규, 윤석영, 김재한, 1995, GIUH의 지체시간 산정을 위한 수문학적 해석, 한국수자원학회지, 한국수자원학회, 28(4), 155-169.

Rodriguez-Iturbe, I., M. G. Sanabria, and R. L. Bras, 1982a, A Geomorphoclimatic Theory of the Instantaneous Unit Hydrograph, Water Resources Research, 18(4), 877-903.

Rodriguez-Iturbe, I., M. G. Sanabria, and G. Camaano, 1982b, On the Climatic Dependence of the IUH: A Rainfall-Runoff Analysis of the Nash Model and the Geomorphoclimatic Theory, Water Resources Research, 18(4), 887-903.