

# HEC-HMS를 이용한 평창강 유역의 유출 예측

## Runoff Forecasting of Pyeongchang River basin Using HEC-HMS

안상진\* · 김진극\*\* · 이제문\*\*\* · 김종섭\*\*\*\*

Sang Jin Ahn, Kim Jin Geuk, Lee Je Mun, Kim Jong Sub

### 요 지

최근 기상이변과 예측을 불허하는 여러 자연현상의 변화들로 인하여 여러 가지 자연재해가 매년 늘어나는 실정이다. 이러한 자연재해 중 우리나라에서는 집중호우에 의한 홍수피해가 자주 발생하고 있으며 이를 규명하는 기법 중 최근에 많이 사용하는 GIS는 유역에서의 지형학적, 기후학적 특성을 시간과 인력에 대하여 정량화 할 수 있는 장점을 가지고 있어 점점 그 사용 추세가 증가하고 있다.

본 연구에서는 GIS를 이용한 HEC-GeoHMS와 HEC-HMS를 이용하여 판운 지점의 유출량을 예측하여 평창강 유역의 유출을 분석하였고 모형의 적용성을 검증하기 위해 단위도에 따라 SCS, Snyder, Clark 3가지 모델로 구분하여 적용에 대한 검증을 실시하고자 하였다.

**핵심 용어:** 단위도, 유출 예측, HEC-HMS

## 1. 서론

최근 기상이변과 예측을 불허하는 여러 자연현상의 변화들로 인하여 우리로 하여금 방재에 대한 중요성을 새롭게 인식하게 되었다.

자연재해 중 우리나라에서는 집중호우에 의한 홍수피해가 자주 발생하고 있는데 특히 연강우량의 70%정도가 집중적으로 홍수기에 발생하므로 이러한 홍수 피해에 대한 강우와 유출관계를 규명하는 일은 매우 복잡하다. 최근에 많이 사용하는 GIS는 유역에서의 지형학적, 기후학적 특성을 시간과 인력에 대하여 정량화 할 수 있어 점점 그 사용 추세가 증가하고 있으며, 더욱 더 신뢰성 있는 분석을 할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 GIS를 바탕으로 더욱 신뢰성 있는 지형분석을 위한 HEC-GeoHMS를 사용하여 강우-유출 모델인 HEC-HMS를 연계 운영하였고, 판운 지점의 유출량을 예측하여 평창강 유역의 유출을 분석하여 향후 홍수 영향 분석 및 유량과 수질과의 관계에 대한 모의를 하기 위한 모형의 적용성을 검증하기 위해 단위도에 따라 SCS, Snyder, Clark 3가지 모델로 구분하여 적용에 대한 검증을 실시하였다.

## 2. 기본 이론

### 2.1 HEC-HMS 모형

HEC-HMS모형은 강우에 의한 유역의 지표면 유출을 모의하기 위해 강우-유출현상의 수리, 수문학적 과정을 상호 연결하여 유역의 응답을 나타내도록 설계된 모형으로 본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위해 강우손실량 계산에는 SCS Curve number, 유출변화에는 Clark 단위도법, 기저유량은 Recession, 홍수추적을 위하여 Muskingum 방법, 유효강우량으로 인한 직접 유출량을 모의하기 위해서 SCS 무차원과, Snyder,

\* 정희원, 충북대학교 공과대학 교수 · E-mail: hydrosys@chungbuk.ac.kr  
\*\* 정희원, 충북대학교 대학원 토목공학과 공학박사 · E-mail: jinwon3@netian.com  
\*\*\* 정희원, 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정 · E-mail: afa136@empal.com  
\*\*\*\* 정희원, 한밭대학교 토목환경도시공학부 교수 · E-mail: joskim@hanbat.ac.kr

그리고 Clark 단위도법을 적용하였다.

매개변수를 최적화하기 위해서 목적함수를 찾아가는 방법으로는 계산시간이 적고 사용자에게 따라서 주관적 이기는 하지만 사용자가 변화되는 양상을 체감할 수 있으며 비교적 좋은 결과를 나타낼 수 있는 방법인 UGM을 선택하였다.

## 2.2 단위도 산정 방법

HEC-HMS 모형으로 구하여진 강우-유출 모형을 단위도에 따라 Case1, Case2, Case3으로 구분하였다. Case I은 각각의 소유역에 대하여 SCS 무차원 단위도를 적용한 모형이고, Case II는 Snyder 단위도, Case III는 Clark의 단위도를 적용한 모형이다.

Clark 단위도의 적성은 유역추적 방법으로 해당유역의 출구에 1개의 저수지가 있다고 가정하여 유역잔반에 순간적으로 내린 단위유효수량인 순간단위유효수량으로 인한 유수의 저수지 유입수문곡선을 시간-면적곡선을 이용한 단순전이에 의해 계산한 다음, 저수지의 저류추적과정을 거치는 것으로 가정하여 홍수추적을 실시함으로써 유역의 순간단위유량도를 작성하는 것으로, 강우로 인한 유수의 전이뿐 만 아니라 유역의 저류효과도 고려하므로 자연유역에 적합하다.

Snyder 단위도는 미국 Appalachian 산맥지역의 여러 계측유역에 대한 분석으로 개발되었으며, 단위도의 침투수량 및 발생시각과 단위도의 기저시간의 길이를 유역의 지형특성인자와 상관시키는 경험공식을 사용하여 3개의 점을 매끈하게 연결시킴으로써 단위도를 작성하는 방법이다.

SCS 무차원단위도는 미국 토양보존국(U.S. Soil Conservation Service)에 의해 합성단위도를 작성하기 위하여 고안된 방법으로써, 미국 내 여러 지방의 대소유역으로부터 얻은 실제의 단위도를 해석한 결과인 무차원단위도의 이용에 근거를 두고 있으며 유역의 특성에 커다란 관계없이 적용할 수 있다는 장점이 있다.

## 3. 대상유역 및 자료

### 3.1 대상유역

본 연구의 대상유역으로는 국제수문개발계획(IHP)의 대표유역인 한강 수계의 평창강 유역이며 본 연구에서는 상안미, 방림, 판운 지점을 선정하였다. 유출을 모의하기 위하여 선정한 판운지점은 강원도 영월군 추천면에 위치하고 있으며, 상류지점에는 상안미, 방림 자기수위관측소가 위치하고 있다.

모형의 적용을 위하여 평창강 유역 내 3개의 수위관측소의 수위자료를 이용하였고 수위-유량관계곡선식을 이용하여 유량을 환산하였으며 강우자료는 2001~2002년도 대표적 호우 사상 기간에 대한 9개의 강우관측소의 자료를 이용하였다.

본 연구에서 분석한 대상유역의 특성 중 그림 1에는 HEC-HMS 적용유역을, 그림 2에는 수치고도 모형도, 음영도, 수계망을 나타내었다.

평창강 유역의 DEM(Digital Elevation Modeling) 및 Grid 자료를 이용하여 GIS 처리기법을 이용하여 유역면적을 구하였으며 강우관측소의 좌표를 입력하여 수치 지형도상에서 티센망을 구성하였고 표 1에 Thiessen 계수를 나타내었다.

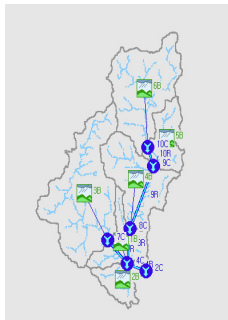


그림 1. 적용유역

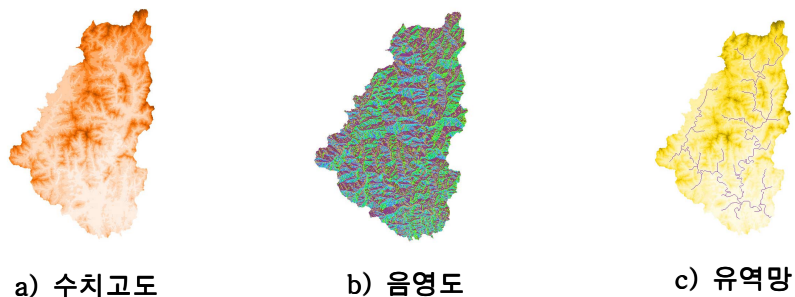


그림 2. 유역 특성 분석

표 1. 티센계수

강우 관측소 \ 티센계수	상 안 미	방 립	관 운
No.1 진 부	0.116278	0.08546	0.055403
No.2 봉 평	0.664169	0.488138	0.31646
No.4 수 향	0.025554	0.046788	0.030332
No.5 대 화	0.130445	0.318756	0.206649
No.6 방 립	0.063554	0.046788	0.166374
No.7 청옥산		0.013955	0.044666
No.8 평 창		0.000117	0.147385
No.11 연 덕			0.022724
No.12 수 주			0.010006
계	1.000	1.000	1.000

### 3.2 자료 및 분석방법

HEC-HMS 모형을 이용하여 평창강 유역의 유출특성을 파악하기 위해서 2001년 6월 29일, 2002년 4월 29일 그리고 2002년 8월 31일에 발생한 호우사상으로 평창강 유역의 유출을 모의하였다.

통계적 평가분석으로는 모형수행 결과 평균적으로 어느 정도의 유량만큼 오차가 발생하는지를 알기 위하여 평균제곱근오차(Root mean square error)와 첨두유량이 중요한 사상형 강우-유출 모형에 사용되는 첨두 유량 퍼센트오차(Percent error in peak)를 사용하여 단위도별 유출량의 적합여부를 분석하였다.

### 4. 결과

본 연구에서 선정한 호우사상을 대상으로 HEC-HMS를 이용하여 강우에 대한 유출 모의 결과 각각의 단위도별 첨두유량을 살펴보면 2001년 6월 29일 사상에서는 SCS, Snyder, Clark 단위도의 첨두유량 모의 결과 각각  $387.34m^3/sec$ ,  $392.27m^3/sec$ ,  $395.57m^3/sec$ , 2002년 4월 29일 사상에서는 각각  $300.74m^3/sec$ ,  $302.13m^3/sec$ ,  $300.11m^3/sec$ , 그리고 2002년 8월 31일 사상에서는 각각  $616.97m^3/sec$ ,  $600.82m^3/sec$ ,  $612.64m^3/sec$  로 실측치와 비슷하게 모의되었다. 모의된 첨두유량과 평균제곱근오차, 그리고 첨두유량오차는 표 2에 나타내었다.

표 2. 단위도별 모의 결과

단위도		SCS (Case 1)	Snyder (Case 2)	Clark (Case 3)
관측값	첨두유량	387.29	387.29	387.29
	발생시간	2001. 06. 30. 13:00	2001. 06. 30. 13:00	2001. 06. 30. 13:00
모의값	첨두유량	387.34	392.27	395.57
	발생시간	2001. 06. 30. 12:00	2001. 06. 30. 12:00	2001. 06. 30. 14:00
평균제곱근오차 (RMSE)		56.18	72.96	76.22
첨두유량 오차율 (PEP)		0.01	1.29	2.14
관측값	첨두유량	301.82	301.82	301.82
	발생시간	2002. 04. 29. 19:00	2002. 04. 29. 19:00	2002. 04. 29. 19:00
모의값	첨두유량	301.30	303.04	300.11
	발생시간	2002. 04. 29. 19:00	2002. 04. 29. 18:00	2002. 04. 29. 19:00
평균제곱근오차 (RMSE)		42.50	67.07	49.62
첨두유량 오차율 (PEP)		0.36	0.10	0.57
관측값	첨두유량	612.66	612.66	612.66
	발생시간	2002. 09. 01. 08:00	2002. 09. 01. 08:00	2002. 09. 01. 08:00
모의값	첨두유량	616.97	600.82	612.64
	발생시간	2002. 09. 01. 08:00	2002. 09. 01. 08:00	2002. 09. 01. 09:00
평균제곱근오차 (RMSE)		71.81	73.65	58.97
첨두유량 오차율 (PEP)		0.70	1.93	0.03

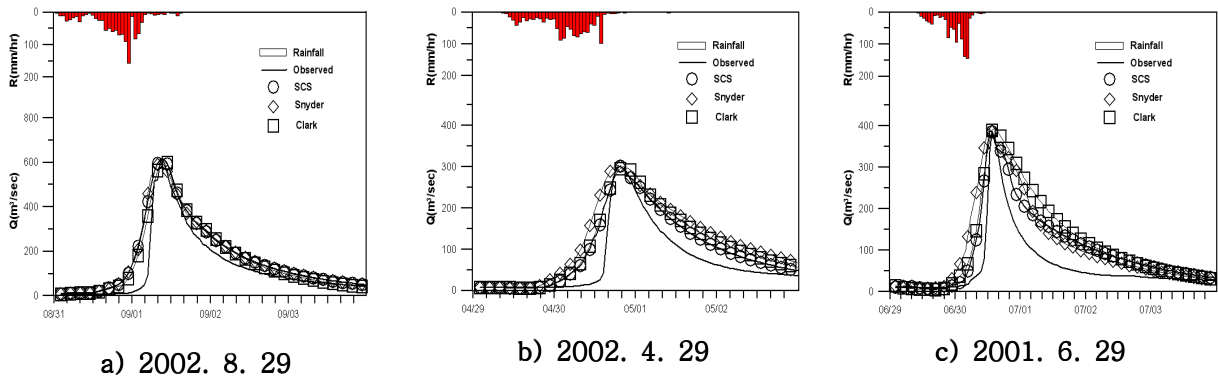


그림 3. 판운지점의 HEC-HMS 모의 결과

그림 3은 각 사상별 판운 지점의 단위도 모의 결과이다. 각 사상별 판운 지점의 평균제곱근 오차는 SCS단위도가 56.18cms, 42.50cms, 71.81cms로 모의되었고 2001년 6월 29일 사상을 제외한 나머지 사상에서는 SCS 단위도가 적합하다고 나타났다.

HEC-HMS 모형이 침투유량은 유사하게 모의를 하였으나 유출 용적을 크게 산정하였다. 4월 29일의 관측 지점별 모의 결과를 그림 4에 나타내었고 모의된 침투유량과 침투유량 오차율은 표 3과 같다.

표 3. 관측 지점에서의 단위도별 모의 결과 (2001.4.29)

관측 지점		상 안 미 (2001.4.29)			방 립 (2001.4.29)			판 운 (2001.4.29)		
단위도		SCS	Snyder	Clark	SCS	Snyder	Clark	SCS	Snyder	Clark
관측값	침투유량	170.39	170.39	170.39	215.25	215.25	215.25	301.82	301.82	301.82
	발생시간	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	14:00	19:00	19:00	19:00
모의값	침투유량	171.42	172.05	168.41	216.28	214.15	215.19	301.30	303.04	300.11
	발생시간	14:00	14:00	15:00	14:00	14:00	14:00	19:00	18:00	20:00
평균제곱근오차		11.79	12.52	12.32	14.21	15.16	14.94	42.50	67.07	49.62
침투유량오차율		0.60	0.97	0.99	0.48	0.51	0.03	0.17	0.40	0.57
적합도 검정		○	×	×	○	×	×	○	×	×

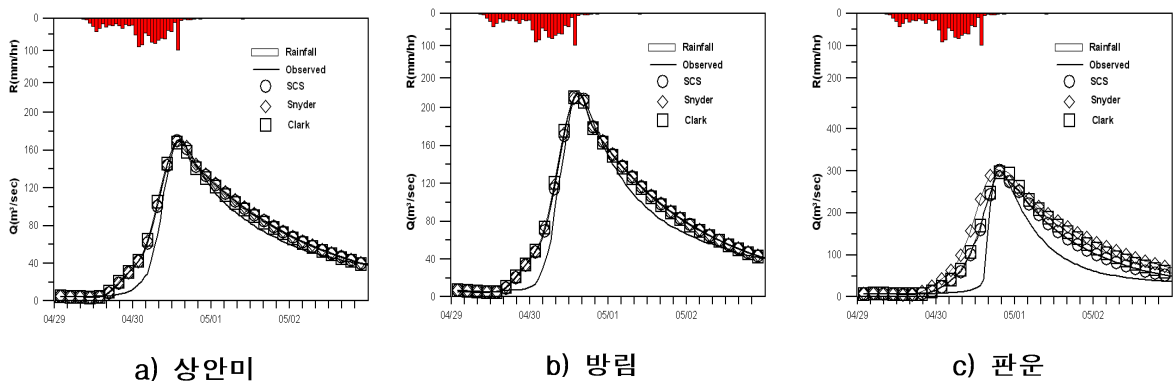


그림 4. 관측 지점에서의 HEC-HMS 모의 결과 (2002. 4. 29)

그림 4에서 2002년 4월 29일 호우사상을 살펴보면, 상안미 지점의 평균제곱근오차(RMSE)는 SCS 단위도가 11.79cms로 Snyder 단위도와 Clark 단위도에 비하여 오차율이 적게 모의되었고, 방림지점의 평균제곱근오차는 SCS 단위도가 14.21cms로 Snyder 단위도와 Clark 단위도에 비하여 역시 오차율이 적었으며, 판운 지점의 평균제곱근오차는 SCS 단위도가 42.50cms로 역시 오차율이 다른 단위도에 비하여 적게 모의되었다. 판운 지점의 평균제곱근오차의 크기가 커진 것은 HEC-HMS 모형이 유출용적을 크게 산정하였기 때문이다. 관측지점별 침투유량 오차율(PEP)을 판운 지점에서 살펴보면 SCS 단위도가 0.48%, Snyder 단위도가 0.51%, Clark 단위도가 0.03% 모의 되었다. 침투 유량의 오차율은 Clark 단위도 0.03%로 SCS 단위도보다 0.45% 더 작게 모의되었지만 평균제곱근 오차는 SCS 단위도법이 적합하다고 모의되었다.

## 5. 결론

GIS를 이용하여 해당구역의 정확한 매개변수를 추출하기 위하여 HEC-GeoHMS를 사용하였고 HEC-HMS 모형을 사용하여 2001년 6월 29일, 2002년 4월 29일 그리고 2002년 8월 31일의 유출 모의를 실시하였고, SCS, Snyder, Clark의 단위도법을 이용하여 강우에 따른 유출을 모의한 결과 상류에서 하류로 모의가 되어가며 모의된 그래프에는 유출 용적이 크게 나타났었지만 침투 유량과 도달시간에서는 별 차이가 없음을 알 수 있으며, 통계분석을 실시한 결과 평균제곱근오차(RMSE) 및 침투유량 오차율(PEP)에서 다른 단위도에 비하여 SCS 단위도법이 적합하다고 판단된다. 향후 HEC-RAS 모형에 유출량을 이용하여 필요수량 및 이에 적절한 홍수조절기능으로 홍수 영향분석이 가능하고 또한 수질에 대한 관심이 고조하고 있는 지금, 수질분석 모델과 연동하여 평창강 수질자동측정망의 수질 측정 데이터와의 비교 및 검증이 가능할 것이라 판단한다.

## 참 고 문 헌

1. 윤용남, 공업수문학, 1994
2. 제 8회 수공학익습, 한국수자원학회, 2000. 2
3. 김중훈, 전환돈, 윤용남, “HEC-1 모형의 대하천 유역에 적용”, 대한토목학회지, 제 17권, 제 II-1호, pp 1-11, 1994
4. 건설기술연구원, 수문모형 평가에 관한 연구. 1993. 12
5. 김광일, 이연길, 박성천, 이관수, “GIS와 HEC-HMS를 연계한 댐 유입량 예측”, 한국수자원학회 학술 발표회 논문집, 2003