

HEC-HMS와 HEC-RAS를 이용한 성주댐 유역의 홍수영향 분석

○ 김필식* · 김선주** · 지용근***

1. 서론

우리나라의 농업용 저수지는 관개기를 고려하여 물을 최대한 저류하는 것이 이로울 수 있으나 반면에 년 평균 강우량의 70%정도가 집중적으로 발생하는 홍수기의 경우에는 홍수재해에 대비하여야 하는 이중적인 목적을 가지고 있다. 갈수기를 위한 수량 확보 차원에서 홍수조절기능에 중점을 둘 수 없는 농업용 저수지의 현실로 인해 저수지 방류량의 적절한 시기와 양을 결정하는데 여러 가지 문제점을 내포하고 있다.

따라서 본 연구에서는 성주댐을 대상으로 홍수시 효율적인 저수관리를 위해 홍수영향 분석을 실시하였다. 홍수영향분석은 GIS를 바탕으로 더욱 신뢰성 있는 지형분석을 실시하기 위해 HEC-GeoHMS를 사용하여 HEC-HMS와 연계 운영하였고, 방류량에 따른 하류부 홍수영향 분석을 위해 HEC-RAS모형을 사용하여 홍수재해를 최소화하기 위한 Simulation을 실시하였다. 농업용 저수지의 장단기 유출 시스템 개발 일원으로 성주댐의 용수수요량 분석을 통해 필요수량을 파악하고, 이에 적절한 홍수조절기능을 파악하기 위해 2002년 실측 자료를 통해 홍수영향 분석을 실시하였다.

2. 모형의 개요

2.1 HEC-HMS

HEC-HMS 모형은 강우에 의한 유역의 지표면 유출을 모의하기 위해 강우-유출현상의 수리, 수문학적 과정을 상호 연결하여 유역의 응답을 나타내도록 설계된 모형으로 본 연구에서는 유효강우를 계산하기 위해 강우손실량계산에는 SCS curve number, 유출변화에는 Clark 단위도법, 기저유량은 Constant monthly, 홍수 추적을 위해 Muskingum 방법, 강우분석은 Specify gage weight 방법을 택하였다.

2.2 HEC-GeoHMS

HEC-GeoHMS는 Arc-View 확장 프로그램으로서 Avenue programming language 와 Spatial Analyst를 이용해 유역의 지형특성인자와 수문학적 인자를 추출하여 HEC-HMS모형의 입력변수로 제공하기 위해 개발된 모형으로 Data Management 와 GUI(Graphical User Interface)를 포함하고 있다.

2.3 HEC-RAS

HEC-RAS모형은 일반적으로 자연이나 인공으로 된 수로에서 변하는 정류에 대하여 일차원 수면의 계산하기 위해서 개발되었다. HEC-RAS모형은 홍수터 잠식을 평가할 수 있도록 설계되어 있으므로, 홍수터 관리에 적용이 가능하다.

3. 모형의 적용

3.1 대상유역 및 자료

성주유역이 위치한 성주군은 경상북도 서쪽에 위치하며, 북쪽은 금릉군, 칠곡군, 동쪽은 달성군, 남쪽은 고령군, 서쪽은 경상남도 함천군과 인접하고 있으며, HEC-HMS 모형의 적용 수원공인 성주댐은 성주군 가천면 증산동 대가천에 위치하며 유역면적은 152.2km², 유로연장 58.31km, 유역 평균폭 2.61km, 성주댐 하류부의 관개면적은 3,160ha 이다.(그림 3.1) HEC-RAS 모형의 적용 구간은 성주댐 이하 가천교까지 길이 3.3km 구간으로 범람의 흔적이 있거나 수리학적 큰 변화가 발생하는 하천지점 25개를 선택하였다.(그림 3.2) 성주댐에 가까운 상류 하천 지점을 1번 지점으로 하고 가천교에 가까운 하류 하천 지점을 25번 지점으로 하였다.

그림 3.3은 HEC-GeoHMS를 통해 얻은 HEC-HMS의 입력 유역모식도이다. 표 3.1은 HEC-GeoHMS를 사용하여 분석을 실시한 소유역별 지형자료 결과이다. 표 3.2는 25개의 하천지점 중 범람 위험이 있는 9개

* 건국대학교 지역건설환경공학과 박사과정

** 건국대학교 지역건설환경공학과 교수

*** 건국대학교 지역건설환경공학과 석사과정

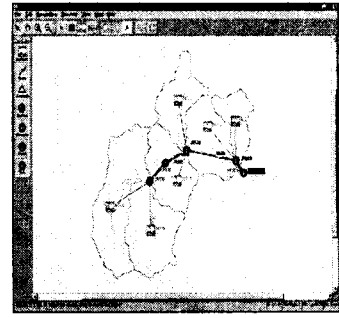
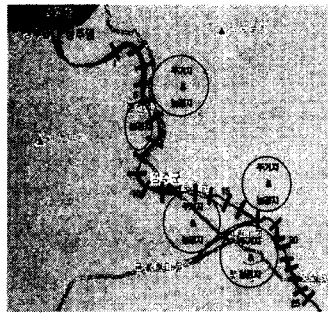
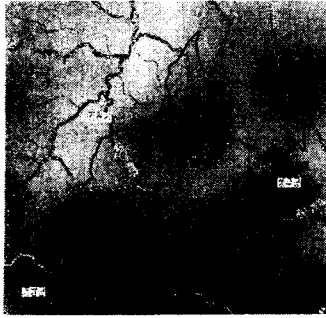


그림 3.1 상류부 HEC-HMS 적용구역 그림 3.2 하류부 HEC-RAS 적용하천 그림 3.3 HEC-HMS 유역모식도

지점으로 댐 방류시 실측을 실시한 곳의 제방고, 하상고, Top width, 하천의 고수위(H.W.L)와 저수위(S.W.L) 제원을 나타낸다.

표 3.1 성주댐 상류부 소유역별 지형자료

| 구 분 | 1번 유역 | 2번 유역 | 3번 유역 | 4번 유역 | 5번 유역 | 6번 유역 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 유역면적(km ²) | 12.95 | 25.15 | 19.67 | 24.08 | 40.14 | 30.21 |
| 최장수로(km) | 7.84 | 11.16 | 9.79 | 7.59 | 12.00 | 9.93 |
| 하천길이(km) | 3.69 | 7.32 | 7.33 | 4.81 | 8.89 | 6.47 |
| 하천경사(%) | 2.7 | 1.37 | 1.36 | 4.17 | 5.40 | 10.07 |

표 3.2 성주댐 하류부 하천 각 지점의 제원 (단위 : m)

| 지점 | 제고(좌) | 제고(우) | 하상고 | Width | H.W.L | S.W.L | 지점 | 제고(좌) | 제고(우) | 하상고 | Width | H.W.L | S.W.L |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 2 | 144.22 | 144.16 | 140.30 | 78.99 | 142.9 | 140.9 | 17 | 126.01 | 126.16 | 122.48 | 122.33 | 124.5 | 122.8 |
| 7 | 136.08 | 136.72 | 132.24 | 100.12 | 136.1 | 132.8 | 18 | 123.21 | 124.30 | 118.85 | 122.13 | 121.8 | 119.3 |
| 8 | 136.30 | 135.24 | 130.60 | 72.48 | 134.9 | 131.1 | 19 | 118.87 | 118.70 | 113.10 | 120.22 | 116.5 | 114.0 |
| 9 | 135.00 | 133.92 | 128.60 | 89.43 | 133.0 | 130.2 | 24 | 117.41 | 116.78 | 112.00 | 127.35 | 114.9 | 112.7 |
| 13 | 130.36 | 130.90 | 126.50 | 95.82 | 130.1 | 126.9 | | | | | | | |

4. 모형의 적용

4.1 HEC-GeoHMS와 HEC-HMS의 적용

성주유역의 2002년 발생한 강우사상으로 성주댐 유역의 홍수량을 Simulation 하였다.(표 4.1)

표 4.1 HEC-HMS 적용 강우 (2002년)

| 강우 발생일 | 7월 5일 | 7월 23일 | 8월 6일 | 8월 30일(루사) |
|---------|-------|--------|-------|------------|
| 강우량(mm) | 186.5 | 101.5 | 68.3 | 383.0 |

2002년 발생한 강우사상을 사용하여 보정 및 적용을 실시하였고, 8월 30일 강우는 우리나라에 큰 홍수 피해를 발생시킨 태풍 루사에 의한 강우로 성주댐 설계당시의 200년 빈도를 넘었다. 2001년까지의 강우자료를 사용하여 2일 최대 강우량 빈도 분석을 실시한 결과 1000년 빈도에 해당하는 397.3mm 강우로 분석되었다. HEC-HMS 모형의 결과를 비교하기 위해 태풍 루사의 경우 시간대별 유입량 자료를 비교하였고, 그밖에 강우에 대한 유출량 자료는 시간대별 실측자료의 신뢰성 부족으로 유출량 총량에 대한 분석을 실시하였다.

표 4.2 모의 유출량과 실측 유출량의 비교 (단위 천m³)

| 구 분 | 7월 5일 | 7월 23일 | 8월 6일 | 8월 30일(루사) | 평균 유출률(%) | 상대오차(%) |
|--------------------------|--------|--------|-------|------------|-----------|---------|
| 강우량(mm) | 186.5 | 101.5 | 68.3 | 383 | | |
| 실측 총유출량(m ³) | 17,996 | 8,206 | 3,167 | 49,936 | 52.2 | 0.11 |
| 모의 총유출량(m ³) | 18,709 | 7,465 | 3,980 | 45,833 | 57.7 | |

표 4.2 에서와 같이 실측 유출량과 모의 유출량의 총량을 비교할 경우 평균 유출률이 57.7%와 52.2%로 실측 유출률이 다소 높게 발생하였으며, 각 총량의 분석결과 상대오차가 0.11로 나타났다. 그림 4.1에서 보는 바와 같이 태풍 루사에 의한 유출형태는 비슷한 경향을 나타내고, 첨두유량에 있어서는 어느 정도의 차이를

나타내고 있다. 유출량은 시간대별로 상대오차는 0.4% 이고 침투유량의 경우 실측 유출량은 저수위 변화 자료를 사용했으므로 강우 초기에는 수위 변화를 관측하기가 용이하지 않고, 통관에 의한 방류만 발생하므로 유량의 차이가 크게 나타나지 않고, 저수위가 여수토 언체 높이인 182.4m(저수율 85.8%)에 도달하여 방류가 발생하므로 침투유량이 크게 나타나는 것으로 판단된다.

4.2 HEC-RAS의 적용

HEC-RAS 는 HEC-HMS와 동일한 2002년 발생 강우를 적용하였고, 모형의 보정을 통해 2002년 8월 30일에 발생하였던 태풍 루사와 성주댐 설계당시의 설계홍수량에 대한 댐의 방류량에 적용하였다. (표 4.3)

표 4.4는 상류부 하천부터 2, 7, 8, 9, 13, 17, 19, 23, 25 총 9개 지점에서 보정 결과이다.

표 4.3 HEC-RAS 모형의 보정 및 적용 Data

| | 모형의 보정 | | 모형의 적용 | |
|------------------------|------------|------------|---------|-------------|
| | 2002. 7. 6 | 2002. 8. 6 | 200년 빈도 | 2002. 8. 30 |
| 강우 발생일 | 2002. 7. 6 | 2002. 8. 6 | 200년 빈도 | 2002. 8. 30 |
| 강우량(mm) | 186.5 | 68.3 | 197.0 | 383.0 |
| 방류량(m ³ /s) | 690 | 380 | 715 | 1,223 |

표 4.4 방류량 690m³/s와 380m³/s의 경우를 통한 보정결과

| 지점 | 690m ³ /s | | | | 380m ³ /s | | | |
|------|----------------------|---------|----------|---------|----------------------|---------|----------|---------|
| | Obs.(좌) | Obs.(우) | Sim.(좌) | Sim.(우) | Obs.(좌) | Obs.(우) | Sim.(좌) | Sim.(우) |
| 2 | 1.3 | 1.4 | 1.41 | 1.35 | 2.0 | 1.9 | 2.07 | 2.01 |
| 7 | 0.5 | 1.1 | 0.51 | 1.15 | 1.4 | 1.8 | 1.30 | 1.94 |
| 8 | 1.6 | 0.7 | 1.71 | 0.65 | 2.5 | 1.5 | 2.71 | 1.65 |
| 9 | 1.5 | 0.6 | 1.63 | 0.55 | 2.4 | 1.6 | 2.53 | 1.45 |
| 13 | 0.3 | 0.9 | 0.26 | 0.80 | 1.2 | 1.6 | 1.17 | 1.71 |
| 17 | 1.6 | 1.8 | 1.72 | 1.87 | 2.4 | 2.5 | 2.22 | 2.37 |
| 18 | 2.0 | 2.7 | 1.81 | 2.90 | 2.3 | 3.3 | 2.41 | 3.50 |
| 19 | 3.0 | 2.8 | 2.77 | 2.60 | 3.6 | 4.8 | 3.46 | 5.06 |
| 24 | 3.2 | 2.8 | 3.28 | 2.65 | 3.7 | 3.3 | 3.77 | 3.14 |
| 상대오차 | (좌) 8%이내 | | (우) 7%이내 | | (좌) 6%이내 | | (우) 7%이내 | |

표 4.5 에서와 같이 설계홍수량으로 모의하였을 경우에는 모두 안전한 상태로 나타났으나 2002년 8월 31일 발생한 강우에 대한 모의발생 결과 거의 모든 단면에서 제방고에 근접한 위험 수위를 나타냈으며 7번 지점, 8번 지점, 9번 지점, 13번 지점에서는 범람의 위험과과 범람이 발생하였다. 그림 4.2는 8월 30일 발생한 강우로 인한 하천 종단의 제방고와 수위 변화로 7번과 13번 지점에서 확인한 범람이 나타나고 있으며 실제로 이 지점에서 도로 유실 및 농경지의 침수피해가 심하게 발생하였다.

표 4.5 설계홍수량과 2002년 8월 30일 강우에 대한 수위변화 (단위 : m)

| 적용 강우 | 2 | 7 | 8 | 9 | 13 | 17 | 18 | 19 | 24 |
|-------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 좌안제방고 | 144.22 | 136.08 | 136.30 | 135.0 | 130.36 | 126.01 | 123.21 | 118.87 | 117.41 |
| 우안제방고 | 144.16 | 136.72 | 135.24 | 133.92 | 130.90 | 126.16 | 124.30 | 118.70 | 116.78 |
| 설계홍수량 | 143.01 | 135.80 | 134.80 | 133.70 | 130.37 | 124.45 | 121.58 | 116.30 | 114.28 |
| 2002. 8. 30 | 143.75 | 136.80* | 135.49* | 134.42* | 131.32* | 125.00 | 122.21 | 117.01 | 114.81 |

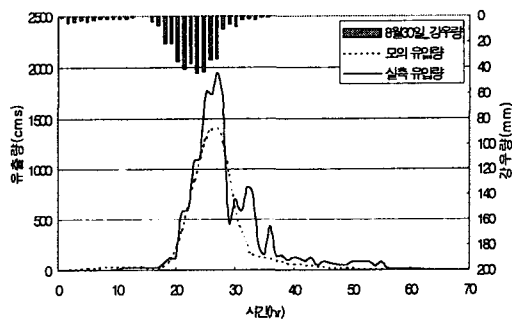


그림 4.1 태풍 루사에 의한 모의 유출량과 실측 유출량의 비교

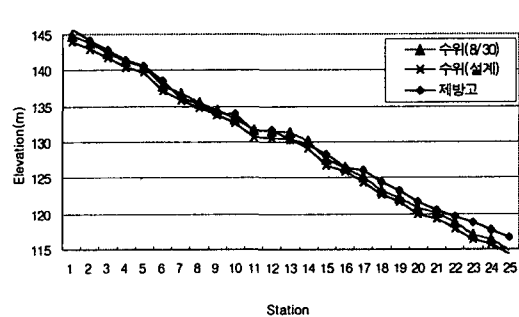


그림 4.2 수위와 제방높이의 비교

5. 고찰

성주댐의 관개기 저수지의 수요량 분석 결과 평균 저수율이 2000년을 제외하고 모두 70% 이상을 나타냈고, 2001년 전국적인 가뭄에도 불구하고 73.8%를 나타내므로 농업용 저수지로 충분한 저수량을 보유하고 있다고 판단된다.

성주댐의 경우 2002년 빈도의 홍수가 발생할 경우 설계홍수배제량은 $800\text{m}^3/\text{s}$ 로 저수율이 85.8%인 여수로 언체 높이 182.4m에 이르렀을 경우 가능한 배제량이 된다. 따라서 2002년 태풍에 의해 $1233\text{m}^3/\text{s}$ 의 배제량이 발생하였을 때 성주댐의 홍수조절이 이루어지지 못하였고, 평야부의 경우 제방에 피해가 발생하였다. 성주댐은 농업용 저수지로서 충분한 수량을 확보하고 있으므로 최근 발생하는 집중적인 강우에 대한 대책을 마련하지 않는다면 2002년 태풍 루사의 경우와 같은 홍수재해를 피할 수 없을 것이다.

최근 해마다 격는 홍수피해의 심각성을 인식하고 홍수예경보 시스템 및 이치수 관리를 위한 최적수문조작 프로그램 등 농업용저수지에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있으나 집중호우가 발생할 경우 성주댐 뿐만이 아니라 농업용저수지는 홍수조절을 위한 예비방류에 근본적인 문제가 있다고 생각된다. 일반적으로 집중호우가 발생할 경우 다목적댐은 단시간 방류를 실시하나 농업용저수지는 용수공급 기능인 통관을 통하여 방류를 하는데 통관 방류량은 1일 총 저수량의 2~3% 정도로 통상 태풍 경로가 확정되는 3일 전부터 방류해도 대략 6~9% 정도의 수량을 조절할 수밖에 없는 현실이다. 따라서 농업용저수지 관리를 위한 비구조적인 연구와 더불어 구조적인 대책이 마련되지 않는다면 유출량을 예측한 후에도 속수무책으로 홍수피해를 겪어야 하는 경우가 발생하리라 판단된다.

6. 결론

본 연구는 경상북도 성주댐 유역의 장단기 유출모형개발을 위한 연구의 일환으로 HEC-GeoHMS, HEC-HMS 와 HEC-RAS 모형을 사용하여 2002년에 대한 홍수영향 분석을 실시하였고, 결론을 정리하면 다음과 같다.

1) 지형정보 시스템을 이용하여 해당유역의 정확한 매개변수를 추출하기 위해 HEC-GeoHMS를 사용하였고, 모형의 적용을 통하여 성주지역의 홍수량을 예측할 수 있도록 HEC-HMS를 최적화하였다.

2) 2002년 발생한 4회의 강우에 대해 HEC-HMS를 사용하여 Simulation을 실시한 결과 실측 유출량과 모의 유출량의 분석결과 상대오차가 0.11%로 저수위 변화자료를 사용하여 비교한 점을 감안할 경우 정확성이 인정된다. 2002년 태풍 루사에 의한 유출총량은 모의 유출량은 $45,833\text{천m}^3$ 이고 실측 유출량은 $49,936\text{천m}^3$ 을 나타내고, 시간대별로 실측유출량과 모의 유출량의 상대오차는 0.4로 유의성이 인정되어 성주유역에 적용이 가능하다고 판단된다.

3) HEC-RAS 모형을 적용하기 위해 2002년 7월 5일과 8월 6일 방류량을 통해 보정을 실시하여 8% 이내의 상대오차 결과를 얻었으며 2002년 태풍 루사에 적용을 실시한 결과 범람 위험 및 범람 발생지역에 실질적인 홍수피해가 발생하였다.

4) 관개용수를 확보하기 위한 저수지 관리도 중요하나 최근 발생하는 홍수피해의 대비를 위해 과학적인 관개용수량 산정을 실시하여 시기별 적절한 홍수제한수위의 연구가 필요하다고 판단된다. 더불어 구조적인 문제로 예비방류를 실시하기 어려운 농업용저수지의 문제점을 인식하고 수문설치, 높게 설치된 수문 언체의 재설계 및 하천정비나 보설계와 같은 구조적인 대책이 마련되어야 한다고 판단된다.

참고문헌

1. 농업기반공사, 2002, 성주댐 홍수예측 및 장기유출량 모형개발
2. 한국수자원공사, 2002, 한국의 댐
3. 성주 농지개발조합, 농어촌진흥공사, 1996, 성주지구 집중용수 관리시스템 사업계획서
4. M. Hanif Chaudhry, 1993, "Open-Channel Flow" Prentice Hall
5. Hydrologic Engineering Center, 1998. HEC-HMS Hydrologic Modeling System-User's Manual
6. US Army Corps of Engineers, 2001, HEC-RAS River Analysis System