

하천구조물에 의한 흐름특성

Flow-specific Analysis for River-works

안상진* · 이재경** · 이상황*** · 이재문***

1. 서론

하천은 우리 생활에 있어 꼭 필요한 존재이지만, 최근 이상기후로 인해 홍수기에 많은 피해가 발생하고 있다. 특히, 집중호우로 인한 유량 증가는 유로의 능력을 훨씬 초과하여 하천범람을 유발한다.

하천의 구조물 중에서 홍수피해에 직접적인 영향을 미치는 것은 교량과 제방이다. 하지만 우리나라의 소하천에는 노후된 교량이 대부분이며, 교각의 간격 또한 좁아 흐름을 방해하는 요인중의 하나이며, 제방은 흩으로 축조된 것이 대부분이며 최근에 들어 돌담태공, 돌붙임공 등의 하천호안공법이 이루어지고 있으며, 식생에 의한 조도계수변화와 그에 따른 흐름특성 역시 고려해야 할 사항중의 하나이다.

본 연구에서는 흐름특성을 파악하기 위해 1차원모형인 HEC-RAS와 2차원모형인 RMA2를 이용하여 비교 분석하였다.

2. 모형의 이론

2.1 HEC-RAS

HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center's River Analysis System)는 USACE-HEC(U.S. Army (Version 3.0, Jan. 2001)에서는 자연 혹은 인공수로의 1차원 점변정상류의 수면형, 즉 상류, 사류, 혼류영역의 수면형 계산과 부정류의 수면형 계산을 수행할 수 있으며, 하도내 교량, 압거 및 구조물의 영향분석을 수행할 수 있으며, 수리 분석으로 교량의 수축 및 국부세굴을 산정하고 도시화 하여준다. 수면곡선의 기본식은 식2.1과 같이 일차원에너지 방정식에 근거를 둔다.

$$WS_2 + \alpha_2 \frac{V_1^2}{2g} = WS_1 + \alpha_1 \frac{V_2^2}{2g} + h \quad \text{-----}(1)$$

2.2 SMS 모형

SMS(Surface Water Modeling System)는 1차원, 2차원, 그리고 3차원의 동수역학적 모형을 위한 포괄적 활용프로그램으로, USACE-WES(U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station)와 FHWA(U.S. Federal Highway Administration)가 연계하여 Brigham Young University의 EMRL(Environmental Modeling Research Laboratory)에서 개발하였고 지속적으로 개선되고 있다. SMS에서는 산정된 결과값을 여러 가지 형태의 그래픽으로 표현 할 수 있다.

하천흐름의 수치모의 방법에는 1차원 방법, 2차원방법 그리고 3차원방법이 있다.

1차원모형은 자유수면 흐름에 대한 1차원 Saint-Venant 식을 지배방정식으로 하여 해석한다. 2차원모형은 1차원 해석에서 나타난 문제점을 해결하기 위해서 연구되었다. 2차원 해석이 수치적 계산량이 증가함에도 불구하고 1차원 해석이 효과적으로 수행할 수 없는 복잡한 흐름 문제에 대한 많은 과정을 효과적으로 모의 할 수 있다. 2차원 접근법은 주수로와 홍수터 흐름사이의 운동량 변화를 모형화 할 수 있다.

3. 모형의 적용

3.1 유역의 개황

영동천은 금강의 제1지류로써 유역은 영동군 양강면 산막리의 천마령(해발 925m)에서 발원하여 양정천과 삼봉천이 합류되어 영동군 심천면 초강리에서 금강본류에 유입된다. 이 유역의 서쪽으로는 양강면, 북쪽으로는 심천면, 동쪽으로는 영동읍, 그리고 남쪽으로는 용화면이 인접하며, 행정구역으로는 충청북도 영동군 영

* 정희원, 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수
** 정희원, 대원과학대학 토목과 교수
*** 정희원, 충북대학교 대학원 토목공학과 석사과정

동읍의 2개면 46개리를 포함하고 있다. 그 중에서 본 연구는 영동천에서 사행이 심하고 하천구조물이 많은 지점을 대상 지점으로 선택하였다. 그림 1은 대상지점의 유역을 나타내고 있다.

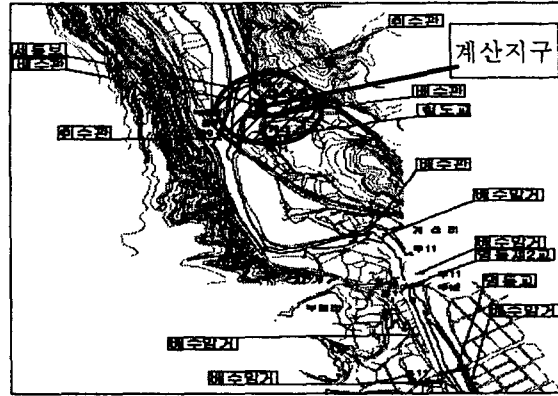


그림 1. 영동천유역

3.2 연구방법

본 연구에서 홍수량 산정은 영동천 3개지점의 30년, 50년, 80년, 100년, 150년 빈도에 대하여 산정하였으며 Clark의 유역추적법, Nakayasu 합성단위도법, Kajiyama식을 적용하여 홍수량을 산정하였고, HEC-RAS모형과 RMA2모형을 이용하여 주요지점의 흐름특성을 분석하였다.

위의 방법을 이용해 구한 빈도별 홍수량은 표 1과 같다.

표 1. 빈도별 홍수량

지점	빈도	유역추적법	KAJIYAMA	NAKAYASU	비고
오정교 상류	30	865	859	584	No.1
	50	971	889	658	
	80	1,068	917	725	
	100	1,114	930	757	
	150	1,198	954	815	
철도교 상류	30	844	831	539	No.16
	50	950	861	607	
	80	1,048	888	670	
	100	1,093	900	700	
	150	1,177	923	754	
삼봉천 합류점	30	521	564	342	No.28
	50	585	583	385	
	80	644	602	425	
	100	672	610	443	
	150	722	626	477	

3.3 흐름특성

위의 빈도별 홍수량을 비교해 보면 하류에서보다 상류로 갈수록 빈도별 홍수량의 차이가 크게 나타났으며, 특히 유역추적법을 이용해 구한 값이 가장 크게 나타나는 것을 알 수 있다. 본 연구에서는 유역추적법을 이용해 구한 홍수량을 이용하였다.

HEC-RAS를 이용해 수위변화를 모의 한 결과, 구조물의 유무, 그리고 2차원 모델인 RMA2와 비교한 값을 그림 2에 그래프로 나타내었으며, HEC-RAS1은 구조물이 있을 때와 HEC-RAS2는 구조물이 없을 때를 나타내고 있다. 두 모형을 비교한 수위 차이는 약10cm~70cm까지 보였으며, 특히, Station No.17과 No.18지점인 철도교 주위에서 수위차이가 크게 나타났다. 이는 계산지구내 배수로에서 흘러나오는 배수의 영향과 철도

교 하류 약 50m지점에 수중보의 영향으로 수위차이는 더욱 크게 나타나는 것으로 판단되어 진다. 그리고, 그림 2는 RMA2모형과 HEC-RAS모형의 수위변화를 비교한 그래프이다. 수위변화는 RMA2모형에서는 상류부에 수위가 높게 나타났으며, 하류부로 갈수록 그림에서와 같이 HEC-RAS모형보다 수위가 낮게 나오는 것을 볼 수 있다.

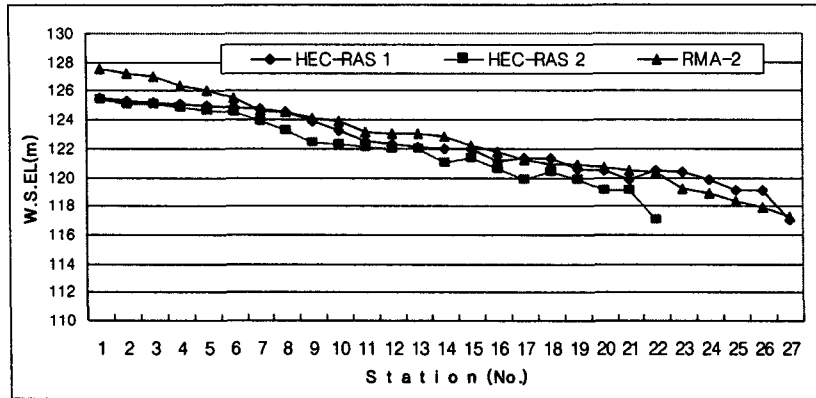


그림 2. 80년 빈도 홍수량에 따른 홍수위 변화 비교(HEC-RAS / RMA2)

그림 3은 만곡부의 유속벡터를 나타낸 것으로 이 부분에서는 의외로 내측의 유속이 더 크게 나타나는 것을 볼 수 있으며, 수위는 원심력의 영향으로 외측이 더 크게 나타났다. 그림 4와 5는 영동 제1교와 제2교로서 영동 제 1교는 150년 홍수위 빈도에서도 안전한 것으로 모의되었지만 영동 제 2교는 30년빈도에서 만제를 나타냈으며 80년빈도에서는 월류가 예상되어진다.

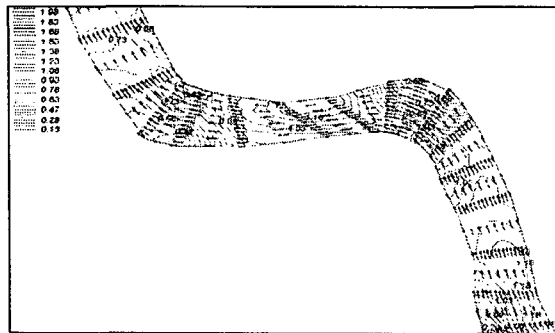


그림 3. 사행부분에서의 유속분포도

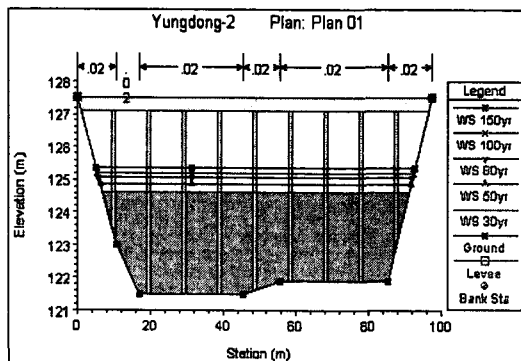


그림 4. 영동 제1교

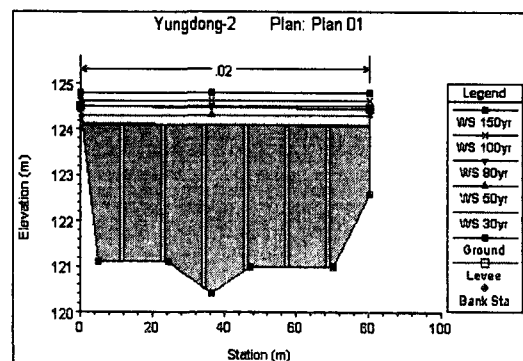


그림 5. 영동 제2교

그림 6은 철도교 지점을 RMA2모형으로 모의한 것으로 교량의 유무에 따른 흐름을 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 교각의 영향으로 인해 교량 전에서 유속이 작아지는 것을 볼 수 있다.

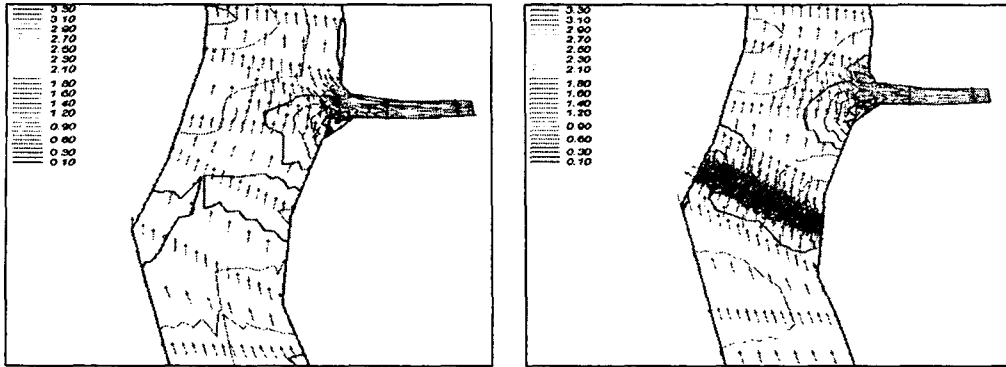


그림 6. 2차원 모형 모의 결과(유속벡터)

그림 7은 교량지점 전·후에서의 수위변화를 모의한 결과로 철도교지점을 나타내고 있으며, 철도교 지점에서 교량을 지나면서 수위가 감소하는 것을 볼 수 있으며, RMA2모형보다는 HEC-RAS에 의해 모의된 수위가 더 높게 나타난 것을 볼 수 있다. 이는 RMA2모형은 흐름특성을 파악하는데 적당하며, 홍수위 산정에는 HEC-RAS모형이 더 적합한 것으로 판단되어 진다.

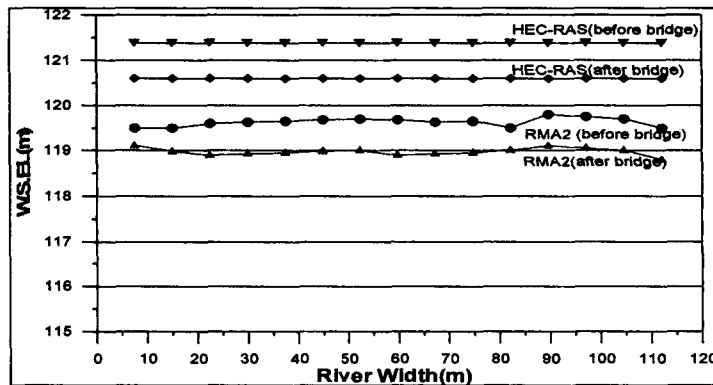


그림 7. 철도교 상하류 수위변화

4. 결과 및 논의

HEC-RAS를 이용해 하천 구조물에 의한 흐름 특성을 파악한 결과 교각이나 수중보에 의한 수위 상승과 통수능을 파악하고, SMS모형을 이용 하천수의 흐름을 2차원적으로 파악하여 영동천 내에 있는 구조물이 하천의 흐름에 미치는 영향과 특성을 분석하였다. 계산지구내 배수로 합류 지점에서 배수의 영향, 철도교와 수중보의 영향으로 하천의 수위가 상승하는 것을 볼 수 있으며 하천의 흐름을 방해하여 유수가 정체되는 경향을 보였으며 이로 인해 상습적 침수피해의 우려가 있을 것으로 판단된다. 따라서, 침수피해를 최소화하기 위해서는 하천구조물의 재정비를 통한 통수능의 확보가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김영복, SMS 모형을 이용한 하상변동 예측, 석사학위 논문, 충북대학교, 2003
2. 윤용남, 공업수문학, 청문각, 1999
3. 제10회 수공학 워샵 교재, 한국수자원학회, 2002
4. 2002년 홍수피해 종합 조사보고서, 한국수자원학회, 2002
5. 영동천 하천정비 기본계획, 충청북도, 1999
6. 재해위험지역(계산지구) 기본조사계획 학술용역 보고서, 영동군, 1998