

홍수기를 고려한 가곡천 하류부 하상변동 특성 분석*

맹승진, 이승욱**, 황길순, 김동억

본 연구에서는 가곡천 하구에 LNG 생산기지 및 호산항 방파제 종합발전단지 조성에 따른 상류 하천의 유속 변화와 과거유량이 미래에 발생한다는 가정 하에 장래의 하상변화를 예측하기 위해 수문모형인 SSARR(Stream Synthesis and Reservoir Regulation Model) 모형을 사용하여 가곡천 하류 지점의 장기유출량을 추정하고 수리모형인 RMA-2와 SED-2D를 사용하여 하상변동을 모의하였다. SSARR모형의 매개변수는 실측된 유출량과의 보정을 통해 산정되어야 하나 대상수계의 실측자료가 전무하여 대상유역과 물리적 특성이 유사하고 신뢰성 있는 실측자료가 있는 평창강 유역의 매개변수를 적용하였다. 또한 1972년부터 2011년까지 일유출량을 모의하여 전년에 대한 일평균유출량을 산정하였으며 유황분석을 통해 홍수량을 추정하여 수리모형의 경계조건으로 사용하였다. 측량자료를 바탕으로 수리모형의 입력자료인 지형자료를 구축하였으며, 하류단 경계조건은 시행착오법에 의해 EL.14.0m로 산정하였다. 수리모형 분석 결과 단면별 평균유속의 최대값은 분석 시작구간에서 발생한 1.16m/s이고 최소값은 하류부에서 발생한 0.31m/s로 모의되었다. SED-2D를 이용한 하상변동 분석결과 분석 시작구간 우안의 거동은 거의 변화가 없었으며, 하류부 종단면의 퇴적 양상은 감소하는 현상으로 모의되었다. 결과적으로 상류에서 유입되는 홍수량의 유사포함여부가 하상변동에 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 LNG 생산기지 및 호산항 방파제 종합발전단지 조성에 의한 하상변화는 향후 지속적인 실측자료 확보를 통한 분석을 수행하여야만 홍수로 인한 피해 경감대책을 마련할 수 있을 것이다.

주제어: 강우-유출, SSARR, 집중형모형, 수리모형, 하상변동

1. 서론

오늘날 수리시설물 및 하천주변 시설물은 이수 및 치수 목적으로 구분되어 관리됨과 동시에 경제적 효과를 극대화할 수 있는 방안에 따라 시공된다. 이러한 시설물을 설치하기 위한 사전 기초조사 및 분석으로 수문학적 분석과 수리학적 분석을 실시하여야 한다. 현재까지의 수문학적 분석은 많은 적용

* 본 연구는 환경부 수생태복원사업(Eco-STAR Project)의 "자연하안 유도공법 개발(과제번호: EW13-07-10)"에 의해 수행되었습니다.

** 교신저자.

을 통해 발전하여 왔다. 반면에 과거 수리학적 분석은 수리모형 실험에 의해 분석되어졌기 때문에 경제여건이 열악한 우리나라에서 적용하는 것은 많은 어려움이 따랐다. 그러나 근대 컴퓨터가 발전됨으로 인해 이러한 문제가 어느 정도 해결되어 수치모형에 의한 수리학적 특성 분석이 가능하게 되었다. 수리분석은 물의 물리적 성질과 물의 역학적 거동을 연구하여, 실제 생활에 미치는 영향을 분석한 것이다.

수치모형 실험의 대표모형은 측량자료이용과 모형적용의 용이성을 이유로 1차원 점변부정류 해석프로그램인 HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center-River Analysis System) 모형을 많이 사용하고 있다. 실제로 대부분의 하천기본계획수립에 있어서도 1차원 해석모형을 적용하고 있는 실정이다. 하지만 지류가 유입하는 합류지점, 교량, 보 등의 다양한 수리시설물이 존재하는 경우 또는 하도형상의 변화에 따른 국부적인 흐름의 변화양상의 해석, 2차원 수질오염 해석 및 하상변동해석과의 연계 등 보다 정교한 흐름해석결과에 대한 공학적 필요성을 위해서 2차원 모형의 적용이 필요하게 되었다.

본 연구에서는 가곡천의 하류부에 LNG 생산기지 및 호산항 방파제 종합발전단지 조성에 따른 상류 하천의 유속 변화와 과거유량이 미래에 발생한다는 가정 하에 장래의 하상변화를 예측한다. 이를 위해 우선적으로 가곡천 유역의 수문분석을 실시한 후, 수문분석에 의해 산정된 일유출량과 관측된 강우량 등을 입력자료로하여 2차원 수치모형에 의한 수리학적 특성을 분석 하였다.

II. 모형의 선정 및 특성

본 연구에서 가곡천 하류부의 거동변화를 모의하기 위해서는 우선적으로 가곡천 유역에 대한 수문분석을 실시한 후, 수문분석에 의해 산정된 하천별 일유출량과 관측된 강우량 등을 입력자료로하여 2차원 수치모형에 의한 수리학적 특성을 분석하여야 한다. 이러한 분석 과정에서 결과의 객관성을 확보하기 위해서 국내외적으로 소개되고 있는 수많은 수문모형과 수리모형 중에서 어떤 모형을 선정하는 것은 매우 중요하다.

수문분석을 위해서는 장기간의 유출 분석을 수행하여야 하기 때문에 분석기간 측면에서 볼 때 장기모형이어야 하며, 분석방법 측면에서는 세밀한 하천정보를 필요로 하는 분포형 모형보다 상대적으로 입력자료의 획득이 용이한 집중형 모형이 선정되어야 한다. 따라서 본 연구의 목적에 부합하고 국내외적으로 적용사례가 많은 SSARR(Stream Synthesis and Reservoir Regulation Model) 모형을 선정하였다. 또한 수리학적 특성을 분석하기 위해서는 하상 거동 특성 모의가 가능한 2차원 모형을 대상으로 하였으며 GUI(Graphic User Interface)가 지원되는 RMA-2 모형과 SED-2D 모형을 선정하였다.

SSARR 모형은 미국 공병단에서 1956년 처음 개발되어 지속적으로 보정이 이루어지고 있는 모형으로서 저수지조작, 대유역의 실시간 일유출 예측 등의 목적으로 널리 사용되고 있다. 유역추적모형과 하도추적모형 외에 저수지 조작(Reservoir Regulation) 모형까지 포함된 이 모형은 미국의 Columbia

강과 베트남의 Mekong 강 등과 같은 대하천에 성공적으로 적용된 바 있으며, 강우 뿐 아니라 강설에 따른 유출도 가능한 모형이다. 또한 SSARR모형은 Lumped parameter 모형으로서 24개 이상의 매개변수를 시행착오방법에 의해 최적값을 찾게 된다. 계산시간간격은 6분에서 24시간까지 중에서 선택할 수 있고, SMI(Soil Moisture Index), ETI(Evapotranspiration Index), BII(Baseflow Infiltration Index) 등과 같이 몇 개의 매개변수가 지표형태로 주어지게 된다(USACE, 1991).

RMA-2 모형의 실행을 위하여 구성된 유한요소 격자망에서 바닥의 재료특성계수와 경계조건을 도입하여야 하며, 일반적인 경계조건은 유량, 유속, 수위가 있으며, 바닥의 재료특성 계수인 Manning의 조도계수 n 값, 그리고 흐름특성에 따른 난류성분을 나타낼 수 있는 와점성향의 난류교환계수가 있다. 특히, 와점성향은 Galerkin 기법을 사용하는 RMA-2 모형의 해를 안정화시키는 역할을 하기도 한다. 상하류단 경계조건인 경우, 유량 또는 수위는 상류경계조건, 수위는 하류(유출)경계조건으로 부여되며, 경계 절점에서는 경계조건이 지정되지 않으면 그 절점은 흐름이 없는 고체경계로 인식된다.

SED-2D 모형은 Dr. Ranjan Ariathurai와 Dr. R. B. Krone(1976)이 개발한 STUD-H 프로그램의 개정판으로서 계속 수정 및 보완되고 있다. SED-2D 모형은 모래하상과 점토질 하상에 대해 모의 가능하고, 콘크리트 구조물에 대해서는 모의할 수 없다. 또한, 유효입경을 고려함에 있어 단 하나의 대표 유효입경에 대해서만 모의가 가능하므로, 다른 유효입경에 대해서는 모의를 따로 수행하여야 한다. SED-2D 모형은 자체내에서 수위와 유속을 계산하지 못하기 때문에 RMA-2에서 수위와 유속을 계산하여 하상변동을 모의하게 된다. 따라서 SED-2D 모형도 RMA-2 모형의 모의 조건에 따라 정류 흐름 및 부정류 흐름에 대한분석이 가능하다. 그러나 시간에 따른 부유사 농도 변화는 고려하지 못하는 단점이 있다(EMRL, 2003).

SED-2D 모형의 기본 유한요소 공식은 Ariathurai & Krone(1976)에 의해 제안되었으며, 이송-확산 방정식, 하상 전단응력, 하상 제원 및 하상 모델과 같은 4가지의 중요계산으로 요약할 수 있다.

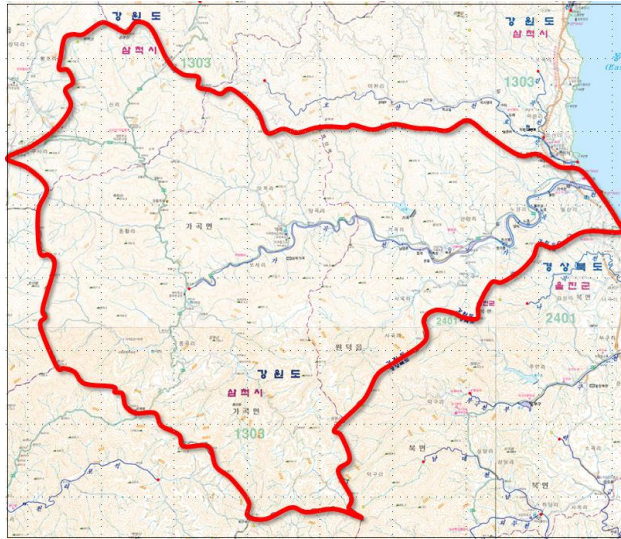
III. 대상유역 특성

1. 유역의 개황

가곡천은 지방하천으로 가곡면 풍곡리 용소골 상류에서 발원하여 북행하다가 풍곡초등학교 앞에서 도계읍 신리 육백산에서 발원한 소하천과 합류하여 동으로 방향을 바꾸어 심한 사행을 거쳐 원덕읍 월천리 앞 동해로 유입되는 하천으로 유로연장 40.96km, 유역면적 264.2km²인 하천이다(국토해양부, 2006).

하천유역은 동쪽으로 동해와 접하고 있고, 서쪽으로는 경상북도 봉화군 석포면과 강원도 태백시와 능선이 경계를 이루고 있으며, 남쪽으로는 경상북도 울진군 북면과 서면을 경계로 하고, 북쪽으로는

삼척시 도계읍 육백산(EL. 1,244m)에서 능선을 따라 삼척시 원덕읍 노경리와 호산리 사이의 능선으로 이어져서 동해까지 뻗어 있다. 가곡천의 하상구배는 1/86~1/267로 하류부는 비교적 완만하며, 상류부로 올라갈수록 경사가 급한 산지하천을 유지하고 있다. 하구부에 호산해수욕장이 위치해 있어 모래사장이 발달되어 하구폐색이 이루어져 있다.



<그림 1> 가곡천 유역

2. 기상 및 기후

가곡천 유역의 지배관측소인 울진기상대의 최근 13년간(1999년~2011년) 기온자료를 조사한 결과 평균기온의 경우 연간 12.9℃이며, 계절별 기온은 봄 11.9℃, 여름 22.0℃, 가을 14.8℃, 겨울이 3.0℃로 조사되어, 계절별 평균기온의 최대 기온차가 19.1℃로 나타났다.

월별 평균기온은 8월에 23.5℃로 가장 높게 나타났으며, 월별 최고기온은 8월에 36.3℃이며, 월별 최저기온은 1월에 -13.3℃로 나타났다.

수문분석을 위해서는 장기간의 강수량 자료 확보가 중요하기 때문에 울진기상대의 강수량은 관측개시년인 1972년부터 2011년까지 수집한 결과, 연평균강수량은 1,096.1mm로 나타났으며 강우의 계절적인 분포는 봄 195.6mm, 여름 485.6mm, 가을 312.9mm, 겨울 102.1mm로 조사되어 한반도의 전반적인 현상인 여름의 강수량이 많은 것으로 나타났고, 강우 집중율은 44.3%로 나타났다(기상청, 2011).

IV. 결과 및 고찰

1. 수문분석

1) 물리적 매개변수

수문모형에서 설정되는 매개변수는 크게 물리적 매개변수와 수문기상 매개변수 및 내부처리 매개변수로 구분될 수 있다(Fleming, 1977). SSARR모형에서 결정되어야 할 매개변수는 수문기상 입력변수, 강우 및 강설 자료, 지표 가중치, 최대 차단량 및 기온이다.

2) 내부처리 매개변수

SSARR 모형의 내부처리 매개변수인 SMI-ROP, BII-BFP 및 S-SS를 산정하였다. 내부처리 매개변수는 가곡천에서 관측된 유출량과 SSARR 모형에 의해 모의된 유출량과의 보정을 통해 산정되어야 한다. 그러나 본 연구의 대상수계에는 관측된 유출량 자료가 전무하여 SSARR 모형에 의한 모의유출량과 관측유출량과의 비교를 통한 보정은 현실적으로 불가능하다.

그래서 본 연구에서는 대상유역과 지리적으로 가까우며 유역의 물리적 특성이 유사하고 신뢰성 있는 관측유출량 자료를 확보하고 있는 평창강 유역을 대상으로 SSARR 모형 적용 시 산정된 내부처리 매개변수를 사용하였다(한국수자원공사, 2008). 따라서 본 연구에 적용된 내부처리 매개변수인 SMI(Soil Moisture Index) - ROP(Runoff Percent) BII(Baseflow Infiltration Index) - BFP(Base Flow Percent) 및 S-SS(Surface-Subsurface Separation)는 <표 1>과 같다.

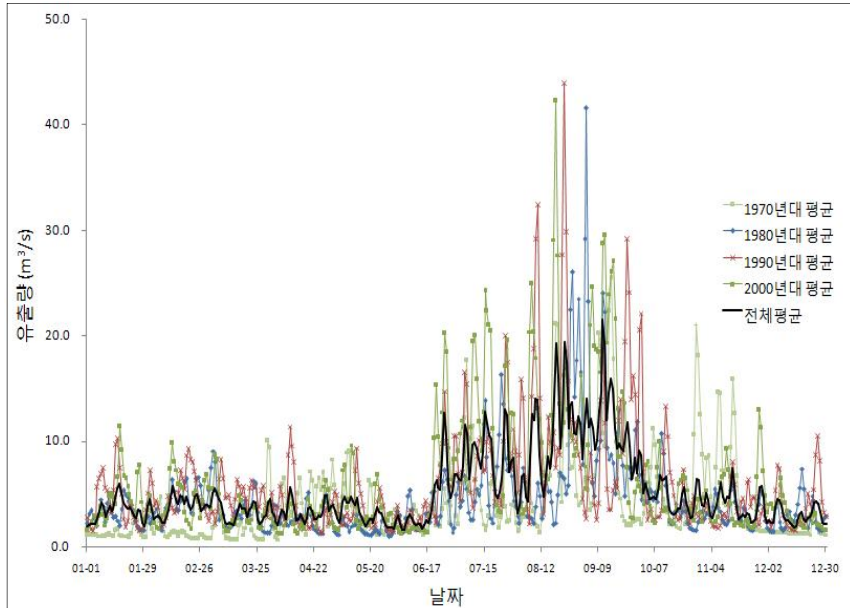
또한 침투량의 저류시간, 최대 침투량 및 최대 지하수 유출율 등의 내부처리 매개변수는 SSARR Manual에서 제시한 값을 사용하였다(USACE, 1991).

<표 1> 내부처리 매개변수

SMI(cm)	ROP(%)	BII(cm/d)	BFP(%)	S-SS(cm/hr)	Surface Comp.(cm/hr)
0	8	0.0	40	0.0	0.00
1	30	1.0	14	0.5	0.15
2	51	1.5	11	1.0	0.57
3	65	2.0	10	1.5	1.07
4	81	2.5	10	2.0	1.57
5	59	3.0	10	2.5	2.07
10	100	5.0	10	3.0	2.57
999	100	10.0	10		

3) 모의 유출량 산정

결정된 입력자료와 매개변수를 적용하여 1972년부터 2011년까지 가곡천 유역 말단부의 일유출량을 SSARR 모형에 의해 모의하였다. <그림 2>는 가곡천 유역을 대상으로 1972년부터 1980년까지, 1981년부터 1990년까지, 1991년부터 2000년까지 및 2001년부터 2011년까지의 일유출량 평균값과 분석기간 전체의 일유출량 평균값을 도시한 것이다.



<그림 2> 연대별 일유출량의 평균값

1972년부터 2011년까지 40년간 모의된 일유출량 중에서 가곡천 유역 유출이 가장 큰 연도, 중간인 연도 및 가장 작은 연도는 각각 2003년, 1984년 및 1979년이다. 또한 2000년 이후의 유출량이 2000년 이전의 유출량보다 상대적으로 컸음을 알 수 있다.

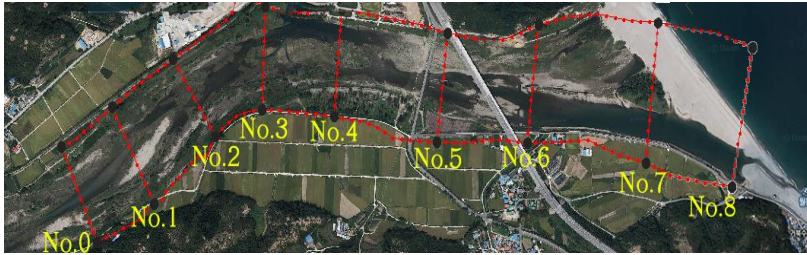
4) 유행분석

대상하천 구간의 유속분포와 하상 거동 특성을 분석하기 위해 RMA-2 모형의 입력자료인 유출량을 결정하는 것은 매우 중요하다. 따라서 SSARR 모형에 의해 산정된 가곡천 유역의 모의 유출량을 사용하여, 가곡천 유역의 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량을 결정할 수 있는 유행분석을 실시하였다. 그 결과 홍수량은 415.0m³/s, 풍수량은 3.4m³/s, 평수량 1.7m³/s, 저수량 1.2m³/s, 갈수량 0.8m³/s 이다.

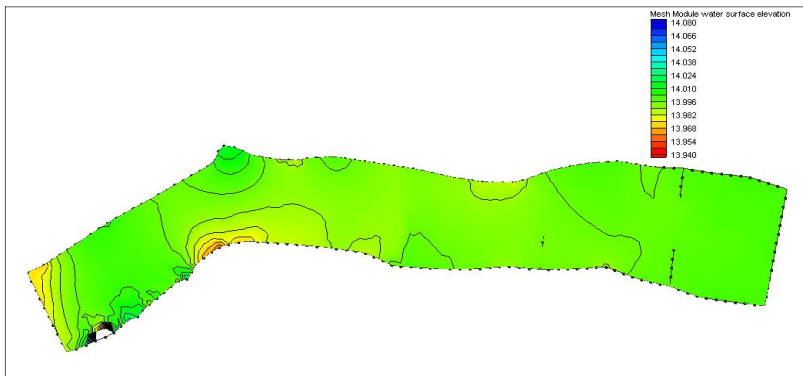
2. 수리분석

1) 중형단분석

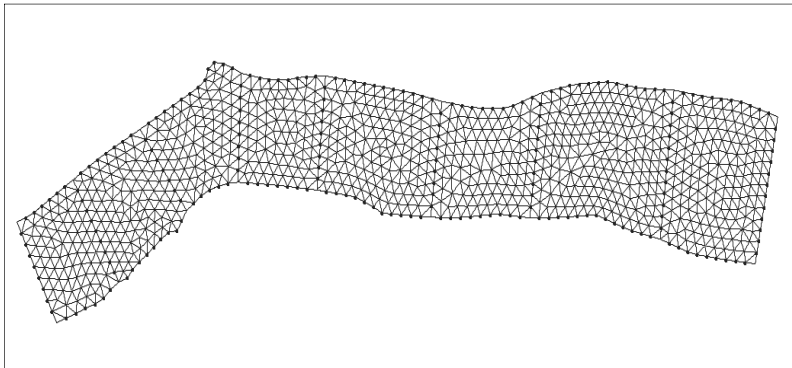
모의 대상구간에 대한 하상의 형상과 재료의 특성을 파악하기 위해 <그림 5>과 같이 하천단면을 총 9개(No. 0~No. 8)로 구분하였다. <그림 3>에 도시된 구간의 하천 거동 특성을 분석하기 위해 RMA-2 모형의 전처리 과정으로 <그림 4>와 같이 지형자료를 구축하였으며, 지형자료를 이용한 격자망을 <그림 5>와 같이 구성하였다.



<그림 3> 분석 구간 현황도



<그림 4> 분석 구간 지형자료 구축

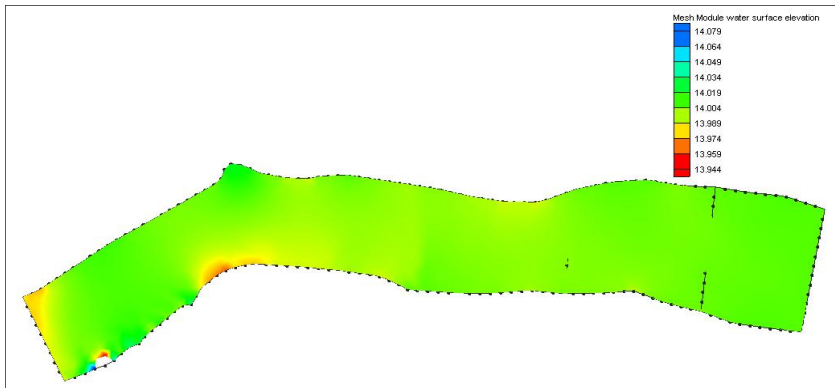


<그림 5> 분석 구간 격자망 구성

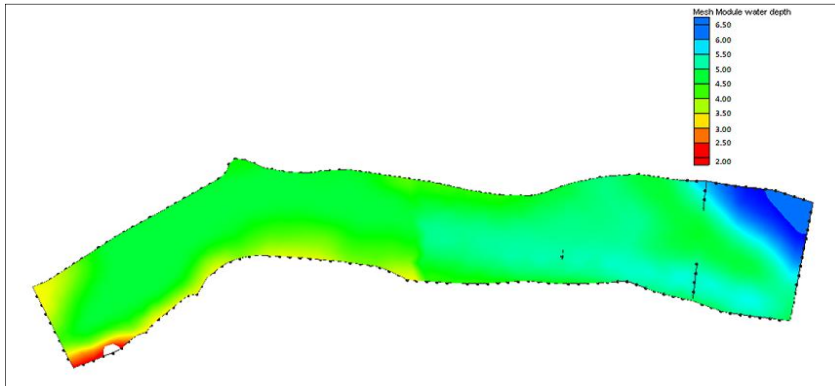
2) 유속분포

상류단 경계조건인 유출량은 유황분석 시 결정된 홍수량인 415.0m³/s로 하였고, 하류단 경계조건인 수위는 시행착오법에 의해 EL. 14.0m로 하였다. 조도계수는 하상의 재질이 자갈과 모래가 혼재하고 있어 0.030으로 하였다.

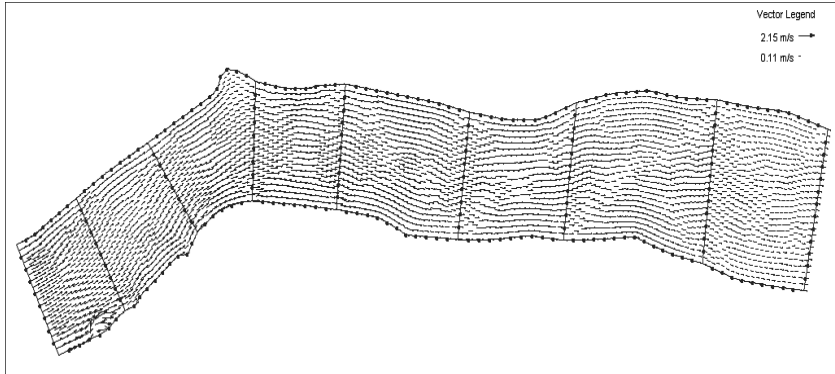
이상의 조건을 대상으로 분석한 결과, 분석 대상구간의 수위분포, 수심분포, 유속벡터도 및 유속분포도는 <그림 6>~<그림 9>와 같다.



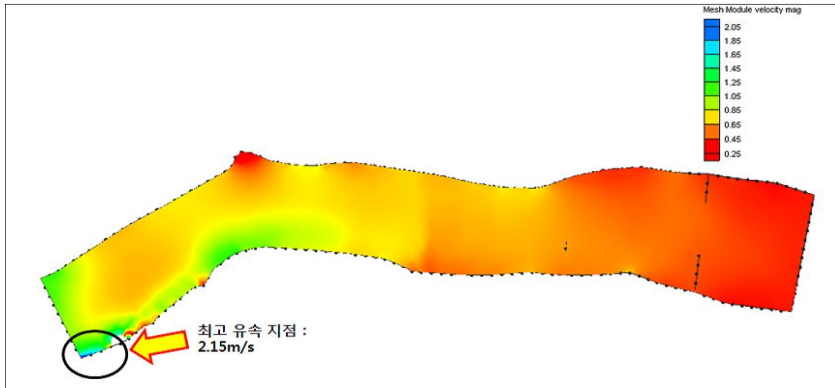
<그림 6> 수위 분포도



<그림 7> 수심 분포도



<그림 8> 유속 벡터도



<그림 9> 유속 분포도

<그림 6>에서 분석 대상구간의 수위는 EL. 13.94m~EL. 14.08m까지 분포하고 있으며, 최대 수위는 분석 대상구간 중 상류측인 No. 0~No. 1 구간의 우안부에서 발생하였다. 또한 수치모의 결과 각 단면에서 수위변화가 발생하였으며, 이는 2차원 수치모의의 대표적인 특징인 종·횡방향 확산으로 인해 발생한 것이다.

<그림 7>에서 분석 대상구간인 최대 수심은 6.48m 내외로 No. 7~No. 8구간에서 발생하였다. 이는 <그림 4>의 지형공간 분포도와도 일치하는 것으로 이 구간에서의 최심 하상고가 분석대상 구간에서 가장 낮기 때문에 수심이 상대적으로 큰 값을 나타내었다.

<그림 8>과 <그림 9>에서 보는 바와 같이 최대 유속은 No. 1~No. 2구간에서 2.15m/s로 모의되었다. 유량이 하류부쪽으로 유하 할수록 상류보다 하류의 하폭 확대에 의해 유속이 0.3 m/s 내외로 급격히 감소하였다.

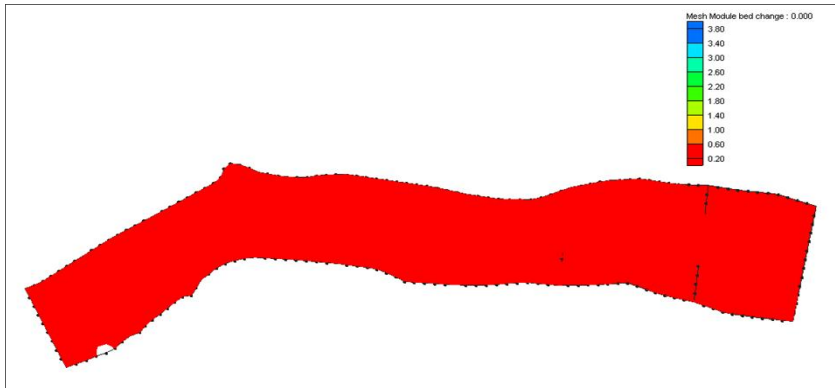
모의결과를 분석하면 분석 대상구간에서 단면별 평균 수위변화는 EL. 13.98m~EL. 14.00m이고, 최대유속은 2.15m/s로서 No. 0인 상류 유입부에서 발생하였으며, 최소유속은 0.29m/s로서 No. 8에서 발생하였다. 단면 평균 유속분포는 0.31m/s~1.16m/s이며, 단면별 평균유속의 최대값은 1.16m/s로 No. 0

번 단면에서, 단면별 평균유속의 최소값은 0.31m/s로 No. 8번 단면에서 발생하였다.

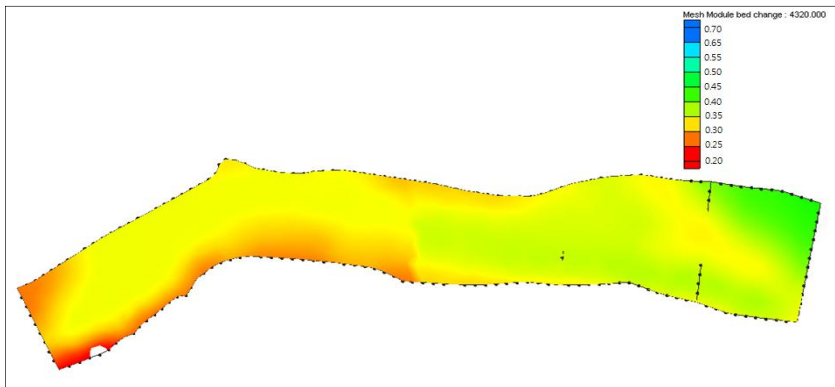
3) 하상거동분석

하상 거동 특성 분석을 위해 SED-2D 모형의 주요 입력자료는 일유출량 및 부유사량이다. 일유출량은 유출 총량의 순위가 중간인 1984년 일유출량 계열로 하였다. 부유사량은 실측을 통한 유량-부유사량 관계 곡선식이 없어 가곡천과 유사한 산지하천인 거연천의 실측 부유사량을 사용하였다(충청북도, 2012).

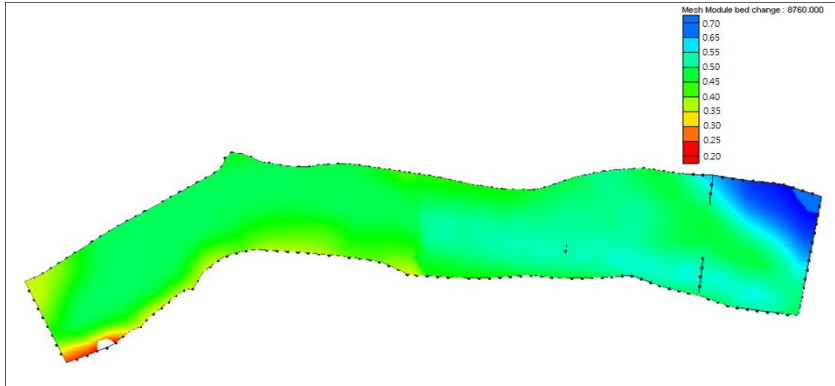
이상의 조건을 대상으로 SED-2D 모형에 의한 하상 거동 모의를 1년(총 8760시간)간 실시하였다. 모의된 결과는 하천의 종단면과 횡단면(No. 0~No. 8)에 대해 모의시작일과 모의 시작일 기준으로 180일 및 365일로 구분하였으며, 이에 대한 결과를 도시한 것은 <그림 10>~<그림12>와 같다.



<그림 10> 모의 시작일 하상 거동 분포



<그림 11> 모의 시작 180일 후 하상 거동 분포



<그림 12> 모의 시작 365일 후 하상 거동 분포

<그림 10>~<그림12>에서 모의시작일로부터 365일 후의 결과를 살펴보면, 상류단의 지형변화는 No. 0부터 시간이 흐를수록 변동이 증가하나 하류의 지형변화는 시간이 흐를수록 하상변동이 크지 않음을 알 수 있었다. 즉, 상류단인 No. 0과 하류단인 No.8보다 중류단인 No. 3~No. 6에서의 하상 변화가 상대적으로 크게 발생하였다. No. 0 단면의 좌안부터 우안까지 거의 동일하게 약 0.35m의 퇴적이 발생하였고, No. 1의 좌안은 0.3m의 퇴적이 발생한 반면 우안에서는 상대적으로 약 0.2m의 퇴적이 더 크게 발생하였다. 최대 퇴적은 No. 6에서 약 0.7m 발생하였다. 이것은 No. 5까지 하폭의 크기가 어느 정도 일정하다 No. 6부터 하폭이 커지면서 퇴적량이 상대적으로 증가한 것으로 판단된다.

<그림 10>~<그림12>에 나타난 바와 같이 분석 구간의 상류부부터 하류부까지 종단 거리 약 2.3 km에 대한 모의 결과 상류부 우안의 거동은 거의 변화가 없었으며, No. 5~No. 7까지 0.35m~0.50m의 퇴적 현상이 발생하였다. 이후 하류부 종단면의 퇴적 양상은 점차적으로 줄어드는 현상을 나타내었다.

하천 좌안과 우안의 거동 특성으로, 하류부의 거동이 상류부보다 상대적으로 변화가 줄었고, 상류부에서는 0.40m~0.60m 내외의 퇴적 현상이 발생하였다.

이상에서와 같이 분석 대상구간에서 하상의 침식보다 퇴적 양상이 크게 발생하는 것은 분석 구간내 하류부 하폭이 상류부보다 크고, 이로 인한 하천의 유속이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 가곡천의 하류부에 LNG 생산기지 및 호산항 방과제 종합발전단지 조성시 하류부 퇴적 양상을 반영하여 향후 홍수로 인한 피해 경감대책을 마련하여야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 장기유출모형인 SSARR를 이용하여 가곡천의 수문분석을 실시하였고, 2차원 흐름 형상을 모의하기 위해 RMA-2와 SED-2D의 범용프로그램인 SMS를 이용한 2차원 수리특성을 분석하였다. 대상 하천의 수문 및 수리분석 결과는 다음과 같다.

1972년부터 2011년까지 SSARR 모형에 의해 산정된 가곡천 유역의 모의 유출량을 사용하여, 홍수량, 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량을 산정한 결과 각각 $451.0\text{m}^3/\text{s}$, $3.4\text{m}^3/\text{s}$, $1.7\text{m}^3/\text{s}$, $1.2\text{m}^3/\text{s}$ 및 $0.8\text{m}^3/\text{s}$ 이다. RMA-2 결과 수위는 EL. 13.94m~EL. 14.08m까지 분포하고 있으며, 최대 수위는 분석 대상 구간 중 상류측인 No. 0~No. 1 구간의 우안부에서 발생하였다. 또한 수치모의 결과 각 단면에서 수위변화가 발생한 것을 알 수 있었다. 최대 수심은 6.48m 내외로 No. 7~No. 8구간에서 발생하였으며, 최대 유속은 No. 1~No. 2 구간에서 $2.15\text{m}/\text{s}$ 로 모의되었다. 유량이 하류부쪽으로 유하 할수록 상류보다 하류의 하폭 확대에 의해 유속이 $0.3\text{m}/\text{s}$ 내외로 급격히 감소하였다. SED-2D 모형의 주요 입력자료는 1984년의 일유출량을 사용하였다. 모의시작일로부터 365일 후의 결과, 상류단인 No. 0부터 지형변화가 갈수록 증가하다 다시 하류로 갈수록 줄어드는 것을 볼 수 있으며, 상류단인 No. 0과 하류단인 No.8보다 중류단인 No. 3~No. 6에서의 하상 변화가 상대적으로 크게 발생하였다. No. 0 단면의 좌안부터 우안까지 거의 동일하게 약 0.35m의 퇴적이 발생하였고, No. 1의 좌안은 0.3m의 퇴적이 발생한 반면 우안에서는 상대적으로 약 0.2m의 퇴적이 더 크게 발생하였다. 상류부부터 하류부까지 종단 거리 약 2.3km에 대한 모의 결과 상류부 우안의 거동은 거의 변화가 없었으며, No. 5~No. 7까지 0.35m~0.50m의 퇴적 현상이 발생하였다. 이후 하류부 종단면의 퇴적 양상은 점차적으로 줄어드는 현상을 나타내었다. 하천 좌안과 우안의 거동 특성으로, 하류부의 거동이 상류부보다 상대적으로 변화가 줄었고, 상류부에서는 0.40m~0.60m 내외의 퇴적 현상이 발생하였다. 이와 같이 하상의 침식보다 퇴적 양상이 크게 발생하는 것은 분석 구간내 하류부 하폭이 상류부보다 크고, 이로 인한 하천의 유속이 감소하기 때문인 것으로 판단된다.

이상의 결과를 종합적으로 평가해 볼 때 하천의 하폭이 유속에 많은 영향을 주며, 상류에서 유입되는 홍수량의 유사포함여부가 하상변동에 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서 SED-2D 모형을 적용하여 하상변동 분석시 상류 유입 유사농도가 매우 중요하며 유사량 측정이 반드시 수반될 필요가 있다. 또한 가곡천의 하류부에 LNG 생산기지 및 호산항 방파제 종합발전단지 조성시 하류부 퇴적 양상을 반영하여 향후 홍수로 인한 단지내 피해 경감대책을 마련하여야 할 것이다.

참고문헌

국토해양부. 2006. 한국하천일람.

기상청. 1999~2011. 기상연보.

충청북도. 2012. 거연천 하천기본계획 보고서.

한국수자원공사. 2008. 한강수계 실시간 저수지 운영시스템 구축(분석 모형 개발) 보고서.

Ariathurai, R. and R. B. Krone. 1976. Finite Element Model for Cohesive Soils. *Journal of Hydraulic Division*. ASCE, 102(3): 323-338.

Environmental Modeling Research Laboratory. 2003. *SMS(Surface Water Modeling System) Tutorials Version 8.1*. Brigham Young University.

Fleming, G. 1977. *Computer Simulation Techniques in Hydrology*. New York: Elsevier.

USACE. 1991. *SSARR User Manual*. North Pacific Div., Portland.

孟昇辰: 충북대학교에서 “LH-모멘트의 적정 차수 결정에 의한 설계홍수량 추정”으로 농학박사 학위를 취득하였으며(2002년 2월), 현재는 충북대학교 지역건설공학과 부교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 수문통계, 강우-유출 모형 개발, 수문자료 측정 분야이며, 현재 한국농공학회 이사, 한국수자원학회 편집위원 등으로 활동 중이다 (maeng@cbnu.ac.kr).

李昇昱: 충북대학교에서 “평창강 금당계곡 내 유도를 설치에 따른 수리특성 분석”으로 공학석사 학위를 취득하였으며(2012년 2월), 현재는 (주)웹솔루스 수자원시스템본부 주임으로 재직 중이다(sulee@websolus.co.kr).

黃吉淳: 강원대학교에서 “소양호의 1차생산력과 부영양화에 관한 연구”로 이학박사 학위를 취득하였으며(1996년 8월), 현재는 한라건설(주) 기술연구소의 수석연구원으로 재직 중이다. 주요 연구분야는 하천 및 호소, 습지의 수 생태복원 기술개발, 호소 부영양화 평가 및 수질관리 분야이며, 현재 한국하천호수학회 이사, 대한환경공학회 편집위원 등으로 활동 중이다(gilsonh@naver.com).

金東億: 한라건설 기술연구소 차장으로 근무 중이며, 2008년부터 환경부 Eco-STAR PJT. 중“자연하안 유도기술 개발”과 “생물서식처복원기술 개발”과제를 담당하고 있으며, 현재 단국대학교 토목환경공학과에서 박사과정중이다.(yanijani@halla.co.kr).

투 고 일: 2013년 04월 10일

수 정 일: 2013년 05월 21일

게재확정일: 2013년 05월 27일

Analysis of the Characteristics of the River Bed Variation for Gagok Down Stream Considering Flood Season

Seung Jin Maeng, Seung Wook Lee, Gil Son Hwang, Dong Oug Kim

In this study, the long-term runoff of Gagok's downstream was estimated using SSARR (Stream Synthesis and Reservoir Regulation), a hydrology model, while change in the riverbed was simulated using RMA-2 and SED-2D to predict future River Bed Variation under the assumption that changes in the flow velocity of the upper stream and past discharge due to the creation of general development estate for a breakwater of Hosan Port and LNG production plant in the estuary of Gagok Stream will occur in the future. Parameters of SSARR model should be calculated through verification with the observed runoff volume. However, since no observation data is available on the water system, the parameters of the Pyeong Chang River basin with reliable observation data and similar physical characteristics to those of the watershed were applied. In addition, the daily mean runoff on the previous year was calculated by simulating daily runoff from 1972 to 2011, and flood discharge estimated through flow regime alternation analysis was used as the boundary condition. Based on survey data, terrain data, the input data of a hydraulic model was constructed, and the downstream boundary condition was calculated at EL.14.0m by means of a trial error method. Results of the hydraulic model analysis showed that the maximum value of mean flow velocity by cross section was 1.16m/s, occurring in the section where analysis begins, and the minimum value was 0.31m/s, which was simulated in the downstream. Results of the River Bed Variation analysis using SED-2D showed minimal change in the behaviors of the right bank in the section where analysis begins. Sedimentation aspects of the longitudinal section in the downstream also showed a tendency to decrease. These results point to the conclusion that the decision to include or exclude sedimentation of flood discharge introduced from the upper stream has a significant effect on River Bed Variation. Accordingly, it is necessary to conduct an analysis of the River Bed Variation due to the construction of a general development estate for a breakwater at Hosan Port and the LNG production plant by securing observation data constantly in the future, which will in turn help prepare measures to mitigate damages caused by floods.

Key words: rainfall – runoff, SSARR, lumped model, hydraulic model, river bed variation