

## 2차원 수치모형을 이용한 만곡부 흐름특성 분석 (섬진강을 중심으로)

김준태 \*, 장창래 \*\*, 윤라영 \*\*\*

Joon-Tae Kim, Chang-Lae Jang, La-Young Yun

---

### 요 지

자연하천에서의 형상은 직류하천보다는 어느 정도 만곡이 있는 사행하천이다. 이러한 만곡부가 교호적으로 나타나는 사행하천의 흐름구조는 매우 복잡하며, 이차류가 발생하는 만곡부에서 직류하천에서 예상되는 흐름분포를 왜곡시킴으로써, 유사의 이동, 횡방향의 유속분포가 다르게 나타난다. 이러한 만곡부의 흐름 특성은 만곡부 외측에 측방세굴과 수면교란, 그리고 수위를 상승시키며, 에너지 손실을 가져온다. 일반적으로 사행하천의 만곡부 외측에는 소(pool)가 발달되고, 내측에는 이차류에 의해 강터 퇴적을 유발함으로써 점 사주(point bar)가 형성된다(우효섭, 2001).

본 연구에서는 사행하천이 비교적 발달한 섬진강 상류 덕치지구 구간에 대하여 2차원 수치모형인 RMA-2 모형을 이용하여 만곡부의 흐름특성을 분석하였다. 분석한 결과 유속의 분포는 만곡부 상류부에서 최대 흐름의 구역이 나타났으며, 만곡부에서는 흐름의 편향구역과 정체구역, 그리고 만곡부 하류부에서 에너지 손실이 일어난 후 흐름의 회복구역으로 흐름의 특성을 나타냈다. 또한 수위의 분포는 상류부에서 점차적으로 수위가 감소하다가 만곡부에서 수위가 상승하였고 만곡부가 끝나는 하류부에서의 수위는 감소하였다. 만곡부에서의 횡적인 수위 분포는 만곡부의 외측이 내측보다 수위가 상승되는 것으로 나타났다.

본 연구에서 2차원 수치모형인 RMA-2 모형을 이용한 만곡부의 흐름 특성은 만곡부에서의 홍수위 상승에 대한 검토로서 하천의 바람직한 치수관리 방안에 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

**핵심용어 : RMA-2, 만곡부, 홍수위**

---

\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원 : choinjontae@naver.com

\*\* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 : cjang@kwater.or.kr

\*\*\* 비회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 연구원 : holon9900@naver.com

## 1. 서론

만곡부에서 흐름특성은 일반적으로 수면 근처의 유선은 만곡부 외측으로 편향되는 반면에 하상 근처의 유선은 내측으로 편향된다. 하상 근처의 유속, 접선 하상 전단응력, 하상입자들의 항력은 일반적으로 만곡부 내측으로 향하게 된다. 이러한 만곡부 외측에서 내측으로 작용하는 이차류로 인해 만곡부 내측의 퇴적과 외측의 세굴이 일어나며, 만곡부 외측의 홍수위가 상승한다.

Rozovskii(1957)는 만곡부에서 이차류의 유속이 흐름 방향의 유속과 수심에 비례하고, 만곡부의 곡률반경에 반비례하는 유속 분포식을 제안하였으며, Chang(1983)과 Montes(1988)는 만곡부의 에너지 손실에 대해 해석적인 방법으로 추정식을 제안하였다. 하지만 실제 하천에서의 적용에서 이와같은 복잡한 만곡부의 흐름 특성을 충분히 고려하지 않아 여러 가지 부작용이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 섬진강댐 직하류의 덕치지구 만곡부를 대상으로 2차원적으로 만곡부의 흐름특성을 나타냈다.

## 2. 하천 수문특성

### 2.1 대상구역 현황

섬진강댐에서 하류로 약 14 km 지점에 위치한 덕치지구는 전라북도 임실군 덕치면 천담리에 위치하며, 심한 만곡부 형상으로 하상이 비교적 급한 산지하천으로서 하폭이 상·하류에 비하여 협소하여 유속이 빠르다. 또한 만곡부 좌안에서 지류가 합류하여 유수소통에 지장을 초래할 우려가 있는 지역으로, 과거 홍수기에 농경지 침수피해(2005. 8)가 발생한 곳으로 이에 대한 합리적인 관리 방안을 위해 수리적인 검토가 필요하다.

### 2.2 수문현황

섬진강유역은 4,911 km<sup>2</sup>이고, 유로연장 223.86 km로 이 중 덕치지구는 100년 빈도의 계획홍수량 2,440 m<sup>3</sup>/s이고, 계획홍수위 105.86 m이다. 기 수립된 하천정비보고서에서 산정된 조도계수는 0.036으로 나타났다.



그림 1. 섬진강댐 직하류 덕치지구의 만곡부

### 3. 2차원 수치모형

#### 3.1 RMA-2 모형의 개요

섬진강댐 직하류 덕치지구의 흐름특성을 검토하기 위하여 최근 국내에 도입되어 지속적으로 연구가 수행되고 있는 2차원 흐름모형인 RMA-2모형을 적용하였다. RMA-2 모형은 2차원 동수역학적 모형을 해석하기 위하여 수심평면을 취하여 혼합보간 기법을 적용한 유한요소 모형이다. 하천의 동수역학적 하천 흐름의 거동을 위한 RMA2의 수치모형을 수행하는 계산절차는 그림 2와 같이 나타났다.

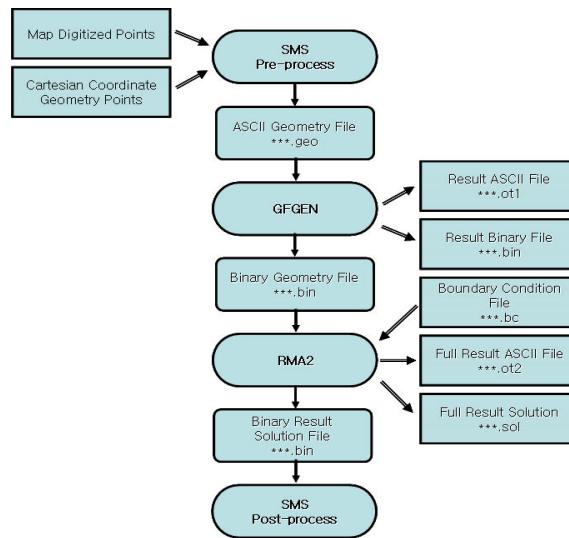


그림 2. RMA-2 모형의 수행 흐름도

#### 3.2 수치모형의 적용

덕치지구 구간에 RMA-2 모형을 이용하여 흐름 특성을 모의 수행하기 위하여 기자료인 ‘섬진강수계 하천 정비 기본계획 보고서 (건설교통부, 2003)’의 실측자료를 이용하였다. 유한요소망을 구축하기 위한 입력 절점 데이터들은 실측 점들과 같은 지형 자료로부터 직접 만들어 질 수 있다. Cad에서 구축된 dxf 파일은 RMA-2 모형의 map 모듈에서 불러들어 올 수 있으며 입력된 데이터들은 요소망(element)을 구축하기 위한 절점(node)으로 변환되고, 각 절점들은 기지점들의 위치(x, y)와 하상고(z)를 의미한다.

계산격자망은 총 826개의 격자망과 2,585개의 절점이 사용되었으며, 상류단의 유입 유량은 100년 빈도의 홍수량인 2,440 m<sup>3</sup>/s와 이에 해당되는 하류단의 홍수위는 105.86 m, 조도계수는 0.036을 적용하였다.

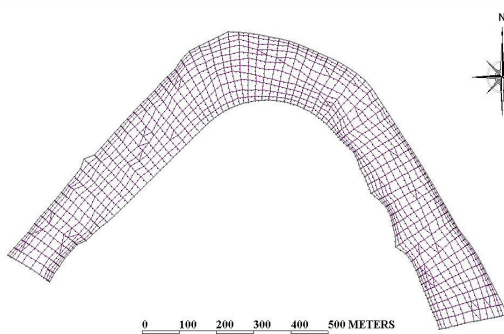


그림 3. 계산격자망의 구성 예

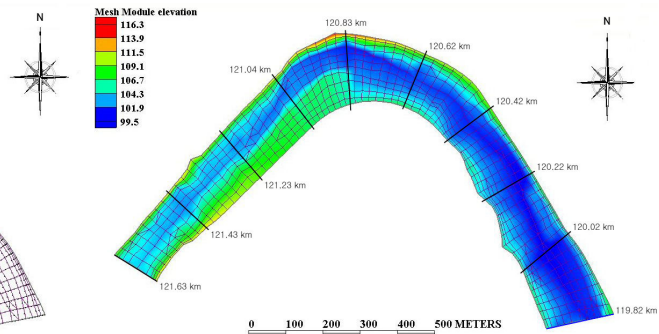


그림 4. 모의구간 지형구축

### 3.3 흐름특성 모의분석

100년 빈도의 유량에 대하여, 만곡부의 유입부인 121.33 km 지점에서 유속이 3.51 m/s로 빠르며, 수위는 좌안에서 109.01 m와 우안에서 108.94 m로서, 만곡부의 외측인 좌안에서 우안보다 수위가 약간 높다. 또한 만곡부인 120.83 km 지점에서 유속은 2.34 m/s로 감소하였으며, 수위는 만곡부 외측인 좌안에서 108.69 m이고, 내측인 우안에서 107.76 m로서 만곡부 외측보다 내측이 수위가 약간 높다. 만곡부가 완전히 끝나는 120.22 km 지점에서는 유속이 2.26 m/s로 약간 감소하고 있으며, 수위는 좌안과 우안에서 각각 107.38 m와 107.36 m로서, 좌안과 우안의 수위가 거의 같게 나타났다.

표 1. 기자료와 금회 산정된 흐름특성과의 비교

하천명	측 점 (No.)	누가 거리 (km)	계 획 홍수량 (m <sup>3</sup> /s)	계 획 홍수위 (m)	금회 홍수위(m)		금 회 유 속 (m/s)	비 고
					좌안	우안		
섬진강	119+82	119.82	2,440	105.86	107.18	106.93	2.25	
	120+02	120.02	2,440	106.32	106.99	107.18	1.98	
	120+22	120.22	2,440	106.66	107.38	107.36	2.26	
	120+42	120.42	2,440	106.95	107.49	107.55	2.32	
	120+62	120.62	2,440	107.36	107.88	107.46	2.83	과거 침수지역
	120+83	120.83	2,440	108.23	108.69	107.76	2.34	
	121+04	121.04	2,440	108.75	108.20	107.98	3.27	
	121+23	121.23	2,440	108.94	109.01	108.94	3.51	
	121+43	121.43	2,440	109.35	110.10	110.20	2.67	
	121+63	121.63	2,440	110.12	110.79	110.76	2.56	

※ 자료출처: 섬진강수계 하천정비 기본계획(보완), 2003.10, 건설교통부, p568-p578

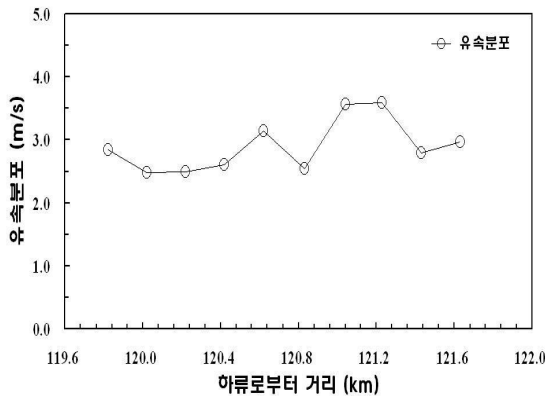


그림 5. 지점별 유속분포

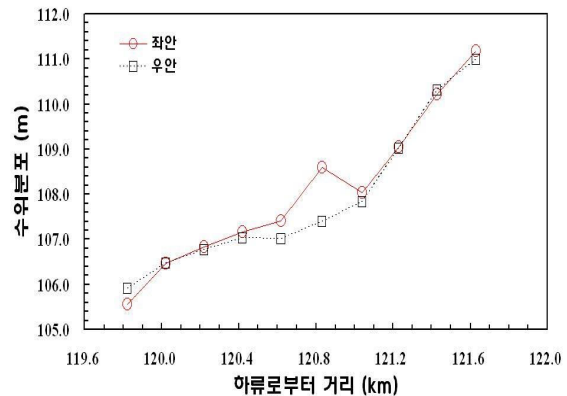


그림 6. 지점별 수위분포

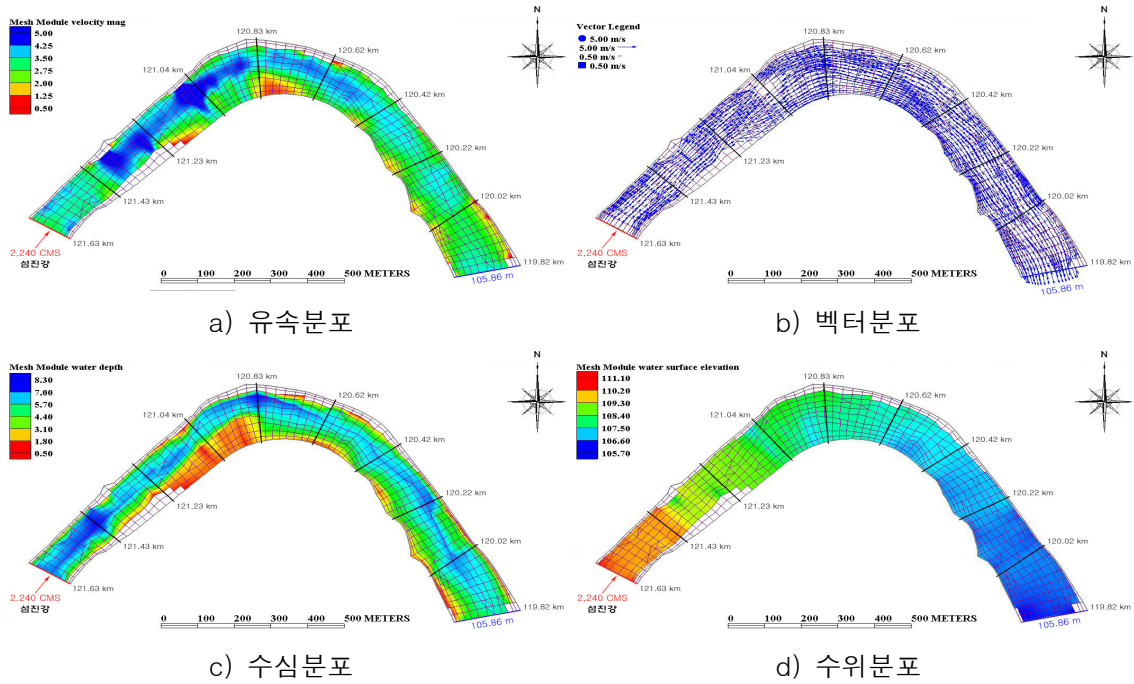


그림 7. 흐름특성 결과

#### 4. 결론

본 연구에서는 섬진강댐 직하류인 덕치지구에서 2차원 수치모형인 RMA2를 이용하여 만곡부의 수리특성을 파악하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

유속의 분포는 만곡부 상류부에서 최대 흐름의 구역이 나타났으며, 만곡부에서는 흐름의 편향구역과 정체 구역, 그리고 만곡부 하류부에서 에너지 손실이 일어난 후 흐름의 회복구역으로 흐름의 특성을 나타냈다. 또한 수위의 분포는 상류부에서 점차적으로 수위가 감소하다가 만곡부에서 수위가 상승하였고 만곡부가 끝나는 하류부에서의 수위는 감소하였다. 만곡부에서의 횡적인 수위 분포는 만곡부의 외측이 내측보다 수위가 상승되는 것으로 나타났다.

#### 감사의 글

본 연구는 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심 B01)에 의해 수행되었습니다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부 (2003), 섬진강수계 하천정비 기본계획(보완)
2. 우효섭 (2003), 하천수리학, 청문각
3. Chang, H. H., 1983, Energy Expenditures in Curved Open Channels, J. of Hydraulic Engineering, ASCE
4. Montes, S., 1998, Hydraulics of Open Channel Flow, ASCE, Virginia.
5. Rozovskii, I. L., 1957, Flow of Water in Bends of Open Channels, Ukrainian SSR Academy of Sciences, Kiev, Translated from Russian, Published by National Science Foundation, Washington, D. C.