

만곡부 하천의 수리모형과 수치해석을 통한 수리학적 특성 연구

A study on the Hydrological Property with
Hydraulic Model and Numerical analysis of the Bight River

박수진*, 서동일**, 이진태*** 최한규****
Park Soo - Jin , Seo Dong - Il , Lee Jin - Tae , Choi, Han - Kuyl

요지

홍수위 산정을 위하여 이용되는 기법은 평균적인 홍수위 산정이 가능한 1차원모형과 하천 좌우의 수심 편차까지 해석이 가능한 2차원 모형 및 수심에 대한 변동까지 해석이 가능한 3차원 모형으로 구분된다. 이 중에서 기본계획 수립시 사용되는 모형은 1차원 수치해석 모형으로 하천 단면별로 평균홍수위 만을 산정하므로 만곡부하천의 특성의 영향이 반영되지 않고 있는 실정이다.

따라서 본 연구는 만곡부 하천을 선정하여 총 2.4Km구간의 모형을 제작하였으며, 수리모형 실험을 통하여 일차원 및 이차원 수치해석을 실시하여 모형실험값과 비교 고찰하였다. 본 연구를 위하여 일차원 수치해석은 HEC-RAS모형을, 이차원 수치해석에서는 SMS모형을 사용하였다. 연구결과, 유속의 경우 우안지점의 평균 유속은 모형실험은 8.33m/s, 일차원 및 이차원 수치해석은 각각 3.08m/s, 8.57m/s로 나타남을 확인 하였으며, 평균유속은 이차원 수치해석이 모형실험과 유사한 값을 보였다. 또한 수위경우는 모형실험의 좌안과 우안에 대한 일차원 및 이차원 수치해석의 최대 오차는 각각 0.66m, 0.84m와 0.28m, 0.48m로 수위 또한 이차원 수치해석이 수리모형실험과 유사한 결과를 보였다. 따라서 본 연구를 통하여 알 수 있듯이 만곡부 하천의 경우 일차원 수치해석보다는 2차원수치해석을 실시하여 기본계획을 수립하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 만곡부 하천, 수위편차, 수리모형실험, 수치해석

1. 서 론

인간이 하천을 이용하며 살아가는 동안 하천에 가하는 변화들, 즉 댐의 건설이나 하도의 개수, 하구언 설치, 제방 축조 등은 하천을 불안정한 상태로 만들고 또한 흐름변화에 따른 거동을 발생시키는 등 여러 가지 문제점을 야기 시키고 있다. 일차원 수치해석만을 사용하여 계획을 수립하고 있는 실정에서 만곡부로 된 하천에서는 원심력으로 인하여 하천의 좌안, 우안의 수위차 및 유속의 차이가 발생하게 되나 평균적인 홍수위 산정을 실시하여 계획을 수립하는 경우에는 실제 발생 가능한 홍수위보다 작거나 크게 산정되는 오류가 발생하게 된다.

따라서 본 연구의 목적은 일차원 및 이차원 수치해석에 대한 수리모형실험을 통하여 각 지점 좌안, 우안의 수리학적특성인 유속과 수위를 비교 분석하여 일차원 수치해석의 만곡부하천의 문제점을 찾아내고 만곡부의 하천의 이차원 수치해석의 사용을 검증하는데 있다.

* 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정 E-mail : parksj@kangwon.ac.kr

** 강원대학교 대학원 토목공학과 석사과정 E-mail : kodoly3717@nate.com

*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정 E-mail : jintae2@hdec.co.kr

**** 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사 E-mail : hankuy@kangwon.ac.kr

2. 수리모형실험

2.1 모형제작

본 연구를 위하여 강원도 정선군 정선읍 용탄리 일원에 위치한 한강을 연구지점으로 선정하여 연구를 수행하였으며, 모형제작을 위하여 필요한 자료는 한강 하천정비 기본계획 및 현장 조사 등을 실시하여 모형을 제작하기 위한 지형 자료를 수집하였다. 아래 그림은 대상지점의 대표단면도를 나타내고 있으며, 모형제작을 위한 축척 비는 아래 표 1과 같다.

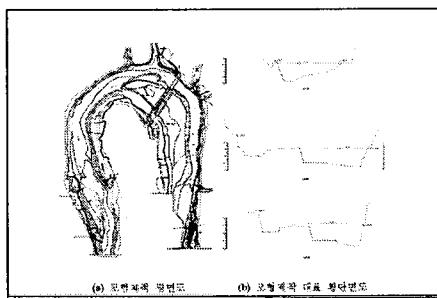


그림 1. 연구대상지점

표 1. 수리량 축척비

| 수리량 환산비 | 환산식 | 축척비 |
|--------------------|------------------------|-----------|
| 평면축척(X_r, Y_r) | $X_r = Y_r$ | 200 |
| 수심축척(Z_r) | Z_r | 66.7 |
| 면적비, A_r | $X_r \cdot Y_r$ | 13,340 |
| 속도비, V_r | $Y_r^{1/2}$ | 8.167 |
| 유량비, Q_r | $X_r \cdot Y_r^{2/3}$ | 108947.87 |
| 왜곡비, S_r | Y_r/X_r | 3 |
| 조도계수비, n_r | $X_r^{-1/2} Y_r^{2/3}$ | 1.163 |

2.2 수리모형실험 방법

모형제작 및 검증작업이 완료 후 본 연구를 위한 실험을 실시하였다. 본 모형의 실험에서는 각 지점에 대하여 측정을 실시할 경우 측정의 편차를 최소화하기 위하여 채택 유량에 대하여 전체를 1회씩 측정하는 것을 수회 반복하여 측정을 실시하였다.

2.3 수리모형실험 결과

좌안과 우안에서 유속 및 수위 차이를 보였으며, 좌안과 우안의 평균 유속은 5.79(m/s), 6.57(m/s)로 우안의 유속이 평균 0.78(m/s)로 높았으며, 유속은 전반적으로 좌안 부분에서는 작게 나타나고 우안, 중간부분에서 크게 나타났다. 수위는 좌안의 평균수위가 291.161(m), 우안의 평균 수위가 291.696(m)였으며, 수위 또한 좌안보다 우안의 수위가 평균 0.535(m)으로 높게 나타났다. 아래 표2는 각 단면에서의 수위 및 유속측정 결과를 나타냈다.

표 2. 각 단면에서의 수위 및 유속측정결과

| 측점 | 수 위(EL. M) | | | 유속(M/SEC) | | | 비고 |
|-----|------------|---------|---------|-----------|-------|-------|----|
| | 좌안 | 중간 | 우안 | 좌안 | 중간 | 우안 | |
| 385 | 288.542 | 288.560 | 288.632 | 1.72 | 5.34 | 5.78 | |
| 386 | 288.630 | 288.715 | 288.753 | 3.01 | 5.18 | 6.81 | |
| 387 | 289.252 | 288.997 | 289.123 | 4.11 | 6.35 | 6.95 | |
| 388 | 289.560 | 290.197 | 290.477 | 6.98 | 7.52 | 8.11 | |
| 389 | 290.150 | 290.730 | 291.597 | 7.13 | 7.82 | 7.35 | |
| 390 | 291.150 | 291.650 | 291.735 | 7.62 | 8.72 | 7.43 | |
| 391 | 291.210 | 291.670 | 291.803 | 5.49 | 8.75 | 8.69 | |
| 392 | 291.750 | 291.750 | 291.880 | 5.91 | 10.95 | 4.67 | |
| 393 | 291.790 | 291.830 | 292.017 | 10.68 | 10.89 | 3.81 | |
| 394 | 291.837 | 292.017 | 292.070 | 8.39 | 7.35 | 11.15 | |
| 395 | 292.077 | 292.357 | 292.490 | 4.87 | 5.06 | 4.65 | |
| 396 | 292.157 | 293.050 | 293.463 | 4.51 | 4.81 | 4.49 | |
| 397 | 292.570 | 293.437 | 293.637 | 4.83 | 4.97 | 5.93 | |
| 398 | 293.337 | 293.450 | 293.783 | 6.33 | 6.15 | 7.72 | |
| 399 | 293.397 | 293.530 | 293.977 | 5.28 | 5.19 | 4.97 | |

3. 수치해석

3.1 1차원 수치해석

일차원 수치해석은 hec-ras 프로그램을 이용하여 해석하였으며, 상류부에는 계획홍수량 7,035CMS와 하류부에는 기점홍수위 288.72m를 입력하였다.

수치해석 결과, 만곡부지점에서 유속이 급격히 증가함을 알 수 있었으며 수위는 만곡부 시점 상류부에서는 완만한 수위경사를 보이다가 만곡부하류지점에서 급격한 수위변화를 보이는 것을 알 수 있었다. 아래 그림은 일차원 수치해석의 결과 값을 그림으로 나타내었다.

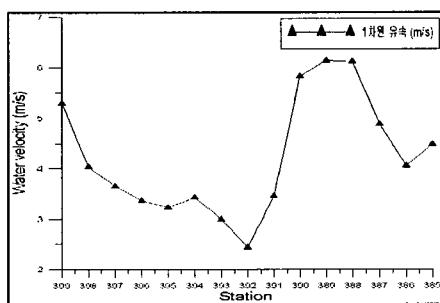


그림 3. 일차원 수치해석의 지점별 유속

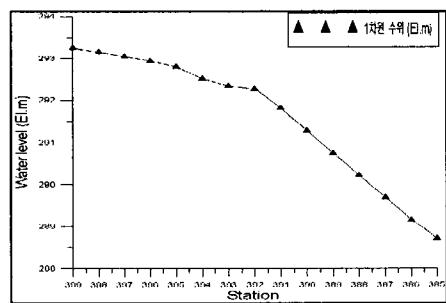


그림 4. 일차원 수치해석의 지점별 수위

3.2 이차원 수치해석

이차원 수치해석 자료입력을 위하여 사용된 SMS 프로그램은 지형자료, 경계조건, 조도계수 입력, 기점 홍수위를 입력하도록 되어 있다. 따라서 입력된 지형자료는 앞 절에 설명한 계획홍수량과 기점홍수위를 입력하여 해석하였으며, 만곡부 지점의 2차원 수치해석의 결과는 아래 그림에 나타내었다.

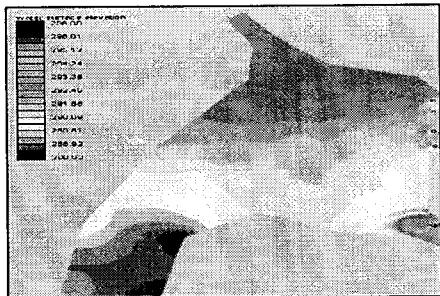


그림 5. 만곡부 지점의 수위 변화

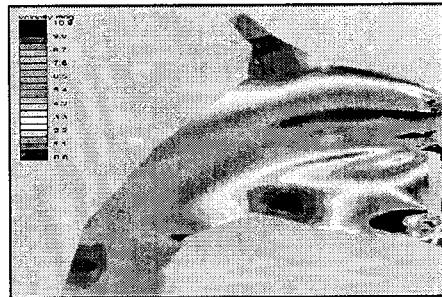


그림 6. 만곡부 지점의 유속분포

4. 분석 및 고찰

4.1 해석방법에 따른 각 지점의 유속 및 분석

해석방법별 고찰 결과, 아래 그림에서 보면 알 수 있듯이 전체적으로 1차원의 유속이 모형실험 값보다 작게 나타났다. 2차원 수치해석의 경우 전반적으로 모형실험값과 비교하여 보았을 때 서로 유사한 경향을 보이는 것을 알 수 있다.

수위의 경우 모형실험에 대한 일차원 및 이차원 수치해석의 좌안의 평균편차는 0.44.m, 0.24.m이며, 우안의 경우는 0.44m, 0.19.m이다. 좌안과 우안 모두 일차원 수치해석의 편차가 크게 나타났음을 확인 하였다. 또한 만곡부 하류지점에서는 모형실험과 편차를 비교 하였을 때 이차원 수치해석의 좌안과 우안의 최대오차가 0.28m, 0.48m가 발생하였으며, 일차원 수치해석의 경우 0.66m, 0.84m로 편차가 크게 발생하는 것을 알 수 있었다. 그림 7은 해석방법별 유속의 분포를 나타냈으며, 그림 8과 9는 해석방법별 좌안과 우안의 수위분포를 나타냈다.

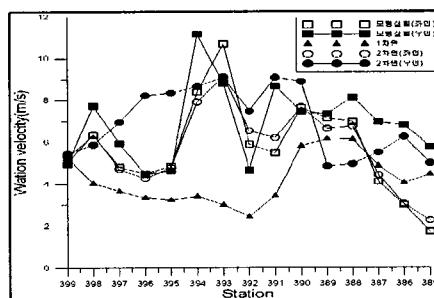


그림 7. 해석방법별 유속 분포

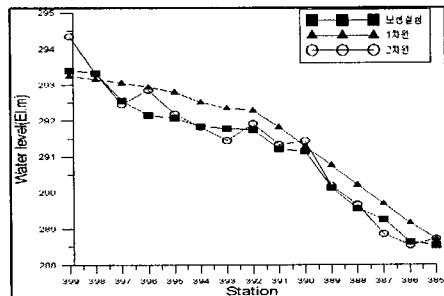


그림 8. 해석방법별 수위분포(좌안)

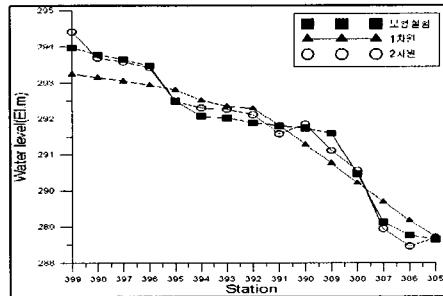


그림 9. 해석방법별 수위분포(우안)

5. 결 론

본 논문에서는 만곡부하천의 수리학적 특성을 일차원 및 이차원 수치해석과 모형실험을 통하여 분석을 실시하였다. 모형실험을 통한 일차원 및 이차원 수치해석의 유속과 수위에 대하여 분석을 하였으며, 이차원 수치해석의 경우 우안과 좌안으로 나누어 모형실험과의 경향성을 분석하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

- 1) 우안지점(No.394 ~ No.391)에서 평균유속은 일차원 수치해석 3.08m/s, 이차원 수치해석 8.57m/s, 모형실험 8.33m/s로 이차원 수치해석의 값이 모형실험과 유사한 값을 나타냈다.
- 2) 만곡부 좌안과 우안지점에서 모형실험에 대한 일차원 수치해석의 편차는 0.44와 0.44이었으며, 이차원 수치해석의 편차는 0.24, 0.19로 나타났다. 이는 이차원 수치해석의 경우 수리모형실험과 유사한 결과가 나타났음을 알 수 있다.
- 3) 만곡부 하류부에서 모형실험에 대한 좌안과 우안의 최대오차가 일차원 수치해석은 0.66m, 0.84m였으며, 이차원 수치해석의 경우 0.28m, 0.48m로 수리모형실험과 유사한 결과를 나타내었다.

참 고 문 헌

1. 윤용남(1986). 공업수문학
2. 정선군(2005). 한강 용탄교지점 수리모형실험 보고서
3. 지정환(1998). 수리실험의 기초원리와 방법
4. 이길성(1989). 천수방정식의 유한차분 특성
5. 이계윤(2005). 땅하류 만곡부 하천에 대한 수리학적 특성 연구
6. 임채만(2005). 중.소규모 하천에서의 제방 비탈 경사에 따른 수리특성 연구
7. 이동기(2004). 만곡하천에서 이차류에 관한 연구
8. Chaudhry, M. F(1993). "Open-channel Flow", Prentice-hall, Inc
9. Hanger Willi H(1989). "Transitional Flow in Channel Junctions", J. of Hydraulic Div", ASEC, Vol.115, No.2 Feb,