

FLUMEN 모형을 이용한 만곡부 주변 사교의 영향 분석

정대진*, 복정수**, 김유리***, 정관수****

Dae-jin Jung, Jung Soo Bok, Yu Ri Kim, Kwan-sue Jung

요 지

국내에서는 만곡 하천 횡단 구조물에 의한 흐름 분석이 대부분이며, 만곡부 상·하류에 걸쳐 사교(skew bridge)의 형태로 존재하는 교량에 의한 흐름 분석이 부족한 실정이다. 따라서 불규칙 삼각망을 이용하여 유한 체적법에 기반을 둔 2차원 모형으로 FLUMEN 모형을 선정하여 만곡부 상·하류에 사교형태로 위치한 교량에 의한 흐름 특성 변화를 분석하였다. 만곡부 상·하류부에 걸쳐 교량 건설 전후의 5개 횡단면과 하천 중심선을 기준으로 3개의 종단면 흐름 특성을 분석하고, 1차원 수리모형 결과와 비교하였다.

만곡 상류부에 위치한 교량 상류 수심 분포는 대략 2.7%의 상승을 나타내고 유속은 우안에서 교량 건설 전보다 증가하며, 좌안 근처에서는 감소하여 분포하였다. 또한 만곡 출구부에 위치한 교량 하류부에서는 수심의 횡단분포는 교량 건설 전후 거의 일치하지만, 유속은 교량 건설 전보다 만곡 내측 주변에서 증가하고, 최대 유속 또한 약 6.5% 증가하여 만곡 내측에서의 단위 폭당 유량 증가가 명확하게 나타났다. 만곡부에서는 교량 건설 후 유속은 4.39~7.02% 감소하며, 수심은 교량 건설 전에 비해 3.27~4.76% 증가하여 나타났다.

핵심용어 : FLUMEN, 만곡부, 교각

1. 서 론

만곡수로에서는 만곡 내측에서 최대 유속분포가 형성되고 만곡 외측에서 최대 수심 분포가 나타나는 편수위가 발생하며, 만곡부 출구점에서는 유선분리 등에 의한 흐름의 재순환(recirculation) 영역이 형성된다. 따라서 만곡 하천의 특성을 분석하기 위해서는 2차원 이상의 수치모의가 필요하다. 국내에서는 만곡 하천 횡단 구조물에 의한 흐름 분석이 대부분이며, 만곡부 상·하류에 걸쳐 사교(skew bridge)의 형태로 존재하는 교량에 의한 흐름 분석이 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 불규칙 삼각망을 이용하여 유한 체적법에 기반을 둔 2차원 모형으로 만곡부 상·하류에 위치한 교량에 의한 흐름 특성 변화를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 만곡부 주변 특성

갑천 만곡부 주변은 하천의 직강화 및 하도 정비가 이루어져 있으며, 만곡부 상류에는 호남고속도로와 갑천 폐교가 하천을 횡단하고 있으며, 고속철도교가 만곡 중심부를 기준으로 상하류에서 사교의 형태로 위치하고 있다.

* 정희원 · 충남대학교 토목공학과 석사 · E-mail : jdj@unitel.co.kr

** 정희원 · 충남대학교 토목공학과 석사 과정 · E-mail : bjs0731@paran.com

*** 정희원 · 충남대학교 토목공학과 석사 과정 · E-mail : yr8958@cnu.ac.kr

**** 정희원 · 충남대학교 토목공학과 교수 · E-mail : ksjung@cnu.ac.kr

2.2 경계조건 및 격자망

만곡부 주변을 모의하기 위해 상류단 유입유량은 2002년 금강수계 하천정비 기본계획(건설교통부/대전지방국토관리청, 2002)에서 수립한 1.58년 빈도, 50년 빈도, 100년 빈도 기본홍수량을 선정하였고, 하류단 경계 조건을 구하기 위해서 연구 구간에 대해서 HEC-RAS를 이용한 1차원 수리분석을 실시하였다. 교각 및 보 등의 수공구조물에 의한 조도계수 상승률은 구조물의 모양, 크기, 분포정도에 따라 다르나지만 본 연구에서는 수공구조물에 의한 조도계수 상승률을 배제하고, 전 구간에 Manning 조도계수 0.027을 적용하였다. 구조물도를 이용하여 교각 기초의 제원과 형상을 입력하였으며, 갑천 만곡부에 교량의 흐름 영향을 파악하기 위해 하천 지형만으로 구성된 격자망(48,759개)과 갑천폐교(교각 13개), 호남고속도로(교각 27개), 고속철도교(교각 27개)를 고려한 격자망(48,304개)을 구성하였다.

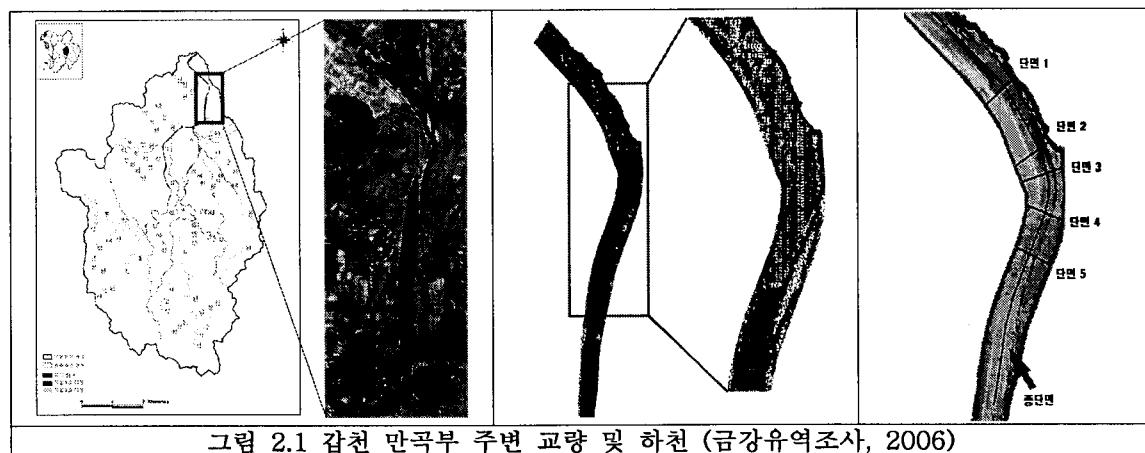


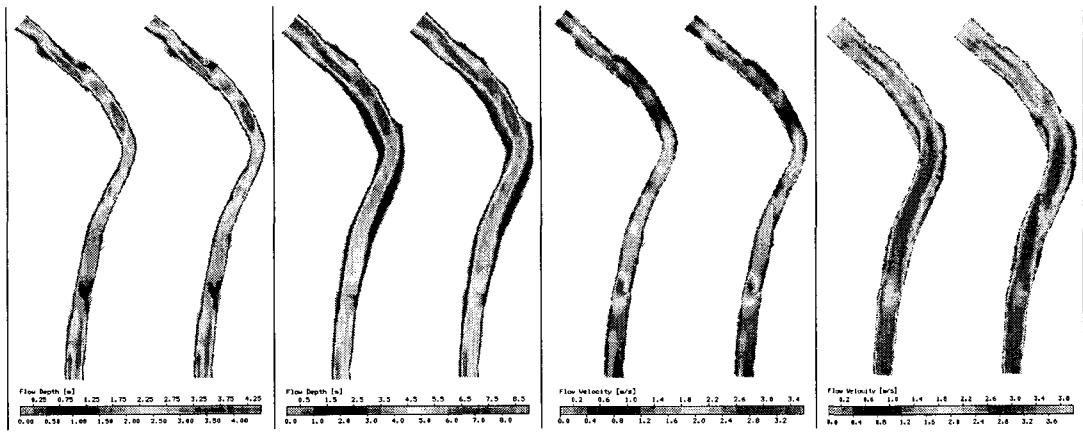
Table 2.1 상하류단 경계 조건

빈도	100년	50년	1.58년
CASE	CASE-3	CASE-2	CASE-1
홍수량	$3,330m^3/s$	$2,900m^3/s$	$550m^3/s$
하류단 수위	31.25m	31.11m	27.12m

2.3 모의 결과 분석

그림 2.2는 빈도별 유량에 대한 고속 철도교, 호남고속도로 및 갑천 대교의 건설 전후에 대한 흐름특성 분포를 나타낸 것이며, 그림 2.2(a),(b)에서 교량 건설 후 만곡 상류부에 수심이 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 이것은 만곡 하류부에 위치하는 고속철도교에서부터 수심 상승이 두드러지게 나타나고 있다. 이것은 고속철도 교량이 흐름에 대한 장애물로서 배수위(backwater)를 발생시키고 있는 것이다. 하지만 그 영향은 상류로 전파되어 만곡 상류 유입부에서도 그 영향이 나타나고 있다. 그림2.2(c),(d)에서 만곡부에서 유속이 교량 건설 후에 전반적으로 감소하게 되며, 그 특징은 유량이 증가할수록 뚜렷하게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 갑천을 횡단하는 호남고속도로교와 갑천폐교의 영향으로 상류단으로 갈수록 유속이 감소하여 나타나고 있다.

사교형태로 만곡부 상하에 존재하는 고속철도교로 인한 흐름 특성 변화를 파악하기 위하여 그림 2.1(c)에서 제시한 종·횡단면도에서 유속, 수심 변화를 파악하였으며, 횡단면도는 좌안에서 우안으로 작도하고 하류부에서부터 단면 번호를 지정하였다. 각 그림에서 범례로 Pier와 No pier로 지정한 것은 지형파일에 갑천폐교, 호남고속도로와 고속철도 교각의 유무를 명시한 것이다.



(a) 1.58년 수심 (b) 100년 수심 (c) 1.58년 유속 (d) 100년 유속

그림 2.2 교량 건설 전후 빈도별 수심 분포 (좌)건설 전 (우)건설 후

그림 2.3~2.4에 나타난 종방향 수심, 유속분포에서 대략 1,400m와 2,850m 지점에 교각이 위치하고 있으며 그에 따라서 흐름 특성이 급격하게 변하는 구간이 발생하게 된다. 흐름이 교각에 의한 방해를 받아 배수영향(backwater effect)과 교각 하류에서의 흐름 분리 등에 의한 흐름특성 변화가 나타나며, 유량이 증가함에 따라 변동 폭이 증가하고 있다.

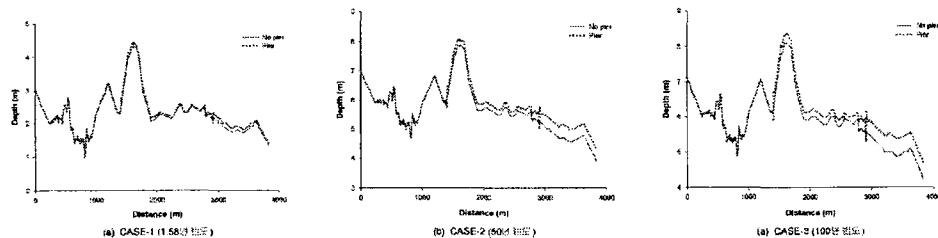


그림 2.3 교량 건설 전후 빈도별 종단 수심 변화

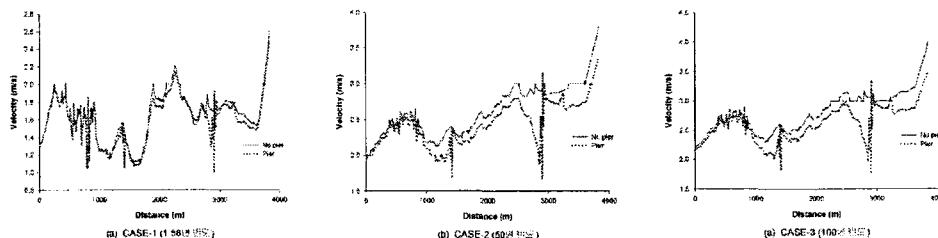


그림 2.4 교량 건설 전후 빈도별 종단 유속 변화

단면 1(그림 2.5(a))은 만곡 하류부 고속철도교 직하류 단면으로 수심 분포는 빈도별 유량이 증가하더라도 거의 변화가 없는 것으로 보이게 되었지만, 그림 2.6(a)에서처럼 유속은 좌안에서 상승하고 우안에서 하강하는 경향이 전 빈도별 유량에서 나타나고 있다. 단면 2(그림 2.5(b))에서 수심 분포는 횡단구간 전체에 걸쳐 수심이 상승하고 있으며, 그림 2.6(b)에서 유속은 좌안에서 150m까지는 유속이 증가하고 수로 중심부에서 우안에서는 유속이 감소하는 경향을 나타내고 있지만 그 증감 폭은 대략 0.2m/s 정도이다. 하지만 이것은 만곡부에서 좌안에 최대 유속이 더 치우쳐 흐르게 된다는 것과 단위 폭당 유량이 집중됨을 의미한다.

단면 3(그림 2.5(c))에서의 수심 분포는 저수로부와 범람원에서 모두 수심이 상승하며, 유속(그림 2.6(c))은 횡단면 전 구간에서 감소하고 있다. 만곡 중심부에 가까이 위치한 단면에서 수심이 증가하고 유속이 감소하는 것은 만곡 하류부 고속철도교에 의한 배수위 영향이 나타나는 것이라 할 수 있다. 최대 유속 또한 감소하였지만 최대 유속 분포 지점은 거의 일치하고 있다.

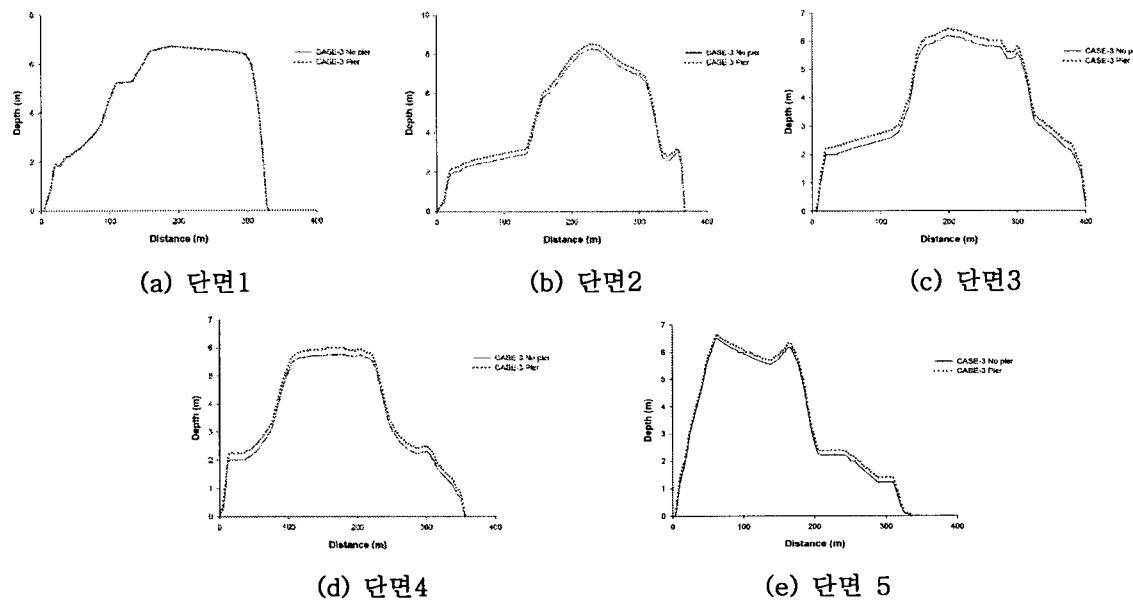


그림 2.5 교량 건설 전후 100년 빈도 횡단 수심 변화

단면 4(그림 2.5(d)) 역시 단면 3과 마찬가지로 전단면에 걸쳐 수심이 상승하고, 유속은 감소하는 경향을 나타내고 있다. 단면 4는 만곡 중심에서 상류에 위치하고 있기 때문에 우안부에서 교량 건설 후에 유속이 증가하여 나타나고 있지만, 우안에서의 유속 상승폭은 수로 중앙과 좌안에서 유속 감소폭에 비해 상대적으로 적다.

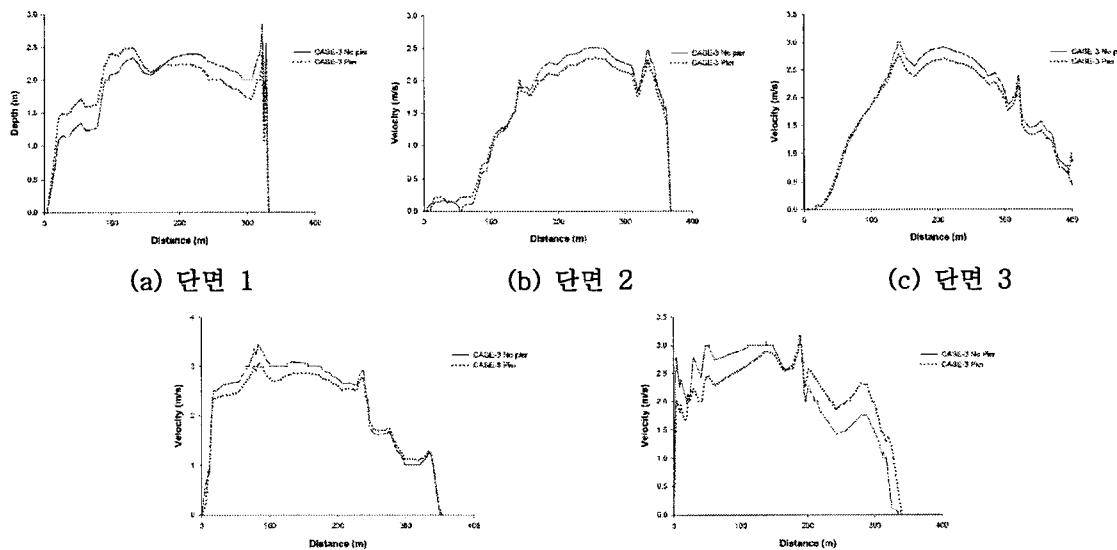


그림 2.6 교량 건설 전후 100년 빈도 횡단 유속 변화

단면 5는 만곡 유입부이면서 상류부 고속 철도교 직하류에 위치한 단면으로 좌안에서 180m 지점을 기준으로 교량 건설 전후에 유속분포가 역전되는 현상이 나타나고 있으며, 좌우안의 유속 분포 변화에 의해 하상 변동 위치 변화를 예상할 수 있다.

만곡 상류부에 위치한 교량 상류 수심 분포는 대략 2.7%의 상승을 나타내고 유속은 우안에서 교량 건설 전보다 증가하며, 좌안 근처에서는 감소하여 분포하였다. 또한 만곡 출구부에 위치한 교량 하류부에서는 수심의 횡단분포는 교량 건설 전후 거의 일치하지만, 유속은 교량 건설 전보다 만곡 내측 주변에서 증가하고, 최대 유속 또한 약 6.5% 증가하여 만곡 내측에서의 단위 폭당 유량 증가가 명확하게 나타났다. 만곡부에서는 교량 건설 후 유속은 4.39~7.02% 감소하며, 수심은 교량 건설 전에 비해 3.27~4.76% 증가하여 나타났다.

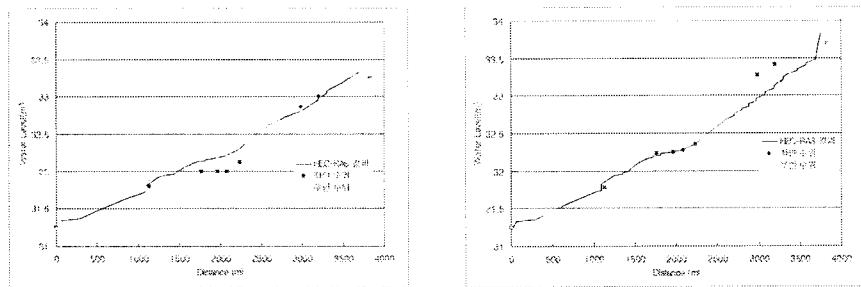


그림 2.7 교량 건설 전후 100년 빈도 종단 수위 변화 (좌) 교량 건설 전 (우) 교량 건설 후

그림 2.7은 좌우안 홍수터에서 HEC-RAS와 FLUMEN의 수위 분포를 나타낸 것이다. 결과를 비교한 것이다. 교량 건설 전에는 만곡부(누가거리 2,000m 주변)에서 HEC-RAS가 더 높은 수위 분포를 나타내며, 건설 후에는 그 반대의 상황이 나타난다. 또한 교량 건설 및 만곡으로 인한 하천내 배수 영향이 FLUMEN에서 더 크게 모의되고 있다.

3. 결 론

만곡 하류부 고속 철도교 하류부에서 수심은 교량 고려 전후에 거의 일치하여 나타나지만 유속은 좌안에서 증가하고, 우안에서 감소하는 경향을 보이며 단위 폭당 유량이 좌안부에서 집중되고 있는 것을 확인할 수 있다. 만곡 중심부 주변 단면에서는 수심이 증가하고 유속은 감소하며, 교량 건설 후 최대 유속선 위치가 만곡 상류부는 우안, 만곡하류부에서는 좌안으로 치우치게 된다. 또한 교량 건설 후 상류단 주변 수심은 대략 2.7% 상승하며, 하류단 주변에서는 유속이 만곡 내측 주변에서 증가하여 최대 유속 또한 약 6.5% 증가하여 만곡 내측에서의 단위 폭당 유량 증가가 명확하게 나타났다. 만곡부에서는 교량 건설 후 유속은 4.39~7.02% 감소하며, 수심은 교량 건설 전에 비해 3.27~4.76% 증가하여 나타났다.

참 고 문 헌

1. 우효섭 (2001). 하천수리학, 청문각.
2. Lien, H. C., Hsieh,T. Y., Yang, J. C., Yeh, K. C. (1999). "Bend-flow simulation using 2D depth-averaged model" J. of Hyd. Eng., ASCE, vol.125, No. 10, pp. 1097-1108
3. Molls, T. and Chaudhry, M. H. (1995). "Depth-averaged open channel flow model" J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 121, No. 6, pp. 453-465