

# FLUMEN 모형을 이용한 합류부 주변 흐름특성 모의

정대진\*, 장창래\*\*, 정관수\*\*\*

Dae-jin Jung, Chang-lae Jang, Kwan-sue Jung

## 요    지

자연하천에서 합류부 흐름 및 하상변동 특성이 매우 복잡하기 때문에 하천 복원 사업을 수행하면서 합류부에서 이에 대한 분석이 간과되고 있다. 특히 합류부 주변에 설치된 교량이 흐름에 미치는 영향에 대해 연구가 매우 부족한 실정이다. 본 연구에서는 실제 교각의 배치, 형상 및 제원이 고려된 격자망을 이용하여 합류부 주변에 위치한 교량에 의한 흐름 특성을 분석하였다. 연구 대상 구간은 대전광역시를 관통하여 흐르는 갑천과 지류인 유등천이 합류하는 지점으로서, 빈도별 흥수량(200년 빈도)에 대하여 흐름특성을 분석하였다.

유등천은 합류점 상류부에서 갑천 고속화도로를 위한 교량이 건설되기 전보다 설치 후에 유속 분포 변화가 크게 나타나며, 특히 우안 고수부지 지역에서 유속 감소가 뚜렷하게 나타났다. 또한 교각 설치 후 수심 분포는 배수영향으로 증가하지만 증가량은 0.2m 미만으로 크지 않았다. 합류 후 단면에서는 수심 분포가 교량 설치 전후 전체적으로 일치하는 형태를 나타내고 있지만, 유속은 좌안에서 우안으로 갈수록 교량 설치 전 유속이 설치 후 유속보다 크게 나타나는 현상이 나타나고 있다. 교량 설치 후 좌안에 단위 폭당 유량과 유속이 증가하고, 우안에서는 유속이 감소하며 흥수량이 증가할수록 그 특징은 뚜렷하게 나타나고 있다.

핵심용어 : FLUMEN, 합류부, 교각

## 1. 서 론

합류부 주변 구조물 건설에 따른 영향 평가가 국내에서는 부족한 실정이며, 하천 복원 공사 역시 합류부 흐름 특성이 제대로 고려되지 않은 상태에서 시행되고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 실제 교각의 배치, 형상 및 제원이 고려된 격자망을 이용하여 합류부 주변에 위치한 교량에 의한 흐름 유동특성 분석을 수행함에 있다.

## 2. 본 론

### 2.1 합류부 주변 특성

갑천 합류부 주변은 하천의 직강화 및 하도 정비가 이루어져 있으며, 자전거 도로 및 체육시설로 수변 공간 활용이 활발하게 이루어지고 있다. Figure 2.1에서 보는 바와 같이 갑천과 유등천이 합류하기 직전 유등천에는 갑천고속화 도로가 위치하고 갑천에는 둔산대교 엑스포다리 대덕대교 등이 위치하고 있다. 둔산대교 상류부에는 라바보가 설치되어 있어 평갈수시 운영되고 있으며, 수로 내 설치된 둔산대교 기초와 고수부지가 인접한 지점과 라바보와 둔산대교 사이의 좌안은 주변 지형에 비해 퇴적이 활발하게 이루어졌으며, 식생이 자라 주변 어류 서식처를 제공하고 있다.

유등천의 출구점에서는 주변 지역에 비해 퇴적과 식생 분포가 유등천 우안을 중심으로 분포하고 있다. 이것은 합류부에서 발생하는 흐름 분리구역의 영향으로 수심이 낮고, 유속이 저하되고 일부 흐름이 회전하면서 퇴적이 이루어지는 것으로 판단된다.

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

\*\* 정희원 · 한국수자원공사 수자원연구원 · E-mail : cljang@kwater.or.kr

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



Figure 2.1 갑천과 유동천 합류부

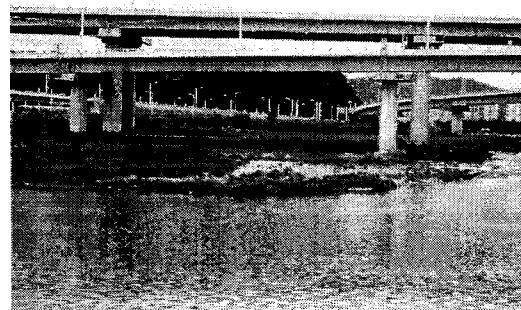


Figure 2.2 유동천 출구부 우안 퇴적 지형

## 2.2 경계조건 및 격자망

수리분석 대상 구간 하류단은 회덕 수위국이 위치하고 있으며, 갑천과 유동천의 합류지점은 회덕 수위국에서 1.5km 상류지점이다. 갑천유역 유량측정 보고서(금강홍수통제소, 2005)를 이용하여 최근 10여 년간 이루어진 유량측정 결과를 기초로 상류단의 유입유량과 조도계수를 산정하였으며, 2002년 금강수계 하천정비 기본계획(건설교통부/대전지방국토관리청, 2002)의 빈도별 계획 홍수량 중에서 200년 빈도에 대해서도 모의를 실시하여 흐름 특성을 분석하였다. 갑천 상류 유량 관측소와 유동천 상류 유량 관측소는 합류지점과 거리가 멀고, 2002년 하천정비 기본계획 보고서에서 제시한 수문분석 결과는 실제 강우-유출 관계에 대한 검증이 필요하기 때문에 유역 면적비에 따른 유입 유량을 산정하여 상류단 경계 조건으로 부여하였다.

Table 2.1 상하류단 경계 조건

| 상류단 유입 유량 및 하류단 수위 |                |                |              |            |
|--------------------|----------------|----------------|--------------|------------|
| 총 유량               | $3,770m^3/s$   | $2,687m^3/s$   | $1,503m^3/s$ | $847m^3/s$ |
| 유동천 상류단            | $1,798.3m^3/s$ | $1,281.7m^3/s$ | $716.9m^3/s$ | $404m^3/s$ |
| 갑 천 상류단            | $1,971.7m^3/s$ | $1,405.3m^3/s$ | $786.1m^3/s$ | $443m^3/s$ |
| 하류단 수심             | 5.32m          | 4.85m          | 4.07m        | 3.02m      |
| 하류단 수위             | 36.51m         | 36.041m        | 35.351m      | 34.211m    |

Table 2.2 구간별 조도계수

| 하 천 명 | 구 간           | 조도계수  |
|-------|---------------|-------|
| 갑 천   | 유성천 합류후 ~ 합류점 | 0.028 |
| 갑 천   | 합류점 ~ 회덕 수위국  | 0.027 |
| 유동천   | 대전천 합류후 ~ 합류점 | 0.029 |

불규칙 삼각망은 하천 지형만으로 구성된 격자(CASE-1)와 갑천고속화 도로와 둔산대교가 고려된 격자(CASE-2)를 구성하였으며, 각각 47,572개와 45,905 개의 삼각망으로 구성되었다. 갑천 고속화 도로는 45m 경간으로 41개, 둔산대교는 30m 경간으로 14개의 교각이 격자망에 반영되었다.

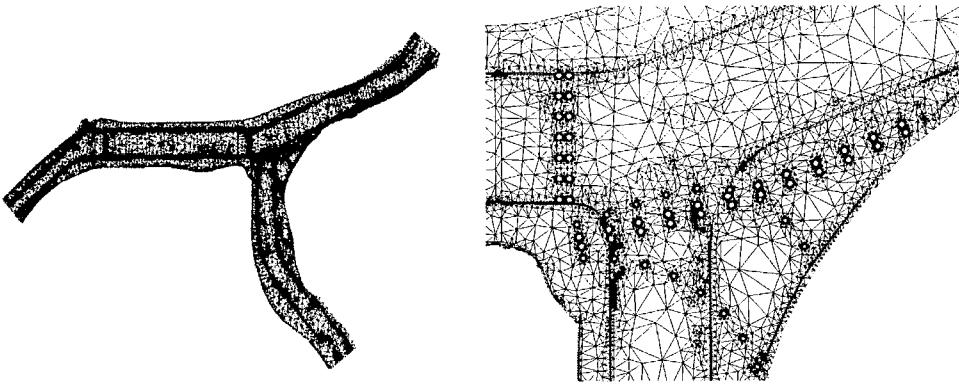


Figure 2.3 불규칙 삼각망

### 2.3 모의 결과 분석

수치 모의 결과 분석을 위해 Figure 2.6과 같이 단면 1 ~ 단면 6 모두 200m 간격으로 배치하였다. 각 횡단면의 시점과 종점은 해당 단면에서의 좌우안 제방의 최상단이며, 종단면은 6개 횡단면 구간 내 하천 중심선을 따라 지정하였다. Figure 2.7~2.10은 최근 10여 년간 최근 홍수량( $Q=2,687 m^3/s$ )의 수치 모의 결과를 이용하여 횡단 수심 및 유속 분포 그래프를 작성한 것이다.

Figure 2.7(단면 1)에서 합류 후 수심 분포가 거의 일치한다. 유속분포는 좌안에서 우안으로 200m 지점을 전후하여 교량 건설 전 유속분포 곡선이 교량 설치 후 유속분포 곡선을 역전하는 현상이 발생하고 있으며, 유량이 증가 할수록 그 편차는 증가하고 있다. Figure 2.8(단면 2)의 특성 또한 단면 1에서 나타나는 현상과 유사하다. 이것은 합류 후 흐름에서 교량 설치 후 좌안부에 단위 폭당 유량이 증가한 것으로, 유동천의 출구점 부근에 설치된 갑천 고속화도로의 교각으로 인해 수심 분포는 상류방향으로 증가하고, 하류방향으로는 유속이 증가되어, 증가된 유속으로 합류하기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 단면 1과 단면 2 모두 교량 건설 후 단위 폭당 유량은 좌안으로 가중되고, 합류 후 수심증가는 거의 나타나지 않고 있다. 좌안에서의 유속 증가는 총 유량이 증가 할수록 뚜렷하게 나타나며, 이로 인해 좌안에서는 장기적으로 하상 침식이 발생하고 우안에서는 Figure 2.2와 같이 퇴적이 이루어지게 될 것이다.

단면 3(Figure 2.9)과 단면 5(Figure 2.10)는 각각 갑천 합류점 상류부와 유동천의 합류점 상류 지역 단면으로, 배수현상(backwater effect)을 자세히 관찰할 수 있는 단면이다. 단면 3 즉 갑천 합류점 상류부에서 교량 건설 전후 수심 증가를 확인할 수 있다. 하지만 그 차이는 0.2m 미만으로서 그 증가량은 크다고 볼 수 없다. 유속분포 또한 단면 3에서는 거의 동일한 형태와 유속 크기를 나타내고 있다. 따라서 갑천에서 합류점 상류로는 배수위가 크게 발생하지 않으며, 둔산대교의 여유고 또한 적절히 설계되었다고 할 수 있다. 단면 5는 유동천의 합류점으로부터 상류 지역 단면으로 역시 단면 3과 마찬가지로 수심의 증기가 나타나지만 그 크기가 0.2m 이내로 배수위 영향은 크게 나타나지 않고 있다. 하지만 수심 분포와는 달리 유속분포는 전반적으로 교량 건설 후 낮게 나타나고 있으며, 특히 좌안 고수부지와 우안 고수부지 지역에서 그 특징이 뚜렷하다. 우안 고수부지 지역은 수심의 증가와 더불어 상당히 큰 편차의 유속 감소가 나타나 단위 폭당 유량이 적고, 수심은 깊지만 유속이 느린 흐름을 나타내고 있다. 이와 같은 현상은 유동천 출구점 부근 홍수터에도 횡단하는 교각의 설치 개수가 많아 흐름 소통을 저연하는 효과가 나타난 것으로 판단된다.

Figure 2.11과 Figure 2.12은 종단 수심 분포를 나타낸 것으로 총 유량이 증가할수록 교량 건설 후 수심 증가량이 커지는 것을 확인할 수 있다. Figure 2.11에서 400m 부근의 합류점을 기준으로 상류단은 수심 증가 현상이 나타나고 있지만, 하류 방향으로는 수심 분포가 거의 일치하고 있다. 이

것은 Figure 2.7~2.8에서 제시한 교각 설치 전후 단면 1과 단면 2의 수심 분포가 일치하는 결과와 일치하는 결과이다. 즉, 합류부 주변에 건설된 교각이 합류 이후 수심변화에 영향을 미치지 못하고 있다는 것이다. 이것은 실제 하폭이 넓고, 수심의 변화보다는 유속 분포 변화가 더 크게 나타나기 때문이다. Figure 2.11의 합류부 상단과 Figure 2.12에서처럼 유동천에서는 합류점에서 거리가 증가 할수록 배수 영향에 의해 수심 증가현상이 뚜렷하게 나타나지만, 그 크기는 0.2m 미만이다.

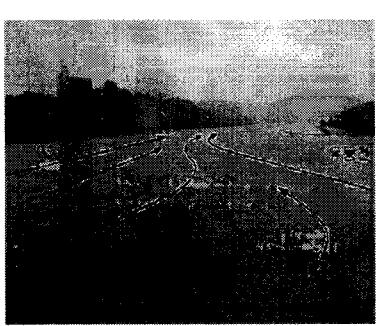


Figure 2.4 합류부 홍수 흐름  
(장창래, 2005)

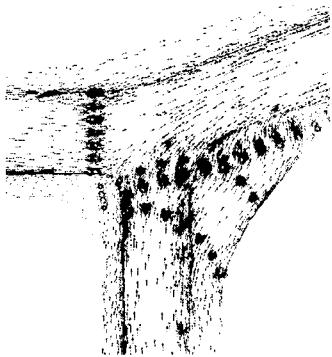


Figure 2.5 합류부 주변  
흐름 벡터도

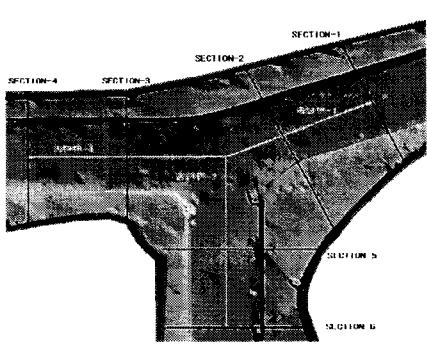


Figure 2.6 모의 결과 분석을  
위한 종횡단면 배치

지금까지 합류부 주변에서 교각 유무에 따른 수심과 유속 변화를 살펴보았다. 하지만 상류단 경계조건이 면적비에 의한 동일 유량비로 환산되었기 때문에 유량비 변화에 따른 정체구역의 크기 증감이나 흐름 분리구역의 발생 유무 등 합류 하천의 특성을 더 이상 분석하는 것은 곤란하였다. 이를 위해서는 해당 유역에서의 수문 분석을 통해 상류단 유입 수문곡선을 구하여 steady state 모의가 아닌 dynamic state 모의가 이루어져야 하며, 시간에 따른 수심과 유속 분포도 변화, 정체구역의 형성 및 흐름 분리 구역의 크기 등에 대한 실제 하천에서의 흐름 분석이 수반되어야 한다.

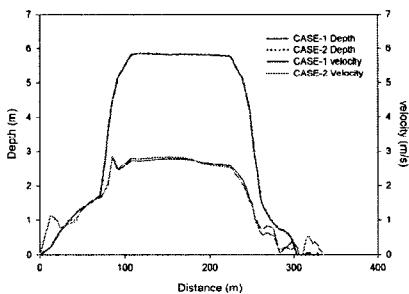


Figure 2.7 단면 1 수심 유속

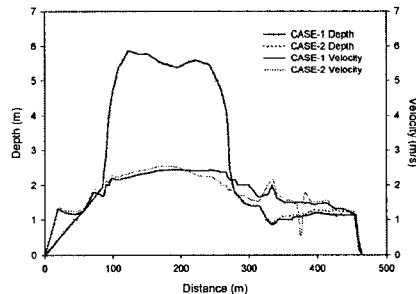


Figure 2.8 단면 2 수심 유속

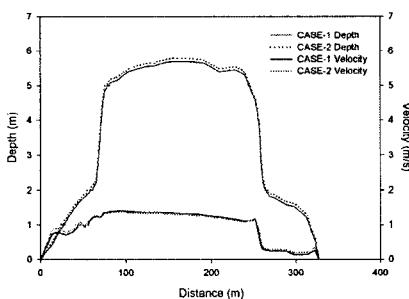


Figure 2.9 단면 3 수심 유속

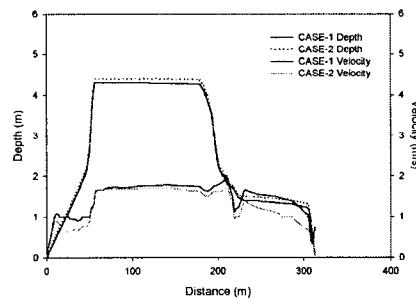


Figure 2.10 단면 3 수심 유속

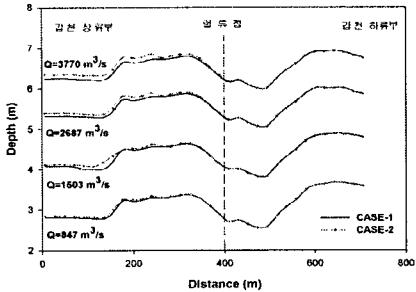


Figure 2.11 갑천 종단 수심 분포도

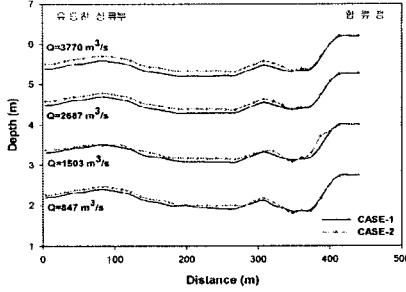


Figure 2.12 유등천 종단 수심 분포도

### 3. 결 론

갑천은 합류점 상류부에서 교량 건설 후 수심 분포가 전체적으로 상승하였지만, 그 크기가 0.2m 미만으로 크지 않으며, 유속 분포는 거의 일치 한다. 유등천은 합류점 상류부에서 갑천 고속화도로 건설 후 유속 변화가 크게 나타나며, 특히 우안 고수부지 지역에서 유속 감소가 뚜렷하게 나타났다. 또한 교량 건설 후 수심 분포는 배수영향으로 증가하지만 증가량은 0.2m 미만으로 크지 않다. 합류 후 단면에서는 수심 분포가 교량 설치 전후 전체적으로 일치하는 형태를 나타내고 있지만, 유속은 좌안에서 우안으로 갈수록 교량 설치 전 유속이 설치 후 유속보다 크게 나타나는 현상이 나타나고 있다. 교량 설치 후 좌안에 단위 폭당 유량과 유속이 증가하고, 우안에서는 유속이 감소하며 홍수량이 증가할수록 그 특징은 뚜렷하게 나타나고 있다. 교량이 건설된 이후 합류점 하류방향 단면에서는 좌안에 유량이 집적되고, 유속 증가가 나타나므로 장기적으로 하상의 침식이 가중되고 우안에서는 흐름분리 구역에서 퇴적현상이 나타날 것으로 판단된다. 갑천과 유등천에서 합류 전 교량 설치 후 수심 증가가 적은 것은 이유는 유등천 출구점 우안은 넓은 홍수터를 가지고 있으며, 비교적 평평한 지형을 지니고 있기 때문에 홍수 시 홍수터로 범람한 유량이 하쪽 증가 효과로 상류방향으로 배수영향을 크게 미치지 않고 하류부로 합류할 수 있기 때문으로 판단된다.

### 참고문헌

- 건설교통부/대전지방국토관리청 (2002). 금강수계 하천정비 기본계획 보고서.
- 금강홍수통제소 (2005). 갑천 유역 유량측정조사 보고서: 유성, 회덕.
- 장창래, 김정곤, 고익환, 이배성 (2006). “합류부에서 흐름 및 하상변동 수치모의 (금강과 미호천)”, 한국 수자원학회 학술발표회 논문집, pp.1621-1625
- 한국수자원공사 (2005). 합류부에서 흐름 및 하상변동에 관한 연구 보고서, KIWE-HEC-05-08.
- Hsu, C., Lee, W. J. and Chang, C. H. (1998). "Subcritical open-channel junction flow" J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 124, No. 8, pp. 847-855
- Huang, Jianchun, Weber, Larry J. and Lai, Young G. (2002). "Three - dimensional numerical study of flows in open channel junctions" J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 128, No. 3, pp. 268-280