수공구조물 설치에 따른 유사확산 및 하상변동 특성에 관한 분석

Analysis of the hydraulic structure of geometric shape according to sediment transportation and bed change characteristic

안승섭*, 송인렬**, 이효정***, 이남훈***,
Seung Seop Ahn, In Ryul Song, Hyo Jung Lee, Nam Hun Lee,

요 지

본 연구에서는 최근까지 유사관측을 수행하고 있는 금강본류 하도구간의 금남~공주 지점을 대상으로 하였다. 분석을 위하여 이 지점의 총유사량 산정에 영향을 미치는 부유사량 관측 및 수위, 유량과 같은 하천 흐름 등에 관한 과거의 자료를 수집·정리 하였다. 본 연구에서 적용하고자 하는 교량의 교각에 대한 기하학적 형상은 원형, 정사각형, 정팔각형, 장방형으로 하였으며 분석 모형은 SED2D-WES 모형을 이용하여 유역에 대한 교각의 형상이 미치는 영향에 대하여 연구 하였다. 그 결과 지름이 6m, 경간장 57m인 원형교각의 경우 교각에서 약 14.3m 떨어진 곳에서 최고 유속 0.75m/s가 발생되었으며, 6×6m의 정사각형교각의 경우 교각으로부터 약 15.8m떨어진 곳에서 0.68 m/s의 최대 유속이 발생하고 6×6m 정팔각형교각의 경우 교각으로부터 약 16.2m떨어진 곳에서 0.65m/s의 최대유속이 발생하고, 마지막으로 3×6m 장방형교각의 경우 교각으로부터 약 21m 떨어진 구간에서 0.63m/s의 최고 유속이 발생하는 것으로 나타났다. 대상유역의 길이가 길고, 유속이 낮으므로 유출지점까지 흘러내려가는 유사량보다 하천내에 유입된 유사가 그대로 퇴적되는 경우가 많아 24시간 분석결과 하상변동량은 퇴적량과 침식량을 합하여 약 0.22%정도 변동되는 것으로 나타났으며, 교각형상에 따른 하상변동특성으로 원형교각의 경우 세굴이 일어나는 지점은 교각에서 약 16.88m떨어진 지점까지 하상변동이 일어났으며, 정사각형 교각의 경우 교각에서 약 10.96m떨어진 지점까지, 정팔각형 교각의 경우 교각에서 약 6.32m떨어진 지점까지, 장방형 교각의 경우 교각에서 약 18.23m떨어진 지점까지 하상변동이 나타남을 알 수 있었다.

핵심용어 : SED2D-WES, 교각의 형상, 유사농도분포, 하상변동

1. 서 론

최근 도시 하천에 관한 관심이 증가하고 있다. 그 관심은 하천방재, 하천복개 등의 인간 생활에 큰 영향을 미치는 하천에 대한 안정성 확보 및 경관 등을 고려하여 친환경적 하천을 만들고자 하는 노력이 이루어지고 있다. 이 중 본 연구에서는 하천에 대한 안정성 확보를 위해 급격한 하상변동으로 인한 교각주변의 수심증가 및 유속의 급격한 증가를 막기 위하여 교각의 형태에 따른 유속의 분포 및 유사이송에 관해 연구 하였다.

유사이송 및 하상변동에 관한 연구는 1950년대 중반 영국에서 시작되어 Ackers&White(1973)의 유사이송에 관한 새로운 접근과 분석에 대한 연구가 활발해져 Cole(1983)에 의해 2차원 모델을 이

* 정회원・경일대학교 건설정보공학과 교수・E-mail : ahnsso@kiu.ac.kr
** 정회원・유량조사사업단 연구원/경일대학교 대학원 박사과정・E-mail : songir@kict.re.kr
*** 정회원・경일대학교 대학원 석사과정 ・E-mail : bounce1983@naver.com

용한 mud transport에 관한 연구가 진행되었다. 한편 1990년대 국내에서는 김환국(1997)은 중소하천유역에서의 하상변동에 관하여 연구하였고, 2000년에 접어들면서 곽준성(2001)은 하천·해안에서의 RMA-2와 SED2D모형의 적용성을 검토하여 이효정(2007)등은 SED2D-WES 모형을 이용한 낙동강 주요지점의 유사이송확산에 관하여 연구한 바 있다.

본 연구에서 선정된 금강유역은 과거에서부터 현재에도 이 지점의 총유사량 산정을 위해 부유사량 관측 및 수위, 유량과 같은 하천 흐름 등에 관한 많은 연구가 이루어져 있어 과거의 자료로부터 교각의 기하학적 형상에 대해 재해석하여 선정 유역에 대한 교각의 형상이 미치는 영향에 대하여 연구하고 선정유역에 가장 적합한 교각의 형상을 결정하는데 그 목적을 두었다.

2. 연구 대상지역의 선정

본 연구에서는 충청남도 연기군 남면에 위치하고 있는 금남교(금남수위표) 지점에서 충청남도 공주시 신관동에 위치하고 있는 금강교(공주수위표) 까지 약 16.47Km 구간을 선정하였고 이 구간 내에는 금남교를 시작으로 불티교, 청벽대교, 신공주대교, 공주대교 이렇게 4개의 교각이 위치하고 있으나 본 연구의 종점에 가장 큰 영향을 미치는 하류지점에서 1.44Km 떨어져 있는 공주대교를 분석에 사용하였다. 이 유역에 대한 자료는 금강유역조사보고서(건설교통부, 2004)을 토대로 2004년 6월 20일 오전 11시부터 30분 간격으로 24시간동안의 수리특성 및 유사이송을 모의하였다.

표 1. 분석지역의 관측자료

지점	날짜	유량(m^3/s)	수위(m/s)	총유사량 (Kg/cu m)
금남교 (금남수위표)	2004. 06. 20 (11:30)	1451.89	4.65	0.6963
	2004. 06. 20 (14:30)	1295.39	4.31	0.9540
	2004. 06. 20 (11:00)	2881.80	6.48	1.4284
금강교 (공주수위표)	2004. 06. 20 (11:00)	1966.38	6.27	0.5954
	2004. 06. 20 (11:36)	1931.97	6.20	0.6057
	2004. 06. 20 (15:13)	1189.93	5.80	0.4999
	2004. 06. 20 (17:05)	1155.93	5.63	0.4811
	2004. 06. 20 (17:40)	1390.44	5.50	0.5403
	2004. 06. 20 (19:20)	1540.28	5.25	0.4437

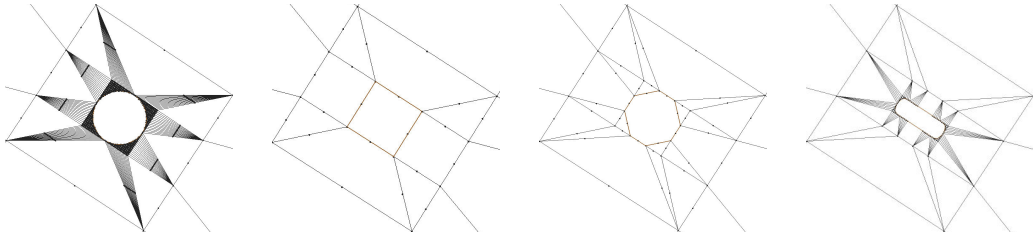
분석에 사용된 교각의 형상은 정사각형, 장방형, 정팔각형, 원형의 네 가지 교각 형상을 이용하였으나, 원형의 경우 RMA-2모형에서 유한요소망 형성 시 완전한 원형의 형태로는 형성이 불가능하여 분석에서는 최대한 원형에 가깝도록 유한요소망을 형성하여 분석하였다. RMA-2모형을 이용하여 교각 형상에 따른 유속 및 하천 흐름을 모의하였으며 모의 결과 도출되는 유속, 유량, 수위 등을 이용하여 SED2D-WES모형에 적용하여 유사농도분포 및 하상변동특성을 분석하였다.

3. 모형의 적용 및 분석

본 연구에서는 U.S Army Corp of Engineers Waterways Experiment Station에서 개발된 2차원 TABS 모델링 시스템의 일부인 SED2D-WES모형을 이용하여 유사농도분포 및 하상변동을 수치모의 하였다. 이 모형은 스스로 수리학적 특성분석을 할 수 없어 RMA-2 모형을 이용하여 지형

특성, 경계조건을 입력하여 수위-유량에 따른 유속분포를 모의한 결과를 입력변수로 유사이송 및 하상변동에 대하여 분석하였다.

본 연구에서 선정된 금강유역 전체 16.47Km 구간에서 하류 유출지점으로부터 약 1.44Km 떨어진 곳에 위치한 지름이 6m, 경간장 57m, 교각 수 7개인 원형의 공주대교를 삽입하여 분석한 후, 전체 하천에 대한 교각이 영향을 미치는 길이를 결정하여 원형, 장방형, 정사각형, 정팔각형의 교각에 대한 유속분포 특성 및 유사이송, 하상변동에 대하여 모의하였다.

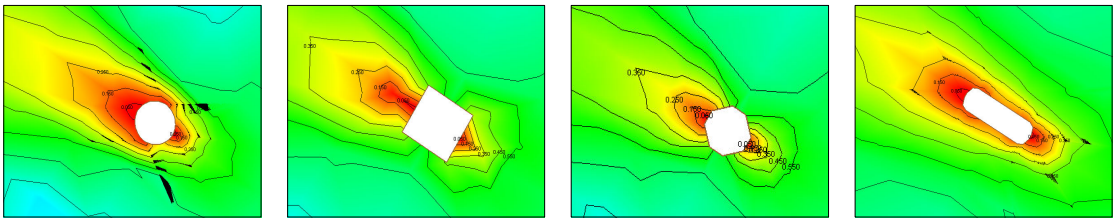


a. 원형 b. 정사각형 c. 정팔각형 d. 장방형

그림 1. 교각의 형태에 따른 유한요소망

3.1 RMA-2모형의 적용

RMA-2모형을 이용하여 금남교(금남수위표)지점부터 금강교(공주수위표)지점까지를 모의한 결과 교각이 없는 경우 유역전체 유속은 약 0.5573m/s로 나타났으며, 교각을 삽입한 경우 0.5064m/s로 교각이 없는 경우에 비해 약 9.13% 감소하였음을 알 수 있었다.



a. 원형 b. 정사각형 c. 정팔각형 d. 장방형

그림 2. 교각주변의 유속분포

공주대교가 전체 하천에 영향을 미치는 구간은 하류 유출부로부터 약 3.031Km 떨어진 구간내에서 교각이 없는 경우 0.5095m/s, 교각을 삽입한 경우 0.4890m/s으로 타 구간보다 유속의 차이가 많은 것으로 나타났으며, 이 구간내에 교각 개수를 7개로 제한을 두고 교각의 형태를 변경하여 분석한 결과 지름이 6m, 경간장 57m인 원형교각의 경우 교각에서 약 14.3m 떨어진 곳에서 최고 유속0.75m/s가 발생되었으며, 6×6m의 정사각형교각의 경우 교각으로부터 약 15.8m떨어진 곳에서 최대유속 0.68m/s가 발생한다. 또한 6×6m 정팔각형교각의 경우 교각으로부터 약 16.2m떨어진 곳에서 0.65m/s의 최대유속이 발생하고, 마지막으로 3×6m 장방형교각의 경우 교각으로부터 약 21m 떨어진 구간에서 0.65m/s의 최고 유속이 발생하는 것으로 나타났다. 각각의 교각형태에 따라 하천에 영향을 미치는 구간에서의 유속분포는 교각을 고려하지 않은 경우와 비교해 본 결과, 원형교각의 경우 유속이 4.01%감소하였으며, 정사각형, 정팔각형, 장방형교각의 경우 유속이 약 6.53%감소하는 것을 알 수 있었다.

3.2.2 SED2D-WES모형의 적용

본 연구에 선정된 금강유역의 하상토의 입경은 0.063mm~4mm까지 다양하게 분포되어있으며, 위의 RMA-2모형을 이용한 수리학적 특성을 이용하여 유사이송 및 하상변동에 대해 예측하였다.

그 결과 대상유역의 길이가 길고, 유속이 낮으므로 유출지점까지 흘러내려가는 유사량보다 하천내에 유입된 유사가 그대로 퇴적되는 경우가 많아 24시간 분석결과 하상변동량은 퇴적량과 침식량을 합하여 약 0.22%정도 변동되는 것으로 나타났으며, 교각형상에 따른 하상변동특성으로 원형교각의 경우 교각에서 약 16.88m떨어진 지점까지 하상변동이 일어났으며, 정사각형 교각의 경우 교각에서 약 10.96m떨어진 지점까지, 정팔각형 교각의 경우 교각에서 약 6.32m떨어진 지점까지, 장방형 교각의 경우 교각에서 약 18.23m떨어진 지점까지 하상변동이 일어남을 알 수 있었다.

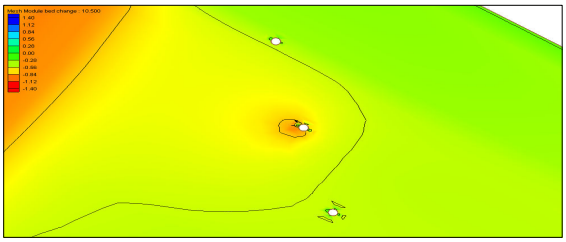


그림 3. 유사 유입 4시간 후 교각주변 하상변동 모의

4. 결 론

본 연구에서 분석지역으로 선정된 금강유역 16.47Km 구간에 대하여 분석한 결과 정팔각형 교각의 경우 대상지점에 대해 가장 적합한 것으로 판단되며 이때 교각의 최대유속 발생지점은 교각의 폭에 비해 약 2.7배 떨어진 곳에서 발생하며 하상변동 지점은 교각의 폭에 비해 약 1.04배 정도 떨어진 곳에서 최대 하상변동이 일어나는 것으로 분석되었다.

따라서 현재 대상지점에 직경 3m의 원형교각이 2개씩 7개가 설치되어있으나, 본 연구를 통하여 얻은 결과와 같이 대상지점에는 원형교각 보다 팔각형 교각으로 설치하고, 지름이 3m인 교각 두개씩을 설치하는 것보다 지름 6m인 교각 하나를 설치하는 것이 대상지점의 하상변동이나 유속을 감소시키는데 좋은 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. Ackers, P., and White, W. R.(1973). Sediment Transport: New Approach and Analysis, Journal of the Hydraulics Division, ASCE. No.HYII
2. Cole, P. and Miles, G. V.(1983). Two-Dimensional Model of Mud Transport, J. of Hyd. Eng., ASCE, Vol. 109, No. 1, pp.1-12.
3. 김환국(1997). 중소하천유역에서의 하상변동에 관한 연구, 석사학위논문, 경기대학교
4. Environmental Modeling Research Laboratory.(2000). SMS(Surface-water Modeling System) SED2D-WES version 4.3 User's Manual, Brigham Young University.
5. 곽준성(2001). 하천·해안에서의 RMA-2와 SED2D모형의적용성 검토, 석사학위논문, 명지대학교
6. 이효정, 임동희, 송인렬, 안승섭(2007). SED2D-WES 모형을 이용한 낙동강 주요지점의 유사이송확산에 관한 연구, 한국환경과학회 2007년 가을 학술발표회 발표논문집, pp.143-147