

**하도 내 대형 횡단구조물 설치에 따른
수리학적 특성 변화 분석**
**Analysis of the Impact of a River-Crossing Structure
on Hydraulic Characteristics**

홍완택*, 송수호, 김원일***, 안원식******

Won Teack Hong, Soo Ho Song, Won Il Kim, Won Sik Ahn

.....
요 지

하천에 설치되는 하도 내 구조물이 하천 흐름에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 특히 최근 한국의 4대강 살리기 사업과 관련하여 하도 준설과 동시에 하도 전체를 횡단하는 구조물이 설치되는 경우에는 하천의 수리학적 흐름특성은 더욱 크게 변화하고, 그 영향 또한 매우 광범위하게 미치게 된다.

이에 본 연구에서는 낙동강 수계에 설치 계획된 하천 횡단 구조물 1 개소를 연구 대상구간으로 선정하여 구조물 설치에 따른 수리학적 흐름 특성 변화를 분석하고자 한다.

본 연구에서는 대상 하천인 낙동강의 기 수립계획 및 관련 문헌 자료를 조사하고 금회 과업대상구간에 대해 현재 하도의 상태와 하도정비 및 보 설치계획에 따른 변화된 하도를 구분하였으며, 구분된 하도 상황에 따라 수치모형을 적용하여 결과를 분석 하였다. 하도 내 유속 및 수위 등의 기본적인 수리량은 1차원 모형의 적용으로 산정하였으며, 기 수립계획과의 비교를 통해 모형의 검증은 수행하였다. 또한, 1차원 모형이 갖는 한계 보완 및 국부적인 수리 특성 분석을 위해 2차원 동수역학 모형의 모의를 수행하였다. 이때 유량 및 기점수위 등의 경계조건은 1·2차원 모형에서 동일하게 설정하여 수치모의를 수행하였으며, 횡단 구조물 설치에 따른 주요지점의 하도 수리학적 흐름 영향 분석을 수행하였다.

각각의 수치모형의 적용 결과, 횡단 구조물 설치에 따른 하도 준설 등의 계획이 실행되면 유속 및 수위는 감소하는 것으로 분석되었으며, 유황은 하도의 중앙부에 집중되는 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 유수의 원활한 소통을 가능케 하고, 치수 안정성 확보에 순기능을 할 것으로 판단된다. 또한, 다기능 보 즉, 하도 횡단 구조물의 설치로 인한 하도 흐름 영향 검토 결과는 고정부 부근의 흐름에서는 설치 전과 비교하여 상대적인 유속의 감소가 될 것으로 분석되었으며, 퇴적 지향적인 하도로의 변화가 예상되었다. 이와는 반대로 가동부 부근의 흐름에서는 유속이 증가하는 것으로 분석됨에 따라 하도 분리가 갖는 안정성 확보 및 구조물의 유지관리를 위한 세심한 주의가 필요할 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 향후 현장 모니터링과 실내 모형실험 등의 계속된 연구 수행을 통한 자료의 축적 및 분석으로 하도 내 횡단 구조물 설치가 하도에 미치는 영향이 최소화 될 수 있는 지표가 산정될 수 있는 초석이 될 것으로 기대한다.

핵심용어 : 낙동강, 횡단구조물, 하도정비, HEC-RAS, RMA-2

1. 서 론

* 수원대학교 토목공학과 박사과정 · E-mail : fhwt@chol.com
** 수원대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : songsh0227@naver.com
*** 공학박사, 대림대학 토목환경과 · E-mail : wikim@suwon.ac.kr
**** 공학박사, 수원대학교 명예교수, 하천환경기술연구소 소장 · E-mail : wsan@suwon.ac.kr

하천에 설치되는 하도 내 구조물이 하천의 흐름에 미치는 영향은 매우 크다고 할 수 있다. 특히 최근의 4대강 살리기 사업과 관련하여 하도 준설과 동시에 하도 전체를 횡단하는 대형 구조물을 신설하는 경우에는 하천의 수리학적 특성은 더욱 크게 변화하게 되고 구조물에 의한 영향도 매우 광범위하게 일어난다.

이에 본 연구는 국가하천 낙동강의 일부 구간에서 향후 물 부족과 기후변화에 따른 이상가뭄의 대비를 위한 용수 확보 및 기후변화로 인해 빈발하는 홍수에 대응할 종합적인 대책을 마련하고자, 구간 내 하천정비 및 횡단구조물 설치에 따른 대상구간의 1차원 및 2차원 수치모의를 통하여 횡단구조물 설치 시 주요 지점에 대한 흐름 영향을 분석하였다.

2. 대상 구간의 선정

낙동강은 강원도 태백시 화전동 황지천 상류의 금태봉 동쪽 계곡에서 황지천을 따라 남하하면서 경북 봉화군 석포면에서 본류인 낙동강으로 물줄기가 형성된다. 본 연구구간은 경상북도 구미시 도개면에서 경상북도 의성군과 상주시의 경계면까지 이르는 구간으로 낙동강 상류수계에 속한다. 낙동강 상류수계 내에 속해있는 하천은 총 202개이며, 하천명은 같으나 하천등급에 의해 분류되는 하천은 낙동강, 반변천, 내성천, 병성천, 위천, 감천 등 총 6개의 하천으로 총 연장 2,884.79km에 달한다. 본 연구대상 구간은 위천 합류 후 에서 감천 합류 전 사이로 총 연구대상구간의 연장은 8.03km이고 낙동수위표가 과업대상구간 내의 기존 설치 교량인 낙단교에 위치하고 있다. 낙동강 상류의 유역 및 하천의 특성은 다음 표 1 과 같다.



그림 1. 대상유역 현황

표 1. 낙동강 유역 및 하천 특성

유역면적(km ²)	11,667.22	좌안면적(km ²)	5,481.08	우안면적(km ²)	6,186.14
둘레길이(km)	764.93	최고표고(EL.m)	1,911.93	출구표고(EL.m)	10.10
유역평균폭(km)	34.11	형상인자	0.10	형상계수	0.92
유로연장(km)	342.07	하천 총 길이(km)	2,884.79	최원유로연장(km)	350.33
주 하천길이(km)	122.99	시작점 표고(EL.m)	158.80	출구점 표고(EL.m)	10.10

3. 수치모형의 적용

3.1 개요

본 연구에서는 계획된 하도 횡단 구조물 설치 전·후의 수위 및 유속의 검토를 위해 1차원 HEC-RAS 모형 및 2차원 SMS 모형을 적용하여, 횡단 구조물의 신설이 하천에 미치는 수리학적 영향을 분석 하였다. 모형의 적용시 필요한 지형자료는 실시설계 측량성과를 이용하여 구축하였으며, 적용된 빈도는 국가 하천 구간 입을 고려하여 100년 빈도를 선정하였다. 또한 홍수량, 기점홍수위 및 조도계수 등의 기초 수리·수문량은 기 수립된 「낙동강수계 하천정비기본계획(변경)(2009. 7. 국토해양부)」의 자료를 활용하였다. 모형의 적용을 통해 연구대상구간에서 주요 구조물 상·하류 지점 및 만곡부 지점 등을 집중적으로 분석하였다.

표 2. 수치모형의 경계조건

하천 횡단 자료	계획홍수량(m ³ /s)		기점홍수위(m)		조도계수
	정비 전	정비 후	정비 전	정비 후	
No. 0-43 ~ No. 80	12,580	12,500	40.27	37.53	0.025

3.2 1차원 모형의 적용

1차원 수리검토를 통하여 금회 연구대상구간의 주요 측정구간에서 구조물 설치 전·후의 수위 및 유속에 대한 검토를 수행하여 하도 내 대형 구조물 신설이 하천에 미치는 수리학적 영향을 분석하였다.

표 3. 1차원 수치모형의 결과

측점	누가거리(m)	계획홍수위(EL.m)		평균유속(m/s)		비고
		하도정비 전	하도정비 후	하도정비 전	하도정비 후	
No.11	1043.0	43.81	42.03	3.11	2.80	낙단보 상류
No.15	1543.0	43.42	39.86	3.60	3.97	낙단보 하류
No.21	2143.0	43.17	39.39	3.14	3.95	낙단교 하류
No.27	2743.0	42.92	38.99	2.94	3.44	낙단대교 하류
No.37	3743.0	42.72	38.89	2.30	2.12	만곡부
No.63	6343.0	41.39	38.15	2.48	2.41	만곡부

연구 대상구간에서 1차원 HEC-RAS 모형을 적용하여 하도 정비 전·후 흐름 분석을 수행하였으며, 100년 빈도 홍수량에 따른 계획홍수위 산정 결과 EL. 37.43 ~ 42.21m로 산정되었다. 하도 정비 전과 비교하여 보면 하도 정비로 인한 안정하상 계획에 의해 전 구간에 걸쳐 2 ~ 3m의 홍수위 하강 효과가 나타나고 있는 것으로 나타났다. 유속의 검토에서도 같은 영향으로 인해 최대 1.41%의 유속 감소 효과가 나타나고 있는 것으로 분석 되었다.

3.3 2차원 모형의 적용

연구대상구간에 대한 1차원 모형의 한계성 보완 및 국부적인 수리 특성 분석을 위해 2차원 동수역학적 모형인 SMS 모형을 적용한 수리검토를 수행하였다. 2차원 수리 검토를 위하여 측량 성과를 활용한 지형 자료를 적용하여 유한 요소망을 구축 하였으며, 하도 정비 전의 연구대상 구간에서 총 27,638개의 절점(node)과 9,048개의 요소(element)로 구성하였으며, 하도 정비 후에는 28,112개의 절점(node)과 9,294개의 요소(element)로 구성하였다. 지형자료를 통해 구축된 유한 요소망에서 하도 횡단 구조물의 설치에 따른 주요 지점별 수위 및 유속을 산정하여 하도 정비 전과 후에 대해 비교·분석하였으며 분석결과는 그림 2~5와 같다.

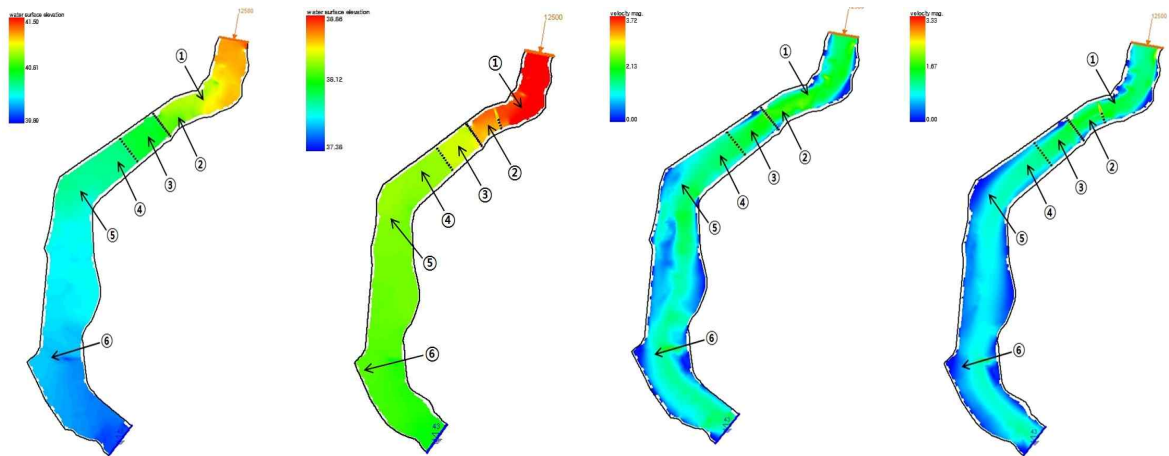


그림 2. 하도정비 전 수위 분포

그림 3. 하도정비 후 수위 분포

그림 4. 하도정비 전 유속 분포

그림 5. 하도정비 후 유속 분포

본 연구대상구간의 하도정비 및 구조물 설치 전·후의 2차원 수치해석 분석을 비교 검토한 결과 하도정비 전·후의 유속은 각각 0.01 ~ 3.72m/s 및 0.01 ~ 3.33m/s로 모의되었고, 하도 정비 전·후의 수위는 각각 39.89 ~ 41.50m 및 37.38 ~ 38.86m로 모의되었다. 이에 따라 하도정비 및 구조물 설치 이후에는 구조물 설치 전보다 수위 및 유속이 모두 감소하는 것으로 나타나 안정적인 하도 상태를 유지할 수 있을 것으로 분석 되었다.

표 4. 2차원 수치모형의 결과

측점	누가거리 (m)	계획홍수위(EL.m)		유속(m/s)		비고
		하도정비 전	하도정비 후	하도정비 전	하도정비 후	
① No.11	1043.0	41.05	40.44	1.99	1.55	낙단보 상류
② No.15	1543.0	40.91	40.24	2.08	1.30	낙단보 하류
③ No.21	2143.0	40.64	40.20	1.83	1.42	낙단교 하류
④ No.27	2743.0	40.48	40.14	1.49	1.13	낙단대교 하류
⑤ No.37	3743.0	40.46	40.14	1.36	0.90	만곡부
⑥ No.63	6343.0	40.20	40.08	1.20	0.90	만곡부

4. 결 론

안정적인 물 확보와 홍수방어 등을 위한 「낙동강 32공구 사업」이 보다 효율적이고 체계적으로 추진되기 위해서 금회 연구대상구간에 대해 하도 정비 전·후로 구분하여 1, 2차원 수치모의를 이용한 수리학적 영향 검토를 수행 하였다. 1차원 및 2차원 수치모형 분석결과 하도 정비 및 구조물 설치후의 수위 및 유속값이 모두 감소되는 것으로 분석되어 하도 본래 안정성 확보를 위한 계획이 추진되고 있는 것으로 판단할 수 있다. 반면 구조물 설치로 인한 구조물 직 하류부 에서의 유속 상승 가능성이 있는 것으로 나타나 하도 횡단 구조물 설치시 증가된 유속으로 인한 세굴 발생으로 구조물의 유지 및 하상 저하를 방지할 수 있는 계획을

수립해야 함을 알 수 있다. 또한 2차원 유속 벡터 분석을 바탕으로 한 유향 분석 결과 흐름이 집중되고 있는 구간에는 수제 및 호안공 등의 세굴 방지 공법의 적용을 통하여 하도 본래의 안정성 확보 및 재해 경감에 대한 계획을 수립하여야 할 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2009), 「낙동강수계 하천정비기본계획(변경)」
2. 윤라영 (2009), 2차원 수치모형을 이용한 하천준설에 따른 교란하천의 적응과정 분석(감천을 중심으로), 한국수자원학회 2009년도 학술발표회 초록집. pp.801~805
3. 안상진, 이재경, 이상황, 이계문(2003) 하천구조물에 의한 흐름특성, 한국수자원학회 2003년도 학술발표회 논문집(2), pp. 881~814