

동화천 하류부 수중보 설치에 따른 수리특성 분석 및 방류량 검토

Analysis of Hydraulic Characteristics and Evaluation of Outflow by a Small Dam Construction in the Donghwa downstream

황만하*, 이배성**, 이상진***, 고익환****

Man Ha Hwang, Bae Sung Lee, Sang Jin Lee, Ick Hwan Ko

요 지

현재 한국수자원공사에서는 시화호로 유입되는 유량을 저류하여 습지내 안정적인 유량을 공급함은 물론, 정화된 하천수를 방류하여 호소내 수질을 개선하고자 동화천 하류 약 840m 지점에 제수문을 설치하여 운영 중에 있다. 그러나, 폭우시 상류농경지 침수우려에 따른 제수문 개방후 폐쇄시 제수문 담수어종이 상류로 올라가는 길이 차단되어 제수문 유출부에 어류가 폐사되는 현상이 반복되어 발생하고 있다. 따라서, 한국수자원공사에서는 동화천 제수문 하류부(약 36m)에 어도를 갖춘 수중보시설을 설치함으로써 제수문과 수중보사이에 Pond를 형성하여 어류의 자연사를 방지하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 유량규모 및 수문개방 조건에 따른 보 설치 전·후 상황에 대한 1차원 수리특성분석을 실시함으로써, 보 설치로 인해 제수문 상류지역에 배수불량 상황 발생여부를 검토하고, 이를 배제하기 위한 제수문 개방조작 변경안을 제시하였다. 본 연구를 통해 제수문 하류단의 설치예정인 수중보가 제수문 상류지역의 배수상황에 미치는 영향은 제수문 상류 유입량이 저 유량 구간인 3.92cms ~ 8.88cms에서 발생하였으며, 이는 본 연구에서 제시한 개방수문 조작 변경안과 같이 간단한 수문 조작을 통해 상류 수위를 저감시킬 수 있는 것으로 조사되었다.

핵심용어 : 동화천, 수중보 설치, 방류량 검토, 1차원 수리특성 분석

1. 서론

현재 시화호로 유입되는 유량을 저류하여 습지내 안정적인 유량을 공급함은 물론, 정화된 하천수를 방류하여 호소내 수질을 개선하고자 동화천 하류 약 840m 지점에 제수문을 설치하여 운영 중에 있다. 그러나, 폭우시 상류농경지 침수우려에 따른 제수문 개방후 폐쇄시 제수문 담수어종이 상류로 올라가는 길이 차단되어 제수문 유출부에 어류가 폐사되는 현상이 반복되어 발생하고 있다. 따라서, 한국수자원공사에서는 동화천 제수문 하류부(약 36m)에 어도를 갖춘 수중보시설을 설치함으로써 제수문과 수중보사이에 Pond를 형성하여 어류의 자연사를 방지하고자 하였다. 이에 본 연구에서는 유량규모 및 수문개방 조건에 따른 보 설치 전·후 상황에 대한 1차원 수리특성분석을 실시함으로써 보 설치로 인해 제수문 상류지역에 배수불량 상황 발생여부를 검토하고 이를 배제하기 위한 제수문 개방조작 변경안을 제시하고자 한다.

2. 수리특성 분석을 위한 사전조사

동화천 제수문 하류부 수중보 설치에 따른 1차원 수리특성분석을 위해 본 과업에서는 반월천 합류지점인

* 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 수석연구원 · E-mail : hwangmh@kowaco.or.kr

** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 위촉연구원 · E-mail : baesung@hannam.ac.kr

*** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 선임연구원 · E-mail : sjlee@kowaco.or.kr

**** 정회원 · 한국수자원공사 수자원연구원 수자원환경연구소 연구소장 · E-mail : ihko@kowaco.or.kr

동화천 종점~제수문 상류 약 1.2km 지점(총 연장 약 2km) 구간을 분석대상 구간으로 선정하였다. 분석대상 구간내 중·횡단 단면자료는 한국수자원공사(1997)의 측량자료와 그림 1과 같이 수중 보 설치를 위해 금회 측정한(동화천 종점~제수문) 측량자료를 이용하였다.

동화천 제수문은 강수시 제수문 수위가 EL 3.0m 이상 상승할 경우 배수불량 현상이 발생되어, 다음 표 1과 같이 제수문 수위에 따른 수문자동 작동시스템을 보강·변경하여 현재 운영 중에 있다. 따라서, 본 연구에서는 표 1의 총 5단계를 초기조건으로 하여 수문개방 조건별 수중 보 설치 전·후 상황에 대하여 1차원 수리특성분석을 실시하였으며, 수리특성 분석시 수문개방 조건에 따른 배수위의 영향성을 검토하기 위하여 표 1의 각 단계별 수위 및 유입량 자료를 초기조건으로 이용하였다. 특히, 각 단계의 방류수위 조건을 제수문 저수위의 초기 조건으로 입력하여 개방조건에 따른 방류량을 산정하였으며, 이를 상류단의 경계조건으로 입력하였다. 이와 같이 제수문 유입유량과 방류량을 동일하게 설정한 이유는 방류량 보다 큰 유량이 유입될 경우, 이로 인해 배수가 불량한 상황이 발생되어 수중 보 설치에 따른 영향을 검토할 수 없기 때문이다.

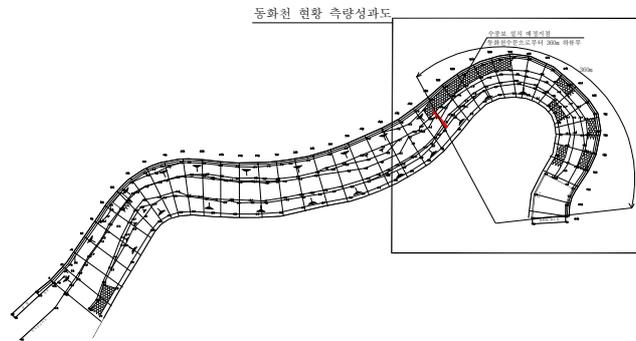


그림 1. 동화천 하천 현황 측량성과도

표 1. 동화천 자동개방시스템

단계	유입유량(cms)	제수문 수위(EL.m)	제수문방류량(cms)	개방수문(개수)	수문개방높이(m)	비고
1단계	3.92	2.90	3.92	1	0.10	
2단계	8.88	2.95	8.88	1	0.30	
3단계	38.8	3.00	38.8	3	0.50	3번 수문 개방높이 = 0.30m
4단계	69.7	3.10	69.7	5	0.50	
5단계	154.6	3.20	154.6	5	1.50	

3. 1차원 수치모의 분석을 위한 입력자료 구성

본 연구에서는 수리특성분석 모형으로 1차원 하천 흐름해석 프로그램인 HEC-RAS 모형을 선정하였으며, HEC-RAS 모형은 정상류의 수면형을 계산할 수 있을 뿐만 아니라 1차원 부정류해석 프로그램인 UNET 모형이 탑재되어 있어 자연하천에서의 홍수추적을 실시할 수 있으며, 하도수리구조물인 횡단면 및 하도의 개수에 제한이 없고, 수문, 여수로, 교량, 보 등의 영향을 고려할 수 있다. 특히 복잡한 하도망에 많은 횡단면이 있는 경우의 흐름해석에 효과적이다.

1차원 모형의 주요 매개변수인 단면조도계수는 하상표면의 특성을 나타내기 위해 사용하는 변수로써, 자연하천의 하상은 유사 퇴적과 세굴에 의해 계속 변화되며 홍수시에는 그 변화폭이 더욱 크게 된다. 하천의 흐름을 계산할 때에는 하상재료의 특성을 표현하는 원래의 의미뿐만 아니라 종방향의 단면변화, 하상경사의 변화, 사행 등의 영향도 모두 조도계수에 의해 표현된다. 결국, 조도계수는 하천 중·횡단면 자료로 표현될

수 없는 하천의 모든 형태적 특성과 하상, 제방, 고수부지 등의 표면 특성을 나타내는 유일한 변수이다. 따라서 조도계수는 특정한 식에 의해 단순히 결정되지 않고 대상 하천의 특성에 따라 경험에 의해 적절히 산정되는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 Chow(1959)가 제시한 평균적인 조도계수와 Barnes(1967)이 제안한 추정방법을 이용하여 과업대상 구간의 단면조도계수를 산정하였으며, 제수문 상·하류에 콘크리트 피폭으로 처리된 에이프런($n=0.013$)을 제외한 전구간의 단면조도계수는 0.025으로 추정되었다.

수문개방 조건에 따른 배수위 영향을 검토하기 위해 현 동화천 자동개방시스템에서 적용중인 총 5단계의 개방조건에 대하여 1차원 수치모의 분석을 실시하였으며, 이때 제수문 초기수위 및 수문개방 높이는 표 1의 동화천 개방시스템의 조건으로 하였다. 또한, 상류단의 경계조건으로는 각 단계별 제수문 수위 조건하에서 개방조건별 방류량을 산정하여, 배수불량으로 인한 수위 상승 효과를 방지하였다.

4. 1차원 수치모의 분석 결과

본 연구의 분석대상 구간인 반월천 합류지점~제수문 상류 약 1.2km 지점(동화천 중점으로부터 상류 약 2 km 지점) 구간에 대하여 동화천 제수문 하류부 약 360m 지점에 설치 예정인 수중 보로 인한 수리특성변화 여부를 살펴보기 위해 보 설치 전·후 상황에 대한 1차원 수치모의 분석을 실시하였다.

4.1 수문 개방조건별 수중 보 설치 전·후 상황에 대한 분석결과

표 1의 입력조건으로 하여 수문개방 조건별 수치모의 분석을 실시한 결과, 수중 보 설치 전·후 상황에 대한 각 조건별 수위변화를 살펴보면 다음 그림 2와 같고, 유속변화는 그림 3과 같다.

그림 2에서 보는 바와 같이 전 조건에 대하여 수중 보 설치로 인한 수위 상승이 수중 보 설치 예정지점으로부터 제수문 지점까지 발생하였으며 평균 수위가 약 0.3m~1.0m까지 상승하는 것으로 조사되었다. 특히, 유입유량이 저유량(3.92cms)에 해당되는 1단계 개방조건에서는 수중 보 설치로 인한 제수문 상류지역의 수위 상승이 나타났고, 이때 수위는 약 0.1m 상승하였다. 이와 같이 제수문 상류지역에 수위 상승현상이 나타난 원인으로는 수중 보 설치로 인해 제수문 하류단의 수위가 상승하여, 작아진 상·하류단의 수위차로 인해 제수문을 통한 방류량이 감소하여 발생하는 것으로 판단된다. 그러나, 2단계 방류조건~5단계 방류조건에서는 수중보 설치로 인한 제수문 상류지역의 수위 상승이 발생하지 않았다. 따라서, 일정 규모 이상의 유량이 유입·방류될 경우 수중 보 설치로 인한 배수의 영향은 없는 것으로 판단된다.

수중 보 설치로 인한 유속의 변화는 그림 3에서 보는 바와 같이 전 조건에 대해 수중 보 설치 예정지점으로부터 제수문 지점구간에서 평균 약 0.2m/s~1.0m/s 작게 나타났다. 또한, 수위 변화에서 살펴본 바와 같이 1단계 방류조건을 제외한 2단계 ~5단계 방류조건에서의 유속변화는 없는 것으로 나타났으며, 유속변화가 나타난 1단계 방류조건에서의 유속변화는 0.01m/s 감소하여 나타나 유속에 대한 영향은 극히 작은 것으로 나타났다.

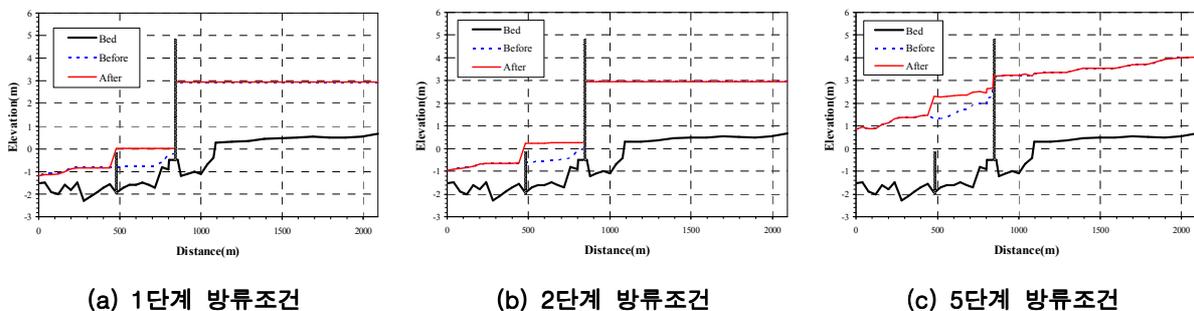
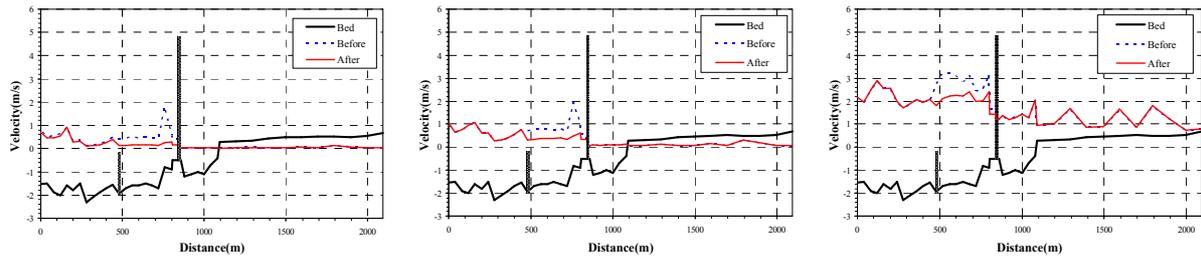


그림 2. 방류조건별 수중 보 설치에 따른 수위변화

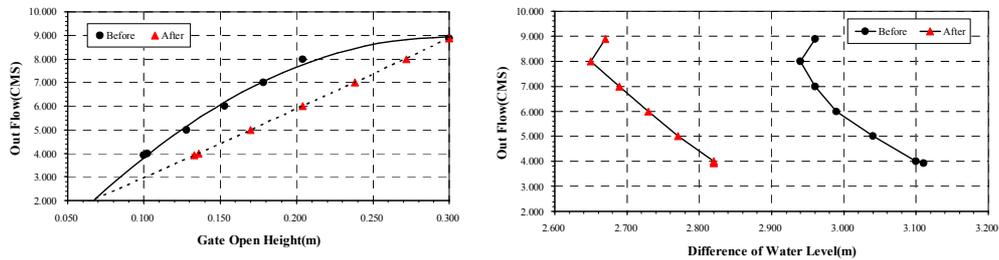


(a) 1단계 방류조건 (b) 2단계 방류조건 (c) 5단계 방류조건

그림 3. 방류조건별 수중 보 설치에 따른 유속변화

4.2 수중 보 설치에 따른 제수문 개방조작 변경

제수문 하류에 설치 예정인 수중 보로 인해 제수문 상류지역의 수위가 저유량구간(3.92cms ~ 8.88cms)에서 발생하는 것으로 조사됨에 따라, 이 구간에 대한 추가 분석을 실시하였다. 저유량 구간에 대한 추가 분석을 실시하기 위해서는 우선 수문개방 높이에 따른 방류량 산정되어야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 동화천 자동개방시스템의 제수문 개방 1단계 상황을 초기조건(저수위 : EL 2.90m, 개방수문 개수 : 1문)으로 하여 유량규모(4cms ~ 8cms : 1cms씩 증가)에 따른 수문개방 높이별 방류량 곡선을 다음 그림 4와 같이 작성하였다. 그림 4에서 보는 바와 같이 본 연구를 통해 산정된 방류량을 이용하여 수중 보 설치 전·후 상황에 대하여 제수문 상류지역의 배수상황을 검토하였으며, 그 결과는 다음 표 2와 같다. 표 2에 나타난 것과 같이 저유량 구간에서 수중 보 설치로 인한 수위가 평균 약 0.05m ~ 1.00m 상승하는 것으로 나타났다.



(a) 수문개도 높이 (b) 상·하류단 수위차

그림 4. 제수문 운영 조건별 방류량산정 결과(상류 저수위 : EL. 2.90m)

표 2. 수중 보 설치에 따른 제수문 배수상황 검토

순번	수문개방 높이(m)	저수위(m)		방류량(cms)	
		보설치전	보설치후	보설치전	보설치후
1	0.100	2.900	2.950	3.920	2.960
2	0.102	2.900	2.960	4.000	3.030
3	0.128	2.900	2.970	5.000	3.800
4	0.153	2.900	2.980	6.000	4.550
5	0.178	2.900	3.000	7.000	5.300
6	0.204	2.900	3.000	8.000	6.080
7	0.300	2.950	2.950	8.880	8.880

저유량 구간(3.92cms ~ 8.88cms)에서 수중 보 설치에 따른 영향이 제수문 상류단에 미치는 것으로 조사됨

에 따라, 본 연구에서는 보 설치 전 상황과 동일한 상류 저수위를 유지하기 위해 변경하여야 할 개방수문 조작 변경안을 제시하였으며, 그 결과는 다음 표 3과 같다. 제수문 상류지역에서 배수불량에 따른 수위 상승효과를 억제하기 위하여 표 3의 결과를 이용하여 수문개도 높이를 증가시키면 그림 5에서 보는 것과 같이 수중 보 설치에 따른 상류지역의 수위 상승을 방지할 수 있었다.

표 3. 수중 보 설치전 저수위를 유지하기 위한 개방수문 조작 변경

순번	방류량(cms)	저수위(EL.m)	수문개방 높이(m)		
			변경전	변경후	증감
1	3.920	2.90	0.100	0.133	(+) 0.033
2	4.000	2.90	0.102	0.136	(+) 0.034
3	5.000	2.90	0.128	0.170	(+) 0.042
4	6.000	2.90	0.153	0.204	(+) 0.051
5	7.000	2.90	0.178	0.238	(+) 0.060
6	8.000	2.90	0.204	0.272	(+) 0.066
7	8.880	2.90	0.300	0.300	-

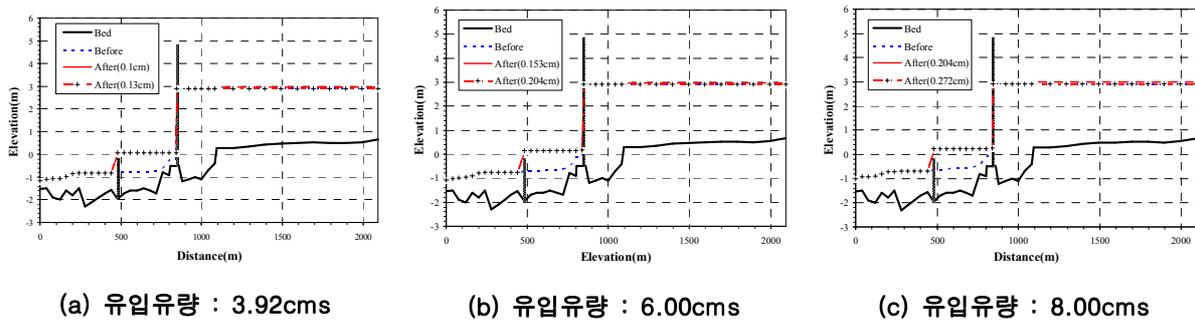


그림 5. 제수문 개방수문 조작 변경에 따른 수위변화

5. 결론

본 연구를 통해 제수문 하류단의 설치예정인 수중보가 제수문 상류지역의 배수상황에 미치는 영향은 제수문 상류 유입량이 저유량 구간인 3.92cms ~ 8.88cms에서 발생하였으며, 이는 본 연구에서 제시한 개방수문 조작 변경안과 같이 간단한 수문 조작을 통해 상류 수위를 저감시킬 수 있는 것으로 조사되었다. 따라서 수중 보 설치로 인한 제수문 상류지역의 영향은 극히 적은 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

1. 한국수자원공사(1997). 시화지구개발 반월천, 동화천 습지조경공사 기본 및 실시설계보고서.
2. Barnes, H. H.(1967). Roughness Characteristics of Natural Channels, Geological Survey Water-Supply Paper 1849, US Government Printing Office, Washington, D. C.
3. Chow, V. T.(1959). Open-Channel Hydraulics, Mc-Graw Hill, New York, USA.
4. US Army Corps of Engineers.(2001). HEC-RAS, River Analysis System User's Manual, Hydrological Engineering Center, Davis, CA.