

낙동강 직렬보의 관리수위 운영에 따른 지류하천 배수기능 평가기법

Backwater Evaluation Method of Tributary Stream by Operating Serial Weir in Nakdong River

정성순* · 추태호** · 지홍기***
Jung, Sung Soon · Choo, Tai Ho · Jee, Hong Ki

요 지

본 연구는 자연하천에서 직렬보 설치에 따른 배수위 계산을 실시하여 여러 가지 수리특성인자들의 결과와 비교해 보았다. 그 결과, 자연수위에 따른 통수단면적보다 수위증가로 인한 통수단면적의 영향이 가장 큰 것으로 분석되었다. 그러나 유속을 포함한 다른 수리특성인자의 영향은 다소 적은 것으로 분석되었다.

따라서 보(weir)를 설치할 경우 다른 수리특성인자보다 수위상승에 따른 통수단면의 통수능력이 먼저 검토되어야 할 것이다. 또한 자연하도에 비해 수중보 설치에 의한 상류의 수위상승 중단거리가 예상치보다 매우 크게 나타나고 있었기 때문에 보 설치에 따른 중단거리의 영향을 파악하여 제방설계를 실시해야 할 것으로 판단된다.

보의 설치 수위증가로 인한 용수확보, 수변공간 확보 등 많은 이점이 있으나, 홍수시의 하도통수능력 고려, 오염물질의 퇴적으로 인한 수질오염 방지 그리고 갈수시에 하천의 유지용수 확보 등을 고려한 신중한 분석·검토를 해야 할 것으로 사료된다.

핵심용어 : HEC-HMS, HEC-RAS, 홍수예측시스템, Rating Curve

1. 서 론

자연하천에 보를 설치하면 상류로부터 유송된 토사가 퇴적하게 되어 하상 증가로 인한 수위나 수량이 감소할 뿐만 아니라 하천의 상류부로 배수(Backwater)의 영향이 발생되어 상류부 제방범람으로 인한 안전에 문제가 발생하게 되며, 보를 축조하면 그 상류측은 수위가 높아지고 하류측은 보를 월류하는 고속류로 하천의 바닥이나 양안이 세굴되는 현상이 발생하게 된다.

그러므로 유송토사의 배제를 위하여 보의 일부에 토사토(Sand Sluice)를 설치하고, 월류로 인한 하도 양안의 세굴방지를 위해서는 보의 상하류 양안에 호안공을 설치하며, 배수의 영향을 줄이기 위해서는 충분한 수리·수문학적인 검토가 필요하다.

보의 규모에 따른 배수위 영향 검토를 위한 기존의 연구는 Naider, W.H.(1952, 1953)에 의한 취수설치에 따른 영향분석, Bedient and Hurber(1988)의 자연하도에서 홍수시 수공구조물에 의한 배수영향 및 미육군공병단의 HEC(1976)에 의한 배수영향분석 등이 있었으나 국내에서는 보의 설치로 인한 배수위 영향 연구가 거의 없는 실정이다.

본 연구는 기존의 하도제방에 있어 수중보를 설치함으로써 제방범람의 안전에 관한 수리·수문

* 정회원·영남대학교 건설시스템공학과·석사과정·(E-mail: sungsoon4737@naver.com)

** 정회원·부산대학교 토목공학과·교수·(E-mail: thchoo@pusan.ac.kr)

*** 정회원·영남대학교 건설시스템공학과·교수·(E-mail: hkjee@yu.ac.kr)

학적인 조사분석을 시행함으로써 하도상의 수변공간 확보와 더불어 하도통수능력에 가장 영향을 미치는 수리특성인자를 분석·검토하는데 그 목적이 있다.

2. 수중보 설치로 인한 배수위 및 수리계산

2.1 보 시설의 위치선정

보 설치에 따른 위치는 다음 조건들을 종합적으로 고려하여 가장 유리한 위치를 선정해야 한다. 첫째, 도수로의 공사비가 싸게 되고 유지관리에 편리하도록 관개 지역이 가급적 가깝고 얕으며 짧은 보로 필요한 취입수위를 확보할 수 있는 곳, 둘째, 하도가 안정되어 있는 동시에 홍수로 하상의 변동이 생기지 않는 곳, 셋째, 평수시나 홍수시에 상·하류에 대한 수위의 영향이 적어야 하며, 보의 높이, 보의 길이, 보의 구조, 도수로의 길이에 따라 공사비가 증감하게 되므로 충분한 비교 검토를 하여 적절한 위치를 선정해야 한다.

2.2 수문학적 특성

본 연구대상인 영강유역은 경상북도 문경시 일부와 영순면 일부가 포함되어 있는 낙동강 제 1지류 유역으로써 영강유역의 북쪽 및 남서쪽은 가온읍 유역의 영강분류와 문경읍 유역의 조령천과 신북천이 연결되어 있고, 하류부는 상주시 이안천과 연결되어 낙동강 본류로 흘러가고 있다.

영강의 총 유역면적은 921.80km², 유로연장 68.4km 이며 본 연구대상 구간인 영순교 부근의 하상고는 약 1/550인 것으로 나타났으며, 하상 구성재료는 막자갈 및 호박돌로 구성되어 있고 연구대상유역은 다음의 Fig. 2.1과 같다.

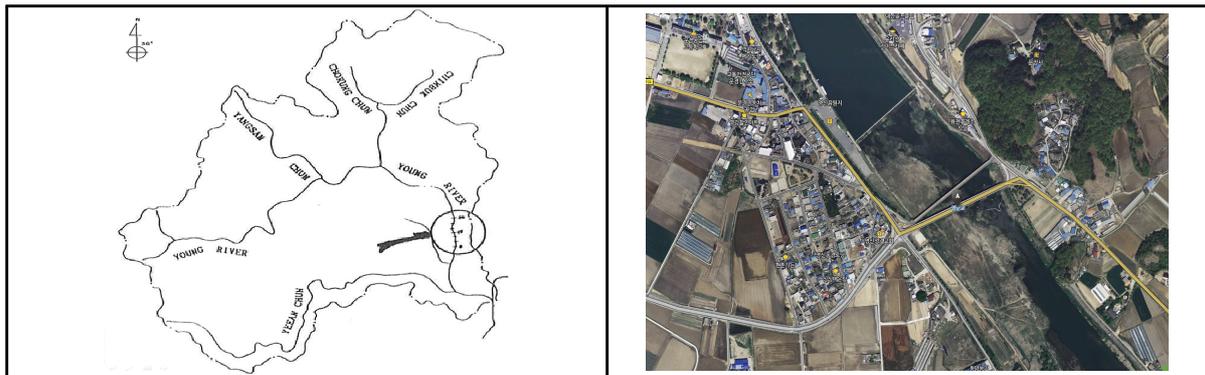


Fig. 2.1 Study Area

2.3 평형하상고

본 분석에 적용된 평형하상고는 보의 규모에 따른 높이 산정에 있어 기본이 되는 자료이며 영순교 지역의 수중보 분석을 위해 영강유역에 Akikoichi 하상평형구배 이론을 적용하여 계산된 평형하상고 값은 Table 2.1과 같고 횡단면 측량성과는 지점간 거리를 20m로 하되 굴곡이 심한 부분은 추가 설정하였다.

Table 2.1 Results of Elevatio in Each Area

Station River Bed	Honam Weir	Taebong Weir	Masan Weir	Youngsoon Bridge	Younggang Bridge
Elevation	54.62	60.11	62.65	66.19	71.59

※ 영강정비공사 기본계획 및 실시설계 보고서 참조
 ※ 영강하천정비 기본계획 참조(2004)

2.4 조도계수

본 분석대상 하도구간에 대한 전체적인 조도계수는 하도좌안과 우안은 0.025, 하도중심부는 0.030으로 분석되었다.

Table 2.2 Manning's 'n' in Study Areas

Channel Reach	'n' Values		
	Left Bank	Right Bank	Channel
No. 0~No. 10	0.025	0.025	0.025
No. 10~No. 31	0.025	0.025	0.025
Mean	0.025	0.025	0.025

2.5 배수위계산 및 검토

지금까지 조사된 수문자료 및 측량결과 수변공간 확보를 위한 수중보의 규모에 따른 통수단면의 영향분석을 위하여 표준축차계산법에 기초를 둔 HEC-RAS 프로그램 패키지를 이용하여 분석하였다. 분석에 사용된 홍수량은 2,289 CMS로서 80년 빈도의 설계홍수량을 사용하였고, 이 때 적용한 기점(점촌 수위표 지점) 홍수위는 68.58m 이다.

Table 2.3 Results of Hydraulic Characteristics Analysis(Water Level)

No.	Depth	Left Bank	Right Bank	Water Level			
				Original	Case 1	Case 2	Case 3
0	6.90	70.90	70.61	68.58	68.58 (0)	68.58 (0)	68.58 (0)
1	5.00	71.25	71.37	68.63	68.63 (0)	68.63 (0)	68.63 (0)
1.15	4.14	71.25	71.37	65.73	69.43 (1.02)	69.67 (1.37)	69.94 (0)
2	3.74	71.77	71.64	68.81	70.38 (2.28)	70.57 (2.55)	70.87 (0)
3	4.81	71.70	71.37	69.08	70.45 (1.98)	70.63 (2.24)	70.91 (0)
4	4.81	72.14	71.40	69.21	70.47 (1.82)	70.65 (2.08)	70.93 (0)
5	4.96	72.36	72.32	69.76	70.62 (1.23)	70.77 (1.44)	71.03 (0)
6	4.02	72.50	72.77	70.18	70.83 (0.92)	70.96 (1.11)	71.19 (0)
7	4.01	72.60	72.98	70.38	70.94 (0.79)	71.06 (0.96)	71.27 (0)
8	3.68	72.77	73.07	70.61	70.69 (0.11)	70.88 (0.38)	71.15 (0)
9	4.38	73.41	73.63	71.60	71.56 (-0.05)	71.54 (-0.08)	71.58 (0)

※()는 자연하도수위와의 수면변동차에 대한 백분율(%)

3. 수리특성인자의 분석 및 검토

Table 3.1(a) Results of Hydraulic Characteristics Analysis

No.	Velocity(m/sec)				Area(m ²)				Water-level Difference(m)			
	Original	Case1	Case2	Case3	Original	Case1	Case2	Case3	Original	Case1	Case2	Case3
0	2.62	2.62	2.62	2.62	873.10	873.61	873.61	873.61	0.00	0.00	0.00	0.00
1	3.01	3.01	3.01	3.01	760.27	760.27	760.27	760.27	0.05	0.05	0.05	0.05
1.15	3.10	4.77 (53.8)	4.63 (49.3)	4.64 (49.6)	620.54	480.18 (-22.6)	494.51 (-20.3)	492.88 (-20.5)	0.09	0.80 (788)	1.04 (1,055)	1.31 (1,355)
2	3.20	2.15 (-32.8)	2.06 (-35.6)	1.94 (-39.3)	714.86	1065.40 (49.0)	1108.90 (55.1)	1177.10 (64.6)	0.18	0.00 (-100)	0.00 (-100)	0.00 (-100)
3	3.14	2.21 (-29.6)	2.12 (-32.4)	2.00 (-36.3)	728.15	1035.50 (42.2)	1077.30 (47.9)	1143.40 (57.0)	0.27	0.06 (-77.7)	0.06 (-77.7)	0.05 (-81.4)
4	3.76	2.59 (-31.1)	2.48 (-34.0)	2.32 (-38.2)	608.03	883.20 (45.2)	923.67 (51.9)	988.22 (62.5)	0.14	0.02 (-85.7)	0.02 (-85.7)	0.01 (-92.8)
5	3.27	2.58 (-21.1)	2.48 (-24.1)	2.34 (-28.4)	700.22	887.50 (26.7)	922.47 (31.7)	979.78 (39.9)	0.55	0.15 (-72.7)	0.13 (-76.3)	0.10 (-81.8)
6	2.64	2.21 (-16.2)	2.13 (-19.3)	2.02 (-23.4)	865.71	1037.80 (19.8)	1073.80 (24.0)	1134.10 (31.0)	0.42	0.21 (-50.0)	0.19 (-54.7)	0.16 (-61.9)
7	2.90	2.35 (-18.9)	2.26 (-22.0)	2.11 (-27.2)	790.22	974.90 (23.3)	1014.70 (28.4)	1082.90 (37.0)	0.20	0.11 (-45.0)	0.10 (-50.0)	0.09 (-55.0)
8	4.33	4.12 (-4.84)	3.76 (-13.1)	3.32 (-23.3)	528.72	555.18 (5.0)	609.32 (15.2)	689.46 (30.4)	0.23	-0.25 (-208)	0.18 (-178)	-0.12 (-152)

※ ()는 자연하도수위와의 수면변동차에 대한 백분율(%)

Table 3.1(b) Results of Hydraulic Characteristics Analysis

No.	Ratio				Head Loss				Reach Time			
	Original	Case1	Case2	Case3	Original	Case1	Case2	Case3	Original	Case1	Case2	Case3
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.77	0.77	0.77	0.77	0.16	0.16	0.16	0.16	0.02	0.02	0.02	0.02
1.15	0.78	0.46 (-41.0)	0.48 (-38.4)	0.47 (-39.7)	0.21	0.34 (61.9)	0.34 (61.9)	0.34 (61.9)	0.03	0.03 (0)	0.03 (0)	0.03 (0)
2	0.91	0.98 (7.69)	0.99 (8.79)	0.99 (8.79)	0.24	0.01 (-95.8)	0.01 (-95.8)	0.01 (-95.8)	0.04	0.03 (-25.0)	0.03 (-25.0)	0.03 (-25.0)
3	1.03	0.95 (-7.76)	0.95 (-7.76)	0.95 (-7.76)	0.25	0.08 (-68.0)	0.07 (-72.0)	0.06 (-76.0)	0.05	0.06 (20.0)	0.06 (20.0)	0.06 (20.0)
4	0.75	0.77 (2.66)	0.78 (4.0)	0.79 (5.33)	0.35	0.12 (-65.7)	0.10 (-71.4)	0.08 (-77.1)	0.07	0.08 (14.2)	0.08 (14.2)	0.09 (28.5)
5	1.25	1.02 (-18.4)	1.01 (-19.2)	1.00 (-20.0)	0.37	0.15 (-59.4)	0.13 (-64.8)	0.11 (-70.2)	0.09	0.10 (11.1)	0.11 (22.2)	0.11 (22.2)
6	1.25	1.15 (-8.0)	2.13 (-8.8)	1.14 (-8.8)	0.23	0.12 (-47.8)	0.11 (-52.1)	0.09 (-60.8)	0.11	0.13 (18.1)	0.14 (27.2)	0.14 (27.2)
7	0.75	0.79 (-5.33)	2.26 (6.6)	0.81 (8.0)	0.27	0.14 (-48.1)	0.13 (-51.8)	0.11 (-59.2)	0.13	0.16 (23.0)	0.16 (23.0)	0.17 (30.7)
8	0.55	0.42 (-23.6)	3.76 (-16.3)	0.51 (-7.27)	0.56	0.34 (-39.2)	0.28 (50.0)	0.21 (-62.5)	0.15	0.17 (13.3)	0.18 (20.0)	0.19 (26.6)

※ ()는 자연하도수위와의 수면변동차에 대한 백분율(%)

4. 결 론

본 연구에서는 수변공간 조성을 위해 수중보를 설치함으로써 나타나는 자연하도의 통수단면적에 대한 영향을 고려하여 그 하도에 가장 적합한 수중보를 결정하는데 있어 평형하상고를 결정하고 높이 1.0m의 수중보를 설치할 경우(Case 1)와 높이 1.2m의 수중보를 설치할 경우(Case 2) 및 높이 1.5m의 수중보를 설치할 경우(Case 3)에 나타나는 각종 수리특성인자의 변동특성을 분석하여 비교·검토함으로써 향후 하천에 대한 수중보의 설계에 있어 수리특성인자의 분석을 통한 적합한 보의 규모를 제안하기 위하여 실제 하천유역에 적용한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

자연하도에 있어 수중보를 설치하지 않았을 경우와 높이 1.0m, 1.2m 및 1.5m의 수중보를 설치할 경우의 수위증가를 비교해 보면 수중보 설치로 인한 수위의 영향이 하류부에서는 거의 나타나지 않았으나 상류부로는 약 1.0~1.5Km 거리까지 수위증가에 대한 영향이 있는 것으로 분석되었으며 수중보(No. 1.15)에 있어서 월류량은 Case 2가 가장 많은 것으로 분석되었다. 그리고 수위증가에 대한 영향은 No. 2 지점에서 가장 큰 값인 2.28, 2.55, 2.99을 보이고 있어 다른 지점보다 수중보의 영향이 가장 많은 것을 알 수 있었다.

수중보 설치로 인한 유속의 변화율을 보면 수중보를 월류할 경우를 제외하고 No.8지점까지 모든 지점에서 자연하도보다 유속이 감소한 것으로 분석되었고 이러한 영향은 단면의 수위차가 자연하도에 비해 작게 나타나고 있어 수중보를 설치할 경우 유속의 영향은 비교적 적다는 것을 알 수 있었다.

마찰에 따른 에너지손실에 대한 분석결과에 의하면 수중보를 설치했을 경우 그 변화량이 자연하도에 비해 -39.2~-95.8 로써 비교적 높은 감소를 보이고 있어 수중보 설치로 인한 유속감소의 영향 때문인 것으로 판단된다.

수중보의 높이차(1m, 1.2m, 1.5m)에 따른 상류부의 수위상승에 영향이 미치는 거리는 거의 차이가 없으나 수위가 상승하는 영향권내에서의 수위차는 보의 각 Case의 높이차에 비례했고, 수위상승에 의한 영향권의 거리가 상당히 큰 것으로 분석되어 수변공간확보를 위한 수중보의 설계시 보설치를 위한 지점에서 그 영향이 미치는 거리까지 통수단면에 대한 영향이 충분히 고려되어야 함을 알 수 있다.

이상의 결과로써 자연하천에서 수중보의 설치에 따른 여러 가지 수리특성인자들의 결과를 비교해 본 결과 자연수위에 따른 통수단면적보다 수위증가로 인한 통수단면적의 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며 유속을 포함한 다른 수리특성인자의 영향은 이에 비해 다소 적은 것으로 분석되어 수중보의 설치에 따른 수리특성인자보다 수위상승에 따른 통수단면의 충분한 통수능력이 먼저 검토되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부에서 위탁시행 한 차세대홍수방어기술개발연구의 과제인 유역 홍수 대응 최적기술 개발의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. Chow, V.T., Open Channel Hydraulics, McGraw-Hill Book Company, New York(1959).
2. Nalder, W. H., Analysis of Division Structures in Rivers(1952, 1953).
3. Philip B. Bedient and Wayne C. Huder, Hydrology and Floodplain Anaysis, pp. 421~483, Addison-Wesley Publishing Company(1988).
4. Hydrologic Engineering Center, HEC-2 Water Surface Profiles, User's Manual, U S Army Corps of Engineers, Davis, California(1990).