

ORIGINAL ARTICLE

수문운영에 따른 낙단보 상류하도 흐름특성 해석

문상철 · 박기범* · 안승섭

경일대학교 건설공학부

Analysis of Flow Characteristics in Upstream Channel depending on Water Gate Operation of Nakdan Multi Functional Weir

Sang-Chul Moon, Ki Bum Park*, Seung-Seop Ahn

School of Construction Engineering, Kyungil University, Gyeongsan 38428, Korea

Abstract

This study, examines the flow characteristics of upstream channel depending on water gate operation of Nakdan Multi-functional weir. The specific purpose of this study are to simulate the variation of flow velocity depending on the operation of the weir using 1-dimensional hydraulic model, HEC-RAS, and compare it with observed velocity.

For discharge conditions from 50 m³/s to 3,500 m³/s, it is observed that the velocity of upstream channel is almost constant, whereas for probability flood discharge, the velocity and froude number are increased as the discharge values are increased. The velocity values for downstream boundary condition EL, 40.0 m are more decreased than those for EL. 40.5m. From comparison on the variation of water stage depending on water gate operation, it is observed that the stage values are almost constant for discharges below 300 m³/s, whereas 5 cm to 20 cm for discharges over 700 m³/s. Flow velocity at streamflow gauging station, Nakdong, is decreased by more than 875% after installing the weir. The results obtained from this study indicate that the velocity of upstream channel is decreased and the discharge and velocity of downstream channel are significantly varied after installing the weir.

Key words : Nakdan multi-fuctional weir, Hydraulic characteristics, Gate operation

1. 서론

4대강 사업으로 인해 건설된 다기능보는 15 m 높이로 하천을 가로막고 있어 다기능보가 건설되기 전과는 다른 유속등과 같은 수리특성에 변화가 생길 것으로 예상된다. 다기능보들은 보통의 고정보와는 다르게 수문을 설치하여 유량을 조절할 수 있는 기능이 있으며, 보가 완공되어 운영되기 시작한 시간이 얼마 지나지 않아 충분한 유량에 대한 유속등의 자료가 없는 실정이다. 과거 유량측정사

업에 의해 측정된 유량과 유속의 자료들이 다기능보의 설치에 따라 과거의 수위-유량곡선을 적용하는 것은 문제가 있다. 많은 언론의 보도와 전문가들은 다기능보의 설치에 따라 하천의 유속이 느려질 것이며, 수리학적 특성의 변화가 발생할 것으로 예상하고 있다. 이러한 유속의 변화는 다기능보 상류의 수리특성에 큰 변화를 발생시키며 하천을 이용하거나 개발하는 데 있어 과거 측정된 유속-유량자료들과 상이하여 문제가 발생할 수 있다.

4대강 사업의 다기능보의 설치에 따른 수리수문학적

Received 9 September, 2015; Revised 4 April, 2016;

Accepted 4 April, 2016

*Corresponding author: Ki-bum Park, School of Construction Engineering, Kyungil University, Gyeongsan 38428, Korea

Phone : +82-53-600-5422

E-mail : pkb5032@naver.com

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.

© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

선행 연구가 많이 이루어졌으며, 낙단보 주변의 수위와 유속을 수치해석과 수리모형실험 결과를 비교 검토한 결과 낙단보 상류의 유속분포가 0.41 m/s ~ 3.97 m/s 로 나타난다고 하였다(Kim, 2010). 낙동강 전체하도 구간에 설치된 다기능보의 홍수시 운영 조건에서 홍수위의 저감 효과에 대해 분석하였다(Kim, 2010). 낙동강에 설치된 8개의 다기능보의 운영방안에 따라 홍수기 운영시 수문 조작에 따른 홍수위를 검토하고 목표수위에 도달하는 시간을 연구한 바 있으며(Kim, 2012), 보의 설치 및 하도 준설로 인한 하상변동을 예측하기 위해 1차원 수치모형을 통해 장기하상변동예측 및 정성적 분석을 한 바 있다(Jang, 2010).

한강에서는 여주보 구간의 Hec-Ras 수치모의 결과와 수리모형실험을 통해 유속과 수면의 흐름상태를 연구하여 수문폐쇄에 따른 수위상승고와 수위상승구간에 대한 연구가 있었다(Lee, 2012). 댐과 연계운영을 통한 다기능보의 용수공급에 대한 연구가 진행된 바 있으며(Ahn et al., 2014), 다기능보운영에 따른 3차원 모델 연구와(Na et al., 2013), 수치모형을 이용한 다기능보 어도 주변의 흐름특성에 대한 연구(Han et al., 2013)등이 있었다.

이와 같이 4대강 사업에 의해 다기능보가 설치됨에 따라 다기능보 상류의 하도의 흐름이 과거와는 다르게 변화가 예상되며 이에 따른 연구가 많이 진행되었다. 그러나 수문의 개도를 고려한 유량에 따른 보상류 구간의 유속의 변화는 많은 연구가 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 아직 많은 자료가 축적되지 않은 다기능보 상류구간의 수문운영에 따른 유속의 변화양상을 알기 위해서 낙동강 상주에 위치한 낙단보상류 구간에 다기능보의 수문운영에 따라 유량을 변화시켜 가면서 상류 하도의 유속과 수리특성에 대해 분석하였다.

2. 자료 및 방법

2.1. 대상구역의 개요

낙단보는 낙동강 상류에 위치한 다기능보로서 경상북도 상주시 낙동면과 의성면 단말면에 위치하고 있으며, 4대강 정비 사업과정에 건설되었다. 낙단보의 주요 제원은 가동보 142 m, 고정보 144 m이며, 수문 3문과 소수력 발전소, 어도로 구성되어 있다. 연구대상 구역인 낙단보의 위치는 Fig. 1과 같으며, 낙단보 하류 낙동 수위관

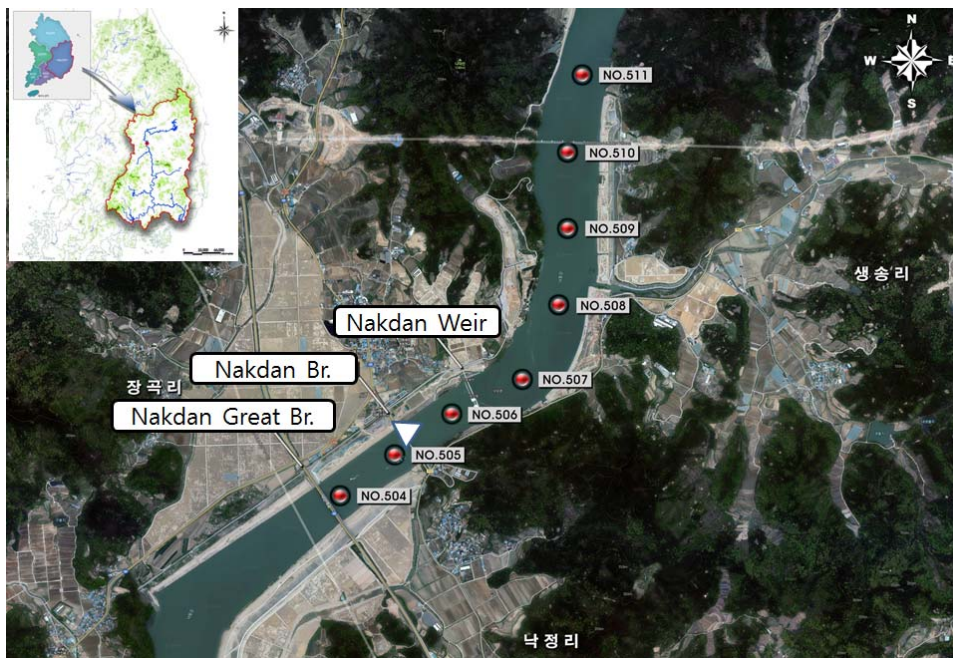


Fig. 1. Study area.

Table 1. Specifications of Nakdan multi-functional weir

Items		Specifications	
Weir length	Movable Weir	142 m	
	Fixed Weir	144 m	
Fish way		282.1 m	
Gates		Gate Numbers 3(SRG, L=40m, H=11.5m)	
Operation Rule	Dry Season	EL. H m~40.00 m EL. 40.00 m~40.50 m	Fish way flow and Electricity Release
	Flood Season	EL. 40.50 m~43.69 m EL. 43.69 m~H m	Fish way flow and Electricity Release Gate Gradually Open

측소는 낙단교에 위치하고 있다. Table 1에 낙단보의 상세한 제원을 나타내었으며, 낙단보의 운영조건은 EL. 40.00 ~ 40.50 m까지 평갈수기에는 어도방류와 발전방류만 이루어지며, 홍수기에는 EL. 40.50 m 이상에서는 발전방류와 어도방류의 추가적으로 수문방류가 이루어지고 있다.

2.2. 분석방법

본 연구에서는 낙단보 수문이 개도 상태에 따라 상류하도의 유속과 수심등 수리특성이 어떻게 변화하며, 낙단보 설치전과 설치후 유량-유속의 관계가 상류하도에 어떠한 변화가 되었는지 검토를 하고자 1차원 수리 해석 모형인 HEC-RAS를 이용하여 분석하였다.

낙단보 상류의 하천내 유량에 따른 흐름의 유속상태

를 파악하기 위하여 낙단보 관리수위인 EL. 40.00 m ~ EL.40.50 m에서 수문 3개의 개도상태에 따라 수리특성을 분석하였다.

하천 상류 이용을 위해 평갈수기 유량과 수문 3개의 개도 상황에 따른 시나리오를 가정하여 수리분석을 실시하였다.

다음 Table 2와 Fig. 2는 수리분석을 위한 낙단보의 수문의 개폐에 대한 조건과 유량조건이며 50 m³/s ~ 2,000 m³/s 사이의 유량의 변화와 빈도별 홍수량(T=30년, 50년, 80년, 100년, 200년)에 대해 수문이 닫혔을 때 조건과 1개의 수문에서 방류하는 경우는 0.0 m에서 1.0 m까지는 0.1 m 씩 수문을 열고 1.0 m 에서 6 m까지는 1 m 단위로 수문을 열어 방류하는 것으로 하였으며, 수문을 2개 이상 방류할 때는 각각 1 m 간격으로 6 m까지

Table 2. Cases of hydraulic modeling conditions

	Gate 1	Gate 2	Gate 3	Discharge (m ³ /s)
Opening Height (m)	0.0	0.1		
	0.2	0.3		50,100,200,
	0.4	0.5	-	300,400,500,
	0.6	0.7		600,700,800,
	0.8	0.9		900,1000,1200,
				1500,2000,2500,3000,3500
		1.0,2.0,3.0		4000,4500,5000
		4.0,5.0,6.0	-	T=30yr, 10800
				T=50yr, 11900
				T=80yr, 12900
			T=100yr, 13400	
			T=200yr, 14900	
	1.0,2.0,3.0	1.0,2.0,3.0		
	4.0,5.0,6.0	4.0,5.0,6.0	-	
	1.0,2.0,3.0	1.0,2.0,3.0	1.0,2.0,3.0	
	4.0,5.0,6.0	4.0,5.0,6.0	4.0,5.0,6.0	

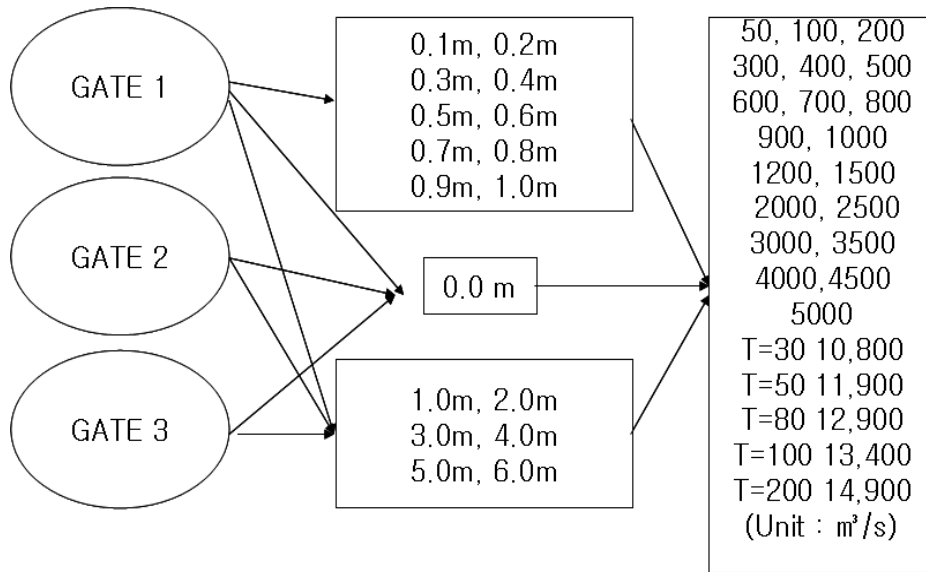


Fig. 2. Cases of hydraulic modeling.

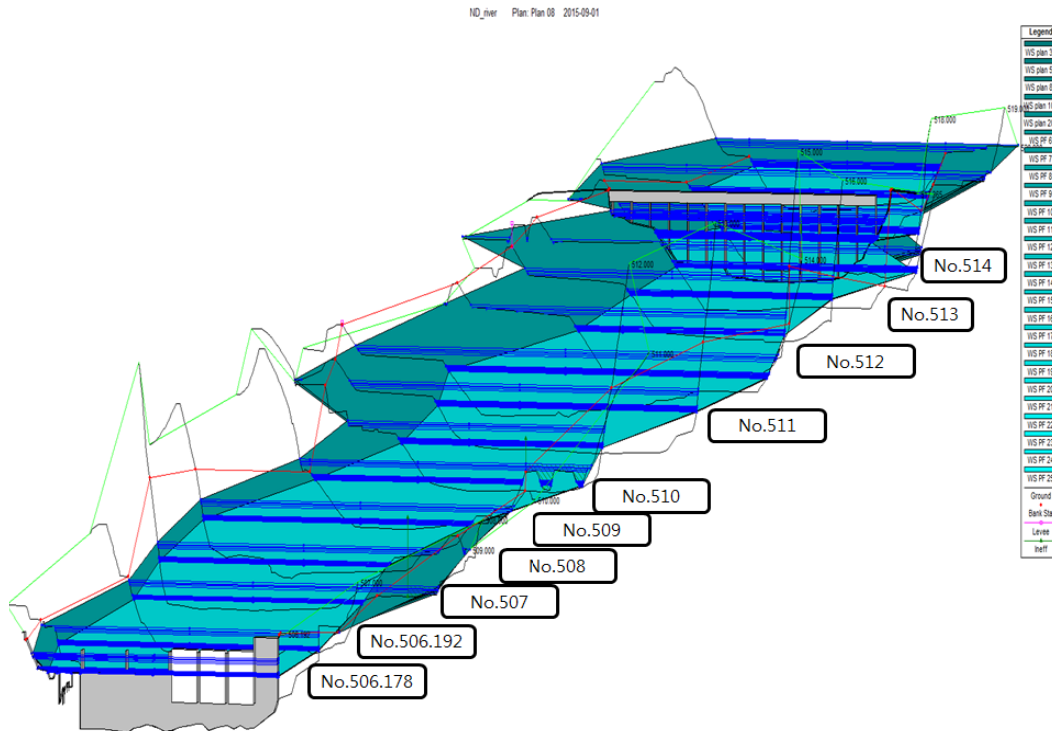


Fig. 3. Schematic diagram of HEC-RAS modeling.

여는 조건으로 분석하였다. Fig. 3은 분석대상구간의 RAS 모형구축한 것이다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 분석결과

낙단보 수문개도 상태에 따라 상류 하도의 유속의 변화를 파악하기 위해 낙단보의 운영조건을 고려하여 유량을

을 변화시켜 가면서 1차원 수리해석을 실시하였다. Fig. 4는 낙단보의 횡단면이다. 수리분석을 하기 위해 하류단의 경계조건으로 낙단보의 관리수위인 EL. 40.00 m와 EL. 40.50 m로 설정하였으며, Table 1과 Fig. 2 조건에 따른 유량과 수문의 개도상태에 따라 분석을 실시하였다. Fig. 5는 각 유량조건에 따른 각 단면의 유속분석 결과이며 낙단보 지점인 No.506.178 지점의 유속이 유량이 클

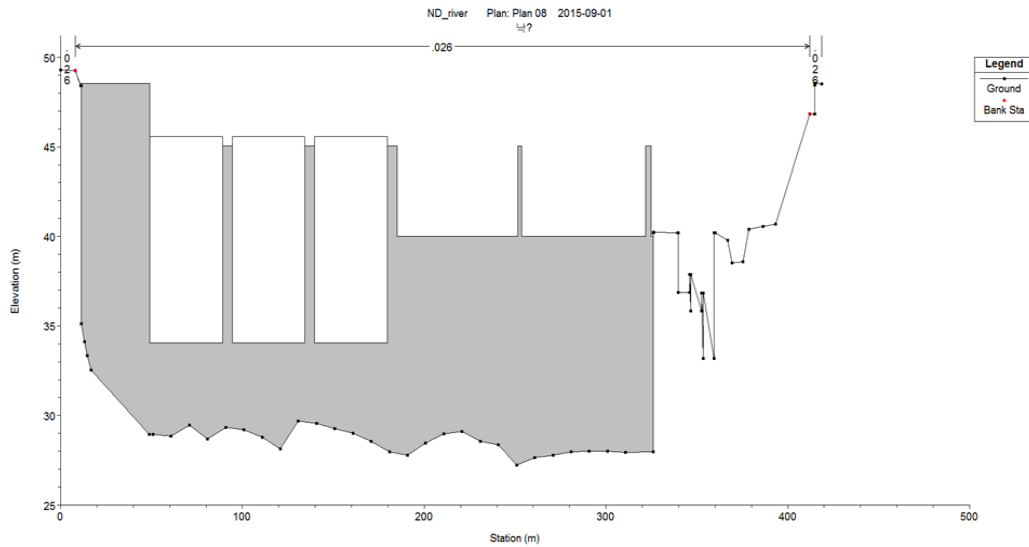


Fig. 4. Cross section of Nakdan multi-functional weir.

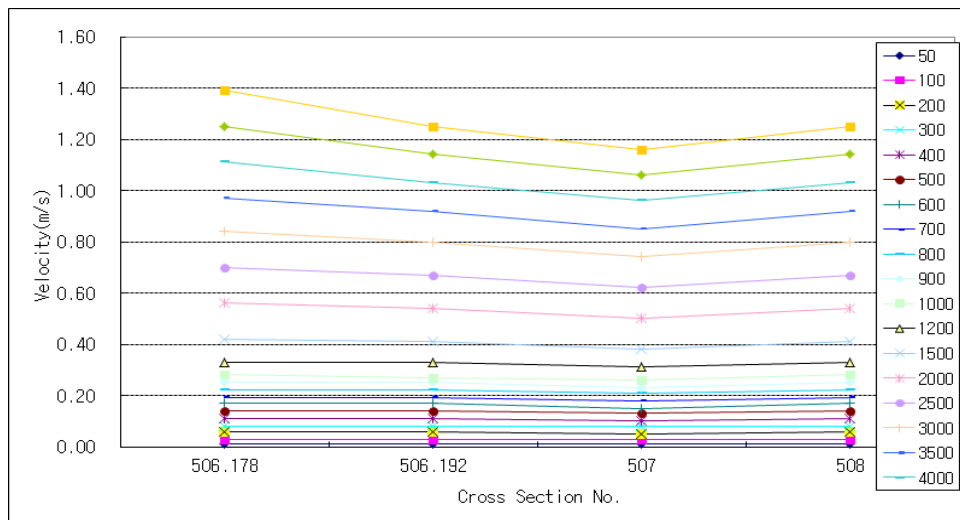


Fig. 5. Results of velocity for low discharges.

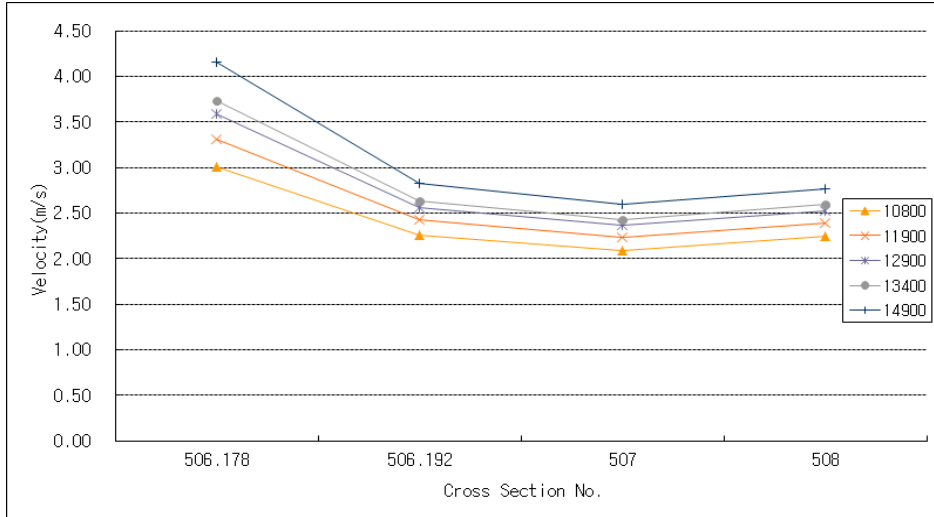


Fig. 6. Results of velocity for frequency flood.

경우 상대적으로 상류 단면에 비해 빠른 것으로 나타났다.

먼저 수문을 열지 않은 상태에서 각각의 유량에 대해 분석한 결과 낙단보의 경계조건을 EL. 40.00 m와 EL. 40.50 m로 한 경우 Fig. 5에 나타낸 바와 같이 유량조건 50 ~ 300 m³/s 의 경우 유속이 0.1 m/s이하로 나타났으며, 유량조건 400 ~ 700 m³/s까지는 유속이 0.2 m/s 이

하, 800 ~ 1500 m³/s까지는 유속이 0.5 m/s 이하, 2000 ~ 3500 m³/s까지는 유속이 1.0 m/s 이하, 4000 m³/s 이상에서는 까지는 유속이 1.0 m/s 이상으로 나타났다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 30년 빈도부터 200년 빈도 홍수량에 대해서는 유속이 2.0 m/s 이상 나타나고 있으며, No. 506.178 지점에서는 최대 200년 빈도 홍수량에서 4.15 m/s까지 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 3. Water level change for discharge

Boundary Condition EL. 40.00 m		Boundary Condition EL. 40.50 m	
Discharge (m ³ /s)	Level Change (m)	Discharge (m ³ /s)	Level Change (m)
50~300	0.02	50~300	0.01
400~700	0.05	400~700	0.05
800~1,500	0.09	800~1,500	0.10
2000~3,500	0.33	2000~3,500	0.23
4000~5,000	0.63	4000~5,000	0.49
T=30, 10,800	1.53	T=30, 10,800	1.24
T=50, 11,900	1.67	T=50, 11,900	1.42
T=80, 12,900	1.24	T=80, 12,900	1.53
T=100, 13,400	1.84	T=100, 13,400	1.59
T=200, 14,900	1.80	T=200, 14,900	1.75

Table 4. Max velocity

Boundary Condition EL. 40.00 m			Boundary Condition EL. 40.50 m		
Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Cross Section	Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	Cross Section
50~300	0.08	506.178	50~300	0.08	506.178
400~700	0.19	506.178	400~700	0.19	506.178
800~1,500	0.42	506.178	800~1,500	0.40	506.178
2000~3,500	0.97	506.178	2000~3,500	0.93	506.178
4000~5,000	1.39	506.178	4000~5,000	1.33	506.178
T=30, 10,800	3.01	506.178	T=30, 10,800	2.86	506.178
T=50, 11,900	3.31	506.178	T=50, 11,900	3.15	506.178
T=80, 12,900	3.59	506.178	T=80, 12,900	3.42	506.178
T=100, 13,400	3.73	506.178	T=100, 13,400	3.55	506.178
T=200, 14,900	4.15	506.178	T=200, 14,900	3.95	506.178

Table 5. Comparison of velocity(No.507)

Discharge (m ³ /s)	Gate 1		Gate 1~2		Gate 1~3	
300	0.1	0.08	1.0	0.08	1.0	0.08
	2.0	0.08	2.0	0.08	2.0	0.08
	4.0	0.08	4.0	0.08	4.0	0.08
	6.0	0.08	6.0	0.08	6.0	0.08
700	0.1	0.18	1.0	0.18	1.0	0.18
	2.0	0.18	2.0	0.18	2.0	0.18
	4.0	0.18	4.0	0.18	4.0	0.18
	6.0	0.18	6.0	0.18	6.0	0.18
1,500	0.1	0.38	1.0	0.38	1.0	0.38
	2.0	0.38	2.0	0.38	2.0	0.38
	4.0	0.38	4.0	0.38	4.0	0.38
	6.0	0.38	6.0	0.38	6.0	0.38
3,500	0.1	0.85	1.0	0.86	1.0	0.86
	2.0	0.86	2.0	0.86	2.0	0.87
	4.0	0.86	4.0	0.87	4.0	0.87
	6.0	0.87	6.0	0.87	6.0	0.88
5,000	0.9	1.16	1.0	1.17	1.0	1.17
	2.0	1.17	2.0	1.18	2.0	1.19
	4.0	1.18	4.0	1.20	4.0	1.22
	6.0	1.19	6.0	1.22	6.0	1.23
10,800 (T=30)	0.1	2.09	1.0	2.13	1.0	2.15
	2.0	2.13	2.0	2.17	2.0	2.21
	4.0	2.17	4.0	2.24	4.0	2.31
	6.0	2.21	6.0	2.31	6.0	2.39
14,900 (T=200)	0.9	2.60	1.0	2.64	1.0	2.67
	2.0	2.64	2.0	2.69	2.0	2.74
	4.0	2.69	4.0	2.79	4.0	2.90
	6.0	2.74	6.0	2.90	6.0	3.01

수문의 개도 상태에 따른 유속의 변화는 나타나지 않으며, 수위의 변화가 1개 수문의 개도에는 큰 변화가 없으나 3개 수문이 개도되면서 상류의 수위변화가 나타났다.

Table 3은 하류경계조건에 따른 EL. 40.00 m에서는 유량조건 50 ~ 300 m³/s까지는 수위변화가 0.02 m, 유량조건 400 ~ 700 m³/s까지는 수위변화가 0.05 m, 800 ~ 1500 m³/s까지는 수위변화가 0.09 m, 2000 ~ 3500 m³/s까지는 수위변화가 0.33 m, 4000 ~ 5000 m³/s에서는 까지는 수위변화가 0.63 m으로 분석되었다. 30년 빈도부터 200년 빈도 홍수량에 대해서는 유속이 2.0m/s 이상 나타나고 있으며, No. 506.178 지점에서는

최대 200년 빈도 홍수량에서 4.15 m/s까지 나타나는 것으로 분석되었다.

Table 4의 최대유속을 나타낸 바와 같이 경계조건 EL. 40.00 m와 EL. 40.50 m에서 각각 유량에서 EL. 40.50 m의 경계조건일 때 유량이 커질수록 유속이 상대적으로 작게 나타나는 결과를 보여주는 것으로 나타났다. 유량이 커질수록 경계조건에 월류수심이 커짐에 따라 유속이 감소되는 결과를 보이는 것으로 판단된다. Table 5는 낙단보 상류 335 m 지점의 No. 507지점에 수문3개를 각각 개도를 달리하여 분석한 결과로서 유량이 3,500 m³/s까지는 수문의 개도에 따라 유속의 변화가 거의 없으나 5,000 ~ 200년 빈도 홍수량인 14,900 m³/s에서는 유량이 증가함

Table 6. Comparison of hydraulic characteristics

Cross Section No.	Discharge (m ³ /s)	Water Level (El.m)		Velocity (m/s)		Froude	
		H=0 m	H=6 m	H=0 m	H=6 m	H=0 m	H=6 m
506.178	300	40.00	40.00	0.08	0.08	0.01	0.01
506.192		40.05	40.03	0.08	0.08	0.01	0.01
507		40.05	40.03	0.08	0.08	0.01	0.01
508		40.05	40.03	0.08	0.08	0.01	0.01
506.178	700	40.00	40.00	0.19	0.19	0.02	0.02
506.192		40.12	40.07	0.19	0.19	0.02	0.02
507		40.12	40.07	0.18	0.18	0.02	0.02
508		40.12	40.07	0.19	0.19	0.02	0.02
506.178	1,500	40.00	40.00	0.42	0.42	0.04	0.04
506.192		40.24	40.14	0.41	0.41	0.04	0.04
507		40.24	40.15	0.38	0.38	0.04	0.04
508		40.24	40.15	0.41	0.41	0.04	0.04
506.178	3,500	40.00	40.00	0.97	0.97	0.10	0.10
506.192		40.63	40.30	0.92	0.95	0.09	0.10
507		40.65	40.31	0.85	0.88	0.09	0.09
508		40.66	40.33	0.92	0.95	0.09	0.10
506.178	5,000	40.00	40.00	1.39	1.39	0.14	0.14
506.192		41.11	40.46	1.25	1.33	0.12	0.13
507		41.14	40.50	1.16	1.23	0.11	0.13
508		41.15	40.52	1.25	1.33	0.12	0.13
506.178	10,800 (T=30)	40.00	40.00	3.01	3.01	0.30	0.30
506.192		43.11	41.52	2.26	2.60	0.21	0.25
507		43.19	41.64	2.09	2.39	0.19	0.23
508		43.24	41.70	2.24	2.57	0.20	0.25
506.178	14,900 (T=200)	40.00	40.00	4.15	4.15	0.41	0.41
506.192		44.38	42.47	2.83	3.29	0.25	0.31
507		44.50	42.66	2.60	3.01	0.23	0.28
508		44.56	42.76	2.77	3.22	0.24	0.30

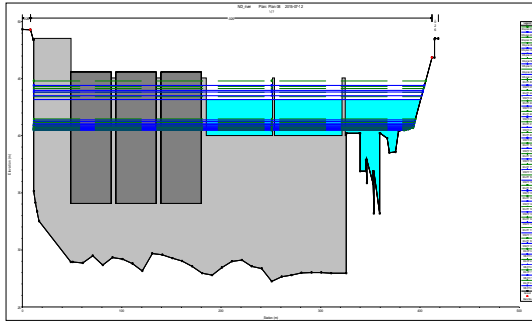


Fig. 7. Cross section of Nakdan multi-functional weir(All gate open H=0 m).

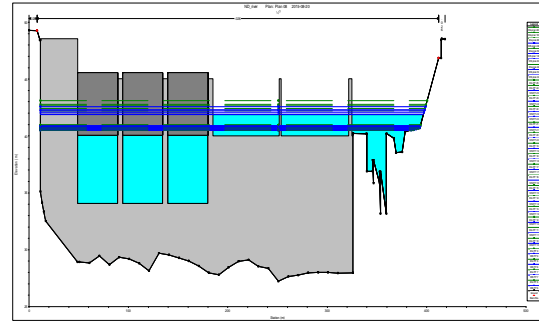


Fig. 8. Cross section of Nakdan multi-functional weir(All gate open H=6 m).

에 따라 유속이 증가하는 것으로 분석되었다.

다음으로 낙단보의 수문의 개도 상황에 따라 Fig. 7은 수문을 닫았을 경우이고 Fig. 8은 수문 3개를 6 m로 열었을 경우로, 하류경계조건을 EL. 40.00 m로 하였을 경우, 모든 수문의 높이를 H=0 m 일 경우와 점차 수문을 개도하여 3개의 수문을 모두 H=6 m로 하였을 경우에 대해 비교한 결과 다음 Table 6과 같다. 유속의 경우 3,500 m³/s 경우 이하까지는 수문의 개도에 상관없이 유속이 비슷하게 나타났으나, 유량이 3,500 m³/s 이상이 되면 수문을 많이 개도할수록 유속이 빠르게 나타나며, Froude 수도 증가하는 것으로 분석되었다.

다음으로 본 연구에서 낙단보 상류의 수문개도에 따른 유속을 검토한 결과와 2006년부터 2013년까지 낙단보 직하류 지점인 낙동수위관측소 지점에서 측정한 유량관측자료(www.wamis.go.kr)와 비교 하였다. 먼저 2006년부터 2009년까지 낙동지점의 관측된 유량자료와 유속자료를 분석한 결과 Fig. 9와 같이 나타났으며, 유속과 유량의 상관관계는 0.9665로 나타났다. 낙단보가 2009년부터 공사가 시작되어 2011년에 완공된 점을 고려하여 2010년부터 2013년까지 유속과 유량을 Fig. 10과 같이 나타내었으며 상관관계는 0.9466으로 나타났다. 낙단보의 설치에 따라 유량-유속의 상관관계가 감소되는

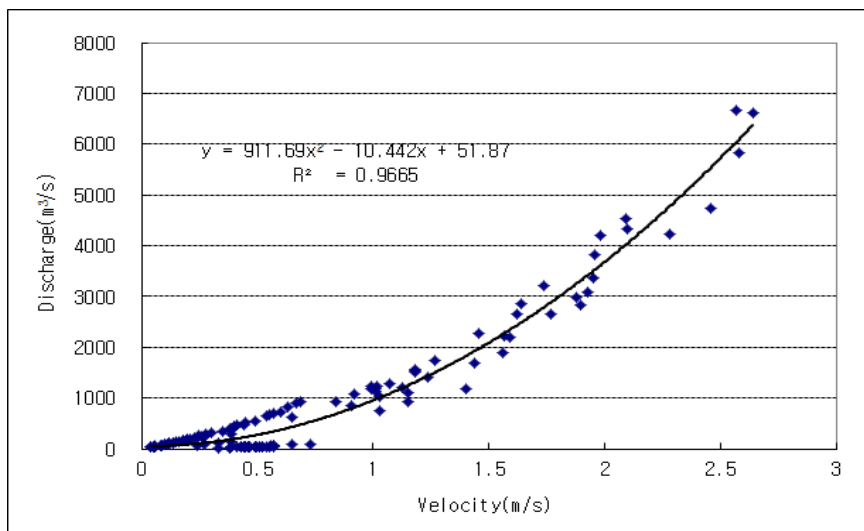


Fig. 9. Rating curve(2006~2009).

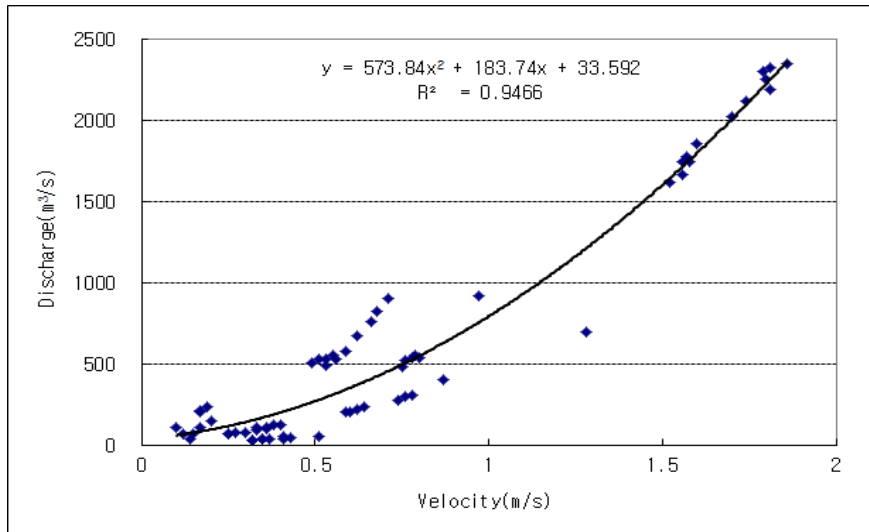


Fig. 10. Rating curve(2010~2013).

것을 알 수 있었다.

낙단보의 건설에 따른 유량에 따른 유속의 비교결과를 Fig. 11에 나타내었으며, 비교결과 2006~2009년까지의 유량-유속의 결과보다 낙단보가 건설된 후 1,000 m³/s 이상의 유량에 대해서는 2009~2013년까지의 유량-유속이 비교적 낮게 나타나는 것으로 분석되었다. 낙단보의 건설에 따라 하류로 보내는 유량은 안정적으로 되

었으나 하류의 유속은 낮게 나타나는 것으로 분석되었다.

Fig. 12에 나타난 그림은 1,000 m³/s 미만의 유량에 대해서 낙단보 건설전과 건설후의 유량과 유속을 비교하였다. 낙단보 건설전에 비해 건설후의 1,000 m³/s 미만의 유량에 대해서 건설후의 유량이 건설전에 비해 유량과 비교하여 유속의 폭이 크게 넓어져 동일한 유속에도 유량이 0에 가까울 때도 있고 유량이 수백톤이 흐를 때도 있

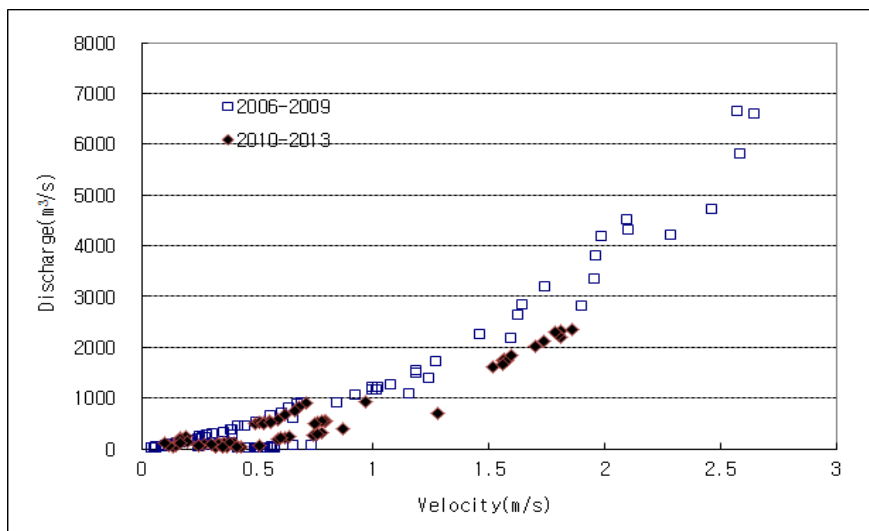


Fig. 11. Comparison of discharge-velocity for construct before and after at the Nakdan multi-functional weir.

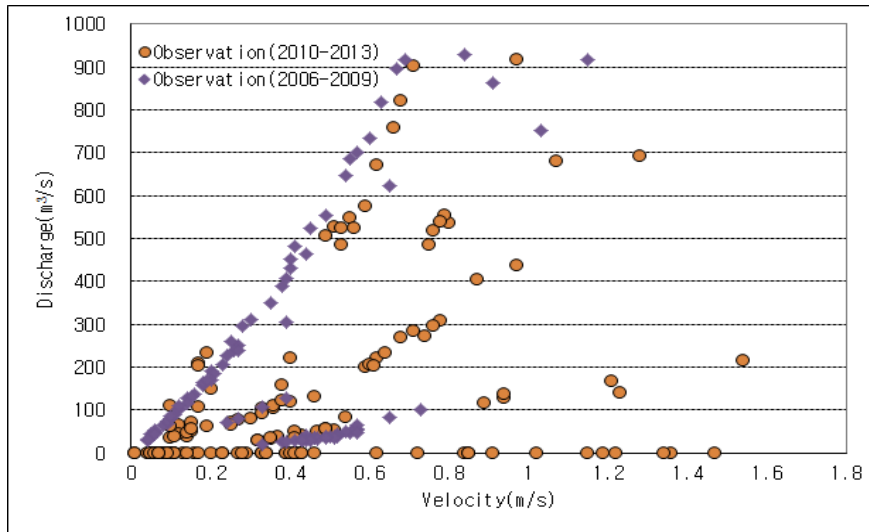


Fig. 12. Comparison of low discharge-velocity for construct before and after at the Nakdan multi-functional weir.

어 편차가 큰 것으로 분석되었다. 이는 낙단보의 수문방류에 따라 하류의 유량과 유속의 편차가 크게 나타나고 있다. 낙단보 설치 후 유속이 감소하고 변화된 원인은 자연하도의 상류에서 흐름의 연속성이 보에 의해 단절되고 보 하류의 유속이 수문방류 및 보에 의한 저류후 방류에 따른 에너지의 감소 등에 의한 것으로 판단된다.

3.2. 분석결과 비교

본 연구에서 분석한 결과와 2006년부터 2013년까지 관측된 유량과 유속의 관계를 비교한 결과 Fig. 13과 Fig. 14와 같다. Fig. 14에 나타난 바와 같이 낙단보 건설 이전에는 유량-유속의 관계가 loop형의 곡선을 나타내고 있으며, 유량-유속의 관계가 비교적 선형관계를 나타내고 있다, 그러나 Fig. 14에 나타난 바와 같이 2010년부

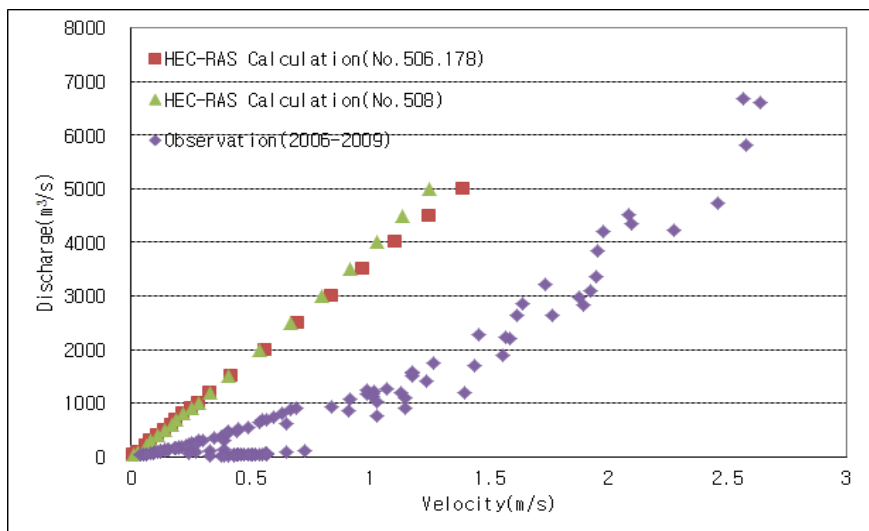


Fig. 13. Comparison of HEC-RAS results and rating curve(2006~2009).

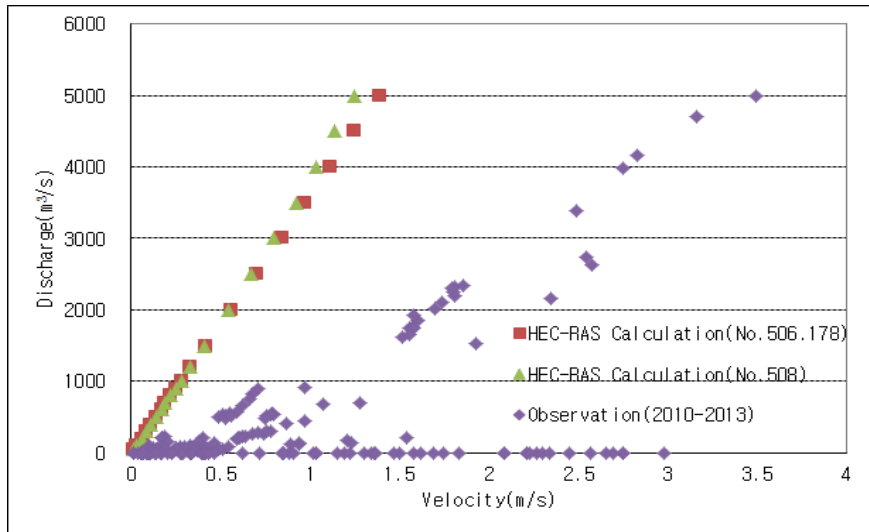


Fig. 14. Comparison of HEC-RAS results and rating curve(2010~2013).

터 2013년까지의 낙단보 건설이후의 유량-유속의 비교 결과에서는 저수유량부분에서 상당한 편차를 보이는 유속결과를 보여주며 낙단보 상류의 유속계산결과와 비교하여 현저하게 감소하였다. Fig. 15에 나타낸 바와 같이 1,000 m³/s 의 유량의 경우에는 낙단교 지점에서는 유속이 1.0 m/s 정도이나 낙단보 상류의 분석결과는 0.5 m/s 이하로 분석되었다. 이는 낙단보에 의해 상류의 유속이

감소하며, 낙단보의 수문방류가 하류지역의 유속을 감소시키는 영향을 미치는 것으로 판단된다. 따라서 낙단보에 의해 과거 유량-유속의 관계보다는 상류지역과 하류지역의 유속이 현저히 감소한 것으로 분석결과 나타났다. Table 7에 본 연구에서 분석결과와 2006년에서 2013년 유속관측 결과를 비교하면 낙단보 건설에 따라 유속이 감소한 것을 알 수 있다.

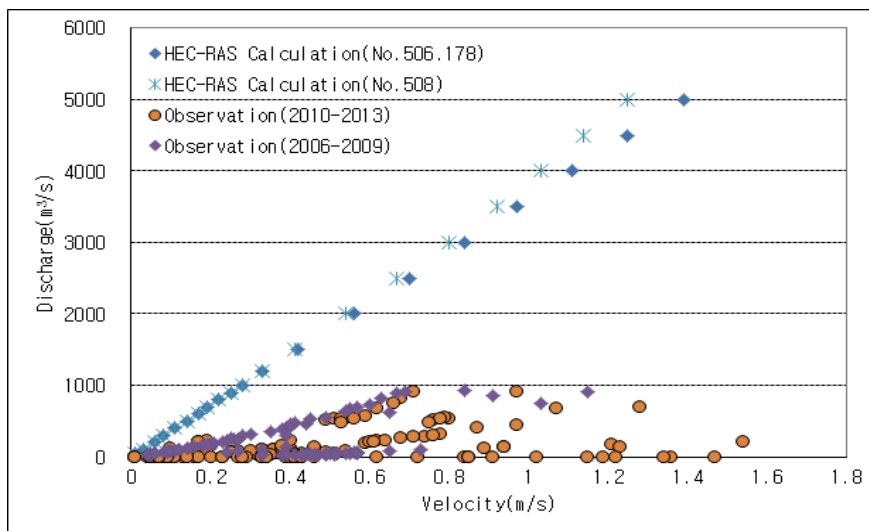


Fig. 15. Comparison of HEC-RAS results and low discharge.

Table 7. Comparison of velocity

Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)	
	HEC-RAS	Observation (2006~2013)
0~50	-	0~0.57
50~300	0.08	0.05~0.78
400~700	0.19	0.39~1.28
800~1,500	0.42	0.57~1.15
2000~3,500	0.97	0.99~2.23
4000~5,000	1.39	1.74~2.66

Table 8. Comparison of velocity

Discharge (m ³ /s)	Velocity (m/s)						
	HEC-RAS	Observation (2006~2013)		Variation (m) (RAS-Obs.)			
		Min	Max	Min	Max		
0~50	0.01	0.00	0.57	0.01	100%	0.56	5600%
50~300	0.08	0.05	0.78	0.03	38%	-0.70	-875%
400~700	0.19	0.39	1.28	-0.20	-105%	-1.09	-574%
800~1,500	0.42	0.57	1.15	-0.15	-36%	-0.73	-174%
2000~3,500	0.97	0.99	2.23	-0.02	-2%	-1.26	-130%
4000~5,000	1.39	1.74	2.66	-0.35	-25%	-1.27	-91%

Table 8에 나타난 바와 같이 낙단보의 설치에 따라 유속의 변화는 유량이 증가할수록 변화크기는 감소하는 경향을 보이나 700 m³/s이하의 평·저수 유량에서는 유속이 최소 0.2~1.07 m/s 범위로 500% 이상의 급격한 감소를 보이는 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서는 낙단보 수문의 운영에 따라 상류하도와 하류하도의 유속특성에 대해 비교하였다. 1차원 해석 모형인 HEC-RAS를 이용하여 낙단보에 설치된 수문 3개의 개도상황에 따라 유속을 검토하였으며, 낙단보 건설 전과 건설후의 과거 유량 측정에 따른 유속과 비교하였다.

먼저 유량조건을 50 m³/s에서 5,000 m³/s까지 유량을 변화시켜 분석하여 상류의 유속을 산정하였고, 빈도별 홍수량을 낙단보의 수문 3개의 운영을 고려하여 유속을 분석하였다. 그 결과 유량이 3,500 m³/s까지는 낙단보 상

류하도의 유속의 변화가 거의 없으나 5,000 m³/s에서 빈도별 홍수량의 경우 유량이 증가할수록 낙단보 상류의 유속과 Froude 수도 증가하였으며, 하루 경계조건이 EL. 40.0 m 보다 EL. 40.5 m에서 낙단보의 수위가 높은 경우 상대적으로 유속이 감소하는 것으로 나타났다. 수문의 운영에 따른 수위의 변화는 수문을 전부 열지 않았을 경우와 수문 3개를 6 m 로 열었을 경우를 비교한 결과 유량이 300 m³/s이하로 적은 경우는 유속의 변화가 거의 나타나지 않은 것으로 분석되었으며, 700 m³/s이상에서 수심이 5 cm ~ 20 cm가 차이 나는 것으로 분석되었다. 다음으로 낙동강 낙동지점의 유량관측 자료와 비교 검토한 결과 과거 측정자료의 유속과 비교하여 낙단보 설치 후 분석한 결과와 최대 875% 이상 유속이 감소하였으며, 유량이 300 m³/s일 때 계산유속이 0.08 m/s 이고 측정 최대유속이 0.78 m/s로 나타났다. 낙단보 설치에 따라 상류하도의 유속이 감소하고 하류하도의 경우 유량과 유속의 편차가 크게 나타나는 것으로 분석되었다.

향후 낙단보 상하류 하도의 이용을 위해서 낙단보 설

치와 수문의 운영방안에 따른 유속 검토 결과를 이용하여 낙동강 유량에 따른 유속의 범위를 예측함으로써 하도이용방안 자료로 활용할 수 있을 것으로 판단되며, 홍수시에도 수문의 운영에 따른 하도의 유속특성을 검토한 결과를 이용하여 홍수방어 측면의 자료에도 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- Kim, D. W., 2010, Investigation of hydraulic property around Nak-Dan diversion weir through numerical analysis and hydraulic model test, Master Thesis, Dong-A University, Korea.
- Kim, S. J., 2010, Analysis of effect of the flood control in the Nakdong Rivers restoration project, Master Thesis, Sungkyunkwan University, Korea.
- Kim, M. J., 2012, Operation of weir in Nakdong River during the flood period, Master Thesis, Sungk-yunkwan University, Korea.
- Zhang, X., 2010, Analysis of river bed change caused by river cross structure, Master Thesis, Yeungnam University, Korea.
- Lee, G. Y., 2012, Investigation of hydraulic properties around Han River through numerical analysis & hydraulic model test, Master Thesis, Dong-A University, Korea.
- Ahn, J. M., Im, T. H., Lee, I. J., Lee, K. L., Jung, K. Y., Lee, J. W., Cheon, S. U., Park, I. H., 2014, A Study on efficiency of water supply through conjunctive operation of reservoir and multifunction weirs in the Nakdong River, Journal of Korean Society on Water Environment, 30(2), 138-147.
- Na, E. H., Min, J. H., Shin, C. M., Chung, E. Kim, K. H., Song, Y. S., Cho, J. G., 2013, A 3-D hydrodynamic modeling study for the river system controlled by multi-purpose weirs, Conference of Korean Society of Water & Wastewater, 381-382.
- Han, E. J., Baek, K. O., Park, J. H., Jo, J. A., Kim, Y. D., 2013, A Study on fishway characteristics of multi-functional weir using numerical model, Conference of Korean Society of Water & waste-water, 9-10.
- www.wamis.go.kr, Water Resources Management Information System.