

금강하구둑 배수갑문 조작에 의한 상류수역의 수위변동

Variation of Water Level on the Upstream Gauging Station by Operation of the Drainage Sluice Gate of Geumgang Estuary Dam

박 승 기*

Park, Seung Ki

Abstract

The normalization on the characteristics of water level change at the upstream gauging station was attempted according to the operation of drainage sluice gate of the Geumgang estuary dam. The characteristics were normalized by the analysis of water level change and by the linear-regression of the water level data measured at the inner station of Geumgang estuary dam and upstream gauging station. The results of normalization may be referred to the management of Geumgang estuary lake, the operation of pumping and drainage stations in the shore of the lake. The mean response time of water level change on Ibpo, Ganggyeong and Gyuam water level station were 39, 81 and 160 minutes, when sluice gate was opened respectively. The mean velocity of surface wave, the mean displacement of water level change, the mean time of water level change and the mean rate of water level change varied largely depending on the location of gauging station and the characteristics of stream section of the water level gauging station.

Keywords : Normalization, Drainage sluice gate, Response time, Water level change

I. 서 론

금강하구둑은 금강수계의 최말단부에 위치하고 있는 금강수계 수자원의 마지막 저류이용시설로 1990년 완공되었고, 1994년 8월 30일 이후 배수갑문을 닫아 서해의 조위가 차단됨으로써 담수호인

금강호를 형성하여 금강연안지역에 농업용수 및 공업용수를 공급하고 있다. 금강호의 유역면적은 9,828 km², 총저수량은 138.5 MCM, 유효저수량은 122.5 MCM이고 만수위는 EL. (+)2.00 m, 홍수위는 EL. (+)4.62 m, 사수위는 EL. (-)3.0 m이며 만수면적은 3,650 ha(EL. (+) 2.0 m)이다. 금강호의 배수갑문은 총 20연이며 1연당 폭이 20 m, 높이가 10.3 m이다(농어촌진흥공사, 1997).

금강하구둑의 관리 및 배수갑문조작은 금강(I) 지구 농업종합개발사업 금강하구둑 관리요령 및 금강하구둑 관리지침(농업진흥공사, 1990)에 의거

* 공주대학교 산업과학대학
* Corresponding author. Tel.: +82-41-330-1263
Fax: +82-41-330-1269
E-mail address: skpark@kongju.ac.kr

조작 운영하고 있으며 금강호의 관리수위는 3월부터 6월까지의 EL (+)2.00 m, 7월부터 익년 2월까지의 EL (+)1.00 m이다.

금강하구둑 건설로 인한 대표적 변화는 감조구역으로 유지되던 하천수역이 거대한 호수지역으로 변화하였기 때문에 상류유역에서 발생한 토사와 오염물질이 해역으로 배출되는 것이 차단되어 담수호의 저수용량 감소와 갈수기 하천 취수심 저하 등의 문제가 발생하고 있다(김중혁, 1996).

이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 평상시 금강하구둑 배수갑문 조작에 따른 상류수역의 수위변동현상에 대한 정확한 해석이 필수적이나 하구둑에 대한 대부분의 연구는 홍수해석이 주류를 이루고 있다.

박승기와 김태철(1999)은 금강하구둑 건설 전·후인 1987년 7월과 1995년 8월의 홍수자료를 바탕으로 금강하류유역의 수리적 특성변화를 연구하였고, 박창언과 박승우(1997)은 TANK모형과 TR-20모형에 의한 유입량 추정자료와 배수갑문 개폐에 따른 방류량을 계산하여 담수호내 수위변화를 물수지 개념으로 간단하게 계산할 수 있는 담수호의 내수위 계산모형(IWAL)을 개발하여 영산호 유역에서 수리학적 홍수추적모형을 적용성을 분석하였다. 농업진흥공사(1983)는 금강하구둑의 홍수추적방법으로 조위의 영향을 받는 하천에서는 일련의 수리학적 연속방정식만으로는 그 해법이 불가능하므로 여기에 시간적으로 하천 통과유량이 변하는 조건에서 부정류의 운동량방정식을 함께 병행하여 수치 해석법인 와비해법을 이용으로 계산하였다.

또 금강하구둑 배수갑문 조작에 의하여 직접적인 영향을 받는 금강 본류 수위관측소는 금강홍수통제소에서 관리하고 있는 하구둑 내측, 옥포, 입포, 강경, 반조원 및 규암수위관측소가 있으며 옥포를 제외한 모든 수위관측소가 T/M 체계로 운영되고 있으나 수집되는 수위자료는 1시간 내지 30분 단위가기 때문에 금강하구둑 배수갑문 조작에 의한 수문관측소의 수위변화에 대한 연구는 전무한 형편이

다(금강홍수통제소, 1994, 1995)

따라서 이 연구는 금강하구둑 배수갑문의 운영자료와 상류 T/M 수위관측소인 입포, 강경 및 규암수위관측소에서 수집한 10분단위 수위자료를 바탕으로 평상시 배수갑문의 개폐에 따른 상류수역 수위관측소의 수위변동특성과 상관성을 분석하여 금강하구호의 유지관리와 금강하구둑 상류 연안의 양수장과 배수장의 효율적인 관리를 위한 기초 자료로 제공하고자 하였다.

II. 자료 및 방법

1. 대상 수위 관측소 및 수위자료

연구 대상 수위관측소는 Fig. 1과 같이 금강하구둑 배수갑문 조작에 의하여 직접적인 영향을 받는 금강 본류 수위관측소중 입포, 강경 및 규암지점이며 금강하구둑에서 각각 20.58 km, 32.92 km, 52.16 km 상류에 위치하고 있다.

수위관측소 수위자료는 금강홍수통제소가 해당 수위관측소에서 측정한 Back up용 10분 단위 T/M 자료를 사용하였고 금강하구둑 배수갑문의 운



Fig. 1 Gauging station of downstream in Geum river

영 자료는 농어촌진흥공사에서 조사한 금강호, 하구둑유지관리 보고서(1996)자료를 사용하였다.

수위관측소 수위자료는 유역의 강수현황과 배수갑문 조작상황을 고려하여 선정하였으며 분석기간은 금강하구둑 건설 후 배수갑문이 폐쇄된 1994년 8월30일부터 1995년 8월 홍수 전까지이다.

2. 배수갑문 조작에 의한 상류수역의 수위변화

가. 배수갑문 조작에 의한 상류수역 수위변화의 예 박승기와 김태철(1999)은 금강호의 수위변화가 상류수역으로 전파되는 영향을 검토하기 위하여 Fig. 2와 같이 1995년 7월 12일 10:00~13일 03:00 까지 금강하구둑 외측 조위와 내측 수위관측소 및 강경지점의 수위 변화도를 작성하였으며 배수갑문 조작에 따른 강경지점의 수위 반응은 Table 1과 같다.

1) 배수갑문 개문시 수위 변화

금강하구둑 외측 조위가 상승하기 시작한 7월

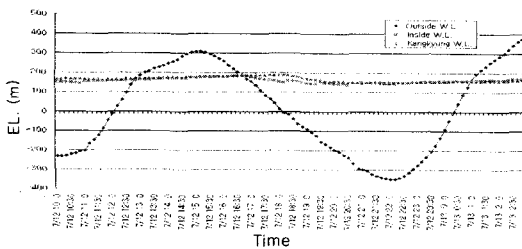


Fig. 2 Variation of water level at Geumgang lake and Ganggyeong from July 12 to 13 in 1995

12일 10시에 금강하구둑 내측수위 및 강경지점의 수위는 Fig. 1 과 같이 각각 EL. 1.49 m, EL. 1.69 m이었으며 두 지점의 수위도 계속 상승하였다. 금강하구둑 외측 조위가 하강하여 금강하구둑 내측수위와 같아진 7월 12일 16시 53분에 Table 1과 같이 배수갑문을 개문하여 방류를 시작하였으며 이 때의 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.87 m이었고 이후 계속 하강하였다.

강경지점의 수위는 방류가 개시된 이후에도 계속 상승하였고 수위가 EL. 1.91 m인 7월 12일 18시 20분부터 수위가 하강하기 시작하였으며 금강하구둑 배수갑문 개문으로 강경지점 수위가 하강하는데까지는 약 87분의 시간차를 보였다.

2) 배수갑문 폐문시 수위 변화

금강하구둑 내측 수위는 배수갑문이 폐문된 7월 12일 20시 42분에 EL. 1.46 m이었으며 이후 수위가 계속 상승하였고, 강경지점은 EL. 1.53 m이었으며 수위 하강이 지속되었다.

강경지점의 수위는 7월 12일 22시 10분에 EL. 1.44 m로 최저수위를 나타낸 후 수위가 상승되었으며 하구둑 배수갑문 폐문으로 강경지점 수위가 상승하는데까지는 약 88분의 시간차를 보였다.

나. 배수갑문 조작에 의한 상류수역의 수위변화의 정형화

박승기와 김태철(1999)의 금강하구둑 배수갑문의 조작에 의한 금강하구둑 내측수위와 강경지점의 수위변화 조사한 연구 결과를 기초로 하여 금강하

Table 1 Variation of water levels at Geumgang lake and Ganggyeong according to the operation of sluice gate

Date	Geumgang lake	Ganggyeong	Remark
7. 12 16 : 53	EL. 1.87 m	EL. 1.88 m(↑)	Opening the sluice gate
7. 12 18 : 20	EL. 1.60 m(↓)	EL. 1.91 m	Highest water level at Ganggyeong
Delaying time			87 minutes
7. 12 20 : 42	EL. 1.46 m	EL. 1.53 m(↓)	Closing the sluice gate
7. 12 22 : 10	EL. 1.52 m(↑)	EL. 1.44 m(↓)	Lowest water level at Ganggyeong
Delaying time			88 minutes

Table 2 Definition of the symbols

Symbol	Unit	Definition
<i>OET</i>	h	Opening time of the sluice gate at Geumgang estuary dam
<i>OES</i>	EL. m	Opening stage of the inner station at Geumgang estuary dam
<i>OS</i>	EL. m	Stage of the water level station at opening sluice gate
<i>PT</i>	h	Time of peak stage of the water level station after opening sluice gate
<i>PS</i>	EL. m	Stage at PT
<i>CET</i>	h	Closing time of the sluice gate at Geumgang estuary dam
<i>CES</i>	EL. m	Closing stage of the inner station at Geumgang estuary dam
<i>CS</i>	EL. m	Stage of the water level station at closing sluice gate
<i>LT</i>	h	Time of lowest stage of the water level station after closing sluice gate
<i>LS</i>	EL. m	Stage at LT

구둑 배수갑문의 조작 자료 및 금강 본류 수위관측 소중 입포, 강경, 규암지점의 수위 T/M 자료를 바탕으로 금강하구둑 배수갑문 조작에 의한 수위변화의 정형화를 시도하였으며 사용된 자료의 부호 및 정의는 Table 2와 같다.

금강호 배수갑문 개폐에 따른 상류수역 수위관측소의 수위변화 반응시간은 식(1)과 식(2)로 구하였다.

$$ORT = PT - OET \dots\dots\dots(1)$$

$$CRT = LT - CET \dots\dots\dots(2)$$

여기서, *ORT*는 배수갑문 개문에 따른 수위변화 반응시간(min), *CRT*는 배수갑문 폐문에 따른 수위변화 반응시간(min)이다.

수위관측소의 수면파 전파속도는 식(3)과 같이 금강하구둑 배수갑문에서 수위관측소까지 거리를 수위변화 반응시간으로 나누어 구하였다.

$$V_s = \frac{L_o \times 1000}{ORT \times 60} \dots\dots\dots(3)$$

여기서, *V_s*는 수위관측소의 수면파 전파속도(m/s), *L_o*는 금강하구둑 배수갑문에서 수위관측소까지 거리(km)이다.

금강호 배수갑문 개폐에 따른 금강 하구둑 내측

과 상류수역 수위관측소의 수위변화는 식(4)와 식(5)로 구하였다. 금강호 배수갑문 개문시간은 식(6)으로 구하였으며 금강호 배수갑문의 개문에 따른 상류수역 수위관측소의 수위 변화시간은 식(7)로 구하였다. 배수갑문 개폐에 따른 금강 하구둑 내측과 상류수역 수위관측소 수위변화율은 식(8)과 식(9)로 구하였다.

$$KLD = OES - CES \dots\dots\dots(4)$$

$$DD = PS - LS \dots\dots\dots(5)$$

$$TOT = OET - CET \dots\dots\dots(6)$$

$$WVT = PT - LT \dots\dots\dots(7)$$

$$RLD = \frac{KLD}{TOT} \dots\dots\dots(8)$$

$$RWVT = \frac{DD}{WVT} \dots\dots\dots(9)$$

여기서, *KLD*는 금강하구둑 내측 수위관측소의 수위변화량(cm), *DD*는 상류수역 수위관측소의 수위변화량(cm), *TOT*는 금강호 배수갑문의 개문시간(min), *WVT*는 금강호 배수갑문의 개문에 따른 상류수역 수위관측소의 수위 변화시간(min), *RLD*는 금

강하구둑 내측 수위관측소의 수위변화(cm/min), *RWVY* 는 상류수역 수위관측소 수위변화율(cm/min)이다.

3. 배수갑문 조작에 의한 상류수역 수위변화의 통계적 분석

통계분석은 SPSS (12.0K for Windows)를 이용하였으며 금강호 배수갑문 개폐에 따른 금강 하구둑 내측과 상류수역 수위관측소의 수위변화량, 수위변화시간 및 수위변화율에 대한 상관분석을 실시하였고 관계식을 유도하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 수문자료

금강하구둑 배수갑문의 개폐자료는 금강호, 하구

독유지관리 보고서(1996)의 하구둑 방류현황을 적용하였고 금강하구둑 상류수역 수위관측소의 수위 자료는 금강홍수통제소가 입포, 강경 및 규암수위 관측소에서 측정된 Back up용 10분 단위 T/M 자료를 사용하였다. 수위관측소의 10분 단위 수위자료는 수위계에 부착된 Data Logger에 저장되는데 저장시스템의 불안정성, 낙뢰 및 교량의 진동 등에 의하여 결측자료가 많았다.

입포지점의 사용자료는 Table 3과 같이 1994년 11월~12월 및 1995년 4월 자료이며 자료수는 총 13개 이다. 개문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.96~2.06 m이고 입포지점의 수위는 EL. 1.95~2.07 m 이며 입포지점의 피크수위는 EL. 1.95~2.11 m 이었다. 폐문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.74~1.93 m이고 입포지점의 수위는 EL. 1.65~1.89 m 이며 입포지점의 최저수위는 EL. 1.58~1.71 m 이었다.

Table 3 The analyzed data of Ibpo station

Date	Opening sluice gate					Closing sluice gate				
	OET (h)	OES (EL. m)	OS (EL. m)	PT (h)	PS (EL. m)	CET (h)	CES (EL. m)	CS (EL. m)	LT (h)	LS (EL. m)
1994.11. 1	15: 52	1.96	1.96	16: 30	1.96	16: 59	1.80	1.69	17: 40	1.65
11. 3	17: 11	2.02	2.03	17: 50	2.04	19: 00	1.80	1.78	19: 40	1.65
11. 5	5: 50	1.98	1.97	6: 30	1.97	7: 30	1.75	1.65	8: 10	1.58
11. 8	7: 38	2.06	2.07	8: 20	2.07	9: 21	1.85	1.74	10: 00	1.69
11.10	9: 15	2.01	2.02	9: 50	2.02	10: 43	1.82	1.75	11: 30	1.68
11.12	11: 08	2.00	2.00	11: 50	2.01	13: 07	1.79	1.67	13: 50	1.65
11.15	15: 46	1.99	1.95	16: 20	1.95	17: 06	1.74	1.72	17: 50	1.67
11.17	16: 58	2.00	2.00	17: 40	2.01	18: 46	1.77	1.65	19: 30	1.61
11.19	18: 14	1.98	1.99	19: 00	2.00	20: 04	1.82	1.79	20: 50	1.64
11.22	6: 27	2.04	2.04	7: 00	2.05	7: 29	1.93	1.89	8: 10	1.71
11.24	7: 18	2.06	2.06	7: 50	2.11	9: 01	1.85	1.77	9: 40	1.69
12. 2	16: 49	2.01	2.01	17: 30	2.01	18: 44	1.82	1.78	19: 30	1.63
1995. 4.14	16: 22	2.06	2.03	17: 10	2.05	18: 23	1.80	1.67	19: 10	1.6
Max.		2.06	2.07		2.11		1.93	1.89		1.71
Min.		1.96	1.95		1.95		1.74	1.65		1.58
Av.		2.01	2.01		2.02		1.81	1.73		1.65

Table 4 The analyzed data of Ganggyeong station

Date	Opening sluice gate					Closing sluice gate				
	OET (h)	OES (EL. m)	OS (EL. m)	PT (h)	PS (EL. m)	CET (h)	CES (EL. m)	CS (EL. m)	LT (h)	LS (EL. m)
1995. 1. 3	19:08	1.97	2.03	20:30	2.04	20:58	1.81	1.92	22:20	1.72
1. 6	7:37	2.00	2.06	9:00	2.07	9:56	1.78	1.90	11:20	1.68
1. 9	18:30	2.06	2.13	19:50	2.15	22:40	1.77	1.83	0:00	1.72
1.12	13:24	1.98	2.06	14:40	2.06	16:06	1.76	1.87	17:30	1.69
1.15	16:33	1.97	2.05	18:00	2.06	19:42	1.70	1.81	21:10	1.57
1.20	19:40	2.01	2.08	21:00	2.08	21:44	1.81	1.98	23:10	1.76
1.23	8:35	2.04	2.11	10:00	2.11	11:17	1.81	1.93	12:40	1.75
1.25	10:12	1.99	2.06	11:40	2.06	13:16	1.76	1.87	14:40	1.68
1.28	14:47	2.02	2.08	16:10	2.08	17:21	1.84	1.94	18:40	1.75
1.30	11:30	1.96	1.99	12:50	2.00	12:44	1.86	2.00	14:00	1.79
2. 1	19:03	2.00	2.06	20:20	2.07	20:43	1.84	2.00	22:10	1.81
2. 6	8:09	2.12	2.18	9:30	2.18	10:44	1.84	2.00	12:10	1.81
2. 9	10:25	2.02	2.10	11:50	2.10	13:13	1.78	1.92	14:40	1.75
2.12	15:25	1.98	2.03	16:50	2.04	17:38	1.80	1.91	19:00	1.71
2.16	18:06	2.11	2.21	19:30	2.21	20:35	1.81	1.93	22:00	1.75
2.23	10:31	2.03	2.06	11:50	2.11	12:58	1.82	1.91	14:20	1.74
2.27	16:10	2.10	2.16	17:30	2.16	18:50	1.81	1.96	20:10	1.76
3. 2	18:25	2.03	2.12	19:50	2.12	20:12	1.80	1.97	21:30	1.74
4.25	12:58	2.26	2.34	14:10	2.37	14:36	2.18	2.32	15:50	2.24
4.26	13:56	2.35	2.39	15:20	2.43	15:39	2.22	2.35	17:00	2.14
4.27	15:13	2.34	2.35	16:40	2.35	17:09	2.17	2.25	18:30	2.04
4.29	16:38	2.33	2.33	18:00	2.34	17:53	2.28	2.34	19:10	2.14
4.30	17:06	2.33	2.34	18:20	2.35	17:53	2.25	2.34	19:10	2.15
5. 7	8:22	2.32	2.31	10:00	2.35	9:50	2.27	2.31	11:00	2.21
5. 8	9:35	2.31	2.31	10:50	2.32	10:34	2.22	2.31	11:50	2.18
5.10	11:51	2.33	2.35	13:10	2.35	13:17	2.24	2.29	14:30	2.15
5.11	13:06	2.29	2.30	14:20	2.31	14:28	2.22	2.28	15:40	2.13
5.16	18:01	2.34	2.39	19:20	2.39	19:28	2.21	2.31	20:40	2.11
5.18	8:30	2.35	2.34	9:50	2.35	9:47	2.18	2.35	11:00	2.05
5.20	9:26	2.37	2.38	10:40	2.40	11:43	2.03	2.12	13:00	1.93
5.20	20:36	2.13	2.15	22:00	2.16	22:23	2.05	2.12	23:40	1.93
5.21	9:57	2.17	2.15	11:20	2.15	11:56	2.05	2.04	13:20	1.85
5.23	11:48	2.34	2.35	13:00	2.36	13:16	2.21	2.28	14:30	2.12
5.24	11:50	2.32	2.35	13:10	2.35	15:03	2.07	2.16	16:20	1.94
5.26	14:16	2.21	2.24	15:30	2.24	15:47	2.09	2.21	17:00	2.06
5.29	16:37	2.22	2.24	18:00	2.26	17:21	2.15	2.26	18:50	2.08
5.31	17:45	2.24	2.24	19:00	2.24	19:13	2.08	2.21	20:30	1.98
6. 3	7:49	2.32	2.31	9:10	2.34	10:08	2.06	2.11	11:30	1.92
6. 6	9:15	2.22	2.22	10:30	2.23	11:31	2.03	2.04	12:50	1.87
6. 8	11:33	2.18	2.16	13:00	2.17	12:40	2.09	2.16	14:00	1.98
6.10	13:31	2.22	2.21	14:50	2.21	15:20	2.09	2.14	16:40	1.96
6.12	15:51	2.18	2.18	17:10	2.19	17:12	2.08	2.19	18:30	1.94
6.28	16:45	2.14	2.25	18:00	2.25	18:06	2.06	2.23	19:20	2.03
Max.		2.37	2.39		2.43		2.28	2.35		2.24
Min.		1.96	1.99		2.00		1.70	1.81		1.57
Av.		2.17	2.20		2.21		2.00	2.10		1.91

강경지점의 사용자료는 Table 4와 같이 1995년 1월~6월까지이며 자료수는 총 43개이다. 개문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.96~2.37 m이고 강경지점의 수위는 EL. 1.93~2.39 m이며 강경지점의 피크수위는 EL. 2.00~2.43 m 이었다. 폐문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.70~2.28 m이고 강경지점의 수위는 EL. 1.81~2.35 m이며 강경지점의 최저수위는 EL. 1.57~2.24 m 이었다.

규암지점의 사용자료는 Table 5와 같이 1995년 7월~8월까지이며 자료수는 총 8개이다. 개문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.89~2.07 m이고 규암지점의 수위는 EL. 1.87~2.07 m이며 규암지점의 피크수위는 EL. 1.88~2.10 m 이었다. 폐문시 금강하구둑 내측수위는 EL. 1.56~1.85 m이고 규암지점의 수위는 EL. 1.88~2.10 m이며 규암지점의 최저수위는 EL. 1.65~1.94 m 이었다.

2. 배수갑문 조작에 의한 상류수역의 수위변화의 정형화 결과

가. 수위변화 반응시간

금강하구둑 배수갑문의 개폐에 따른 입포, 강경

및 규암지점의 수위변화 반응시간을 식(1)과 식(2)로 구하였으며 그 결과는 Table 6과 같다.

금강하구둑 배수갑문 개문에 의한 평균 수위변화 반응시간은 입포지점이 39분, 강경지점이 81분, 규암지점이 160분이고, 폐문에 의한 평균 수위변화 반응시간은 입포지점이 43분, 강경지점이 78분, 규암지점이 209분 이었다.

입포와 강경지점의 평균 수위변화 반응시간은 배수갑문 개폐에 따라 5분 이내의 차이를 보이고 있으나 두 수위관측소의 수위자료가 10분단위임을 감안할 때 무시할 정도로 판단된다.

규암지점은 금강하구둑으로 부터 52.16 km에 위치하고 입포 및 강경지점에 비하여 상대적으로

Table 6 The response time of water level change on operation of sluice gate

Station	Number of event	ORT			CRT		
		Max. (min)	Min. (min)	Av. (min)	Max. (min)	Min. (min)	Av. (min)
Ibpo	13	48	32	39	47	39	43
Ganggyeong	43	101	61	81	110	41	78
Gyuam	8	163	154	160	297	169	209

Table 5 The analyzed data of Gyuam station

Date	Opening sluice gate					Closing sluice gate				
	OET (h)	OES (EL. m)	OS (EL. m)	PT (h)	PS (EL. m)	CET (h)	CES (EL. m)	CS (EL. m)	LT (h)	LS (EL. m)
1995. 7. 4	8:57	1.92	1.87	11:40	1.88	10:19	1.80	1.88	13:20	1.72
7. 8	11:31	2.00	1.98	14:10	2.00	15:31	1.78	1.88	18:20	1.75
7. 9	13:28	1.89	1.93	16:10	1.97	14:06	1.80	1.93	17:00	1.91
7.10	14:16	1.98	2.07	16:50	2.10	16:06	1.80	2.10	19:10	1.92
7.20	9:40	2.02	2.04	12:20	2.07	12:44	1.80	2.04	16:10	1.85
7.23	12:19	1.95	1.95	15:00	1.96	15:43	1.56	1.92	20:50	1.65
7.29	18:02	2.00	2.04	20:40	2.05	19:18	1.85	2.05	23:30	1.94
8. 1	8:11	1.95	2.01	10:50	2.02	9:42	1.81	2.01	12:50	1.84
Max.		2.07	2.07		2.10		1.85	2.10		1.94
Min.		1.89	1.87		1.88		1.56	1.88		1.65
Av.		1.98	1.99		2.01		1.78	1.98		1.82

유입량에 따른 영향이 큰 지점이기 때문에 배수갑문 개폐에 따른 평균 수위변화 반응시간이 각각 160분과 209분으로 약 50분 이상 차이를 보였다.

금강하구둑 배수갑문 개문에 따른 수위관측소의 평균 수면과 전파속도는 식(3)으로 구하였으며 입포지점이 8.79 m/s, 강경지점이 6.77 m/s, 규암지점이 5.43 m/s로 금강하구둑 배수갑문에서 멀어질수록 상류에서의 유입량과 하천변의 마찰 등에 의하여 유속이 감소되는 특성을 잘 반영하고 있다 (Melvyn Kay, 1998).

나. 수위 변화율

금강하구둑 배수갑문의 개폐에 의한 금강하구둑 내측수위관측소와 수위관측소별 수위 변동량은 식(4)와 식(5)로 구하였고 배수갑문의 총 개문시간과 수위관측소별 수위변동시간은 식(6)과 식(7)로 구하였다. 금강하구둑 내측수위관측소와 수위관측소별 수위 변화율은 식(8)과 식(9)로 구하였고 그 결과는 Table 7과 같다.

상류 수위관측소의 수위자료의 적용시기가 다름에도 불구하고 금강하구둑 배수갑문의 개폐에 의한 금강하구둑 내측 수위관측소의 평균 수위변동량은 16~20 cm, 평균 수위변동시간은 99~130분, 평균 수위변화율은 0.14~0.21 cm/min 수준으로 비교적 안정적인 값을 보였다. 그에 반하여 상류 수위관측소 수위자료의 적용시기가 서로 다르기 때문에 객관적이 비교가 어려우나 평균수위변동량은 16~37 cm, 수위변동시간은 102~176분, 평균

수위 변화율은 0.1~0.37 cm/min으로 수위관측소의 위치 및 단면 특성에 따라 큰 차이를 보였다

3. 배수갑문 조작에 의한 상류수역 수위변화의 통계적 분석 결과

가. 수위변동량의 통계적 분석 결과

금강하구둑 내측수위관측소와 상류수역 수위관측소의 수위변동량에 대한 상관관계 분석 결과에 의한 관계식은 식(10)~(12)와 같으며 R²값이 0.62~0.79로 높은 유의성을 나타냈으며 산점도는 Fig. 3과 같다. 금강하구둑에서 가장 먼 규암지점이 입포와 강경보다 상관계수가 크게 나타난 것은 분석자료의 제한성에서 기인하는 것으로 판단된다.

$$IDD = 19.81 + 0.879 \times KLD \quad (R^2 = 0.62) \quad \dots (10)$$

$$KDD = 10.43 + 1.156 \times KLD \quad (R^2 = 0.62) \quad \dots (11)$$

$$KaDD = 4.26 + 0.748 \times KLD \quad (R^2 = 0.79) \quad \dots (12)$$

여기서 *IDD*는 입포지점의 수위변동량(cm), *KDD*는 강경지점의 수위변동량(cm), *KaDD*는 규암지점의 수위변동량(cm)이다.

나. 수위변동시간의 통계적 분석 결과

금강하구둑 내측수위관측소와 상류수역 수위관측소의 수위변동시간에 대한 상관관계 분석 결과에 의한 관계식은 식(13)~(15)와 같으며 R²값이

Table 7 The rate of water level change on operation of the sluice gate

Station	Change of water level (cm)				Time of water level change (min)				Rate of water level change (cm/min)			
	KLD		DD		TOT		WVT		RLD		RWVT	
	Range	Av.	Range	Av.	Range	Av.	Range	Av.	Range	Av.	Range	Av.
Ibpo	11~26	20	28~45	37	62~121	99	70~120	102	0.15~0.31	0.21	0.30~0.49	0.37
Ganggyeong	5~34	16	10~49	29	44~250	114	30~250	113	0.06~0.25	0.14	0.13~0.53	0.27
Gyuam	9~39	20	0~31	16	38~240	130	50~350	176	0.09~0.24	0.16	0.09~0.16	0.10

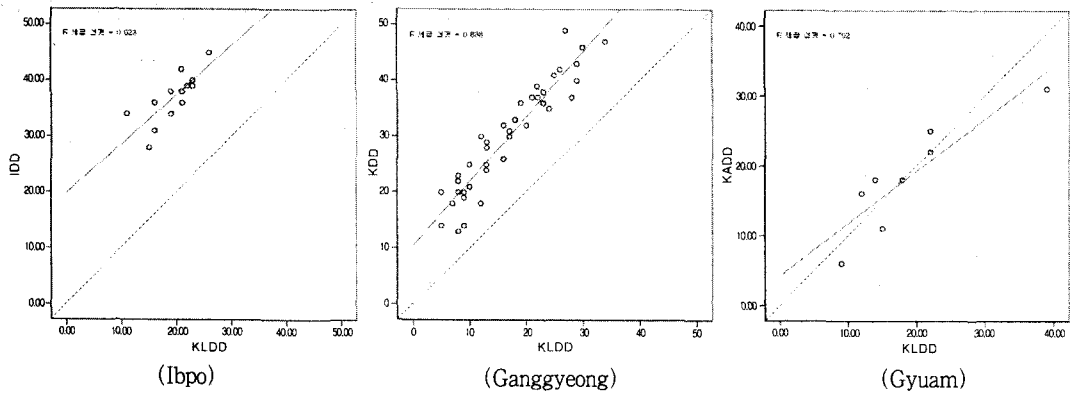


Fig. 3 The relationship diagram of change of water level at the inner station of Geumgang estuary dam and water level station at the upstream of Geumgang estuary dam

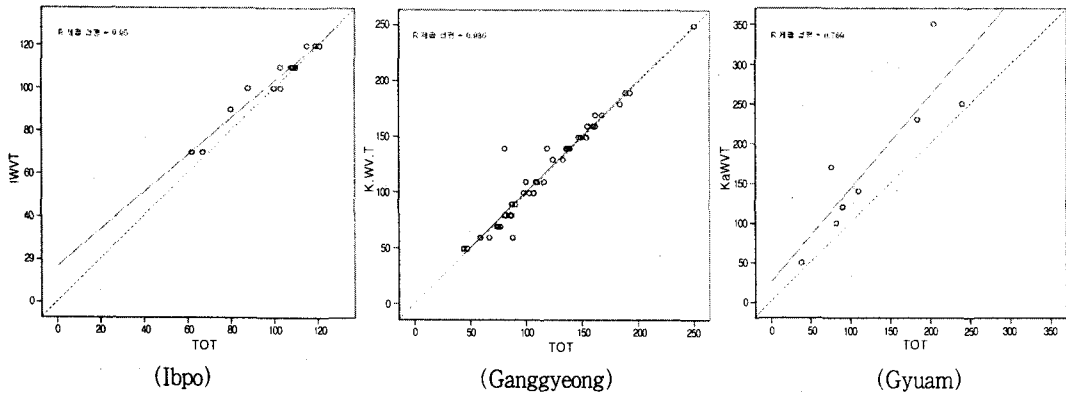


Fig. 4 The relationship diagram of time of water level change at the inner station of Geumgang estuary dam and water level station at the upstream of Geumgang estuary dam

0.77~0.95로 고도의 유의성을 나타냈으며 산점도는 Fig. 4와 같다. R^2 값은 금강하구둑에서 상류수역 수위관측소 간의 거리에 따라 작아지는 특성을 보이고 있다.

$$IWVT = 16.76 + 0.865 \times TOT \quad (R^2 = 0.95) \quad (13)$$

$$KWVT = 1.29 + 0.996 \times TOT \quad (R^2 = 0.94) \quad (14)$$

$$KaWVT = 25.62 + 1.176 \times TOT \quad (R^2 = 0.77) \quad (15)$$

여기서 $IWVT$ 는 입포지점의 수위변동시간(min), $KWVT$ 는 강경지점의 수위변동시간(min), $KaWVT$ 는

규암지점의 수위변동시간(min)이다.

다. 통계적 분석 결과의 적용

금강하구둑 내측수위관측소와 상류수역 수위관측소의 수위변동량과 수위변동시간은 통계적으로 고도의 유의성을 나타내고 있고 수위관측소의 위치 및 단면 특성을 적절하게 반영하고 있는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 금강하구둑 배수갑문의 개폐에 의한 금강호 연안 양·배수장의 운영, 내수면 어업, 금강호 수질관리 등 전반적인 금강호 이수관리에 폭넓게 사용될 수 있을 것이다. 특히 금강호 내에 위치한 강경지점 수위-유량곡선의 불

확실성을 제거하는데 큰 기여를 할 수 있을 것이다. 현재 금강홍수통제소는 30분 단위의 수위자료를 제공하고 있으나 기상이변 등을 고려할 때 10분 이내의 수위자료가 제공되어야 할 것이며 이를 바탕으로 금강하구둑 배수갑문의 개폐에 따른 상류수역 수위관측소의 수위변동에 관한 지속적인 연구가 지속되어야 할 것이다.

IV. 결 론

이 연구는 평상시 금강하구둑 배수갑문의 개폐에 따른 상류수역 수위관측소의 수위변동특성과 상관성을 분석하여 정형화를 시도하였다. 이들 결과는 금강하구둑의 유지관리와 금강호 연안 양·배수장의 운영, 내수면 어업, 금강호 수질관리 등 전반적인 금강호 이수관리에 폭넓게 사용될 수 있을 것이며 주요 연구결과는 다음과 같다.

1. 금강하구둑 배수갑문 개문에 의한 평균 수위 변화 반응시간은 입포지점이 39분, 강경지점이 81분, 규암지점이 160분이고, 폐문에 의한 평균 수위 변화 반응시간은 입포지점이 43분, 강경지점이 78분, 규암지점이 209분 이었다.

2. 금강하구둑 배수갑문 개문에 따른 수위관측소의 평균 수면파 전파속도는 입포지점이 8.79 m/s, 강경지점이 6.77 m/s, 규암지점이 5.43 m/s로 금강하구둑 배수갑문에서 멀어질수록 상류에서의 유입량과 하천변의 마찰 등에 의하여 유속이 감소되는 특성을 잘 반영하고 있다.

3. 금강하구둑 배수갑문 개폐에 의한 금강하구둑 내측 수위관측소의 평균 수위변동량은 16~20 cm, 평균 수위변동시간은 99~130분, 평균 수위변화율은 0.14~0.21 cm/min 수준으로 비교적 안정적인 값을 보였으나 상류 수위관측소의 평균수위변동량은 16~37 cm, 수위변동시간은 102~176분, 평균 수위 변화율은 0.1~0.37 cm/min으로 수위관측소의 위치 및 단면 특성에 따라 큰 차이를 보였다.

4. 금강하구둑 내측수위관측소와 상류수역 수위관측소의 수위변동량과 수위변동시간에 대한 상관관계 분석 결과는 R^2 값이 각각 0.62~0.79, 0.77~0.95로 고도의 유의성을 나타냈고 있다.

이 연구는 공주대학교 교내자체학술연구비 지원에 의하여 수행되었음

References

1. ADC, 1983, Hydrological Survey Report of the Geum River I Region. (in Korean)
2. Geum River Flood Control Office, 1994-1995, Geum River Flood Forecasting and Warning. (in Korean)
3. Kim, Jong-Hyug, 1996, Operation Realities and Management Status on Geumgang Estuary Dam, *Korean Committee of Large Dams*, Proceedings of the Sixteen Symposium for Dam Technology. (in Korean)
4. Melvyn Kay, 1998, Practical Hydraulics, E & FN Spon, New York, pp. 174-186.
5. Park, Seung-Ki and Kim, Tai-Cheol, 1999, Change of Hydraulic Characteristics in the Downstream Keum River after the Construction of Estuary Dam, *J. of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 41, No. 5, pp. 68-76. (in Korean)
6. Park, Chang-Eon and Park, Seung-Woo, 1995, River Flow Forecasting Model for the Youngsan Estuary Reservoir Operation(III) -Propagation of Flood Wave by Sluice Gate Operations-, *J. of the Korean Society of Agricultural Engineers*, Vol. 37, No. 2, pp. 13-20. (in Korean)
7. RDC, 1997, Operation and Maintenance Report on Geumgang Estuary Dam(1994-1996). (in Korean)