

Carry-over System에 의한 長城貯水池의 操作分析과 適正規模 決定

Operation Study by Carry-over System and Optimum Sizing for Jang Seong Reservoir

韓 相 昱* 柳 濟 信*
Sang Uk Han Che Shin Rew

I. 서 론

우리나라의 서남부에 위치하며 5대강의 하나인 영산강유역은 경지의 비율이 타강에 비하여 제일크고(36%) 한수해의 피해도가 제일높은 특성을 갖인 유역으로 이의 개발이 시급하다.

금번 IBRD 차관사업으로 추진하여 확정된 영산강유역 농업종합개발사업은 4개의 저수지를 축조하여 33,000ha에 농업용수를 공급하는것이 주된사업으로 개발대상면적을 충족 할 만한 유역을 갖인 큰 저수지의 적지가 없었기 때문에 이에대한 수자원 확보책과 경제적인 저수지규모의 결정에 있어서 많은 연구와 검토가 시도되었다.

이중 주수원공인 황룡강의 상류에 위치한 장성 저수지에 대한 저수지 조작분석(Reservoir operation study)과 최적규모결정에 대하여 소개함으로써 타 농업용수 개발사업의 계획 분석에 참고가 될것으로 믿는다. 특히 본지구의 기술분석에 있어서는 San Yu 기술용역단의 기술지원을 받아 농업진흥공사 기술진에 의해서 종결 지워졌다.

II. 개 요

저수지의 유역면적은 122.8km²이며 유효 내용적은 6,000ha·m로서 이 저수지가 급수하여야할 수량(水量)은 9,370ha에 대한 관개용수량과 서기 1990년대 필요한 장성읍의 상수도 및 공업용수와 댐하류로부터 댐축조로인한 하천유수량에 크게영향을 미

치는 선암지점(황룡강과 영산강의 합류점)까지의 보나 양수장의 에하여 황룡강으로부터 취수하는 시설지구면적 1,433ha를 위한 의무방류량(수리기득원용수량)이다.

저수지 분석에 사용한 자료는 광주 측후소의 기상자료와 댐위치를 포함한 하류부의 수위및 유량측정기록치, 강우량, 삼투량등의 조사자료이다.

분석계산은 Computer program을 작성, 전자계산기로 시산(simulation)에 의하여 처리하였다. 사용된 전자계산기는 승전대학 소유의 IBM 1130으로 자료의 기초처리, 유입유출량, 필요수량, 저수지 조작계산, 경제 분석등이 1940~1969까지 30년간 행하여졌다.

최적정 필요저수량(저수지규모)를 구하는것은 간단한 한번의 저수지 조작으로는 구해질수 없었고 수개의 상이한 조건 즉 필요저수량 대 수익증가의 상관관계를 구하여 최대 증가수익을 얻을수있는 저수지 내용적을 택한결과 6,000ha·m로 결정하였다.

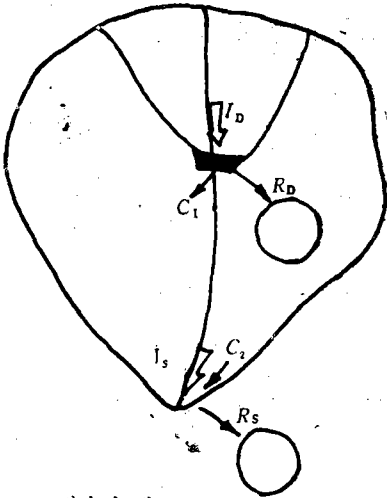
이는 유입량을 충분히 저류시켜 한발년의 관개도 가능하게 하였으며 증가수익이 최대가되는 적정규모이었다.

III. 기본인자의 처리

일반적으로 저수지조작은 댐지점에서 물수지(Water Balance)를 계산하는 것으로서시간별로 유입량(Inflow), 유출량(Outflow), 저수량(Storage)의 균형을 계산 하면 되겠으나 장성댐에 있어서는 하류부 선암지점에서의 물수지를 동시에 구하는 조작

*農業振興公社 榮山江事業所

계산을 하였으며 자료처리를 요약하면 다음과 같다.



저수지 댐

I_D = 댐지점에서 유입량

R_d = 취입수량

C_1 = 댐지점에서 의무방유량

I_s = 선압지점에서의 유입량

R_s = 선압지점에서 취입수량

C_2 = 선압지점에서 의무방유량

1. 유입량

저수지 및 하류 임의의 지점에 있어서 유입량의 계산은 수계 관측지점에서의 수문곡선도(hydrograph)를 분석 유출량을 산출하고 다음과같은 방법으로 컴퓨터 프로그램을 작성하여 댐지점에서 30년간의 일별 유출량을 산출하였다.

관측지점에서의 유량관측치를 이용 그유역 강우량(area rainfall)대 유출량의 상관 관계를 구함으로서 평균 손실우량(rainfall loss)을 추정하고 다음 실측수문곡선도를 이용 시간별 유출 형태(runoff pattern)를 유출모형(Runoff Tank Model)에 의거 전자계산기로 실측치와 일치하도록 여러번의 시산 결과 결정하였으며 이에 따라 유역강우량, 유달시간, 유역특성을 고려하여 각지점에서 창기간 유출량이 추정되었다.

2. 취입수량

농업용수량이 대부분이며 장성읍에서의 1990년대까지의 상수도 및 공업용수량도 포함 되어있다. 농업용수량 계산에 있어서는 작부체제에의하여 작물별, 월별, 순별로 Blaney-Criddle 공식을 적용하여 소비수량을 계산하였다.

3. 의무방유량(Constraint Water)

댐축조후 기설지구에 대한 의무 방유량을 제외한 가능유입량(available inflow)을 다음 식에 의하여 계산하였다.

상기 그림 에서

$I_D \leq C_1$ 일 경우 $I_A = 0$ (단: I_A = 댐지점에서 가능 유입량)

$C_1 \leq I_D \leq C_2$ 일 경우 $I_A = I_D - C_1$

$C_2 \leq I_D$ 일 경우 $I_A = I_D$

상기 식에 의하여 댐 하류부에 대한 의무 방유량을 고려하였으며 기설지구의 작물피해액에 유량의 상관관계를 구한결과 그림 1과같이 $C_1 = 0.7m^3/sec$, $C_2 = 2.5m^3/sec$ 이었으며 다만 하류부 유입량 I_s 에 있어서 답판개 용수량의 10%를 퇴수류(Return flow, 로 간주하여 유입량에 가산하였다.

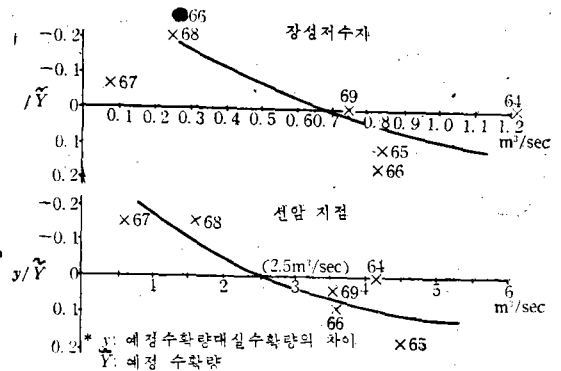


그림 1. 답에서 년수확을 대 순별최소유량의 상관관계

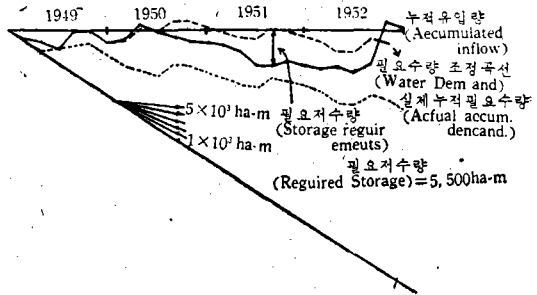
IV. 조작분석의 내용

1. 저수지조작을 위한 최대필요 저수량 추정

그림 2에서 보는바와같이 누적곡선(differential mass Curve)에 의하여 누적유입량 대 누적필요수량의관계를 표시하여 필요저수량의 범위를 추정한다. 1940년부터 1969년까지 30년동안에 1951년, 1952년의 연속한발년을 기준으로하여 누적곡선을 작성하므로써 제2차 최대의 필요저수량을 추정한바 5,500ha·m이다.

따라서 최적적 필요저수량을 구하기 위하여 5,500 ha·m 외에 몇개의 필요저수량에 대한 저수지 조작 분석을하여 필요저수량별 증가수익을 계산하면 표 1

과 같으며 이와같은 방법으로 관개비율(i)을 0.9, 0.8, 0.7, 0.6으로 변경하여 가면서 계산하여 그림 3을 작도할수있으며 이로써 증가수익이 최대가되는 저수지 내용적을 결정할수가 있는 것이다.



2. 저수지조작분석

(가) 저수지내 증발및침투(seepage)에 의한 손실량

그림 2. 장성댐 필요저수량추정을 위한 누적곡선

表-1

저수지적정규모결정

장성저수지
관개면적; 9,370ha

관개면적 (ha)	관개비율	관개수익 (백만원)	공업생활용수수익 (백만원)	총수익 (백만원)	댐공사비 (백만원)	기타비용 (백만원)	유지관리비 (백만원)	총사업비 (백만원)	증가수익 (백만원)	단위증가수익 (백만원/ha)	B/C율	유효저수량
9,370	1.00	8,316.5	21.3	8,337.8	1,479.4	6,156.2	1,466.1	9,101.8	-763.9	-0.0841	0.916	700
9,370	1.00	12,784.1	32.4	12,816.5	1,701.4	6,156.2	1,508.7	9,366.4	3,450.1	0.3799	1.368	1,400
9,370	1.00	15,268.5	38.2	15,306.7	1,881.1	6,156.2	1,543.3	9,580.7	5,726.0	0.6306	1.597	2,100
9,370	1.00	16,805.7	41.6	16,847.4	2,035.8	6,156.2	1,573.0	9,765.1	7,082.3	0.7799	1.725	2,800
9,370	1.00	17,799.5	43.8	17,843.4	2,173.5	6,156.2	1,599.4	9,929.2	7,914.1	0.8716	1.797	3,500
9,370	1.00	18,271.1	44.8	18,315.9	2,298.7	6,156.2	1,623.4	10,078.4	8,237.5	0.9072	1.817	4,200
9,370	1.00	18,541.4	45.3	18,586.8	2,414.2	6,156.2	1,645.6	10,216.0	8,370.7	0.9218	1.819	4,900
9,370	1.00	18,771.9	45.7	18,817.6	2,521.8	6,156.2	1,666.3	10,344.4	8,473.2	0.9331	1.819	5,600
9,370	1.00	18,861.0	45.9	18,906.9	2,623.0	6,156.2	1,685.7	10,465.0	8,441.9	0.9297	1.806	6,300
9,370	1.00	18,904.3	46.0	18,950.3	2,718.7	6,156.2	1,704.1	10,579.1	8,371.2	0.9219	1.791	7,000
9,370	1.00	18,947.7	46.0	18,993.8	2,809.8	6,156.2	1,721.6	10,687.6	8,306.1	0.9147	1.777	7,700
9,370	1.00	18,991.1	46.1	19,037.3	2,896.8	6,156.2	1,738.3	10,791.3	8,245.9	0.9081	1.764	8,400
9,370	1.00	18,991.6	46.1	19,037.8	2,980.2	6,156.2	1,754.3	10,890.7	8,147.0	0.8972	1.748	9,100
9,370	1.00	18,991.6	46.1	19,037.8	3,060.4	6,156.2	1,769.7	10,986.3	8,051.4	0.8847	1.732	9,800
9,370	1.00	18,991.6	46.1	19,037.8	3,137.7	6,156.2	1,784.5	11,078.5	7,959.2	0.8765	1.718	10,500
9,370	1.00	18,991.6	46.1	19,037.8	3,212.5	6,156.2	1,798.9	11,167.6	7,870.1	0.8667	1.704	11,200
9,370	1.00	18,991.6	46.1	19,037.8	3,284.9	6,156.2	1,812.8	11,253.9	7,783.8	0.8572	1.691	11,900

$$EU = A \cdot E - (P - R) + S$$

단 E·U=저수지표면적에 따른 손실량(mm)

A=계기증발량을 저수지증발량으로 환산하는 계수

E=계기증발량(mm)

P=강우량(mm)

R=댐지점에서 유출량(mm)

S=침투량(mm)

상기식에 의한 저수지의 손실량은 무시될수없으며

손실량을 용적으로 구할경우 강우량에 의한 표면적의 증가량을 고려해야만되나 장성저수지 분석시에 많은 차이가없어 이를 무시하였으며 순별 손실량을 구하기 위하여 다음과같이 식을 변형하였다. 즉 $EU = A \cdot E - (P - R) + S$ 에서 월별 기록치 E를 3등분하여 순별 증발량으로 추정하였으며 계수 A를 0.7로 택하였다. 댐지점에서 30년 유출량을 산출한결과 유출율을 70%로 택하고 저수지내에서의 침투손실량 S는 계산에 고려하지 않았다.

즉 $EU = (0.7E - 0.3P)A$ 로 표시할 수 있다.

EU = 순별 손실량(용적)

E = 순별 계기증발량(mm)

P = 순별 계기강우량(mm)

A = 표면적

상기식에 의하여 순별 손실량을 계산 하였다.

(나) 저수지조작 계산

댐지점에서 연속적 물수지를 계산하는 것으로써 다음식으로 표시 할 수 있다.

$$V_i = V_{L,i} + I_i - O_i$$

단 V_i = 현 저수량

$V_{L,i}$ = 전 저수량

I_i = 현 유입량

O_i = 현 유출량

상기식에 의하여 장성댐의 저수지조작을 계산하였으며 하류부 선암 지점에서의 물수지를 동시에 계산하였다. 여기서 1940년~1969년까지 30년동안 순별 계산을 실시하였으며 V_i 가 설정된 최대저수용량을 초과할경우 초과량은 방유(Spillage) 되는 것이며 V_i 가 사수량(dead storage) 이하가 될경우는 그만큼 부족량(shortage)이 생기는 것이다. 이와같은 방법으로 저수지조작 계산을 하였으며 유효저수량 6,000 ham에 대한 분석내용은 표-2와 같다.

表-2

저수지조작계산표

저수지명 : 장성 저수지. 유효저수량 : 6,000ha. m

관개면적 : 9,370ha

유역면적 : 122.80km²

단 위 : ha·m

하류지점 : 선암

유역면적 : 540.20km²

년도	유입량	저수내손실량	필요수량				최대감소량	부족수량	일유량	하류지점(선암)				
			관개	공업및상수도	계	한계수량				유입량	퇴수량	필요수량	부족량	방유량
1940	14,073	252	5,894	273	6,167	169	2,042	0	7,482	42,158	66	1,971	0	47,735
41	13,480	209	4,642	214	4,856	0	554	0	8,412	39,612	54	1,966	0	46,113
42	7,342	290	7,419	214	7,633	208	3,723	0	2,105	20,877	87	1,966	0	21,103
43	7,833	227	6,569	331	6,902	207	4,105	0	0	21,724	82	1,966	0	19,840
44	7,570	237	6,097	649	6,747	159	5,540	0	0	21,095	72	1,971	0	19,197
45	13,574	233	4,986	227	5,214	67	1,995	0	6,084	39,080	62	1,966	0	43,261
46	13,439	253	5,240	214	5,456	66	777	0	7,664	39,188	65	1,966	0	44,951
47	9,918	313	5,820	224	6,046	113	2,202	0	5,027	28,237	67	1,966	0	31,366
48	15,267	234	4,187	215	4,403	65	1,526	0	8,981	45,063	48	1,971	0	52,121
49	8,359	322	6,063	214	6,278	181	1,710	0	2,068	22,498	79	1,966	0	22,680
50	9,809	306	6,852	214	7,068	215	3,011	0	3,368	28,039	86	1,966	0	29,528
51	6,125	283	7,461	235	7,698	461	5,705	0	0	16,839	102	1,966	0	14,975
52	15,971	189	5,789	238	6,029	226	4,438	0	5,566	48,300	72	1,971	0	54,967
53	10,333	276	6,125	216	6,344	106	3,123	0	5,458	29,241	71	1,966	0	32,804
54	12,526	247	4,815	214	5,030	67	1,815	0	5,598	36,171	57	1,966	0	39,861
55	8,417	363	6,406	516	6,924	164	3,434	0	1,155	24,478	68	1,966	0	23,735
56	14,554	222	4,945	280	5,226	46	1,646	0	8,733	42,852	64	1,971	0	49,678
57	11,009	260	6,064	220	6,286	180	2,509	0	4,929	31,324	74	1,966	0	34,362
58	14,497	244	4,827	250	5,079	232	1,410	0	8,157	42,524	59	1,966	0	48,774
59	9,924	319	6,751	214	6,967	161	3,210	0	2,811	28,197	82	1,966	0	29,124
60	10,136	378	5,544	215	5,760	40	984	0	3,622	28,459	63	1,971	0	30,173
61	15,013	239	4,944	214	5,160	0	572	0	9,613	44,375	65	1,966	0	52,087

62	13,768	217	5,222	214	5,438	250	1,632	0	7,862	40,648	52	1,966	0	46,596
63	13,059	77	5,529	229	5,760	261	3,845	0	10,311	37,736	71	1,966	0	46,152
64	11,120	215	6,098	215	6,314	128	3,336	0	1,393	31,716	76	1,971	0	31,244
65	11,435	216	6,276	218	6,495	201	2,024	0	4,891	32,350	75	1,966	0	35,350
66	10,276	232	5,694	214	5,909	288	1,528	0	3,725	29,401	73	1,966	0	31,234
67	5,930	272	8,021	424	8,446	406	5,951	0	780	16,296	96	1,966	0	15,206
68	6,837	140	7,525	305	7,830	263	8,392	2,392	0	18,942	94	1,971	31	17,015
69	16,472	115	4,723	214	4,938	131	3,441	0	7,772	48,051	57	1,966	0	53,915
평균	11,268	246	5,884	261	6,067	168	2,872	79	4,785	32,514	71	1,967	1	35,404

3. 최적정 필요저수량 결정

(저수지 최적규모)

계획면적에 대하여 각 필요저수량에 의한 저수지 조작 분석결과에 의거 년평균 증가수익대 필요저수량의 상관관계를 구하여 최대증가수익에 대한 필요저수량을 택하는 것이다. 분석결과는 표1에 의하여 그림 3과같이 작도되었고 몽리면적 9,370ha에 대한 최적정 필요저수량은 6,000ha-m이며 또한 추가하여 축소 또는 증가된 몽리면적에 대하여서도 필요저수량 관계를 분석, 표시하였다.

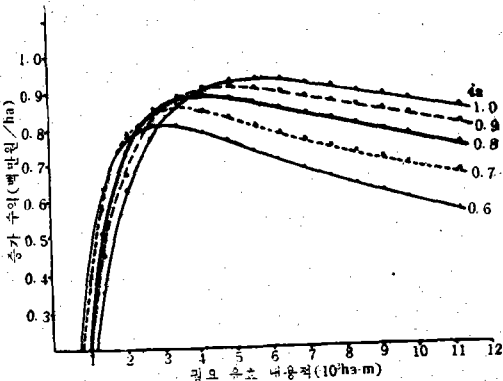


그림 3. 증가수익 대 필요저수량

V. 결 론

1 저수지의 적정규모 결정에 있어서 이상과같이 "필요저수량-몽리면적-공사비"의 함수관계를 분석하여 공사시행후 차인 증수액이 가장 큰 효율적인 규모로 결정되었다.

2 저수지계획에 있어서 선택된 규모에 대하여 조작분석을 시행하므로써 저수지의 급수능력을 검토하고 안정된 용수공급의 계획과 수자원의 수급계획이 확고하게 되었으며 더 한발시에 급수의 부족이

없는 안정된 저수지규모로써 확신을 얻었다.

3. 저수지 규모

유역면적 122,80km²

몽리 면적 9,370ha

저수지 총내용적 6,419ha-m

유효내용적 6,000ha-m

댐 높이 33m

길이 615m

체적 1,681,000m³

형식 존타이프 (Zone Type)

參 考 文 獻

1. Linsley, Kohler & Paulhus, Applied Hydrology 1949
2. Wisler, Kohler & Paulhus, Hydrology for Engineers 1958.
3. Ven Te Chow, Hand book of Applied Hydrology 1964.
4. Eckstein, C, Water Resource Development 1958.
5. Arther Maas, Design of Water-Resource Systems 1962.
6. Engineering Div. U.S.D.A., Irrigation Water Requirements 1967.
7. American Society of Civil Eng. Journal of the Irrigation and Drainage Division 1967
8. 朴成宇, 韓國에 있어서 諸水文構造物의 設計의 基準를 주기위한 水文學的研究 1964
9. 建設部, 韓國水文調查年報 1953-1969
10. 中央觀象台, 氣象年報 1960-1969
11. 農業振興公社, 榮山江流域開發事業 第1段階 妥當性調查 報告書 1971