

화순 홍수조절지의 유입유출 구조물에 대한 수리모형실험 연구

Experimental Study on the Inflow and Outflow Structures of Hwasun Flood Control Reservoir

이 상 화* / 진 광 호** / 류 종 현*** / 김 수 근****

Lee, Sang Hwa / Jin, Kwang Ho / Ryu, Jong Hyun / Kim, Soo Geun

Abstract

Recently, a heavy rainfall under climate change causes the flood exceeded river's conveyance. Flood control methods under the limited river width are the increase of embankment, the construction of storage pockets and diversion channel, the dredging of river bed. Hwasun flood control reservoir of washland is designed as the storage pockets and the regulating gate for the control of water level. In this study, the propriety of design was investigated through hydraulic experiments for the circumstances to exclude the constant flood discharge during operation period. In the results, the over flow rate of side weir exceeded the flow of design and indicated to be able to discharge the designed flow in the regulating gate opened 1.1 m. The high velocity 7.1 m/s behind the gate has investigated to reduce under 3.3 m/s by the baffle block.

Keywords : washland, regulating gate, hydraulic experiments, side weir, baffle block

요 지

최근 기상변화에 의한 집중호우는 하천의 통수능력을 초과하는 홍수를 발생시키고 있다. 하천의 폭이 제한된 상태에서 이러한 초과 홍수에 대비할 수 있는 관리방법은 제방증고, 저류지 및 방수로 건설, 하상 준설 등을 생각할 수 있다. 천변 저류지인 화순홍수조절지는 저류지와 수위조절을 위한 제수문이 설계되어 있다. 본 연구는 저류지 운영시간동안 일정 홍수량만을 배제해야 할 상황에 대해 설계의 적정성을 수리모형실험을 통해 검토하였다. 검토결과 저류지 유입부의 횡월류 위어 월류량은 설계상의 월류량을 초과하였고, 제수문 1.1 m 개방시 설계유량(326 m³/s)을 방류할 수 있는 것으로 나타났다. 설계유량 방류시 제수문 직하류에 7.19 m/s의 고유속은 baffle block을 설치할 경우 3.3 m/s까지 저감시킬 수 있는 것으로 검토되었다.

핵심용어 : 천변저류지, 제수문, 수리모형실험, 횡월류위어, baffle block

* 교신저자, 동아대학교 공과대학 토목공학과 교수 (e-mail: leesh@dau.ac.kr)

Corresponding Author, Pfor., Dept. of Civil Engrg., Dong-A University, 840 Hadan 2-dong, Saha-gu, Busan 604-714, Korea

** 한국수자원공사 수자원개발처 차장 (e-mail: jinkh@kwater.or.kr)

Director, Dept. of Water Resources Development, Kwater

*** 한국수자원공사 수자원개발처 차장 (e-mail: jhryu0525@kwater.or.kr)

Deputy general manager, Dept. of Water Resources Development, Kwater

**** 한국수자원공사 4대강 사업부 차장 (e-mail: kimg@kwater.or.kr)

Deputy general manager, Dept. of 4 River Restoration Business Development, Kwater

1. 서론

홍수조절지는 하천 본류에 댐(Dam)이나 언(Barrage)을 설치하여 상류로부터의 홍수량을 하도 내 또는 천변에서 일정량을 저류시킴으로써 홍수파의 진행을 지체시키거나 저감시키는 역할을 하는 시설로서 홍수를 조절하는 일정의 홍수지체 또는 홍수저감 시설이라 할 수 있다.

일반적인 천변저류지의 경우 유입부에 횡월류위어를 설치하여 본류하천의 일정수위 이상부터 홍수량의 일부를 저류지로 유입시켜 즉각적인 하천의 홍수위 상승을 저감시키고, 홍수위가 낮아지기 시작하면 저류지내의 배수문을 통해 배수하는 방식이다.

이러한 천변저류지에 대한 연구는 천변저류지 최적위치결정, 천변저류지의 홍수저감효과, 저류지 유입부 횡월류위어에 관한 유량계수의 제안 등에 대해 주안점을 두고 연구되고 있다. 건설교통부(2005), 안태진 등(2008)은 천변저류지의 최적위치결정에 관한 연구를 수행하였으며, 한건연 등(2005), 전경수 등(2006) 강수만 등(2007)은 홍수조절효과를 산정하기 위한 연구를 수행하였다. 저류지 유입부의 횡월류위어에 대해 De Marchi (1934)는 이론적 연구를 통해 횡월류량과 유량계수식을 제안하였으며, Collinge (1957), Range Raju et al. (1979), Borghei et al. (1999), 이동섭과 김창완(2008), 박문형과 이동섭(2010)은 실험을 통해 유량계수 및 횡월류량에 대해 연구하였다.

이러한 기존의 천변저류지 연구의 경우, 주 하천수로가 자연 유하되는 상태에서 횡월류위어로 홍수량이 월류되는 조건에 대한 연구이다. 그러나 본 연구 대상의 화순 홍수조절지는 주하천 단면을 횡단하는 제수문이 설치되어 제수문으로 일정 홍수량만을 방류시키는 형태로 주하천이 자연 유하되는 기존 연구들과 차이가 있다.

본 연구의 대상지인 화순홍수조절지는 전라남도 화순군 영산강합류점부터 35.48 km 상류 지점(송석천 합류전)인 지석천에 위치하고 있으며, 지석천 좌·우안의 제내측 농경지에 제방을 축조하여 저류공간으로 활용하는 계획으로 하천을 횡단하는 제수문을 설치하고 제방에 횡월류위어를 두어 지석천의 일정규모 이상 홍수를 조절지로 유입시켜 홍수를 저류하여 홍수를 조절하도록 계획되었다.

화순홍수조절지는 2개의 홍수조절지를 복합적으로 운영하는 것으로 횡월류위어의 Weir Crest의 높이를 조절지 별로 다르게 계획하여 하도 수위에 따라 조절지내로 유입되는 유입시기를 조절하는 방식이다. 이 방법은 수문을 조작하지 않고 하도 수위에 의한 자유 월류가 이루어지기 때문에 유지관리가 용이하며, 조절지내로 순차적으

로 유입되기 때문에 토지이용도를 높일 수 있는 방법이다. 월류위어고를 각 조절지별로 달리하여 10년 빈도 미만의 홍수량까지는 하도에서 전량 부담하며, 10년 빈도 이상 홍수량부터 50년 빈도 미만까지는 본류하도와 1조절지를 활용하고, 50년 빈도 이상 홍수량부터 빈도 이상에서 1, 2조절지 모두 활용하도록 계획되었다. 또한 지석천으로 200년빈도 홍수량 $730 \text{ m}^3/\text{s}$ 유입시, 송석천(홍수량 $224 \text{ m}^3/\text{s}$) 합류후 최종적으로 하류로 $550 \text{ m}^3/\text{s}$ 의 홍수량만을 배제하도록 조절하여야 하기 때문에 지석천의 홍수조절지 하류(송석천 합류전)에 하천단면을 횡단하는 제수문을 설치하여 홍수시 항상 $326 \text{ m}^3/\text{s}$ 만을 방류하도록 조절하고, 홍수 유입량이 $326 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상이 되면 횡월류위어를 통해 하도내 유량을 조절지로 유입시켜 홍수조절을 시행하도록 계획되어 있다. 따라서 홍수 유입량이 $326 \text{ m}^3/\text{s}$ 이상이 되면, 본류하천의 수위가 자연유하 상태에서 상승하는 것이 아니라 제수문으로부터 흐름이 배제된 상태에서 본류하천수위가 점차적으로 증가되도록 되어있어, 본류하천의 흐름상태가 정체된 상태에서 횡월류위어로 월류하도록 계획되었다.

본 연구에서는 설계시 화순홍수조절지의 횡월류위어의 월류능력과 제수문의 방류능력결정에 대한 적정성 및 수리특성을 수리모형실험을 통해 검토하고자 한다.

2. 실험모형의 구성

2.1 모형축척

수리모형의 축척과 제작은 실험의 목적, 실험수조, 실험시설 및 실험장비 등의 규모와 성능을 종합적으로 고려하여 선택되지만 가장 중요한 것은 실험의 목적에 따라 원형에서의 수리현상이 모형에서 가장 잘 재현될 수 있어야 한다. 본 실험의 대상인 홍수조절지 및 제수문의 흐름은 관성력과 중력이 지배력이 되며, 이때 상사법칙은 Froude 상사법칙을 적용할 수 있다.

상사법칙이란 원형에서 흐름을 지배하는 지배력의 영향을 모형에서 그대로 적용시키는 것이므로 모형에서도 원형과 같은 지배력이 흐름을 지배해야 한다. 그러나 원형에서는 중력의 지배를 받는 흐름상태가 모형의 축척이 과다한 경우 수심이 너무 작아져서 점성력의 지배를 무시할 수 없게 되는 경우도 있다. 이러한 바람직하지 못한 축척효과(scale effect)를 배제하기 위해서는 축척을 결정할 때 원형과 모형에서의 흐름상태가 같은 지배력의 상관관계 하에 있도록 모형에서 일정치수를 보장해 줄 필요가 있다. “점성력을 무시하려면 모형의 레이놀즈수가 1×10^4

보다 커야 한다. 혹은 “암거의 경우 직경이 100 mm 이상 보장되어야 한다(USBR: Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior, 1980)” 등 이러한 제한조건에 대해서는 이미 많은 연구를 통해 알려져 있다. USBR에서 다양한 모형실험을 통하여 대담의 여수로는 1/30~1/100의 범위를 그리고 하천모형실험은 일반적으로 수평축척의 경우 1/100~1/1000, 왜곡모형에서의 연직축척은 1/20~1/100을 추천하고 있다. 따라서 모형제작의 용이성과 상사법적 적용의 적정성 및 가용한 실험시설을 고려하여 모형의 축척은 횡월류위어를 포함한 하천모형은 수평축척 1/90, 연직축척 1/15로 결정하였고, 제수문 모형은 1/60의 정상모형으로 결정하였다.

2.2 모형제작 및 계측기기

수리모형은 설계계획 및 조건에 따라 실험구간 지형도 및 중·횡단도를 분석하여 모형제작에 필요한 자료를 준비하고 실제 하천 지형과 횡월류위어는 설계계획 자료를 근거로 시멘트 모르타르로 재현하였으며, 제수문 모형은 아크릴 모형으로 제작하였다(Figs. 1~3).

Fig. 4는 모형실험 평면도로 길이 25 m, 폭 10 m의 실험수조에 횡월류위어 모형(수평축척 1/90, 연직축척 1/15)과 제수문 모형(축척 1/60)을 제작하였다. 실험용수는 7.0 m(길이) × 1.8 m(높이) × 1.0 m(폭) 규모에 최대 10톤이 저장되는 옥외 저장수조에서 펌프로 양수하고 전자기식 유량계를 거쳐 실험 모형 상류단에 공급한다. 상류단의 실험유량은 하천모형내로 유입되고 다시 옥외저장수조로 순환되도록 구성하였다. 모형의 상류단에는 정류판을 설치하여 실험유량이 안정적으로 하천상류로 유입될 수 있도록 하였으며, 모형 하류단에서는 하류수위조절 위어(weir)를 설치하여 하류단 기준수위를 조절할 수 있도록 하였다.

수리실험시 유속의 측정은 KENEK사의 3차원 유향, 유속계를 사용하였으며, 측정범위는 0~±200 cm/s까지 가능하며, 측정정도는 ±2%이다. 수위관측은 VALEPORT사의 전자식 수위측정장치(Ultralab ULS)를 이용하였으며, 오차범위는 ±0.5 mm이다. 유량측정은 산업자원부 기술표준원 인정 국가공인교정기관(KOLAS)인 (주)서용엔지니어링의 전자기식 유량계를 이용하였으며, 유량계의 최대편

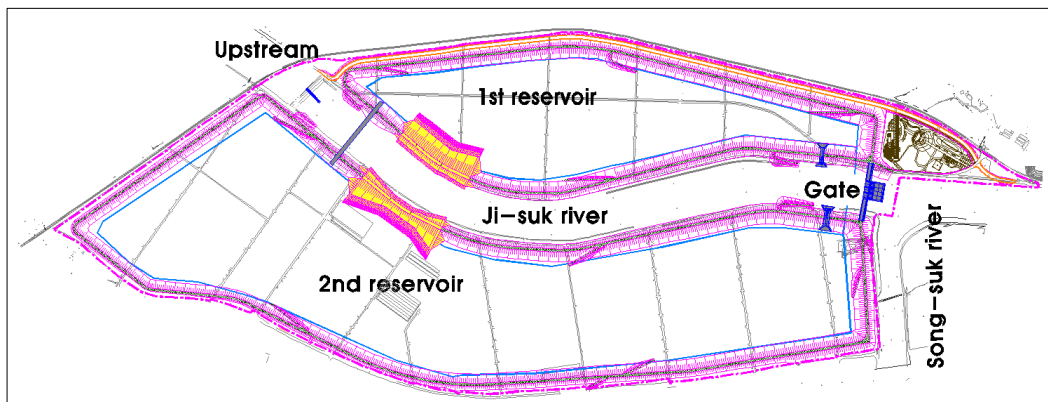


Fig. 1. Map of Flood Control Reservoir



Fig. 2. View of Physical Model (Gate)



Fig. 3. View of Physical Model (Reservoir)

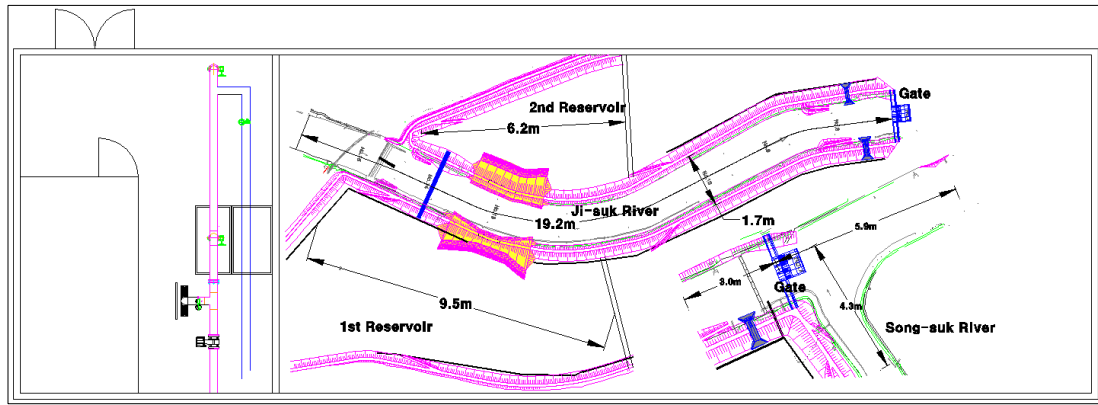


Fig. 4. The map of Physical Model (Reservoir and Gate)

차는 $0.0008 \text{ m}^3/\text{min}$ 으로 매우 정확한 실험유량을 공급할 수 있다.

3. 수리모형실험

3.1 제수문 수리모형실험

3.1.1 제수문 방류능력

제수문의 방류능력실험은 제수문 상류하천수위를 EL. 58.5~EL. 67.6m까지 점차 상승시키고, 제수문을 1.0m개방, 2.0m개방, 3.0m개방, 4.0m개방, 5.0m개방, 완전개방 순으로 수문개도 높이별 달리하였을 때 수문개도높이별 방류 능력을 검토하였다.

제수문은 Radial Gate 형식으로 3개 수문($B10.0 \text{ m} \times H9.1 \text{ m}$)을 동시에 운영할 경우, 지식천 200년 빈도 홍수위(EL.67.6m)시 제수문의 계획방류량($326 \text{ m}^3/\text{s}$)을 방류하기 위한 수문 개도높이는 1.1m로 분석되었다.

또한 수문 완전개방시 최대 방류량은 $1,234.49 \text{ m}^3/\text{s}$ 로 확인되었으며, 이 수치는 지식천 200년 빈도 홍수량인 $730 \text{ m}^3/\text{s}$ 를 충분히 초과하는 것으로 현 계획된 제수문을 통해 저류지로 홍수량을 월류시킬 수 없는 상황에서도 지식천 200년 빈도 홍수량을 모두 통수할 수 있는 것으로 나타났다. Fig. 5에 세로축은 분류하천인 지식천의 수위이고, 가로축은 제수문의 방류량을 나타내었다.

3.1.2 제수문 유출부 흐름분석

제수문 유출부의 흐름분석은 200년 빈도 홍수시를 기준으로 제수문 방류능력 검토에서 확인한 상류수위 EL. 67.6m 유지시 수문개도 높이 1.10 m에서의 제수문 상하류의 유속분포를 검토하였다. Fig. 6는 유속측정 위치이며, 유속은 1점법(0.6d, d=수심)으로 평균유속을 측정하였다.

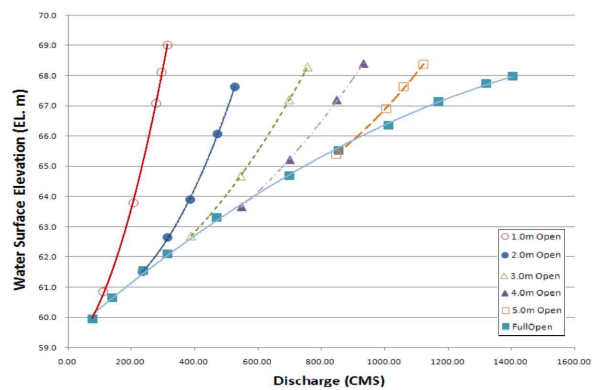


Fig. 5. Rating Curve of Regulating Gate

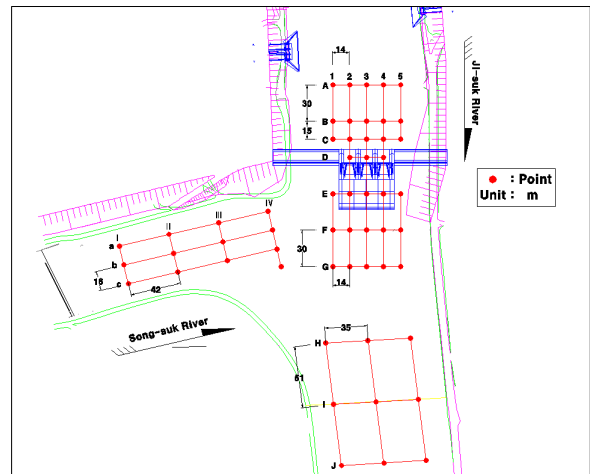


Fig. 6. Observation Points of the Velocity

수문 상류하천의 유속분포는 최대 0.97 m/s 로 전체적으로 1 m/s 이하의 유속분포를 보이고 있다.

제수문 하류하천의 경우, 제수문 직하류부에서 최대 7.19 m/s 의 고유속이 발생되었으며, 고유속으로 인한 흐름이 제수문 pier의 끝단에서 하류방향으로 30m까지 나

타나고 있으며, 그 하류부터 도수가 발생되어 유속이 감소되고 있다(Fig. 8).

제수문 하류부에서 송석천 유출수의 영향으로 흐름이 좌안 호안 방향으로 다소 치우치는 경향을 보이고 있지만, 좌안 호안부에 영향을 미칠 수준은 아닌 것으로 검토되었다.

Figs. 7~8은 Flow-3D 모델의 유속분포결과로 화순홍수조절지 기본 및 실시설계보고서(주)한양(2010)의 3차원 수치해석 결과와 수리모형실험결과와 비교한 것으로 유속 분포를 보면 정성적으로 유사한 양상을 나타내고 있다.

Flow-3D는 Flow Science, Inc에서 개발한 범용 유체역학 프로그램으로 해석방법은 기본적으로 비정상 유동 상태이며, 연속방정식, 3차원 운동량 보존 방정식(Navier-Stokes eq.) 및 에너지 방정식을 사용하고 있다. 유체의 난류 해석에 대해서는 혼합길이 모형, 난류 에너지 모형, $k-\epsilon$ 모형, RNG(ReNOmalized Group) 모형, LES 모형

등 5가지 모형을 적용할 수 있으며, 자유표면 해석을 위하여 VOF (Volume of Fluid) 방정식을 사용하고 있으며, 현재 수리학 외에도 주조, 항공 등 산업공정 해석에도 널리 상용되고 있다.

제수문 하류의 유속을 저감시키기 위해 제수문 직하류부에 2열 baffle블록과 3열 baffle 블록을 설치하여 유속 및 유황을 검토하였다. 각 블록은 높이 1 m, 길이 42 m로 제수문 교각 끝단에서 하류방향 20 m 범위 내에서 2열 및 3열 블록의 설치 후 제수문 하류부 유속검토결과, Fig. 9~10에서 볼 수 있듯이 2열 블록(최대유속 4.56 m/s)에 비해 3열 블록설치(최대유속 3.33 m/s)시 유속의 감소 효과가 큰 것으로 나타났으며, 유황은 Figs. 11~12에서 3열 블록이 제수문 직하류의 빠른 흐름을 효과적으로 감소시키는 양호한 유황을 보이고 있어, 3열 블록 설치 시 유속저감 및 유황개선에 효과를 가져 올 수 있을 것으로 판단된다.

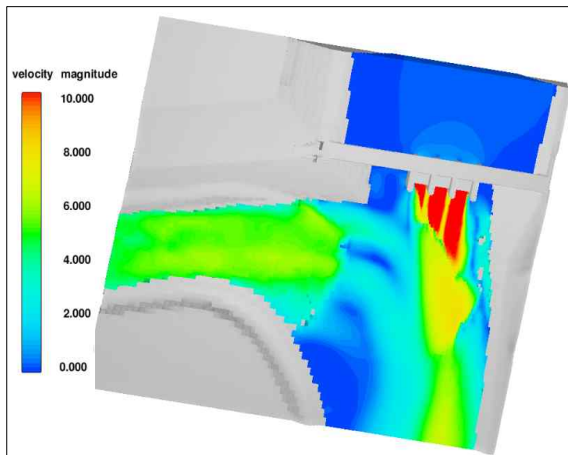


Fig. 7. Velocity Distribution of Numerical Model

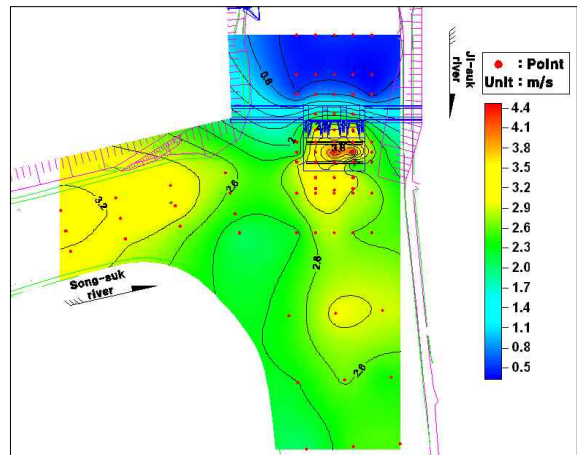


Fig. 9. Velocity Distribution with 2 rows of Baffle Block

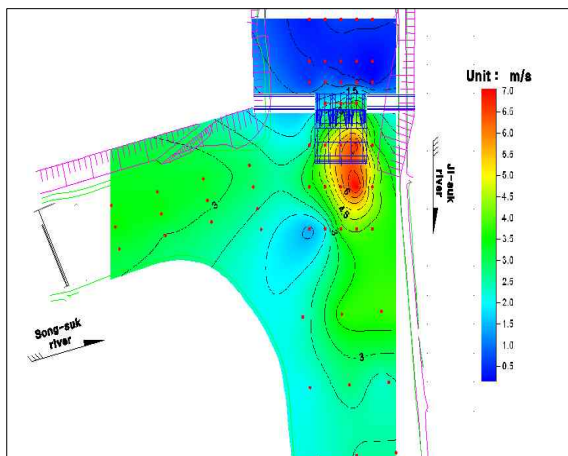


Fig. 8. Velocity Distribution of Physical Model

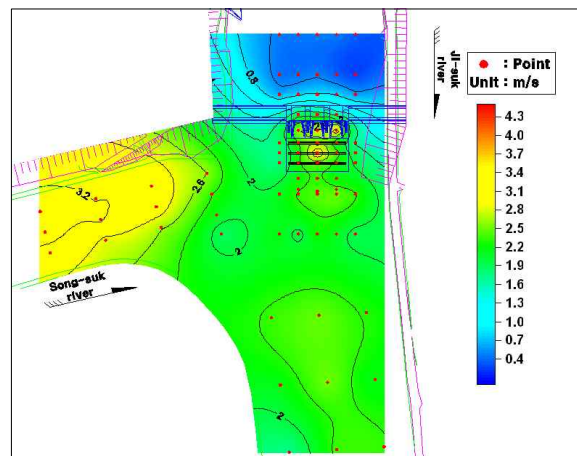


Fig. 10. Velocity Distribution with 3 rows of Baffle Block



Fig. 11. Flow Shape with 2 Rows of Baffle Block

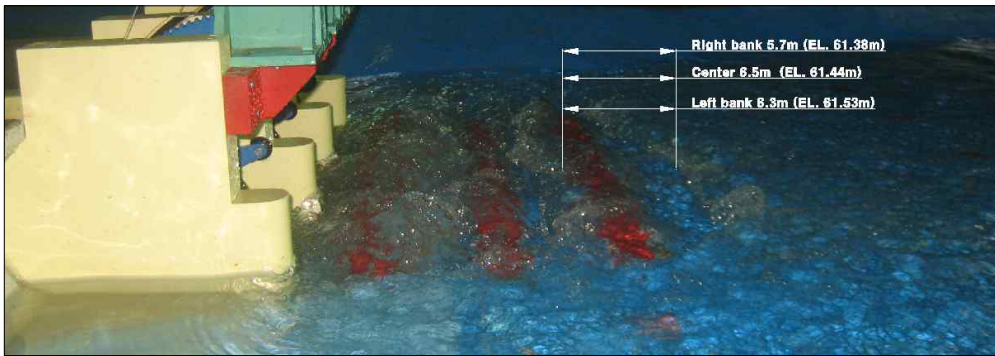


Fig. 12. Flow Shape with 3 Rows of Baffle Block

Table 1. Dimension of Side Weir

구 분	제1 조절지	제2 조절지
빈도	10년 이상~200년 빈도	50년 초과~200년 빈도
월류위어고 (EL. m)	63.70	66.00
월류제 수평길이 (m)	60	80
설계 월류량 (m ³ /s)	638	234

3.2 횡월류위어 수리모형실험

횡월류위어 실험은 월류능력실험과 각 조절지별 월류부 접근흐름검토 및 하천 및 홍수조절지의 유형을 검토하였으며, 횡월류위어의 제원은 Table 1과 같다.

3.2.1 횡월류위어 유량계수 기본이론

횡월류위어 월류 흐름은 횡월류위어 제원 및 하천횡단면의 변동성에 따라 주변부 흐름특성이 변하므로 수치적으로 해석하기 어렵다. 따라서 지금까지의 연구는 De Marchi의 이론식에 근거한 횡월류위어 유량계수에 관한 경험식을 개발하는데 집중되어 왔으며, 수많은 횡월류위어 유량계수 산정식이 개발되었다.

본 실험에서 적용된 횡월류위어의 유량계수는 De Marchi

(1934)식으로 계산하였다.

De Marchi (1934)는 직사각형 수로에 설치된 직사각형 횡월류위어에 대하여 유량계수 C_M 을 가정하여 식을 제안하였다.

De Marchi 식의 유도과정은 다음과 같다. 일반적으로 수로로부터 횡월류위어를 통하여 일부의 유량이 흘러나가는 경우, 횡월류 흐름으로부터 발생하는 에너지손실은 매우 작다고 가정할 수 있다. 하상경사나 흐름저항을 무시한다면 비에너지는 수로를 따라 일정하게 되며, 식으로 표현하면 Eq. (1)과 같다.

$$\frac{dE}{dx} = 0 \quad (1)$$

만약, 흐름저항과 하상경사를 고려한다면 비에너지는

수로를 따라 수로경사(S_o)와 마찰경사(S_f)의 차이로 나타낼 수 있다.

$$\frac{dE}{dx} = S_o - S_f \quad (2)$$

비에너지는 $E = y + \alpha \frac{v^2}{2g}$ 이므로, 상기 Eq. (3)과 같이 정리할 수 있다.

$$\frac{dE}{dx} = \frac{dy}{dx} + \frac{\alpha}{2g} \left(\frac{2Q}{A^2} \frac{dQ}{dx} - \frac{2Q^2}{A^3} \frac{dA}{dx} \right) = S_o - S_f \quad (3)$$

여기서, 수로 폭을 B 로 가정하면, $\frac{dA}{dx} = B \frac{dy}{dx}$ 이며 $\frac{dy}{dx}$

에 대해 정리하면 다음과 같다.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f - \frac{\alpha Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx}}{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}} = \frac{S_o - S_f - \frac{\alpha Q}{gA^2} \frac{dQ}{dx}}{1 - F_r^2} \quad (4)$$

여기서 y 는 본류(수로)의 수심, x 는 횡월류위어 상류로부터 흐름방향 거리, S_o 는 본류의 하상경사, S_f 는 본류의 에너지 경사, Q 는 본류의 전 유량, A 는 본류의 흐름 단면적, B 는 본류의 수로폭, α 는 에너지 보정계수, g 는 중력가속도이다. 횡월류위어 구간은 수로연장에 비해 상대적으로 짧기 때문에 횡월류 구간에서는 $S_o = S_f = 0$ 이고, $\alpha = 1$ 이라고 가정할 수 있다. 이는 횡월류위어의 길이방향을 따라 비에너지 E 가 일정하다는 것을 의미하며, 이러한 가정으로부터 De Marchi는 직사각형 본류 수로와 횡월류위어에 대하여 일정한 유량계수 C_M 을 가정하여 다음과 같은 해석해를 구하였다(Henderson, 1966).

$$q_w = -\frac{dQ}{dx} = -\frac{dQ_w}{dx} = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} (y-w)^{3/2} \quad (5)$$

상기 식에서 C_M 은 보통 De Marchi 유량계수라 불리우며, w 는 하상으로부터 위어 월류부까지의 높이이다. 일반적으로 횡월류위어의 월류량 규모 자체는 본류의 수심에 의존하기 때문에, 횡월류위어의 월류량 C_M 는 횡월류위어 상류단으로부터의 거리 x 에 대한 함수가 아니며, 더불어 C_M 도 x 에 따라서 변하지 않고 일정하다. 대신에 월류위어부에서 본류의 유량 Q 가 x 에 따라 감소하므로, 횡월류위어의 단위길이(unit length of side weir) 당 월류량을 구할 수 있으며, 본류의 각 단면에 대하여 유량 Q 는 비에너지 E 가 일정하다는 가정으로부터 Eq. (6)이 구해진다.

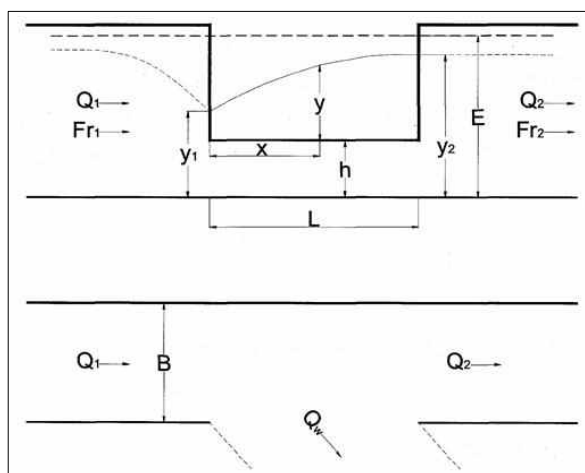


Fig. 13. Flow Mimetic Diagram of Side Weir

$$Q = B y \sqrt{2g(E-y)} \quad (6)$$

횡월류위어의 높이를 h 로 가정하여 x 에 대하여 정리하면 다음과 같은 Eq. (7)을 구할 수 있다.

$$\frac{dy}{dx} = \frac{4C_M \sqrt{(E-y)(y-h)^3}}{3B(3y-2E)} \quad (7)$$

$$x = \frac{3B}{2C_M} \Phi + \text{constant}$$

여기에서 Φ 는 De Marchi에 의해서 주어진 변화류 함수(varied flow function)이며 다음과 같다.

$$\Phi = \frac{2E-3h}{E-h} \frac{\sqrt{(E-y)}}{y-h} - 3 \sin^{-1} \sqrt{\frac{E-y}{y-h}} \quad (8)$$

횡월류위어의 상류단과 하류단을 각각 1과 2로 표현한다면, 상기 식에 의해 De Marchi 횡월류위어 유량계수 C_M 은 Eq. (9)와 같이 정리된다.

$$C_M = \frac{3}{2} \frac{B}{L} (\Phi_1 - \Phi_2) \quad (9)$$

일반적으로 횡월류위어의 월류량 Q_w 를 횡월류위어 유입전 유량 Q_1 에서 Q_2 를 제외한 값이라고 한다면 Eq. (10)과 같다.

$$Q_w = Q_1 - Q_2 = \frac{2}{3} C_M \sqrt{2g} \int_0^L (y-h)^{1.5} dx \quad (10)$$

여기서, 본류의 수심 y 는 횡월류위어 종방향 거리 x 의 함수이다.

일반적으로 대부분의 횡월류위어 유량계수 산정식들은

De Marchi 이론식이 1934년에 제안된 이후 De Marchi의 이론적 접근과 가정에 기초하여 최근까지 연구되고 있다.

본 화순홍수조절지 설계시 De Marchi 이론식의 C_M 을 0.5로 적용하여 횡월류위어의 규모를 결정하였다.

3.2.2 횡월류위어 수위-유량 곡선 및 유량계수

본 홍수조절지의 경우 수리모형실험에서 일정한 유량을 유입시키는 것과는 달리 시간이 경과될수록 유입유량도 수문곡선에 따라 변화 된다.

그러므로 수리실험에서 시간 변화에 따른 각 홍수조절지의 월류량을 검토하는 것은 불가능하여, 각 홍수조절지의 최대 월류량을 완전 월류 상태에서 검토하였다.

실험결과 1조절지의 경우 2조절지 월류고 EL. 66.0 m까지 최대 738.0 m³/s의 월류량이 발생되었으며, 2조절지는 200년 빈도 홍수위 EL.67.6m까지 최대 620.0 m³/s의 유량이 월류되는 것으로 나타났으며, 횡월류위어의 유량계수는 1조절지의 경우 0.67~0.72의 범위, 2조절지의 경우 0.78~0.97의 범위로 설계시 적용한 C_M 값 0.5를 상회하는 것으로 측정되었다. 각 조절지별 설계 월류량(1조절지 638 m³/s, 2조절지 234 m³/s)을 모두 초과하고 있어 횡월류위어의 월류능력은 양호한 것으로 나타났다(Fig. 14).

3.2.3 횡월류위어 주변 수리특성

화순 홍수조절지는 2개의 조절지로 구성되어 있으며, 각 조절지별 횡월류위어의 위어고를 달리하여 단계적으

로 홍수를 조절할 수 있도록 계획되었다.

따라서 횡월류위어 부근의 수리현상은 각각의 조절지가 다른 조절지를 월류하지 않는 수위에서 최대유속이 발생되므로 이 상태에서의 횡월류위어 부근 수리현상을 검토하였다.

제1조절지의 경우 제2조절지 월류부 천단 EL. 66m의 수위에서 횡월류위어 접근부의 유속을 측정하였다. 하천수로부에는 0.1~1.2 m/s로 느리게 분포되었으며, 월류부에서도 횡월류위어 정점에서 최대 3.34 m/s로 유속이 나타났다.

제2조절지의 경우 200년 빈도 홍수위에서 수로부에는 0.06~0.81 m/s로 느리게 분포되었으며, 월류부에서도 횡월류위어 정점에서 최대 2.77 m/s로 안정적인 유속결과를 보이고 있다.

월류부 수위의 경우 횡단별로 수면형의 차이가 심한 일반적인 횡월류위어와 달리 본 실험의 경우 횡월류 단면에서의 수위변화가 최대 5 cm미만(월류제 수평길이 대비 0.1% 미만)으로 수면형에 변화 없이 일정하게 월류되는 경향을 보이고 있다. 이는 주수로의 유속이 느려 횡월류위어 월류시 일반 위어의 월류형태와 유사하게 나타나는 것으로 판단된다(Figs. 15~16).

3.2.4 하천 및 홍수조절지 유황 검토

화순 홍수조절지는 2개의 조절지로 계획되어 홍수 내습시 하천수위가 EL. 63.7m 이상부터 1조절지로 유입되며, 1조절지가 만수 되면, 하천수위와 1조절지 수위가 동

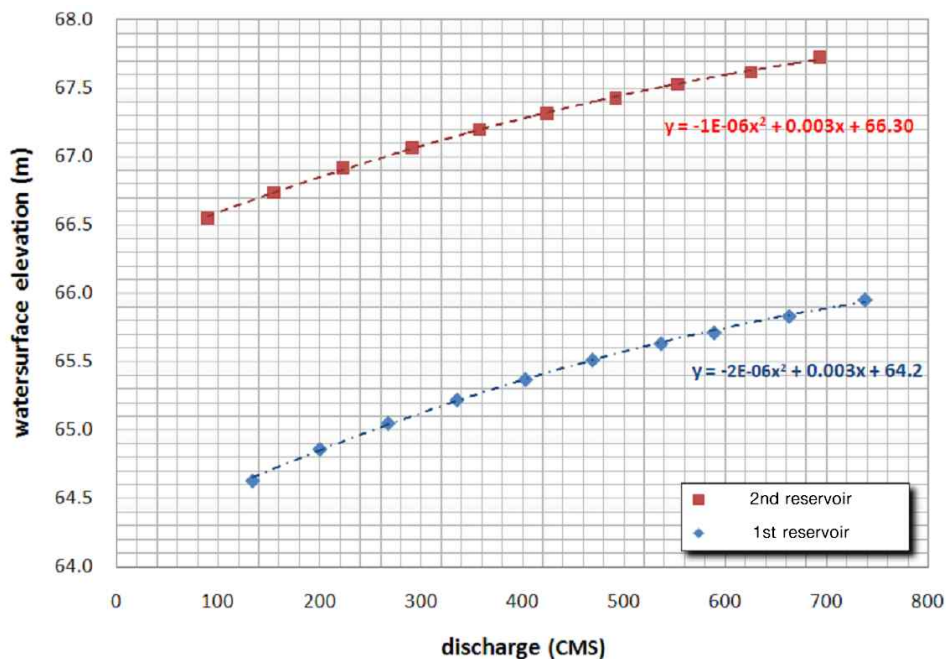


Fig. 14. Rating Curve of Side Weir

시에 상승하여 수위가 EL. 66.0 m 이상부터는 2조절지로 유입되어 200년 빈도 수위인 EL. 67.6m까지 하천수위와 조절지 수위가 동시에 상승되는 것으로 계획하였다.

따라서 본 실험에서는 200년 빈도 시 하천 및 조절지 특정지점의 유속을 관측하고(Fig. 17), 수위를 실시간 측정하여 하천과 조절지의 수위가 큰 편차 없이 동시에 상승되는지에 대해 검토하였다.

200년 빈도 시 수위가 EL. 67.6m로 유지될 때의 하천 및 조절지의 유속은 0.44m/s 이하로 매우 느린 유속분포를 나타내었으며, 축선별 수위변화도 거의 나타나지 않았다. 각 지점별 실시간 수위측정결과는 Fig. 18에서 볼 수 있듯이 제1조절지가 만수되어 하천수위와 제1조절지 수위가 동시에 상승되기 전까지 제수문(No. 3)부근에 비해 한지철교(No. 1)의 수위차가 0.1 m 정도 높게 나타나는 경

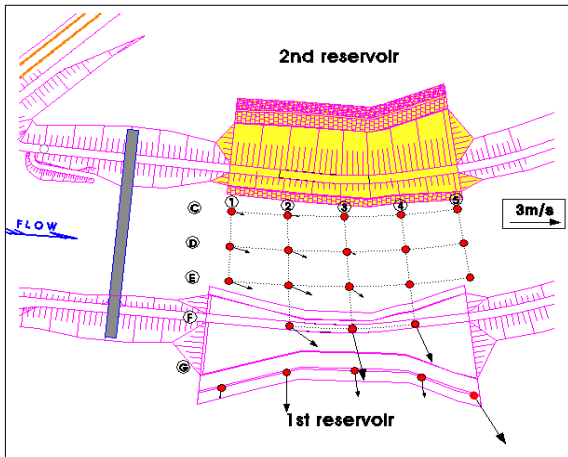


Fig. 15. Velocity Vector of 1st Reservoir

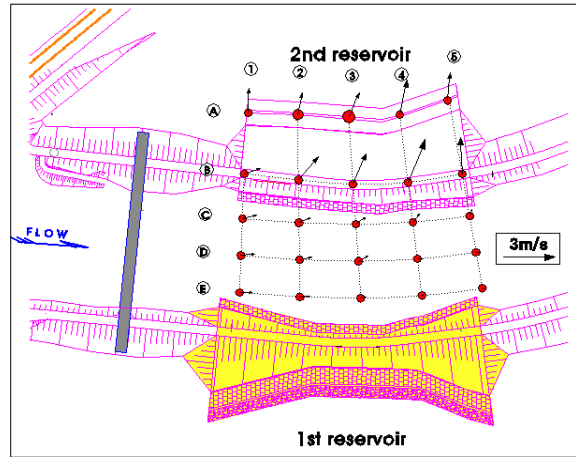


Fig. 16. Velocity Vector of 2nd reservoir

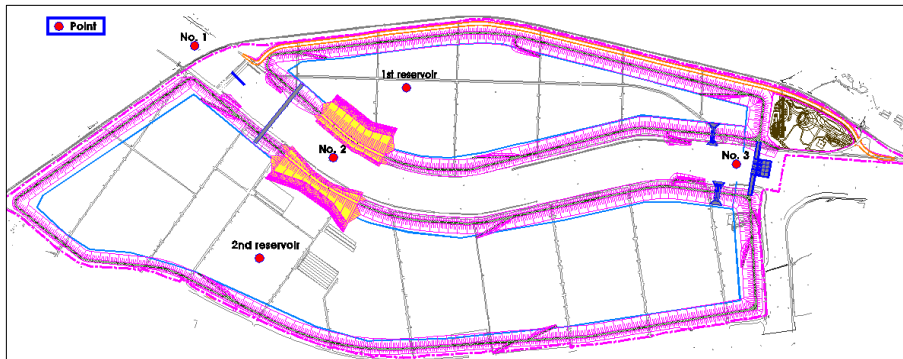


Fig. 17. Observation Points

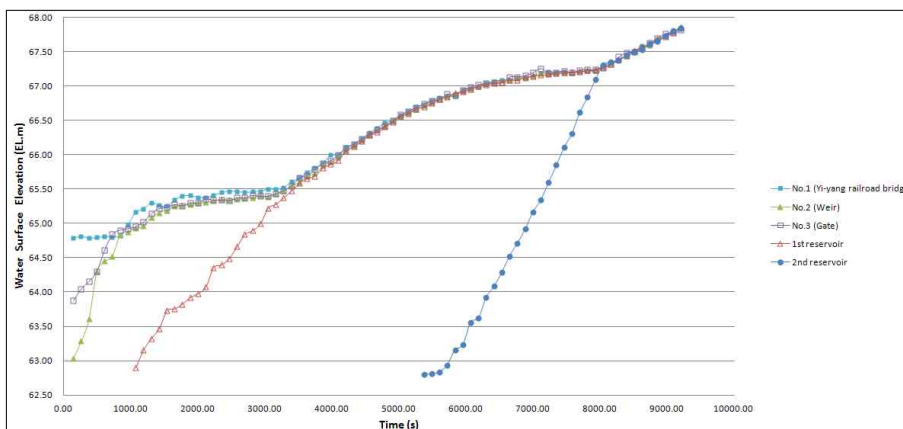


Fig. 18. Profile of Water Level at the Observation Points

향을 보였으나, 1조절지와 2조절지가 만수되어 동시에 수위가 상승하게 되면, 그 차이는 0.1 m 미만으로 수위가 거의 동일하게 상승되는 것으로 검토되었다.

4. 결 론

본 연구의 대상지역인 화순 홍수조절지는 지식천에 위치하고 하류에 송석천과 합류되어 일정 홍수량만을 하류로 통수 시켜야 하는 상황에 있어 횡월류위어식 저류지 2개와 제수문을 설치하여 제수문으로 일정량의 홍수량을 배제 시킴으로서 저류지와 하도의 일부가 저류효과를 가져올 수 있도록 계획되어 수리실험을 통해 설계의 적정성에 대해 분석하고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 횡월류위어를 통한 월류량은 설계상의 그것보다 월류능력이 우수한 것으로 나타났으며, 이는 월류위어 하류에 설치된 제수문으로 인해 일반적인 횡월류위어의 흐름형태가 아닌 일반 위어의 월류형태를 보임으로서 월류능력이 향상된 것으로 판단된다.
- 2) 제수문의 방류량 또한 계획홍수량을 충분히 배제시킬 수 있는 규모로 계획 되었으며, 저류지와 제수문을 복합적으로 운영하여 홍수시 방류량을 조절할 수 있다는 것은 하천홍수관리에 아주 유용하게 적용될 수 있을 것으로 예상된다. 그러나 방류량이 작을 경우 수문의 개도높이가 낮아서 방류시 하류에 빠른 유속을 발생시킬 수 있다. 이러한 부분에 대해서는 본 연구에서와 같이 baffle 블록을 설치함으로써 유속저감의 효과를 가져 올 수 있을 것이라 판단된다.

화순 홍수조절지와 같은 형식의 횡월류위어의 경우에는 하류 제수문으로 인해 주하도가 저류됨으로 유속이 느려져 횡월류위어에서 수면변화가 거의 없이 일반 위어의 수면형태로 월류되고 있다. 따라서 향후 횡월류위어의 규모 결정을 위한 유량계수 적용시 화순 홍수조절지와 같이 주하천유속이 느린 경우를 고려한 횡월류위어 유량계수의 산정에 대한 연구를 추가적으로 수행한다면 횡월류위어의 규모를 결정하는데 비교자료가 될 것으로 예상된다.

참고문헌

강수만, 박민지, 김상호, 김성준 (2007). “홍수범람모형을 이용한 침수피해 저감방안 연구: 진위천 하천구간을 대상으로.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제27권,

제6B호, pp. 583-590.
 건설교통부(2005). 천변저류지 기본계획 수립에 관한 연구. 건설교통부.
 박문형, 이동섭(2010). “광정횡월류위어의 월류량 산정식 개발.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제43권, 제6호, pp. 525-531.
 안태진, 강인용, 백천우(2008). “수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적위치 선정을 위한 의사결정모형의 개발.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제41권, 제7호, pp. 725-735.
 이동섭, 김창완 (2008). “폭이 넓은 개수로에서의 예연횡월류위어 유량계수 산정.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제28권, 제5B호, pp. 449-458.
 진경수, 김원, 윤병만 (2006). “천변저류지 홍수조절 효과의 불확실성 분석.” **대한토목학회 학술발표회논문집**, 대한토목학회, pp. 233-236.
 (주)한양 (2010). 화순홍수조절지 건설사업 기본 및 실시설계 보고서.
 한건연, 김지성, 백진규, 박홍성 (2005). “하천에서 천변저류지의 홍수저감효과 분석.” **대한토목학회 학술발표회논문집**, 대한토목학회, pp. 167-178.
 Borghei, S.M., Jalili, M.R., and Ghodsian, M. (1999). “Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow.” *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 125, No. 10, pp. 1051-1056.
 Bureau of Reclamation, U.S. Department of the Interior. (1980). “*Hydraulic Laboratory Techniques*.” Bureau of Reclamation, Denver, Colorado.
 Collinge, V.K. (1957). *The Discharge Capacity of Side Weirs*, *Hydraulics Paper No 13*. Symposium of Four Papers on Side Spillways.
 De Marchi, G. (1934). *Open channel hydraulics*, McGraw-Hill, New York.
 Henderson, F.M. (1966). *Open channel flow*, MacMillan Pub, Co. Inc., New York.
 Range Raju, K.G., Pasad, B., and Gupta, S.K. (1979). “Side weir in rectangular channel.” *Journal of Hydraulics Division*, Vol. 105, No. 5, pp. 547-554.

논문번호: 11-129	접수: 2011.11.30
수정일자: 2012.02.24/04.30	심사완료: 2012.04.30