

하천의 치수-환경기능 복합 고려 수리시설물 사전평가 방법에 관한 연구

이태근, 심규성*
동부엔지니어링 수자원본부

A Study on the ex-ante Hydraulic Facilities Assessment Techniques Combinedly Considering Flood Control - Environmental Functions

Tae-Geun Lee, Gyoo-Seong Sim*
Water Resources Dept., Dongbu Engineering Co., Ltd.

요약 하천에는 다양한 시설물이 존재하며 상호복합적으로 작용하여 여러 가지 순기능, 역기능으로 발현된다. 이 중 하천을 연속적으로 횡단하는 보는 홍수기 홍수위 상승, 평수기 하천유지유량 및 수심확보 등 다양하게 작용한다. 하지만 지금까지 보 계획은 홍수량 소통시 홍수위와 여유고 확보여부만을 검토하는 치수관점에 국한된 평가를 토대로 수행되었고, 최근 들어 하천에 대한 환경기능 확보에 대한 요구가 증대되고 있다. 이런 이유로 하천의 환경생태유량에 대한 필요성이 대두되고 있다. 그럼에도 불구하고, 하천 내 수리시설물 계획 시 환경생태유량을 적용한 환경기능적 측면의 분석 및 평가가 부재한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 치수뿐만 아니라 하천환경을 복합적으로 고려한 시설물 평가 및 계획 기법을 개발하고, 체계화하고자 하였다. 경기도 구리시 왕숙천 내 돈뎛보를 대상으로 환경생태유량을 도입하여 현황, 철거, 시설물 재설치 case별로 수리분석을 통해 평가하였다. 이와 동시에 주변 하천 시설물 현황을 고려하여 영향성을 최소화 할 수 있도록 하였으며 기존 치수관점의 홍수위 평가도 함께 수행하였다. 그 결과 기존 보를 자연형 여울로 재설치 하는 계획을 도출하였으며 치수, 하천환경적 측면에서 타당성과 주변 하천 시설물의 영향을 최소화할 수 있다는 결과를 도출하였다. 본 연구의 성과가 향후 하천 시설물 계획 시 활용되면 하천의 치수, 환경기능을 복합적으로 확보할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract Various facilities in the river working in a complex interdependence network result in both desired and adverse effects. Among these, the weir crossing the river continuously acts in various ways, such as securing river maintenance flow and water level during dry-period, and rising flood level during rainy period. Until now, weir planning was only limited to flood mitigation management. Recently, the demand for securing river environment functions is increasing. Therefore, the necessity for an environmental flow has emerged. Nevertheless, there is no analysis and evaluation of the ecological functional aspects applying the environmental flow when planning facilities. Therefore, this study aimed to develop and systematize an assessment method that considers not only flood control but also river environment. Environmental flow was applied to the weir named Dondaet-bo and hydraulic analysis was conducted for each retention, demolition, and re-installation case. Also, this research was conducted to minimize the impact on the surrounding river facilities and flood assessments from previous perspectives were performed. The study result demonstrated a plan to reinstall the weir as a natural riffle. Through this study, it is expected that the flood control and environmental functions of rivers can be secured in combination.

Keywords : Environment Flow, Flood Control-River Environment, Hydraulic Analysis, River Plan, Natural Riffle

본 논문은 국토교통부/국토교통과학기술진흥원 지원으로 수행되었음(과제번호 20AWMP-B121100-05).

*Corresponding Author : Gyoo-Seong Sim(Dongbu Engineering Co., Ltd.)

email: filwiths@dbeng.co.kr

Received July 15, 2020

Revised September 11, 2020

Accepted October 5, 2020

Published October 31, 2020

1. 서론

우리나라의 도시하천은 급속한 산업화와 도시화로 홍수범람이 있었던 홍수터를 적극적으로 개발하여 인공적인 제방 축조 및 하도 정비를 통한 하천의 이수적인 기능만을 극대화 하였다[1]. 따라서 오늘날 도시화로 인한 유역 내 불투수층의 증가는 자연상태의 보수(保水) 및 유수(遊水) 기능을 크게 저하시키게 되고, 총 유출량 및 침투 유출량의 증가, 홍수 도달시간의 단축과 같은 유출양상의 변화를 초래해 하천의 치수능력을 저하시킨다.

또한 최근 빈번하게 발생되고 있는 국지성 호우로 인하여 지역별 강우 강도 및 빈도의 예측이 어려워짐에 따라 강우 분석을 위한 다양한 기술이 필요해졌으며, 특히 하천에서 치수 안전을 확보할 수 있는 평가 기법이 지속적으로 요구되고 있다. 그러므로 국지적 이상호우에 따른 하천의 치수 안전도를 분석하고 대책을 마련하는 것은 매우 중요하다.

최근 하천의 수리적 특성, 물리구조, 생물, 수질, 어메니티 등 종합적인 평가를 바탕으로 통합적 하천환경 관리가 이루어지고 있으며, 하천복원 사업에 있어 생태적 평가를 통합적으로 고려하기 위한 유역단위 및 과정 중심의 접근법을 반영한 새로운 평가방법들이 눈에 띄게 증가하고 있다.

대표적으로 하반역 서식처 평가(RHA: Riparian Habitat Assessment), 형태학적 평가(MA: Morphological Assessment), 수문학적 변동 평가(HRA: Assessment of Hydrological Regime Alteration)가 있다[2].

하천 치수사업은 유역 내 치수시설의 정비를 통하여 하도의 홍수를 조절하고, 유역의 유수 및 보수기능을 유지함으로써 장래에 발생할 수 있는 홍수에 의한 피해를 최소화시키는 것으로, 많은 연구가 수행되었다.

이에 대한 국내에서 수행된 연구를 살펴보면 송주일 등(2008)은 현재의 하천상태를 진단할 수 있는 도시하천 평가기법을 제시하였으며, 10개의 평가부문 내 53개의 평가항목을 제시하고 이를 AHP 분석을 실시하였다[3]. 정태준 등(2013)은 도시하천 공간계획 배분을 위한 도시 내 자연형 하천의 평가요소 결정 및 평가방법을 제시하였으며, 제내지 토지이용, 주변층고, 녹지거리, 식생유형, 역사문화시설 등을 하천평가요소로 선정하였다[4]. 김광수 등(2014)은 도시하천의 자연도 평가를 위해 제방형태, 하도 다양성, 수질, 친수시설 이용도 등 14가지 요소를 선정하였으며[5], 홍일 등(2014)은 하천개수 전·후 하천공간의 생태기능을 분석하기 위하여 제방의 유·무, 사

행도, 횡구조물, 제내지 토지이용 등 4가지 하천환경 평가요소를 채택하였다[6]. 허만규(2013)는 황강 수생태계 하천자연도 평가를 위해 하천만곡도, 종횡사주, 하상재료, 식생 등 14개의 하천평가 요소를 선정하였다[7]. 이재혁 등(2016)은 대규모 하천의 평가를 위하여 하천 시설물에 대하여 11개의 세부적 요소를 기반으로 평가하였고[8], 전승훈 (2016)은 국내 하천환경평가체계의 문제점을 서술하고 일본의 하천구간 분류법을 적용하여 국내 하천환경 특성에 적합한 하천환경평가체계를 정립하였다[9]. 그리고 이형숙(2018)은 하천 내 친수환경 평가체계 구축 연구를 진행하였으며, 평가요소로는 저수로폭, 둔치폭, 상시수위, 수질 등 15개요소를 기반으로 평가하였다[10].

그리고 최근에는 하천환경에 미치는 영향을 고려한 홍수위험 관리의 측면으로 홍수위험관리에 대한 패러다임이 변화되고 있다. 그 중 하천을 구성하는 다양한 시설 중에서 취수보는 주변 농경지 등에 용수를 공급하기 위한 이수기능을 담당하고 있으며, 하상세굴, 하상저하 및 국부세굴을 방지하고 구조물을 보호하는 치수적인 기능을 갖고 있다.

또한 하천의 환경기능적 확보에 대한 중요성이 대두됨에 따라 하천에 설치된 횡단시설물인 보와 낙차공 등은 상·하류 연속성을 저해한다는 이유로 철거하는 것을 지향하고 있으며, 치수기능적 측면으로는 홍수흐름의 신속한 배제와 불연속 흐름의 안정화를 통해 하천시설의 안전성을 확보하기 위해서 하상변동에 영향이 없는 경우 철거하거나 개량하는 것을 추천하고 있다.

경우에 따라 도시하천 또는 전원하천에서는 기능이 다하여도 이수(친수)기능을 고려하여 철거하지 않고, 가동보 또는 자연형 여울로 개량하여 설치하기도 한다. 그 이유는 하천에 설치된 횡단시설물은 다양한 역할을 담당함에 따라 치수, 환경기능적 측면에서 매우 복합적으로 작용하며 다양한 순기능 및 역기능으로 발현되기 때문이다. 따라서 하천정비계획 및 설계 시 횡단시설물에 대한 분석 및 평가는 치수기능뿐만 아니라 환경기능적 측면을 복합적으로 고려하여 수행되어야 한다.

치수기능적 측면의 평가는 시설물이 설치되는 지점에 대한 홍수위와 여유고 기준의 합이 해당지점의 제방고 이하로 만족하는지에 대한 검토를 통해 이루어지고 있다. 반면에 평·저수기에 수리시설물 설치 유·무에 따라 상류 일정구간까지 수심, 유속, 수표면적에 영향이 미치고, 이는 이수, 환경측면과 밀접한 연관을 갖으나 환경기능적 측면의 평가는 환경영향을 최소화한 상태에서 수생태계의 건강성 보존 및 복원을 목적으로 수행되지만 평가에

대한 명확한 절차나 방법, 기준에 대한 제시가 부재한 것이 현실이다.

또한 환경생태유량 개념의 도입 및 적용에 있어 하천 수생태계에 대한 조사를 통해 해당 하천의 어류 중에서 우점종, 아우점종 또는 과거 서식하였던 어류를 기준으로 치어시와 성어시 필요한 수심을 설정하여 시설물의 높이를 검토하는 과정이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 하천 횡단시설물 계획 및 설계 시 치수, 환경기능적 측면을 연계 고려할 수 있는 분석 및 평가 기법을 제시하였으며, 이에 대한 방법 및 절차를 체계화 하였다.

2. 연구방법

2.1 환경생태유량

환경생태유량은 여러 국가에서 하천유지유량 산정시 생태계를 고려하기 위해 물고기를 대상으로 분석을 시도한다. 이는 물고기가 수생태계에서 상위 포식자의 위치에 있으므로 물고기의 서식에 적합한 유량과 제반 조건이 갖추어 진다면 기타 하위 생태계를 구성하는 생물들도 서식할 수 있다는 가정에서 출발한다[11].

환경생태유량은 농·공업적 목적, 생활 및 여가 측면에서 산정되는 용수량과는 달리 자연 상태에서 하천 내에 유지되어야 하는 유량이며, 하천의 장기적인 가치를 증진시키기 위해 적절한 생태유량의 산정 및 확보를 위한 연구는 현재까지 지속적으로 실시되고 있다.

환경생태유량의 목표는 설계 및 계획 생태계 유지, 구성인자 요구 반영, 다양한 사용목적에 따른 유량 및 흐름 영역 등에 따라 다양하게 정의될 수 있다. 환경생태유량 목표 설정을 위한 방법론은 수문 분석법, 개략 수리분석법, 의사결정 방법 등 국가별로 다양한 기법이 존재하며, 활용하는 목적 및 사회적 환경에 따라 산정방법은 차이를 보인다[12].

최근 우리나라 환경부에서는 생태하천복원사업 업무 추진 지침에서 수생태 건강성이란 “수생태계를 구성하고 있는 물리적·화학적·생물적 요소들이 최적으로 유지되어 온전한 기능을 발휘할 수 있는 상태를 말한다.”고 정의하고 있다.

또한, 수생태계 건강성을 유지하기 위한 환경생태유량을 “수생태계의 건강성 유지를 위하여 필요한 최소한의 유량”으로 정의함으로써 인간의 물이용 외에도 하천의 환경과 생태계 보전을 동시에 고려한 유량의 개념을 도

입하였다.

따라서 본 연구에서는 환경생태유량 산정을 통해 왕숙천의 우점종을 대상으로 최소 수심 확보 및 건진배수펌프장의 효율적 가동 여부에 대하여 분석하였다.

2.2 HEC-RAS 모형

HEC-RAS 모형은 1970년대 미국육군공병단 (Hydrologic Engineering Center)에서 자연 하천이나 인공하천에서 1차원 흐름이며 바닥경사가 완만하다는 (1:10 이내) 가정 하에 정상류 상태의 수면곡선을 계산하기 위하여 개발된 수리모형이다[13].

복잡한 하도망에 대해서 해석 가능한 1차원 하천모형으로 실무에서 널리 사용되고 있으며, 부등류 수치해석기법으로는 표준축차법을 이용하고 있다. 표준축차계산법을 이용하여 반복적인 계산으로 각 단면에서의 미지의 수위를 계산하며, 두 단면 사이의 마찰에 의한 에너지 손실수두를 고려하여 수치해를 산정한다.

본 연구는 환경생태유량 및 계획홍수량을 적용하여 특정지점(하천기본계획 기준 지점)에 대한 수위의 최소 또는 최대값을 통해 하천계획 시 횡단시설물에 대한 사전평가를 목적으로 하고 있으며 「하천설계기준(국토교통부, 2018)」에서 하도 형상이 복잡하여 흐름의 거동을 1차원으로 취급할 수 없는 경우에 필요에 따라 별도 특별한 검토(2차원 부정류 계산, 수리실험 등)를 실시하도록 규정하고 있는데 본 연구대상인 왕숙천 돈뎛보 구간은 직선화된 구간이고, 횡단형상이 단순함에 따라 1차원 해석을 수행하였다[14].

다음 Fig. 1은 HEC-RAS 모형의 계산과정을 나타낸 것이며, Eq. (1)과 Fig. 2는 에너지 방정식에 대한 도해를 나타낸 것이다.

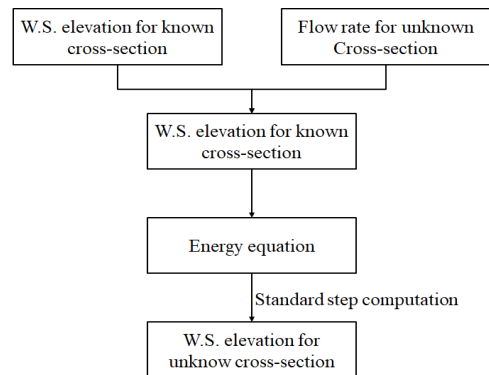


Fig. 1. Computational Process of HEC-RAS

$$Y_2 + Z_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

Where, Y_1, Y_2 = Cross Section Depth (m)
 Z_1, Z_2 = Bed Elevation (m)
 V_1, V_2 = Velocity (m/sec)
 a_1, a_2 = Weighting Factors
 g = Acceleration of Gravity
 h_e = Energy Head Loss (m)

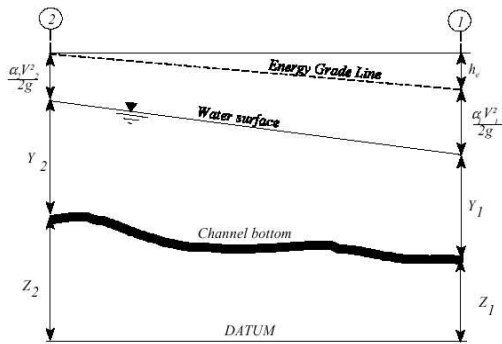


Fig. 2. Diagram of Energy Equation

2.3 연구 대상유역 선정

본 연구에서 수리시설물 평가를 위하여 남양주시에서 농업용수 취수 목적 상설과 다산신도시에 신설된 진건배수펌프장이 강우시 돈댁보의 수위 영향을 받아 가동빈도가 증가하는 운영상의 어려움에 따라 구리시, 남양주시에서 경기도에 돈댁보 철거를 건의하였으나, 한국환경공단에서는 보철거시 왕숙천의 생태수심 확보와 진건배수펌프장 방류구에 설치된 식생수로의 수심확보 부 불가하다는 의견을 제시함에 따라 돈댁보 철거시 문제점 및 수위변화를 연구하기 위하여 왕숙천에 위치한 돈댁보를 대상으로 선정하였다.

왕숙천의 유역 형상은 대체적으로 수지상을 이루고 있으며, 경기도 포천시 내촌면 신팔리 수원산에서 발원하여 47번 국도를 만나 남서방향으로 평행하게 유하하다 좌안 측에서 유입되는 진건천과 합류하여 본류인 한강의 우안 측으로 유입한다.

유역면적은 275.29km²이며, 유로연장이 37.76km인 지방하천으로 유역평균폭은 7.29km, 평균경사는 26.05%이다. 다음 Table 1은 위의 내용을 정리한 것이며, Fig. 3은 대상유역에 대하여 도시한 것이다.

Table 1. Target River Overview

River name	Watershed Area(km ²)	River Length (km)	Watershed Width(km)	Mean Slope(%)
Wangsuk-Cheon	275.29	37.76	7.29	26.05



Fig. 3. Study area : Dondaet-bo in Wangsuk-cheon basin, Namyangju.

2.4 하도 및 유역특성

본 연구에서는 대상유역의 홍수량은 「왕숙천 등 3개 하천 하천기본계획(경기도, 2013)」에서 산정된 계획홍수량을 대상유역의 구간별로 적용하였으며, 한강 합류점에서 용암천 합류점까지는 100년 빈도, 용암천 합류점에서 봉선사천 합류점까지는 80년 빈도, 봉선사천 합류점에서 과업시점까지는 50년 빈도로 설정되어 있다[15]. 빈도별 홍수량은 1,985~2,470m³/s이며, 다음 Table 2는 위의 결과를 정리한 것이다.

Table 2. Watershed Area, Design Frequency, Design Flood Discharge at Major Point in Wangsuk-Cheon

Main Point	Measuring Point (No.)	Design Frequency (year)	Design Flood Discharge (m ³ /s)
Wangsuk-Cheon end point	0+000	100	2,470
Before joining yongamcheon	7+375	80	1,985
Before joining saleungcheon	9+005	80	1,740
Before joining Yongjeong-Cheon	12+700	80	1,720
Before joining Jingeon-Cheon	16+730	80	1,425
Before joining Geumgog-Cheon	18+700	80	1,385
Before joining Bongseonsa-Cheon	21+310	50	625

환경생태유량 적용 시 기초자료로 활용하기 위하여 왕숙천 유역에 대하여 유형분석을 수행하였다. 왕숙천 유역 내 퇴적원 수위관측소의 자료를 이용하였으며, 대상구간 내 수위-유량관측소가 존재하지 않는 관계로 유역면적을 활용한 비유량법을 이용하였다. 그 결과 갈수량은 0.496, 저수량은 1.201, 평수량은 2.368 및 풍수량은 7.961으로 산정되었으며, 다음 Table 3에 정리하였다.

Table 3. Result of Flow Duration Analysis in Wangsuk-Cheon

RIVER	Wangsuk-Cheon	Toegyewon Station
Flow over 95 days per year	7.961	5.847
Flow over 185 days per year	2.368	1.739
Flow over 275 days per year	1.201	0.882
Flow over 355 days per year	0.496	0.364
Standard Minimum Flow	0.272	0.2
Remarks	-	Wangsuk-Cheon (Local river)

2.5 Case별 수리분석

하천의 치수 및 환경기능 확보 목적의 시설물 설치 계획 수립을 위해 HEC-RAS 모형을 이용하여 유량과 시설물의 조건에 따른 수리분석을 수행하였다.

유량 조건은 다음 Table 4와 같이 환경생태유량 및 계획홍수량을 적용하였으며, 시설물 조건으로는 현황, 철거, 자연형 여울 재설치로 총 6개의 Case로 분류하여 수리분석을 수행하였다.

Table 4. Case of Hydraulic Analysis According to Flow Rate and Facility Conditions

Facility	Discharge	Environmental Flow	Design Flood Discharge
Retention		Case 1	Case 3
Demolition		Case 2	Case 4
Natural riffle		Case 5	Case 6

3. 연구결과 및 고찰

왕숙천 하류부에 위치한 돈뎃보 지점은 홍수시 수위

상승으로 인해 제방 증고가 필요하나 하천주변 개발로 인해 개수계획이 불가하여 하도유량에 따른 수문개폐가 가능한 부분가동보로 개량하는 것으로 설계되었다.

이와 비슷한 시기에 인근 지역에 다산신도시가 조성되면서 침수방지를 위한 진건배수펌프장이 건설되었다. 그러나 현재 고정보인 돈뎃보가 담수된 상태에서는 진건배수펌프장과 수로박스 유출부가 물에 잠기게 되어 내수배제가 곤란한 실정이며, 부분 가동보로 개량한 후에도 평수위에서 보 상단까지 담수가 되므로 역시 유출부 바닥보다 수위가 높게 형성되므로 현재 고정보를 가동보로 부분 개량한다 하더라도 동일한 문제가 발생하게 된다. 이로 인해 진건배수펌프장은 강우로 인하여 유량이 조금만 증가하더라도 해당 구간의 수위가 유출부 최저 높이를 초과하여 불필요한 잦은 펌프장 가동이 발생하고 있는 실정이다.

이 문제를 해결하기 위해서는 가동보를 상시 개방을 해야하나, 이럴 경우 왕숙천과 식생수로는 생태환경수심을 확보하지 못하게 된다.

또한 돈뎃보의 이용현황이 설계 당시 조건과 상이하여 가동보로 개량할 경우 인접 하도를 포함한 전면적에 대한 재정비가 필요한 상황으로 기존 농업목적의 취수기능을 상실한 돈뎃보의 철거 여부에 대한 연구가 필요하다.

3.1 돈뎃보 철거에 따른 영향 분석

「왕숙천 등 3개하천 하천기본계획(경기도, 2013)」 및 「왕숙천(구리) 고향의 강 정비사업 실시계획(경기도, 2018)」에서 산정된 왕숙천 유역의 갈수량을 인간의 물 이용 이외에 수생태계의 건강성 유지를 위하여 필요한 최소한의 유량인 환경생태유량으로 적용하여 HEC-RAS 모형을 이용하여 수리분석을 수행하였다[16].

3.1.1 돈뎃보 철거 환경생태유량 적용

환경생태유량은 「하천 수생태계 현황 조사 및 건강성 평가(Ministry of Environment, 2017)」에서 조사된 왕숙천의 어류 중 우점종(피라미, 46.35%)과 아우점종(돌고기, 8.32%)의 번식 및 생존을 위한 수심(치어시 0.1~0.3m, 성어시 0.2~0.5m)이 확보 될 수 있는 기준으로 산정하였다[17].

Table 5는 환경생태유량을 적용하여 수리분석한 결과를 정리한 것이며, Fig. 4는 Case1과 Case2에 대한 수심 및 수위 변화를 도시한 것이다.

Table 5. Result of Hydraulic Analysis before and after Dondaet-bo Demolition by Environmental Flow

Measuring Point (No.)	Environmental Flow (m³/s)	Deepest Bed Elevation (EL.m)	Water Level (EL.m)			Depth(m)			Remarks
			Before Demolition ①	After Demolition ②	②-①	Before Demolition ①	After Demolition ②	②-①	
6+165	0.496	16.30	16.44	16.44	16.44	0.14	0.14	0.14	Downstream
6+180	0.496	17.19	17.30	17.30	17.30	0.11	0.11	0.11	Wangsuk 2 Diving Bridge
6+255	0.496	17.40	17.44	17.44	17.44	0.04	0.04	0.04	
6+297	0.496	17.75	19.46	17.78	-1.68	1.71	0.03	-1.68	Dondaet-bo
6+365	0.496	18.41	19.46	18.47	-0.99	1.05	0.06	-0.99	
6+465	0.496	18.25	19.46	18.50	-0.96	1.21	0.25	-0.96	
6+570	0.496	18.69	19.46	18.74	-0.72	0.77	0.05	-0.72	
6+680	0.496	18.39	19.46	18.76	-0.70	1.07	0.37	-0.70	
6+790	0.496	18.44	19.46	18.77	-0.69	1.02	0.33	-0.69	
6+895	0.496	18.29	19.46	18.77	-0.69	1.17	0.48	-0.69	
7+000	0.496	18.65	19.46	18.77	-0.69	0.81	0.12	-0.69	
7+105	0.496	19.05	19.46	19.13	-0.33	0.41	0.08	-0.33	
7+146	0.496	17.83	19.46	19.15	-0.31	1.63	1.32	-0.31	Wangsuk 3 Diving Bridge
7+215	0.496	18.35	19.46	19.15	-0.31	1.11	0.80	-0.31	
7+250	0.496	17.82	19.46	19.15	-0.31	1.64	1.33	-0.31	Sano-Gyo
7+325	0.496	18.77	19.46	19.15	-0.31	0.69	0.38	-0.31	
7+415	0.451	18.66	19.46	19.15	-0.31	0.80	0.49	-0.31	
7+495	0.451	18.64	19.46	19.15	-0.31	0.82	0.51	-0.31	
7+595	0.451	18.90	19.46	19.15	-0.31	0.56	0.25	-0.31	
7+715	0.451	18.62	19.46	19.16	-0.30	0.84	0.54	-0.30	
7+820	0.451	19.50	19.58	19.58	0.08	0.08	0.08	0.08	
7+925	0.451	19.40	19.68	19.68	0.28	0.28	0.28	0.28	
8+030	0.451	19.76	19.87	19.87	0.11	0.11	0.11	0.11	Upstream

Table 6. Result of Hydraulic Analysis before and after Dondaet-bo Demolition by Design Flood Discharge

Measuring Point (No.)	Design Flood Discharge (m³/s)	Design Flood Level (EL.m)	Calculated Flood Level (EL.m)			Flow velocity(m/sec)			Remarks
			Before Demolition ①	After Demolition ②	②-①	Before Demolition ①	After Demolition ②	②-①	
6+165	2,470	23.12	23.12	23.12	-	2.26	2.26	-	Downstream
6+180	2,470	23.14	23.14	23.14	-	2.73	2.73	-	Wangsuk 2 Diving Bridge
6+255	2,470	23.22	23.22	23.22	-	2.50	2.50	-	
6+297	2,470	23.39	23.39	23.26	-0.13	2.41	2.48	0.07	Dondaet-bo
6+365	2,470	23.41	23.35	23.21	-0.14	2.92	3.01	0.09	
6+465	2,470	23.43	23.43	23.30	-0.13	3.09	3.19	0.10	
6+570	2,470	23.58	23.58	23.47	-0.11	3.04	3.11	0.07	
6+680	2,470	23.69	23.69	23.60	-0.09	3.20	3.27	0.07	
6+790	2,470	23.83	23.84	23.75	-0.09	3.29	3.36	0.07	
6+895	2,470	24.00	24.00	23.94	-0.06	3.24	3.29	0.05	
7+000	2,470	24.15	24.15	24.10	-0.05	3.20	3.23	0.03	
7+105	2,470	24.22	24.22	24.17	-0.05	3.52	3.56	0.04	
7+146	2,470	24.60	24.60	24.57	-0.03	2.73	2.75	0.02	Wangsuk 3 Diving Bridge
7+215	2,470	24.76	24.58	24.55	-0.03	3.11	3.13	0.02	
7+250	2,470	24.84	24.84	24.81	-0.03	2.77	2.79	0.02	Sano-Gyo
7+325	2,470	24.94	24.94	24.91	-0.03	2.50	2.52	0.02	
7+415	1,985	24.97	24.91	24.88	-0.03	3.04	3.06	0.02	
7+495	1,985	25.00	25.00	24.97	-0.03	3.05	3.06	0.01	
7+595	1,985	25.05	25.05	25.02	-0.03	3.38	3.40	0.02	
7+715	1,985	25.28	25.28	25.25	-0.03	3.20	3.22	0.02	
7+820	1,985	25.40	25.40	25.38	-0.02	3.21	3.22	0.01	
7+925	1,985	25.64	25.64	25.62	-0.02	2.88	2.89	0.01	
8+030	1,985	25.85	25.85	25.83	-0.02	2.50	2.51	0.01	Upstream

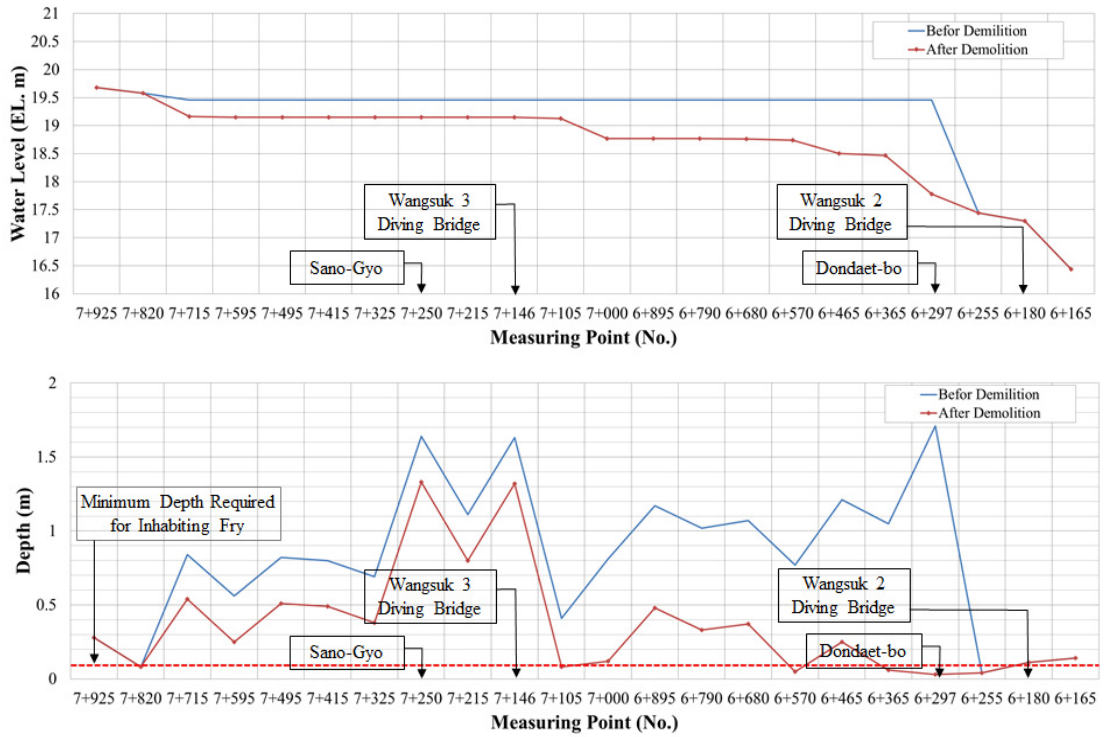


Fig. 4. Result of Hydraulic Analysis before and after Dondaet-bo by Environmental Flow

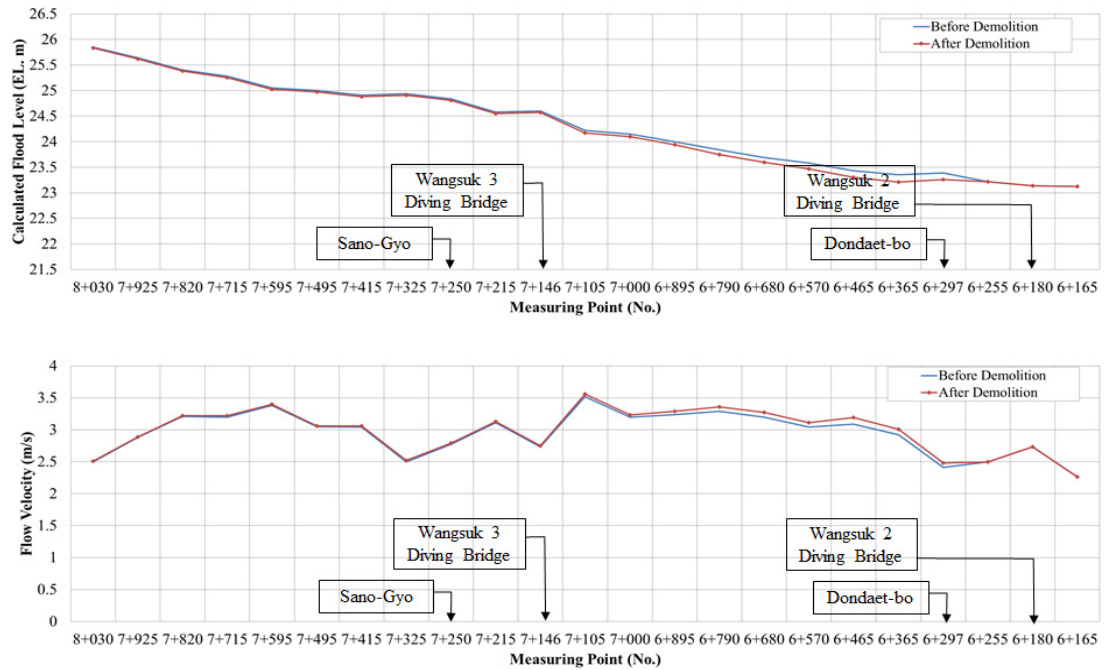


Fig. 5. Result of Hydraulic Analysis before and after Dondaet-bo Demolition by Design Flood Discharge

그 결과 돈뎃보를 현황 그대로 존치시 평상시 수위는 돈뎃보에서 상류구간(No. 6+297 ~ 7+715)의 약 1.418m에서 EL.19.46m로 일정하게 유지되며, 수심은 0.41m에서 1.71m를 확보할 수 있는 것으로 분석되었다(Case 1).

돈뎃보를 철거할 경우 수위는 EL.17.78~19.16m로 해당구간의 수심은 0.03~1.33m로 존치할 때와 비교하여 0.30~1.68m 정도 수위가 저하되며, 보 하류측 수위 영향은 없는 것으로 분석되었다(Case 2).

분석결과를 종합하면 돈뎃보를 지금 상태로 존치할 경우, 왕숙천 우점종 및 아우점종의 어류 번식을 위한 최소 수심인 0.1m의 확보가 가능할 것으로 분석되었으나 하도의 종단적 공간 연속성을 단절 시킬 것으로 판단된다.

3.1.2 돈뎃보 철거 계획홍수량 적용

돈뎃보 철거 전·후에 대한 치수기능적 측면 평가를 위해 동일한 하도 및 시설물 조건에서 계획홍수량을 적용하여 수리분석을 수행하였다.

왕숙천의 계획홍수량을 적용하여 홍수위를 산정한 결과 돈뎃보 철거시 돈뎃보 존치시 보다 홍수위가 0.01~0.14m 저하되는 것으로 나타났으며, 돈뎃보 철거 상류 지점에서 최대 0.14m의 수위가 저하되는 것으로 분석되었다. 돈뎃보 철거에 따른 유속변화는 상류까지 영향을 미치며, 유속 변화의 범위는 존치시 2.14~3.52m/s와 철거시 2.14~3.56m/s로 크게 변화가 없는 것으로 분석되었다(Case 3 & Case 4). Table 6은 돈뎃보 철거 전·후에 대해 계획홍수량을 적용하여 수리분석을 수행한 결과를 정리한 것이며, Fig. 5는 Case3과 Case4에 대한 홍수위와 유속의 변화를 도시한 것이다.

돈뎃보를 철거할 경우(Case 2 & Case 4) 진건배수펌프장의 유출부 바다고 확보를 통한 불필요한 작동을 감소시킬 수 있으나 3.1.1에 제시한 바와 같이 평수시 하천 수위를 감소됨에 따라 환경생태수심이 확보되지 않아 수생물 및 어류생존구간 단축 등 하천환경기능을 저해하는 요소로 작용될 것이다.

따라서 계획홍수량에 대한 홍수위 저하 및 진건배수펌프장 유출구 이하의 하상고 확보, 수생태계 보존을 위한 최소수심 확보, 하도 상·하류구간 종단적 연속성 확보가 가능한 방안으로 현재 콘크리트 고정보 형식인 돈뎃보를 자연형 여울로 개량하는 방안에 대해 분석하였다.

3.2 자연형 여울 설치에 따른 영향 검토

자연형 여울은 고정보에 비하여 수중폭기 작용으로 인해 수질개선 효과가 있으며 별도의 어도설치 없이 어류의 이동성을 확보할 수 있다. 또한 하천의 친수기능 중 하나인 경관확보에 용이한 하천시설로 이며 그 형태는 아래 Fig. 6과 같다.



Fig. 6. Natural Riffle

3.2.1 자연형 여울 설치 환경생태유량 적용

돈뎃보 철거 후 수생태계에 미치는 영향과 인접 하천 시설물 영향을 최소화하기 위해 보 상류에 위치한 배수 BOX(No.6+300 지점, 3련, 하단 EL.19.14m)와 진건배수펌프장 유출BOX(No.6+440 지점, 하단 EL.18.64m)의 유출부 표고를 고려하여 상단고 EL.18.40m의 자연형 여울로 변경 설치할 경우 상류의 1,275m(NO.7+715 지점)까지 상시수위의 변화가 나타나는 것으로 분석되었다.

자연형 여울 설치와 하도정비를 통해 돈뎃보에서 상류 703m(No.6+297 ~ No.7+000 지점)까지 0.12 ~ 0.67m의 수심확보가 가능하며, 최소필요수심 0.1m 보다 낮은 상류 808m(No.7+105 지점, 수심 0.08m)까지는 기존 보 위치에 자연성여울을 설치하게 되므로 기수립 하천기본계획 내 장래하상변동 분석 결과를 토대로 여울 설치로 인한 상·하류에서의 하상변동 영향은 크지 않을 것으로 판단하였다.

따라서 상·하류 최심하상고를 고려한 일부 준설을 통해 최소필요수심의 확보가 가능할 것으로 판단된다. Table 7은 돈뎃보를 자연형 여울로 재설치 하였을 경우 환경생태유량을 적용하여 수리분석을 수행한 결과이다(Case 5).

Table 7. Result of Hydraulic Analysis Applying Natural Riffle Installation by Environmental Flow

Measuring Point (No.)	Environmental Flow (m ³ /s)	Design Flood Level (EL.m)	Water Level (EL.m)			Depth(m)			Remarks
			Dondaet -bo	Demolition	Natural Riffle	Dondaet -bo	Demolition	Natural Riffle	
6+165	0.496	16.30	16.44	16.44	16.44	0.14	0.14	0.14	Downstream
6+180	0.496	17.19	17.30	17.30	17.30	0.11	0.11	0.11	Wangsuk 2 Diving Bridge
6+255	0.496	17.40	17.44	17.44	17.44	0.04	0.04	0.04	
6+297	0.496	17.75	19.46	17.78	18.42	1.52	0.03	0.67	Dondaet-bo
6+365	0.496	18.41(17.75)	19.46	18.47	18.47	0.86(1.52)	0.06	0.06(0.72)	
6+465	0.496	18.25(18.04)	19.46	18.50	18.50	1.02(1.23)	0.25	0.25(0.46)	
6+570	0.496	18.69(18.25)	19.46	18.74	18.74	0.58(1.02)	0.05	0.05(0.49)	
6+680	0.496	18.39	19.46	18.76	18.76	0.88	0.37	0.37	
6+790	0.496	18.44	19.46	18.77	18.77	0.83	0.33	0.33	
6+895	0.496	18.29	19.46	18.77	18.77	0.98	0.48	0.48	
7+000	0.496	18.65	19.46	18.77	18.77	0.62	0.12	0.12	
7+105	0.496	19.05	19.46	19.13	19.13	0.22	0.08	0.08	
7+146	0.496	17.83	19.46	19.15	19.15	1.44	1.32	1.32	Wangsuk 3 Diving Bridge
7+215	0.496	18.35	19.46	19.15	19.15	0.92	0.80	0.80	
7+250	0.496	17.82	19.46	19.15	19.15	1.45	1.33	1.33	Sano-Gyo
7+325	0.496	18.77	19.46	19.15	19.15	0.50	0.38	0.38	
7+415	0.451	18.66	19.46	19.15	19.15	0.61	0.49	0.49	
7+495	0.451	18.64	19.46	19.15	19.15	0.63	0.51	0.51	
7+595	0.451	18.90	19.46	19.15	19.15	0.37	0.25	0.25	
7+715	0.451	18.62	19.46	19.16	19.16	0.65	0.54	0.54	
7+820	0.451	19.50	19.58	19.58	19.58	0.08	0.08	0.08	
7+925	0.451	19.40	19.68	19.68	19.68	0.28	0.28	0.28	
8+030	0.451	19.76	19.87	19.87	19.87	0.11	0.11	0.11	Upstream

Table 8. Result of Hydraulic Analysis Applying Natural Riffle Installation by Environmental Flow

Measuring Point (No.)	Environmental Flow (m ³ /s)	Design Flood Level (EL.m)	Water Level (EL.m)			Depth(m)			Remarks
			Dondaet -bo	Demolition	Riffle	Dondaet -bo	Demolition	Riffle	
6+165	0.496	16.30	16.44	16.44	16.44	0.14	0.14	0.14	Downstream
6+180	0.496	17.19	17.30	17.30	17.30	0.11	0.11	0.11	Wangsuk 2 Diving Bridge
6+255	0.496	17.40	17.44	17.44	17.44	0.04	0.04	0.04	
6+297	0.496	17.75	19.46	17.78	18.42	1.52	0.03	0.67	Dondaet-bo
6+365	0.496	18.41(17.75)	19.46	18.47	18.47	0.86(1.52)	0.06	0.06(0.72)	
6+465	0.496	18.25(18.04)	19.46	18.50	18.50	1.02(1.23)	0.25	0.25(0.46)	
6+570	0.496	18.69(18.25)	19.46	18.74	18.74	0.58(1.02)	0.05	0.05(0.49)	
6+680	0.496	18.39	19.46	18.76	18.76	0.88	0.37	0.37	
6+790	0.496	18.44	19.46	18.77	18.77	0.83	0.33	0.33	
6+895	0.496	18.29	19.46	18.77	18.77	0.98	0.48	0.48	
7+000	0.496	18.65	19.46	18.77	18.77	0.62	0.12	0.12	
7+105	0.496	19.05	19.46	19.13	19.13	0.22	0.08	0.08	
7+146	0.496	17.83	19.46	19.15	19.15	1.44	1.32	1.32	Wangsuk 3 Diving Bridge
7+215	0.496	18.35	19.46	19.15	19.15	0.92	0.80	0.80	
7+250	0.496	17.82	19.46	19.15	19.15	1.45	1.33	1.33	Sano-Gyo
7+325	0.496	18.77	19.46	19.15	19.15	0.50	0.38	0.38	
7+415	0.451	18.66	19.46	19.15	19.15	0.61	0.49	0.49	
7+495	0.451	18.64	19.46	19.15	19.15	0.63	0.51	0.51	
7+595	0.451	18.90	19.46	19.15	19.15	0.37	0.25	0.25	
7+715	0.451	18.62	19.46	19.16	19.16	0.65	0.54	0.54	
7+820	0.451	19.50	19.58	19.58	19.58	0.08	0.08	0.08	
7+925	0.451	19.40	19.68	19.68	19.68	0.28	0.28	0.28	
8+030	0.451	19.76	19.87	19.87	19.87	0.11	0.11	0.11	Upstream

3.2.2 자연형 여울 설치 계획홍수량 적용

자연형 여울 설치 시 계획홍수량이 발생하였을 경우 홍수위에 대한 검토를 수행하였으며 그 결과는 위 Table 8과 같다(Case 6). 자연형 여울 설치시 돈댁보에서 상류 2.058m(No.6+297~No.8+355)까지 구간의 홍수위는 EL.23.20~26.14m로 돈댁보 존치시 계획홍수위(EL.23.39~26.15m)에 비해 0.01~0.19m 낮아지는 것으로 분석되었다. 유속은 상류 1.733m(No.8+030)까지 영향을 미치며 이 구간의 유속범위는 돈댁보 존치시 2.14~3.52m/s, 자연형 여울 설치시 2.14~3.55m/s로 변화가 크지 않은 것으로 분석되었다.

그리고 자연형 여울이 설치되는 지점(No.6+297)에서 유속은 2.41m/s에서 2.80m/s로 0.39m/s정도의 최대 유속변화가 나타남에 따라 해당 수치는 상단을 강성재료로 보강하면 해결될 것으로 판단된다.

앞의 대안별 결과를 종합하면 환경생태유량 적용시 보존치, 여울, 철거 순으로 확보 수심 및 수심확보가 가능한 구간의 길이가 큰 것으로 분석되었다. 돈댁보를 존치할

경우 왕숙천의 서식어류 중 하나인 최소필요수심(0.1 m 이상)의 확보가 가능한 것으로 분석되었으며, 돈댁보 철거시 총 4개 지점(No.6+297, 6+365, 6+570, 7+105)에서 최소필요수심을 확보하지 못하는 것으로 분석되었다.

자연형 여울로 재설치 시 돈댁보 설치 지점에서 상류 808m(No.7+105 지점)에서 최소필요수심 대비 0.02m 확보가 부족한 것으로 분석됨에 따라 해당지점에 대한 하상조정을 통해 최소필요수심 확보가 필요할 것으로 판단된다. 하지만 하상조정을 통해 최소필요수심을 확보하더라도 장기적으로 발생하는 유사 퇴적으로 인한 하상고 상승이 발생한다면 지속적인 유지관리가 필요할 것이다. 따라서 해당지점을 포함한 연속적인 구간의 장기하상변동 분석이 필요하다.

앞서 서술한 바와 같이 왕숙천은 하천기본계획 수립이 완료된 하천으로서 하상재료 조사 및 입도분포 분석을 기반으로 한 장기적인 평형하상고 분석을 수행 완료함에 따라 해당 결과를 검토하였다.

왕숙천 하천기본계획 내 하상변동 분석성과를 검토한

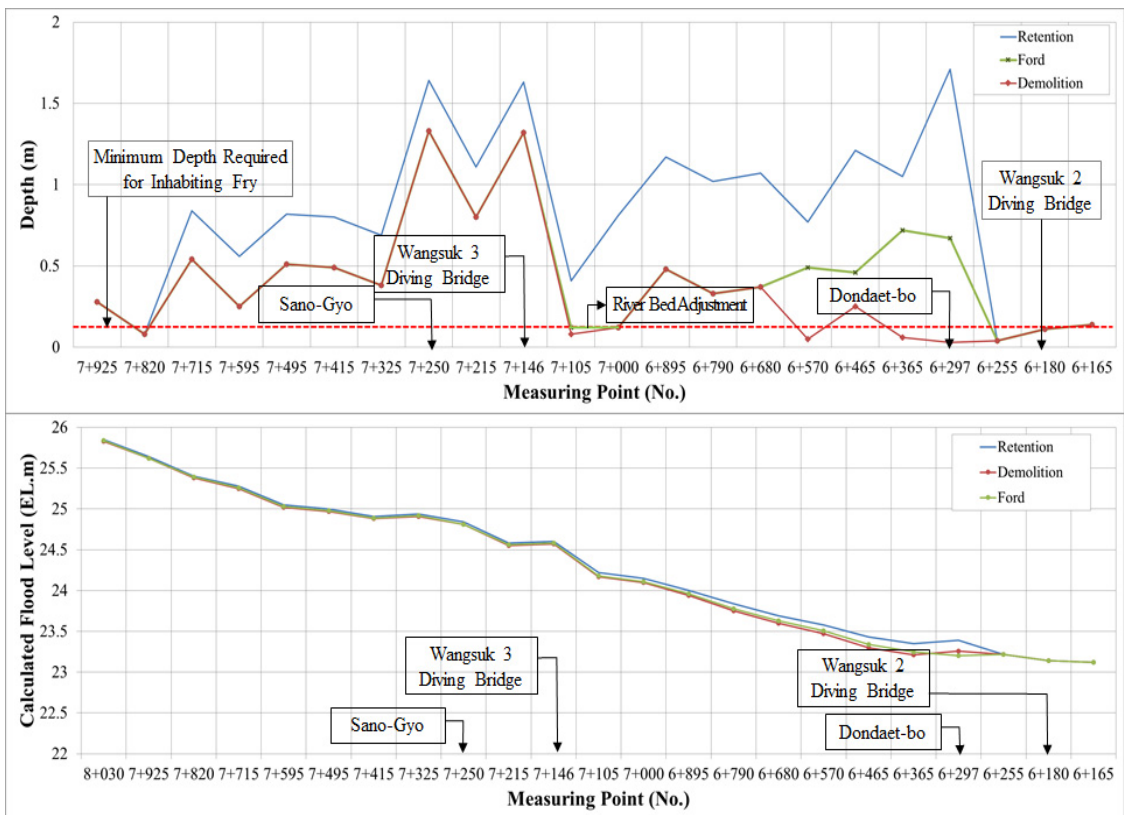


Fig. 7. Result of Hydraulic Analysis Using Environmental Flow after Installing Natural Riffle

결과 돈댁보 설치지점 No.6+297지점부터 하상조정을 통해 최소필요수심을 확보가 필요한No.7+105지점까지 연속된 808m 구간에서 단기 5년부터 장기 20년까지 유사퇴적으로 인한 하상고 상승은 없는 것으로 분석됨에 따라 하상조정을 통한 최소필요수심을 확보하여도 장기적인 유지관리가 필요 없을 것으로 판단된다.

Fig. 7은 환경생태유량 적용시 돈댁보 존치, 철거, 자연형 여울의 변경 설치에 대한 수리분석 결과를 도시한 것이다. 그림을 살펴보면 돈댁보 존치, 자연형 여울 변경, 그리고 돈댁보 철거의 순서로 대상 구간에서의 확보 가능한 수심이 낮아지는 경향을 나타냈으며 계획홍수위는 전체 구간에 대하여 돈댁보 존치, 자연형 여울 변경, 돈댁보 철거 순으로 높은 것으로 분석되었다. 그러나 돈댁보 설치 구간에서 상류로 진행될수록 홍수위에 대한 차이는 작아지는 경향을 나타냈다.

3.3 대상시설물 계획 평가

현재 돈댁보 지점을 자연형 여울로 변경 하는 것으로 계획할 경우, 인접 하천시설물인 진건배수펌프장의 불필요한 가동 및 배수암거의 원활하지 못한 유수 배수에 미치는 영향을 최소화 할 수 있으며, 홍수위 저감을 통해 치수능력을 확보할 수 있는 것으로 판단된다.

또한, 자연형 여울 설치 및 일부 지점의 하도정비를 통해 대상구간의 수생태계 건강성 확보를 위한 어류 서식의 수리조건인 최소수심 0.1m의 확보가 가능한 것으로 분석되었다.

다음 Table 9는 각 유형별로 치수, 하천환경 기능 확보 및 인접 시설물 영향에 대해 평가한 결과로서 각 대안별로 환경생태유량 적용시 수생물 및 어류 생존 최소 수심 확보 정도, 홍수위 감소 정도, 인접 진건배수펌프장 유출부 바닥고 확보 유무를 순위화 하였다. 환경 기능적 측면(치어 생존을 위한 최소 필요 수심 확보)에서는 돈댁

Table 9. Assessment of Dondaet-bo Plan

Alternatives	Retention	Demolition	Natural Riffle
Environment Functions Rank(Minimum Required Depth for Inhabiting Fry)	1	3	2
Flood Control Rank (Flood Level Reduction)	3	1	2
Adjacent Facility Impact (Facility Operation)	Impossible	Possible	Possible

* The lower the rank, the better.

보 존치, 자연형 여울 변경, 그리고 돈댁보 철거순으로 분석되었다. 홍수조절 측면에서는 돈댁보 철거, 자연형 여울 변경, 돈댁보 존치 순이며, 수리시설물 운영은 돈댁보 철거와 자연형 여울 설치 시 가능한 것으로 분석되었다.

3.4 수리시설물 계획 체계화

본 연구에서는 앞의 내용을 바탕으로 왕숙천 내 돈댁보를 대상으로 치수뿐만 아니라 수생태계 건강성 확보를 위한 하천 환경적 측면을 고려한 수리시설물 설치에 대한 계획 방법 및 절차에 대하여 체계화 하였다.

이를 위해 수리 시설물 설치에 대한 계획시 환경생태유량 결정, 인접 시설물의 영향, 하상변동, 서식중인 수생물 등에 대한 현황 조사 및 분석 등에 대한 결과가 반영되어야 한다.

본 연구를 통해 도출한 치수-하천환경적 측면을 연계한 수리시설물 설치 계획 방법 및 절차를 다음 Fig. 8에 도시 하였다.

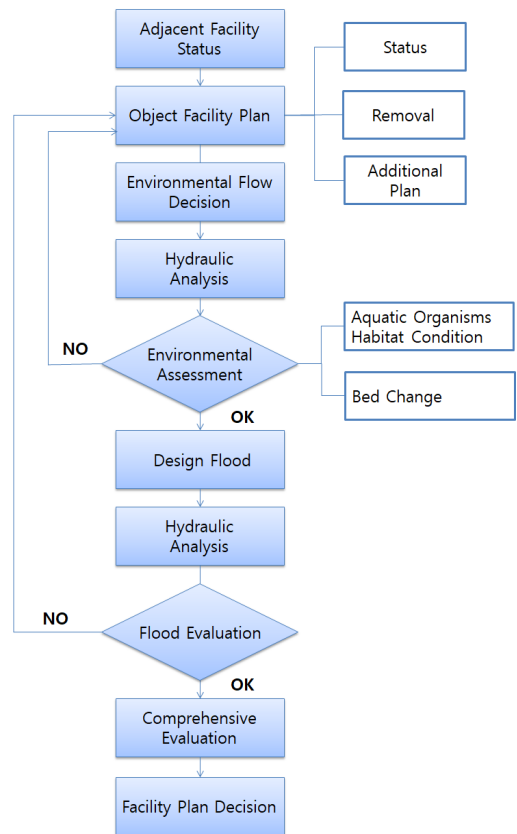


Fig. 8. Result of Hydraulic Analysis by Design Flood Discharge

4. 결론

하천 치수-환경기능 확보를 위한 효과적인 하천시설물 계획 및 평가 방법을 제시하기 위해 왕숙천내 돈뎛보를 대상으로 유량조건(환경생태유량, 계획홍수량), 시설물조건(돈뎛보 철거전, 철거후, 자연형 여울 설치)을 달리 하여 총 6개 case에 대해 수리분석 기반 평가를 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

1. 돈뎛보 철거 전·후를 비교 평가한 결과, 철거 전 수생태계의 건강성과 영향성에 미치는 환경영향을 최소화하기 위한 어류서식에 필요한 최소수심 확보가 가능하나 인접 하천시설물인 진건배수펌프장, 배수암거 유출고 확보가 불가능 하며, 계획홍수량 발생 시 홍수위와 여유고를 확보하지 못하는 것으로 분석되었다. 이와 반대로 돈뎛보 철거 후 인접 하천시설물의 영향을 배제할 수 있으나 환경생태수심의 확보가 불가능하여 이에 대한 대책 마련이 필요한 것으로 분석되었다.
2. 환경생태수심 확보를 위한 대책으로 돈뎛보를 자연형 여울로 재설치하는 방안을 고려하였다. 이에 대한 수리분석을 실시하여 돈뎛보 철거전과 비교 및 평가하였다. 그 결과, 자연형 여울 재설치 시 치수 측면에서 인접 하천시설물의 유출고 확보가 가능하며, 홍수시 홍수위 및 여유고 확보가 가능할 것으로 분석되었다. 또한, 수생태계 건강성 유지를 위한 어류 서식 최소수심도 확보 가능할 것으로 분석되었다.
3. 본 연구를 통해 체계화된 하천 횡단시설물 사전평가 기법은 향후 하천정비계획 및 설계 시 보, 낙차공 및 여울 등 특정 목적으로 설치되는 수리시설물 평가에 적용하여 치수 및 환경 기능적 측면의 시설물 설치 효과를 극대화하는데 활용될 수 있을 것이다.
4. 그리고 하천 치수-환경기능 확보를 위한 시설물 계획에 관한 분석 및 평가 방법을 체계화하였다. 향후 하천계획실무에서 본 연구를 통해 정립된 하천시설물 계획 기법을 적용한다면 하천의 치수 및 환경적 기능을 확보함으로써 보다 효과적인 통합하천관리 기반을 마련할 수 있을 것으로 기대된다.

References

[1] H. J. Lee, J. S. Eom, Y. Yu, E. G. Park, "Application of Smart Geospatial Information for Modeling and

Analysis of City River", *Journal of the Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 21, No.4, pp.135-142, 2013.

DOI : <https://doi.org/10.7319/kogsis.2013.21.4.135>

[2] B. Belletti, M. Rinaldi, A. D. Buijse, A. M. Gurnell & E. Mosselman, "A Review of Assessment Methods for River Hydromorphology", *Environmental Earth Sciences*, Vol.73, pp.2079-2100, 2015.

DOI : <http://dx.doi.org/10.1007/s12665-014-3558-1>

[3] J. I. Song, H. J. Lee, S. E. Yoon, "Development of Stream Assessment Technique for Restoration and Management of Urban Stream", *Journal of The Korean Society of Civil Engineers*, Vol. 28, No.3B, pp.283-296, 2008.

[4] T. J. Jeong, G. J. Lee, "A Study on the Construction Methods and the Distribution of Proper Spatial Function for Making Urban Stream into Close-to-Nature Stream - A Case Study of Hongjecheon(Stream) in Seodaemun-Gu, Seoul -", *Proceedings of the Korean Society of Environment and Ecology Conference*, Vol. 41, No.3, pp.43-55, 2013.

DOI : <https://doi.org/10.9715/KILA.2013.41.3.043>

[5] K. S. Kim, S. S. Ahn, "A Study on Naturalness Assessment and Feasibility of Urban Stream", *Journal of Environmental Science International*, Vol. 23, No. 1, pp.143-152, 2014.

DOI : <http://doi.org/10.5322/JESI.2014.23.1.143>

[6] I. Hong, J. S. Kim, H. S. Shin, K. H. Kim, "A Study on Evaluation of Ecological Function before and after River Improvement", *Journal of Korea Water Resources Association*, Vol. 47, No. 4, pp.397-409, 2014.

DOI : <https://doi.org/10.3741/JKWRA.2014.47.4.397>

[7] M. K. Huh, "Estimation for River Naturality in the Hwang River", *Journal of Environmental Science International*, Vol. 22, No. 2, pp.195-203, 2013.

DOI : <https://doi.org/10.5322/JESI.2013.22.2.195>

[8] J. H. Lee, E. K. Lee, E. H. Yoon, H. S. Shin, "Evaluation of Flood Control Stability for Large River using Index Assessment Method and Analysis on the Effect of River Management in Nakdong River Networks", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 2, pp.413-426, 2016.

DOI : <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2016.16.2.413>

[9] S. H. Chun, "Some Problems and Improvement of Domestic System for River Environment Assessment", *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 16, No. 1, pp.305-317, 2016.

DOI : <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2016.16.1.305>

[10] H. S. Lee, "A Study on Development and Application of Water-friendly Environment Assessment System", *Journal of Korean Society of Rural Planning*, Vol. 24, No. 4, pp.81-88, 2018.

DOI : <https://doi.org/10.7851/Ksrp.2018.24.4.082>

[11] S. K. Kang, S. J. Choi, D. R. Lee, "Application Method

and Impact Evaluation of Instream Flow Considering Flow Variability”, *Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 18, No. 7, pp.605-611, 2018.
DOI : <https://doi.org/10.9798/KOSHAM.2018.18.7.605>

- [12] S. H. Jung, “A Research on Estimation and Securing of Environmental Flow”, Research Report, Korea Water Resources Corporation (K-water), Republic of Korea, pp.10-36.
- [13] J. H. Lee, *A Study on Development and Application of Intergrated River Flood Protection Evaluation Model*, Ph. D. dissertation, Pusan National University, Republic of Korea, pp.50-85.
- [14] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, River Design Standard(KDS 51 14 20 : 2018), Korean Design Standard Report, Republic of Korea, pp.5
- [15] Gyeonggi-do, Basic River Plans for 3 Rivers including Wangsuk-choen, Basic River Plan Report, Republic of Korea, pp.4-48
- [16] Gyeonggi-do, Detailed Design for Hometown River Maintenance Project in Wangsuk-choen(Guri-si), Detailed Design Report, Republic of Korea, pp.52
- [17] H. S. Woo, Development and Application of In-stream Flow, Research Report, Korea Water Resources Corporation (K-water), Republic of Korea, pp.196-212.

심 규 성(Gyoo-Seong Sim)

[정회원]



- 1991년 2월 : 성균관대학교 물리학과 학사
- 2015년 8월 : 아주대학교 건설교통공학과 석사(수자원공학)
- 1994년 6월 ~ 현재 : 동부엔지니어링(주) 수자원본부 GIS팀 전무

<관심분야>

수자원공학, 하천공학, GIS

이 태 근(Tae-Geun Lee)

[정회원]



- 2011년 8월 : 아주대학교 건설시스템공학과 학사
- 2013년 8월 : 아주대학교 건설교통공학과 석사(수자원공학)
- 2013년 7월 ~ 현재 : 동부엔지니어링(주) 수자원본부 GIS팀 과장

<관심분야>

수자원공학, 하천공학, GIS