

# 자연하안 조성 공법 설계를 위한 유황 분석

## Flow regime analysis for streambank treatment design

김남원\*, 정일문\*\*, 김지태\*\*\*, 이정우\*\*\*\*

Nam Won Kim, Il Moon Chung, Jitae Kim, Jeongwoo Lee

### 요 지

본 연구에서는 자연하안 조성을 위한 공법 설계시 공법의 적용 위치, 규모, 제원 등을 선정하기 위한 수문학적 정보 및 하천의 수문학적 특성에 적합한 식생을 선정하기 위한 수심, 침수기간 정보를 제공하기 위한 기법을 제시하였다. 이를 위해 장기 유출모형인 SWAT 모형을 적용하였으며, 자연하안 조성 공법 중 하나인 방틀이 시험 적용된 평창강을 대상으로 수문학적 특성을 분석하기 위한 유황 분석을 실시하였다. 평창강의 상안미 수위관측소 상류부에 위치한 방틀 시험지점의 유황을 분석하기 위해 상안미 수위관측소 상류유역을 대상유역으로 하여 상안미 수위관측소의 관측유량과 비교를 통해 신뢰성 있는 검보정을 마친 모형을 이용, 1989년부터 2008년까지 20년간의 유출분석을 실시하였다. 모의된 20년간의 일유출자료를 토대로 방틀 시공 단면의 유황곡선을 도출하여 유황특성을 분석하였으며, 유량을 수심으로 환산하여 대상 단면의 침수기간별 수심분포를 산정하였다. 또한 대상 단면의 하안을 침수기간별로 구분하여 하안의 높이에 따라 적절한 식생의 종류를 선정할 수 있는 자료를 생성하였다. 이와 같은 정보의 제공은 공법 설계에 필수적으로서 본 해석기술의 주요한 성과 및 활용성이라고 판단된다.

**핵심용어 : 자연하안 조성, 수문학적 특성, SWAT 모형, 유황 분석**

## 1. 서론

자연하안을 조성하기 위해 다양한 공법들이 적용되고 있다. 이러한 공법들이 효율적으로 기능을 발휘하기 위해서는 대상하천의 수문학적 특성에 대한 분석이 수행되어야 한다. 자연하안 조성을 위한 공법 설계시 공법의 적용 위치, 규모, 제원 등을 선정하기 위해서는 대상 하천의 유량, 수심 등에 대한 수문학적 정보가 필요하다. 그러나 이러한 정보를 정량적으로 분석·제공할 수 있는 기법에 대한 연구는 아직까지 초기 단계에 머무르고 있다. 본 연구에서는 자연하안 조성을 위한 공법 설계시 필수적으로 고려되어야 할 사항인 유황분석에 관한 기법을 평창강에 운영 중인 방틀에 대한 적용을 통해 개발하였다. 시험지점의 방틀은 자연하안을 유도하고 습지를 조성하기 위한 목적으로 시공되었다. 즉, 방틀이 설치된 지점으로 하천수가 소통되는 경우 자연적인 하안 선형을 유도하고 방틀과 방틀 사이에 습지를 조성하고자 하는 것이다. 이렇게 조성된 습지를 유지하기 위해 지하저류조를 별도로 설치하여 방틀에 지속적으로 물을 공급하는 것이 기본 원리이다. 이를 위

\* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · E-mail : [nwkim@kict.re.kr](mailto:nwkim@kict.re.kr)

\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 연구위원 · E-mail : [imchung@kict.re.kr](mailto:imchung@kict.re.kr)

\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 선임연구원 · E-mail : [jtKim@kict.re.kr](mailto:jtKim@kict.re.kr)

\*\*\*\* 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원 · E-mail : [lhw2961@kict.re.kr](mailto:lhw2961@kict.re.kr)

해서는 방틀 및 저류조의 설치 위치 위로 하천수가 흘러야 하며, 하안을 유도하고 습지를 조성·유지하기 위해서 어느 정도의 기간 동안 방틀 및 저류조가 침수되어야 하는지, 어느 정도의 유량이 필요한지 등에 관한 유황분석이 필요하다. 이를 위해 본 절에서는 SWAT-K를 이용하여 이와 같은 자연하안 조성을 위한 공법 시공시 유황분석을 위한 기법을 개발하여 그 결과를 수록하였다.

## 2. 적용모형

SWAT-K는 미국 농무성 농업연구소(USDA Agricultural Research Service, ARS)의 Arnold 등(1993)에 의해 개발된 유역모형인 SWAT(Soil and Water Assessment Tool)을 기반으로, 인위적·자연적인 물순환구조 변화와 지표수-지하수 연계해석, 국내 산림지역·농업지역·도시지역·하천에서의 물순환해석을 개선하여 강우·증발산·토양수분·지표수·지하수 등의 시공간적 분포를 정량적으로 산정할 수 있으며, 유출 해석의 정확성은 물론, 유사 및 비점오염물질의 모의 신뢰성을 제고시킨 한국형 장기유출·수질모형이다. 특히 기존 SWAT 모형의 하도유출추적 루틴의 불안정성을 개선하고(Kim and Lee, 2010), 지표유출과 토양수 연직 이동시간을 고려한 유출성분 배분 기법을 개발, 추가함으로써 유출 모의 성능을 제고하였다(Kim and Lee, 2008).

## 3. 적용

본 연구에서 시험 적용하고 있는 방틀에 대한 수문학적 특성을 분석하기 위해 방틀이 설치되어 있는 지점의 상류 유역을 대상유역으로 선정하였다(그림 1). 그림 1에서 '시험지점'은 방틀이 설치된 지점, '수위관측소'는 모형에서 계산된 유량을 검보정하기 위한 수위관측지점을 나타낸다.

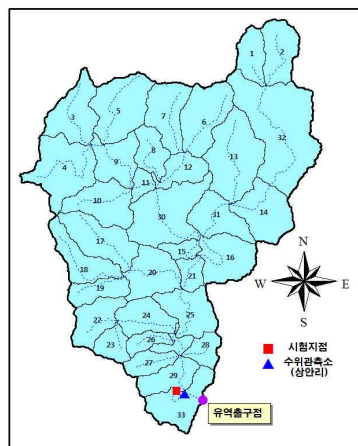


그림 1. 소유역 구분도

방틀이 설치된 지점의 유황을 분석하기 위해 1989년부터 2008년까지 대상유역의 유출분석을 실시하였다. 모형의 검보정을 위해 상안미 수위관측소 지점의 관측유량과 비교하여 모형의 매개변수를 조정된 후 대상기간 20년 동안의 유출량과 대상지점의 수심에 대한 유황곡선을 도출하였다. 상안미 수위관측에서는 1990년부터 수위관측을 실시하고 있으나, 관측이 연속적으로 이루어지지 않은 관계로 본 연구에서는 1997년부터 2001년까지 5개년의 관측유량자료에 대해 모형의 검보정을 실시하였다. 그 결과 그림 2에 제시한 바와 같이 2001년의 일부 저수량 구간을 제외하고는 전

체적으로 모형의 산정결과가 관측값과 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

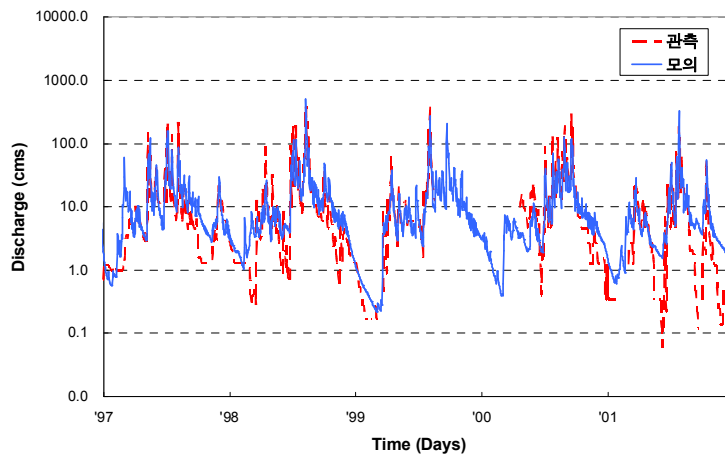


그림 2. 모형의 검보정 결과

1989년부터 2008년까지 대상유역의 유출분석을 실시한 결과 방틀이 설치된 지점에서 20년간의 유량에 대한 유황곡선은 다음 그림 3과 같이 도시되었다. 유황곡선은 연평균으로 일정 유량에 일년중 발생할 확률을 도시하는 것으로서 그림에서 y축은 유량을, x축은 해당 유량이 일년중 몇일 이상 발생하는지를 나타낸다. 그림 3에서, 즉 방틀이 설치된 지점에서 유량은 지난 20년 자료를 분석했을 때 약 0.1m<sup>3</sup>/s의 유량은 거의 일년 내내 발생하며, 10m<sup>3</sup>/s의 유량은 1년중 약 120일 정도 발생한 것을 나타낸다.

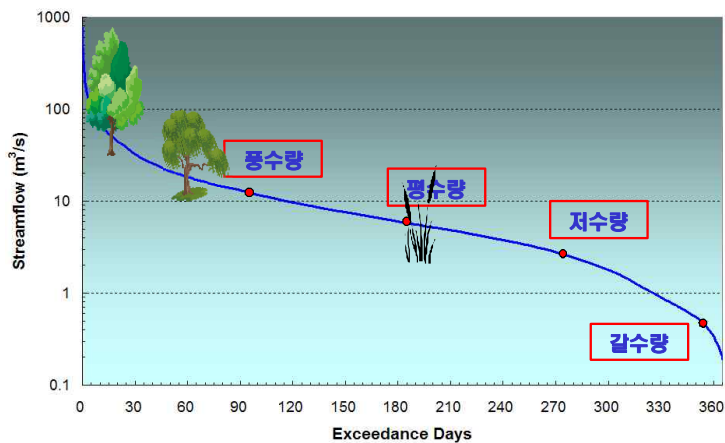


그림 3. 방틀 시험 지점의 유황곡선

이와 같이 산정된 유량을 기초로 공법 설치 단면의 수심을 산정한 결과 매년 여름 홍수기에 공법이 물에 잠기는 것으로 확인되었다(그림 4).

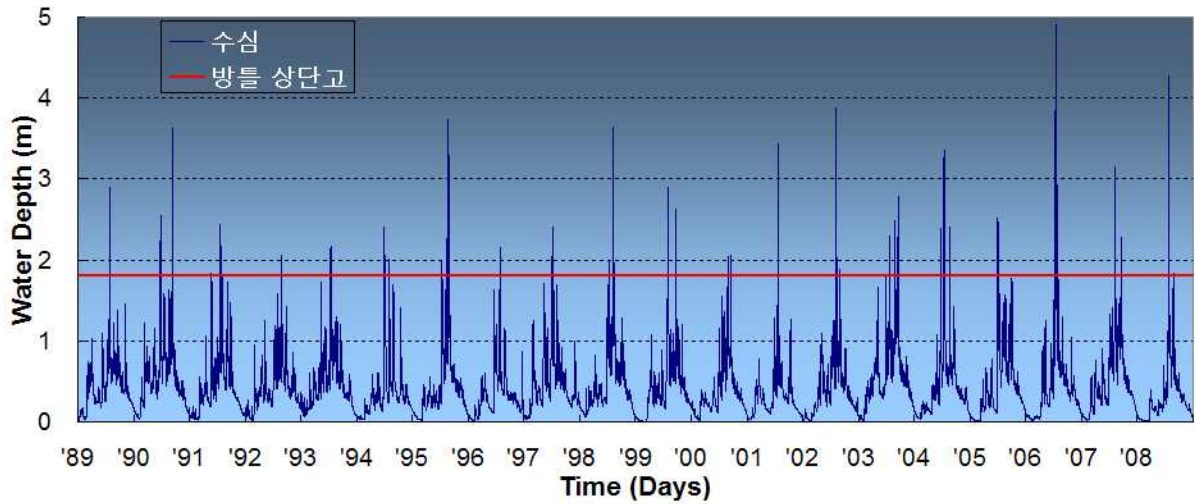


그림 4. 방틀 시험 지점의 수심 곡선

수심 곡선 분석 결과 방틀상단고의 연평균 침수기간은 1년 중 약 6일, 방틀 하단고의 침수기간은 약 352일로 분석되었다(그림 5). 홍수시 유속이 빠를때 하안선을 유도하고 방틀 사이에 소규모 인공습지를 유도하기 위한 방틀의 설치 목적을 충족시킬 수 있을 것으로 판단되며, 방틀이 하상바닥으로 충분히 깊이(약 1.8m) 시공되어 있어 홍수가 지난 후에도 방틀내에 물이 유지될 수 있고, 상단부 저류조에서 지속적으로 물공급이 가능하도록 설계하였으므로 방틀의 기능을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 모의 결과의 신뢰도를 제고하기 위해 유속 및 수심 관측결과와의 지속적인 검토정 절차가 필요하다.

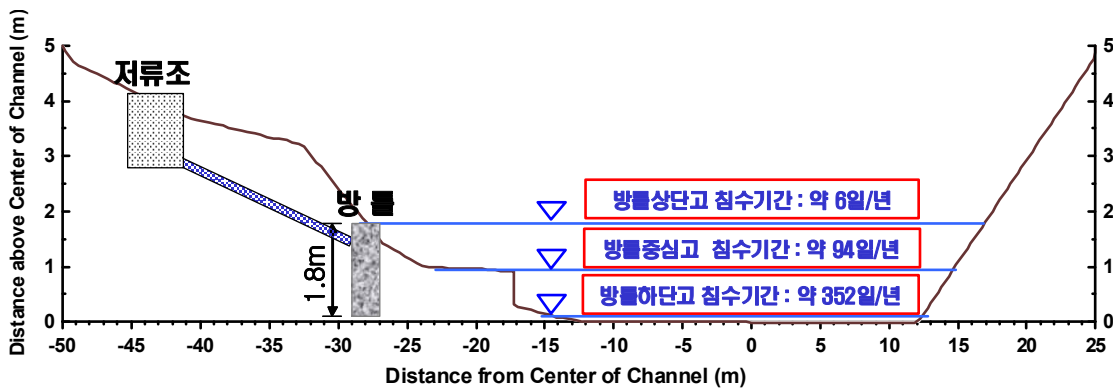
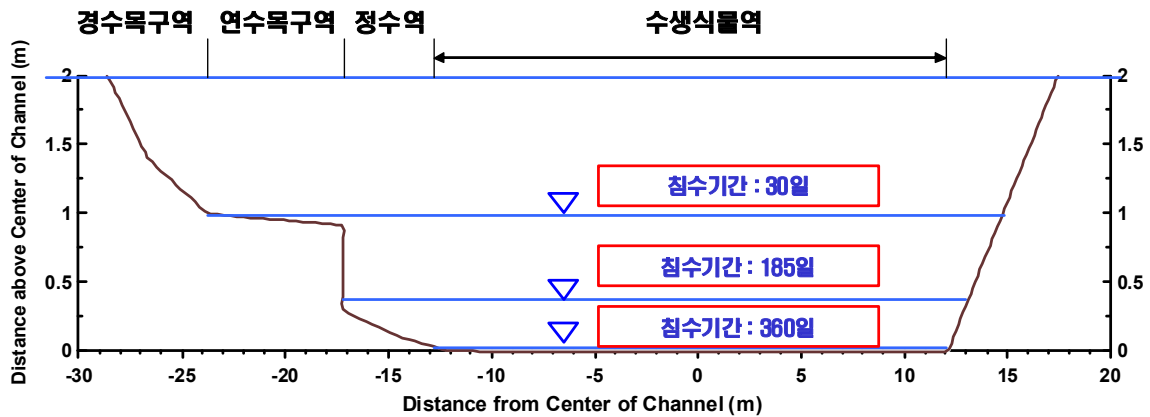


그림 5. 방틀의 침수기간 분석

또한 대상 단면의 하안을 침수기간별로 구분하여 하안의 높이에 따라 적절한 식생의 종류를 선정할 수 있는 자료를 생성하였다(그림 6). 이와 같은 정보의 제공은 공법 설계에 필수적으로서 본 해석기술의 주요한 성과 및 활용성이라고 판단된다.



6. 대상 단면에 적합한 식생의 종류

#### 4. 결론

본 연구에서는 자연하천 복원 공법 설계시 공법의 적용 위치, 규모, 제원 등을 선정하기 위한 수문학적 정보 및 하천의 수문학적 특성에 적합한 식생을 선정하기 위한 수심, 침수기간 정보를 제공하기 위한 기법을 제시하였다. 이러한 정보 및 기술의 제공으로 본 해석기법은 자연하천 조성을 위한 공법 설계시 공법의 최적설계(위치, 규모, 유지관리 방안 등)를 가능하게 하고, 다양한 조건을 설계단계에서 시뮬레이션 함으로써 최적의 설계를 실시할 수 있는 첨단기술을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감 사 의 글

본 연구는 환경부 수생태복원사업단의 “자연하안창출 및 하안변화 유도기술 개발(과제번호 : 07-I-3)”의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사를 드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. Arnold, J. G., Allen, P. M., and Bernhardt, G. (1993). "A comprehensive surface-groundwater flow model." *Journal of Hydrology*, Vol. 142, pp. 47-69.
2. N.W. Kim, and J. Lee (2008). "Temporally weighted average curve number method for daily runoff simulation." *Hydrological Processes*, Vol. 22, pp. 4936-4948.
3. N.W. Kim, and J. Lee (2010). "Enhancement of channel routing module in SWAT." *Hydrological Processes*, Vol. 24, No. (1), pp. 96-107.