

An Analysis of Channel Landforming Characteristics at the Estuary of the Gagokcheon Due to Change in a Riverine Environment

Jong Ho Choi[#], Kye Won Jun⁺

Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University, 346 Joogang-ro, Samcheok-si, Gangwon-do, Korea

Abstract

The estuary of the Gagokcheon flowing into the East Sea is undergoing aggradation. Channel landforming is a process of sediment accretion, gradually establishing vegetation and eventually becoming land. This phenomenon will likely affect riverine ecosystems, interfering with the interaction between water bodies and putting the flood control function of a water channel at serious risk. Several years of intensive stream monitoring in an effort to establish strategies to counter this phenomenon revealed that channel landforming resulted from both natural factors and anthropogenic activities. However, it is difficult to identify its causes quantitatively by the existing onsite monitoring methods. To overcome this problem, this study aims to propose a channel landforming mitigation plan by analyzing the hydraulic characteristics of the Gagokcheon estuary using the 2D hydraulic analysis and sediment transport model, SRH-2D. The study results showed that the change in rainfall patterns has greater impact on aggradation than the artificial change to channel environment.

Key words: channel environmental change, channel landforming, SRH-2D, mitigation plan

1. 서론

자연하천의 형태는 유역과 하도 내에서 발생하는 다양한 자연적 또는 인위적인 환경요인에 응답하면서 시공간적으로 끊임없이 변화한다. 반면 인간의 욕구와 편의를 위해 치수와 이수사업, 친수공간 확보 등 인위적으로 하천에 간섭해 온 결과, 하천 고유의 특성에 급격한 변화를 초래하게 되었다. 이러한 변화에 대한 영향 중 대표적인 사례가 하천의 수역이 식생역으

로 전환되면서 최종적으로 육지화되는 하도육역화 현상이다. 이와 같은 현상은 하도 내 토사의 퇴적으로 통수단면적이 감소하여 홍수위 상승이라는 문제를 야기시켜 하천재해 발생가능성을 증가시킨다. 또한 수생태계의 건강성을 크게 훼손시키는 등 생태·환경적 측면 및 치수적인 측면에 큰 부담으로 작용한다(Lee, *et. al.*, 2009). 그러나 국내의 하천관리계획을 수립함에 있어서 하도육역화에 대한 인식은 거의 전무한 실정에 있으며, 그동안 수립 및 진행되고 있는 하천생태복

[#] The 1st author: Jong Ho Choi, Tel. +82-33-570-6446, e-mail. apt105@kangwon.ac.kr

⁺ Corresponding author: Kye Won Jun, Tel. +82-33-570-6816, Fax. +82-33-570-6501, e-mail. kwjun@kangwon.ac.kr

원 및 하도계획에 관한 기술과 연구들은 오히려 하도 육역화를 촉진 시키고 있다(Hyundai Engineering & Construction Co., Ltd. 2014). 이러한 하도육역화 현상은 국내 전역에 걸쳐 하천규모에 관계없이 광범위하게 진행되고 있다(Ryu, *et. al.*, 2010).

본 연구지역인 강원도 삼척시에 위치한 가곡천 하구부 또한 하천현장 모니터링 수행결과 수 년간에 걸쳐 하도육역화가 진행되고 있는 것으로 확인되었다. 이와 관련된 연구로 Jun, *et. al.*, (2013)은 지상 LiDAR를 이용하여 계절변화에 따른 가곡천 하구부의 지형 변화 관측을 수행한 결과 하구부 좌안방향으로 지속적으로 토사가 퇴적되는 것을 확인하였다. 또한 Yoon(2014)은 가곡천 하구부 좌안방향에 위치한 솔섬 주변의 흐름특성 분석을 위해 2차원 흐름해석모형인 RMA-2와 하상변동모형인 SED-2D를 이용하여 태풍 산바 내습시의 실측자료를 적용한 수치모의를 수행하였다. 수치모의결과 솔섬에 의해 흐름에 영향을 받아 솔섬주변과 하구의 월천해변에 퇴적이 진행되는 것으로 분석되었다. Maeng, *et. al.*, (2013)은 가곡천 하구에 일반산업단지 조성에 따른 장래의 하상변화를 예측하기 위해 SED-2D를 사용하여 하상변동을 모의한 결과, 해안과 접하는 하류부일수록 퇴적량이 상대적으로 증가하는 것으로 확인 되었다. Yoon(2018)은 2차원 수리모형인 SRH-2D 모형을 이용하여 가곡천 하구부의 하구폐색 현상에 따른 흐름특성 및 하상변동을 분석하였고, SRH-2D 모형의 국내 적용성 검토에 관한 연구를 수행하였다. 여기서 하구폐색 현상이란 하천흐름과 조위, 파랑 등의 작용에 의해 하구부에 토사퇴적이 현저하게 진행되어 하천과 바다의 소통이 단절되는 것을 말한다. 이러한 하구폐색 현상이 장기간 지속되면 수역을 정체시켜 하천 환경적으로 위험지역을 형성시킬 수 있다. 특히 하도육역화의 진행을 가속화시키는 원인으로 작용할 수 있다. 가곡천은 유황의 변화에 따라 지속적으로 하구폐색 현상이 발생하고 있어 인위적으로 증장비를 동원한 물길작업이 수시로 이루어지고 있다. 위와 같이 가곡천 하구부의 하도육역화

원인으로는 하도 내·외의 인위적 요인과 하천유량의 변화와 같은 자연적 요인이 공존하고 있는 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 가곡천 하구부의 하도육역화 현상에 대한 저감대책 방안을 제시하기 위한 목적으로 2차원 수리해석 및 하상변동모형인 SRH-2D를 이용하여 수리특성 분석 및 하상변동 모의를 수행하였다.

II. 기본이론

1. 하도육역화의 발달과정 및 원인

<Figure 1>에서 나타낸 바와 같이, 하도육역화의 발달과정 단계를 구분하면 1단계의 경우 홍수시 상류에서 유입되는 세립토들에 의해 고수부지 인근에 퇴적층 구조를 형성하고, 식생의 성장과 활착에 유리한 환경을 제공한다. 이후 2단계에서는 퇴적된 세립토층은 하천흐름에 의한 교란이 감소하고 수분조건이 충족되면 초본식생이 정착하여 번성하게 된다. 3단계에서는 활착된 식생에 의해 세립토의 퇴적이 가속화되어 퇴적층이 발달되고 식생의 성장에 더욱 유리한 조건을 형성한다. 4단계에서는 목본류가 침입하여 고착화

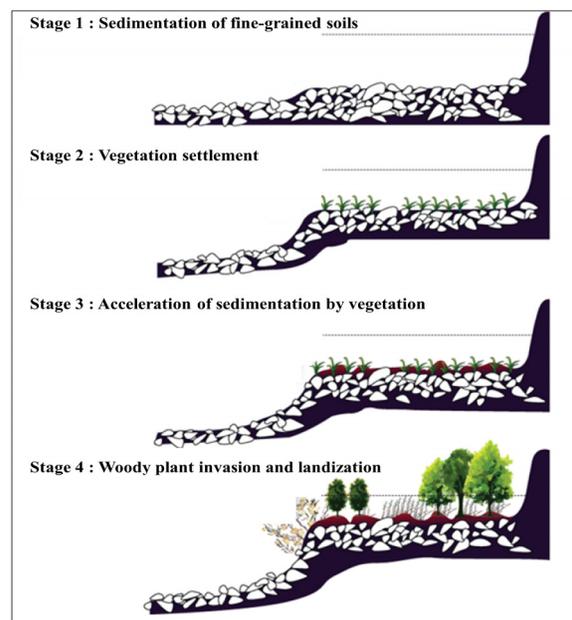


Figure 1. Development process of landforming

되고 최종적으로 이러한 과정이 지속적으로 진행됨에 따라 하천 하도에 육역화가 발생한다(Im & Lee, 2009).

하도육역화의 발달원인은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째는 하도 내 인공구조물 조성에 의한 홍수 발생빈도 감소와 침투유량의 감소, 갈수량의 증가를 들 수 있다(Williams & Wolman, 1984; Graf, 2006). 두 번째는 하천유역의 토지이용변화로 하도 내 흐름을 변화시켜 하상재료의 침·퇴적 양상에 변화가 발생하는 경우이다. 세 번째는 기후변화에 따른 강우패턴과 강우량의 변화, 기온의 변화를 들 수 있다. 이러한 각 원인들은 복합적으로 작용하여 하도육역화의 발생 원인이 된다고 할 수 있다.

2. SRH-2D 모형의 개요

SRH-2D(Sedimentation and River Hydraulics-2D) 모형은 2차원 수리해석 및 하상변동을 분석할 수 있는 모형으로 미국 국토개발국(Bureau of Reclamation)의 기술서비스센터에서 개발되었다. SRH-2D는 정상류와 부정류, 상류와 사류, 수리구조물에 의한 흐름 모의 가능하다. 또한 비점착성과 점착성 침전물의 이송과 수리학적 상호작용을 모의하여 지표를 구성하는 물질의 변화와 하상의 수직적인 변화를 나타낼 수 있다. 2차원 흐름영역에서의 다양한 흐름에 대한 수면표고와 수평방향의 속도성분은 유한체적법에 의해 계산된다. 모형의 지배방정식은 하천의 흐름을 수심방향으로 적분하여 2차원 방적식으로 나타낸 Navier-Stokes 방정식으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial hU}{\partial x} + \frac{\partial hV}{\partial y} = e \quad (1)$$

$$\frac{\partial hU}{\partial t} + \frac{\partial hUU}{\partial x} + \frac{\partial hVU}{\partial y} = \frac{\partial hT_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial hT_{xy}}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} + D_{xx} + D_{xy} \quad (2)$$

$$\frac{\partial hV}{\partial t} + \frac{\partial hUV}{\partial x} + \frac{\partial hVV}{\partial y} = \frac{\partial hT_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial hT_{yy}}{\partial y} - gh \frac{\partial z}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho} + D_{yx} + D_{yy} \quad (3)$$

상기의 식에서 x, y 는 수평과 수직 좌표이며 h 는 수심, t 는 시간, U, V 는 각각 x, y 방향에 대한 유속성분을 나타내고 g 는 중력가속도이다. T_{xx}, T_{xy}, T_{yy} 는 난류 및 확산으로 인한 수심적분 응력이며, $D_{xx}, D_{xy}, D_{yx}, D_{yy}$ 는 수심적분 계산과정에서의 확산계수를 나타낸다. ρ 는 물의 밀도, $z=z_b+h$ 는 수면표고. z_b 는 하도의 표고, τ_{bx}, τ_{by} 는 하도 전단응력이다.

III. 수치모형구축

1. 연구대상지역

본 연구의 대상하천인 가곡천은 강원도 삼척시 원덕읍에 위치하고 있으며, 태백산맥에서 발원하여 동서방향으로 흐르고 동해안으로 직접 유출되는 한강 동해권 수계의 지방하천이다. 유역면적은 264.19km², 유로연장 길이는 40.96km이며, 평균고도 EL 489.23m, 평균 경사는 29.14%인 전형적인 산지하천이다. 연구대상구간은 가곡천 하구부 일대로 상류부 월천교에서 하류부 월천해수욕장 해안선과 접하는 약 1.1km의 구간을 연구대상으로 설정하였다<Figure 2>.

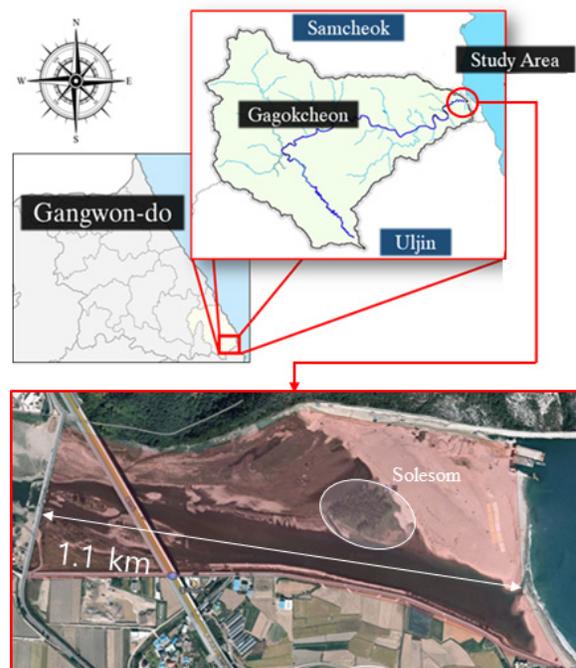


Figure 2. Study area

하천의 하구는 담수와 해수가 만나는 기수역이 형성되어 있으며, 사력퇴 등의 다양한 퇴적지형이 발달되어 있어 계절변화에 따른 유황변동과 연안류 등에 의해 하구폐색현상과 지형변화가 발생하고 있다. 특히 하구부 인근 좌안방향에 위치한 하중도인 솔섬지역은 환경부 생태자연도 1등급(G마크, 자연경관)이 부여되어 있어 보존필요성이 대두되고 있다. 그러나 하구폐색과 같은 자연적 요인과 하도 내·외의 인위적인 요인에 의해 하도육역화 현상이 진행되고 있어 솔섬 보존을 위한 대책수립이 필요한 실정에 있다. 이에 하도육역화에 의한 지형변화양상을 파악하기 위해 <Figure 3>과 같이 시계열 위성사진 자료를 분석하였다. 분석결과, 기존 육지와 솔섬이 접하는 좌안부의 퇴적길이가 2005년에 비해 2019년 약 102m 이상 증가된 것으로 분석되어 솔섬 주변이 해안방향으로 지속적으로 전진하여 육지화되어 가는 경향이 확인되었다.

2. SRH-2D 모형의 구축

본 연구지역의 범위는 솔섬 상류 월천교를 상류측 경계로 하고 하류는 해안과의 경계선으로 설정하였



Figure 3. Landforming phenomenon of Gagokchon estuary

다. 연구지역의 지형자료는 가곡천 하천정비기본계획(2015) 및 측량자료를 기반으로 구축하였다. SRH-2D 모형을 수행하기 위해 불규칙 삼각망과 사각형의 비정형 격자망을 구성하여 총 6,153개의 노드와 7,892개의 유한요소를 나타내었다. 또한 보다 정밀한 수치모의를 위해 솔섬 주변과 하류 유출단의 격자망 간격을 좁게 설정하였다. <Figure 4>는 수치모의를 위해 구축한 유한요소망을 나타낸 것이며, <Figure 5>는 연구지역의 하상표고와 모니터링 단면을 나타낸 것이다. 수치모의 결과분석을 위해 모니터링 단면을 솔섬지역 상류, 중류, 하류 및 고유량에서의 유황이 형성되는 지점을 대상으로 구성하였다.

수치모형의 흐름보정을 위한 조도계수의 입력은 연구대상지역에 대한 관측 수위자료가 전무한 관계로 부득이 실제 현장의 하상재료 및 주변 식생의 분포 등을 고려하여 Cowan의 방법에 의한 값을 채택하였다 (Arcement & Schneider, 1989). 또한 하상변동모의를 위한 입도분포는 현장에서 채취한 하상재료를 분석하여 입력자료로 구축하였다. <Figure 6>는 조도계수와 하상재료의 설정을 위한 영역을 나타낸 것이고 이에 따른 조도계수와 각 영역에 대한 입도분포를 <Table 1>과 <Figure 7>을 통해 확인할 수 있다.

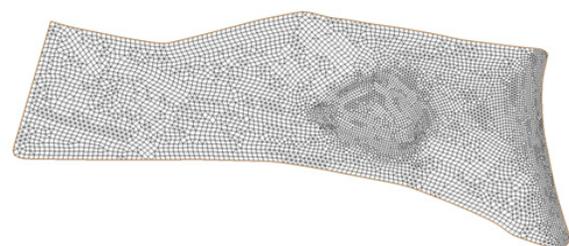


Figure 4. Finite element mesh of study area

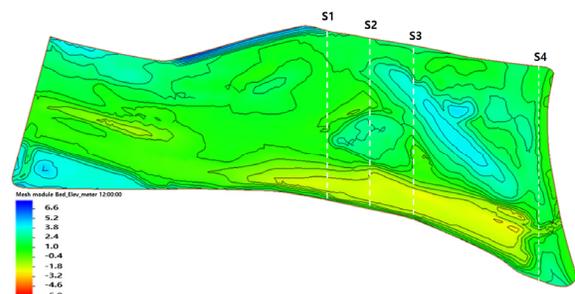


Figure 5. Bed elevation and observation line of study area



Figure 6. Site classification for roughness coefficient and bed material

Table 1. Setting the roughness coefficient by zone

Division No.	1	2	3	4	5	6
Name	Sand	Solseom	Behind Solseom	Flood plain	Channel	Park
Roughness coefficient	0.025	0.065	0.025	0.045	0.035	0.04

수치모의를 위한 경계조건은 가곡천 하천정비기본 계획(2015)에 기술된 자료를 활용하여, 연구지역의 지형에 큰 변화를 줄 수 있는 대형 강우이벤트 사상인 100년 빈도의 홍수량(1,597m³/s)과 하도유역화 현상을 분석하기 위한 평수량(4.56m³/s), 풍수량(8.3m³/s)을 상류단의 경계조건으로 설정하였다. 하류단의 경계조건은 평균해면이 높은 8월 조위평균인 34.9cm를 적용하였고 시기별 파랑조건과 배수위 영향은 고려하지 않았다.

IV. 수치모델링 결과분석

1. 강우이벤트 기반 단기 수치해석결과 대형 강우이벤트 발생 시 솔섬 주변지형의 지형변

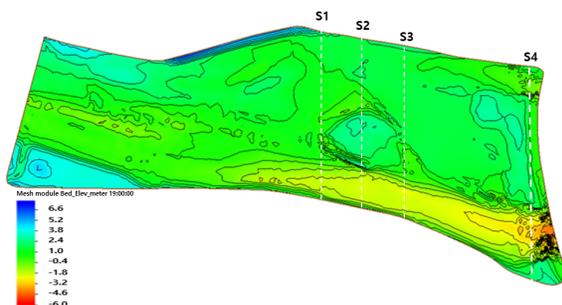


Figure 8. Morphological changes after 19 hours due to 100-year frequency rainfall (bed elevation)

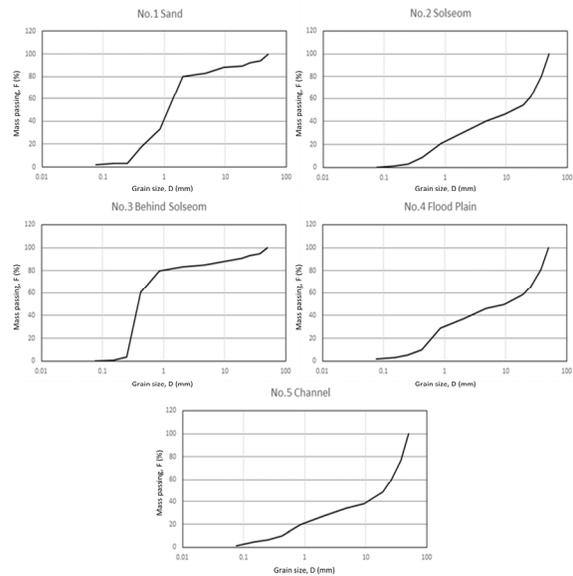


Figure 7. Particle size distribution for each site in the study area

화를 분석하여 하도유역화에 대한 원인을 검토하였다. 구축된 초기하상을 기준으로 <Figure 8>과 같이 침투유량이 발생한 19시간 후에 가장 두드러진 지형변화가 나타났으며 이후 유량이 감소함에 따라 주목할 만한 지형변화는 없었다. 대형 강우이벤트에 의한 지형변화는 <Figure 9>에서 확인할 수 있듯이 평소 유량이 형성되는 유출부에서 가장 두드러지게 나타났으며, 침투 유량 발생 시 좌안으로 추가 형성된 유수의 흐름에 의해 좌안 유출부 인근의 지형에 침식이 발생하였다. 솔섬 좌안측 주변으로는 침식의 경향을 나타내는 녹색계열이 분포하고 있으며 우안측으로 붉은색 계열의 퇴적경향이 나타남을 알 수 있다.

대형 강우사상에 따른 유속의 분포를 분석하기 위해 100년 빈도의 강우유출량을 초기 유속장 벡터와 정

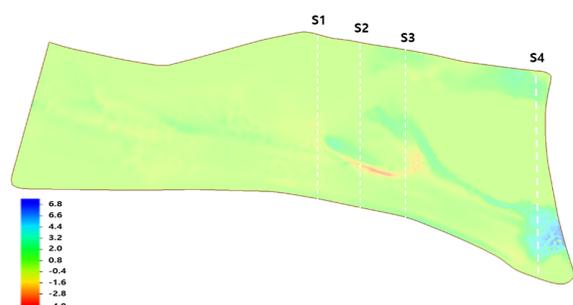


Figure 9. Morphological changes after 19 hours due to 100-year frequency rainfall (erosion and sedimentation)

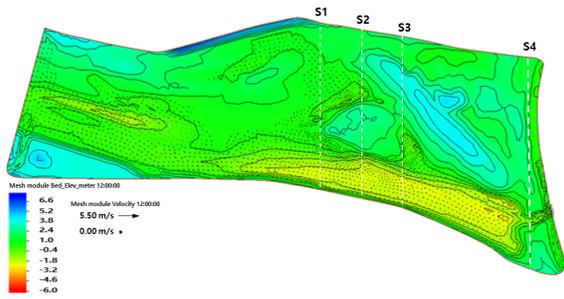


Figure 10. Initial velocity distribution(vector)

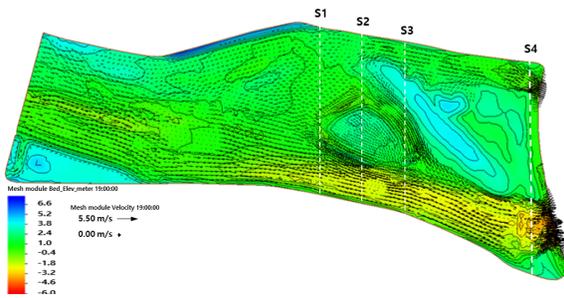


Figure 11. Velocity distribution after 19 hours due to 100-year frequency rainfall(vector)

성적으로 비교하였다(Figure 10), (Figure 11). 초기 유량이 작을 때는 솔섬 하류측으로 흐름이 나타나지 않다가 침두유량이 되는 시점에서 솔섬 하류측을 돌아서 본류로 유입하는 흐름이 발생하였다. 특히, 하천 좌안 방향으로 해안까지 유출되는 유로가 형성되었다.

100년 빈도 유량에 대한 단면변화를 각 4개의 단면에 대해 각 단면별 초기, 침두유량 및 종료시점에서의 3가지 단면을 비교하였다(Figure 12).

주목할 부분은 솔섬 주변의 S1, S2, S3번 단면의 경우 솔섬과 인접한 부분이 침식되고 토사가 보다 우안으로 이동한 부분이다. 각 경우는 상류에서 유하된 토사의 영향일 것으로 판단된다. S4 단면의 경우 하구 유출 부에서 큰 침식의 경향이 나타나며 특히 좌안에 새로운 유로의 생성으로 인한 침식이 나타났다. 또한 각 단면에 대한 수위변화를 분석한 결과 (Figure 13)과 같이 나타났다. 그림에서 각 황색선은 지형을 나타내며 초기 검은색, 침두 붉은색 및 종료시점에 푸른색 선으로 표시하였다. 특히 S4 단면의 경우 인위적으로 형성된 넓고 높은 지형으로 인해 침두유량 시에도 유수가 중앙의 토사부분 까지 침투할 수 없는 것으로 나타났다.

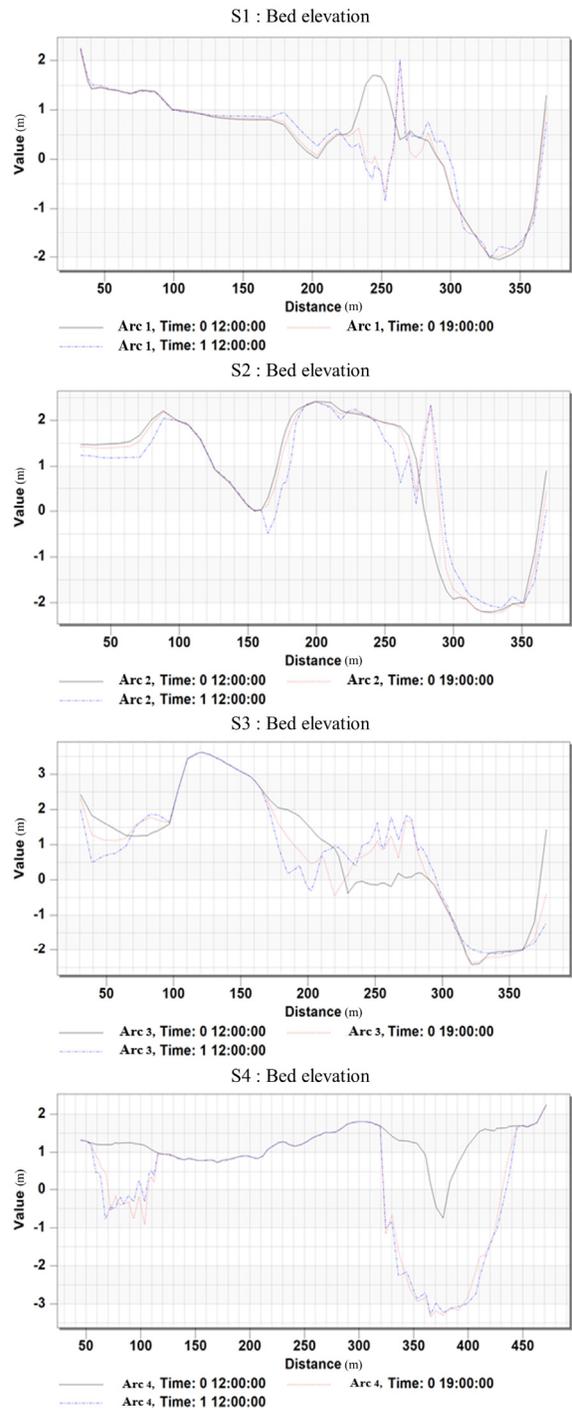


Figure 12. Change of channel cross section(Initial, peak, end)

2. 평수량에 대한 장기 수치해석결과

솔섬지역의 하상변화를 분석하기 위한 장기 수치 모의 수행을 위해 가곡천 하천종합계획의 평수량과 풍수량을 적용하여 40일간 모의를 수행하였다(Figure 14), (Figure 15), (Figure 16). 수치해석 결과 평수량

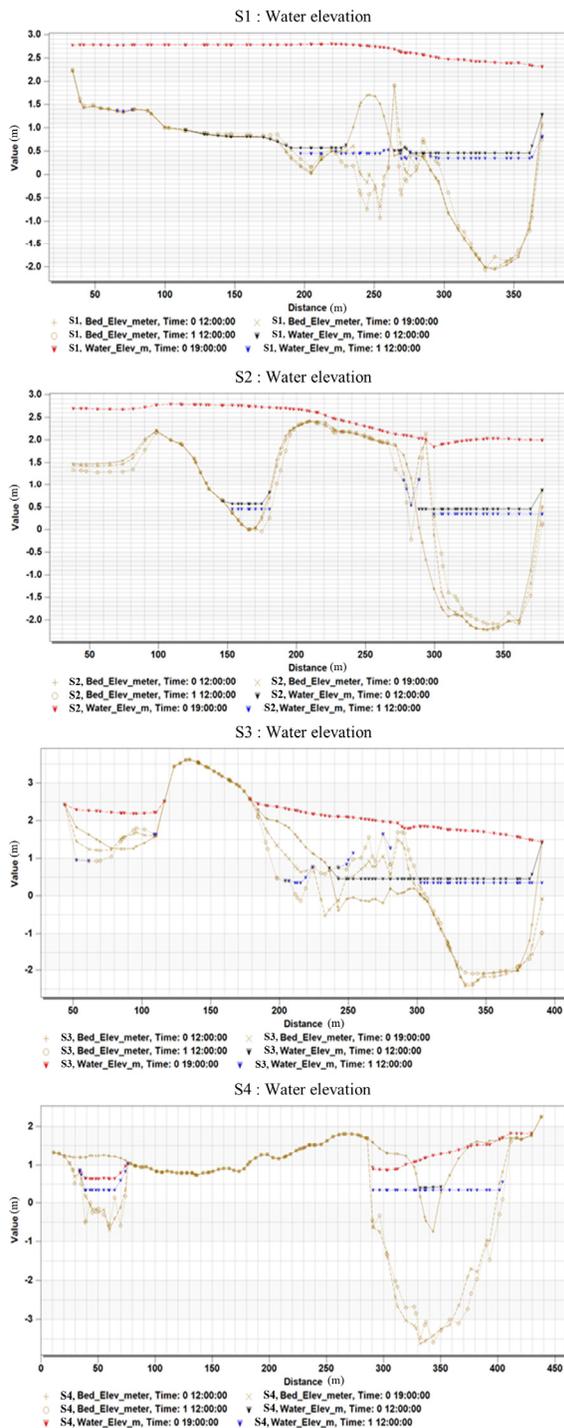


Figure 13. Water level change(Initial, peak, end)

과 풍수량에 대한 하상변동은 하구부 유출부분을 제외하면 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

3. 수치해석 결과고찰

장·단기수치해석에 대한 결과와 하천현장 모니터링 수행결과를 검토한 결과, 가곡천 하구부의 하도유

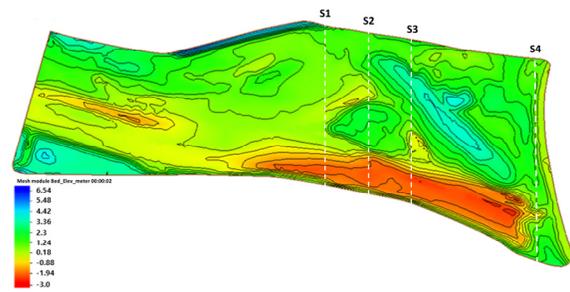


Figure 14. Initial bed

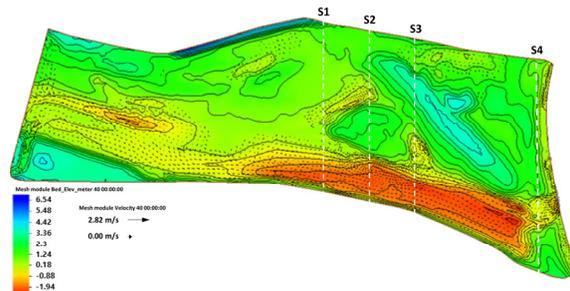


Figure 15. Bed change of after 40 days by ordinary water flow

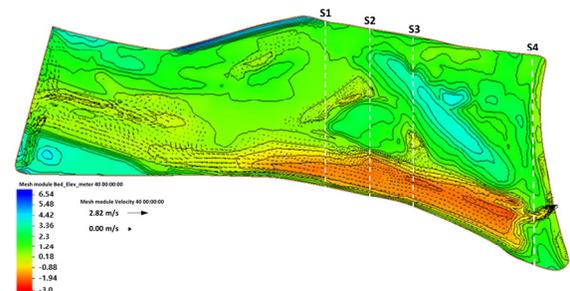


Figure 16. Bed change of after 40 days by ninety-five day flow

역화 원인 및 영향요인을 3가지로 구분할 수 있었다. 첫 번째로 가곡천 상류에서의 하천안정화로 인한 유사의 공급 저하와 적은 유량에서의 낮은 유속에 의해 가곡천 하구부에서 하천의 장갑화(Bed amoring)가 진행되고 있다는 것이다<Figure 17>. 또한 가곡천 상류에는 물놀이 시설이 여름철에 주기적으로 운영되고 있어 인위적으로 설치된 보가 물의 흐름에 지장을 주고 있다.

두 번째는 최근 대형 강우이벤트의 미발생이다. 가곡천 유역의 인근에 위치한 태백관측소의 자료를 기반으로 강우패턴을 분석한 결과<Table 2>, 최근 10년간의 시강우 순위는 2017년 6월 28일 48.3mm가 가장 많은 강우를 기록한 것으로 나타나고 있으며 가곡천



Figure 17. Bed amoring of Gagokchon

Table 2. Ranking of rainfall intensity in recent 10 years(Taebaek meteorological station)

Ranking	Date	Hourly rainfall(mm)
1	2017. 06. 28	48.3
2	2011. 08. 17	33.5
3	2012. 07. 15	29.5
4	2011. 09. 11	29.0
5	2011. 06. 19	28.4

하천정비기본계획(2015)에 의하면 해당 강우강도는 10년빈도의 강우에 못 미치는 것으로 확인된다. 이처럼 유역의 부족하고 약한 강우현황으로 인하여 가곡천의 유량이 매우 적어 하상재료의 이동이 원활하지 않다.

세 번째는 하구부 지형의 변화로 인한 유수의 원활한 소통의 어려움이다. 2010년 이전 가곡천 해안선은 솔섬의 좌안으로 유수가 유입될 경우 바다로 소통할 수 있는 거리가 짧고 낮은 지형조건을 갖추고 있다. <Figure 18>과 같이 2010년 촬영된 항공사진에서 확인



Figure 18. Gagokcheon aerial photograph(2010)

할 수 있듯이 좌안으로 유수가 소통한 흔적을 확인 할 수 있다. 그러나 현재는 하도 내·외의 환경변화로 솔섬 좌안에 형성된 넓고 높은 지형의 백사장은 솔섬 좌안으로 형성될 수 있는 유수의 흐름에 지장을 초래하고 있다. 상당한 시간이 흐를 경우 솔섬을 비롯한 솔섬 좌측 지역은 수역을 형성하지 못하고 식생역으로 천이될 가능성이 높다.

V. 결론

본 연구에서는 가곡천 하구부의 하도육역화 현상에 대한 저감대책 방안을 제시하기 위한 목적으로 2차원 수리해석 및 하상변동모형인 SRH-2D를 이용하여 강우이벤트 기반 단기수치모델링과 평·갈수량에 대한 장기수치모델링을 수행하였다. 수치해석을 통해 도출된 결론은 다음과 같다.

현재 지형을 이용하여 대형강우 및 평·갈수량을 유입한 결과 100년 빈도의 강우에서 솔섬주변으로 유황이 형성되었고 솔섬의 좌안으로 유수가 소통하는 것을 확인하였다. 그러나 최근 가곡천 유역에는 대형강우가 발생하지 않아 하도육역화의 진행현상을 관측할 수 있다. 아울러 솔섬 직하류에 상당히 높은 지형이 인위적으로 형성되어 있어 유수의 소통에 지장을 주고 있을 뿐만 아니라 솔섬주변에서의 하도육역화 진행에 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 가곡천 하구부의 하도육역화 현상에 대한 주요한 영향요인으로는 강우패턴의 변화에 기인한 영향이 인위적 영향에 의한 하도 내·외의 환경변화 보다 높을 것으로 사료된다.

연구결과를 토대로 이러한 하도육역화에 대한 저감대책을 크게 2가지로 제안하고자 한다. 첫째, 솔섬 둘레를 따라 유수가 소통할 수 있게 수로를 형성하고 유수 통과시 토사를 배제할 수 있는 공법을 적용하는 것이다. 이러한 공법을 적용하기 위해서는 측구개념의 선형계획을 수립하거나 별도의 수리모델링이나 실험을 통한 계획수립이 필요하다. 둘째, 솔섬 좌안의 높

은 모래언덕 지형을 월천해수욕장의 양빈사로 활용 또는 준설의 방법 등을 이용하여 우안과 균형을 맞출 수 있도록 주기적으로 조정하는 공법을 제안한다.

본 연구의 결과는 하천 하구부의 문제를 수리·수문학적 관점에서 단순화시켜 해석하여 하도육역화로 인해 야기될 수 있는 문제들을 저감시킬 수 있는 대책 방안과 하천관리계획 수립 시에 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2017년도 강원대학교 대학회계 한술연 구조성비로 연구하였으며(관리번호-620170152), 행정안전부의 재난관리분야 전문인력 양성사업으로 지원되었음.

References

Arcement, G. J. and V. R. Schneider. 1989. Guide for selecting Manning's roughness coefficients for natural channels and flood plains.

Graf, W. L. 2006. Downstream Hydrologic and Geomorphic Effects of Large Dams on American Rivers. *Geomorphology*. 79(3-4): 336-360.

Hyundai Engineering and Construction Co., Ltd. 2014. Technology Development for Channel Landforming Management. Center for Aquatic Ecosystem Restoration

Im, J. H. and G. G. Lee. 2009. Channel Landforming Management Technology Development. *River and Culture*. 5(4): 107-117.

Kye, Won Jun, Byong Hee Jun, and Seung Chul Lee. 2013. Use of Terrestrial LiDAR for Analysis of Estuarine Hazard Areas. *Crisisonomy*. 9(12): 97-108.

Lee, Gun Goo, Chang Geon Yeo, Jang Hyuk Im, and Won Sik Ahn. 2011. Analysis on the Hydraulic Characteristics of Sub-channel in the Flood Plain for Management of Landforming. *Journal of Disaster Management*. 11(5): 305-312.

Maeng, S. J., S. W Lee, G. S. Hwang, and D. O. Kim. 2013. Analysis of the Characteristics of the River Bed Variation

for Gagok Down Stream Considering Flood Season. *Crisisonomy*. 9: 103-115.

Ryu, Young Hoon, Sam Hee Lee, and Won Sik Ahn. 2010. Study on Characteristics for Local Deposit of Sediment by Surveying River Bed's Layer History in High Berm of River Channel. *Journal of Korea Water Resources Association*. 43(10): 883-891.

Williams, G. P. and M. G. Wolman. 1984. Downstream Effects of Dams on Alluvial Rivers. U.S. Geology Survey professional. PP: 1286.

Yoon, Byung Ha. 2018. Analysis of Hydraulic Characteristics of Gagokcheon Estuary Using SRH-2D Model. Master's Thesis. Kangwon National University.

Yoon, J. J. 2014. Analysis of Hydraulic Characteristics of Gagokchon River Estuary Using a 2-D Numerical Model. Master's Thesis. Kangwon National University.

Korean References Translated from the English

류영훈, 이삼희, 안원식. 2010. 하도 층구조 이력조사를 통한 하도내 국지퇴적 특성 분석. 한국수자원학회 논문집. 43(10): 883-891.

맹승진, 이승욱, 황길순, 김동익. 2013. 홍수기를 고려한 가곡천 하류부 하상변동 특성 분석. 한국위기관리논집. 9: 103-115

삼척시. 2015. 가곡천 하천정비기본계획(변경)

윤병하. 2018. SRH-2D 모형을 이용한 가곡천 하구부 수리특성 분석. 석사학위논문. 강원대학교

윤지준. 2014. 2차원 수치해석 모형을 이용한 가곡천 하구부 수리특성 분석. 석사학위논문. 강원대학교

이건구, 여창건, 임장혁, 안원식. 2011. 하도육역화 관리를 위한 물골의 수리학적 특성 분석. 한국방재학회 논문집. 11(5): 305-312.

임장혁, 이진구. 2009. 하도육역화 관리기술 개발. 하천과 문화. 5(4): 107-117.

전계원, 전병희, 이승철. 2013. 하구부 위험지역 분석을 위한 지상 LiDAR 의 활용. 한국위기관리논집. 9(12): 97-108.

현대건설(주). 2014. 자연형 하상복원 및 하도육역화 관리기술 개발. 수생태복원사업단.

하도환경변화에 따른 가곡천 하구부의 하도육역화 특성 분석

국문초록 동해안으로 유출되는 지방하천인 가곡천의 하구부는 현재 하도육역화 현상이 진행되고 있다. 하도육역화란 수역이 식생역으로 천이되면서 최종적으로 육지화 되는 현상으로 하도가 점차 육지로 변하는 일련의 과정을 말한다. 이러한 현상은 하천의 생태·환경적 측면에서 많은 문제들을 야기할 가능성이 있고, 그 중에서도 원활한 유수의 소통을 저해하여 하도의 홍수관리 기능에 심각한 위해요소로 작용할 수 있다. 이에 대한 대책수립을 위해 수년간의 지속적인 하천모니터링을 수행한 결과, 하도육역화의 원인으로는 자연적 요인과 인위적인 영향이 공존하는 것으로 판단되고 있다. 그러나 기존의 하천현장 모니터링 수행방법으로는 정량적 분석을 통한 원인규명에 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 2차원 수리학적 해석 및 침전물 운송 모형인 SRH-2D를 이용하여 가곡천 하구부의 수리특성 분석을 통해 하도육역화 저감대책 방안을 제시하는데 목적이 있다. 연구결과 하도육역화의 원인 및 영향요인으로는 가곡천 하상의 장갑화, 최근 대형 강우이벤트 미발생, 하구부 지형의 변화로 인한 유수의 원활한 소통의 어려움 등으로 확인 되었다. 특히 이 중에서 인위적인 하도환경 변화에 의한 영향 보다는 강우패턴의 변화에 기인한 영향이 높은 것으로 확인되었다.

주제어 : 하도환경변화, 하도육역화, SRH-2D, 저감대책

Profiles **Jong Ho Choi** : He received his Master of engineering from Kangwon National University, Korea in 2016. He is a Ph.D course of the Department of Disaster Prevention & Management at Kangwon National University. His interesting subject of research is hydraulic- hydrologic modeling, sediment transportation, mountainous disaster(apt105@kangwon.ac.kr).

Kye Won Jun : He received his Ph.D. degree from Chungbuk National University, Korea in 2004. He is a professor of the Graduate School of Disaster Prevention, Kangwon National University, in which he has taught since 2004. His interesting subject and area of research and education are flood prevention, mountainous disaster prevention, and natural disaster prevention & management. He has published 90 articles in journals and written 9 books(including co-author books)(kwjun@kangwon.ac.kr).