

하천복원의 도전과 전망

Challenges and Prospects of Stream Restoration

전승훈^{1*} · 김규호²

¹가천대학교 조경학과, ²한국건설기술연구원 수자원하천연구소

Seong Hoon Chun^{1*} and Kyu-Ho Kim²

¹Department of Landscape Architecture, Gachon University, Seongnam 461-701, Korea

²Department of Hydro Science and Engineering, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Goyang 411-712, Korea

Received 18 June 2015, accepted 23 June 2015, published online 30 June 2015

최근 쾌적한 삶의 질을 확보하고 사회환경적 안전성을 보장하면서 지속가능한 발전을 추구하기 위하여 다양한 생태적 하천관리 기법이 개발되고 있다. 이에 따라서 하천 관리에서 가장 큰 이슈는 기후변화에 따른 영향과 이에 대한 대응 및 적응 기법, 그리고 산업화와 도시화에 의하여 훼손되고 교란된 하천생태계의 복원 기법을 개발하는 것이다. 즉 홍수에 안전하고 자연과 인간이 공존할 수 있는 친수 공간을 확보하면서 하천 생물다양성을 보전하는 등의 다양한 하천 기능을 통합하여 관리하는 것이 요구되고 있다.

우리나라에서 하천 복원에 대한 연구와 기술 개발은 1990년대 후반부터 본격적으로 시작되었으나, 아직까지 수리, 생태, 수질 분야 등의 다학제간 분야에서 하천의 다양성과 역동성을 고려하면서 실험적으로 실증되고 현장 적용성이 검증된 하천복원 기술 개발은 미흡한 실정이다. 따라서 국토교통부에서 지원하는 그린리버 연구단은 2012년부터 2016년까지 5년간 “자연과 인간의 공존 터전 - 하천”이라는 비전을 가지고 홍수에 안전하고 생태적으로 건전하며 주민과 함께하는 하천을 조성하기 위해 필요한 기술을

개발하고 있다. 하천의 치수와 함께 생태, 친수, 경관의 환경 기능이 조화를 이루는 하천을 공간적으로 보전, 개선 및 복원하는 기술을 다양한 분야의 전문가가 참여하여 연구, 개발하고 있다. 이번 특별호에서는 그린리버 연구단에서 진행되고 있는 연구과제가운데, 하천 환경 평가 기법, 하천 홍수터 확보 및 복원 기술, 하천 종횡적 연결성 회복 기술 및 무저독성 복원 소재 기술 개발에 대한 총 7 편의 연구 논문을 수록하였다.

1990년대 이후 독일, 영국, 호주 등 선진국은 하천 복원 사업의 추진 과정에서 사업의 타당성 제고와 성공적 수행을 위하여 자국의 하천 특성에 적합한 하천 환경 평가체계를 구축하였다. 이들 평가체계는 새로운 과학 지식과 기술의 축적에 힘입어 지속적으로 발전하고 있다 (Chun et al. 2014). 그러나 우리나라에서 하천환경평가는 관련된 제도적 근거가 미흡하고 이에 대한 기준과 지침이 구체적이지 못할 뿐만 아니라 수자원 관리와의 통합적 접근이 이루어지지 못한 상태였다 (Chun et al. 2015). 특히 생물 중심의 평가항목과 기준은 물리구조적 서식환경이나 수질과

*Corresponding author: chunsh@gachon.ac.kr

© Korean Society of Ecology and Infrastructure Engineering. All rights reserved.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

연관된 수생생물에 국한되어 있고 대부분 정밀 생물 조사를 바탕으로 하는 환경영향평가의 일환으로 이루어지고 있다. 따라서 우리나라의 하천 수계를 대표할 수 있고 변동성이 적은 식생, 어류, 조류 등의 고등생물을 지표화하여 신속하면서도 공간 정보화된 정량적 평가기법의 개발이 시급하게 요구된다. 한편 하천환경 평가체계를 현장에 적용하기 위해서는 다양한 하천환경을 유형화하고 평가 단위를 체계화함으로써 평가 결과의 신뢰도를 높여야 한다. 또한 환경환경을 유형화하기 위하여 우리나라에 적합한 하천분류체계의 개발이 선행되어야 한다. 하천의 설계, 관리 등의 하천공학 분야에 적용할 수 있도록 개발된 다른 나라의 하천분류체계는 미국의 Rosgen (1996), Montgomery and Buffington (1993), 영국의 SEPA (2003) 및 일본의 Yamamoto (1988) 등이 있다. 우리나라의 남강을 대상하천으로 선정하여 하천 지형학적인 측면에서 이들 하천분류체계를 비교한 결과 Yamamoto의 체계가 현장 적용성이 높았다 (Kim and Jung 2015). 앞으로 그린리버 연구단에서는 평가단위를 과학적으로 설정하고 공간정보화가 가능한 우리나라 하천에 적합한 하천환경 평가체계를 구축하고자 한다.

최근 홍수터 생태계에 대한 과학적 이해가 축적됨에 따라 홍수터와 인간의 관계가 재평가되고 있다. 즉, 홍수 조절과 같은 치수적 가치나 레크리에이션과 같은 친수적 가치보다는 생물서식지, 영양소 순환과 같은 홍수터 본연의 기능에 대한 가치 평가가 중요해지고 있다. 이러한 가치의 전환은 독일, 덴마크, 네덜란드, 영국 등 유럽 각국과 미국 등에서 제방에 의해 제약된 제외지의 생태하천 조성의 소극적 하천복원에서 벗어나 제내지로까지 하천공간의 복원 개념과 실천을 확대시키고 있다 (Warner et al. 2013). 우리나라에서도 하천복원 대상 공간이 주로 제외지의 저수로와 고수부에 제한되어 왔으나, 앞으로는 제내지 공간 일부를 하천 공간으로 편입하여 홍수터를 복원하는 기술 개발이 필요하다고 판단된다. 이렇게 하천 공간을 제내지로 확대하기 위해서는 지형학적 및 수문학적 방법에 의하여 제내지의 잠재적 홍수터 공간을 획정하는 기술이 개발되어야 한다. 만경강 유역에서 잠재적 홍수터 공간을 추정하기 위한 연구에서 100년 빈도 범람 지역을 하천공간으로 획정하는 것

이 타당할 것으로 판단되었다 (Kim et al. 2015b). 한편 제내지 홍수터를 복원함으로써 수로와 홍수터 사이의 수리적, 생태적 횡적 연결성이 확보될 수 있다. 제내지 홍수터가 획정이 되면 이 홍수터를 복원하기 위하여 제방에 의하여 차단된 하천의 횡적 연결성을 평가하고 진단하는 기술이 필요하다. 특히 하천의 어류는 그들의 생활사에서 분류와 홍수터의 수리적 연결성의 확보가 중요하다. 현재 제방에 의하여 분류와 차단되어 있는 제내지 구하도를 분류와 연결시키는 다양한 시나리오에 따라서 횡적 연결성을 회복시키면, 정수성 및 우수성 어종에서 특히 홍수기에 적합한 서식지가 확대되는 것으로 추정되었다 (Kim et al. 2015a). 따라서 제내지 홍수터를 회복하면 이 곳이 어류의 산란처와 홍수시 피난처로서 기능하여 생물 다양성 보전에 기여할 것으로 기대된다. 또한 본 연구단에서는 하천 홍수터 복원에 의한 횡적 연결성과 함께 종적 연결성을 복원하기 위한 공법을 개발하고 있다. 종적연결성을 회복하기 위하여 자연하도형 생물이동로와 횡적연결성을 복원하기 위한 양서류 생태통로의 조성 기술을 개발하고 있다. 종횡적 연결성을 확보하기 위한 노력으로서 큰크리트 호안 밑다짐을 대치할 수 있는 식생 밑다짐 기법에 의한 하안의 퇴적과 침식 경감에 대하여 검토하였다 (Kim 2015). 도심 구간 하천에 달뿌리풀, 갈대, 갯버들 및 물억새를 대상으로 수종 별 침식 경감과 퇴적의 임계유속을 분석하였는데, 대상 식물종 모두 하안 퇴적이나 침식 경감 기능을 지닌 만큼 안정하도 형성과 함께 식생통로의 확보에 기여함이 확인되었다 (Kim 2015).

현재 하천복원에서 흔히 사용하는 소재인 콘크리트의 생태적 독성 문제를 극복할 수 있는 무, 저독성 소재에 대한 요구가 날로 증대하고 있다. 이에 따라서 무, 저독성 소재를 활용하여 홍수에 안전하고 생태적으로 건전한 자연친화적 생태하천 조성 기술 개발에 대한 연구가 진행되고 있다. 하천 복원용 소재인 시멘트, 식물성 폴리우레탄 및 우레탄이 무당개구리 (*Bombina orientalis*) 배아에 미치는 독성을 평가한 결과에 따르면, 식물성 폴리우레탄 소재가 배아의 생존율과 기형발생률 측면에서 발생 독성이 가장 낮았다 (Park et al. 2005). 이러한 무, 저독성 소재를 현장에 적용하기 위해서는 이들의 수리적 안정성을 확보하고 객관적이고 구체적인 설계기준이 필요하

다. 본 연구단에서 채용한 무독성 소재 호안 블록을 실규모 수로에 설치하여 최고 유량 3.0 m³/s, 최고 유속 3.0 m/s에서 수리적 안정성을 평가한 결과 수리적 안전성이 충분히 확보되었음을 확인하였다 (Oh et al. 2015). 이러한 안전성 평가 기술은 하천복원 과정에서 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

이번 특집호에 수록된 연구논문을 종합해볼 때, 우리나라의 하천복원의 방향은 기존의 제외지인 하천 구역에 머물러 있던 공간적 범위가 제내지 홍수터 구역까지 확대될 것으로 예상된다. 이를 위해서는 확장되는 홍수터 공간의 활용에 대한 다차원적 기능과 가치의 정립이 선행되고, 수리적 및 생태적 연계성 평가 기술이 요구될 뿐 만 아니라 연결성을 회복할 수 있는 구체적인 기술이 개발되어야 할 것으로 생각된다. 또한 생태적으로 독성이 낮으며 수리적 안전성을 동시에 확보할 있는 하천복원 소재의 개발과 현장 적용이 이루어져야 하고 이에 대한 기술개발이 요구된다. 마지막으로 미래의 하천관리는 수자원과 수질 관리에 중점을 두었던 관행적 접근을 벗어나 생태와 어메니티 등의 다양한 가치와 기능을 동시에 고려하는 통합적 접근이 강화될 것으로 전망되고 있다. 따라서 이러한 하천관리의 새로운 패러다임이 실현될 수 있도록 관련 법제도적 재정비와 더불어 하천환경평가와 같은 기초적인 핵심기술의 개발이 시급하다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원 (12기술혁신C02)에 의해 수행되었습니다.

References

Chun, S.H., Kim, C.B, Kim, W.R., Park, S.G. and Chae, S.K. 2015. Analysis of stream environmental assessment systems in Korea: focused on biological aspect. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 108-117. (in

Korean) (this issue)
 Chun, S.H., Park, S.G. and Chae, S.K. 2014. Review of some advanced stream environmental assessment systems, *Journal of Korean Society of Hazard Mitigation* 14: 355-362. (in Korean)
 Kim, J.-H. 2015. Deposition and erosion relief of riverfront by vegetation. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 154-160. (in Korean) (this issue)
 Kim, K. and Jung, H. 2015. An application on stream classification systems in the Nam River, Korea. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 118-127. (in Korean) (this issue)
 Kim, S.H., Kim, D. and Cho, K.-H. 2015a. Evaluation of habitat improvement using two-dimensional fish habitat modeling after the connectivity restoration in an isolated former channel. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 137-146. (in Korean) (this issue)
 Kim, J.-S., Lee, C.-J., Kim, J.-H., Choi, C. and Kim, K.-H. 2015b. A comparison of geomorphological and hydrological methods for delimitation of flood plain in the Mankyung River, Korea. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 128-136. (in Korean) (this issue)
 Montgomery, D.R. and Buffington, J.M. 1993. Channel Classification, Prediction of Channel Response, and Assessment of Channel Condition. Washington State Department of Natural Resources – Timber, Fish and Wildlife. Olympia, WA, USA.
 Oh, J.O., Jun, S.M. and Park, J.H. 2015. Hydraulic stability of a non-toxic revetment block. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 161-166. (in Korean) (this issue)
 Park, C.J., Ahn, H.K., Gye, M.C. and Lee, T.H. 2015. Effects of concrete materials for the stream restoration on *Bombina orientalis* Embryos. *Ecology and Resilient Infrastructure* 2: 147-153.
 Rosgen, D.L. 1996. Applied River Morphology. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
 SEPA. 2003. Field Survey Guidance Manual: 2003 Version. Scottish Environment Protection Agency, Environmental Agency, Bristol, UK.
 Warner, J., Van Buuren, A. and Edelenbos, J. 2013. Making Space for the River. IWA Publishing, London, UK and New-York, USA.
 Yamamoto, K. 1988. Channel Specific Analysis. Public Works Research Institute Report 1394. Tsukuba, Japan. (in Japanese).