

영천강 만곡부의 저수수제군이 생태계 및 하상변동에 미치는 효과*

김기흥 · 이형래 · 정혜련

경남과학기술대학교 토목공학과

Effects of Submerged Spur Dikes on the Ecosystem and Bed Deformation in Youngcheon River Bend*

Kim, Ki Heung · Lee, Hyeong-Rae and Jung, Hea Reyn

Department of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology.

ABSTRACT

In order to assess the effects of ecosystem and landscape in around spur dikes, this study had carried out monitoring on the changes of ecosystem and morphologic characteristics in around spur dikes that had been settled in bend of Youngcheon River. The study site was a short reach with length 190m, spur dikes were installed in March, 2008. Monitoring of the site had been started in May 2008 and had been completed September 2011.

The results are as follow ;

1) Spur dikes that were installed for channel stabilization are performing effectively hydraulic functions at flooding time.

2) Spur dikes that were installed in water colliding front of river bend brought about sediment deposition between those and formed pools around front of those. Therefore, it was verified to create various physical characteristics in the aspect of channel topography and flow consequently.

3) The survey results that was carried out in October 2008 showed to emerge 25 species of plant,

* 본 연구는 경남과학기술대학교 기성회연구비 및 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(12기술혁신C02)의 지원에 의해 수행되었음.

First author : Kim, Ki Heung, Dept. of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, 33 Dongjinro Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea,
Tel : +82-55-751-3294, E-mail : khkim@gntech.ac.kr

Corresponding author : Lee, Hyeong Rae, Dept. of Civil Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, 33 Dongjinro, Jinju, Gyeongnam 660-758, Korea,
Tel : +82-55-751-3292, E-mail : hrlee@gntech.ac.kr

Received : 12 December, 2012. **Revised** : 30 January, 2013. **Accepted** : 13 March, 2013.

9 species of fish and 17 species of benthic macroinvertebrates, but the survey results in October 2010 showed to emerge 74 species of plant, 12 species of fish and 19 species of benthic macroinvertebrates. In particular, plant species that emerged in 2011 increased about three times more than those in 2008.

Key Words : River works, flow, Local scour, Landscape, Monitoring.

I. 서 론

수제(水制)는 하천구조물로서 흐름방향을 변화시켜 유량을 제어하거나 조도요소로서 유속을 감소시킬 수 있기 때문에 하안부근의 하상세굴을 방지하거나 수제근방에 토사를 퇴적시킬 목적으로 세계 각국에서 활용되어 온 전통적인 치수공법의 하나이다.

수제를 활용하는 공법들은 그 지역 하천의 자연적 특성에 따라 다르다. 유럽의 대하천에서는 주운을 위한 수심유지를 목적으로 설치되었고, 스위스와 미국 등 만년설이 발생하는 산악 지역에서는 유빙(流水)에 의한 아이스 잼(ice jam)으로부터 하안침식을 억제하기 위한 하천공법으로 활용되고 있으며, 일본에서는 홍수시 제방과 하안을 보호하기 위한 치수공법으로 활용하고 있다.

국내의 수제설계 기술은 하천설계기준(한국수자원학회, 2005)에 수제의 설계와 시공에 관한 기준이 마련되어 있으나 주로 일본과 유럽에서 제안된 경험적 공식이나 이론을 부분적으로 인용한 것이기 때문에 설계 및 시공단계에서 이를 실무적으로 이용하기는 어려운 실정이다(여홍구, 2008). 수제의 종류에는 홍수로부터 직접 제방을 보호하기 위한 고수(高水)수제, 하안을 보호하기 위한 저수호안(護岸)수제, 호안기초의 세굴을 막아 하안을 간접적으로 보호하는 저수(低水)수제 및 유량·유속을 변화시켜 호안을 보호하거나 토사의 퇴적을 제어하는 Hydro-barrier 수제 등이 있다(山本晃一, 1996 ; 福留脩文, 1994 ; 山本晃一, 2003).

지금까지 수행된 연구는 수제 설치에 따른 유속, 수위 및 홍수시 흐름구조 등 유동장 특성 변화(道奧康治 등, 2004 ; 樁涼太 등, 2008 ; Marelius et al., 1998. ; Weiming et al., 2004 ; Jorge et al., 2008 ; Sukhodolov et al., 2004) 및 수제 설치구간의 세굴·퇴적에 의한 하상변동(大槻英樹 등, 2000 ; 久加明子 등, 2012 ; Kuhnle et al., 2002 ; Hao Zhang, 2005.)예측 등의 연구가 주류를 이루고 있다. 그러나, 국내에서 수제에 관한 연구는 아직 미흡하며, 주로 수제 주변의 흐름특성 및 퇴적경향 분석에 머무르고 있다(강준구 등, 2008, 2009 ; 박정규, 2011(a), (b), (c)).

한편, 최근에는 하천환경의 다양성을 확보하는 수단으로 활용하여 수제 사이에 토사퇴적을 촉진하거나 여울과 소의 조성을 목적으로 적용하는 사례도 있다(建設省九州地方建設局, 1997). 수제선단부 및 하류에 국소세굴에 의하여 소가 형성되는 원리를 이용하면, 흐름 및 하도지형 특성이 다양한 물리환경을 창출할 수 있다.

이러한 수제의 기능을 고려할 때, 우리나라와 같이 유량 변동이 크고 하상경사가 급하여 유수력이 큰 하천에서는 비교적 높이가 낮고, 길이도 짧은 저수(低水)수제가 수리적 안정성 측면에서 유리하다고 판단된다. 또한 수제구간은 흐름이 지체되어 유심부에 비해 유속이 크게 감소하므로, 다양한 흐름을 형성하여 어류나 수서동물의 서식처를 제공할 뿐만 아니라 홍수시 피난처 역할을 함으로써 생태환경을 조성하는 데에도 기여할 수 있다.

따라서, 하도지형 및 흐름특성에 따라 수제군(水制群)을 설치하면 제방의 치수적 안전성을

확보함과 더불어 여울과 소를 창출하고, 수제 사이에 토사를 퇴적시켜 식생정착을 유도함으로써 하천 생태기반의 다양성을 확보하는 것도 하나의 선택적 방법이 될 수 있다고 판단된다.

본 연구에서는 홍수시 하안의 세굴에 의한 호안파괴가 빈발하는 하도의 만곡부에 영향을 바꾸고, 토사의 퇴적을 유도하여 하도를 안정시키는 공법의 사례연구로서 저수수제군에 의한 치수효과 이외에 하천 생태계의 다양성을 확보하는 등 다목적 기능을 가지는 저수수제군의 효과를 생태적 기능을 중심으로 분석, 제시하고자 하였다.

II. 연구범위 및 방법

1. 연구범위

본 연구는 우리나라에서 아직 수제공법의 활용도가 낮아 사례가 거의 없지만, 하천공사의 주요 치수공법 중 하나인 수제공법이 생태계에 미치는 효과와 치수적 안정성을 파악하기 위하여 실제하천인 영천강 만곡부에 설치된 수제부의 하도지형 및 생태계 변화를 모니터링하고 그 결과를 분석하여 실제하천에서 수제의 다양한 활용도를 제시하고자 하였다.

연구대상지는 Figure 1에 나타낸 바와 남강의 합류점으로부터 약 19km 상류의 만곡부로서 경남 고성군 영현면 연화리의 연화천 합류부 상류에 위치하고 있다. 대상지는 연장 1900m, 평균하폭 70~80m 이며, 하상재료는 자갈이다.

Figure 2는 대상지의 저수수제 설치 전·후

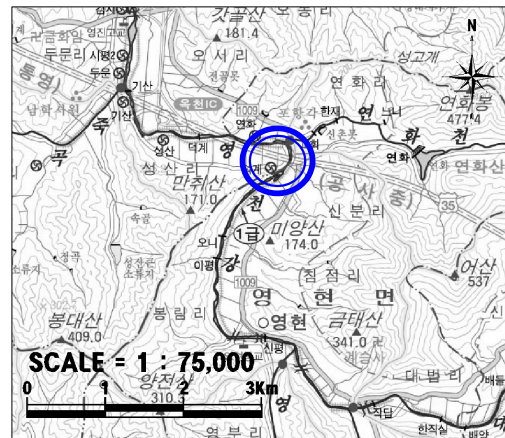


Figure 1. Location map of study area.

의 항공사진이다. 연화천 합류부 직상류 하도 만곡부에 연장 190m 구간에 길이 11m, 높이 0.8m, 하부폭 4m, 상부 폭 1.0인 사다리꼴 단면의 저수수제 3기를 40m 간격으로 설치하였다.

Figure 2에서 알 수 있듯이 2002년에는 하도 만곡부의 지형특성인 좌안측에 고정사주, 우안측에 세굴에 의한 좁고 긴 여울이 발생하면서 호안기초부가 세굴되어 제방붕괴 위험이 있었다. 2003년 제방보강공사를 시행한 후 하상을 정리함에 따라 2004년의 항공사진은 유로가 하심과 일치함을 알 수 있다. 그러나 2006년 항공사진에서 하도지형은 2002년과 같은 지형으로 회복되었으나 태풍 “에위니아”시 홍수로 인하여 영금교 상류 우안측 호안이 유실됨에 따라 2007년 가을에 하도정비를 착공하여 2008년 4월에 준공하였다. 당초 계획은 전석붙임호안 및 밑다짐으로 계획·설계되어 있었으나 홍수시

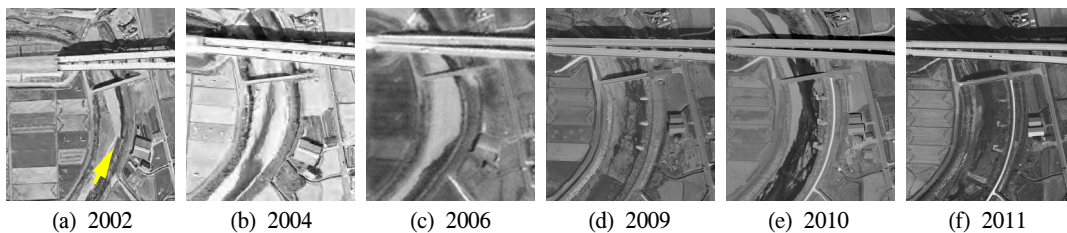


Figure 2. Aerial photographs of before and after spur dikes installation in site (www.ngii.go.kr).

제방의 호안기초가 반복적으로 유실됨에 따라 치수기능, 경제성 및 생태 측면에서 재검토한 결과 3기의 저수수제를 설치하도록 설계를 변경하였다. Figure 2는 수제 설치 전·후의 현장 조사 사진으로서 수제 설치 후의 수제구간에 대한 현황을 나타낸 것이다.

2. 연구방법

본 연구의 대상지는 하천정비공사의 일환으로 치수적 안전성과 생물 서식처를 확보하기 위하여 저수수제를 설치하였기 때문에 시간의 경과에 따른 수제의 기능을 평가하는 것이 필요하다. 따라서, 본 연구는 수제설치 후의 하도지형 및 흐름특성과 생태모니터링에 중점을 두었으며, 모니터링항목은 하도의 물리적 특성, 식물상, 식물군락의 구조, 동물상 등으로서 전체적인 평가는 식생의 분류와 군락구조에 기초를 두고 수제설치에 따른 생태계의 안정화를 조사하는데 주안점을 두었다.

육수 동·식물상을 조사하기 위하여 공사 직후인 2008년 10월 16~17일과 시공 후 3년이 경과한 2011년 10월 5~6일에 현지조사를 하였으며, 미분류된 종은 실험실에서 동정하고 확인한 종명을 근거로 식물상 목록(Flora)을 작성하였다. 식물상 목록은 식물도감을 기준으로 그

순서에 따라 배열하였다(2006, 이영노 ; 2004, 이창복). 동물조사는 포유류, 조류, 양서·파충류 등을, 육수동물상으로 어류, 저서성 대형무척추동물 등으로 구분하여 조사하였는데 직접 확인이 가능한 종은 현지에서 직접 기록하였다. 또한 탐문조사도 병행하였으며 조사자료(환경청, 1986; 1987a; 1987b; 1987c; 1987d; 1987e; 1987g)와 비교 검토하였고, Table 1은 조사항목 및 조사내용을 나타낸 것이다.

본 연구의 모니터링 결과와 비교하기 위한 영천강하천기본계획(경상남도, 2009)의 생태조사는 하천 주변을 따라 걸어가면서 조사하거나 채집하여 생물상 목록을 작성, 동정하였으며, 쉽게 채집되지 않는 것은 인근 마을주민들의 탐문조사와 문헌조사를 병행하였다.

식생구조 분석에 필요한 자료를 수집하기 위하여 2011년 10월 5~6일에 야외 현지 조사를 실시하였다. 야외 조사시 채집된 미동정 종은 채집하여 실험실에서 동정하였다 (Fassett, 1980 ; 오용자, 1984 ; 이영노, 2004 ; 이창복, 2006). 초본층의 조사를 위하여 각 조사 지소에서 그 지역을 대표할 수 있는 지점을 각각 선정한 후 1×1m 방형구를 설치하여 초본층에 출현하는 식물의 종별 피도를 기록하였다.



Figure 3. Field photographs of before and after spur dikes installation.

Table 1. Ecological survey items and contents.

	Items	Contents	Times
Plant	Terrestrial and riparian plants, hydrophytes	Plant community, emergent species	October(2008, 2011)
Animal	Mammal, birds, amphibia · reptilia, fishes, benthic macroinvertebrates	emergent species	October(2008, 2011)

III. 결과 및 고찰








1. 대상지의 일반현황 및 하도변동 특성

일반적으로 증소하천은 하폭이 좁기 때문에 하천정비공사 시행시 전체 하폭이 일시에 교란 되므로써 생태계에 심대한 영향을 미치지만, 이는 경제성과 공사기간 등의 제약조건으로 공사

시 장비에 의한 굴삭, 운반 및 하상정리가 수반 되기 때문에 불가피한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 수제설치에 따른 교란 후의 하도의 물리적 특성과 생태계 변화를 파악 하기 위하여 2008년부터 2011년까지 4년간의 경년별 현장조사 결과를 토대로 일반적인 현황을 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Changes in site.

Time	Photographs	Features of spur dikes reach
December, 2006		Channel : local scouring in revetment foot. Water route : narrow and long riffle. Vegetation : not existing.
May, 2008		Channel : flat channel due to river works. Water route : slow velocity. Vegetation : not existing.
July, 2009		Channel : not changing. Water route : stagnate waters in spur dikes. Vegetation : emergent plants in channel and bank.
July, 2010		Channel : not exhibiting due to water level up. Water route : flooding. Vegetation : almost inundation.
August, 2010		Channel : depositing between spur dikes and moving channel. Water route : forming pool and riffle-pool. Vegetation : vegetation settlement in bank
July, 2011		Channel : not exhibiting due to water level up Water route : overflowing spur dikes and distinct changing current direction. Vegetation : almost inundation.
September, 2011		Channel : stable channel due to amor coat. Water route : stabilizing pool and riffle Vegetation : settlement of terrestrial, riparian plants and Hydrophytest

대상구간은 홍수시 제방붕괴 위험이 상존하고 있어 2008년 3월에 하천개수공사를 시행하였다. 하천공사에 따른 하상정비공사로 인하여 하상을 평탄하게 정리함에 따라 저수로의 소멸로 유속이 아주 느려지고, 물리적인 생태기반이 완전히 훼손되어 극심한 하천교란이 초래되었다.

2008년부터 2009년 사이에 큰 홍수가 발생하지 않아 하상변동이 발생하지 않았고, 유량이 다소 증가할 경우 수제선단부는 유속이 조금 증가하고, 수제 사이에 유속이 느린 정체수역이 형성되었으며, 매토종자 등에 의한 식생이 출현하면서 부분적으로 식생이 이입, 분포하였다.

2010년 7월에 중규모의 홍수가 발생하여 수제부를 월류하지 않았지만, 수제선단부에 유속의 증가로 수면파가 발생하고 수제 사이에 정체수역이 형성되면서 유향을 하도의 중심으로 밀어내면서 흐름영역이 뚜렷이 구분되는 수제효과를 발휘하였다. 홍수 직후인 8월의 조사결과 수제선단부에 국소세굴에 따른 웅덩이가 형성되고 하심부에 여울이 출현하였으며, 수제구간 및 상·하류에 유사퇴적에 따른 식생기반 형성으로 수변식물이 이입, 정착하면서 다수의 식물이 분포하였다.

2011년 7월에 중규모의 홍수가 발생하여 수제부를 월류함에 따라 수제부에 큰 표면파가 발생하였고, 수제 사이에 정체수역이 형성되었다.

홍수 직후인 9월의 조사결과, 하상의 안정으로 웅덩이 및 여울-소가 형성됨으로서 수서동물의 서식처가 확보되었으며, 고마리, 달뿌리풀 등의 우점종과 다양한 식생이 분포하여 생태기반이 안정되었다.

조사결과를 요약하면 2008년 및 2009년에 홍수가 발생하지 않아 하상변동이 없었기 때문에 하도 및 수리적 특성의 변화도 없었지만, 2010년과 2011년에는 홍수에 따른 하상변동으로 웅덩이 및 여울이 형성되고 수제구간에 토사가 퇴적되어 식생이 정착하였다. 연구 대상구간에서는 하상 및 수리현상 등 물리적 특성이 안정되는 조건은 홍수규모에 따른 유속 및 유사량에 지배되고 물리적인 특성의 변화에 따라 식생의 이입, 천이 및 정착의 속도가 좌우되는 것으로 나타났다. 또한, 하천 생태계의 기반인 하도의 물리적 특성과 식생이 안정되는데 소요되는 기간은 대략 3년 정도가 걸리는 것으로 보인다.

Figure 4는 하천공사 3년 후인 2011년의 홍수시 수리특성 및 평수시 하도특성을 나타낸 것으로서 수제군이 홍수시에 수층부인 제방에 접근하는 유향을 하도의 중심부로 유도하여 치수적 기능을 발휘하고 있음을 알 수 있다. 또한, 홍수시에 유사가 수제 사이에 퇴적되어 식생기반이 형성됨으로써 식생이 이입되어 정착하였고, 수제 선단부 주변에는 국소세굴에 의하여



Figure 4. Flow characteristics at high flow and channel characteristics at low flow.

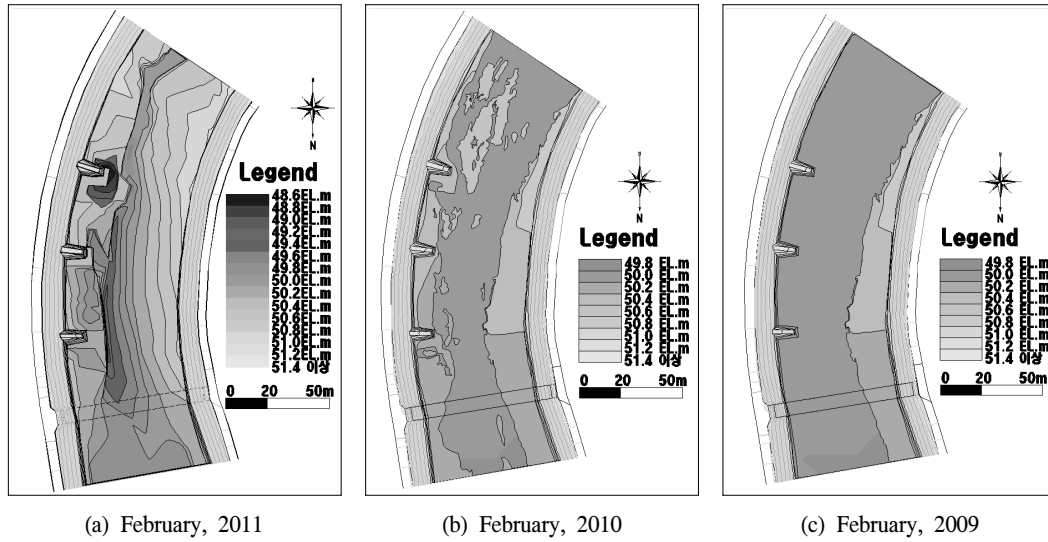


Figure 5. Topographic maps in around spur dikes.

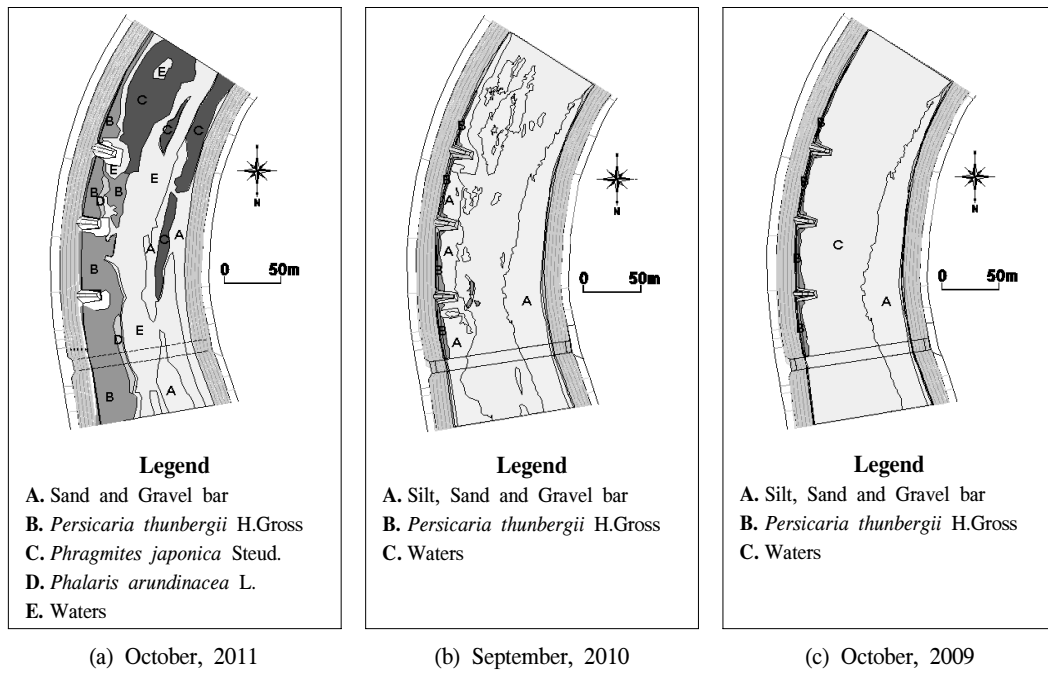


Figure 6. Vegetation structure maps.

주수로와 연결된 정체수역과 분리된 정체수역이 형성되었다.

Figure 5는 대상지의 2009년부터 2011년까지

의 하도지형의 변화경향을 나타낸 것이다. 공사 전 우안측에 형성되었던 저수로는 하천공사로 인하여 평탄한 상태에서 시간이 경과함에 따라

저수호가 하도 중심부로 이동하면서 안정화되고, 수제 선단부 주변에 국소세굴에 의하여 웅덩이가 형성됨을 알 수 있다. 또한, 첫번째 수제와 두번째 수제 사이에 여울-소가 형성되었고, 공사전에 비하여 저수로의 유수환경과 평수시 저수로와 분리된 웅덩이의 정수환경이 동시에 창출되므로서 다양한 생태기반이 조성되었으며, 수제구간의 퇴적효과는 첫번째, 두번째 및 세번째 순으로 나타났다.

Figure 6은 대상지의 2009년부터 2011년까지의 식물군락분포 변화경향을 나타낸 것이다. 하천공사로 인하여 하상이 완전히 교란되어 2009년에는 제방부에서 이입된 식생이 제방과 하상의 경계부에 일부 분포하였다. 2010년에는 홍수시 유사 퇴적과 하상변동으로 그 분포가 일부 확장되었으나 우점종의 군락이 형성되지는 않았다. 그러나, 공사후 3년이 경과한 2011년에는

수제구간에 세립토의 퇴적이 촉진되고, 하도가 안정되면서 많은 식물종이 출현함과 아울러 고마리와 달뿌리풀 등의 우점종 군락을 비롯하여 다양한 식생군락 구조가 형성되었다. 따라서, 하천공사로 인한 교란이후에 식생이 이입되어 3년이 경과하면서 식생군락이 안정됨을 알 수 있었다.

2. 생태조사

연구 대상지는 남해와 인접한 내륙지방으로서 연화산도립공원(528m)의 산자락에 포함되며, 영천강 주변에 발달한 마을과 농경지 및 과수원으로 구성되어 있고, 하천 및 농업용수로 주변의 수생식물 및 습지식물의 분포가 빈약하였다.

Table 3은 수제설치 3년 후인 2011년 10월의 현지조사에서 확인된 제방 및 수제구간의 식물

Table 3. Vascular plants in site.

Zone(surveying time)	Family	Genus	Species	Subspecies	Variety	Forma	Species number
Spur dikes (October, 2011)	14	22	26	-	1	-	27
Levee (October, 2011)	24	54	56	-	9	-	65

Table 4. Importance values of hygrophytes and vascular plant in site(2011).

No.	Scientific name	Korean name	RC(%)	RF(%)	IV
1	<i>Persicaria thunbergii</i> H.Gross	고마리	140.74	28.57	169.31
2	<i>Phragmites japonica</i> Steud.	달뿌리풀	43.57	13.81	57.38
3	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	갈풀	24.19	11.90	36.09
4	<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	환삼덩굴	4.16	8.57	12.74
5	<i>Bidens frondosa</i> L.	미국가막사리	4.54	7.14	11.68
6	<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	개기장	3.42	3.81	7.23
7	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	여뀌	4.59	2.86	7.45
8	<i>Elymus sibiricus</i> L.	개보리	1.39	3.33	4.72
9	<i>Microstegium vimineum</i> A. Camus	나도바랭이새	1.71	2.86	4.57
10	<i>Salix koreensis</i> Anderss.	버드나무	3.74	1.90	5.64
11	<i>Carex dimorpholepis</i> Steud.	이삭사초	2.62	1.90	4.52
12	<i>Cuscuta australis</i> R. Br.	실새삼	0.64	1.90	2.55
13	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	죽제비싸리	0.75	1.43	2.18

상을 종합한 결과로서 수제부에는 14과 22속 26종 및 1변종으로 27종류가 출현하였다. 제방부에는 24과 54속 56종 및 9변종으로 65종류가 분포하였으며, 수제부와 제방부에 동시에 출현하는 종은 18종으로 나타났다(부록 1). 조사지역 내에 생육하고 있는 관속식물 중에서 희귀

종, 법적 보호대상종, 천연기념물 및 보호해야 할 가치가 있는 종은 발견하지 못하였다.

Table 4는 수제설치 구간에 분포한 초본층에서 방형구에 출현한 전체 습생 및 수생관속식물에 대하여 상대빈도와 상대피도로부터 중요치를 산정한 결과이다. 그 값이 2.18 이상인 13종

Table 5. Results of plants survey.

Type	Species
Terrestrial and riparian plant/ Hydrophytest	I Typha orientalis C.Presl, Phalaris arundinacea L., Agropyron tsukushiense var. transiens(Hack.) Ohwi, Elymus sibiricus L., Phragmites japonica Steud., Zoysia japonica Steud., Pennisetum alopecuroides L., Setaria viridis L., Setaria viridis var. gigantea, Setaria glauca L., Panicum bisulcatum Thumb., Digitaria sanguinalis L., Echinochloa crus-galli var. frumentacea(Roxb.) Wight, Microstegium vimineum(Trinius) A. Camus, Arthraxon hispidus(Thunb.) Makino, Avena fatua L., Dactylis glomerata L., Carex dimorpholepis, Cyperus microiria, Cyperus difformis L., Commelina communis L., Salix glandulosa Seemen, Salix koreensis Andress., Salix subfragilis Anderson, Salix graciliglans Nakai, Salix purpurea var. japonica, Humulus japonicus Siebold & Zucc., Boehmeria spicata Thunb., Boehmeria tricuspis(Hance) Makino, Rumex crispus L., Persicaria perfoliata(L.) H.Gross, Persicaria senticosa(Meisn.) H.Gross ex Nakai var. senticosa, Persicaria thunbergii(Siebold & Zucc.) H.Gross ex Nakai, Persicaria hydropiper(L.) Spach, Chenopodium album var. centrорubrum Makino, Clematis apiifolia DC., Chelidonium majus var. asiaticum, Corydalis incisa (Thunb.) Pers., Cardamine flexuosa With., Rubus crataegifolius Bunge, Phaseolus nipponensis Ohwi, Albizia julibrissin Durazz., Lespedeza cuneata G.Don, Kummerowia striata(Thunb.) Schindl., Glycine soja Siebold & Zucc., Amorpha fruticosa L., Trifolium repens L., Securinega suffruticosa(Pall.) Rehder, Corchoropsis tomentosa, Viola mandshurica, Ludwigia prostrata, Oenothera odorata Jacq., Oenanthe javanica(Blume) DC., Metaplexis japonica(Thunb.) Makino, Cuscuta australis, Leonurus sibiricus L., Salvia plebeia, Mosla punctulata(Gmel.) Nakai, Mosla dianthera (Buch.-Ham. ex Roxb.) ex Maxim., Perilla frutescens var. japonica Hara, Veronica undulata Wall., Plantago asiatica L., Ambrosia artemisifolia, Kalimeris yomena Kitam., Erigeron annuus(L.) Pers., Erigeron canadensis L., Artemisia princeps Pamp., Bidens frondosa, Bidens bipinnata L., Hemistepta lyrata, Lactuca indica var. laciniata, Sonchus oleraceus L., Aster subulatus Michx., Erigeron strigosus. Muhl : 74 species
	II Setaria viridis(L.) P.Beauv. var. viridis, Digitaria sanguinalis(L.) Scop., Panicum bisulcatum Thumb., Humulus japonicus Siebold & Zucc., Persicaria hydropiper(L.) SPACH, Persicaria perfoliata(L.) H.Gross, Persicaria thunbergii(Siebold & Zucc.) H.Gross ex Nakai, Rumex crispus L., Stellaria aquatica, Brassica juncea var. integrifolia Sinsk, Cardamine flexuosa With., Bidens bipinnata L. : 12 species
	III Potamogeton crispus, Hydrilla verticillata, Phragmites japonica Steud., Setaria viridis, Digitaria sanguinalis(L.) Scop., Panicum bisulcatum Thumb., Salix glandulosa Seemen, Salix gracilistyla Miq., Salix koreensis Andersson, Celtis sinensis Pers., Humulus japonicus Siebold & Zucc., Persicaria hydropiper(L.) Spach, Persicaria perfoliata, Persicaria thunbergii(Siebold & Zucc.) H.Gross ex Nakai, Rumex crispus L., Achyranthes japonica, Stellaria aquatica, Clematis apiifolia, Brassica juncea var. integrifolia Sinsk, Cardamine flexuosa With., Amorpha fruticosa L., Pueraria thunbergiana, Acacia, Artemisia princeps Pamp., Bidens bipinnata L. : 25 species

Table 6. Results of animal survey.

Animals		Species
Mammals	I	<i>Sus scrofa coreanus</i> Heude, <i>Nyctereutes procyonoides koreensis</i> Mori, <i>Mustela sibirica coreana</i> Domaniewski, <i>Talpa micrura coreana</i> (Thomas), <i>Hydropotes inermis argyropus</i> Heude, <i>Felis catus</i> , <i>Mus musculus</i> , <i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout, <i>Apodemus agrarius</i> , <i>Lutra lutra lutra</i> : .10 species
	II,III	<i>Nyctereutes procyonoides koreensis</i> Mori, <i>Mustela sibirica coreana</i> Domaniewski, <i>Talpa micrura coreana</i> (Thomas), <i>Hydropotes inermis argyropus</i> Heude, <i>Felis catus</i> , <i>Mus musculus</i> , <i>Rattus norvegicus</i> Berkenhout, <i>Apodemus agrarius</i> : .8 species
Birds	I	<i>Anas platyrhynchos</i> <i>Platyrhynchos</i> Linnaeus., <i>Podiceps ruficollis</i> , <i>Egretta alba modesta</i> , <i>Ardea cinerea jouyi</i> CLark, <i>Egretta garzetta</i> , <i>Butorides striatus</i> , <i>Phasianus colchicus karpowi</i> , <i>Streptopelia orientalis</i> , <i>Alcedo atthis</i> , <i>Dendrocopos kizuki</i> , <i>Hirundo rustica gutturalis</i> , <i>Motacilla cinerea</i> , <i>Motacilla alba</i> Linnaeus, <i>Microscelis amaurotis</i> , <i>Lanius bucephalus</i> , <i>Phoenicurus aureus</i> , <i>Paradoxornis webbiana</i> , <i>Parus major</i> , <i>Emberiza elegans</i> , <i>Carduelis sinica ussuriensis</i> , <i>Passer montanus</i> , <i>Emberiza rustica</i> , <i>Garrulus glandarius</i> , <i>Corvus macrorhynchos</i> , <i>Corvus corone orientalis</i> , <i>Pica pica serica</i> : 26 species
	II,III	<i>Egretta alba modesta</i> , <i>Ardea cinerea jouyi</i> Clark <i>Egretta garzetta</i> , <i>Phasianus colchicus karpowi</i> , <i>Streptopelia orientalis</i> , <i>Alcedo atthis</i> , <i>Dendrocopos kizuki</i> , <i>Hirundo rustica gutturalis</i> , <i>Motacilla cinerea</i> , <i>Motacilla alba</i> Linnaeus, <i>Microscelis amaurotis</i> , <i>Lanius bucephalus</i> , <i>Phoenicurus aureus</i> , <i>Paradoxornis webbiana</i> , <i>Parus major</i> , <i>Emberiza elegans</i> , <i>Carduelis sinica ussuriensis</i> , <i>Passer montanus</i> , <i>Corvus corone orientalis</i> , <i>Pica pica serica</i> ; 20 species
Amphibia · Reptilia	I	<i>Bombina orientalis</i> Boulenger, <i>Hyla japonica</i> , <i>Rana nigromaculata</i> Hallowel, <i>Rana rugosa</i> Temminck and Schlegel, <i>Leiolopisma laterale</i> , <i>Elaphe rufodorsata</i> , <i>Elaphe dione</i> Pallas, <i>Rhabdophis tigrinus</i> : 8 species
	II,III	<i>Bombina orientalis</i> Boulenger, <i>Hyla japonica</i> , <i>Rana nigromaculata</i> Hallowel, <i>Rana rugosa</i> Temminck and Schlegel, <i>Leiolopisma laterale</i> , <i>Rhabdophis tigrinus</i> : 6 species
Fishes	I	<i>Zacco temminckii</i> , <i>Zacco platypus</i> , <i>Pungtungia herzi</i> , <i>Coreoleuciscus splendidus</i> , <i>Niwaella multifasciata</i> , <i>Iksookimia longicorpa</i> , <i>Liobagrus mediadiposalis</i> , <i>Odontobutis platycephala</i> , <i>Coreoperca herzi</i> , <i>Misgurnus mizolepis</i> , <i>Carassius auratus</i> : 12 species
	II	<i>Zacco temminckii</i> , <i>Zacco platypus</i> , <i>Pungtungia herzi</i> , <i>Coreoleuciscus splendidus</i> , <i>Liobagrus mediadiposalis</i> : 5 species
	III	<i>Zacco temminckii</i> , <i>Zacco platypus</i> , <i>Pungtungia herzi</i> , <i>Coreoleuciscus splendidus</i> , <i>Niwaella multifasciata</i> , <i>Iksookimia longicorpa</i> , <i>Liobagrus mediadiposalis</i> , <i>Odontobutis platycephala</i> : 9 species
Benthic macroinvertebrates	I	<i>Planaria</i> , <i>Alboglossiphonia lata</i> , <i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> , <i>Semisulcospira libertina</i> , <i>Pomacea canaliculata</i> , <i>Baetis thermicus</i> , <i>Ecdyonurus levis</i> , <i>Parachauliodes continentalis</i> van der Weele, <i>Mataeopsephus KUa</i> , <i>Ranatra chinensis</i> Mayr, <i>Laccotrephes japonensis</i> Scott, <i>Aquarius paludum paludum</i> (Fabricius), <i>Hydropsyche kozhantcikov</i> Martynov, <i>Neophylax ussuriensis</i> Martynov, <i>Apatania KUa</i> , <i>Rhyacophila nigrocephala</i> , <i>Tanyptera jozana</i> KUa, <i>Antoca KUa</i> , <i>Chironomus plumosus prasinus</i> : 19 species
	II	<i>Semisulcospira libertina</i> , <i>Pomacea canaliculata</i> , <i>Baetis thermicus</i> , <i>Ecdyonurus levis</i> , <i>Mataeopsephus KUa</i> , <i>Hydropsyche kozhantcikov</i> Martynov, <i>Neophylax ussuriensis</i> Martynov, <i>Apatania KUa</i> , <i>Chironomus plumosus prasinus</i> : 9 species
	III	<i>Planaria</i> , <i>Alboglossiphonia lata</i> , <i>Cipangopaludina chinensis malleata</i> , <i>Baetis thermicus</i> , <i>Ecdyonurus levis</i> , <i>Parachauliodes continentalis</i> van der Weele, <i>Mataeopsephus KUa</i> , <i>Ranatra chinensis</i> Mayr, <i>Laccotrephes japonensis</i> Scott, <i>Aquarius paludum paludum</i> (Fabricius), <i>Hydropsyche kozhantcikov</i> Martynov, <i>Neophylax ussuriensis</i> Martynov, <i>Apatania KUa</i> , <i>Rhyacophila nigrocephala</i> , <i>Tanyptera jozana</i> KUa, <i>Antoca KUa</i> , <i>Chironomus plumosus prasinus</i> : 17 species

의 중요치를 나타내었다. 본 조사지역 전체에서 초본층의 우점종은 중요치가 169.31인 고마리였으며, 달뿌리풀, 갈풀, 환삼덩굴, 미국가막사리, 개기장, 여뀌, 개보리, 나도바랭이새, 버드나무, 이삭사초, 실새삼, 족제비싸리 등의 순으로 중요치가 낮아졌다. 또한, 고마리군락의 아래에 갈풀의 생존체와 고사체가 다량 나타나는 것으로 보아 봄의 우점종은 갈풀임을 알 수 있었다.

Table 5는 대상지에 대한 식물조사 결과와 영천강하천기본계획의 환경생태조사 결과를 비교한 것이다. 본 연구의 조사결과(I)와 영천강하천기본계획의 환경생태조사 조사결과(II)는 하천공사로 인한 교란으로 비교가 곤란하여 대상지와 인접한 상·하류의 조사결과(III)를 동시에 비교하였다. 분석결과, 본 연구의 조사결과시 출현한 종이 74종으로서 영천강하천기본계획의 환경생태조사 출현종 25종에 비하여 월등하게 많은 식물종이 분포하고 있음을 알 수 있다.

수제를 설치하기 전에 대상지는 하도의 만곡부로서 원심력의 작용으로 유속이 빠르고 소류력이 크기 때문에 하상재료가 굵고 공극이 많아 하상에 식생이 이입, 정착하기 어려운 토양기반을 이루고 있었다. 수제를 설치한 후 수제구간에 정체수역이 형성됨에 따라 홍수시 유하하던 모래 및 점토 등 입경이 작은 유사가 자갈사이에 채워짐에 따라 식생이 이입, 정착하기 용이한 토양기반으로 바뀌었다. 그 결과로 다양한 식물이 출현하였고, 차츰 고마리 및 달뿌리풀 등 우점종이 군락을 형성하는 천이과정을 거쳐 식생이 정착할 수 없는 만곡부에 식생을 도입할 수 있었다.

대상지에 대한 동물상의 현장조사결과 10종의 포유류, 26종의 조류, 8종의 양서·파충류, 12종의 어류, 19종의 저서성 대형무척추동물이 확인되었으며, 영천강하천기본계획의 환경생태조사와 비교한 결과는 Table 6과 같다. 특이사항으로는 왕우렁이가 야생에서 월동하는 모습을 보였고, 하상에 왕우렁이의 붉은 알주머니가

널려 있었다. 특히 물웅덩이에는 많은 개체의 왕우렁이가 분포하여 토종 다슬기와 먹이 경쟁을 하고 있었다.

3. 수제설치에 따른 효과

본 연구는 당초 계획적으로 수제설치 사업을 시행한 것이 아니므로 공사전·공사중·공사후에 대한 단계별 모니터링을 시행할 수는 없었다. 따라서, 공사후의 하도특성변화와 생태계의 변화를 파악하기 위하여 현장조사를 통하여 분석하였고 그 결과를 간접적으로 영천강하천기본계획의 환경생태조사 결과와 비교, 분석하였다. 수제설치구간의 수리 및 하도의 물리적 특성과 생태조사 결과를 토대로 분석한 효과는 다음과 같다.

홍수로 제방이 여러 차례 유실된 곳에 치수적으로 하도의 안정을 위해 2008년 저수수제를 설치하였는데 홍수시 수리특성과 홍수후 하도특성을 파악한 결과에 의하면 Figure 4 (a)와 같이 수제가 수리적 기능을 발휘하고 있음을 확인하였다. 또한, 수제구간의 우안부에는 Figure 4 (b)와 같이 유사 퇴적이 유도되어 식생이 정착하였고, 수제 선단부에는 국소세굴에 의하여 웅덩이가 형성되었으며 수제군 중간부분에 여울-소가 형성됨으로써 하도지형 및 수리 등의 물리적 특성이 다양해져 부수적으로 건전한 생태계 기반이 창출됨을 파악하였다.

이와 같이 하도지형이 다양하게 형성되는 것은 홍수시 수제에 의하여 유향 및 유속 등 흐름구조의 변화에 따라 수제 사이에는 유사가 퇴적되고, 수제 선단부 주위에 국소세굴에 의한 웅덩이가 생기기 때문이다.

조사결과 확인된 식물상은 Table 3과 같이 수제부에서 14과, 22속, 26종, 1변종의 27종류였고, 제방부에서 24과, 54속, 56종, 9변종 및 65종류였으며, 수제부와 제방부 사이에 18종류가 일치하여 식물상은 주변식생의 영향을 받을 수 있었다.

또한, Table 4와 같이 초본종의 우점종은 중요치가 169.31인 고마리였으며, 달뿌리풀, 갈풀, 환삼덩굴, 미국가막사리, 개기장, 여뀌, 개보리, 나도바랭이새, 버드나무, 이삭사초, 실새삼, 족제비싸리 등의 순으로 중요치가 낮아졌다. 고마리군락의 아래에 갈풀의 생존체와 고사체가 다량 나타나는 것으로 보아 봄의 우점종은 갈풀임을 알 수 있었다. 대상지의 우점종은 고마리였고, 대부분의 지역은 고마리군락으로 표시되어 현존식생도를 그리는 것이 의미가 없었지만, 물길이 있는 일부 영역에서 달뿌리풀군락이 뚜렷하게 나타났으며 그 세력이 확장되고 있었다.

수제를 설치함에 따라 Figure 4 (b)와 같이 주수로가 하도의 중앙부로 이동하였고, 수제 선단부에 웅덩이가 생겨 Table 6과 같이 많은 개체의 어류가 서식하고 있었다. 특이점은 많은 왕우렁이가 야생에서 월동하는 모습을 보였다. 하상에는 Figure 7과 같이 왕우렁이의 붉은 알주머니가 널려 있었고, 특히 웅덩이에는 많은 개체의 왕우렁이가 분포하여 토종 다슬기와 먹이 경쟁을 하고 있었다.

수제는 본래 하도 만곡부의 수층부나 직선하도에서 교호사주에 의한 국소세굴에 의한 제방 붕괴를 예방하고 하도 안정을 목적으로 설치되는 구조물이다. 그러나, 수제의 설치방향, 수제의 종단형상 및 단면형상 등을 조절하면 유향을 제어하여 저수로의 방향을 계획적으로 유도할



Figure 7. Roe of pomacea canaliculata.

수 있고, 수제선단부 주변 및 하류측에 국소세굴에 의한 하도 지형 변화를 유도함으로써 하천 물리적 특성을 다양하게 형성하여 생태 및 경관을 개선할 수 있는 장점이 있음을 본 연구에서도 확인할 수 있었다. 다만, 수제설계시에는 수제구간의 퇴적과 세굴 등을 고려하여 목표로 하는 하도지형 변화를 예측하여 위치, 평면배치, 규모 등을 계획하고 검토해야 할 것이다.

결론적으로 하도 만곡부에 저수수제를 설치하여 하도의 안정을 도모함과 아울러 여울소, 수제 선단부 주변에 우수환경과 다른 정수환경을 창출함으로써 소규모의 다른 특장적인 생태계가 형성되었고, 그에 따라 하천생태계의 다양성을 확보할 수 있음을 사후모니터링을 통하여 확인하였다.

그러나, 본 연구는 하천기본계획 및 하천정비 실시설계 단계에서 시공전 모니터링, 시공중 모니터링, 시공후 모니터링 등의 순차적 과정에 따른 직접적인 비교결과를 못하고, 사후 모니터링으로 주변 하도의 조사결과와 비교할 수 밖에 없는 한계가 있었다.

따라서, 현재 진행 중인 생태하천복원사업, 생태하천조성사업, 고향의 강사업 및 아름다운 소하천 가꾸기 사업 등의 하천관련 사업시행시에 체계적 사업계획에 따라 수제공법을 활용하면 치수적 안정성, 생태계의 다양성 및 자연경관을 창출할 수 있을 것이다. 또한, 수제공법을 다양하게 활용하기 위해서는 수리모형실험, 수치계산 및 현장적용을 통한 실용기술의 축적이 필요하다.

IV. 결 론

본 연구에서는 하도 만곡부 제방의 치수적 안전성 확보를 목표로 저수수제를 설치하고, 그 효과를 평가하기 위해 생태계 사후 모니터링 결과를 기초로 적응과정 및 회복과정을 분석하였다.

홍수로 제방이 여러 차례 유실된 곳에 치수

적으로 하도의 안정을 위해 설치된 저수수제가 홍수시 수리적 기능을 발휘하고 있음을 확인하였다.

또한, 수제를 설치할 경우 하도 만곡부의 수층부에도 유사의 퇴적을 유도하여 식생 이입이 가능하도록 할 수 있고, 수제 선단부 주변에 웅덩이가 생기게 하여 수서생물의 서식처를 조성할 수 있음을 파악하였다. 또한 수제구간의 중간부분에 여울-소를 형성시킴으로써 하도의 지형 및 흐름 등에서 다양한 물리적 특성을 창출할 수 있음을 확인하였다.

조사결과 확인된 식물상을 검토한 결과 수제부의 식생이 회복되는 기간은 3년 정도 소요되었다. 주변 제방부와 상·하류의 식물종이 일치하였기 때문에 식물상은 주변식생의 영향을 받을 수 있었으며, 우점종은 주변의 일반하도에서 나타나는 고마리와 달뿌리풀인 것으로 나타났다.

수제 선단부에 형성된 웅덩이에 많은 개체의 어류가 서식하고 있었으며, 특이점은 많은 왕우렁이가 야생에서 월동하는 모습을 확인하였다.

이상의 결과로부터 하도 만곡부에 저수수제를 설치함에 따라 수제 사이 및 선단부 주변에 하도지형 및 흐름특성이 다양한 생태기반을 형성함으로써 풍부한 생태계 및 우수한 경관이 창출된 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 경남과학기술대학교 기성회연구비 및 국토해양부 건설기술혁신사업의 연구비지원(12기술혁신C02)의 지원에 의해 수행되었습니다.

인용문헌

경상남도, 2009, 영천강하천기본계획 보고서, pp. 101-125.
 여흥구 등, 2008, 수제 가이드라인, 건설기술연구원, pp. 9-13.

이영노, 2006, 한국식물도감, 교학사.
 이창복, 2004, 원색대한식물도감, 향문사.
 한국수자원학회, 2000, 하천설계기준, (주)건설교통저널, pp. 561-575.
 환경청, 1986, '86 자연생태계 전국조사: 제1차년도(육수권역).
 환경청, 1987a, '87 자연생태계 전국조사(I): 제2차년도(담수어류, 수서곤충).
 환경청, 1987b, '87 자연생태계 전국조사(II): 제2차년도(담수패류, 담수식물).
 환경청, 1987c, '87 자연생태계 전국조사(III-1): 제2차년도(포유류, 조류).
 환경청, 1987e, '87 자연생태계 전국조사(IV): 제2차년도(양서류, 파충류, 육상곤충).
 환경청, 1987g, '87 자연생태계 전국조사(VI): 제2차년도(생물의 분포도).
 建設省九州地方建設局, 1997, 低水水制の設計參考資料, pp. 1-45.
 久加明子・竹林洋史・藤田正治, 2012, 固定床上に設置された水制周辺の流砂特性, 京都大學防災研究所年報 第55号 B, pp. 427-435.
 大槻英樹・芦田和男・阿部宗平・和田浩・藤田暁, 2000, 水制による流れの制御と護岸・護床機能の豫測手法, 土木學會論文集, No.663/II-53, pp. 11-30.
 道奥康治・石垣泰輔・前野詩郎・竹原幸生, 2004, 捨石で構築された堰・水制の水理機能, 京都大學防災研究所年報 第47号 B, pp. 427-435.
 山本晃一, 1996, 日本水制, 山海算.
 山本晃一, 2003, 護岸・水制の計劃・設計, 山海算, pp. 205-260.
 椿涼太・石畑壽・辻本哲郎, 2008, 水制群を含む木曾川下流域の出水時の流れ構造とワンド地形の變遷, 水工學論文集, 第52券, pp. 691-696.
 福留脩文 譯 1994, 水制の理論と計算, 信山社 SITECH, pp. 1-39.

- Fasset. N. C., 1980, A manual of aquatic plants, The Univ. of Wisconsin Press, Madison, p. 405.
- Jorge D. Abad1 Bruce L. Rhoads İnci Güneralp and Marcelo H. García, M., 2008, Flow Structure at Different Stages in a Meander-Bend with Bendway Weirs, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 134, No. 8, pp. 1052-1063.
- Kang, J. G. · Kim, S. J. · Yeo and H. K. 2008, Experimental Study on Flow Characteristic of L-type Groyne, Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 41, No. 7, pp. 653-667.
- Kang, J. G. · Kim, S. J. and Yeo, H. K. 2009, An Experimental Study on Flow Characteristic Around Inclined Crest Groyne, Journal of Korea Water Resources Association, Vol. 42, No. 9, pp. 715-724.
- Kuhnle, R. A. · Alonso, C. V. · Shields, F. D. and Jr. 2002. "Local scour associated with angle spur dikes." *J. Hydraul. Eng.*, Vol. 128, No. 12, pp. 1087-1093.
- Marelius, F. and Sinha, S. 1998. "Experimental investigation of flow past submerged vanes." *J. Hydraul. Eng.*, Vol. 124, No. 5, pp. 542-545.
- Park, J. K. 2011. Analysis on Velocity Characteristics around spur dike Zone in Stream, Journal of Korea Society of Environmental Administration Vol. 15, No. 4, pp. 183-192.
- Park, J. K. 2011. Analysis on Characteristics of Flow around Facilities in a River, Journal of Korea Society of Environmental Administration Vol. 17, No. 1, pp. 21-30.
- Park, J. K. 2011. Analysis on Effect of Sedimentation around spur dike Zone in Stream, Journal of Korea Society of Environmental Administration Vol. 17, No. 1, pp. 31-41.
- Sukhodolov, A. N., Engelhardt, C., Kruger, A., and Bungartz, H. 2004. "Case study: Turbulent flow and sediment distributions in a groyne field." *J. Hydraul. Eng.*, Vol. 130, No.1, pp. 1-9.
- Weiming Wu, Pingyi Wang, Nobuyuki Chiba, 2004, Comparison of Five Depth-Averaged 2-D Turbulence Models for River Flows, Archives of Hydro-Engineering and Environmental Mechanics, Vol. 51 (2004), No. 2, pp. 183-200.

부록 1. 수제설치구간에서 관속식물상.

No.	학명	국명	제방부	수제부
	<i>Tracheophyta</i>	管束植物 門		
	<i>Angiospermae</i>	被子植物 綱		
	<i>Monocotyledoneae</i>	單子葉植物 亞綱		
	<i>Typhaceae</i>	부들 科		
271	Typha orientalis Presl	부들		+
	<i>Gramineae</i>	벼 科		
355	Phalaris arundinacea L.	갈풀	+	+
362	Agropyron tsukushiense var. transiens (Hack.) Ohwi	개밀	+	
369	Elymus sibiricus L.	개보리	+	+
431	Phragmites japonica Steud.	달뿌리풀		+
457	Zoysia japonica Steud.	잔디	+	
463	Pennisetum alopecuroides (L.) Spreng.	수크령		+
466	Setaria viridis (L.) Beauv.	강아지풀	+	
466	Setaria viridis var. gigantea Matsumura	수강아지풀	+	
467	Setaria glauca (L.) Beauv.	금강아지풀	+	
469	Panicum bisulcatum Thunb.	개기장	+	+
473	Digitaria sanguinalis (L.) Scop.	바랭이	+	
479	Echinochloa crus-galli var. frumentacea (Roxb.) Wight	피	+	
490	Microstegium vimineum A. Camus	나도바랭이새	+	+
496	Arthraxon hispidus (Thunb.) Makino	조개풀	+	
000	Avena fatua L.	메귀리	+	
000	Dactylis glomerata L.	오리새	+	
	<i>Cyperaceae</i>	사초 科		
539	Carex dimorpholepis Steud.	이삭사초	+	
711	Cyperus amuricus Max	방동사니	+	
712	Cyperus difformis L.	알방동사니	+	
	<i>Commelinaceae</i>	닭의장풀 科		
748	Commelina communis L.	닭의장풀	+	
	<i>Dicotyledoneae</i>	雙子葉植物 亞綱		
	<i>Archichlamydeae</i>	離瓣花 群		
	<i>Salicaceae</i>	버드나무 科		
1021	Salix glandulosa Seemen	왕버들	+	+
1025	Salix koreensis Anderss	버드나무	+	+
1035	Salix nipponica Fr. et Sav.	선버들	+	
1037	Salix graciligrans Nakai	눈갯버들	+	
1043	Salix purpurea var. japonica Nakai	키버들		+
	<i>Cannabinaceae</i>	삼 科		
1151	Humulus japonicus S. et Z.	환삼덩굴	+	+
	<i>Urticaceae</i>	췌기풀 科		
1170	Boehmeria spicara Thunb.	좁개잎나무	+	+
1171	Boehmeria tricuspis Makino	거북꼬리	+	+
	<i>Polygonaceae</i>	마디풀 科		
1192	Rumex crispus L.	소리쟁이	+	
1220	Persicaria perfoliata Gross	머느리배꼽	+	+
1221	Persicaria senticosa Nakai	머느리밑씻개	+	
1224	Persicaria thunbergii H.Gross	고마리		+
1241	Persicaria hydropiper (L.) Spach	여뀌		+
	<i>Chenopodiaceae</i>	명아주 科		
1261	Chenopodium album var. centrourbrum Makino	명아주	+	
	<i>Ranunculaceae</i>	미나리아재비 科		
1380	Clematis apiifolia A.P. DC.	사위질빵	+	

부록 1. 수제설치구간에서 관속식물상(계속).

No.	학명	국명	제방부	수제부
	Papaveraceae	양귀비 과		
1523	<i>Chelidonium majus</i> var. <i>asiaticum</i> (Hara) Ohwi	애기똥풀	+	
	Fumariaceae	현호색 과		
1538	<i>Corydalis incisa</i> Pers.	자주괴불주머니	+	
	Cruciferae	십자화 과		
1557	<i>Cardamine flexuosa</i> With.	황새냉이	+	
	Rosaceae	장미 과		
1758	<i>Rubus crataegifolius</i> Bunge	산딸기	+	
	Leguminosae	콩 과		
1838	<i>Phaseolus nipponensis</i> Ohwi	새팥	+	
1852	<i>Albizzia julibrissin</i> Durazzini	자귀나무	+	
1888	<i>Lespedeza cuneata</i> G. Don	비수리	+	
1890	<i>Kummerowia striata</i> (Thunb.) Schindl.	매듭풀	+	
1950	<i>Glycine soja</i> S. et Z.	들콩	+	+
1961	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	족제비싸리	+	+
1972	<i>Trifolium repens</i> L.	토끼풀	+	
	Euphorbiaceae	대극 과		
2031	<i>Securinega suffruticosa</i> Rehder	팡대싸리	+	+
	Sterculiaceae	벽오동 과		
2160	<i>Corchoropsis tomentosa</i> (Thunb.) Makino	수까치깨	+	
	Violaceae	제비꽃 과		
2195	<i>Viola mandshurica</i> W. Becker	제비꽃	+	
	Onagraceae	바늘꽃 과		
2276	<i>Ludwigia prostrata</i> Roxb.	여뀌바늘	+	
2279	<i>Oenothera odorata</i> Jacq.	달맞이꽃	+	
	Umbelliferae	산형 과		
2321	<i>Oenanthe javanica</i> (Bl.) DC.	미나리		+
	Asclepiadaceae	박주가리 과		
2518	<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리	+	+
	Convolvulaceae	메꽃 과		
2542	<i>Cuscuta australis</i> R. Br.	실새삼		+
	Labiatae	꿀풀 과		
2604	<i>Leonurus sibiricus</i> L.	익모초	+	
2613	<i>Salvia plebeia</i> R. Br.	배암차즈기	+	
2619	<i>Mosla punctulata</i> (Gmel.) Nakai	들깨풀	+	+
2620	<i>Mosla dianthera</i> Max.	쥐깨풀	+	
	Scrophulariaceae	현삼 과		
2711	<i>Veronica undulata</i> Wall.	물칭개나물		+
	Plantaginaceae	질경이 과		
2764	<i>Plantago asiatica</i> L.	질경이	+	
	Compositae	국화 과		
2930	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i> Descourtils	돼지풀	+	
2945	<i>Aster yomena</i> Makino	쑥부쟁이	+	
2962	<i>Erigeron annuus</i> (L.) Pers.	개망초	+	

부록 1. 수제설치구간에서 관속식물상(계속).

No.	학명	국명	제방부	수제부
2964	<i>Erigeron canadensis</i> L.	망초	+	+
3043	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara.	쑥	+	+
3058	<i>Bidens frondosa</i> L.	미국가막사리	+	+
3062	<i>Bidens bipinnata</i> L.	도깨비바늘	+	
3076	<i>Hemistepta lyrata</i> Bunge	지칭개	+	
3151	<i>Lactuca indica</i> var. <i>laciniata</i> Hara	왕고들빼기	+	
3155	<i>Sonchus oleraceus</i> L.	방가지뚱	+	
0000	<i>Aster subulatus</i> Michx	비짜루국화	+	
0000	<i>Erigeron strigosus</i> Muhl.	주걱개망초	+	

주) 목록은 이창복의 대한식물도감 (1989, 향문사)을 기준으로 정리, 번호는 도감에 명기된 것이고 0000으로 표기된 번호의 식물은 근래에 들어온 귀화식물임.

부록 2. 수제구간의 습생 및 육상 관속식물의 중요치.

No.	학명	국명	RC(%)	RF(%)	IV
1	<i>Persicaria thunbergii</i> H.Gross	고마리	140.74	28.57	169.31
2	<i>Phragmites japonica</i> Steud.	달뿌리풀	43.57	13.81	57.38
3	<i>Phalaris arundinacea</i> L.	갈풀	24.19	11.90	36.09
4	<i>Humulus japonicus</i> S. et Z.	환삼덩굴	4.16	8.57	12.74
5	<i>Bidens frondosa</i> L.	미국가막사리	4.54	7.14	11.68
6	<i>Panicum bisulcatum</i> Thunb.	개기장	3.42	3.81	7.23
7	<i>Persicaria hydropiper</i> (L.) Spach	여뀌	4.59	2.86	7.45
8	<i>Elymus sibiricus</i> L.	개보리	1.39	3.33	4.72
9	<i>Microstegium vimineum</i> A. Camus	나도바랭이새	1.71	2.86	4.57
10	<i>Salix koreensis</i> Anderss.	버드나무	3.74	1.90	5.64
11	<i>Carex dimorpholepis</i> Steud.	이삭사초	2.62	1.90	4.52
12	<i>Cuscuta australis</i> R. Br.	실새삼	0.64	1.90	2.55
13	<i>Amorpha fruticosa</i> L.	족제비싸리	0.75	1.43	2.18
14	<i>Glycine soja</i> S. et Z.	돌콩	0.48	1.43	1.91
15	<i>Salix glandulosa</i> Seemen	왕버들	0.69	0.95	1.65
16	<i>Metaplexis japonica</i> (Thunb.) Makino	박주가리	0.32	0.95	1.27
17	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i> (Pamp.) Hara	쑥	0.32	0.95	1.27
18	<i>Erigeron canadensis</i> L.	망초	0.21	0.95	1.17
19	<i>Salix nipponica</i> Fr. et Sav.	선버들	1.07	0.48	1.54
20	<i>Securinega suffruticosa</i> Rehder	광대싸리	0.53	0.48	1.01
21	<i>Boehmeria tricuspis</i> Makino	거북꼬리	0.16	0.48	0.64
22	<i>Veronica undulata</i> Wall.	물칭개나물	0.16	0.48	0.64
23	<i>Oenanthe javanica</i> (Bl.) DC.	미나리	0.16	0.48	0.64
24	<i>Pennisetum alopecuroides</i> (L.) Spreng.	수크령	0.16	0.48	0.64
25	<i>Boehmeria spicaria</i> Thunb.	좁개잎나무	0.16	0.48	0.64
26	<i>Salix purpurea</i> var. <i>japonica</i> Nakai	키버들	0.16	0.48	0.64
27	<i>Mosla punctulata</i> (Gmel.) Nakai	들깨풀	0.05	0.48	0.53
28	<i>Persicaria perfoliata</i> Gross	머느리베짚	0.05	0.48	0.53
	28종류		100.0	100.0	200.0