

경기도 지방하천에서의 보, 낙차공 및 교량 시설물의 실태 및 개선 방안 제시

노희성·안태진*†

한국건설기술연구원 국토보전연구본부

*한경대학교 토목안전환경공학과

Improvement plan and factual survey for weirs, drop structures and bridges in medium scale streams of Kyonggi province

Huiseong Noh[†] Taejin Ahn^{**}

Department of Land, Water and Environment Reserch, KICT, Korea

**Department of Civil, Safety & Environmental Engineering, Hankyong National University, Korea*

(Received : 16 January 2020, Revised: 10 February 2020, Accepted: 10 February 2020)

요약

보는 하천수량을 확보하고 낙차공은 하상안정을 위한, 그리고 교량은 차량 등의 이동을 위한 하천횡단시설물이다. 그러한 시설물의 안정성을 확보하기 위하여 하천설계기준에서는 시설물의 최소 규모에 관한 지침을 제시하고 있으나 실태 조사 결과에 의하면, 기존 보 및 낙차공의 물받이 및 바닥보호공의 규모는 설계기준을 만족시키지 못하는 경우가 대부분이고 교량의 교각은 일부만 만족시키는 것으로 나타났다. 기존 보 및 낙차공의 수리적 안정성을 제고하기 위해서는 설계기준에서 제시한 바닥보호공에 대한 물받이의 비율인 3.3을 최소값으로 확보해줄 필요가 있다. 표본하천 시설물 실태조사에 의하면 기존 보 및 낙차공을 자연형 여울공으로 개량할 경우 적용하는 종단경사는 1:20이 가장 적절한 것으로 나타났다. 또한, 교량의 철거 또는 재가설에 관한 결정에서 교각의 여유고 및 경간장 위배사항만 고려하고 있지만, 향후 교량 노후도 및 경간장 완화 규정 등을 종합적으로 검토하여 결정하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 설계기준, 하천실태 조사결과, 일본사례 등을 통하여 기존 보, 낙차공 및 교각의 수리적 안정성을 제고하는 종합적인 방안을 제시하였다. 하천횡단시설물의 안정화 노력은 정부 차원의 예산 지원과 적극적인 하천관리를 통하여 이룰 수 있으며, 이를 통하여 하천재해를 예방하고 건전한 하천 환경을 유지할 수 있을 것이다.

핵심용어 : 보, 낙차공, 교각

Abstract

Weirs are to secure amount water of streams and drop structures are to enhance stabilization of stream bed and bridges are to connect isolated region, which are called stream crossing structures. In the stream design criteria, directions for minimum size of structures are suggested to secure stability of stream crossing structures. However the sizes of almost all existing weirs and drop structures are not satisfied with the stream design criteria and only 22 percent of the pairs of bridges are satisfied. To enhance hydraulic stability of existing weirs and drop structures, it is required that the ratio of bed protection to apron should be above 3.3. According to factual survey of structures in the sample streams, it has been shown that the longitudinal slope of rapid works with 1:20 is the most reasonable to design velocity if existing weirs and drop structures are rehabilitated into rapid works. It has been known that violating freeboard and span length of piers should make existing bridges reconstructed or removed. However, comprehensive review including deterioration level of bridges, special regulation for span length, etc. should be considered to determine rehabilitation plan of bridges. In this study, a procedure has been suggested to improve hydraulic stability of weirs, drop structures and piers of bridges. Sound environment of stream and reduction of natural disaster could be achieved by improving stability of cross structures, which could be obtained by governmental budget and active stream management including observance of design criteria.

Key words : Weir, drop structure, pier of bridge

[†] To whom correspondence should be addressed.

Department of Civil, Safety & Environmental Engineering, Hankyong National University, Korea
E-mail: ahntj@hknu.ac.kr

• **Huiseong Noh** Department of Land, Water and Environment Reserch, KICT, Korea / Senior Researcher(huiseongnoh@kict.re.kr)
• **Taejin Ahn** Department of Civil, Safety & Environmental Engineering, Hankyong National University / Professor (ahntj@hknu.ac.kr)

1. 서 론

국토교통부(2016. 10)의 지방하천 종합정비계획 보고서에서 “하천재해 예방사업”은 상습 침수지역이거나 수해가 우려되는 미개수 하천 또는 불완전 개수하천에 대해 지수안전도 확보를 위해 시행하는 치수사업이라 정의하였고, “생태하천 조성사업”은 지역주민의 정서함양 및 하천생태계 보전을 위해 치수에 안전하고 생태가 살아있는 쾌적하고 친환경적인 하천조성 사업으로 정의하였다. 한편, “고향의 강 정비사업”은 아·치수에 안전하고 지역의 역사문화 등 고유의 특성을 반영하여 강을 매개로 한 지역의 랜드마크(Land Mark) 조성을 위한 복합 정비사업으로 정의하였고, 기본 추진 방향으로는 기후변화 대비, 홍수에 안전한 하천환경 조성, 생태적으로 건강하고 활력 있는 문화공간 창출, 하천사업을 통한 지역발전과 복지 실현 및 지속가능하고 효율적인 하천관리방안을 제시하는 것으로 하였다.

지방하천정비사업의 추진경과를 살펴보면 (1982~2011) 수해상습지 개선사업, (1989~2011) 수계치수사업, (2008~) 하천재해예방사업, (2008~2011) 유형별 지방하천정비 사업계획 수립, (2011~현재) 지방하천정비사업 종합계획 수립하여 단계적 추진 중에 있다. 경기도는 지방하천의 기본계획수립(98.80%) 및 하천정비율(80.38%)은 전국 광역 단체중에서도 상위에 위치하고 있다.

하천횡단시설물인 낙차공, 보 및 교량은 물이 흐르는 하도에 설치되어, 특히 홍수시 자연현상에 관한 여러 불확실성을 설계에 모두 반영하기는 현실적인 어려움이 있다. 따라서 설계내역을 고려하고, 준공 후 일정기간이 경과된 하천시설물의 현황을 평가하여 설계에 반영할 필요가 있다.

하천횡단시설물의 설계 및 관리에 관한 연혁 분석에 의하면 기존 보 및 낙차공 대부분의 규모는 하천설계기준을 만족시키지 못하고 있고 교량의 교각은 일부만 설계기준을 만족시키고 있는 실정이다. 그동안 하천 설계 및 유지관리 지침에 관해서는 정기적으로 제안되어 왔으나, 하천횡단시설물의 실태에 관한 고찰 및 개선방안에 관해서는 소극적이었다.

본 연구에서는 하천횡단시설물의 설계 연혁 분석, 설치된 하

천횡단시설물의 현황 조사 및 하천기본계획의 분석을 통하여 하천의 횡단시설물인 보, 낙차공 및 교각의 수리적 안정성의 개선방안을 제시하고자 하였다. 이를 통하여 하천횡단시설물의 안정성 제고와 함께 시설물 설치 예산의 효율적인 배분도 가능하게 할 것으로 판단된다.

2. 하천횡단시설물의 현황 사례

2.1 보 및 낙차공 현황

경기도내 안성천수계(24개 지방하천), 진위천수계(40개 지방하천), 탄천수계(3개 지방하천) 및 안양천수계(14개 지방하천)에 설치되어 있는 보 및 낙차공의 현황을 분석하였다. 안성천수계와 진위천 수계내에서의 지방하천은 전원하천으로 주로 구성되어 있으며, 탄천수계와 안양천수계는 도시하천으로 구성되어 있다.

Table 1에서 보는 바와 같이 4개 수계내 설치되어 있는 보 및 낙차공의 총개수는 903개소이며, 기존에 설치되어 있는 보 및 낙차공의 물받이 및 바닥보호공의 길이가 설계기준에서 요구되는 길이를 만족하는 시설물은 존재하지 않았다. 이는 보 및 낙차공 준공 이후 하천기본계획의 재정비 과정에서 증가되는 계획홍수량 등에 의한 것에 기인된다. 한편 어류의 상·하류 이동을 위한 어도가 설치된 보 및 낙차공의 개소는 63개소(7%)로 특별한 경우에만 어도가 설치되었음을 알 수 있으며, 어도 설치 비율은 전원하천인 안성천수계 및 진위천수계가 도시하천인 탄천수계 및 안양천수계보다 높았다.

하천기본계획 수립과정에서 예산상 제약으로 말미암아 하천 설계기준에 부합되지 않는 보 및 낙차공의 존치 비율은 여전히 66%(593개소)나 되고, 재가설 비율은 26%(238개소)이나 재가설 계획 조차도 다음 하천기본계획 재수립까지 완공되는 지의 여부는 불투명하다. 하천설계기준에서 ‘고정보 철거 후 재설치 시 가동보 또는 복합보로의 계획을 원칙으로 한다’고 하였으며, 진위천수계에서는 126개소 재가설 보 및 낙차공에서 40개소를 가동보로 계획하여 하천설계기준에 부합하고자 하였다. 또한 탄천수계에서는 12개의 낙차공을 철거하고 10개 자

Table 1. The results of analysis on weir and drop structures in 4 watershed systems

Unit : No. of location

watershed system	Total	whether observance of criteria or not		No. of fish way	stream rectification plan			year of established plan
		observance of criteria	no observance of criteria		maintenance	reconstruction	removal	
Ansung Cheon	318	0	318 (100%)	28 (9%)	204 (64%)	84 (26%)	30 (10%)	2014
Jinwi Cheon	394	0	394 (100%)	25 (6%)	251 (64%)	126(40*) (32%)	17 (4%)	2014
Tan Cheon	34	0	34 (100%)	10 (29%)	22 (65%)	10** (29%)	2(12) (6%)	2014
Anyang Cheon	157	0	157 (100%)	0	116 (74%)	28 (18%)	13 (8%)	2015
Total	903	0	903 (100%)	63 (7%)	593 (66%)	238 (26%)	62 (8%)	

* movable weirs
 ** natural oriented rapids

연형여울로 조성하여 자연형하천을 구현하고자 하였다.

2.2 교량(교각)의 현황

안성천수계(24개 지방하천), 진위천수계(40개 지방하천), 탄천수계(3개 지방하천) 및 안양천수계(14개 지방하천)에 설치되어 있는 교량 및 교각의 현황과 개선계획은 Table 2와 같으며 단위는 개소이다(잠수교는 제외). Table 2에서 보는 바와 같이 4개 수계의 하천기본계획에서 교량의 총개수는 1,180개소이며 하천설계기준을 준수하는 교량은 262개소(22%)이고 설계기준을 만족하지 못하는 교량은 918개소(78%)이다.

이는 교량 설치 시점에 하천기본계획이 수립되어 있지 않았거나 또는 하천설계기준(교량편) 제정되지 않았던 경우도 있고, 하천기본계획 재수립 시 증가된 계획홍수량에 의한 경우도 있을 수 있다. 하천기본계획 수립 이후에도 하천설계기준에 부합되지 않는 교량의 존치 비율은 여전히 56%(510개소)이나 되고 재가설 비율은 44%(408개소)이나 재가설 계획 조차도 다음 하천기본계획 재수립까지 완공되는지의 여부는 불투명하다.

안성천 수계내 320개소의 교량 중에서 설계기준이 준수되는 교량의 개소는 57개소로 약 18%이고 설계기준 미준수되는 교량의 개소는 263개소로 약 82%에 달하였다. 설계기준 미준수 사항은 주로 확폭에 의한 교량 연장, 교량계획고(계획홍수위+여유고) 및 경간장이다. 설계기준 미준수 교량 263개소의 상세 내역을 살펴보면 여유고(22개소, 8.4%), 교량 연장 및 여유

고(13개소, 5.0%), 경간장(37개소, 14.0%), 교량 연장 및 경간장(13개소, 5.0%), 여유고 및 경간장(95개소, 36.0%), 교량 연장(2개소, 0.8%), 교량 연장, 여유고 및 경간장(81개소, 30.7%) 등으로 구분된다. 안성천수계 하천기본계획에서는 설계기준 미준수 교량 263개소 중 117개소 교량을 다음과 같은 내용으로 재가설하는 것으로 계획하였다. 즉, 여유고 및 교량 연장 부족 등으로 인하여 하천의 계획규모에 적합하지 않은 교량은 향후 하천개수 및 유지 보수시에 증축 및 확장이 필요하며, 기존 교량을 대체하는 교량이 가설될 경우 구교량은 홍수소통을 및 흐름을 불안정하게 하는 원인이 되므로 지역주민의 의견 등을 고려하여 철거여부를 적극 검토하여야 한다. 따라서, 계획홍수위가 교량 교좌장치와 같거나 그 이상일 경우 재가설을 계획하였고, 경제적인 측면과 시공가능여부 등을 감안하여 여유고 및 경간장이 부족한 교량은 장래 도로계획 및 관련계획 정비 시 반영될 수 있도록 계획하였다.

3. 표본하천의 선정 및 하천횡단시설물 실태 조사

3.1 표본하천 선정 및 개요

현장 조사 대상을 경기도내 수원천 외 8개소 하천을 하천특성 별로 도시하천(3개소), 전원하천(4개소), 산지하천(2개소)으로 구분하여 선정하였으며 하천 내역은 Table 3과 같다.

Table 2. The results of analysis on bridges in 4 watershed systems

Unit : No. of location

watershed system	Total	whether observance of criteria or not		reconstruction		year of established plan
		observance of criteria	no observance of criteria	reconstruction	removal	
Ansung Cheon	320	57 (18%)	263 (82%)	117 (45%)	13 (5%)	2014
Jinwi Cheon	575	144 (25%)	431 (75%)	222 (52%)	47 (11%)	2014
Tan Cheon	80	33 (41%)	47 (59%)	6 (13%)	3 (6%)	2014
Anyang Cheon	205	28 (14%)	177 (86%)	63 (36%)	10 (6%)	2015
Total	1,180	262 (22%)	918 (78%)	408 (44%)	73 (8%)	

Table 3. Characteristics of sample streams

Name of stream	Completed year of established stream rectification plan	Length of stream (km)	Watershed area (km ²)	Type of watershed characteristic	Represented city
SuOne Cheon	2014	13.41	24.11	urban	Su One
SulMa Cheon	2017	7.92	18.56	mountain	Pa Ju
YooYang Cheon	2012	2.26	5.00	rural	Yang Joo
AnSan Cheon	2008	10.35	51.98	urban	An San
KeonKeon Cheon	2006	1.69	9.60	rural	An San
YangJi Cheon	2011	7.89	23.79	urban	Yong In
ChoLyeong/Han Cheon	2014	8.70	75.97	rural	An Sung
HwangGugi Cheon	2014	13.04	84.75	rural	Su One
GongLeong Cheon	2012	29.01	125.67	mountain	Pa Joo

3.2 하천횡단시설물의 조사 및 분석

Table 4는 표본하천 기본계획수립시 보 및 낙차공의 능력검토 과정에서 제시된 낙차공의 물받이와 바닥보호공의 길이 및 비율을 표시하였으며, 각 하천에서 바닥보호공 길이와 물받이 길이의 평균비율은 1.82 ~ 2.4이었다. 표본하천에서 보의 경우는 바닥보호공 일부가 남아 있는 경우가 있으나 낙차공인 경우는 대부분 유실된 것으로 조사되었다. 하천설계기준(2018) 보편에서는 바닥보호공 길이와 물받이 길이의 비율에 관하여 규정되지 않았으나, 낙차공편에서는 환경사 하천에 관하여 제시한 비율은 약 3.3이다. 일본에서 설치된 가동보 15개소 경우, 바닥보호공 길이와 물받이 길이의 평균비율이 약 3.2이었다(Japanese Stream Association, 2012).

그러므로 표본하천의 바닥보호공의 실태, 하천설계기준의 규정, 일본 사례 등을 감안할 때 표본하천의 보 및 낙차공 보강 계획은 수리적인 성능이 낮게 수립된 것으로 보인다. 수원천 및 조령천은 비교적 급류하천으로 분류되는데 물받이 및 바닥보호공 길이는 환경사하천 규정보다 짧게 계획되어 향후 유실 가능성이 높게 전망된다. 일본 기준에 의하면 급류사 하천에서 물받이 및 바닥보호공의 길이가 길어질 경우는 감세공을 적극적으로 도입하는 것으로 제시하고 있다.

물받이는 수리학적으로 도수(hydraulic jump)를 발생시켜 유수의 세력을 완화시킬 목적으로 설치하며, 물받이 길이는 환경사 하천의 경우 낙차공 낙차의 2~3배 또는 하류측 바닥보호공 길이의 1/3정도로 할 수 있다(하천설계기준, 2018). 상류측 바닥보호공은 하상유지시설 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 하상유지시설 본체를 보호한다. 상류측 바닥보호공은 낙차공 직상류에서 발생하는 국부세굴을 방지하여 낙차공 본체를 보호한다.

하류측 바닥보호공의 기능은 하상유지시설을 통과한 유수의 난류현상을 감소시켜 하류하도의 국부세굴을 방지하고 본체 및 물받이를 보호하며, 홍수 시 하류하도의 변동에 따라 변형되어 본체 및 물받이를 보호한다. 바닥보호공은 굴요성 구조로 설계함을 원칙으로 하며 돌망태, 블록공, 사석 등을 하천의 종방향으로 설치한다. 바닥보호공의 설치범위는 하상유지시설에 의한 영향이 없어진다고 추정되는 범위까지를 원칙으로 한다.

하천기본계획 수립과정에서 예산상 제약으로 말미암아 하천설계기준에 부합되지 않는 보 및 낙차공의 존치 비율은 이와 같은 현상은 다음 2가지 사유에 기인되는 것으로 보인다. 첫

번째는 하천기본계획은 하천법에 의하여 수립후 10년마다 재수립하게 되어 있으며 재수립된 하천시설물의 보강이 이루어져야 하나, 재정문제 등으로 인하여 재수립 보강계획이 잘 실현되지 않았다. 일반적으로 하천기본계획 재수립은 유역개발의 영향과 기후변화를 반영하기 때문에 계획홍수량의 크기는 기수립 계획홍수량보다 크게 결정된다. 증가된 계획홍수량으로 기수립시 설치된 시설물의 능력을 평가하니 당연히 설계기준에 만족하지 못하는 경향을 보이고 있다. 두 번째는 기수립시 제시된 보강방안이 잘 실현되지 않고 시설물의 유지관리가 충분하지 않아 수해가 지난 후 보수 및 복구가 잘 이루어지지 않은 이유이다. 그로 인하여 보 및 낙차공의 바닥보호공의 대부분은 유실된 상태에 있다.

3.3 표본하천의 횡단시설물 평가

수원천의 하상경사가 1/444 ~ 1/259으로 준급류부에 속하며, 여울공(자연형 여울 #1, #2) 상류측에는 모래가 퇴적되었고 상류측에는 약 0.3m ~ 0.4m 수심의 웅덩이가 조성되었고 여울공 본체라 할 수 있는 길이는 21.0m, 1:20의 경사로서 1.05m의 낙차로 설치되었으며 여울공에는 양호한 여울 흐름이 조성되었다(Fig. 1 참조). 하류측 바닥보호공에는 약 0.3m ~ 0.4m의 웅덩이가 조성되어 상·하류측 각각 0.4m의 계획대로 유지되고 있었다. 여울공의 좌·우안은 식생이 활착되었고 전반적으로 자연형 여울공은 시공된 모습으로 잘 유지되고 있었으며, 상류측 바닥보호공 유입부에 징금다리 조성으로 여울공의 안정성을 확보한 것으로 보인다. 그러므로 2단계 웅덩이를 포함한 여울공의 기능이 모범적이라 할 수 있다(Fig. 3 참조). 한편 자연형여울 #1 및 #2보다 상류측에 설치된 자연형 여울 #3 및 #4의 현재 여울 기능은 비교적 양호하나 상·하류 바닥보호공이 일부 유실되거나 상·하류측에 퇴적이 발생되어 웅덩이의 수심이 0.1m ~ 0.3m 정도로 유지되고 있었지만 수원천에 적용된 자연형여울은 상당히 성공한 사례인 것으로 판단된다.

안산천에서 평여울 #1의 여울공 상류측 길이 2.0m, 경사 1:5, 표고차 0.4m 구간은 대체로 퇴적되어 약 10cm 수심이 형성되어 있다. 여울공 본체라 할 수 있는 길이 4.0m, 경사 1:10은 대체로 유지(표고차 0.4m)되고 있으며, 유속 0.2~0.3m/s로 약 1.0m내외의 여울 흐름이 형성되어 있고 잉어가 왕래하고 있다(Fig. 2 및 Fig. 3 참조). 설치된 평여울은 새로운 흐름에 대한 평여울의 적응 사례로 볼 수 있다.

Table 4. Weirs and Drop structures in the sample streams

Name of streams	Number of structure	Required length of apron (mean value), m	Required length of bed protection (mean value), m	Ratio of bed protection to apron(mean value)
SuOne Cheon	49 drop structures	5.34	10.02	1.8
ChoLyeong Cheon	9 drop structures	3.64	8.30	2.3
Han Cheon	24 weirs	5.61	13.84	2.4
YangJi Cheon	21 weirs	5.61	12.18	2.2
HwangGugi Cheon	5 weirs and 3drop structures	8.73	17.3	2.2

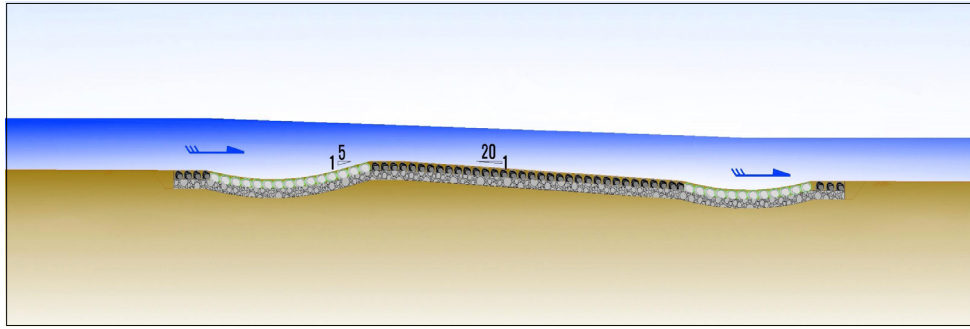


Fig. 1. Standard configuration of natural rapid in the SuOne stream.

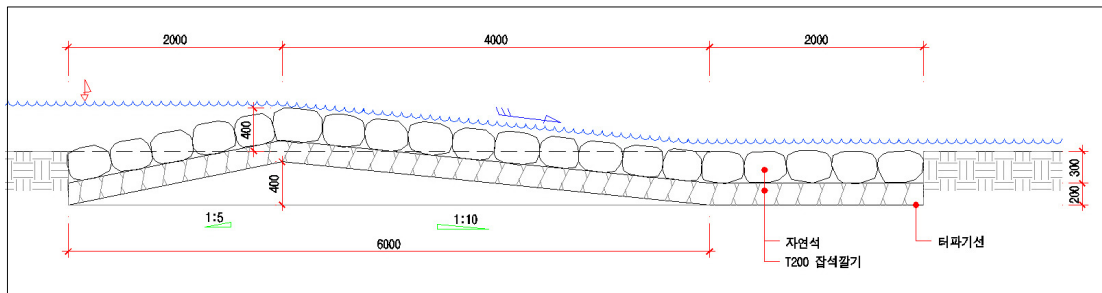


Fig. 2. Standard configuration of natural rapid in the AnSan stream.



(a) SuOne stream, natural rapid No. 1



(b) AnSan stream, natural rapid No. 1

Fig. 3. Photographs of natural rapids(2019. 8)

안산천에서 평여울 #2의 상류측 바다보호공 역할을 하는 여울공 상류측 길이 2.0m, 경사 1:5, 표고차 0.4m 구간은 좌안 및 우안 일부 세굴되었으며, 여울공 본체라 할 수 있는 길이 4.0m, 경사 1:10은 대체로 유지(표고차 0.4m)하였고 유속 0.3~0.4m/s로 약 4.0m내외의 종단방향 길이로 여울 흐름 형성되었으나 잉어 상류측 이동은 난해하였다. 여울공 바다보호공 역할을 하는 2.0m의 구간이 있으며 직하류에 약 10m 길이의 사주가 형성되어 있다. 대체로 안산천에 설치된 평여울은 새로운 흐름에 대한 평여울의 적응 사례로 볼 수 있지만 안정적인 평여울의 역할을 기대하기 위해서는 여울본체의 경사, 길이 등의 변화가 필요한 것으로 판단된다. 평여울 #3은 수심이 깊고 탁도가 높아 설치여부를 판단하기 어려웠으며 설치되었다 하더라도 여울의 기능을 기대하기는 쉽지 않을 것으로 판단

된다. 따라서 여울공은 하폭, 수심, 하상경사, 하상재료 등을 고려하여 분석해야 함을 알 수 있다.

양지천에서 기존의 취수보가 더 이상 기능을 하지 않고 하상 유지시설의 기능으로 변한 3개소 보를 (원양보, 신흥보, 이진말보) 철거하고, 여울형 낙차공으로 재가설하여 치수적 안정성 및 환경성을 개선하였다.

1993년에 제정된 하천설계기준에서는 교량에 관한 규정이 명시되지 않았지만, 2000년에 개정된 하천설계기준에서 교량의 계획고 및 교각의 경간장에 관한 설계기준이 처음으로 도입되었으며, 하천설계기준(2002) 및 (2005)에서 2000년에 규정된 설계기준에 더하여 다음과 같이 경간장 완화 규정이 도입되었다. 하천의 상황 및 지형학적 특성상 2000년에 제시된 경간장 확보가 어려운 경우 치수에 지장이 없다면, 교각 설치

에 따른 하천폭 감소율(설치된 교각폭의 합계 / (설계홍수위에 있어서의, 2005 추가도입)하천의 폭)이 5%를 초과하지 않는 범위내에서 경간장을 조정할 수 있다.

교량의 재가설 여부 검토시 고려해야 사항을 교량 설치연도와 설계기준 내용을 고려하여 정리하면 다음과 같다.

(1) 2000년 이전 설치된 교량

- 하천설계기준 계획고 및 경간장 기준 무 : 기준 위배 사항은 아님
- 하천기본계획이 미수립 하천(하천제방 계획고 무)
 - 교량계획고 < 기본계획 수립후 제방고 : 기준 미준수 사항은 아님 (B형)
 - 교량계획고 ≥ 기본계획 수립후 제방고 : 모범사례 (A형)
- 하천기본계획이 수립 하천(하천제방 계획고 유) :
 - 교량계획고 < 제방고 : 기준 미준수 사항은 아님 (B형)
 - 교량계획고 ≥ 제방고 : 모범사례 (A형)

여기서, 교량계획고는 계획홍수위에 각 하천의 계획홍수량에 따라 제시된 여유고를 합친 수치이다.

(2) 2000년 이후 설치된 교량

- 하천설계기준 계획고 및 경간장 기준 유 : 기준 위배 사항 (경간장 완화 규정 고려)
- 하천기본계획이 미수립 하천(하천제방 계획고 무) : 기준 위배 아님
 - 교량계획고 < 기본계획 수립후 제방고 : 기준 미준수 사항은 아님 (B형)
 - 교량계획고 ≥ 기본계획 수립후 제방고 : 모범사례 (A형)
- 하천기본계획이 수립 하천(하천제방 계획고 유) : 기준 위배 사항
 - 교량계획고 < 제방고 : 기준 미준수 사항 (D형)
 - 교량계획고 > 제방고 : 기준 초과 (모범사례 A형)
 - 교량계획고 = 제방고 : 기준 준수 (C형)

여기서는 준공된 교량을 각 유형별로 분류한 바, 교량 준공연도를 기준으로 판단하면 교량의 현황이 A형, B형 및 C형은 교량의 설치연도 및 설계기준 내용으로 판단하면 규정상 문제가 없으나 D형은 문제가 있는 것으로 분류된다.

수원천의 새터교는 1993년 7월에 준공되었으나 계획고 28.0m는 계획홍수위 26.6m보다 1.4m 차이가 있어 0.8m의 여유를 확보하였다. 경간장은 현재 기준에 비하여 5.4m 부족하지만 경간장 완화규정을 적용하면 계획고와 함께 유형 A로 평가된다. 버드내교는 1991년 9월에 준공되어 계획고 및 경간장이 현재 설계 기준에는 부족하지만 유형 B에 해당한다. 유천1교(1981. 8) 및 유천2교(준공연도 미상)는 각각 계획고의 여유가 0.1m 및 0.42m로 유형 A로 분류되며 경간장은 부족하나 경간장 완화규정을 적용하면 기준 준수가 된다.

안산천의 안산13교(1998년 7월 준공) 및 안산11교(1995년 10월 준공)는 교좌장치 하단고는 계획홍수위에 비해 각각 -0.06m, +0.19m이어서 교량 현황은 유형 B로 평가된다. 1997년

12월에 준공된 안산10교는 계획홍수위보다 교좌장치 하단고를 0.2m 높게 설치하여 교량 현황은 유형 B로 평가된다. 월피교(1978년 8월 준공)의 교좌장치 하단고는 현재 계획홍수위보다 1.63m 높게 설치하여 가장 모범적인 사례이며 교량 현황 유형 A로 분류된다. 월피교는 교각 전면폭을 약 0.3m로 하여 교각에 의한 통수단면적 감소를 최소화한 사례로도 모범적이다. 월피1교는 1980년 6월에 준공되었지만 교량의 교좌장치 하단고는 계획홍수위보다 0.14m 높지만 유형 B로 분류된다. 월피2교(1980년 6월 준공) 및 월피3교(1990년 12월 준공)의 교좌장치 하단고는 계획홍수위에 비해 약간 낮아 유형 B로 분류된다.

한천의 명당교는 1986년 12월에 준공되어 교량저고는 EL. 27.22m로 2014년 계획홍수위 EL. 27.32m와 비교하면 불과 0.09m가 부족하여 교량의 현황은 유형 B로 평가된다. 조령천의 금광교는 1993년 12월에 준공되었지만 교량의 계획고(계획홍수위 + 계획홍수량별 여유고)는 계획홍수위에 비하여 0.46m의 여유가 있고, 금광2교 역시 2006년 8월에 준공되어 계획고는 0.55m 여유가 있어 교량 현황은 각각 유형 A로 평가된다. 다만 경간장은 설계기준에 미달하나 경간장 완화기준을 적용하면 설계기준 준수로 판단된다. 조령제1교는 준공연도는 미상이지만 계획고는 0.89m 여유, 경간장도 10.0m 여유가 있어 교량 현황은 유형 A로 평가된다. 현수교도 준공연도 미상이지만 계획고는 0.55m 여유가 있지만, 경간장은 6.0m 부족하나 이 역시 경간장 완화조항을 적용하면 설계기준의 준수로 평가된다. 조령천은 전원하천으로 분류되며 고수부지 절취 등 하도정리를 통하여 계획홍수위 저감을 도모할 수 있는 것으로 판단된다. 이를 통한 계획홍수위의 저감은 교각의 수리적 안정성의 개선에 크게 기여할 것으로 판단된다.

3.4 하천 횡단시설물의 관리 개선 방안

본 연구에서는 하천설계기준에서 규정한 보, 낙차공 및 교각에 관한 설계내용 및 설계연혁, 경기도내 표본하천에서의 하천 횡단시설물의 실태조사 결과, 관련 하천의 하천기본계획, 일본 하천설계기준 및 시공사례 등의 분석을 통하여 보, 낙차공 및 교각의 안정성 제고 방안을 다음과 같이 제시하였다.

3.4.1 기존 보 및 낙차공의 안정성 제고 방안

- 준공연도 확인
- 낙차공 및 보의 설치전·후 하상 변동, 낙차보 형성 원인 등 파악 등
- 기존 시설물 노후화 낙차공 설치 지점의 횡단 변화, 상하류측 하상고 변화, 재해발생 가능성, 도시 및 전원하천과 같은 하천의 종류, 낙차공 시설물(본체, 물받이, 바닥보호공)의 노후화 등급(A, B, C, D), 시설물(본체, 물받이, 바닥보호공)의 침하, 유실 및 세굴상태, 낙차공과 호안 연결부 상태, 어류 및 어도 형식 등을 감안하고 계획홍수량 변화(기수립 하천기본계획 대비 증감량)에 의한 수리적 분석을 통하여 기존 낙차공의 보강 및 재가설 방향을 결정하는

것이 바람직 함(유실 여부 파악)

- 보의 설계하중으로 고려 사항: 사하중, 정수압, 니압, 양압력, 지진시 관성력, 지진시 동수압, 온도하중, 파압, 잔류수압, 토압, 풍하중, 설하중
- 보의 관리수위가 제내지 표고보다 높은 경우 관리수위의 영향을 받는 범위에 있는 제방으로 부터의 누수 여부 확인
- 설치지점 홍수심과 시설물 높이의 비를 통한 홍수소통 능력, 시설물 안정 등 평가 : 시설물의 적정한 높이 상정, 기존 낙차고 유지
- 낙차공 개량 방안으로의 자연형 여울 : 표본 하천 실태조사에 의하면 종단방향 1:20이 1:10보다 수리적으로 안정
- 바닥보호공 길이와 물받이 길이의 최소비율 3.3 이상으로 준수하도록 하고, 급류하천인 경우 바닥보호공과 물받이 길이가 환경사 하천인 경우보다 지나치게 길어질 경우 에너지 감세공의 적극적인 도입
- 바닥보호공의 길이는 최소한 계획홍수심의 3.0 ~ 5.0 배 (Japanese Stream Association, 2012) 이상으로 결정
- 물받이 및 바닥보호공의 바닥고는 하상안정 후의 하상고 아래에 결정하고 바닥보호공은 일체화된 시설물로 하여 홍수에 따른 유실 방지 도모

3.4.2 기존 교량 및 교각의 안정성 제고 방안

- 준공연도 확인
- 기존 교량의 보강, 철거 및 재가설 결정 방향
- 교량의 보수·보강, 철거 및 재가설 판별은 준공연도, 재해 발생 가능성, 산지, 전원 및 도시하천과 같은 하천의 종류, 교량의 위치 및 이용빈도, 하도 특성, 교량의 노후화 정도 (A, B, C 및 D) 등을 종합적으로 고려하여 결정하는 것이 바람직하며, 임의 하천의 하천기본계획을 살펴보면 재가설로 분류되는 교량의 개소가 많아, 예산 측면에서 볼 때 현실적으로 일시에 재가설하기에는 불가능하므로 합리적인 방안으로 평가하여 우선 순위를 정하여 단계별로 추진하는 것이 요구됨
- 하천기본계획 수립 여부, 교량에 관한 설계기준(2000) 적용 여부 등 확인
- 기존 시설물 노후화 및 교각의 세굴방지공의 유실 여부 파악
- 하천기본계획 재수립시 기수립 계획홍수량 대비 계획홍수량 증감량
- 기존 또는 기수립 교량 계획고와 재수립시 교량계획고와의 비교
- 주변 여건이 부합되는 경우 교량계획고를 현 계획홍수위보다 상향 결정
- 고수부지 절취 및 하상준설을 통한 계획홍수위 저감 방안 검토
- 도시하천 및 전원하천 감안 교량의 중요도 반영
- 경간장 완화 기준(교각 설치를 통하여 하천폭이 5% 이내로 감소될 경우 경간장 조정 가능, 2002) 적용시 경간장 위배 여부 확인 : 교각 전면 폭 축소 설계
- 하천설계기준 부합 여부 판단

4. 고찰 및 결론

경기도내 안성천, 진위천, 탄천 및 안양천 수계내 설치되어 있는 보 및 낙차공의 물받이 및 바닥보호공의 길이가 설계기준에서 요구되는 길이를 만족하는 시설물은 없는 형편이며 교량의 교각인 경우도 약 22% 정도만 교량계획고 및 경간장에 관한 설계기준을 만족하고 있는 실정이다. 10년마다 재수립된 하천기본계획에 따라 재수립된 하천횡단시설물의 보강이 이루어져야 하나, 재정문제 등으로 인하여 재수립 보강계획이 잘 실현되지 않았다. 증가된 계획홍수량 및 계획홍수위로 기수립시 설치된 하천횡단시설물의 능력을 평가하니 당연히 설계기준에 만족하지 못하는 경향을 보이고 있다.

계획홍수위는 상승하여 교량의 계획고는 기존에 설치된 계획고보다 당연히 상승하는데 교량의 교각장치는 그대로 있으니 설계기준을 위반할 수 밖에 없는 상황이다. 그러므로 신설 교량 및 기존 교량 재가설시 교량의 계획고를 현장 여건이 허용되는 범위내에서 계획홍수위 및 여유고보다 높게 결정하는 방안을 검토할 필요가 있다. 안성천 월피교는 하천기본계획이나 교량설계기준이 마련되지 않았던 1978년 8월에 준공되었지만 교량의 계획고는 현재의 계획홍수위보다 높게 계획하였고, 교각 전면폭의 최소화를 추구하여 경간장 기준 제정전에 적절한 경간장을 확보하기 위한 모범사례로 평가된다.

하천기본계획에서 보 및 낙차공의 보강계획은 단순히 물받이 및 바닥보호공의 길이로 판단하는 것으로 수행하고 있으나, 본 연구에서 제시된 기존 보 및 낙차공의 안정성 제고 방안을 감안할 필요가 있다. 즉, 보 및 낙차공의 노후화 정도, 바닥보호공 길이와 물받이 길이와의 비율 등 종합적인 견지에서 재가설 여부를 결정하는 것이 바람직할 것이다. 구체적인 방안으로, 환경사 하천에서 바닥보호공 길이와 물받이 길이와의 비율을 최소한 3.0 이상은 준수하는 것으로 하고 급류하천에서 바닥보호공과 물받이의 길이가 환경사 하천의 경우보다 길어질 경우는 에너지 감세공 도입을 적극 추천하는 것이다.

물받이 및 바닥보호공의 바닥고는 하상 안정 후의 하상고 아래에 설치하여 바닥보호공의 유실 방지를 도모한다. 하천설계기준(2018)에서 바닥보호공은 굴요성 및 투수성재료로 사용되거나 유실이 없어야 하는 것으로 명시하였으니, 바닥보호공의 일체화 공법을 도입하는 것이 적절한 것으로 판단된다. 기존 고정정보를 고정정보로 재설치하는 방안은 중규모 이상 하천에서는 가동보 및 복합형보를 원칙으로 한다는 설계기준을 감안할 때, 지양되어야 할 정책이다. 또한 가동보의 수문이 일정 규모보다 클 때는 수문 조작시 발생하는 진동하중에 관한 고려가 필요하다. 기존 낙차공의 개량 방안으로 자연형 여울을 도입할 경우 표본 하천 실태조사에 의하면 종단방향 1:20이 1:10보다 수리적으로 안정적인 것으로 나타났다.

기존 교량의 재가설 및 철거는 주로 기존 교각의 여유고 및 경간장을 고려하여 결정하지만, 향후에는 본 연구에서 제시된 기존 교량 및 교각의 수리적 성능 평가 방안과 같이, 교량의 노후화 정도, 탄력적인 경간장의 적용이 가능한 특별 규정, 하도 정비 등을 고려한 종합적인 분석을 통하여 결정하는 것이

타당한 것으로 판단된다.

시설물의 기능을 보장하기 위한 최소 규모에 관한 기준이 하천설계기준이라 할 수 있으며, 하천설계기준을 만족하는 하천 시설물의 구현은 하천의 기능인 치수, 이수 및 환경보전을 발휘하는 기본 요건이므로 정부차원에서 적극적인 지원해야 할 시점이다.

References

Korea Water Resources Association (1993, 2000, 2002, 2005, 2009, 2018). Stream Design Criteria
The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2016) in Korea. Comprehensive rectification plan for medium

scale streams.

The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2014) in Korea. JinWi Stream(including HwangGuji-Cheon stream) rectification plan.
The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2014) in Korea. Ansong Cheon Stream rectification plan.
The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2014) in Korea. Tan Cheon Stream rectification plan.
The Ministry of Land, Infrastructure, and Transport (2015) in Korea. Anyang Cheon Stream rectification plan.
Japanese Stream Association (2012). Stream and Erosion Control Design Criteria.