

자연형 하천의 유지관리방안 연구

- 인천시 자연형 하천을 중심으로 -

A Study for Restored Stream Maintenance

- Focus on the Restored Streams in Incheon City -

김혜주¹ · 신범균¹

¹김혜주자연환경계획연구소

I. 서론

1990년대 말에 시작된 국내의 자연형 하천 조성에 대한 붐은 약 10여년이 지난 지금까지 많은 친환경적 공법이라는 하천설계와 시공을 가능하게 하였다. 최근에는 “4대강 살리기”라는 명분아래 국내의 주요 중·대규모의 하천들이 조만간 크게 변모할 상황에 처해 있다. 한편 자연형 하천 조성 후에 어떻게 그 조성된 자연형 하천을 관리해야 하는지에 대한 연구는 거의 없었다고 할 수 있다. 자연형 하천이란 준공과 동시에 하천의 생태성이 완성된 것이 아니라 서서히 시간이 흐르면서, 적어도 10년 정도 지난 후에야 하천의 생태성이 회복되는 것이기 때문에(Krause, 2000) 조성된 하천에 대한 관리는 자연형 하천의 완성을 위하여 매우 중요하다고 할 수 있다.

국내에서 자연형 하천에 대한 유지관리에 대하여 최초로 언급한 것은 G-7 과제(환경부, 1999)로서, 그 내용은 유지관리의 공간적 범위를 저수로, 하안, 둔치, 제방 및 시설물로, 기능적 관리 범위를 수리적 안전성, 생태적 기능성, 자연적 경관성 및 공간적 이용성으로 구분하고, 관리의 종류를 작업의 특성에 따라서 정기적, 부정기적으로 구분하여 간략히 하천의 유지관리내용을 제시하였다. 이후 건교부(2005)에서 자연형 하천의 호안에 대한 관리를 비교적 상세히 즉 점검빈도, 시기, 업무내용, 점검요령을 제시하였으나, 자연형 하천의 특성을 고려했다기 보다는 치수적 안전성에 그 목표를 두고 있다. 기타 서울 및 수도권의 기 조성된 자연형 하천(10개 하천)의 유지관리 실태조사를 인터뷰형식으로 진행한 결과는 국내 자연형 하천관리의 내용이 거의 대부분

청소, 제초, 예초, 감시 및 감독, 시설물 운영으로 자연형 하천의 생태성 증진을 위한 내용의 유지관리는 거의 없는 것으로 나타났다. 반면에 국외의 자연형 하천유지관리 사례 조사에 의하면 하천의 생태성 향상을 위한 관리가 큰 비중을 차지하였다. 즉 하천의 생물서식처를 위한 유지관리방안과 구체적인 물리적 구조의 개선 방법에 대하여는 Saldi-Caromile et al. (2004), OEWA(2006)에서 찾아볼 수 있으며, FISRWG(1998)에서는 하천복원의 목적에 따라서 하천의 발전성을 위한 관리의 필요성과 방안을 제시하였으며, City of San Luis Obispo & San Luis Obispo County (2003)에서는 치수상의 안전성에 대한 유지관리 내용은 물론 생태적으로 유용한 유지관리방안을 예를 들어 하천에는 가급적 생물공학적 공법을 적용할 것과, 위해식물의 관리와 시기 및 기타 관리의 종류 등을 구체적으로 제시하였다. 독일어권인 Ministerium f. Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1999)에서는 유지관리의 구역을 수생역, 정수역, 육상역으로 구분하여 하천의 생태성을 위해하지 않는 유지관리방안을 시기별로 제시하였고, Bretschneider et al.(1993)에서는 하천의 생태성 향상을 위한 주민, 자연보호단체, 하천이용자 등과 의 유대가 필요하다고 하였다.

국내에서 많은 예산을 들여 조성한 자연형 하천이 하천의 생태적 기능성을 완성해 가도록 유지관리가 되어야 함에도 불구하고 서울 및 수도권 사례조사에서 보여준 것 처럼 기존의 치수나 청결위주의 유지관리만을 실행하고 있다면 이는 경제적으로 큰 손실은 물론 앞으로 하천의 생태적 기능성

을 기대할 수 없다. 이에 본 연구에서는 인천 광역시내에 최근에 조성이 완료된 하천에 대한 유지관리 방안을 사례로 국내 자연형 하천의 유지관리방안을 모색하고자 하였다.

II. 연구범위 및 방법

연구 대상하천은 인천시의 승기천과 나진포천이며, 연구 방법은 대상하천의 자연형 하천 조성내용을 설계도면과 현장조사를 통하여 도면화 한 후에, 대상하천의 출발점의 생태적 상태를 한국건설기술연구원 & 김해주자연환경계획연구소(2007)에 의거 조사하였다. 한편 대상하천의 자연적 특성을 조사하여 각 하천의 발전방향과 그 관리내용을 제시하였다.

물리적 구조란 하천에 나타난 하천의 다이내믹한 물리적 프로세스이며, 그것의 생태적 질을 평가한 것이 물리적 구조등급이다. 이 구조등급의 활용범위는 대상하천의 발전 및 향상을 위한 자료로 활용하고자 하는 경우, 하천의 세부적 목표나 물리적 구조를 보존하기 위한 경우, 기 계획된 하천 공사, 하천관리, 보상공사에 대한 평가를 위한 경우에 그리고 실시된 하천공사와 복원공사의 효과성을 검증하는데 이용된다 (LAWA, 2000). 따라서 본 연구에서도 대상하천의 유지관리계획을 수립하기 위하여 이 조사방법을 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 대상하천의 자연환경 및 개황

인천시는 동경 126°, 북위 37°에 위치하여 한반도의 중앙

에 있으며, 기후는 바다와 접해 있으나, 해양의 영향은 비교적 적은 편이다. 연평균 기온은 11.7°이며, 강수량은 1,153 mm 로 내륙지방보다 약간 적은 강우량을 나타낸다. 그러나 안개일수는 연중 49일로 많은 편이다(www.incheon.go.kr).

대상하천인 승기천은 유역면적 33.58 km², 유로연장 10.33 km의 지방2급 하천이다. 구월농산물도매시장 관리소를 기점으로 상류부 하천은 복개되어있고, 유역하구는 남동유수지로 유입되며 홍수 및 내수침수피해로부터 보호되고, 감소하천의 특성인 해수의 유입은 없다(인천시 종합건설본부, 2007). 나진포천은 계양천의 지류로서 인천광역시 서구와 경기도 김포시에 걸쳐있는 유역면적 28.30 km², 유로연장 13.10 km인 지방2급 하천이다. (인천광역시, 2003). 대상하천의 공통적 특징은 하상경사가 매우 완만한 평지형 하천으로 구분된다.

2. 대상하천의 자연형 하천 조성 내용 및 물리적 구조 등급

승기천은 2009년 8월에 준공하였으며, 조성내용은 도면에서와 같이 저수로 및 고수하안에는 소위 생물공학적인 공법을 이용한 호안공법이 적용되었고, 저수로 내에는 평여울, 징검여울, 징검테크 같은 횡단구조물이 설치되었다. 고수부지에는 자전거 및 산책로가 조성되었고, 벽천, 인공폭포, 공연장, 벤치가 설치되어 전형적인 도심의 친수성 하천으로 조성되어졌다.

공사가 완료된 승기천의 물리적 구조의 종합 평균 지수는 5.4로서 구조 등급은 6등급이고, 인위적 변경정도는 “아주 크게 변경시킴”에 해당되어 EU-WFG(Water Frame Work

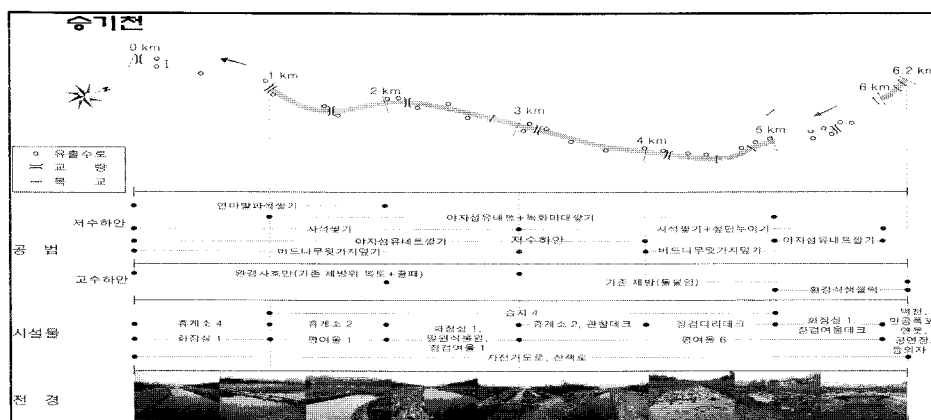


그림 1. 승기천의 자연형 하천 조성내용 및 물리적 구조등급

Guidance) 에 의거한 생태성이 “불량”으로 평가되었다. 이 결과는 부분적으로 공사 직후의 교란된 상태에 의한 영향이 크게 작용한 것으로 판단된다.

나진포천의 경우 자연형 하천으로 조성(2008. 7 준공)되었고, 유로가 거의 직강화되었다. 적용한 공법은 거석쌓기

의 1개 공법만으로 시공되었고, 하천구역 내에 도로나 친수 시설은 없다. 나진포천의 물리적 구조의 종합 평균 지수는 6.2로서 구조 등급은 6등급이고, 인위적 변경정도는 “아주 크게 변경시킴”에 해당되어 EU-WFG에 의거한 생태성이 “불량”으로 평가되었다.

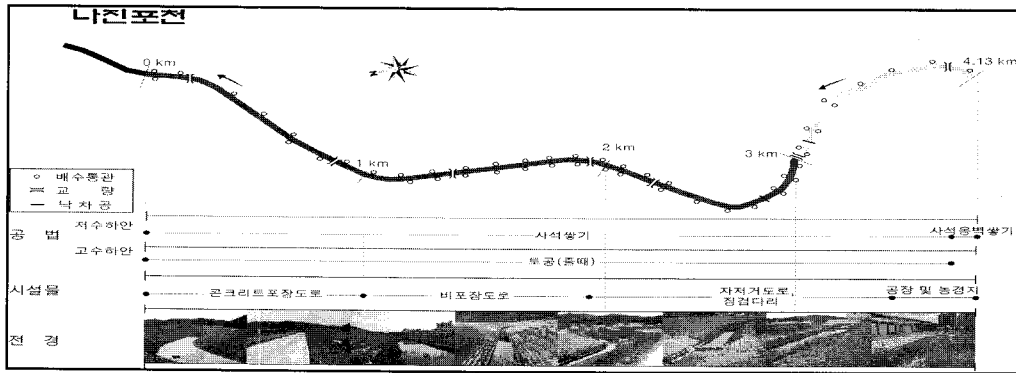


그림 2. 나진포천의 자연형 하천조성 내용 및 물리적 구조등급

3. 대상하천의 발전방향 및 유지관리의 결정

인천시 대상하천은 평지형 하천유형에 속하며, 갑문의 영향도 있지만, 유역의 경사가 낮아서 전 구간에서 유속이 매우 느리며, 유속의 다양성도 거의 없다. 그리고 대부분의 하천의 하상재료는 입자가 가늘고 단순하다. 이러한 특성은 자갈이나 돌로 이루어진 하상재료의 하천에 비하여 자연적으로 생태성이 매우 빈약한 것으로 알려져 있다(LUA, 2001). 한편 하천의 물리적 구조는 유속이 느리므로 사행이 발달할 수 있는 조건을 갖추고 있으며, 저수로의 형태는 자연적 상태에서는 납작한 웅덩이형으로 사행을 하는 구간에서 다소 가파르나 반대편에는 매우 완만한 하안을 형성하게 된다. 식생은 원칙적으로 바닷물의 영향으로 기수역에는 자연적으로 내염성이 강한 초본류가 출현한다. 그러나 자연형 하천조성에서 이러한 특성이 충분히 고려되지 않은 것 같다. 따라서 하천의 유지관리를 통하여 대상하천의 자연적 특성이 회복되도록 발전방향을 결정하여야 한다. 즉 하도의 사행을 통한 하천의 물리적 구조를 향상시키는 방안과 자연적 기수역을 발달시킬 수 있는 방안을 통하여 인천 하천의 자연적 특징을 살릴 수 있도록 하는 것이다. 이를 위하여 LAW(2006)의 원리에 따르면, 첫째, 하천의 움직임이 있는 경우 “그대로 둔다”의 원칙과 둘째, 충분한 움직임이

있는 경우 이를 유인하여 “발전시킨다” 그리고 셋째는 움직임이 없는 경우 하천을 발전시키기 위하여 “설계와 시공을 실시한다”이다. 다시 말하자면 유지관리의 내용에 대한 결정은 하천답사를 통하여 하천에 결함이 발생된 상태를 진단하는 것이 필요하다. 예를 들어 생태적으로 큰 결함이 발생한 경우 재건이나 재설계를 통하여 원하는 방향으로 하천이 발전되어지게 할 것이며, 미미한 결함이 발생하였으나 앞으로 하천이 발전할 방향이라면 그를 촉진하는 관리가 필요한 것이다. 또한 이용성에 대한 것은 규칙적인 관리로 문제가 야기되지 않게 한다.

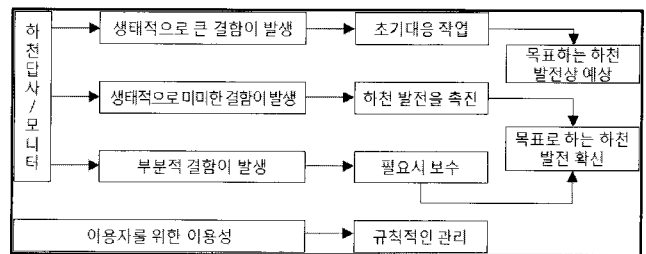


그림 3. 하천유지관리의 결정

4. 유지관리의 방안

하천의 발전과정에 따른 적절한 유지관리를 위하여 조성

초기(조성 후 1~3년), 조성 중기(4~6년), 조성말기(7~10년)로 구분하여 관리한다. 조성초기의 경우 하상구역에 물흐름을 방해하는 요소를 제거한다. 예를 들면 하상보호물이 설치된 경우 생물이거나 유사의 이동을 위하여 반드시 제거하도록 하며, 인천시 대상하천과 같이 유속이 느린 곳에 유사가 많이 발생하는 장소에는 하상에 퇴적소를 설치하고 주기적으로 그곳의 퇴적물을 제거해 준다. 그리고 저수하안의 경우 필요시 예초작업과 횡단면 보수작업 그리고 원하지 않은 이입종 또는 귀화종은 꽃이나 열매를 맺기 전에 완전히 제거해 준다. 한편 고수부지 및 제방의 경우에는 원칙적으로 자연적 홍수터가 발달할 수 있게 하는 방안이 필요하나, 인위적 홍수터라도 발달되어지게 도모한다. 특히 과도한 이용이나 시설을 지양하며, 시설물의 경우 주기적 점검을 통하여 안전사고가 발생하지 않게 한다. 자연형 하천 조성중기

와 말기의 하상구역은 하천의 물리적 구조 발달을 촉진시키기 위한 작업을 시도할 수 있다. 그리고 수생식물이 너무 무성한 경우 부분적으로 이를 제거하여 물의 흐름을 좋게 하여준다. 저수하안은 하안선의 변화가 없는 경우 하안선의 변화를 유도하는 작업을 실시한다(예: 돌 놓기, 나무등걸 걸치기). 만약 침식이나 퇴적이 발생된 구간에는 그것을 그대로 방치할 것인지 또는 복구할 것인지를 결정하도록 하여 하천발전을 촉진하게 도와준다. 고수부지 및 제방의 경우 제방의 안전성 및 고수부지의 시설점검이 필요하다.

IV. 결론

자연형 하천이란 조성 후 즉시 하천의 생태성이 나타나는 것이 아니라 적어도 10년 후에야 그 효과성을 볼 수 있다고 한다(Krause, 2000). 이를 위하여 자연형 하천조성 후에는

표 1. 각 대상하천의 유지관리 방법

유지관리 방법	<p>하천의 물리적 구조의 향상을 위한 방법 도입 (하천발전목표설정: 전문가의 자문 및 모니터링 결과에 의거)</p> <ul style="list-style-type: none"> -휴게소 및 화장실 청소(주기적) -습지의 식물관리(너무 무성하지 않게 적정량 유지)2회/1년 -휴게소 청소(주기적) -여울의 기능성 점검 및 보수(2회/1년) -밀원식물관리(제초 및 보식)2회/1년 -화장실 청소(주기적) -휴게소와 데크의 시설점검 및 청소(주기적) -여울사이의 쓰레기제거 및 기능성 점검과 보수작업(2회/1년) -징검다리 및 평여울의 기능성 점검 및 보수(2회/1년) -목교 및 데크의 미끄럼방지를 위한 관리(강우 후, 겨울철: 가는 모래뿌리기) -화장실 청소(주기적) -벽천 및 인공폭포의 기능성 점검 및 청소(주기적) -연못 청소(주기적) -공연장 및 의자의 점검 및 청소와 보수(주기적)
	<p>보도 점검 및 청소(주기적), 공법에 이입된 귀화식물의 제초 및 주식생 보식(2회/1년) 저수하안과 고수하안의 예초는 유속이나 유수를 방해할 경우에만 9월 이후 실시(1회/1년)</p>
유지관리 방법	<ul style="list-style-type: none"> -사석 쌓기에 의하여 하안선 발달이 거의 불가능 -따라서 부분적으로 기존 공법을 다른 공법으로 대체하여 저수로 하안이 발전할 수 있도록 함 -유속이 거의 없으므로 식생호안 또는 코아를 공법이 적절하고 사석 쌓기 부분에는 비교적 키가 작은 하천식물(좀가지풀, 샷갯사초, 털부처꽃, 앵초 등)을 식재하여 유수에 방해가 없고, 저수로가 좁혀지지 않게 관리 -보도 및 징검다리의 점검 및 관리(주기적) -낙차공의 필요성 검토 후 제거 -하천발달을 유도하는 방안: 큰돌 놓기 -공장 및 농경지로부터 오수나 폐수가 유입되지 않게 감시

반드시 대상하천의 자연적 특성과 설계의 목적에 따라서 대상하천을 잘 이끌어 주어야만 한다. 그러나 국내의 많은 자연형 하천은 조성 후 전문적인 관리는 거의 이루어지고 있지 않고, 대부분 주기적인 청소와 시설물에 대한 감독중심의 유지관리를 실시하여 왔기 때문에, 하천복원 효과를 극대화시키지 못하고 있는 실정이다. 이에 자연형 하천조성 후의 유지관리의 필요성은 자연형 하천 조성과 더불어 매우 중요함을 인식해야하며, 이에 대한 체계적인 유지관리방안이 시급히 요청되어진다. 본 고에서는 인천시의 사례를 들어 대상하천의 발전방향을 설정하여 실무에서 어떻게 어떤 목표를 가지고 하천을 관리해야하는지에 대하여 모색하여 보았다. 아울러 자연형 하천 설계시에 유지관리의 방향을 포함시키는 제도를 정착시킨다면 보다 효과적인 하천의 유지관리와 그에 따른 하천발전을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 감사의 글

본 연구는 인천지역환경기술개발센터의 2009년도 연구개발사업비 지원(과제명: 인천 지역내 자연형 하천의 효율적인 유지관리 방안 연구)에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

VI. 인용문헌

과기부(2007), 청계천복원공사 모니터링 및 물순환 해석.
 건교부(2005), 하천시설물유지관리 매뉴얼.
 인천시 종합건설본부(2007), 승기천 하도정비 및 오염하천정화사업 실시설계 보고서.
 인천광역시(2003), 나진포천 하천 정비 공사 실시설계 보고서.
 한국건설기술연구원 & 김혜주자연환경계획연구소(2007), 중소규모 하천의 물리적 구조평가 시스템 사용자 설명서.

환경부(1999), 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발(2권). Vol. 2. Bretschneider, H., K. Lecher, M. Schmidt(1993), Taschenbuch der Wasserwirtschaft. 6. Aufl. Paul Parey. Hamburg und Berlin.
 Bundesministerium fuer Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und Oesterreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband(OEWA)(2006),
 Fliessgewaesser erhalten und entwickeln. Praxisfibel zur Pflege und Instandhaltung. Wien.
 City of San Luis Obispo & San Luis Obispo County (2003), Waterway Management Plan VOL. II, Stream Management and Maintenance Program. San Luis Obispo, CA.
 Krause, A.(2000), Ueber Motive fuer die oekologische Verbesserung von Wasserlaeuften. In: Bundesamt f. Naturschutz(Hrsg.): Angewandte Landschaftsoekologie. H. 37. 9-11.
 LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser)(2006), Leitlinien zur Gewaesserentwicklung. -Ziele und Strategien-.
 LAWA(Laenderarbeitsgemeinschaft Wasser)(2000), Gewaesserstrukturguetekartierung in der BRD. 1. Auf. Schwerin.
 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen(LUA)(Hrsg.)(1999), Leitbilder f. kleine bis mittelgrosse Fliessgewaesser in Nordrhein-Westfalen. Gewaesserlandschaften und Fliessgewaessertypen. LUA Merkblaetter, Nr. 17.
 Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen(LUA)(2001), Merkblaetter Nr. 34. Leitbilder f. die mittelgrossen bis grossen Fliessgewaesser in NRW.
 Ministerium f. Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen (1999), Richtlinie f. naturnahe Unterhaltung u. naturnahe Ausbau der Fliessgewaesser in Nordrhein-Westfalen.
 Saldi-Caromile, K., K. Bates, P., Skidmore, J. Barenti, D. Pineo (2004), Stream Habitat Restoration Guidelines: Final Draft. Santa Rosa, CA.
 The Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG)(1998), Stream Corridor Restoration. Principles, Processes and Practice. USA.
 www.incheon.go.kr.