

# 하천 치수와 하천환경 관리

## - 상충에서 조화로 -

우효섭 (한국건설기술연구원 연구위원)

김성태 (한국건설기술연구원 선임연구원)

김광일 (대한토목학회 회장)

### 1. 머리말

흔히들 하천은 이수(利水)와 치수(治水) 기능이 있다 한다. 이수는 하천과 물이 주는 가치(value)를 말하며, 치수는 기능이라기보다는 엄밀한 의미에서 하천 관리의 대상이다. 하천은 이러한 이수적 가치와 치수적 관리 대상 이외에 가장 기본적인 기능인 환경 기능이 있다. 하천의 환경 기능은 하천 동식물의 서식처 기능, 수질의 지정 기능, 그리고 심미적(審美的) 기능이다. 심미적 기능은 다른 표현으로 친수(親水) 기능이라 할 수 있다. 이수, 치수, 환경 등이 모두 진정한 의미에서 하천의 자연적 기능이 되면 상충되지 않는다. 그러나 실제 이수는 가치이며, 치수는 관리 대상이며, 환경만이 진정한 의미의 기능(자연이 물리, 화학, 생물 작용을 통하여 스스로 역할을 하는 것)이다. 따라서 하천의 가치(이수)와 관리 대상(치수)과 기능(환경)은 상충될 수 있다. 문제는 위 하천 기능 모두 인간 사회에 필수적인 요소라는 것이다.

지금까지 하천 관리는 이치수 관리를 위해 환경 기능의 희생을 가져왔다. 그러나 환경 보전과 개선이 우리의 삶의 질을 향상시키는 기본 인자로 인식되는 요즘 하천의 환경 기능은 과거처럼 쉽게 포기하기 어렵다. 아무리 좋은 집과 차와 음식이 있어도 내가 숨쉬고 사는 주변 환경이 황폐하면 삶의 가치와 질이 문제가 되듯이, 우리 주변을 흐르는 하천의 물은 오염되고, 주변은 콘크리트로 덮여 있어 물고기는 물론 새나 곤충들도 날라들지 않는 '배수로'가 된다면 그

러한 환경에서 삶의 가치는 반감될 수밖에 없다. 이러한 문제를 해결하는 방안으로 대두되는 것이 환경을 고려한 하천 치수, 또는 치수를 고려한 하천환경 관리이다. 이는 두 기능의 상충(相衝)을 조화(調和)로 발전시키는 관리 방안이다. 이를 구체적으로 알기 위해서는 우선 하천의 치수관리부터 검토할 필요가 있다. 그 다음 하천의 환경 기능에 대해 알아본다.

### 2. 하천의 치수관리

치수의 역사는 인류가 강가나 저지대에서 살면서 부터 시작되었을 것이다. 한 반도의 경우 일찍이 택리지(擇里志)의 저자 이증환은 강가는 살만한 곳이 못된다고 하였다. 바로 홍수 범람의 문제가 있기 때문이다. 조선왕조실록에 의하면 태종 때부터 고종 때까지 약 400년간 하천의 홍수 범람을 줄이기 위한 준설에 관한 기록이 80회 나온다(김현준, 1998). 그때도 비가 많이 오면 상류에 토사가 쓸려 내려와 하천에 쌓여서 홍수 범람을 초래한다는 소박한 지식은 알고 있었다. 한양의 청계천은 그 당시 대표적인 도시 하천으로서 태종, 영조, 순조 때 대규모로 준설(浚深, 지금의 하천정비사업)을 하였다. 그러나 한양을 제외한 다른 곳에서는 강가에 살면서 독을 쌓아 홍수 시 범람을 막기보다는 구름이나 산비탈과 같은 조금 높은 곳에 취락이 형성되었다. 한반도를 강점한 일본 식민지 경영자들이 만든 1920년대 조선 하천조사서에는 20세기 초 한반도 치수 제방의 형세는 매우 빈



그림 1. 개수된 도시하천(과천 양재천)

약하여 낮고 약한 흙 제방이 고작이었다고 평하(賤下)하였다.

1960년 초는 흔히 산업화와 도시화로 나타나는 국토 개발의 시작이라 불린다. 특히 1960~1970년대 국토 개발은 도시와 공단의 개발은 물론, 교통, 수자원, 상수도, 전력 등 이른바 사회간접자본의 집중적인 개발의 시대라 할 수 있다. 여기서 수자원과 하천에 초점을 맞추면, 홍수피해 경감과 이수 목적의 대규모 다목적댐 개발로부터 하천 연변의 치수를 위한 하천개수 사업, 그리고 도시화에 따른 도시 소하천의 복개를 들 수 있다. 그러나 이러한 도시화와 산업화는 하천수의 오염과 함께 하천의 인공화라는 바람직하지 못한 결과를 가져왔다. 그림 1.은 그 한 예로서, 자연적으로 구부러진 하도는 직선으로 만들고, 양안에는 높은 제방을 쌓고, 그 안의 하천수는 인공적으로 만든 저수로(低水路)에 국한시키고, 나무, 돌 등 홍수 소통에 지장을 줄 수 있는 것들은 모두 제거하였다. 이는 사실상 인공 수로와 다르지 않다. 아래 사진과 같은 도시 하천은 환경적으로 그래도 양호한 것이며, 도심 부를 흐르는 작은 하천의 상당수는 복개되어 영원히 소멸되었다. 도시화에 따른 배수 기능 이외에 하천 기능은 불필요하다고 본 것이다. 바로 하천 치수와 환경 기능간의 상충 문제에서 치수 고려, 환경 비고려라는 '경제적', '비환경적' 관리를 강조한 것이다.



그림 2. 농촌 하천의 정비(홍천강 지류)

농촌이나 전원 하천의 경우도 크게 다르지 않다. 치수 목적의 하천개수는 전국의 국가 하천과 지방 1급 하천의 총 연장 4,000km의 대부분을, 지방 2급 하천 총 연장 32,000km의 70% 정도를 직강, 획일적인 단면, 저수로 정비 등으로 인공화 하였다. 그림 2.는 비교적 '잘 정비된' 농촌 하천을 보여주는 것으로, 치수 목적은 달성되었겠지만 하천 환경은 주변 경관생태(landscape ecology)와 단절되었다.

이와 같은 치수 위주의 하천 정비(channelization)는 어찌 보면 우리 사회가 산업화, 도시화, 현대화하는 과정에서 불가피하였을 것이다. 제한된 토지에서 최대한 활동을 하기 위해서는 유역의 배수를 한 쪽으로 국한시킬 필요가 있었을 것이다.

### 3. 하천의 환경 기능

하천 기술자들은 지금까지 하천을 보면 하천의 물리적 작용과 형태적 특성에만 관심을 기울였다. 예를 들면 하천의 종횡단면의 형태와 수치 자료를 가지고 물의 흐름을 계산하는 것이 하천 해석과 관리의 전부라고 생각하는 경우가 많았다. 그러나 자연 하천을 보면 그 안에 수많은 생물들이 삶을 꾸려가고 있는 것을 볼 수 있다(그림 3. 참조) 사실 하천의 주인은 우리가 아니라 그들이다. 그러나 지금까지 우리는 수십 년간을 하천의 '가치'에만 충실하여 하천을 무대로 사는 각종 동식물 - 바닥에서 서식하는 크고 작은 무척추 동물(저서 곤충), 물고기, 반딧불, 개구리, 뱀,

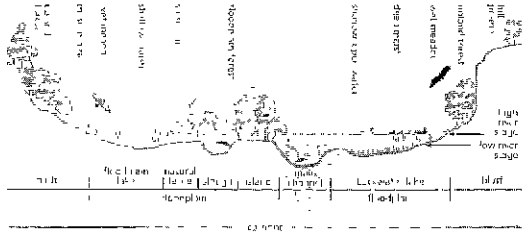


Figure 1.11 A cross section of a river corridor. The three river components of the river corridor can be subdivided by structure features and plant communities: 'River bed and channel' with, etc. (Schiechl and Stern, 1997)

그림 3. 자연하천의 횡단면 생물 서식처 변화 (USDC, 1998)

들쥐, 갯버들, 갈대 등 - 의 서식처를 콘크리트로 발라 버린 것이다. 이렇게 콘크리트와 같은 토목 재료를 이용하여 하천을 인공화 시킴에 따라 하천 스스로 물을 깨끗이 하는 기능 또한 없어졌다. 하천의 바닥은 급히 흐르는 여울과 깊고 천천히 흐르는 소(沼)의 연속이 보통이다. 바닥과 물가는 흙, 모래, 자갈, 풀로 이루어져 그 사이에 물이 흐르면서 물 속의 오염물은 침전, 흡착, 산화되어 정화된다. 마지막으로 하천은 귀중한 국토 환경의 일부이다. 구태여 우리 선조의 친수 성향을 거론하지 않아도 우리는 물가에 있으면서, 흐르는 물과 주변 풍경을 보면서 심미성이 높아지고 정서가 함양된다.

이러한 귀중한 환경 기능은 지금의 오염되고, 반인공화 된 하천에서 사실상 사라졌다. 도시 하천에서 찾을 수 있는 것은 단지 홍수 시 매수로 역할을 한다는 것뿐이다. 과거 경제개발 시대의 산물이다. 시간과 돈이 한정된 그 시대에 효율과 기능 위주의 개발이 가져온 어쩔 수 없는 결과이다. 그러나 지금은 달라졌다. 경제 개발의 성과로 얻어진 양적인 풍요함은 도시 삶의 공간의 질적인 훼손에 의해 반감되고 있다. 이제 삶의 질은 단순히 물질적 풍요함으로만 매겨질 수 없으며, 정신적, 환경적 풍요가 수반되어야 한다. 그렇다면 과거 치수 기능 위주로 관리해온 우리의 하천은 어떻게 가꾸어야 할 것인가? 이에 대한 답은 치수와 환경의 상충이 아닌 조화. 다른 표현으로는 자연친화적 하천 관리일 것이다. 나아가 하천을 원래의 모습대로 복원하여 잃어버린 하천의 환경적 기능이 제대로 발휘되도록 하여야 할 것이다(우효섭, 2000).

#### 4. 자연친화적 하천관리 - 치수와 환경의 조화

자연친화적 하천관리란 하천의 조사, 계획, 설계, 시공, 유지관리 등 일련의 하천 사업과 일상적인 하천 관리에서 하천의 이수와 치수 기능, 즉 기술적 기능(engineering function)을 유지하면서 하천의 환경적 기능을 보전·증진시키는 다원적, 종합적 하천관리라 할 수 있다.

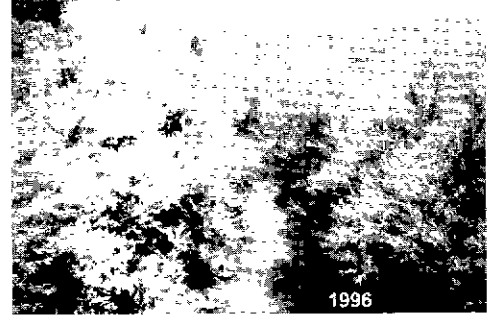
환경 보전과 복원, 그리고 친수성 차원에서 자연친화적 하천 사업들이 처음으로 구체화된 곳은 유럽의 독일어권 국가들이다. 독일, 오스트리아, 스위스 등에서는 1970년대부터 이른바 근자연형 하천공법(近自然型 河川工法, Naturnaher Wasserbau)이라 하여 기존의 콘크리트나 금속 등 전통적인 토목재료 대신에 갯버들이나 풀과 같은 살아 있는 생물 재료와 거석(巨石), 통나무 등 자연 재료를 이용하여 하천의 형태에 가깝게 만드는 하천 복원, 또는 회복 사업을 하기 시작하였다(Schiechl과 Stern, 1997). 여기서 자연 하천의 전형적인 형태는 구불구불한 물길, 셋강/모래 섬/습지 등의 존재, 좌우 하천 단면의 비대칭, 여울과 소의 존재 등을 포함한다. 이러한 공법은 치수나 이수 사업 등 새로운 하천 사업을 계획하는 경우는 물론, 그림 4.와 같이 인공적으로 정비된 기존 하천의 복원 사업에 활용되었다. 여기서 '근(近)'이라는 접두사를 붙인 것은 한번 훼손된 생태계와 서식처 기반은 원래대로 완전히 복원시키는 것은 불가능하며 단지 원래의 모습에 가깝게 되돌릴 뿐이라는 것이다.

위와 같은 근자연형 하천공법 개념은 1980년대 일본으로 도입되어 '다자연형(多自然型) 하천 공법'이라는 이름으로 소화 개량되었다. 여기서 독일식 자연형 하천공법이 일본에 그대로 적용되기 어려운 점 중 하나는 공법 적용을 위해 필요한 경우 주변 토지를 흡수하여 하천으로 편입하는 독일 식 개념은 토지 이용이 고도화 되어 지가가 매우 높은 일본에서는 사실상 불가능하다는 것이다. 더불어 독일 등에서는 하천관리에서 치수 상의 문제가 비교적 적어서 다양한 공법의 적용이 가능한 반면, 일본에서는 치수 문제의



Fish Species: brown trout

Photo 1. ALTERBACH Stone and fish species spectrum before reconstruction



Fish Species: brown trout, bullhead, barbel, gudgeon, European chub, rainbow trout, Eurasian minnow, stone loach

Photo 2. ALTERBACH Stone and fish species spectrum after reconstruction

**그림 4. 자오스트리아 팔스부르크의 Alterbach 하천 복원 전과 후의 비교 (복원 사업 후 통수능은 줄지 않았으며, 물고기의 종과 수가 대폭 늘었음)**



**그림 5. 일본 북해도 우리카이천의 자연형 하천공법의 적용 전후의 비교**

해결이 전제되어야 하기 때문에 공법 적용이 매우 제한을 받는다는 점이다. 아래 그림 5.는 일본 북해도 우리카이 천의 공법 적용 전후 비교 사진으로, 사업 전에는 하천의 통수 단면이 작아 여러 번 수해를 겪었다. 치수 사업의 일환으로 단면을 늘리고, 자연형 하천공법을 적용하여 갈대 등 식물을 심고, 하도에 다양성을 주었다. 이 사업 후 주민들의 하천 주변에 산보하는 등 친수경관이 개선되었다.

여기서 눈여겨볼 것은 20세기말부터 거론되고 있는 지구 기후 변화와 이상 기후는 이제 장기적인 하천관리에 실질적인 영향을 미치고 있다는 점이다. 최근 네델란드와 같은 저지대 국가는 국토를 관류하는 라인강에 무한정 제방을 높인다고 홍수 범람을 막을 수 없다는 사실을 직시하고 있다. 그들은 홍수를 막는다는 개념을 탈피하여 홍수와 더불어 사는 지혜만

이 앞으로 다가올 이상 기후로 인한 대홍수에 슬기롭게 대처하는 길이라고 믿고 있다. 구체적으로, 1993/1994년과 1994/1995년 연속 대홍수를 계기로 단순히 제방을 쌓아 홍수를 막는 것은 한계가 있음을 인식하게 되었다. 더욱이 지구 온난화와 이상 기후는 장차 25년 내에 홍수량을 5~10%, 금세기 말에 10~20% 이상 증가시킬 것으로 예상된다. 따라서 제방을 지속적으로 높이는 것에 대한 주민들의 공감대는 약해지고, 대신 습지, 우각호, 홍수터 등 하천의 생태 질을 개선하여 전국의 생태 네트워크를 만들고 사람들은 그 속에서 다른 동식물과 더불어 사는 것을 바라고 있다(Harm Duel 등, 1999). 그림 6.은 그러한 예를 도시한 것으로, 여름 제방(여름 홍수 대책 제방)은 제거하여 홍수터는 과거와 같이 수시로 물에 잠기게 한다. 다음, 비갈에 있는 겨울 제방(겨울

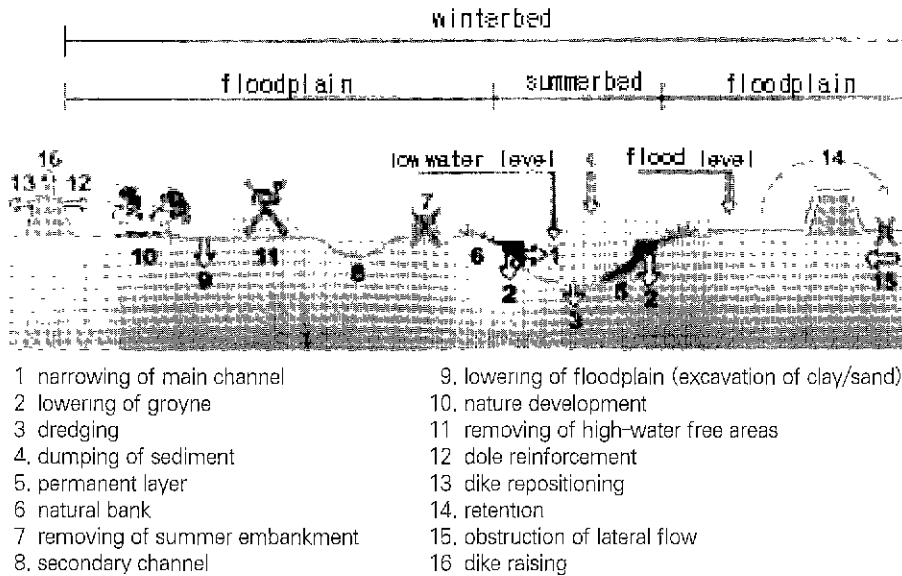


그림 6. 네델란드의 장기적 홍수 대책

홍수 대책 제방) 필요시 뒤로 물러나게 하거나 보강한다.

영어권에서 자연친화적 하천계획의 개념이 구체화된 것은 1980년대 영국의 환경공사(EA)의 역할이 크다. EA는 세계에서 보기 드물게 하천의 이 치수와 환경 기능을 종합적으로 관리하는 공공 기관으로, 각종 이치수 관련 하천 사업은 물론 수로화된 기존 하천의 복원 사업에서 자연형 하천계획 개념을 도입하기 시작하였다(Brookes, 1992). 미국에서는 1980년대 말부터 연방 정부와 주정부 하천관련 기관들을 중심으로 각기 자연형 하천계획과 하천 복원에 대한 가이드라인을 만들어 이용하여 왔다. 특히 중대하천의 홍수 방어를 책임지는 미 공병단에서는 홍수조절 하천이나 수로에서 환경적인 요소의 고려 방법에 대한 가이드라인을 제시하였다(USACE, 1989).

#### ♣ 통수능 감소 문제와 세굴/퇴적 문제

위와 같은 환경을 고려한 하천 사업에서 가장 문제가 되는 것은 하도 내 식생, 만곡, 여울과 소, 기타 국부적인 자연 서식처(cover) 등에 의한 하천 홍수위상승 문제와 그러한 홍수 지장물에 의한 하도 내 국

부적인 세굴과 퇴적 문제일 것이다. 이러한 문제들은 자연 친화적 하천 사업, 또는 하천복원 사업에서 반드시 검토되어야 할 사항이다.

하천에는 나무와 풀이 자라는 것이 자연적이다. 자연 하천을 보면 예외 없이 홍수터나 강덕(bank)에 나무나 풀이 자라고 있다. 이러한 하천 식생은 하천 자체의 안정에 일정한 역할을 한다. 또한 식생은 하천 서식처, 친수성(親水性), 수질 등의 보전과 항상 측면에서 바꿀 수 없는 귀중한 역할을 한다. 나무와 풀 등 수변에 자라는 식물은 하천 생태 서식처의 기본적인 구성 요소이다. 물가 식물은 낙엽을 만들고 이 낙엽이 물 속으로 가라앉아 썩음으로써 하상에 서식하는 소형 무척추 동물들의 먹이가 된다. 이러한 소형 무척추 동물들은 결국 수중 서식처 먹이 사슬의 기본이 된다. 수변 식생은 또한 심미적으로 사람들에게 친수성을 향상시키며, 오염 물질의 자정 작용에 일정한 역할을 한다

반면에 식생은 하천의 흐름 저항을 크게 하여 홍수 시 수위를 증가시켜 홍수 위험을 증가시키는, 치수관리 측면에서 부정적인 역할을 한다. 또한 강덕과 제방에 자라는 나무는 뿌리에 의한 관공 작용(piping)

과 나무 줄기 주위에 가속적인 국부 세굴 등의 가능성을 주어 하천 안정에 지장을 줄 수 있다. 마지막으로, 하천 내 나무는 홍수 시 뿌리 채 뽑혀서 하류 교량이나 기타 협착부에 걸려서 홍수 위험을 가중시킬 우려가 있다. 국내에서는 특히 홍수 시 떠내려온 부목(浮木) 등이 교량과 기타 하천 구조물에 걸려서 구조물이 손상되거나 홍수류가 월류하여 홍수 피해를 입는 경우가 많다. 이러한 이유 때문에 홍수에 지장을 줄 수 있는 하천 내 식생은 제거하는 것이 지금까지 하천관리의 관행이었다.

하천 식생과 흐름 저항과의 관계는 먼저 흐름 저항에 미치는 식생의 영향에 대한 재고찰에서부터 시작된다. 하천의 홍수관리측면에서 하천 식생에 대한 부정적인 인식은 주로 Chow(1959) 등의 매닝계수 추정 자료에서 식생에 대한 큰 마찰계수 값에 기인한 것으로 보인다. 한 예로서 Chow는 보통의 모래나 자갈 수로에는 매닝 계수로 0.03을 부여한 반면에, 바닥이 불규칙적이고 강턱에 갯버들이나 포플러 등이 자생하는 수로의 경우 매닝 계수로 0.08을 부여하였다. 이 경우 계산 결과는 80% 정도의 수위 증가를 보여준다. 그러나 Masterman과 Thorne(1992)은 Darcy-Weisbach의 마찰 계수를 이용한 이론적 수리 계산을 통해 강턱의 식생이 주는 흐름 저항은 기존에 인식한 것만큼 크지 않다는 것을 보여주었다. 구체적으로, 나무 높이가 0.8m로 수심 정도이고 식생 밀도가 높은 강턱의 경우 하폭과 수심의 비가 9보다 적어야 통수능은 5% 이상 커지는 것으로 나타났다. 또한 처음 흐름에 저항하지 못하는 풀이 자라다 나중에 갯버들과 같은 곧은 나무가 자라는 경우에도 폭과 수심의 비가 16 이상이 되면 통수능은 10% 이하로 증가하는 것으로 산정되었다 하천 홍수터의 식생이 전체 하도의 홍수위 상승에 미치는 효과는 전통적으로 생각했던 것보다 의외로 작다는 사실은 Choi(1999)의 연구에서도 나타난다. 그의 연구 결과는 홍수터의 식생은 흐름 저항을 증가시키는 것은 사실이나 하도 전체의 홍수위를 상승시키지는 않으며, 다만 홍수터의 유량을 감소시키고 그 대신 주 수로의 유량을 증가시키는 것으로 나타났다. 하도에 나

무가 쓰러져 있거나 걸려 있으면 흐름 저항은 커진다. 이 경우도 최근의 연구 결과는 Chow의 자료보다는 작은 흐름 저항을 보여 주고 있다. 이 같은 연구 결과들은 지금까지 너무 보수적으로 대한 하천식생 관리 문제에 대해 어느 정도 사고의 여유를 주는 것으로, 자연 친화적 하천관리에 매우 고무적이다.

두번째 문제가 되는 것은 자연 친화적 하천 관리에서 국부적인 세굴과 퇴적 문제이다. 직강화된 하도를 자연에 가까운 하도로 되돌리게 되면 하천 유사 이송의 상태가 달라지면서 국부적인 세굴과 퇴적이 발생할 수 있다. 또한 콘크리트와 같은 토목재료 대신 비교적 연약한 생태 재료로 호안을 구성하게 되면 흐름이 집중되는 곳에서 세굴이 발생하여 호안의 역할을 할 수 없게 된다. 이에 대해서는 식생에 의한 흐름 저항과 달리 해석적인 방법보다는 경험에 의존하게 된다.

다음 사례는 하천을 자연친화적으로 되살리게 되는 경우 발생 가능한 홍수위 변화와 세굴/퇴적 문제를 보여준다.

### 5. 국내의 자연친화적 하천관리 - 연구 사례

국내에서 하천 환경의 보전과 개선의 필요성에 대한 공감대가 형성되기 시작한 것은 1990년대 초부터라 할 수 있다. 이러한 변화는 그 당시 경제 개발의 진전과 국민 생활의 양적인 향상에 따라 질적인 생활 향상에 대한 사회적 욕구에 의한 것이다. 특히 그 때까지 도시 하천을 복개하여 하천을 소멸시키고 다른 용도로 쓰는 하천관리 관행에 대한 반성과 함께 훼손된 하천을 원 모습으로 되돌리는 하천 복원, 또는 하천 회복에 대한 필요성이 대두되었다. 이에 따라 1990년대에 자연형 하천 계획과 공법에 대한 연구가 본격적으로 시작되고(건교부/건기연, 1991~1996), 일부 하천복원 사업에 시험 적용되었다(환경부/건기연, 1997~1999). 그림 7과 8.은 연구 목적으로 양재천 과천 구간과 우면동 구간에 각각 시험 적용된 사례를 보여준다. 그러나 이러한 연구와 적용은 하천 복원과 회복에 관한 충분한 경험과 지식이 없는 상태

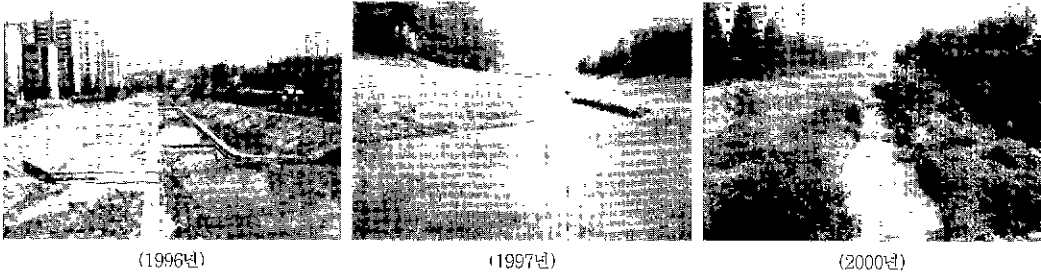


그림 7 자연형 하천공법의 적용 사례 (양재천 과천 구간)

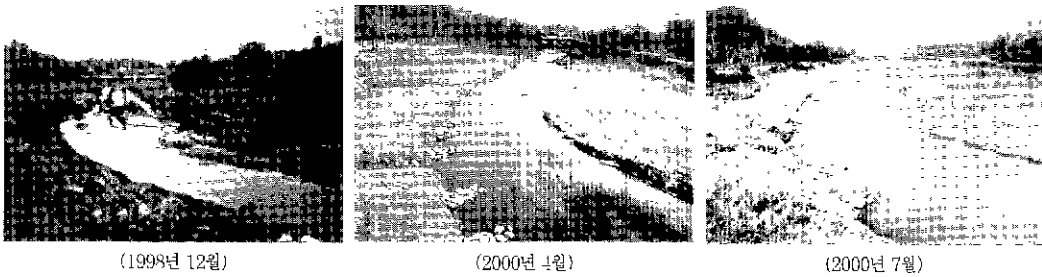


그림 8. 자연형 하천공법의 적용 사례 (양재천 우면동 구간)

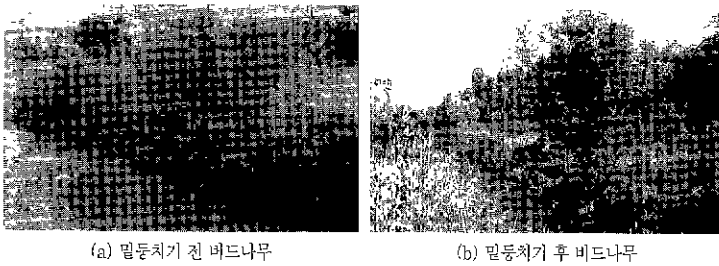


그림 9. 하도 통수능의 유지를 위한 버드나무 관리 (양재천 과천 구간)

에서 시작된 것으로 사실상 여러 시행착오가 있었다. 여기서는 이러한 시험 적용에서 시행착오로 얻어진 귀중한 경험을 하도 통수능의 변화와 하천의 세굴과 퇴적으로 나누어 소개한다. 기타 하도형태의 변화, 식재 종과 위치의 선정, 원하지 않는 식물의 우점(優點) 등에 대해서는 우효섭(2000)의 다른 기사를 참고할 수 있다.

#### ♣ 하도 통수능의 감소

양재천 과천 구간 중 콘크리트 저수로 대신에 버드나무 다발(fascine)을 이용하여 저수로를 유지한 소구간은 사업 후 3년이 지나자 그림 7.의 맨 우측 사

진이나 그림 9.와 같이 버드나무가 번성하게 되었다. 이는 마찰 저항을 증가시켜 홍수 시 수위 상승을 일으킨다. 그러나 간접적인 추정 결과 이러한 홍수위 상승은 설계 홍수에서 약 10% 미만으로 추정되고 있다. 실제 이 구간에서는 지난 1998년 8월 설계 홍수를 넘는 홍수가 발생하였으나 사업 구간 상류 우안의 만곡부 바깥쪽에서 수류의 원심력으로 인해 일부 제방을 넘었을 뿐 자연친화적 사업으로 인한 홍수는 발생하지 않았다. 그러나 보수적인 하천관리 측면에서 그림 9와 같이 높고 크게 자란 버드나무는 일부 밀동치기를 하였다. 이는 자연친화적 하천사업에서 유지관리의 중요성을 시사한다.

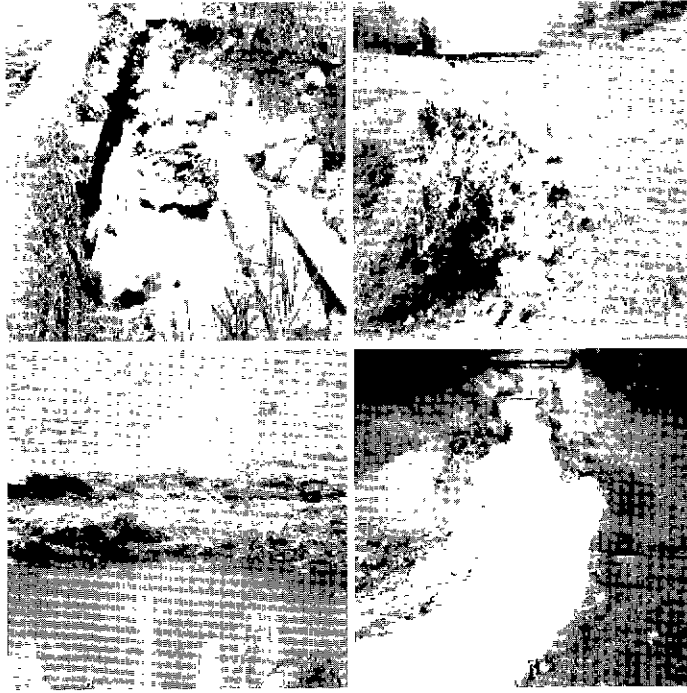


그림 10 홍수에 의한 자연하천공법의 세굴(과천 양재천; 1998. 8.)

♣ 하천 세굴과 퇴적

자연친화적 하천 사업을 위해 이용되는 자연형 하천공법의 기본 원칙은 1. 하천의 물리적 형태를 최대한 자연에 가깝게 만들고, 2. 토목 재료 대신 생물 재료를 이용하는 것이다. 여기서 생물 재료는 아무래도 토목 재료에 비해 홍수 시 세굴 위험이 크다 1997년 초에 과천 구간에 만든 초기 자연형 하천은 그해 5월과 7월에 비교적 가벼운 홍수에도 저수로와 고수부지가 일부 유실되었다. 이 구간은 하천 경사 1/300, 설계홍수 유속 3~4m/s의 상류 구간으로 하상 재료는 자갈이다. 따라서 원래 자갈 하천인 곳에 자연형 공법을 허술히 적용하여 실패하였다. 그후 제 공법을 보완하였지만 그림 10 과 같이 1998년 8월 설계 홍수를 초과하는 홍수로 일부가 다시 유실되었다 이는 하천 경사가 급한 곳에 자연형 하천공법의 적용시 홍수 세굴 위험을 충분히 고려하여야 한다는 점을 의미한다(우효섭 등, 1999).

6. 맺는 말

역사적으로 지역 사회에서 하천의 역할은 다양하게 변해왔다. 산업화와 도시화 시대 이전에는 지역 사회에서 하천의 환경적 기능이 독특한 위치를 차지하였음은 지금도 남아있는 시내와 강을 소재로 하는 시(詩)와 놀이에서 엿볼 수 있다 강가에서 놀던 추억은 누구에게도 아련한, 다시 가지고 싶은 감성적인 기억으로 남아 있을 것이다. 그러나 효율을 앞세운 도시화와 산업화는 하천의 기능에서 이수와 치수 기능만을 강조하게 되었다. 그나마 이수 기능이 없는 하천은 홍수 시 배수로 역할로만 간주되었다. 하천의 치수와 환경 기능의 상충성을 해결하지 않고 치수 기능만을 강조한 결과이다 그 결과 획일적인 하천 개수가 계속되어 하천에 서식하는 각종 동식물의 터전으로서 하천은 상당수 사라졌다.

그러나 하천은 우리 주변의 거주환경 요소로서는 물론 국토환경 요소로서 삶의 질과 국토 보전의 바로



미터이다. 이제는 효율과 경제성만을 강조한 종래의 하천정비 관행은 더 이상 설득력이 없어지고 있다. 따라서 과거 치수만을 위해 환경을 도의시하고 관리 해온 하천을 복원하여 원래의 하천환경 기능이 되살 아나도록 하는 것이 하천 기술자들에게는 새로운 임 무로 등장하고 있다. 그러나 이렇게 하천의 환경 기 능을 고려하면서 치수 기능을 유지하기 위해서는 환 경과 치수 기능의 상충 문제를 해결하여 서로양립하 는 하천관리 방안이 요구된다. 구체적으로, 식생과 자연형 하천 형태에 의한 하천의 통수능 변화 문제와 하도 내 국부적인 세굴과 퇴적 문제를 해결하는 지식 과 기술이 요구된다. 이러한 문제들은 이른바 식생 수리학과 하천복원 연구를 통해 지금까지 부분적으

로 해결되어 왔으나, 아직 하천 기술자들이 충분한 신뢰를 가지고 다양하게 자연친화적인 하천관리를 할 수 있는 수준까지 도달하지 못하고 있다. 따라서 앞으로 이 분야의 연구로는 1. 다양한 식생 조건에 의한 하천의 흐름저항 변화 예측, 2. 하천 내 수목의 뿔핍 방지를 위한 적절한 수목관리 방안, 3. 하천 내 국부적인 흐름과 세굴/퇴적을 예측하는 2, 3차원 하 천 모형의 개발과 응용, 4. 자연형 하천공법의 적용 성에 관한 가이드라인의 개발 등을 들 수 있다. 이러 한 연구를 위해서는 특히 생물, 생태, 조경 전문가간 학제간 연구가 바람직하며, 하천수리 전문가들의 능 동적인 역할이 기대된다. ●

#### (참 고 문 헌)

- 건교부/건기연(1991~1996), 하천환경관리기법 연구 조사
- 김현준(1998), 조선시대 하천공사 기록조사  
한국건설기술연구원 책임연구과제 보고서, .
- 우효섭 등(1999), "생물재료를 이용한 저수호안의 세굴저항성 평가- 하천복원 시험연구결과의 기술 전파", 대한토목학회지, vol. 47, no. 11.
- 우효섭, "하천 복원-자연 복원의 시급성", 기술정보지, 한국건설기술연구원, 2000. 7.
- 환경부/건기연(1997~1999), 국내여건에 맞는 자연형 하천공법의 개발, 제 1, 2, 3 차년도 연차 보고서
- Brookes, A(1992).. "Ch. 21: Recovery and Restoration of Some Engineered British River Channels", River Conservation and Management, Boon, P J., Calow, P., and Petts, G. E., eds , John Wiley and Sons, Chichester, England
- Choi, S-U(1999).. "Backwater Computations for Vegetated Compound Open-Channel", Proceedings, International Water Resources Engineering Conference, Seattle, WA, August
- Chow, V T(1959).. Open-Channel Hydraulics, MacGraw-Hill Book Co., New York
- Harm Duel 등(1999).. "Strategies for Ecological Rehabilitation of Rivers in the Netherlands", Proceedings, 3rd International Symposium on Ecohydraulics, Salt Lake City, Utah
- Masterman, R and Thorne, C R(1992) , "Predicting Influence of Bank Vegetation on Channel Capacity", J of Hydraulic Engineering, ASCE, vol. 118, no. 7, July
- Schiechtl, H. M. and Stern, R(1997).., Water Bioengineering Techniques for Watercourse, Bank and Shoreline Protection, Translated by L. Jaklitsch and edited by D. H. Barker, Blackwell Science
- US Army Corps of Engineers(USACE)(1989), Environmental Engineering for Local Flood Control Channels, Nov
- US Department of Commerce(USDC)(1998). Stream Corridor Restoration, Oct