

하도변화를 반영한 自然共生河川

윤세의 (경기대학교 토목공학과 교수)
손옥주 (건설교통부 하천계획과 사무관)
심재현 (국립방재연구소 연구원)
이시진 (경기대학교 토목공학과 교수)
김상현 (부산대학교 토목공학과 교수)
이삼희 (한국건설기술연구원 선임연구원)

1. 서론
 - 1.1 하천관리에 대한 동향
 - 1.2 새로운 개념의 하천관리 필요성
 2. 하도변화의 특성과 하천관리계획
 - 2.1 하천관리에 있어 하천환경의 위치
 - 2.2 하도변화의 의미
 - 2.3 하도변화의 요인과 하천관리상의 배려사항
 3. 하천환경을 고려한 바람직한 하천관리 방안-자연공생하천
 - 3.1 자연공생하천에 대한 기본 방침
 - 3.2 자연공생하천을 고려한 적용기법
 - 3.3 자연공생하천의 도입에 즈음한 과제
 4. 맺는말
- 부록. 하도특성에 의한 하도분류법 : Yamamoto 하도분류법
참고문헌

1. 서론

1.1 하천관리에 대한 동향

사회여건 및 시대적 상황에 따라 하천의 변화에 정도의 차이는 있었지만, 60년대부터 고도의 경제발전에 따라 유역에서의 도시화가 급속히 진전되고 생활영역이 확대되자 자연상태 그대로였던 하천의 모습에 급격한 변화를 초래하게 되었다. 이에 따라, 하천에서 목전의 홍수를 다스리고, 수자원을 이용하기 위해 인간중심에 의해 일방적이며 집중적으로 하천을 정비하거나 개발하여 왔다. 다시 말해, 댐과 취수보의 건설이 보다 활기를 띄게 되었고, 하천연안에는 제방축조와 함께 홍수의 안전한 소통을 통하여 안정성을 확보하려고 콘크리트 호안에 의한 거의 곧은 수로공사(Short Cut)가 본격적으로 이루어졌다. 이런 가운데, 하천이 갖고 있는 자연적 모습에는 거의 관심의 대상이 되지 못했다. 오히려, 水邊空間은 국토계획상 도로, 공항 등 타의 사회간접자본시설보다 사회적 경제적으로 그 효용 가치가 떨어진다고 인식했던 나머지, 하천이 갖고 있는 매력을 손상시키는 타의 용도로 변경되거나 점용되어 버리는 경향이 많았다. 예를 들면, 신도시 조성을 위한 단지개발시 도로확보를 위해 소하천을 완전히 복개하여 하수도화 해버려 소하천 하나 관류하지 않는 산본과 같은 기형적인 신도시가 있는가하면, 건설 골재의 폭발적인 수요에 충족하기 위해 거의 대부분의 중.대하천에서 무분별하게 하천골재를 채취하고 있거나 주차장 등을 위해 고수부지를 단순 정비하거나 근시안적으로 개발하는 등 그 사례가 적지 않은 실정이다. 서울시 관할 하천에서도 그 예외는 아니였다. 그 대표적인 사례를 중랑천변 자동차전용도로를 들 수 있겠다. 이렇게 됨에 따라, 도시하천들은 일차적으로 河川水質이 매우 악화될 개연성이 있음은 물론 이거니와 親水性은 크게 떨어지고, 河川景觀도 점차 나빠지게 되면서 결국 河川生態系에도 큰 위협이 되었고, 하절기에는 대도시에서 하천수에 의한 대기의 微氣候調節(냉각)기능마저 차단되므로 도시열섬 혹은 열대야 현상이 가속화 될 수 있는 가능성도 내포하는 등 하천환경 기능이 일반적으로 크게 악화되었다고 볼 수 있다.

한편, 이와 같은 하천환경기능에의 악영향뿐만 아니라, 치수안전도 측면에서도 일부 문제가 되는 사례가 발생하고 있다. 대개 하상이 급경사인 도시의 소하천을 완전히 복개하거나, 하도내 하도계획 당시에 고려한 단면적에 영향을 미칠 수 있는 많은 교각이 세워질 경우에 유목 등이 걸려 홍수소통단면이 부족하게 될 가능성이 높아 치수기능에 크게 장애가 될 수 있다. 그리고, 그 동안 홍수를 다스리기 위한 치수사업이 나름대로의 큰 성과를 이루었음에는 부인할 수 없는 분명한 사실이지만, 정비하천에서 오랜 시간에 걸쳐 하상변동 등 여러 현상들에 의해 가끔 치수안정상에 오히려 불리한 면이 있었다는 외국의 사례들이 보고되고 있다. 예

를 들면, 직강하천의 경우 장시간에 걸쳐 일어난 직선수로 상단부의 세굴과 하단부의 流砂 퇴적에 의해 하천공사 이전보다 오히려 더 큰 피해를 경험한 스위스 레피시川과 유속을 완화시키는 식생의 제거에 따라 98년 대홍수시 많은 홍수피해를 입었던 일본 큐슈지방 지방하천 등 외국의 사례도 있음을 간과해서는 안되겠다. 그리고, 한강의 반포지구와 같이 고수부지를 관수하는 대홍수시 한강시민공원에 실트질 이하의 미세립토의 퇴적으로 인한 홍수소통의 장애요인이 되어 하천관리상의 적지 않은 애로점이 노출되고 있는 등 국내의 개수된 도시하천에서도 여러 큰 문제점이 드러나고 있다.

1.2 새로운 개념의 하천관리 필요성

근래에 이르러, 그린벨트가 점차 해제되는 등 녹지공간이 줄어들고 있는 반면에 사회가 물질적으로 풍요해짐에 따라 마음의 여유나 생활의 윤택함을 자연에서 추구하는 도시민들이 크게 늘어나고 있다. 이에 따라 도시민들이 사람답게 생활할 수 있는 보다 자연적인 장소와 기회를 하천공간에서 찾는 현상으로 이어지면서 점차적으로 악화되어 가고 있는 환경을 개선하고 복원하고자 하는 목소리가 점차 높아지고 있다. 다시말해, 하천환경 개선의 필요성에 인식을 새롭게 하면서 하천만이 갖고 있는 자연성과 하천생태계의 중요성을 다시 깨닫게 되었다고 볼 수 있다. 한편, 하천의 콘크리트 호안과 표준 제방 형태를 가급적 지양하고 사행형태의 동적인 하도계획에 따라 하천자정능력과 하천생태계 등 하천환경 기능을 고려하여 거석, 식생 등 自然材料를 활용하여 호안을 설치하거나 환경사 제방(고품격제방) 축조 등 이른바 ‘하천생태환경복원기법’을 활발히 도입하고 있는 구미와 일본 등 선진외국의 사례에 많은 관심을 갖고 1995년 서울시 양재천 학여울역 주변(양재천과 탄천의 합류지점)에서 국내최초로 적용한 것을 시작으로 90년대 후반부터 국내에서도 시험적으로 도입하고자 하는 바람직한 시도가 여러 곳에서 일어나고 있다. 그리고, ‘한강 새모습가꾸기 사업’, ‘새서울 우리한강 사업계획’, ‘한강고수부지 수목식재 사업’ 등에서 보는 바와 같이 서울시를 포함해 전국 지방자치단체에서도 시민들의 요구에 부응하기 위해 하천환경관리를 주요 정책으로 표명하고 있어, 하천환경에 대한 관심은 점차적으로 높아질 것으로 보여진다.

결국, 앞으로 서울시의 도시계획은 물론 21세기 전국토계획차원에서 치수기능을 확보하면서, 치수기능과 어느 정도 상반되는 하천환경을 고려하지 않으면 안될 시점에 이르렀다고 할 수 있다. 궁극적으로 이와 같은 새로운 요구는 지금까지 정체성에서 크게 벗어나지 못했던 우리 나라 하천공학분야에 있어 고도의 기술을 개발할 수 있는 계기가 될 것이며, 나아가 수공학의 진가를 발휘시킬 수 있는 절호의 기회를 가져다 주었다고 인식할 만하다.

본고에서는 하천의 자연의 모습이라고 할 수 있는 하천의 변화내용과 하천관리시 배려사항

에 대해 기술적으로 간단히 살펴본다(제2장). 그리고, 하천환경기능 가운데 특히 자연생태계 요소를 고려한 하천관리 방안, 즉 자연공생하천을 내부목적으로 하는 하천계획 측면에서 간략히 소개한다(제3장).

2. 하도변화의 특성과 하천관리계획

2.1 하천관리에 있어 하천환경의 위치

하천은 지표면에 내린 강수 등이 거의 일정한 유로를 따라 흐르면서 침식, 운반, 퇴적 작용을 통해 지속적으로 지표를 변화시키고, 또한 하천 자신의 모습도 변화를 거듭하고 있다. 그리고, 물의 흐름과 더불어 물질이 유송, 저류, 공출되는 현상이 끊임없이 일어나는 장소이기도 하다. 이와 같이 국토가운데에서도 아주 특이한 공간을 이루고 있는 하천은 그 특이성을 바탕으로 하여 자연계인 하천과 인간사회 사이에 상호 밀접한 관계를 맺고 있다. 다시말해, 오래전부터 하천으로부터 인간생활에 위협이 되는 개연성을 점차 제거(치수)하면서, 한편으로는 이를 이용하여 인간사회에 보다 도움(이수)이 되도록 인간이 하천에 대해 외력을 가한 결과, 하천 자신이 본래 갖고 있던 자연 특성(환경)에 대한 변화에 급격히 가속되는 등 인간사회와 하천은 상호 작용하에 놓여 있다.

이와 같은 하천과 인간사회와의 특이한 연관성을 이해하기 위해서는 다양한 각도에서 바라보면서, 궁극적으로는 종합적으로 파악해야 한다. 하지만, 국토를 관리한다는 차원에서 살펴볼 때, 治水, 利水외에 河川環境 기능 등 하천의 기능적 측면에 국한하여 편의적으로 나누어 접근하는 것도 필요하다. 여기서, 하천환경의 의미는 인간이 하천에 주로 영향을 끼치는 치수 및 이수와는 반대로 하천이 인간사회에 영향을 끼칠 수 있는 하천에서의 자연적 특성을 나타내는 모습이라 할 수 있다. 즉, 하천환경은 하천관리계획으로 다룰 때는 하천자체가 갖고 있는 자연적 모습 즉 하도특성까지 포함한다. 각 하천에서는 그 고유특성이 다르며, 하천에 대한 기대와 요구가 시대적 상황과 사회적 가치관에 따라 달라질 수 있으므로 한시대의 가치관으로써 하천의 한 기능만을 중심으로 하천을 정비하거나 관리하는데 있어서는 어느 정도 한계와 문제점이 따르게 마련이다.

따라서, 앞으로 하천을 계획 및 관리함에 있어 기능간에는 서로 경합하고 상충하는 경우가 있어 단순한 한 기능에만 역점을 둔 하천관리가 아니라 어디까지나 治水, 利水 및 河川環境 기능을 종합적이며 유기적인 관계를 조화롭게 유지하면서 하천의 각 기능을 극대화 시켜나가는 관점에서 하천관리가 이루어져야 한다. 결국, 하천환경을 별도의 기능으로 독립해서 이해

할 것이 아니라, 반드시 하천은 변화한다고 하는 자율적인 변동에 염두에 두고 하천 전체상에서 그 속성을 파악해야 할 것이다.

2.2 하도변화의 의의

하천은 근본적으로 끊임없이 변화하는 속성을 지니고 있다. 하지만, 지금까지의 하천계획이나 하천정비 및 유지·관리상에 있어, 반드시 이와 같은 하천의 변화(여기서는 주로 하도변화를 뜻함) 자체를 반영했다고는 할 수 없는 실정이다. 여기에는 하천계획 및 하천관리에 있어 이와 같은 변화에 대한 예측방법이 충분하지 않았을 뿐만 아니라, 그 변화의 정도가 크지 않다고 인식했으며, 서둘러 치수안전도를 향상시켜야 하는 사회적 상황이 작용했다고 볼 수 있다. 그러나, 1.2에서 살펴본 바와 같은 새로운 개념의 하천관리를 앞으로 추구하기 위해서는 하도의 변화를 하천관리에 당연히 반영해야만 한다. 하천관리에 있어 그 변화를 전제로 하는 데는 다음과 같은 의의를 찾을 수 있다.

① 장시간에 걸쳐 하천유지·관리를 고려함에 따라, 유지·관리를 자연적으로 반영한 것으로 볼 수 있다.

② 하도변화를 고려함에 따라 하도 응답이 하천의 실제 상황과 그 오차가 적어, 하천계획의 합리성과 이해도가 크게 증가한다.

③ 하도의 변화는 하천이 살아 숨쉬는 것을 의미하며, 변화를 허용한다는 자체는 하천본래의 모습, 하천다움, 건강한 하천의 추구를 의미하는 것이다. 또한, 변화를 어느 정도 허용함에 따라 무리한 하천 수리구조물설치의 필요성이 크게 줄어, 하천구조물 계획에 경제성, 합리성이 증가한다.

④ 하도특성 및 하도를 둘러싼 상황이 변화할 때, 이에 대한 영향이 하도변화에 분명히 드러나기 때문에 이들을 자연적으로 고려하는 셈이 되며, 하천마다, 구간마다 서로 다른 특징을 갖는 정비지침이 나오게 된다.

⑤ 하도변화에 대한 원인의 제어 혹은 대책을 고려할 수 있게 된다.

2.3 하도변화의 요인과 하천관리상의 배려사항

본 절에는 먼저 수공학에 의해 종래 친숙해져 있던 하상변동 관점에서 하도변화(註:하상변동 및 피복상태를 포함한 하도의 물리적 생태적 입지조건 변화도 고려)를 통해 하천의 본 모습을 되돌아 보며, 근래에 새롭게 인식되는 하도변화에 대해 살펴 보고 하천계획에 반영할 수 있는 방안을 모색한다. 본문에서 언급되는 하도 세그먼트의 분류는 하도특성에 착안한 Yamamoto(1994)에 의한 하도분류법이며, 그 상세한 내용은 부록과 같다.

2.3.1 하도변화의 요인

하도변화에 기여할 가능성이 있는 요인을 살펴보면, a) 댐축조 등 상류경계조건의 변화에 따른 홍수유량과 토사공급의 감소, b) 이상 대홍수의 출현 혹은 홍수발생이 없는 기간이 어느 정도 계속되는 무홍수기간의 출현, c) 하상골재 채취 및 하천정비에 따른 하도굴삭, d) 지반침하, e) 이동성이 낮은 하상의 출현, f) 아마링(장갑화) 현상에 의한 표층하상재료의 고정화, g) 주로 wash load인 부유사의 하안부 퇴적, h) 큰 수위변동을 들 수 있다. 이들의 요인 가운데 a), b), c), d)는 외적으로 독립된 요인이며, e), f), g)는 a), b), c), d)에 의해 야기되어 나타나는 내재적 요인이다. 또한 a), c), d)는 인위적인 요인인 반면에 b)는 주로 자연적인 요인이다. 그리고, h)는 하상계수가 큰 하천에서 하구부를 제외한 곳 대부분에서 일어나는 요인으로 간주할 수 있다.

2.3.2 하도변화의 형태

가. 하도종단형

국내외에서 근래에 보고되는 자료에 의하면 최근 수십년간에 생긴 하도변화는 종단형상에 착안하여 크게 a) 하상저하, b) 세그먼트3 구간의 하상상승, c) 하상부동점의 출현으로 분류가 가능하다. a) 하상저하는 상류에 수자원개발이 진행되고 있는 거의 대부분의 하천에서 거의 대부분의 구간에서 일어나는 것으로 알려지고 있다. 일반적으로 하상저하에 따른 하도종단형태의 변화는 그림 2.1과 같이 크게 2개의 형태로 분류된다.

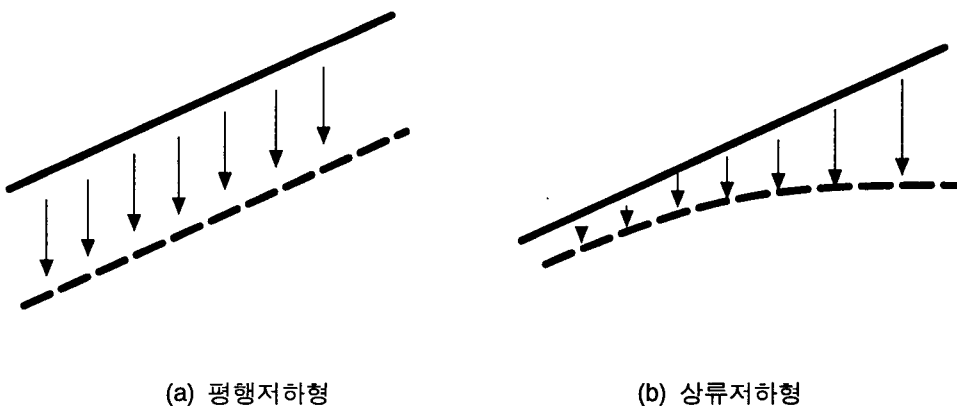


그림 2.1 하천종단방향 하상저하 형태

즉, 하상이 거의 평행으로 저하하는 평행형 하상저하(평행저하형)와 하상이 상류에서 저하하기 시작하는 상류형 하상저하(상류저하형)로 나눌 수 있다. 평행저하형은 대개 세그먼트1, 세그먼트2-1, 세그먼트2-2 구간의 대부분에서 발생하며, 상류저하형은 원래 모래를 풍부하게 공급하는 유역으로 구성되어 있는 하천의 세그먼트2-2 구간에서 주로 일어난다. 그리고, 낙차공 및 보 등 횡단수리구조물이 설치되어 있는 곳의 하류구간에서도 횡단수리구조물에서부터 하류방향으로 상당한 거리에 걸쳐 이와 같은 상류저하형이 발생한다. b) 세그먼트3 구간의 하상상승은 하구부근에서의 하상 준설에 의해 세그먼트3의 구간길이가 늘어나는 하천에서 주로 일어난다. 세그먼트3 구간에서는 잠재적으로 하상상승 경향을 지니고 있다. '99년 경기북부 대홍수를 겪은 임진강 및 문산천 등에서 이와 같은 경향을 찾아 볼 수 있다. 그리고, 낙차공 및 보 등 횡단수리구조물이 설치되어 있는 곳의 상류구간에서도 횡단수리구조물에서부터 상류방향으로 일정한 구간(하류방향의 상류저하형보다는 비교적 짧은 구간에서 일어남)에 이와 같은 하상상승 형태가 발생한다. c) 하상부동점의 출현은 일반적으로 평행형 하상저하가 생기는 세그먼트2-2 구간 중에서 일부만 하상이 저하하지 않고(암반 혹은 난침식성 하상형태 등의 출현) 상하류에 비해 상대적으로 높게 되는 현상이 나타난다.

나. 하도횡단형과 식생역의 확대

Fujita 와 Moody(1996)에 의하면, 조사 대상 하천(미국과 일본)에서 최근 수십년간에 생긴 하도변화를 횡단형상에 착안하여 그림 2.2에서와 같이 3가지 내지 4가지의 형태로 분류할 수 있다. Type 1은 자갈하천에서 하상의 일부공간에 퇴적이 생겨 일어나는 하폭의 축소이다. 퇴적하는 장소이외의 하상에서는 의미있는 변화는 거의 나타나지 않는다. 이와 같이 새롭게 형성된 고수부지에는 대개 식생이 무성히 자란다. Type 2는 자갈하천에서 하상의 일부가 저하하고, 저하하지 않는 부분에는 퇴적이 생겨, 그 곳이 새로운 고수부지가 됨에 따라 하폭의 축소 현상이 일어난다. 이 Type에서 새롭게 형성되는 고수부지에도 식생이 분포한다. Type 3은 자갈하천에서 의미 있는 하상변화를 수반하지 않고 하상의 일부가 식생으로 덮여짐에 따라, 겉보기에 하천폭이 줄어 든 것 같이 보이는 형태이다. 또한 의미 있는 퇴적은 수반하지 않지만, 하상의 일부가 저하하고, 저하하지 않은 부분에 식생이 무성하게 자라는 형태도 있다. 여기에서는 이를 Type 3의 아종으로 Type 3'으로 분류할 수 있다.

이들의 형태가 어떤 하도에서 생길 수 있는가에 대한 조사결과를 살펴보면, Type 1(저수로 하폭 축소)은 세그먼트2-2에서 관찰되고, 저수로 하천폭의 확대에 대한 응답으로써 나타난다. 간혹 세그먼트2-2에서도 일어날 가능성이 있다. Type 2(저수로의 일부 고수부지화)는 세그먼트2-2(모래하천)에서 관찰되고 있다. 이 하도변화는 저수로 하상에 있어 일부 하폭의 저하에

대한 응답으로 나타난다. 한강시민공원 반포지구의 고수부지에서 보는 바와 같이 실트질 이하 미세립토의 퇴적현상이 심각한 것도 이와 같은 Type 2의 범주에 넣을 수도 있다. Type 3 (자갈하상에서의 식생대 형성)에 대해서는 세그먼트1과 2-1에서 관찰된다. Type 3의 변화가 연속적으로 생기는 구간을 상공에서 보면 저수로의 양측에 형성된 식생대에 의해 그 하천폭이 축소된 것 같이 보인다. Type 1의 경우와 같이 식생이 번성하는 영역에서의 하상지형변화는 그다지 현저하지 않다. 이 Type 3'은 오로지 세그먼트1에서 관찰되고 있다. 세그먼트1의 구간은 일반적으로 망상의 하상형태를 지니고 있기 때문에 그 곳에는 분명한 저수로가 형성되어 있지 않은 것이 일반적이다. Type 2와 달리 식생이 번성하는 영역에서의 하상지형변화는 현저하지 않다. 그리고, 하상평탄화후 식생이 없는 사주의 재형성의 현상이 일어나는 경우가 있는데, 대개 세그먼트 2-2 혹은 3의 모래하상구간에서 관찰된다.

하상평탄화후 식생이 없는 사주의 재형성구간의 각 Type는 그 어느 쪽이든간에 식생이 무성히 자라는 변화가 있다. 특히 Type 3과 Type 3'의 변화에서는 나지형태의 하상, 이른바 백사장으로 구성된 강바닥이 광범위하게 식생으로 대체되는 현상이 일어나고 있기 때문에, 무성하게 우거진 식생에 의해 일어나는 하도상황변화로써는 그 규모가 상당히 크다. 이와 같은 변화는 예를 들어 백사장(나지의 강바닥)을 서식공간으로 하고 있던 생물에게는 그 존재 자체를 위협하는 요인이 되며, 단순한 변화로만 멈추지 않고 생물상에 큰 영향을 초래할 가능성이 있다. 한편으로 조도의 증대에 의해 치수안전도에도 악영향을 끼치고 있다.

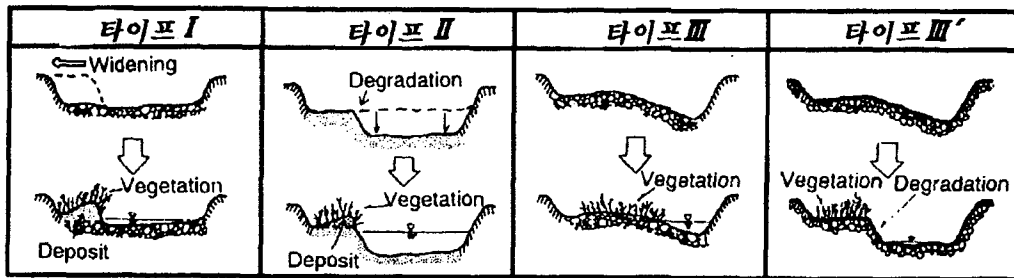


그림 2.2 하도횡단형상의 응답 형태(이삼희, 1999)

2.3.3 하도변화에 대한 하천관리상 배려사항

전술한 바와 같은 하도변화 요인이 작용했을 때에 일어나는 하도변화와 하천 본래의 자연적인 하도변화를 염두에 두고 하천을 관리할 때 어떻게 고려해야 하는가에 대해 하천관리차원에서 가. 하도종단형의 장기변화, 나. 하도 종단형의 홍수시 변화, 다. 하도횡단형의 장기변화로 나누어 살펴볼 필요가 있다.

가. 하도종단형의 장기변화

하도종단형의 장기변화 자체는 곧바로 치수상의 결정적인 문제로 연결되지는 않지만, 다만 유지·관리 차원에서 대응해야하는 변화이다. 다시말해, 하상저하를 불러 일으키는 종단형 변화는 호안, 교각 등 하천내 구조물의 유지·관리, 분류점과 우수지 등 유량을 제어하는 지점에서의 기능유지상 중요한 문제이다. 그러나, 하상의 상승으로 나타나는 종단형 변화는 치수 관리상 홍수 소통능력의 유지 및 확보에 많은 노력을 기울여야 할 필요가 있다.

(1) 자갈하천(세그먼트1, 2-1)의 장기적 하상변화

유역상황의 변화에서 앞으로도 공급 토사량의 감소가 예측되는 하천이 증가하고 있으며, 이에 따라 본 세그먼트(자갈하천) 상류에서 하상저하가 상정될 수 있다. 한편, 하천경사가 급감하는 자갈하천 세그먼트 하류단에서는 하상상승이 상정될 수 있다. 이와 같은 변화는 교각, 호안 등의 구조물 유지·관리와 홍수 소통능력확보 차원에서 충분히 문제가 될 소지가 있다. 또한 자갈하천에서는 모래하천에서 거의 없다고 볼 수 있는 아마링 현상(장감화 현상)이 있어 하상의 저하량을 감소시키며, 나아가 하상저하 속도를 늦추는 등의 긍정적인 효과도 기대된다. 따라서, 하상고 종단형의 설정 혹은 하도관리 방향의 설정시에 하상의 최종 상승량 혹은 저하량과 그 변화속도를 충분히 예측할 필요가 있다.

(2) 모래하천(세그먼트2-2)의 장기적인 하상변화

(1)과 같이 향후 공급토사량의 감소가 예상되며, 이에 따른 하상종단형 변화, 본 세그먼트(모래하천) 상류에서의 하상저하가 예상된다. 모래하천은 하상재료의 이동이 자갈하천에 비해 매우 빨라 아마링 현상도 그다지 일어나지 않기 때문에 종단형의 변화가 빨리 나타나며, 그 변화속도가 비교적 빠른 경우에는 하도관리상 문제를 야기시킬 수 있다. 한편, 모래하천에서 하상 밑에 난침식층이 있는 경우도 적지 않는데 이들의 난침식층이 바닥 멈춤공 역할을 하므로 하상저하를 방지하는 데 도움이 되기도 한다. (1)과 마찬가지로, 하상고 종단형의 설정 혹은 하도관리 방향의 설정시에 모래하천의 하상변화 속도와 최종적으로 나타날 종단형을 예측할 필요가 있다.

(3) 세그먼트3(델타 하도)과 세그먼트2-2와의 접합점에 있어서 장기적인 하상변화

델타하도는 일반적으로 토사의 퇴적공간이며, 특히 세그먼트 2-2와의 접합점에서는 소류력의 급감에 의해 퇴적이 일어나기 쉽다. 따라서, 이 구간에서는 소통능력의 장기적인 확보가 문제가 된다. 하도계획시 세그먼트 2-2와의 접합점에 있어서 퇴적속도를 예측하여 반영할 필

요가 있다.

나. 하도종단형의 홍수시 변화

홍수가 진행중에 일어나는 하도변화는 하도유지·관리차원에서는 물론 현안 치수관리상 매우 중요하므로, 그 위험도를 미리 예측해 두어 하천계획시에 그 대응방법을 고려할 필요가 있다. 특히 홍수시 하상상승에 의해 소통능력 부족이 생기는 경우에는 월류에 의한 제방 붕괴의 위험성이 크게 증가하므로 특별한 주의가 요구되는 변화이다.

(1) 자갈하천(세그먼트1, 2-1)과 모래하천(세그먼트2-2)와의 접합점에서의 홍수시 하상변화
자갈하천 하류단의 경사변화구간은 소류력이 급감하는 구간이기 때문에 퇴적현상이 일어나 홍수시에 하상이 상승할 것으로 예상된다. 이와 같은 하상 상승량을 고려하지 않고 하도계획을 입안하게 되면 소통능력의 과소평가로 이어질 수 있다. 이와 같은 경우의 하상 상승량은 홍수규모가 커질수록 커진다고 볼 수 있다. 자갈하천 하류단에서 계획홍수시의 하상상승량을 평가하고, 이 하상상승을 하천계획 및 관리에 반영하는 방법에 대해 검토할 필요가 있다.

(2) 세그먼트3(델타하도)와 2-2와의 접합점에서의 홍수중의 하상변화

델타하도 상류의 경사변화점에서는 자갈하천의 하류와 같은 이유(소류력이 급감)에 의해 홍수시 하상이 상승한다. 이와 같은 경우의 하상 상승량을 평가하고, 하도계획 및 하도관리에 반영하는 것이 필요하다. 또한 하구부에서는 대홍수시 저하배수현상이 발생하므로, 거꾸로 하상이 저하한다. 이에 따라 증가하는 하적을 고려함으로써 계획수위를 합리적 혹은 경제적으로 정할 수 있다. 따라서, 하구부의 하상 저하량을 예측하여, 하천계획 및 하관리에 반영할 필요가 있다.

다. 하도횡단형의 장기변화

하도횡단형의 안정성은 하도유지·관리와 직결된다. 다시 말해 장기적으로 안정한 횡단형으로 설계하면 하천의 유지·관리에 대한 노력이 그다지 필요치 않다. 한편, 유지·관리를 필요로 하는 횡단형의 변화가 빈번하고 심대하게 일어난다면, 하천관리방향의 재정립(하도계획의 재수정에 따른 하천정비 등)하는 것이 중요하다.

(1) 세그먼트2-1, 2-2 하도의 저수로 일부 고수부지화, 하폭축소(그림 2.2의 Type 1, Type 2)
하도를 넓힐 경우 저수로의 일부가 고수부지형태로 바뀌는 현상이 일어나며, 확장했던 하폭이 원래 하폭으로 축소해 가는 현상이 나타난다. 이와 같은 현상이 소통능력의 확보에 지장을

초래하면 하상준설 및 굴삭으로 하폭을 지속적으로 유지할 필요하다. 홍수소통에 지장을 초래하지 않는다면 자연특성으로 인식되어 자연도를 크게 높일 수 있다. 특히 하도 유지에 대한 범위를 정하는 데는 하폭의 축소속도에 의해 결정된다. 따라서, 하천계획 및 관리상 하폭 축소의 유무와 그 속도를 예측하여 반영할 필요가 있다.

(2) 자갈하천(세그먼트1, 2-1)에서의 식생대의 형성(그림 2.2의 Type 3, Type 3')

세그먼트1, 2-1과 같은 자갈하천에서 하상이었던 곳에 식생이 무성히 자라는 경우가 있다. 이와 같은 경우 홍수소통 능력의 저하를 초래할 수 있다. 특히 사주가 형성한 곳에서 식생이 무성히 자랄 경우, 사주내 수층부에 유수의 집중화를 초래하므로 수층부의 하안 및 제방에 위험도를 증대시킬 우려가 있다. 더욱이 자갈하천에서 식생으로 완전히 뒤덮여 있는 상황은 그 자체가 매우 큰 부정적인 환경변화라고 평가되므로, 하천의 자연환경보전 관점에서도 식생 동태의 파악은 매우 중요하다. 따라서, 무성한 식생에 의한 소통능력의 저하 특성, 유향변화 특성, 자연환경의 영향을 파악하는 것이 중요하다. 이를 토대로, 하도계획에서는 식생의 형성을 어떻게 다룰 것이며, 식생에 의한 자연도에 대한 평가를 어떻게 할 것인가에 대해 검토할 필요가 있다.

(3) 세그먼트1에서의 하도복단면화(그림 2.2의 Type 3)

하상경사가 급하여 홍수시 외력이 크기 때문에 일반적으로 단단면 하도형태를 갖는 세그먼트1의 하천에서 간혹 국지적 지형특성 등에 의해 마치 저수로와 같은 부분이 형성되는 경우가 있다. 이와 같은 하도 상황을 적극적으로 반영하여 비오토프와 같은 생태거점으로 확보하기 위하여 복단면을 조성할 수 있다. 이와 같은 하도를 유지하기 위해서는 복단면하도의 유지가능성, 복단면 하도에 따른 유향, 토사유송의 영향을 평가하는 것이 중요하다. 따라서, 세그먼트1에서 복단면형태를 하도계획에 반영할 경우에는 토사유송능력, 저수하안부의 침식, 고수부지의 침식, 홍수 소통능력 등에 대해 검토할 필요가 있다.

2.3.4 하천환경측면에서 하도변화에 대한 새로운 접근 방안

하도변화가 하천의 본질을 이루는 중요한 한 인자임에는 변함이 없다. 하지만, 앞으로 하천계획이 보다 하천다운 하천을 추구함에 있어 하천환경 특히 자연환경관점에 의한 하도변화의 이해의 폭을 더욱 넓혀 나갈 필요가 있다고 여겨진다. 여기서생물서식공간(Habitat)의 형성과정과 식생의 수리적 검토사항이 되는 조도에 대해 개념을 중심으로 간략히 살펴본다.

가. 생물서식공간(Habitat)

그림 2.3의 개념도에서 보는 바와 같이, 하천에서의 생물서식공간은 산림 등 육지역과는 달리 무엇보다 하천의 물리적인 작용에 큰 영향을 받으면서 형성되어 변화한다. 하천의 생물서식공간의 고유특성은 하천의 물리 작용과 불가분의 관계에 있다.

수공학은 하상변동 등 여러 하도변화와 같이 생물서식공간을 앞으로 예측대상으로 하지 않으면 안될 시점에 이르게 될 것이다. 생물서식공간 구성요소 가운데 하상의 형상은 종래의 수공학 기술과 지식을 거의 그대로 적용 가능하지만, 표층하상재료의 상태와 식물에 대해서는 새로운 수공학적 접근을 필요로 한다. 아시아몬순지대에 속함에 따라 비교적 독특한 하도 형태를 지니는 우리나라의 하천에서 지금까지의 실제 하천에서 유사거동의 한계도 바로 이와 같은 식생 상태를 무시한데에서 비롯되었다고도 할 수 있다. 이삼희의 연구(이삼희, 1999)에서 보는 바와 같이 식생은 하상재료나 하상고와 같이 하도를 구성하는 중요한 한 요소로 특정 지을 수 밖에 없음이 밝혀졌으므로, 하상변동예측과 같이 식생의 동태에 대한 예측도 아울러 시도해야 할 것이다.

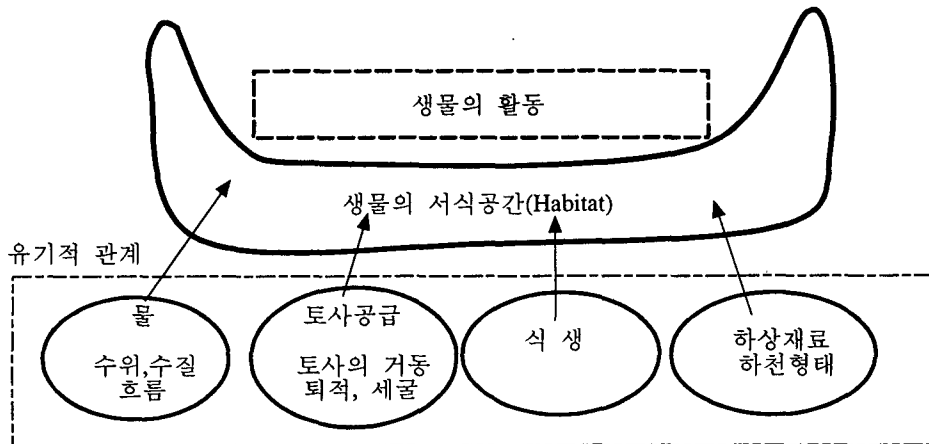


그림 2.3 하천의 상호작용과 생물서식공간(Habitat)의 형성

생물서식공간의 형성기구에 대한 해명과 예측에서도 근본적으로는 물과 토사의 움직임이라고 하는 수리현상이 기본이 되지만, 그것을 다루는 방법에 대해서는 달리 접근하여 적용할 필요가 있다. 하상변동의 예측과 생물서식공간의 예측은 서로 요구되는 정보의 본질이 크게 다르기 때문이다. Tamagawa천 Nagata지구의 대표적인 지역에서 1968년 이후에 일어난 산림화 즉 안정적인 식생역의 확대에 대해 그림 2.4와 같은 시나리오를 제시 가능하다. 여기서, 1981, 1982, 1983년의 홍수에 의해 지금까지의 복단면 변화에 의해 발생한 고수부지형태의 하상(자갈)에 얇은 wash load가 기원이 되는 세립토사가 퇴적하게 된다. 세립토사가 퇴적이라고 하는

사상이 그 후에 산림화 즉 안정식생역의 확대에 있어 매우 중요하였다. 종래의 하상변동을 다룰 때는 wash load로 형성되는 이와 같은 약간의 지형변화는 그다지 중요하지 않았지만, 생물서식공간 형성이라고 하는 관점에서는 자갈위에 수 cm라도 세립토사가 덮혀 있는가 없는가에 따라 크게 달라진다. 그림 2.5에서와 같이 하상표면의 3가지 형상은 하도변화(일반적으로 하상변동)이라고 하는 점에서는 의미있는 차이라고 인식되지 않지만, 생물서식공간 형성 혹은 생물서식공간 자신으로서는 매우 중요한 차이가 있음을 인식하지 않으면 안된다. 생물서식공간 예측을 위해서라도 수공학은 지금까지의 하상변동과는 차원이 다른 이와 같은 하도변화 현상을 대상으로 하지 않으면 안된다.

하천식생의 동태를 예측함에 있어 생물학적 지식이 불가결하다는 것은 말할 것도 없지만, 이와 동시에 달뿌리풀과 같이 하천에 의해서만 특징지워질 수 있는 하천고유식물일수록 하천의 물리적 작용을 크게 받아 성립할 것이다. 하천의 물리적인 작용이 식물동태에 미치는 영향을 한번 철저히 정량 분석하고 이들에 의해 식생의 동태가 어디까지 추적 가능한가를 살핀 후, 이의 유용성과 한계를 분명히 할 필요가 있다. 그리고 나서, 이를 토대로 생물학적 접근과 조합시켜 보면 궁극적인 식생 동태의 메카니즘을 해명할 수 있을 것이다.

여기서 식생의 동태를 하천의 물리적인 작용으로 제어하는 방법을 통하여 생태계의 보전(註:하천에만 서식하는 멸종위기종 등을 보전하기 위해서는 보전 대상종이 선호하는 입지조건을 갖추기 위한 하천의 물리작용이 필요)의 기반을 조성할 수 있을 것이고, 한편으로는 식생이 치수관리차원에서 극단적으로 식생이 무성하게 자람에 따른 홍수소통에 대한 장애요소로 인식하게 되면 이를 제거할 수 있으므로, 하천에서 자연환경기능의 확보와 더불어 치수기능의 유지를 위해서는 새로운 관점에서의 수공학의 역할이 매우 중요하다는 사실이다.

나. 피복상태(식생)와 조도

(1) 사주에서의 식생과 하상재료의 상관성('99 경기북부 대홍수 조사결과)

1999년 7.31-8.4 경기북부 대홍수에 의한 양재천 과천구간(평균하상경사 1/300의 자갈하천)과 서초구간(평균하상경사 1/500의 자갈포함 모래하천)에서의 고수부지내 하도퇴적 및 세굴 특성을 조사하였다. 특히 고수부지를 대상으로 하도조사가 이루어진 것은 이번 홍수시 양재천 시험구간(한국건설기술연구원 주관 환경부 G-7과제의 시험구간)에서 의미있는 하도변화가 고수부지에서 나타났기 때문이다. 과천구간은 극히 일부 고수부지내 무식생역에서의 세굴현상을 제외하면 대부분 모래와 실트층으로 구성된 퇴적층이 5cm 이내 퇴적하였다. 자갈하천인 과천구간에서의 퇴적현상은 저수로와 고수부지와와의 단차에 의한 수리량의 변화와 더불어 식생에 의해 퇴적현상을 촉발한 것으로 나타났다. 서초구간에서는 작은 자갈과 모래가 혼재하는 저수로와는 달리 고수부지에는 식생이 밀생하는 곡류부 내측에서는 평균 10cm 정도의 실트가 퇴

적하였으며, 곡류부 외측에서는 식생의 밀생도가 낮은 곳에서는 2cm 정도의 실트가 퇴적한 곳과 식생이 밀생한 제방에 가까운 곳에서는 곡류부 내측과 마찬가지로 평균 10cm 실트가 퇴적하였다. 서초구간에서는 고수부지에서 특별히 세굴된 곳은 없었다. 서초구간도 결국 고수부지내 하도특성은 하상재료의 입경은 다르지만, 저수로의 1차 하상재료(主하상재료)와 고수부지내에 퇴적한 2차 하상재료(副하상재료, 저수로 하상재료보다 대수적으로 한 오더의 차를 가진 하상재료)가 명확히 구분되는 비교적 유사한 특성을 나타냈다. 1999년 7.31-8.4 경기북부 대홍수시 한강고수부지 퇴적 현상을 양재천과 비교하기 위해 개략적인 검토를 병행하였다. 주로 작은 모래로 구성되어 있는 저수로 하상재료와는 달리 고수부지에서는 사진 1에서 보는 바와 같이 wash load성격의 점토와 실트가 혼합한 하상재료가 퇴적하였다. 고수부지의 높이가 비교적 높고 횡단경사가 비교적 급한 여의도 지구에서는 이번 홍수(관수심은 저수로변에서 개략 추정치 2m에서 점토나 실트가 잔디밭 위에서 2mm 정도의 박빙의 층으로 퇴적하였으며, 블록으로 포장된 곳에서는 퇴적현상이 거의 형성되지 않았다. 하지만, 반포지구(반포지구 사무실이 위치한 주변에서의 관수심은 혼적수위로 추정한 바에 의하면 4.8m)의 경우 꽃밭에서는 15cm, 잔디밭에서는 5cm에서 15cm(그림 2.6(b)), 블록으로 포장된 곳에서는 2cm 정도(그림 2.6(a))가 점토와 실트가 혼합한 하상재료가 퇴적하였다. 특히 반포지구(반포지구 사무실이 위치한 지역)는 여의도 지구에 비해 횡단방향 하상경사가 극히 완만한 지형적인 특성을 갖고 있다. 그리고 반포대교 바로 직상류의 좌안 고수부지에서는 홍수의 감수기때 물이 정체되는 사수역에서는 비교적 많은 퇴적(약 30cm정도)이 있었다.

결국, 시험구간이 양재천의 과천구간과 우면구간, 그리고 한강구간의 고수부지에서 퇴적 및 세굴하는 메카니즘(하도특성)은 매우 유사한 특성을 지녔다고 볼 수 있다. 다시말해, 고수부지의 하도특성은 고수부지의 관수심과 관수시간외에 고수부지에 퇴적하는 하상재료(저수로 하상재료와의 상대적인 입경비), 고수부지의 지리적 특성(하상경사 및 평면위치), 조도상태(피복상태 특히 식생유무)의 영향을 크게 지배받는다는 사실이 입증되었다. 특히, 식생의 유무에 따라 투과계수 $K (V=KI/2)$ 를 도입함에 따라 정량적인 조도계수를 산정할 수 있을 뿐만 아니라 우리나라에서도 그동안 전혀 연구가 이루어지지 않았던 정도 높은 고수부지내 퇴적현상에 대한 메카니즘을 정량적으로 규명할 수 있다는 사실을 이번 홍수조사에서 확인되었다. (참고: 양재천과 한강 반포지구에 대한 정확한 수리량과 퇴적층 구조에 대한 조사결과와 분석은 진행중임)

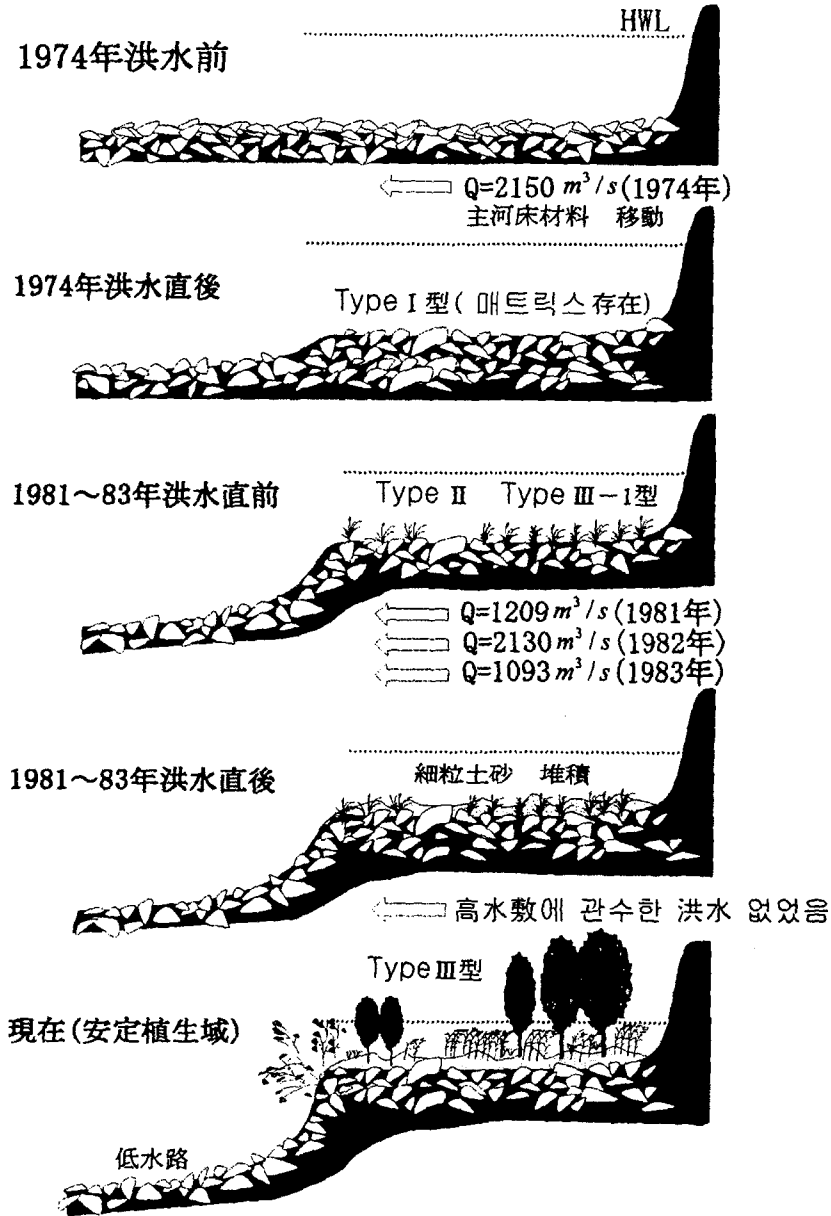


그림 2.4 안정식생역의 확대 이미지(李參熙, 일본의 Tamagawa천 사례분석결과)



그림 2.5 하도변화차원에서의 자갈하상표면 상태 분류 (李參熙)

(2) 식생과 조도계수

(1)에서 살펴본 바와 같이, 식생상태와 하상재료의 구성조건과는 밀접한 관계가 있다는 사실을 확인하였다. 식생상태와 하상재료가 상호 반복하여 결국 고수부지의 조도에 결정적인 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 과정, 즉 식생상태를 반영한 조도계수의 산정에 대한 수리학적 평가에 대하여 기술적으로 상당한 수준에 이르고 있으므로 식생이 무성히 자라는 상황과 조도의 변화도 당연히 하천계획에 포함되어져야 한다. 최근은 식생변화만이 아니라 인간의 손길이 미치지 않음에 따라 식생이 번성하고 있으며, 이와 같은 상황 변화에 대한 대응도 하도계획에 고려해 나갈 필요가 있다. (이에 대한 상세한 내용은 山本晃一(1995) 및 이삼희(1999)에 기술되어 있다.)

2.3.5 하도변화를 하천계획에 반영하는 방안

가. 기본적인 사고

앞으로, 하도변화를 하천계획에 반영하는 방안은 다음과 같이 검토할 필요가 있다. 첫째, 그림 3에서 보는 바와 같이 하도는 물과 토사 그리고 식생의 상호작용으로 형성되어 있기 때문에 조건이 갖추어지게 되면 비교적 쉽게 변화하므로, 그 변화량을 하천계획 및 관리상 무시하거나 등한시 할 수 없는 경우가 적지 않다. 하도 변화 그 자체가 하천다움의 본질이기 때문에 하천계획 및 관리계획을 책정함에 있어 현황 하도 혹은 정비후 하도의 변화 특성을 충분히 예측하고, 이를 충분히 고려해야 한다. 둘째, 하도변화에 대응하기 위해서 a) 하도변화의 억제, b) 하도변화의 허용, c) 하도변화의 일부분만 억제하고 나머지 부분의 허용 등 3가지 방법이 있을 수 있다. 여기서 허용이라고 하는 것은 하도변화를 전제로 한 하천계획 및 관리를 한다는 것이다. 구체적인 방법을 정할 때에는 상기 a), b), c) 각각의 방법에 적합한 대체안을 폭넓게 검토하고, 하도변화를 허용한 경우에 그 영향도 혹은 하도변화 억제에 대한 어려움과 이를

실시할 경우에 그 영향도를 종합적으로 감안한다. 방법 선택에 대한 판단기준으로써 이하의 점을 중시한다.

- 단기적인 경제성만을 추구하는 것이 아니고, 정비후의 하도유지 및 관리를 포함한 장기적인 경제성 관점에서 타당한 방법일 것



(a) 비식생역

(상층부는 원하상, 상층부 1999년8월 홍수시의 퇴적층)



(b)식생역

그림 2.6 한강반포지구 고수부지상의 퇴적 상황

- 해당구간에서 하천본래의 매력을 잃지 않고, 기대되는 홍수처리이외의 폭넓은 역할을 존중한 방법일 것
- 일반적인 방법에 의존하지 않고, 해당하도 구간의 하도특성에 어울리면서 대상으로 하는 하도변화의 원인을 제어하는 것을 중심으로 한 방법일 것

세째, 하도변화를 예측하는 기술에는 개선해야할 부분이 많이 남아 있다. 하지만, 예측기술이 극복될 때까지를 기다릴 수 없으므로, 현 단계에서 주어진 정보를 토대로 고려해야할 하도변화 형태와 그 대응방법을 정해 둔다. 그런 한편, 변화특성에 대해 계속적으로 모니터링한다. 모니터링 결과의 축적과 예측기술의 발전에 따라, 하도변화에 대한 대응 방법을 수시로 개선해 나간다.

나. 하천계획에 하도변화를 반영하는 검토절차 및 유의사항

(1) 검토절차

- 먼저, 현황하도의 유하능력, 하천환경특성, 하도특성에 대해서 충분히 검토한 후 하천기본계획 수립에 따른 현황과제를 분석하여 정리한다.
- 다음으로 평균연최대유량, 하상재료, 하상경사를 지표로써 하도용량에 대해서 검토하여 안정성을 고려한 저수로 계획을 책정한다.
- 설계홍수유량을 계획고수위 이하로 유하시킬 수 있는 하천 단면적을 검토한다. 이때 기능에 어울리는 고수부지계획을 수립하여 현황의 계획고수위를 변경하지 않도록 하도를 설정한다.
- 시행착오 결과 등을 검토해 최종적인 하도 횡단형이 결정되고 기본 제원을 정리하여 하천계획을 결정한다.
- 하천정비중에는 정비하천의 응답특성을 살펴 보면서 그 하도개수가 바람직한 방향으로 가고 있는지를 확인하기 위해 모니터링을 철저히 하여 문제가 생겼을 경우에는 다시 하천계획에 피드백하여 수정하여 보완한다. 더욱이 환경과의 조화를 늘 염두에 두고 검토를 진행하는 것이 필요하다.

(2) 검토상의 유의점

하도의 변화를 보다 효율적으로 반영하여 안전하도의 형성과 아울러 하천의 자연성을 추구하기 위해 지금까지와는 다른 하천계획을 수립할 필요가 있다. 다시 말해, 저수로 계획부터 먼저 입안하고 난 뒤에 고수부지 계획을 수립함으로써 요구되는 각종 조건을 만족시키는 것

이 중요하다.

(가) 저수로 계획에 있어서의 유의사항

- 하천폭, 평균하상고를 규정하고 있는 홍수량은 계획홍수위시의 설계유량이 아니라, 대개 저수로 만배유량인 평균연최대홍수량(대개 2-3년빈도의 중규모 홍수)으로 규정된다. 다만, 자연상태의 세그먼트 3의 하도에서는 저수로 만배유량은 2-3년빈도의 홍수량보다 적은 경우가 많다.

- 하도내에 발생하는 소규모 하상파의 크기, 하도의 평면형상은 평균연최대홍수량과의 상관관계가 높고, 소규모 하상파의 크기와 하도의 평면형상의 형성에 대한 지배유량이라고 간주한다. 다만, 세그먼트2-2의 하천에서는 소규모 홍수량이라도 하상재료가 움직이므로 소유량의 수심에 대응한 하상파가 발생할 수 있다.

- 안정하도의 형성은 상하류의 하상종단경사나 저수로 선형을 배려하여 안정하도가 되기 위해 저수로폭이나 수심을 참고로 하여 저수로의 폭을 넓히거나 준설 및 굴삭 등을 고려한 일차적으로 하도단면을 설정한다. 설정시에는 이수기능이나 하천생태계에의 배려가 필요하다. 이와 같이 설정한 하도에 대해서 평균연최대유량시의 마찰속도(U^*)의 변화에 대해서 분석하고 유지관리의 가능성, 변화를 제어할 수 있는 시설의 도입을 검토한다.

(나) 고수부지 계획에 유의사항

고수부지의 안정성에 관해서는 표면침식, 퇴적, 하안의 측방침식에 의한 고수부폭의 감소등을 고려할 필요가 있다. 이들 사항은 세그먼트 1에서는 문제가 되지만 다른 세그먼트에서는 문제가 비교적 적다. 또 문제가 발생할 경우에는 호안 등의 구조적 대응으로 대처하는 것도 가능하므로 안정성면에서는 크게 장애가 되지 않는다. 고수부지 계획에서는 유하능력의 확보, 제방의 안정성의 확보라고하는 고수부지의 안전성 확보외에 자연환경의 보전과 토지이용이라는 관점을 충분히 검토하여 고수부지내 식물군락을 고려하고 관수빈도를 설정하는 등 충분한 검토가 필요하다. 저수로의 변화를 허용함에 따른 고수부지의 침식이나 제방 보호를 위한 측방침식 제한 라인을 설정해두고 유지관리에 반영하도록 한다.

3. 하천환경을 고려한 바람직한 하천관리 방안 -자연공생하천-

자연계와 인간사회의 조화 즉 자연공생이라는 '생태철학'의 사상이 최근에 이르러 선진외국에서 중심이 되어 하천에서도 움트기 시작하기에 이르렀다. 우리나라에서도 90년대 중반까지 주류를 형성하여 왔던 하천에서의 안정성과 어메니티 확보차원을 넘어, 앞으로는 하천을 둘러싼 자연계와 인간계와의 조화를 도모하고자 하는 적극적인 하천관리라고 정의할 수 있는 '자연공생하천(river harmonious with the natural environment)'이 하천관리에 대한 기본 이념으로써 자리 매김할 것으로 예견되어지고 있다. 하천은 다른 국토요소보다 자연계의 재생 및 복원이 가능한 곳이므로, 이를 통하여 국민들의 질적 향상과 삶의 윤택함을 추구하게 되고 나아가 건전한 하천생태계를 보전할 수 있을 것이다. 결국 자연공생하천으로 대변되는 이른바 '그린리버라인(Green River Line)'을 국토개발계획의 기본 축으로 하여 국토를 효율적으로 개발하고 관리할 수 있는 하나의 방안이 될 수도 있을 것으로 보여진다.

하천환경 기능을 증진하는데 단위요소별 정비 방안이 제시될 수 있으나, 여기서는 하천환경 기능 가운데 특히 자연생태계 요소를 고려한 하천관리 방안에 관해 하천관리의 근간이 되는 하도계획 관점에서 간략히 소개한다.

3.1 자연공생하천에 대한 기본 방침

자연공생하천에서는 그 동안 치수 및 이수기능 중심의 하천정비에서 간과하고 있었던, 각 하천이 본래 가지고 있는 수로의 가변성, 생물의 양호한 서식환경과 종의 다양성, 아름다운 자연경관 등을 보전 또는 창출을 하는 것을 기본인식으로 받아 들여지고 있다. 물론, 하천에 있어 국토보전을 위해 필요로 하는 치수기능의 향상을 바탕으로 하여 풍요로운 자연과 하천경관생태의 보전, 재생 및 창출을 위한 다양하고 풍요로운 자연환경조건을 창출한다는 것이 그 전제로 하고 있다. 다시말해, 여기에서 치수기능을 배제한 가운데 하천생태계 보전 등 하천환경요소만을 배려하는 자연보호 중심적인 의미가 아니라 어디까지나 치수기능을 유지 및 증진해 나가면서 하천생태환경기능에 관한 공학적 생태학적인 규명을 통해 자연환경의 보전 재생 창출을 도모해 나가는 것을 의미한다. 따라서, 자연공생하천을 추진함에 있어 다음과 같은 기본적인 인식하에 하천모습을 결정짓는 하도계획의 수립에 반영하는 것을 기본 방침으로 한다.

3.1.1 하천본래의 제기능

- 실재하는 하천 그 자체는 주어진 자연적 및 인공적 환경에 응답한 모습을 드러낸 것이며, 각 하천의 특징이 다른 것은 하천을 둘러싼 환경이 다르다는 사실을 반영한 것 다름 아니다.
- 하천자체는 물과는 달리 동적인 흐름이 있고 끊임없이 변동한다.
- 흐름을 통해 토사, 오염원 등 물질을 이동시킨다.
- 하천수계는 상류에서 하구까지 연속적인 공간으로 하상재료는 종단적으로 분급된다.
- 하천은 하천마다 종단적 구간마다 그 물리적 개성(하도특성)이 다르다.

3.1.2 하천은 생물의 고유한 서식환경

- 하천에서 형성된 지형 및 식생이 하천의 생태계의 주된 구성기반을 이룬다.
- 하천수계는 상류에서 하구까지 어류 등 생물은 연속적으로 이동하거나 연관성을 맺고 있다.
- 하천의 생태계는 안정권역으로 향해 천이하는 산림과 달리, 홍수 등 외력에 의해 수시로 생태계의 입지조건을 달리함에 따른 하천 고유의 생태특성을 가진다.
- 하천에서는 자연회복력과 하천에만 존재하는 귀중한 자연환경이 존재한다(종의 다양성).
- 하천의 자연환경은 유역과 상호 밀접한 관계가 있다.

3.1.3 자연경관 및 지역주민의 이용의 장

- 하천의 흐름에 의해 형성되는 고유의 경관을 갖고 있다.
- 하천에 대한 인문사회적 특성이 존재한다.
- 하천과 사람과의 만남의 장이 된다.

3.2 자연공생하천을 고려한 적용기법

크게 하천에서 자연환경을 복원하는데 두가지 접근 방법을 취할 수 있다. 첫번째는 수동적인 방법, 즉 간섭을 줄여서 수로가 자연적으로 재조정되도록 내버려 두는 것이다. 두번째는 특정한 복원기법을 적용하는 것이다. 인공적으로 확폭하거나 굴삭한 하도의 지형은 여타 간섭 없이 시간이 흐르면 설계홍수에 대해 흐름이 평형을 이루겠지만, 저수위나 갈수기 때의 저수로 흐름에 있어서는 자연상태의 평형을 이루지 못한다. 이와 같은 흐름에 있어서도 자연의 상태에 가깝도록 하도를 계획하고 정비하는 것이 중요하다. 이를 위해서는 하천을 정비시 하천과 하천생태계의 특성, 지역주민의 요구에 대해 조사하고 이를 종합적으로 평가하여 대상하천 구간을 적절한 하천정비공법을 선택하여 적용한다. 일반적인 치수기능이나 이수기능의 확보를 위하여 위주의 하천정비시 채택되는 구조물 즉, 제방 및 홍수호안, 고수부지 조성, 저수호

안 및 비탈멈춤공, 보 및 낙차공, 수제 등 하천시설물은 일반적으로 하천환경 기능을 저해할 수 있는 성격이 많다. 그러나, 다양한 하천의 생태를 보전 및 창출하기 위하여 나무와 돌을 사용한 공극이 많은 다양한 재료를 쓰거나 어도 등을 조성한다면 환경기능의 훼손을 경감하거나 향상시키면서 경우에 따라서는 치수기능을 보완할 수 있다.

3.2.1 홍수시 외력 경감계획 : 치수계획과 조화 유지

- 댐 등 하도내 다목적(홍수조절, 생태계 배려, 수질개선, 경관향상 등) 저류지, 유수지, 조절지 등을 통한 홍수유량의 경감(보전생태학적 관점에서 일정주기마다 인고홍수를 발생시키는 계획도 구상)

- 하안의 보호를 위한 수제와 Vane공법(날개수제) 등에 의한 홍수외력의 완화
- 자연스런 낙차공의 설치로 하상경사를 완화하여 홍수외력 경감

3.2.2 자연하도계획 수립

(제2장에서 언급한 하도변화에 따른 하천계획을 검토한 내용이므로 제2장을 참조)

3.2.3 하천구조물 설치계획

가. 제방 및 호안

- 콘크리트블록 및 돌망태 호안에 있어 자연석 등 자연재료의 활용한 콘크리트블록의 개량
- 제방경사면의 환경사화
- 제내지 제방경사면 확충과 식재에 의한 제방녹화 : 다공질 호안, 내침식성시트, 섯다발 공법
- 기존 호안에 복토하여 식생의 기반을 조성
- 슈퍼제방¹⁾ 조성을 통한 치수안전도 향상 및 녹지공간의 확보

나. 고수부지

- 수목 혹은 초본류 식재, 자연적으로 형성된 초본류대 확보, 습지, 저수로변 굴곡부 확보 등 다양한 수변환경 조건의 창출
- 고수부지²⁾의 중수부지화로 횡단의 지형적 생태적 연속성의 확보

註 1) 제내지 제방면을 제방높이의 약 30배 정도로 환경사하여 설계홍수량 이상의 홍수발생시 제방의 안정성의 확보는 물론 녹화공간 확보, 확보된 지하공간에 도로 혹은 주차장 설치, 도시건설잔토 처리 등 다목적용 제방. 특히 홍수취약지역인 서울시의 중랑천변이나 양재천변의 재개발시 검토할만한 가치가 있다고 판단됨

- 고수부지의 다양한 높이에 따른 구간별 다양한 관수빈도의 적용

다. 빗탈멈춤공, 바닥다짐공, 사석공

- 홍수시 외력의 규모에 대응하는 식생, 돌, 나무 등 자연재의 설치
- 돌망태, 깬돌, 거석, 어소블록 등 다양한 공극을 가지는 구조와 재료의 채택
- 다공성 침상공법의 적용으로 어소기능 증강
- 수리적 검토에 의한 사석을 선정하여 수중생태계의 서식환경 조성

라. 수제

- 수제에 의한 다양한 흐름의 형태의 채택
- 거석, 말뚝 수제, 등 투수성이 있는 다양한 공극을 가지는 재료 사용

마. 낙차공, 보, 하구둑 등 횡단구조물

- 자연의 흐름, 경관에 어울리는 거석보, 다단보, 낙차공, 경사식 낙차공의 채용에 의한 어도화
- 물고기의 유도, 도약, 휴식을 배려한 자연풍의 어도 설치

3.2.4 개수하천의 복원 및 폐하천의 복원

- 개수하천에서의 구하도 복원
- 폐하천의 복원
- 유역환경과 연계성 확보

3.2.5 하천공사의 시공 : 생태계를 배려한 하천공사

- 하천현장에서의 관리를 중시하고 탄력적인 대응과 적절한 관리를 모색
- 자연재료를 적극 도입하되 공사재료의 조달에도 세심한 주의가 요망
- 주변의 생물의 서식환경에 끼치는 영향을 최소화
- 설계 취지에 근거를 두고 현장의 상황에 적절히 대응한 시공
- 현존하는 식생의 보전과 장년환경에 적절한 식재를 도모

註 2) 둔치와 고수부지

둔치는 고수부지가 아니다. 둔치는 물과 물이 맞닿은 접수부이다. 둔치와 고수부지는 그 지형적 형성과정은 물론 자연생태계에 대한 입지조건이 서로 매우 다름

- 표토의 적절한 채취, 보관, 전용을 모색
- 적절한 시공기계의 선택과 도입으로 자연환경에 대한 영향을 경감
- 부득이하게 주변환경에 영향을 미쳤을 경우에는 조기 복원을 도모
- 공사에 대해 주민들과의 지속적인 협의 갖도록 노력
- 공사시 2차 수질오염의 최소화

3.2.6 유지관리계획

- 하천환경요소를 배려한 하천유지유량의 확보
- 생태계를 배려한 공법실시 시기의 선택
- 생태계를 배려한 제방과 고수부지의 주목, 초목의 계획적 벌채
- 하상을 평탄하게 하지 않는 하상정비 강구
- 보전생태적 차원에서 인위적인 홍수발생과 그 효과 검토

3.2.7 유의사항

- 자연재료(표토, 식재, 거석, 외래종, 이입종 등)를 선정할 때에는 다양한 조건을 고려한다.
- 하천정비를 추진하기에 앞서 계획된 하천정비안에 대한 전체적인 흐름을 살핀다.
- 하천에 대한 고정관점에서 탈피하여 객관적이며 창의적인 공사가 실시되도록 한다.
- 하천관리자는 다양한 분야의 전문가의 의견과 주민의 의견을 최대한 반영해 가면서 공사를 진행한다.
- 공사진행시 현장의 특성에 따라 탄력적으로 대응한다.
- 하천정비시 공기는 여유있게 두고 조금씩 실험적으로 실시한다.
- 환경의 미터게이션을 도모한다.
- 공사실시중에 도출된 현상에 대해 기록하여 활용한다.
- 하천공사와 관련한 법령을 검토한다.
- 대규모 공사나 난공사는 단계적으로 실시하며, 너무 지나친 정비가 되지 않도록 한다.
- 항상 공사비에 대한 의식과 환경의식을 갖도록 한다.

3.3 자연공생하천의 도입에 즈음한 과제

우리 나라는 제방 및 댐 축조, 홍수예경보시스템 설치 등 치수를 위한 하천관리와 하천에서의 수자원 이용면에서 많은 성과를 거두어 왔다. 그러나, 하천환경 측면 특히 자연환경 측면에서 여러가지 문제점들을 안고 있는 것 또한 사실이다. 그러나 앞으로는 치수기능 및 이수기

능을 향상시키기 위하여 하천을 정비하거나 관리할 때 자연환경에 대한 역기능을 최소화함은 물론 가능한 자연환경을 포함해 여러 하천환경 기능을 확보 또한 증진시켜 나감으로써 바람직하고 종합적인 관리가 되도록 해야 할 것이다. 이를 위해서는 다음과 같은 사항을 해결 할 필요가 있다.

3.3.1 기술적인 현안과제

우리나라에서 지금까지 하천계획 및 유지관리에 대한 기본방침은 수자원의 이용을 위한 하천시설물을 설치하면서, 적은 공사비로 계획 홍수량을 하구까지 안전하게 유하시킬 수 있는 소통능력의 확보에 있었다. 이에 따라, 하천공사시 치수중심의 획일적인 표준단면을 적용함으로써 하도는 매우 단순해졌다. 또한, 하도계획시에 설정해둔 일정한 조도계수 이하로 유지해야 하므로 식생에 의한 유속저하로 제방의 내침식성 향상 등의 순기능이 부분적으로 있음에도 불구하고 하도내 수목이 자랄 수 없도록 관리되어 오는 등 하천환경을 배려하는데 한계를 지녀왔던 것이다. 이와 같이, 자연공생하천의 조건을 조성하는데 여러 가지 불리한 여건하에서도 최근에 자연환경을 배려한 의미있는 하천복원사업이 여러 곳에서 시도되고 있다. 하지만, 일부의 높은 평가와는 반대로 다소 문제점을 노출하고 있다는 지적도 있다. 하천의 자연특성을 배려함으로써 고령화사회 등에 대비한 저비용의 경제적 하천관리를 지향하는 선진외국과는 달리, 우리나라의 경우에는 하천의 고유한 자연특성과도 다소 거리가 있는 호안부에 큰 거석쌓기 및 고수부지내 고목식재³⁾ 등의 방법에 대해 우리나라 자연환경의 모습과는 본질이 왜곡된 외국식 ‘하천복원기법’으로 인한 또 다른 생태계의 파괴라는 비판의 목소리와 시대를 거스르는 고비용의 하천정비에 대한 부정적인 시각이 적지 않다.

지금까지 하천을 이렇게 밖에 할 수 없었던 이유로는 선진외국의 상황과는 달리 전술한 바와 같은 하천의 본래의 모습(지형, 수리적, 생태계특성 등) 등을 제대로 살펴보지 않았으며 하천환경에 대해 정량적인 수리적 특성을 규명하고자 하는 연구가 사실 이루어지지 않았다고 하는데에서 찾을 수 있다. 다시말해, 우리나라의 하천이 갖고 있는 본래의 모습(하도특성)에 대한 연구가 이루어지지 않고서는 자연공생하천에 의한 하천관리가 어려운 상황이다.

註 3) 구미하천에서는 수위변동이 적어 하천변 식생역이 안정권에 달하여 고목형태의 식생관리가 가능하나 우리나라에서는 심한 수위변동(큰 하상계수)으로 인하여 사수역을 제외한 고수부지에서는 제한된 식생만이 성장 가능하다. 구미의 하천과는 달리 우리나라에서 자연적으로 형성되는 복단면하도형태의 경우에는 고목이 주로 성장하는 구미하천에서 쉽게 볼 수 있는 안정식생역보다 종의 다양성 측면에서 오히려 유리하다는 평가도 있음. 우리나라의 경우 정비하천 대부분은 일정 조도조건하에 계획되었으므로, 하도내 수목의 식재는 하도관리 혹은 생태계 보전 차원에서 매우 신중한 기술적인 접근이 필요하다.

3.3.2 하천관리 이념상의 향후 과제

하천관리자는 자연공생하천이 21세기의 바람직한 하천관리로 자리 매김하기 위해서는 여전히 다음과 같은 물음과 시대적 가치관을 어떻게 받아들여야 할 지에 대한 적절한 해답을 찾아 두지 않으면 안될 것이다.

- 하천이 갖고 있는 본래의 모습이 과연 무엇인가?
- 앞으로 인간사회에서 수로의 변화를 과연 허용할 것인가?
- 하천관리를 둘러싸고 자연의 모습과 인간이 추구하는 가치관이 상충할 때, 그 절충안 부여하는 의사결정은 어떤 근거하에 누가 어떻게 할 것인가?
- 인간주도하에 하천본래의 모습이 유지된다고 하는 것을 어떻게 다룰 것인가?
- 하천의 본래의 모습을 고려한 하도계획(하천정비 및 관리 계획)에 있어 치수상 관리형태는 어떻게 다루어야 하는가?
- 자연환경 등 하천환경요소에 있어 예측이 불확실한 부분을 기술적으로 어떻게 다루어야 할 것인가?
- 하천의 변화에 대한 유지관리 및 모니터링을 위한 조사는 어떻게 해야 하며, 조사결과에 대한 평가를 어떻게 할 것인가?
- 21세기에서 하천관리에 대한 이념과 가치관은 과연 어떤 모습을 취할 것이며, 인간사회와 자연계를 보다 구체적으로 어떻게 조화시켜 나갈 것인가?

4. 맺는말

지금까지 하천의 변화를 하천의 본 모습의 본질로 이해하여 하천계획에 어떻게 반영하는가 하는 기술적인 내용(2장)과 하천을 국토관리차원에서 편의상 治水, 利水 및 河川環境機能으로 분류한 후 하천환경 특히 자연환경을 독립시켜 하천환경을 고려한 바람직한 하천관리 방안(3장)에 대해 살펴 살펴보았다. 21세기로 접어들면서 국토는 점차 개발에서 관리형태로 이행해야 한다는 요구가 커질 것으로 예상되고 있다. 서울시도 그예외는 아닐 것이다. 그 한편으로는 점차 그린벨트가 해제되는 등 유역개발이 한층 더 활발하게 진행될 것으로 상정할 수 있다. 이런 가운데 국토관리상 하천은 제 환경요소를 복원함으로써 현실적으로 효율적인 하천관리가 가능하며, 시민들에게 마음의 여유와 생활의 윤택함을 부여해 줄 수 있는 국토의 구성요소라는 점에 주목하지 않으면 안될 것이다. 물론 하천환경을 고려한 종합적인 하천관리에는 기술적인 면보다 제도적으로 여러 가지 어려운 문제가 있을 수 있다. 이에 따라, 하천은 국토의 개발과 보전의 대타협을 위한 실험장이 될 것이므로, 하천기술자를 포함한 하천관리자의 책무에 대한 인식을 새롭게 해야 할 때이다. 현재 치수기능 위주로 되어 있는 하천개수율의 목표달성도 중요하고, 외국식 하천생태복원기법의 적극적인 도입도 중요하지만, 이에 앞서 그동안 별다른 관심을 갖지 않았던 하천에서의 환경기능을 자세히 되살피고, 우리 나라 하천의 본래 모습(하도특성)에 대한 조사 연구를 서둘러 착수해야 할 시급한 처지이다.

하천은 물과 물질이 유역으로부터 흘러 들어와 국토의 특징으로 응축되어 자연계와 인간사회에서 밀접한 관계를 맺고 있는 아주 특이한 장소이다. 따라서, 하천은 앞에서 살펴본 바와 같이 국토관리차원에서 治水, 利水 및 河川環境 기능으로 분류한 후 하천환경을 독립시켜 살펴볼 수 있지만, 하천의 특이성 때문에 하천환경관리는 어디까지나 하천을 종합적인 이해의 틀 속에서 보지 않으면 안될 것이다.

부록. 하도특성에 의한 하도분류법: Yamamoto 하도분류법

하도세그먼트의 분류는 하도특성에 착안한 Yamamoto(1994)에 의한 하도분류법이다. 세그먼트는 유사한 하도특성을 갖고 있는 하도구분을 가리키며, 기본적으로는 하상중단구배와 하상재료로 구분하고 있다. 대표적인 중단형 형성으로써, 그림 A.1에 나타는 하도, 즉 G 세그먼트(하상재료 대표입경 $dr \geq 15\text{mm}$, 하상경사 $I_b \geq 1/1500$)의 하류에 S 세그먼트(하상재료 대표입경 $dr \leq 1\text{mm}$, 하상경사 $I_b \leq 1/2,000$)가 연속적으로 이어지고, 더욱이 하류에 경사가 수평에 가까운 모래하천 세그먼트(S세그먼트)가 이어지는 하도를 말한다. G-S세그먼트의 경계에서는 하상경사와 하상재료가 급변한다. 큰 총적평야를 가지는 하천의 대부분은 이와 같은 특징을 가진다. 또한, G세그먼트는 세그먼트1(선상지하도)또는 2-1에 S세그먼트는 세그먼트2-2에, 하구S세그먼트는 세그먼트3(삼각주 하도)에 대응한다. 세그먼트2는 중간지하도, 자연제방대하도 등에 해당한다. 세그먼트의 구체적인 내용은 표 A.1과 같다.

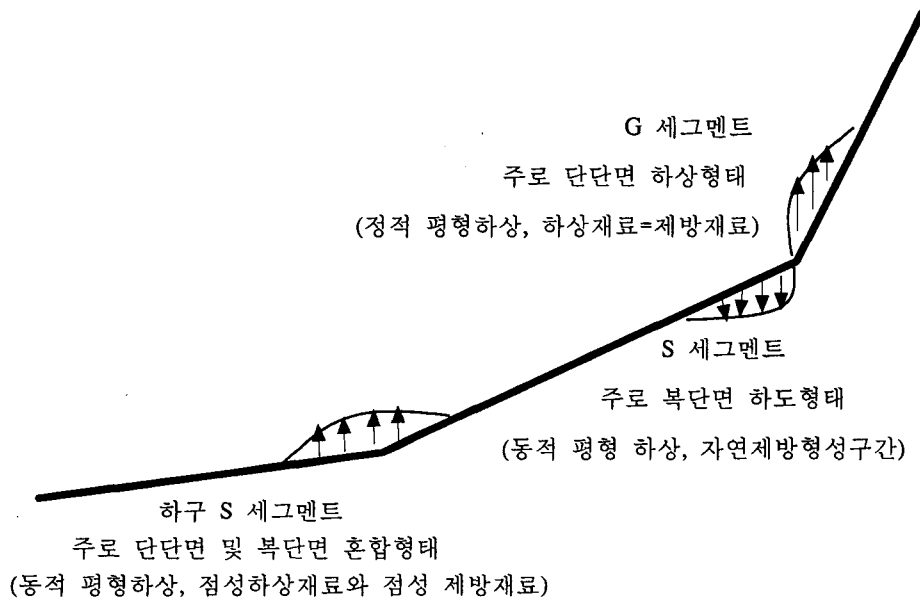


그림 A.1 세그먼트는 유사한 하도특성(Yamamoto 와 Fujita)

표 A.1 하도특성에 의한 Yamamoto(1994) 하도분류법

하도분류 구분	세그먼트M	세그먼트 1	세그먼트 2		세그먼트 3
			2-1	2-2	
지형구분					
하상 재료의 대표입경 dR	다양함	2cm이상	3cm~ 1cm	1cm~ 0.3mm	0.3mm이하
하안구성물질	하상과 하안에 바위가 나와 있는 적이 많다.	표층에 모래, 진흙이 덮힌 적이 있지만 얇고, 하상재료와 동일재료가 대부분이다.	하층은하상재료와 동일, 가는 모래, 진흙, 점토의 혼합물		진흙·점토
경사의 기준	다양함	1/60~1/400	1/400~1/5000		1/5000~수평
사행도	다양함	고부러짐이 적다	사행 정도가 심하지만 하폭/수심비가 큰 곳에서는 8字 사행 또는 사주의 발생		蛇行이 큰 곳도 있지만 적은 곳도 있다.
하안침식 정도	매우 심함	매우 심함	보통. 하상 재료가 큰 편이 수로는 잘 움직인다.		적다. 거의 수로의 위치는 움직이지 않는다.
저수로의 평균 깊이	다양함	0.5~3m	2~8m		3~8m

참고문헌

- 건설교통부 (1995). 도시하천의 하천환경정비기법의 개발.
- 이삼희 (1995). "바람직한 하천환경관리 및 정비방안." 국토정보, 9월호, 국토개발연구원.
- 山本晃一 (Yamamoto) (1995). *중적하천학*. 산해당.
- 藤田光一 (1998). "하도계획이 지향해야 할 방향과 기술적인 과제." 건설성토목연구소 내부자료.
- 이삼희 (1999). *선상지하상하도에서의 안정식생역의 형성기구에 관한 연구*, 쓰꾸바대학.
- 건설부 (1994). "자연형 하천계획 기법 및 하천유량과 수질의 상관성 조사 연구."
- 이삼희 (1995). "단지내 하천환경복원기법." 토지, 여름호, 한국토지개발공사.
- 이삼희 (1999). "새로운 개념의 하천정비 및 복원내용." 99재해대책실무자과정(기본교재), 행정자치부 국가전문행정연수원.
- 이삼희 (1999). 도시홍어방어능력향상을 위한 심포지엄, 한국수자원학회.
- Parker, G. (1978). Self-formed straight rivers with equilibrium banks and mobile bed. Part 1. The sand-silt river."