

한강 하상 변화상태 조사 및 저수로 정비방안

이광석¹⁾, 문영일²⁾

1. 서론

유로연장 469.7km의 한강 중 서울시 관내구간은 상류 강동구 하일동에서부터 하류 강서구 개화동까지 41.5km로서 이중 상류우안 5.9km, 하류우안 6.2km구간은 경기도에 접하고 있다.

서울시 구간은 하폭 750~1,200m로 비교적 안정된 폭원을 유지하고 있으며, 1982년에서 1986년까지 한강종합개발사업으로 하도가 정형화되어 저수로와 둔치가 확연히 구분되었고, 둔치에는 운동장, 어린이놀이터 등의 시설이 있다. 저수로는 폭 650~900m에 평균수심 3~4m이며, 뱃길인 주운수로는 잠실수중보에서 행주대교까지 29.8km에 최소수심 2.5m를 유지하면서 상시유량이 유하하고 있다. 서울시에서는 하천관리를 위하여 1987년부터 하상변화상태를 조사하는 수로조사 측량을 매년 실시하여 저수로정비의 위치선정을 위한 자료로 활용하여 1987년부터 1997년까지 427억원을 투자하여 총 7,661천 m³을 준설하여 홍수예방과 안정하도 유지 등 하천관리를 해오고 있다.

그러나 한강상류에 댐건설로 유송토사의 유입이 줄어든 반면, 퇴적되는 부분은 준설하여 제내지로 반출하므로써 수로가 전반적으로 낮아져 1997년에는 1987년보다 평균 35cm가 낮아진 것으로 조사되었으며, 특히 종단상으로 제일 깊은 곳을 연결한 최심하상고는 5.3m까지 낮아진 곳도 있다. 이러한 관점에서 그동안의 하상변화 상태조사 및 분석으로 볼때 퇴적되는 부분은 계속퇴적되고 세굴되는 부분은 계속세굴되어 매년 하상의 저하가 계속되는데도 퇴적지역의 준설을 계속해야 되는지와 또한 준설방법을 교량하부 등 세굴이 심한 부분에 되메우하는 준설방법 등 향후 정비방향에 대한 대안으로 제시하고자 한다.

2. 한강하상 변화상태 조사

한강은 상류 및 지천으로부터 토사유입이 계속되고 홍수시 유속 증가로 세굴, 퇴적이 반복되고 퇴적된 부분은 하천단면의 감소를 가져올 뿐만 아니라, 선박운항 안전에도 지장을 초래하게 된다. 이러한 점을 해결하기 위하여 저수로 정비를 시행하게 되는데 이 저수로 정비의 위치 선정에 수로조사 측량이 반드시 필요하다. 수로조사 측량은 1986년 한강종합개발사업 완공 이후인 1987년부터 하상변화 상태를 파악하여 주운수로 및 통수단면 확보 등을 위한 저수로정비를 위해 매년 홍수 후에 실시되고 있으며 1987년부터 1997년까지 투자된 용역비는 총 1,423백만원으로 연평균 129백만원이 투자 되었다. (서울시한강관리사업소, 1998(a))

- 1) 서울특별시 한강관리사업소 치수과장
- 2) 서울시립대학교 토목공학과 조교수

2.1 수심측량 및 도면작성

한강 저수로 및 주운수로 수심측량을 실시하기 위하여 17점의 해상기준점(수준점)과 한강 양안에 500m간격으로 마주 보도록 설치한 174점의 대횡단점을 이용하여 매년 같은 횡단기준에 의하여 실시하고 있다.

1997년도에 실시한 수심측량 내용은 (1)저수로 구간은 신곡수중보 하류 1km~하일동 시계까지 연장 43km, 수로폭 1km, 측심간격 250m로 총 148km 실시, (2)주운수로 구간은 행주대교~잠실수중보까지 본류 및 선착장에 대하여 연장 29.8km, 폭 200m, 측심간격 20m로 총 339km 실시, (3)교량구간은 25개소에 대하여 교량중앙을 중심으로 상하류 80m구간을 측심간격 20m로 총 100km 실시, (4)실시 설계구간은 1998년 시행예정인 저수로 정비 및 오토네 제거공사의 물량산출을 위한 측량으로 7개소를 측심간격 20m로 총 100km 실시 하였다..

중·횡단면도는 퇴적, 세굴량 및 하상변화 상태를 파악하기 위하여 1987년도 대비 1997년도, 1996년도 대비 1997년 성과를 좌표화하여 CAD로 작성하였으며 종단면도는 연도별 최심하상고, 제방고, 계획홍수위, 계획평수위, 계획하상경사를 알 수 있도록 축척은 종 1/100, 횡 1/20,000로 작성하였다..

저수로 및 주운수로의 수심측량 수심도는 계획평수위인 팔당댐 방류량 200m³/sec를 기준으로 저수로 구간은 1/5,000축척, 주운수로 및 교량구간, 실시설계구간은 1/2,500축척으로 작성하였다.

2.2 계획하상고 및 계획평수위

계획하상고, 하상경사, 계획평수위는 “한강종합개발기본계획(서울특별시, 1983)”자료를 이용 작성 하였다. 계획하상고는 높이차 3.96m로서 시점부(신곡 수중보)가 EL -1.30m이며, 종점부(하일동 시계)는 EL 2.66m이다. 하상경사는 신곡수중보~서강대교간이 1/28,000, 서강대교~잠실수중보간이 1/ 8,700, 잠실수중보~하일동 시계가 1/ 6,900이다.

계획평수위는 팔당댐 방류량 200m³/sec를 기준한 수위로 해발표고로 표시하며 신곡수중보가 2.64m, 당산철교가 2.67m, 한강대교가 2.68m, 영동대교가 2.73m, 잠실수중보가 6.46m, 하일동시계가 6.48m이다. 잠실수중보 구간의 급격한 변화는 수중보로 인한 상·하류 단차 때문이며, 잠실수중보를 기준할 때 하류가 수위차 9cm, 상류가 2cm로 평시에는 수중보로 인하여 호소화되어 있다.

2.3 하상고 변화

일반적으로 인위적인 골재채취 및 준설 또는 유속에 의한 소류력이 하상구성 물질의 중량보다 큰 지역에서는 하상의 저하가 발생되고, 지천의 합류부 또는 통수단면적의 급확대, 수중구조물에 의한 단면통제 등으로 인해 유속이 감소하는 지역 등 유사(유사)의 중량이 소류력보다 큰 지역에서는 퇴적이 발생한다. 최심하상고는 1987년 한강종합개발 완료 이후 현재까지 전구간에 걸쳐 전반적으로 저하된 것으로 나타났다. 특히 양화대교~한강대교 구간은 점차 하상이 저하되고 있으며, 그 외 구간은 세굴과 퇴적이 반복되고 있으나, 전반적 경향은 최심하상이 저하되고 있다.

주요교량지점의 연도별 최심하상고 변화는 <표 1>에서와 같이 대체로 잠실수중보 하류는 세굴, 상류는 퇴적이 진행되고 있으며, 세굴이 가장 심한 곳은 양화대교 지점으로 1987년에 비해 5.34m나 세굴되었다.

표 1. 한강 교량지점 최심하상고 변화

(단위:해발표고 m)

구분	교량명	성산	양화	마포	한강	동호	영동	잠실	천호
	'87표고	-2.00	-5.70	-4.80	-8.60	-0.80	-3.30	-2.16	-3.62
	'97표고	-7.04	-11.04	-6.53	-11.22	-2.69	-4.57	-0.34	0.34
	비 고	(-)5.04	(-)5.34	(-)1.73	(-)2.62	(-)1.89	(-)1.27	(+)1.82	(+)3.28

주) (+) : 퇴적, (-) : 세굴

2.4 세굴 및 퇴적현황

1987년과 1996년 기시행된 수로측량 성과와 1997년 측량성과를 이용하여 분석한 바, 1987년 대비 1997년에는 총 세굴량이 25,259천m³, 총 퇴적량이 13,347천m³로 11,912천m³가 세굴되었는데 한강종합개발 종료후 하도안정 및 저수로 유지관리를 위하여 인위적으로 준설된 토사량 7,661천m³을 감안하면 순세굴량은 4,251천m³이다.

표 2. 1987년 대비 연도별 세굴·퇴적량 변화

(단위:천m³)

구분	'87.5 ~ '87.10	'87. ~ '88	'87 ~ '89	'87 ~ '90	'87 ~ '91	'87 ~ '92	'87 ~ '93	'87 ~ '94	'87 ~ '95	'87 ~ '96	'87 ~ '97
세굴량	11,326	15,202	19,617	21,588	20,550	27,600	20,516	19,523	23,118	28,745	25,259
퇴적량	8,622	11,573	9,192	8,497	9,639	8,549	11,268	12,007	10,757	10,901	13,347
퇴적세굴차	-2,704	-3,629	-10,425	-13,091	-10,911	-19,051	-9,248	-7,516	-12,361	-17,844	-11,912

또한 1996년 대비 1997년 세굴퇴적량은 세굴 7,013천m³, 퇴적 12,518천m³로 퇴적이 5,505천m³로 우세한 바, 1997년에는 큰 홍수가 없어 세굴이 적은 반면, 한강하류부에 김포대교, 행주대교 등의 공사시 설치된 가도와 그에 따른 유수의 작용 등으로 퇴적 토사가 많이 발생된 것으로 판단된다.

1987년이후 현재까지 11년 동안 퇴적이 우세한 연도는 '91, '93, '94, '97년등 4개년도이고, 나머지 7개년은 세굴이 우세하였으며, 한강의 전체적인 세굴·퇴적 경향은 매년 약 1,100천m³가 세굴되어 매년 3.5cm씩 하상이 낮아진다고 볼 수 있다.

2.5 계획하상고 상부 퇴적토사 조사

정비대상이 되는 계획하상고 상부의 퇴적토사량은 5,944천m³로 구간별로는 신곡수중보 ~ 잠실수중보간이 4,022천m³, 잠실수중보 ~ 하일동 시계간이 1,922천m³로 잠실수중보 상류의 퇴적토사량이 하천길이에 비하여 많은 실정이나, 상수원 보호구역으로 상수도 취수를 감안할 때 현재의 준설장비로는 정비가 어려운 실정이다.

또한 계획 하상고 하부 세굴량은 총 49,028천m³로 잠실수중보 하류가 40,268천m³, 잠실수중보 상류가 8,760천m³으로 계획하상고를 기준할 때 퇴적보다 세굴이 심함을 알 수 있다.

2.6 분석결과

하상 변동량 분석결과 퇴적보다는 세굴이 매년 약 1,100천 m^2 씩 우세하게 나타나고 있다. 이는 서울한강 41.5km구간이 1987년보다 35cm 낮아졌으며, 매년 3.5cm씩 낮아지고 있는 실정이다.

특히 밤섬과 노들섬에 의해서 퇴적현상이 극단적으로 나타나는 마포지구에 대해서는 밤섬의 확장→유수단면적 축소→유속증가→세굴활동증가가 예상되므로 준설이 필요하다고 판단된다.

한강종합개발 완료 이후에도 교량의 건설 및 보수, 강변도로 건설등 지속적인 공사가 진행중에 있으므로 하천의 세굴·퇴적 변화요인이 홍수 등 유황의 변화에 의한 자연적인 현상과 준설, 상·하류 지역의 골재채취 등 인위적인 요인에 의하여 세굴·퇴적이 계속 될 것으로 사료된다.

이러한 변화상태를 파악하기 위해서 수로조사측량은 매년 실시가 필요하며, 주운수로의 계획 수심유지와 통수단면 확보를 위하여 저수로, 지천하구, 주운수로 구간의 소규모적인 정비는 계속되어야 할 것으로 판단된다.

3. 저수로 정비 시행

1986년도 한강종합개발사업으로 정비된 하상을 기준으로 하상의 변화상태를 분석하여 유지관리계획을 수립 퇴적된 토사를 적기에 제거하여 한강의 하상을 안정상태로 유지하고 각종 선박의 안전운항에 필요한 안전수심을 확보함과 동시에 수해로부터의 피해를 사전에 방지코자 매년 유지관리 측면에서 정비를 시행하고 있으며, 1987년부터 1997년말까지 7,661천 m^3 을 정비하였으며, 사업비로는 42,735백만원이 투자되었다.(서울시 한강관리사업소, 1998(b))

3.1 정비지역 선정

저수로 정비지역의 선정은 수심평면도에 계획하상고 이상 퇴적된 지역을 표시하여 서울한강 전지역에 대해 조사한 후 대횡단 자료를 이용 정비지역을 선정하였으며 선정기준은 (1)계획고 상부 퇴적이 하폭 전반에 널리 분포되어 있는 곳, (2)계획고 상부 퇴적이 지천하구에 분포되어 지천의 홍수소통에 지장을 주는 곳, (3)계획고 상부 퇴적이 수면위로 일부 노출되어 있는 곳, (4)저수로의 횡단 형상이 현저한 복단면의 형상을 나타내는 곳, (5)수상 이용계획에 따라 최소 수심이 유지되지 않는 곳을 대상으로 조사하여 1998년도에는 마포지구, 잠실지구 등 저수로와 유심수로 정비에 3,780백만원을 들여 290천 m^3 을 정비할 계획으로 알려져있다..

3.2 정비장비 선정

본 저수로 정비의 정비목적, 토질, 정비계획수심, 굴착두께에 따른 작업능률, 선박의 흡수심 등 주변조건을 고려할 경우 펌프준설선이 가장 적당할 것으로 판단되며, 실트 및 점토와 세립의 모래로 구성된 지천하구 정비시에는 배사관으로부터 유출된 토립자는 비중에 따라 분급작용이 발생되므로 투기장, 침전지 시설 및 오탐방지막을 설치하여 미립자의 재유입을 방지하여야 할 것이다.

수심이 얇거나 호박돌 섞인 단단한 자갈층, 정비두께가 1.0m이하인 구간은 Pump준설선으로 시공이 곤란하므로 바지(Barge)에 백호를 탑재한 육상굴착 형식으로 정비작업을 시행하고 있다.

3.3 정비절차

정비지역의 적당한 위치에 투기장과 침전지를 설치한 다음 정비장소에서 펌프준설선으로 정비하여 배사관을 통하여 투기장으로 이송된다. 투기장에서는 침전을 시켜 양질원석, 보통원석, 불용토로 분류과정을 거쳐 크람셀이나 백호로 토운선에 상차하고, 토운선으로 운반하여 난지도 둔치나 양천둔치에 도착 Dump truck으로 소운반하여 야적하게 되며, 그 절차를 간단히 표시하면 <그림 1>과 같으며, 정비작업현황 단면도는 <그림 2>와 같다.

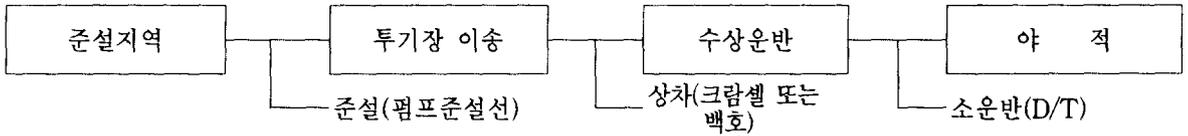


그림 1. 정비절차 개요도

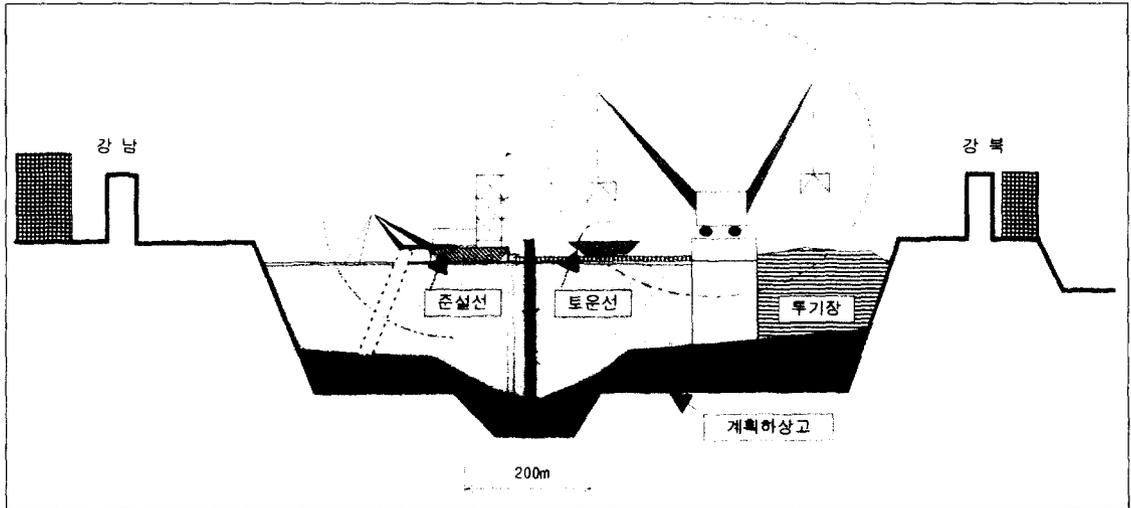


그림 2. 정비작업 현황 단면도

3.4 정비방법 개선방안

(1) 현 정비방법의 문제점

한강은 홍수시 유속에 의하여 세굴, 퇴적이 반복되면서 자연적인 현상으로 세굴이 증가하고 있다. 하상변화 상태 조사에 의하면 퇴적된 부분은 계속 퇴적되고 세굴부분은 계속 세굴되는 현상이 일어나고 있다. 상류의 유송토사는 댐 건설로 인하여 유입이 어렵고 인위적인 준설 및 자연적인 세굴이 계속된다면 하상은 더욱 낮아져 구조물의 안전 등 문제를 야기할 것이므로 정비방법의 개선이 필요하다고 판단된다.

실제로 서울특별시 건설안전관리본부에서 조사한 한강교량하부보호공사실시시설계종합보고서(1995)에 의하면 성산대교 등 15개 교량의 하상세굴로 인한 보수공사에 355억원을 투자하여 보수중에 있다.

(2) 정비방법 개선

현재의 정비방법은 계획하상고 상부의 퇴적토사를 준설하여 제내지로 반출하는 방법이다. 개선코자 하는 정비방법은 세굴로 인한 문제를 해결하고 평형하상을 유지하기 위하여 계획하상고 상부의 퇴적 토사를 준설하여 계획하상고 하부의 세굴된 부분 특히 교량하부 등에 운반하여 되메움하는 정비방법이 되겠다.

1997년의 경우 계획하상고 상부 퇴적량은 5,944천 m^3 이나, 계획하상고 하부 세굴량이 49,028천 m^3 로 되메움 후에도 43,084천 m^3 가 모자란다.

(3) 정비사업비

계획하상고 상부 퇴적량 5,944천 m^3 를 현재의 정비방법으로 정비하는데 소요되는 사업비는 1997년 단가기준시 m^3 당 2,700원의 준설비용과 m^3 당 6,700원의 운반비를 포함하여 m^3 당 9,400원으로 총 소요사업비는 55,874백만원이 된다. 그러나, 세굴부분에 되메움시에는 별도의 운반이 필요없으므로 사업비는 m^3 당 2,700원의 준설비용만 적용 총 소요사업비는 16,049백만원이 된다.

따라서 정비방법을 변경시에는 39,825백만원의 예산이 절감되는데 여기에 골재활용으로 인한 수입금액을 감안하면 골재활용량을 준설량의 60%로 보고 매각단가를 보통원석 기준으로 1997년도 금액인 m^3 당 2,650원을 적용하면 총 수입금액은 9,450백만원이 되므로 실제의 예산절감은 30,375백만원이 된다.

4. 결 론

한강 하상정비는 1982년부터 1986년까지 완료한 한강종합개발사업으로 정비된 하상을 유지하며 홍수예방과 선박의 안전한 운항, 윈드서핑등 수상이용시설의 안전한 이용을 위하여 1987년부터 매년 한강하상 변화상태를 조사한 바, 상류 및 지천으로부터 유입토사는 줄어든 반면, 인위적인 준설 및 자연적인 현상으로 인해 1987년 대비 1997년에는 평균 35cm의 하상이 낮아졌으며, 심한 곳은 5.3m까지 낮아진 곳도 있다. 계속적인 세굴에도 불구하고 퇴적되는 부분은 하천단면 확보 등 사유로 정비하여 외부로 반출하므로써 세굴이 더 심해지지 않을까 우려되고, 교량기초의 세굴로 보수에 많은 비용이 소요되고 있다. 그러므로 한강종합개발 후 10년이 되는 현시점에서 그간의 조사된 하상변화상태를 종합검토하여 퇴적된 부분을 준설하여 외부로 반출할 것이 아니라, 교량 하부 기초 등 세굴이 심한 부분에 되메움하는 정비방법으로 변경하는 방안이 필요하다고 판단된다.

정비방법 변경에 따른 검증, 자연생태계에 미치는 영향, 같은 장소의 물속에서 이루어지는 준설과 되메움에 대한 시공량의 확인 곤란, 시의회 및 감사에 대한 객관적인 입증곤란 등으로 정책결정은 쉽지않을것이나, 과학적인 조사및 분석에따른 준설방법으로 변경하므로써 1997년말로 정비대상이되는 계획하상고 상부의 퇴적토사 5,944천 m^3 를 기준할때 약300억원의 예산절감을 가져올것으로 판단된다.

5. 참고문헌

- 서울시, 한강교량하부보호공사 실시설계보고서, 1995
- 서울시, 한강종합개발기본계획보고서, 1983
- 서울시 한강관리사업소, 한강수로조사용역보고서, 1998(a)
- 서울시 한강관리사업소, 한강저수로 정비공사 책임감리용역보고서, 1998(b)