

농업용 저수지의 토사퇴적과 내용적 변화

Sediment in Agricultural Reservoir and Variation of Storage

박재흥* · 전도철 · 김재진 (농업기반공사)

Park, Jae Heung · Jeon, Doh Cheol · Kim, Jae Jin

Abstract

Many reservoirs have been constructed for sustainable utilization of water resources in Korea. Effective management of water resources in Korea becomes very important in recent years. Especially, the dredging in reservoirs is important for effective water resources management and one in easy water resources security methods.

According to "The reservoir dredging mid-long term planning investigation report", it was investigated that 1221 reservoirs need to dredge among 3,288 reservoirs managed by KARICO. And, KARICO made a survey of reservoirs for the sediment and storage change in 2002~2004.

In results, it was investigated total storage $1,406 \times 10^6 \text{m}^3$, effective storage $1,344 \times 10^6 \text{m}^3$ in mid-small 2,748 reservoirs and the storage ratio decreased total storage ratio 15.7%, effective storage ratio 4.4%.

I. 서론

우리나라는 해마다 반복되는 가뭄과 홍수로 막대한 재산피해를 입고 있다. 수자원의 확보와 안정적인 물공급의 원활을 기하고자 전국적으로 1만8천여개에 다하는 저수지와 댐 등이 건설되었으나, 대부분이 노후화 되었으며 토사의 퇴적으로 인한 내용적 감소와 수질악화로 인해 제 기능을 발휘하지 못하고 있는 실정이다(농림부, 1996).

급속한 경제성장과 인구의 증가 및 산업화, 도시화는 물론 국민소득의 증가로 물소비량이 지속적으로 증가하여 2020년에는 약 26억 m^3 의 수자원이 부족할 것으로 예측되면서 수자원의 개발과 효율적인 이용의 중요성에 대한 인식이 높아지고 있다. 그러나, 종래에 주로 사용해 왔던 수자원 개발 형태인 대규모 댐의 건설은 NIMBY현상과 개발적지의 감소, 건설비 및 수몰보상비의 증가, 환경론자들의 반대 때문에 그 개발에 있어 한계를 드러내고 있다. 따라서, 지금까지 개발된 수자원의 효율적인 관리가 더욱 필요한 실정이다.

현재 우리나라의 농업용 저수지는 건설후 토사퇴적에 대한 관리소홀로 실제 저류량을 정확히 파악하지 못하고 있다. 농업기반공사에서 관리하고 있는 저수지 3,288개소중 37%인 1,221개소가 준설이 필요한 것으로 조사되었다(농림부, 2002). 저수지 용수공급능력을 고려한 준설증장기계획 보완을 위해 2002~2004년까지 농업기반공사 관리 저수지를 대상으로 내용적 측량이 이루어졌다.

따라서, 본 연구에서는 농업용 저수지 내용적 측량결과를 활용하여 퇴사량을 산정하고 내용적 변화를 분석하여 효과적인 저수지 준설이 이루어지도록 준설사업 증장기계획 보완을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 저수지 퇴사량

우리나라에서는 일반적으로 저수지 퇴사량에 관한 설계기준은 농림부 「농업생산기반정비사업계획설계기준」 필댐편(2002년 개정)에 의한 "설계퇴사량은 20년간의 퇴사량을 추정하여 정한다"와

건교부 「댐설계기준」(2003년개정)에 의한 "일반적으로 대댐에선 100년간의 퇴사량을 대상으로 사수위를 결정한다"라는 기준이 있다.

저수지내 유입되는 퇴사량은 홍수의 규모(홍수량, 홍수속도, 홍수빈도) 및 토사 공급원의 상태에 따라 대략 추정할 수 있다. 따라서 이들 요인이 될 유역면적, 지형, 지질상향 등을 조사하고 또한 부근의 유사한 실적(기존댐 실적)을 조사하여 퇴사량을 추정한다.

퇴사량 추정에 관한 여러 가지 산정식들이 발표되어 있으나 퇴사량의 변동요인이 각 지역별로 크게 상이하다는 점을 생각할 때 지역별로 지형, 지질, 유역면적, 하천경사 등의 퇴사인자와 실측자료와의 상관성 규명을 통해 도출한 경험식 등을 고려하여 추정하여야 한다.

댐 계획 및 설계시에 이용되는 저수지 퇴사량 추정방법으로는 비유사량법으로서 유역내 저수지 퇴사자료 이용법, 경험공식, 타 유역의 비유사량 이용법 등이 있으며 이들 방법 중에서 현지의 여건에 가장 적합하다고 판단되는 방법을 선정해야 한다.

퇴사량 추정을 위하여 우리나라에서 개발된 공식으로는 유시창·민병형 공식(1975), 류희정·김시원 공식(1976), 새마을 공식(건교부, 1978), 윤용남 공식(1982), 안상진·이종형 공식(1984), 서승덕 공식(1988), 건설부 공식(1992) 그리고, 담수호 퇴사량 추정공식(김태철, 1996)이 있다. 이들 공식 모두는 저수지 퇴사량 자료로부터 구해진 추정식으로 유시창·민병형 공식, 류희정·김시원 공식, 건설부 공식, 담수호 퇴사량 추정공식은 비퇴사량 공식이며, 나머지 공식은 연평균퇴사량 공식이다. 이 중에서 5개 공식과 금번 조사결과를 비교하였다.

건설 당시부터 현재까지의 저수지 총퇴사량은 [건설 당시 저수량]-[현재 저수량]+[현재까지 총준설량]으로 산정하였다.

2. 저수지 내용적

저수지 토사퇴적 현황과 내용적 변화 현황을 파악하기 위하여 농업기반공사에서 2002~ 2004년까지 3개년에 걸쳐 중소규모 저수지 2,800여개소를 대상으로 저수지 내용적 측량을 실시하였다.

저수지의 내용적 측량은 GPS장비와 음향측심기(Echo-sounder)를 이용한 수심측량과 주변 지형측량으로 수행되었다.

저수지 건설 당시의 자료와 준설이력, 금번 저수지 내용적 측량결과를 종합하여 저수지 퇴사량을 추정하기 위하여 농업기반공사에서 관리하고 있는 저수지 등록부, 관리대장 및 농업기반시설관리시스템 등의 자료를 활용 하였다.

농업용 저수지는 많은 시설이 소규모이거나 준공후 경과년수가 오래되어 시설관리이력이 정확하게 남아있는 경우가 많지 않았다. 과거 농지개량조합에서 관리하던 시절의 소규모 저수지와 시군에서 관리하던 저수지를 관리이관 받은 경우는 자료의 관리가 미흡하였다.

저수지 퇴사와 내용적 변화자료의 신뢰도를 높이기 위하여 준설 이력이 명확하지 않은 저수지, 인위적인 매립이나 제당과 여수토의 높이를 변경한 저수지 등의 자료를 제거하는 과정을 거쳤다.

저수지내 토사퇴적의 위치를 파악하기 위하여 건설 당시와 현재의 내용적 곡선을 비교·분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 저수지 내용적 측량결과

농업기반공사에서는 관리하고 있는 저수지의 저수량 파악을 위하여 2002~2004년까지 3개년에 걸쳐 2,800여개소에 대하여 내용적 측량을 실시하였다.

저수지 내용적 측량결과 중소규모 저수지 2,748개소의 총저수량은 1,406백만^m³, 유효저수량은 1,344백만^m³으로 조사되었다. 내용적 측량 저수지중 기존 자료가 없는 경우를 제외하고 기존의 자

료와 내용적 측량 자료를 비교해 본 결과, 총저수량은 15.7%, 유효저수량은 4.4%가 감소된 것으로 나타났다. 총저수량의 감소율보다 유효저수량의 감소율이 작은 것은 사수위 이하보다는 유효저수 구간에서 준설이 이루어지기 때문으로 추정된다. 하지만 여기에는 인위적인 저수지 수면매립과 제당 및 여수토의 승상, 건설 당시 제내지 흙의 유용으로 인해 설계당시의 저수량보다 크게 건설되었으나 저수량 자료는 설계 당시의 자료로 관리되거나 수기로 인한 기록자료의 오기 등의 기존 자료의 부정확으로 실제 감소된 저수량의 정확한 추정이 어려운 실정이었다.

<표 1.> 저수지 내용적 측량결과

년 도	저수지수 (개소)	건설 당시		내용적 측량결과		비 고
		총저수량 (천㎡)	유효저수량 (천㎡)	총저수량 (천㎡)	유효저수량 (천㎡)	
계	2,748	1,669,314	1,372,015	1,406,632	1,344,213	
2002	539	559,188	316,664	330,654	315,594	
2003	1,101	549,223	520,053	545,560	513,568	
2004	1,108	560,903	535,298	530,418	515,051	

※ 저수량 자료는 건설당시 자료가 있는 저수지에 한하여 작성

2. 준설현황

2004년까지 준설기록이 있는 저수지를 대상(1,034개소)으로 준설현황을 살펴본 결과, <표 2>에서 보는 것과 같이 저수지별 평균준설횟수는 1.5회/개소, 저수지별 1회 준설시 평균 준설량은 1~391천㎡로 다양하였으며, 그 평균량은 34천㎡로 나타났다. 도별로 살펴보면 전남이 준설량 및 준설횟수가 가장 많으며, 준설횟수는 강원이 가장 작고, 준설량은 충북이 가장 작았다.

<표 2> 도별 저수지 준설 현황

도별	저수지수 (개소)	준설횟수 (회)	준설량 (천㎡)	평균준설횟수 (회)	평균준설량 (천㎡)	비 고
계	1,034(3,297)	1,538	52,338	1.5	34.0	※ 2004년까지 준설 기록자료가 있는 저수지를 대상으로 작성 ※ () : 공사관리 저수지수
경기	68(121)	127	5,332	1.9	42.0	
강원	34(70)	49	2,552	1.4	52.1	
충북	41(189)	58	2,100	1.4	36.2	
충남	77(222)	158	6,952	2.1	44.0	
전북	84(378)	98	3,491	1.2	35.6	
전남	353(1034)	436	13,485	1.2	30.9	
경북	189(663)	312	9,418	1.7	30.2	
경남	188(617)	300	9,008	1.6	30.0	

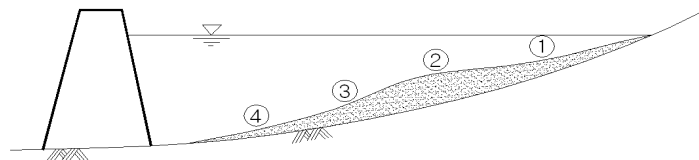
저수지 준공시기별로 준설현황을 분석해 본 결과, 준설주기는 평균 34.5년/회, 1985년 이후 준공 저수지는 8.2년/회로 산정되어 준공후 경과년수가 작을수록 짧은 준설주기를 보이고 있는데 이는 경과년수가 오래된 저수지의 경우 오래전의 준설기록이 남아 있지 않아 최근의 기록만으로 추정하게 되어 준설주기가 길게 나타나는 것으로 판단된다.

<표 3> 저수지 준공시기별 준설현황

구분	저수지수 (개소)	준설횟수 (회)	준설량 (천m ³)	평균준설횟수 (회)	평균준설량 (천m ³)	평균준설주기 (년/1회)
준설이력이 있는 저수지	1,034	1,538	52,338	1.5	34.0	34.5
1945년이후 준공 저수지	680	1,041	35,464	1.5	34.1	31.5
1965년이후 준공 저수지	291	454	14,364	1.6	31.6	17.2
1975년이후 준공 저수지	161	253	8,122	1.6	32.1	13.2
1985년이후 준공 저수지	47	74	2,062	1.6	27.9	8.2

3. 저수지내 퇴사현황

일반적으로 저수지내 토사의 퇴적은 유입토사의 입도에 따라 분포가 달라진다. 하상을 전동해온 조립자의 소유사가 퇴적되는 구간(①), 시간경과에 따라 단구를 형성하며 전진하는 구간(②), 부유사가 퇴적되는 구간(③), 미세립자가 퇴적되는 구간(④)으로 구분할 수 있다(그림 1).

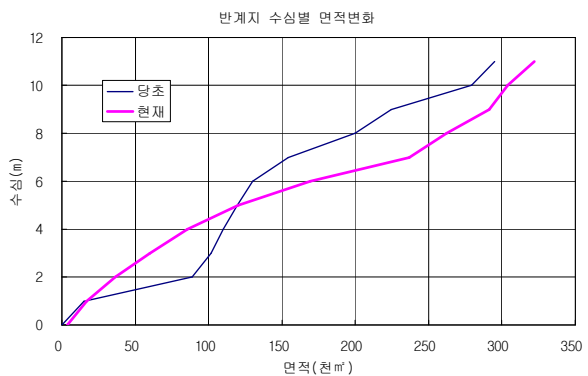
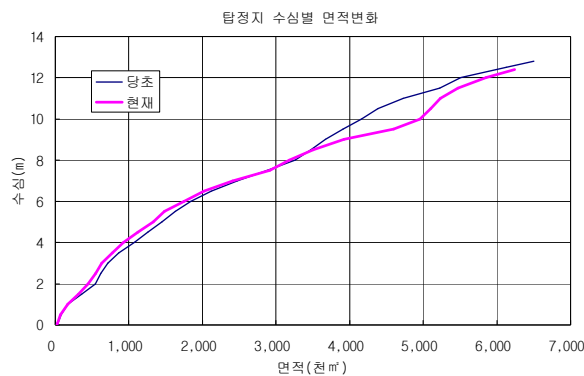


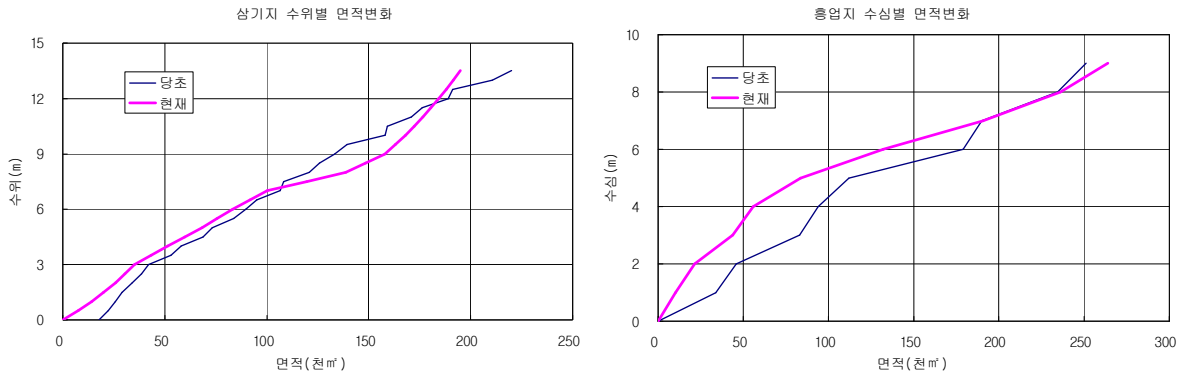
(그림 1) 저수지내 토사 퇴적형태

농업용 저수지는 홍수나 유역내 개발 등으로 인해 토사가 유입되는 경우 저수 내용적이 작아 저수량이 급격히 감소되고 있다. 농업용 저수지의 물관리 특성상 미세립자가 퇴적되는 저수지 바닥구간에서는 준설이 어려우며 오랜 기간의 경과로 수질의 오염을 유발시키기도 한다.

저수지내 토사의 퇴적 위치를 파악하기 위하여 건설 당시의 내용적 곡선과 금번 저수지 내용적 측량결과와 내용적 곡선을 비교하였다.

일반적인 형태도 있으나 준설이 시행된 탐정, 반계, 삼기저수지의 경우 준설이 용이한 소유사 퇴적구간과 그 전진 구간이 설계당시 면적보다도 더 넓게 조사되기도 하였다. 그 이유는 대부분 준설작업이 육상준설로 시행되고 있어 준설작업이 용이한 구간을 대상으로 준설이 이루어졌기 때문이다.





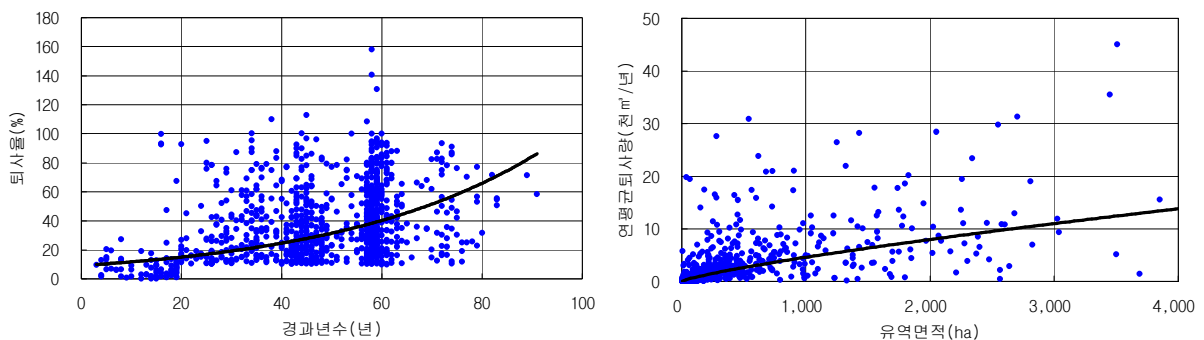
(그림 2) 농업용 저수지 수위별 면적변화(예)

저수지내 퇴사량을 추정하기 위하여 자료의 전처리가 필요하였다. 「농업생산기반정비사업계획 설계기준」 필담편에 “계획퇴사량을 20년간의 퇴사량을 추정하여 정한다”라고 되어있고 설계시 일반적인 사수용량(퇴사량)을 총저수량의 10%로 계획하고 있고, 저수지의 내구연한을 60년으로 하고 있는 등의 조건을 고려하여 자료를 선별하였다.

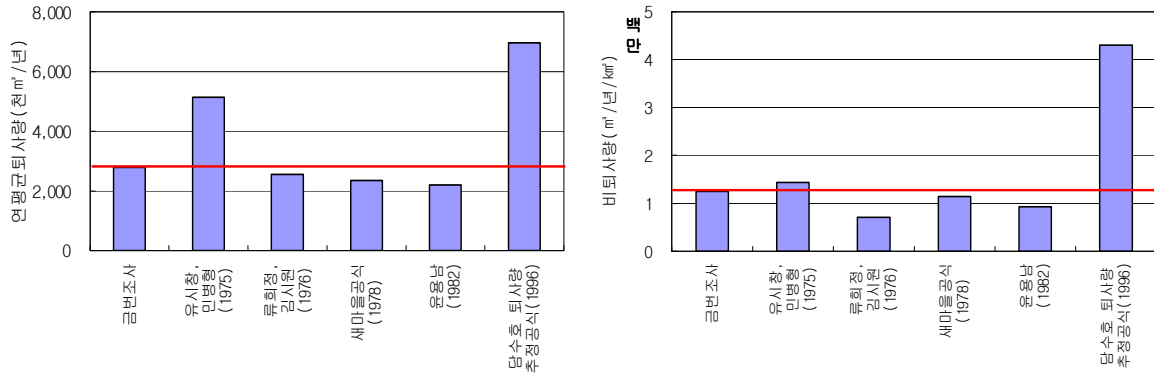
<표 4> 저수량 변화와 퇴사량

저수지 (개소)	유역면적 (km ²)	저수량(단위 : 백만m ³)			준설량 (백만m ³)	총퇴사량 (백만m ³)	퇴사율 (%)
		건설당시	내용적측량	변화율(%)			
954	3,637	492	423	Δ14.1	25	95	19.2

분석 결과, 퇴사율은 경과년수가 오래됨에 따라 커지는 경향을 보이고, 연평균퇴사량은 유역면적이 커짐에 따라 증가하는 경향을 보이고 있으나, 그 분포가 넓게 나타났고, 기존 퇴사량 추정공식 중에서 연평균퇴사량 추정에서는 류희정·김시원 공식, 새마을 공식, 윤용남 공식이 조사결과와 근사한 값을 보였고, 비퇴사량 추정에서는 유지창·민병형 공식, 새마을 공식, 윤용남 공식이 근사한 값을 보였다.



(그림3) 경과년수-퇴사율, 유역면적-연평균퇴사량 분포



(그림 4) 금번 조사와 기존 공식 비교

IV. 결 론

농업기반공사에서는 관리하고 있는 저수지의 효율적인 저수량 관리를 위하여 2002~2004년까지 3개년에 걸쳐 실시한 저수지 내용적 측량에서 중소규모 저수지 2,748개소의 총저수량은 1,406백만 m³, 유효저수량은 1,344백만 m³으로 조사되었다. 내용적 측량 저수지중 기존 자료가 없는 경우를 제외하고 기존의 자료와 내용적 측량결과 자료를 비교해 본 결과, 총저수량은 15.7%, 유효저수량은 4.4%가 감소된 것으로 나타났다.

2004년까지 준설기록이 있는 저수지를 대상(1,034개소)으로 준설현황을 살펴본 결과, 저수지별 평균준설횟수는 1.5회/개소, 저수지별 1회 준설시 평균 준설량은 1~391천 m³로 다양하였으며, 그 평균량은 34천 m³이었다.

저수지 1개소당 준설주기는 평균 34.5년/회, 1985년 이후 준공저수지는 8.2년/회로 산정되어 준공후 경과년수가 작을수록 짧은 준설주기를 보이고 있었다. 이는 과거 부족한 수자원은 저수시설의 확보로 해결하였으나 최근에는 신규 저수지의 개발이 어려워져 기존 시설을 효율적으로 운영함으로써 수자원을 확보하려 하고 있기 때문인 것으로 판단된다.

농업용 저수지내 토사의 퇴적은 최상류에 하상을 전동해온 조립자의 소유사가 퇴적되는 구간, 상류에 시간경과에 따라 단구를 형성하면 전진하는 구간, 중간부에 부유사가 퇴적되는 구간, 최저부에 미세립자가 퇴적되는 구간으로 퇴적양상을 보이고 있었으나, 준설로 인하여 최상류와 상류부의 표고별 면적이 준공 초기의 면적보다 더 넓게 나타나는 형태도 있었다.

농업용 저수지는 계획,설계시에 토사퇴적을 고려하여 20년간의 퇴사량을 추정하여 계획퇴사량으로 정하고, 총저수량에 필요저수량의 10%를 가산하여 계획한다. 이를 고려할 경우 20년에 1회정도 준설이 시행되는 것이 정상적이라고 할 수 있으나 대부분의 토사 퇴적은 저수지 최저부에서부터 시작되는 것이 아니라 유효저수 구간에서 발생되므로 준설시기가 앞당겨지는 것이 현실이다.

그러므로 저수지 계획,설계시 유역의 비퇴사량을 계산하여 총저수량 산정에 반영할 수 있는 기준의 제시와 준설사업의 효율적 시행을 위해 적정 준설시기와 준설량을 추정할 수 있는 심도 있는 연구 수행이 더 필요하다.

참고문헌

1. 농림부-농업기반공사, 2002. 저수지 준설사업 관리요령
2. 농림부, 농업기반공사, 2002. 저수지 준설사업 중·장기계획 수립조사 보고서
3. 농림부, 1996. 저수지 준설토의 효율적인 활용방안 연구
4. 손광익, 심명필, 2004. 농업용 저수지의 퇴적토사 관리를 통한 효율적 수자원 개발, 한국수자원학회논문집 제37권 제6호 pp.467~477