

하천의 유지관리비 산정에 관한 연구

김 홍 규*

<요 약>

하천과 그의 부대시설물들이 제대로 기능을 발휘하기 위해서는 여러 프로젝트들이 수행되어야 한다. 이러한 프로젝트들의 성공적 수생을 위해서는 프로젝트들을 구성하는 일련의 활동들을 잘 기획하고, 다음으로 이러한 활동들에 소요되는 비용들을 합리적으로 산정하고, 마지막으로 이러한 비용들을 조달하기 위한 재원을 마련하여야 한다. 이 논문에서는 하천유지관리의 최적 수준에 관하여 논의한 다음 하천의 유지관리비를 산정하기 위한 체계적인 방법론을 살펴본다.

핵심주제어: 하천, 유지관리, 유지관리비, 최적 수준

I. 서론

하천은 인간에게 많은 이로움과 해로움을 동시에 제공하고 있다. 하천은 인간이 먹을 수 있는 물과 집에서 사용하는 물 등 일상생활에서 필요한 급수의 요인이 되며, 물의 낙차를 이용하여 수력발전을 시행할 수 있을 뿐만 아니라, 인간에게 심리적으로 안정을 취할 수 있는 자연의 아름다움과 신비함 등을 가져다 주는 한편 많은 양의 호우가 내려 하천수위가 범람하면 인명 피해는 물론 가옥과 재산피해 등 막대한 피해를 남겨 주기도

* 본 연구소 연구원, 상경학부 경영학전공 교수

한다. 따라서 우리 인간은 하천을 제대로 관리하여 하천사용의 이익을 증진시키고 하수로 인한 피해를 예방하고자 노력할 필요가 있다.

현재 하천관리 주무부서인 건설교통부 수자원국 하천관리과에서 담당하고 있는 하천의 유지관리 관련업무는 크게 홍수 예·경보 등 홍·갈수관리업무, 하천의 기능유지를 위한 하천유지보수업무, 그리고 점·사용 허가 등 하천 구역 내 행위제한 업무의 세 가지로 요약할 수 있다. 그리고 시·군에서 주로 담당하고 있는 하천유지관리업무는 제방·호안의 정비, 잡초 및 지장목의 제거, 하상정비, 불법시설물의 정비철거, 하천감시원의 운영 등이 있다.

하천의 경우 개수된 이후에 지속적인 유지관리가 있어야 하나 현재까지는 하천에 대한 개수실적 자체가 저조한 상황 하에서, 유지관리의 중요성에 대한 인식이 부족한 상태라고 할 수 있다. 일례로 현재 기 개수된 하천의 유지관리를 위한 투자현황을 보면, 공식적인 예산서 기준으로 일반하천개수사업에 편성되어 집행되고 있는 5억원~10억원 정도에 그치고 있는데 이는 하천개수사업 예산의 1%에도 못 미치는 액수이다. 또한 시·군은 하천에서 생기는 부담금·점용료 등의 수입금의 일부를 재원으로 하여 하천의 유지관리업무를 수행하고 있으나 이러한 재원으로는 유지관리활동을 수행하기에 충분하지 못한 실정이다. 또한 유지관리활동에 대한 체계적인 계획도 미비한 형편이라 할 수 있다.¹

또한, 매년 반복되는 하천재해에 대한 경각심 증가로 장기적이며 체계적인 하천유지관리에 대한 국민적 욕구는 증대하는 반면 다른 사회간접자본시설과 달리 즉각적이고 가시적인 효과나 특별한 수익이 발생하지 않기 때문에 하천유지관리에 대한 정부의 정책우선순위가 낮게 반영되고 있다. 따라서 현재 개수되지 않은 하천의 조기개수를 추진함과 아울러 이미 개수된 하천의 현황파악 및 유지관리를 위한 체계적인 사업계획의 수립이 있어야 할 것이다.

현재의 하천법이 유지관리에 대한 개념이 전무하였던 1961년에 제정되어 하천유지관리를 위한 개념이나 정의가 없고 하천유지관리업무는 단순한 시설물 유지관리 이외에도 하천의 제 기능을 원활하게 수행하기 위한 제반 활동을 포함하고 있기 때문에 하천유지관리업무에 관한 논의를 전개하여 합리적으로 하천의 유지관리비를 산정하는 방법을 도출하는 것은 의미가 있다고 사료된다.

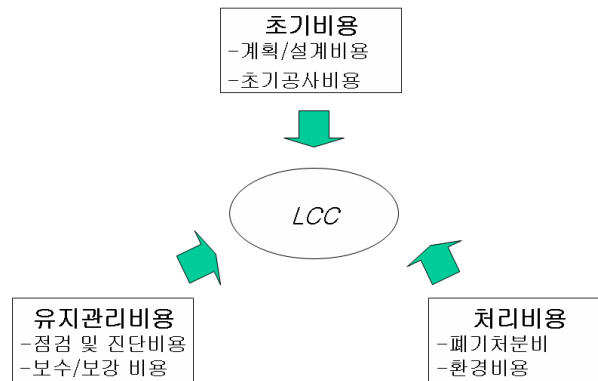
II. 하천유지관리비의 산정방향

1. 수명주기비용

¹ 건설교통위원회, 2002.

수명주기비용(Life Cycle Cost, 이하 LCC)은 <그림 1>에 나타난 바와 같이 일반적으로 제품의 생산, 사용, 폐기처분의 각 단계에서 생기는 비용을 합한 총비용을 말하며, 수명주기비용평가(Life Cycle Cost Appraisal, 이하 LCCA)는 이 총비용을 산정하는 방법 혹은 절차를 말한다. 즉, 시설물의 경우 시설수명기간에 걸쳐 투입되는 총비용인 LCC를 산정하는 방법을 LCCA라 할 수 있겠다. 따라서 하천부대시설물의 수명은 주기적인 유지관리를 통해 수 세기까지도 연장될 수 있으나, 하천 부대시설물의 구성요소는 제한적 수명을 갖기 때문에 그 수명의 종료시점에서 교체비 또는 개선비를 파악하여 이를 현재가치로 환산하여 LCC를 구하여야 한다.

<그림 1> 시설물의 일반적인 LCC 구성



LCCA에서 수명주기는 유사한 시설물의 실제수명주기를 관찰하여 이를 주어진 상황에 적합하도록 조정하여 결정하는 것이 바람직하다. 시설물의 경우 대개 40년 이상의 내구연수를 가짐은 물론 상황에 따라 100년 이상 존속될 수 있을지라도 아주 먼 미래에 발생할 비용의 현재가는 매우 작게 되므로 LCCA를 위해 이와 같이 장기간을 분석기간으로 설정할 필요가 없기 때문이다. 적정 분석기간은 25~49년², 20~25년³ 등으로 학자마다 다소 다르게 제시되고 있으나 대개 25~40년 정도로 설정하면 무리가 없을 것으로 판단된다. 따라서 하천 부대시설물의 경우도 수명주기를 25~40년 정도로 설정하는 것이 바람직하다고 사료된다.

LCCA에서 미래의 발생비용을 돈의 시간가치를 고려하여 현재의 가치로 환산하는 과정에서 할인율이 이용되는데 명목할인율, 예상 평균 인플레이션을, 그리고 실질할인율 사이에는 다음의 관계식이 성립한다.⁴

² Dell'Isola and Kirk, 1981.

³ Ferry and Flanagan, 1991.

⁴ Brealy and Myers, 1991.

$$r = \frac{(1+R)}{(1+f)} - 1$$

여기서 R: 명목할인율

f: 예상 평균 인플레이션율

r: 실질할인율

명목할인율은 장기정부채권의 이율을 사용하는 것이 원칙이나, 국내 정부채권의 시장규모가 작아 장기정부채권의 이율이 금리의 주도적 역할을 담당하지 못하므로 장기은행저축의 이자율로 대체하는 것이 바람직하다.

위와 같이 LCC의 산정에는 “오늘의 1원이 미래의 1원보다 더 가치가 있다”는 원리에 따라 “돈의 시간가치”를 고려한 평가방법이 이용되는데 가장 대표적인 평가방법으로 수명주기에 걸친 현금흐름의 현재가치를 미리 결정된 할인율을 적용하여 산정하는 현가법이 있다. 현가법으로 계산한 LCC 즉, LCC_p 와 초기투자비, 유지관리비, 그리고 처리비용간의 관계는 다음의 식과 같다.

$$LCC_p = V + \sum_{t=1}^n O_t(1+r)^{-t} + S(1+r)^{-n}$$

여기서 V : 초기투자비

O_t : 유지관리비

$O_t(1+r)^{-t}$: 할인율 r인 경우, 유지관리비의 현재가

S : 처리비용

$S(1+r)^{-n}$: 할인율 r인 경우, 폐기비용의 현재가

n : 수명주기

여기서 한 가지 주의할 점은 유지관리단계에서는 초기투자비와 과거의 유지관리비에 대한 지출이 먼저 이루어졌으므로 이는 어떻게 해도 회수가 불가능한 매몰원가가 되기 때문에 LCC산정에서 제외되어야 한다는 사실이다.

2. 유지관리활동

유지관리활동이란 시설물의 수명기간 동안 기능 및 성능을 유지보전하기 위한 일상적, 정기적인 업무로부터 시설물의 진단과 그에 따른 대규모 보수설계와 보수까지 포함하는 다양한 업무를 의미한다. 여기서 시설물의 기능 및 성능이란 시설물 본래의 사용목적에

제한되는 개념이 아니고, 외관의 미적 가치, 이용효율과 경제가치까지도 의미하는 포괄적인 개념이다.

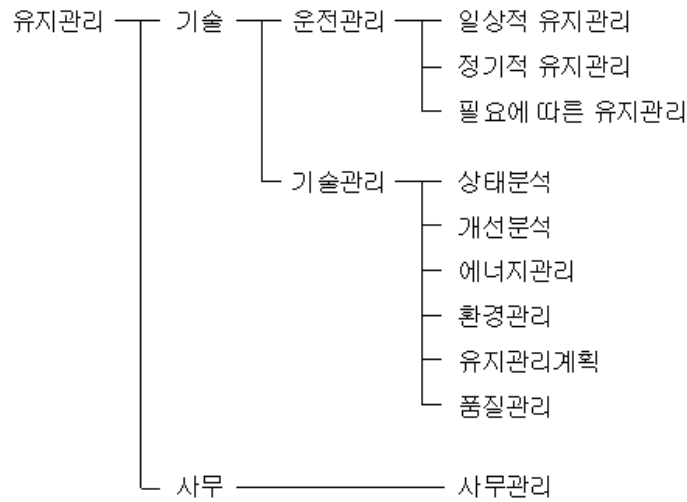
유지관리활동의 목적은 여러 가지가 있겠지만 일반적으로 다음의 <그림 2>와 같이 요약할 수 있다.

<그림 2> 유지관리활동의 목적



유지관리활동은 <그림 3>에 나타난 바와 같이 크게 기술과 사무로 분류되고, 기술은 일상적인 유지관리, 정기적인 유지관리, 필요에 따른 유지관리를 포함하는 운전관리와 상태분석, 개선분석, 에너지관리, 환경관리, 유지관리계획, 품질관리 등을 포함하는 기술관리로 분류된다.

<그림 3> 유지관리활동의 분류



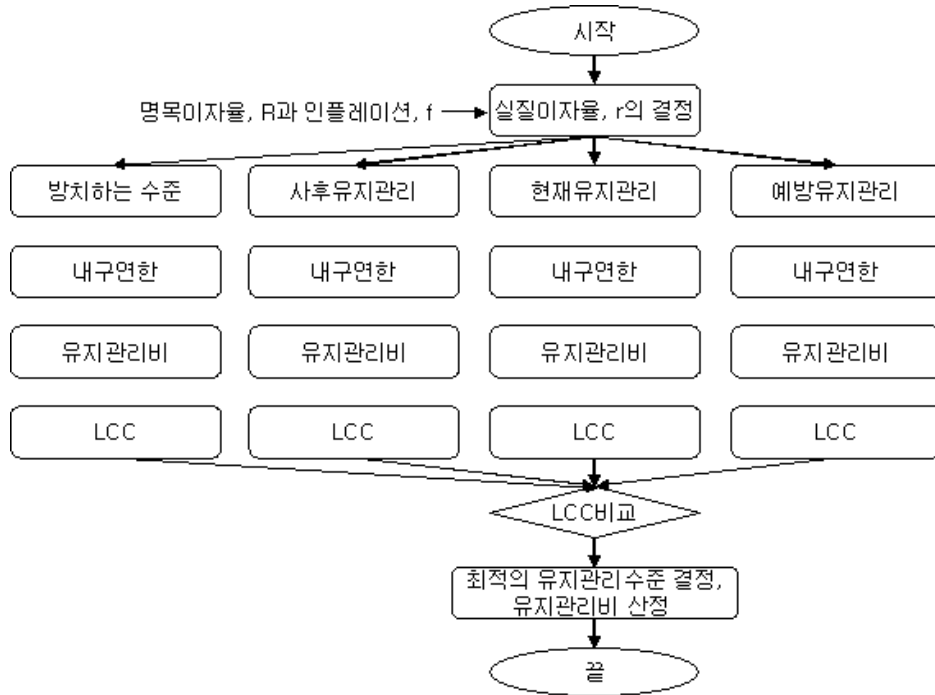
어느 정도의 수준에서 유지관리를 하느냐에 따라 유지관리의 내용이나 비용이 달라지므로 먼저 적절한 유지관리활동의 수준을 규정하여야 할 필요가 있으며, 유지관리의 수준은 다음의 <표 1>에 나타난 바와 같이 크게 네 가지로 구분할 수 있다.

<표 1> 유지관리의 수준

구분	정의
무보수 수준	시설물을 전혀 유지보수하지 않고 방치하는 수준
사후유지관리 수준	시설물을 거의 방치하였다가 안전성 등에 문제가 발생하면 보수·보강 조치를 취하는 수동적인 유지관리수준
현행유지관리 수준	어느 정도 유지관리를 수행하나 적기에 유지보수할 수 없는 유지관리수준
예방유지관리 수준	구조물의 구성요소에 대한 보수·보강 및 교체주기를 시기적절하게 관리하고, 예산을 적기·적소에 투입하며, 문제를 적극적으로 찾아 큰 문제가 발생하기 이전에 문제를 해소하는 능동적인 유지관리수준

따라서 바람직한 하천시설물의 유지관리수준의 결정과 유지관리비 산정을 위한 절차는 먼저 향후 명목이자율 R과 인플레이션율 f를 예측하여 실질이자율 r을 결정, 다음으로 유지관리수준별 하천부대시설물의 내구연한과 유지관리비의 예측, 다음으로 이러한 자료를 이용하여 유지관리수준별 LCC를 산정, 마지막으로 유지관리수준별 LCC를 비교하여 최소의 LCC를 산출하는 유지관리수준을 결정하고 그에 해당하는 유지관리비를 산정의 순으로 이루어지는 것이 바람직하다. 이러한 절차는 다음의 <그림 4>와 같이 요약할 수 있다.

<그림 4> 적정 유지관리수준의 결정



한편, 전술한 바와 같이 유지관리수준별 LCC 구성항목별 비용자료에 근거하여 LCC를 최소화하는 유지관리의 수준을 정할 필요가 있으나, 일반적으로 유지관리가 예방유지관리수준에서 행해질 때 하천부대시설물의 수명연장을 통해 LCC가 최소화되는 것으로 알려져 있다.

3. 유지관리비의 산정

본 장 2절의 논의로부터 예방유지관리에 합당한 유지관리활동을 기획하고 그에 소요되는 비용들을 고려하여 유지관리비를 산정하는 것이 바람직하다는 것을 알 수 있다. 여기서 유지관리비의 산정은 유지관리활동을 수행하는데 필요한 자재, 노무, 장비 등의 제반 자원에 대한 수량과 금액을 산출하여 유지관리활동에 관련한 의사결정에 필요한 정보를 제공하는 절차라고 정의할 수 있다.

유지관리비의 산정업무에 지침이 될 수 있는 기본사항 혹은 원칙을 통하여 합리적인 비용정보를 얻을 수 있으며 이는 다음의 <그림 5>와 같이 요약할 수 있다.⁵

⁵ 김인호, 1999.

<그림 5> 유지관리비산정지침



유지관리비산정방법으로는 비용지수법, 비용용량법, 계수견적법, 변수견적법, 기본단가법 등이 적용할 수 있는데 이들을 요약하면 다음의 <표 2>와 같다.⁶

<표 2> 유지관리비 산정 방법

구분	정의
비용지수법	다른 시간과 장소에서의 비용정보를 조정하는데 사용되는데, 기준이 되는 시간과 장소에서의 비용지수값과 다른 시간과 장소에서의 비용지수값에 대한 비율에 근거함.
비용용량법	프로세스의 생산출력과 그에 필요한 자원 사이의 관계에 근거하는데, 유지관리활동이라는 프로세스에서의 생산은 바람직한 즉, 유지관리된 시설물의 양이 되고 이를 수행하는데 필요한 자원은 재료, 인력 및 장비가 됨.
계수견적법	시설물의 장비를 기준요소로 가정할 경우 장비설치비를 비롯하여 기타 건축, 토목, 설비, 전기 등의 비용요소를 장비비에 대한 비용으로 산출하는 것이며, 여기서 계수는 유지관리활동을 구성하는 각 요소에 대한 비용과 기준요소에 대한 비용의 비율임.
변수견적법	견적된 시스템 비용을 곱하여 계산되므로 유지관리활동의 전체 비용은 유지관리활동을 구성하는 모든 시스템들의 비용을 합하여 구함.

⁶ 김인호, 1999.

기본단가법	각 유지관리활동의 기본단위에 대한 비용자료, 예를 들어 단위길이, 단위면적, 단위체적 등에 근거하여 비용을 산출하는 것임.
-------	--

<표 2>에 나타난 기본단가법은 특정한 작업항목과 각 항목에 대한 수량과 단가에 근거하여 유지관리비를 결정하는 것이라 할 수 있다. 즉 유지관리활동 각각의 요소는 물리적인 작업수량과 그에 연관된 기본단가를 가지므로 각 요소의 비용은 작업수량과 기본단가를 곱하여 산정할 수 있고, 전체 유지관리비는 모든 작업항목에 대한 비용의 합으로 산출할 수 있다.

유지관리비산정절차는 앞서 기술한 유지관리비산정방법에 따라 약간씩 차이가 있을 수 있으나, 유지관리비산정의 전형적인 방법인 기본단가법을 대상으로 유지관리비산정절차를 살펴보면, 일반적으로 물량산출, 일위대가산정, 그리고 유지관리비계산의 순으로 이루어진다. 이러한 유지관리비계산의 과정은 다음의 식으로 요약할 수 있다.

$$\text{유지관리비} = \text{간접비} + \sum_{i=1}^n \text{작업}_i \text{의 수량} \times \text{작업}_i \text{의 일위대가} + \text{예비비}$$

여기서 n : 계획된 유지관리활동에 필요한 작업의 개수

예비비: 미래의 불확실성에 대한 완충제의 역할을 하는 유지관리비의 비용항목

위의 식을 이용하여 우리나라 하천유지관리비를 산정할 경우 현재 합리적으로 정리된 신뢰할만한 하천유지관리비에 대한 데이터가 전무한 상태이기 때문에 전문가들의 도움을 얻어 예방유지관리수준에서 필요한 유지관리활동들을 도출하고 이에 상응하는 일위대가를 추정하여야 할 것이다. 또한 하천의 적절한 유지관리방법에 대하여도 꾸준한 연구가 지속되어 이에 기초한 유지관리비산정이 이루어져야 할 것이다. 한편, 유지관리비의 구성항목 중 예비비를 산정하는 방법에 대해서는 다음 장에서 살펴보도록 한다.

III. 예비비의 산정

하천유지관리비를 산정하기 위해 필요한 예비비는 다음과 같은 절차에 의하여 구할 수 있다.

먼저 예비비에 관한 분석의 편의를 위하여 다음과 같은 가정을 설정한다.

- 가정 1. 관심의 대상이 되는 하천은 모두 N개이고 N은 충분히 큰 숫자이다.⁷
- 가정 2. 시간이 경과함에 따라 수명주기를 다한 하천부대시설물은 같은 것으로 대체되어 하천부대시설물의 포트폴리오는 항상 일정하게 유지된다.
- 가정 3. 하천 i, i=1, 2, 3, ..., N의 단위기간 동안 유지관리활동에 필요한 유지비는 평균 μ_i , 표준편차 σ_i 를 갖는 임의의 확률분포를 따른다.

위와 같이 가정하면 하천 i, i=1, 2, 3, ..., N의 유지관리비의 확률분포를 나타내는 확률변수 X_i 가 서로 독립일 때 N개로 구성된 하천 전체의 유지관리비의 확률분포를 나타내는 확률변수 X_{Tot} 는 중심극한정리에 의해 다음의 평균과 표준편차를 갖는 정규분포를 따른다.⁸

$$\mu_{Tot} = \mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \dots + \mu_N, \sigma_{Tot} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \dots + \sigma_N^2}$$

위의 σ_{Tot} 에 관한 식으로부터 다음과 같은 사실을 알 수 있다.

$$\sigma_{Tot} \leq \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \dots + \sigma_N$$

위의 부등식은 하천 전체의 유지관리비가 개별하천의 유지관리비의 합보다 불확실성이 작다는 것을 의미한다. 즉, 개별하천 별로 유지관리비를 편성하기보다는 하천전체의 유지관리비를 편성하는 것이 더 적은 비용으로 같은 수준의 불확실성에 대처가 가능하다는 의미가 된다.

그리고 X_{Tot} 가 정규분포를 따른다는 사실로부터 이를 표준화한 다음의 확률변수는 표준정규분포를 따른다는 것을 알 수 있다.

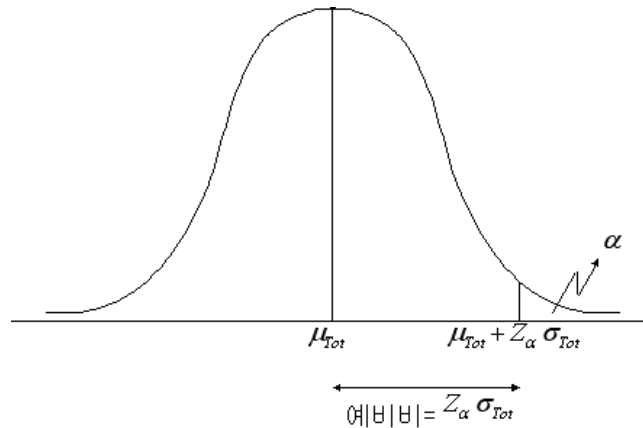
$$Z = \frac{X_{Tot} - \mu_{Tot}}{\sigma_{Tot}}$$

따라서 $100(1-\alpha)\%$ 의 확률로 불확실성을 흡수하기 위해 필요한 예비비는 다음의 <그림 6>에 나타난 바와 같이 $Z_\alpha \sigma_{Tot}$, 여기서 $P(Z > Z_\alpha) = \alpha$,가 됨을 알 수 있다.

<그림 6> 예비비의 계산

⁷ 이론적으로는 N이 무한대이어야 하나, 현실적으로 N이 30이상이면 이후의 논의에 큰 무리가 없다.

⁸ 여기서 중심극한정리란 만약 N개의 관찰치로 구성된 무작위표본에서 각각의 관측치가 서로 독립인 어떤 모집단으로부터 추출된다면, 그리고 N의 값이 충분히 크다면, 이 관찰치의 합의 분포는 개략적으로 정규분포를 이루고, N이 크면 클수록 이 관찰치들의 합의 분포는 정규분포에 더욱 가깝게 되는 통계적 현상을 나타낸다.



IV. 결론

하천의 경우 그 중요성에도 불구하고 현재까지는 하천에 대한 개수실적 자체가 저조하고, 그의 유지관리의 중요성에 대한 인식이 부족한 상태이다. 하천유지관리를 위한 최적의 계획수립 및 이의 실행을 위해서는 적정수준에서의 유지관리활동방안을 마련하여야 하고, 이에 기준하여 필요한 유지관리비를 산출하여야 할 필요가 있다.

일반적으로 유지관리가 예방유지관리수준에서 행해질 때 하천부대시설물의 수명연장을 통해 LCC가 최소화되는 것으로 알려져 있다. 유지관리비 산정의 전형적인 방법인 기본단가법은 작업항목 각각에 대한 수량과 그의 단가에 근거하여 유지관리비를 결정하는 방법인데, 이 방법을 이용하여 하천유지관리비를 산정할 경우 현재 합리적으로 정리된 신뢰할만한 하천유지관리비에 대한 데이터가 전무한 상태이기 때문에 전문가들의 도움을 얻어 예방 유지관리수준에서 필요한 유지관리 활동들을 도출하고 이에 상응하는 일위대가를 추정하여야 할 필요가 있다.

참고문헌

- Brealey, R. A. and Myers, S. C., 1991, Principles of Corporate Finance, McGraw-Hill, Inc.
- Dell'Isola, A. J., and Kirk, S. J., Life Cycle Costing for Design Professionals, New York : McGraw-Hill, 1981.
- Ferry, D. J. O., and Flagnan, R., Life Cycle Costing - A Radical Approach, CIRIA

Report 122, Construction Industry Research and Information Association, 1991.
김인호, 1999, 건설경영공학, 기문당.
건설교통위원회, 2002, 2003년도 건설교통부소관 세입세출예산안 기금운용계획안 검토보고서 2002.

<ABSTRACT>

A Study on Determining River Maintenance Cost

Heung-Kyu Kim

Various projects should be carried out to maintain the overall functioning and effectiveness of the river and its surroundings. In order to guarantee successful results of these projects, a series of activities, constructing the projects, must be carefully planned, the cost for this must be reasonably determined, and the budget for this must be well prepared. In this paper, a systematic approach for determining river maintenance cost is presented, preceded by discussion on how to determine an optimal level of river maintenance.

Keywords: River, Maintenance, Maintenance Cost, Optimal Level

* Assistant Professor, Business Administration Major, Dankook University