LCC를 고려한 BOX구조물 뒷채움 재료의 경제성 분석

Economic Analysis of Box Mechanical Behavior Materials Using LCC Analysis

박 영 민* 김 수 용**
Park, Young-Min Kim, Soo-Yong

요 약

경량기포혼합토는 경량성으로 인해 구조물 등에 작용하는 하중이 저감되어 연약지반의 뒷채움 재료로 사용되지만, 일반토사에 비하여 초기시공비용이 많이 소요되어 아직 국내에서는 많이 적용되고 있지 않다. 주로 뒷채움 재료는 초기시공비가 적게 소요되는 일반토사를 사용하고 있으나, 일반토사의 덧씌우기 공법은 횟수가 증가함에 따라 사용연수가 감소된다. 특히 연약지반에 설치된 BOX구조물이나 교대 뒷채움 인근의 단차 발생 시 덧씌우기 공법은 일시적인 대체공법은 가능하지만, 덧씌우기 두께에 대한 하중만큼 추가 하중이 발생하게 되므로 결국 단차에 대한 해결책은 되지 못한다. 따라서 본 연구에서는 BOX구조물 뒷채움 재료인 일반토사와 경량기포혼합토의 두 가지 대안에 대하여 LCC 분석을 실시하고 경제적 측면에서 보다 합리적인 의사결정을 할 수 있는 경제성 분석을 제시하고자 하였다. 그 결과 경량기포혼합토가 일반토사에 비해 초기시공비용은 많이 소요되지만 유지관리 측면에서는 비용이 더 적게 소요되어 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다.

키워드 : 경량기포혼합토, 덧씌우기 공법, LCC 분석, 경제성 분석

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내 도로의 유지관리 및 보수를 위한 구조물 평가방법, 유지관리 및 보수 시기, 각 현황에 맞는 공법 선정 등은 도로설계기준(국토해양부) 등에 반영이 되어 있으나, 실질적으로 이에 대한 활용 및 연구는 아직 부족한 실정이다.

국내 연약지반의 도로는 잔류침하량 10㎝, 압밀도 90%내외로 설계하고 있으나, 이는 허용잔류침하량, 2차 압밀침하량 및 덧씌우기 시 발생되는 추가적인 침하량을 고려하면 공용 후 발생되는 단차는 10㎝ 이상이 될 수밖에 없으며, 연약지반의 도로는 지반침하 및 부동침하 같은 문제점들이 나타나고 있다.

국내 도로의 유지보수 현황은 보통 5~10년 주기로 덧씌우기를 실행하고 있지만, 덧씌우기 공법은 횟수가 증가함에 따라 사용연수가 감소되며, 연약지반에 설치된 BOX구조물이나 교대 뒷채움 인근의 단차 발생 시 덧씌우기 공법은 일시적인 대책은 가능하다. 하지만, 덧씌우기 두께에 대한 하중만큼 추가 하중이 발생하게 되므로 결국 단차에 대한 해결책은 되지 못할 뿐만 아니라, 도로의 기능을 저하시키게 된다.

경량기포혼합토는 재료의 경량성으로 인하여 구조물 등에 작용하는 하중이 작아 덧씌우기 공법에 의한 단차이를 줄일 수 있으며, 유지보수비용도 일반토사에 비하여 더 적게 소요되는 특징이 있다. 그러나 초기시공비가 일반토사보다 많이 소요되어 아직 국내에는 많이 적용되고 있지 않다.

따라서 BOX구조물 뒷채움 재료 선정 시 일반토사를 적용하는 방법과 경량기포혼합토를 적용하는 방법의 각 대안의 LCC를 비교·분석함으로써 보다 합리적인 의사결정을 지원할 수 있는 경제성 분석을 제시하는 것을 연구의 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 BOX구조물 뒷채움 재료 선정에 있어서 일반토사와 경량기포혼합토의 적용에 따른 LCC 분석을 실시하고자 한다.

* 일반회원, Texas A&M Univ. Dept. of Construction Science 박사후과정, 공학박사, youngmin@tamu.edu
** 종신회원, 부경대학교 건설공학부 교수, 공학박사(교신저자), kims@pknu.ac.kr

LCC 분석을 위한 항목으로는 국소보수비용, 전구간보수비용, 덧씌우기 횟수 등이며, 이 항목들로 LCC 분석을 실시하여 정량적인 평가 기준을 제시한다.

단, 평가를 위해서는 기 시행된 부산 00도로를 적용대상으로 하며, 연구의 진행방법은 다음과 같다.

(1) 경량기포혼합토 및 LCC 분석에 대한 문헌 고찰을 통하여 대안을 분석의 대안을 검토한다.
(2) LCC 분석을 위한 사례를 선정한다.
(3) LCC 분석을 통하여 대안들의 경제성 분석을 한다.
(4) 민감도 분석을 실시하고 결과를 제시한다.

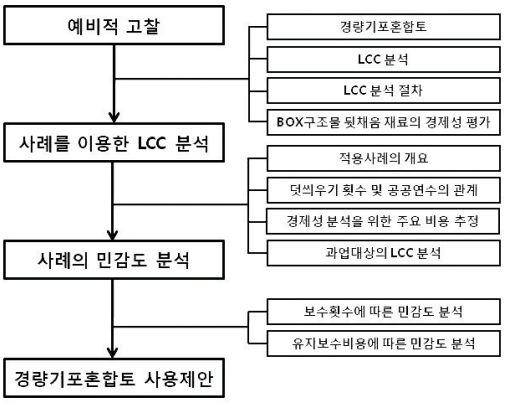

그림 1. 연구수행의 방법 및 절차

2. 예비적 고찰

2.1 경량기포혼합토

경량기포혼합토는 액성한계이상으로 조정하여 슬러리화 시킨 준설토와 건설발생토 등의 원료토와 고화재 및 경량화재료를 첨가·혼합해서 매립과 뒷채움용의 지반재료로서 사용하고, 경량으로 안정한 지반을 만들어 내는 혼합처리토 또는 경량혼합토라 한다.(김주철 2002) 여기서, 원료토란 준설토 또는 현장내 발생토로서 경량혼합토의 모재가 되는 흙을 말하며, 고화재는 소정의 강도를 확보하기 위하여 첨가하는 시멘트계 재료를 말하고, 필요에 따라 그 외의 특수고화재도 사용할 수 있다. 경량화재는 지반재료를 경량화하기 위하여 혼합하는 재료로서 일본에서는 주로 기포 및 발포비즈를 대상으로 하고 있으며, 본 연구에서는 기포를 대상으로 한다.

기포는 기포제를 물(해수 또는 담수)로 희석하여 발포하고, 경량화를 위하여 혼합하는 재료를 말하며, 발포방식을 주로 사용한다. 경량기포혼합토의 활용은 항만시설물의 뒷채움재로 사용하여 구조물 배면토압의 경감 및 측방유동압을 경감시킬 수 있으며, 또한 벽체구조물간의 간이화와 되메움 토압의 경감작용에 활용할 수 있다.

경량기포혼합토는 초기시공비용이 많이 소요되어 아직 적용되고 있지 않지만, 일반토사에 비해 유지관리비 및 보수비가 적게 소요되고 연약지반 뒷채움 재료에 있어서 경량성이라는 장점이 있기 때문에 두 대안의 효율적 선택을 위해서는 LCC 분석이 필요하다.

2.2 LCC 분석

건설공사는 공사의 계획에서부터 설계, 시공, 유지관리, 해체 및 폐기처리에 이르기까지 공통적인 단계를 거치게 되며, 이러한 일련의 단계들로 구성된 전체 과정을 프로젝트의 Life Cycle이라 정의할 수 있다. Life Cycle의 각 단계의 구분이 명확하게 설정된 것은 아니지만 대략 다음 그림 3과 같이 나타낼 수 있다.(권석현 2000)

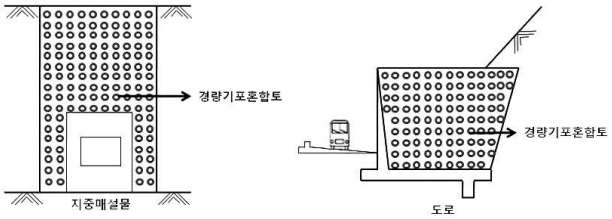

그림 2. 경량기포혼합토의 활용

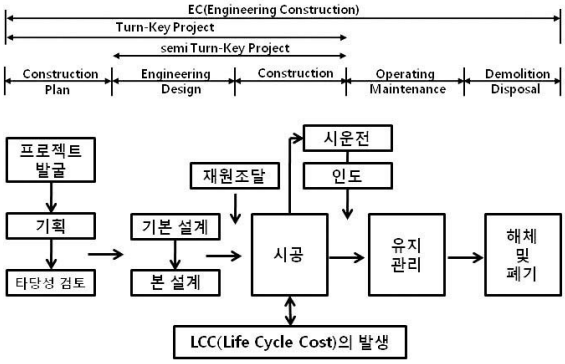

그림 3. 공사의 Life Cycle의 구성

그리고 위의 그림 3에서 보는 바와 같이 구성된 Life Cycle의 각 단계에서는 고유의 비용이 발생되며, 여기에서 발생되는 비용의 총합을 LCC(Life Cycle Cost)라 정의한다. 지금까지는 어떠한 프로젝트에 대하여 복수의 대안이 있는 경우 주로 시공단계에서 발생하는 비용인 초기 공사비에 대한 경제성 평가만으로 의사결정이 이루어져 왔으며 프로젝트의 전체 라이프 사이클 코

스트가 고려되고 있지 못한 실정이다. 그러나 프로젝트의 전체 라이프 사이클 코스트를 고려할 때 초기 공사비가 차지하는 비율은 그다지 크지 않고 오히려 공용성을 유지하기 위한 유지관리비가 초기 시공비의 4~5배에 달하는 것으로 파악되고 있다. 따라서 투자에 대한 효율성 측면에서 보면 라이프 사이클 코스트를 고려한 경제성 평가방법은 매우 중요한 의미를 갖게 된다.

그러므로 건설분야에서 LCC분석이란 어떠한 목적물을 건설하기 위한 타당성 검토단계에서 하나 또는 복수의 대안(alternative)에 대하여 최적의 대안을 선정하기 위한 경제성 평가방법으로 구조물의 경제수명 범위내에서 각 대안의 경제성을 일정한 기준으로 등가환산하여 평가하는 수법으로 정의할 수 있다.

2.3 LCC 분석 절차

LCC분석의 최초단계는 분석의 목표를 명확히 하는 일이다. 예를 들면 설계대안의 평가, 시설물 유지관리에 대한 평가, 발주자의 의사결정지원 등이 있다. 이러한 분석목표에 따라 이후 LCC 분석단계들의 작업내용이 결정되고 LCC 구성항목이 결정된다. LCC 분석은 시설물의 미래를 대상으로 하므로 기본적인 가정이 필수적으로 요구되며, 분석을 위한 대표적인 가정사항은 분석기간과 할인율이 있다.

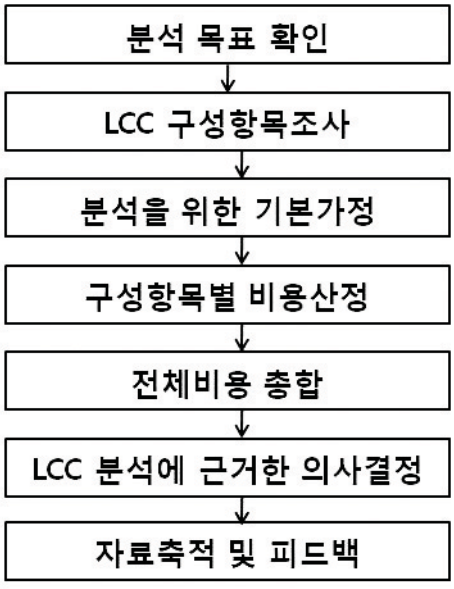

그림 4. LCC 분석 절차

분석기간과 할인율이 정해지면 다음단계로 LCC 구성항목별 비용을 산정 하는 작업이 필요하다. 이들 비용은 모든 미래의 발생비용에 대한 예측으로 이를 위해서는 과거의 유사 시설물에 대한 실측자료가 매우 중요하게 사용되므로 자료수집을 통해 필요한 자료를 수집하고 이들 중 해당 LCC 분석에 이용될 수 있는 자료를 엄선하여 구성항목별 비용산정에 사용한다.

구성항목별 비용산정이 완료되면 이들 비용을 종합하여 총비용(LCC)을 구한다. 총비용이 구해지면 이를 기초로 각종 분석(경제성평가)을 하며, 이러한 경제성평가를 바탕으로 최종 의사결정을 한다. 최종단계는 자료축적 및 피드백(Feed Back)의 단계로 실무가 진행되어감에 따라 LCC 분석시의 예상과 실제를 비교하고, 문제점을 찾아내고, 가능한 경우 의사결정을 조정 · 수정해 가는 단계로 체계적인 자료의 수집 및 이들 자료의 미래 활용방안에 대한 준비를 하는 단계이다.

LCC 분석의 절차를 요약하면 다음 그림 4와 같다.

2.4 BOX구조물 뒷채움 재료의 경제성 평가

건설산업분야에서 일반적으로 적용되어온 경제성 평가방법들에 대한 기존연구의 내용을 종합하여 정리하면 다음 표 2와 같다.

표 2. 투자평가방법의 특성 비교

평가방법	특징	장점	단점
순현재 가치법 (NPV)	할인율을 설정하고 시간적 가치로 역환산하여 순현재가치 산출로 투자의 양호/불량을 판단	투자 수익성을 비교 검토 가능 장기 프로젝트 평가에 적 이론상 최적의 기법	할인율의 정확한 파악이 어려움 Cash Flow의 정의 가 여러 가지
연가법(AE)	Cash Flow를 먼저 현재가치로 환산하고, 이를 다시 연간등가로 계산하여 연간비용을 파악함	연간비용으로 나타내므로 이해하기 쉬움	할인율의 정확한 파악이 어려움
내부 수익률법 (IRR)	투자 후 Cash Flow가 현재가치와 동일하게 되는 할인율을 구하고 목표이익률와 비교하여 투자의 가부를 판단	투자수익성 검토에 편리 수익목적 부동산 투자의 검토에 적합	복수 대안의 종합적 효과측정에 부합 Cash Flow가 달라지거나 마이너스는 측정이 불가

표 2에 제시된 분석 방법 중에서 내부수익률법(IRR, Internal Rate of Return)은 수익목적의 투자 평가에는 적절하지만 현금흐름이 복잡한 복수 대안들의 평가에는 불리하고, 순현재가치법(NPV, Net Present Value)이 일반적인 투자안의 경제성분석에 사용되는 여러 가지 분석방법 중 가장 우월한 방법으로, 시설물의 생애주기에 따르는 화폐의 시간적 가치 변화를 적절히 고려할 수 있는 비용 비교방식으로는 순현재가치법이 더 타당한 것으로 판단된다.

또한 경제성공학(Engineering economy)에서는 대안들의 경제성분석을 위한 기준으로 비교기준이 필요하고, 이것은 대안들을 공통적인 기준으로 변경 또는 환산시키는 지표를 의미한다.

이때 비교를 위한 보편적인 기준으로 현재가(Present Worth), 연간등가(Annual Equivalent), 미래가(Future

Worth), 내부수익률(IRR), 회수기간(Payback Period) 등으로 나눌 수 있으며, 이 중 분석기간이 서로 다른 대안의 비교에는 현재가를 먼저 계산한 후 연간등가(Equivalent Uniform Annual Cost)로 전환하는 방법이 많이 사용되고 있다.

따라서 본 연구에서의 경제성 분석은 화폐의 시간적 가치를 가장 적절히 고려할 수 있는 현가법과 연가법을 이용하여 비용을 등가 환산하고 이를 비교 · 분석 하고자 한다.

3. 사례를 이용한 LCC 분석

3.1 적용사례의 개요

본 연구에서는 일반토사와 경량기포혼합토의 LCC 경제성 분석을 위하여 부산 00도로를 대상으로 비교 · 분석 하였다. 사례 대상 지역의 지반은 연약지반으로써 일반토사 시공 시 지반침하 및 부동침하로 인한 문제점이 발생하여 경량기포혼합토 적용 사례 지역으로 선정하였다.

적용 구간은 도로 폭: 20m, 4차로 구간이며, 과업 적용 대상으로는 통로박스 6개소이다. 적용 구간 박스위치 및 규격은 다음의 표 3과 같다.

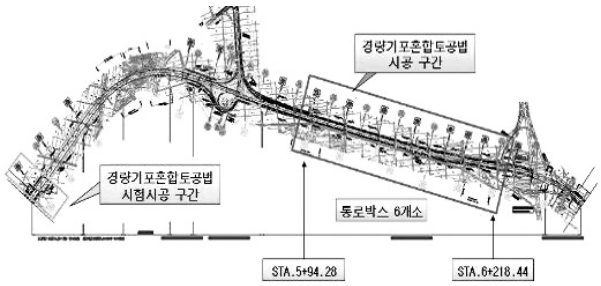

그림 5. 부산 00도로 평면도

표 3. 적용 구간 박스위치 및 규격

	위 치	박스규격	비 고
1	STA.5+94	4.5×4.5(l=27.20) 3×2(l=38.60)	적 용
2	STA.5+305	4.0×4.0(l=26.90), 3.0×2.0(l=35.40)	적 용
3	STA.5+610	4.5×4.5(l=27.00)	적 용
4	STA.5+812	4.0×4.0(l=31.30)	적 용
5	STA.6+016	4.5×4.5(l=27.30), 2.0×2.0(l=38.10)	적 용
6	STA.6+218	4.5×4.5(l=25.10)	적 용

대상도로는 주간선도로로 설계속도는 80㎞/h를 가정하였으며, 설계도로의 폭원은 20m이다.

표 4. 구간의 재원

구분	4차로구간	6차로구간	비 고
도로폭원	20.0m	27.0m	
차로폭	4×3.5=14.0m	6×3.5=21.0m	
중앙분리대	2.0m	2.0m	
길어깨	2.0m	2.0m	
보도	-	-	

주) 경량기포혼합토 적용 구간 : 4차로구간

3.2 덧씌우기 횟수 및 공용연수의 관계

현재 포장도로의 유지관리는 아스팔트 표층 5㎝절삭 후 덧씌우기 재포장을 선별적으로 실시하고 있다. 이러한 방식은 구조적인 성능의 증가 없이 평탄성 등의 기능적인 시스템 수준을 향상 및 유지시키므로 재포장의 횟수가 거듭될수록 기존 포장도로를 조기에 파손시키며 노후화를 촉진하게 만드는 요인을 제공하고 있다.

일반 국도의 경우 덧씌우기가 적용된 구간을 대상으로 최초 건설 후 덧씌우기 횟수별로 포장공용 기간을 분석하였다. 최초 포장 이후 1차 덧씌우기까지의 공용연수는 평균 6년 정도이고, 1차 덧씌우기 후 2차 덧씌우기까지가 평균 3년, 3차부터 4차까지가 2년 정도의 기간이 소요되었다. 이는 획일적인 구역 차원의 유지보수로 포장의 파손과 손상에 대한 구간별(Project Level) 유지보수가 아닌 아스팔트 재포장만이 시행됨에 따라 포장수명이 점차적으로 감소하고 있는 것으로 판단된다.(임영환 2003)

그렇기 때문에 초기시공비용은 많이 소요되지만 유지보수횟수가 작아 포장상태의 등급 향상 및 LCC 경제성이 좋은 재료의 사용검토가 필요하다.

표 5. 보수이력에 의한 포장상태 등급

공용연수	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1회	1등급			2등급					3등급	
2회	1등급	2등급			3등급					
3회	1등급	2등급		3등급						
4회	1등급	2등급	3등급							
5회	1등급	2등급	3등급							
6회이상	2등급		3등급							

아래 표 6의 경량기포혼합토 특징 중 경량성으로 인한 하중저감의 단차에 따른 덧씌우기 비용과 일반토사 사용 시 발생되는 단차에 따른 덧씌우기 비용을 LCC 분석을 통하여 두 대안의 경제성을 고려하고자 한다. 그 이유로 경량기포혼합토는 초기시공비는 많이 소요되지만, 국소보수횟수나 전구간보수횟수 등 유지

관리비용은 일반토사에 비하여 적게 소요되며, 단순히 초기시공비용만으로는 어느 대안이 더 좋다고 판단하기에는 무리가 있기 때문에 LCC 분석을 통해 두 대안의 경제성을 고려하고자 한다.

표 6. 경량기포혼합토와 일반토사의 비교

	경량기포혼합토	일반토사
초기시공비용	많이 소요	적게 소요
단차발생크기	작다	크다
국소보수횟수	1회/년	2회/년
전구간보수횟수	1회/5년	1회/2년

3.3 경제성 분석을 위한 주요 비용의 추정

(1) 초기공사비 추정

본 연구에 있어서 초기공사비를 추정하기 위하여 부산 지역의 사례를 적용하였으며, 사례지역은 경량기포혼합토 적용 시 일반적인 도로보수만 필요로 하며, 일반토사 적용 시 단차의 발생으로 일반적인 도로보수 및 국소보수가 필요로 하였다. 이와 같은 시공법을 전제로 경량기포혼합토 사용 대안의 초기 공사비와 일반토사 사용 대안의 초기공사비의 비교결과는 아래 표 7과 같다.

표 7. 초기공사비

(단위:천원)

경량토사업비(총 6개소)	토공부사업비(총 6개소)	비고
1,851,479	463,772	초기투자비 약4배

(2) 포장수명의 추정

본 연구에서 사례로 하고 있는 부산 지역 도로의 유지관리는 단차에 의한 영향은 반영하지 않으며, 차량하중 등의 영향으로 노체의 파손에 의한 보수의 개념이다. 단차 발생 시 유지보수는 즉각적으로 실행되어야 하나 명확한 기준 및 방침이 없으며, 건설시험사업소는 부산 00 인근 단차 발생 시 표 8과 같이 덧씌우기에 의한 유지보수를 시행하고 있다.

표 8. 00 인근 단차에 의한 유지보수 예

	부분적 덧씌우기(종방향 5m 내외)	전 구간 덧씌우기
덧씌우기 횟수	5~6회 / 년	1회 / 2년
덧씌우기 두께	5~20cm	5cm
비 고	현장에 따라 상이 적용	-

(3) 덧씌우기 비용 추정

덧씌우기 주기 및 두께는 건설시험사업소의 00 인근의 현황을 기준으로 비용을 추정하였다. 비용 추정은 전구간보수비용과 국소보수비용으로 구분하되 국소보수비용의 경우 철거를 포함하도록 하며 전구간 보수비용은 철거 없이 덧씌우기 공정을 가정하여 추정하였다.

경량기포혼합토 적용 시 유지보수는 전구간보수를 대상으로 5년에 1회, 국소보수는 1년에 1회를 적용하였고, 일반토사의 경우 국소보수는 연간 2회, 전구간보수는 2년에 1회를 기준으로 하되 보수 횟수는 매년 달라질 수 있으므로 별도로 민감도 분석을 실시하였으며, 위 금액은 시공비, 재료비, 운반비를 포함한 금액이며 2008년 기준 불변가격으로 경제성 평가 시 매년도의 물가상승률을 반영하도록 한다.

표 9. 포장 전면 덧씌우기 회당 단가 추정

아스콘포장	STA. 4+880~6+400	L=1.6km(1회기준)
표층(#78), T=5cm	1,600m×20m=32,000㎡=320a	
시공비	320a×69,422(원/a당)	22,215,040
재료비(#78)	32,000㎡×0.05×2.32t/㎥×1.02=3786ton/f	
	3,786ton×48,000원/ton	181,739,520
재료비(택코팅 RSC-4)	32,000㎡/100(a/㎡)×30(l/a)×1.03/200(kg/DM)	
	49.44×80,000원	3,955,200
운반비(RSC-4)	49.44×15,000원	741,600
택코팅포설비	320a×16,181원	5,177,920
계	213,829,280×1.45(제경비)	310,052,000

표 10. 포장 국소보수시 회당 단가 추정

부분보수	40m×20m×6개소=4800㎡	절삭후 덧씌우기 (1회기준)
표층(#78), T=7cm	48a	
시공비	48a×152,958(원/a당)	7,341,984
재료비(#78, 표층용)	4,800×0.07×2.32(t/m3)×1.02(할증)=795.1tonf	
	795.1tonf×48,000원	38,165,299
재료비(택코팅, RSC-4)	4,800/100a×30(l/DM)×1.03/200(D/M)=7.42D/M	
	7.42D/M×80,000	593,600
재료비(운반비 RSC-4)	7.42D/M×15,000	111,300
택코팅(RSC-4)	48a×16,181원	776,688
폐Ascon 운반	4,800×0.07×2.32(tf/m3)=779.52tonf	
	779.52ton×13.484(운반비/ton)	10,511,047
계	57,499,918×1.45(제경비)	83,374,881

전면 덧씌우기와 부분 덧씌우기 공정에 대한 각각의 단가 추정 결과는 다음의 표 11과 같다.

표11. 포장 덧씌우기 단가 추정 결과

(단위:천원)

분류	전구간보수	국소보수
주기	1회/2년	(1회~6회)/1년
두께	5㎝	7㎝
길이	1,600m	(20m+20m)x6 EA=240m
폭	20m	20m
회당비용	310,052	83,375

3.4 과업 대상의 LCC 분석

기준시점은 분석의 편의를 위하여 2008년 1월 1일을 기준시

점으로 하였으며 분석방법은 현금할인법 중 순현재가치법을 사용하였으며, 1995년부터 2008년까지의 평균 물가상승률인 3%를 적용하였다. 기준할인율은 기획예산처가 고시한 도로사업의 타당성분석 기준 할인율인 6%를 적용하였으며, 초기공사비와 덧씌우기 비용을 LCC 분석하였다. 단, 하중에 의한 유지보수비와 기타 비용은 두 대안 모두 동일한 것으로 가정하였다.

표 12. LCC분석을 위한 기본가정

	LCC 분석을 위한 기본가정
시공기간	2008. 6.1~2008.12.30
기준시점	2008. 1.1
분석기간	2008~2028
분석대상	초기공사비와 덧씌우기 비용
분석방법	현금할인법
할인율	6%
물가상승율	3%

현금흐름할인방법으로 분석을 한 결과 표 13과 같이 분석되었다.

표 13. 각 대안의 LCC 현금흐름 분석 결과

(단위:천원)

구분	일반토사 사용대안			경량기포혼합토 사용 대안		
	불변가격	경상가격	현재가치 할인가격	불변가격	경상가격	현재가치 할인가격
2008	463,772	477,685	450,646	1,851,479	1,907,023	1,799,079
2009	166,749	176,904	157,444	83,374	88,452	78,722
2010	476,801	521,013	437,453	83,374	91,105	76,494
2011	166,749	187,677	148,658	83,374	93,839	74,329
2012	476,801	552,743	413,041	83,374	96,654	72,225
2013	166,749	199,107	140,362	310,052	370,218	260,989
2014	476,801	586,405	389,993	83,374	102,540	68,195
2015	166,749	211,232	132,530	83,374	105,616	66,265
2016	476,801	622,117	368,230	83,374	108,785	64,389
2017	166,749	224,096	125,134	83,374	112,048	62,567
2018	476,801	660,004	347,682	310,052	429,184	226,089
2019	166,749	237,744	118,151	83,374	118,872	59,076
2020	476,801	700,198	328,280	83,374	122,438	57,404
2021	166,749	252,222	111,558	83,374	126,111	55,779
2022	476,801	742,840	309,961	83,374	129,894	54,200
2023	166,749	267,583	105,333	310,052	497,542	195,856
2024	476,801	788,079	292,664	83,374	137,805	51,176
2025	166,749	283,878	99,455	83,374	141,939	49,728
2026	476,801	836,073	276,333	83,374	146,197	48,320
2027	166,749	301,167	93,905	83,374	150,583	46,953
2028	476,801	886,990	260,913	310,052	576,788	169,665
합계	6,899,265	9,715,754	5,107,726	4,425,676	5,653,635	3,637,499

표 14. 대상 과업의 LCC 분석 결과 요약

(단위:천원)

	일반토사 대안	경량기포혼합토 대안
불변가격 합계	6,899,265	4,425,676
경상가격 합계	9,715,754	5,653,635
현재가치 할인가격 합계	5,107,726	3,637,499
차액		-1,470,227

현금흐름 분석결과 일반토사 대안의 경상가격 총 합은 97억 1천오백만원, 현재가치 할인가격의 총 합은 51억원으로 분석되었으며, 경량기포혼합토의 경상가격 총 합은 56억 5천만원, 현재가치 할인가격의 총 합은 36억 3천만원으로 분석 되었다.

현금흐름할인법으로 두 대안의 LCC 분석을 실시한 결과 현재가치 할인가격 합계가 일반토사 사용대안 보다 경량기포혼합토 사용대안이 14억 7천만원 정도 적게 소요되는 것으로 분석되었다.

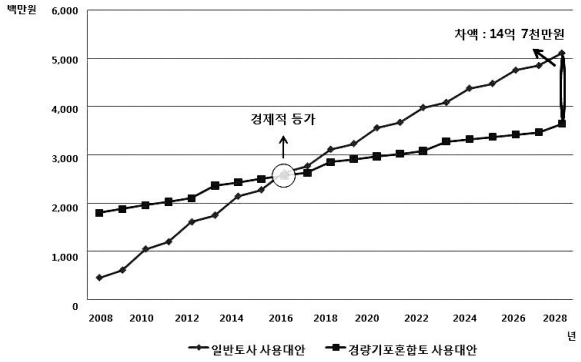

그림 6. 각 대안별 LCC 누적 현금흐름 비교표

위 그림 6에서 볼 수 있듯이 경량기포혼합토 사용 대안이 초기 경제적 부담은 있지만 사용 8년째부터 일반토사 사용대안 보다 경제적 타당성이 있다는 것으로 분석되었다.

4. 민감도 분석

4.1 보수횟수에 따른 민감도 분석

이상의 LCC 분석의 결과 경량기포혼합토를 적용한 대안의 경제성이 일반토사에 비하여 월등한 수준의 물가상승률이나 할인율에 따른 민감도 분석은 의미가 없다. 다만, 국소보수의 경우 연간 몇 차례 보수를 실시하느냐에 따라 비용차이가 크기 때문에 이에 대하여 민감도 분석을 실시한다.

표 15. 일반토사 대안의 연간 국소보수 횟수에 따른 LCC 비교

(단위:천원)

회수	일반토사 유지비	경량기포혼합토 유지비	LCC 차액	경제적등가 사용년수
0	2,677,549	2,651,678	25,871	17년
1	3,892,637	3,637,499	255,138	12년
2	5,107,726	3,637,499	1,470,227	7년
3	6,322,815	3,637,499	2,685,316	6년
4	7,537,904	3,637,499	3,900,405	5년
5	8,752,993	3,637,499	5,115,494	4년
6	9,968,082	3,637,499	6,330,583	3년

민감도 분석의 범위는 현재 일반토사의 경우 연간 2회를 기준으로 하고 있으므로 국소보수를 실시하지 않는 경우를 포함하여 0회에서 6회까지 민감도 분석을 실시하였다. 분석기준은 현재가치할인가격이며, 분석 결과는 표 14와 같다.

민감도 분석을 실시한 결과 사용대안을 20년 이상으로 가정할 때 부분보수 횟수에 상관없이 모든 대안에서 경량기포혼합토 적용대안의 경제성이 더욱 높은 것으로 분석 되었다.

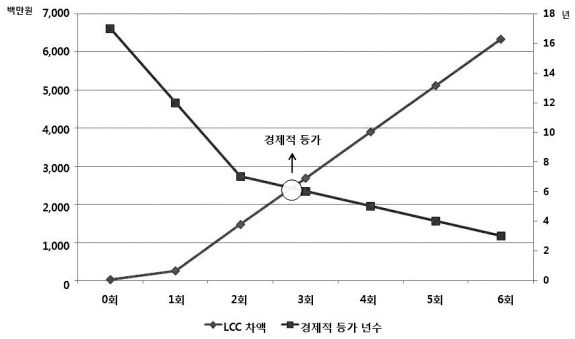

그림 7. 국소보수 횟수에 따른 LCC 민감도 분석 결과

위 그림 7에서 볼 수 있듯이 국소보수가 3회 이상의 경우 누적비용을 감안할 때 사용기간이 6년 이상이면 경량기포혼합토의 경제성이 더욱 높은 것으로 분석되었다.

4.2 유지보수 비용에 따른 민감도 분석

유지보수 비용에 따른 민감도 분석을 실시하는 이유로는 경기악화로 인한 급격한 물가상승, 유가급등, 원자재 값 상승 등으로 인한 손실을 미리 고려할 수 있다.

표 16. 유지보수 비용이 10% 증가 할 때의 민감도 분석

(단위:천원)

	일반토사 대안	경량기포혼합토 대안
불변가격 합계	7,542,839	4,683,106
경상가격 합계	10,050,189	5,775,404
현재가치 할인가격 합계	5,636,242	3,839,918
차액		−1,796,324

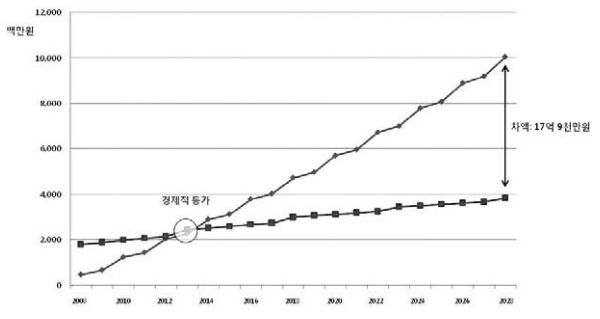

그림 8. 유지보수 비용이 10% 증가 할 때의 민감도 분석 결과

유지보수 비용이 10% 증가 할 경우 현재가치할인가격은 17억 9천 6백만원으로 분석되었다. 이는 유지보수 비용이 10% 증가할 때 유지보수 비용이 증가하지 않았을 때의 경량기포혼합토 사용대안보다 3억 2천 5백만원 정도의 경제성이 더 확보되었다.

표 17. 유지보수 비용이 20% 증가 할 때의 민감도 분석

(단위:천원)

	일반토사 대안	경량기포혼합토 대안
불변가격 합계	8,186,390	4,940,526
경상가격 합계	10,920,416	6,127,075
현재가치 할인가격 합계	6,107,660	4,025,449
차액		−2,082,211

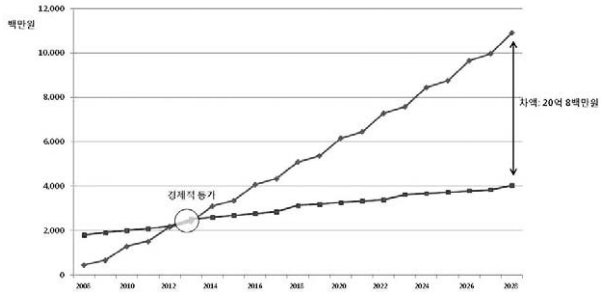

그림 9. 유지보수 비용이 20% 증가 할 때의 민감도 분석 결과

유지보수 비용이 20% 증가 할 경우 현재가치할인가격은 20억 8백만원으로 분석되었다. 이는 유지보수 비용이 20% 증가할 때 유지보수 비용이 증가하지 않았을 때의 경량기포혼합토 사용대안보다 6억 1천 1백만원 정도의 경제성이 더 확보되었다.

유지보수 비용에 따른 민감도 분석을 실시한 결과 유지보수 비용이 증가할수록 경량기포혼합토의 경제성이 더 좋은 것으로 분석되었다.

5. 결론

본 연구는 BOX구조물 뒷채움 재료 선정에 있어서 일반토사와 경량기포혼합토의 경제적 선택을 위하여 LCC 경제성 분석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

(1) 현금할인법을 사용하여 각 대안의 LCC 분석을 실시한 결과 경량기포혼합토를 사용할 경우 사용연수가 8년 째 되는 해부터 경량기포혼합토가 경제적인 것으로 분석되었다.

(2) 대상 과업구간의 사용기간을 20년으로 볼 때 경량기포혼합토 적용 대안의 경제적 이득은 현재가치 할인가격을 기준으로 14억 7천만원으로 분석되었으며, 20년간의 경상가격을 비교할 경우의 차액은 40억 원으로 예상되며 이는 경량기포혼합토 사용 대안 공사비의 2배에 달하는 금액이다.

(3) LCC 분석 결과 경량기포혼합토 사용 대안의 경우 유지보수비가 일반토사 적용대안과 비교하여 매우 적게 드는 것으로 나타났으며, 부분보수의 횟수에 따라 달라지지만 운영기간 6년 이내에 경제성을 확보할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 일반토사와 경량기포혼합토의 두 대안 중 LCC 경제성 분석은 경량기포혼합토가 더 경제적인 것으로 분석 되었으며, 향후 BOX구조물의 뒷채움 재료 선정 시 경제성 분석의 참고 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

국토해양부 도로설계기준, 2005

권석현, "LCC 방법에 의한 도로포장형식의 경제성 분석에 관한 연구, 석사학위논문, 중앙대학교 건설대학원, 2000

김주철, "준설토를 사용한 경량기포혼합토의 거동에 관한 실험적 연구", 박사학위 논문, 단국대학교, 2002

박태근, "Life Cycle Cost 분석에 의한 공동주택의 최적설계 방법론에 관한 연구, 박사학위 논문, 서울대학교 대학원, 1992

손원표 외, "도로포장의 수명주기비용(LCC) 분석기법" 한국도로포장공학회, 제3권 1호, 2001

이석범, "생애주기비용을 고려한 도로포장 보수공법 경제성 분석 방안", 석사학위논문, 중앙대학교 건설대학원, 2002

임영환 외, 국도유지보수조사기술이전 최종보고서, 한국건설기술연구소, 2003

A. Bradbury, T.J.Kazmierowski(2000), "Life Cycle Costing of Freeway Pavements in Ontario", 79th Annual TRB Meeting

FHWA(1998), "Probabilistic Life Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Demonstration Project No. 115", USDOT

논문제출일: 2009.01.20
논문심사일: 2009.01.23
심사완료일: 2009.08.12

Abstract

The lightweight bubble mixture soil is used for soft ground rear-filling material by applying reduced weight on structure. However, comparing with the general soil, it is not applied in domestic because of initial phase cost of construction. General soil, which has lower initial phase cost is usually used for rear-filling, but the use of overlay method of general soil is reduced as the number of layers increases. Especially box structure placed in soft ground or the overlay method when gap near pier rear-filling can be replaced with temporary alternative method, however, it can't be a solution to gap by generation of extra weight of thickness of overlaying. Therefore, execute LCC analysis of two alternative-the general and the lightweight bubble mixture soils, which are rear-filling material of box structure- and present economical analysis in order to make resonable decision from the economics. As a result, although the lightweight bubble mixture soil takes higher initial phase cost than the general soil, it has been analyzed to procure economical efficiency by having less cost of maintenance.

Keywords : *Lightweight mixture soil, Overlay method, LCC Analysis, Economic Analysis*