

LCC 평가를 통한 지붕방수공법선택에 관한 연구

A Study on Selection of Roof Waterproofing Method by analyzing Life Cycle Costing

최 오 영* 김 태 희** 김 광 희***
Choi, Oh-Young Kim, Tae-Hui Kim, Gwang-Hee

Abstract

The purpose of this study is to propose the decision making technique in roof waterproofing method at the early construction stage. Selecting the suitable construction method is difficult because of the complex interrelationships between many factors of influencing the construction method selection. This study presents an example of selecting suitable method by analyzing LCC (Life Cycle Cost) in roof waterproofing work. In this study, roof waterproofing method is analyzed by LCC(Life Cycle Cost) which is consists of the initial costs, running costs, and removal costs. Sheet waterproofing, membrane waterproofing and asphalt waterproofing costs are compared to select the most economic method. The result of this study revealed that considering LCC is useful in selecting the proper method in the construction work.

키워드 : 공법 선정, 생애주기비용, 지붕방수공법, 경제성 분석

Keywords : Method selection, Life cycle costing, Roof waterproofing method, Economic analysis

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설사업의 대상이 날로 대형화, 전문화, 고도화됨에 따라 건설 산업은 양적·질적 성장과 함께 그 기능과 유형이 다원화된 양상을 보이고 있다. 세부적으로 살펴보면 건설 산업은 기획단계에서부터 설계, 시공, 유지관리 및 철거단계에 이르기까지 다양한 특성을 가진 프로세스로 구성되어진다. 이러한 프로세스는 각 프로세스 마다 다양한 요구 성능과 문제점이 발생한다. 따라서 설계자 및 엔지니어들은 건설 프로세스의 각 단계별로 원활한 업무의 진행을 위하여 과학적 기법을 적극 도입하여 문제에 대한 해결책을 모색하고자 노력하고 있는 실정이다.

건설 프로젝트의 성공적인 사업을 위해서는 기획·설계 단계부터 체계적이며 객관적인 의사결정이 필요하다. 이는 의사결정에 따라서 건설 프로젝트의 수행에 있어 시공방법, 비용, 품질 등 여러 가지 요소가 각각 차지하는 비중이 변하기 때문이다. 이처럼 의사결정은 공사의 수행방향을 결정하는

중요한 과정이다. 이러한 의사결정은 건설 사업을 추진하는데 있어서 건설 프로세스의 각 단계별 목표에 따라 결정된다.

건설 프로젝트의 원활한 수행과 성공을 위해서는 프로젝트의 기획·설계단계에 합리적인 공법선택은 중요한 요소이다. (김광희 외 2004) 그러나 현실적으로 건설업에 있어 공법선택은 체계적인 분석방법을 거쳐 결정하기보다는 설계 및 기술자들의 경험에 의존하여 공법선택이 이루어지는 경우가 일반적이라 할 수 있다. 이러한 경험적인 방식의 의사결정은 비숙련자의 경우 자칫 시공단계에서 불필요한 공법변경이 발생하여 공기지연 및 공사비 상승을 초래하기도 한다. 그러므로 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 공사의 특성을 반영한 합리적인 공법선택이 필요하다 할 수 있다. 또한 선택된 공법의 검토가 체계적으로 이루어져야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 생애주기비용평가를 통하여 최적의 지붕방수공법 선정방안을 제안하고자 한다. 공법의 선정과정에서 초기공사비 뿐만 아니라 유지관리비 및 폐기물처리비를 고려한 생애비용평가가 이루어진다면 합리적이고 체계적인 비용을 고려한 공법 선정이 이루어 질 것으로 사료된다. 또한 설계자 및 엔지니어들은 단지 경험에 의한 공법선정의 틀에서 벗어나 체계적인 의사결정의 접근이 가능하며 경제적인 설계대안을 선택하는데 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

* 목포대학교 건축공학전공 석사과정
** 목포대학교 건축공학전공, 전임강사, 공학박사
*** 경기대학교 건축공학전공, 조교수, 공학박사, 교신저자 (ghkim@kyonggi.ac.kr)

본 논문은 2008학년도 목포대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설 프로젝트에서 관련 기술자는 공법을 선택함에 있어 품질, 안전, 비용, 공정 등 여러 가지 변수를 고려한다. 그러나 건설사업의 수행과정에서 중요하게 다루는 변수를 모두 고려하여 적절한 공법을 선택하는 것은 매우 어렵다. 그러므로 의사결정자는 여러 가지 변수 중 한 가지 변수에 중점을 두면서 다른 변수를 검토하는 과정을 거치는 것이 합당할 것이다. 본 연구에서는 공법을 선택하는 기준을 생애주기비용평가만으로 범위를 한정하여 연구를 진행하고자 한다. 그리고 본 연구에서 초기공사비와 유지관리비등을 종합적으로 고려하는 생애주기비용 평가를 통하여 경제적 측면에서 최적의 공법을 선택하는 방법에 대하여 고찰하고자 한다. 또한 공종별 하자 수선 발생빈도를 살펴보면 누수로 인한 수선 교체 비용이 많이 투입된다.(서덕석 외 2008) 그러므로 대상을 지붕방수공법으로 한정하여 진행한다.

따라서 본 연구는 그림 1에 제시된 바와 같이 다음과 같은 절차로 진행하고자 한다. 연구를 진행하기 위한 방법으로 첫째 기존의 문헌고찰을 시행하고, 둘째로 생애주기비용분석에 필요한 정보를 도출하기 위해 각 공법별 수선주기와 교체주기에 대해 조사 실시 하였다. 셋째로 기본가정 사항을 바탕으로 생애주기비용 분석을 실시한다.

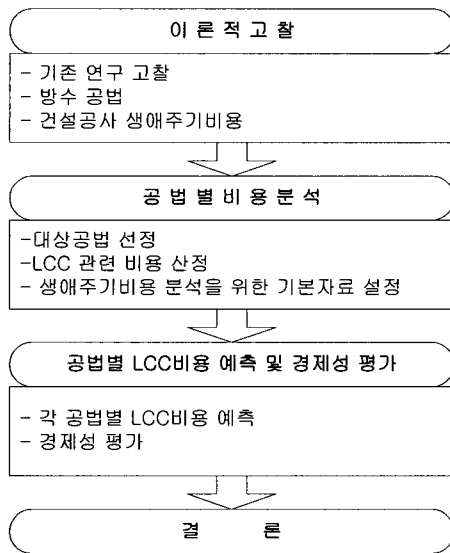


그림 1. 연구의 절차

2. 이론적 고찰

2.1 기존연구 고찰

본 연구를 진행함에 있어 국내의 기존문헌을 고찰하였다. 표 1은 공법선정, 방수공법, 경제성분석관련 연구로 구분할 수 있다. 합리적인 공법 선정을 하기 위한 연구들은 전문가인

터뷰 또는 비교분석을 통한 연구들이 주를 이루고 있다. 김재엽(2006)은 지식기반 시스템 상호간 비교를 통해 공사 관리 분야에서 활용가능성을 분석하였다. 강현정(2007)은 합리적인 공법선정 시스템 개발을 제안하였다. 이한민(2008)은 공법 선정 시 고려되는 조건에 대해 중요도를 산정하여 적합한 공법을 선정할 수 있도록 하였다.

방수공법에 대한 국내의 연구는 방수공법별 기능과 누수에 대한 대책위주로 이루어지고 있다. 임채중(2001)은 공법별 특징과 장단점을 분석하였으며, 윤우욱(2001)은 기존방수공법의 문제점과 대책방안에 대해 연구하였다. 권시원(2003)은 국내 옥상녹화시스템의 기술을 위한 방수 기술개발의 필요성에 대해 연구하였다.

방수공법은 경제적인 측면보다는 기능성평가와 내구성에 대한 대책방수공법 위주로 연구가 진행되어왔다. 이러한 연구는 설계자 또는 기술자들이 공법선정 시 최적 공법선정에 정량적인 자료를 제공하기에 어려움이 있다.

2000년대에 들어서 설계의 경제성능 검토가 공공 공사분문에서 제도화 되었는데(강태경 외 2008) 강현규(2005)의 연구에서는 임대주택에 지출된 수선비의 개념과 성격을 명확히 하고 수선비용의 경제적 설계와 예측 및 영향요인 평가를 위한 연구를 진행하였다. 하현석(2007)은 BTL(Build-Transfer-Lease) 사업학교를 대상으로 건물의 장기수선비용을 산정하는 연구를 수행 하였다. 이와 같이 현재 국내에서 이루어지는 경제성 분석 대상은 건축물의 전반적인 수선 및 교체 주기를 분석하여 연구를 진행하였다. 최석규(2008)의 연구는 공공업무시설의 유지관리 수선비의 연차별 발생패턴을 기술하고 수선비 항목별 발생빈도와 비용 중심으로 연구하였다.

표 1. 기존연구 고찰

연구자	내용	
공법선정	김재엽(2006)	지식기반 시스템 상호간 비교 분석를 통해 공사 관리 분야에서 활용가능성을 분석 함.
	강현정(2007)	합리적인 공법선정을 위한 시스템 개발을 제안 함.
	이한민(2008)	공법선정시 고려조건에 대한 중요도를 산정하여 보다 적합한 공법 선정할 수 있도록 함.
방수공법	임채중(2001)	지하 콘크리트 구조물의 외부 방수공법별 비교를 통해 기능성 평가 실시함.
	윤우욱(2001)	옥상방수 기술동향을 소개하고 향후 기술방향에 대한 제안함.
	권시원(2003)	옥상공간의 활용에 대한 방수·방근 기술개발의 필요성 검토함.
경제성분석	강현규(2005)	공공임대주택의 수선지출 실태 파악함으로써 수선비용의 경제적 설계와 비용예측함.
	하현석(2007)	BTL사업학교 대상으로 각 공종별(건축, 토목, 기계, 전기, 비품, 기타) 장기수선비용을 산정함.
	최석규(2008)	공공업무시설의 유지관리 수선비의 연차별 발생패턴을 기술하고 수선비 항목별 발생빈도와 비용 중심으로 자료를 제공 함.

전문가인 터뷰 또는 비교분석을 통한 연구들이 주를 이루고 있다.

여러 가지 대안에 대하여 LCC를 분석하는 사례는 매우 드물다. 그 이유는 LCC산정을 위한 유지관리비용 등에 대한 데이터베이스 구축이 미흡한 상태이기 때문이라고 할 수 있다. 또한 LCC의 산정 원리 및 절차에 대한 이해가 부족도 원인이라 할 수 있다. 그러므로 본 연구는 공법에 대한 LCC 산정 원리 및 절차에 따라 LCC분석을 수행한 후에 경제성 분석결과에 의거하여 최적공법을 선정함으로써 향후 합리적인 공법을 선정하는 하나의 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

2.2 방수공법

2.2.1 방수공법 종류

방수는 재료, 시공, 마무리가 방수대상의 제 조건들과 균형이 맞게 적합해야 한다. 방수방법은 구조물의 용도, 방수 목적, 방수재료, 방수시공법에 따라 각각 다르다. 또한 구조물에 물의 존재 여부와 장소, 형태가 다양하며 그 방법도 방수 목적에 따라 여러 가지의 방수공법들이 있다. 특히 지하수위나 작업공간의 확보에 따라 다르게 나타난다.

공법은 구조물의 종류, 부위, 표면상태, 적절한 사양, 공사비, 작업 공간, 처리소요 시간 등을 고려하여 채택한다. 지붕방수의 경우는 크게 5종류로 구분할 수 있다. 도막방수, 시트방수, 액체방수, 금속판 방수, 아스팔트 방수가 있다. 처리목적에 따라 국부적인 방수와 전면적 방수가 있는데, 국부적 방수에는 주입공법, 충전공법, 도포공법이 있다. 전면적 방수에는 도포공법, 뿔어붙이기공법, 시트공법 등이 있다. 표 2에 지붕방수공법 종류 및 용도를 제시 하였다.

표 2. 지붕방수공법 종류

구분	분류	개요	용도
도막방수	합성수지계	이음부가 없는 방수층 형성	지붕, 옥상, 화장실,
	아스팔트계		
시트방수	IBR+EPDM (부틸고무+에틸렌) C R (클로로프렌고무) P I B (폴리인부틸계) P V C	적층형성한 합성고분자시트를 같은계의 접착제를 이용하여 방수층 형성	뜰지붕, 공장지붕, 옥상, 주차장
액체방수 (시멘트방수)	무기질계	방수용액(또는 방수제 혼입물칼)과 방수제 혼입페이스트로 서방수층구성	소규모 지붕방수
	유기질계		
	혼합계		
금속판방수	납판, 동판, 납도금동판, 스텔레스강판	금속판을 사용하여 그의 접합을 모두 봉합용접에 의해 일체화하여 방수층 형성	지붕, 베란다, 수조
아스팔트방수	열공법	용융시킨아스팔트로 여러겹의 아스팔트 루핑을 겹쳐 붙이는 것임	지붕, 옥상, 지하벽, 저수조등 광범위
	냉공법	시트방수, 도막방수로 분류(도막방수중 일부열공법 사용)	

2.2.2 옥상 방수공법

표 2에서 제시한 각 지붕방수공법별 상세는 그림 2, 3, 4와 같으며, 각 상세는 현장별로 약간의 차이는 있으나 큰 차이를 보이지 않고 있다. 그러므로 향후 LCC비용을 산정할 때 제시한 상세를 근거로 산출하고자 한다.

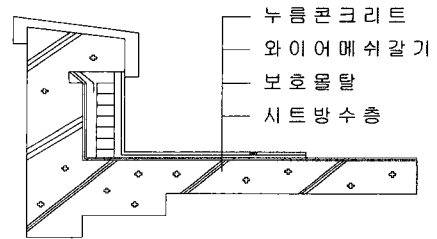


그림 2. 시트 방수

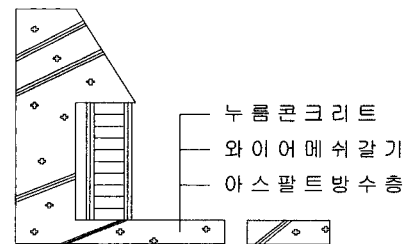


그림 3. 아스팔트 방수

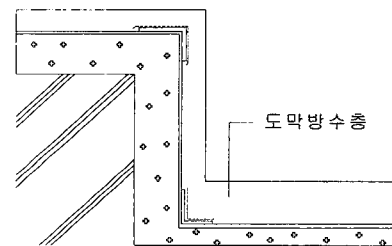


그림 4. 도막 방수

2.3 건설공사 생애주기비용(LCC)

2.3.1 LCC 개념

생애주기비용 분석(Life Cycle Costing)은 건설프로젝트의 총 비용을 분석하는 기법 및 과정을 의미 한다.(김한수 외 2003) 즉, 시설물의 생산에서 철거에 이르는 전 과정을 나타내는 용어로 기획·설계, 시공 운영 및 폐기처분 등에 소요되는 총 비용을 지칭한다.

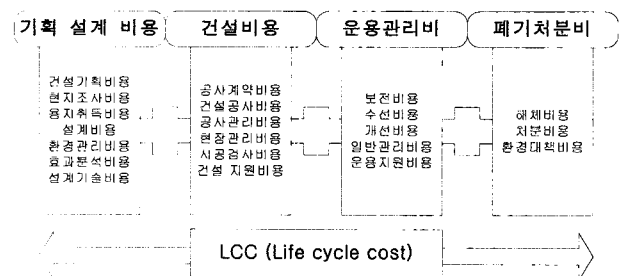


그림 5. LCC 개념

LCC 개념 자체가 어렵거나 복잡하지 않으나 적용하는 원리와 절차가 단순하거나 쉽지는 않다. 왜냐하면 미래에 발생하는 유지관리·해체에 이르는 비용을 예측해야 해야 하기 때문이다(그림 5 참조).

2.3.2 건설산업 LCC 적용 현황

정부는 1999년 『공공사업 효율화 종합대책』을 효율적으로 추진키 위해 준수해야 할 절차와 기준을 법제화 하였다. 주요내용으로는 기획단계에서 총공사비 500억원 이상의 건설공사의 타당성 조사를 실시하기로 결정하였고, 이로 인해 타당성 조사는 반드시 총비용분석(LCC)를 시행하도록 규정되었다. 또한 설계단계에서도 대규모, 고난도 공사에 대하여 설계 시 경제성 검토(VE)를 의무화 하였다(표 3 참조).

표 3. 공공사업 효율화 종합대책 시행 절차

구분	내용
기획단계	1. 예비타당성조사제도 도입
	2. 타당성조사의 신뢰성 제고(LCC 실시)
	3. 기본계획 수립 의무화
설계단계	1. 기본설계 및 사전조사 강화
	2. 설계단계에서부터 경제성을 고려
공사시행 및 유지관리 단계	1. 공사 관리계획 수립 및 실적 평가
	2. 건설사업 참여자의 실명제 도입
	3. 사후평가제 도입

최근 들어 국내에서도 시설물의 가격 평가 방식에 대한 관심이 커지고 있다. 대부분 공공 공사에서 경제성 분석이 이루어지고 있는 실정이지만 투자가관을 중심으로 특정 시설물에 대한 LCC 분석기준이 제시되면서 건설생애주기비용에 관한 관심이 높아지고 있다. 표 4는 건설공사에서 LCC가 적용되고 있는 현황을 나타내었다.

표 4. LCC 적용 현황

구분	내용
턴키 프로젝트	· 최근 건설회사별로 대안 선정 시 LCC에 의한 평가를 기초로 최적대안 선정 실시함.
BTL 사업	· 재정사업 대비 BTL사업 적격성 평가 후 정량적 LCC분석 실시함. · 건물 생애주기동안 발생하는 비용 예측 · 유지관리 단계의 경제적 손실 예측함.
설계 VE	· 설계단계에서 최적대안 선정을 위한 중요 의사결정 도구로 활용함. · 기능향상과 원가절감 목적으로 설계 VE의 필수 요소로 자리 잡음.
기타	· 유지관리를 감안한 대안선정에 활용함. · 보수, 전면개량보수 등 의사결정에 활용함. · 경제적인 유지관리 수준 판단에 활용함.

2.3.3 LCC 분석의 절차

LCC분석은 그림 6과 같은 절차로 진행되는데, LCC 분석은 정성적인 정보들을 정략적으로 나타내는 것이다. 이러한 LCC 분석의 절차는 분석·검토 기간을 거쳐 산정 및 분석을 통해 경제성을 분석한다. 각 단계는 다른 단계와 무관하게 독립적으로 이루어지는 것은 아니며, 모든 단계는 밀접한 상호 영향관계 하에 이루어진다.

2.3.4 LCC 적용 효과

시설물은 일반적으로 운용비용의 투입이 초기건설비용보다 더 많이 나타난다. 따라서 건축물의 초기공사비 뿐만 아니라 유지관리비를 고려한 합리적이고 체계적인 비용을 검토해야 한다. 또한 설계자 또는 기술자들은 경험에 의한 의사결정에서 벗어나 체계적인 접근이 가능하며 경제적인 설계 대안을 선택 할 수 있다. 따라서 본 연구를 수행함으로써 그림 7에 제시한 것과 같은 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. (김한수 외 2003)

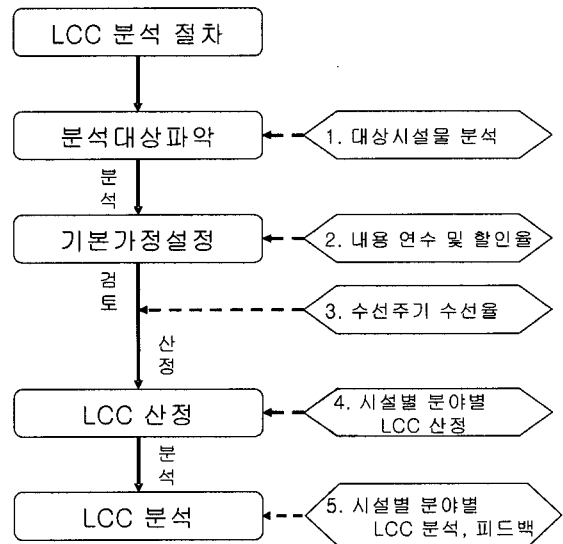


그림 6. LCC 분석의 절차

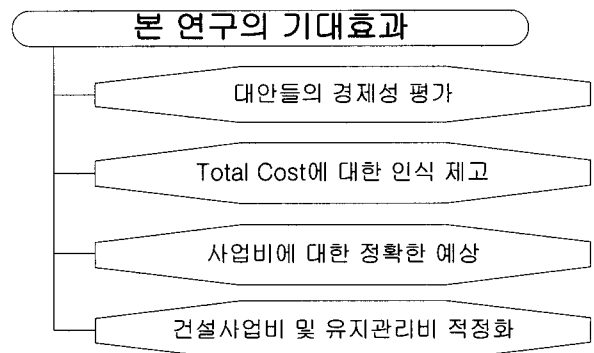


그림 7. 연구의 기대 효과

3. 공법별 비용 분석

3.1 LCC 분석을 위한 기본자료

3.1.1 수선주기 및 수선율

주택법 시행규칙 제 26조 제1항 및 제 20조 관련(장기수선계획의 수립기준)에 의거 장기수선계획을 수립하는데, 공동주택의 품질을 향상시키고 주택건설 시공기술을 발전시킬 수 있도록 현 주택법의 개정취지에 부합해 법률에서 규정토록 했다. 주택법 시행규칙에 제시된 방수 공법에 대한 공법별 수선주기 및 수선율은 표 5과 같다.

표 5. 방수 공법별 수선주기 및 수선율

구분	수선방법	수선주기(년)	수선율(%)
아스팔트방수	부분수리	8	10
	전면수리	25	100
도막방수	부분수리	5	10
	전면수리	15	100
시트방수	부분수리	8	20
	전면수리	20	100

3.1.2 건축물의 내용연수

건축물의 내용연수는 견적된 가능연수를 말한다. 통상적인 사용에 감당할 수 있는 기간으로 내용기간 또는 내구연수라고도 한다. 법인세법 시행규칙 제 15조 3항 관련, 건축물 등의 기준내용연수 및 내용연수 범위표의 물리적, 기능적, 경제적 내용연수의 추정은 아직 객관화된 방법을 찾기 어렵기 때문에 자산의 가치가 존재하는 기간을 법률로써 규정해 놓았다고 볼 수 있는 법인세법상의 법적 내용연수를 따라 분석을 실시하였다.(손보식 외 2005) 표 6 과 같이 철근 콘크리트구조 건축물의 내용연수는 40년으로 평균값을 적용해야 되지만 본 연구에서는 BTL 사업 기준인 45년을 적용하였다.

표 6. 건축물의 내용연수

구분	기준내용연수 및 내용연수범위 (하한-상한)	구조 또는 자산명
1	5년 (4년~6년)	차량 및 운반구(운수업, 기계장비 및 소비용품 임대업에 사용되는 차량 및 운반구를 제외한다.) 공구, 기구 및 비품
2	12년 (9년~15년)	선박 및 항공기(어업, 운수업, 기계장비 및 소비용품 임대업에 사용되는 선박 및 항공기를 제외한다.)
3	20년 (15년~25년)	연와조, 블록조, 콘크리트조, 토조, 토벽조, 목조, 목골모르타르조, 기타 조의 모든 건물(부속설비를 포함한다)과 구축물
4	40년 (30년~50년)	철골·철근콘크리트조, 석조, 연와석조, 철골조의 모든 건물(부속설비를 포함한다)과 구축물

3.1.3 실질이자율

화폐의 시간적 가치 환산을 위해 적용할 할인율에는 이자율과 물가상승률을 복합하여 고려한 실질이자율을 적용해야 한다.(김무한 2007) 실질이자율이란 인플레이션이 없을 때 이자율을 말한다. 즉 실물자본에 대한 실물이자율의 비율이다. 앞으로 인플레이션이 있을 것으로 예상하면 자본의 소유자는 실질이자율에 예상 인플레이션율을 더한 만큼의 이자율을 받고자 하는데 이 이자율을 명목이자율 (nominal rate of interest)라 한다.

$$\text{명목이자율} = \text{실질이자율} + \text{예상인플레이션율}$$

표 7. 실질이자율

구분	일반대출금리 (이자율)	소비자물가총지수 (물가상승률)	실질 이자율 (%)
	연말(%)	등락률(%)	
1997	11.83	4.4	7.12
1998	15.18	7.5	7.11
1999	9.4	0.8	8.51
2000	8.55	2.3	6.11
2001	7.7	4.1	3.46
2002	6.7	2.8	3.91
2003	6.24	3.5	2.59
2004	5.9	3.6	2.22
2005	5.59	2.8	2.71
2006	5.99	2.2	3.7
평균	8.30	3.4	4.74

표 7은 과거 10년간의 실적 값을 적용한 것으로 1997년부터 2006년까지의 평균 실질이자율은 4.74%이다.

3.2 대상공법 선정

그림 8, 그림 9에서 과거 신축공사 및 개수공사 시 가장 선호하는 방수공법을 제시하였는데, 이는 한국건설기술원 보고서에 의한 자료를 토대로 재구성 한 것이다.¹⁾ 지방방수공법에는 여러 가지가 있으나 신축공사 시와 개수공사를 시행할 때 가장 많이 선호하는 아스팔트 방수, 시트방수, 도막방수 세 가지 대상 공법을 대상으로 하였다.

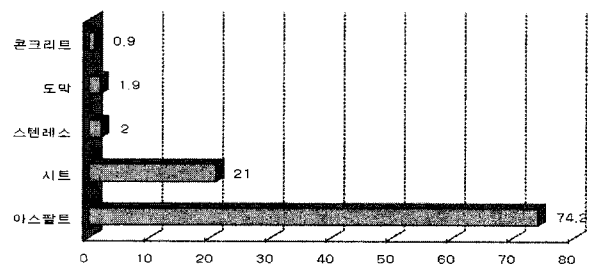


그림 8. 신축공사 시 가장 선호하는 방수공법

1) 방수공법의 선정과 시공관리 요령, 한국건설기술연구원

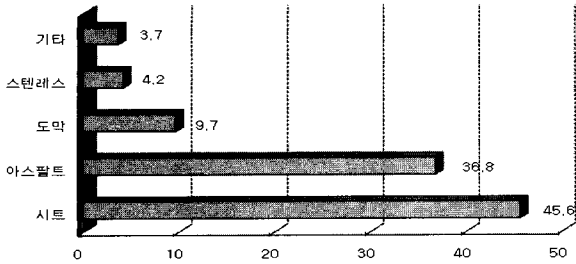


그림 9. 개수공사 시 가장 선호하는 방수공법

3.3 LCC관련 비용의 산정

지붕방수공사의 LCC를 산정하기 위하여 필요한 비용정보는 초기건설비용, 유지관리비용, 폐기물처리비용 등 3가지로 크게 구분할 수 있다. 그러므로 향후 LCC분석을 위하여 각 공법별 세 가지 비용을 일위대가 형식으로 산정하였다. 산정 기준은 표준품셈의 재료비, 인건비, 그리고 경비의 각 수량에 2008년 1월 재료와 노무비 단가를 적용하여 산출하였다.

3.3.1 초기공사비

각 공법별 초기건설비용은 1m²당 공사비를 기준으로 하였는데, 각 방수공법을 공사하는데 필요한 주요공사를 포함하여 해당 방수공법의 일위대가로 산출하였고, 산출결과는 표 8, 9, 10과 같다. 산출한 결과 초기공사비는 시트방수, 아스팔트 8층 방수, 그리고 도막방수의 순서로 비싼 것으로 나타났다.

표 8. 아스팔트 8층 방수(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
아스팔트 방수	8층3겹 바닥	M ²	9,038	29,921	0	38,959
와이어메쉬갈기	#8-150*150	M ²	1,387	445	0	1,832
누름콘크리트	T=100,기계타설	M ²	4,236	2,958	0	7,194
계			14,661	33,324	0	47,985

표 9. 도막방수(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
아스팔트도막방수	바닥	M ²	36,272	21,797	0	58,069
계			36,272	21,797	0	58,069

표 10. 시트방수(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
시트방수	바닥, 3mm	M ²	6,060	8,990	0	15,050
보호몰탈	30mm	M ²	1,973	7,306	0	9,279
와이어메쉬갈기	#8-150*150	M ²	1,387	445	0	1,832
누름콘크리트	T=100,기계타설	M ²	4,236	2,958	0	7,194
계			13,656	19,699	0	33,355

3.3.2 유지관리비용

지붕방수공법의 유지관리 비용은 표 6에 제시된 수선주기와 수선율을 근거로 하여 산출하였다. 즉, 아스팔트 방수의 경우 시공 후 8년이 경과한 후에 10%를 수선하게 되는데, 이때 10% 면적이 철거하고 폐기물을 배출하여야 하기 때문에 면적의 10%에 해당하는 폐기물처리비용과 아스팔트 8층 방수의 시공비용이 발생하는 것으로 산정하였다. 또한 도막방수의 경우는 누름콘크리트 등이 없으므로 별도의 폐기를 처리비용이 발생하지 않는 것으로 산정하였다. 그리고 시트방수는 아스팔트 8층 방수와 동일한 방법으로 산출하였으며, 각 공법의 유지관리비용은 표 11과 같다.

표 11. 각 공법별 수선비(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
아스팔트 방수 (수선주기8년, 10%수선)	부분수선	0.1M ²	1,466	3,324	0	4,790
	방수층철거,폐기	0.1M ²				2,439
	소계	0.1M ²				5,029
도막방수(수선주 기5년, 10%수선)		0.1M ²	3,627	2,180	0	10,836
	소계		3,627	2,180		10,836
시트방수 (수선주기 8년, 20%수선)	부분수선	0.2M ²	2,731	3,940	0	6,671
	방수층철거,폐기	0.2M ²				4,877
	소계					11,548

표 11에 제시된 바와 같이 기간을 고려하지 않는 부분수선 비용은 시트방수가 가장 높고, 다음으로 도막방수, 그리고 아스팔트 8층 방수가 유지관리 비용이 가장 저렴한 것으로 산정되었다. 표 12는 공법별 교체비를 나타낸 것이다.

표 12. 각 공법별 교체비(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
시트방수 (20년, 100 %수선)	교체	M ²	13,656	19,699	0	33,355
	방수층철거,폐기	M ²				24,386
	소계					57,741
도막방수(15년 100%)		M ²	36,272	21,797	0	58,069
	소계					58,069
아스팔트 방수 (25년100%)	교체	M ²	14,661	33,324	0	47,985
	방수층철거,폐기	M ²				24,386
	소계					72,371

3.3.3 폐기처분비용

폐기처분비용의 경우 각 방수공법별로 수선주기가 도래하거나 건물이 해체되면 폐기처분비가 발생하게 된다. 공법별 폐기처분비의 경우 도막방수의 경우 폐기처분비가 발생하지 않는 것으로 하였고, 아스팔트 8층 방수와 시트방수는 동일한 폐기처분비가 발생하는 것으로 하였다. 또한 '2008년도 건설 폐기물 배출지별 처리단가'를 기준으로 함께 비용을 산정하였다. 아스팔트방수와 시트방수의 폐기처분비는 표 13과 같다.

표 13. 폐기 처분비(M²)

구 분	규격	단위	재료비	노무비	경비	계
기존방수층철거	보호층포함	M2	432	17,693	117	18,242
폐자재처리비	T=100	M2				6,144
계						24,386

4. 각 공법별 LCC 비용 예측 및 경제성 평가

4.1 각공법별 LCC비용 예측

4.1.1 유지관리 비용 분석

각 공법별 수선주기 및 교체주기를 적용하여 공법별 비용을 산정하였다. 또한 현재 시점에서 비교검토를 실시해야 함으로 미래에 발생하는 비용에 대해서는 현재 가치법을 적용하였다. 그 결과 아스팔트방수공법이 가장 저렴한 가격을 나타내고 있다. 표 14는 생애주기비용을 정리한 것이다.

표 14. 유지관리 비용 분석(현재가치 비교)(m²당)

구 분	초기 공사비	수선 금액	교체 금액	유지관리 합계 (원)	총 합계(원)
아스팔트	33,355	21,264	17,301	38,565	71,920
시트	47,985	9,260	38,083	47,343	95,328
도막	58,069	35,753	48,657	84,410	142,479

다음으로 연등가법에 의한 유지관리비용을 비교하였는데, 그 이유는 각 공법별 부분수선과 전면수선 주기가 다르기 때문이다. 본 비교에서 적용한 연등가법은 지정된 연이율에 대해 대안의 현금흐름에 대한 수익(현금의증가)과 비용(현금의감소)의 차이를 연등가를 이용하여 나타내는 것으로 평가하고자하는 투자 대안의 사업기간이 서로 다른 경우에 효율적으로 이용된다. 또한 연등가법은 매년 발생하는 연등가를 기준으로 대안을 비교하기 때문에 대안의 사업기간과 관계없이 대안의 평가가 가능하다. 표 15 은 각 방수공법 별 유지관리비 비교에 연등가를 적용한 결과이다.

표 15. 유지관리 비용 분석(연등가 비교)(m²당)

구 분	초기 공사비	연등가 (원)		합계(원)
		수선	교체	
아스팔트	33,355	수선	1151	2,088
		교체	937	
시트	47,985	수선	501	2,563
		교체	2,062	
도막	58,069	수선	1,936	4,570
		교체	2,634	

2) 2008년도 건설폐기물 배출지별 처리단가에 합계 금액만 제시돼있어서 재료비, 노무비, 경비로 구분하지 않고 그대로 인용하였음.

4.1.2 경과 년수별 유지보수 비용

표 16은 각 공법별 경과 년수에 따른 유지관리 비용을 나타낸 것으로 아스팔트방수, 도막방수, 그리고 시트방수의 수선주기 및 교체주기를 고려한 유지보수비를 산정하였다. 실질 이자율을 적용하여 현재가치로 변환하여 값을 계산하였는데, 매년 발생하는 금액을 누적비용으로 나타내 변화추세를 알아 보았다. 초기공사비용에서는 시트방수 공법이 가장 저렴하게 나타났으나 생애주기비용(45년)을 기준으로 비교 검토한 결과 아스팔트 공법이 가장 경제적인 공법으로 나타났다.

표 16. 각 공법별 유지관리비용 누적금액(단위 : 원)

경과 년수	아스팔트방수		시트방수		도막방수	
	유지관리 비용	유지관리 비용현재가	유지관리 비용	유지관리 비용현재가	유지관리 비용	유지관리 비용현재가
5					10,836	8,864
8	11,548	8,125	5,029	3,538		
10					21,672	15,760
15					90,577	49,873
16	23,096	13,562	10,058	5,906		
20			87,458	33,779	101,413	54,046
24	34,644	17,200	92,487	35,363		
25	92,385	34,501			112,249	57,293
30					181,154	73,355
32	103,933	36,936	97,516	36,423		
35					191,990	75,320
40	115,481	38,565	174,916	47,343	202,826	76,849
45					271,731	84,410
누적 합계	115,481	38,565	174,916	47,343	271,731	84,410

4.2 경제성 평가

그림 10은 각 공법별 유지관리 비용을 누적그래프로 나타낸 것이다. 그래프에 제시된 바와 같이 도막방수일 경우에는

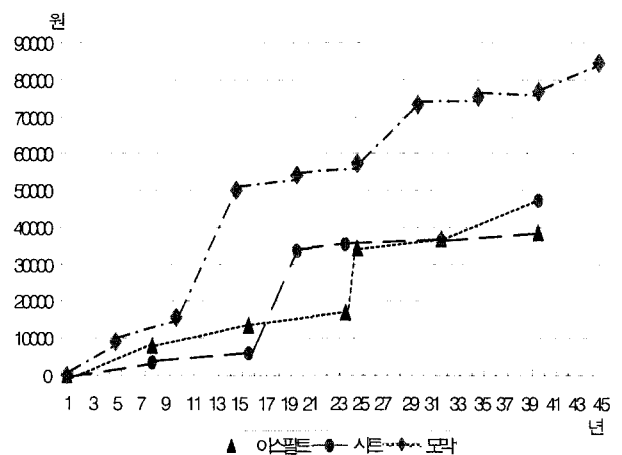


그림 10. 각 공법별 유지관리 누적비용 그래프

수선주기와 교체주기가 짧아 유지관리비가 자주 투입되는 것을 알 수 있다. 시트방수의 경우는 초기공사비가 가장 저렴하였으나 유지관리비용을 포함한 생애주기비용을 고려하면 아스팔트 공법보다 총비용이 많이 투입 되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 아스팔트공법은 시트방수 보다 초기투자비용이 많이 투입되지만 유지관리가 적게 투입되어 생애주기비용상으로 가장 경제적인 공법이라는 것을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 연구는 지붕방수공법에 생애주기비용을 산정하여 가장 경제적인 공법을 선정하는 과정에 대해 살펴보았다. 공법을 선정하는 과정 중 여러 변수들을 복합적으로 고려해야 하지만 본 연구에서는 생애주기비용분석만으로 한정지어 공법별 경제성 검토를 실시하였다. 분석의 대상으로는 신축공사 또는 개수공사에서 가장 선호하는 공법으로 나타난 시트방수, 아스팔트 방수, 도막방수 3가지 공법을 대상으로 하여 생애주기비용을 산출해 가정 경제적인 공법을 선정하는 과정을 제시하였다.

초기공사비 측면에서는 시트방수 아스팔트방수 도막방수 순으로 비용이 경제적이었으나 초기공사비, 유지관리비, 그리고 해체비용까지 포함한 분석에서는 아스팔트방수 시트방수 도막방수 순으로 경제적이었다. 이와 같이 유지관리비용을 포함하면 총 투입되는 비용에 많은 차이를 보인다는 것은 널리 알려진 사실이지만 개별 공법을 대상으로 하여 검토를 실시하여 경제적인 공법을 선택할 필요성이 있다는 것을 확인하였다.

또한 특정 공법에 대하여 초기공사비, 유지관리비, 그리고 해체비용까지 산정하여 총 생애주기비용을 산출하는 과정을 제시하여 향후 다른 공법에 동일한 절차로 가장 경제적인 공법을 선정하는데 활용이 가능할 것으로 사료된다. 해당 프로젝트의 여건과 각 공법별 장단점 등 모든 상황에 대해 고려해 본다면 최적의 의사결정이 가능할 것으로 사료된다.

그리고 본 연구에서는 단지 경제적 측면에 대하여 검토하였으며, 이를 바탕으로 가장 경제적인 공법을 제시하였으나 향후 해당 공법의 성능과 유지관리의 용이성 등 정성적인 측면을 종합적으로 고려하여 최적의 공법을 선정하는 연구가 추가적으로 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 강태경, 이유섭, 설계·시공일괄입찰공사 및 대안입찰공사의 생애주기비용 분석 및 평가 체계 개선방향, 한국건축시공학회 논문집, v.8 n.1, pp.97~102, 2008 .02.

2. 강현규, 한충희, 공공임대주택 시설물 유지관리비 영향요인 실증분석, 한국건설관리학회 논문집, v.7 n.6, pp.185~192, 2006. 12.

3. 강현정 외 3명, 지하구조물의 공법선정을 위한 요인분석, 한국건축시공학회 학술,기술논문발표회 논문집, 한국건축시공학회, v.7 n.1, pp.37~40, 2007. 04.

4. 권시원, 배기선, 오상근, 국내외 옥상녹화 기술현황분석을 통한 국내 방수·방근 기술의 개선방향연구, 한국건축시공학회 기술논문집, v.7 n.1, pp.13~17, 2007. 04.

5. 김광희, 강경인, 사례기반추론 기법을 이용한 공동주택 초기공사비 예측에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.20 n.5, pp.83~92, 2004. 05.

6. 김무한, 건축물의 내구수명과 장수명화를 위한 건축재료설계시의 고려사항, 대한건축학회지, v.51 n.2 pp.16~19, 2007. 02.

7. 김재엽, 박우열, 김광희, 신경망과 사례기반추론을 이용한 흙막이공법 선정에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.22 n.5, pp.187~194, 2006. 05.

8. 김한수, 이재은, LCC 성공사례 분석을 통한 주요 성공요인 및 Best Practice 발굴에 관한 연구, 대한건축학회논문집, v.19 n.2, pp.115~122, 2003. 02.

9. 방수공법의 선정과 시공관리 요령, 한국건설기술연구원.

10. 서덕석, 조경래, 입주자측면에서 본 공동주택 하자소송의 합리적 해결방향, 대한건축학회 논문집, v.24 n.6 pp.119~126, 2008. 06.

11. 손보식, 장명훈, 이현수, LCC분석을 이용한 공동주택 개보수의 경제성 분석 방법, 대한건축학회논문집, v.21 n.7, pp.73~81, 2005. 07.

12. 윤우욱, 오상근, 건축물 옥상 방수의 새로운 기술 동향, 한국구조물진단학회, v.5 n.3, pp.50~59, 2001. 07.

13. 임재중, 콘크리트 구조물 방수공법의 기술성 및 경제성에 관한 연구, 동의공업대학교 논문집, v.27 n.1, pp.283~291, 2001.

14. 이한민, 고성석, 해체공사의 최적공법 선정을 위한 시스템 개발에 관한 연구, 대한건축학회 논문집, v.24 n.5 pp.193~200, 2008. 05.

15. 최석규, 김갑열, 공공업무시설의 수선비 조사를 통한 연차별 비용변화 패턴 및 수선비 항목별 발생빈도와 평균비용 분석, 한국 생태환경건축학회논문집, v.8 n.1, pp.111~118, 2008. 01.

16. 하현석, 송창영, 김용수, BTL 학교 건축물의 수선비용 분석을 통한 장기수선비용 산정에 관한 사례 연구, 한국건설관리학회 논문집, v.8 n.6, pp.207~215, 2007. 12.

17. Igal M. Shohet, M., Puterman, Flat roofing systems: towards integrated techno-economic analysis, Building Research & Information, v.32 n.2, pp.165~173, 2004.

(접수 2008. 9. 12, 심사 2008. 10. 8, 게재확정 2008. 10. 15)