

AHP 기법을 활용한 지붕방수공법 선정에 관한 연구

The Selection of Roof Waterproofing Methods using the Analytic Hierarchy Process (AHP) Technique

최 오 영¹ 조 흥 규² 김 광 희^{1*}
Choi, Oh-Young¹ Cho, Hong-Gyu² Kim, Gwang-Hee^{1*}

Department of Architectural Engineering, Kyonggi University, Seodaemun-Gu, Seoul, 120-702, Korea¹
Field Director, Chin Hung International Inc. Yongsan-Gu, Seoul, 105-192, Korea²

Abstract

The purpose of this study is to propose a decision-making technique for selecting waterproofing methods using the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique. In this study, a questionnaire survey was given to a group of specialists, which included design specialists, construction specialists, and maintenance specialists, regarding their experience with roof waterproofing methods. The 1st level hierarchy of the questionnaire survey addressed the function, economics, and maintenance of each of the roof waterproofing methods. The rank of 13 items of questionnaire, which is the 2nd level hierarchy of the questionnaire survey, is calculated using Expert Choice Solution. The analysis of questionnaire survey shows that each specialist selects different roof waterproofing methods, and all specialists make much of waterproof performance.

Keywords : Roof waterproofing methods, AHP technique, Methods selection

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 급속한 산업 및 사회 발달과 함께 건설프로젝트가 점차 대형화, 기능화 되면서 이에 대응하기 위한 새로운 공법들이 개발되고 있음에도 불구하고 건축생산성이 저하되고 있는 실정이다. 그 주요요인으로 설계자의 시공경험과 피드백부족, 전문영역간의 의사소통 부재 등을 들 수 있으며, 또한 현장계획의 불합리로부터 비롯되는 작업환경, 장비계획, 작업계획, 공법선택, 자재선택 등의 영향이 결국에는 공기, 인건비, 공사비, 공사품질 등의 문제를 일으키고 있다[1].

건설 프로젝트의 원활한 수행과 성공을 위해 프로젝트의 기획·설계단계에 합리적으로 공법을 선택하는 것은 프로젝

트를 성공적으로 수행하기 위한 중요한 요소 중의 하나이다. 해당 프로젝트에 적용될 공법 선정 시 선정 평가 항목의 중요도를 제시해주는 것은 설계자와 시공자에게 매우 중요하다. 건설 산업의 적정 공법을 선정함에 있어 다양한 변수를 고려해야 하나 변수에 따른 적정공법 선택의 객관적인 기준이 모호한 문제점을 지니고 있다[2].

그러나 공법을 선택하는 기준이 원가분석이나 설계자나 기술자의 경험에 의한 경우가 대부분이고 생애주기비용을 고려한 공법선택 방법이 제시되고 있는 실정이다. 원가분석이나 생애주기비용 분석을 통한 공법의 선택은 정량적인 방법으로 명확하게 기준을 제시할 수 있다. 그러나 설계자나 기술자의 경험을 정량화하여 선택의 기준을 제시하는 것은 매우 어려운 과정이라 할 수 있다. 이와 같이 경험을 정량화하여 경험이 적은 설계자나 기술자에게 합리적으로 공법을 선택할 수 있는 기준을 제시하는 것이 건설프로젝트의 질적 향상에 많이 기여할 수 있을 것이다.

건축공사에 적용되는 모든 공법이 합리적으로 선택되어져야 프로젝트의 질적 향상에 기여하는 것은 당연하다 할 수 있으나 여러 공법 중에 건축물의 유지관리에 많은 영향

Received : June 30, 2010

Revision received : July 16, 2010

Accepted : July 23, 2010

* Corresponding author:

[Tel: 82-2-390-5393, E-mail: ghkim@kyonggi.ac.kr]

© 2010 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved

을 주고 수명과도 직결되는 공법으로 지붕방수공법을 들 수 있다. 이와 같은 이유로 적절한 방수공법을 선택하고자 할 경우 방수공법과 재료의 성능, 시공기술, 유지관리, 경제성 등을 설계단계부터 종합적으로 검토하기 위해서는 체계적인 의사결정과 LCC 개념의 장기적인 경제성 평가가 수반되어야 한다[3]. 또한 신축건물의 설계시 유지관리에 대한 고려가 없이는 건축물의 수명연장을 기대할 수 없다. 이에 유지관리 성능을 확보하고 설계단계부터 효과적인 유지관리가 이루어질 수 있도록 해야 한다[4].

따라서 본 연구에서는 AHP분석 기법을 활용하여 설계자나 기술자의 경험을 정량화하여 공법 선택 시 고려되는 변수들의 중요도 순위를 부여함으로써 공법 선택에 전문가의 의견이 반영되는 AHP기법을 활용한 공법선정 방법을 제시하고자 한다. 이러한 과정을 검증하기 위하여 지붕방수 공법 선정에 AHP기법을 적용하여 설계자나 기술자의 경험을 정량화하여 공법 선택 시 적용되는 항목(변수)들의 중요도를 결정함으로써 경험을 정량화하여 공법을 선택하는 기준으로의 활용 가능성을 알아보고자 한다. 이러한 과정을 통하여 향후 정량적으로 분석이 가능한 투입원가나 생애주기비용 등에 의해 선정되는 공법과 설계자나 기술자의 경험에 의한 선택의 결과를 비교함으로써 좀 더 합리적인 공법의 선택이 가능할 수 있을 것이다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 합리적인 지붕방수 공법 선정을 위해 AHP 기법을 활용하였다. 공법 선택 시 적용되는 변수들에 대한 중요도를 파악하고 설계자, 기술자들의 경험을 정량화하였다. 건축물의 지붕방수 공법으로 그 대상을 선정하였으며, 이를 분석하기 위해 AHP 기법을 적용하였다.

본 연구를 수행한 연구절차는 Figure 1에 제시된 바와 같으며, 우선 이론적 고찰을 통하여 의사결정기법의 하나인 AHP기법, 그리고 지붕방수공법, 그리고 공법선정에 영향을 미치는 요소들에 대하여 파악하였다. 본 연구에서 수행한 연구 구체적으로 기술하면 Figure 1과 같다.

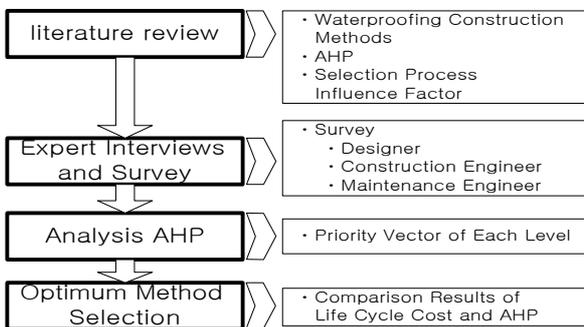


Figure 1. The Procedure of Study

첫째, 공법선정과 AHP 분석에 관한 기존 연구를 문헌조사를 통하여 실시하였으며, 또한 본 연구에서 의사결정 분야에 해당되는 방수공법에 대한 조사를 실시하였다.

둘째, AHP기법을 적용하기 위하여 이론적 고찰 및 전문가들의 사전면담을 통하여 방수공법선정에 영향을 미치는 요소들을 선정하여 AHP 모형을 구성하였다.

셋째, 구축된 AHP 모형을 본 연구에 적용하는 단계로 전문가들의 의견을 조사하여 Expert Choice를 이용하여 가중치분석을 실시하였다. 이와 같이 분석된 가중치에 의해 최적의 방수공법을 선정하여 LCC분석을 통하여 선정된 최적 방수공법과 비교를 하였다.

본 연구에서는 모든 지붕방수공법을 모두 적용하기 보다는 건축물의 지붕층(옥상)방수 중 사용빈도가 높은 아스팔트방수, 시트방수, 그리고 도막방수공법으로 범위를 한정지어 연구를 진행하였다[5]1). 또한 각 공법별 1차적 평가항목을 도출하고 방수공법의 장단점 및 특성을 반영하기 위하여 설계자, 시공자, 유지관리자 세 분야의 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였는데, 유지관리 분야는 유지관리 분야 전문가를 사전 면담한 결과 방수공법에 대한 특별한 지식이나 경험을 가진 전문가가 별도로 없고 유지관리 단계에서도 방수전문건설업체에서 방수에 대한 유지·보수 업무를 수행하는 것으로 조사되어 방수전문건설업체의 책임자에게 설문을 실시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 기존연구고찰

건설관련 분야에 AHP기법을 활용한 연구는 매우 다양하고 활발하게 Cho et al.[17]에서 제시된 국내 AHP 적용 연구 관련 석박사 학위논문 분류에서도 도시/환경/건설 분야가 타 분야에 비하여 많은 비중을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다. 최근 연구 중에 AHP기법을 활용한 건축공법 선정에 관한 연구는 Table 2에 제시하였으며, 건설관리 분야에 AHP 활용한 연구는 Table 1에 제시하였다.

1) 한국건설기술연구원의 연구보고서 “방수공법의 선정과 시공관리요령”에서 신축공사와 개수공사에서 가장 선호하는 방수공법으로 아스팔트, 시트, 도막방수공법으로 제시함

Table 1. Previous Researches on the Application AHP Technique to Construction Management

Author	Research Summary
Lee and Pyo. [10]	To factors with gathering opinions of panels of expert's studies about labor-productivity on project of construction. Also Delphi method and I evaluated the result factors as quantitatively and subjectively.
Chung and Yoon. [11]	The aim is to get comprehensive view point for the price of apartment. Also, the factor of housing services and focused on the affordability of demand are analysis by AHP
Kim and Lee. [12]	This paper evaluated using the AHP method, and weighted to calculate the importance between elements based on this case applied.
Jang et al. [14]	The aim of this paper is to set up a hierarchy structure of the risks to understand the risks in construction projects in China and to develop an AHP model to evaluate the risks.
Choi et al. [16]	Theoretical analysis and review of the application method for each step of performing VE were carried out with regard to the roof part of building.
Jung et al. [13]	Alternative evaluation model is constructed by using Fuzzy Inference and ahp method based on environmental evaluation factors of residential land development project.
Choi et al. [15]	This study intends to develop a proper selection system of waterproofing methods to which VE technique is applied. and This article will propose a cost evaluation model of RWLCC

Table 2. Selection of Construction Method by AHP

Author	Research Summary
Yang and Yoon. [3]	To present the best suitable methodology for selection of construction method by considering potential risk of construction method and variables together with external condition for underground construction.
Choi et al. [6]	This study presents an example of selecting suitable method by analyzing LCC (Life Cycle Cost) in roof waterproofing work.
Kim et al. [7]	Based on expert surveys, the research provides criteria for selecting a form work type and cost-benefit analysis for different types of form works.
Kim et al. [8]	To support for a designer to select building finishing materials, we propose the support system adopting CBR and AHP to select building finishing materials.
Lee and Jeong. [9]	The study propose a foundation practice selection method using the ahp and the utility theory

2.2 지붕방수 공법별 장·단점

지붕방수에 주로 사용되는 방수공법으로는 도막방수, 시트방수, 액체방수, 금속판방수, 그리고 아스팔트 방수 등이 있으나 이와 같은 방수가 모두 빈번하게 사용되는 것은 아니고 구조물의 종류, 부위, 표면상태, 적절한 사양, 공사비, 작업공간, 처리소요 시간 등을 고려하여 채택한다[6]. 지붕방수 공법으로 신축공사와 개보수공사에서 가장 많이 채택되고 있는 아스팔트 방수, 시트방수, 그리고 도막방수는 다음과 같은 특징이 있다. 아스팔트 방수는 천연재료와 석유재료로 구분되어지며, 시트방수는 루핑재를 접착제로 바탕면에 붙이는 방수방법이다. 지붕, 차양, 발코니, 수조등에 사용되며 합성고무, 합성수지가 원재료이다. 마감부위에는 실링재와 테이프로 접착공정 시켜 밀실하게 시공한다. 도막방수는 도장 재료의 시공방법으로서 원재료서는 아주 딱딱한 에폭시 재료와 탄성이 있는 우레탄재료가 있는데, 우레탄은 체육시설 및 옥상 등에 시공되며, 에폭시는 수영장, 공장, 창고바닥에 주로 시공된다. 지붕방수 공법별 장·단점을 정리하면 Table 3과 같다.

Table 3. Characteristics of Roof Waterproofing Methods

Section	Advantage	Disadvantage
Membrane Waterproofing	-Easy construction -Shorten the construction period -Excellent waterproof performance	-Frequent maintenance -Because of humidity is difficult to construction -Causes pollution -Work space required
Sheet Waterproofing	-Easy construction -Excellent chemical resistance -Excellent waterproof performance	-Difficulty found the defective part -The precise construction difficulties -Difficult to maintain
Asphalt Waterproofing	-A lot of experience -Excellent water resistance and chemical resistance -Be Stable	-The complexity of the procedure -The precise construction difficulties -Difficulty found the defective part -Because of temperature changes happen crack

3. AHP 모형

3.1 AHP 기법

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 1970년대 초반 Tomas. L. Saaty에 의하여 개발된 다수 대안에 대한 다면적 평가기준을 통한 계층 분석적 의사결정 방법으로 의사결정의 계층구조를 구성하고 있는 요소간의 쌍대비교에 의

한 판단을 통하여 평가자의 지식, 경험 및 직관을 포착하고자 하는 방법이다.

AHP는 목표 값들 사이의 중요도를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안의 중요도를 산출하는 기법으로서, 다수의 목표·평가기준·의사결정주체가 포함되어 있는 의사결정 문제를 계층화하여 해결하는데 적합한 기법이다. 즉, 주어진 의사결정 문제를 계층화한 후, 상위 계층에 있는 한 요소의 관점에서 직계 하위계층에 있는 요소들의 쌍대비교(Pairwise Comparison)를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구함으로써 하위 계층에 있는 대안의 우선순위를 구하는 것이다.

AHP의 평가와 관련하여 Saaty and Kearns[17]는 AHP가 에너지 분배계획, 교통체계설계, 기업의 미래계획, 고등교육을 위한 미래의 시나리오의 설계, 임후보와 선출과정, 석유가격 예측 등의 다양한 분야에서 성공적으로 적용되었다고 평가하였다. 또한 Harker and Vargas[18]는 AHP가 의사결정이나 계획을 위한 매우 유용한 방법이라고 평가하고 있다.

3.2 AHP 적용 절차

AHP기법을 적용하는 절차는 다음에서 상세하게 기술하는 바와 같이 4단계로 구분할 수 있으며, 1단계에서 최상위에 있는 목표에 기초한 의사결정 문제를 환경시나리오, 기준 및 시행되어질 대안으로 구분하여 의사결정의 계층(Decision Hierarchy)을 만든다. 이과정은 평가기준을 계층화하는 것인데 낮은 계층일수록 구체화되어야 한다. 그러나 한계층에 속성이 너무 많으면 상대비교가 많아지게 되므로 가능한 한 계층 내의 평가기준은 9개를 넘지 않는 것이 바람직하다[19].

2단계에서는 환경시나리오에 대한 각 기준의 쌍대비교자료와 기준에 대한 각 대안의 쌍대비교자료를 수집한다. 계층별 쌍대비교로 AHP 행렬을 구한다. 즉 계층구조가 형성되면 각 계층에 소속된 구성요소들을 상호 비교하는 쌍대비교행렬을 작성한다. 쌍대비교에 사용되는 척도는 일반적으로 1에서 9까지 사용된다.

3단계는 의사결정 요소의 상대적 가중치를 평가하기 위해 제 2단계에서 명시된 매트릭스의 고유치(Eigenvalue)문제를 해결하는 단계이다. 의사결정 요소들의 상대적 가중치를 추정하고, 응답자의 전문성에 대한 신뢰도를 측정하기 위해 일관성 비율(Consistency Ratio : CR)을 검증한다. 상대적 가중치는 일반적으로 고유벡터(Eigenvector)를 이용하여 중요도를 산출하며, 일관성 비율은 일반적으로 CR값이 0.1이하일 경우[20].

마지막 4단계에서는 각 수준의 요소들의 종합적인 우선순위(Priority)를 정하기 위해 계층적 구성에 의해 의사결정 요소들의 상대적 가중치를 합한다. 이를 통해 평가대상의 우선순위를 결정하고 자원배분 또는 대안선택의 기초를 제공하게 된다.

3.3 AHP 계층 구조의 구성

계층분석법은 의사결정 문제의 계층적 구조화를 수립하고 다음으로 목적, 기준, 대안 대안의 관계적 측면에서 쌍대비교법(Pairwise Comparison Method)을 이용하여 정방행렬의 자료표를 작성하며, 고유 벡터방법을 이용하여 계층별로 얻어진 기준들의 상대적 중요도를 결합시켜 대안들의 우선순위를 결정하는 3단계로 구성되어 있다. 의사결정 문제의 계층 구조화 모델을 도표화 하였다(Figure 2 참조).

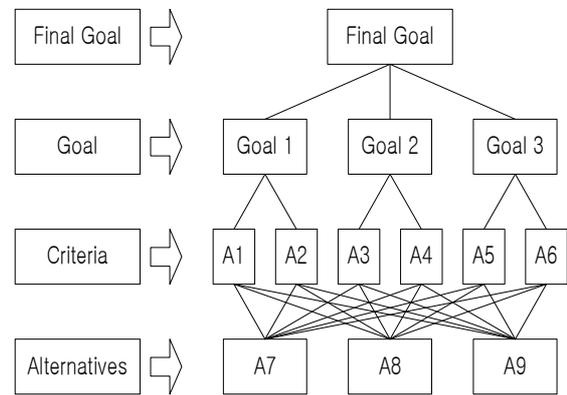


Figure 2. The Configuration of Hierarchy

3.4 일관성 지수

AHP에서는 일관성을 검증하기 위해서 평균 무작위지수(Random Index ; RI) 또는 난수지수라는 것을 사용하는데 Saaty[19]가 제시하는 RI 값은 9점 척도를 이용하여 표본크기를 100으로 하여 무작위로 만들어낸 역수행렬의 일관성지수값의 평균값으로 역수행렬의 차원1에서 15까지의 값을 제시하였다(Table 4 참조). 따라서 일관성을 검증하기 위해 일관성 지수를 평균무작위지수로 나눈 일관성비율(Consistency Ratio ; CR)을 사용한다. 일관성에 대한 가설과 검증통계량은 Table 5와 같다.

Table 4. Random Index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random Index	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Table 5. Test Statistic

Section	Content
Null Hypothesis(H0)	The evaluation of decision-makers were randomly.
Alternative Hypothesis(H1)	The evaluation of decision-makers were not randomly.
Test Statistic	Consistency Ratio = CI / RI

CR 값이 0.1미만이면 H₀가 기각된다. CR 값이 0의 값을 갖는다는 것은 응답자가 완전한 일관성을 유지하며 쌍대비교를 수행하였음을 의미한다. CR값이 0.1이상이면 일관성이 부족한 것으로 재검토가 필요함을 의미한다.

EC 2000에서는 쌍대비교행렬의 가중치를 도출할 때 자동적으로 일관성비율을 계산하여 제시해 준다. 또한 Best fit을 선택하면 판단이 일관성이 되도록 하는 값을 제시해 준다.

4. AHP 기법적용을 통한 가중치 분석

4.1 전문가 조사 설계

최적의 지붕방수공법 선정을 위한 연구를 진행하기 위해 설계자(5명), 시공자(5명), 유지관리자(5명)을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 1차 설문조사기간(설계자)은 2009년 10월 둘째 주, 2차 설문조사기간(시공자)은 2009년 10월 넷째 주, 3차 설문조사기간(유지관리자)은 11월 둘째 주에 시행하여 총 4주간에 걸쳐 설문조사를 실시하였다. 설문에 응답한 전문가는 경력이 최소 5년 이상의 전문가로서 해당분야의 실무에 경험이 많은 자를 대상으로 하였으며, 각 설문 응답자별 경력 현황은 Table 6에 제시된 바와 같다.

Table 6. The Object of Survey

Career	Designer	Construction Engineer	Maintenance Engineer
5-7 years	1	1	-
8-10 years	2	1	2
11-13 years	2	1	1
More than 13 years	-	2	2
Total(persons)	5	5	5

4.2 AHP 계층 구성

최적의 방수 공법을 선정하여 위해 Figure 3과 같이 AHP 계층을 구성하였다.

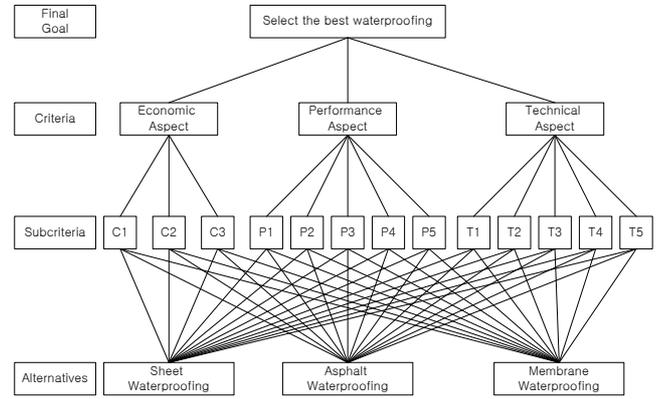


Figure 3. Configuration of Hierarchy

Level 1에서는 경제적 측면, 성능적인측면, 기술적인측면으로 구성하였고[21], Level 2는 13가지 항목으로 구분하였는데 구체적인 항목은 Table 7에 제시된 바와 같다. 경제적인 측면에 3가지 항목, 성능적인 측면에 5가지 항목, 기술적인 측면에 5가지 항목으로 구성하여 대안 공법인 시트 방수, 아스팔트방수, 도막방수 3가지 방수 공법에 대한 가중치 분석을 실시하였다(Table 7 참조).

Table 7. AHP Configuration of Sub-criteria

Criteria	CODE 1	Sub-criteria	CODE 2
Economic Aspect	C	· Construction cost	C-1
		· Maintenance cost	C-2
		· CO2 burst size	C-3
Performance Aspect	P	· Durability	P-1
		· Adhesion safety	P-2
		· Structural behavior responsiveness	P-3
		· Waterproof performance	P-4
		· Climate resistance	P-5
Technical Aspect	T	· Workability	T-1
		· Ease of maintenance	T-2
		· Sensitivity depend on artisan features	T-3
		· Materials sensitivity	T-4
		· Construction quality sensitivity	T-5

4.3 평가항목별 일관성 검증

각 분야의 전문가 들이 응답한 결과의 일관성을 검증하기 위해 각 단계별 검정 통계량(Consistency Ratio)을 산출하였다. CR값이 0의 값을 갖는다는 것은 응답자가 완전한 일관성을 유지하며 설문에 응하였음을 의미한다. 그러나 CR값이 0.1이상이면 일관성이 부족한 것으로 재검토가 필요

요시 된다. 본 연구에서 사용한 EC2000 프로그램에서는 쌍대비교행렬의 가중치를 도출할 때 자동적으로 일관성 비율을 계산하여 가장 모순된 값을 찾아 일관되는 값으로 변환해주는 Best Fit²⁾ 기능이 있으므로 Best Fit 기능을 통해 일관성을 검증하였다.

4.4 설계 전문가 중요평가항목 우선순위

설계 전문가의 평가항목 가중치를 산정하여 우선순위를 산정하였는데, 상위기준에서는 성능적 측면, 기술적 측면, 경제적 측면 순으로 가중치가 높은 것으로 분석되었으며, 세부항목인 13가지를 상위기준으로 한번, 중위기준으로 한번, 하위기준으로 총 3번의 순위를 산정하였다.

설계 전문가들은 방수의 근본적인 목적인 물의 침입을 막거나 또는 물의 흐름을 통제하기 위한 방수공법의 성능적 측면을 중요시 여기고 있다. 하위기준을 살펴봄으로써 성능적인 측면인 방수성능항목과 내구성항목이 1위와 2위를 차지함에 알 수 있다. 또한 설계 전문가들은 유지관리측면을 최초 설계 시 부터 고려함을 Table 8을 통해 알 수 있다.

Table 8. Priority Vector of Each Level(Designer)

Criteria	Sub-criteria		Total rank	
Economic Aspect 0.044 (3)	· Construction cost (0.3276)	(2)	0.015	(11)
	· Maintenance cost (0.4782)	(1)	0.021	(8)
	· CO ₂ burst size (0.1944)	(3)	0.009	(13)
Performance Aspect 0.775 (1)	· Durability (0.3154)	(2)	0.244	(2)
	· Adhesion safety (0.093)	(4)	0.072	(5)
	· Structure behavior responsiveness (0.105)	(3)	0.081	(4)
	· Waterproof performance (0.448)	(1)	0.347	(1)
	· Climate resistance (0.0394)	(5)	0.031	(7)
	· Workability (0.2642)	(2)	0.048	(6)
Technical Aspect 0.179 (2)	· Ease of maintenance (0.4888)	(1)	0.088	(3)
	· Sensitivity depend on artisan features (0.0838)	(4)	0.015	(10)
	· Materials sensitivity (0.058)	(5)	0.010	(12)
	· Construction quality sensitivity (0.1054)	(3)	0.019	(9)

2) Best Fit은 가장 모순된 판단을 찾기 위해 EC2000의 한 기능이다. EC2000 메뉴에서 Inconsistency클릭 후 Best Fit을 선택하면 일관된 값을 제시해 줌.

설계 전문가들의 대안별 가중치 산정결과 시트 방수, 아스팔트 방수, 도막 방수 순으로 대안별 가중치가 조사되었다. 대안별 가중치는 Table 9와 같다.

Table 9. Calculated Weight on Waterproofing (Designer)

Section	Sheet Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Membrane Waterproofing
1	0.209	0.085	0.033
2	0.194	0.221	0.063
3	0.064	0.073	0.057
4	0.167	0.112	0.036
5	0.032	0.051	0.010
6	0.028	0.053	0.024
7	0.284	0.121	0.043
8	0.022	0.012	0.005
9	0.029	0.059	0.175
10	0.147	0.076	0.267
11	0.051	0.023	0.010
12	0.037	0.014	0.006
13	0.063	0.031	0.012
Total	1.329	0.933	0.739

4.5 시공자 중요평가항목 우선순위

시공 전문가들의 설문 응답결과는 Table 10과 같다.

Table 10. Priority Vector of Each Level (Construction Engineer)

Criteria	Sub-criteria		Total rank	
Economic Aspect 0.273 (2)	· Construction cost (0.4904)	(1)	0.134	(4)
	· Maintenance cost (0.3686)	(2)	0.101	(5)
	· CO ₂ burst size (0.1412)	(3)	0.039	(8)
Performance Aspect 0.610 (1)	· Durability (0.1082)	(4)	0.066	(6)
	· Adhesion safety (0.257)	(2)	0.157	(2)
	· Structure behavior responsiveness (0.2278)	(3)	0.139	(3)
	· Waterproof performance (0.4934)	(1)	0.301	(1)
	· Climate resistance (0.074)	(5)	0.045	(7)
Technical Aspect 0.116 (3)	· Workability (0.2574)	(2)	0.030	(10)
	· Ease of maintenance (0.2692)	(1)	0.031	(9)
	· Sensitivity depend on artisan features (0.1966)	(4)	0.023	(12)
	· Materials sensitivity (0.0698)	(5)	0.008	(13)
	· Construction quality sensitivity (0.2072)	(3)	0.024	(11)

시공자 주용평가항목 우선 순위를 분석한 결과 성능적 측면, 경제적 측면, 기술적 측면 순으로 가중치가 높게 나타난 것을 확인할 수 있었으며(Table 10 참조), 시공 전문가 또한 설계 전문가들과 동일하게 방수의 근본적인 목적인 물을 통제하는 성능적인 측면을 가장 우선시하였다. 설계 전문가와 다른 점은 경제적인 측면이 2순위로 선정되었으며 시공자입장에서는 공사를 진행함에 있어 원가관리와 공정 관리에 예민하게 반응하기 때문에 경제적 측면이 설계 전문가의 응답결과보다 높은 순위를 차지하는 것으로 사료된다(Table 10참조).

Table 11. Calculated Weight on Waterproofing (Construction Engineer)

Section	Sheet Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Membrane Waterproofing
1	0.107	0.173	0.210
2	0.304	0.128	0.059
3	0.098	0.344	0.048
4	0.088	0.166	0.236
5	0.084	0.179	0.227
6	0.064	0.195	0.232
7	0.096	0.102	0.293
8	0.091	0.164	0.235
9	0.069	0.043	0.378
10	0.084	0.140	0.266
11	0.082	0.058	0.351
12	0.100	0.089	0.302
13	0.075	0.115	0.301
Total	1.341	1.895	3.139

시공 전문가들의 대안별 가중치는 도막 방수, 아스팔트 방수, 시트 방수 순으로 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 도막방수의 경우 시공이 간편하고 공기를 단축할 수 있는 장점 때문이라고 판단된다(Table 11참조).

4.6 유지관리자(하자보수) 중요평가항목 우선순위

유지관리 전문가 설문조사 결과에서 상위기준의 순위를 살펴보면 성능적 측면, 기술적 측면, 경제적 측면 순으로 가중치가 높은 것으로 나타났으며(Table12 참조), 이는 설계 전문가와 동일한 순위이었다. 유지관리자의 입장에서는 시설물 완벽시공을 목표로 방수의 균열 및 들뜸을 방지하기 위해 성능적 측면과 기술적 측면을 우선시 여기고 있다고 할 수 있다.

Table 12. Priority Vector of Each Level (Maintenance Engineer)

Criteria	Sub-criteria	Total rank
Economic Aspect 0.195 (3)	· Construction cost (0.375)	(2) 0.073 (6)
	· Maintenance cost (0.5404)	(1) 0.105 (2)
	· CO2 burst size (0.0848)	(3) 0.017 (12)
Performance Aspect 0.549 (1)	· Durability (0.16)	(4) 0.088 (3)
	· Adhesion safety (0.1116)	(3) 0.061 (8)
	· Structure behavior responsiveness (0.03)	(5) 0.016 (13)
	· Waterproof performance (0.5694)	(1) 0.313 (1)
	· Climate resistance (0.1292)	(2) 0.071 (7)
Technical Aspect 0.255 (2)	· Workability (0.1472)	(5) 0.038 (11)
	· Ease of maintenance (0.3004)	(1) 0.077 (4)
	· Sensitivity depend on artisan features (0.2888)	(2) 0.074 (5)
	· Materials sensitivity (0.1726)	(3) 0.044 (9)
	· Construction quality sensitivity (0.1618)	(4) 0.041 (10)

Table 13. Calculated Weight on Waterproofing (Maintenance Engineer)

Section	Sheet Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Membrane Waterproofing
1	0.042	0.047	0.286
2	0.214	0.078	0.083
3	0.068	0.188	0.119
4	0.086	0.251	0.039
5	0.068	0.268	0.038
6	0.037	0.094	0.244
7	0.080	0.212	0.083
8	0.097	0.036	0.243
9	0.044	0.050	0.280
10	0.296	0.036	0.043
11	0.041	0.054	0.280
12	0.076	0.093	0.207
13	0.071	0.058	0.246
Total	1.220	1.465	2.191

유지관리자의 대안별 가중치는 Table 13과 같으며, 도막 방수, 아스팔트 방수, 시트 방수 순으로 조사 되었다. 도막 방수의 경우 하자 부위의 발견이 용이하며, 시공사례가 많기 때문에 유지관리자들이 충분한 이론숙지와 작업 숙련도를 지니고 있다. 그러므로 상대적으로 다른 공법에 비하여 우선순위가 높은 것으로 사료된다.

5. 생애주기비용 분석과 AHP 분석 비교

지붕방수공법별 생애주기비용을 분석한[6]의 연구에 의하면 생애주기비용 측면에서 가장 저렴한 공법은 아스팔트 방수, 시트방수, 그리고 도막 방수 순으로 나타났다(Table 14 참조).

Table 14. Maintenance Cost(present value) (won/m²)

Section	Asphalt Waterproofing	Sheet Waterproofing	Membrane Waterproofing
Construction cost	33,355	47,985	58,069
Repair cost	21,264	9,260	35,753
Replacement cost	17,301	38,083	48,657
Maintenance cost	38,565	47,343	84,410
Total cost	71,920	95,328	142,479

지붕방수공법을 설계 전문가, 시공 전문가, 그리고 유지관리 전문가를 대상으로 설문조사를 하여 AHP 분석기법에 의하여 분석한 결과는 앞에서 설명한 바와 같이 약간의 차이를 보이고 있다(Table 15 참조).

Table 15에서 확인할 수 있는 바와 같이 시공전문가와 유지관리 전문가의 경우는 도막방수를 1순위로 평가를 하고, 설계 전문가의 경우는 시트방수를 1순위로 평가하였다. 그리고 생애주기비용으로 분석한 결과는 아스팔트방수가 가장 저렴한 것으로 평가되었다. 이와 같이 공법의 선택을 단순히 경제적인 측면에 의해서 선택하기를 어려워하며, 성능적, 기술적 측면을 동시에 고려하여 선택하는 것이 오히려 건축물의 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Table 15. Comparison Results of Life Cycle Cost and AHP

Section	First	Second	Third
Designer	Sheet Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Membrane Waterproofing
Construction Engineer	Membrane Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Sheet Waterproofing
Maintenance Engineer	Membrane Waterproofing	Asphalt Waterproofing	Sheet Waterproofing
Life Cycle Cost	Asphalt Waterproofing	Sheet Waterproofing	Membrane Waterproofing

6. 결 론

본 연구는 지붕방수공법에서 주로 사용되는 아스팔트 방수, 시트방수, 도막방수 공법을 대상으로 계층분석기법을 활용하여 설계 전문가, 시공 전문가, 그리고 유지관리 전문가의 견해의 차를 정량적인 수치로 조사하였으며, LCC(생애주기비용)평가와 비교 하였다.

세 분야 전문가들은 모두 공통적으로 방수공법의 주목적이라고 할 수 있는 물의 통제 및 침입을 막기 위한 성능적 측면을 가장 우선시 여기고 있었다. 또한 설계 전문가와 유지관리 전문가들은 기술적인 측면을 경제적인 측면보다 우선시 여기고 있었지만 시공자들은 경제적인 측면을 기술적인 측면보다 우선시 여기고 있음을 설문분석을 통해 확인할 수 있었다.

각 공법별 가중치를 살펴본 결과 설계 전문가의 경우 시트방수 공법이 가장 높았고, 아스팔트 방수, 도막방수 순이었다. 시공 전문가와 유지관리 전문가들은 동일하게 도막방수공법에 대한 가중치가 가장 높았으며, 다음으로 아스팔트 방수, 시트방수 순으로 나타났다. 따라서 현장시공 등을 고려할 경우는 시공과 유지관리의 용이성을 높게 평가하고 있는 것으로 사료된다.

본 연구에서 확인할 수 있는 바와 같이 공법선정의 경우 생애주기비용과 같은 경제적인 측면만을 고려하여 공법을 선택하는 것 보다는 경제적 측면, 성능적 측면, 유지관리 측면 등을 복합적으로 고려하여 선택하는 것이 합리적일 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 지붕방수공법 선정에 계층분석기법을 적용하여 의사 결정하는 과정을 제안하는 것이 목적이다. 지붕방수공

법에 대한 경험에 대하여 본 연구에서 설계 전문가, 시공 전문가, 그리고 유지관리 전문가 그룹에 설문조사를 실시하였다. 설문조사의 첫 번째 계층은 성능, 경제적, 그리고 유지관리 측면으로 구성하였고, 설문문의 두 번째 계층은 13개 항목으로 구성하여 Expert Choice를 이용하여 순위를 계산하였다. 설문 분석결과 각 전문가들은 다른 선택을 하였는데, 모든 분야의 전문가들은 방수성능 측면을 가장 중요시 하는 것으로 나타났다.

키워드 : 지붕방수공법, 계층분석기법, 공법선택

References

1. Kim BS, Lee YS, Hong JS, Kim JJ. Development of the strategy for construction production improvement by system thinking. *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*. 2008;9(6):156-163.
2. Choi SM, Oh SK, Seo CH. A study on the weight decision and decision-making process for selection system of waterproofing methods of structure roof. *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2009;25(1):157-166.
3. Yang KY, Yoon YW. A study on the selection of construction method by decision making method. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2002;2(1):147-154.
4. Yoon HB, Kim SJ, Lee CS. Maintenance performance improvement method of the buildings in design phase. *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*. 2006:692-697.
5. Korea institute of construction technology, Selection of waterproofing and construction management skills.
6. Choi OY, Kim TH, Kim GH. A study on selection of roof waterproofing method by analyzing Life Cycle Costing. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2008;8(5):127-134.
7. Kim JY, Kim GH, Ahn SH, Lee JY. Benefit/cost analysis of Form work methods for composite basement wall in Building constructions. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2008;8(1):99-104.
8. Kim JI, Koo KJ, Park SC, Park HJ. Building finishing materials selecting supporting model using CBR and AHP. *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2008;28(1):589-592.
9. Lee CH, Jeong KC. Selecting a foundation practice using analytic hierarchy process and utility theory. *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*. 2009:189-194.
10. Lee SB, Pyo YM. A study on the analysis of factors decreasing construction labor-productivity using AHP method. *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2007;9(1):179-187.
11. Chung JY, Yoon TK. A study on the equilibrium-pricing mechanism of apartment. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2008;8(6):65-74.
12. Kim MJ, Lee JS. Methods for decision making model in apartment development projects using on analytic hierarchy process. *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*. 2008;9(5):95-103.
13. Jung IS, Lee CS. Alternative evaluation model in the development of environment-friendly residential land. *Journal of Korea Institute of Construction Engineering and Management*. 2009;10(1):156-166.
14. Jang RW, Yoo BG, Lee YS, Kim JJ. A study on the analyzing risk factors in chinese construction projects using AHP. *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2009;25(7):287-294.
15. Choi SM, Lim JK, Oh SK, Seo hH. A research for weight decision of waterproofing methods selection evaluation item using the AHP. *Journal of the Korea Institute of Building Construction*. 2008;8(2):205-211.
16. Choi SM, Oh SK, Seo CH. A study on the weight decision and risk abstraction for Life Cycle Cost analysis of the waterproofing methods in structure roof which considers a risk probability. *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2009;5(4):177-184.
17. Cho GT, Cho YG, Kang HS. AHP decision making. Dong Hyun Publishing Co. Ltd. 2003.
18. Harker PT, Vargas LG, The theory of ratio scale estimation: Saaty's Analytic Hierarchy Process. *Management Science*. 1987;33[11]:1383-1403.
19. Satty TL, The analytic hierarchy process. The McGraw-Hill Companies. 1980.
20. Satty TL, Vargas LG, method, concepts and applications of the analytic hierarchy process. Boston ;Kluwer Academic Publisher. 2001.
21. Igal M, Shohet M. Puterman Flat roofing systems: Towards integrated techno-economic analysis. *Building Research & Information*. 2004;32[2]:165-173.