

AHP기법을 이용한 방수공법 선정 평가항목의 가중치 결정에 관한 연구

A Research for Weight Decision of Waterproofing Methods Selection Evaluation Item using the AHP

최 성 민*

Choi, Sung-Min

임 중 권**

Lim, Jong-Kwon

오 상 근***

Oh, Sang-Keun

서 치 호****

Seo, Chee-Ho

Abstract

Recently, selects method of waterproofing where is suitable with method and material physical properties, construction technique, Productive technique and specifications and maintenance techniques evaluation for the same evaluation method is coming to be presented. Respects the application which select system is substantial objectively reflects a weight to evaluation item the research for is necessary.

This research the evaluation which in order is effective and the decision-making to be possible about technically countermeasures for a quality security from waterproofing materials, method selection processes, clearly responsible dividing of construction and maintenance techniques. A sets weight of evaluation item for right select system, it stratify the causes which affect in priority based on AHP

키 워 드 : AHP, 방수, 의사결정계층, 중요도, 쌍별비교

Keywords : Analytic Hierarchy Process, Waterproofing, Decision Hierarchy, Weight, Pairwise Comparison

1. 서 론

건축물에 대한 방수공법의 선정 방법은 건축물이 처한 각종 열화 환경조건을 극복하기 위해서 성능설계 개념보다는 단순히 방수재료를 중심으로 선정되어 왔다. 때문에 지금까지 많은 종류의 방수재료와 공법이 사용되어 왔지만 여전히 누수하자 문제는 발생하고 있고 이는 또 다른 설계상의 혼란을 가져오게 하고 있다. 따라서 다양하게 변화하는 구조물의 형상, 환경 조건, 사용조건에 적합한 방수기술을 적절히 평가할 수 있는 선정평가시스템이 개발되어지고 있다.

이와 관련한 선행연구(건축물 옥상부의 적정 방수공법 선정 평가를 위한 의사결정절차에 관한 연구, 건축학회, 2008.10)에서는 적정 방수공법을 선정하기 위한 공법 및 재료물성평가, 시공기술평가, 생산기술평가, 시방서 및 유지관리 지침 평가 등의 방수시스템 평가방법을 제시함으로써, 재료적 측면 이외에 현장 기술 및 생산 기술 그리고 사후 유지관리 부분까지도 다각도로 평가 가능하다. 그러나 각 평가항목의 점수를 부여함

에 있어 일정한 근거 없이 일률적으로 배분하는 등 평가점수 객관성을 담보할 수 없으며, 평가항목의 상호간 중요도를 반영할 수 없는 한계점이 있다. 따라서 평가시스템의 실질적 활용 측면에서 보다 객관적인 평가배점의 설정과 평가항목간 중요도를 반영하기 위한 연구가 필요하다.

이 연구에서는 기존의 선행연구를 통해 제시된 건축물 옥상부 노출방수(멤브레인 계통)에 있어서의 적정방수공법을 선정하기 위한 평가항목을 근거로 우선순위에 영향을 주는 요인들을 계층별로 분류하여 검토한다. 그리고 AHP기법을 이용하여 그러한 요인들을 계층구조화 함으로써 적정 방수공법 선정시스템의 평가항목들 간의 가중치를 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 AHP의 이론적 배경

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 의사결정문제가 다수의 평가기준으로 이루어져 있는 경우 평가기준들을 계층화하고 계층에 따라 중요도(Weight)를 정해가는 다기준 의사결정기법이다. 이는 T.L. Saaty에 의해 1970년대 초에 개발된 것으로, 복잡한 의사결정 문제를 효율적으로 해석하는 시스템적 과정이다.

* 건설신소재연구소 소장, 건국대학교 박사과정, 정회원

** (주)아이엠기술단 대표이사, 공학박사/CVS(국제공인VE 전문가), 정회원

*** 서울산업대학교 건축공학과 교수, 공학박사

**** 건국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

표 1. 쌍대비교의 척도

| 중요도 | 정의 | 설명 |
|---------|---|---|
| 1 | 비슷함 (Equal importance) | 어떤 기준에 대하여 두 활동이 비슷한 공헌도를 가진다고 판단됨 |
| 3 | 약간 중요함 (Moderate importance) | 경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 약간 선호됨 |
| 5 | 중요함 (Strong importance) | 경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 강하게 선호됨 |
| 7 | 매우 중요함 (Very strong importance) | 경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 매우 강하게 선호됨 |
| 9 | 극히 중요함 (Extreme importance) | 경험과 판단에 의하여 한 활동이 다른 활동보다 극히 선호됨 |
| 2,4,6,8 | 위 값들의 중간값 | 경험과 판단에 의하여 비교값이 위 값들의 중간값에 해당한다고 판단될 경우 사용함 |
| 역수값 | 활동 i가 활동 j에 대하여 위 특징값을 갖는다고 할 때, 활동 j는 활동 i에 대하여 그 특징값의 역수값을 갖는다. | |
| 1.1~1.9 | 동등한 활동 (For tied activities) | 비교요소가 매우 비슷하여 거의 구분할 수 없을 때 사용하는 값으로서 약간 동등은 1.3, 약간 차이가나는 경우는 1.9를 사용함 |

AHP는 목표값들 사이의 중요도(Weight)를 계층적으로 나누어 파악함으로써 각 대안의 중요도를 산출하는 기법으로서, 다수의 목표·평가기준의 의사결정주체가 포함되어 있는 의사결정문제를 계층화하여 해결하는데 적합하다.

즉, 주어진 의사결정문제를 계층화한 후, 상위 계층에 있는 한 요소(또는 기준)의 관점에서 직계 하위계층에 있는 요소들의 쌍별비교(Pairwise Comparison)를 통해 상대적 중요도 또는 가중치를 구함으로써 최하위 계층에 있는 대안의 우선순위(Priority)를 구하는 것이다.

AHP의 평가와 관련하여 Saaty & Kearns는 AHP가 에너지 분배계획, 교통체계설계, 기업의 미래계획, 고등교육을 위한 미래의 시나리오의 설계, 입후보와 선출과정, 석유가격 예측 등의 다양한 분야에서 성공적으로 적용되었다고 평가하였다. 또한 Harker & Vargas는 AHP가 의사결정이나 계획을 위한 매우 유용한 방법이라고 평가하고 있다.

2.2 AHP의 적용 단계

이상의 이론적 배경을 근거로 하여 실제로 의사결정과 관련된 문제를 해결하기 위하여 AHP를 사용하는 경우, 일반적으로 다음과 같은 네 단계의 작업이 수행된다.

(1) 단계 1 : 의사결정문제를 상호관련된 의사결정 사항들의 계층으로 분류하여 의사결정계층(Decision Hierarchy)을 설정한다.

AHP의 적용에서 가장 중요한 단계라 할 수 있는 첫 번째 단계에서 의사결정 분석자는 상호 관련되어 있는 여러 의사결정 사항들을 계층화한다. 계층의 최상층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 의사결정의 목적에 영향을 미치는 다양한 요소들로 구성된다.

계층구성을 위하여 일반적으로 사용되는 과정은 계층과 요소의 선정, 개념규정, 질문수립이라는 3단계를 상호 관련시켜 진행한다(Vargas, 1990).

(2) 단계 2 : 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집한다.

이 단계에서는 상위계층에 있는 요소들의 목표를 달성하는데 공헌하는 직계하위계층에 있는 요소들을 쌍대비교하여 행렬을 작성한다. 쌍대비교를 통하여 상위요소에 기여하는 정도를 표 1.과 같이 9점 척도로 중요도를 부여하는데, 직계 하위계층이 n개의 요소로 구성되어 있다면 모두 n(n-1)/2회의 비교를 필요로 한다.

작성된 쌍대비교행렬 A는 다음과 같이 행렬의 대각을 중심으로 역수의 형태를 취하게 된다.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & 1 & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

여기서, $a_{ij} = 1/a_{ji}, a_{ii} = 1, \forall i$

AHP에서의 판단자료는 계층 내 요소간의 쌍대비교를 통하여 도출한 요소간의 상대적 중요도를 나타내는 점 추정치를 사용하는데, 쌍대비교를 통한 계량적인 판단을 수행하기 위해서는 신뢰할만하고 이용 가능한 척도가 필요하며, 이를 위하여 통상 9점 척도가 많이 이용되고 있다.

(3) 단계 3 : 고유치방법을 사용하여 의사결정요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

한 계층 내에서 비교 대상이 되는 n개 요소의 상대적인 중요도를 w_i ($i = 1, \dots, n$)라 하면, 상기한 쌍대비교행렬에서의 a_{ij} 는 w_i / w_j ($i, j = 1, \dots, n$)로 추정할 수 있다.

즉, 요소 a_{ij} 로 구성되는 행렬 A를 다음과 같이 나타낼 때,

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & w_1/w_3 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & w_2/w_3 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & w_n/w_3 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}$$

고유치방법에 의하여,

$$A \cdot w = n \cdot w$$

여기서, $w = [w_1, w_2, w_3, \dots, w_n]$: 행렬 A의 우측 고유벡터
 n : 행렬 A의 고유치에서의 w 를 구할 수 있는 것이다.

그런데, AHP에서는 평가자가 정확한 w 를 모르며, 쌍대비교에 의하여 정확한 평가를 할 수 없는 것으로 가정하기 때문에 실제적으로는 다음과 같은 식에서 w 를 추정한다. 즉, 쌍대비교 행렬 A의 각 요소에 대한 가중치 w 를 모른다고 했을 때, 이 행렬을 A' 라 하고 이 행렬의 가중치 추정치 w' 는 다음 식을 이용하여 구한다.

$$A' \cdot w' = \lambda_{max} \cdot w'$$

여기서, λ_{max} : 행렬 A' 의 가장 큰 고유치

여기서, λ_{max} 는 항상 n 보다 크거나 같기 때문에 계산된 λ_{max} 가 n 에 근접하는 값일수록 쌍대비교행렬 A의 수치들이 일관성을 가진다고 말할 수 있다. 이러한 일관성의 정도는 다음과 같이 일관성지수(Consistency Index : CI)와 일관성비율(Consistency Ratio : CR)을 통하여 구할 수 있다.

$$\text{일관성 지수 (CI)} = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$$

$$\text{일관성 비율 (CR)} = (CI/RI) \times 100\%$$

일관성 비율의 수식에 있는 RI는 난수지수(Random Index)를 의미하며, 이는 1에서 9까지의 수치를 임의로 설정하여 역수행렬을 작성하고 이 행렬의 평균 일관성지수를 산출한 값으로 일관성의 허용한도를 나타낸다. n 이 1에서 10까지 변화할 때의 난수지수는 표 2와 같다. 경험법칙에 의하여 위 식에서 구한 일관성비율이 10% 이내에 들 경우, 해당 쌍대비교행렬은 일관성이 있다고 규정한다.

표 2. 난수지수

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

(4) 단계 4: 평가대상이 되는 여러 대안들에 대한 종합순위를 얻기 위하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 종합화한다.

이 단계에서는 계층의 최상위에 있는 의사결정의 목적을 달성하기 위하여 최하위에 있는 대안들의 우선순위를 결정하는 종합중요도벡터를 산출하는데, 이는 [단계3]에서 구한 각 계층에서의 가중치를 종합함으로써 가능하다. 구체적으로, 최상위 계층에 대하여 k 번째 하위계층에 있는 대안들의 종합중요도는 다음 식을 통하여 구할 수 있다.

$$C[1,k] = \prod_{i=2}^k B_i$$

여기서,

$C[1,k]$: 첫 번째 계층에 대한 k 번째 계층요소의 종합가중치
 B_i : 추정된 w 벡터를 구성하는 행을 포함하는 $n_{i-1} \cdot n_i$

행렬

n_i : i 번째 계층의 요소 수

만약, 전체 계층이 세 개의 계층레벨로 구성되었다면, 최상위 계층에 대하여 최하위 계층에 있는 대안들의 종합중요도는 $C[1,3]$ 으로 표시하고, 이는 두 번째 계층을 기준으로 한 세 번째 계층의 항목간 가중치행렬 $B3$ 와 첫 번째 계층을 기준으로 한 두 번째 계층의 항목간 가중치행렬 $B2$ 를 곱하여 구한다. 이렇게 구한 종합중요도는 궁극적으로 평가대상이 되는 대안들의 점수를 나타내며, 이를 통하여 대안의 우선순위를 결정하게 된다.

3. AHP기법에 의한 가중치 분석

가중치 설정을 위한 각 평가항목별 중요도 분석을 위해서 2008년 9월 29일부터 10월 11일 까지 약 2주간에 걸쳐 전문가 설문조사를 실시하였다. 평가단계에서 전문가 의견만 반영하는 이유는 사용자 및 발주자는 VE 준비단계의 사용자요구수준 조사 및 요구항목 추출 단계에서 VE팀과 충분히 협의된 것으로 판단하였기 때문이다. 따라서 VE 검토에 의해 도출된 세부적인 평가항목 들에 대해서는 방수관련 전문가 위주로 판단하였다.

전문가 선정 기준은 1차적으로는 사단법인 한국콘크리트학회 방수분과위원회 소속 위원, 한국표준협회 건축부회 소속 방수전문위원, 방수관련 주제로 박사학위 취득한 전문가 위주로 대상을 선정하였고, 2차적으로는 박사과정 및 석사 이상의 전문가 중 방수공법 선정 관련 평가업무를 1회 이상 수행한 유경험자를 대상으로 선정하였다. 전문가 설문지는 사전에 이메일을 통해 설문지를 발송하여, 대략적인 취지와 개요를 설명하고, 이후 방문을 통한 면담설문을 통해 답변을 얻는 방식으로 진행하였다. 최종적으로 13명에 대한 면담조사가 이루어 졌으며, 최종 면담대상 전문가 그룹을 소속기관별로 구분해 보면 학계(2명), 공공연구기관(4명), 건설회사(2명), 방수회사(2명), 설계/컨설팅회사(3명)으로 구성되었다.

설문조사 실시 시에는 참여한 전문가들에게 선행연구에서 제시된 VE에 의한 방수공법 선정 절차에 대한 전반적 설명과 요구되는 평가항목의 분류 및 의미를 인지시키고, AHP설문방법을 숙지시킨 후 조사를 실시하였다.

3.1 계층화 모형 구축

적정 방수공법 선정을 위한 평가요소는 VE의 가치개념으로 판단할 때 기능(F)에 해당되는 성능평가, 시공성, 생산성, 유지관리, 경제성(C)에 해당되는 초기 시공비, 유지관리비 등의 LCC비용 크게 2가지로 분류할 수 있다.

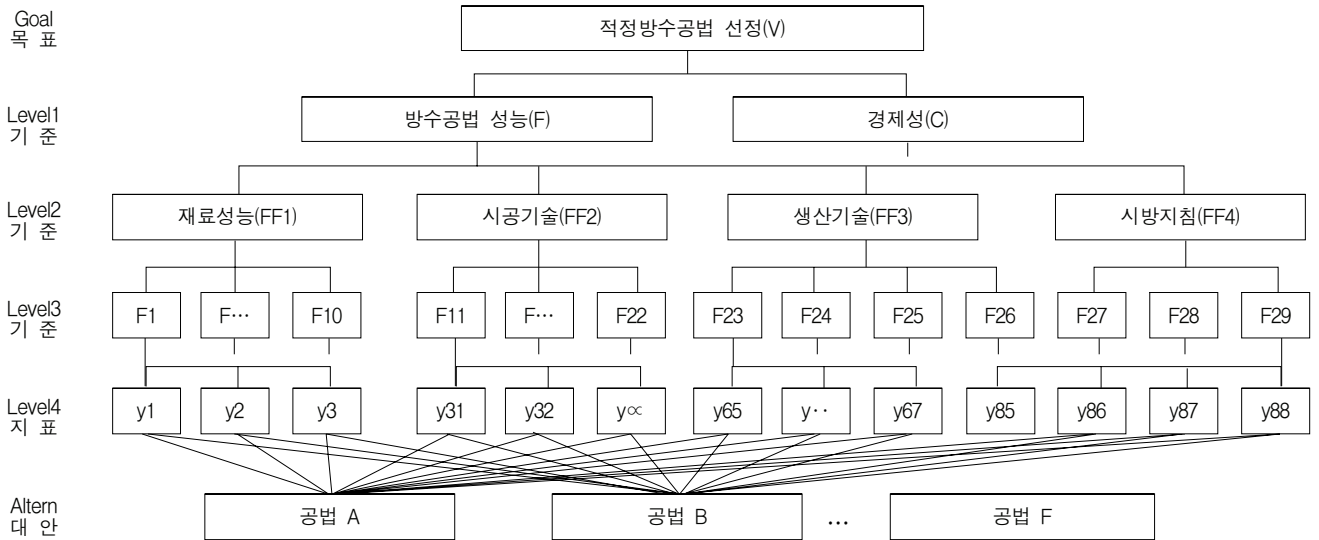


그림 1. 방수공법의 성능평가를 위한 AHP계층도

이 논문에서는 경제성 분석을 위협도를 고려한 LCC분석을 실시하여 평가하도록 제안 하였으므로 이 논문에서는 기능(F)에 해당되는 방수공법의 세부 평가항목에 대한 가중치를 부여하기 위해 다음 그림 1.과 같이 계층화 모형을 구축 하였다.

계층분석에 의한 각 단계별 세부 평가항목은 다음 표 3.에 나타낸바와 같다.

표 3. 계층별 요구항목의 코드화

| Level 2 | Code 1 | Level 3 | Code 2 |
|----------------|--------|------------------|--------|
| 재료 성능 (FF1) | MP | 내화학적(F1) | MP-n01 |
| | | 수 밀 성(F2) | MP-n02 |
| | | 방수층 안정성(F3) | MP-n03 |
| | | 내피로성(F4) | MP-n04 |
| | | 내균열성(F5) | MP-n05 |
| | | 내풍압성(F6) | MP-n06 |
| | | 부풀음 저항성(F7) | MP-n07 |
| | | 패임 저항성(F8) | MP-n08 |
| | | 접합성능(F9) | MP-n09 |
| | | 내충격성능(F10) | MP-n10 |
| 시공 기술 수준 (FF2) | CT | 시공조건(F11) | CT-n01 |
| | | 바탕처리 방법(F12) | CT-n02 |
| | | 바탕면 접착방식(F13) | CT-n03 |
| | | 용제계 재료 용유무(F14) | CT-n04 |
| | | 방수층형성방법(F15) | CT-n05 |
| | | 이음부접착방식(F16) | CT-n06 |
| | | 방수층 두께 질성(F17) | CT-n07 |
| | | 보호층설치(F18) | CT-n08 |
| | | 공정수(F19) | CT-n09 |
| | | 시공기간(F20) | CT-n11 |
| 보수용이성(F21) | CT-n11 | | |
| 생산 기술 (FF3) | PT | 생산공정(F22) | PT-n01 |
| | | 기술인증(F23) | PT-n02 |
| | | 적용실적(F24) | PT-n03 |
| | | 년간생산량(공급량)(F25) | PT-n04 |
| 유지 관리 (FF4) | SM | 시방서, 유지관리지침(F26) | SM-n01 |
| | | 누수보수 대책(F27) | SM-n02 |
| | | 하자 보증기간(F28) | SM-n03 |

이 논문에서 제시된 평가항목은 대분류 항목의 LEVEL-2의 세부 평가항(FF)는 4개항, 중분류 항목인 LEVEL-3의 세부 평가항은 28개항이 있고, 소분류 항목인 LEVEL-4의 세부 평가항은 89개항이 도출되었다. 그러나 LEVEL-4의 경우는 각 평가항에 대한 세부적인 평가지표를 설정하는 단계로서 AHP분석을 위한 설문조사 내용이 매우 광범위하고 각 지표의 객관적 설정을 위한 각 지표별 성능평가가 수반되어야 하므로 이 논문에서는 LEVEL-3까지 검토하였다.

설문조사시 전문가의 판단의 범위를 명확히 한정하기 위해 기본 고려사항으로 옥상 노출조건, 대도시 환경, 멤브레인 공법 등을 주로 고려하였다.

3.2 요구항목별 일관성 검증

전문가의 설문응답을 통해 상대비교 행렬값을 구했으며, 이를 바탕으로 level 2와 level 3 단계의 요구항목별 가중치를 산출하였다. 그리고 계층별 요구항목에 관한 설문결과의 일관성을 검증하였다.

검증결과는 다음 표 4.와 같으며, 평가항목에서 비일관성지수(Inconsistency Index) 값이 0.1을 초과하는 설문에 대해서는 조사 대상에서 배제시켜 분석을 실시한다.

표 4. 단계별 항목의 비일관성지수(Inconsistency Index)

| 구 분 | level-2 | level-3 | | | |
|-------|---------|---------|------|------|------|
| | | MP | CT | PT | SM |
| SPE01 | 0.10 | 0.09 | 0.10 | 0.08 | 0.09 |
| SPE02 | 0.04 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.00 |
| SPE03 | 0.10 | 0.10 | 0.02 | 0.04 | 0.09 |
| SPE04 | 0.07 | 0.17 | 0.17 | 0.04 | 0.05 |
| SPE05 | 0.10 | 0.47 | 0.10 | 0.10 | 0.87 |
| SPE06 | 0.07 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.00 |

| | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|
| SPE07 | 0.10 | 0.03 | 0.22 | 0.02 | 0.28 |
| SPE08 | 0.35 | 0.09 | 0.16 | 0.08 | 0.00 |
| SPE09 | 0.04 | 0.08 | 0.10 | 0.02 | 0.48 |
| SPE10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| SPE11 | 0.15 | 0.25 | 0.22 | 0.15 | 0.13 |
| SPE12 | 0.00 | 0.04 | 0.10 | 0.07 | 0.03 |
| SPE13 | 0.08 | 0.10 | 0.10 | 0.03 | 0.05 |

표 5. 최종 분석 대상 구분

| 구분 | 조사대상 | 비일관성지수 ≤0.1 | 분석대상 |
|---------|------|-------------|------|
| Level-2 | 13 | 2 | 11 |
| Level-3 | MP | 13 | 3 |
| | CT | 13 | 4 |
| | PT | 13 | 1 |
| | SM | 13 | 4 |

표 6. 계층 요소별 일관성 검증

| 구분 | Inconsistency Index | IR | Right or False |
|---------|---------------------|-------|----------------|
| Level-2 | 0.073 | 0.081 | Right |
| Level-3 | MP | 0.089 | Right |
| | CT | 0.087 | Right |
| | PT | 0.062 | Right |
| | SM | 0.046 | Right |

일관성을 검증하기 위해 비일관성지수를 난수지수로 나눈 비일관성비율(Inconsistency Ratio, 이하 “IR”이라 함)을 사용하며, IR값이 각 계층요소별로 모두 0.1이하로 나타났으므로 이 설문문의 분석대상은 신뢰도를 확보한 것으로 판단할 수 있다.

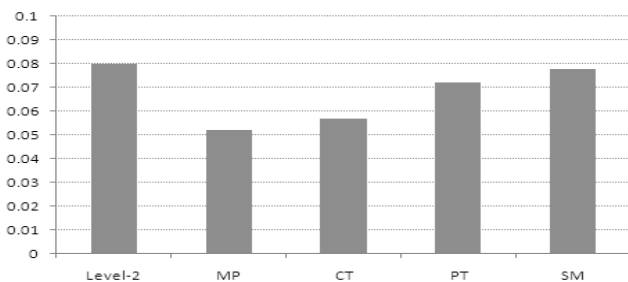


그림 2. 계층요소별 IR값 산출 결과

3.3 요구항목별 가중치 분석

3.3.1 Level-2 단계 분석결과

Level-2 단계의 가중치 분석에서 재료성능, 시공기술, 생산기술, 시방지침에 대한 쌍대비교한 결과는 다음 그림 3. 과 같다.

전문가들은 Level-2 단계에서 방수재료 및 공법의 MP(성능평가) 0.388와 CT(시공기술) 0.317을 둘 다 중요하게 생각하는 것으로 나타났으며, 그중에서도 성능평가를 가장 중요한

요소로 판단하고 있었다. 그러나 SM(시방지침) 0.190은 상대적으로 낮은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, PT(생산기술) 0.105가 중요도가 가장 떨어지는 항목으로 판단하고 있었다.

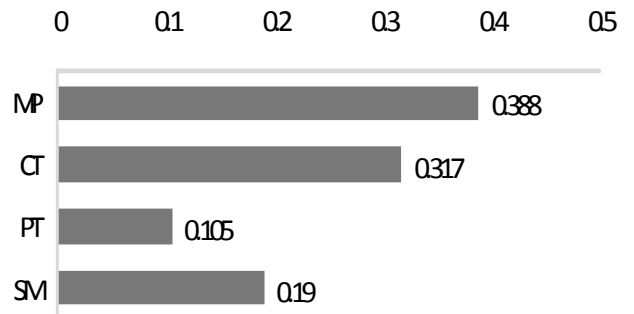


그림 3. Level-2 가중치 분석 결과

3.3.2 Level-3 단계 분석결과

Level-3 단계의 가중치 분석에서 재료성능, 시공기술, 생산기술, 시방지침에 대한 각각의 세부항목을 쌍대비교한 결과는 다음 그림4.~7.과 같다.

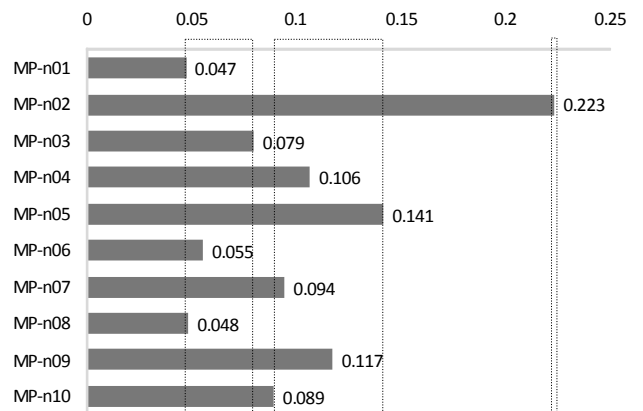


그림 4. Level-3 MP 가중치 분석 결과

Level-3 MP(재료성능)에 대한 가중치 분석 결과 10개의 세부평가항목 중MP-n02(수밀성) 측면이 0.223으로 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, 이어서 MP-n05(내균열성) 0.141, MP-n09(접합성능) 0.117, MP-n04(내피로성) 0.106, MP-n07(부풀음 저항성) 0.094, MP-n10(내충격성능) 0.089, MP-n03(방수층 안정성) 0.079, MP-n06(내풍압성) 0.055, MP-n01(내화학적성) 0.047, MP-n08(패임저항성) 0.048 순으로 분석되었다.

이러한 분석결과는 방수공법의 가치와 성능의 상관관계상 일단 한번 풀리면 방수성능을 잃어버리게 되어 다른 성능의 중요도가 현저히 떨어지게 되는 특성을 그대로 반영하는 결과로써, 전문가들은 수밀성 유지를 방수성능에 있어서 가장 중요한 척도로 판단하고 있는 것으로 나타났으며, 그밖에도 이음부

접합성능, 내균열성, 내피로성, 부풀음 저항성, 내충격성 등의 뚫림에 의한 직접적인 누수하자와 연관된 평가항목이 중요도가 높은 것으로 나타났다. 또한 조사대상지 조건이 도심지에 해당되므로 열화조건에 대한 방수층 안정성, 내풍압성, 내화학성, 패임저항성 등은 상대적으로 중요도가 덜한 것으로 나타났다.

그러나 조사 대상지가 해안 또는 공장지대 등의 환경조건이 좀 더 강하게 작용하는 장소라면 이러한 평가 결과는 충분히 달라 질 수 있을 것이다. 예를 들어 해안지대의 경우 내풍압성, 열화환경(염수침적 조건 등)에 대한 방수층 안정성의 중요도가 조금 더 증가될 것이고, 그밖에도 공장지대의 경우 내화학성, 방수층 상부에 설치되는 구조물이 많은 환경조건인 경우는 패임저항성 등의 중요도가 더 증가될 것이다.

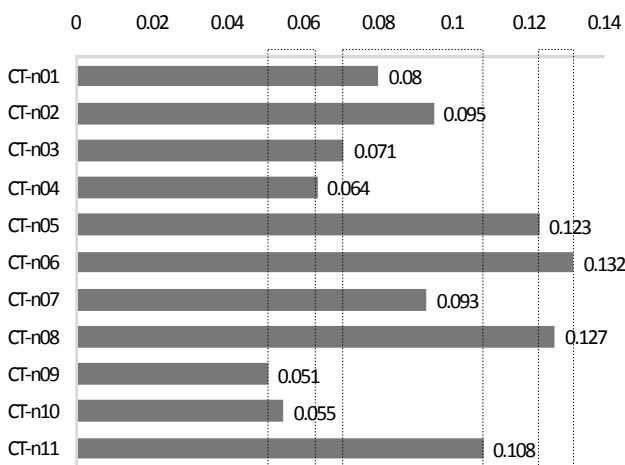


그림 5. Level-3 CT 가중치 분석 결과

Level-3 CT(시공기술수준)에 대한 가중치 분석 결과 11개의 세부평가항목 중 CT-n06(방수재 이음부접착) 0.132, CT-n08(보호층설치) 0.127, CT-n05(방수층형성방법) 0.123 순으로 3개 항목이 근소한 차이로 다른 항목에 비해 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, 이어서 CT-n11(보수용이성) 0.108, CT-n02(바탕처리 방법) 0.095, CT-n07(방수층 두께균질성) 0.093, CT-n01(시공조건) 0.080, CT-n03(바탕면 접착방식) 0.071 중간영역의 중요도를 나타내고 있고, CT-n04(용제계 재료 사용유무) 0.064, CT-n10(시공기간) 0.055, CT-n09(공정수) 0.051 등은 다른 평가항목에 대해 상대적으로 낮은 중요도를 나타내고 있다.

이러한 결과는 전문가들이 MP에 대한 조사결과에서 가장 높게 나타난 수밀성 유지를 위해서는 조인트를 없애 연속으로 방수층을 형성하거나 수밀하게 처리하는 것을 매우 중요하게 판단하고 있으며, 방수층 형성방법 및 보호층 설치에 따라 시공조건, 바탕조건 등의 시공환경적 조건들을 해결할 수 있다고 판단하고 있음을 알 수 있다.

반대로 낮은 중요도로 평가된 그룹에 속하는 용제계 재료의

사용유무 항목의 경우 최근 환경적 이슈로 문제시 되고 있고 중요성이 날로 커지고 있지만 대부분의 방수재료가 용제계 재료(석유화학 제품이 주류를 이룸)를 사용하고 있다는 점과 수계(水系) 재료에 비해서 경화에 필요한 시간이 짧라 작업성이 뛰어나고, 용제의 빠른 휘발성으로 인해 방수재료의 완전한 화학반응 이전에 내부의 용제가 공기 중으로 빠져나감으로써 경화불량 사례가 적다는 점 등 전체적인 방수층의 내구성 및 시공성 향상 측면에서 수계(水系) 재료 보다는 유리하다는 점이 크게 작용한 것으로 판단된다.

또한 용제계 재료와 같이 근사한 차이로 가장 낮은 중요도에 속하는 공정 수 및 시공기간의 경우도 건축공사에 있어 다른 공정에 비해 비교적 짧은 공정수와 공사기간을 가지며, 대부분 마감공정에 해당하는 방수공사의 특성상 방수공사의 지연에 따른 전체공정 지연에 미치는 영향이 미미하다고 보는 것으로서 방수공법별 공정 수 및 시공기간의 차이가 1~2회(일) 정도밖에 차이가 나지 않고, 실제 공사에서는 다른 변수가 많이 작용되어 실질적 의미가 적어진다는 점을 고려한 것으로 판단된다.

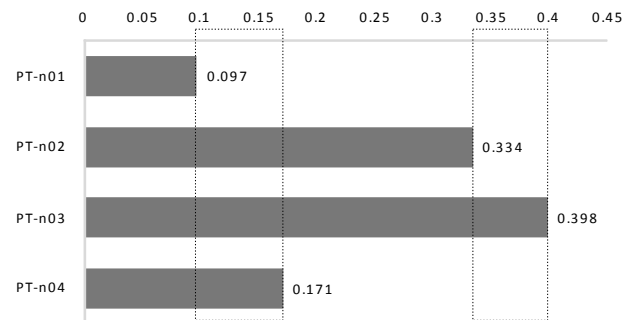


그림 6. Level-3 PT 가중치 분석 결과

Level-3 PT(생산기술)에 대한 가중치 분석 결과 4개의 세부평가항목 중 PT-n03(적용실적)이 0.398로 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고 이어서 PT-n02(기술인증) 0.334, PT-n04(년간생산량) 0.171, PT-n041(생산공장) 0.097 순으로 나타났다.

이러한 분석 결과는 전문가들이 적용실적이 많을수록 시장 원리에 따른 가격 경쟁력 확보 및 다양한 현장적용을 통한 문제점 개선을 통해 기술의 완성도가 높다고 보는 측면이 강하며, 최근 ISO, KS규격 인증이나, 건설신기술(또는 신제품) 등의 인증과정에서 기업과 공법(제품)의 기술력, 시장성, 경제성, 기타 품질관리 능력 등을 다양하게 평가하고 있는 추세이며, 심사 또한 매우 까다롭게 하여 이를 통과하여 인증을 받은 회사의 경제적, 기술적 가치를 인정하고 있음을 반영한 결과인 것이다.

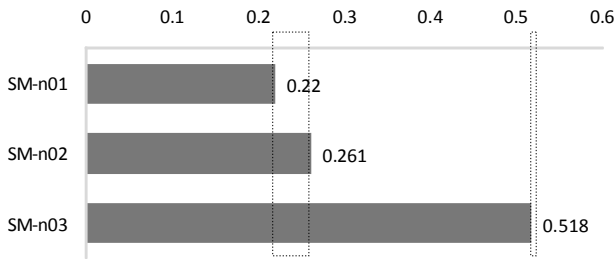


그림 7. Level-3 SM 가중치 분석 결과

Level-3 SM(유지관리)에 대한 가중치 분석 결과 3개의 세부평가항목 중 SM-n03(하자보증기간)이 0.518로 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고 이어서 SM-n02(누수보수 대책) 0.261, SM-n01(시방서 및 유지관리 지침) 0.220 순으로 나타났다. 이는 전문가들이 방수사고가 발생하더라도 하자 보증기간 동안에는 해당 업체가 책임지고 원상복구를 하거나 복구비용을 부담해야 한다는 측면에서 사용자 입장에서 리스크가 현저하게 줄어들므로 하자 보증기간이 길수록 시공 및 유지관리과정에서의 품질이 높아지는 것을 의미하지만 경제성 측면에서는 관련 인센티브가 사용자(발주자)에게 다시 전가될 수 있다.

4. 결 론

이 연구에서 AHP기법을 이용한 적정 방수공법 선정평가 항목의 중요도를 산출한 결과는 다음 (1)~(6)과 같다.

- (1) 방수공법의 성능을 평가함에 있어 그 계열을 Level-2와 Level-3으로 구분하고, Level-2 단계에서는 재료성능, 시공기술수준, 생산기술, 유지관리 등의 4개 항목으로 구분하였고, Level-3 단계에서는 재료성능 10개 항목, 시공기술수준 11개 항목, 생산기술 4개 항목, 유지관리 3개 항목으로 총 28개 항목을 세분하여 상대비교 행렬 값을 구했으며, 이를 바탕으로 전문가의 설문응답을 통해 각 항목별 가중치를 도출하였다. 그리고 설문결과와 일관성을 검증한 결과 IR값이 각 계층요소별로 모두 0.1 이하로 나타남을 확인함으로써 설문 신뢰도를 확보할 수 있었다.
- (2) AHP기법을 이용한 가중치 부여를 위한 중요도 분석결과 전문가들은 Level-2 단계에서 방수재료 및 공법의 성능평가와 시공기술을 둘 다 중요하게 생각하는 것으로 나타났으며, 그중에서도 성능평가를 가장 중요한 요소로 판단하고 있었다. 그러나 시방지침은 상대적으로 낮은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, 생산기술이 중

요도가 가장 떨어지는 항목으로 판단하고 있었다.

- (3) Level-3 단계에서의 성능평가에 대한 중요도 분석 결과 수밀성, 이음부 접합성능, 내균열성, 내피로성, 부풀음 저항성, 내충격성등의 항목이 열화조건에 대한 방수층 안정성, 내풍압성, 내화학적, 패임저항성 등은 상대적으로 중요도가 덜한 것으로 나타났다.
- (4) 시공기술수준에 대한 가중치 분석 결과 방수층형성방법, 보호층설치, 방수재 이음부접착 등의 항목이 근소한 차이로 다른 항목에 비해 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났다, 기타 보수용이성, 바탕처리 방법, 방수층 두께균질성, 바탕면 접착방식 등의 항목이 중간영역의 중요도를 나타내고 있고, 용제계 재료 사용유무, 공정수, 시공기간 등은 다른 평가항목에 대해 상대적으로 낮은 중요도를 나타내고 있다.
- (5) 생산기술에 대한 가중치 분석 결과 적용실적이 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고, 이어서 기술인증, 연간생산량, 생산공장 순으로 나타났다.
- (6) 유지관리에 대한 가중치 분석 결과 하자보증기간이 가장 높은 중요도를 가지는 것으로 나타났고 이어서 누수 보수대책, 시방서 및 유지관리 지침 순으로 나타났다.

이러한 각 평가항목별 중요도 조사결과는 조사 대상지가 해안 또는 공장지대 등의 환경조건이 좀 더 강하게 작용하는 장소라면 각항목간의 중요도는 충분히 달라 질 수 있을 것이다. 따라서 선행연구에서 제시된 VE 평가절차 중 준비단계(Pre-Study)에서 제시된 정보수집, 사용자요구수준 측정을 명확하게 하여, AHP 설문의 대상이 되는 관련전문가에게 정확한 정보를 제공하는 것이 무엇보다 중요할 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 권시원 외 3명, 지하콘크리트 구조물의 적정 방수공법 선정을 위한 평가시스템 제안에 관한 연구. 건축시공학회. 2007.3
2. 조근태, 계층분석적 의사결정. 동현출판사, 2003.9
3. 최성민 외 3명, 건축물 옥상부의 적정 방수공법 선정평가를 위한 의사결정절차에 관한 연구, 건축학회, 2008.10
4. T.L Saaty, Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process(AHP Series, Vol. 1), RWS Publications.