

계층분석과정을 통한 절토사면 조사항목의 정량화 The AHP Method to Quantitate Investigation Items of Cut Slope

이종영¹⁾, Jong-Young Lee, 신창건²⁾, Chang-Gun Shin, 김용수³⁾ Yong-Soo, Kim, 안상료⁴⁾ Sang-Lo An

- ¹⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation
- ²⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 기초지반팀장, Team Chief, P.E(S&F), Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation
- ³⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 과장, Team Manager, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation
- ⁴⁾ 한국시설안전기술공단 기술사업단 단장, Group Leader, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

SYNOPSIS : The facility diagnosis technique of past subjective judged the technical expert and interpreted stably mainly. The facility the periodical civil official becomes indispensability consequently with the law and the system and objectivity inspection which relates with a this and development of diagnosis technique were necessary. Currently the evaluation elements which relate with an inspection and diagnosis technique depended to the subjectivity of each facility quality, data statistics, diagnosis know-how, various circumstance and the technical expert and the evaluation item came to decide. But the evaluation score distribution of marks of each item depended plentifully in data analysis result and experience. The past method is weak in logically because the objection theoretical background and basis are insufficiency. Consequently in order to apply a data analysis result and an experience logically, it used AHP(Analytic Hierarchy Process) method from this research. It is visible with the fact that the application result reconfirmation and complement process will be necessary the technique which is suitable in the multi facility management. Also it is expected with the fact that the application characteristic from the next relation technique will be excellent.

Key words : Cut slope, Investigation items, Analytic hierarchy process, Infrastructure management

1. 서 론

과거의 시설물 진단기술은 기술자의 주관적인 판단과 안정해석 위주로 진행되었으나 시설물별로 정기적인 관리가 법적으로 의무화됨에 따라 이와 관련된 체계적이고 객관적인 점검·진단기술의 개발이 요구되었다. 따라서 단순한 안정해석에 의한 평가형태를 탈피해 실제 구조물의 지질학적, 공학적, 구조적 특성 정보를 종합적으로 반영한 기술들이 개발되어 사용되고 있다.

현재 점검 및 진단 기술과 관련된 평가 요소들은 각 시설물의 특성, 과거 데이터 통계, 진단 노하우, 제반여건, 진단기술자의 주관적 판단 등과 같은 복합요소의 결합에 의해 평가항목을 추출하였고 평가점

수의 정량화를 통해 점검 및 진단 기법의 객관화를 실현하였다. 그러나 항목별 평가점수의 배점이 관련 데이터 분석 결과와 경험에 큰 비중을 차지한다는 점과 관련해 이론적 배경 및 근거가 미흡하다는 논리적 취약성을 부분적으로 내포하고 있는 것이 현실이다.

따라서 본 연구에서는 데이터 분석결과와 경험을 논리적으로 동시에 반영할 수 있는 기법으로 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process)을 각 평가항목에 적용하여 적용성을 살펴보고자한다.

2. 계층분석과정(Analytic Hierarchy Process)

2.1 계층분석과정의 개요

계층분석과정(Analytic Hierarchy Process, AHP)은 의사결정 방법론의 하나로 1970년대에 Saaty(1980)에 의해 제안되었다. AHP는 복잡한 의사결정 문제를 작은 문제로 나누어 계층화함으로써 단순화시켜 의사결정자(전문가)의 지식을 근거로 합리적인 의사결정이 가능하게 하도록 틀을 제공해 준다. 따라서 예측하기 어려웠던 의사결정 문제를 AHP를 이용하여 체계적으로 분석하여 해결할 수 있다. AHP는 이론의 단순성 및 명확성, 적용의 간편성 및 범용성이라는 특징으로 말미암아 여러 의사결정분야에서 널리 응용되어 왔다.

AHP는 의사결정 문제를 계층화한 후 상위 계층에 있는 평가 요소의 관점에서 하위 계층에 있는 요소들의 상대적 중요도를 쌍대비교(Pairwise Comparison)에 의해 측정한다. 이러한 방식을 통해 AHP는 궁극적으로 최하위 계층에 있는 대안들의 가중치 또는 우선순위를 구할 수 있도록 한다. 따라서 AHP는 정량적인 요소뿐만 아니라 정성적인 요소도 동시에 평가할 수 있으며, 평가자로 하여금 쌍대비교를 통해서 한번에 둘씩 비교하게 함으로써 평가를 수월하게 해준다. 또한 평가자의 의견에 관한 일관성을 검증할 수 있는 방법이 있어서 평가결과의 신뢰성을 높일 수 있다.

AHP는 다음에 설명하는 4가지 공리(Axioms)에 의하여 적용을 위한 이론적 배경을 마련하고 있다.

[공리 1] 역수성(Reciprocal) : 의사결정자는 동일한 계층 내에 있는 2개의 요인을 짝지어 비교할 수 있어야 하고, 그 선호의 강도를 표현할 수 있어야 한다. 이러한 선호의 강도는 역수조건을 만족시켜야만 한다. 예를 들면, A가 B보다 x 배 중요시된다고 하면 B는 A보다 $1/x$ 배 중요하다는 의미가 된다.

[공리 2] 동질성(Homogeneity) : 중요도는 제한된 범위 내에서 정해진 척도에 의하여 표현한다.

[공리 3] 종속성(Dependency) : 한 계층의 요소들은 인접한 상위계층의 요소에 대하여 종속적여야 한다. 그러나 상위계층의 모든 요소에 대하여 인접한 하위계층 내의 모든 요소들 간에 독립성이 확보되어야 하는 것은 아니다.

[공리 4] 기대성(Expectation) : 의사결정의 목적에 관한 사항을 계층이 완전하게 포함하고 있다고 가정한다.

2.2 계층분석과정의 적용 절차

AHP를 이용하여 의사결정과 관련한 문제를 해결하기 위해서는 일반적으로 <그림 1>과 같이 4단계의 과정을 걸쳐 적용된다.

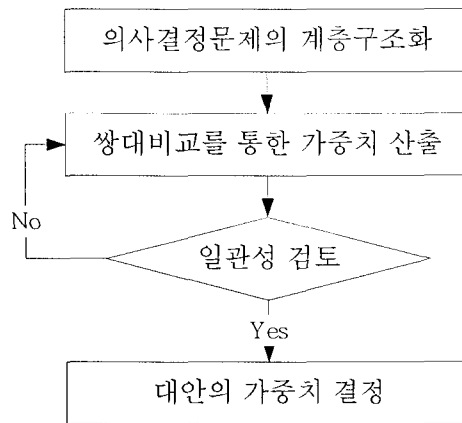


그림 1 AHP 적용 절차

2.2.1 의사결정문제의 계층 구조화

의사결정문제를 계층 구조화 하는 것은 AHP의 적용에 있어서 가장 중요한 단계라 할 수 있다. 이 단계에서는 상호 관련되어 있는 여러 의사결정과 관련한 요소들을 계층화 한다. 최상위 계층에는 가장 포괄적인 의사결정의 목적이 놓여지며, 그 다음의 계층들은 상위 계층의 의사결정에 영향을 미치는 요소들로 구성된다. 하위 계층으로 갈수록 요소들은 구체적인 것이 된다. 이 때 동일 계층에 있는 요소들은 서로 비교 가능한 것이어야 한다. 아래의 <그림 2>는 3개의 계층으로 구성된 의사결정문제의 형태를 나타낸다.

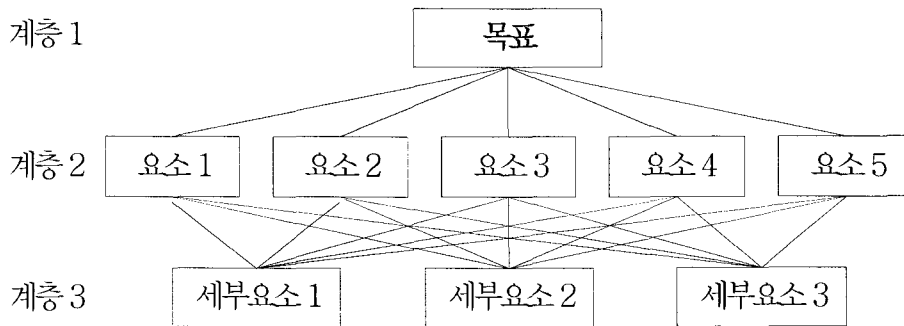


그림 2 AHP 계층구조의 예

2.2.3 쌍대비교를 통한 가중치 산출

계층구조가 결정되면 동일 계층의 의사결정 요소들 간에 쌍대비교를 실시하여 가중치를 산출한다. 쌍대비교는 상위 계층의 요소에 기여하는 정도를 기준으로 평가하게 된다. 쌍대비교를 통해서 $n \times n$ 개의 행렬을 작성하고, 고유치방법을 이용하여 의사결정 요소들의 상대적인 가중치를 추정한다.

표 1 쌍대비교를 위한 9점 척도

중요도	정 의	설 명
1	비슷함	어떤 기준에 대하여 두 요소가 비슷한 공헌도를 가진다고 판단됨
3	약간 중요함	경험과 판단에 의하여 한 요소가 다른 요소보다 약간 선호됨
5	중요함	경험과 판단에 의하여 한 요소가 다른 요소보다 강하게 선호됨
7	매우 중요함	경험과 판단에 의하여 한 요소가 다른 요소보다 매우 강하게 선호됨
9	극히 중요함	경험과 판단에 의하여 한 요소가 다른 요소보다 극히 선호됨
2,4,6,8	위 값들의 중간값	경험과 판단에 의하여 비교값이 위 값들의 중간값에 해당한다고 판단될 경우 사용함
역수값	요소 i가 요소 j에 대하여 위의 특정값을 갖는다고 할 때, 요소 j는 요소 i에 대하여 그 특정값의 역수값을 갖는다.	

2.2.3 일관성 검토

쌍대비교 후 의사결정자의 논리적 일관성을 검토하기 위해서 쌍대비교의 일관성을 검토해야 한다. 그 이유는 평가자는 본인의 주관에 의존하여 쌍대비교를 하므로 그 과정에서 일관성을 잃을 가능성이 있기 때문이다. Saaty(1990)는 <식 3.1>과 <식 3.2>와 같이 정의된 일관성 지수(Consistency Index: CI)와 일관성 비율(Consistency Ratio: CR)을 이용하여 논리적 일관성을 검토할 수 있도록 하였다.

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

$$\text{일관성 비율 (CR)} = \text{CI} / \text{RI} \text{ -----(2)}$$

여기서, λ_{\max} 는 상대비교를 통해 얻은 행렬의 가장 큰 고유치이며, n은 행렬에서의 열 혹은 행의 수이며, RI는 n이 1부터 10까지 변환할 때의 난수지수(Random Index)이다.

일관성 비율의 값이 0.1이하이면 논리적인 일관성이 있는 것으로 판단하고, 0.2이하이면 용납할 수 있으나, 0.2를 초과하는 경우는 일관성이 부족한 것으로 판단하며, 일관성이 부족한 것은 평가자에게 재작성을 요구하거나 평가에서 제외시켜야 한다.

2.2.4 대안의 가중치 산정

마지막으로 최하위계층에 있는 평가요소들의 중요도 또는 가중치를 구하기 위해서 각 계층에 있는 평가요소들의 가중치를 종합화하여 계산한다. 즉, 상위계층에 있는 의사결정 문제의 궁극적인 목표에 어느 정도의 중요성을 갖고 있는 지를 알아보기 위해 평가요소들의 종합 중요도를 산출하는 단계이다.

3. 평가항목의 선정

<표 2>는 계층분석과정을 적용하기 위한 평가항목으로서 본 연구에서 사용된 평가항목은 한국시설안전기술공단 기술개발 연구사업 중 하나인 ‘시설물별 태풍을 대비한 사전 및 사후 점검요령 개발’ 중 절토사면 부분의 평가항목을 사용하였다.

표 2 점검항목(사면)

구분	점검항목
1. 경사면내	1.1 암반사면(균열, 돌출), 토사사면(균열)의 발생여부 1.2 경사면내 용기 발생여부 1.3 낙석의 발생여부(경사면내 낙석 존재) 1.4 지하수의 용출 여부
2. 상·하부사면 및 도로면	2.1 균열의 발생여부(상부 : 인장균열, 하부·도로면 : 균열) 2.2 침하의 발생여부(상부지반 : 균열을 동반한 침하), 도로면 : 침하 2.3 수목의 전도 여부(경사면 내 또는 상·하부 사면) 2.4 용기의 발생여부(도로면) 2.5 낙석의 발생여부(상부자연사면, 도로면)
3. 보호공 또는 보강공 등 구조물	3.1 모르토 표면의 습윤 여부(숏크리트 보강사면) 3.2 배수시설의 상태[배수공(사면 및 옹벽) 및 측구] 3.3 보호·보강 구조물의 파손발생 여부 (옹벽, 앵커, 쏘일네일링, 낙석방재망, 낙석방지 울타리 등)

4. 항목별 평가점수 산정

<표 3>은 계층분석과정을 통한 항목별 평가점수로 평가에 앞서 5인의 전문가에 의한 설문을 실시하였으며, 분석에 사용된 Software는 Expert Choice를 사용했다.

표 3 AHP를 이용한 항목별의 가중치(사면)

계층1		계층2		계층3	
가중치 평가	33	경사면내	10	균열 또는 암석의 돌출	4
				용기의 발생 여부	1
				낙석의 발생 여부	3
				지하수의 용출 여부	2
		상·하부사면 및 도로면	16	균열의 발생 여부	4
				침하의 발생 여부	4
				수목의 전도 여부	2
				용기의 발생 여부	3
		보호·보강공 등의 구조물	7	낙석의 발생 여부	3
				모르터 표면의 습윤 여부	1
				배수시설의 상태(배수공, 배수로)	4
				보호·보강 구조물의 파손발생 여부	2

5. 결론 및 제언

본 연구에서는 데이터 분석결과와 경험을 논리적으로 동시에 반영할 수 있는 기법으로 계층분석과정(AHP)을 각 평가항목에 적용하여 적용성을 살펴보고자 하였으며, AHP를 시설물 점검분야에 적용하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 객관적인 시설물의 상태를 판단하기 위한 수단 중 하나인 상태평가 기법에 AHP기법을 이용해 많은 전문가의 의견을 종합적으로 반영할 수 있었다.
- 2) 추후 반복적인 재검증 및 보완 과정이 필요할 것으로 보이지만 과학화와 객관화를 지향하는 각종 시설물 관리기술에 적합한 기법이라 판단된다.
- 3) 또한 향후 각종 시설물 유지관리 분야 및 관련기술에서의 적용성이 우수할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 한국시설안전기술공단(2006), “시설물별 태풍을 대비한 사전 및 사후 점검요령”
2. 조근태, 조용근, 강현수(2003), “계층분석적 의사결정”, 동현출판사
3. 건설교통부(2004), “우기대비 시설물별 점검요령”
4. Saaty, T, L(1990), Multicriteria Decision Marking : The Analytic Hierarchy Process(AHP Series Vol. I), RWS Publications