계층분석적의사결정(AHP) 수법을 이용한 지하철의 안전성 평가
(A Study on the Subway Safety Evaluation using the AHP)

한석윤*, 박태근**
Han, Seok-Youn, Park, Tae-Keun

ABSTRACT

In this research, we investigate the **method to support decision making of researcher when they estimate the safety on the subway using AHP of Saaty. To apply this technique, we apply to subway system. The AHP suggested by Saaty in 1971 is a tool to support a decision-making including the personal opinion and intuition, and it is easier than other method. Then, it has an advantage that control the complex object having multiple criteria simply. And we suggest the eight stage of accident type and the five criteria that must meet. Based on AHP, we concluded a safety in subway is more important factor than any other factors including economic points of view.**

---

1. 서론

본 논문에서는 Saaty의 AHP 평가수법을 이용하여 지하철의 안전성의 평가를 실시할 때, 연구자간의 의사결정을 지원하기 위한 방법론을 제공하는데 목적을 두고 있다. 이 수법의 구체적인 적용은 지하철을 취급하였고, 운행 중에서 반드시 조우하게 될 8 단계의 사고내용과 5축의 평가항목으로서 상정하였다. 다수의 외부요인을 상정한 상황 하에서도 의사결정자가 최적결정을 내리기가 다소 유리한 점을 가지고 있는 점이 이미 검증되었기 때문에 Saaty의 AHP를 이용하였고, 도시철도 연구자들에 대해서 앙케트를 실시한 후, 그 대체안을 평가함으로써 사고내용에 대한 분석과 이에 대한 대처방안을 연구하였다.

우리나라의 도시철도는 1974년8월에 1호선 개통을 시작으로 하여 19개 노선, 영업거리 약 589 km, 전동차 약 6,300 량이 운행되고 있고(2002.12기준) 1일 평균수송량이 900만 명 이상이 이용하는 주요 대중교통수단이다. 이러한 도시철도는 차량, 급전, 신호・통신, 토목・궤도 등의 기술이 유기적으로 결합된 복합시스템으로서 철도차량 운행시 발생하는 안전문제는 철도가 갖는 시스템적인 특성으로 인해 여러 가지의 원인이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많으며, 사고 발생시에는 대형사고로 이어질 수도 있음으로 무엇보다도 예방이 중요하다.

---

* 한국철도기술연구원 책임연구원, ** 선임연구원

또한 과거의 안전사고관리는 사고율, 백만km당 사고건수 등으로 평가되어 사고내용에 대한 맞춤식 대응은 충분하지 못한 실정임으로 사고 내용을 고려한 사고관리평가가 이루어 져야 한다. 지난 2월18일에 발생한 대구지하철방화사건은 막대한 인명 및 재산피해가 발생하였으며 사건 발생이후에 미치는 경제적, 사회적 영향의 지대함을 보여주고 있다. 그러나 위험을 완전히 제거하는 것은 불가능하기 때문에 안전에서는 얼마나 안전하며, 충분히 안전한가가 무엇보다 중요하다. 본 논문에서는 AHP분석을 통해 지하철운행 시 조우하게 되는 사고에 대하여 연구자가 느끼는 사고내용에 대한 분석과 이에 대한 대처방안을 연구한다.

2. 철도분야에 있어서 AHP를 이용한 연구 사례

도시철도분야에 있어서 AHP를 이용한 안전성평가 연구는 발표된 논문이 없는 것으로 보여지나 고속철도분야에 있어서는 박태근 [2]등은 한국형고속전철운행시 반드시 조우하게 되는 사고내용을 대체안으로 상정하고 AHP의 합계평가값의 기본중요도의 계산을 퍼지측도를 사용하여 안전성을 평가하였다. 또한 **Saaty의 AHP를 근간으로 하여 인간에 대한 감성공학적인 9개의 언어로서 평가하기 때문에, 고속전철에 있어서 안전성을 평가하는 문제를 보다 객관적으로 최적결정을 내릴 수 있음을 밝혔다.** 福田 [3]등은 철도의 안전관리업무의 의사결정을 지원하기 위해 다변량해석에 의한 안전성 평가, 위험도해석, AHP에 의한 사고내용평가 등의 방법을 이용하여 안전관리지원시스템을 개발하였다.

도시철도의 사고내용은 방화, 운전자의 조작오류 등과 같은 인위적인 사고와 지진, 홍수 등과 같은 자연재해 등 다양하게 분류할 수 있으나 본 논문에서는 사고내용에 대하여 다음과 같은 8단계로 분류하여 평가한다.

단계 I: 사망사고 또는 다수의 부상자 발생
단계 II: 사망자 또는 다수의 부상자 발생 가능성 존재
단계 III: 부상자의 발생
단계 IV: 부상자의 발생 가능성 존재
단계 V: 차량, 노선 등의 손상
단계 VI: 운휴 또는 열차 지연 30분 이상
단계 VII: 열차지연 30분 미만
단계 VIII: 열차지연 10분 미만

또한 평가기준에서는 사고에 대한 중대도 또는 중대사고에의 발전도(이하 '중대도'라 한다), 사고에 대한 동종사고의 반복도(이하 '반복성'이라 한다), 사고에 대한 회복도(이하 '안정성'이라 한다), 사고에 대한 경제적 손실(이하 '경제성'이라 한다), 사회에 대한 이미지다운(이하 '사회성'이라 한다)과 같은 4가지 기준으로 하며 평가안과 계층구조는 다음 그림과 같이 나타낼 수 있다.

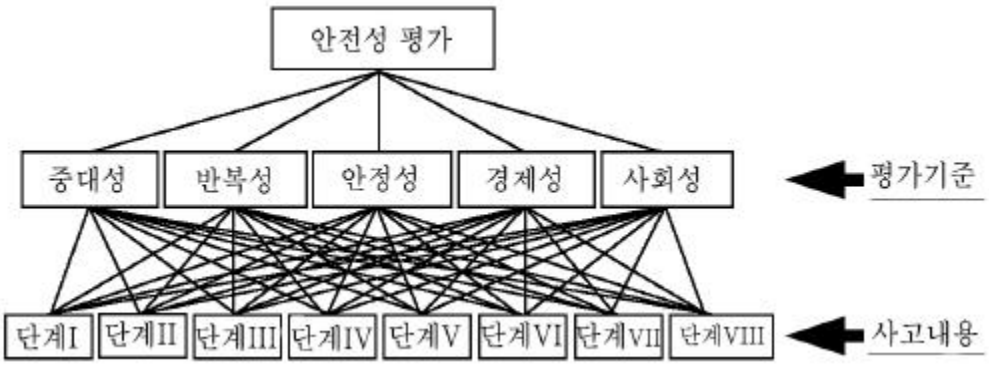

그림1 평가기준 및 계층구조

3. 쌍대비교평가를 위한 설문조사 및 평가결과

도시철도는 그 분야의 특수성으로 인해 운영자는 많은 편이나 전문연구자는 그다지 많지 않은 실정이므로 한국철도기술연구원에서 도시철도분야를 연구하고 있는 차량, 전력, 신호, 선로 분야 연구책임자를 대상으로 설문대상 그룹을 설정하였다.

3.1 평가기준에 대한 쌍대비교 결과

○ 쌍대비교 결과 및 상대적중요도

중대성	단계 I	단계 II	단계 III	단계 IV	단계 V	단계 VI	단계 VII	단계 VIII	기하 평균	상대적 중요도
단계 I	1	2	4	7	8	8	9	9	4.8179	0.3543
단계 II	1/2	1	5	6	7	8	8	8	3.9022	0.2869
단계 III	1/4	1/5	1	3	5	6	7	8	1.9961	0.1468
단계 IV	1/7	1/6	1/3	1	3	5	5	7	1.1953	0.0879
단계 V	1/8	1/7	1/5	1/3	1	2	3	4	0.6412	0.0471
단계 VI	1/8	1/8	1/6	1/5	1/2	1	3	5	0.500	0.3677
단계 VII	1/9	1/8	1/7	1/5	1/3	1/3	1	4	0.3395	0.0249
단계 VIII	1/9	1/8	1/8	1/7	1/4	1/5	1/4	1	0.2048	0.0151

평가 항목	중대성	반복성	안정성	경제성	사회성	기하 평균	상대적 중요도
중대성	1	4	2	3	4	2.49	0.42
반복성	1/4	1	1	3	2	1.08	0.1
안정성	1/2	1	1	3	3	1.35	0.23
경제성	1/3	1/3	1/3	1	2	0.59	0.10
사회성	1/4	1/2	1/3	1/2	1	0.46	0.08

○ 일관성지수 CI= 0.06, 일관성비율 CR=0.05

3.2 평가대상에 대한 쌍대비교 결과

○ 평가기준항목 하위계층 사고내용간의 쌍대비교

※ 반복성, 안정성, 경제성, 사회성에 대한 쌍대비교 매트릭스는 지면관계상 생략하고 종합집계결과만 수록한다.

○ 평가결과종합

- 평가결과 집계표

항목	상대적 중요도	단계Ⅰ	단계Ⅱ	단계Ⅲ	단계Ⅳ	단계Ⅴ	단계Ⅵ	단계Ⅶ	단계Ⅷ
중대성	0.42	0.354	0.287	0.147	0.088	0.047	0.037	0.025	0.015
반복성	0.18	0.261	0.188	0.150	0.105	0.081	0.088	0.070	0.056
안정성	0.23	0.251	0.182	0.145	0.112	0.098	0.082	0.075	0.055
경제성	0.10	0.332	0.207	0.136	0.093	0.091	0.060	0.049	0.033
사회성	0.08	0.398	0.214	0.162	0.095	0.059	0.036	0.022	0.014

- 총합득점

항목	단계Ⅰ	단계Ⅱ	단계Ⅲ	단계Ⅳ	단계Ⅴ	단계Ⅵ	단계Ⅶ	단계Ⅷ
중대성	0.148	0.120	0.061	0.037	0.020	0.015	0.010	0.006
반복성	0.047	0.034	0.027	0.019	0.015	0.016	0.013	0.010
안정성	0.057	0.041	0.033	0.025	0.022	0.019	0.017	0.012
경제성	0.033	0.021	0.013	0.009	0.009	0.006	0.005	0.003
사회성	0.031	0.016	0.013	0.007	0.005	0.003	0.002	0.001
총합득점	0.315	0.232	0.147	0.098	0.070	0.058	0.047	0.033

항 목	일관성지수(CI)	일관성비율(CR)
중대성	0.152	0.107
반복성	0.035	0.025
안정성	0.041	0.029
경제성	0.173	0.122
사회성	0.277	0.196

주) 1) 일관성지수(Consistency Index; C.I,) = (λ_{max} - n)/(n-1)
2) 일관성비율(Consistency Rate; CR) = (CI/RI) x 100 %

4. 평가결과의 검토

설문서 조사 및 AHP분석을 통해 지하철운행시 조우하게 되는 사고에 대하여 연구자가 느끼는 사고내용에 대한 분석결과는 다음과 같다.

4.1 평가기준에 대한 결과검토

평가결과 중대성, 안정성, 반복성, 경제성, 사회성 순으로 상대적중요도가 높다고 응답하였으며, 그 중 중대사고에 대한 발전정도를 나타내는 중대성이 0.42, 사고에 대한 회복도를 나타내는 안정성이 0.23으로 지하철에서는 중대성과 안정성이 가장 중요한 요소로서 도시철도연구자는 판단하고 있다. 응답자의 일관성을 검정하기 위해 일관정지수와 일관성비율을 계산한 결과 0.05와 0.06으로서 일관성비율이 0.1이하일 경우 Saaty는 쌍대비교 매트릭스에 정합성을 가지고 있다고 주장하고 있기 때문에 본 논문에서는 일관성이 있다고 할 수 있다 [1].

4.2 사고내용에 대한 검토

사고내용에 대한 중요도는 단계1,2,3,4,5,6,7,8의 순으로 높으며 실제로 부상자가 발생하는 단계인 3단계 이상(1,2단계 포함)의 경우가 전체의 0.694로서 단계 I~III과 같이 인명손상이 제일 중요한 것으로 조사되었다.

응답자의 일관성비율(CR)을 계산한 결과 경제성과 사회성이 0.122와 0.196으로 비교적 높게 나타났으나, 사고내용에 대한 의사결정에 크게 영향을 주지 않은 것으로 판단되어 별도의 조치를 시행하지 않았다. 일반적으로 일관성비율이 목표수준으로 되지 않을 경우 해당 설문자의 응답부분은 채택하지 않던가 또는 재설문을 실시하던가 또는 Harker법, TS (Two Stage)법, LLS (Logarithmic Least Square Method)법 등을 사용하여 비교행렬의 일부를 수정하여 재평가를 실시하여야 한다.

5. 결론 및 향후과제

지하철운전시 조우하게 되는 사고내용에 대하여 AHP를 사용하여 도시철도연구자가 느끼는 중요도를 조사한 결과 지하철의 경우 사고의 중대성과 사고에 대한 회복도가 가장 중요한 요소로 나타났다. 따라서 향후 지하철건설 및 운영시 경제적인 손실과 사회에 대한 이미지 다운을 다소 희생하더라도 대형 사고방지를 위한 대책에 보다 집중하여야 함을 알 수 있다. 또한 사고내용에 있어서도 인명손상이 발생하지 않도록 제반 예방책이 시행되어야 함이 본 조사에서도 잘 나타나 있었다.

향후과제로는 과거에 발생한 사고에 대해서도 AHP방법을 적용하여 평가하고 각 사고건별 사고

영향을 보다 정량화하여 향후 발생할 수도 있는 사고에 대한 안전관리에 활용할 수 있도록 전문가시스템을 구축하는 것이 바람직하다.

참고문헌

1. Saaty, T. L. (1980), “The Analytic Hierarchy Process,” McGraw-Hill
2. 박태근 외 2인(2003), 고속전철의 안전성을 위한 퍼지 AHP평가수법 적용, 대한산업공학회 2003년도 추계학술대회 논문집
3. 福田久治 外2 (1997), 鐵道における安全性評價手法と安全管理支援システムの研究, RTRI Report, Vol 11, No11, pp 1-11
4. 조근태외 2인 (2003) , 계층분석적의사결정, 동현출판사
5. 박용성, 박태근 (2001), AHP를 위한 의사결정론, 자유아카데미