

스프링클러 설비투자의 경제적 효용성 분석에 관한 연구 A Study on the Economic Utility Analysis of Sprinkler System Installation

김용달* · 최영화† · 윤명오**

Yong-Dal Kim* · Younghwa Choi† · Myung-O Yoon**

*재난과 보험건설팀, 삼성방재연구소, **서울시립대학교 건축공학과
(2009. 11. 10. 접수/2010. 2. 12. 채택)

요 약

우리나라는 선진국에 비하여 스프링클러설비 의무 설치대상이 다소 제한적인데도 불구하고 대부분의 건축물 소유주 또는 운영주체들은 법률에서 지정하고 있는 설치대상 건축물에 한해서만 설치하거나, 건축물 설계 시 스프링클러설비의 설치대상 기준에 해당되지 않도록 하는 경향이 있다. 이는 건축물의 화재 안전성 보다는 스프링클러설비 설치비용의 절감이 우선적이라고 생각하고 있기 때문으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 스프링클러설비를 설치하고 관리하는데 소요되는 제반 비용을 투자의 개념으로 하여 이로부터 얻을 수 있는 급부를 추정하였다. 결과적으로 스프링클러설비의 투자비용과 설치하였을 경우 얻을 수 있는 경제적 이득을 경제적 효용성 분석을 통하여 비교한 결과, 초기 투자비용 회수기간이 건축물의 내구 연한의 약 1/20 수준으로 나타났으며 효용성도 비용의 2배 이상으로 나타났다. 따라서 스프링클러 설치는 경제적 효용성을 갖춘 제도로 볼 수 있어 적극적인 확대를 고려해 보는 것이 바람직할 것이다.

ABSTRACT

Although the subject of sprinkler installations in Korean regulations is less strict than in other advanced countries, many building owners and managers tend to install sprinklers only in the types of buildings designated by law or create building designs for which sprinkler installation standards are not applied. This is because priority is given to cutting installation expenses rather than providing building fire safety. In this study, the benefit is estimated for various expenses from installation and maintenance of sprinklers as an investment. As a result of comparing sprinkler system installation expense and the financial benefit by efficiency analysis, the payback period is 1/20 of the building life expectancy and its efficiency is twice the expense. Therefore, installation of sprinklers by regulation has financial efficiency and it is desirable to broadly encourage the installation of sprinklers.

Key words : Sprinkler, Economic utility, Investment recovery

1. 서 론

스프링클러설비는 지금까지 인류가 개발한 소화설비 중 가장 소화성능이 우수하고 인체에 안전하며 신뢰성이 높은 것으로 많은 방재전문가들은 평가하고 있다. 화재에 의한 피해를 줄이기 위한 근본적인 대책 중의 하나로서 스프링클러설비의 보급 확대를 역설하고 있다.

그동안 많은 국가에서 조사 연구한 보고서에 의하면 스프링클러설비가 설치된 건축물에서 화재진화 성공률

은 97% 이상이었으며 재산피해는 스프링클러 설비가 미설치된 건축물에 비하여 1/5 이하이고, 인명피해는 2명 이상 사망했던 기록은 없었다고 보고하고 있다(Bryan, 1997).

현재 세계 각국에서는 관계법령을 제정하여 일정규모 이상의 건축물이나 업종에 대해서는 스프링클러설비의 설치를 의무화 시키고 있으며, 선진국에서는 여러 가지의 경제적인 인센티브제도 등을 도입하여 자발적으로 설치하도록 유인하고 있다. 우리나라는 선진국에 비하여 스프링클러설치 의무 설치대상이 다소 제한적인데도 불구하고 대부분의 건축물 소유주 또는 운영

†E-mail: yh003.choi@samsung.com

주체들은 현재 소방관련 법규에서 지정하고 있는 설치대상 건축물에 한해서만 설치하거나, 건축물 설계 시 스프링클러설비의 설치대상 기준에 해당되지 않도록 하는 경향이 있다. 이는 건축물의 화재 안전성보다는 스프링클러설비 설치비용의 절감이 우선적이라고 생각하기 때문으로 사료된다.

하지만, 미국의 경우 건축물에 스프링클러설비를 설치할 경우 건축시설의 규제를 완화해 주는 제도는 운영하고 있으며 이로 인하여 건축비용을 절감할 수 있음은 물론 건축물의 규모를 확대할 수 있는 인센티브를 부여함으로써 경제적 이득을 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 사례연구를 통하여 스프링클러설비의 설치 및 유지관리에 소요되는 투자비와 스프링클러설비를 설치하였을 경우 예상되는 경제적 이득을 상호 비교한 후 경제적 효용성이 있을 경우 스프링클러설비를 확대 보급해야하는 당위성을 제안하고자 한다.

2. 스프링클러의 손해절감 효과

2.1 재산손해 절감효과

스프링클러설비는 화재초기에 우수한 소화성능을 발휘함에 따라 인명피해와 재산손해 방지에 획기적인 결과를 가져다주고 있다. John(1993)의 연구에 의하면 스프링클러설비를 설치한 건물은 설치하지 않은 건축물에 비하여 직접적인 재산피해를 1/3에서 1/2로 감소되었다고 보고하고 있다. 미국 에너지부(Dept. of Energy, DOE)의 조사보고서에 의하면 스프링클러설비가 설치된 건축물에서의 화재로 인한 재산손해는 미설치 건축물에 비하여 약 1/5 정도였다고 보고하고 있다. 또한 미국의 손해보험사인 FM Global이 조사한 바에 따르면 1996년부터 2000년까지 5년간 스프링클러가 적절히 설치된 곳에서 발생한 화재 손해는 평균 \$400,000 인데 반하여, 스프링클러가 설치되지 않은 곳에서 발생한 화재손해는 평균 \$2,200,000가 되어 스프링클러설비가 설치된 곳의 화재손해는 미설치장소의 약 18% 수준인 것으로 밝히고 있다(FM Global, 2001).

또한 Hall(2008)은 2002년부터 2004년까지 미국에서 발생한 화재의 피해액을 스프링클러 유무에 따라 손해액이 어느 정도차이가 나는지에 대한 연구를 발표하였다. 스프링클러설비가 완비되어 있는 건축물의 경우 재산손해가 34~68%가 절감되는 효과를 보는 것으로 나타났다(Figure 1).

한편, FM Global의 Loss Data에 따르면 스프링클러가 적절히 설치된 경우에는 73%가 9개 이하의 스프링클러 헤드의 개방으로 화재를 제어하였으며, 스프링클러

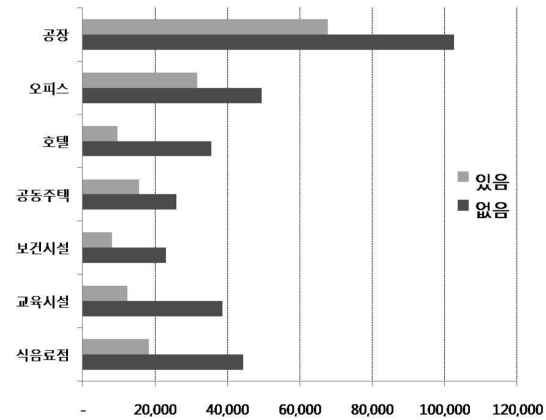


Figure 1. The amount of damage by usage according to the existence of sprinkler system.

러가 설치된 건물과 설치되지 않은 건물의 손해액 비교에서 미국의 경우 4~5배 가량 차이가 나며 유럽이나 그 외의 지역은 최고 10배 이상 차이가 나고 있다.

2.2 인명피해 절감효과

스프링클러설비는 화재를 발화초기에 진화하기 때문에 인명피해를 효과적으로 감소시킬 수 있다. 1982년 미국의 DOE의 발표에 의하면 사무실, 창고, 산업시설에서 발생한 600여건의 화재 중 스프링클러설비의 작동으로 인명피해는 단 한 명도 보고되지 않은 것으로 나타났다. 또한 Hall(1996)에 의하면 스프링클러 설비가 완벽하게 설치된 건물의 화재 시 폭발이나 가연성 액체의 표면화재(Flash Fire)를 제외하고 2명 이상 사망하는 기록은 없었다고 보고하였다. 특히 주택화재에서는 주거용 스프링클러설비의 개발보급에 따라 1985년부터 사망률은 1,000건 당 69%가 감소하였음을 보여주고 있으며, 연기감지기만 설치한 주택에 비하여 스프링클러 설비와 연기감지기를 함께 설치한 경우 사망률은 63%까지 감소하고 있다.

한편, Budwick(1984)에 의하면 건물에 스프링클러설비와 화재감지기가 건축법규나 스프링클러 설치규정에 따라 설치했음에도 불구하고 화재 시 사망자가 발생하는 것에 대하여는

- 화재가 사망자 부근에서 발생하였을 때
- 화재가 은폐된 곳에서 발생하였을 때
- 약물이나 알콜중독으로 움직일 수 없는 상태에서 화재가 발생하고 구조되지 못하였을 때
- 스프링클러의 살수가 방해를 받는 곳에서 화재가 빨리 연소할 때

이는 정상적인 조건에서는 사망률이 낮아질 수 있다는 것을 반증하고 있다.

최근의 Hall(2008)의 연구에 의하면 스프링클러설비를 설치한 건물의 경우, 모든 용도에 걸쳐서 1,000명당 화재사망률이 설치하지 않았을 경우보다 최소 57% 작다는 것을 통계를 통하여 보여주고 있어 스프링클러설비의 우수성은 재물 및 인명피해에 있어 입증되고 있다.

3. 스프링클러의 경제적 효용성

3.1 관련 변수 및 효용성 분석

스프링클러의 경제적 효용성이란 스프링클러설비의 투자비용과 이로 인하여 얻을 수 있는 현재 또는 미래의 경제적 이득을 현재의 금전적 가치로 환산하여 비교하는 것으로서 경제적 이득이 투자비용에 비하여 클 경우 비로소 경제적 효용성이 있다고 판단내릴 수 있다.

스프링클러설비의 투자비용이라 함은 건축물에 스프링클러설비를 설치하고 유지관리에 소요되는 제반비용을 말한다. 경제적 이득이란 스프링클러설비를 설치함으로써 인해 현재 또는 미래에 얻을 수 있는 화재손해의 감소와 화재보험료 할인, 규정상 설치해야만 하는 건축 또는 소방시설의 설치를 면제받음으로써 얻는 비용의 절감 등을 의미하는 것이다.

스프링클러설비의 설치와 유지관리를 위한 투자비용(Cost)을 C라고 하면 C는 비용변수(Cost Variables)를 사용하여 다음과 같은 함수로 나타낼 수 있다.

$$C = f(CV_1, CV_2, \dots, CV_n) \quad (1)$$

C(Cost): 스프링클러설비의 설치와 유지관리에 필요한 투자비용

CV₁, CV₂, ..., CV_n : 비용변수(Cost Variables)

비용변수는 설치비와 유지관리비로 구분할 수 있으므로 세부적인 항목으로는 설치비용으로 설계비, 공사비, 감리비 등이 포함되며 유지관리비용으로는 보수비, 점검비 등이 포함될 수 있다.

스프링클러를 설치함으로써 인하여 예상되는 이득(Benefit)은 이익변수(Benefit Variables) 항목으로 나타낼 수 있으며 다음과 같은 함수로 표현할 수 있다.

$$B = f(BV_1, BV_2, \dots, BV_n) \quad (2)$$

B(Benefit): 스프링클러설비 설치로 인한 경제적 이득
BV₁, BV₂, ..., BV_n: 이익변수(Benefit Variables)

즉, 경제적 이득의 변수는 화재손해 감소와 비용의 절감으로 구성되며 세부적인 항목으로는 물적손해 감

소액, 간접손해 감소액, 배상책임손해 감소액, 화재보험료 할인액, 건축 및 소방시설 설치면제로 인한 비용절감액 등을 들 수 있다.

스프링클러설비의 설치에 대한 경제적 효용성(Economic Utility)의 판단은 식1의 C와 식2의 B의 크기를 비교하는 것으로서 B > C 또는 B - C > 0인 경우 스프링클러설비를 설치하는 것이 경제적 효용성이 있다고 할 수 있다. 따라서 스프링클러설비의 경제적 효용성을 공식으로 표현하면 다음과 같다.

$$EU = B - C \leq 0 \quad (\text{or} < 0) \quad (3)$$

EU: 경제적 효용성(Economic Utility)

즉, 스프링클러설치로 인하여 발생하게 될 모든 편익과 비용의 차이를 계산함으로써 그 효용성을 판단할 수 있게 된다. 이와 같이 스프링클러설비에 대한 경제적 효용성을 분석하는 방법론이 용이하지만, 투자비용의 경우 쉽게 계산할 수 있지만 편익의 경우는 불확실성을 바탕으로 하고 있기 때문에 편익을 금전적으로 환산할 때에는 확률을 기반으로 한 기댓값을 사용하기 때문에 계산 상 여러 단계를 거쳐야 하는 주의가 필요하다.

3.2 편익의 산출방법 및 평가방법

스프링클러설비의 설치에 따른 편익을 계상하기 위하여는 각각의 편익변수에 대하여 고려해야 할 사항들이 있다. 앞서 서술한 바와 같이 물적손해 감소액, 간접손해 감소액, 배상책임손해 감소액, 화재보험료 할인액, 건축 및 소방시설 설치면제로 인한 비용절감액 등을 산출하여야 한다.

물적손해감소액이란 스프링클러설비의 설치로 인한 재산손해의 감소를 의미하기 때문에 스프링클러 유무에 따른 화재피해액의 차이라고 할 수 있다. 화재로 인한 물적 피해란 건물, 기계, 재고자산 등의 재산이 화재로 소손되거나 연기나 매연에 의한 연손, 소화활동으로 인한 수손을 입는 것을 의미한다. 따라서 화재로 인한 물적손해 L_D(Direct Loss)의 기댓값은 화재발생 확률을 사용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_D = P x_1 = P(FD + SD + WD) \quad (4)$$

P: 화재발생 확률, x₁: 화재로 인한 예상 물적 손해액
FD: 소손, SD: 연손, WD: 수손

여기서 화재에 의한 예상손해액(x₁)은 재산의 규모와 건물구조, 가연물의 양, 연소 확대 범위 등에 따라 많은 차이를 보이게 된다. 예상손해액의 규모가 각각 d_i,

d_2, d_3, \dots, d_n 인 화재가 발생할 확률을 각각 $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ 이라고 하면 화재발생 시 예상손해액(x_1)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x_1 = p_1d_1 + p_2d_2 + \dots + p_nd_n \quad (5)$$

(단, $p_1 + p_2 + \dots + p_n = 1$)

어떤 건물의 향후 1년간 화재로 인한 예상손해액을 구하는 문제는 그 건물의 예상손해규모별 사고발생 확률을 구하는 것으로 귀결되게 된다. 사고발생 확률을 구하는 방법은 현재 여러 방법들이 사용되고 있는데 가장 대표적인 방법이 동종위험의 과거 사고발생 통계로부터 유추하는 방법, 위험성 평가방법 중의 하나인 결함수 분석(FTA)을 활용하는 방법, 손해보험사의 보험요율로부터 역산하는 방법 등이 사용될 수 있다. 과거 사고발생 통계는 모집단이 충분하지 못할 경우 왜곡이 될 수 있으며, 결함수는 최소 단위사건의 확률을 알고 있는 것을 전제로 하고 있기 때문에 기초 데이터가 부족한 우리나라에서는 실제 적용하는 데 많은 무리가 따를 수 있다. 따라서 본 연구에서는 손해보험사의 보험요율에 의한 역산 방법⁽¹⁾을 선택하였다.

$$p = A \times q \times \frac{1}{10^4} \quad (6)$$

p: 1년간 화재발생확률
A: 1년간 화재보험요율(%)
q: 순보험료의 구성비(%)

이렇게 산출된 사고발생확률과 예상손해액을 기초로 하여 스프링클러가 설치되어 있을 경우와 설치되어 있지 않은 경우의 손해액을 산정하여 그 손실 감소액⁽²⁾을 추정하게 된다.

$$\Delta L_D = L_D - L_{DS} = RL_D \quad (7)$$

LD: 스프링클러가 없는 경우의 예상손실액
LDS: 스프링클러가 있는 경우의 예상손실액
R: 손실감소율

화재가 발생하게 되면 기업은 단순히 건물, 기계, 재고자산 등과 같은 재산손해만 입는 것이 아니라 재산

손해에 따라 생산공정 가동의 축소 또는 중단으로 매출이 감소하게 되어 이로 인하여 이익의 감소와 더불어 종업원 임금 등 경상비는 화재사고 전과 같이 계속 지출되는 이중고를 겪게 된다. 미국의 통계에 따르면 대형사고 후 간접손해(기업휴지손해)로 인하여 재기에 실패하는 기업이 전체 피해기업의 43%에 달하는 것으로 나타나고 있어 간접손해는 기업에 있어서 중요하게 고려되어야 하는 요소 중 하나이다. 또한 가정에서는 화재로 인하여 가옥과 가재도구가 소실되므로 주택과 가재도구가 복원될 때까지 다른 주택을 임차해야 하기 때문에 임차비용이 발생하게 된다. 이와 같이 재산손해에 따른 이익의 감소와 경상비의 계속지출, 임차비용의 발생 등을 화재로 인한 간접손해로 계상하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_1 = Px_2 \quad (8)$$

L_1 : 화재로 인한 간접손해(Indirect Loss)
P: 화재발생 확률
 x_2 : 화재 발생시 예상 간접손해액

본 연구에선 화재로 인한 간접손해의 산출은 보험회사의 기업휴지손해 산정방법을 통하여 산정한다. 기업휴지손해는 그 기업이 향후 1년 동안 정상적인 영업활동으로 예상되는 수익에 화재로 인한 휴지기간을 곱하여 구하게 된다.

$$\text{기업휴지손실} = 1\text{년간의 예상수익} \times (\text{휴지일수}/365)$$

보험회사에서는 이러한 기업휴지손실을 보상해 주는 보험을 개발하여 판매하고 있으며 기업휴지손실 금액의 크기를 구하는 다양한 방법들이 존재하고 있다.

통상적으로 우리나라의 경우 직접손해액과 간접손해액에 대한 관계를 계산하여 보면, 기업휴지손해액(간접손해액)이 직접손해액(재산손해액)의 약 1.6배, 미국은 약 2.9배로 나타나고 있다.

2009년 5월에 실화책임에 관한 법률이 개정발효되면서 배상책임에 의한 손해액을 산정하는 것이 예전에 비하여 보다 중요하게 대두되고 있다. 2007년 8월에 헌법 불합치 판결을 받게 되면서 그 전까지는 효용성 분석에 있어 배상책임 부분이 약하였던 것이 사실이나 향후 이 부분의 효용성이 상당히 커질 것으로 판단된다.

화재가 발생하게 되면 타인의 신체와 재산에 피해를 끼친 경우 건물의 소유주 또는 기업의 사용자는 민법상 손해배상책임을 부담하게 되므로 피해자에게 손해배상금을 지급하여야 한다. 일반적으로 배상책임에 대하여는 연소확대에 의한 타인의 재산손실, 인명손실 등

(1) 화재보험료는 크게 위험보험료와 부가보험료로 구성되어 있으며, 부가보험료는 다시 사업비와 예정이익으로 구성되어 있다. 위험보험료는 순보험료라고 하며, 화재사고가 발생한 보험계약자들에게 보험금을 지급하기 위해 산정된 금액이다. 화재보험료의 중 위험보험료의 비율을 보면 주택은 50%, 일반 59%, 공장 69%로 구성되어 있다.
(2) 손실 감소액은 스프링클러 설치여부에 따른 모든 손실액들을 계산하여 도출된 값이 차이가 결국 이득 부분으로 계상된다.

에 대한 부분들을 모두 고려하여야 한다. 화재로 인한 배상책임손해는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$L_L = P X_3 \tag{9}$$

L_L : 화재로 인한 배상책임손해(Liability Loss)

P : 화재발생확률

X_3 : 화재발생시 예상 배상책임손해액

통상적으로 발생하게 되는 배상책임 손해액은 인명 손실의 경우 법에서 정하는 바에 따라 산정하게 되며, 재산손실의 경우 직접손실액 산정과정과 동일하게 산정하게 된다.

마지막으로 편익산정을 하는 데 있어 중요한 것이 화재보험료 할인액과 건축 및 소방시설 선치면제로 인한 비용절감액이다. 소화설비의 할인제도는 화재보험에서만 운용되는 것으로서 보험목적물에 설치되어 있는 소화설비가 일정수준 이상 설치되어 있고 설비가 양호하게 유지 관리되는 경우 화재 보험료를 할인해 주고 있다.

화재관련 방재시설은 크게 스프링클러, 소화전 등 화재발생 시 화재를 적극적으로 진압하기 위한 능동적 소방시설(Active System)과 방화구획, 방화문, 내장재 불연화 등을 이용해 화재의 피해규모를 국소화시키는 수동적 소방시설(Passive System)로 구별된다. 현행 법규에 의하여 특수장소에 설치해야 할 각종 소방시설 중 일부를 면제받을 수 있으므로 이로 인한 비용 절감 효과를 기대할 수 있다.

4. 스프링클러의 효용성 사례분석

4.1 사례분석의 일반현황

사례분석 대상은 소방설치유지안전법 시행령 제15조에서 규정하는 스프링클러 설치 대상이 아닌 특수 장소 중 제조업체인 공장을 선정하여 스프링클러설비를 설치할 경우 경제적 효용성이 어떻게 나타나는지를 분석하였다.

【분석대상의 주요 현황】

- 업종: 전기전자(TV 생산)
- 건물현황
 - 생산동: 단층, 연면적(10,000), 자산가액 300억원
 - 사무동: 2층, 연면적(2,000), 자산가액 50억원
 - 구조: 철근콘크리트조, 슬라브조
 - 건물간 이격거리: 30m
 - 현재의 소방시설: 옥내 소화전, 자동화재탐지설비
 - 건축년도: 2003년 신축

- 방화구획: 스프링클러를 설치하지 않는 경우 생산동은 법규(건축법 시행령 제46조, 제57조 등)에 따라 1,000m² 마다 방화구획을 설치하며, 스프링클러를 설치하는 경우는 완화규정에 따라 3,000m² 이내에서 상황에 적합하게 설치할 수 있다. 사무동 건물은 층간 방화구획이 설치되어 있다.

기타 분석대상의 주요 특징으로 생산동은 TV를 조립생산하는 라인으로 구성되어 있으며 생산된 제품은 별도의 외부 창고로 이송하여 보관하고 있다. 생산동에서 화재가 발생할 경우 건물 및 기계의 복구와 생산 준비에 5개월이 소요되며, 이 기간동안 영업이익 감소 및 고정비 지출 등 총 50억원의 기업 휴지 손해가 발생하는 것으로 가정한다.

【화재시나리오】

- 화재가 발생한 방화구획 내의 재산은 전손된다 (MPL⁽³⁾ 개념 적용).
- 건물간 화재는 전파되지 않는다.
- 스프링클러의 물적 손해 절감효용은 1/5이다.
- 인명피해는 발생하지 않는다.
- 화재로 인한 건물의 피해를 원상복구하는 데 5개월이 소요된다.

이와 같은 분석대상의 조건과 화재시나리오를 바탕으로 스프링클러의 경제적 효용성을 분석하였다.

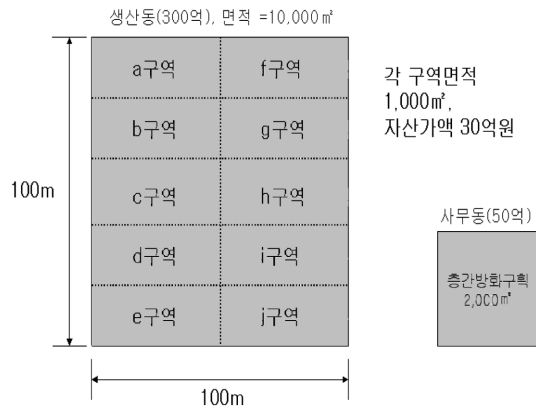


Figure 2. Fire separations without sprinkler system.

(3) MPL(Maximum Possible Loss)이란 유럽보험자 협회에서 정의한 개념으로 가장 나쁜 상황을 가정하 것으로 화재가 발생하면 방화구획 내는 모두 전소한다는 개념이다. 이와 대비되는 개념이 EML(Estimated Maximum Loss)로 모든 방호조치를 고려한 시나리오와 손해를 방지하기 위한 가능성에 대한 위험평가자의 의견, 과거사고 경험 등에 기초하기 때문에 스프링클러, 화재경보설비 등은 EML을 감소시킬 수 있다.

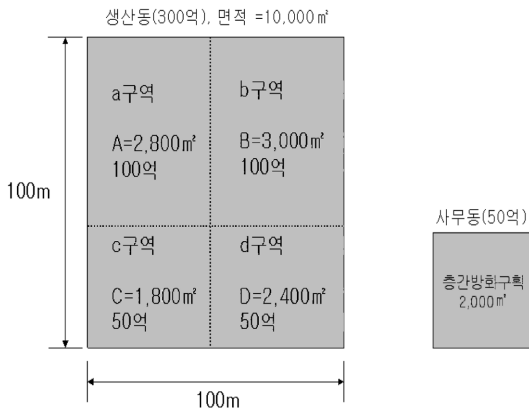


Figure 3. Fire separations with sprinkler system.

4.2 스프링클러 투자비용의 계산

경제적 효용성을 분석하기 위하여 우선 스프링클러 설비를 설치 및 유지관리하기 위한 비용을 계산한다.

법률에서 정하는 스프링클러 헤드 설치기준에 따라 헤드의 수형거리가 2.3m인 정방향으로 설치할 경우 총 헤드 수는 다음과 같다.

- 헤드간 간격 = $2 \times 2.3m \times \cos 45^\circ = 3.25m$
- 헤드당 방호면적 = $3.25m \times 3.25m = 10.56m^2$
- 총 헤드수 = 연면적/헤드당 방호면적 = $12,000 \div 10.56 = 1,137.1$ 개 따라서 1,137개 필요

2008년 한국감정원의 건물신축단가표에 의하면 헤드당 150,000~180,000원이 소요되는 것으로 나타났지만 본 분석에서는 보수적인 계산을 위하여 최고 값인 180,000원을 적용하였다. 따라서 스프링클러 설치비용(SI)는,

$$SI = \text{총헤드수} \times \text{헤드당 설치비용} = 1,137\text{개} \times 18\text{만원} = 2\text{억} 466\text{만원}$$

연간 유지관리 비용은 점검, 보수 비용을 말하며 설치비용의 0.5%의 수준으로 감안한다.⁽⁴⁾ 따라서, 연간 유지관리비용(SM)은 102만원으로 산정한다. 따라서 스프링클러설치에 따른 투자비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

(4) 구역별 자산가치에 대한 구분은 방화구획을 스프링클러 설치 후 방화구획 면적 완화에 따른 구획으로 각 구획의 자산가액 평가는 면적별 비율에 따라 가상으로 재구성한 것이다.
(5) 스프링클러의 유지관리비에 대하여 관련 해당 업체에 직접 조사한 결과 매년 지출되는 스프링클러 유지관리비는 스프링클러 제조당가액(再調達價額)의 약 0.4~0.5% 수준에서 지출되는 것으로 나타났다.

$$C = SI + \sum_{i=0}^n \frac{SM}{(1+r)^i} \tag{10}$$

4.3 스프링클러설치에 따른 이익 계산

스프링클러 설치에 따른 이익의 계산은 다음과 같은 절차를 통하여 정한다.

【보험료 할인액】

스프링클러 설치에 따른 이익을 계산하기 위하여 우선 화재보험료 할인액을 계산한다. 이는 물적손해 감소액, 간접손해 감소액 등 기댓값을 이용하여야 하기 때문에 화재발생확률을 우선적으로 도출할 필요가 있기 때문이다. 이를 위하여 스프링클러 설치시 적용되는 보험요율을 적용하여 할인액을 구한다.

화재보험을 가입할 경우 생산동은 전기전자기계기구의 요율을 적용하며, 사무동의 경우는 부속건물의 요율을 적용하여 Table 1과 같이 화재보험료를 산출하였다. 소화설비할인규정에 의하여 20%의 할인율을 적용하게 되면 화재보험료 할인액은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{연간 화재보험료 할인액}(\Delta I) &= \text{기본보험료} \times \text{할인율} = 46,750\text{천원} \times 20\% \\ &= 9,350\text{천원} \end{aligned}$$

스프링클러 설치로 인한 연간 보험료 할인액은 9,350천원으로 매년 이득으로 발생하게 된다.

【물적손해 감소액】

화재보험료의 구성은 순수 보험료인 위험보험료와 보험사의 운영에 소요되는 사업비, 그리고 예정영업이익으로 구성되어 있다. 주택, 일반, 공장 등 용도에 따라 순수 보험료인 위험보험료 비율이 다른 데 가장 위험성이 높은 공장물건의 경우 69% 정도로 산정되어 있다. 따라서 이를 적용하여 앞서 설명한 바와 같이 화재보험요율의 순수 보험료의 비율을 통하여 화재발생확률을 식 (6)을 통하여 계산하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{생산동의 연간화재발생확률} &= 0.146 \times 69 \times 10^{-4} = 0.001 \\ \text{사무동의 연간화재발생확률} &= 0.059 \times 69 \times 10^{-4} = 0.0004 \\ &\text{- 연간화재로 인한 물적 손해액} \end{aligned}$$

Table 1. Annual Premium of Fire Insurance

목적물	가액(천원)	보험요율(%)	보험료(천원)
생산동	30,000,000	0.146	43,800
사무동	5,000,000	0.059	2,950
계	35,000,000	-	46,750

① 스프링클러가 설치되지 않은 경우

생산동의 각 구역별로 화재가 발생할 경우 예상되는 손해액은 스프링클러 등의 손실경감 조치가 없으므로 방화구획에 의해 연소확대가 제어되는 것만을 고려하면 생산동의 경우 각 구역별로 3,000,000천원이며, 사무동의 경우는 각 층별로 2,500,000천원이므로 건물별 화재로 인한 예상손실금액 x_1 은 다음과 같다.

$$x_1(\text{생산동}) = 3,000,000\text{천원},$$

$$x_1(\text{사무동}) = 2,500,000\text{천원}$$

그러므로, 1년 동안의 화재로 발생하는 물적 손해는 각각 다음과 같이 산출된다.

$$\text{생산동: } L_D = P x_1 = 0.001 \times 3,000,000\text{천원} = 3,000\text{천원}$$

$$\text{사무동: } L_D = P x_1 = 0.0004 \times 2,500,000\text{천원} = 1,000\text{천원}$$

따라서 분석대상의 화재로 인한 1년 간의 물적 손실 금액은 4,000천원이다.

② 스프링클러가 설치된 경우

스프링클러가 설치된 경우 Figure 3과 같이 생산동의 각 구역별로 화재가 발생할 경우 예상되는 손해액은 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$x_a = 10,000,000\text{천원}, x_b = 10,000,000\text{천원},$$

$$x_c = 5,000,000\text{천원}, x_d = 5,000,000\text{천원}$$

마찬가지로 각 구역별 화재발생 확률이 면적에 비례하게 되므로 화재시 예상손해액 x_a, x_b, x_c, x_d 의 발생 확률 P_a, P_b, P_c, P_d 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_a = A/S = 2,800/10,000 = 0.28$$

$$P_b = B/S = 3,000/10,000 = 0.30$$

$$P_c = C/S = 1,800/10,000 = 0.18$$

$$P_d = D/S = 2,400/10,000 = 0.24$$

$$(\text{단, } P_a + P_b + P_c + P_d = 1)$$

따라서 식 (5)에 의하여 생산동의 화재로 인한 예상 물적손실금액 x_1 은 다음과 같다.

$$x_1 = P_a x_a + P_b x_b + P_c x_c + P_d x_d = 7,900,000\text{천원}$$

그러므로 생산동에서 1년 동안의 화재로 발생하는 물적손해는 식 (4)를 통하여 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\text{- 생산동: } L_D = P x_1 = 0.001 \times 7,900,000\text{천원} = 7,900\text{천원}$$

사무동의 1년 동안의 화재로 발생하는 직접손해는 1,000천원이므로 생산동과 사무동의 연간 예상 직접 손해액은 8,900천원이 되며, 스프링클러의 설치로 인하여 물적 손해가 1/5로 감소하므로 연간 예상 물적손해액

은 1,780천원이 된다.

따라서, 연간 물적손해액의 감소분은 스프링클러설비가 설치된 경우와 설치되지 않은 경우의 차액이 되므로 다음과 같다.

$$\text{연간 물적손해의 절감액}(\Delta L_D)$$

$$= 4,000\text{천원} - 1,780\text{천원} = 2,220\text{천원}$$

이는 스프링클러를 설치함에 따라 매년 2,220천원의 직접 물적 손해감소액이 발생하는 것으로 추정할 수 있다.

【간접손해 감소액】

생산동 화재발생시 50억원의 기업휴지손실이 발생하므로 연간 예상 기업휴지손실액은 식 (8)로부터 다음과 같이 구한다.

$$L_I = P x_2 = 0.001 \times 5,000,000\text{천원} = 5,000\text{천원}$$

한편, 스프링클러를 설치할 경우 초기에 진입이 가능하며 손실이 화점에 국지화되기 때문에 영업중단은 발생하지 않을 것으로 판단된다. 따라서 연간 간접손해 감소액(ΔL_I)은 5,000천원이 산출된다.

【건축 및 소방시설 설치면제로 인한 비용절감】

스프링클러를 설치할 경우 Figure 2와 같은 공간이 Figure 3로 변환되면서 방화구획 설치가 완화된다. 즉, 스프링클러가 없는 경우는 50m 길이의 방화구획 10개를 설치해야 하는데 스프링클러설비를 설치하면서 방화구획이 4개소로 감소하게 된다. 따라서 스프링클러의 설치로 인하여 공사비의 절감효과를 가져오게 된다.

방화구획 설치 감소에 따른 비용절감액 산출은 방화구획 구조에 따른 실물적산을 통하여 산출한 결과 50m 방화구획 1개소 설치비용을 약 30,000천원으로 가정할 때 총 방화구획 설치비용 감소액은 180,000천원으로 산출된다.

4.4 경제적 효용성의 계산

투자비용과 편익을 통하여 경제적 효용성을 식 (3)을 통하여 계산하게 된다. 하지만, 이때, 각 비용 및 편익 발생이 초기 단발성인지 매년 발생하는 것인지를 판단하여야 하며, 또한 매년 발생 시 현재가치로 환산하는 과정을 거쳐야 한다.

각 비용 및 편익을 하나의 표로 정리한 것이 Table 2이다.

식 (3)에서 제시한 경제적 효용성은 비용변수와 편익변수를 계산하여 도출하게 되는 데 매년 발생하게 되는 비용 및 편익에 대하여는 할인율을 5%로 가정하

Table 2. Benefit and Cost according to the Installation of Sprinkler System

구분		발생 금액	매년 발생
비용	설치비	204,660천원	×
	유지비	1,020천원	○
편익	보험할인	9,350천원	○
	물적손해	2,200천원	○
	간접손해	5,000천원	○
	설치면제	180,000천원	×

여 현재가치로 모두 환산하여 계산한다.

식 (3)으로부터 편익변수(B)와 비용변수(C)를 변환하게 되면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$B = \Delta L_D + \Delta L_1 + \Delta I + \Delta C$$

ΔL_D (물적 손실 감소액), ΔL_1 (기업휴지손실감소액), ΔI (화재보험할인액), ΔC (설치면제 절감액)

$$C = SI + SM$$

SI(스프링클러 설치비용), SM(유지관리비용)

$$\therefore EU = (\Delta L_D + \Delta L_1 + \Delta I + \Delta C) - (SI + SM)$$

따라서 여기에 현재가치를 환산하는 공식을 대입하게 되면 최종 식을 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} EU &= \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Delta L_D}{(1+r)^i} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Delta L_1}{(1+r)^i} + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{\Delta I}{(1+r)^i} \\ &+ \Delta C - SI + \sum_{i=0}^{n-1} \frac{SM}{(1+r)^i} \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{(1+r)^i} (\Delta L_D + \Delta L_1 + \Delta I - SM) + \Delta C - SI \end{aligned}$$

위의 식에 $r = 0.05$, Table 2의 각 값을 대입하게 되면,

Table 3. Annual Economic Utility

연차	경제적 효용성(천원)
초기년도	-9,110
1년차	5,700
2년차	19,805
...	...
24년차	205,503
...	...
50년차	274,862

$$\begin{aligned} EU &= \sum_{i=0}^{n-1} \frac{1}{1.05^i} (2,220\text{천} + 5,000\text{천} + 9,350\text{천} \\ &- 1,020\text{천}) + 180,000\text{천} - 204,660\text{천} \\ &= \sum_{i=0}^{n-1} 0.9524^i (15,550\text{천}) - 24,660\text{천} \end{aligned}$$

스프링클러설비 초기년도부터의 편익을 계산하면 아래 Table 3과 같다.

이 사업장의 경우 스프링클러 설치 초기년도에서 -9,110천원으로 투자비용이 편익보다 많이 발생하는 데 비하여 설치 1년 후부터 5,700천원의 경제적 효용성을 얻게 되는데 이는 방화구획 설치면제로 인한 비용절감액이 (+)로 전환되는 데 크게 기여한 것으로 판단할 수 있다. 또한 건물이 24년 경과한 후에 스프링클러 설치비용에 해당하는 205,503천원의 경제적 효용을 얻기 때문에, 건물 내구연한을 50년으로 보았을 때 한 번의 스프링클러설비의 리모델링이 가능할 것으로 사료된다. 이 사례와 같이 스프링클러설비의 설치로 인해 방화구획의 설치가 면제되는 경우에는 1차년도에 스프링클러 설치비용이 대부분 상각시킬 수 있게 되어 경제적 효용성을 조기에 얻을 수 있으며, 24년차에 1회의 리모델링을 할 수 있는 경제적 효용성도 기대할 수 있다.

5. 결 론

건물의 설계, 시공과 유지관리에 필요한 투자비용을 결정할 때 효용성과 경제성을 감안하지 않을 수 없다. 스프링클러설비의 공사비 구성은 건물의 규모, 용도 등에 따라 다르겠으나 총공사비의 0.6~4.5%를 차지하고 있어 초기 투자비에 대한 경제적 부담이 되는 것도 사실이다.

그러나 화재안전 측면에서 보면 앞서 분석한 바와 같이 재산손해의 감소는 물론 인명안전을 확보할 수 있고, 간접손해 절감 및 각종 비용의 절감을 감안한다면 투자비용에 비하여 수 배의 경제적 이득과 효과를 거둘 수 있는 것이 사실이다. 따라서 법적 설치대상이 아닌 경우에도 스프링클러설비를 설치하는 것이 경제적으로 타당할 것으로 판단된다. 스프링클러설비의 확대보급은 화재로 인한 피해를 줄이기 위한 근본적인 대책 중 하나로서 방재적 측면뿐만 아니라 경제적 측면에서도 국가적으로 이득을 가져다 줄 수 있는 효용성이 있는 소화 설비임이 분명하다.

화재 뿐만 아니라 많은 위험성에 대하여 위험 자체를 억제하거나 줄이기 위한 활동들을 강조하여 왔다. 하지만 경제적인 측면에서 이러한 활동들이 제한적으

로 이루어져 왔던 것들이 사실이다. 하지만, 단순한 경제적인 논리들이 안전성을 무시할 만큼 경제적인가에 대한 의문을 던져 본다면, 결코 그렇지 않다는 것을 알 수 있다. 화재안전을 위하여 설치하는 다양한 설비들이 결국은 안전성 확보라는 측면과 함께 경제적이라는 것을 충분히 인식하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

따라서 스프링클러설비의 경제적 효용성을 충분히 인식하고 정부를 중심으로 학계 및 산업계가 동참하여 스프링클러설비의 보급에 노력해야 하며, 건물 소유주도 만일의 화재에 대비하여 자발적으로 설치해야겠다는 인식의 전환이 필요하다.

참고문헌

1. 한국감정원, “건물신축단가표”, 서울(2009).
2. 신현길, “기업후지보험의 개요와 손해사정실무”, 위험과 보험, 여름호, pp.12-17(2002).
3. 김용달, 스프링클러설비 투자의 경제적 효용성 분석 모형에 관한 연구, 서울시립대 석사논문(2003).
4. E.K. Budwick, “Estimating Effectiveness of State of the Art Detectors and Automatic Sprinklers”, NBSIR84-2819, 5, Center for Fire Research, NIST (1984).
5. John L. Bryan, “Automatic Sprinkler and Standpipe Systems”, 3rd ed., NFPA, p.40(1997).
6. John R. Hall, Jr., “U.S. Experience with Sprinklers- Who has them? How well do they work?”, NFPA Journal, Vol.87, No.6, pp.44-45(1993).
7. John R. Hall, Jr. “U.S. Experience with Sprinklers”, NFPA, p.10(1996).
8. John R. Hall, Jr. “The Latest NFPA Statistics on Sprinkler Performance”, NFPA Journal, the March/April(2008).
9. FM Global, Lack of Automatic Sprinklers(2001).
10. G. Ramachandran, The Economics of Fire Protection, New York: E&FNSPON(1998).