

FRAME 소개

1. FRAME

FRAME은 Fire Risk Assessment Method for Engineering의 약자로 벨기에의 소방 엔지니어인 Erik De Smet에 의해 개발된 위험도평가 방법이다. FRAME은 1970년대 개발된 Gretener Method를 계승 발전시킨 것으로서 준정량적인 위험도평가 방법을 사용하여 건물의 화재위험을 점수(지수)로 산출하는 방법이다. 현재는 유럽을 중심으로 사용되고 있다.

제작자인 De Smet는 FRAME의 목적을 “적절한” 방호수준을 산정하는 것이라고 설명했다. 적절한 방호는 비용면에서 효율성을 추구하면서도 안전수준이 떨어지지 않는 것을 의미하는데, FRAME은 안전도에 대해서도 재산측면, 인명측면, 사업적측면을 세분화하여 접근하고 있다.

대부분의 소방 엔지니어들은 적절한 방호수준을 결정하기 위해서 단순히 법규정을 충족시키는데 그치거나, 경험에 의존하여 설계하게 된다. FRAME은 이러한 엔지니어들이 위험성 평가를 통해 구체적인 위험도산출 및 의사결정을 달성할 수 있도록 사용된다.

FRAME에서 주어지는 점수들은 Gretener Method와 같은 다른 Index 기법과 마찬가지로 대부분 경험적으로 결정되는 점수이다. 그러므로 각각의 점수들은 객관적인 물리량으로부터 산출되기 보다는 산출결과가 얼마나 엔지니어의 기술적 경험에 부합하는지에 의해 결정된다. 제작자는 이 방법이 가장 현실적이면서 정당한 방법임을 주장하고 있다.

2. FRAME의 특징

FRAME의 특징은 다음과 같다.

- FRAME은 Index 기법이면서도 화재의 심도/빈도의 개념을 반영하였다.
- 건물의 위험도는 재산위험/인명위험/사업위험으로 달리 산출하여 목적에 맞는 위험도 평가가 가능하며 활용도를 높였다.
- 이렇게 세분화된 위험평가를 위하여 반영하는 요소들을 상세하게 평가한다.
- 허용가능한 위험의 개념을 도입하였다.
- FRAME은 건물의 위험도를 방화구획단위로 산출한다.

3. FRAME의 위험평가 접근법

가. 잠재위험, 방호 및 위험노출의 균형

FRAME은 위험을 잠재위험, 허용가능한 위험, 방호수준으로 나누어 측정한다. 이러한 세 가지 요소는 FRAME에서 위험도산출을 위하여 사용하는 접근법으로서 Gretener의 잠재위험, 대책, 활성화위험과 유사하다.

잠재위험이란 화재시의 피해규모를 측정하는 변수로서, 화재하중과 같이 고정적인 변수들을 반영한다.

허용가능한 위험이란 건물에서 감수할 수 있는 위험의 수준으로 정의되는데, 위험에 대한 노출이라고도 설명한다. 발화원의 존재, 건물 및 수용품의 가치, 피난환경, 사업의 경제적 중요성 등과 같이 화재를 발생시키는 요소뿐만 아니라 내장재와 같이 화재피해를 확대시킬 수 있는 건물의 환경적 요소를 반영하고 있다.

방호수준은 건물의 방재대책을 반영하는데, FRAME에서는 방호수준을 단순히 위험을 저감시키는 요소로서 이해하는 것이 아니라 방호수준의 역수가 화재피해의 확률이 된다는 개념을 적용한다. 즉, 방호수준이 낮을수록 피해규모가 커진다는 것이다.

FRAME의 가장 기본적인 아이디어는 충분한 방호가 제공되는 건물에서는 잠재위험, 방호 및 위험노출이 균형을 이룰 수 있다는 것이다. 이 균형점이 FRAME 산출과정의 목표로 설정된다. 균형점에 도달한 경우 최종 위험도 R값이 1이하로 나타난다.

FRAME에서는 이 균형점을 화재로 인한 예상 손실이 방재를 위해 소요된 비용에 상응하는 상태로 규정한다. 균형점에 도달한 상태에서 화재가 발생한 경우 FRAME에서 예측하는 피해규모는 다음과 같다.

- 재산위험 : 화재실 구획내의 재산 피해가 구획실 전체의 재산의 10%로 제한되며, 또한 보험료는 보험가입 금액의 0.1%정도로 계산될 수 있는 상태라고 본다.
- 인명위험 : 화재를 일으킨 사람을 제외하고는 사망자가 발생하지 않는다.
- 사업위험 : 건물에서 이루어지는 업무들이 일시적으로만 중단되며, 화재현장이 단기간 내에 수습된 후 예전 업무가 회복된다.

나. 확률=방재대책의 역수

FRAME에서는 모든 방재대책이 실패한 경우 화재가 재난으로 발전한다는 개념을 사용한다. 그러므로 방재대책의 수준이 높을수록, 재난발생의 확률은 줄어든다. 방재대책요소들을 반영하여 방호수준 D를 계산하고, 최종 위험 R을 계산할 때 방호수준은 분모에 들어간다. 즉, 방호수준 D의 역수를 화재피해의 확률로서 사용하는 것이다.

방호수준은 다양한 방재설비의 조합으로 계산된다. 여기에는 다음의 요소들이 포함된다.

- 기초적 소화약제 : 물

- 피난로의 설계
- 구조물의 내화성능
- 화재 감지 및 통지의 방법
- 수동식 소화설비
- 자동식 소화설비
- 사설 및 공공 소방대
- 위험의 물리적 이격(구획)
- 재난대응 조직

다. 재산, 인명, 사업위험 분리

각각의 위험계산시 3번의 계산이 이루어진다. 재산위험, 인명위험, 사업위험이다.

이러한 3가지 계산은 화재시 각각의 측면에서의 피해는 다르게 계산될 수 있으며, 그에 대비한 방재대책 또한 다르게 적용될 수 있기 때문에 필요하다.

재산상의 위험측면에서 최악의 피해는 건물의 전소이다. 그러므로 화재의 규모와 관련된 모든 요소들이 잠재위험 계산에 사용되며, 마찬가지로 모든 소화설비가 방호수준 계산에 사용된다. 허용가능한 위험은 화원, 건물의 재산상가치, 피난상의 이유로 인한 소화활동의 지연 등을 바탕으로 계산된다.

인명상의 위험측면에서는 화재의 발생 자체를 최악의 상황으로 간주한다. 잠재위험 계산에는 화재의 성장에 관련된 요소들이 포함된다. 허용가능한 위험은 화원, 피난시간, 그리고 화재가 피난속도보다 빠르게 성장하도록 하는 요소들로부터 계산된다. 방호수준 계산에는 피난속도를 향상시키거나 화재의 성장을 지연시키는 요소들이 포함된다.

사업상의 위험측면에서는 건물이 전소되지 않더라도 화재의 피해 자체가 최악의 상황으로 인식된다. 그러므로 잠재위험 계산은 화재하중을 제외하고는 재산상의 위험계산과 동일하게 이루어진다. 허용가능한 위험은 화원, 상품의 가치, 위치에 따른 사업적 가치 등에 의해 계산된다. 방호수준은 방재시설과 화재후 사업을 재개하기 위한 제도적 장치들로부터 계산된다.

라. 구획단위 위험계산

같은 건물 내에서도 다양한 상황이 존재할 수 있다. 그러므로 FRAME은 한 개의 방화구획을 계산의 기본 단위로 정한다. 다층 건물에서 각 층은 별도로 계산한다. 한 개층에 하나 이상의 방화구획이 존재한다면 각 구획별로 위험계산을 수행한다.

5. 계산과정

FRAME의 최종 위험 R을 산출하기 위한 계산식은 다음과 같다.

$$R = P / (A \times D)$$

- R : 최종위험
- P : 잠재위험
- A : 허용가능한 위험
- D : 방호수준

이 계산식은 FRAME에서 계산하는 3가지 위험도 산출에 동등하게 적용된다. 산출하는 위험도에 따라 잠재위험, 허용가능한 위험, 방호수준을 계산하는 방식은 조금씩 달라진다.

- 재산위험 : $R = P / (A \times D)$
- 인명위험 : $R1 = P1 / (A1 \times D1)$
- 사업위험 : $R2 = P2 / (A2 \times D2)$

가. 잠재위험

잠재위험은 화재 피해의 심도를 나타낸다. 그러므로 잠재위험을 계산할 때는 화재피해를 최악의 상황까지 이끌 수 있는 요소들이 사용된다. 재산위험에서 최악의 상황은 건물의 전소이다.

잠재위험은 재산위험, 인명위험, 사업위험에 따라 다른 계산식을 사용한다.

- 재산위험 : $P = q \times i \times g \times e \times v \times z$
- 인명위험 : $P1 = q \times i \times e \times v \times z$
- 사업위험 : $P2 = i \times g \times e \times v \times z$

- q : 화재하중요소
- i : 화재확산요소
- g : 면적요소
- e : 층수요소
- v : 환기요소
- z : 접근성요소

1) 재산위험의 경우 잠재위험 P에서 다음의 3가지 요소는 화재 시나리오를 반영한다 : 화재지속시간(화재하중 q), 화재의 성장(화재확산 i), 플래쉬오버(환기 v)

다른 3가지 요소는 소방대의 활동에 영향을 주는 건물 배치를 반영한다 : 구획의 특성(면적 g), 층고(층수 e), 접근 용이성(접근성 z)

2) 인명위험에서는 화재의 발생 자체가 최악의 상황이므로 잠재위험 P에서 수평방향의 화재확산 관련 요소인 g를 제거하여 계산한다. 가연물의 존재는 q에, 화재의 성장 및 확산은 i에, 연기로 인한 피해의 가능성은 v에 반영된다. 고층건물의 경우 피난 및 구조가 어려운 점은 층수 e 및 접근성 z에 반영된다.

- 3) 사업상 위험의 잠재위험 P2는 P1에서 화재하중 q를 면적요소 g로 대체하였다. q는 화재의 경중을 의미하므로 사업위험에서는 의미가 없으므로 제거되고, 화재가 수평방향으로 미치는 영향력인 g가 포함된다.

나. 허용가능한 위험

허용가능한 위험이란 위험이 일정수준 이하로 유지되는 경우 사람들이 위험을 받아들이는 경우에서 착안된 것이다. 이 때 사람들은 위험을 다루기 위해 방재대책을 갖추거나 보험에 가입하는 등 위험을 다루려는 노력을 한다.

허용가능한 위험은 화재위험에 노출된 정도에 관련이 있다. 위험노출이 증가할수록 허용가능한 위험은 줄어든다. 이러한 경우에는 화재가 자주 발생할 경우, 화재가 급속히 성장하는 경우, 거주자의 노출시간이 긴 경우, 고가의 재산이나 중요한 활동이 있는 경우가 있다.

최종 위험 R의 계산식에서도 알 수 있듯이 허용가능한 위험이 감소할수록 종합 위험 R은 증가한다. 동일한 위험심도/빈도를 갖는 상황이라도 허용가능한 위험이 낮은 장소가 더 위험하다고 인식하는 것이다.

허용가능한 위험은 재산위험, 인명위험, 사업위험에 따라 다를 것이다. 그러므로 세가지 경우 허용가능한 위험의 계산은 다르다. 허용가능한 위험의 값은 1 주변의 값을 갖도록 설계되었다.

- 재산위험 : $A = 1.6 - a - t - c$
- 인명위험 : $A1 = 1.6 - a - t - r$
- 사업위험 : $A2 = 1.6 - a - c - d$

- 1) 1.6 : FRAME에서 설정한 고유 값으로서, 허용가능한 위험은 1.6에서 여러 변수들을 차감하는 식으로 계산된다.
- 2) a : 화재발생의 확률을 나타내는 변수로서 주업종, 부차업종, 화기시설, 전기시설, 화원관리 등을 반영한다.
- 3) c : 건물의 재산적 가치이다. 재산위험과 사업위험에 반영되어, 재산가치가 높을수록 허용가능한 위험이 낮게 된다.
- 4) t : 피난 시간이다. 재산위험에서는 피난시간이 길어질수록 본격적인 소화활동이 지연되므로 그만큼 재산피해가 증가한다는 의미를 갖고, 인명위험에서는 피난시간이 길어질수록 인명피해도 증가한다는 의미를 갖는다.
- 5) r : 환경요소이며, 인명위험에서 반영된다. 환경요소는 건물의 내장재 등의 착화용이성으로 화재가 순식간에 확산되는 정도를 나타낸다. 이러한 급격한 화재확산은 피난에 치명적이다.

- 6) d : 의존도요소로서, 사업위험에 반영된다. 의존도는 화재가 발생시 건물에서 진행되는 사업에 '경제적' 영향을 의미한다. 예를 들어, 창고와 같은 시설은 화재시 금전적 피해는 클 수 있으나, 생산시설에 피해가 없다면 사업에는 큰 피해를 미치지 않는다. 반면, 생산시설에 화재가 발생한다면 사업이 중단되므로 큰 피해가 발생한다.

다. 방호수준

FRAME에서 방호수준은 화재피해의 확률로서 이해된다. 즉 방호시설이 실패하는 경우에 화재가 최악의 상황으로 발전한다는 것이다. 그러므로 방호수준이 높을수록 최악의 상황을 경험할 확률이 낮아진다.

□ 재산위험 : $D = W \times N \times S \times F$

□ 인명위험 : $D1 = N \times U$

□ 사업위험 : $D2 = W \times N \times S \times Y$

- W : 수원
- N : 일반방호
- S : 특수방호
- F : 내화성능
- U : 피난요소
- Y : 위험대책

- 1) 재산위험에서는 최악의 상황으로 인식되는 건물의 전소를 막기 위한 모든 수단을 반영한다. 소화활동을 위한 충분한 물의 양(W), 일상적인 방화시설(N), 특수한 방화시설(S), 건물의 내화성능(F)를 반영한다.

수원 W에서는 수원의 형태, 수원의 크기, 배관설비, 소화전 연결구, 수압을 반영한다.

일반방호 N에서는 감지 및 경보설비, 소화기 및 옥내소화전, 방재교육, 공공소방대 도착 시간을 반영한다.

특수방호 S에서는 자동식 화재탐지(감지기 및 스프링클러헤드), 초과된 수원, 자동식 소화설비(스프링클러, 가스계), 공공소방대의 능력을 반영한다.

내화성능 F에서는 건물구조부의 평균적인 내화성능을 반영한다.

- 2) 인명위험에서는 화재의 발생 자체를 최악의 상황으로 간주하므로 이미 발생한 화재를 진압하기 위한 요소인 W는 반영하지 않는다. 또한 기본적인 방화시설이외에 특수방화시설 S와 내화성능 F를 제외하였으며, 그대신 피난요소 U를 반영한다.

피난요소 U는 자동식 화재감지 및 경보, 비상구표지, 수직피난경로, 연기배출, 자동식 소화설비, 공공소방대의 능력을 반영한다. 이러한 반영요소는 특수방화시설 S와 내화성능 F와 흡사하지만, 피난측면에서는 설비의 의미가 다르다고 이해하고 그 세부항목들을 다르게 설정하였다.

- 3) 사업위험은 재산위험과 유사한 계산을 사용하지만, 내화성능 F를 위험대책 Y로 대체하였다. 위험대책 Y는 고액의 재산을 포함하는 구역을 구획 또는 격리하는 등의 예방조치를 취하였는지, 보험을 포함한 재난시 대비책이 마련되어 있는지를 반영하고 있다.

4. FRAME 계산의 활용

FRAME의 목적은 위험, 방호, 노출이 균형을 이루는 상태가 되는지를 확인하는 것이다. 충분한 방호를 갖춘 방화구획은 1 이하의 위험도값을 갖게 된다.

가. 적용가능한 상황

- 기존 건물의 위험진단 : 건물의 강점과 약점을 파악하여, 현재상태가 이상적인 안전상태로부터 얼마나 격차가 발생하는지 이해
- 법적인 요구사항에 따라 갖춰진 방재설비 검증 : 법규를 만족하는 설비일지라도 실질적인 방호수준은 부족할 수 있다.
- 계산과정에서 건물의 강·약점 파악 : 상세한 계산과정을 수행하면서 건물의 모든 위험/대책요소들을 다루게 되며, 경험이 풍부한 엔지니어는 이 과정에서 건물의 강·약점을 자연스럽게 파악하게 된다.

나. 계산결과의 활용

□ 화재피해 예상

FRAME의 결과를 토대로 해당 구획실의 화재피해 규모를 예측할 수 있다. 물론 모든 화재가 큰 피해로 연결되는 것은 아니지만, 일정수준의 예상 피해규모를 제공하는 것이다. 다음의 예측표를 사용한다.

최종 위험도 R	구획실내 피해규모 (%)
1.0 이하	10%미만
1.0 초과 1.3 이하	10~20%
1.3 초과 1.5 이하	20~30%
1.5 초과 1.7 이하	30~50%
1.7 초과 1.9 이하	50~80%
1.9 초과	80~100%

이러한 예측표는 흥미로운 응용이 가능하다. 바로 방화사건 추정이다. 예를 들어, 화재실에 대한 FRAME 산출 결과 최종 위험도 R값이 1.5 이하로 나타나서 피해규모가 30% 이하로 예측되었으나, 실제 화재피해가 그보다 훨씬 높게 나타났다면 “외부적 요소”가 개입되었다는 주장이 설득력을 얻는다. 즉 방화가 발생하였을 가능성을 시사하는 것이다.

□ 화재안전규정과의 비교

규정을 모두 준수하였더라도 FRAME의 평가결과가 만족스럽지 못할 수 있고, 규정에 미비한 사항이 존재하더라도 FRAME의 평가결과가 높을 수 있다.

예를 들면, 화재관련 규정은 건물을 불연재 및 내화재로 건축할 것을 요구하고 있으나 FRAME의 인명안전 위험도인 R1의 계산에는 그러한 요소가 반영되지 않는다.

BRE에서는 이러한 용도로 FRAME을 사용하여 지역법규가 화재위험에 미치는 영향에 대한 보고서를 작성한 바 있다. (BRE의 『ODPM Building Regulations Division Project Report』 참조)

□ 설계의 등가성 증명 및 등가교환(Trade-off) 입증

기존 건물에 새로운 법규 요구사항이 적용되어야 하는 상황에 규정이 요구하는 조치를 정확하게 시행하기에는 지나치게 비용이 많이 발생할 수 있다.

이런 경우 건물에 대해 FRAME 계산을 수행하여, 새로운 요구사항이 적용된 경우 어느 정도의 위험도 개선이 나타나는지를 확인한다. 그 후에 비용소모가 적은 대체 방안을 적용하여 새로운 요구사항이 이끌어내는 만큼의 위험도 개선이 발생함을 FRAME 계산으로 증명할 수 있다.

이러한 계산과정을 관할기관과 설계자들이 동의한다면, 새로운 규정을 적용한 것과 동등한 효과를 인정받을 수 있다.

□ 자가 위험관리

소방 엔지니어는 FRAME 계산을 수행하면서 건물의 모든 위험/대책요소를 파악하고 측정하게 된다. 그를 통해 엔지니어는 건물의 강점과 약점을 파악하고 위험을 감소시키기 위한 위험관리 방법을 설정할 수 있게 된다.

6. 결론

FRAME은 건물의 위험도평가를 위한 도구로서 준정량적 방법인 Index 기법을 사용하였다. 위험도 평가에서 사용되는 수치는 할당된 점수이며, 최종 결과 또한 FRAME에서 정의된 점수가 산출된다.

FRAME에서는 크게 위험요소/대책요소/노출요소의 3가지 요소들을 중심으로 위험도를 산출하게 되는데, 이러한 3가지 요소가 균형을 이루는 상태를 안전한 상태로 정의하고, 이때 위험도 R=1이 산출되는 것으로 정의하였다.

그러면서도 전통적인 위험평가 방법인 위험의 심도/빈도 개념을 반영하였고, 재산위험/인명위험/사업위험의 다른 위험접근방법을 사용함으로써 목적에 맞는 위험도평가를 수행할 수 있도록 하였다. 반영하는 요소들은 건물에서 갖게 되는 모든 위험/대책요소를 반영하여

위험도평가를 진행하는 과정에서 총체적인 위험에 대한 이해를 가질 수 있도록 하였다.

FRAME은 개별 건물에 대한 상세한 위험도평가를 위한 도구로서 위험도 산출이 구획단위로 산출되므로 정밀성이 증가한 만큼 건물 전체에 대한 위험도 평가에는 많은 노력이 소요된다.

FRAME의 사용으로 보다 정밀한 위험도평가를 통해 합리적인 위험관리에 도움이 될 것이다.

※ FRAME에 대한 더 자세한 자료는 www.framemethod.net에서 찾아볼 수 있으며, 이 사이트에서는 FRAME 산출 설명서, 배경이론, FRAME 산출용 엑셀 파일 등을 제공한다.

작성 : 조사연구팀 안승일