

화재안전 : 지속가능성을 위한 필수적인 요소

By Christopher J. Wiczorek, Ph.D.

□ 서론

화재안전 발달의 오랜 역사는 생명을 구하고, 재산을 보호하고 산업의 손실을 최소화하는 것으로 보여졌다. 그러나 지속가능성에 대한 노력을 중시하는 현대의 기업문화에서 위험에 대한 개선 노력은 중요하게 여겨지지 않는 것으로 보인다. 기업의 목표는 경영진이 자원을 기업이미지 제고와 운영비용 절감을 위한 지속가능성의 이니셔티브에 사용하도록 유도하는 반면, 자산위험 관리자는 위험개선과 손실완화를 위한 예산을 따로 책정하기를 바란다. 문제는 미국 그린빌딩협회와 국제보증기구가 개발한 LEED(친환경 에너지 설계 지도)와 같은 빌딩보증 과정에서 더욱 복잡해진다. 예를 들어, 녹색보증 승인은 자전거 보관대와 같은 지속가능성과 연결되기 어려운 품목에 주어지고, 건축공사에 투자된 자원의 손실을 예방하는 자동화재 스프링클러 방호시스템이나 인화성이 검증된 원료의 사용과 같은 화재안전 조치를 하는 것으로는 혜택을 얻지 못한다.

최근의 연구들은 위험관리 조치와 지속가능성을 위한 노력이 반드시 서로 배타적인 것은 아니라는 것을 보여준다. 실제로, 최근의 연구는 건물이 화재, 홍수, 지진, 허리케인 등 위험요소에 의한 잠재적인 사고에 견딜 수 있도록 완벽하게 설계되거나 건설되지 않은 경우, 녹색건설로 얻은 이득을 무효화할 수 있다는 것을 설명한다. 위험성에 대한 고려 없이 오로지 에너지 효율 증가로 인한 지속가능성의 개선 노력은 위험요소의 크기를 3배로 증대시킬 가능성을 내포한다. 위험완화 조치에는 건물의 생애에 걸친 환경적 영향을 감소시키기 위해 필수적인 요소로서 건물의 존속가능성을 개선시키기 위한 건설방법과 건축원료가 포함되는데, 위험완화 조치는 건물의 내구성과 지속가능성 획득의 다음 단계에 해당한다.

□ 의도하지 않은 결과

이제까지 녹색빌딩 연구와 개발의 초점은 환경에 주는 영향을 줄이는 것에

있었다. 그 목적을 달성하기 위해서 환경적 측면에서 고성능 빌딩을 인증하는 녹색법규와 등급체계는 그 발전을 추진해왔다. 미국 그린빌딩협회는 그린빌딩 인증시스템인 LEED 인증방법을 개발했다. LEED는 건물의 설계와 건설에 있어 주요 성능기준 개선에 초점을 둔 전략이 사용되었다는 것에 대해 제3자적 인증을 제공한다. 주요 성능기준이란 에너지 절감, 물의 효율성, 이산화탄소 방출량 감축, 실내 환경의 질 개선, 자원관리, 전 세계에 미치는 영향에 대한 민감성 관리를 말한다.

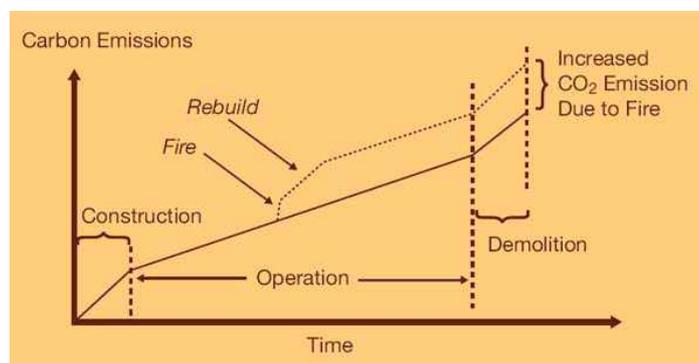
이러한 인증시스템 대부분은 화재나 자연재해와 같은 위험의 영향에 대한 고려가 결여되어 있는 경향이 있다. 이러한 접근은 절연성은 우수하나 인화성의 결합이 있는 원료를 선택하는 결과를 초래할 수 있다. 비상시에 대한 고려를 하지 않고, 오로지 건물의 통상적 운영 상황에서의 지속가능성의 개선에만 집중하는 것은 의도하지 않은 결과, 심지어 비극으로 이어질 수도 있다.

□ 위험요소

Gritzo 등은 스프링클러와 같은 절감기술의 사용에 더하여 화재, 폭풍, 홍수와 같은 위험요소를 고려함으로써 전통적인 빌딩생애 탄소평가 방식을 보완했다. 그림1은 생애 탄소방출에 있어 위험요소의 영향을 설명한다. 그래프는 빌딩의 탄소방출량을 시간의 함수로 보여주고 있다. 낮은 곡선부분은 정상상태에서의 탄소배출이고, 높은 곡선부분은 화재에 의해 정상상태에서 벗어난 것을 보여준다.

탄소배출 과정은 세 부분으로 나누어 질 수 있다.

- 1) 건설 - 원료의 제조, 운송, 설비사용
- 2) 사용기간 동안의 정상적 운영 - 주로 전력 소비, 가스, 수도, 보수유지
- 3) 폐기 - 폐기처분을 위한 폭파와 운송을 위한 설비 사용



<그림1> 빌딩 생애기간 동안 방출되는 탄소량에 영향을 미치는 위험요소

그림1은 화재와 그에 이어지는 재건의 결과로 인한 부가적인 탄소배출을 나타낸다.

Gritzo 등은 빌딩이 생애에 걸쳐 정상적으로 운영되는 상태와 비교하여 화재와 같은 위험사고로 인한 탄소방출의 상대적 중요성을 위험률로 정의하였다. 따라서 위험률은 빌딩의 존속기간에 걸쳐 지속가능성의 상태를 나타내는 위험요소의 증대를 나타낸다. 위험률의 감소는 화재빈도를 줄이거나, 화재로 인한 손실과 요구되는 복원의 범위를 축소시키는 효율적인 위험관리 전략을 통해 달성될 수 있다.

이러한 분석은 표준 사무용 빌딩, 탄소방출이 감축된 녹색빌딩, 화재의 빈도와 강도가 큰 제조업용 설비, 주거용 단독주택 등 네 가지 서로 다른 점유형태에 대해 수행되었다.

분석결과에 따르면, 위험요소에 의해 표준 사무용 빌딩의 경우 대략 1~2%, 간단한 제조업용 설비에서는 14% 정도의 생애 탄소방출량 증가가 나타난다. 주거용 단독주택의 화재위험 기인성 탄소방출량은 0.4~3.7% 수준이다.

탄소방출 절감으로 지속가능성이 개선된 사무용 빌딩은 위험요소에 의한 영향으로 명목상 전 생애에 걸쳐 4%가 증가한다. 위험요소의 중요성은 설비운영에 있어 탄소 발자국을 줄이기 위한 향후 노력의 진전과 함께 그 중요성을 더할 것이다. 위험요소와 위험관리의 요구를 고려하지 않은 지속가능한 빌딩에서의 화재는 설계에 있어 지속가능성이 고려되지 않은 경우보다 더 많은 생애 탄소방출이라는 결과로 이어질 수 있다. 이는 에너지 효율을 높이기 위해 더 사용된 원료와 공정 집약적 성분에 의한 높은 함량의 탄소방출 때문으로 보인다.

모든 경우에 있어, 자동화재 스프링클러 시스템의 사용은 화재 위험요소의 생애 방출에 대한 기여도를 감소시켰다.

□ 자동화재 방호 스프링클러 시스템의 환경적 영향

자동화재 스프링클러는 빌딩의 생애 탄소방출량을 줄이는 것뿐 아니라 대기와 수중오염 수준을 낮추고, 물 사용량과 전체적인 화재손실을 감소시키는 환경적 이점도 있다. 환경적 영향을 정량화하기 위해 동일하게 건축된 주거용 거실에서 대규모 화재 테스트가 수행되었다. 스프링클러 테스트에서는 소

방대에 의해 최종적으로 화재가 진압될 때까지 스프링클러가 화재를 통제하는데 사용된 반면, 스프링클러가 없는 경우엔 오직 소방대의 개입에 의해 화재가 진압되었다. 위 테스트에서 소방대는 화재감지 10분 후 물을 사용하기 시작하였다.

두 가지 테스트 결과로부터 온실가스 생산총량, 화재진압에 필요한 물의 양, 흘러내리는 물의 수질, 폐수가 지하수와 수면에 미치는 잠재적 영향, 폐기물의 양을 비교하였고, 이는 환경상 이점의 정량화 작업의 기초가 되었다.

자동화재 스프링클러의 사용은 열 방출량의 최대값을 13200kW에서 300kW로 줄이고, 총 에너지 방출량을 76배로 감소시켰다. 화재 시 소모되는 가연성 물질의 양은 스프링클러가 있는 경우 3% 이하이고, 스프링클러가 없는 경우 62~95% 였다.

스프링클러가 있는 경우 방출되는 공기의 총량은 스프링클러가 없을 때보다 적다. 방출된 공기에서 분해된 123종 중 오로지 76개만이 스프링클러가 있는 경우 또는 없는 경우의 테스트에서 감지되었다. 감지된 것들 중 24개종은 스프링클러가 있는 경우 대비 스프링클러가 없는 경우의 비율이 10대1을 초과했다. 11개종은 그 비율이 50:1 이상이었고, 6개종은 100:1을 초과했다. 그밖에 다른 종들은 유사한 수준으로 확인되었다. 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소로 구성되고, 이산화탄소의 97.8% 수준으로 동등한 양이 방출된다고 보고되는데, 자동화재 스프링클러의 사용은 온실가스의 방출량을 감소시켰다.

두 가지 테스트의 물 사용량 비교로, 최종적 화재진압에서 스프링클러와 호스스트림을 같이 사용한 경우의 방류량은 호스스트림만을 사용할 때보다 50%만큼 적다는 사실이 밝혀졌다. 풀사이즈 주택에서의 값을 추정하면, 스프링클러로 인한 물 사용량의 감소는 91%가 될 것으로 보인다.

독립적으로 수행된 새로운 연구는 스프링클러가 없는 경우 풀사이즈 주택에서는 물 사용량이 1200% 증가한다는 결과를 확인하였다. 이에 더하여, 스프링클러가 있는 경우의 폐수 샘플에서는 스프링클러가 없는 경우 보다 중금속 등 지속적 오염물과 고형물의 양이 더 적게 나타났다. 스프링클러가 없는 경우 폐수의 pH값은 대부분의 환경기관에서 요구하는 5.5~9.0 허용범위를 초과했고, 알칼리성은 스프링클러가 있는 경우보다 4배가량 높았다. 스프링클

러가 없는 경우의 폐수는 심각한 환경오염을 상징한다.

고형 폐기물 샘플 분석결과, 잿더미 성분은 스프링클러의 유무와 관계없이 모두 유해한 폐기물이고, 일회적 매립처리로는 충분히 걸러질 수 없을 것으로 보였다.

스프링클러가 설치된 방은 플래시오버 현상이 나타나지 않았지만, 스프링클러가 없는 경우에는 점화 이후 5분마다 플래시오버가 나타났다. 소방대의 개입보다 먼저 플래시오버가 발생한다는 것은 화재가 인근의 방까지 옮겨간다는 것을 암시하고, 그 결과 온실가스 생산량이 증가하고, 화재진압에 소모되는 물의 양, 매립지에 버려지는 폐기물도 더 증가한다. 그러나 화재가 처음 발생한 공간으로 한정되는 경우의 스프링클러 테스트에서, 온실가스 방출량과 물 소모량 등 손실은 가외의 방들과 관계없이 최대값을 나타냈다.

스프링클러가 없는 경우 대규모 화재손실은 빌딩의 탄소방출에 직접적 영향을 주었다. 이는 내재된 탄소가 복원 및 가구, 내용물 제조에 필요한 빌딩원료들과 결합하기 때문이다.

□ 자동화재 방호시스템의 탄소 발자국

자동화재 방호시스템의 제조와 설치는 무탄소 과정이 아니고, 따라서 지속가능한 것으로 간주되는 스프링클러는 잠재적 문제를 갖고 있다. 비록 지금까지는 자동화재 스프링클러시스템의 생애분석이 이루어지지 않았지만, 주요 탄소방출 요인이 강철파이프와 연관되었다는 기록에 의해 대략적 평가가 이루어졌다. 이산화탄소 방출이 강철파이프의 제조와 연관되었다는 것은 알려져 있다. Buchanan과 Honey는 강철파이프에서 이산화탄소의 방출은 “기계를 만드는 설비를 만드는데 요구되는 에너지”를 포함한다고 설명한다. 강철파이프에서 탄소방출은 1.96kgC/kg steel 수준으로 보고되었고, 이와 동등한 수준의 이산화탄소 값은 $7.2\text{kgCO}_2/\text{kg steel}$ 이다.

공업용으로 사용되는 전형적인 스프링클러시스템을 가정하면, 직경 3inch, 단위당 무게가 6.44kg/m 인 3mm 두께의 강철파이프 10개로 구성된다. 9.29m^2 의 공간에 적용하기 위해 강철파이프 3m가 필요하다. 따라서, m^2 당 2.11Kg의 강철이 있어야 할 것이다. 위의 계산에 기초하면, 공업용 스프링클러시스템

의 탄소방출량은 $15.2kgCO_2/m^2$ 이 된다. 사무용 빌딩과 제조업 설비에서 40~60년 생애기간에 걸친 빌딩의 총 탄소방출량은 $2,000\sim4,500kgCO_2/m^2$ 이다. 결과적으로, 스프링클러시스템의 설치는 총 탄소방출의 0.34~0.76% 증가를 가져온다.

비록 이 분석에서 스프링클러와 도관, 펌프, 조립 등과 연관된 탄소방출은 고려하지 않았으나, 강철파이프 제조는 화석연료만으로 작동하는 기계로 이루어졌다고 가정함으로써 부분적으로 서로 상쇄된다. 현대의 많은 제조과정이 화석연료 의존도를 낮추는 지속가능한 방법을 사용하고 있다는 점에서 이는 보수적인 가정이다.

주거용의 경우, 직경 1inch, 두께 2.8mm의 파이프 10개로 가정하고 유사한 분석이 수행될 수 있는데 그 결과 스프링클러시스템에 의한 탄소방출량은 $4.91kgCO_2/m^2$ 이다. 1998년과 2008년 미국의 인구조사 데이터에 따르면, 평균적 단독주택 크기는 $164m^2$ 이다. 따라서, 통상적 가구의 경우 스프링클러시스템은 이산화탄소 806kg을 증가시킨다. 이는 빌딩의 전 생애에 걸쳐 총 탄소방출의 0.29% 즉, 이산화탄소 278,000kg 증가를 뜻한다.

주거용 건물에서는 플라스틱파이프가 강철파이프보다 더 보편적이라는 사실을 고려해야 한다. 최근의 연구결과는 플라스틱파이프의 이산화탄소 방출량이 강철파이프에서보다 63~80% 낮다는 것을 보여준다. 그러므로 주거용 스프링클러시스템에 의한 탄소방출량은 가솔린 18~33 갤런의 연소에서 방출되는 이산화탄소와 유사한 수준이 될 것이다.

출처 : FIRE PROTECTION ENGINEERING
번역 : 광주호남지부 안지성