

C-04

초고층 건물 방재시설의 최적화 설계방안에 관한 연구 - 부산 L 빌딩의 설계 사례를 중심으로 -

황현수, 박재성*

(주)한국방재엔지니어링, *서울시립대학교 도시방재안전연구소

Research on Optimum Design Method for Fire Protection System of Super Tall Building

1. 서론

1-1. 연구 배경 및 목적

현대도시의 건축물은 고도의 인구집중, 토지이용의 제한, 지가의 상승 등으로 인해 초고층화, 고밀도화 되어 가는 추세이다. 우리나라도 63빌딩 건설 이후 초고층 빌딩에 대하여는 많은 관심을 가지게 되었으며, 최근에는 69층 규모의 도곡동 타워팰리스 III는 준공이 임박하였으며, 동일한 층인 목동 하이패리온은 건설이 완료되어 사용 중에 있다. 우리나라에서 계획 중인 100층 규모가 되는 초고층 빌딩으로는 부산 제2롯데 월드, 잠실 제2롯데 월드, 인천 송도의 대우자판건설 프로젝트, 상암동의 International Business Center 등이 있다.1)

이와 같은 초고층 건물에서는 다양성과 복잡성으로 많은 인구가 밀집되고 불특정다수인이 이동 및 거주하는 공간으로서 경제적 활성화가 되는 반면, 그 높이로 인해 화재와 같은 재난시 인명안전 등에 많은 어려움이 발생하게 된다.

지금까지 초고층 건물과 관련된 연구의 대부분은 건축계획이나 구조에 관련된 사항들이고, 초고층 건물에서 화재안전과 관련된 일부 연구는 단지 피난관련 분야에 대해서만 연구되어 피난과 같이 부분적인 사항들의 이해에는 많은 도움이 되고 있으나 초고층 빌딩의 화재에 대한 종합적인 방재시설을 설계하여야 할 많은 방재시설 설계자들에게는 보다 많은 분야의 연구 자료가 절실히 요구되는 상황이다.

본 연구의 목적은 우리나라에서 건설 중에 있는 부산 L 빌딩의 계획 설계를 완료한 시점에서 설계 과정에서 나타난 국내 법규 적용의 불가능 한 사항들, 적용은 가능하되 여러 가지 부적절한 사항 및 초고층빌딩 이기 때문에 발생하는 문제점과 초고층에서 가장 적

1) 신성우, 한양대 건축학부 교수, “세계적인 한국적 초고층 건축을 세워야 할 때다” 대한 건축학회지, 2002년 8월, Vol. 46 No 8

절한 방식이 될 수 있는 사항들에 대하여 외국의 초고층빌딩의 건설된 사례, World Trade Center 사고사례의 분석 및 초고층 빌딩에 관련된 법규 및 기준 등을 수집, 분석하여 초고층빌딩의 최적 방재시설 설계 방안을 제시하고, 또한 우리나라 법규상의 문제점에 대한 법규 개정 방안을 제안하고자 하였다. 또한 앞으로 설계가 진행될 예정인 이와 유사한 규모의 빌딩들에 대한 방재시설 설계 자료로 활용하여 부산 L 빌딩의 설계과정에서 겪었던 문제점들에 대해 또다시 반복적인 시행착 오를 겪지 않도록 할 목적으로 연구 되었다.

1-2. 연구범위

본 연구는 부산 L 빌딩의 방재분야에 대한 기본계획 단계에서 도출된 문제점들에 대해 아래와 같은 두개의 부분으로 나누어 연구를 진행한다.

첫째, 국내 관련 법규와는 관계없이 초고층 건물의 방재적 특성을 고려한 최적 방재시설 적용 방안으로서 다음과 같은 다섯 항목에 대하여 해결방안을 제시하고자 한다.

- ① 자연낙차 이용 및 Fail-safe 개념을 도입한 수계소화설비의 구성방안에 관한 연구
- ② 네트워크를 이용한 경보설비의 구성에 관한 연구
- ③ 피난관련 사항으로서 고층부에서의 피난대책에 관한 연구
- ④ 엘리베이터를 이용한 피난에 관한 연구
- ⑤ 엘리베이터 승강로의 가압, 방연에 관한 연구이다.

둘째 연구대상과 같이 초고층 건물에 대하여 우리나라 건축법이나 소방법상의 불합리한 규정들에 대하여 다음과 같은 다섯 항목에 대하여 법규 개정을 제안하고자 한다.

- ① 배연창 및 특별피난계단 부속실용 제연설비에 대한 법규 개정사항에 대한 연구
- ② 특별피난계단에 관한 법규 개정사항의 연구
- ③ 무선통신보조설비에 관한 법규 개정사항의 연구
- ④ 헬리포트의 설치완화에 관한 법규 개정사항의 연구
- ⑤ 피난안전구역의 설치완화에 관한 법규 개정사항의 연구 등이다.

2. 초고층 건물 방재시설의 최적화 적용방안

2.1 자연낙차 이용 및 Fail-safe 개념을 도입한 수계소화설비의 구성방안

초고층 빌딩에 있어서는 일반적으로 최상부에 빌딩의 흔들림을 빨리 정지시키기 위하여 많은 양의 물을 저장한 물탱크를 이용한 설비(Dampening Tank)를 설치하고 있다.

이러한 설비는 물을 사용하는 소화설비의 수원으로 사용하여 보다 많은 양의 수원이 확보될 수 있도록 고려하여야 할 것이며 보다 신뢰성이 높은 방식의 감압시스템이 고려되어야 할 것이다. 이러한 감압방식의 예로서는 배관 내 자연낙차 압력이 10kg/cm² 이상을 넘지 않도록 하여야 하며, 감압밸브의 구성도 이중안전조치를 취하여야 할 것이다.

초고층 빌딩에 있어서 화재가 발생한 경우, 계단을 통하여 피난하는 거주자들과 화재 층으로 올라가는 소방대원들 간의 혼잡으로 인하여 소방대원들이 화재 층에 도달하여 구

조작업을 하거나 진압작업을 하기에는 너무 오랜 시간이 경과 될 수가 있다. 따라서 소방 대책은 화재를 초기에 정확히 감지하고, 감지된 화재를 자체 자동식 소화설비로서 완벽하게 진화하여야 한다. 따라서 소방시설의 신뢰성이 매우 중요하다.

소방시설의 신뢰성 확보를 위해서는 우선 소화설비의 입상라인을 2개소로 구성하여 만약의 사고 시 어느 한쪽 입상라인의 고장이나 공사 시 다른 입상라인은 정상적으로 이용할 수 있도록 Fail-safe 개념을 도입하여 구성하여야 할 것이다.

2.2 네트워크를 이용한 경보설비 구성방안

자동화재탐지설비는 대규모 건물이기 때문에 하나의 수신기로 전체를 커버하는 경우에는 통신거리가 너무 길고 또한 감시 및 제어하는 포인트가 너무 많게 되어 수신기의 작동시간의 지연, 또한 부분적인 보수공사 등과 같은 단점이 있게 된다. 따라서 하나의 수신기보다는 네트워크를 이용하여 여러 대의 수신기를 설치하고 각각의 수신기에서 감시 및 제어가 가능하도록 구성하여야 한다. 화재감지기는 비록 가격 면에서 다소 비싸지만 아날로그 방식을 채택하여 화재감지의 신뢰성을 높여야 하고, 회로는 루프방식으로 구성하여 임의의 한 부분에서 단선이 있어도 나머지 부분을 정상적으로 작동할 수 있도록 구성하여야 한다.

2.3 고층부에서의 피난 방안

초고층 빌딩에서는 지상까지의 거리가 매우 멀기 때문에 지상까지의 사이에 외기에 개방되거나 기타 필요한 안전조치를 강구한 피난 안전구역을 설치하고 그곳을 일시적인 피난장소로 하는 것이 피난 유효성 유효하다. 또한 계단의 배치나 계단의 폭 등도 일반빌딩에서와 달리 보다 넓도록 계획하는 것이 필요하다.

2.4 엘리베이터를 이용한 피난대책의 강구

일반 건물에서와 달리 초고층빌딩에서 피난용으로 사용되는 엘리베이터는 다음과 같은 방식을 채택하여야 할 것이다.

첫째, 일반적으로 엘리베이터는 피난경로의 한 부분이어서는 안되지만 초고층빌딩에 있어서는 장애자 및 기타 일반 거주자 모두의 피난에 활용되어야 한다.

둘째, 원칙적으로, 빌딩의 한 층은 두개 이상의 방화구획으로 나뉘어져야 하고, 각 구획은 피난 공간으로써 사용되어야 한다.

셋째, 열과 화염으로부터 엘리베이터를 기다리는 피난자들을 보호하기 위하여 승강장을 방화구획하여야 한다.

넷째, 연기가 승강장 및 승강로로 침입하지 못하도록 승강장 및 승강로에 급기가압방식의 제연설비를 설치하여야 한다.

다섯째, 엘리베이터의 피스톤 효과 등을 방지하기 위한 튼튼한 엘리베이터 문의 사용하여야 한다.

여섯째, 화재 시 살수된 물로 인한 피해를 최소화할 수 있는 승강장이나 기계실 구조, 그리고 습기 있는 환경에서 사용가능한 엘리베이터 부품의 사용하여야 한다.

2-5 엘리베이터 승강로의 가압, 방연

초고층 빌딩에서 화재가 일어난 경우, 연기의 부력에 의해 주로 화재 층 이상의 각 층에 연기가 유동·확대하여 빌딩 전체에 인명 위험을 발생시키는 것은 지금까지 일어난 다수의 빌딩화재에서도 잘 알 수 있다. 엘리베이터 샤프트에 대해서는 샤프트와 각 층 사이 문의 방화성능을 확보하는 것이 기술적으로 곤란하였다. 그래서 초고층 빌딩의 계획에서는 각층으로의 연기가 확산되는 것을 방지하기 위한 대책으로 엘리베이터 로비의 구획이나 문 바로 앞에 방화문을 설치하는 등의 방법을 일반적으로 취해왔지만, 엘리베이터 승강로 가압은 화재 시 엘리베이터 샤프트에 기계적으로 급기하여 가압, 화재 층에서 엘리베이터 승강로 측이 정압을 유지하도록 하는 것으로써 다른 층에의 연기의 침입을 방지하도록 하는 계획 기법이다.

3. 법규 적용상의 문제점과 개선 대책

3.1. 제연설비 관련규정

3.1.1 배연창 및 배연설비

3.1.1.1 국내 법규

건축법상 6층 이상의 건물로서 관람집회시설, 판매시설, 숙박시설, 업무시설 및 위락시설 등의 거실에는 바닥면적의 1/100 이상의 유효면적을 가진 배연구를 설치하거나 기계식 배연설비를 소방법의 기술기준에 맞추어 설치하도록 규정하고 있다.

3.1.2 국내 법규상의 문제점

초고층 빌딩에서는 바람의 영향이 매우 크게 미치게 된다. 따라서 고층부로 갈수록 풍압으로 인해 배연창의 개폐가 어려우며, 태풍이나 돌풍 등으로 인하여 배연창이 탈락할 위험도 있다. 따라서 기계식 배연설비를 설치하여야 하는데, 이는 소방법상의 제연설비 기준을 따르도록 하고 있다. 그러나 소방법상의 제연설비 규정은 초고층 부분에 대해서는 너무 강한 규정으로서 충고를 많이 높여야 하므로, 초고층에 있어서는 심각한 문제로 대두된다.

3.1.1.3 외국의 사례

미국의 경우에는 우리나라와 다른 규정을 적용하고 있다. 예를 들어 화재 층에서는 배기를 하여 부압을 형성하게 하고, 화재 층의 상하층에서는 급기를 하여 양압을 형성하여 연기가 침입되지 않게 하고 있다.

또한 우리나라의 소방법에서 요구하는 풍량과 풍압보다는 매우 작은 수치를 요구하고 있어, 상대적으로 이 설비로 인한 충고를 높여야 하는 문제점은 안고 있지 않다.

말레이시아의 Petronas 빌딩의 경우에도 미국의 방식을 사용하고 있다.

3.1.1.4 법규 개정 방안

초고층 빌딩의 지상층에 설치하는 배연설비는 미국의 방식과 같이 화재 층 배기, 그리고 그 상하층 급기 방식을 채택하고, 또한 풍량과 풍압을 제연커튼의 높이에 따라 일률적

으로 적용하기 보다는 용도별로 풍량과 풍압을 규정하여야 하며, 그 기준량을 완화할 필요가 있다.

3.1.2 특별피난계단용 제연설비

3.1.2.1 국내 법규

건축법상에서는 11층 이상의 건물은 특별피난계단구조로 할 것을 규정하고 있으며, 소방법에서는 만약 계단이 특별피난계단구조인 경우 그 부속실에 대해서는 급기가압방식의 제연설비를 설치하도록 규정하고 있다.

3.1.2.2 국내 법규상의 문제점

특별피난계단의 부속실에 설치하는 급기가압방식의 제연설비는 어느 층에서 화재가 발생해도 전 층의 부속실을 동시에 가압하도록 하고 있다.

이는 건물의 어느 한 층에서 화재가 발생한 경우 20개층 당 하나의 문만 개방된다는 전제하에 풍량과 풍압을 정하고 있으며, 부속실과 거실 사이에는 $50 \pm 20\%$ 파스칼의 압력차를 유지하도록 규정하고 있다.

그러나 화재 시 20개층 당 1개층의 문만 개방된다는 것은 다소 무리가 있는 규정이며, 만약 거실과 부속실 사이의 문과 부속실과 계단실 사이의 문이 동시에 개방된다면 압력차 유지가 어려울 것이다.

3.1.2.3 외국의 사례

미국의 NFPA Code에 따르면 스프링클러가 설치된 경우와 설치되지 않은 경우를 대비하여 압력차에 차등을 두고 있다. 스프링클러가 설치된 경우에는 어느 정도의 안전이 보장되기 때문에 차압유지기준이 완화되며, 어느 한 층에서의 화재 시에도 급기뱀퍼를 전 층 동시 개방하지는 않는다.

3.1.2.4 법규 개정 방안

특별피난계단 부속실용 제연설비에 대하여 미국의 방식이 보다 합리적인 것으로 분석되었다. 따라서 스프링클러가 설치된 경우에는 차압기준을 보다 완화하고, 화재 시 급기뱀퍼의 전층 동시 개방을 화재 층 상하 5개 층마다 개방하도록 개정하는 것이 바람직하다.

3.2 특별피난계단

3.2.1 국내 법규

건축법상 11층 이상이 되면 특별피난계단구조로 하여야 하며, 또한 피난계단의 구조 기준은 피난층까지 이어지는 직통계단이어야 한다.

소방법상 특별피난계단에는 화재 시 연기의 침입을 방지하기 위하여 부속실에 급기가압식 제연설비를 설치하여야 한다.

3.2.2 국내 법규상의 문제점

107층 빌딩의 피난계단을 직통계단구조로 할 경우 연돌효과에 의한 연기가 중성대 아래에 위치한 층(지하층 포함)에서는 거실에서 특별피난계단 방향으로 흐르고, 중성대 상부층은 특별피난계단에서 거실방향을 흐르게 된다.

따라서 부속실의 압력을 거실이나 복도보다 + 40~60pa의 압력을 유지하도록 규정하고

있는 소방법의 규정은 연돌효과(Stack effect)에 의한 압력때문에 의미가 없어지게 된다.

일례로서 107층 부분에서는 압력이 + 240pa이 걸리게 되고 1층에서는 -240pa이 걸리게 된다.

3.2.3 외국의 사례

말레이시아 Petronas 빌딩의 경우 계단을 중간 중간 끊어서 연돌효과를 방지하였고 미국의 Sears Tower의 경우에는 계단실 중간을 끊어서 문을 만들어 연돌효과를 방지하고 있다.

3.2.4 법규 개정 방안

초고층 빌딩에서는 연돌효과 방지를 위하여 특별피난계단을 20층~25층마다 층간 구획이 가능하도록, 그리고 특별피난계단의 계단실 최상부에는 화재 시 최상부에 체류하는 연기를 배출하기 위한 배기구를 설치하도록 건축법상의 특별피난계단구조에 대한 규정의 개정이 필요하다.

3.3 무선통신 보조설비

3.3.1 국내 법규

소방법에서는 일정규모 이상의 지하층에는 소방대원들간의 원활한 무선통신을 보조하기 위하여 무선통신보조설비로서 누설동축케이블이나 안테나를 설치하고 있다.

3.3.2 국내 법규상의 문제점

현재 국내에서 생산되는 소방대원용 무선통신보조설비용 안테나와 누설동축 케이블의 통신거리는 지상부분에서 약 30층 이상이 되면 소방대간의 통신을 할 수 없게 된다.

소방대원들의 유일한 통신 수단은 자동화재탐지설비 발신기에 전화잭을 꽂아서 방재센터와 통화하는 것인데 이것도 소방대원이 전화잭을 휴대하고 있지 않다면 무용지물이 될 수 있다.

3.3.3 외국의 사례

미국의 경우 다양한 통신 수단을 건물에 설치할 것을 법으로 규제하고 있다.

따라서 건물의 어느 위치에 있던 Paging 시스템에 의해 전층 방송, 선택방송, 방재센터와의 통신 등 다양한 기능을 수행할 수 있도록 하고 있다.

3.3.4 법규 개정 방안

소방법상 지하층에만 설치 대상으로 규정되어 있는 무선통신보조설비의 설치 대상을 지상층이 30층이 넘는 경우에는 30층을 넘는 매 10층마다 안테나를 설치하도록 소방법의 개정이 필요하다.

3.4 헬리포트

3.4.1 국내 법규

건축법 시행령 제40조에 따라 층수가 11층 이상인 건축물로서 11층 이상의 부분의 바닥면적의 합계가 10,000m² 이상인 건축물의 옥상에는 헬리포트를 설치하도록 되어 있다.

3.4.2 국내 법규상의 문제점

초고층 빌딩에서 정상부분은 도시의 스카이라인과 랜드마크적 이미지에서 가장 중요한

디자인 요소인데, 헬리포트 설치를 위하여 평면 형태로 구성하게 되면 그러한 이미지 구성에 제약 요소로 작용하게 된다. 또한 초고층에서는 강한 바람에 의하여 헬리콥터의 이착륙이 어렵고, 또한 돌풍이나 빌딩에 부딪힌 바람이 상승기류를 형성하는 등으로 인해 인명구조를 위한 본연의 목적을 수행하기 어려울 뿐만 아니라 헬리콥터가 접근하다가 상승기류, 돌풍 등으로 인하여 건물과 충돌해 더 큰 위험을 초래할 가능성도 있다.

3.4.3 외국의 사례

현재 완공되었거나 계획 중인 초고층 빌딩의 정상부는 도시의 랜드마크적 이미지를 강조하기 위하여 다양한 형태로 구성하고 있다.

미국의 경우 대부분의 초고층 빌딩에는 방송시설의 안테나가 설치되므로 옥상에 헬리포트가 설치되고 있지 않으며, 법규에서도 요구하고 있지 않다.

중국의 경우 일정 높이 이상의 빌딩에는 헬리포트의 설치를 권장하고 있다.

3.4.4 법규 개정 방안

초고층 빌딩에서는 헬리포트의 설치를 권장 사항으로 법규를 완화할 필요가 있다. 다만 완화의 전제 조건으로서 피난안전구역의 설치 등을 규정하는 등의 조치를 취할 필요가 있다.

3.5 피난안전구역(Refuge Area)의 설치

3.5.1 피난안전구역의 정의

피난안전구역이라 함은 피난 시에 임시로 사용하는 장소로서 일반적으로 잠재적 비상 상황을 파악하고, 결정을 내리고 위험을 줄이기 위한 활동을 시작하는 동안 거주자들에게 비교적 나은 안전을 제공하는 활동구역(staging area)으로서 활용된다.

미국의 경우 NFPA Code에 피난 안전구역의 설치를 권장하고 있다. 중국의 경우에는 높이 100m 이상의 건물에는 15층마다 피난안전구역을 설치하도록 규정하고 있다. 홍콩의 경우에는 매 20~25층 마다 피난안전구역을 설치하도록 규정하고 있다.

3.5.2 피난안전구역의 설치 기준

- (1) 건물 내에 있는 층으로서 스프링클러설비에 의해 철저히 방호되고, 내화구조에 의해 다른 실이나 공간과 구획된 장소여야 한다.
- (2) 양방향 피난이 가능하여야 한다.
- (3) 특별피난계단과 직접 연결되어야 한다.
- (4) 방화구획 벽의 내화도는 최소 2시간 이상이어야 한다.
- (5) 내장재나 수용품은 불연재여야 한다.
- (6) 비상전원이 구비되어야 한다.
- (7) 별도의 제연설비가 설치되어야 한다.
- (8) 상부 기준층 2개층 정도의 사람이 수용될 수 있는 넓이어야 한다.

3.5.3 피난안전구역의 설치 위치

초고층 빌딩에 있어서 구조적인 이유로 중간 중간에 Outrigger를 두고 있으며 이 부분에는 기계실 등을 배치하고 있다. 따라서 이 중간 Outrigger 부분에 피난안전구역을 배치

하는 것이 건물의 공간차지를 줄이는 한편, 상기 3.5.2의 설치기준을 가장 용이하게 이행할 수 있을 것이다.

4. 결 론

초고층 빌딩의 설계를 진행하면서 우리나라 건축법이나 소방법을 그대로 적용하기에는 다소 모순이 있는 부분들이 발견되었고, 초고층이라는 특수성 때문에 고려하여야 할 문제들도 알게 되었다. 초고층이기 때문에 고려해야 할 사항들로서는 자연낙차 이용 및 Fail-safe 개념을 도입한 수계소화설비의 구성, 네트워크를 이용한 경보설비의 구성, 고층부에서의 피난대책, 엘리베이터를 이용한 피난 및 엘리베이터 승강로의 가압, 방연에 관한 사항들이다. 초고층 빌딩에 대하여 우리나라 건축법이나 소방법상의 불합리한 규정들로서는 배연창 및 특별피난계단 부속실용 제연설비에 대한 법규, 특별피난계단에 관한 법규, 무선통신보조 설비에 관한 법규, 헬리포트의 설치에 관한 법규 및 피난안전구역의 설치에 관한 법규 등이다. 상기와 같은 10가지 항목에 대하여 연구를 하였고 그 외에도 초고층에서는 많은 문제점이 있을 것이다. 본 논문에서의 연구결과를 바탕으로 하여 향후 시공 시에 나타나는 또 다른 고려사항들에 대해 추가 연구한다면 초고층 빌딩의 화재로 인한 인명피해 및 재산손실을 줄이는 데 많은 기여를 할 것으로 예상된다.

참고문헌

1. 초고층건설기술 국제 세미나 자료 사단법인 한국건설관리학회 2001. 6. 15
2. 한국초고층건축포럼 제2차 심포지움, “한국사회에서의 초고층의 역할”, 2002. 11. 14
3. 한국초고층건축포럼 제3차 심포지움, “한국 초고층의 현안과 비전”, 2003. 7. 2
4. NFPA 101 LIFE SAFETY CODE, NFPA
5. 김은, 건물화재 시 수직 공간에서의 기류연구, 경북대 석사논문, 1999.12
6. 임지현, 초고층 주상복합건축물의 피난성능평가에 관한 연구, 한양대 석사논문, 2002.06