

# 건물 붕괴 시 피난 및 대응방법

글 최창식 한양대 건축공학부 교수, 공학박사, 건축구조기술사



## 1. 머리말

일반적인 재난관리 4단계인 예방·대비·대응·복구 중 예방은 각종 재난발생 이전에 인명 및 재산 피해를 감소시키려는 모든 활동을 의미하며, 대비는 재난발생 후에 효과적으로 대응할 수 있도록 사전에 준비하는 대응활동을 위한 운용계획을 구성하고 재난의 발생에 대응능력을 유지시키는 등 운영적인 준비 장치들을 갖추는 단계이다. 대응은 재난발생 직전과 직후 또는 재난이 진행되고 있는 동안에 취해지는 인명구조, 재산손실의 경감 및 긴급복구 활동을 총칭하는 개념이다. 복구에는 재난 이후 피해지역의 기초적인 생활환경을 회복함과 동시에 재난의 위험도를 줄이기 위하여 필요한 수단을 강구하기 위하여 수행하는 정책과 조치를 말한다.

우리나라는 지리적 특성과 최근 기상이변(지구온난화, 엘니뇨현상, 라니냐현상)과 급격한 기후변화 등으로 인하여 태풍, 적설, 지진, 호우, 해일 등 자연재난 발생에 상당히 많은 잠재적 요인이 있다. 또한, 급격한 산업화 및 도시화 등에 따른 대형 고층건물과 위험시설의 증가, 열차 및 지하철과 항공기와 대형선박 사고 등 사회환경적인 재난원인이 공존하고 있다. 특히 최근에는 초대형·초고층 건물의 복잡한 내부구조, 설계 및 시공상의 규정 미준수, 개인적 불만 및 욕구충족을 위한 폭발, 방화(화재), 독가스 살포 등이 복합적으로 일어나는 복합재난(hybrid disaster) 형태로 발생되고 있다.

최근 국·내외적으로 건물 등 각종 구조물 붕괴재난사고 소식을 자주 접할 수 있다. 이 중 건물 붕괴란 건축물 등이 시공 중 및 시공 후 자연 재해, 지반 약화, 유지 및 관리 소홀 등으로 인하여 구조물이 무너져 피

해가 발생하는 사고를 말한다. 이러한 붕괴사고가 발생할 경우, 많은 인명 및 재산 피해가 일어나므로 붕괴 사고를 미연에 방지하는 예방단계가 최선이겠지만, 붕괴사고가 발생하더라도 그 피해를 최소화시킬 수 있는 대책들이 필요할 것이다. 따라서 본고에서는 재난유형별 건물 붕괴위험 방지 대책과 이에 따른 피난 및 대응방법에 대하여 간략히 살펴보고자 한다.

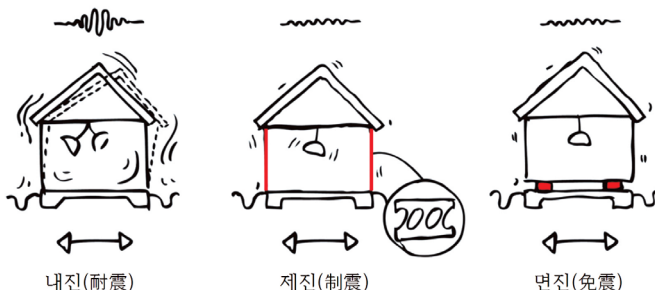
## 2. 재난유형별 건물 붕괴위험 방지대책

건물 붕괴의 원인은 재난 유형별 분류에 따라 일반적으로 크게 두 가지 즉 자연재난과 사회재난으로 정의 될 수 있으나 최근에는 인간이 자연을 대상으로 하는 행동과 행위가 증가함에 따라 상호 복합적 작용에 의하여 전술한 바와 같이 복합재난이 증가되고 있는 추세이다.

가. 자연재난에 의한 건물 붕괴위험 방지 대책 : 태풍, 폭설, 지진 등과 같은 자연현상으로 인하여 발생하는 건물의 붕괴이다. 이러한 자연재난은 “발생자체를 줄이기에는 현실적으로 과학적 및 물리학적 한계가 존재하기에 그 피해를 경감시키는 방향”으로의 대책이 필요하다.

예를 들어 2014년 규모 6.5의 중국 윈난성 지진으로 인하여 무너진 주택은 약 3만여 채였다. 특히 피해가 가장 심각했던 루산현 지역의 경우, 전체 가옥의 90%가 붕괴되는 피해가 발생하였다. 반면에 현재까지 국내의 경우 직접적인 지진으로 인한 건물 붕괴 및 그 피해 사례는 크지 않은 것으로 보고되고 있지만, 최근 30년간 규모 3 이상의 지진이 연 5~15회 발생되고 있으며, 약 15년 전후의 주기로 규모 5 내외의 지진이 발생되고 있는 점과 2004년 일본 후쿠오카 지진 시 국내에서도 규모 4의 지진이 관측되었던 점 등을 고려해 볼 때 한반도 또한 지진으로부터 안전하지 않다는 점을 간과해서는 안 된다. 특히 인구 및 건축물의 도시집중화 현실에 따라 일반적인 지진에 대한 대응보다는 “밀집된 도시지진에 대한 대비”에 집중할 필요가 있을 것이다.

[그림 1]과 같이 지진에 의한 건물 붕괴위험을 방지하는 대표적인 기술들인 내진(耐震), 제진(制震), 면진(免震)들은 각각 그 특징을 가지고 있으므로 건물의 용도 및 지진발생 정도를 고려하여, 적절한 기술을 활용할 수 있어야 한다. 또한, 지진에 대한 기술력 및 경제성 향상을 위한 지속적인 기술 개발에 대한 노력이 필요하다.



[그림 1] 지진에 의한 건물 붕괴 위험방지 기술

또한 2002년 태풍 '루사' 및 2003년 태풍 '매미'가 우리나라 기상 관측 이래 최대의 풍속을 연이어 갱신하면서 제주도, 영남, 호남 지역에 엄청난 인적·물적인 피해를 가져왔다. 최대 순간풍속 60m/sec인 태풍 '매미'로 인하여 부산지역 신감만 부두에 있는 컨테이너부두 크레인이 붕괴되었으며, 이러한 물류시설 및 물류망 파괴에 따른 수·출입 업무의 장애로 경제활동이 둔화되고 농수산물의 가격이 상승되는 사회적·경제적 피해를 발생시켰다.

태풍과 같은 강풍으로 인해 구조물에 발생하는 피해의 형태와 그에 대한 대비책을 <표 1>에 간략하게 정리하였다. 대비책으로 가장 중요한 것은 소유주, 사용자, 거주자와 공공 및 보행자 등 모두에게 피해를 최소화해야 한다는 취지에서 내풍설계기술이 필요하다. 내풍설계기술이란 구조물을 대상으로 사용기간 중 한번 발생할 지도 모를 드문 빈도의 강풍에 대해 적절한 안전성을 확보하고, 빈도가 많은 강풍에 대해서는 적절한 사용성을 확보할 수 있도록 구조골조와 외장재를 설계하는 것을 말한다. 따라서 강풍으로 인한 건물의 붕괴위험을 최소화하기 위하여 풍압실험에 기반한 내풍설계기술 개발 등에 대한 지속적인 관심과 투자가 병행되어야 한다.

<표 1> 구조물 관련 강풍에 의한 주요 피해유형 및 대비책

구조물 유형	파손 · 피해 유형	피해양상	대비책
건축물	지붕 적치물의 비산 지붕 마감재 파손, 박리 지붕 골조의 파괴 벽 마감재 파손, 박리 벽체의 파손, 전도 골조의 파괴	건물기능 상실, 인명 피해, 주변 건물에 비상	비산방지대책, 고정방식개선, 정착방법개선, 설계 · 시공 검토
건축물 창유리	창유리의 비산, 파손 유리의 비산 창틀 낙하, 비산	지상 보행자의 사상 주차차량파손	내풍설계
송전탑, 전신주	파손, 전도	주변에 비산, 추가 파손	내풍설계
도로 표지판	파손, 전도, 비산	주행차량사고	내풍설계
기타 시설물	전도, 비산	산업시설 파손	내풍설계
풍진동	거주성 감소	불안, 구토	건물 강성 향상

나. 사회재난에 의한 건물 붕괴위험 방지대책 : 화재, 붕괴, 폭발 등과 부실한 시공, 유지 및 관리 소홀, 안전 관리 미비 등과 같은 인적요인으로 인하여 피해가 발생하는 경우이다. 특히 국내에서 발생하는 대부분의 건물 붕괴사고는 폭발, 화재 등 외부의 영향보다는 부실한 설계, 시공 및 건물을 사용할 때 발생하는 내부 결함에 대한 관리 소홀 등으로 인하여 발생된 것으로 보고되고 있다. 이러한 사회재난은 “근본적으로 발생 자체를 줄이는 방향”으로의 대책이 필요하다.

예를 들어 국내에서 가장 큰 인적재해로 기록된 1995년 '삼풍백화점 붕괴사고'는 전문가의 구조검토 없

이 무리한 설계변경과 부실시공, 건축기준(KBC) 미달, 유지 및 관리 부실, 용도변경, 안전 및 안정성의 기본 개념 부재 등의 원인으로 발생한 사고로 엄청난 인명피해를 발생시켰다. 따라서 건물이 붕괴되지 않고 안전하게 수명을 유지하기 위해서는 설계자의 세심한 계획 및 설계, 건설회사의 완벽한 시공 및 관리, 건축주에 의한 지속적인 건물의 유지관리 자세가 필요하다. 또한 '설마'하는 안전불감증과 무관심은 건물 붕괴를 발생시킬 수 있는 또 다른 이유가 될 수 있으므로, 안전에 대한 인지도를 키우는 노력 및 꾸준한 안전교육이 병행되어야 한다.

### 3. 건물 붕괴위험 발생 시 기본적인 대처방법

사람에게 큰 병이 생기면, 몸에서 큰 병을 알려주는 여러 가지 징후들이 나타나는 바와 같이 건물에서도 마찬가지이다. 즉 건물 붕괴가 발생하기 전에 <표 2>에서와 같이 인지할 만한 여러 가지 붕괴위험 징후를 나타낸다. 따라서 이러한 붕괴위험 징후가 발생하면, 거주자들은 <표 3>에서와 같이 건물 내부 및 외부 행동요령에 따라 신속히 대처하여야 한다. 국민안전처 등 전문기관에서 제시하고 있는 이러한 국민행동요령과 같은 기본적인 대처방법을 평소에 인지하고 훈련하고 실천하는 것이 중요하다.

<표 2> 건물 붕괴위험 징후

구분	건물 붕괴 징조 내용
1	건물 바닥이 갈라지거나 함몰되는 현상이 발생할 때
2	갑자기 창이나 문이 뒤틀리고 여닫기가 곤란할 때
3	바닥의 기둥 부위가 솟거나 중앙 부위에 처짐 현상이 발생될 때
4	기둥이 휘거나 대리석 등 마감재가 부분적으로 떨어져 나갈 때
5	기둥 주변에 거미줄형 균열이 생기거나 슬래브 바닥에 급격한 처짐 현상이 발생할 때
6	계속되는 지반 침하와 옹벽에 균열이나 배부름 현상이 나타날 때
7	벽이나 바닥이 균열되는 소리가 깨지는 듯이 날 때
8	철거 중인 구조물에서 화재가 발생하거나 철강재가 화염에 노출될 때
9	개 등 동물이 갑자기 크게 짖거나 평소와 달리 매우 불안해 할 때

<표 3> 건물 붕괴 시 대처방법

구분	건물 내부	건물 외부
대 처 방 법	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물 붕괴 징후가 보이면 주변에 알리고, 즉각 외부로 대피한다.</li> <li>• 이미 붕괴가 시작되었다면 주변을 살펴서 대피로를 찾고 엘리베이터 홀, 계단실 등 건디는 힘이 강한 벽체가 있는 안전한 곳으로 임시 대피한다.</li> <li>• 문 밖으로 탈출 가능한 통로를 찾고, 주위 사람들과 협력해 완강기, 밧줄 등을 이용해 노약자, 어린이, 여성 등을 먼저 탈출 시킨다.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 건물 밖으로 나오면 추가 붕괴와 가스 폭발 등의 위험이 없는 안전한 지역으로 대피한다.</li> <li>• 붕괴 건물 밖에 있는 주민들은 추가 붕괴, 가스 폭발, 화재 등의 위험이 있으니 피해가 없도록 사고 현장에 접근하지 말아야 한다.</li> <li>• 붕괴 지역 주변을 보행할 때나 이동 시에는 위험 지역 또는 불안정한 물체에서 멀리 떨어지고 유리 파편 등에 다치지 않도록 한다.</li> </ul>

#### 4. 건물 붕괴와 같은 재난 발생 시 피난 및 대응방법

피난의 기본적인 정의는 건물 붕괴, 화재 등 재해발생 시에 보다 안전한 장소로 대피하는 행위이다. 건축물에서 피난의 목표는 실내에서 출구를 통하여 공공 공간(도로 또는 공원, 광장 등의 공간)에 이르기까지 대피에 방해받지 않고 탈출하는 것이다. 재해발생 시 이러한 피난에 대한 1차적이고 근본적인 대응방법은 건축계획 및 설계단계에서 국내외 관련법규 및 최근 연구결과를 기본으로 세밀한 분석을 통하여 최적화하는 것이 예방적인 차원에서 중요하다. 즉 공간 및 평면계획, 구조계획, 환경계획, 마감계획, 피난계획을 종합적으로 검토하여 거주자 및 불특정다수가 재해발생 공간에서 혼란없이 신속하게 대피할 수 있도록 계획하고, 재해발생 공간 이외의 공간에서도 인명안전을 도모할 수 있도록 피난로 등을 적절하게 설계하는 것이다.

건축물 피난시설에 대한 설계 시 고려해야 하는 기본적인 원칙은 건축법 제49조에 잘 나타나 있다. 이에 따르면 복도, 계단, 출입구, 그 밖의 피난시설과 소화전, 저수조, 소화설비 및 대지 안의 피난과 소화에 필요한 통로를 설치하여야 한다. 즉 일정규모 이상의 건축물은 많은 사람을 수용하므로 화재 및 가스폭발 등 재해발생시를 대비한 피난시설의 설치에 매우 중요하다. 피난시설은 건축물 내부에서 안전지대로 이르기까지 복도, 계단(직통계단, 피난계단, 특별피난계단)의 설치 및 구조, 출입구에 대한 규정, 계단이나 출구까지의 보행거리 등의 피난규정, “건축물의 피난방화구조 등의 기준에 관한 규칙”을 정해 건축물의 안전 및 방화 등을 확보할 수 있도록 하고 있다.

“NFPA 101 Life Safety Code Handbook(2009)”에서는 건물설계와 배치에 있어서 적절한 인명안전수준 달성의 기본사항으로 1) 하나의 안전장치에 의존하지 않고, 적절한 안전을 제공할 것 2) 실의 크기, 형태 및 특징을 고려하여 적절한 인명 안전도를 제공할 것 3) 예비 또는 2중 피난설비를 제공할 것 4) 출구가 막히지 않고 장애물이 없어야 하며, 문이 잠겨 있지 않을 것 5) 피난통로와 출구통로가 혼동되지 않도록 명확히 표시되고, 효과적인 사용을 위한 신호가 제공될 것 6) 적절한 조명이 제공될 것 7) 화재 또는 피해발생의 조기 경보를 제공하여 사용자가 즉시 대응할 수 있게 할 것 8) 수직 개구부에 대하여 적절한 방호 구역을 확보할 것 9) 적용되는 설치기준에 적합할 것 10) 요구되는 모든 사항들이 적절히 가동되도록 유지 및 관리할 것등을 제시하고 있다.

피난계획을 수립할 때 사용되는 일반적인 원칙은 Fail-safe와 Fool-proof이다. Fail-safe는 실패하더라도 안전해야 한다는 원칙이며, Fool-proof는 어떤 극한상황에서도 누구든지 해결할 수 있어야 한다는 원칙이다. 이에 따라 피난경로는 간단, 명료해야 하며, 두 방향 피난경로를 확보해야 한다. 피난경로 중 한 방향이 사용할 수 없을 경우에 다른 방향이 사용되도록 고려해야 한다(Fail-safe). 또한 굴곡지고, 복잡하며 전 체질이 긴 피난경로는 부적절하며, 복도와 통로의 끝에는 출구나 계단 등이 배치되는 것이 이상적이다(Fool-proof).

또한 피난계획은 일반적으로 유도계획과 시설계획으로 구분된다. 유도계획은 재해발생 시 정보를 신속하게 피난 대상자들에게 전달하여 상황을 인지, 피난경로를 상실하지 않도록 하는 것이며, 피난시설계획은 피난에 소요되는 시설들 즉 계단 및 복도 등의 피난경로시설의 적절한 배치와 활용성에 대한 검토이다.

인간행동 심리를 고려한 피난계획이 절대적으로 필요하다. 즉 피난 시 3가지의 중요한 인간행동 심리 즉 귀소본능, 지광본능 및 군집심리를 고려한 피난계획이 필요하다. 첫째, 귀소본능은 간 길로 되돌아오는 본능이다. 이는 위험이 발생한 경우 피난자는 들어온 진입경로를 통해 피난을 계획하고 행동하게 된다는 점이다. 이에 따라 피난계획시 진입경로를 안전하게 보호할 수 있어야 한다. 둘째, 지광본능은 밝은 길로 향하는 본능이다. 건물의 화재 및 붕괴 등 피해가 발생한 경우 피난자는 밝은 곳을 향해 본능적으로 움직이게 된다. 이에 피난의 주요 경로인 복도와 계단 등을 밝은 장소에 배치할 필요가 있으며, 비상시 피난로를 밝게 할 수 있는 조명유도장치(그림 2)들이 필요하다. 마지막으로 군집심리는 선도자를 추종하여 함께 움직이려는 본능이다. 건물이 붕괴 또는 화재 등 피해가 발생된 비상시에는 피난자 중 누군가가 선도자의 역할을 수행하기 힘들 것이다. 이에 피난자를 선도할 수 있는 방송설비를 통한 음성유도가 필요하다. 최근 확산된 블루투스 기반 비콘과 스마트폰을 활용하는 방법을 구체적으로 고민해보는 것도 한 방법일 것이다.

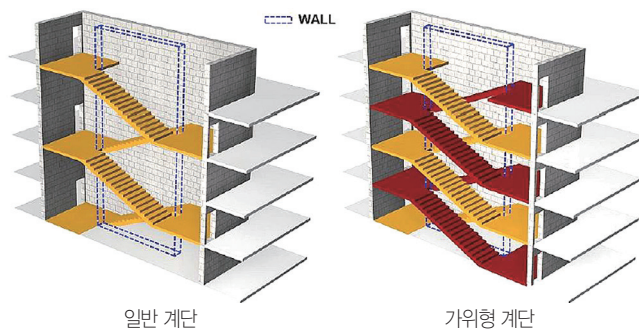
특히, 피난경로 중 가장 중요한 역할을 함과 동시에 건물 붕괴와 같은 극한상황에서 마지막까지 살아 남아야 하는 계단실이다. 이는 피난의 수단인 가장 기본적인 방법에 따라야 하기 때문이다. 복잡한 조작성을 필요로 하는 장치보다는 가장 원시적인 인간 보행에 의한 것을 피난 수단의 원칙으로 삼아야 한다. 이러한 이유로 피난계획 수립 과정에서 계단실에 대한 세심한 고려가 필요하다.

첫 번째는 계단실이 존재하는 코어의 구조 및 재료계획의 일환으로서 철근콘크리트구조로 계획하는 것이 필요하고 중요하다. 철근콘크리트구조를 코어에 활용하는 것은 건물 전체의 강도를 증가시킬 뿐만 아니라, 외부의 충격에 강하게 저항할 수 있으므로, 피난 경로를 유지할 수 있고 피난자의 안전을 확보할 수 있기 때문이다. 또한, 건물 붕괴 시 외부로 피난하지 못한 사람들에게 피난처의 역할을 수행할 수 있다.

두 번째는 설계적인 관점에서 하나의 코어로 두 개의 계단을 배열하는 것으로, 계단실의 공간을 절약하기 위하여 [그림 3]과 같은 가위형 계단실을 피하는 것이 바람직하다. 이러한 가위형 계단실은 한 코어가 두 개의 계단실을 지탱하기 때문에 건물 붕괴 전 코어에 대한 손상이 발생한 경우, 모든 피난자가 한 코어로 모여 들게 됨에 따라 하중 집중현상이 유발되고, 이에 따라 코어의 붕괴위험성이 더 커지게 될 수 있다. 따라서 Fail-Safe 관점에서 피난계획 시 공간의 효율성이 좋은 가위형 계단실을 배치하기 보다는 일반적인 계단실을 두 개를 설치하는 것이 훨씬 더 안전한 피난 경로를 제공하게 될 것이다.



[그림 2] 조명유도장치



[그림 3] 계단실 유형

이러한 기본적인 개념과 원칙에 따라 피난 계획 및 대응방법에 중요한 사항 몇 가지를 정리해 보면 다음과 같다.

- 피난능력의 한계는 연령과 신체능력 등과 밀접한 관련이 있다는 연구결과 등을 고려하여 인지 및 신체 장애와 유아 및 노인 등을 고려한 피난계획이 요망됨.
- 대안적인 피난로를 설치하여 누구의 도움 없이도 이용할 수 있도록 두 개의 개별적인 피난경로가 필요함.
- 고층건물에서는 특별피난구역과 별도의 엘리베이터를 설치하고 각 구역별 피난 최소시간 내 이동 및 최소시간 내 외부로 대피하는 계획이 필요함.
- 피난계획을 미리 수립하여 반복적으로 연습.
- 건물의 설계 시 성능위주설계를 적극적으로 도입하여 건물의 화재 등 재난발생 시 합리적이고 과학적인 피난안전성을 확보할 것.
- 소방대 등 특별구조대의 진입동선과 피난경로가 겹치지 않도록 적절한 계단의 수를 확보하고, 피난용량을 파악하여 계단폭, 계단실의 출구 폭, 계단실의 이격거리 기준을 설계에 도입하여 피난층까지의 총 피난시간을 줄일 것.

특히, 지진, 화재, 태풍과 같은 이유로 발생된 건물 붕괴와 같은 대규모 재난이 발생할 경우 재난활동 특히 최종적 목적인 인명구조활동을 효과적으로 수행할 수 있는 조직이 필요하다. 즉 고도의 전문적 지식과 구조기술로 훈련된 특별구조대의 조직이 필요하며, 유사시 언제나 신속하게 활동을 할 수 있는 체제유지가 필요하다.

또한 건물 붕괴와 같은 재난 발생 시 피난 및 대응에 대하여 실제로 보고·듣고·체험하는(see, hear and do it) 재난체험 학습시설을 설치 및 운영함으로써 지속적인 안전교육과 체험을 통하여 스스로 긴급 대응과 피난에 대한 본능적 학습이 필요하다.

## 5. 맺음말

우리 속담에 ‘소 잃고 외양간 고친다’라는 말이 있다. 준비를 소홀히 하다가 실패한 후에야 뒤늦게 수습을 한다는 의미이다. 건물 붕괴사고는 많은 인명 및 재산 피해를 발생한다. 이러한 사고는 미연에 방지하는 것이 최선이겠지만, 발생하더라도 그 피해를 최소화할 수 있는 대책이 필요하다. 본고에서는 건물 붕괴와 같은 재난 발생 시 피난 및 대응방안에 대하여 간략히 서술하였다. 중요한 사실은 사고가 발생하기 전에 사고에 대한 충분한 예방과 대비를 하는 지혜가 필요하다는 것이다. ☞

### 참고문헌

1. 한국방재학회, 재난관리론, 2014.02
2. 한술아카데미, 건축관계법규, 2009.02
3. J.S. Tubbs, B.J. Meacham, Egress Design Solutions, 2007
4. NFPA 101, Life Safety Code, 2000
5. 노승엽, 국내 복합상영관의 피난안전성능 평가에 관한 연구, 한양대학교 대학원, 2005.06
6. 박영미, 고층 공동주택 특별피난계단의 피난안전성 확보에 관한 연구, 한양대학교 공학대학원, 2005.02
7. 이명식, 공동주택 거주자의 화재안전 및 피난방식에 대한 고찰, 대한건축학회지 제58권 제10호, 2014.10
8. 홍원화, 재난의 기록과(백서)과 교훈, 대한건축학회지 제58권 제10호, 2014.10
9. 최진, 법정 방화구획의 효율적인 적용방안에 관한 연구, 한양대학교 공학대학원, 2005.02

