

간단한 피난계산

블록정 다수인이 이용하는 복합용도빌딩, 초고층빌딩 등 각종 빌딩에서는 화재 등 비상시에 어떻게 빨리 사람들을 피난시킬 것인가 설계상 중요한 것이다.
 이 글은 일본 大成火災海上保險(株)에서 발행한 “リスクレポート” 18호에 실린 글을 번역한 것으로 피난계획과 설계상의 피난계산에 대해서 기술하고 있다.

1. 序言

예를 들어 방에 40명이 있어 이들이 일제히 피난을 개시하여 폭 1.2m의 문을 통해 전원이 밖으로 나가는 데 어느 정도의 시간이 걸리는가?

확실하게 피난의 양상은 예상되어도 몇초가 걸리는가 하는 것까지를 예상하는 것은 대단히 어렵다고 생각이 들 것이다.

건물에서 화재가 발생한 때에는 신속하게 피난하지 않으면 안되며, 위험에 직면하면 말할 필요도 없이 피난하는 것은 당연하다.

안전한 건물을 설계한다는 것은 예를 들어 지진에 강한 구조로 만든다는 것 등이 우선 생각되지만, 이와 같이 급히 피난하려는 사람들이 무사하게 피난할 수 있도록 하는 것도 중요한 것이다.

2. 避難計劃의 3要素

그러나 어떻게 설계하면 좋은가, 또한 어떻게 하면 안전함을 평가하고 확인할 수 있는가?

이와 같은 것을 설계단계에서 고려하는 것을 피난계획이라 하지만, 그 내용은 크게 3가지로 나눌 수 있다.

첫째는 피난로의 배치를 고려하는 것.

결국 피난계단이나 그 곳에 이르는 복도, 피난발코니나 피난기구 등을 적절하게 배치하는 등 비상시에 혼란이 일어나지 않도록 계획하는 것이다.

둘째는 피난로의 용량을 고려하는 것으로 피난시에 사용되는 복도, 계단, 출구 등의 수와 폭을 적절하게 설정하여 피난자가 원활하게 행동할 수 있도록 하는 것이다.

셋째는 피난로의 안전확보로서 설정된 피난로가 연기나 불, 열에 의해서 오염되거나 피난자가 안전하게 피난할 수 있도록 防火, 防煙對策 등을 세우는 것이다.

3. 避難路의 容量은 避難計算으로

이중 두번째의 「避難路의 容量」 결정이나 평가는 직감이나 경험만으로는 할 수 없으므로, 정확하게 정할 필요가 있다.

현재로는 초고층빌딩이나 블록정다수가 이용하는 대규모 건물에서는 건축신청시에 방재계획서를 작성하도록 되어 있고, 그 중에는 방화구획이나 배연설비 등 방재대책의 방침과 구체적인 내용과 함께 피난계산에 의한 안전확인의 절차를 기재하도록 되어 있다.

피난계산이라는 것은 화재시의 피난행동을 예측하여 건물의 피난안전성을 평가하는 것으로, 이에 의해서 방에서의 출구수와 폭으로부터 계단의 수와 배치 나아가서는 계획 전체의 적절함을 체크하는 것이다.

이것은 정확한 구조계산에 의해서 보나 기둥의 굵기나 속에 들어가는 鐵筋의 量을 결정하는 것과 비슷한 작업이다.

피난시설의 용량, 결국 출입구나 계단폭은 일일이 피난계산을 하지 않으면 결정할 수 없는 것은 아니며, 실제로는 적절한 값이 주어진 틀(짜임새)이 건축법에 짜맞추어지고 있다.

예를 들어, 데파트에서는 그 층의 바닥면적 100m²에 대해서 폭 60cm의 피난계단을 설치하도록 규정되어 있다.(건축기준법시행령 124조)

또한, 영화관이나 극장 등에서는 객석의 바닥면적 10m²에 대해 17cm(東京都 建築安全條例49條)의 피난계단이 필요하다고 되어 있다. 또한, 계단의 배치나 방화대책에 대해서도 상세한 규정이 정해져 있다.

그러나 단순히 법령에 합치되는 것만의 설계로는 충분한 안전성이 확보되지 않는 경우가 있으므로 피난계산이 효과적인 체크의 도구로서 이용되고 있는 것이다.

4. 避難計算의 基本的인 方法

피난계산에서는 피난경로의 도중에 어디에서 어느 정도의 혼잡이 발생하는가 등 피난중의 상황을 알고, 문제가 있으면 설계에 feed-back하지 않으면 안된다.

서두의 문제와 같이 단순히 피난시간만을 구하는 것보다 더욱 어렵다.

최근에는 컴퓨터가 보급되었으므로 피난계산을 simulation으로 구하는 방법도 있지만, 유감스럽게도 설계의 현장에서는 아직 편리한 도구라고 이야기하고 있는 실정이다.

그러면 설계실무에서 행하는 피난계산은 어떻게 하고 있는가 하면 간단히 예측되는 실전적인 방법으로 하고 있기 때문에 가능한 사람의 움직임을 단순화하고 있는 것이다.

예를 들면 미리 정해진 경로를 더듬고, 앞지르거나 제자리로 되돌아가지는 않는다는 것 등이다.

결국 각자의 개성이나 사정은 무시하고, 사람의 흐름을 문자 그대로 流體로서 취급해 버리는 것이다.

사람의 움직임을 이와 같이 단순화하면, 집단의 흐름은 그 속도와 출입구와 같은 흐름의 목이 되는 부분의 통과 방법 등 2가지의 요소만으로 해결이 가능하게 된다.

5. 數式에 의한 避難計算의 實例

피난계산의 보행속도는 혼잡한 장소에서는 매초 1.0m, 그렇지 않은 장소에서는 1.3m를 이용하고 있다.

또한, 목의 통과에 대해서는 「流動係數」라는 편리한 지표를 쓰고 있다. 이것은 단위시간, 단위폭당의 通過人數로서 $N(\text{人}/\text{m} \cdot \text{秒})$ 로 표시된다.

예를 들면 이것에 출구폭을 곱하면 1초동안에 통과하는 사람수를 알 수 있다.

유동계수 N 의 값은 종류에 따라 여러 값으로 나타나지만, 피난계산에서는 평균적으로 $1.5\text{人}/\text{m} \cdot \text{秒}$ 를 사용하고 있다.

앞의 문제는 출구폭이 1.2m이므로 이것에 유동계수 1.5를 곱하면 매초 1.8명이 나올 수 있으며, 40명이 나오는 데는 약 22초가 걸리는 것을 알 수 있다.

보행속도가 2종류 설정되어 있는 것은 밀집된 집단은 늦고, 그 외의 집단은 빠르다고 하여, 누구라도 경험적으로 알고 있는 상황을 반영한 것이다.

단순한 해결방법으로서의 약간 자세한 면도 있으므로, 번거로운 경우는 전부 1m로 계산해도 좋다.

6. 그래프에 의한 圖式解法

이상에서 기초 data가 갖추어졌으므로 피난계산은 가능하겠지만, 실제 건물계획은 단순하지는 않으며, 複數의 방이 있는 경우가 대부분으로서 그 피난경로의 도중에는 분기나 합류가 있을 수도 있다.

이처럼 복잡한 경우의 계산방법을 수식만으로 표현하는 것은 대단히 어려우며, 틀리기도 쉽다.

그래서 고안된 것이 「도식해법」이라는 방법이다.

이것은 마치 列車 다이어를 만들 때와 같이 그래프를

그리면서 피난자의 흐름을 예측하는 기법으로서 현재의 피난계산은 대개가 이 기법을 이용하고 있다.

7. 圖式解法의 實例

그 간단한 일례를 (그림1)에 표시한다.

앞 문제에서 방(A실) 밖에 복도와 계단이 있고, 피난자는 방에서 나와 계단에 들어가기까지 7m를 걷는 것으로 한다.

A실 출구폭(W)은 1.2m, 계단 입구폭은 0.8m이다.

(그림2)는 이것을 푼 계산 그래프이다.

8. [室에서의 避難]

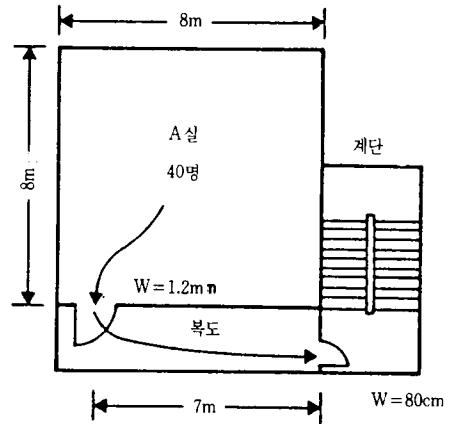
우선 A실에서의 피난이다.

이 시간은 앞의 계산에 의하면 22초이지만, 그대로 22초에 피난할 수 있다고 판단하는 것은 약간 문제가 있다.

사람들이 출구에 언제 도착하는가도 고려하지 않았기 때문이다.

예를 들면, 최후의 사람이 출구에 도착하는데 30초가 걸린다고 하면, 피난시간은 문의 通過可能人數에 관계없이 30초가 된다.

결국 최후의 사람이 도착하는 시간도 고려하지 않으면 안되기 때문이다.



(그림1) 예제의 plan

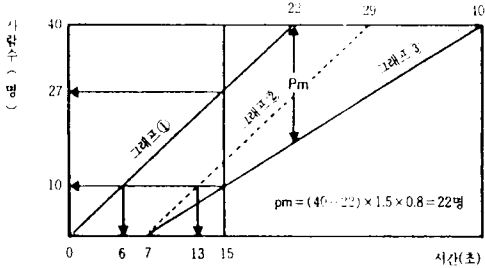
이것을 검토해 보면, 방안에서 출구까지 가장 먼 부분에서의 보행시간은 직선거리로 약 11m, 벽을 따라 걷는다고 해도 약 16m 이하이므로, 속도를 1.3m/초로 하면 늦어도 12초 후에는 출구에 도달하게 된다.

그러므로 이 사람이 출구에 도착한 때에는 아직 다른 사람이 밖으로 나오는 것을 기다리는 상태이고, 수員이 나오는 시간은 결국 22초로 만족하는 것을 알 수 있다.

이와 같이 최후의 사람이 출구에 언제 도착하는가 하는 체크는 출구폭이 넓을 때에도 필요하다.

예를 들면 출구폭이 3m라고 하면, 출구 통과시간은 약 9초 [= 40 ÷ (1.5 × 3)]이지만, 최후로 출구에 도착하는 사람은 앞서의 계산에 의하면 12초이므로 피난시간은 결국 12초라고 생각해야 한다.

피난계산에서는 방에서의 피난에 한한 것은 아니나, 이와 같이 출구 통과시간과 최종 피난자의 출구 도착시간을 비교해서 결정하지 않으면 안되는 경우가 많다.



(그림2) 계산 그래프

이상에서 최초의 피난자가 나오는 것을 0초째로 하면, 최후의 사람(40명째)이 나오는 것은 22초째이다.

0초째에서 22초째까지의 사이는 일정하게 사람이 복도로 나오므로 방에서의 피난은 그래프①과 같이 나타낼 수 있다.

다음에 계단까지의 피난이지만, 보행속도를 매초 1m로 하면, A실을 최초로 나온 사람도 최후에 나온 사람도 각각 7초동안 걸으면 계단실에 도착하므로 계단으로의 도착 형태는 그래프①을 7초만 오른쪽으로 平行移動한, 그래프②로 나타낼 수 있다.

그래프②는 단순히 도착한 것으로서 출입을 나타내고 있는 것이 아니므로 破線으로 표시되어 있다.

9. [階段으로의 流入人數]

다음에 계단으로의 유입으로서, 집단중 선두인 사람은 그대로 계단안에 들어가는 것이 가능하지만, 후속의 사람들은 계단실 입구문까지의 통과제한으로 인해 다소 기다리지 않으면 안된다.

계단입구에서는 매초 1.2명 (= 1.5 × 0.8)밖에 통과하지 못하기 때문이다.

40명이 통과하는 데에는 33초 (= 40 ÷ 1.2)가 걸린다. 최초의 사람이 계단에 들어가는 것은 7초째이므로 33초 후인 40초째가 계단으로의 피난을 완료하는 시간임을 알 수 있다. 이에 의해 그래프③이 그려진다.

그런데 이 그래프는 대단히 편리하여 여러가지를 알 수 있다.

예를 들면 그림 2와 같이 15초인 곳에서 수직선을 그

어, 각 그래프와 교차한 점의 횡축의 사람수를 읽으면 15초째의 형태를 알 수 있다.

그래프③과의 교점에서는, 이 때에는 전체 10명이 계단안으로 피난한 것을 알 수 있다. 또한 그래프①과의 교점에서는 방에서 전체 27명이 나왔으나, 아직 13명이 남아 있는 것을 알 수 있다.

또한 10번째로 방을 나온 사람은 어떻게 되는가도 알 수 있다.

이 사람은 약 6초째에 방을 나와서 13초째에 계단에 도착하지만, 혼잡때문에 약 2초 기다린 후 계단에 들어갈 수 있는 것이다.

10. [複道에서의 滯留人數]

더욱이 그래프①은 복도로의 유입인수, 그래프③은 복도에서의 유입인수를 표시하고 있으므로 그 차는 그 때의 복도에 있는 사람수를 표시하고 있다.

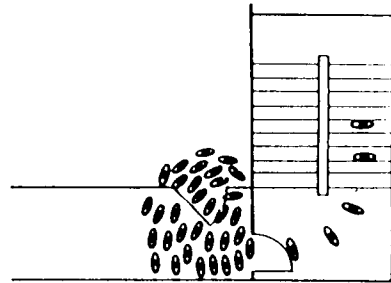
예를 들면 15초째의 경우, 복도에 들어 있는 사람수가 함께 27명으로, 복도에서 계단실에 나오는 것은 전부 10명이므로 그 차인 17명이 복도에 있는 사람수이다.

이 數를 복도 체류인수라고 부르고 있지만, 그림 2를 보면 시간경과와 함께 증감하고, 22초째에서 최대를 나타내고 있다.

최대체류인수(Pm)은 그림에서 직접 읽어도 좋고, 그림에 표시한 바와 같이 계산으로 구하는 것도 가능하다.

최대 체류인수를 구하는 것은 다음과 같이 설계상의 문제점을 발견하기 위함이다.

예를 들면 그림 3과 같이 계단입구와 방의 출구가 접근한 계획은 대량의 체류가 발생하며, 방에서의 유출이 방



(그림3) 계단입구의 혼잡이 방에서의 피난을 방해하는 경우

해되기 때문이다.

실제 건물에서는 合流나 分岐가 있으므로, 여기서 해결한 범위만으로 계산되는 건물은 적지만, 앞의 문제점도는 간단하게 해결되지 않을가 생각된다.

* 피난계산에 흥미가 있는 분은 吉田克之의 新·建築防災計劃指針 1985년판(日本建築센타 版)을 참고하기 바란다.