

감염병 대유행을 고려한 건축계획적 대비/대응 방안

Architectural Preparation/Response Considering the Pandemic of Infectious Diseases

권순정 Kwon, Soonjung (아주대학교 건축학과 교수)

1. 감염병의 전파방식과 감염병 취약시설

2019년 COVID-19가 중국에서 발생한 이래 전 세계적인 감염병 확산과 수많은 사망자가 발생하였으며, 2024년 현재에도 인류가 걱정과 불편에서 충분히 벗어나고 있지 못하다. 인간에게 유행하는 감염병은 주로 공기, 비말, 접촉 등의 방식으로 전파가 이루어진다. 팬데믹 상황의 감염병은 주로 공기 또는 비말을 매개로 전파가 이루어지며 이러한 전파 경로를 효과적으로 관리하는 것이 감염병 대유행을 억제하는 효과적인 방법이 될 수 있다.

건축적인 측면에서 볼 때 감염병 전파가 대규모로 이루어지는 장소는 다중이용시설, 감염취약시설, 대중교통이용시설 등이 거론되고 있다. 다중이용시설은 불특정 다수가 동시에 이용하는 집회장/극장, 집단운동시설, 음식점/카페/주점, 백화점, 공동주거 등 매우 다양하다. 감염취약시설은 지난 코로나 유행시 많은 감염자가 동시에 발생했던 요양병원, 노인요양시설, 장애인 복지시설 등이 해당된다. 이러한 시설에서 생활하는 입소자들은 건강상태가 좋지 않기 때문에 코로나와 같이 공기/비말을 통해 전파되는 감염병이 시설내로 침투할 경우 시설내 대부분의 거주자들이 집단으로 감염되고 많은 사망자가 발생하는 특성을 보여준다. 대중교통이용시설은 지하철, 버스, 선박, 항공기, 이와 관련된 각종 실내외 승강장 등이 해당된다. 사실 대중교통이용시설에서 감염병이 전파된 경우 그 경로를 파악하는 것이 매우 어렵다. 국가적인 차원에서 감염병을 효율적으로 관리하기 위해서는 우선적으로 감염병 전파가 대규모로 이루어지는 시설에 대한 보다 효과적인 관리감독이 필요하다.

2. 감염병 억제의 기본 원칙

특정한 실내 공간에 감염환자가 있는 경우 그 공간에 함께 있는 비감염자가 감염될 확률은 아래 제시된 Wells-Riley equation(WHO, 2007)의 지수 함수로 설명될 수 있다.

$$P = \frac{D}{S} = 1 - \exp\left(-\frac{I p q t}{Q}\right)$$

- P = probability of infection for susceptibles
- D = number of disease cases
- S = number of susceptibles
- I = number of infectors
- p = breathing rate per person (m³/s)
- q = quantum generation rate by an infected person (quanta/s)
- t = total exposure time (s)
- Q = outdoor air supply rate (m³/s)

즉 감염될 확률은 공간내에 있는 감염자의 수, 사람들의 호흡량, 감염자의 바이러스 발생량, 공간내에 머무르는 시간 등에 비례한다. 반비례하는 요소로는 환기량이 유일하다. 따라서 감염확률을 낮추기 위해서는 일반인과 감염자가 동시에 모일 수 있는 실내공간의 환기를 충분히 시행하는 것이 매우 중요하다. 물론 다중이 이용하는 실내공간에 감염자가 들어오지 못하게 하거나, 실내 공간에 있는 사람들이 운동, 고함 등 호흡량이 많은 행위를 하지 않고, 공간에 머무르는 시간을 최소화하는 것 등이 필요하다. 감염균의 전파를 억제하기 위해서는 실내 공기중에 상존하는 감염균의 농도를 줄이는 것과 이를 최대한 들이마시지 않는 것이 중요하다. 이를 위해서는 Wells-Riley 함수에 사용된 인자 이외에도 추가적으로 실내의 기류방향을 조정하거나, 마스크 등을 착용하여 감염균의 흡입을 억제하는 방안도 응용할 수 있다.

한국에서 COVID-19가 유행하던 시기에 정부에서는 코로나 확산을 줄이기 위해 3밀 억제정책을 시행한 바 있다. 여기서 3밀이란 密閉, 密集, 密接을 말한다. 밀폐는 환기가 되지 않는 환경, 밀집은 다수가 모이는 행위, 밀접은 사람간 이격거리가 가까운 상태이다. Wells-Riley의 감염확률 함수를 적용할 때 이들은 모두 좋지 않은 결과를 만들어낼 수 있다. 다만 밀접의 경우 위 함수를 직접적으로 적용하기는 어렵지만, 공기 감염균이 사방으로 고르게 퍼질 경우, 감염자로부터 떨어진 거리의 3제곱에 비례하여 바이러스의 농도가 줄어 들 수 있다.

사회적으로 유행하는 감염병을 종식시키기 위해서는 감염재생산지수(Reproduction Number)를 1미만으로 낮추어 어느 정도의 시간을 갖더라도 감염병을 퇴출시켜야 한다. 감염재생산지수(R)는 집단 내 감염환자 1명이 감염 전파가능 기간에 전염시키는 평균 사람 수로 정의된다. R은 0 이상인 값이다. R>1이면, 최소한 한사람 이상이 추가적으로 감염될 수 있다는 뜻으로 감염병이 인구 집단 내에서 확산되어 유행이 지속됨을 의미한다. 감염재생산지수(R)는 R=p×c×d으로 표현가능하며, p는 감염될 확률(probability of infection)로 백신사용, 마스크사용 등을 통해서도 값을 줄일 수 있다. c는 접촉률(contact)로 사회적 거리두기 등으로 값을 줄일 수 있으며, d는 감염병 전파가능기간(duration)으로 확진자를 조속히 치료하거나 격리하여 줄일 수 있다.

감염병의 확산을 억제하기 위해서는 감염균을 일정치 이상 흡입하지 않는 환경을 만들거나, 감염균을 흡입하더라도 감염을 방지할 수 있는 효과적인 백신을 투여하는 것이 효과적이다. 부득이 감염병에 걸린 경우 치료제를 투여하는 방안도 가능하다. 이를 위해서는 보건의료, 행정, 건축/설비 등 여러 분야의 전문가들이 함께 전문적인 지식과 힘을 모아야 한다.

3. 코로나19 대량전파 사례 및 대비/대응방안

국내에서 코로나 유행기간 중 다양한 시설에서 감염전파가 이루어졌으며 그중에 특히 다중이용시설에서 대량전파가 집단으로 발생하여 사회적 파장을 일으켰다.

2020년 2월 종교시설인 신천지예수교 증거장막성전에서 코로나-19 집단감염이 일어난 뒤 전국적으로 바이러스를 확산시켰다. 확인된 총 확진자는 5,000명 이상이며, 일명 '1차 대유행'이라 불린다. 이밖에도 콜센터, 실내체육시설, 카페, 주점 등에서 집단 감염이 발생하여 많은 2차 3차 감염으로 확산되었다. 이러한 시설은 대부분 3밀(밀폐/밀집/밀접) 환경에 해당되었으며 해당공간에서 다수가 고성이나 운동, 또는 체류시간이 길어 많은 감염자가 발생한 경우이다. 이와 같은 다중이용시설에서의 감염확산을 억제하기 위해서는 먼저 단위공간의 거주자 밀도를 줄이고 커다란 발성 금지, 사용시간 제한 등의 조치가 취해져야 한다. 그리고 충분한 환기횟수를 확보하고 기류의 방향을 조정할 필요가 있다. 시설별 이용특성에 따라 마스크 착용, 공동이용물품의 항균재료사용 및 소독과 사용기준 설정, 칸막이(1인, 4인) 설치(테이블 칸막이/벽체 칸막이/무빙월 등), 방풍실 입출구 분리(입구에 체크포인트 설치), 테이블 및 칸막이 환기시스템, 격리공간 구비 등을 선택적으로 실행해야 한다. 한편 음식점 등에서 사용할 수 있도록 마스크를 착용한 상태에서 음식을 섭취할 수 있는 장치를 개발하는 것도 고려해 볼 만하다.

2020년 8월 서울 구로구의 한 아파트에서 집단감염이 발생하여 13층 편복도식 아파트 두 개의 수직라인에서만 7가구 10명의 확진자가 발생한 바 있다. 편복도식 아파트는 복도식으로 구성되어 있고 거주동 전체 주민이 2대의 승강기를 공동으로 사용하기 때문에 수직라인의 거주자들만 감염병이 전파되기는 어려운 상황이다. 역학조사 결과 화장실 오배수의 누출로 바이러스가 오수 배관 및 통기관, 환기구 등을 통해 위아래 세대로 전파된 것으로 확인되었다. 이 사건은 주민이 아무일 없이 집에 있다가 갑자기 코로나에 감염된 경우로 이러한 전파가 일상화되면 판데믹 시 한국 아파트의 거주안정성이 매우 불안해지는 상황이 초래될 수 있다. 이 외에도 지방의 노후 아파트, 쪽방촌 등에서 집단감염이 발생한 바 있어 공동주거의 감염병 전파방지대책이 절실하다. 공동주거의 집단감염을 억제하기 위해서는 공동주거를 초기에 건립할 때부터, 환기, 배수 장치 등을 철저히 시공해야 하고, 오래된 노후아파트의 정기적인 점검과 보수가 필요하다.

2020년 3월 대구의 한 요양병원/정신병원에서 수백명이 COVID-19에 집단감염되어 대구지역 전체가 감염병으로 큰 고통을 겪었다. 이 사건은 건물 저층부(3층~7층)의 요양병원에서 집단감염이 발생한 이후 상층부(8층~11층)의 정신병원으로 확산된 케이스다. 두 병원이 승강기를 공동으로 사용하고 있어 저층부에서 발생한 코로나가 상층으로 전파되는 것은 시간문제였다. 다만 이후에도 전국에 소재한 요양병원, 정신병원, 장애인시설, 노인요양시설 등에서 집단감염이 수시로 발생하여 이들을 감염병 취약시설로 특별관리하기도 하였다. 감염병취약시설 내 환자 및 시설 입소자들은 대부분 외부활동이 억제되기 때문에 감염원은 주로 외부로부터 유입된다. 유행 초기에는 간호사, 간병인, 보호자 등이 감염병의 전파자 역할을 한다. 일단 감염병이 시설내로 전파되면 요양환경의 3밀로 인해 시설내 입소자 대부분이 쉽게 집단 감염된다. 병실/침실은 대개 다인실이며, 공동식사 및 프로그램을 운영하고, 간호사/간병인이 밀착 서비스를 제공하기 때문에 시설내 감염병이 쉽고 빠르게 전파되는 경향이 있다. 감염병취약시설의 원내 감염전파를 억제하기 위해서는 병동(거주단위)의 규모를 축소하고, 각 병동(거주단위)별 경계를 구조적, 설비적으로 구분할 필요가 있다. 1인실 및 격리실을 더 확충하고 다인실의 경우 면적을 확대하는 것도 밀집을 다소 해소할 수 있다. 그밖에 손씻기 시설/설비를 확대하고, 면회실, 청결물실, 오물처리실 등을 설치하여 보다 위생적으로 시설관리를 해야 한다. 운영측면에서는 의료인, 간병인, 보호사 등의 감염여부를 바로 확인하고 감염의심이 있는 경우 이들을 시설내에 출입하지 않도록 하는 것이 우선적으로 이루어져야 한다. 그리고 내부 감염자 발생시에는 감염자들을 초기에 격리시켜야 한다.

감염병이 유행하여 전국적으로 확산되는 경우 감염병 환자별로 어디에서 어떻게 감염되었는지를 파악하는 것은 현실적으로 어렵다. 지하철, 버스 등을 이용하거나 식당, 카페, 백화점, 회의장, 병원, 학교/학원, 경기장 등을 들린 경우 어디든 감염의 가능성이 있기 때문이다. 이러한 무작위 감염을 방지하는 것은 매우 어렵다. 다만 이러한 무작위 감염을 억제하기 위해서는 기본적으로 3밀이 일어나지 않도록 실내외 환경을 조성할 필요가 있다. 이외에도 감염병의 차단과 확산 방지를 위해서는 감염자를 조기에 선별하여 격리하고, 호흡선의 바이러스 농도를 줄이는 하향 기류 공급/환기방식, 손이 많이 닿는 부분(손잡이, 핸드레일, 버튼, 식탁, 의자 등)의 항바이러스 재료 사용, 수시 소독, 동선 중첩 최소화(일방향 동선시스템-바닥 사인, 다양한 출입구, 시설의 분산배치), 소단위 공간구획(밀집억제 - 로비, 대기실, 식당 등), 자연환기 및 채광(UV) 확보, 옥외공간 활용(다공성 건축계획, 다양한 외부공간), 비접촉장치 활성화(출입문, 각종버튼, 세면기 등), 승강기 대체공간 확보, 출입구 방풍실 체크공간 확보, 손소독제 비치, 공간요철 억제, 승강기 환기시스템 설치 및 소독 등을 적극 도입해야 한다. 팬데믹 상황이 더욱 심해지면 재택근무, 건물폐쇄 등도 고려해 볼 수 있다.

4. 마무리

팬데믹 상황이라 하더라도 사회시스템의 지속 및 경제상황을 고려하여 일정 정도의 감염전파는 받아들일 수밖에 없을 것이다. 사회적 거리두기, 마스크 착용, 환기, 손씻기 등의 행태교정만으로는 감염병 전파 차단의 한계가 있다. 사회적 상황에 따라 밀집이 발생할 수 있고, 마스크를 벗어야 하는 상황도 있다. 이 경우 영업시간 단축, 모임 인원 제한 등도 고려할 수 있을 것이다. 사회적 패닉을 방지하기 위해서는 환자수 급증 및 대응능력 한계치를 조절(surge control)해야 한다. 시설측면에서 감염병에 대비하기 위해서는 위기시와 평시에 동시에 활용할 수 있거나, 간단한 전환을 거쳐 위기시 유연하게 대응할 수 있는 시설계획기준 및 시스템 개발 필요하며 이러한 방식은 특히 감염병동계획시 유효하게 적용할 수 있다. 이제 COVID-19가 점차 수그러들고 있지만 향후 이와 유사한 감염병이 언제든지 닥쳐올 수 있다. 그간의 감염사례, 국내외 기준, 경험 등을 종합적으로 분석하여 시설 기준에 대한 기본 원칙을 사전에 준비하는 것이 바람직하다. 새로운 감염병 위기 발생 시 이러한 기준을 감염병 상황에 맞추어 일부 조정하여 즉시 대응하고 또 업데이트하는 체계가 될 수 있어야 하며 이를 위해 보건의료, 행정, 건축계획 및 설비 등을 포함하는 다학제팀의 협력이 필요하다.