

덕트화재와 그 방지책

본 내용은 일본의 “建築設備と配管工事”에 게재된 “ダクトとその防止対策”을 발췌, 번역한 것으로 근대건축에 공조시스템이 채용된 이후 덕트와 관련한 화재가 증가하고 있어 이에 대한 기본대책을 소개하고자 한다.

1. 머릿말

금세기 초 많은 大火를 경험한 후 소위 내화건축물이 건립되기 시작하여 두꺼운 벽과 바닥이 화재 확대를 방지하였으며, 옛날 건물과 마찬가지로 이들 건물에는 열과 연기를 배출하기 위해 개방 가능한 창이 있었다.

2차 세계대전 이후 건물의 새로운 세대로서 근대 고층 건축물이 나타나기 시작하여 중앙공조설비의 효율적인 작동을 위해 창 등은 불박이로 밀폐되었으며, 그 대신 벽과 바닥에는 공조용 덕트나 유틸리티 케이블용 개구부가 생겼다.

그리하여 건물의 특성과 화재안전성의 접목이 시도되었다.

인공적인 환경은 인간들의 욕구에 부응하기 위하여 만들어진 것이나 설비의 일부가 타 버리면 그 욕구는 만족되지 않으므로 인공적인 환경의 위험을 경감하는 방법이야말로 우리가 직면하고 있는 과제라 할 것이다.

설비의 불량, 특히 개구부로서 존재하는 덕트 자체의 화재는 많은 재실자를 위협에 노출시킬 가능성이 있다고 할 것이다.

미국에 비하여 공조시스템을 채용한 근대건축의 역사는 짧지만 급격한 발전을 하고 있는 현실상황에서 근대건축설비의 화재중에서도 덕트화재에 대한 방화대책을 통하여 건물안전에 접근하고자 기본적인 내용을 소개하고자 한다.

2. 건물의 구획안전과 덕트의 관련

건물내부의 『區劃化』는 스프링클러로서 대표되는 초기 소화와 함께 건물의 화재안전 계획상 근간을 이루는 대단히 중요한 개념이다.

구획의 불량이나 미구획, 즉 화재를 일부분에 억제하지 못하는 것이 어떻게 많은 희생으로 결부되는가는 과거에 수없이 깨달아 온 것이다.

(표1)은 과거 구획형성에 실패하여 참사를 초래한 화재사례 50건에 대한 화염, 연기의 확산을 초래한 부위별 구획불량 내용을 나타내고 있다.

(표1) 구획불량에 의한 화염의 확대를 초래한 화재사례 50건의 내용

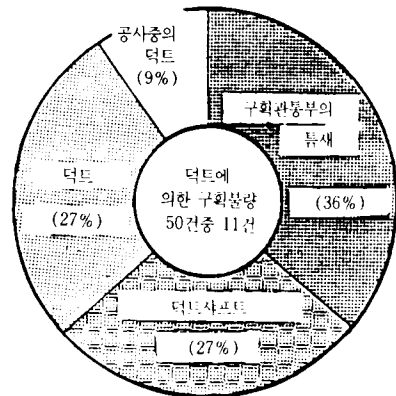
주요원인 火煙擴大	호실 여관	백화점 수 퍼	병원	공동 주택	사무소	복합 용도	합계
계단	9	11	4	1	1	12	38
덕트(관통용 포함)	2	4	0	0	1	4	11
파이프샤프트(“)	3	2	1	0	0	4	10
에스컬레이터	0	8	0	0	0	2	10
방화벽, 방화문	2	3	1	0	0	1	7
엘리베이터 샤프트	1	2	1	0	1	1	6
空井	1	0	0	0	0	3	4
기타	0	2	1	2	0	1	6
사례건수	(10)	(14)	(5)	(3)	(3)	(15)	(50)

*기타에는 spandrel, 외벽 개구부, linen chute, spiral chute, 바닥의 틈새가 포함.

또한, 엘리베이터 샤프트는 덤웨이터도 포함.

이에 의하면 1위 계단, 2위 덕트, 3위 파이프 샤프트, 4위 에스컬레이터 순으로 나타나고 있다.

덕트관계의 구획불량 내용은 (그림1)과 같으며, 이중 덕트를 통하여 확대된 것은 공사중의 것을 포함하면 구획관통부의 틈새, 충전불량과 같은 수가 된다.

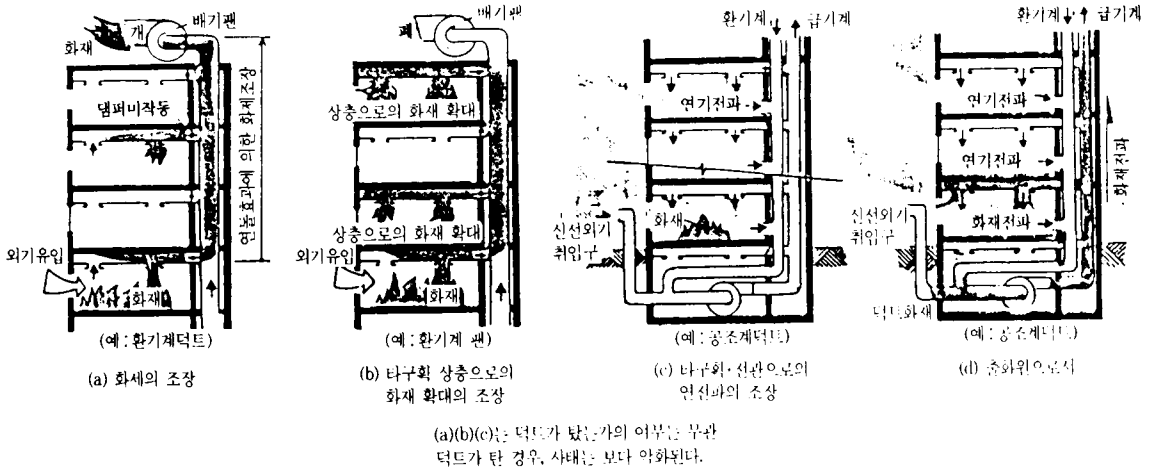


(그림1) 덕트관련 구획불량에 의한 火煙전파의 원인

과거 이러한 화재에서는 덕트계(덕트와 그것에 부수되는 보온재 및 내부 부착물도 포함)가 탔는지의 여부는 기술되지 않았으나, 타지 않았다해도(그림2)와 같이 덕트는 화재의 연소확대, 연기확산에 의해 많은 재실자를 위협에 빠뜨릴 것이 틀림없다.

더구나 그것이 탄 경우에 어느 정도 위험한가는 쉽게 추정이 가능한 것이다.

결국, 덕트화재는 소순면적이 적다해도 『구획화』라는 측면에서 보면 화재안전상 중요한 것임을 인식할 필요가 있다.



(그림2) 덕트의 구획불량에 의한 화재시의 위험요소

3. 덕트의 종류와 화재안전

덕트는 건축설비상 여러 종류가 있으며, 建築設備의 용어로는 (표2)와 같이 空調系, 環氣系, 排氣系의 3가지로 대별된다.

(표 2) 덕트의 종별

덕트의 종별:	공조계	급기계 (supply)
		배(환)기계 (return)
	환기계	주방 배기
		화상실 배기
		지하 주차장(급배기용)
		그 외 작업용 국소배기(공업용 포함)
	배기계	제1종 기계배기(급배기)
		제2종 기계배기(급기)
		제3종 기계배기(흡인)

가. 배기계 덕트

(표2)중 배기계 덕트는 화재시 재실자를 연기로부터 보호하여 피난을 용이하게 할 목적으로 설치되고, 다른 덕트에 비하여 내열재로 견고하게 만들어지고 있다.

보통, 화재발생후 공조관계 덕트는 72°C가 되면 방화댐퍼의 퓨즈가 녹아 급배기가 멈추고 (연기감지기, 열감지기와 연동하는 것과 그 이전에 멈추는 것도 있음), 이것과 전후하여 배연기가 작동하여, 배연덕트를 통해 화

재실과 그 부근의 연기가 옥외로 배출된다.

그러나 실내온도가 올라가 화재가 盛期가 되기 전에 배연온도가 280°C에 달하면 배연덕트내의 방화댐퍼가 작동함으로써 덕트는 사멸을 다하는 것이 보통이다.

현재까지 이러한 배연덕트가 화재시에 문제를 일으킨 사례는 없다.

나. 공조 덕트

공조계는 보통 HVAC시스템으로 불리며, 給氣系와 還氣系로 이루어진다.

최근 사용상의 편리함이나 에너지절약상 각층에 공조기 unit를 설치하거나, 수층마다 공조기를 설치함으로써 방화측면에서는 점차 안전한 방향으로 나아가고 있다.

그러므로 많은 빌딩에서는 건물내에 덕트가 층횡으로 깔려서, 그 선단은 서로 낮은 사람들이 사는 방에 網처럼 얽혀 있는 실정이다.

또한, 상하층에서 독립된 공조방식을 채용하여도 평면 계획상 그 층에서 외기의 흡입이 불가능한 경우는 옥상에 흡입구를 설치함으로써 수직방향으로 큰 신선공기 흡입 덕트가 관통하게 된다.

만약, 그 외기 흡입구에 화재시 연기가 들어가 즉시 공조기가 정지되거나 댐퍼가 닫히지 않으면 각실은 연기로 충만한 위험이 있고, 또한 火燄의 확대를 도우는 결과가 되므로 주의할 필요가 있다.

다. 환기계 덕트

환기계 덕트는 (표2)과 같이 공조계 이외의 배기계 덕트로서 주방이나 화장실 등 국소적인 부위의 악취, 유해 물질을 옥외로 배출하는 것이다.

이들 중 주방계 덕트는 화기사용이 많아 화재안전상의 문제가 되지만, 여기서는 주방덕트의 안전성에 대해서는 생략하고 일반적인 환기에 대해서만 기술하고자 한다.

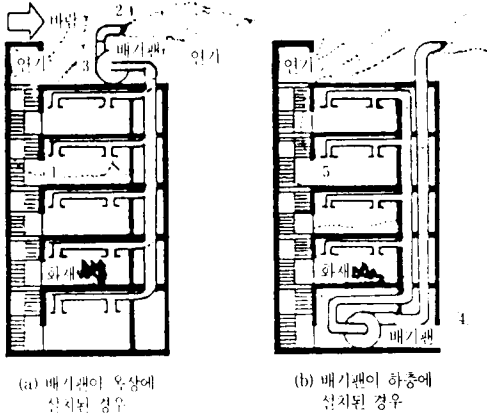
환기계는 공조계의 return과 달리 일부가 건물내로 되돌아 오는 것이 아니므로 그 배출장소만 주의하면 원래의 방향으로 재침입하는 일은 없다.

배기부 1개소마다 독립하여 환기덕트를 설치하면, 안전성은 꽤 높아지나 하나의 환기덕트에 여러 배기개소의 덕트가 연결된 경우에는 주의가 필요하다.

지난 예이지만, 아래층 가스레인지의 불완전 연소로 인해 윗층의 거주자가 일산화탄소 중독으로 사망한 사고가 많이 발생하였으며, 화재사례로는 화재가 발생한 층보다 그 윗층에서 사망한 사람이 많았다.

이 두가지는 전혀 무관한 것이 아니라고 생각된다.

다음에 환기계 덕트에 대해서 방화·방연덤퍼가 유효하게 작동하지 않은 경우에는 다음과 같은 사태가 일어날 수 밖에 없는 것이다.(그림3 참조)



- 1 문이 부주의로 열려 있으면 연기가 유입
- 2 배기는 바람이 불어오는 쪽으로 배출
- 3 배기팬 작동중 또는 배기구가 개방된 동안은 연기를 옥상에서 배출
- 4 배기팬 정지로 인해 각실로 연기분출
- 5 문이 부주의로 열려 있으면 더욱 연기가 유입

(그림3) 배기덕트의 화재시 위험성(덤퍼가 미작동시)

화재발생후 옥상의 환기팬이 작동하면, 화재실의 화염을 부채질할지는 모르지만 동일 수직덕트에 연결된 윗층의 덕트 배연구가 열려도 그 곳으로 연기침입은 결코 많지 않다.

역으로 팬이 정지되었다해도 옥상의 배출구가 개방되어 있고, 배연계 덕트가 복잡하게 굽어있지 않고 수직으로 옥상까지 연결되어 있으면 강풍이 배출구 방향으로 불지 않는 한, 연기의 부력효과에 의해 다른 층을 오염시키는 일은 그다지 없을 것이다.

그러므로 평면계획상 지하에 배기팬을 설치하여 각층의 배기를 하는 경우에는 주의를 요한다.

팬이 정지함과 동시에 연기는 기계실보다 윗층으로 분출하는 것은 상상이 어렵지 않을 것이다.

화재발생시에는 보통 이들 공조관계 동력을 정지하게 되므로 이러한 일은 현실성이 있으며, 실제로 이런 유형의 화재는 발생하고 있다.

특히 재실자가 연기의 역류에 놀라 문을 각 장소에서 개방한 채 피난한 경우에는 상황이 보다 심각하게 되며, 계단실의 전부를 연기로 오염시킬 가능성도 있다.

덕트화재란 본질적으로 문의 개폐를 포함한 「區劃化」의 문제로서 고려하여야 하는 것이다.

4. 덕트화재 사례의 분석

위에서는 건물에서 덕트계 화재안전 측면에서의 역할을 논하였으나, 여기서는 보다 잠재위험이 높은 덕트계 자체의 화재에 대한 과거의 사례를 자세히 분석한다.

4-1 덕트화재 사례 개요

덕트계 자체의 화재사례에 대해서는 동경소방청이 '82년에 출간한 「덕트화재 조사 연구보고서」와 그 이후 동예 방부 조사과에서 정리한 자료를 기초로 기술한다.

동경소방청에서는 “덕트화재”는 덕트내에서 출화한 화재 및 덕트내로 연소한 화재를 말한다고 정의하고 있다.*

(그림4), (표3)는 '79~'83년까지 동경에서의 덕트화재 발생건수 추이 및 화재현황을 나타내고 있다.

이 조사보고서에는 환기계 덕트가 주방용과 공업용으로 분류, 정리되어 있다.

7년간의 덕트화재의 총발생건수는 325건으로 1년당 평균 45건 정도이며, 발생한 건물화재건수 3만83건의 약 1%에 해당한다.('91년 우리나라 화재건수 16,487건 : 내부부)

또한, 화재규모는 小火가 전체의 약 92%이며, 덕트종별로는 공업용이 '80년을 피크로 점차 감소하는 경향이

* 보고서는 화재사례중에는 덕트의 내부뿐만이 아니라 외부 덕트에 부수하는 보온재 등이 연소하는 것도 포함되어 있으므로 덕트계의 화재라고 하는 것이 타당한 것임 보인다.

며, 주방용과 공조용은 포함이거나 약간 감소하는 경향이 있지만 앞으로 이와 같은 추이가 지속될 지는 예측이 곤란하다.

이들 자료에 의한 덕트화재건수는 전체 화재건수에 비해 미미하며, 지금까지 사망자가 생긴 큰 사고도 없었다.

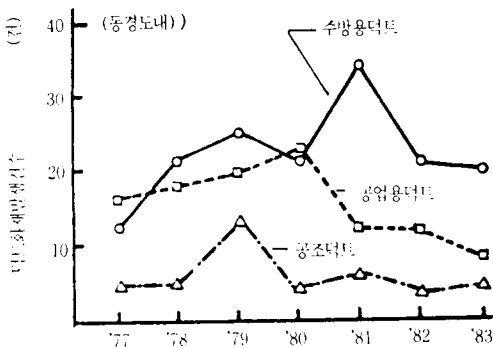
그러나 이들 자료는 덕트계 자체의 화재에 한정되어 있고, 덕트가 화재시 간접적으로 火煙의 전파를 조장하여 피해를 크게 한 사례는 포함되지 않았다.

본래 타서는 안되는 것이 탄다는 점에서 보면, 적은 數라고해도 주목해야 할 가치가 있다.

이들 덕트화재중에서는 주방용이 전체의 반 이상을 차지하고 있으며, 발화원으로써 화기사용실의 위험성이 여실히 나타나고 있다.

(표3) 덕트계 화재의 내용

규모	小火	部分損	半燒	全燒	합계
주방용	153	6	6	3	168
공업용	107	2	1	1	111
공조용	43	0	1	2	46
합계	303	8	8	6	325



(그림4) 덕트화재의 추이

4-2 덕트화재의 주원인

지금까지 덕트들은 타지 않는다고 생각하여 왔고, 실제로 금속과 같은 불연재료만으로 제작되는 경우에는 그것은 옳다. 그러나 미국에서 있어서는 FRP로 된 덕트화재가 일어나 큰 피해를 낸 적이 있으며, 일본에서도 '80년 연화비닐재 덕트가 탄 사례가 있다.

인부를 제외하면, 가연성재료로 고정덕트를 만들지 않으므로 이와 같은 것은 별로 고려할 필요가 없을 것이다.

결국 덕트가 탄다는 경우는 덕트에 부착된 기름찌꺼기, 塵埃나 보온재의 화재 외에는 없다.

내부에 축적된 塵埃의 구성은 纖維成分(섬유쓰레기, 종이찌꺼기, 人毛 등)과 카본입자로 되어 있고, 공업용으로

는 배기중에 포함된 도료 등의 수지류 및 기름찌꺼기가 주된 착화원이다.

또한, 보온재가 탄 예로는 木毛텍스나 우레탄 폼과 같은 가연성 보온재가 사용되는 외에 보온재에 부착된 종이 찌꺼기나 목편이 탄 사례가 있다.

이들 가연성재료의 착화원인으로 공업용에서는 배기온도 상승에 의한 것이, 공조용에서는 흡기구에서 담배꽂이가 흡입된 것이 비교적 많다. 양자에 공통적인 것으로는 공사중의 溶斷, 溶接불티에 의한 내·외부로 착화사례가 많이 나타나고 있다.

5. 덕트계 화재의 방지대책

과거의 화재사례를 기초로 그 방지대책을 「화재발생의 방지」와 「발생후의 확대방지」의 측면에서 고려하여 보면 다음과 같다.

5-1 화재발생의 방지

화재발생방지의 원칙은 「가연물의 관리(덕트화재에서는 덕트의 가연물을 가급적 없앤다)」와 「화기관리(화기를 덕트에서 멀리한다)」라고 해도 좋다.

결국 착화하는 것과 착화되는 것을 적절한 관리를 하면 되는 것이다.

덕트화재의 가연물을 억제함에는 다음 사항에 주의할 필요가 있다.

a. 덕트 내외의 정기점검·청소 실시

정기적으로 덕트 내외부의 팬에 쌓인 진에, 유지류를 청소한다. 또한 점검·청소하기 쉽도록 점검구의 구조를 설계시에 고려한다.

b. 덕트의 架構部材나 보온재는 불연성재료를 사용한다. 보온재로 rock wool이나 glass wool 등 불연재료를 사용하고, 목재틀이나 목재 달대공은 착화 연소위험이 있으므로 금속재를 사용한다.

덕트의 착화방지에는 특히 아래 사항에 유의한다.

a. 급·배기에 의한 덕트 개구부에 화기가 들어가지 않도록 한다.

설계시 외기 흡입구나 배기구는 담배꽂초 등 화기가 용이하하게 들어가지 않는 구조로 하고, 들어가기 어려운 위치에 설치한다. 또한, 덕트 개구부 주위의 화기관리를 철저히 한다.

b. 공사중 화기관리에 유의하고 공사구역의 구획화를 도모한다.

접착제 등 유기용제를 사용하는 경우에 가급적 공사중에는 당해 지역의 급·배기를 멈추거나 덮개를 닫는다.

c. 관련설비의 정기점검을 실시하고, 작동상태에 대해서도 상시 감시를 한다.

풍량저하로 인한 배기온도상승, 진에부착에 의한 팬 구

동부의 마찰열로부터 화재발생 위험성을 정기점검, 일상 감시를 통해 조기발견하거나 사전에 방지한다.

공조계가 고장이라면, 급·배기를 멈추어도 별로 문제를 일으키는 일이 없는가, 특히 공업용의 경우는 조작순서를 잘못하면 화재를 유발시킬 수 있으므로 주의가 필요하다.

각종 현장에서 고장 발생시의 절차를 메뉴얼화하여 두는 일이 중요하다.

5-2 연소확대 방지대책

덕트내부나 그 주위에서 화재가 발생한 때에는 가급적 확대를 억제하는 것이 중요하다.

덕트화재 특징으로서 과거의 사례에서 다음을 알 수 있다.

- 1) 덕트 내부의 화재전파가 대단히 빠르다.
- 2) 화원의 위치확인이 곤란하다.
- 3) 소화가 곤란하고, 진화까지에 시간이 걸린다.

덕트내에는 보통 3~5m/sec의 기류가 흐르고 있으며, 화재시에는 부력에 의한 상승기류도 가해져 덕트 내부의 화염은 연료가 있는 한 더욱 빠르게 전파된다. 또한, 화재 시 덕트 철판이 受熱 이 부분의 복사열에 의해 덕트 내부의 연소속도는 더욱 가속된다.

빠른 전파성과 함께 덕트화재에 있어서는 극히 초기단계에서 건물내 각 부분의 개구부에서 거의 동시에 白煙을 내뿜는다. 그러므로 재실자는 동요하게 되며, 그들이 추측하는 정보를 기초로 화원의 위치를 정확하게 알아낸다는 것은 쉬운 일이 아니다.

실사 화원의 위치를 알았다해도 소화는 꽤 어려운 것이며, 천장 아래에 있는 스프링클러가 역할을 할 수 없는 것은 말한 필요도 없다.

과거, 초기의 덕트화재를 소화하는데 수시간이 걸린 사례도 있으며, 또한 일단 진화한 후 조금 지나서 재착화한 사례도 있다.

덕트는 길고, 때로는 심하게 굽어져 있기도 하다.

천장속이나 벽속의 덕트 스페이스와 같은 폐쇄된 공간의 내부에 설치된 이러한 덕트, 더욱이 그 내부의 화재를 진화한다는 일이 얼마나 어려운 것인가는 쉽게 알 수 있을 것이다.

연소방지대책의 원칙으로는 앞서 기술한 바와 같이 『區劃化』라고 생각된다.

현행 법규에 따른 덕트를 설계·시공하자면 적어도 방화구획을 위한 방화담퍼가 설치되어야 한다.

화재시에 담퍼는 몇개의 구획으로 분할되어지므로 이들이 정상적으로 작동되는 한 대규모의 재해는 발생할 수 없는 것이다.

담퍼 내부에서의 화염 전파속도는 빠르므로 과거에 경험한 바와 같이 구획중 수개소가 돌파되는 일이 있을지도 모른다(퓨즈의 열용량이 커서 작동하기까지에 약간 시간

이 지체됨). 그러므로 『예를 들어 돌파된다해도 직후에 담퍼가 폐쇄된다면 덕트중의 공기가 차단되어 火勢는 약해진다』는 것이다.

그 사이, 일반거주자의 영역으로는 다소 연기가 분출하게 될지는 모르지만, 덕트내에서 구획화되어 있으면 初期의 부주의에도 재실자가 문을 개방해 두지 않으면 연기가 전체 실에 충만하는 일은 없을 것이다.

어쨌든 일부에서 행해지고 있는 것처럼 덕트의 화재신호가 들어오면, 공조를 일단 정지하는 것이 현재로서는 바람직하다.

덕트화재에서 구획의 유지는 연소확대방지와 소화의 두가지 의미를 가지고 있다.

과거에 화재에서 재실자가 白煙이 분출하는 덕트개구부에 소화기로 소화를 시도하다 실패한 예가 많지만, 연기와 화원은 반드시 근접해 있는 것이 아니므로 실패하는 것이 당연하다.

만약 구획화를 하지 않고 注水消火로만 소화하려 한다면, 덕트속을 옥상에서 지층까지 물로써 채운다는 각오가 필요한 것이며, 그것은 불에 의한 손해보다 수손이 크게 되는 결과가 될 것이다.

그러므로 확대방지상 필요한 중요사항 2가지를 열거한다.

a. 방화담퍼의 정기적인 보수·점검을 한다.

정기적으로 담퍼를 작동시켜 작동상태를 점검요령에 따라 체크한다. 또한, 설계·시공시에 보수·점검이 쉬운 구조의 점검구를 설치한다. 경우에 따라서는 천장 점검구와 담퍼 점검구가 별도인 것도 있을 수 있다.

b. 건물 전체에 걸친 공조계, 배기계 덕트 계통도를 방재센터 등에 준비해 둔다.

화원위치의 확인이나 피난자의 적절한 피난시기가 행해지기 위하여 필요하다.

또한, 현재의 덕트, 배관도면에는 방화구획, 방연구획의 관계가 확실하게 표시되지 않는 경우가 많으므로 그 관계를 도면에 표시하여 둔다.

소방대 도착후는 상기 b의 도면을 기초로 화원위치를 확인하고, 미작동된 담퍼가 있으면 현장에서 수동조작으로 화재를 국한시켜 질식소화를 꾀한다.

또한, 필요에 따라서는 화재로부터 떨어진 위치의 미작동 담퍼도 원격 혹은 수동조작으로 작동시켜 연소확대방지를 꾀하는 것이 효과적일 것이다.

구획을 형성한 후는 (다만, 덕트에 균열 등의 신선공기 유입구가 없다는 뜻) 소화하는 사람은 덕트내의 소화를 시도하기 보다는 덕트에서 주변으로의 연소방지에 주의한다. 그래도 불안하면 구획형성 후에 1구획마다 점검구를 열고, 순차적으로 소화하여 가면 되는 것이다.

이와 같이 消火를 위해서는 일원이 천장의 점검구를 연 시 않으면 안되므로 설계·시공에 반영하여 용이하게 함

근되는 댐퍼 점점구의 설치가 권장된다.

최근, 미국에서는 현장에서 소방대원이 천장속 등에 머리를 밀어넣을 필요가 없이 아래에서 용이하게 조작되는 기능을 가진 다기능 댐퍼가 이용되고 있다.

이 댐퍼는 현재 일반공조설비 겸용 배연시스템에 설치되어 있으며, 이러한 기구가 설치되면 덕트화재뿐만 아니라 일반 화재피해를 억제하거나 유지관리하는 데에도 유효할 것으로 생각된다.

6. 맺는말

덕트화재와 그 대책에 대해서는 주로 『구획의 확보』라는 관점에서 간단하게 설명하였으나 그 밖에 몇가지 중요한 점을 기술할 수 있다.

그 중 특히 중요하다고 생각되는 것은 준공후의 설비계통의 변경이다.

건물내부가 원설계후 임차공사나 증·개축시에 다양하게 변경·증설이 행해지고 있으며, 건물의 용도변경은 건

물이 갖는 성질상 멈출 수 없는 것으로서 이러한 변경시에는 당초의 설계의도가 왜곡되지 않도록 설계·시공자는 더욱 주의를 기울여야 할 것이다.

물론 변경후의 덕트계는 앞서 기술한 계통도에 기록하여 두지 않으면 안된다.

이러한 변경공사중에서는 화재안전상 빠뜨려서는 안되는 것은 못쓰게 된 덕트의 방치에 대한 것이다.

절단후 천장속내 별도의 조치없이 개방되어 있는 경우가 참사후에 자주 발견된다.

과거의 사례를 들 필요도 없이 이것은 현대의 건축방화의 근본원칙을 무시한 暴擧라 하지 않을 수 없는 것이다.

공사자가 구획의 의미를 잘 이해하면 이와 같은 무모한 일을 하지 않을 것이라 생각된다.

반복되지만, 미국에서 도입하여 온 공조시스템을 설치한 근대건축물의 방화상의 근본은 『구획화』라는 것임에 틀림없다.

화합하는 밝은직장 번영하는 밝은사회