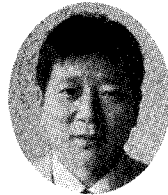


Tunnelling Technology

지하대공간의 화재 예방에 대하여 (노르웨이 여빅 지하경기장을 중심으로)



이대우
현대건설 기술연구소
수석연구원

1. 개요

본 지하구조물은 1994년도 동계올림픽을 위하여 여빅(Gjovik)시 로버달렌(Roverdalen)지역의 작은 산 속에 건설되었다. 주 통로터널의 입구는 동남동을 향하고 있으며, 지하구조물의 환기를 위한 흡·배기덕트 입구는 주통로 터널의 입구로부터 약 45m 상부의 산 정상으로 연결되어 있다. 또한 지하구조물 건설을 위한 작업터널(비상시 도피 터널로 이용 가능)은 주통로 보다 약 30m 높은 고도차를 가지고 있으며, 입구는 남서쪽이다. 만약 바람이 서쪽으로 분다면 배기 덕트의 입구측보다 낮아 질수 있으므로, 이러한 점도 고려하여 설계되었다.

지하구조물에 관한 개략도는 그림 1과 2에 나타내었다. 그림 3, 4와 5는 각 층별 지하구조물의 개략도이다.

- 바닥층(Plan 1)
- 관람석(Plan 2)
- 방송기자단 및 VIP실(Plan 3)

아이스패드는 바닥층(Plan 1)에 위치하고 있다. 대부분의 통로는 연단(Plan 2)과 같은 고도에서 시작된다. 식당

(Restaurant)은 입구 로비 옆에 위치하고 있다.

지하구조물 내의 흡배기를 위한 공조 기계식은 그림 1에서와 같이 입구로비의 상부에 위치하고 있다. 실내외의 공기는 공조기계실의 상부에 부착되어 있는 수직관(Duct)에 의하여 교환된다. 이 관(Duct)의 상부는 공조기계실 바닥으로부터 44m 상부인 산 정상(대기 중)에 위치하고 있다.

다음 장에서는 각 층의 설계 시 주의 사항에 대하여 좀더 자세히 설명하며, 화재 안전을 위한 여러 가지 가정과 가능성을 기술하고자 한다.

- 관람석에서의 화재 대피는 연단과 터널을 이용한다. 관람석에서 화재가 발생할 경우에 생기는 연기는 강제 배기를 통하여 외부로 배출되므로 화재나 유독가스에 대하여 안전하다. 이와 함께 외부 공기가 주입구 터널과 연단을 통하여 실내(Hall)로 유입되기 때문이다. 즉 신선 외기가 들어오는 장소로의 대피가 가장 안전한 방법이다.
- 바닥층(Plan 1)에서의 화재가 발생할 경우에는 기계적인 방법을 통하여 화재가 발생한 지역의 압력을 다

른 지역보다 낮게 유지시켜서 연기가 확산되는 것을 방지하였다.

On Plan 1 are located

- VIP Lifts to VIP Lounge on Plan
- Press center
- Locker rooms and showers for players

- Staff rooms
- Medical center
- Technical rooms
- Ice rinks

On Plan 2 are located

- Restaurants
- Vestibule under the tribunes with access to the seats
- Rest rooms
- Tribunes(between Plan 2 and Plan 3)

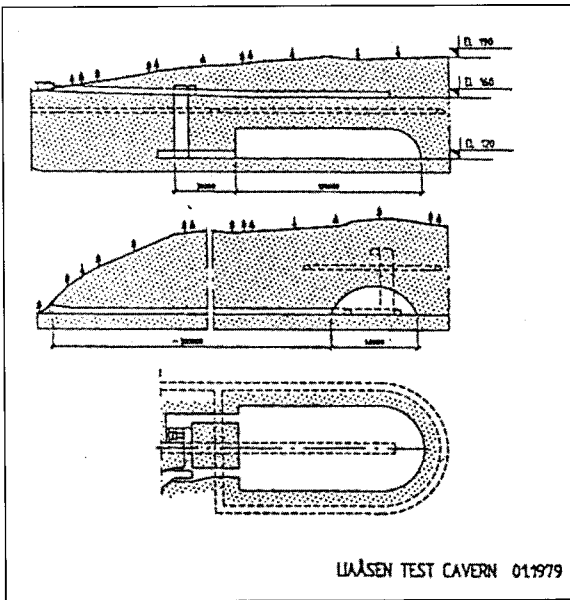


그림 1. Liasen Pilot Cavern

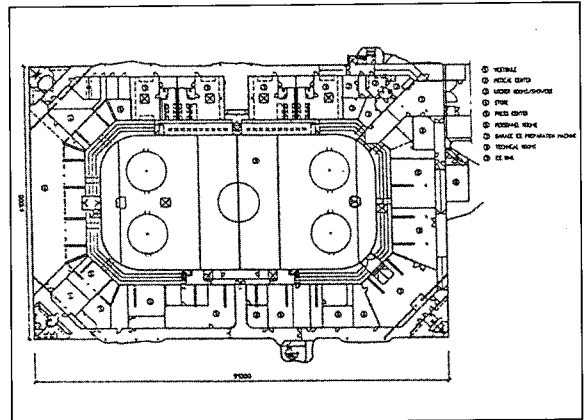


그림 3. Plan 1

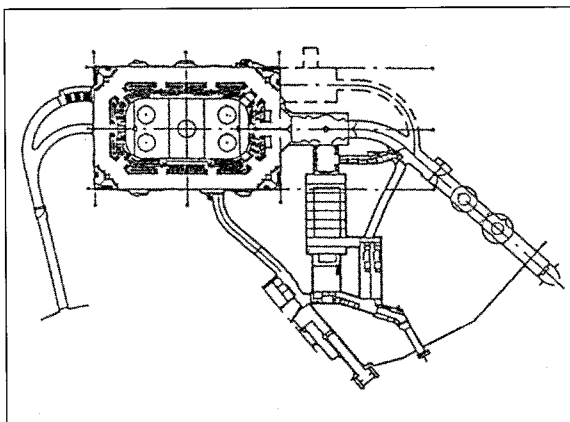


그림 2. Overall View

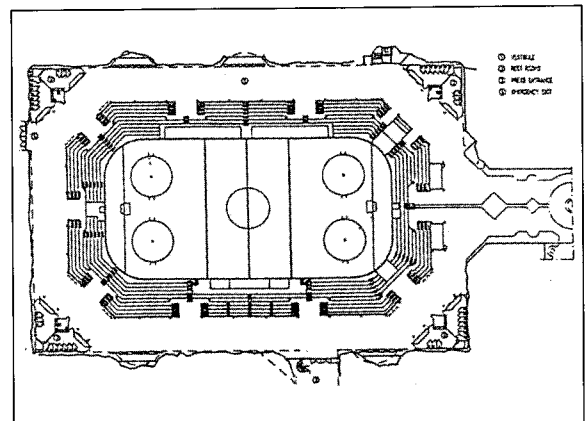


그림 4. Plan 2

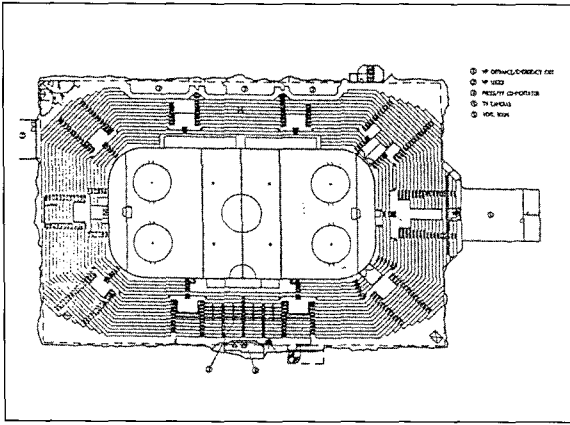


그림 5. Plan 3

바닥층(Plan 1)과 관람석(Plan 2)의 통신용 통로는 화재의 예방을 위하여 화재 방지 커튼을 설치하였고, 한쪽 문은 항상 닫히도록 고정시켜 놓았다. 따라서 이 곳에서는 연기가 발생되어도 관람석으로 빠져 나갈 수 없다.

2.1 자동차 출입 터널

각종 음식물을 수송하기 위한 내연기관 자동차는 주출입 터널과 연결되어 있는 벽도의 자동차 전용 통로를 이용하여 출입하며, 이 통로에서 화재가 발생하였을 때는 아래의 사항대로 실시하여야 중대한 사고를 예방할 수 있다.

2. 연단(무대)과 터널

자동차 진입터널을 제외한 연단, 출입통로 및 레스토랑 등은 대피지역으로 사용할 수 있다. 이들 지역은 어떤 경우의 화재가 발생하여도 항상 화재나 연기로부터 안전한 지역이다. 따라서 이 지역에는 어떠한 물건도 설치 또는 보관할 수 없다. 즉, 어느 경우를 막론하고 이 지역에는 장비나 자동차 등이 접근할 수 없도록 하여야 한다.

1. 연기 배출은 바닥층이나 또는 경기장 밖으로 배출하며, 관람석으로는 배출되지 못하게 하여야 한다.
2. 불은 바닥층으로 퍼지게 한다.(만약 화재가 음식물 이동통로-자동차 전용터널과 관람석의 입구- 끝에서 발생했을 경우)

1, 2의 경우 그림 6에서와 같이 출입구를 닫는다. 이 신호는 연기(화재) 감시 장치에 의하여 작동된다. 출입문은

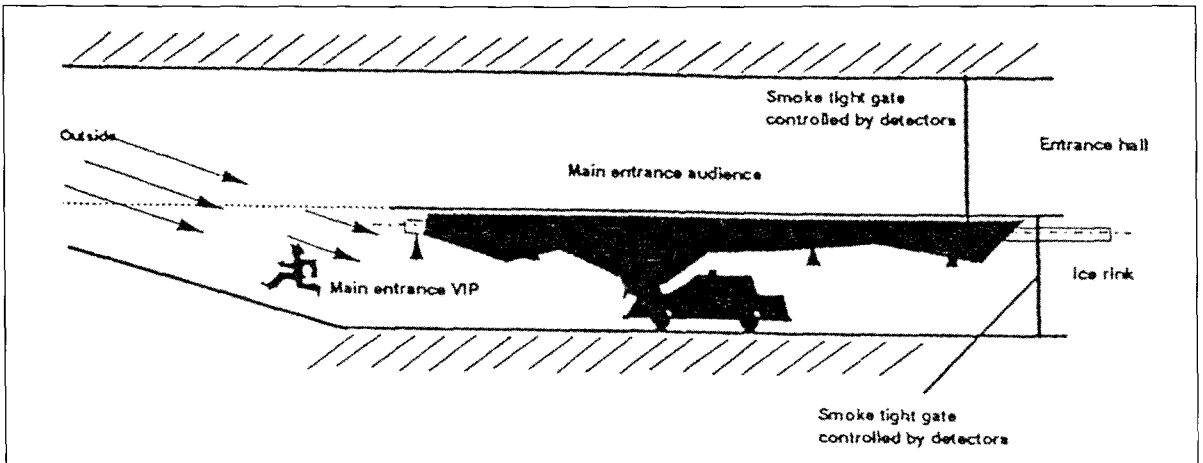


그림 6. The car entrance tunnel

연기가 누설될 수 없도록 제작되었으며, 상당히 빠른 시간 내에 닫히도록 설계되어 있다. 또한 출입문은 법으로 규정된 화재의 크기, 종류 및 시간(화재의 분류)에 적합한 재료로 구성되어 있다.

이 밖의 다른 안전 예방책도 가정하였다.

- 터널에 대한 Video 감시
- 자동차의 공회전 금지
- 각 통로의 여러 곳에 설치된 수동으로 작동되는 개인용 소화기
- 화재 발생시 운전자의 행동 요령에 관한 철저한 교육

차량에 화재가 발생하였을 경우에는 많은 양의 연기와 유독 가스가 쉽게 발생된다. 따라서 주 터널에서는 계속 공기를 공급하면서 별도의 배출 장치를 이용하여 배출시킨다. 이 별도의 장치는 충분한 용량과 고온에 견딜 수 있는 부품으로 구성되어 있다. 자동차 터널에서 화재가 발생하였을 때의 원리는 그림 6에 잘 나타나 있다. 또한, 화

재 발생을 대비하여 실내 공기 배출구는 신선 외기의 흡입구와 상당한 거리를 두고 설치하였다.

2.2 터널의 크기와 폭

터널 번호는 그림 1에 있다. 표 2는 각 통로의 최소 단면을 기술하고 있다.

2.3 난방과 배기

연단과 터널은 별도의 분리된 배기 계통을 가지고 있다. 일반적인 상황에서는 외기를 공급만 하도록 한다. 연단은 다른 실내 공간(Hall)보다 항상 높은 압력을 유지한다. 이 압력 차로 인하여 다른 곳에 공급되는 외기가 이곳을 통하여 배출될 수 있도록 하였다. 연단에서의 공기 배출은 그림 7에 나타내었다.

주 입구 터널에서의 결로 방지를 위하여 주입구 터널 천정에 냉동기 운전시 발생하는 폐열을 이용하는 온수관 난방 장치를 설치하였다.

표 2. The Minimum Size of the Tunnels

Evacuation tunnel No.	Name	Aperture against Vestibule		Aperture width against Outside	
		Width(m)	Height(m)	Width(m)	Height(m)
1	Main entrance tunnel	8	3	8	2.1
2	Car entrance tunnel	(4.5)	(5.8)	-	-
3	Tunnel through the swimming pool	6	2.1	2.5+1.0	2.1
4	Evacuation tunnel (telecommunications)	4	3	3.5	4
5	Transportation tunnel	4	2.1	4	5.8
Total aperture width		22	-	19	-
Total aperture area		57m ²		63.45m ²	

기술 강 좌

지하대공간의 화재 예방에 대하여

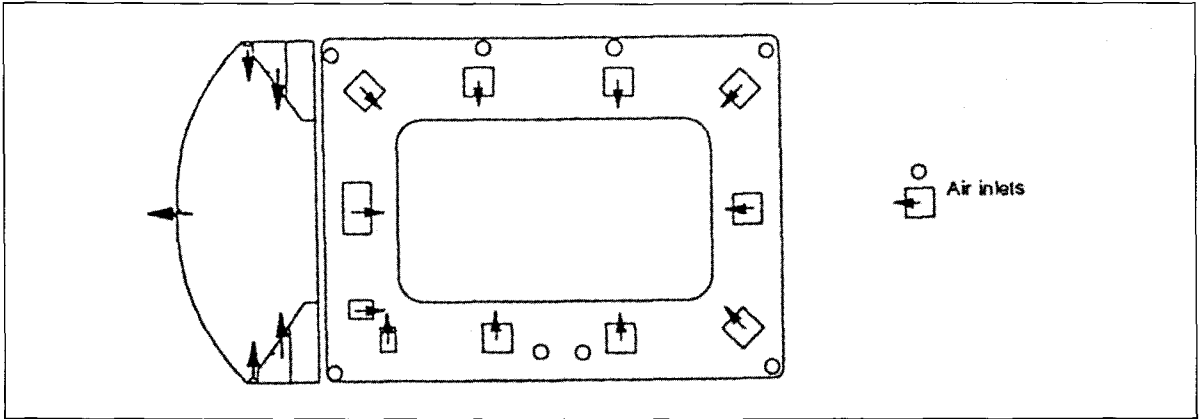


그림 7. Gjevik Olympic mountain hall, air inlet and outlet in principle. Section and plan view

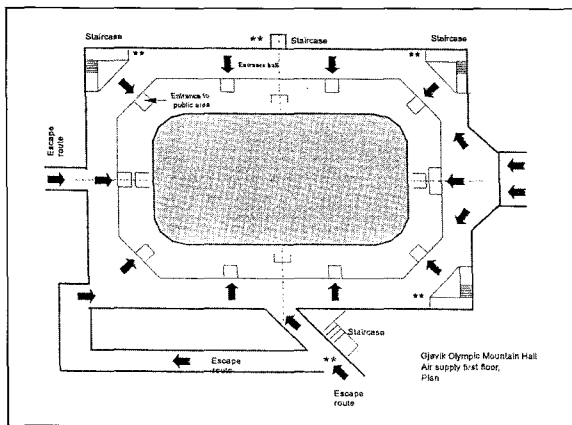


그림 8. Ventilation route for the vestibule

동되도록 설치하였다.

- 연단과 식당 및 통로 터널에는 가연성 물질의 방치나 저장을 허용하지 않는다.
- 저온에서도 유독성 가스를 발생시키거나 연소 가능한 표면 처리제는 사용을 피하였다.

그림 8은 경기장에 화재가 감지되었을 때 기계를 이용한 강제 배기의 원리를 설명하고 있다. 이 방법을 사용함으로써 어떤 지역에서 화재나 연기가 발생되어도 다른 지역으로 이동될 수 없도록 계획되었다.

2.4 화재 예방 전략과 기술적 기준

여러 가지 측정 결과에 의하면 대피로 입구의 단면적(폭)이 감소되었음에도 불구하고 연단, 통로 터널과 식당에서의 화재 안전에는 문제가 없다. 터널 내부에 설치되어 있는 각종 전선의 피복도 화재 예방을 위하여 할로겐이 함유되거나, 폴리 에틸렌 또는 화재에 약한 자재는 사용할 수 없도록 하였다.

- 조명과 비상표시등은 건축법에 의거하여 설치하였다. 또한 이들 장치는 화재가 발생해도 이상 없이 작

3. 아이스 패드(ICE PAD)와 관람석

3.1 일반

그림 9와 10은 실내를 보여 주는 것으로 아이스 패드의 대략적인 면적은 $30 \times 60\text{m} = 1800\text{m}^2$ 이다. 총 바닥 면적은 $61 \times 91 = 5551\text{m}^2$ 이며, 가장 높은 천장까지의 높이는 약 23.5m 이다. 따라서 약 96000m^3 체적을 가지고 있다. 설계상의 수용 인원은 약 6000명이다

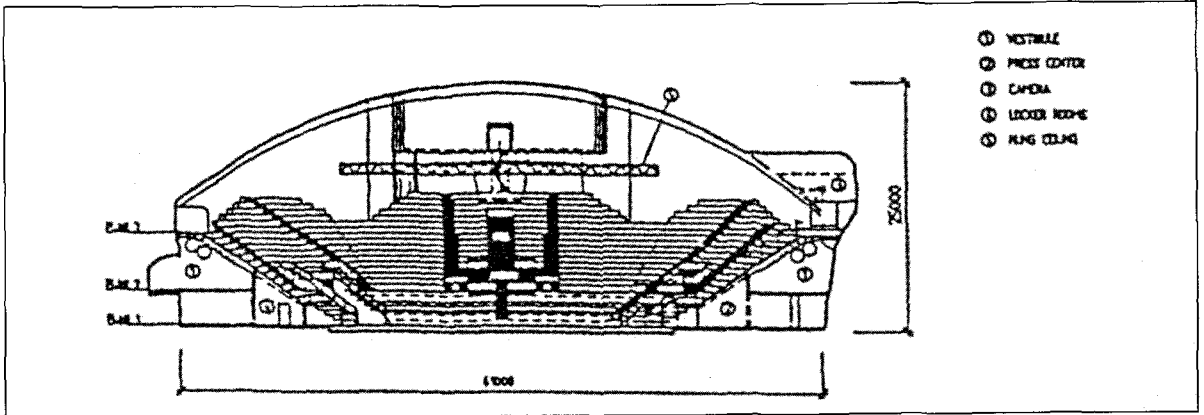


그림 9. Longitudinal section of the cavern

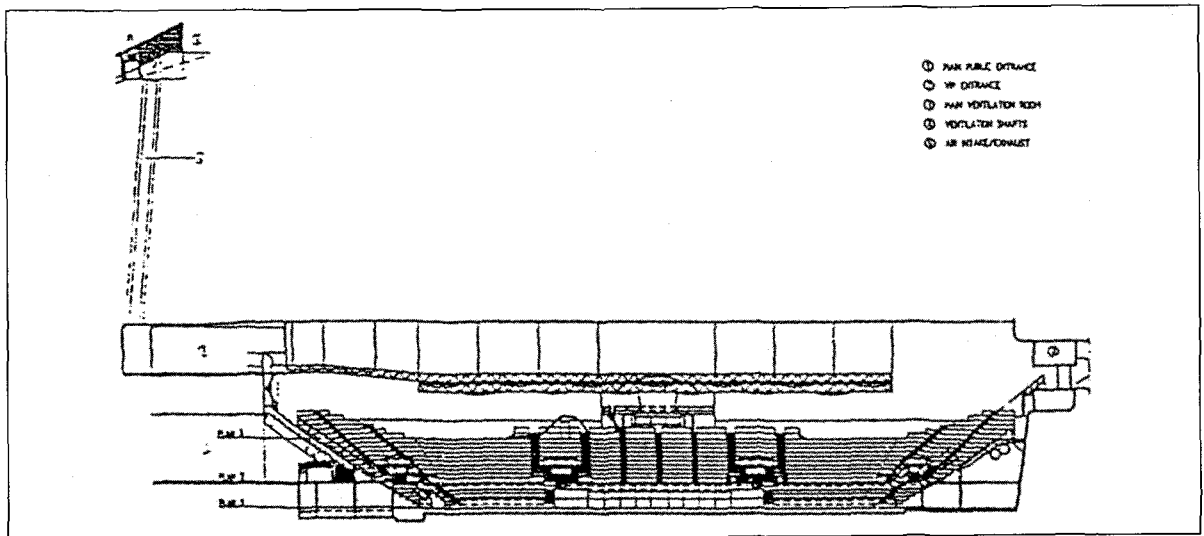


그림 10. The Cross section of the cavern

3.2 건설과 재료의 이용

연단은 아이스 링크를 둘러싸도록 설계되었으며, PC판넬을 이용하여 만들었으나, 링크의 한쪽에는 다른 목적으로 사용할 수 있도록 연단을 설치하지 않았다.

천정은 스피커, 조명장치, 현황판, TV 등 여러 가지 장치를 부착할 수 있도록 된 아이치형상이며, 알루미늄을 이용하여 구성하였다. 아이치 천정 아래는 알루미늄 박을

이용하여 장식 하였다.

이 천정은 공기의 출입이 자유롭도록 하기 위하여 여러 개의 분리된 부분으로 되어 있다.

지하구조물 천장 암반은 강화 플라스틱 판으로 피복되었다.

관람석 의자는 난연성 플라스틱을 사용하였다. 조명, 현황판, 모니터 컴퓨터 등에 사용하는 전선도 할로겐이 함유되지 않은 폴리에틸렌을 사용하였으나, 연기는 많이

발생할 것이다. 화장실, 자판기 등은 관람석의 각 구석에 설치하여 관람객의 통행에 지장이 없도록 하였다. 두개의 VIP실은 중계석 맞은편에 위치하고 있다.

VIP실과 공기조화기계실은 스프링클러를 별도로 설치하였다.

3.3 난방과 배기

아이스 링크와 관람석은 별개의 배기 계통(관)으로 구성되어 있다. 즉 아이스링크는 2500m³/hr, 관람석은 115000m³/hr의 외기를 공급한다. 아이스하키 경기 시 얼음 표면으로부터 1m 상부에서의 온도는 약 5℃이고, 관람석의 온도는 12℃이다.

실내의 공기는 천정에 설치된 배기관(차등 배기)에 의하여 외부로 배출된다. 경기 중 화재가 발생한다해도 전체 지하구조물의 크기에 비하면 극히 작은 체적이며, 지하구조물 내로 유입되는 외기의 흐름을 따라 이동하기에 쉽게 냉각된다. 이 때 외기 흐름 형태는 배기방법과 온도차(조명이나, 관람객 등)에 의한 대류 등에 의해 결정된다. 특히 차등 배기를 이용하면 연기는 완전혼합 배기보

다 빠른 시간 내에 천정으로 이동되며, 연기도 쉽게 감지할 수 있다. 그림 11은 지하구조물에서의 배기를 보여주고 있다.

3.4 연기 및 불의 성장과 대피 전략

지하구조물에서 화재(연기)가 성장하는 동안 지하구조물 경기장 내의 모든 관중은 연단이나 출구를 통하여 대피 통로로 대피한다. 이 출구통로와 연단은 화재나 연기에 대해 안전하다. 이 이유는 3장에서 설명한 바와 같이 경기장 내의 압력이 외부보다 낮기에 모든 공기가 경기장으로 유입되기 때문이다.

또한 그림 6에서와 같이 평소에는 닫혀 있던 대피 통로의 문은 화재가 감지되면 자동적으로 열리게 되어 있다.

3.5 관중 대피

관람석에서는 10개의 출구를 이용하여 연단으로 대피한다. 또한 총 길이 60m의 대피 출구는 경기장을 둘러싸고 형성되어 있다.

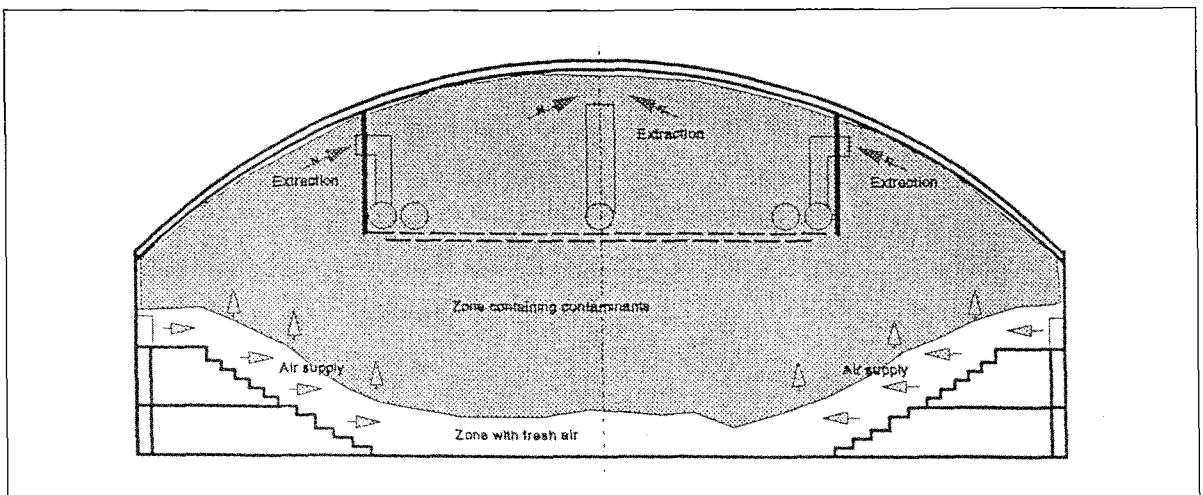


그림 11. Ventilation of the hall

3.6 가상 화재

3.6.1 화재의 종류와 위치

연단

연단은 PC로 만들었으며, 의자는 난연 처리를 하였다. 따라서 화재가 발생할 가능성은 종이나 옷 밖에는 없고 화재가 발생한다고 가정하여도 확산될 확률은 거의 없다. 더욱이 화재는 감지기로 쉽게 감지될 수 있으므로 초기에 진화가 가능하다.

방송기자단 및 경기 진행석

이 지역의 가구는 난연성 재료로 만들었으나, 많은 양의 컴퓨터, 전화기, 모니터, 전등, 종이 등이 있을 뿐만 아니라 각종 전원과 통신을 위한 전선도 수없이 많다. 더욱이 주 카메라도 이곳에 위치하고 있다.

컴퓨터, 구조정실, 전화 교환실 등에서 발생하는 화재는 다른 화재보다 전파 속도는 늦으나, 연기가 상당히 많이 발생되는 것으로 알려져 있다. 또한 연기가 발생하기 시작하면 컴퓨터와 같은 전자 장비 등은 쉽게 가열되며 이에 따라 주 동력이 차단되거나 전선 등은 쉽게 연소될 것이다. 따라서 이곳에서 화재가 발생하였을 때는 아주 빨리 감지하여 진화 할 수 있도록 하여야 한다.

VIP실

VIP실은 스프링클러를 설치하였으며, 가구는 난연성 재료를 사용하였다.

CAFETERIA

식당은 다른 "5개 지역 - 관람석 등"과 마찬가지로 연기의 피해가 없도록 설치하였다. 따라서 "5지역"과 같은 조건을 만족하도록 하여야 한다.

3.6.2 연기의 배출(Smoke ventilation)

연기배출계통의 기본 계획은 앞 절에서 논의한 바와 같

다. 초기 데이터와 계산 결과는 부록 2에 기재하였다. 연기배출계통에 관한 계획은 참고문헌 3에도 기술되어 있으나, 누적 체적(accumulation volume)을 사용하여야 하는 제한이 있다. 이 RVENT는 가상 화재의 크기와 위치 등에 따라 연기 배출을 상사 해석하는 프로그램이다.

실내에 그림 12와 같은 최악의 화재가 발생하였다는 가정을 하여 이 상태에서 기계적인 방법으로 연기의 배출이 가능하도록 하였다. 화재의 성장속도는 전선이나 컴퓨터 등과 같은 장비가 가구에서의 화재보다 느리다. 따라서 참고문헌 3에서 기술되어 있는 바와 같이 안전 계수는 각각 다르게 설정 계산하였다. 수치해석의 예를 들면 아래와 같다.

- 화재 발생 면적 : 15m²
- 최대 발열량 : 0.5MW/m²
- 가연물질 질량 : 300kg
- 가연물질 비열 : 26MW/kg
- 가연물질 최대 발열량 : 7500kW

참고 문헌 1과 3에 따르면 국제 규약에서 상기와 같은 조건에서의 연기 배출 계통은 바닥(Link)에서 최소 12m 이상의 높이에 설치 되도록 되어 있다. 다시 말하면 연단에서 최소 4m이상의 높이에 설치되어야 한다는 말과 같다.

정상 배기 상태(40m³/s)를 가정하여 계산하면 그림 13과 같이 화재 발생 20분 후의 연기 층은 12m에 도달한다. 이 결과 예상 배기 시간은 참고 문헌 7에서 설명된 것보다 빠르다는 것을 알 수 있었다. 즉 40m³/s의 정상상태로 공급되던 외기는 연기가 감지되는 순간부터 좀더 많이 공급되어야 한다.

가상 시나리오에 의하면 상층부의 온도는 Tg = 50℃이다. 즉 연기 층의 온도가 서로 다르므로 온도 차에 따라 분리할 필요가 있다.

다른 종류의 화재는 올림픽이 끝난 후에 발생할 것으로 생각되며, 5장에서 논의하기로 한다.

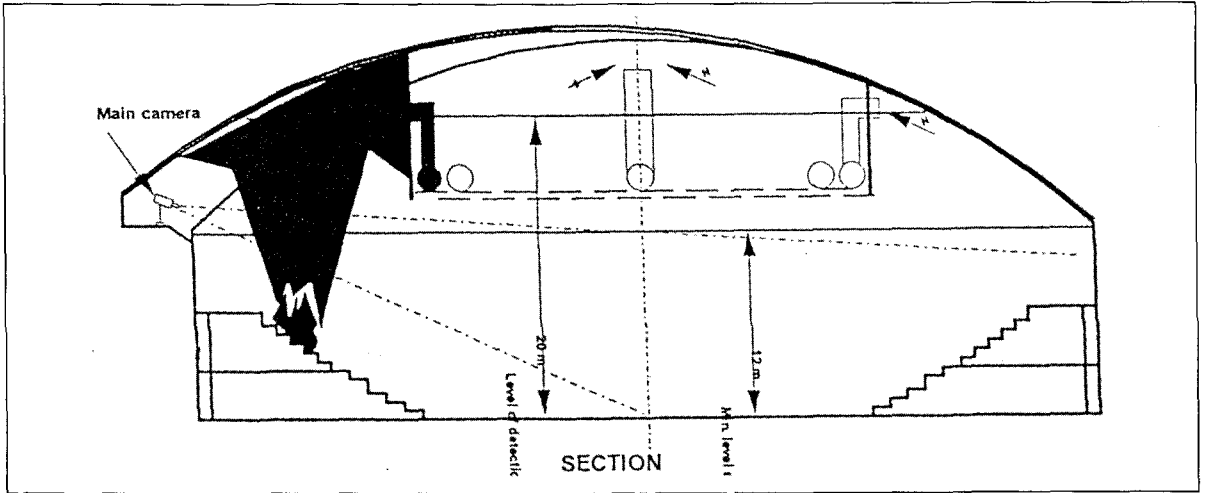


그림 12. The situation in the cavern 5 minutes after fire

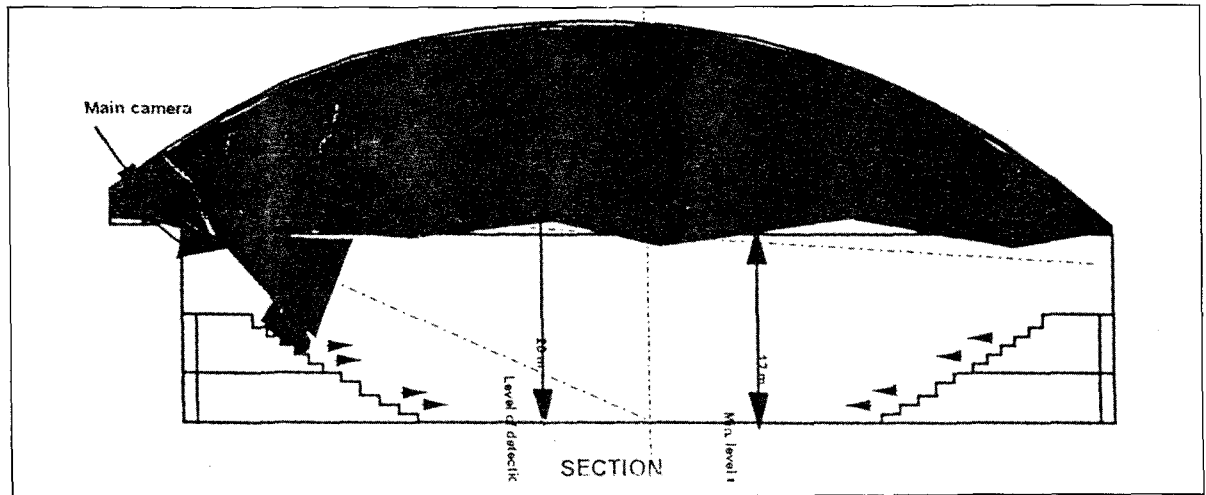


그림 13. The situation in the cavern 20 minutes after fire ignition

3.7 연기의 구획

지하 구조물 바닥의 면적은 약 550m²이다. 참고문헌 3에 의하면 천정을 따라서 이동하던 연기는 냉각되면서 아래로 내려오게 된다. 따라서 이러한 문제가 발생하지 않도록 화재가 발생하는 지역을 일정 부분으로 분할할 필요가 있다.

그림 14의 a,b는 이러한 화재 발생시 발생할 수 있는 하강을 막기 위하여 지하 구조물 내부를 분할한 것을 보여 주고 있다. 또한 연기 확산 방지막을 천정에서 일정거리까지 설치함으로써 연기의 확산도 방지할 수 있다. 그러나 그림 12에서 볼 수 있는 바와 같이 연기확산 방지막의 길이가 길어질 경우에는 감시 카메라의 사용이 불가능해질 수도 있으므로 이 점도 고려해야 할 것이다.

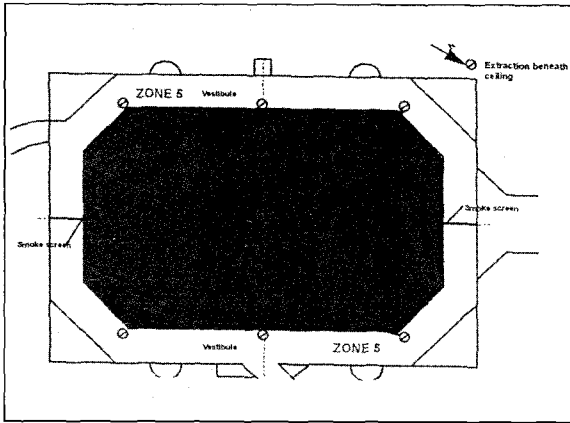


그림 14a. The smoke screen, plan

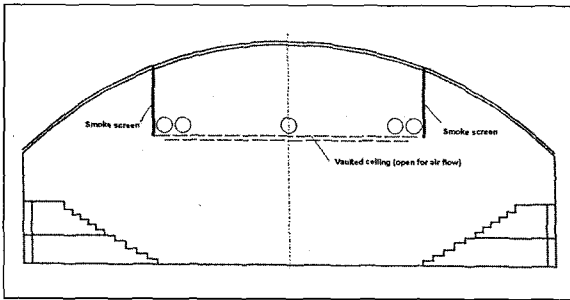


그림 14b. The smoke screen, cross section

올림픽 기간 중에 화재가 발생할 수 있는 지역은 아마도 관중석일 것이다. 그러나 올림픽이 끝난 후에 화재가 발생할 수 있는 곳은 연소성 물질로 피복된 아이스 패드 상부일 것이다. 따라서 연기 확산 방지막은 그림 14 a, b 처럼 아이스 링크 주변으로 설치해야 할 것이다. 앞에서 설명한 바와 같이 천정 상부에서 내려오는 외기가 자유로이 바닥까지 내려 올 수 있도록 천정은 서로 약간의 거리를 두고 설치하였다. 수치해석에서는 공기가 자유로이 내려 올 수 있으므로 천정의 유무는 고려하지 않았다.

3.8 대피로를 통한 실내 및 관중석 공기의 배분

화재가 감지되었을 경우 경기장 내에 있는 배기팬은 회

전 속도가 증가 하여 많은 량의 실내 공기를 배출하나 실내에 공급되던 외기는 공급이 중단 된다. 또한 관람석 주위에 있던 외기 도입구에서는 관람석으로 많은 량의 외기를 방출하며 관람석 주위 입구에서도 실내로 많은 량의 외기를 공급함 으로서 연기가 관람석 주위로 모이는 것을 사전에 방지하도록 되어 있다. 화재가 감지되었을 경우에는 배기량이 80 m³/s로 증가되면서 관중 출입구로 유입되는 공기속도는 약 1 ~ 1.5m/s로 증가된다. (표 2참조)

3.9 바닥층에서의 연기 발달 과정

바닥층에서 화재가 발생할 경우에는 쉽게 전체로 퍼져 나갈 가능성이 크다. 만약 탈의실에서 화재가 발생할 경우 4장에서 알 수 있는 바와 같이 기계식 연기 배출 장치가 작동할 것이다. 화재가 바닥층 복도로 확산될 경우에는 연기나 화재가 다른 통로로 확산되는 것을 방지하기 위하여 바닥층에 있는 모든 출입구는 폐쇄한다. 따라서 연기가 확산될 수 있는 유일한 통로는 아이스링크와 관람석이다. 이러한 경우에는 실내에 있는 배기 팬이 작동 하고 관중은 경기장 주위의 통로를 이용하여 대피한다. 그러나 바닥층에 있는 출입구나 계단을 이용하여 대피하는 것은 금지되어 있다.

4. 바닥층

바닥층에는 통신실, 의상실, 샤워실, 창고, 기계실, 의료실 등 여러 용도의 방들이 많이 있을 뿐 아니라 자동차 출입터널의 입구도 이 곳과 연결되어 있다.

바닥은 세라믹 벽돌로 조성하였으며, 이 위에 수명을 맞추기 위하여 비닐을 도포하였다. 모든 방화벽은 콘크리트로 만들었으며, 칸막이는 철제 틀을 가진 집섬판으로 구성되었으며, 방화문은 규격 A 60을 사용하였다.

4.1 냉동기계실

암모니아는 가연성 물질로서 이러한 장소에 사용하기는 적합하지 않다. Freon 냉매는 불연성이라 화재의 염려가 없는 대신에 고온에서 누출이 될 경우에는 인체에 심각한 피해를 줄 수 있으며, 수용성이다. 따라서 Freon을 냉매로 사용할 경우에는 주위 공간과 차단이 되어야 함은 물론 스프링클러를 설치하여 만약의 사고에 대비하여야 한다. 다른 방법으로는 CO₂를 이용 하는 방법이 있다.

냉동기계실은 별도의 환기시설을 구비하여야 한다. 냉동 물질의 질량에 따라 요구 공기량은 달라진다.

압축기에 사용되는 윤활유는 냉매에 희석될 가능성이 있으며, 또한 화재 내 위험도 내재하고 있다.

4.2 바닥층의 난방 및 환기

바닥층의 체적은 19000m³으로 모든 방은 차등 배기를 이용한다. 차등배기는 완전혼합배기에 비하여 화재의 초기 감지나 난방에도 확실히 유리하다. 난방도 각 방별로 개별난방이 가능하다.

4.3 화재 발생시 전략

그림 11에서 알 수 있는 바와 같이 바닥층은 강제배기를 행하고 있다. 즉 여러 방 중 한 곳에서 화재가 발생하였을 경우에는 그 방의 외기 공급량을 다른 방보다 많이 하며 차등 배기를 이용한 연기의 외부 배출로 다른 곳으로 전파를 사전에 방지할 수 있다.

이러한 차등배기는 화재가 발생한 곳의 압력을 다른 곳보다 낮게 형성시킴으로 연기가 복도나 다른 곳으로 전파되는 것도 방지할 수 있다. 4.5절에 서도 설명하겠지만 화재가 발생한 곳의 배기덕트는 다른 방의 배기덕트보다 약50 Pa정도 낮은 압력을 갖는다.

4.4 화재와 연기의 확산 방지를 위한 바닥층의 구분

바닥층에서 화재가 발생할 확률이 가장 높은 곳은 의상실일 것이다 즉 1, 2지역과 3, 4지역을 구분하여 서로의 용도가 다르게 사용되도록 하였다. 화재가 발생되어도 그림 15처럼 쉽게 차단 및 대피가 가능하도록 각각의 지역에 방화벽을 구성하였다. 또한 화재가 발생할 확률이 높은 방은 가능하면 대피로에서 멀리 떨어지도록 배치하였다. 창고와 기계실동도 이와 같은 이유로 대피로에서 먼 곳에 위치하고 있다.

4.5 연기의 배출을 위한 강제 배기

전술한 바와 같이 화재가 발생한 방의 압력을 낮추기 위하여 문을 폐쇄하며 이러한 조치로 화재가 발생한 지역은 다른 곳보다 약 50 Pa의 압력차를 발생한다. 2지역에서 화재가 발생했다는 가정을 그림 16에 나타내었다. 그리고 강제배기를 위하여는 반드시 문이 닫혀야 한다. 따라서 화재가 발생되면 자동적으로 문이 닫히도록 설계되었으며, 문이 폐쇄되면 최소 50Pa의 압력차가 발생된다.

그러나 화재가 발생한 지역의 문도 열수는 있으나, 이 경우 복도의 압력차는 최소 150 Pa를 유지하여야 한다.

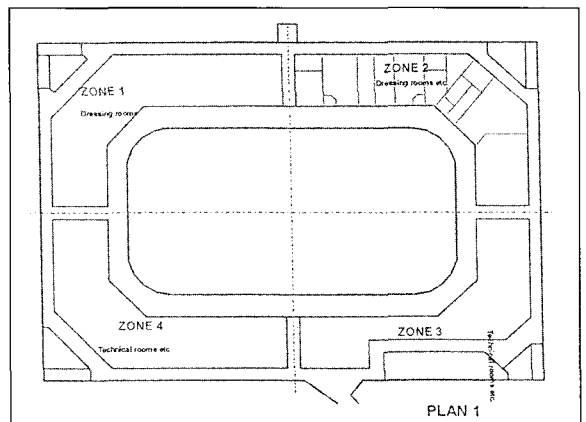


그림 15. Division of lower floor into smoke cells

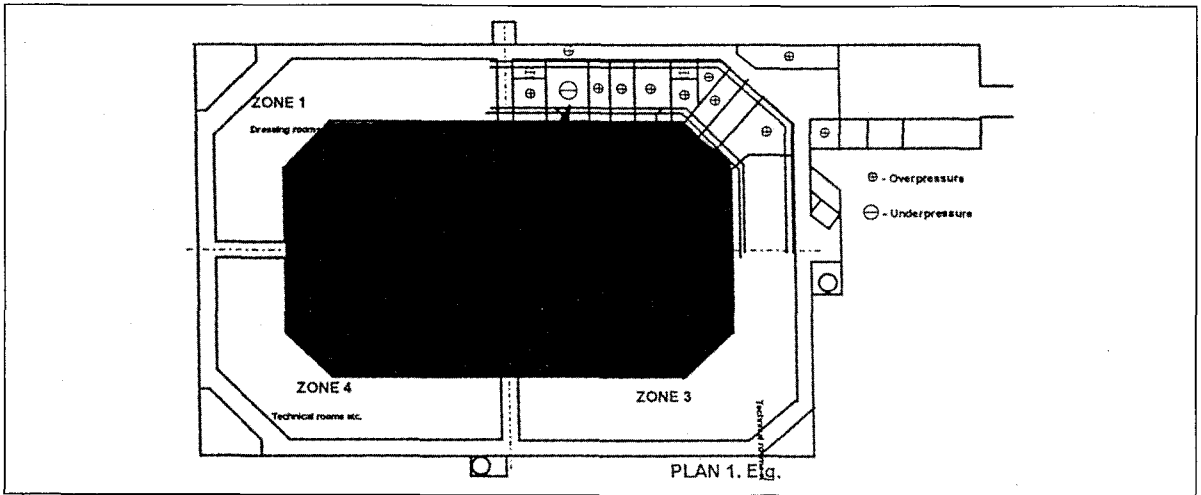


그림 16. Smoke control system in zone 2

그리고 문은 복도 쪽으로 열리도록 설계되었다. 배기팬은 압력과 배기량을 조절할 수 있도록 구성되어 있다.

3.9장에서도 설명한 바와 같이 바닥층은 아이스 링크 쪽으로 4개의 대피 출구를 가지고 있다.

5. 올림픽 이후의 사용

1 ~ 3장까지는 올림픽 기간 중에 사용될 경우에 대비하여 수립된 것이다. 따라서 올림픽 이후의 사용에 관해서도 고려할 필요가 있다. 그리고 올림픽 이후의 사용은 안전 차원에서 정비에 대한 것도 고려되어야 한다.

5.1 정상 사용과 배기

실내와 복도 사이의 대피로를 비롯한 지하구조물 내의 환기는 약 6000명을 기준으로 설계되었다. 만약 올림픽 이후 6000명을 초과하는 인원의 사용이 요구될 경우에는 아주 짧은 시간 동안의 사용은 가능하나 반드시 이 인원을 통제할 수 있는 전문적이고 강력한 통제 계통이 필요

하다.

5.2 연기의 배출

올림픽 이후의 사용은 전시회 또는 상품 판매가 대부분 일 것으로 고려된다. 표 3은 올림픽 이후 사용 시 발생할 수 있는 화재에 대비하여 안전 차원에서 고려된 것을 표로 나타낸 것이다. 일반적인 경우 화재가 발생한 후 약 5분이 경과하면 연기는 12m 높이까지 상승하게 된다. 그리고 이 높이에 연기가 도달하면 강제 배기를 시작하여야 된다.

시나리오 I, II는 일반적인 화재가 발생하였을 상황을 나타내고 있으며, 대부분 나무, 가구, 판지나 직물 등이 연소할 경우이다.

시나리오 III, IV는 플라스틱, 고무, 유독가스를 방출할 수 있는 액체 등이 연소되는 좀 더 강력한 화재가 발생할 경우이며, 화재의 크기와 화재 지역에 대한 고려가 필요하다. 상기 4개의 시나리오는 특별한 경우를 의미하는 것이며, 화재를 대비하여 강력한 지도와 감시가 필요하다.

이 밖에 연소성 물질이나, 액체를 함유하는 자동차, 모

표 3.

Scenario	Fire load	Fire area	Mass combustible material	Enthalpy of combustion	Critical time before smoke filling
I	0.5	15	1500	18	2400
II	0.5	30	3000	18	2400
III	1.0	50	5000	35	900
IV	1.0	60	6000	35	800

터보트 등이나 이와 유사한 것들은 강력한 화재를 발생할 수 있으므로 전시할 수 없다. 이 이유는 지하구조물 내에 설치된 배기 팬이나 덕트 등이 이러한 화재에 대비하여 설계된 것이 아니기 때문이다.

천정 주위의 높이가 차는 일반적인 화재를 가정한 것으로 낮은 온도의 연기에 대비한 것이다. 화재가 감지될 경우에도 공급되는 외기의 양은 일정하며, 차등배기를 이용하여 연기를 배출시켜 안정성을 증가 시킨다. 즉 올림픽 이후에도 차등 배기를 이용하는 것이 이익이 많다.

6. 조작상의 통제(Operational Control)

6.1 부품의 검사

화재의 안전을 위하여 연기 감지기, 화재방지 댐퍼, 화재 감시기 등과 같은 부품 등은 지하구조물에 장착하기 전에 화재 안전에 관한 검사를 수행하였으며, 특히 기술자들로 구성된 검사관들이 직접 모든 계통에 관한 사용과 운용을 실시하여 확인하였다.

정부에서도 이들 부품이 만족할 만한 상태임을 확인하였다.

6.1.1 부품의 확인

모든 부품은 분류별로 대별한다. 예를 들면 댐퍼는 하나의 그룹이 담당한다. 다른 그룹에서 이 부품에 관하여 시험을 하며 시험 결과 부품의 10%가 불량일 경우 이 그

룹에서 생산하는 모든 부품의 50%에 대하여 재시험을 실시한다. 여기서 다시 한번 불량이 발생되면 이 그룹에서 생산하는 모든 부품에 대하여 시험을 실시한다.

연기를 배출하는 강제 배기장치와 안전에 영향을 미칠 수 있는 부분들은 매년 확인 검사를 한다. 개인의 안전에 중요한 계통이나 부품은 아래와 같다.

- 소화 계통
- 연기 배출 계통
- 연기 조절을 위한 댐퍼
- 연기 조절 통제 장치
- 감지기
- 문 자동 폐쇄 장치
- 비상등
- 경고 장치

6.2 올림픽 이후의 사용

이 지하 구조물은 올림픽 이후 여러 가지 목적으로 사용될 것이다. 따라서 화재가 발생할 수 있는 물질 등은 아이스 패드 위에 설치할 수 없다. 사용 물질에서 발생할 수 있는 연기의 체적은 아래 조건의 중간 이하가 되어야 한다.

예로서 가구화재의 재료는 아래와 같다.

- 질 량 : 500kg
- 발 열 량 : 26 MJ/kg

기술강좌

지하대공간의 화재 예방에 대하여

- 최대 열량 : 30000 kW
- 화재 지역 : 60m²
- 연기발생량 : 80m³/hr

참고문헌 1과 3에 의하면 화재가 발생될 때의 연기 배출에 대비하여 배기 계통은 연단 상부에서 최소 12m 까지 연기가 상승함을 알 수 있었다. 천정이 연기로 차는데는 약 9분 정도가 소요된다. 이것은 아이스 패드의 중앙 부분에서 화재 면적 60m²의 경우를 가정하여 계산한 것이다. 평균 연기의 온도는 상부에서 약 100℃정도이다. 그러나 천정재로 사용된 PVC 천은 200℃ 정도에서 변형된다.

참고 문헌

1. Babrauskas, V. and Waktin, W.D. "A Simplified Characterization of Upholstered Furniture Heat Release Rates"
2. Zukoski, E. E., Kubota, T and Centegen, B. "Entrainment in Fire Plumes"
3. Heskestad, G. "Engineering Relations for Fire Plumes"
4. Heskestad, G "Smoke Movement and Venting"
5. 이대우, 현대건설기술연구소 보고서93EVE01, "지하공간 개발"
6. 현대건설기술연구소 보고서, "The Reseach and Development Programme"