

# 일본 및 프랑스 주요 터널 방재설비 소개

일본 동경만 아쿠아라인 해저터널 및 프랑스 파리 A86 East Tunnel의 방재 및 운영설비에 관해 소개하고자 한다.

윤성욱

(주) GS건설(yoonsw@gsconst.co.kr)

조형제

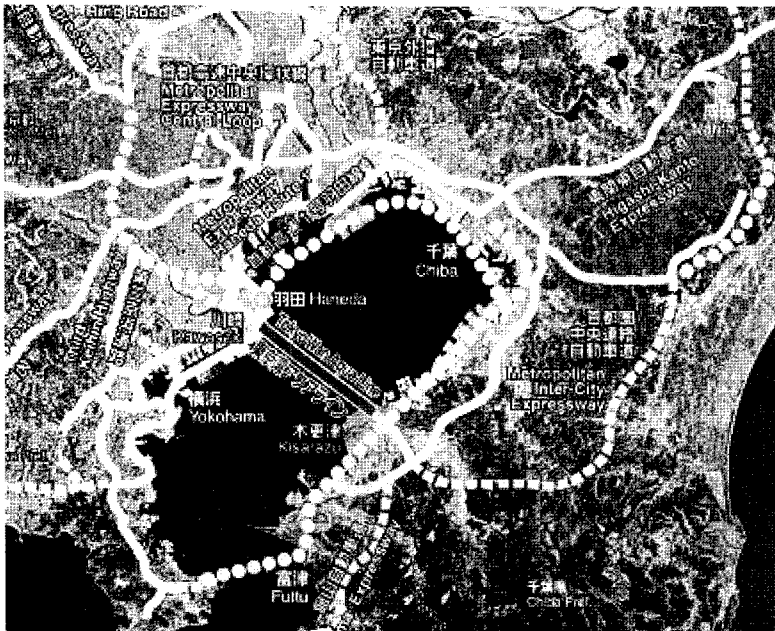
(주) 범창종합기술(hjjo@bumchang.co.kr)

본 고에서는 세계적으로 유명한 프로젝트인 일본 동경만 아쿠아라인과 프랑스 파리 A86 동터널의 방재설비에 관해 살펴봄으로서 향후 국내에서 발주될 터널의 방재시설 설계에 참고가 되고자 한다.

## 동경만 아쿠아라인

### 개요

아쿠아라인은 그림 1에 나와 있는 것처럼 동경만



[그림 1] 동경만 아쿠아라인 위치

을 가로질러 가와사키시와 기사라주시를 연결하는 총연장 15.1 km에 이르는 도로로서 그림 2에서 보는 것과 같이 4.4 km의 교량 1개소, 9.6 km의 해저 터널 1개소, 교량과 해저터널 연결부에 위치한 인공섬(우미호타루), 터널 환기를 위해 터널 중간부에 만들어진 환기탑 1개소로 구성되어 있다. 아쿠아라인은 1987년 7월부터 1997년 12월까지 약 10년에 걸쳐 건설되었고 총공사비는 1조 4409억엔이 소요된 것으로 알려지고 있다. 이 터널에 적용된 환기방식은 제트팬, 집진기 및 집중배기 방식을 조합한 종류식 환기방식이다. 특히 집진기는 바이패스 터널을 병설함으로써 발생하는 시공상의 어려움, 비용증대를 피하기 위해 터널 상부공간을 이용하여 설치하고 있다.

**터널 방재 시설**

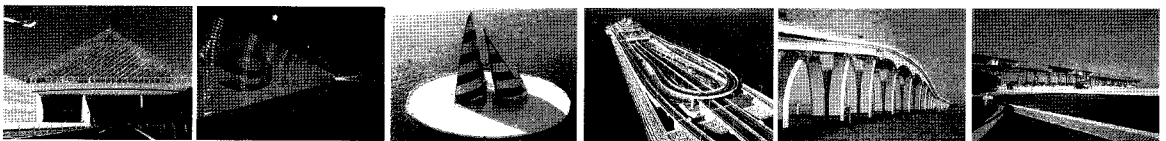
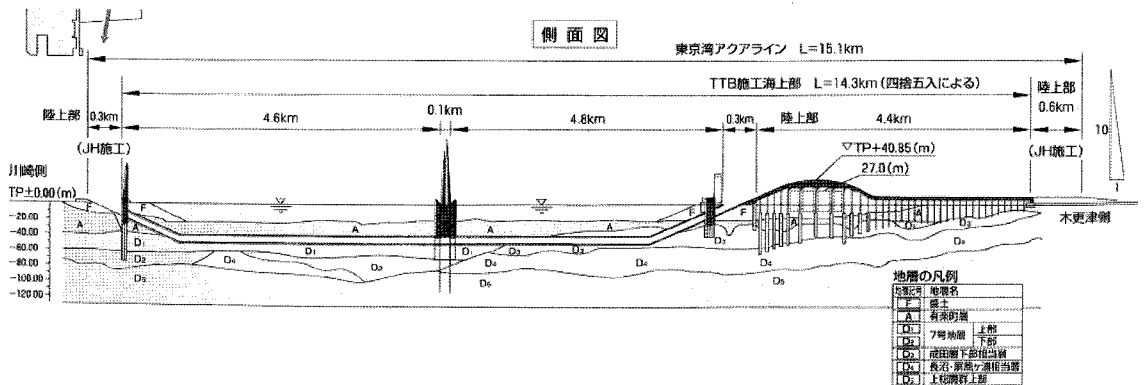
아쿠아라인의 해저터널은 1997년 완공당시 이미 최고 수준의 방재설비를 갖추었으며 주요 설비현황은 그림 3에 나와 있다. 특히 도로 유지관리나 화재와 같은 비상사 사고대응 및 대비를 위해 그림 4에 나와 있는 바와 같이 터널 도로하부 중앙부 빈 공간을 이용하고 있다. 그림에서 보듯이 전방에 화재사

고가 발생하면 사람은 터널입구 방향으로 이동하여 첫 번째 마주치는 미끄럼틀 형태의 피난연결로를 통해 탈출한 뒤 도로하부 유지관리용 공동구를 이용하여 대피하게 된다.

**파리 A86 East 터널**

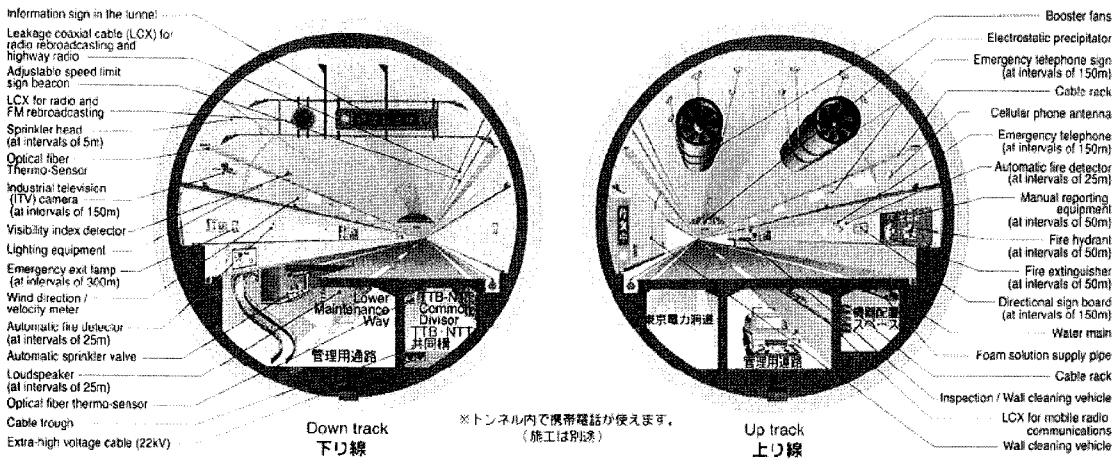
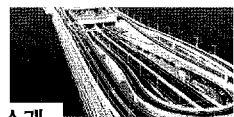
**개요**

A86 West Project는 그림 5와 같이 말메종에서 시작하는 두 개의 터널, A86도로 서쪽의 아직 연결되지 않는 구간을 이어주는 East 터널과 그 서쪽의 West 터널을 건설하는 사업이다. East 터널은 말메종(Rueil-Malmaison)에서 베르사유(Versailles) 남부지역의 RN286 고속도로 접속구간에 연결된다. West 터널은 말메종에서 A12도로의 Bailly 지역을 연결하는 구간이다. East 터널은 승용차 전용도로이며, West 터널은 모든 차량이 통행할 수 있는 도로로 운영될 계획이다. 현재 말메종에서 베르사유까지는 평균 45분 정도 소요되나, A86 East 터널이 연결되면 10분 정도가 소요될 것으로 예상된다. East 터널은 통과높이 2 m 미만의 승용차만 통행하는 터널이다. 여기에는 프랑스에서 사용되는 거의 대부분의 개인차량과 상업차량이

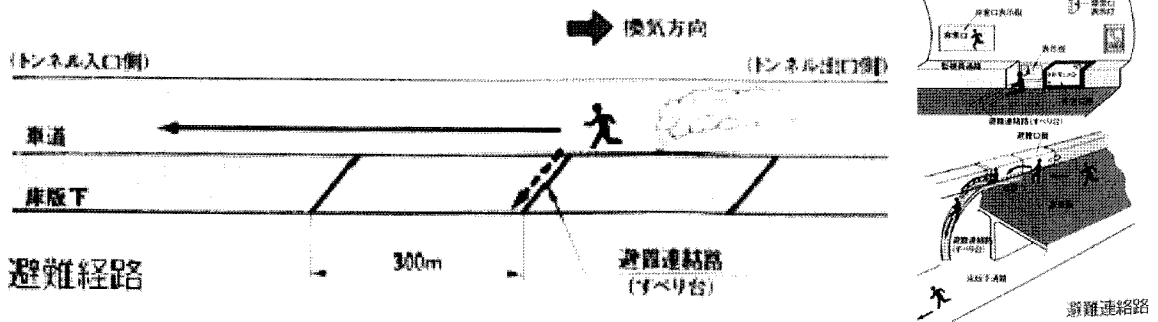


a) 우키시마 접속부      b) 터널부      c) 카제노도      d) 우미호타루      e) 교량부      f) 기사라주톨게이트

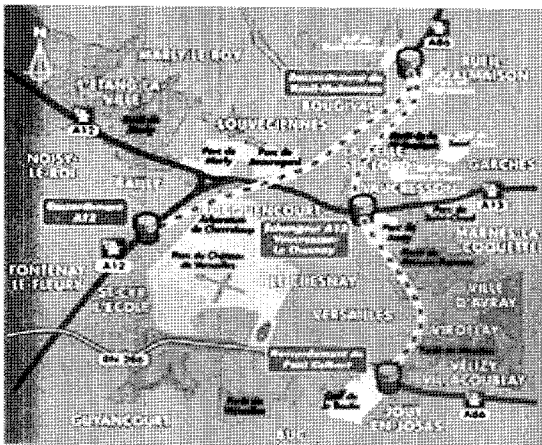
[그림 2] 아쿠아라인을 구성하는 여러 가지 구조물



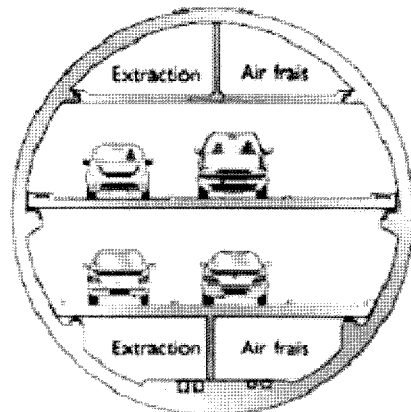
[그림 3] 터널 내부에 설치된 여러 가지 설비



[그림 4] 사고시 대피방향 및 피난연결로



[그림 5] A86 West Project



[그림 6] 터널 횡단면도

포함된다. 말메종에서 A13 인터체인지까지 70 km/h 속도로 4분 미만이 소요되고, 베르사유 남부의 출구까지는 10분 미만이 소요될 것으로 예상된다.

그림 6은 East 터널의 횡단면을 보여준다. 터널내부는 상하 복층구조로 이루어져 있으며, 상층은 말메종 방향의 차도이고, 하층은 베르사유 방향의 차도이다. 터널 상부와 하부에는 터널환기를 위한 급배기 덕트가 설치되어 있다. 터널의 외경은 11.5 m이고, 내경은 10.40 m이며, 높이 2.5 m이다. 차로는 각 방향별로 2차로의 주행차로와 1차로의 비상차로가 계획되어 있다.

터널의 전체 길이는 10 km이며, 말메종에서 A13 인터체인지까지는 4.5 km, 이후 베르사유까지는 5.5 km이다. 터널의 심도는 20 ~ 90 m 정도이다. 종단경

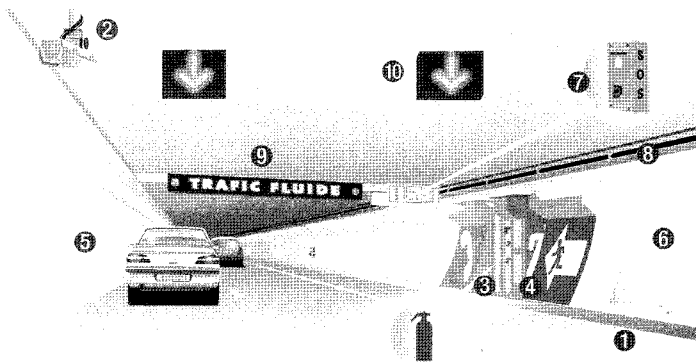
사는 최대 4.5% 미만이며, 차량의 제한속도는 70 km/h 이다.

**터널 방재시설**

세부 설비에 대해 설명하기에 앞서 터널에 설치된 주요 방재시설을 살펴보면 아래 그림 7과 같다.

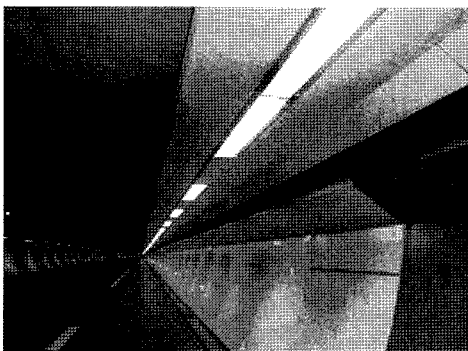
**• 운전자 편의를 위한 시설 계획**

조명시설은 눈부심을 방지하고 지상의 자연광에 가장 근접하도록 설계되었다. 넓게 채색된 차도와 벽체는 균일한 빛 반사를 보장하며, 운전자로 하여금 터널에 있다는 사실을 잊어버리도록 도와준다. 차도의 좌우측 벽에는 운전자의 시야를 유도하기 위한 LED 표시등이 설치되어 있다. 그림 8은 조명설

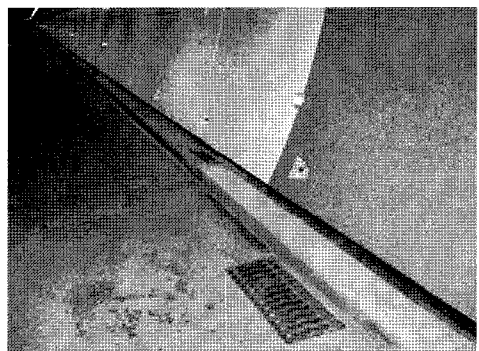


- ① 비상주차로
- ② 자동사고감지 CCTV (100m 간격)
- ③ 비상시설 (200m 간격)
- ④ 피난대피통로 (200m 간격)
- ⑤ 배기구
- ⑥ LED 표시등 (10m 간격)
- ⑦ 비상경보버튼 (40m 간격)
- ⑧ FM재방송설비
- ⑨ VMS 설비 (400m 간격)
- ⑩ LCS 설비

[그림 7] 터널 방재시설 배치도

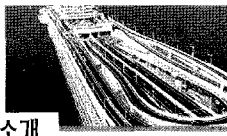


a) 조명설비



b) LED표시등

[그림 8] 조명설비와 LED표시등



비와 LED표시등의 설치모습을 보여준다.

또한 차도의 상부에는 VMS 설비(가변정보표지판)가 400 m 간격으로 설치되어 있으며, 교통상황 및 사고 또는 화재상황과 대피안내 등의 정보를 제공한다.

그림 9는 VMS 설비의 설치모습을 보여준다. 터널 내 공기는 급배기장치에 의해 배기가스를 10,000배 이상으로 희석하여 배출된다.

터널의 차도는 최소의 소음수준을 보장하기 위해 특별히 설계되었다. 공명현상을 감소시키고 주행안정성을 개선하기 위한 혼잡계 구조로 포장되었다. 모든 경사와 굴곡은 운전자를 위하여 운전능력을 향상시키고, 지루함과 단조로움을 감소시키기 위해 설계되었다.

근본적으로 터널 내에서 차량이 정체하지 않도록 톨게이트 입구에서 차량을 통제한다. 운전자의 안전을 증진시키기 위해 차량속도는 70 km/h로 제한된다.



[그림 9] VMS 설비(가변정보표지판)

• 사고 및 화재 감지설비

사고 및 화재를 감지하는 설비는 비상경보버튼, CCTV 카메라 및 화재감지설비가 설치되어 있다.

그림 10은 사고 및 화재 감지설비의 모습을 보여준다.

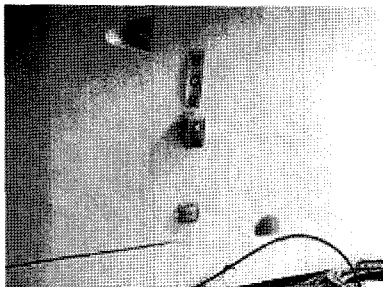
비상경보버튼은 40 m 간격으로 차도의 우측 벽에 설치되어 있으며, 운전자는 비상경보버튼을 눌러서 사고발생을 종합사령실에 알려줄 수 있도록 계획되어 있다.

CCTV 카메라는 100 m 간격으로 차도 상부에 총 350개가 설치되어 있으며, 교통사고 및 화재 등으로 차량이 정지하거나, 차량의 흐름에 이상이 생기면 10 초 이내에 자동으로 사고를 감지할 수 있는 시스템(IAD, Incident automatic detection)이 계획되어 있다. IAD는 프랑스 국립교통안전연구소와 Cofiroute가 함께 개발하였다.

반도체식 선형 화재감지설비는 터널 전 구간에 걸쳐 차도 상부에 설치되어 있다. IAD 시스템이 설치된 CCTV 카메라는 터널에서 사고 발생 시 차량 흐름의 변화를 감지하여 자동으로 사고발생을 통보하게 된다. 연이어, 사고발생 상황은 종합사령실의 감시 모니터에 사고차량 위치의 모습이 나타나며, 200 m 간격으로 설치된 VMS 설비와 FM 라디오방송설비를 통해 비상상황을 전파하게 되어 있다.

• 피난설비

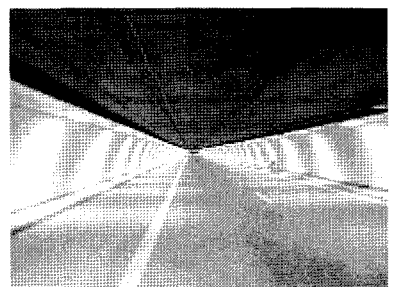
피난대피통로는 200 m 간격으로 설치되어 있으며, 50명의 인원이 대피할 수 있는 규모로 계획되어 있다. 피난대피통로는 상하층의 차도를 연결하는 계단



a) 비상경보버튼



b) CCTV 카메라



c) 화재감지설비

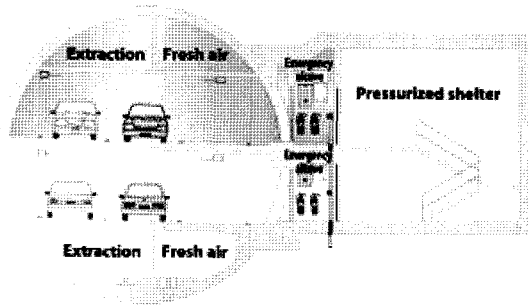
[그림 10] 피난대피통로 내부의 방재설비

으로 이루어져 있으며, 그림 11은 피난대피통로의 횡단면을 보여준다.

피난대피통로는 2시간 내화성능의 방화문으로 차단

되어 있고, 화재터널에서의 연기침입을 방지하기 위한 급기가압설비와 압력조절밸브가 설치되어 있다.

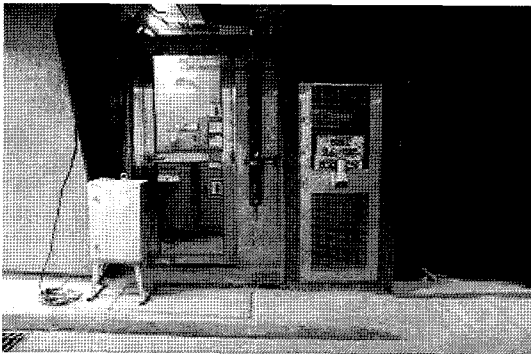
방화문 사이의 틈새에는 일정 온도이상에서 팽창



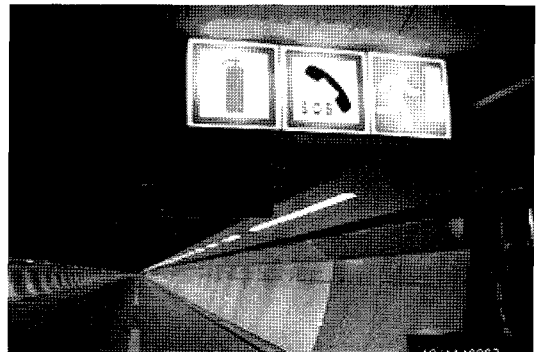
[그림 11] 피난대피통로 횡단면도



[그림 12] 피난대피통로 입구부 전경

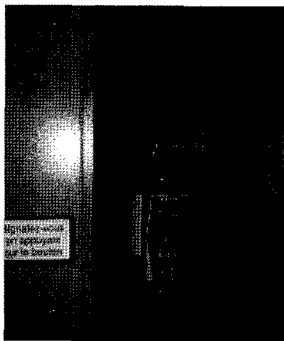


a) 소화전 및 챔버실

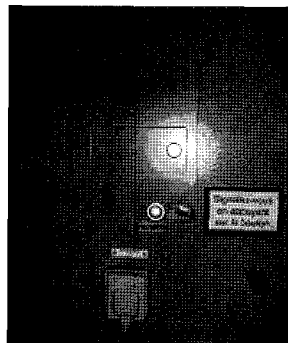


b) 피난대피통로 안내표지판

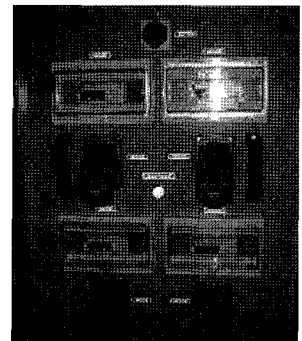
[그림 13] 피난대피통로 입구의 방재설비



a) 소화기

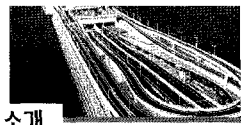


b) 비상전화



c) 비상전원

[그림 14] 챔버실 내부의 방재설비



하는 실링재가 구비되어 화재연기의 침입을 방지하도록 계획되어 있다.

그림 12는 피난대피통로의 입구부 전경을 보여주고 있으며, 이용자가 피난대피통로를 쉽게 인지할 수 있도록 도식화된 큰 그림으로 피난방향을 표현하였다. 화재 시 피난대피통로에 대피한 사람들은 일정시간 동안 반대방향 차도 쪽으로 탈출하지 못하도록 반대방향 차도 쪽 방화문이 폐쇄된다. 이것은 반대방향 차도를 운행하는 차량에 의한 2차 피해를 예방하기 위한 조치이다.

피난대피통로의 입구에는 소화전이 설치되어 있으며, 차도상부에는 소화기/비상전화/피난대피통로의 위치를 알려주는 안내표지판이 설치되어 있다.

소화전 옆의 챔버실에는 비상전화, 소화기, 비상전원이 구비되어 있다. 챔버실은 급기가압설비로 신선한 공기를 공급받도록 계획되어 있으며, 급기가압설비는 그림 12와 그림 13 a)와 같이 피난대피통로 급기가압설비와 함께 상하로 나란히 설치되어 있다.

그림 14는 피난대피통로 입구 옆의 챔버실에 설치된 각종 방재설비의 모습을 보여준다.

비상탈출계단은 그림 15와 같은 형태로 되어 있으며 1,000 m 간격으로 총 11개소가 설치되어 있으며, 3개소에는 급배기 환기설비가 설치되어 있다.

• 소화설비

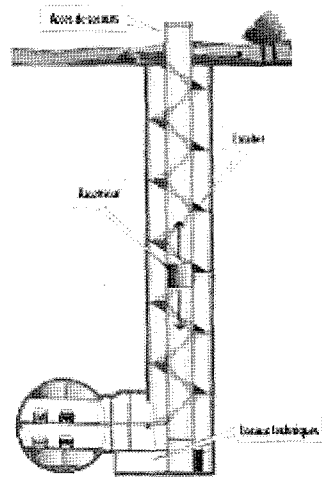
소화설비로는 앞에서 언급한 급수전과 소화기가 피난대피통로에 설치되어 있으며, 터널 전 구간에

걸쳐 차도 상부에 물분무(Water Mist)설비가 설치되어 있다.

그림 16은 물분무설비의 헤드 및 분배장치를 보여준다.

물분무 헤드는 국내에서 적용하고 있는 헤드와 비교할 때, 매우 미세한 입자로 물을 방사할 수 있는 헤드로 판단된다.

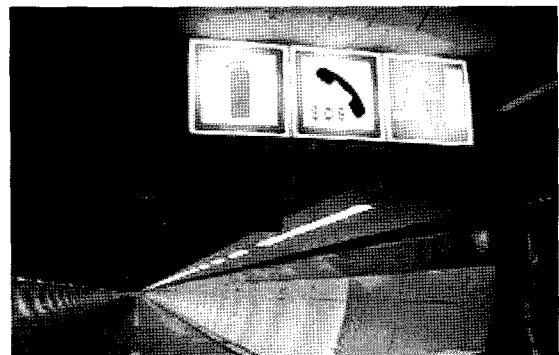
물분무 설비는 화재의 확대를 방지하고, 운전자의 피난대피 안전을 보호하기 위한 용도로 설치하였으며, East 터널은 차량의 통과높이가 2 m 미만으로 제한되므로 일반적인 소방차량은 진입할 수 없는 점을



[그림 15] 비상탈출계단

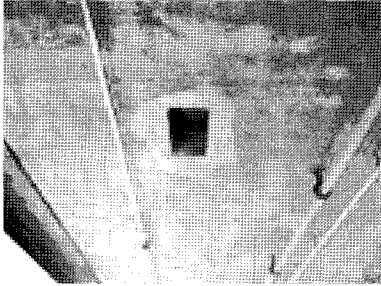


a) 물분무헤드



b) 분배장치

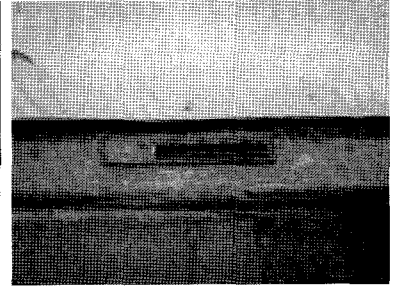
[그림 16] 물분무설비



급기구



배기구

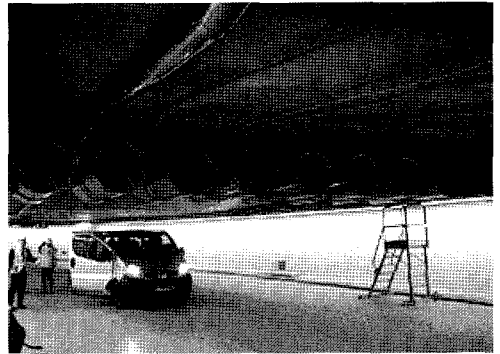
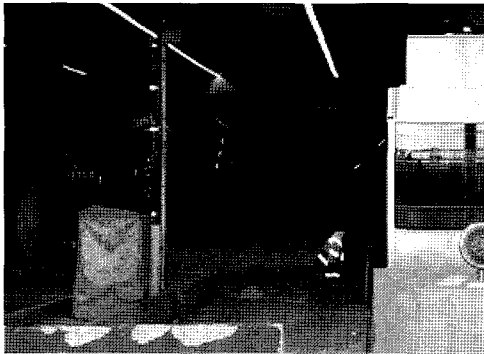


급기구

a) 상부차도(말메중방향)

b) 하부차도(베르사유방향)

[그림 17] 급배기구



[그림 18] 터널 입출구 젯트팬

고려할 때, 적절한 설비로 판단된다. 또한 East 터널에 진입이 가능한 소방차량을 특별히 제작하여 운영하고 있다.

• 제연설비

제연설비는 횡류식 환기시스템을 이용하여 화재지점에서 화재연기를 배출할 수 있도록 계획되어 있다. 제연설비는 총 3개소의 환기소에 설치되어 있으며, 터널 전 구간에 걸쳐 설치되어 있는 차도 상부 또는 하부의 급배기 덕트를 통해 화재연기를 배출한다. 급기구는 8 m 간격으로 설치되어 있고, 배기구는 400 m 간격으로 설치되어 있다. 상부차도의 급배기구는 차도 상부 천정에 위치하며, 배기구는 1개소에 4개의 배기땀퍼가 설치되어 있다. 하부차도의 급기구는 차도 측면 바닥에 위치하고, 배기구는 측면

에 위치하며, 개소별로 1개씩 설치되어 있다. 그림 17은 급기구와 배기구의 실제 모습을 보여준다.

터널의 입출구에는 그림 18에서와 같은 젯트팬이 설치되어 있으며, 젯트팬은 화재시 터널내 종방향 기류를 제어하여 횡류식 배연성능을 극대화하기 위하여 설치한 것으로 판단된다.

맺음말

세계적으로 주목 받았던 프로젝트였던 동경만 아쿠아라인 해저터널과 현재 공사중인 파리 A86 East 터널에 설치된 방재시설에 관해 살펴보았다. 우리나라도 해저터널 및 도심지 터널을 시공 중이거나 기획하고 있는 만큼 이 두 터널의 방재시설은 좋은 벤치마킹 대상이 될 것으로 기대된다. (✪)