

# (19) 대한민국특허청(KR)

## (12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>  
E21D 9/14

(45) 공고일자 2004년03월12일  
(11) 등록번호 10-0422201  
(24) 등록일자 2004년02월27일

(21) 출원번호	10-2001-0031033	(65) 공개번호	10-2002-0092128
(22) 출원일자	2001년06월02일	(43) 공개일자	2002년12월11일
(73) 특허권자	한국철도기술연구원 대한민국 437-825 경기도 의왕시 월암동 360-1		
(72) 발명자	김동현 대한민국 431-070 경기도안양시동안구평촌동초원마을럭키아파트509동204호 오일근 대한민국 135-836 서울특별시강남구대치1동506번지선경아파트1동901호 황선근 대한민국 449-840 경기도용인시수지읍풍덕천리동부아파트102동601호		
(74) 대리인	양재욱		
(77) 심사청구	심사관: 이선우		
(54) 출원명	연장 0.25킬로미터급 철도터널의 미기압파 저감용 후드		

### 요약

본 발명은 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드에 관한 것으로,

본 발명의 목적은 열차의 속도와 터널의 단면적 및 열차 전두부 형상을 고려하여 0.25km의 길이를 갖는 터널에 적합한 형상과 구조를 갖는 후드를 설계함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감시켜 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현저히 저감할 수 있도록함을 그 목적으로 한다.

상기한 목적은 연장 0.25km의 길이를 갖는 철도터널의 입,출구에 경사갱구를 설치하되, 터널입구측 경사갱구는 45도의 경사각도를 갖도록하고, 출구측 경사갱구는 15도의 경사각도를 갖는 한 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드를 구비함으로써 달성된다.

### 대표도

### 도4

### 명세서

#### 도면의 간단한 설명

도 1은 터널 미기압파 발생과정을 보인 상태도.

도 2a,b는 최근에 설치된 일본 신간선 터널입구 후드의 개관

도 3은 일본 산양신간선 동쪽 경운에 설치되어 있는 후드

도 4는 본 발명에 따른 미기압파 저감용 경사갱구형 후드의 구성도

도 5는 본 발명에 적용되는 철도차량 시험장치의 구성도

도 6은 본 발명에 적용되는 시험장치에 있어, 터널모델내부 풍압변동 및 미기압파 계측센서 위치를 나타낸 도면

도 7은 본 발명에 따른 후드가 터널입출구에 30도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면

도 8은 본 발명에 따른 후드가 터널입구에 45도, 출구에 15도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면.

도 9는 본 발명에 따른 후드가 터널입구에 45도, 출구에 30도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면.

도 10은 본 발명에 따른 후드가 터널입출구에 45도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면

도 11는 본 발명에 따른 후드가 터널입구에 45도, 출구에 60도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면.

도 12는 본 발명에 따른 후드가 터널입출구에 60도의 경사각도로 적용될 경우 미기압파 최대피크값을 나타낸 도면

## 발명의 상세한 설명

### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 열차의 터널진입시 발생하는 미기압파의 저감수단으로, 특히 0.25km 구간 터널의 입,출구측에 경사경구형 후드의 형성하여 미기압파를 현격히 저감되도록함으로써 터널 내공단면적을 최적으로 수행할 수 있도록 한 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드에 관한 것이다.

일반적으로, 부설된 궤도위로 철도차량을 운전하여 여객 및 화물을 운반하는 철도는 급속한 산업발전에 발맞추어 점차적으로 고속화되는 추세에 있는바, 근래에 들어 고속으로 운행되는 고속철도가 프랑스, 독일, 일본 등의 선진국에서 이미 운행되고 있으며, 알려진 바와같이 우리나라 또한 경부고속철도가 2004년에 완공될 예정에 있어, 이른바 고속철도시대를 눈앞에 두고 있다.

이에, 2004년 완공을 앞두고 건설중인 고속철도는 국토의 70%가 산악지대인 우리나라의 지리적 특성에 기인되어 다수개의 교량구간과 함께 터널구간을 갖는 것인데,

여기서, 고속철도에 지나가는 터널은 고속으로 진행하는 열차가 터널의 내부로 진입할 때, 즉 터널의 입구 근처의 열차전두부 앞부분에서 압력파가 생성되는바,

이러한, 압력파는 파동의 앞에 정지하고 있는 공기를 압축하고 가속하여 음속으로 터널을 따라 전파되며, 이는 터널의 출구부분에서 팽창파로서 열차를 향하여 뒤로 반사됨과 동시에 펄스형태의 압력파가 출구로부터 주위환경인 밖을 향하여 방사된다.

위와같은 현상은 도 1에 도시된 바와같이 3단계로 발생되는 것으로,

1단계에서는 고속의 열차가 터널에 진입함에 따라 압력파가 형성되고, 2단계에서는 압력파가 터널내부로 전파되어 압력파형이 변형되며, 3단계에서는 터널출구로부터 미기압파(micro pressure wave)가 방사되는 것이다.

이러한 충격파는 초음속 비행기에 의해서 생성된 소닉붐처럼 강력한 소음을 발생시키게 되는데, 이러한 미기압파에 의한 저주파 진동이 주변 민가의 창문이나 문틀을 심하게 흔들게됨에 따라 이에 대한 대책마련을 요하게 되었다.

여기서, 터널입구에 형성되는 압축파의 파형( $\Delta P$ )은 열차의 돌입속도와 선두형상, 단면비 등에 의존되는 것으로 기대되지만, 해석적인 방법으로 올바른 기준값을 얻기는 매우 곤란한 것인데,

이러한 이유로 인해 수치계산 및 실험적 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 공기음향이론(aeroacoustic theory)에 의하면 터널 출구로부터 나오는 강력한 소음의 크기는 출구에 도착하는 압축파의 압력변화에 대한 최대 시간 변화율, 즉 압축파의 파면 압력구배에 비례한다고 알려져 있어, 본 발명에서는 이에대한 터널미기압파 저감대책으로서 선로구축물쪽의 대책 중하나인 후드(터널내의 공기를 서서히 압축하기 위한 완화구간 시설물)를 터널입구에 설치하는 방법을 강구하게 되었다.

이러한 터널후드는 우리나라와 지리적 특성이 유사한 일본의 신간선에서 그 전례를 찾아볼 수 있다,

신간선의 경우, 비교적 긴 터널의 출구에서 공기압음이 발생하여, 출구부근의 가옥이 진동됨은 물론 강한 소음으로 인한 소음공해 문제가 대두되었는데, 이러한 현상들은 슬라브케도 적용에 의해 터널벽면의 주위 전체가 매끄럽게 구성되어 압력파의 전면이 수직(지면측)으로 형성되는 "파의 비선형 효과"에서 기인되는 것이었다.

미기압파 저감대책의 원리는 터널출구에 도달한 미기압파 전면의 구배를 작게하는 것으로, 이에는 여러가지 방법이 있는데, 현재 일본의 산양(山陽) 및 동북(東北) 상월(上越)신간선에서는 터널입구에 수십 미터의 길이를 갖는 후드를 설치하는 방법이 적용되고 있다.

도 2a,b는 최근에 설치된 일본 신간선 터널입구 후드의 개관을 나타내었다. 이에, 도 2a는 강재구조로 설치된 후드이며, 도 2b는 반대편 터널출구로서 이 부근지역에 방사되는 미기압파를 줄이기 위한 것이다.

도 3은 일본 산양신간선 동쪽 경운에 설치되어 있는 49m에 달하는 최장길이의 후드이다.

하지만, 도 2의 a,b와 도 3에서 나타난 바와같이 본 발명의 선행기술인 일본 신간선은 열차의 진입속도가 160 - 260 km/h영역에 대한 미기압파 저감대책으로서, 터널입구 후드 벽면으로 창문을 뚫는 형태이고, 특히 이와같은 후드형태를 얻기위한 구체적 데이터( 즉, 후드의 길이, 측면개구율, 슬릿가리개의 크기 등)와 그 제원 및 미기압파의 저감효과가 입증되어 있지 않은 것이며,

더욱이, 우리나라의 고속철도는 열차속도가 240 - 380 km/h에 달하며, 터널과 열차의 단면적비 및 길이에서 차이점을 갖는 것으로서, 위와같은 구체적 기술과 효과가 입증되어 있지 않은 일본의 선행기술을 적용할 수 없는 것이었다.

또한, 실제 사용중인 경부고속철도의 단면적이 107cm<sup>2</sup>으로 매우 크기 때문에 열차의 터널진입시 터널출구에서 미기압파(micro pressure wave)에 의한 폭발음은 발생되지 않겠으나 미기압파에 의한 저주파 진동이 주변민가의 창문이나 문틀을 심하게 흔들어 놓을 수 있기 때문에 이에 대한 대책마련이 필요한 것이다.

#### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명은 터널미기압파 저감대책으로서, 우리나라의 고속철도에 적합한 후드개발을 위해 창안된 것으로,

본 발명의 목적은 열차의 속도와 터널의 단면적 및 열차 전두부 형상을 고려하여 0.25km의 길이를 갖는 터널에 적합한 형상과 구조를 갖는 후드를 설계함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감시켜 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현격히 저감할 수 있도록함을 그 목적으로 한다.

상기한 목적은 연장 0.25km의 길이를 갖는 철도터널의 입,출구에 경사경구를 설치하되, 터널입구측 경사경구는 45도의 경사각도를 갖도록하고, 출구측 경사경구는 15도의 경사각도를 갖는 한 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드를 구비함으로써 달성된다.

## 발명의 구성 및 작용

이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부도면에 의거 상세히 설명하기로 한다.

도 4는 본 발명에 따른 미기압파 저감용 후드의 구성도이다.

이에 도시된 바와같이 본 발명에 따른 미기압파 저감후드는 경사궤구형으로서, 슬라브 궤도형태의 터널입,출구에 터널의 수직단면과 동일한 형상으로 각,각 연장형성되는 것이며, 각 입,출구 후드는 하부측에서 상부측으로 갈수록 점차적으로 길이가 짧아지는 경사진 형태의 종단부를 갖게 된다.

여기서, 본 발명에 따른 저감후드는 궁극적으로 열차의 터널진입시 발생하는 압축파 전면의 구배를 초기에 완화시키고자 한 것으로, 본 발명의 저감후드의 정확한 형상과 크기를 위해 본 출원인에 의해 선출원된 도 5의 열차모형 시험장치를 적용하여 후드의 미기압파 저감성능을 파악하였다.

상기한 시험장치로 적용된 차량 대 터널의 단면차단비(block ratio)는 8.88%로서, 이는 경부고속철도에 적용되는 차량과 터널을 기초로 한 것이고, 상기 시험장치의 열차속도범위는 210~380 km/h의 범주내에서 수행하였고, 열차와 터널의 단면적비, 터널의 길이와 열차의 길이 등이 일정한 상태에서 터널입출구 경사각도를 변화시키면서 터널내의 압력변동과 터널 출구에서 반사되는 미기압파를 측정하였다.

한편, 본 발명에서는 후드의 미기압파 저감성능을 산출하기 위해 아래와 같은 경험식을 적용하였으며, 이는 터널과 차량의 단면비에 관계없이 적용할 수 있는 것이다.

$$P_{max} = \Gamma \cdot U^3 / 10^6$$

여기서,  $P_{max}$ 는 미기압파의 최대값이고,  $\Gamma$ 는 미기압파의 저감계수이며,  $U^3$ 는 열차의 터널진입시의 속도[km/h]이다.

터널연장 0.25km급에 대한 터널모델은 도 6에서와 같이 60/1 축척으로 4.167m이고, 터널내 압력변동 측정점(4개소)과 터널출구 미기압파 측정위치에 풍압변동 및 미기압파 계측 센서를 갖는 것이며, 터널출구 미기압파 측정위치는 복선터널에서 열차통과 선로 반대쪽에서 측정하는데 터널중심선의 터널출구면 위치에서 도 5에 도시된 바와 같이 초저주파 음압계를 45도 각도로 333.33mm 거리에서 측정하였다.

이에, 터널진입속도 210 km/h ~ 380 km/h 영역에서 경사궤구를 터널입구와 출구에 달리 적용하였을 경우, 각 실시예별로 미기압파의 저감효과를 측정하였으며, 이러한 각 실시예의 미기압파 최대 피크값을 도 7 - 도 12로 도시하였다. (각 도면에서 세로축은 미기압파 최대 피크 값이며, 각각의 도면에서  $\Gamma=1.15$ 에 해당되는 그래프는 터널 입출구에 경사궤구를 적용하지 않은 0.25km급 터널의 미기압파 최대 피크값이다.)

또한, 도 13은 도 7 - 도 12를 통해 산출된 결과를 나타낸 것으로, 이를 통해 확인할 수 있는 바와같이 연장 0.25km급 터널에서 터널 입, 출구 경사각도가 60도인 경우 미기압파 저감율이 최소인 25.2%로 나타났고, 터널입구 45도 경사궤구 터널출구 15도 경사궤구인 경우 최대 67.8%의 미기압파 저감효과를 갖는 것으로 나타났다.

따라서, 연장 0.25km급 터널에 대해서는 터널입구 경사궤구의 경사각도가 45도에 가깝게 작아질수록, 터널출구의 경사각도가 15도 각에 가깝게 작아질수록 미기압파 저감효과가 커지는 것을 알 수 있다.

## 발명의 효과

이상과 같이, 본 발명에 따른 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드는 열차의 속도와 터널의 단면적 및 열차 전두부 형상을 고려한 시험장치를 통해 적합한 형상과 구조를 갖는 경사궤구를 설계, 실제 0.25km급 고속철도의 터널에 적용할 수 있는 최적의 후드를 제공함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감하는 효과를 갖는 것으로서, 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현격히 저감할 수 있는 것으로, 괄목할 만한 기대효과를 제공할 수 있는 것이다.

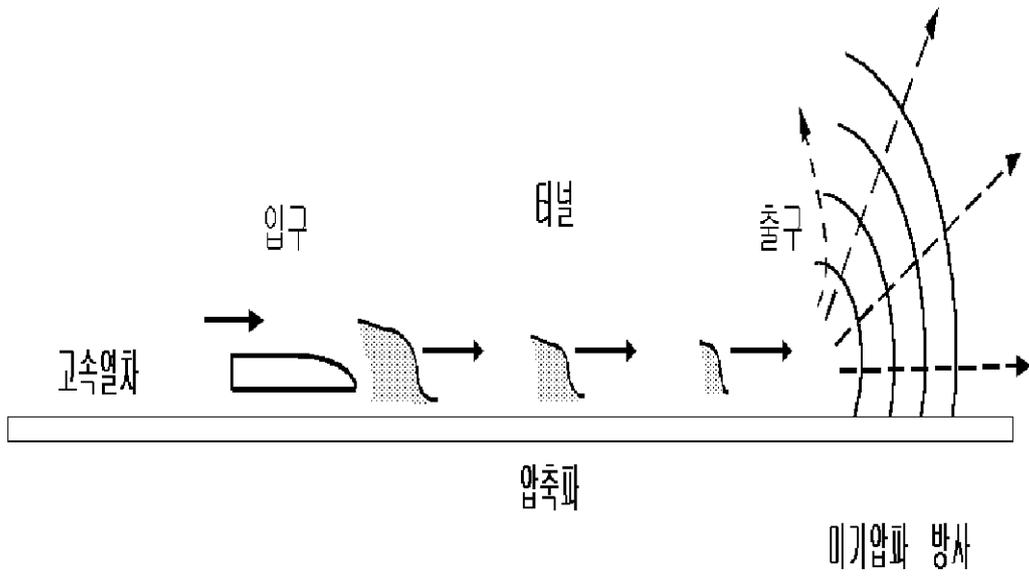
## (57) 청구의 범위

### 청구항 1.

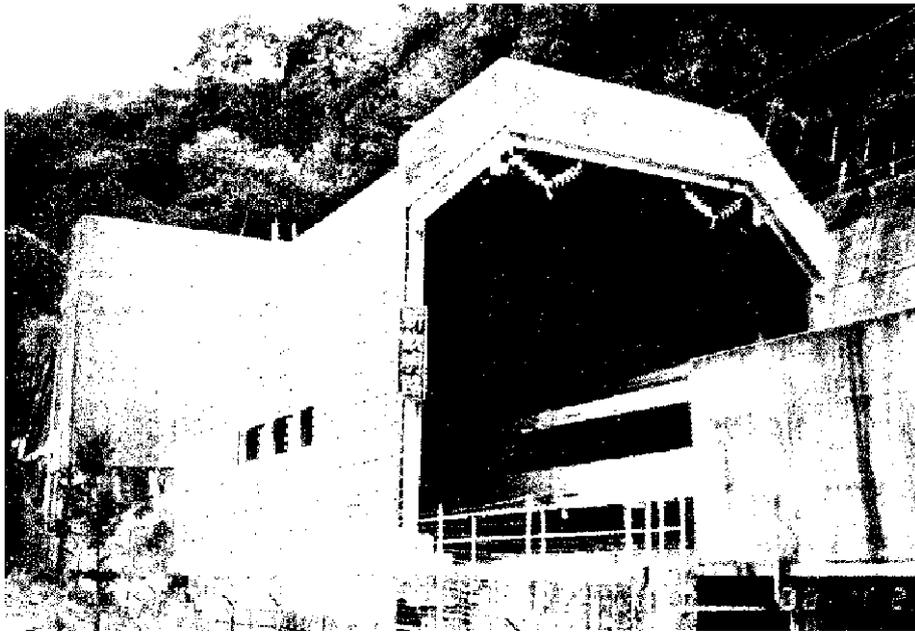
연장 0.25km의 길이를 갖는 철도터널의 입,출구에 경사궤구를 설치하되, 터널입구측 경사궤구는 45도의 경사각도를 갖도록하고, 출구측 경사궤구는 15도의 경사각도를 갖도록 설치구성됨을 특징으로 하는 연장 0.25km급 철도터널의 미기압파 저감용 후드.

## 도면

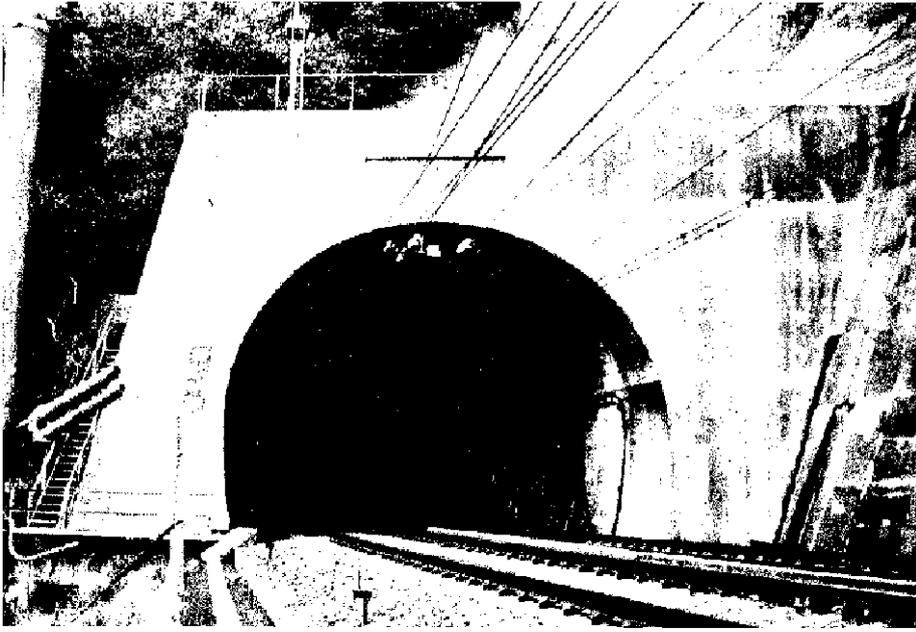
도면 1



도면 2a



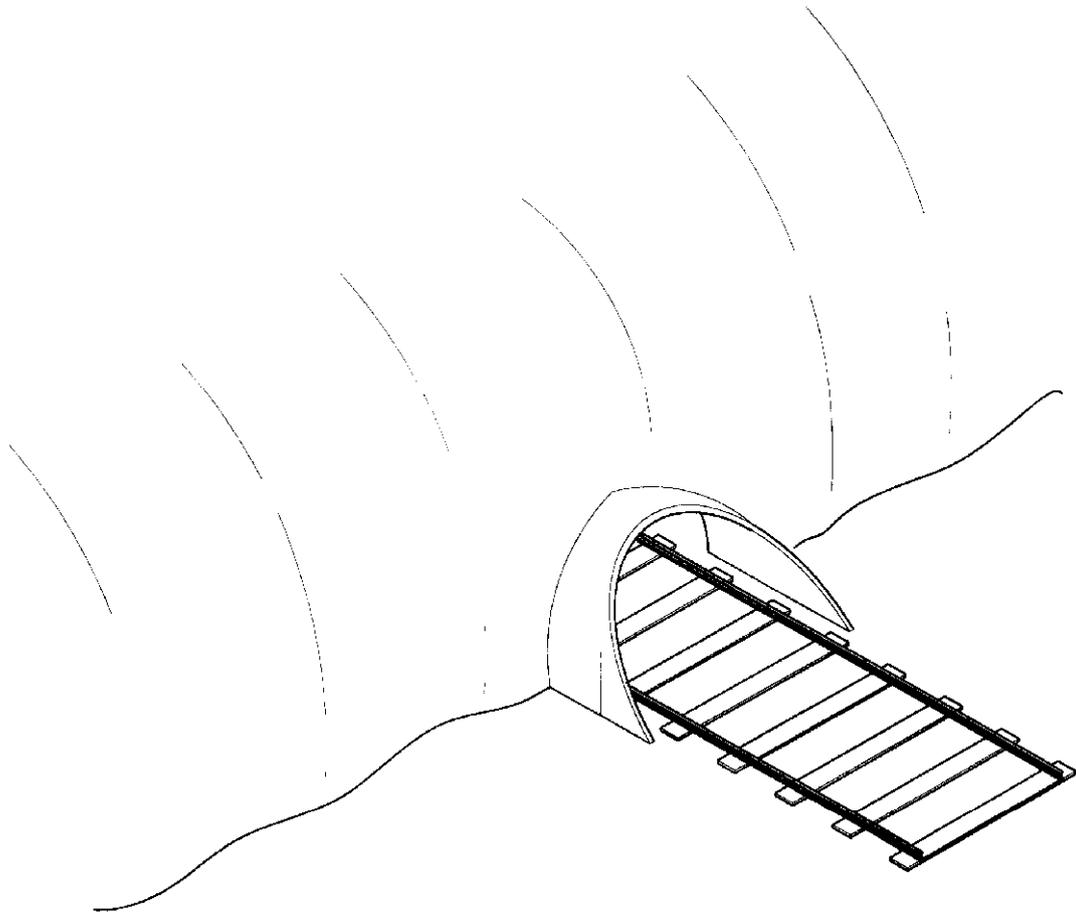
도면 2b



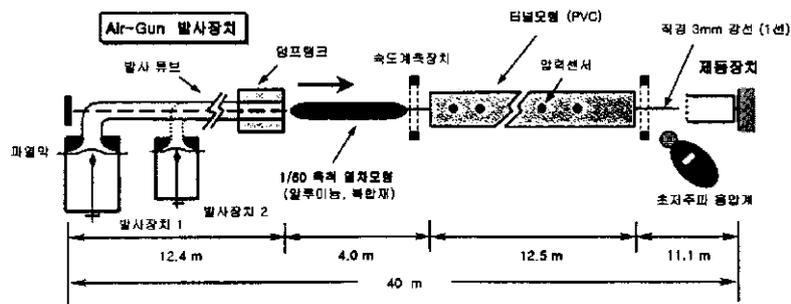
도면 3



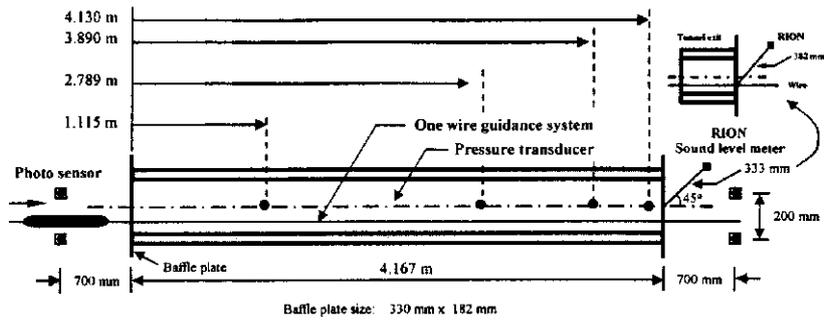
도면 4



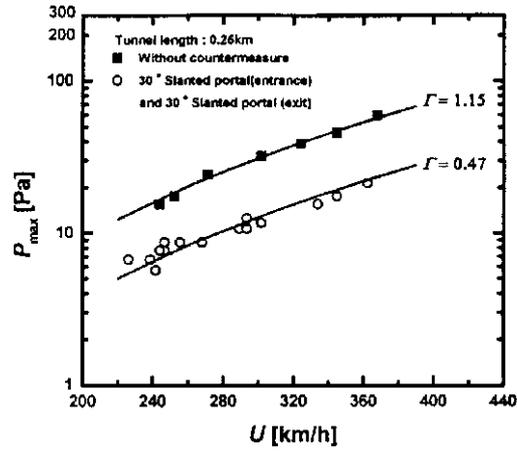
도면 5



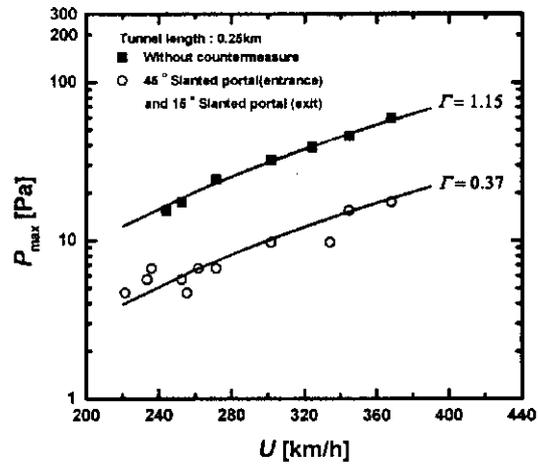
도면 6



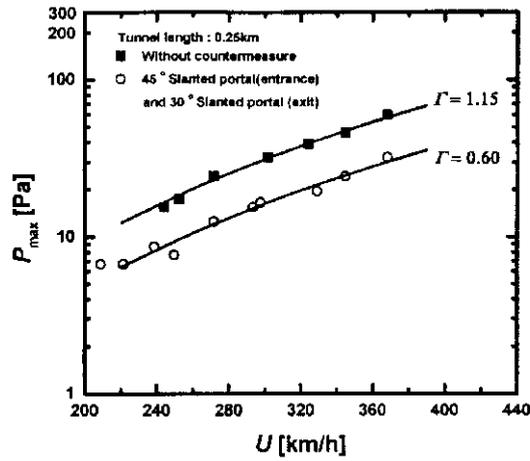
도면 7



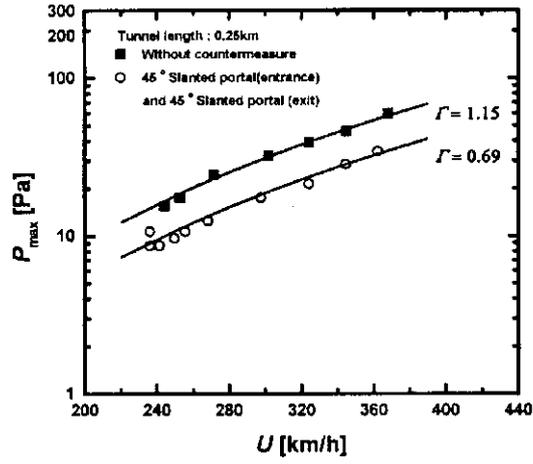
도면 8



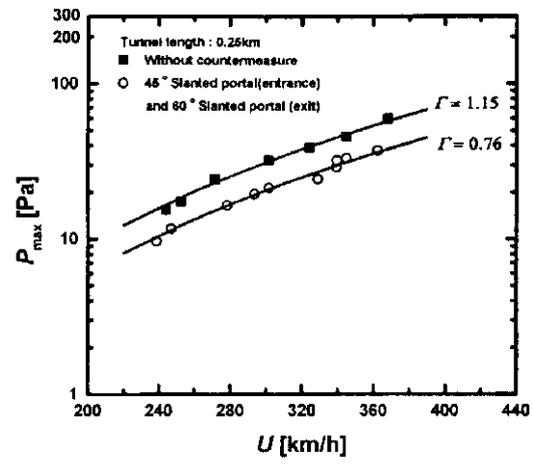
도면 9



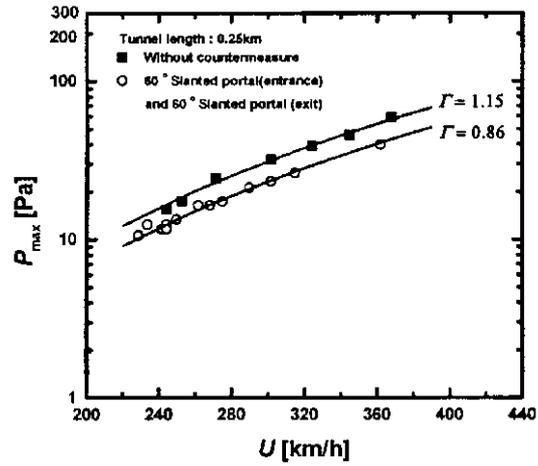
도면 10



도면 11



도면 12



경사갱구의 형태			유효속도영역 (km/h)	미기압파 저감계수( $\Gamma$ )	미기압파 저감율(%)
터널길이	입구	출구			
0.25km	무대책		240~370	1.15	기준
	30°	30°	220~370	0.47	59.1
	45°	15°	220~370	0.37	67.8
	45°	30°	210~370	0.60	47.8
	45°	45°	230~370	0.69	40.0
	45°	60°	240~360	0.76	33.9
	60°	60°	220~360	0.86	25.2