

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
E21F 17/00

(45) 공고일자 2002년04월09일
(11) 등록번호 10-0331954
(24) 등록일자 2002년03월26일


(21) 출원번호	10-1999-0051347	(65) 공개번호	특2001-0047230
(22) 출원일자	1999년11월18일	(43) 공개일자	2001년06월15일
(73) 특허권자	한국철도기술연구원, 안우희 대한민국 437-825 경기 의왕시 월암동 374-1		
(72) 발명자	김동현 대한민국 431-070 경기도안양시동안구평촌동초원마을럭키아파트509동204호		
(74) 대리인	양재욱		
(77) 심사청구	심사관: 김영표		
(54) 출원명	철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드		

요약

본 발명은 철도터널의 미기압파 저감용 슬릿후드에 관한 것으로, 본 발명의 목적은 열차의 속도와 터널의 단면적 및 열차 전두부 형상을 고려하여 적합한 형상과 구조를 갖는 슬릿후드를 설계함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감시켜, 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현격히 저감할 수 있도록함을 그 목적으로 한다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 구체적인 수단으로는;

터널내 파면 압력구배의 저감에 따른 미기압파의 대기방출을 억제하기 위해 터널의 입구측에 돌출형성되는 본체의 양측벽으로 개구부가 대칭구성되고 본체의 전방부로는 한쌍의 경사판이 돌출형성되는 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드에 있어서,

상기 개구부의 상부측 근접위치에 적어도 개구부를 수용할 수 있는 길이를 갖으며  형태로 절곡구성되는 가리개를 상기 본체의 양측벽에 일체로 형성한 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드를 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 갱문에 설치되어 있는 49m에 달하는 최장길이의 후드
 - 도 4는 본 발명에 따른 미기압파 저감용 슬릿후드의 구성도
 - 도 5는 본 발명에 따른 슬릿후드의 또 다른 실시예를 보인 구성도
 - 도 6은 도 4에 도시된 본 발명의 슬릿후드의 시험결과 산출된 값을 나타낸 그래프
 - 도 7은 도 5에 도시된 슬릿후드의 시험결과 산출된 값을 나타낸 그래프
 - 도 8은 본 발명의 슬릿후드에 있어, 터널의 입구측에만 설치된 슬릿후드의 개구부 크기를 작게한 경우 산출된 값을 나타낸 그래프
 - 도 9는 도 5에 도시된 형태의 슬릿후드를 터널의 입구와 출구에 설치한 경우 터널의 출구에서 산출된 미기압파의 값을 나타낸 그래프
 - 도 10은 본 발명에 따른 슬릿후드에 있어, 슬릿후드자체의 길이를 작게 한 경우 산출된 미기압파의 값을 나타낸 그래프
 - 도 11은 도 6 - 도 10의 시험조건을 종합한 표
 - 도 12는 도 6 -도 10을 통해 산출된 결과를 나타낸 표
 - 도 13은 본발명의 슬릿후드와 경사갱구를 혼용설치한 경우 터널의 출구에서 산출된 미기압파의 값을 나타낸 그래프
 - 도 14는 본 발명에 따른 슬릿후드를 시험하기 위한 열차모형 시험장치의 구성도
 - 도 15는 미기압파 저감에 효과적인 슬릿후드의 길이를 실험의 결과표
 - 도 16은 슬릿후드 개구부로 형성된 가리개의 효과와 길이를 결정하기 위한 실험의 결과표
- <도면주요부위에 대한 부호의 설명>

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 철도터널의 미기압파 저감용 슬릿후드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 열차의 터널진입시 발생하는 미기압파의 저감수단으로, 터널의 입구측에 경사경구형태의 슬릿후드를 형성하여 미기압파를 현격히 저감되도록하므로써 터널 내공단면적을 최적으로 수행할 수 있도록 한 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드에 관한 것이다.

일반적으로, 철제의 궤도를 부설하고, 그 위에 철도차량을 운전하여 여객 및 화물을 운반하는 철도는 급속한 산업발전에 맞맞춰 점차적으로 고속화되는 추세에 있는바,

이와같은 고속철도는 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 진행되는 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($\Delta P(x)$)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, 이에 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 갭문에 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.

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 적합한 형상과 구조를 갖는 슬릿후드를 설계함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감시켜, 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현격히 저감할 수 있도록함을 그 목적으로 한다.

상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 구체적인 수단으로는;


터널내 파면 압력구배의 저감에 따른 미기압파의 대기방출을 억제하기 위해 터널의 입구측에 돌출형성되는 본체의 양측벽으로 개구부가 대칭구성되고 본체의 전방부로는 한쌍의 경사판이 돌출형성되는 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드에 있어서, 상기 개구부의 상부측 근접위치에 적어도 개구부를 수용할 수 있는 길이를 갖으며  형태로 절곡구성되는 가리개를 상기 본체의 양측벽에 일체로 형성한 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드를 구비함으로써 달성된다.

발명의 구성 및 작용

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

도 4는 본 발명에 따른 미기압파 저감용 슬릿후드의 구성도이고, 도 5는 본 발명에 따른 슬릿후드의 또 다른 실시예를 보인 구성도이다.

이에 도시된 바와같이 본 발명에 따른 슬릿후드(1)는 사각체 형상을 취하며 터널의 입구를 수용하는 형태로 돌출구성되는 본체(11)의 양측벽에 사각통공으로서 가리개(121)를 갖는 개구부(12)가 구성된다.

이때, 상기 본체(11)는 터널의 내공단면적에 비해 1.3배의 단면적을 갖는 사각체인데, 이러한 본체(11)의 양측벽에 형성되는 개구부(12)는 적어도 본체(11)의 길이보다 작은 길이를 갖는 사각통공이며, 이와같은 개구부(12)의 상부측 근접위치로는 적어도 개구부(12)를 수용할 수 있는 길이를 갖으며  형태로 절곡구성되는 가리개(121)가 상기 본체(11)의 양측벽에 일체로서 돌출형성되는 것이다.

또한, 도 5는 상기한 본체(11)의 전방부 양측단부로 한쌍의 경사판(13)이 돌출형성되는 것인데, 이와 같은 경사판(13)이 갖는 경사각은 15도로 향이 바람직하다.

여기서, 상기와 같은 본 발명의 경사경구형 후드의 정확한 형상과 크기를 위해 본 출원인인 한국철도기술연구원에서 특허출원 1999-47746호로 선출원된 열차모형 시험장치(도 10으로 도시됨)를 적용하여 후드의 미기압파 저감성능을 파악하였다.

이때, 미기압파는 열차의 터널진입시 생성되는 압축파의 시간에 따라 터널의 출구에서 그 강도가 결정되기 때문에 본 발명에서는 공지된 슬릿후드와 같은 공기역학적인 구조물을 터널의 입구 또는 입,출구측으로 설치함에 있어, 개구부의 길이, 측면개구면적, 개구부의 크기 등을 변화시킨 실험을 통해 고속으로 주행하는 열차의 터널진입시 터널내의 공기를 서서히 압축되도록 할 수 있는 슬릿후드의 정확한 형상과 구조를 얻고, 특히 이러한 슬릿후드로 가리개를 형성함으로써 보다 탁월한 미기압파 저감효율을 얻을 수 있도록 한 것이다.

이에, 상기한 시험장치로 적용된 차량 대 터널의 단면차단비(block ratio)는 8.88%로서, 이는 경부고속철도에 적용되는 차량과 터널을 기초로 하되, 터널은 0.5km의 길이를 갖는 슬라브케도 터널(열차모형 시험장치에서는 1/60축척시험이므로 8.34m임.)을 적용하고, 상기 시험장치의 열차속도범위는 220-400 km/h의 범주내에서 수행하였으며, 열차와 터널의 단면적비, 터널의 길이와 열차의 길이 등이 일정한 상태에서 슬릿후드(1)의 내공단면적을 터널단면적의 1.3배로 하고, 슬릿후드의 길이를 실척환산값인 6.1m와 12.8m와 18.9m로 가변한 상태에서 슬릿후드 양측면의 개구부((12)슬릿)의 크기와 가리개의 크기를 달리하여 터널내의 압력변동과 터널출구에서 방사되는 미기압파를 측정하였다.

한편, 본 발명에서는 슬릿후드(1)의 미기압파 저감성능을 산출하기 위해 아래와 같은 경험식을 만들었으며, 이는 터널과 차량의 단면비에 관계없이 적용할 수 있는 것이다.

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

여기서, P_{max} 는 미기압파의 최대값이고, Γ 는 미기압파의 저감계수이며, U^3 는 열차의 터널진입시의 속도[KM/H]이다.

이에, 도 6은 도 4에 도시된 본 발명의 슬릿후드의 시험결과 산출된 값을 나타낸 그래프로서, 이는 아무런 대책도 마련되지 않은 기존 터널의 입구측에 가리개가 포함된 개구부를 갖는 슬릿후드를 설치하여 터널의 출구에서 발생하는 미기압파의 최대측정값을 나타낸 것이며, 도 7은 도 5에 도시된 슬릿후드(기존 터널의 입구측에 개구부와 경사판을 갖는 슬릿후드를 설치한 슬릿후드)의 시험결과 산출된 값을 나타낸 그래프이며, 도 8은 본 발명의 슬릿후드에 있어, 터널의 입구측에만 설치된 슬릿후드의 개구부 크기를 작게한 경우 산출된 값을 나타낸 그래프이고, 도 9는 개구부와 경사판을 갖는 슬릿후드를 터널의 입구와 출구에 설치한 경우 터널의 출구에서 산출된 미기압파의 값을 나타낸 그래프이며, 도 10은 본 발명에 따른 슬릿후드에 있어 슬릿후드자체의 길이를 작게 한 경우 산출된 미기압파의 값을 나타낸 그래프로서, x 축과 y축은 각각 열차의 터널진입속도와 터널출구에서의 미기압파 최대값을 나타낸 것이다.

여기서, 도 6, 도 7, 도 9에 적용된 슬릿후드는 슬릿후드의 최적의 길이가 실척환산값인 12.8m일 경우, 개구부의 길이를 10.4m, 높이를 1.1m로서 적용한 것인데,

이는 도 15와 같이 본 발명에 적용되는 시험장치에 있어, 8.34m(실척 0.5km)슬라브케도 터널에서 A1 MODEL(△표시, 213mm(실척12.8m)), A6 MODEL(●표시, 실척 6.1m), A7 MODEL(▼표시, 실척 18.9m)을 시험한 결과표를 통해 알 수 있듯이 A1 MODEL, A7 MODEL인 경우 최대 압력구배가 비슷하게 낮게 나오는 것을 알 수 있는바, 건설비용의 절감차원에서 A1 MODEL(실척12.8m)가 효과적인 것임을 알 수 있고, 그밖의 개구부 길이와 개구부 높이는 일련의 시험에서 가장 효과적인 결과를 통해 얻은 것이다.

또한, 도 8과 같이 개구부의 크기를 작게한 경우의 개구부 높이는 실척 0.54m이며, 도 10과 같이 자체길이를 작게한 슬릿후드는 실척 6.1m의 길이를 갖는 것으로서, 도 11은 위와같은 도 6 - 도 10의 각 슬릿후드의 조건을 종합한 표이다.

이에, 도 12는 도 6 - 도 10을 통해 산출된 결과를 나타낸 것으로, 이를 통해 확인할 수 있는 바와같이 도 6의 슬릿후드는 기존의 터널에 비해 41.2%의 미기압파 저감성능을 갖는 것으로 나타났고, 개구부(12)의 영향을 보기위한 형태로서 개구부의 높이를 도 6의 절반으로 줄인 도 8과, 슬릿후드 자체길이변화에 따른 영향을 보기위한 형태인 도 10의 슬릿후드는 상대적으로 도 6의 슬릿후드보다 미기압파 저감성능이

저하되는 것으로 나타났으며, 도 6과 같은 슬릿후드를 입,출구측에 모두 설치한 도 9의 경우에는 입구측에만 설치할 경우보다 1.1%의 저감율 향상을 갖는 것으로, 이는 큰 폭의 저감율 향상을 기대할 수 없어 경제성이 미약한 것으로 나타났다.

따라서, 본 발명에 따른 슬릿후드(1)의 최적설계는 슬릿후드(1)의 길이와 개구부(12)의 길이의 차이가 없도록 하며, 가리개(121)를 설치한 것이 설치하지 않은 것보다 미기압파 저감효율이 우수한 것으로 나타났는데,

이는 도 16에서와 같이 개구부가 없이 막힌 형태(●표시로 나타냄.)와, 개구부는 있지만 가리개가 없는 형태(▲표시로 나타냄.)와, 개구부로 가리개를 형성한 본 발명의 슬릿후드(▽표시로 나타냄.)에 대한 시험결과를 나타낸 표를 통해 알 수 있듯이, 개구부가 없이 막힌형태와 개구부는 있지만 가리개가 없는 형태는 최대 압력구배가 비슷하고,

이에 반해, 개구부에 가리개를 형성한 본 발명의 슬릿후드의 최대 압력구배를 살펴보면 압력구배를 효과적으로 낮출 수 있다는 점을 확인할 수 있는바, 이는 열차의 진입시 완충공과 터널부에서 상승하는 공기압력이 적당한 면적과 길이를 갖는 슬릿의 개구부를 거친 후, 가리개를 통해 유출되는 공기의 양을 순간적으로 제어하여 터널입구측 공기압력의 상승시간을 지연시켜주는 작용을 하는 것이다.

한편, 도 7과 같이 경사판을 전방부로 설치한 슬릿후드는 미기압파 저감율로서 입구속도가 300km/h이상인 경우에는 전술한 경험식과 근접된 결과가 산출됨을 도 12를 통해 알 수 있는바, 이는 도 6과 같이 슬릿후드만을 설치한 경우보다 향상된 성능을 갖는 것이다.

또 다르게, 본 발명에 따른 슬릿후드에 본원에서 선출원한 경사궤구형태의 슬릿후드가 적용된 것을 도 13에 도시하였는데,

이는 도 6의 최적설계의 슬릿후드를 입구측에 설치하고, 45도의 경사각도를 갖는 경사궤구를 터널출구로 설치한 것으로, 이는 도 12에서 확인할 수 있듯이 47.7%의 탁월한 미기압파 저감효과를 갖는 것이다.


따라서, 본 발명에서와 같이 개구부로 ㄱ자형 가리개를 설치하되, 터널의 길이에 따른 개구부의 길이와 슬릿의 개구면적 및 가리개의 크기 등의 정확한 설계값을 제시하여 107m²의 단면적을 갖는 경부고속철도의 터널을 모델로서 터널출구 미기압파의 저감대책을 수립한 것이며, 차후에 건설예정인 고속철도(호남,동서고속철도 등) 터널의 최적설계에서 터널 내공단면적 축소를 가능케 할 수 있어, 상당한 시공비의 절감효과를 기대할 수 있는 것이다.

발명의 효과

이상과 같이, 본 발명에 따른 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드는 열차의 속도와 터널의 단면적 및 열차 전두부 형상을 고려하여 적합한 형상과 구조를 갖는 슬릿후드를 설계하되, 실제 고속철도의 터널에 적용할 수 있도록 정확한 데이터를 통해 최상의 미기압파저감율을 갖는 가리개를 갖는 슬릿후드를 제시함으로써, 터널내로 열차의 고속진입시 발생하는 미기압파를 반감하는 효과를 갖는 것이며, 미기압파발생에 의한 터널출구측 소음공해와 진동을 현격히 저감할 수 있는 것으로, 괄목할 만한 기대효과를 제공할 수 있는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

터널내 파면 압력구배의 저감에 따른 미기압파의 대기방출을 억제하기 위해 터널의 입구측에 돌출형성되는 본체(11)의 양측벽으로 개구부(12)가 대칭구성되고 본체(11)의 전방부로는 한쌍의 경사판(13)이 돌출형성되는 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드에 있어서, 상기 개구부(12)의 상부측 근접위치에 적어도 개구부(12)를 수용할 수 있는 길이를 갖는  형태의 가리개(121)를 상기 본체(11)의 양측벽에 일체로 형성함을 특징으로 하는 철도터널 미기압파 저감용 슬릿후드.

청구항 2.

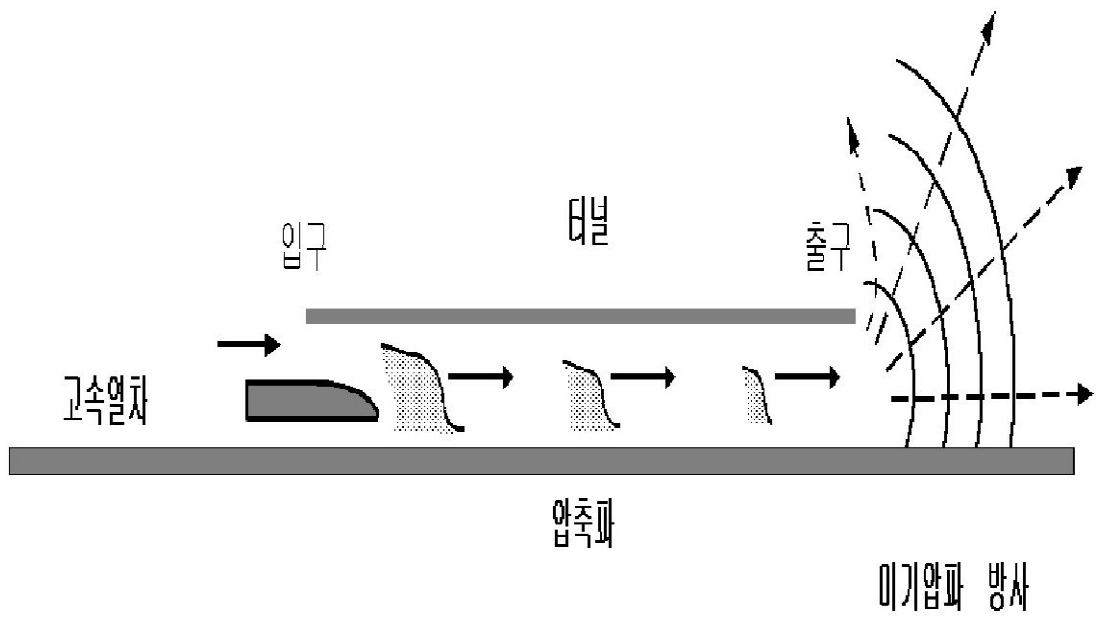
삭제

청구항 3.

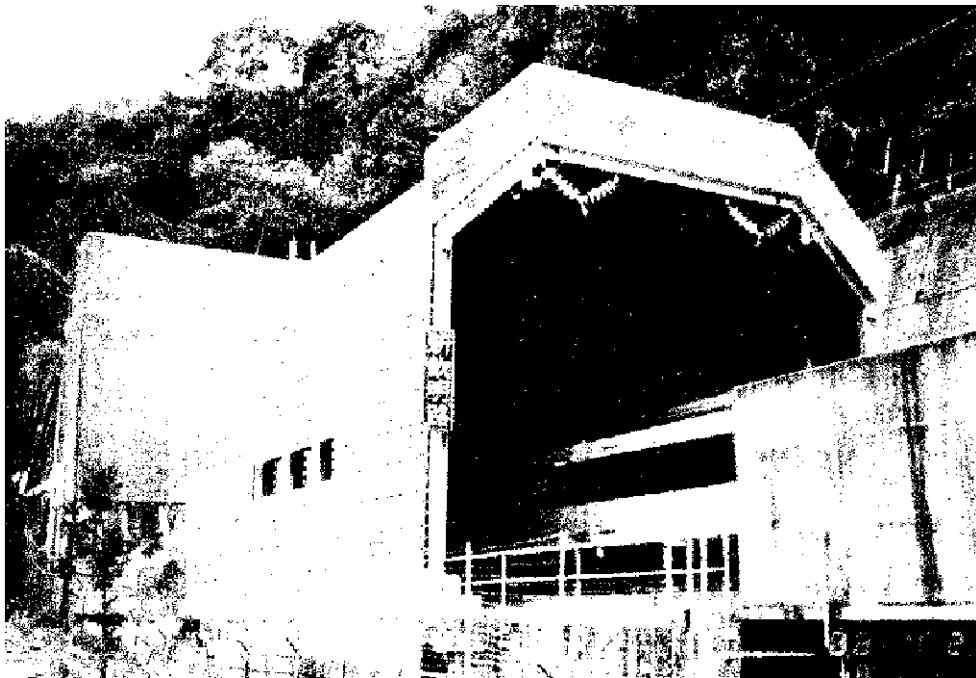
삭제

도면

도면 1



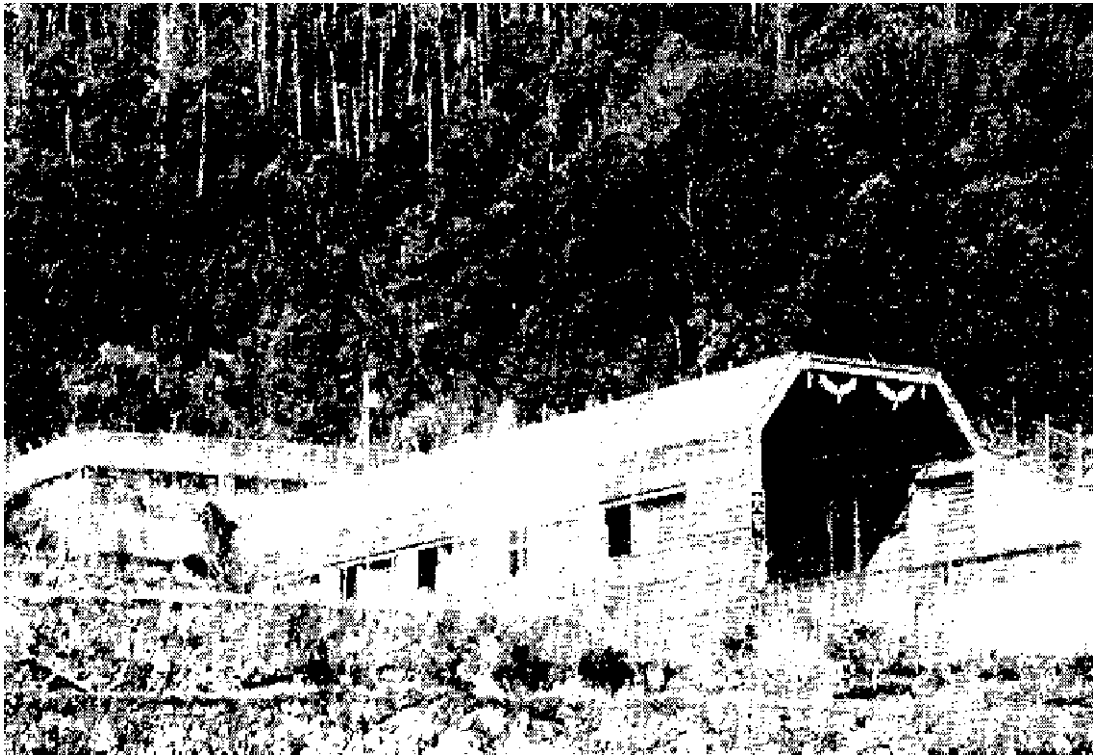
도면 2a



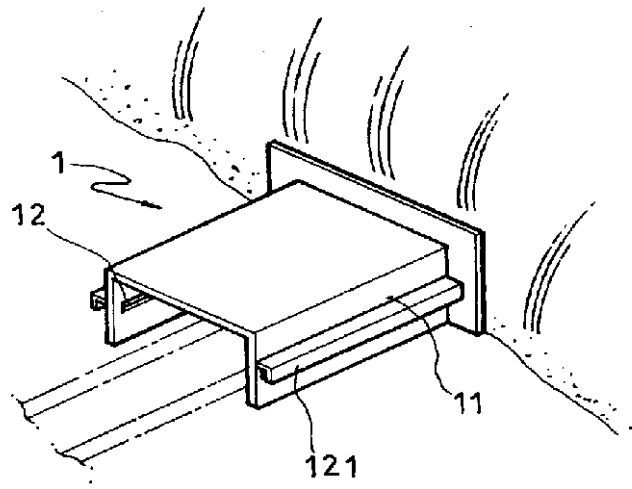
도면 2b



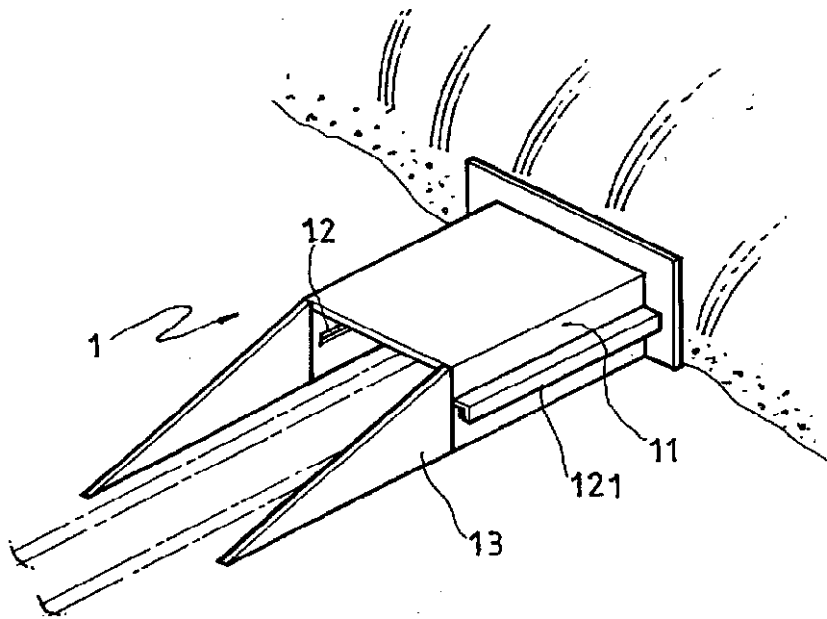
도면 3



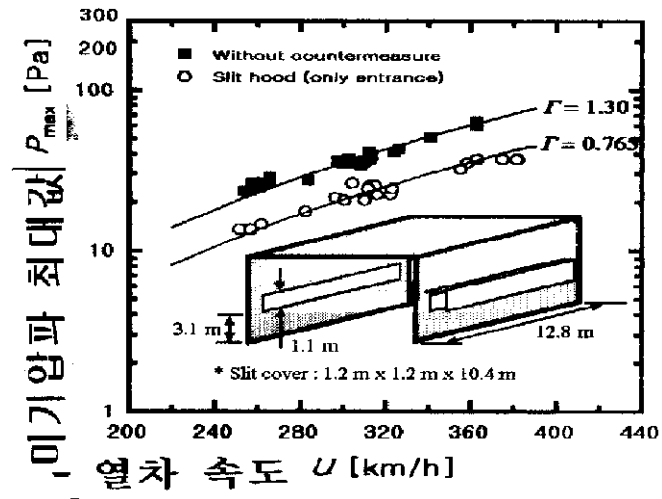
도면 4



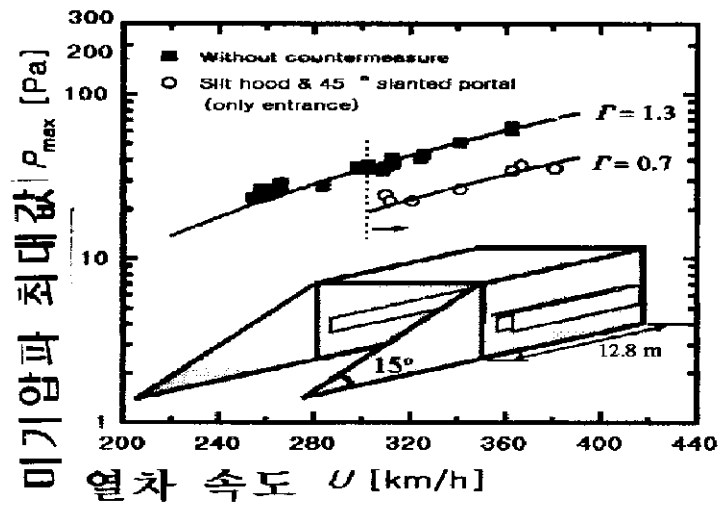
도면 5



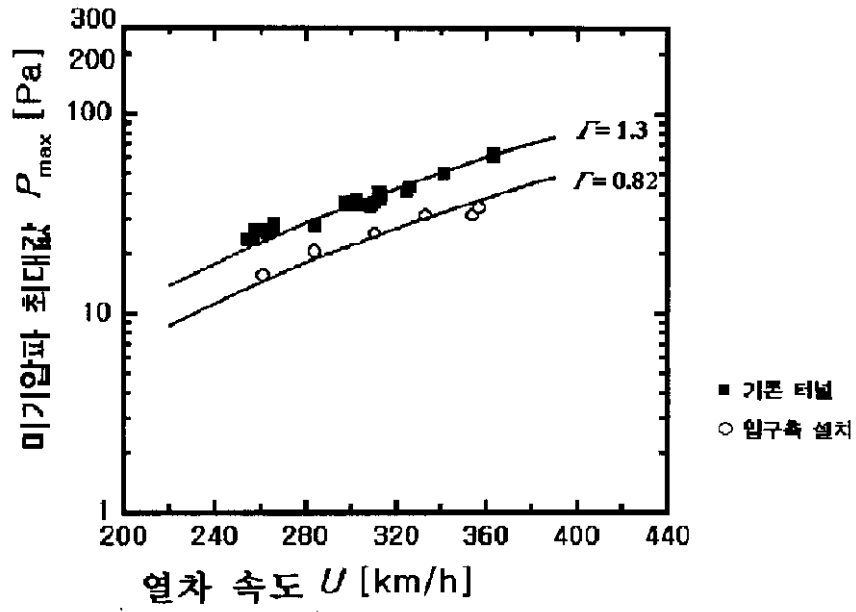
도면 6



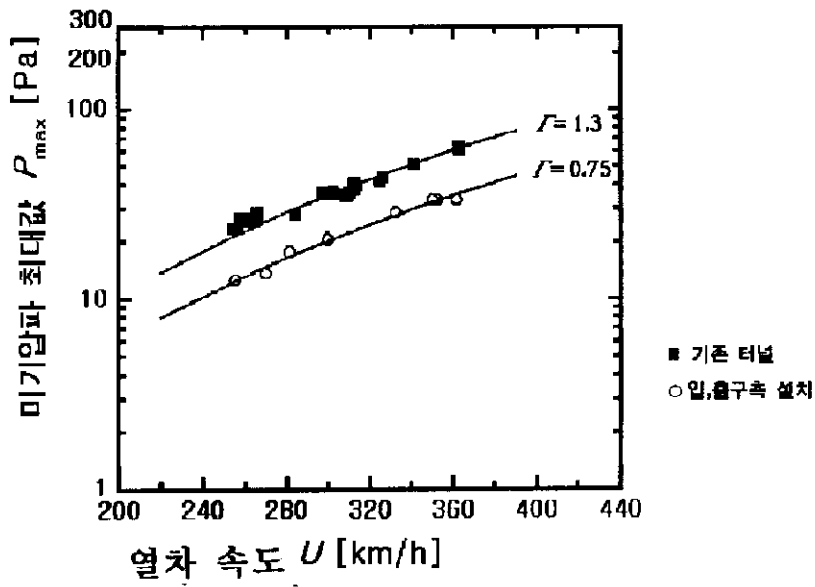
도면 7

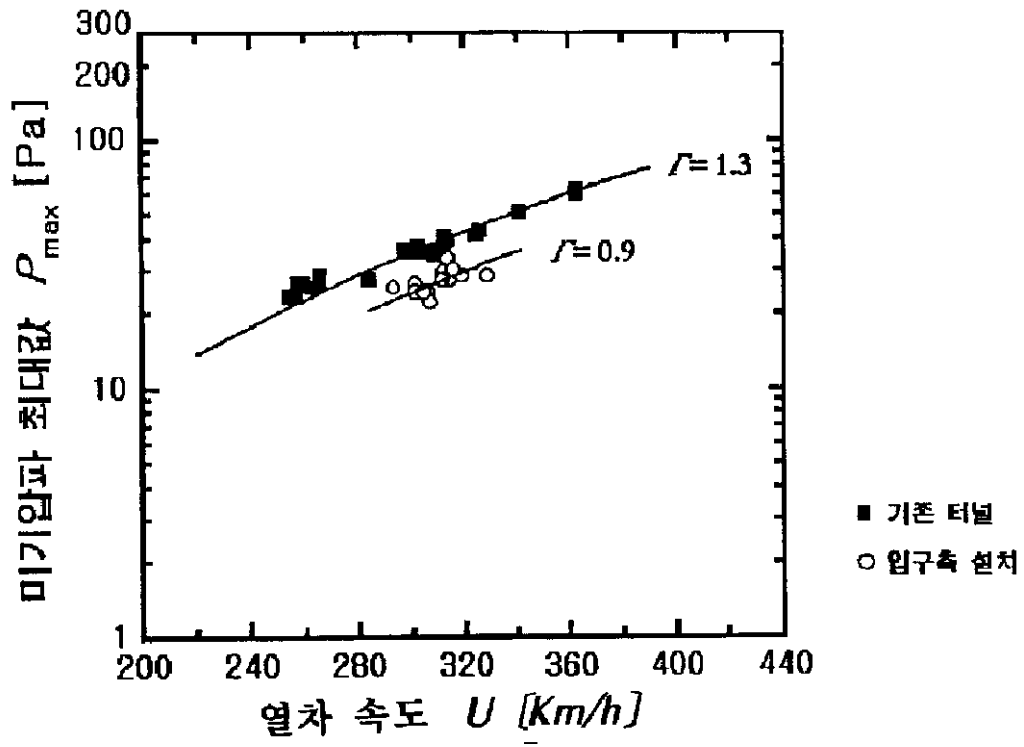


도면 8



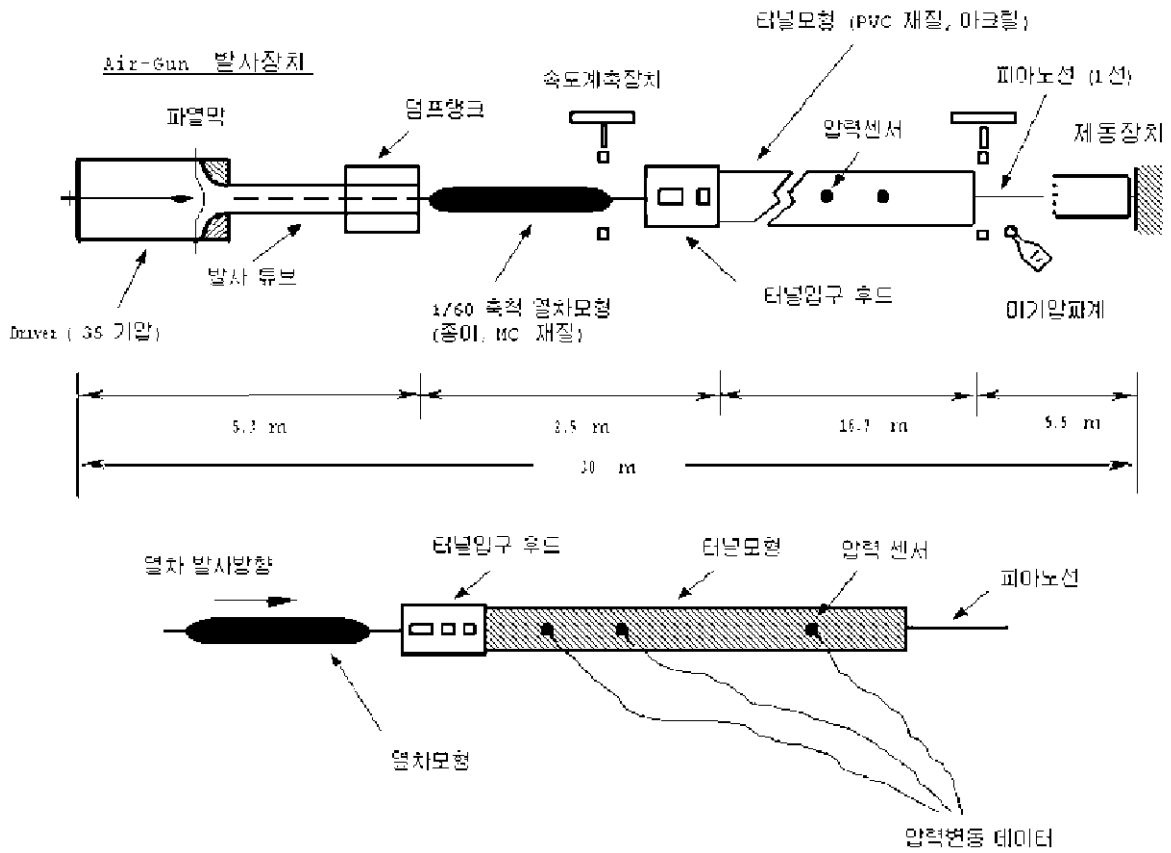
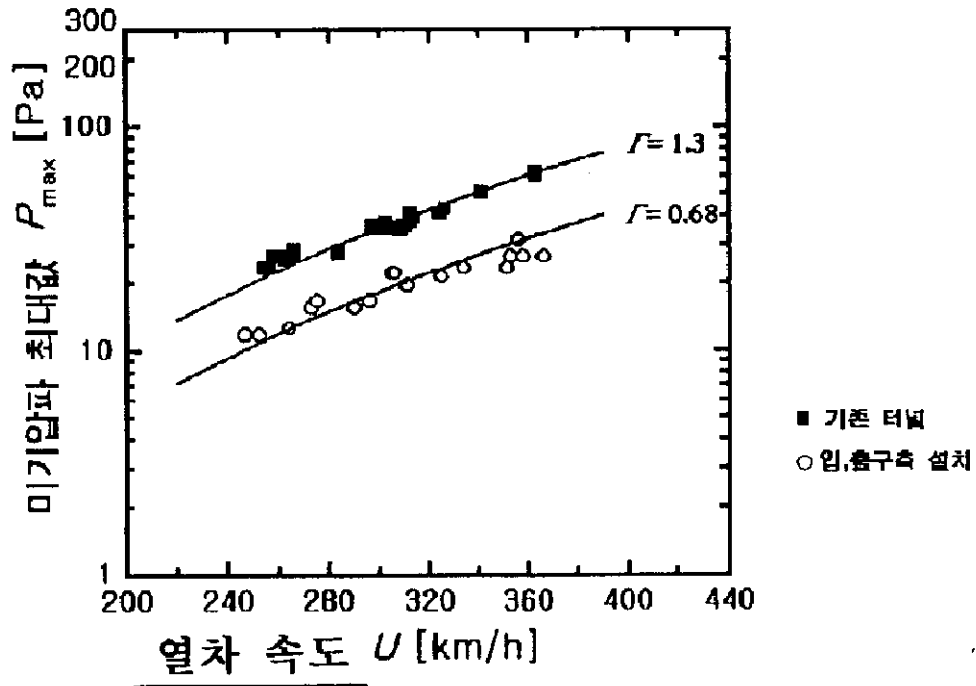
도면 9



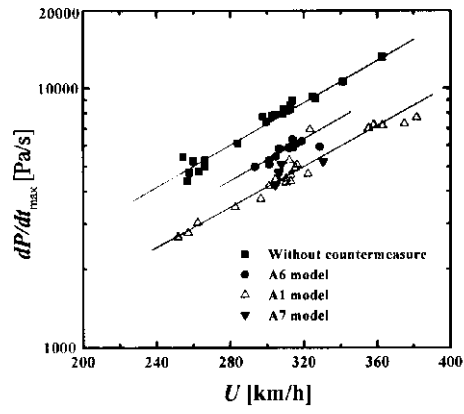


슬릿후드 모델	슬릿후드 길이[m]	슬릿(개구부) 높이[m]	슬릿가리개 크기[m]	비교
도6	12.8	1.1	1.2	슬릿후드 입구에만 설치
도7	12.8	1.1	1.2	15° 경사갱구 뒤에 연이어 슬릿후드를 입구에 설치
도8	12.8	0.54	1.2	슬릿후드 입구에만 설치
도9	12.8	1.1	1.2	슬릿후드 입구와 출구에 설치
도13	12.8	1.1	1.2	슬릿후드는 입구에 설치, 45° 경사갱구는 출구에 설치
도10	6.1	1.1	1.2	슬릿후드 입구에만 설치

슬릿후드 모델	유효속도영역	미기압파 저감계수(Γ)	미기압파 저감율
도6	240~380 km/h	0.765	41.2%
도7	300~380 km/h	0.7	46.2%
도8	240~360 km/h	0.82	36.9%
도9	240~360 km/h	0.75	42.3%
도13	240~380 km/h	0.68	47.7%
도10	280~340 km/h	0.9	30.8%

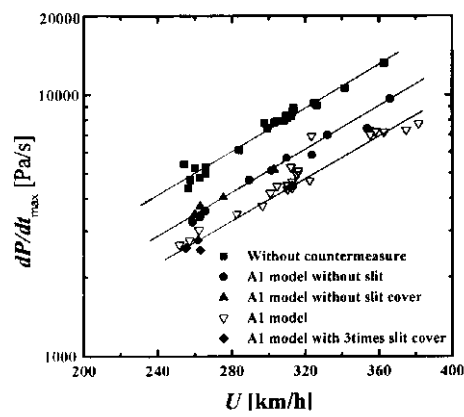


도면 15



(a) The length of slit cover hood

도면 16



(c) The size of a slit cover