

기존선 속도향상을 위한 객실내 압력변동에 관한 연구

A Study on Pressure Variation of the Passenger Cabin of Conventional Train for Speed-up

남성원(1), 한기흥(2)

Nam Seong-Won, Han Ki-Heung

ABSTRACT

Experimental study is conducted to clarify pressure variation of the passenger cabin of conventional train. These pressure variation may give rise to the ear-discomfort. Generally ear-discomfort has been considered as a problem related to high speed train. Because there is also a good progress to speed-up for conventional line, this isn't only a phenomena related to high speed train any longer. In this study, the pressure variation of interior, gangway and exterior of saemaoul passenger car is measured using the atmospheric pressure sensors in Honam line. From the results of experiment, the pressure variation per second almost close in upon the limitation in the case of Noryong tunnel. Therefore, to accomplish speed-up for conventional train, it may be necessary to study a serial ventilating and the airtightness of carbody.

1. 서론

고속철도의 도입과 함께 기존선에서도 차량 속도 향상을 위한 방안이 여러 각도에서 검토되고 있다. 그 동안 공기역학적 문제는 기존선 운용에 제약을 주는 요인으로 여기지 않았으나 최근 기존선에서의 속도 향상을 진행하는데 있어서 고려하여야 할 새로운 인자로 대두되고 있다. 열차 속도가 증가하면 공력소음, 양력에 의한 가선과 판토틀의 이선 및 객실내 압력변동 등과 같은 공기역학 관련 문제들이 새로이 야기된다. 객실내 압력변동은 철도를 이용하는 승객에 직접적인 영향을 주는 문제로 철도의 실내 쾌적성 향상 또는 승차감 향상과 관련이 있다. 철도차량이 터널 내를 주행하면 터널내부에는 압력변동이 발생하며, 그 압력이 객실내부에 전파되어 허용압력 이상이 되면 승객에게 이명감과 같은 불쾌감을 주게된다. 최근 해외 선진국에서는 고속철도 뿐만 아니라 기존선에서도 고속화가 진행되어 단선 터널의 경우, 터널내 차외 압력 변동이 고속철도에 필적할 정도로 증가하는 경우도 발생하였다. 이처럼 차량외부의 압력변화는 HVAC(Heating, Ventilating and Air-Conditioning)장치 및 통로문과 같은 차량의 비기밀부분을 경유하여 객실내 압력변화를 일으키며 이러한 객실내 압력변화는 인체의 외귀와 중귀의 압력차를 야기하여 불쾌감을 느끼게 된다. 그 외에도 차량내부의 불균일한 압력변동은 담배연기 또는 화장실 악취가 객실로 역류되는 현상을 일으키기도 한다[1-4].

본 연구에서는 기존선 속도향상의 실용화 적용에 앞서 현재 국내에서 최고 운용속도를 낼 수 있는 선로에서의 실차 실험을 통하여 속도향상에 따른 객실내 압력변동 문제를 검토하였다.

(1) 한국철도기술연구원 차량연구본부 선임연구원

(2) 한국철도기술연구원 연구기획본부 선임연구원

2. 실험 개요 및 방법

그림1에 주행중 객실내외의 압력변동의 계측시스템의 개략도를 나타내었다. 압력변동의 계측 방법은 운행중인 차량의 차체외부, 통로 및 객실내에 압력센서를 설치하고 실시간으로 측정된 데이터를 AD변환기를 경유하여 PC에 저장하였다. 사용한 압력 센서는 일반적으로 철도차량의 객실내외부 압력변동 크기인 $\pm 10\text{kPa}$ 의 범위에서 사용 가능한 Druck사의 PMP4070시리즈로 최대 표본 속도는 50kS/s이며, 16비트 16채널의 AD변환기로 받은 데이터를 그래픽 처리하였다.

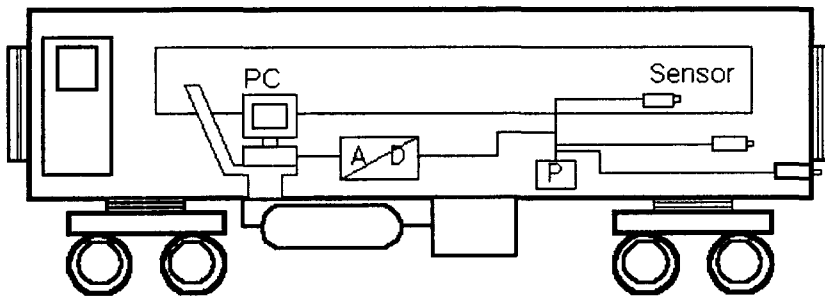


Fig. 1 Schematic sketch of measurement train set

주행중인 차량 객실내외의 압력변화를 측정하기 위하여 본 연구에서는 실차 실험을 시행하였다. 대상노선은 선로조건이 비교적 양호하여 현재 국내에서의 최고속도 조건에 근접한 호남선 구간을 선택하였다. 시험조건은 영업 운행중인 새마을 객차를 대상으로 하였으며, 시험 도중에 승객들의 출입이 자유로운 상태에서 측정하였다. 측정구간은 호남선 구간 중 다양한 길이의 터널조건이 많고 차량속도가 운전선도상의 최고속도에 근접한 익산-광주 구간으로 하였으며, 대상열차는 상행선의 경우 146열차의 선두 2호차에서, 하행선은 143열차의 후부 2호차에서 측정하였다. 상하행선 모두 8량 편성으로 디젤기관차가 견인하는 새마을호이며 측정시의 외기 온도는 33°C 이었다.

3. 결과 및 고찰

일반적으로 이명 현상은 차내 압력변동에 의하여 생기는 것이며, 엘리베이터나 항공기 등의 고도변화를 동반하는 경우에도 기압변동에 따라 이명감이 발생한다. 압력변동은 속도의 2승에 비례하므로 열차가 고속으로 주행하면 이명현상이 발생하기 쉬우며 철도분야에서는 1964년에 일본의 신간선 개업과 함께 문제화되기 시작하였다. 일본의 신간선에서는 기밀장치가 채택되었으나 국제적으로 보면 기밀화가 그다지 일반적이지는 않다. 유럽에서는 비기밀 차량의 고속화가 서서히 진행되는 과정에서 이명감의 발생은 끊임없이 검토 과제화되어 영국에서는 1970년대 이후 승객의 불쾌감을 지표로 한 압력변동 가이드 라인을 작성할 기밀 실험실과 현차 시험을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

① 이명현상은 개인차가 크며 동일인일지라도 건강상태, 기분, 평가상황에 따라 같은 압력변동에 대한 평가 결과가 크게 변화한다.

- ②기밀실험실 결과에서는 압력이 상승할때에 불쾌감을 느낀다는 결과가 나왔으나, 열차 터널주행과 같이 승압, 강압을 단시간에 반복하는 경우는 귀 내부의 수동적 개구로 인하여 강압시에도 이명감이 발생한다.
- ③압력변동이 천천히 변하는 경우, 귀의 능동적 및 수동적 개구가 모두 관여하므로 압력변동 속도도 무시할 수 없으나 철도 터널 주행과 같이 급격한 압력변동에 의한 이명 현상의 경우, 원래 상태와의 압력차이가 더 큰 작용을 한다.
- ④압력변동의 반복으로 인한 영향도 크므로 터널구간이 많은 경우는 평가기준이 강화된다.

표1에는 영국BR의 연구결과 기준을 표로 나타낸 것이며 여기서 평점기준 7이 지극히 불쾌하다이며 전혀 불쾌하지 않다는 1점으로 하였다.

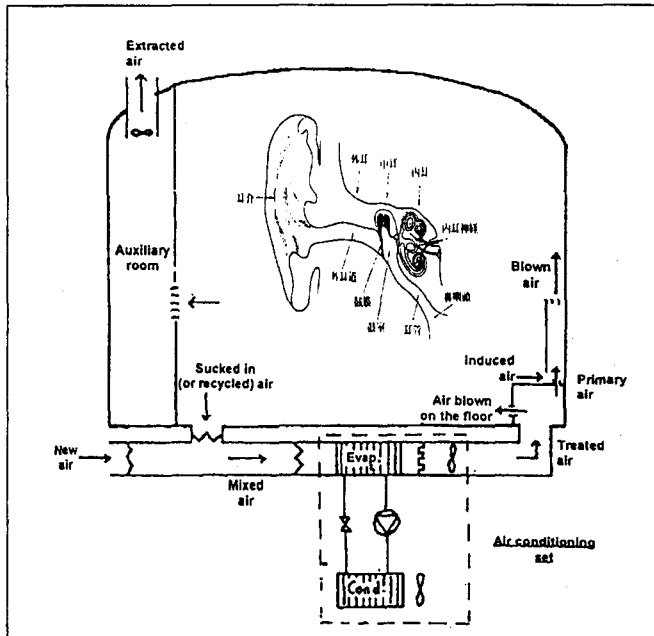


Fig. 2. Delivery route of pressure variation

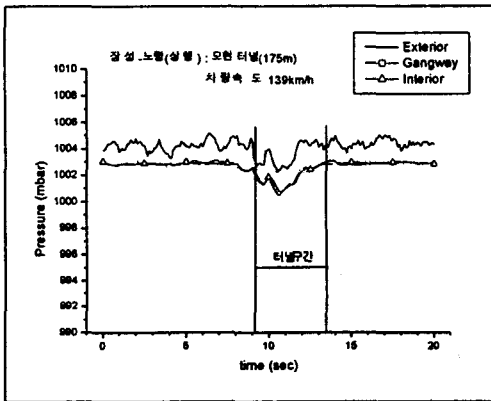
Table 1. Limitation for pressure variation (BR)

차량 및 구간 형태 구분	압력변동 허용 기준		7단계 평점
	극단적인 경우	통상적인 경우	
A. 기존 비기밀 차량, 터널구간 10% 이하	4.0 kPa/4s	2.5 kPa/4s	4.5
B. 기존 비기밀 차량, 터널구간 25% 이상	3.0 kPa/4s	2.0 kPa/4s	3.5
C. 신형 기밀 차량, 터널구간 25% 이상	1.25 kPa/4s	0.8 kPa/4s	2.5
D. 신형 기밀 차량, 터널구간 50% 이상	1.0 kPa/4s	0.7 kPa/4s	2.0

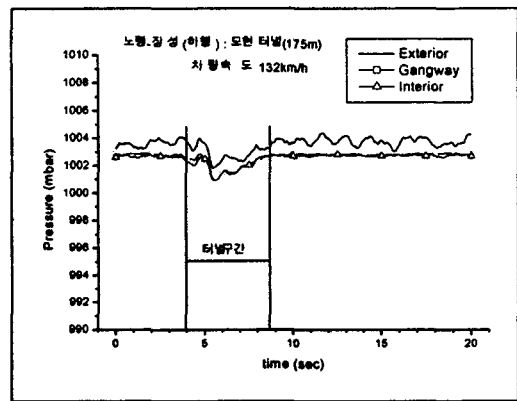
그림3~그림6에 차량 객실 내외부의 압력변화를 나타내었다. 측정구간의 대상 노선의 터널 중에서 길이별로 대표적인 것으로서 모현터널(175m), 노령1터널(590m), 안평터널(980m), 노령2터널(2300m)을 선정하였다. 각 터널에서의 열차 평균속도가 120km/h~140km/h 이었으며 각각에 대한 차량 내외부의 압력변화를 표2에 나타내었다. 실차 측정중 안평터널과 장대터널인 노령2터널에서

는 피험자가 이명감을 느꼈으며 터널길이가 비교적 짧은 모현터널과 노령1터널에서는 이명감이 없었으나 모현터널 상행의 경우 터널길이가 짧음에도 불구하고 이명감이 발생하였다. 이는 차량속도가 139km/h로 다른 구간에 비하여 빠르기 때문에 발생한 것으로 사료된다.

그림에 나타난 것과 같이, 상행열차의 경우 차량 내외부에 압력 차이가 있으나 하행열차의 경우 압력차이가 거의 없음을 알 수 있는데, 이는 개개의 차량의 기밀 문제라고 사료된다. 노령2터널에서는 터널 진출입후의 차량외부 압력이 변한 것을 볼 수 있는데 이는 터널을 전후하여 표고 차이가 있기 때문에 나타난 것으로서, 표고 100m당 약 10mbar의 기압 변화와 외기의 풍속에 영향을 받은 것으로 사료된다. 또한, 복도와 객실내부의 압력차이도 거의 없음을 알 수 있는데 이는 객실내부와 복도간에 환기통로가 연결되어 있는 점과 실차 실험시 승객들의 출입이 자유로운 상태에서 측정하여 수시로 출입문이 열렸기 때문이라고 사료된다. 표2의 결과에서 알 수 있듯이 최장터널인 노령2터널에서의 압력 변동은 영국BR에서 정한 터널구간 50%이상 구간의 통상적인 기준값에 거의 육박하는 수준으로 나타났다. 따라서 향후 기존선의 속도향상을 위하여는 대승객서비스 향상측면에서 압력변동을 줄일 수 있는 연속환기 장치나 차체 기밀향상에 대한 연구개발이 필요하다

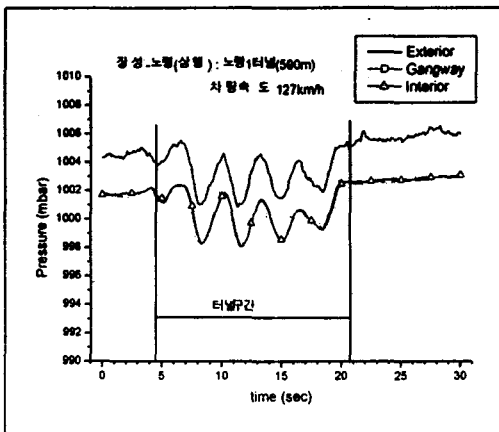


(a)

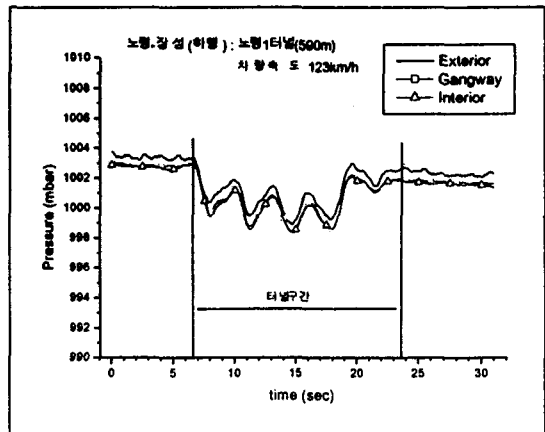


(b)

Fig. 3. Mohyon tunnel (a) : an up train, (b) : a down train



(a)



(b)

Fig. 4. Noryong 1 tunnel (a) : an up train, (b) : a down train

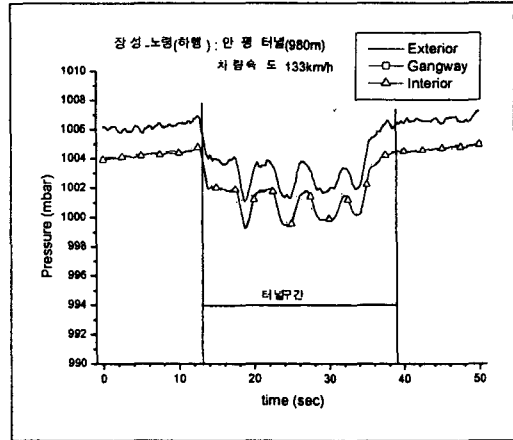
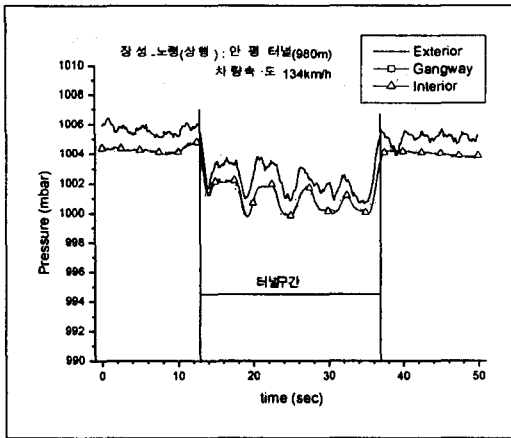


Fig. 5. Anpyong tunnel (a) : an up train, (b) : a down train

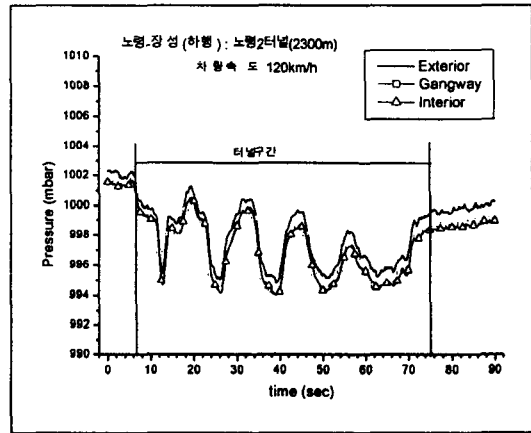
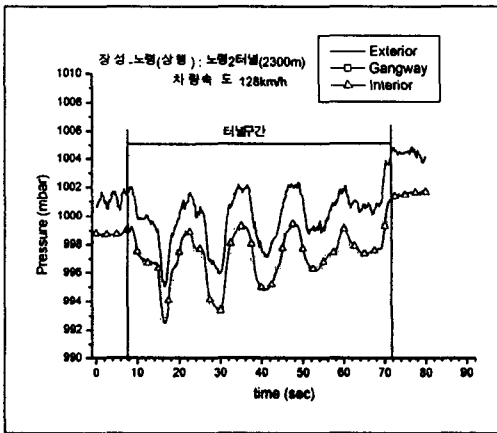


Fig. 6. Noryong 2 tunnel (a) : an up train, (b) : a down train

Table 2. Pressure variation of interior, gangway and exterior of saemaetul

터널명	구분	차량평균속도 (km/h)	최대 압력차 (kPa)		
			차량외부	객실내부	통로
모현터널 (175m)	상행	139	0.30	0.25	0.25
	하행	132	0.22	0.18	0.18
노령1터널 (590m)	상행	127	0.45	0.40	0.40
	하행	123	0.45	0.45	0.45
안평터널 (980m)	상행	134	0.50	0.48	0.48
	하행	133	0.56	0.54	0.54
노령2터널 (2300m)	상행	128	0.70	0.67	0.67
	하행	120	0.65	0.64	0.64

4. 결론

본 연구에서는 기존선 속도 향상을 위한 객실내 압력변동에 대한 실차 실험을 실시하였다. 현재, 국내에서 운용중인 열차중 운행 최고속도에 근접한 노선을 선정하여 객실내부, 통로 및 차량 외부의 압력 변화를 측정하였다. 실험 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 길이별로 대표적인 터널에서 현재 국내에서 운용중인 최고속도에 대한 차량 객실 내외부의 압력변동 특성을 정성적 및 정량적으로 파악할 수 있었다.
- (2) 터널길이가 짧은 경우라도 차량속도가 증가하면 객실내 압력변동도 비례하여 증가한다.
- (3) 최장터널인 노령2터널에서의 압력변동값은 현재 속도에서도 허용치와 거의 같은 수준이었다.

후기

본 연구의 실차 시험을 위하여 제반 사항의 편의를 제공하여 주신 철도청 관계자에게 감사드립니다.

참고문헌

- [1] J.Matsuo and K.Akutsu, 1999, RTRI report, Vol.13, No.10, pp.31-34
- [2] 小野純郎, "鐵道のスピードアップ", 日本鐵道運轉協會, 1996,
- [3] 小林 實 外 3名, 新幹線列車トンネル走行時の車外,車内壓變動解析, 日本機械學會論文集B, 61卷591号, 1995, pp256-262,
- [4] 新孫子 博 外 3名, "快適性向上を目指した空調システム", J-rail96, 1996, pp287-290.