

지역별 소요환기량 특성도를 활용한 제트팬 환기방식 가능 터널제원 결정연구

김효규¹⁾, 김화수¹⁾, 김종대²⁾, 이창우²⁾

A Study on a Graphical Method for Determining the Characteristics of Jet-fan Ventilation System using the Contour Map of Required Ventilation Rate in Local Highways

Hyo-Gyu Kim, Hwa-Soo Kim, Jong-Dae Kim and Chang-Woo Lee

Abstract. Recent worldwide trends show that tunnel length is getting longer, and the demand for longitudinal ventilation system with jet-fans in highway tunnels has also increased mainly due to the economic reasons. Improvements in vehicle engine subsequently reduced required ventilation rate(Qreq) which is the decisive factor in choosing the optimal ventilation system. Qreq contour map is a graph that defines the relationship among tunnel length, grade and required ventilation rate. It is important to understand the variation of Qreq in order to evaluate the characteristics of ventilation system with jet fans. Therefore this study aims at studying a graphical method for determining the characteristics of jet-fan ventilation system using Qreq contour map. Also, this study focuses on traffic composition on local highways.

Keywords: Ventilation, Jet fan, Road tunnel

초 록. 최근 경향은 터널연장이 점점 장대화되고 있음을 보여주고 있으며, 또한 경제적인 이유로 고속도로 터널의 제트팬 종류 환기방식에 대한 적용이 점차 증대되고 있다. 차량엔진의 성능이 향상됨에 따라 최적 환기방식을 결정하는 중요한 요소인 소요환기량(Qreq)은 결과적으로 줄어들고 있다. 소요환기량 특성도(Qreq contour map)는 터널연장, 종단경사 그리고 소요환기량 사이의 관계를 나타내는 그래프이다. 그리고 제트팬 환기방식이 가능한 터널제원을 평가하기 위해서는 소요환기량의 변화를 이해하는 것이 중요하다. 그러므로 본 연구에서는 소요환기량 특성도를 이용하여 제트팬 환기방식의 가능 터널제원을 결정하는 그래프적 분석법에 관한 연구를 대상으로 하고 있다. 또한 국내 고속도로상의 지역별 교통량 구성비에 따른 분석도 연구대상으로 하고 있다.

핵심어: 환기, 제트팬, 도로터널

1. 서 론

현재 도로터널의 선형 및 단면적 결정시 환기계획 검토가 필수적인 사항이 되었다. 제트팬 종류환기방식이 적용 가능한 터널의 최대길이 수년전만해도 2 km 내외이었으나 현재는 3~4 km로 현저히 증가하였다^{7,11,12,14)}. 본 논문에서는 도로터널을 설계하는 도로기술자 및 터널기술자들에게 설계 초기단계에서 적정 종단

경사와 터널연장의 관계를 제시하고 적정 단면적의 결정을 유도하기 위한 환기설계상의 특성치 자료를 제시하고자 한다. 이는 보다 합리적이고 정량적인 터널계획을 수립하는데 그 목적이 있으며, 더불어 국내 지역별 고속도로상의 교통량 통계로부터 소요환기량 특성 분석을 통해 제트팬 환기방식이 가능한 적정 터널제원을 결정하는 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 본 론

터널환기 용량의 결정에 있어 가장 중요한 항목중의 하나는 목표년도(일반적으로 개통년도로부터 20년 후)

¹⁾(주)삼보기술단

²⁾동아대학교 지구환경공학부 교수

접수일: 2003년 5월 19일

심사 완료일: 2003년 6월 20일

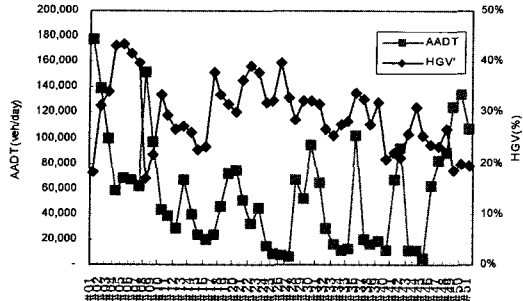


Fig. 1. Traffic volume on national highways by sections (24-hours)*.

- (note) Symbol / Line / Section (Studied)
 #01, Gyeongbu line/Seoul ~ Suwon(4)
 #02, Gyeongbu line/Suwon ~ Cheonan(5)
 #03, Gyeongbu line/Cheonan ~ Daejeon(6)
 #04, Gyeongbu line/Daejeon ~ Gimcheon(7)
 #05, Gyeongbu line/Gimcheon ~ Daegu(8)
 #06, Gyeongbu line/Daegu ~ Gyeongju(9)
 #07, Gyeongbu line/Gyeongju ~ Busan(10)
 #08, Gyeongin line/Seoul ~ Bupyeong
 #09, Gyeongin line/Bupyeong ~ Incheon
 #10, Honam line/Hoedeok ~ Jeonju
 #11, Honam line/Jeonju ~ Gwangju
 #12, Honam line/Gwangju ~ Seosuncheon
 #13, Yeongdong line/Singal ~ Yeosu(1)
 #14, Yeongdong line/Yeosu ~ Saemal(2)
 #15, Yeongdong line/Saemal ~ Gangneung(3)
 #16, Donghae line/Donghae ~ Gangneung
 #17, Namhae line/Seosuncheon ~ Jinju(11)
 #18, Namhae line/Jinju ~ Masan(12)
 #19, Namhae line/Masan ~ Busan(13)
 #20, Branch line of Namhae line/Busan ~ Naengjeong
 #21, Guma line/Daegu ~ Changnyeong
 #22, Guma line/Changnyeong ~ Masan
 #23, Ulsan line/Eonyang ~ Ulsan
 #24, 88Olympic line/Okpo ~ Goryeong
 #25, 88Olympic line/Goryeong ~ Geochang

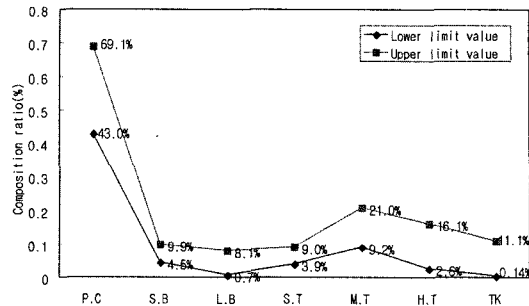


Fig. 2. Upper and lower limit value for traffic volume composition ratio.

- #26, 88Olympic line/Geochang ~ Namwon
 #27, 88Olympic line/Namwon ~ Goseo
 #28, Jungbu line/Hanam ~ Hobeop
 #29, Jungbu line/Hobeop ~ Nami
 #30, Seohaean line/Incheon ~ Ansan
 #31, Seohaean line/Ansan ~ Seopyeongtaek
 #32, Seohaean line/Seopyeongtaek ~ Seosan
 #33, Seohaean line/Seosan ~ Seocheon
 #34, Seohaean line/Seocheon ~ Gunsan
 #35, Seohaean line/Muan ~ Mokpo
 #36, Singal-Ansan line/Singal ~ Ansan
 #37, Daejeon ring road/Seodaejeon ~ Biryong
 #38, Jungang line/Geumho ~ Punggi
 #39, Jungang line/Seojecheon ~ Manjong
 #40, Jungang line/Manjong ~ Chuncheon
 #41, 2nd Gyeongin line/Seoksu ~ Seochang
 #42, Seoul-Ansan line/Seoul ~ Ansan
 #43, Daejeon-Tongyeong line/Sanna ~ Muju
 #44, Daejeon-Tongyeong line/Hamyang ~ Jinju
 #45, Jungbunaeryuk line/Gimcheon ~ Sangju
 #46, Busan-Daegu line/Yangsan ~ Busan
 #47, Seoul ring road/Pangyo ~ Hanam
 #48, Seoul ring road/Hanam ~ Toegyewon
 #49, Seoul ring road/Pangyo ~ Anhyeon
 #50, Seoul ring road/Anhyeon ~ Seoun
 #51, Seoul ring road/Seoun ~ Ilsan

의 교통량구성비를 어떻게 적용하는가 하는 문제이다. 그러나 환기기술자의 입장에서 장래년도의 교통량 구성비를 예측하는 일은 무척 어려운 문제이다. 따라서 본 논문에서는 장래교통량의 특성을 예측하기보다는 현재 고속도로를 주행하는 교통량 조사 자료로부터 지역적인 특성을 분석하고 차종별 구성비의 변동폭을 검토해 보고자 한다.

Fig. 1과 Fig. 2는 2001년 교통량통계연보¹⁾의 고속도

로 21노선 51개 지점의 교통량 조사로부터 분석한 교통량 자료를 정리한 것이다.

대형차 혼입률(HGV)은 17.1~43.6 %로 나타났으며, 연평균일교통량(AADT)값이 높을 경우는 대형차혼입률이 낮게 나타나며, 20,000[veh/day] 이하로 낮을 경우는 대형차혼입률이 높은 경향을 보인다.

2.1 지역별 교통량 구성비 분포

Table 1. Traffic Compositions on Yeongdong Highway.

Section	Heavy Goods Vehicles	Passenger Car	Small Bus	Large Bus	Small Truck	Medium Truck	Heavy Goods Truck	Tanker
①Saemal ~ Gangneung	22.7 %	63.9 %	8.7 %	6.4 %	4.6 %	10.7 %	4.4 %	1.2 %
②Yeosu ~ Saemal	26.1 %	63.0 %	5.9 %	7.5 %	5.0 %	11.7 %	4.5 %	2.4 %
③Singal ~ Yeosu	27.2 %	62.5 %	4.5 %	5.9 %	5.8 %	13.5 %	5.3 %	2.5 %
Lower limit value	22.7 %	62.5 %	4.5 %	5.9 %	4.6 %	10.7 %	4.4 %	1.2 %
Upper limit value	27.2 %	63.9 %	8.7 %	7.5 %	5.8 %	13.5 %	5.3 %	2.5 %
Average value	25.4 %	63.1 %	6.4 %	6.6 %	5.1 %	12.0 %	4.7 %	2.0 %

Table 2. Traffic Compositions on Gyeongbu Highway.

Section	Heavy Goods Vehicles	Passenger Car	Small Bus	Large Bus	Small Truck	Medium Truck	Heavy Goods Truck	Tanker
④Seoul~Suwon	18.4 %	69.1 %	8.6 %	6.1 %	3.9 %	9.2 %	2.6 %	0.4 %
⑤Suwon~Cheonan	31.5 %	55.9 %	6.4 %	7.4 %	6.2 %	14.4 %	7.0 %	2.7 %
⑥Cheonan~Daejeon	34.1 %	53.4 %	6.5 %	7.5 %	6.0 %	13.9 %	9.1 %	3.6 %
⑦Daejeon~Gimcheon	43.3 %	43.0 %	5.8 %	5.5 %	7.9 %	18.5 %	13.0 %	6.4 %
⑧Gimcheon~Daegu	43.6 %	44.0 %	6.0 %	5.0 %	6.5 %	15.1 %	16.1 %	7.3 %
⑨Daegu~Gyeongju	41.7 %	44.9 %	6.1 %	4.4 %	7.4 %	17.2 %	11.7 %	8.4 %
⑩Gyeongju~Busan	39.8 %	47.2 %	6.6 %	4.9 %	6.4 %	14.9 %	8.9 %	11.1 %
Lower limit value	18.4 %	43.0 %	5.8 %	4.4 %	3.9 %	9.2 %	2.6 %	0.4 %
Upper limit value	43.6 %	69.1 %	8.6 %	7.5 %	7.9 %	18.5 %	16.1 %	11.1 %
Average value	36.0 %	51.1 %	6.6 %	5.8 %	6.3 %	14.7 %	9.8 %	5.7 %

Table 3. Traffic Compositions on Namhae Highway.

Section	Heavy Goods Vehicles	Passenger Car	Small Bus	Large Bus	Small Truck	Medium Truck	Heavy Goods Truck	Tanker
⑪Masan~Busan	31.7 %	54.1 %	7.1 %	3.5 %	7.1 %	16.7 %	7.9 %	3.5 %
⑫Jinju~Masan	33.6 %	53.1 %	6.7 %	4.8 %	6.5 %	15.3 %	8.6 %	4.9 %
⑬Seosuncheon~Jinju	37.9 %	49.9 %	6.0 %	4.5 %	6.3 %	14.6 %	8.3 %	10.5 %
Lower limit value	31.7 %	49.9 %	6.0 %	3.5 %	6.3 %	14.6 %	7.9 %	3.5 %
Upper limit value	37.9 %	54.1 %	7.1 %	4.8 %	7.1 %	16.7 %	8.6 %	10.5 %
Average value	34.4 %	52.4 %	6.6 %	4.3 %	6.6 %	15.5 %	8.3 %	6.3 %

Table 4. Total traffic volume for 51 sections on 21 lines.

Section	Heavy Goods Vehicles	Passenger Car	Small Bus	Large Bus	Small Truck**	Medium Truck	Heavy Goods Truck	Tanker
Lower limit value	17.1 %	43.0 %	4.5 %	0.7 %	3.9 %	9.2 %	2.6 %	0.4 %
Upper limits value	43.6 %	69.1 %	9.9 %	8.1 %	9.0 %	21.0 %	16.1 %	11.1 %
⑭Average value	29.4 %	56.9 %	7.3 %	4.2 %	6.4 %	14.9 %	6.9 %	3.4 %
Other Researcher*	30.06 %	58.61 %	6.89 %	5.41 %	4.44 %	15.51 %	8.24 %	0.90 %

(note) 1. Traffic compositions are the average values for 22 sections on 10 lines, and 120 road tunnels in the basic design(Design Development) progressing past 5 years on KHC(Korean Highway Corporation) & MOCT(Ministry of Construction & Transportation)⁹⁾.

2. Assuming that small(-sized) truck composition is 30% about the sum of small and medium trucks.

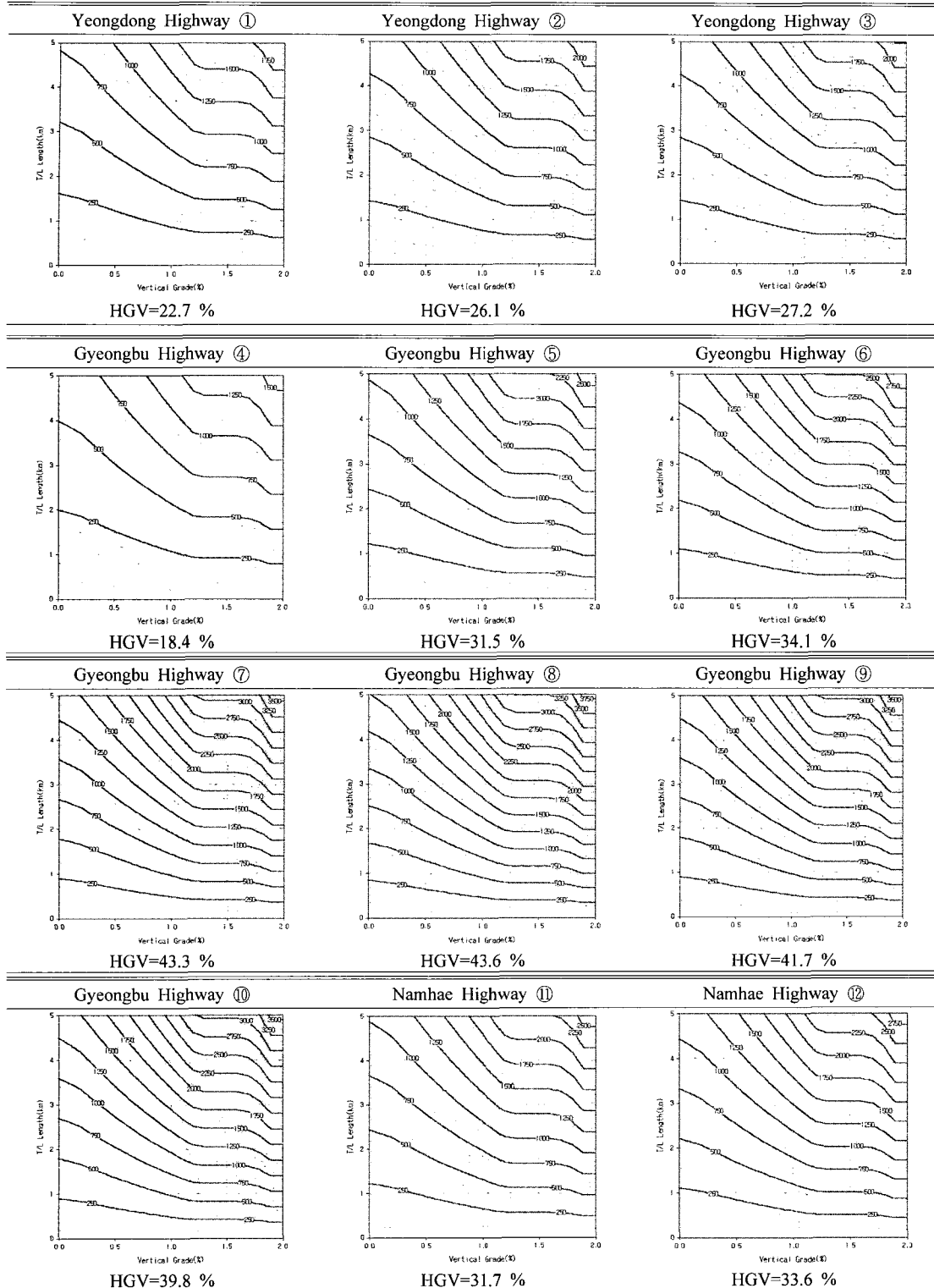
2.2 지역별 소요환기량 특성도 분포

Fig.3은 각 지역별 교통량 구성비에 따른 소요환기량 특성도를 표고 400 m를 기준으로 정리하였다.

2.3 지역별 소요환기량 특성도 고찰

상기의 지역별 교통량 구성비에 따른 소요환기량 특성도는 영동선, 경부선, 남해선의 S자형 지형을 중심으로 작성한 것이다. 전체적으로 도시부와 연결된 지점의

대형차혼입률은 각 노선별로 가장 낮게 분포하는 경향이 있었으며, 경부선의 서울~수원간(평균:36.0 %)은 18.4 %, 남해선의 마산~부산간(평균:34.4 %)은 31.7 %, 영동선의 새말~강릉간(평균:25.4 %)은 22.7 %로 나타나고 있다. 이중 대형차혼입률이 가장 낮은 영동선의 경우 대형차혼입률은 22.7 %~27.2 %의 범위로 나타났다으며, 터널부 최저 중단경사인 0.3 %를 기준⁸⁾으로 750CMS의 Contour를 나타내는 터널 연장은 3.7~4.2



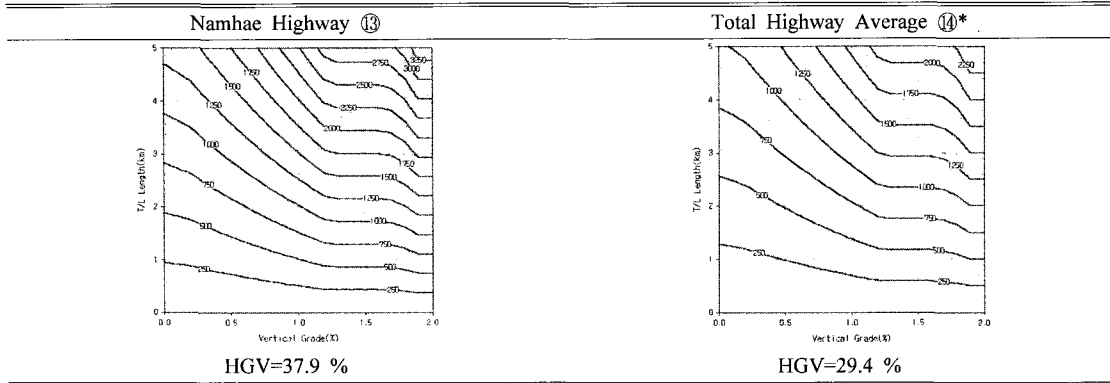


Fig. 3. Distributions of Qreq contour map in Yeongdong, Gyeongbu, Namhae Highway(S-Type; ①~⑬).

(note) Total highway average denotes the averages for 51 sections on 21 lines.

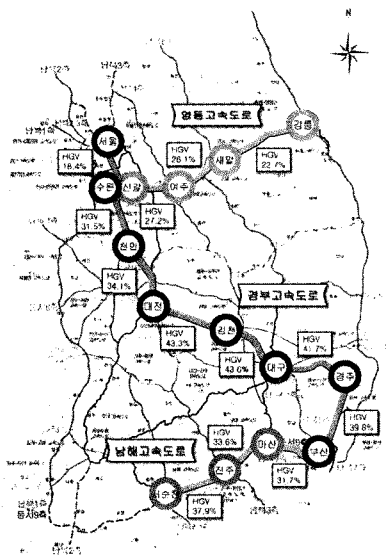


Fig. 4. Layout of the highway sections studied (S-type).

km로 보이며, 평균 3.87 km 정도로 분석되었다. 반면 대형차혼입률이 가장 높은 경부선의 경우, 대형차혼입률은 18.4 %~43.6 %까지 다양하게 나타났으며 이중 대전~김천~대구~경주 구간은 대형차혼입률이 41.7 %이상을 기록했으며 이때의 승용차 구성비는 43.0 % 정도까지 떨어지는 현상을 나타내고 있다. 750CMS의 Contour를 기준할 때 터널연장은 2.2~5.2 km로 정도이며, 평균 2.92 km로 분석되었다.

남해선의 평균 대형차혼입률은 34.4 %이지만, 750 CMS를 나타내는 Contour를 살펴보면 터널연장이 2.5~

3.2 km에서 나타나고 평균 연장 2.86 km로 타 노선에 비해 가장 짧은 것으로 분석되었다. 이것은 타 지역(영동선:2.0 %, 경부선:5.7 %, 남해선:6.3 %)에 비해 특수트럭의 구성비가 높기 때문인 것으로 분석된다. 특히 경부선의 경주~부산간 및 남해선의 서순천~진주간의 특수트럭 구성비는 각각 11.1 %와 10.5 %로 10 %를 상회하는 것으로 나타나고 있다.

대형차혼입률이 가장 높은 경부선의 김천~대구간 (43.6 %)의 경우, 종단경사가 2.0 % 부근에서는 750CMS의 Contour가 터널연장 1 km 미만에서 형성되므로, 75 m²의 터널단면에서도 제트팬 종류환기 방식이 불가능한 것으로 나타나고 있다.

Fig. 5와 Table 5는 각 분석구간별로 예상표고(계획고) 400 m를 기준하여 차종구성비에 따른 터널내 종단경사별로 가능한 터널연장을 정리한 것이다.

전체적인 영동선, 경부선, 남해선의 교통량 분석결과,

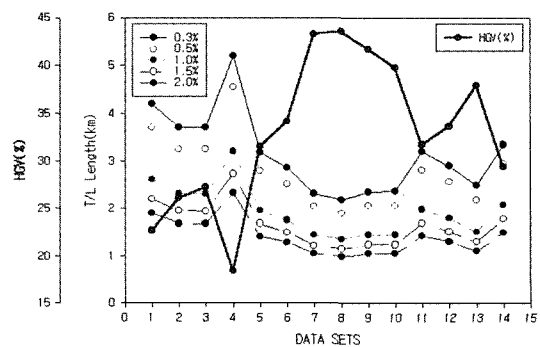


Fig. 5. Relationship among tunnel length, grade and HGv on local highways.

Table 5. Limit of tunnel length adaptable for longitudinal ventilation system with jet fans.

[Unit : km]

Section	Heavy Goods Vehicles	Tunnel grade					
		0.3%	0.5%	1.0%	1.5%	2.0%	
Yeong-dong Highway	①Saemal ~ Gangneung	22.7 %	4.2	3.7	2.6	2.2	1.9
	②Yeoju ~ Saemal	26.1 %	3.7	3.25	2.3	1.95	1.68
	③Singal ~ Yeoju	27.2 %	3.7	3.25	2.3	1.94	1.68
Gyeong-bu Highway	④Seoul ~ Suwon	18.4 %	5.2	4.55	3.2	2.72	2.32
	⑤Suwon ~ Cheonan	31.5 %	3.18	2.79	1.95	1.68	1.41
	⑥Cheonan ~ Daejeon	34.1 %	2.85	2.5	1.75	1.5	1.29
	⑦Daejeon ~ Gimcheon	43.3 %	2.31	2.04	1.44	1.21	1.05
	⑧Gimcheon ~ Daegu	43.6 %	2.19	1.9	1.36	1.15	0.99
	⑨Daegu ~ Gyeongju	41.7 %	2.34	2.06	1.45	1.24	1.05
	⑩Gyeongju ~ Busan	39.8 %	2.36	2.06	1.45	1.24	1.05
Nam-hae Highway	⑪Masan ~ Busan	31.7 %	3.19	2.8	1.98	1.69	1.42
	⑫Jinju ~ Masan	33.6 %	2.9	2.55	1.79	1.52	1.3
	⑬Seosuncheon ~ Jinju	37.9 %	2.48	2.18	1.51	1.3	1.1
Total	⑭Average	29.4 %	3.34	2.94	2.08	1.78	1.5

대형차 혼입률이 30 % 미만일 경우 최저 종단경사인 0.3 %에서 형성되는 750CMS Contour 선은 대략 터널 연장이 3~4 km 정도이며, 대형차혼입률이 30 %이상의 경우는 터널연장이 3 km 미만에서 형성되는 것을 알 수 있다. 여기서 750CMS 기준이란 75 m²의 내공단 면적에 터널내 한계풍속²⁾을 곱한 것으로, 터널내 교통량에 따른 piston effect 및 제트팬 승압력에 의한 유도 풍속이 10 m/s를 초과하지 않을 경우, 차량 배기물질은

제트팬 종류 환기방식으로 처리 가능성을 의미한다.

3. 소요환기량 특성도 활용과 터널제원 결정방법

전술한 바와 같이 평균 교통량 구성비를 적용하여 소요환기량 특성도의 활용방안은 다음과 같다. Fig. 6은 국내 고속도로의 평균 교통량 구성비(HGV=29.4 %)를 적용한 경우로, 2차로 터널의 소요환기량 특성도와 제

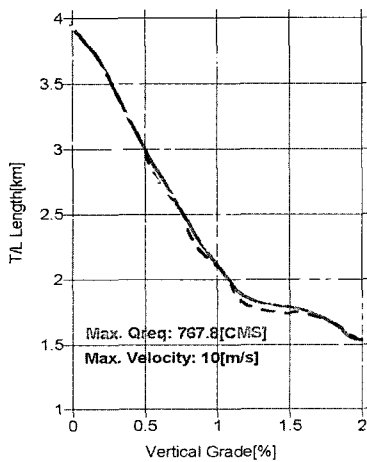


Fig. 6. An example of Qreq contour map (Ar=76.78m², ELE.=400m).

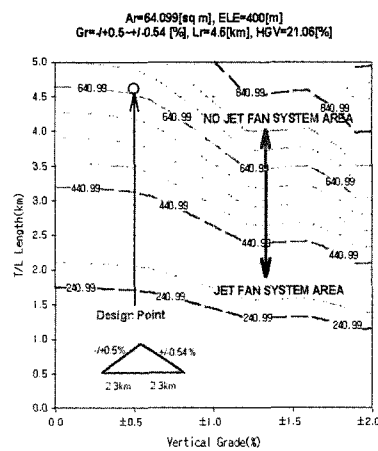


Fig. 7. Qreq contour map for Jungnyeong Tunnel.

트팬 설치대수 및 터널내 풍속도를 함께 타나낸 것이다. 이때 제트팬(d1250)의 설치가능대수는 30대를 기준하였으며, 터널내 풍속 10 m/s 이내에서 내공단면적은 76.78 m², 평균표고는 400 m를 적용하였다.

소요환기량(Qreq), 한계풍속(Velocity), 가능 제트팬 대수(JF)의 3라인이 겹쳐지는 하부영역이 제트팬 종류 식이 가능한 영역이다. 그림에서 터널의 가능 종단경사와 연장은 각각 0.35 % 이하, 3.25 km 까지 제트팬 환기방식이 가능한 것으로 분석된다.

Fig. 7은 국내 최장 도로터널인 죽령터널(4.6 km)⁵⁾을 대상으로 분석한 소요환기량 특성도이다. 소요환기량 특성도의 분석결과 국내 최장터널인 죽령터널은 종단경사 ±0.5 % 이하일 경우 터널연장은 4~4.5 km 까지 제트팬 환기방식의 적용이 가능한 것으로 분석되고 있다.

현재 국내 고속도로상의 터널 단면적이 대략 60 m² 이상에서 70 m² 이상으로 점점 대단면화 되고 있으며⁴⁾ 승용차량의 구성비가 점점 증대되고 있는 점을 감안한다면, 죽령터널과 비슷한 제원을 가진 터널에서의 제트팬 환기방식이 적용 가능한 터널연장은 더욱 증가될 것으로 예측된다.

죽령터널의 터널 및 교통량 제원은 Table 6과 같다.

4. 결 론

소요환기량 특성도는 터널 연장 및 종단경사의 상관관계를 정량적으로 표현할 수 있으므로, 도로 기술자나 터널 기술자들이 설계초기단계에서 환기방식을 결정하기 위하여 손쉽게 활용할 수 있다. 특히 제트팬 환기방

식의 결정은 내공단면적에 따른 제트팬 설치대수 및 풍속분포를 함께 그래프를 통하여 분석함으로써, 손쉽게 선택가능영역을 찾을 수 있어 설계작업 시간단축이 가능할 것으로 판단된다. 지역별 소요환기량 특성도에 따른 제트팬 설치가능 터널제원 분석연구를 통해 다음과 같은 결론을 정리해 볼 수 있다.

- 1) 터널 소요환기량 특성도는 설계초기단계에서 활용되는 설계기법으로 도로 및 터널기술자들이 터널연장 및 종단경사 등의 의사결정시 손쉽게 활용할 수 있을 것으로 예상된다.
- 2) 분석대상 노선의 지역별 대형차혼입률은 경부선(36%), 남해선(34.4%), 영동선(25.4%) 순이며, 경부선의 대전~김천~대구~경주 구간은 41.7% 이상으로 나타났고 이때 승용차량의 구성비는 43.0%까지 떨어지는 경향을 보였다. 또한 경부선의 경주~부산간 및 남해선의 서순천~진주간의 특수트럭 구성비는 10%를 상회하는 것으로 나타났다.
- 3) 지역별 교통량 구성비에 따른 소요환기량, 750CMS Contour는 터널부 최저 종단경사인 0.3%를 기준할 경우, 가상최대연장(승압력에 관계없이 750CMS를 처리하기 위한 임의의 연장)은 영동선(평균:3.87 km), 경부선(평균:2.92 km), 남해선(평균:2.86 km) 순으로 나타났으며 이는 대형차혼입률보다는 특수트럭 구성비에 더 큰 영향을 받은 것으로 분석된다. 또한 전체 21개 노선의 평균 대형차혼입률(29.4%)에 대한 평균 가상최대연장은 3.34 km 정도로 분석되었다.
- 4) 대형차혼입률이 가장 높은 경부선의 김천~대구(43.6

Table 6. Specifications of Jungnyeong tunnel & traffic volume.

Tunnel		Yeongju → Jechen(Upline)				Jechen → Yeongju(Downline)		
Length(m)		4,600				4,600		
Cross-sectional Area(m ²)		64.099				64.099		
Hydraulic dia.(m)		8.085				8.085		
Elevation(m)		400				400		
Grade(%)		2300m:+0.50 %, 2300m:-0.54 %				2300m:+0.54 %, 2300m:-0.50 %		
Vent.	Shaft Equi.	S: 160CMS, E: 160CMS				S: 150CMS, E: 150CMS		
Sys.	Jet-fan Equi.	d1030: 16EA(12 st +4 ^{2nd})*				d1030: 13EA(12 st +1 ^{2nd})*		
Traffic rate (veh/day)	AADT	Passenger Car	Small Bus	Large Bus	Small Truck	Medium Truck	Heavy Goods Truck	Tanker
	37,947	26,506	1,180	2,486	2,269	3,916	1,161	429
	100 %	69.85 %	3.11 %	6.55 %	5.98 %	10.32 %	3.06 %	1.13 %

(note) Scheduled to be installed through second and third-phase construction

- %)간의 경우, 종단경사 2.0 % 부근에서 가상최대연장이 1 km 미만인 것으로 나타나 1 km 미만인 터널이라도 현행 설계기준²⁾으로는 제트팬 종류환기 방식의 적용이 불가능한 것으로 분석되었다.
- 5) 전체적으로 도시부와 연결된 지점의 대형차혼입률은 각 노선별로 가장 낮게 분포하는 경향이 있었으며, 경부선의 서울~수원간(평균:36.0 %)은 18.4 %, 남해선의 마산~부산간(평균:34.4 %)은 31.7 %, 영동선의 새말~강릉간(평균:25.4 %)은 22.7 %로 나타나고 있다. 이는 일반 고속도로보다 대도시 근교 고속도로의 소요환기량이 적어진다는 결론이므로 이에 대한 보정연구가 필요할 것으로 판단된다^{6, p.2-83)}.
- 6) 향후, 전국적인 통합 소요환기량 특성도의 맵핑(Mapping)화를 위해서는 교통량 및 차종별 구성비의 변동에 대한 통계학적 분석연구가 필요할 것으로 사료된다.

사 사

본 연구는 2001학년도 동아대학교 학술연구비(국외 파견) 및 2002학년도 동아대학교 부설 건설기술연구소의 일부 지원을 받아 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. 건교부, 2002, 2001 도로교통량통계연보.
2. 한국도로공사, 2002. 10, 고속도로 터널 환기시설 설계기준
3. 건교부, 2001. 12, 도로용량편람.
4. 한국도로공사, 1996, 터널측방 여유폭 개선방안 검토[설계 개 16210-260(96.8.22)].
5. 한국도로공사, 2000. 12, 중앙고속도로 영주~제천간 건설 공사 제9공구 죽령터널 환기 및 방재시설공사 변경실시설 계 보고서.
6. 한국건설기술연구원, 2000. 12, 도로형태에 따른 최적환기 량 산정 및 단계건설에 관한 연구(최종보고서).
7. 김남영 외, 2002, 고속도로 장대터널 제트팬 종류 환기방식 의 적용에 관한 설계사례 연구, 대한설비공학회, 2002-S -079.
8. 김효규 외, 2002. 7, 도로터널의 종단경사에 따른 환기방식 결정에 관한 연구, 한국도로교통협회, 제11회 도로의 날 논 문집, 181-194.
9. 신태균, 2002. 6, 도로터널 소요환기량 산정 추세, 한국터널 공학회, Vol. 4, No. 2.
10. 이창우, 2002. 9, 도로터널 환기관련 연구동향, 한국암반공 학회지 통권40호, pp.152-157.
11. N. Legge et al, 1999. 5, Design guidelines for tunnel fire safety and ventilation systems on the Egnatia motoway project, northern Greece, Paper Proc. Int. Conf., TF&EFT., 279-287
12. PIARC(Permanent International Association of Road Congresses), 1999, Fire and Smoke Control in Road Tunnels, Committee on Road Tunnels(C5).
13. R.P. de Leeuw van Weenen et al, 1994, Developments in probabilistic roadtunnel ventilation jet fan design, 8th ISAVVT, 959-969.
14. G.F. Poole, 2000, Predicting annual energy consumption for logitudinally ventilated road tunnel, 10th ISAVVT, 411-429.



김효규

1997년 동아대학교 공과대학 자원공학과
공학사
1999년 동아대학교 공과대학 자원공학과
공학석사

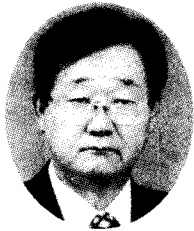
Tel: 02-3433-3127
E-mail: xram77@netian.com
현재 동아대학교 공과대학 자원공학과 박사과정 (주)삼보기술단 기전부 대리



김화수

1992년 한양대학교 물리학과 이학사

Tel: 02-3433-3126
E-mail: HARIMAWOO@lycos.co.kr
현재 (주)삼보기술단 기전부 과장



김종대

1969년 한양대학교 자원공학전공
학사졸업
1972년 네덜란드 ITC 지하화탐사전공
석사졸업
1979년 Ph.D, in Geology, South Dakota
School of Mines, U.S.A

Tel: 051-200-7765
E-mail: jdkim@mail.donga.ac.kr
현재 동아대학교 지구환경공학부 교수



이창우

1978년 서울대학교 자원공학과 공학사
1983년 미국 펜실베이니아주립대학교
대학원 자원시스템공학 공학석사
1986년 미국 펜실베이니아주립대학교
대학원 자원환경공학 공학박사

Tel: 051-200-7769
E-mail: cwlee@mail.donga.ac.kr
현재 동아대학교 지구환경공학부 교수