

지하 전력구 터널의 환기시스템 적용에 관한 연구 (II)

A Study for Application Ventilation System of Underground cable Tunnel (II)

김경열¹⁾, Kyoung-Yul Kim, 오기대²⁾, Ki-Dae Oh, 김대홍³⁾, Dae-Hong Kim, 김종환⁴⁾, Jong-Hwan Kim

¹⁾ 한전 전력연구원 선임연구원, Member, M.T.S, Korea Electric Power Research Institute

²⁾ 한전 전력연구원 일반연구원, Member, M.T.S, Korea Electric Power Research Institute

³⁾ 한전 전력연구원 선임연구원, Member, M.T.S, Korea Electric Power Research Institute

⁴⁾ (주)화승엔지니어링 부장, Senior Manager, Whaseung Engineering

SYNOPSIS : In this paper, numerical method was calculated on evaluation of underground ventilation system to keep servicing a fresh air. The tunnel length for simulation is 18.2 km with various located seven ventilation shaft. Generally, owing to thermal generation in cable tunnel under about 50 m depths, cable tunnel ventilation system is more important than that of other tunnels.

So, we conducted that the effects of ventilation systems was simulated depending on the difference of electrical power tunnel length, the number of shaft tunnel, forced ventilation and duct was or not. Test results show that the main conditions in order to enhance the underground cable tunnel are that ventilation systems have to be designed with forced ventilation and with duct.

Key words : underground power tunnel, ventilation system, duct, cable tunnel

1. 서 론

본 고에서는 전력구터널의 유지관리를 위해 필요한 환기시스템의 설치와 관련하여 지하에 위치한 장거리 수평터널(18.2km)에 다양한 간격의 환기 수직구가 위치할 경우, 이로 인한 환기특성을 분석하고자 수치해석을 수행하였다. 환기와 배기구가 하나씩만 존재하는 지하 일방향 터널의 환기시스템과 달리 수평터널에 다양한 간격의 환기 수직구가 위치할 경우, 압력차에 의해 환기 밸런스가 흐트러질 수 있으며, 이는 곧 공기의 흐름이 원활하지 않음을 나타내는 것이므로 이에 대한 검토가 중요하다. 특히 전력구터널과 같이 지하 약 50미터에 터널이 위치하고, 그 내부의 케이블에서 열(thermal)이 발생하는 매커니즘을 갖고 있는 전력구터널의 환기는 그 특성상 더욱 더 중요하다 하겠다.

이에 지하전력구터널이 가지고 있는 특성을 반영한 최적의 환기시스템을 구축하고자 환기구의 다양한 간격, 급배기 조건 및 덕트 유무를 바탕으로 수치해석을 수행하였으며, 해석결과 지하 전력구터널의 환기효율을 지배하는 가장 큰 인자는 강제 급배기의 유무와 덕트의 유무가 환기의 효율성을 지배하는 가장 큰 인자로 나타났다.

2. 전력구 터널의 개요

2.1 전력구 터널의 정의

공동구는 도시생활을 영위하는데 필요한 전기, 가스, 상하수도, 전화 및 통신 등의 공공시설물을 가공선이나 지하매설물 형태로 설치함에 따라 발생되는 여러 문제점을 해결하기 위해 2종 이상의 시설물을 동일 구내에 공동 수용함으로서 도로의 이중굴착방지로 도로 구조의 보전과 원활한 교통소통을 기하고 도로공간의 효율적 이용을 통한 도시미관을 향상시키며 건설투자비 및 유지관리비의 절감 등을 목적으로 지하에 설치하는 도로의 부족물을 말한다(건교부, 2004). 이 공동구에는 크게 시설물의 종류 및 관리 주체에 따라 공공용 공동구, 단독구 및 일반구로 나뉘며, 여기서 전력구는 통신구와 같이 단일 종류의 시설만을 설치한 지하 공작물에 해당되어 공동구중 단독구의 한 부분으로 속하게 된다.

이러한 전력구를 조성하는 공법에는 여러 가지가 있으나, 본 고에서 다루어지는 전력구는 터널형이다. 일반적인 BOX형 전력구와 터널형 전력구의 단면도는 다음 그림과 같다(한전, 2003).

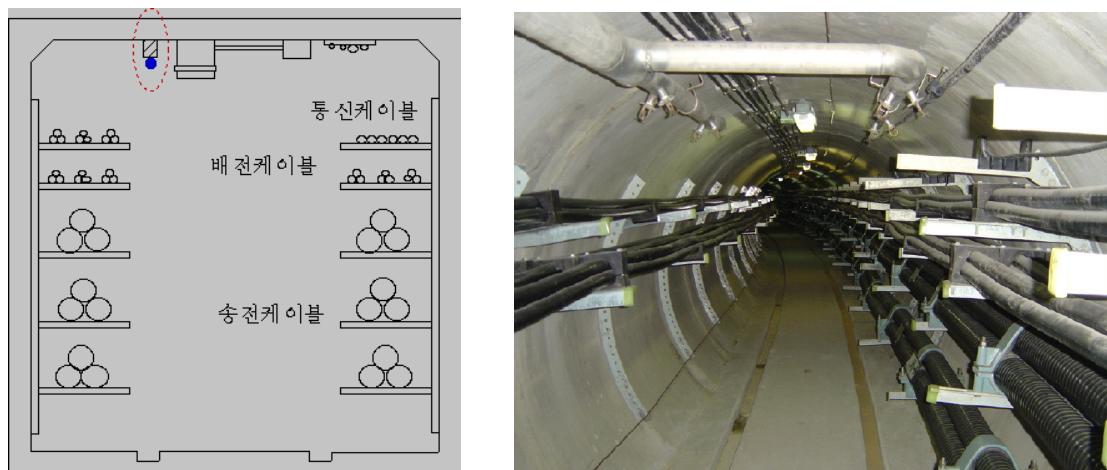
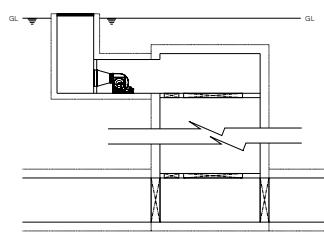


그림 1. 전력구 터널의 단면 (Box vs Tunnel)

2.2 전력구 터널의 환기시스템 개요

현재 전력구터널의 환기시스템은 강제배기와 강제급기 및 자연급기의 조화를 바탕으로 구성되어 있으며, 대부분 강제배기와 자연급기의 시스템으로 구성되어 있다. 전력구터널의 길이는 짧게는 500m 이하부터 최근 들어 길게는 4 km 이상까지 확장되고 있는 추세이며, 기존의 자연급기 및 강제 배기를 바탕으로 설계시에는 적정한 환기시스템을 구축하지 못하는 상황이 예상되고 있다. 대부분 전력구 터널은 지하 60m 이내에 구축되다 보니 환기는 수직구를 통해 이루어지고 그와 관련된 시스템들은 수직구의 입구부에 설치하게 된다. 아래 그림 2는 자연급기 및 강제 배기 시스템의 개요도이다.

강제 배기



자연 급기

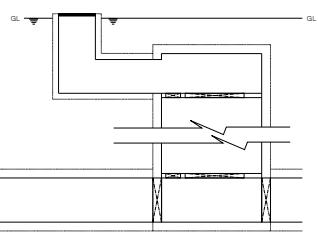


그림 2. 전력구터널 환기시스템 개요도

3. 환기시스템 평가를 위한 구간별 해석

본 절에서는 지하 전력구터널이 가지고 있는 특성을 반영한 최적의 환기시스템을 분석하고자 환기구의 다양한 간격, 급배기 조건 및 덕트 유무를 바탕으로 수치해석을 수행하였다.

3.1 해석 조건

해석에 사용한 프로그램은 범용 상용프로그램인 FLUENT를 이용하였으며, 모델에 사용한 터널의 길이는 18.2 km로 가정하였다. 해석모델의 환기구(소)는 총 7개소로써 그 개요도를 그림 3에 도시하였다. 각 구간길이는 L1~L8까지 각각 100, 5,000, 1,000, 3,000, 5,000, 1,000, 3,000, 100 m로 하였으며, 해석모델링은 2D로 하였다. 아울러, 좌측 및 우측의 터널종단은 벽체로 하여 기류의 유동이 없는 것으로 가정하여 해석을 수행하였다.

해석조건에 따른 환기구의 운전 조건은 다음 표 1에 제시한 바와 같으며, 환기구별 압력손실은 선행 연구(김경열, 2007)에서 도출한 값(표 2)으로 단면 형상변화 및 유동특성을 고려하여 계산한 결과를 적용하였다.

일반적으로 환기구의 압력손실은 각 위치별로 다를 수가 있으며, 심도에 따른 수직구 슬래브의 숫자와 단면적 등 압력손실에 영향을 주는 인자에 따라 그 변화가 크다 하겠다. 특히 실제 현장에서 건설되고 있는 수직구의 심도가 주변여건과 지질조건들에 따라 판이하게 다르므로 이를 반영한 해석을 수행하였다.

또한, 덕트의 유무에 따라 기류의 속도에 차이가 발생하게 되고 환기의 효율성을 높일 수 있기 때문에 덕트의 유무에 따른 해석을 수행하였다.

환기방식은 강제 배기, 강제 급기와 자연배기, 자연 급기 형태를 혼합하여 해석을 수행하였다.

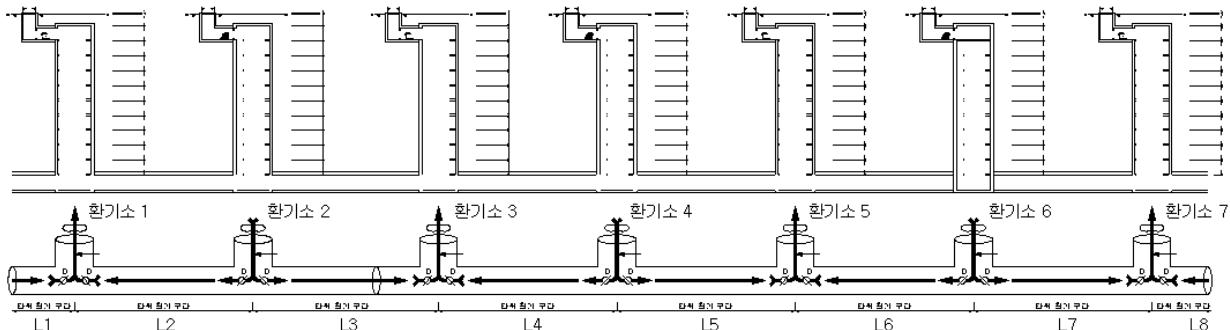


그림 3. 해석 구간 개요도

표 1. 환기구별 운전 조건

조 건	환기소 1	환기소 2	환기소 3	환기소 4	환기소 5	환기소 6	환기소 7
CASE 1	배기	급기	배기	급기	배기	급기	배기
CASE 2	자연환기	급기	자연환기	급기	자연환기	급기	자연환기
CASE 3	자연환기	배기	자연환기	배기	자연환기	배기	자연환기

표 2. 환기방식별 환기소 설정압력

방식	CASE		환기소별 압력손실(Pa)	
			급기	배기
무덕트방식	CASE 1	강제 급배기	341	341
	CASE 2	강제 급기 자연배기	341	57
	CASE 3	강제 배기 자연급기	57	341
덕트방식	CASE 1	강제 급배기	613	576
	CASE 2	강제급기 자연배기	613	57
	CASE 3	강제배기 자연급기	57	613

3.2 해석 결과

환기구의 다양한 간격, 급배기 조건 및 덕트 유무를 바탕으로 전삭해석을 수행한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4 (a)는 강제급기와 강제배기를 수행하는 경우를 나타낸 것으로 무덕트 방식이나 덕트방식 모두 환기소의 급배기팬에 의해서 풍량이 결정되기 때문에 구간거리가 불균일할지라도 구간별 풍량밸런스가 유지되는 것으로 나타나고 있다. 각 구간별 풍속은 표 3에 정리한 바와 같다.

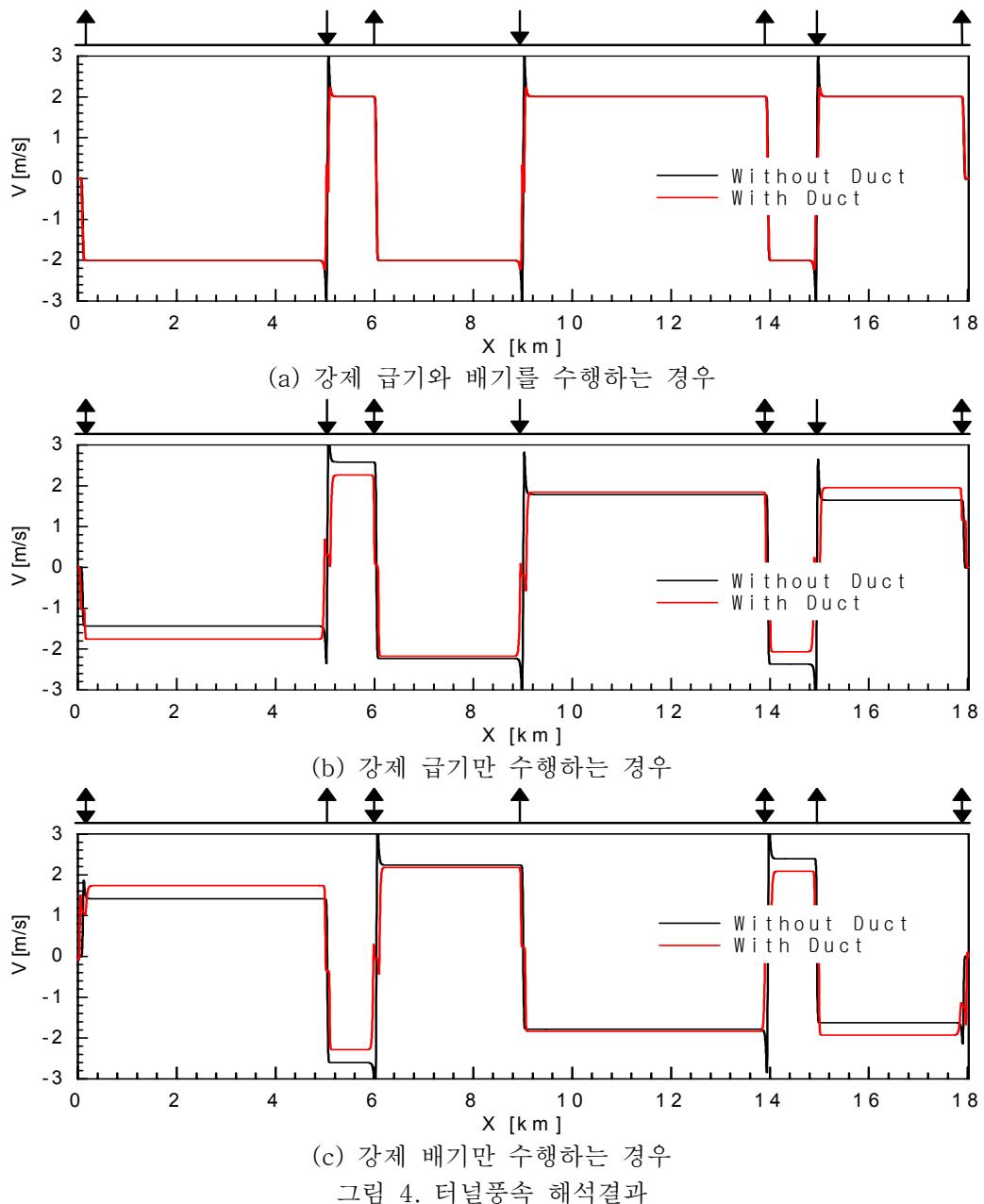
그림 4 (b)는 환기소 2, 4, 6은 강제급기를 수행하고 나머지 환기소는 자연환기를 수행하는 경우로써 구간거리가 짧은 L3구간에서 풍속이 증대하는 것으로 나타나고 있다. 즉 L3구간의 풍량이 증대하며, 무덕트방식을 적용하는 경우에는 전체풍량에 대한 양구간의 풍량 차이(이하 불균일%라고 함)가 28.6%로 나타났으며, 덕트를 설치하는 경우에는 12.6%로 감소하는 것으로 나타나고 있다. 또한 L6구간과 L7구간에서도 덕트설치시 풍량의 불균일%는 18.1%에서 2.9%로 풍량의 언밸런스가 상당히 감소하는 것으로 나타나고 있다.

그림 4 (c)는 환기소 2, 4, 6은 강제 배기를 수행하고 다른 환기소는 자연환기 상태로 외부의 공기가 유입되도록 한 경우이다. 이 경우에도 환기구간거리의 불균일에 따른 구간풍량이 불균일한 것으로 나타나고 있다. 환기소 4의 양구간에서의 불균일은 상대적으로 크지 않으나 환기소 2 및 환기소 6에서는 덕트를 설치함으로서 풍량 불균일 정도가 각각 29.8%에서 13.8%, 19.2%에서 3.9%로 감소하는 것으로 나타나고 있다.

따라서 덕트를 설치함으로서 환기구간 거리차이에 따른 풍량의 언밸런스가 어느 정도 해소될 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 풍량 밸런스를 정확하게 유지하기 위해서는 강제급배기를 수행하는 것이 가장 바람직한 것으로 나타났다.

표 3. 환기방식에 따른 구간별 풍속분포

조건		L2	L3	불균형% (L2-L3)	L4	L5	불균형% (L4-L5)	L6	L7	불균형% L6-L7
CASE 1	무덕트	-2.009	2.009	0	-2.009	2.009	0	-2.009	2.009	0
	덕트	-2.009	2.009	0	-2.009	2.009	0	-2.009	2.009	0
CASE 2	무덕트	-1.437	2.580	28.6	-2.231	1.786	11.1	-2.370	1.647	18.1
	덕트	-1.757	2.261	12.6	-2.177	1.840	8.4	-2.066	1.951	2.9
CASE 3	무덕트	1.413	-2.604	29.8	2.235	-1.782	11.3	2.392	-1.626	19.2
	덕트	1.733	-2.284	13.8	2.182	-1.836	8.7	2.087	-1.930	3.9



4. 결 론

본 연구에서는 지하 전력구터널이 가지고 있는 특성을 반영한 최적의 환기시스템을 분석하고자 환기 구의 다양한 간격, 급배기 조건 및 덕트 유무를 바탕으로 전산해석을 수행하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 지하전력구의 환기구 간격(거리) 변화에 따른 환기 효율은 강제 급기와 강제 배기 시스템을 구축할 때 가장 효율성이 높게 나타났으며, 무덕트 보다는 덕트를 이용한 환기를 수행할 경우에 거리별 환기의 불균형이 상당량 감소하는 것으로 나타났다.
- (2) 배기 조건의 경우, 강제 급기와 강제 배기로 구성된 환기 시스템이 자연 환기를 포함한 시스템 보다 월등히 좋은 효율을 보이는 것으로 나타났다.
- (3) 본 연구를 통해 지하전력구 터널에 대한 환기 효과를 평가할 수 있었으며, 향후 본 연구결과를 이용하여 전력구 터널의 설계를 수행할 예정이다.

참고 문헌

1. 건교부(2004), “공동구 재해방지와 안정성 강화를 위한 설계 시공 및 관리기술 개발”, pp2-3
2. 김경열, 이대수, 오기대, 김종환 (2007), “지하 전력구 터널의 환기시스템 적용에 관한 연구”, 2007 춘계학술발표회, pp1384-1389
3. 한국전력공사(2003) a, “전력구터널 설계기준-전력구 부대설비 시설기준”, pp 68-71
4. 한국전력공사(2003) b, “전력구터널 설계기준-지중송전편”, pp 2-9