

전력구 터널 내 전력선 발열 시 환기방식에 따른 온도분포에 대한 전산해석

이호형, 이승철, 곽동걸, 백두산
강원대학교

Numerical Simulation on the Temperature Distribution by Ventilation Type during Heat of the Power line in Electric Power Tunnel

Ho Hyung Lee, Seung Chul Lee, Dong Kurl Kwak, Doo San Baek
Kangwon National University

ABSTRACT

Power line in electric power tunnel generate heat around during power transmission. Rising temperature inside the electric power tunnel reduces the transmission efficiency of the power line. In this study, trying to understand the change in temperature in the electric power tunnel by forced ventilation and natural ventilation when the temperature rise of the electric power tunnel. The results show that average temperature in electric power tunnel by natural ventilation, forced ventilation is 56.55℃, 23.25℃. Therefore electric power tunnel during power transmission needs cooling or ventilation system.

1. 서론

최근 도시에서는 보다 효율적인 공간 활용과 도시의 미관을 위해 전력시설, 통신시설 등의 각종 사회 기반시설을 지상에서 지하로 위치시키고 있다. 전력선 역시 기존 지상에 설치하였던 것과 달리 전력구 터널을 지하에 새로이 굴착하여 설치하는 경우가 증대되고 있다.

전력구 터널 내부의 전력선은 송전 시 주위로 열을 발생시키므로 전력구 터널 내부의 온도 상승을 초래하여 결국 전력구 터널 내부의 상승된 온도는 전력선의 송전효율을 감소시키는 결과를 가져온다.

이러한 이유로 전력구 터널 내부에는 환기 및 냉각장치 등의 조치가 필요하며, 통상적으로 전력구 터널 내부의 온도를 1℃ 낮출 때 전력선의 송전 효율은 2% 상승된다.

따라서 본 연구에서는 전력구 터널 온도 상승에 대해 자연환기(자연급기, 자연배기), 강제환기(강제급기, 자연배기)에 따라 전력구 터널 내부의 온도 변화를 파악하고자 한다.

2. 본론

2.1 수치해석 대상

본 연구의 수치해석 대상을 Fig. 1에 나타내었다. 본 연구의 수치해석 대상 중 전력구 터널은 폭 3m, 높이 2.5m, 길이 100m의 공간으로 설정하였으며, 전력선은 바닥면으로부터 0.5m만큼 천장방향으로 이격되어 폭 방향으로 0.3m, 높이방향으로 0.3m의 길이로 설정하였다.

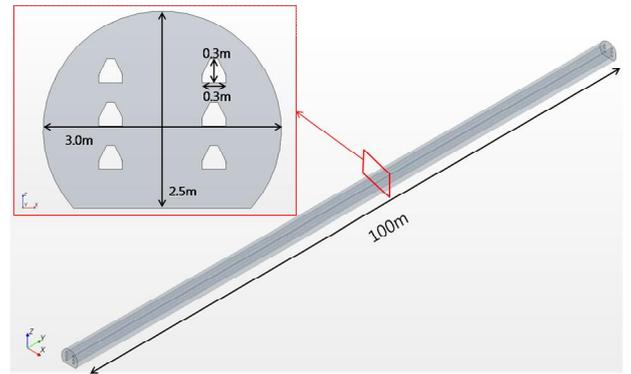


Fig.1 Schematic diagram of electric power tunnel

2.2 계산종류

본 연구의 계산종류는 Table.1에 나타낸바와 같이 전력구 터널의 환기 방식에 따라 자연환기(자연급기, 자연배기), 강제환기(강제급기, 자연배기)로 구분하였다.

2.3 지배방정식 및 경계조건

본 연구에서 전력구 터널 내 공기유동은 3차원, 정상상태, 난류유동으로 가정하였으며, 사용된 지배방정식은 연속방정식, 운동량방정식, 난류운동에너지방정식, 난류운동에너지소산율방정식, 에너지방정식으로써 다음과 같다.

본 연구의 경계조건은 각 전력선에서 138.41W/m²의 열 유속이 발생되며, 자연환기(자연급기, 자연배기)의 경우 전력구

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j - \tau_{ij}) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i(\rho - \rho_0) \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\rho u_j k) - \left(\mu + \frac{\mu_t}{\tau_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] = \mu_t (P + P_B) - \rho \epsilon \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j} \left[(\rho u_j \epsilon) - \left(\mu + \frac{\mu_t}{\tau_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] = C_{\epsilon 1} \mu_i \frac{\epsilon}{k} P - C_{\epsilon 2} \rho \frac{\epsilon^2}{k} + C_{\epsilon 3} \frac{\epsilon}{k} \mu_t P_B \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i T) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left\{ \left(\frac{\mu_l}{\tau_l} + \frac{\mu_t}{\tau_t} \right) \frac{\partial T}{\partial x_i} \right\} + S_T \quad (5)$$

Table. 1 Case of calculation

	Inlet	Outlet
Case 1 (Natural ventilation)	0.05m/s	Atmospheric pressure
Case 2 (Forced ventilation)	2.0m/s	Atmospheric pressure

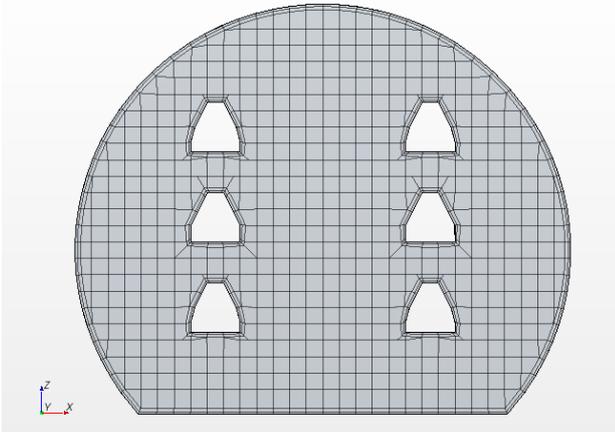


Fig.2 Mesh grid system

터널 입구에 0.05m/s의 속도조건을, 전력구 터널 출구부분에는 대기압 조건을 부여하였으며, 강제환기(강제급기, 자연배기)의 경우 전력구 터널 입구에 2m/s의 속도조건을, 전력구 터널 출구부분에는 대기압 조건을 부여하였다.

2.4 격자시스템

본 연구에 사용된 격자 시스템을 Fig.2에 나타내었다. 기본 격자 크기는 0.1m로 설정하였으며, 전력선과 전력구 터널 벽면에는 보다 세밀한 격자를 생성하여 전체 격자 개수는 약 100만 개로 생성하였다.

2.5 수치해석 방법

전체 해석영역에 대하여 지배방정식을 유한체적법(FVM, Finite Volume Method)와 비엇갈린 격자계(non staggered grid system)방법으로 이산화를 사용하였으며, 상용 CFD 코드인 STAR CCM+ Version 8.02⁽¹⁾를 사용하였다. 또한 SIMPLE(Semi Implicit Method for Pressure Linked Equation) 알고리즘⁽²⁾을 사용하였으며, 대류항 처리는 2nd upwind differencing scheme를 사용하였고, 난류모형은 표준 k-ε 난류모형⁽³⁾을 사용하였다.

2.6 해석결과

Fig 3에는 길이방향으로 50m에서의 자연환기 시 전력구 터널 내부의 온도분포를, Fig.4에는 길이방향으로 50m에서의 강제환기 시 전력구 터널 내부의 온도분포를 나타내었다. 그림에서 보듯이 자연환기의 경우 전력구 터널 내부 평균 온도는 56.55°C, 강제환기의 경우 전력구 터널 내부 평균 온도는 23.25°C로 자연환기가 강제환기에 비해 매우 높은 온도분포를 나타내었다. 이러한 결과는 전력선의 송전 효율에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

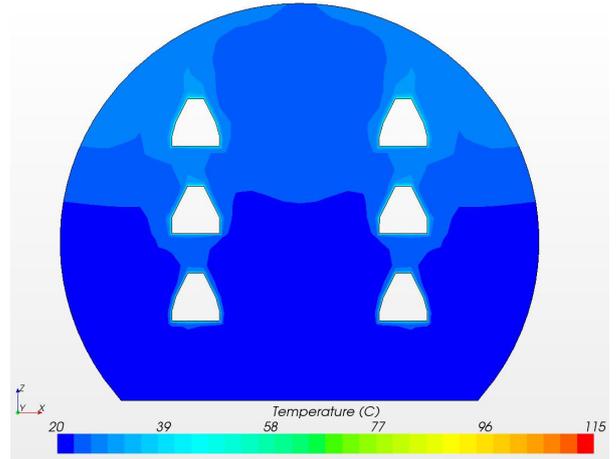


Fig.3 Distribution of temperature in Case 1 (y=50m)

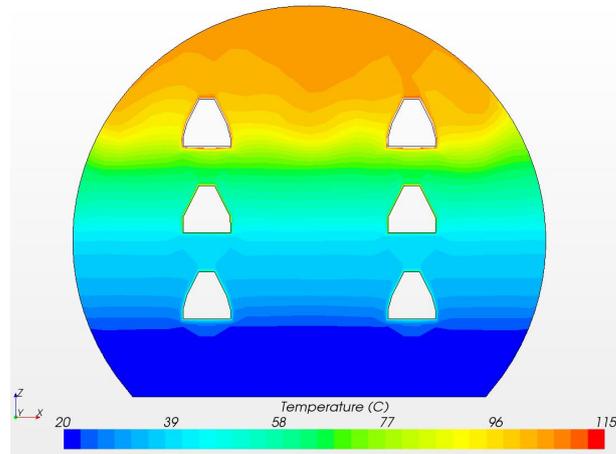


Fig.4 Distribution of temperature in Case 2 (y=50m)

3. 결론

본 연구에서는 환기방식에 따른 전력구 터널 내부의 온도분포에 대해 전산해석을 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 전력구 터널 내 전력선 발열 시 전력구 터널 내부 평균 온도는 자연환기의 경우 56.55°C, 강제환기의 경우 23.25°C로 나타났다.

(2) 전력구 터널 내부의 온도상승은 송전효율에 영향을 미치므로 냉각장치 및 환기시스템 등의 조치가 필요할 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] CD ADAPCO Ltd., "STAR CCM+ Ver. 8.02 User Guide", CD ADAPCO Ltd., 2013.
- [2] Patankar, S. V., Spalding, D. B., "A Calculation Procedure for Heat, Mass and Momentum Transfer in Three dimensional Parabolic Flows", Int. J. Heat Mass Transfer, Vol.15, p. 1787, 1972.
- [3] Launder, B. E., Spalding, D. B., "The Numerical Computation of Turbulent Flows", Comput. Methods Appl. Mech. Eng., Vol 3, pp. 269 289, 1974.