

동결지수를 활용한 터널 내 배면동결 깊이 검토

Freezing depth in Tunnel Lining Back Using Freezing Index

이세희*, 조국환*[†], 박종원**, 백진호**, 김지환**Sehee Lee*, Kook-Hwan Cho*[†], Jong-Won Park**, Jin-Ho Baek**, Ji-Hwan Kim**

초 록 국내 철도설계기준에서는 지역별 동결지수 값을 통해 최대 노반동결깊이를 예측하여 동상 방지 재료 사용 및 배수기울기 등을 설치하여 동상대책을 마련하도록 명시하고 있다. 터널 구조물을 고려하였을 때 입구에서부터 영하의 최저기온이 유입되므로, 노반과 동일하게 동결 지속시간에 따라 터널 배면의 동결깊이가 다르게 나타나게 된다. 따라서 기존 지역별 동결지수를 활용하여 열전달해석을 수행함에 따라 노반 동결깊이에 따른 터널 배면 동결깊이간의 관계를 검토하였다. 그 결과, 노반과 배면 동결깊이간의 값 차이가 발생하였으며, 노반 동결깊이가 42.0cm 이상부터 배면 동결이 시작되는 것으로 나타났다. 이에 지역별 동결지수를 활용하여 배면 동결깊이 검토가 가능할 것으로 판단된다.

주요어 : 동결지수, 배면동결깊이, 터널 동결

1. 서 론

국내 철도설계기준에서는 동절기 기후시 흙 구조물 동상 대책을 마련하기 위해 지역별 20년 동결지수를 제시하였으며, Terada식을 통해 최대 노반동결깊이를 예측하여 동상방지 재료 사용 및 배수기울기 등을 설치하여 동상대책을 마련하도록 명시하고 있다.

노반 동결깊이 산정시 주요 영향요인인 지역별 동결지수는 지역의 기후적 특성에 따라 도달하는 최저 영하기온 및 동결 지속시간을 고려하고 있다. 터널 구조물을 고려하였을 때 입구에서부터 영하의 최저기온이 유입되므로, 노반과 동일하게 동결 지속시간에 따라 터널 배면의 동결깊이가 다르게 나타나게 된다. 따라서 기존 지역별 동결지수를 활용하여 열전달해석을 수행함에 따라 노반 동결깊이에 따른 터널 배면 동결깊이간의 관계를 검토하고자 한다.

2. 동결지수와 배면 동결깊이의 관계

2.1 열전달 해석조건

터널 내부에 외기온도 유입으로 라이닝 온도가 저하되므로 대류현상 이후 라이닝과 배면 지반사이의 열전달은 Fourier의 열전도 법칙에 따라 영하의 온도가 배면 지반까지 전달되는 현상을 해석할 수 있다. 콘크리트 라이닝 및 배면 지반 등의 전달을 해석하기 위해 Fig. 1과 같이 복선터널 표준크기를 적용하였으며, 지반고는 NATM터널 천단부로부터 20.38m, 폭은 50m 크기로 모델링 하였다. 각 지반 및 라이닝 등의 열 물성치값은 Table 1과 같이 기존 참고문헌 등을 인용하여 해석을 수행하였다.

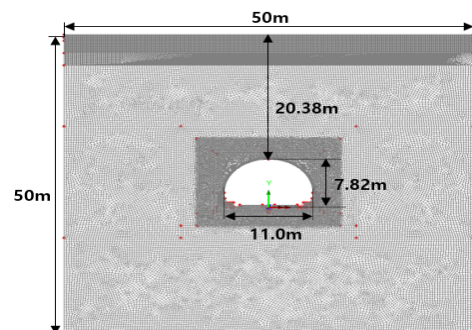


Fig. 1 Modeling for Ground and Tunnel

[†] 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대 철도건설공학과(khcho@seoultech.ac.kr)

* 서울과학기술대학교 철도전문대 철도건설공학과

** 국가철도공단 미래전략연구원 기술연구처

Table 1 Properties of materials.

Materials	Density (ρ , kg/m^3)	Specific Heat (C_p , $J/kg K$)	Thermal conductivity (k , W/mK)
Granite	2,650	885	3.41
Concrete	2,300	900	2.00
Shotcrete	2,380	1,000	1.98
Air (-10~--30°C)	1.341~1.451	1006~1004	0.022~0.21

2.2 동결지수를 활용한 배면 동결깊이 검토

수치해석을 통해 동결심도를 검토한 결과, 동결지수선도를 통해 산출한 노반 동결깊이와 유사한 경향으로 북한 장전지역의 경우 30.2cm가 발생하였다. 그러나 배면 동결깊이의 경우 장전지역은 라이닝 내 동결이 발생하였다. 배면 동결깊이의 경우 라이닝(30cm)를 거쳐 배면으로 열전달이 발생하므로 노반 동결깊이와 배면 동결깊이 차이가 발생한 것을 알 수 있다.

이에 라이닝 두께 30cm를 기준으로 노반 동결깊이와 배면 동결깊이 간의 관계를 검토하기 위해 수치해석시 최소 노반 동결깊이 30.2cm에서 약 10.0cm씩 증가시켜 한반도 최대 노반 동결깊이 265.0cm까지 적용하였을 때 발생하는 배면 동결깊이를 검토함으로써 그 결과를 Fig. 2와 같이 나타냈다.

배면 동결깊이는 노반 동결깊이가 42.0cm 이상부터 발생되었으며, 노반 동결깊이가 증가할수록 배면 동결깊이 또한 증가하는 경향이 나타났다.

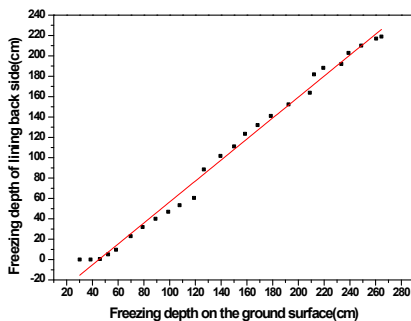


Fig. 2 Correlation between ground and tunnel lining back

3. 결 론

터널 구조물을 고려하였을 때 입구에서부터 영하의 최저기온이 유입되므로, 노반과 동일하게 동결 지속시간에 따라 터널 배면의 동결깊이가 다르게 나타나게 된다. 따라서 열전달 해석을 수행함에 따라 노반 동결깊이에 따른 터널 배면 동결깊이간의 관계를 검토하였다.

그 결과, 동일한 외기온도 유입시 터널의 경우 라이닝 두께 30cm를 거쳐 배면으로 열전달이 발생하므로 노반과 배면 동결깊이간의 값 차이가 발생하였으며, 노반 동결깊이가 42.0cm 이상부터 배면동결이 시작되는 것으로 나타났다. 이에 지역별 동결지수를 활용하여 배면 동결깊이 검토가 가능할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 국가철도공단의 연구비지원(북한 철도 연결을 위한 노반 건설기준 제개정 연구용역)으로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] Andersland, O.B. and Ladanyi, B.(2004), "Frozen ground engineering", John Wiley & Sons, Inc., 2nd Ed., Hoboken, New Jersey, pp. 20-61

[2] H.S. Kim (2014) A study on subsurface thermal diffusion responses subject to the extreme environmental conditions. PhD Thesis, Kookmin University.