

한랭지역 철도교량 하부기초 단열재 적용성 연구

A Study on the Application of Insulation Materials on Railway Bridges Foundation in Cold Area

팽재엽*, 오정호*[†], 조수현**, 고세원**, 나성웅**Jae Yeop Paeng*, Jeong Ho Oh*[†], Byoung Kuk Roh**, Jong Won Park**, Jin Ho Baek**

초 록 한랭지역에서는 동결기 낮은 기온으로 인한 지반의 동상작용이 발생하게 되고, 그에 따라 지중 구조물의 성능저하를 가져오게 된다. 국내외 철도교량 하부기초 동상방지를 위한 설계기준 검토 결과, 주로 기초의 근입 깊이를 동결심도 이하로 확보하는 것을 제안하고 있었으나 교량기초 동상피해 사례에 의하면 추가적인 설계지침이 필요한 것으로 판단되었다. 따라서, 본 연구에서는 동결지수가 높은 한랭지역에서의 철도교량 하부기초 설계 및 시공 시 단열재 적용성을 수치해석을 통해 검토하고 설계 적용 시 고려할 사항들을 도출하고자 하였다.

주요어 : 한랭지역, 동결지수, 철도교량 하부기초, 단열재

1. 서 론

연중 온도가 낮고 동결지수가 높은 한랭지역에서는 지중 온도 저하로 인한 동상현상이 빈번히 발생하게 되며, 이는 토목 및 건축구조물 등의 파손으로 인한 시설물의 기능저하를 초래하게 된다 [1]. 국내외 철도교량 하부기초 동상방지를 위한 설계기준 검토 결과, 주로 기초의 근입 깊이를 동결심도 이하로 확보하는 것을 제안하고 있었으나 교량기초 동상피해 사례에 의하면 추가적인 설계지침이 필요한 것으로 판단되었다 [2]. 일본 및 캐나다 설계기준 일부에서 구조물 동상방지를 위한 단열재 적용법을 제시하고 있으나 [3,4], 주로 건물 기초 적용에 제한을 두고 있다. 이에 본 연구에서는 연중 온도가 낮은 한랭지역에서의 동결지수별 철도교량 하부기초 적용 시 단열재 적용성에 대해 연구하였다.

[†] 교신저자 : 한국교통대학교 철도공학부 (j-oh@ut.ac.kr)

* 한국교통대학교 철도공학부

** 한국철도시설공단

2. 본 론

2.1 수치해석

본 연구에서는 COMSOL Multiphysics를 이용하여 수치해석을 진행하였다. 해석 지역은 지질학적으로 국내와 유사하지만 동결지수가 높은 평양 (동결지수(°C·days):664.3), 구성(861.7), 해산(1809.1), 삼지연(2435.8)을 선정하였으며, 해석 기간은 365일로 설정하였다.

2.1.1 수치해석 설정

본 수치해석에서는 단열재로 XPS(Extended Polystyrene Sheet)을 사용하였고, 수치해석에 사용된 물성치와 수치해석 단면이 각각 **Table 1, 2, Fig. 1**과 같다.

Table 1 Properties of insulation

열용량 (J/(kg·K))	열전도율 (W/m·K)	탄성계수 (Gpa)	열확산계수 (1/K)
1450	0.028	3.2	0.00006

Table 2 Properties of materials

	열용량 (J/(kg·K))	열확산계수 (1/K)	탄성계수 (Gpa)	열전도도 (K)
soil [solid]	1170	0.00000273	0.03	1.097
Gneiss (1)	979	0.0000075	25.3	3.95
Gneiss (2)	979	0.0000075	0.5	3.95

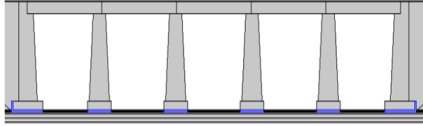


Fig. 1 Numerical Analysis Section Simulated by Insulation Material

2.1.2 수치해석 수행

동결지수별 단열재의 효과를 확인하기 위해 단열재를 기초 저면 아래 설치하였으며, 두께를 100, 200, 300mm로 변화시켜가며 단열재 적용 전/후 지중온도를 비교하였다. 비교 위치는 외기와 가장 접촉이 많은 교각 외측의 지중 깊이 0.5, 1, 1.5, 3, 5, 10, 20m로 선정하였다.

2.2 해석 결과

2.2.1 단열재 두께에 따른 단열효과 분석

단열재 두께에 따른 해석 결과, 깊이 3m 이후로는 지중온도 변화의 큰 차이가 보이지 않아 3m까지 지중온도를 나타내었다.

해석 결과 (Fig. 2 참조), 평양은 단열재

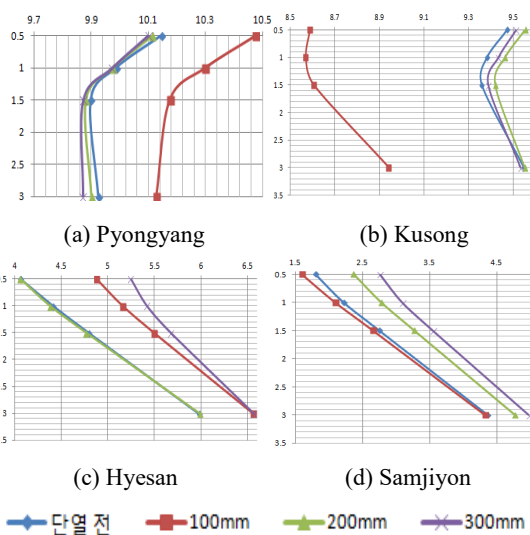


Fig. 2 Numerical analysis results by thickness change
(x-axis = temperature(°C), y-axis = depth(m))

두께 100mm, 구성은 200mm, 해산과 삼지연은 300mm 적용 시 단열효과가 가장 크게 나타남을 확인하였으며, 이는 철도교량 하부기초 동상방지를 위한 단열재 적용 설계 시 동결지수 분포에 따라 차별적으로 두께를 적용할 필요가 있을 것으로 판단된다.

2.2.2 단열재 폭에 따른 단열효과 분석

상기 해석을 통해 산정한 지역별 최적 단열두께의 폭을 기초저면 대비 10~40%로 확대 조정하며 수행한 수치해석 결과는 아래 Fig. 3 과 같다.

해석 결과, 동결지수와 의 상관관계는

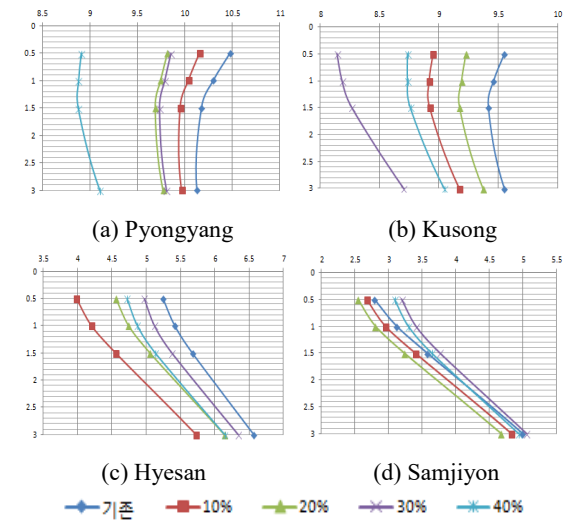


Fig. 3 Numerical analysis results by width change
(x-axis = temperature(°C), y-axis = depth(m))

도출되지 않으나, 각 지역별로 단열재 최적 폭은 파악이 가능하다.

3. 결론

본 연구에서는 한랭지역에서 철도교량 하부기초의 동상방지를 위한 단열재 적용성을 수치해석을 통해 분석하였다. 선정된 지역들의 기온을 입력값으로 하여 모델링된 교량단면 하부기초에 단열재를 모사하였고, 그것의 두께와 폭을 변화시켜가며 동결지수별 최적 단열두께를 파악하고자 하였다. 해석 결과, 동결지수 분포에 따라 단열재 규격 (두께 및 폭)등을 차별적으로 적용함으로써 단열효과를 극대화 할 수 있음을 확인하였다. 추후 지중조건 및

교량기초 종류에 따른 영향성을 검토하여
철도교량 하부기초 동상방지 기법을
제안하고자 한다.

후 기

본 연구는 한국철도시설공단의 연구비지원
(한랭지역 철도기준 연구 용역)으로 수행되었
습니다.

참고문헌

- [1] Rui, D., Suzuki, T., Kim, Y. (2007), Frost Heave Force of Ground and Countermeasure for Damage of Structures , Journal of Korean Geotechnical Society, Vol.23, No.5, pp. 43~51.
- [2] Oh et al (2019), Analysis of Adfreeze Forces of Railway Bridges Foundation by Freezing Depth, Research Report, Korea National University of Transportation.
- [3] Canadian foundation engineering manual 4th edition, Canadian geotechnical society (2006), pp. 185-199
- [4] Standards for Japan track structure (2007).