

유한요소해석과 주파수반응함수(FRF)분석에 의한 도시철도 하부 공동유무 평가

Investigating Cavity Existence by FRF Analysis of Computed Amplitude Data from Finite Element Analysis of Underground Subway Track Structure

지상현*, 조호진*, 이진욱**, 이성진**, 임유진*†

Sanghyun Ji*, Hoin Cho*, Jinwook Lee**, Sungjin Lee**, Yujin Lim*†,

Abstract Recently many cases of cavity generation in down town of metropolitan cities in Korea have been reported. The cavities generated in vicinity of subway track can cause subsidence and settlement that may raise track irregularities and unstable condition of the track. In this study, a FEA is widely accomplished by using ABAQUS program to simulate cavity existence underneath the subway track so that dynamic structural analysis is performed to get response of the track when wheel load is applied. By obtaining acceleration on the track, FRF can be achieved with different diameter and location (z, h) of cavities and with different values of soil modulus E. It was verified that when there is a cavity underneath the concrete slab track, amplitude and its frequency response spectra are definitively varied with different circumstance of the cavity. Therefore, it will be possible to verify existence of a cavity underneath the concrete slab track by investigating the FRA when real dynamic wheel loads are applied on the track.

Keywords : Cavity, FEA, FFT, FRF

초 록 최근 도심지 지반 내 공동발생 건수와 이로 인한 피해가 급증하고 있다. 이 중 도시철도 인근에 발생하는 공동은 지반 침하 및 함몰 등을 유발하여 궤도의 침하와 틀림을 발생시킴으로써 궤도 안정성에 심각한 문제가 될 수 있다. 본 연구에서는 유한요소해석 프로그램인 ABAQUS 를 이용하여 도시철도 궤도하부에 가상의 공동발생시 공동발생 궤도 구간에 대한 동적 구조해석을 실시하였다. 동적구조 해석 결과(a)를 FFT(Fast Fourier Transform)처리하여, 도시철도 하부지반에 발생하는 공동의 크기(D) 및 깊이(z), 수평거리(h) 및 지반 탄성계수(E) 차이에 따른 FRF(Frequency Response Function)를 구하였으며 특정 주파수 대역에서의 진폭값 및 주파수 반응특성이 크게 변화하는 것을 확인하였다. 따라서 동적충격에 의한 FRF 분석을 통해 도시철도 하부지반의 공동 발생여부를 확인할 수 있다.

주요어 : 공동, 유한요소해석, FFT, FRF

1. 서론

현재 도심지 내 상하수도관의 노후화에 따른 누수와 지하수위 변화로 인한 공동발생이 잦아지고 있다. 공동의 발생은 주변 지반의 침하 및 함몰 등의 문제를 발생시킨다.

† 교신저자: 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과(yujin@pcu.ac.kr)

* 배재대학교 공과대학 건설환경철도공학과, ** 한국철도기술연구원

Table 1 Material input values used in numerical analysis

Division	Modulus E(MN/m ²)	Poisson's ratio ν	Density ρ (ton/m ³)	Damping	
				α	β
Rail	210,000	0.167	7.85	30.81	5.00E-05
Sleeper	30,000	0.17	2.8	0.4	0.00073
Concrete Slab	30,000	0.17	2.8	0.4	0.00073
Concrete Box	23,000	0.15	2.4	0.4	0.00073
Reinforced Roadbed	80	0.2	2	0.4	0.00073
Soil	50, 80, 120	0.3	2	0.4	0.00073

수치해석 결과로부터 획득한 궤도 중앙부에서의 공동의 크기와 위치, 지반의 탄성계수 변화에 따른 가속도 값을 취득하여 FFT처리 후 특정 주파수에서의 진폭 변화를 확인 하였다.

2.2 유한요소해석 결과

Fig. 3은 도시철도 궤도구조 중앙 하부에 공동이 존재할 때, 지반의 탄성계수 50 및 80MPa에서 직경 0.3, 0.6, 1.2m의 공동을 모사후 동적구조 해석으로부터 획득한 가속도 계산 결과를 FFT처리후 주파수 대역에서 진폭변화 특성을 도시한 결과이다. 하부노반 탄성계수가 감소하고 공동 직경의 크기가 커질수록 특정 주파수 대역에서 진폭값이 증가하는 것을 확인 하였다. 추후 하부노반의 탄성계수(E), 공동 크기(D), 깊이(z) 및 이격거리(L) 등의 변화에 따른 주파수 대역의 변화를 추가 해석 및 분석할 예정이다. 이로부터 도시철도 하부지반에 공동 발생 유무를 확인 할 수 있는 평가기준을 제시할 예정이다.

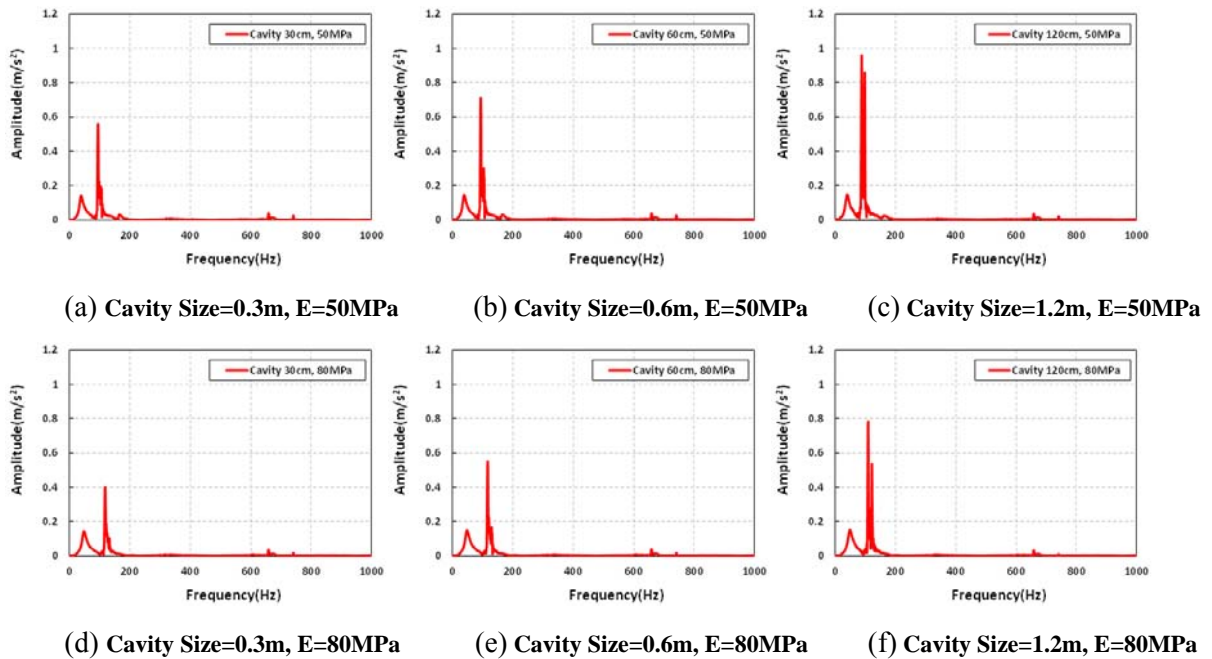


Fig. 3 Frequency Response Spectra of computed acceleration amplitude

3. 결 론

본 연구에서는 지하 도시철도 하부지반의 공동발생여부를 확인 및 평가하기 위하여 유한 요소해석 프로그램인 ABAQUS를 이용하여 도시철도의 궤도 및 하부구조를 모사하고, 도시 철도차량의 동적 윤택중을 적용하여 지반의 탄성계수(E), 공동의 크기(D), 깊이(z) 및 수평이 격거리(h)에 따른 궤도구조의 동적해석을 실시하였다. 동적구조해석으로부터 획득된 가속도를 FFT처리하여 주파수 대역에서의 특성변화를 분석하였다. 이로부터 잠정적으로 아래와 같은 결론을 도출하였다.

2차원의 단순해석 및 비교 시 하부지반의 탄성계수가 감소하고 공동의 직경이 커질수록 특정 주파수대역에서 발생 가속도의 진폭값이 크게 증가하는 것을 확인하였다. 향후, 공동 발생여부 평가방법을 구축하기 위해서 공동의 크기(D), 깊이(z), 이격거리(L)에 변화를 주어 그에 따른 입력 동륵하중 대비 반응 주파수 변화 양상을 분석할 필요가 있다.

후 기

이 논문은 2015년 정부(미래창조과학부)의 재원으로 국가과학기술연구회 융합연구단 사업(No. CRC-14-02- ETRI)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] C. Carranza-Torres, T. Reich & D. Saftner (2013) Stability of shallow circular tunnels in soils using analytical and numerical models, *Department of Civil Engineering, University of Minnesota, Duluth Campus, Minnesota, USA*.
- [2] Sung Jin Lee, Jin Wook Lee, Yeungnam Jung, Hojin Cho, Yujin Lim (2015) Sensitivity Analysis of the Deformations caused by Cavity Generation in Subway Trackbed Foundation using the FEA, Korean Society for Railway, Korea