

근접시공시에 발생하는 진동영향에 관한 평가

An Estimation for Vibration Effects Occuring in Adjacent Construction

윤 배 식* · 백 성 철** · 이 섬 범*** · 남 열 우**** · 김 홍 택*****

Yoon, Bae-Sic · Baek, Sung-Chul · Lee, Seom-Beom

Nam, Yel-Woo · Kim, Hong-Taek

Abstract

Lately, there are actively proceeding in making a plan for subway construction, a high-speed railway construction and a expansion of road and also all kinds of large-scaled construction in Korea. Construction works were delayed from noises and vibrations occured by usage of a large-sized construction equipments and driven and also blast or there were often stopped from them under construction. Therefore, this study was modeling operation of the cyclic loading and conforming effects from grasping displacement-changing method through a variable analysis.

key words : Adjacent Construction, Numerical Analysis, Vibration

1. 서론

최근 국내에서는 지하철, 고속철도, 신공항건설, 도로확충 및 각종 대규모 건설공사들이 계획되어 활발히 진행되고 있다. 이들 공사 시에는 각종 대형 건설장비의 이용, 항타 및 암반발파 등에 의해 발생하는 소음 및 진동으로 공사가 지연되거나 심지어는 공사 자체를 수행하지 못하여 공사일정에 차질을 받는 경우도 종종 발생되고 있다. 따라서 본 연구에서는 진동영향을 평가하기 위하여 반복하중을 작용시키는 것으로 모델링하였으며, 변수분석을 통하여 각 변수에 따른 변위변화 양상을 파악하는 방법으로 그 영향정도를 확인하였다.

2. 진동하중의 모델링

2.1 Menard(1975)에 의해 제안된 최대충격력 경험식

동역학적 이론을 이용한 간단한 방법으로서, 타격시에 힘-시간 반응 관계도는 삼각형 형태로 가정할 수 있다. 운동량 보존 법칙을 이용하여, 시간-하중 곡선 하부의 면적은 운동량의 변화와 같아야 한다. 자유낙하운동에 대해서 충격시의 속도($v_i = \sqrt{2gH}$)는 감속도가 완료된 시점에서는 0이 되기 때문에 최대충격하중을 다음과 같이 산출할 수 있다.

* 비회원 · 홍익대학교 공과대학 토목공학과 석사과정 · E-mail: no1nakasaki@hanmail.net

** 비회원 · (주)동일건설 토목본부장 · E-mail: bs4756@hanmail.net

*** 비회원 · (주)대우건설 부장 · E-mail: 8500526@dwconst.co.kr

**** 비회원 · (주)신성엔지니어링 지반공학부 부사장 · E-mail: ywnam54@hanmail.net

***** 정회원 · 홍익대학교 공과대학 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail: htaek@hongik.ac.kr

$$\frac{1}{2} F_{\max} \Delta t = m \Delta v \quad (1)$$

$$F_{\max} = \frac{2W\sqrt{2gH}}{g\Delta t} \quad (2)$$

여기서, F_{\max} (최대 동역학적 하중) = ma_{\max} , Δt = 충격하중이 작용하는 시간, m (추의 질량) = W/g , Δv = 속도의 변화량, a_{\max} = 최대 가속도량, g = 중력가속도, H = 낙하고

그러나, 실제 템퍼의 낙하는 주변 지반의 영향으로 자유낙하운동을 하지 않는다. 이 운동계의 자연주기를 다음과 같이 가정할 수 있다.

$$f_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (3)$$

여기서, T (진동주기) = $2 \Delta t$, $k = 4Gr_o/(1-\nu)$ = 운동계의 연직 강성도, G = 전단탄성계수, r_o = 뿔 퍼의 반경, ν = 프아송 비

따라서, 최대 충격력은 다음과 같이 산출될 수 있다.

$$F_{\max} = \sqrt{\frac{32WHGr_o}{\pi^2(1-\nu)}} \quad (4)$$

3. 항타진동하중을 고려한 유한차분 수치해석

3.1 개요 및 해석방법

본 연구에서는 일반적인 저수지 제체의 형상을 대표단면으로 결정하고 모델링하기 위해서 대표적인 FDM 프로그램인 $FLAC^{2D}$ 프로그램을 사용하였다. 지반의 동적거동을 해석하기 위해 지반은 탄소성(Elastic-Plastic)모델로 결정하였으며, 탄소성 모델 중 가장 보편적으로 사용되는 Mohr-Coulomb 모델을 사용하였다. 해석상의 경계조건은 Quiet Boundary로 설정하였으며, 취수탑의 경우에는 콘크리트 구조물로 탄성(Elastic)모델로 결정하였다. 유한차분 수치해석은 대표단면의 현재 상태를 모델링하여 초기해석을 시행한 후, 파일이 시공되는 지점에 시공시 발생하는 진동을 하중으로 입력하는 방법으로 진행하였다(김홍택 등, 2004).

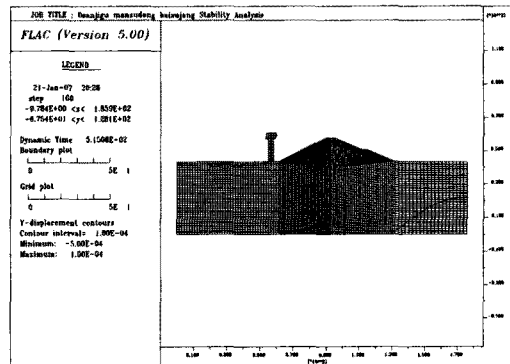


그림 1. 2차원해석 유한요소망과 경계조건

3.2 수치해석조건

(Menard 등, 1975)가 제시한 경험식에 의한 수치해석방법에서는 지반변수를 고정할 경우, 가장 영향력이 있는 변수는 진폭(Amplitude)과 진동수(Dynamic Frequency)이다. 따라서 항타시 지표면에서부터 하부지층까지 관입되는 경우, 지표면에 대한 진폭과 진동수를 변수인자로 하여 진동시간(Dynamic time)에 대한 수평변위 및 침하량 산정과 진폭에 대한 수평변위 및 최대침하량을 산정 하였으며, 저수지 제체 및 취수탑에 대하여 다음 그림 2와 같이 수치해석을 수행하였다. 아래 표 1은 수치해석을 수행하기에 앞서 변수지정을 나타낸 것이다.

표 1. 수치해석을 위한 변수지정

진폭을 고정, 진동수를 변경					
진폭(m)	1000	1000	1000	1000	1000
진동수(Hz)	5	10	15	20	25
진폭을 변경, 진동수를 고정					
진폭(m)	500		1000		1500
진동수(Hz)	10		10		10

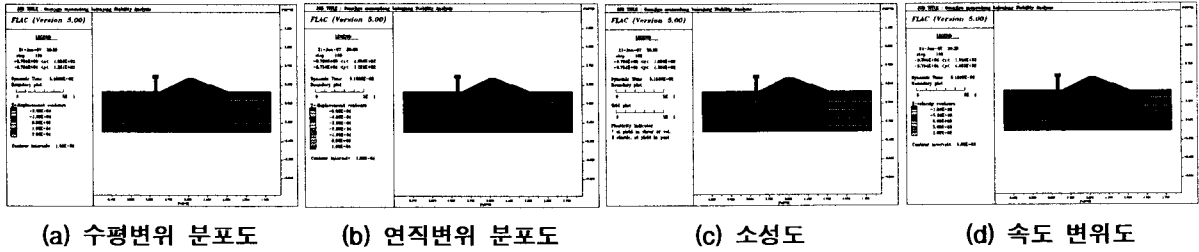


그림 2. 진동수(Dynamic Frequency)가 15 Hz인 경우 유한차분 수치해석

3.3 수치해석결과

그림 3에서는 수치해석상의 변수인자인 진동수를 고정시키고 진폭을 변수로 하여 지표면에서의 향타로 인한 진동시간 별 수평변위 및 침하량과 진폭 별 최대수평변위 및 최대 침하량을 도시하였고, 진폭(Amplitude = 500, 1000, 1500) 3가지 경우 중, 1500m인 경우가 진폭 별 최대수평변위와 최대 침하량이 발생함을 확인하였다.

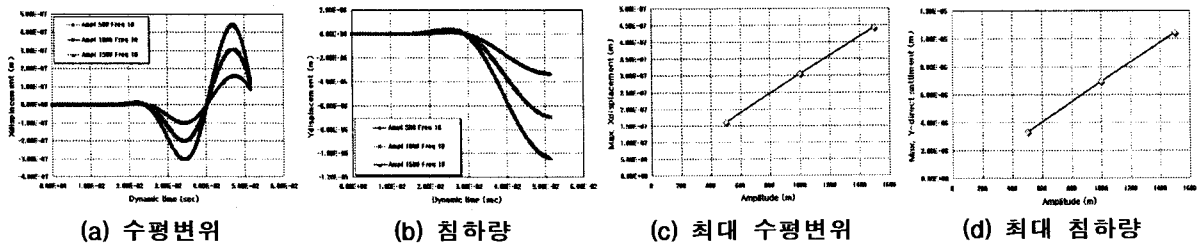


그림 3. 진동시간(Dynamic time)과 진폭(Amplitude) 변화에 따른 수평변위 및 침하량

그림 4에서는 진동수를 변수로 하여 지표면에서의 향타로 인한 진동시간 별 수평변위 및 침하량과 진동수 별 최대수평변위 및 최대 침하량을 도시하였고, 진동수(Dynamic Frequency = 5, 10, 15, 20, 25) 5가지 경우에 대해 유한차분 수치해석을 수행하여 진동수 별 최대침하량이 진동수가 15Hz일 때가 가장 크게 발생됨을 확인하였다. 또한 진동수가 25Hz일 때 최대수평변위도 발생함을 확인하였다.

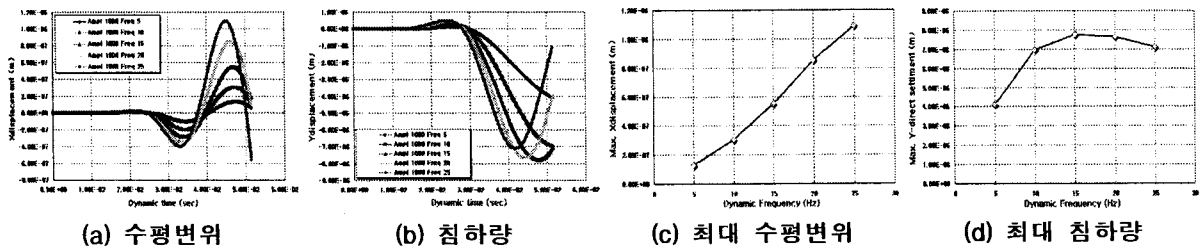


그림 4. 진동시간(Dynamic time)과 진동수(Dynamic Frequency) 변화에 따른 수평변위 및 침하량

그림 5에서는 향타진동이 발생하는 시점에서부터 이격거리에 따른 침하량 도시하였다. 그림 5(a)는 진폭이 고정되고 진동수를 변수로 하였을 때 이격거리 별 침하량을 나타낸 것이며, 향타시점인 27.57m~30.63m의 범위에서 침하량이 가장 크게 발생하였고 진동수가 25Hz일 경우에 최대침하량이 발생함을 확인하였다.

그림 5(b)는 진동수가 고정되고 진폭을 변수로 하였을 때 이격거리 별 침하량을 나타낸 것이며, 향타시점인 27.57m~30.63m의 범위에서 그림 5(a)와 같이 침하량이 가장 크게 발생하였고 진폭이 1500m일 경우에 최대침하량이 발생함을 확인하였다.

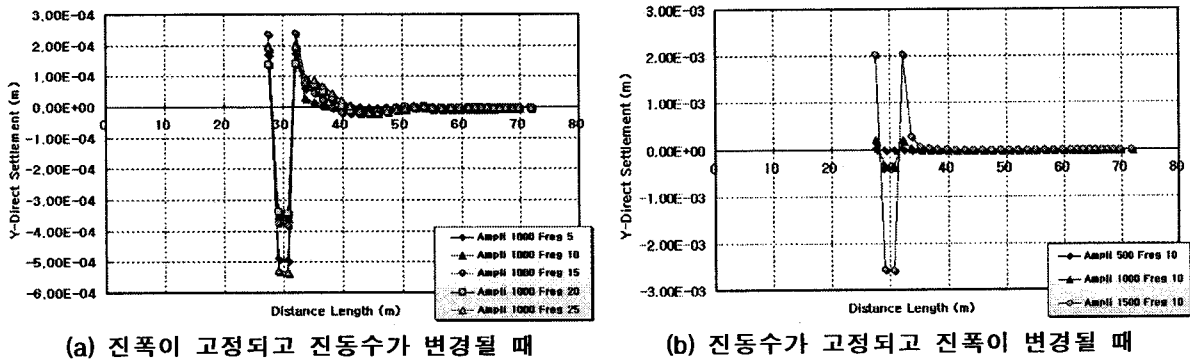


그림 5. 향타진동이 발생하는 시점에서부터 이격거리에 따른 침하량

4. 결론 및 제언

본 연구는 저수지 제체 인근에서 시행되는 향타시 지표면에 발생하는 진동이 저수지 제체에 미치는 영향을 평가하고 진동영향을 완화시키기 위해서 안정해석을 수행하였다. 향타에 의한 진동영향평가는 대표적인 FDM 프로그램인 *FLAC^{2D}* 프로그램을 사용하였다. 지금까지의 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 변수분석을 통하여 각 변수들 저수지 제체와 취수탑에 미치는 영향요인을 분석한 결과, 진폭이 변경되는 경우와 진동수가 변경되는 경우에 관하여 진폭(Amplitude = 500, 1000, 1500) 3가지 경우 중, 1500m인 경우가 최대수평변위와 최대침하량이 발생함을 확인하였으며, 진동수(Dynamic Frequency = 5, 10, 15, 20, 25) 5가지 경우에 대해 유한차분 수치해석을 수행하여 진동수 별 최대침하량이 진동수가 15Hz일 때가 가장 크게 발생됨을 확인하였다. 진동수가 25Hz일 때 최대수평변위도 발생함을 확인하였다. 또한, 향타진동이 발생하는 시점에서부터 이격거리에 따른 침하량에 관해서는 진폭이 고정되고 진동수를 변수로 하였을 때 향타시점인 27.57m~30.63m의 범위에서 침하량이 가장 크게 발생하였고 진동수가 25Hz일 경우에 최대 침하량이 발생함을 확인하였다. 그리고 진동수가 고정되고 진폭을 변수로 하였을 때 향타시점인 27.57m~30.63m의 범위에서 침하량이 가장 크게 발생하였고 진폭이 1500m일 경우에 최대침하량이 발생함을 확인하였다.
- 2) 향타시 발생하는 진동의 영향을 완화시키기 위한 대책으로는 과일쿠션재의 사용, 선굴착 공법, 향타기의 조정, 파동장벽, 매입파일의 사용 등이 있으나 좀 더 효율적인 진동 완화 대책 수립을 위해 지속적인 공법등에 대한 연구가 이루어져야 될 것이다.

참고문헌

1. 김홍택, 이혁진, 박인준,(2004), "동다짐 공법의 유효다짐깊이 결정에 영향을 주는 인자 분석", 2004 봄학술발표회 논문집, 한국지반공학회, pp. 659 ~ 666.
2. 김홍택, 김승욱, 황정순, 한연진, 유찬호, 김병석(2006), "근접시공의 진동영향을 고려한 설계사례 연구", 학술발표회논문집, 한국지반환경공학회, pp. 287 ~ 294.
3. Menard, L(1975), Theoretical and Practical Aspects of Dynamic Consolidation, Geotechnique, Vol. 25, No.1, 3~17.