

SIP에 적용된 말뚝쿠션재료별 소음 분석

Noise analysis of SIP(Soil cemented Injected precast Pile method) with pile cushion materials

김낙영†·박영호*

Kim Nagyoung, Park Youngho

1. 서 론

건설현장에서 사용되고 있는 각종 건설기계들은 소음과 진동 및 분진을 유발하여 도심에서 발생하는 생활환경 오염중원 중 가장 강력한 민원대상이 되고 있다. 특히 기초 공사에 사용하고 있는 디젤식항타기, 유압식항타기, 착암기, 브레이커 등은 대부분 음압레벨이 아주 높을 뿐만아니라 충격적, 파열적 특성을 갖기 때문에 인근 주민들과 가축에게 많은 영향을 주고 있다.

이 영향을 최소화하기 위하여 개발된 대표적인 말뚝 공법은 SIP공법(soil-cement injected precast pile method)이다. 이 공법은 오거굴착 공내에 말뚝을 자중만으로 소정의 심도까지 침설할 수 없을 때에는 항타장비의 자중을 사용한 압입법이나 램낙하높이 0.5m의 낙하해머를 사용한 경타법을 이용한다. 경타시에 발생하는 헬멧과 강말뚝 사이의 충격음과 파열음 크기를 아직 파악되어 있지 않아 체계적인 차음대책수립이 미진한 상태이다.

따라서 본 연구에서는 개단식 강관말뚝을 사용한 SIP 공법의 오거굴착 공내에 말뚝을 침설한 후, 8 종류의 말뚝쿠션선재료(강, 폴리우레탄, 미카타, 목재합판, 고무, 폴리우레탄과 말뚝캡, 실리콘고무와 합판)와 램낙하높이(1, 2, 3m)를 변화시키면서 낙하해머로 경타하였을 때 발생하는 소음을 소음원으로 35m 떨어진 지점과 거리별 소음크기를 그리고 동재하시험을 측정하였다. 이 결과를 통해 소음을 효과적으로 제어할 수 있는 말뚝쿠션재를 제시하고자 한다.

2. 사용한 말뚝쿠션 재료

말뚝타입시 해머나 말뚝머리의 손상방지와 균일한 타입거동보장을 유도하기 위하여 적절한 두께의 쿠션재료를 사용

하여야 한다. 현장에서 강관말뚝을 항타 및 경타하는 낙하해머의 해머쿠션재료는 그림 2.1과 같이, 합판을 사용하고, 말뚝쿠션재료는 사용하지 않고 있다. 이로 인해 항타 및 경타시 소음·진동의 허용값을 초과하여 민원이 자주 발생하는데, 이는 헬멧과 강말뚝의 직접적인 접촉에 기인하는 것으로 판단된다.

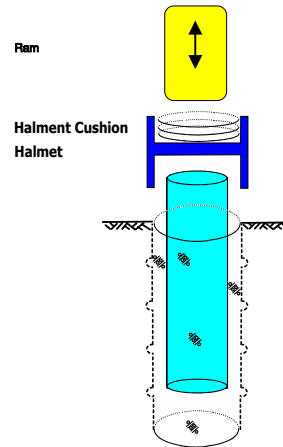


그림 2.1 자유낙하 해머의 해머쿠션

항타 및 경타에 의한 소음을 줄이면서 말뚝의 항타관입성이 좋은 말뚝쿠션재료를 알아보기 위하여, 그림 2.2와 같은 위치에 설치하였다.



그림 2.2 말뚝쿠션 설치 위치

이때 사용한 말뚝쿠션재료는 그림 2.2와 같이, 미카타(micata), 폴리우레탄(polyurethane), 실리콘고무(silicone rubber), 고무(rubber, SBR), 합판(plywood) 등을 사용하였다. 이들의 재료특성은 표 2.1과 같다(임유진 외 2, 2003).

† 김낙영; 한국도로공사
E-mail : pk6317@paran.com
Tel : (031)371-3342, Fax : (031) 371-3409

* 한국도로공사 도로교통연구원



(a) 폴리우레탄 (b) 고무, 실리콘고무, 미카타, 합판
그림 2.3 말뚝쿠션재료의 설치 위치와 종류

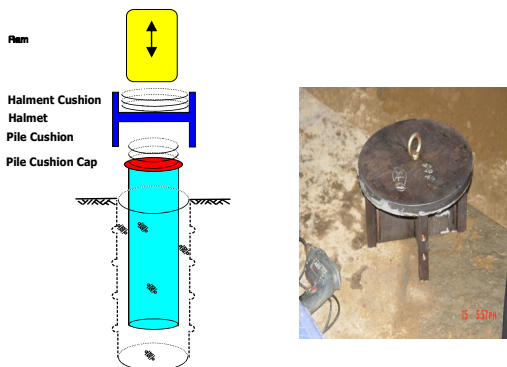
표 2.1 말뚝쿠션재료의 물리적 특성

말뚝쿠션재료 구분	탄성계수, E	
	MPa	kgf/cm ²
강(steel)	2,100	2.1×10 ⁶
미카타(micata)	1,551	1.58×10 ⁴
합판(plywood)	206	2,000
폴리우레탄(polyurethane)	138	1,400
고무(rubber, SBR)	10~100	102~1,020
실리콘고무(silicone rubber)	2.05	20.9

그리고 상기 표에 제시한 말뚝쿠션재료를 조합(우레탄+ 말뚝캡, 실리콘+ 합판)한 새로운 말뚝쿠션재료의 소음측정과 향타관입성을 조사하기 위하여 그림 2.4와 같이 설치하였다.



그림 2.4 말뚝쿠션재료의 조합 예



(a) 말뚝쿠션 캡의 위치 (b) 형상
그림 2.5 말뚝쿠션 캡의 설치위치와 형상

말뚝쿠션 캡(pile cushion cap)은 그림 2.5와 같은 형상이며, 제원은 지름 406mm, 원판의 두께는 22mm, 원판 아래의 브레싱은 십자형으로 보강되어 있다. 다수의 경타에

의한 말뚝쿠션재료를 보호 및 내구성을 향상시키기 위해 말뚝머리 위에 설치하는 원형덮개판이다. 그리고 경타시 말뚝쿠션 캡의 저면과 강관말뚝이 서로 접촉하는 부분에서 발생하는 소음을 줄이기 위해 실리콘고무를 원형덮개판 밑에 실리콘으로 부착하였다.

3. 결 론

1. 사용한 8가지 말뚝쿠션재료에서 가장 소음이 작게 발생하는 말뚝쿠션재료는 ①합판, ②강, 실리콘고무+ 합판, ③미카타, ④폴리우레탄, ⑤고무 ⑥폴리우레탄+ 말뚝캡 순이었다. 이는 강성이 상대적으로 큰 강, 미카타, 폴리우레탄의 말뚝쿠션재료는 재료의 탄성계수에 영향을 받지만, 합판은 재료의 충격흡수력이 크기 때문에 소음이 작게, 그리고 고무는 재료의 반발력이 크기 때문에 부가적인 충격음에 의해 소음이 크게 발생한 것으로 판단된다.
2. 합판두께가 9cm 보다 6cm에서 더 작은 소음크기가 발생하였는데, 이는 합판 날장을 많이 사용할수록 경타에 의한 합판 자체의 충격음이 크게 발생하기 때문으로 판단된다.
3. 시험 현장의 암소음과 합판을 쿠션재료로 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 소음크기를 비교한 결과, 이들의 소음크기는 각각 64.5dB(A), 68.4dB(A), 73dB(A)이었고, 합판을 쿠션재료로 사용한 경우와 사용하지 않은 경우는 암소음보다 소음크기가 각각 6.1%, 13.2% 증가하였다.
4. 현장의 암소음을 배제한 상태에서 낙하에너지가 2, 4, 6tonf-m로 증가함에 따라 합판의 쿠션재료 사용 유무상태의 소음증분량을 비교한 결과, 합판두께 6cm의 쿠션재료 소음증분량은 각각 1.1, 3.7, 6.8dB(A)이었고, 쿠션재료를 사용하지 않은 경우의 소음증분량은 합판을 사용한 것보다 각각 700%, 162%, 53% 크게 나타났다.
5. 8가지의 말뚝쿠션재료에 대하여 동재하시험으로 측정된 에너지전달율은 ①폴리우레탄+ 말뚝캡, ②두께 6cm 합판, ③강, ④미카타, ⑤고무, ⑥실리콘고무+ 합판 ⑦두께 9cm 합판 순으로 낮게 나타났다. 이는 쿠션재료의 탄성계수가 클수록 에너지전달율은 좋게 나타났지만 두께 6cm의 합판은 두께의 영향인 것으로 판단된다.
6. 말뚝쿠션재 없이 강관말뚝 머리부에 직접 헬멧을 연결한 경우(ETR=45~47.5%)보다 폴리우레탄과 말뚝캡을 함께 사용한 경우(ETR=48.3~62.5%)가 가장 높게 나타났다. 이는 폴리우레탄과 말뚝캡이 말뚝머리부에 안치되어 있는 경우가 쿠션재료 없이 직접 말뚝 순두께로 타격에너지가 전달되는 경우보다 더 안정화된 구조이기 때문으로 판단된다.
8. 합판의 두께가 6cm, 9cm에 대하여 동일한 낙하에너지인 2tonf-m로 타격하였을 때 말뚝에 전달되는 에너지전달율은 각각 55%, 25%로 합판의 두께가 얇을수록 에너지전달율이 높게 그리고, 소음원에서 35m 이격된 지점에서의 소음크기는 낮게 나타났다.