

트렌치 공간의 진동차단 메카니즘

박정봉 · 양영균* · 손기상**

덕원엔지니어링 · *서울산업대학교 교양학부 · **서울산업대학교 안전공학과

1. 서 론

암반굴착 등을 위해서는 발파는 필수적인 지반공사 과정중의 하나이다. 그러나 도심지 공사 특히, 아파트 등 건물 공사일 때는 인근 주변에 기존 주택가들이 밀집되어 있어 발파진동으로 인한 영향을 미치기 쉽고 이것은 곧바로 민원으로 공사진행에 많은 어려움을 초래하는 결과로 이어진다.

공사진행을 위해서는 값비싼 무진동 발파를 계속 시행하기에는 실행예산에서 불리하고 공기상 일반 발파를 할 경우 진동 크기가 문제되는데 이것은 기존의 70dB 기준으로 공사를 할 경우 주변 아파트 건물에 심각한 균열을 초래하기 때문에 공사자가 즉 시공사가 저비용 방법을 고안해야 하지만 이 또한 곧 바로 적용기법을 찾아내기가 용이하지 않기에 문제가 있다.

본 연구에서는 기 발표된 진동차단 트렌치 설치에 대한 결과를 이론적으로 적용하여 일반적인 진동을 차단해주는 결과와 수치해석적인 방법을 사용하여 찾아낸 수치공식이 일치하는 또는 유사한 점을 찾아내었다. 이 공식을 이용하여 앞으로 유사한 현장조건에서 필요한 트렌치를 현장에 굴착하여 기성콘크리트 말뚝타설 등 건설 기초공사에서 필수적인 공정을 저비용으로 진행하는데 일조를 하고자 한다.

2. 실험계획

건설기계내의 진동 발생시 거리에 따른 감쇠는 진동파의 종류나 지반의 상태 등에 따라 다르고 여러 가지 요소들이 복합적으로 작용하게 되지만 균일한 지반에 있었어 진동원에서 진동파 전달에 따른 분산과 지반흡의 마찰에 따른 감쇠를 고려하면 다음과 같은 공식이 고려된다.(참고10)

$$L_r = L_0 - 8.7\lambda(r - r_0) - 20 \log_{10} \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \quad (\text{dB})$$

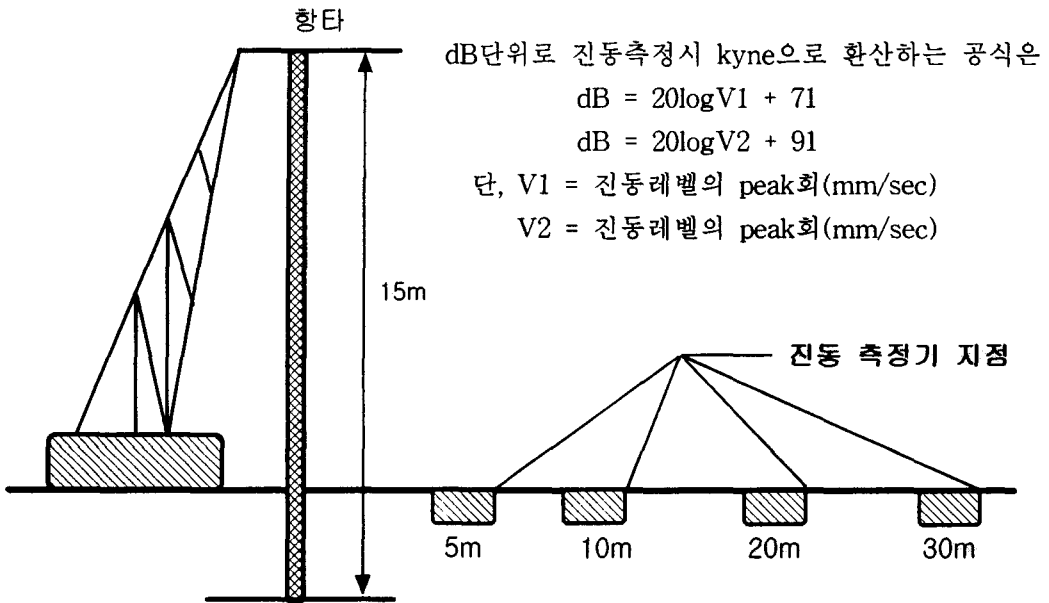
단, L_r : 진동원으로부터 거리 $r(\text{m})$ 떨어진 점의 진동레벨

L_0 : 진동원으로부터 $r_0(\text{m})$ 떨어진 점의 진동레벨

λ : 지반의 내부 감쇠 정수(점토, 로움, 실트 등은 0.01~0.05,

바위 0.01, 모래실트 1.01, 점토 0.5

n : 표면파는 1/2



dB단위로 진동측정시 kyne으로 환산하는 공식은

$$dB = 20\log V1 + 71$$

$$dB = 20\log V2 + 91$$

단, V1 = 진동레벨의 peak회(mm/sec)

V2 = 진동레벨의 peak회(mm/sec)

그림1과 같이 굴착깊이에 따라 거리에 따라 감쇠량을 즉, 진동량을 측정기 Thomas Model로 측정한 값으로 비교하는 것으로 하였다. 디젤해머는 건설현장에서 실제 작업하고 있는 제원 50 ton 크레인 유압해머 7 ton을 대상으로 하였다.

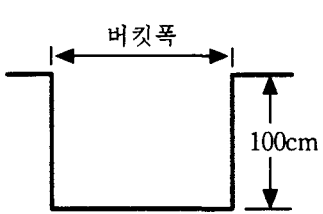
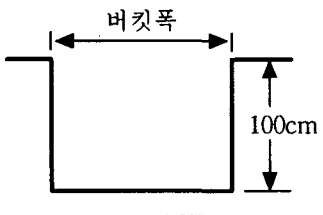
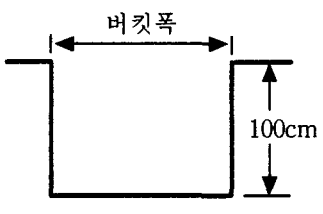
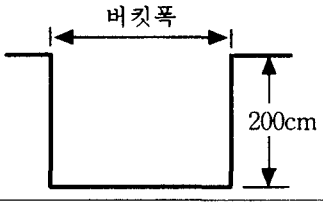
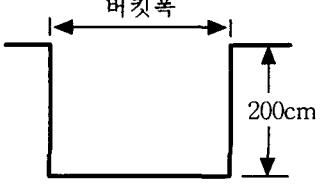
현장에서 굴착은 기존의 여건을 최대한 이용하는 즉 저 비용으로 기법을 찾기 위한 실험에 입각하여 굴착폭은 투입된 백호우의 버킷 폭을 상수(constant)하고, 굴착깊이를 100cm, 200cm로 트렌치 굴착(굴착길이 5m일정)한 상태에서 유압식 해머로부터 (그림 1) 5m, 10m, 20m, 30m, 떨어진 지점에서 진동기에 나타난 진동값 1kyne=1cm/sec(NS 5400, NOMIS, SEISMO GRAPHS, U.S.A)을 측정하여 표1과 그림2를 작성하여 비교하는 것으로 하였다.

표1. 진동원으로부터 이격거리별 진동값(트렌치 굴착 없을 경우)

진동원으로부터 이격거리	최초의 진동원(dB)	진동값	
		dB	kyne(cm/sec)
5m	1.78	98.96	0.65
10m	0.96	89.12	0.55
20m	0.38	86.65	0.4
30m	0.2	77.48	0.2

3. 실험결과

표1. 트렌치 규모별 진동 측정값

차수	실험변수	이격거리		토질조건	진동값cm/sec
		1	2		
1차	굴착깊이-Normal	1	5m	풍화토	$0.89 \times 2 = 1.78$
		2	10m	풍화토	$0.48 \times 2 = 0.96$
		3	20m	풍화토	$0.19 \times 2 = 0.38$
		4	30m	풍화토	$0.10 \times 2 = 0.2$
2차	 100cm	1	5m	풍화토	1.42
		2	10m	풍화토	1.21
		3	20m	풍화토	0.36
		1개	4	30m	풍화토
3차	 100cm	1	5m	풍화토	1.42
		2	10m	풍화토	0.65
		3	20m	풍화토	0.29
		2개	4	30m	풍화토
4차	 100cm	1	5m	풍화토	1.06
		2	10m	풍화토	0.21
		3	20m	풍화토	0.17
		3개	4	30m	풍화토
5차	 200cm	1	5m	풍화토	1.5
		2	10m	풍화토	1.25
		3	20m	풍화토	0.21
		1개	4	30m	풍화토
6차	 200cm	1	5m	풍화토	1.38
		2	10m	풍화토	0.48
		3	20m	풍화토	0.23
		2개	4	30m	풍화토

※ 실험시 주변 공기온도(26℃), 습도(23%)

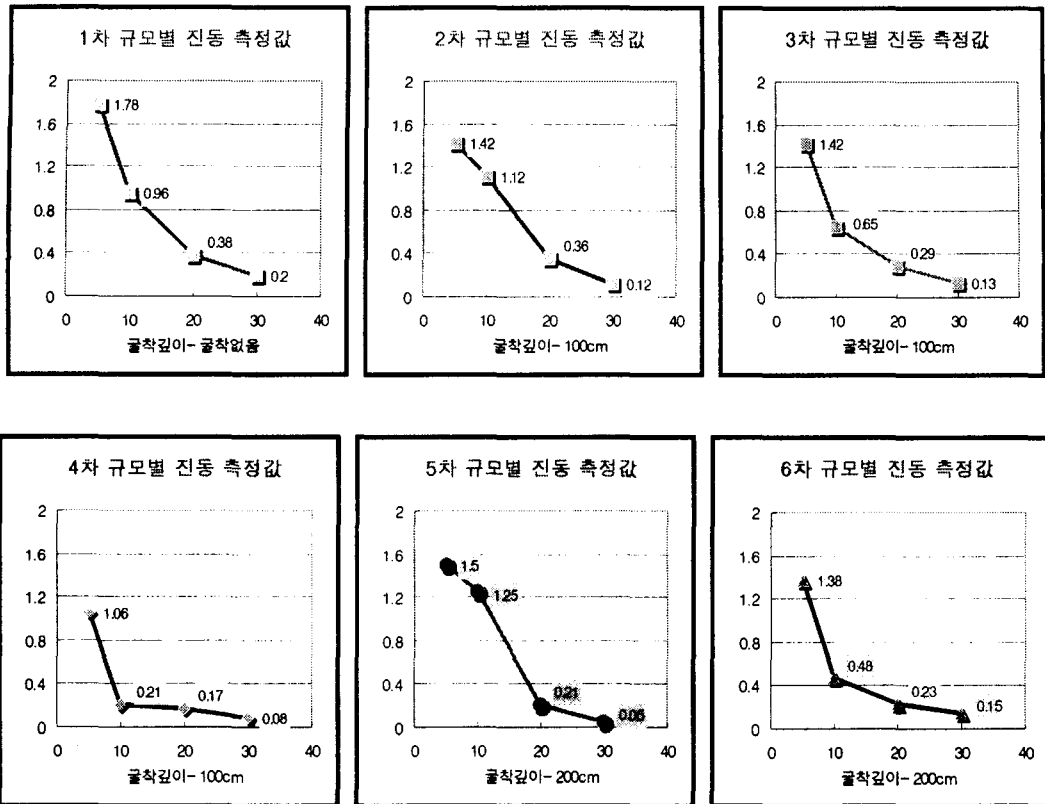


그림2. 굴착깊이별 진동원 거리별 진동값 비교

트렌치 굴착깊이 1m일 경우 추정공식은 아래의 Natural Cubic Spline Function 1.0이다.

$$S_0(x) = \frac{1}{1250} x^3 - \frac{3}{250} x^2 - \frac{57}{500} x + \frac{219}{100} \quad (5 \leq x \leq 10)$$

$$S_1(x) = -\frac{9}{20000} x^3 + \frac{51}{2000} x^2 - \frac{243}{500} x + \frac{341}{100} \quad (10 \leq x \leq 20)$$

$$S_2(x) = \frac{1}{20000} x^3 - \frac{9}{2000} x^2 + \frac{57}{500} x - \frac{59}{100} \quad (20 \leq x \leq 30)$$

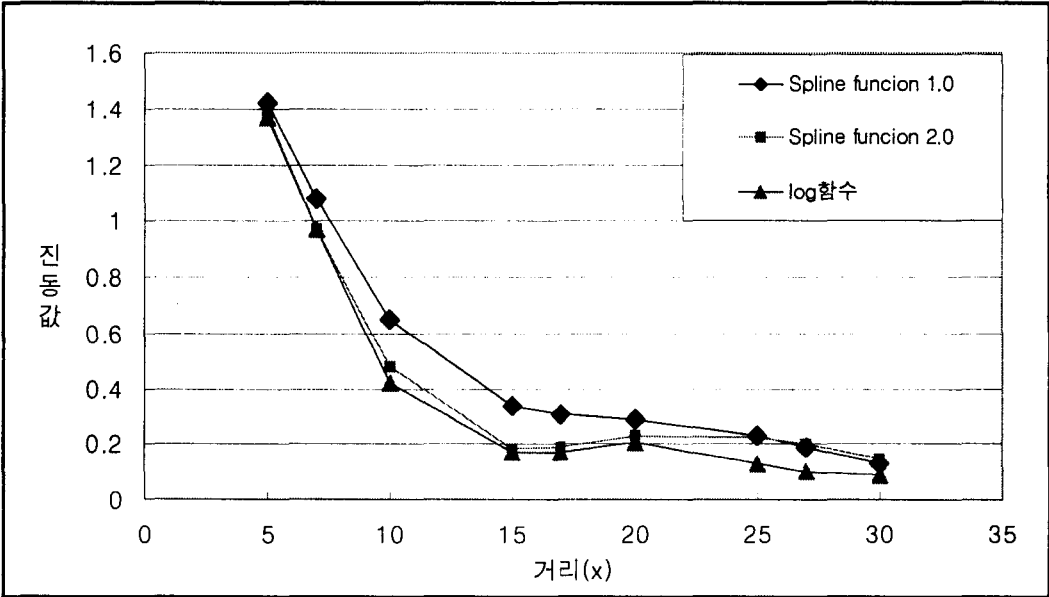
이 공식은 표1의 측정값 중에서 3차 즉 트렌치를 2개 굴착한 상태에서 측정된 값을 적용하여 얻었다. 이는 버킷폭이 일정한 경우 진동원으로부터의 거리(x)에 대한 진동값을 예측하는 공식이다. 이것을 이용하여 컴퓨터에서 필요시마다 산출키 위한 방법으로 x 축거리 xm 에서의 차단된 진동값을 구하기 위해 일반 컴퓨터에 설치할 수 있는 프로그램을 만들어 트렌치 단면크기 일정시의 진동거리별 감쇄된 측정값을 예측할 수 있도록 하였다. 이에 대한 이 프로그램을 이용한 출력값에 의한 프로그램을 제시한다.

트렌치 굴착깊이 2.0m일 경우 추정공식 Natural Cubic Spline Function 2.0은 다음과 같다.

$$S_0(x) = \frac{11}{10000} x^3 - \frac{33}{2000} x^2 - \frac{1}{8} x + \frac{57}{25} \quad (5 \leq x \leq 10)$$

$$S_1(x) = -\frac{13}{20000} x^3 + \frac{9}{250} x^2 - \frac{13}{20} x + \frac{403}{100} \quad (10 \leq x \leq 20)$$

$$S_2(x) = \frac{1}{1000} x^3 - \frac{9}{1000} x^2 + \frac{63}{250} x - \frac{201}{100} \quad (20 \leq x \leq 30)$$



Natural Cubic Spline Function (굴착깊이 1m 경우)									
거리	5	7	10	15	17	20	25	27	30
진동값	1.42	1.078	0.65	0.339	0.307	0.29	0.23	0.19	0.13

Natural Cubic Spline Function (굴착깊이 2m 경우)									
거리	5	7	10	15	17	20	25	27	30
진동값	1.38	0.974	0.48	0.186	0.19	0.23	0.228	0.20	0.15

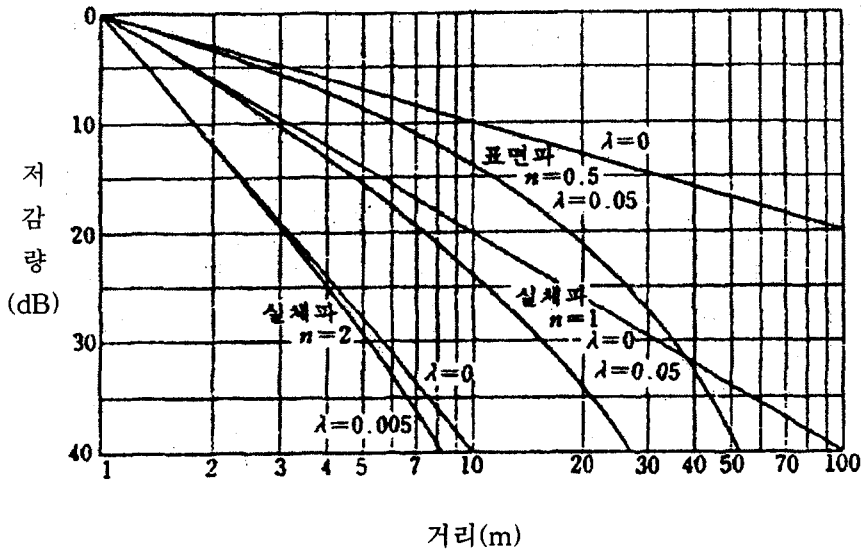


그림2. 진동파의 거리감쇠

4. 분석

- 1) 트렌치 굴착이 없는 경우의 로그함수에 의한 진동값 감쇠는 일반화된 공식으로 신뢰 값은 크겠으나 제안식 Natural Spline Function 1.0, Natural Spline Function 2.0은 트렌치 굴착이 있을 때를 깊이별로 구분하여 감쇠 값을 예측할 수 있다.
- 2) 진동원으로부터 거리 5m인 지점에서는 로그함수 값과 본 제안식 값 사이에 7.6% 오차가 있다.
- 3) 진동원으로부터 15m지점에서 로그함수 값 보다 Natural Spline Function 2.0 공식값이 0.05kyne 더 감쇠됨을 알 수 있다.
- 4) Natural Spline Function 2.0의 경우 거리 25m부터는 적용에 문제가 있다.
- 5) Natural Spline Function 2.0의 경우 로그함수공식 값보다 진동값이 진동원으로부터 이격거리 2.3m까지는 적게 나타나 즉 더 감쇠되어 reasonable 하다.

5. 결론

이상의 실험과 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Natural Spline Function 2.0은 진동원으로부터 거리 23m까지는 적용 유용하다.
 - 2) Natural Spline Function 1.0은 로그함수와 궤적을 같이하고 있어 제안공식으로 대체 사용될 수도 있다.
 - 3) Natural Spline Function 2.0 진동원으로부터 25m를 넘는 거리에 대해서는 수정공식을 만들어 적용해야 한다.
- 앞으로 로그함수 공식과 같이 두 가지를 합성한 공식을 만들어 내는 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 조창근, 김하근, “건설공사장 소음진동 저감방안 세미나”, 한국 소음진동 공학회, 1997. 6
2. 정선호, “철도 주변에 위치한 주거지역의 진동”, 철도운행에 따른 소음진동 문제 및 대책 세미나, 한국소음진동 공학회, 1997. 7, pp.27~46
3. 정일록, “자동차 환경, 소음, 진동측정 평가”, , 수송기계 소음진동 충격시험 평가, 한국 소음진동 공학회, 1997. 10, pp.33~48
4. 정갑철, 윤창연, “건설현장의 소음진동 규제 및 대책”, 민원 유발성 환경, 소음 진동 사례 및 대책 세미나, 한국소음 진동공학회, pp.9~30