

항타 시 발생하는 진동이 콘크리트 양생에 미치는 영향성 연구

Study on the Concrete Properties Subjected to Vibration of Nearby Pile Driving

이효행† · 권병하* · 이장현* · 오진우* · 이규형* · 조유미*

Hyo-Haeng Lee, Byoung-Ha Kwon, Jang-Hyun Lee, Jin-Woo Oh, Kyu-Hyung Lee, Yu-Mi Jo

1. 서 론

본 연구에서는 말뚝 항타작업 시 인접지역에서 콘크리트 공사가 동시에 이루어질 경우 항타작업 시 발생하는 진동이 콘크리트양생에 미치는 영향범위에 대하여 기술하였다.

이에 각국의 콘크리트 양생 시 허용기준을 비교하였으며, 콘크리트 타설 시 인접한 항타기의 가능한 작업거리를 시간대별로 비교 분석하여 고찰하였다.

2. 기준 및 연구현황

2.1 콘크리트 양생 시 진동 허용기준

현재 콘크리트의 종류가 다양하여 각각의 특성을 고려한 허용기준은 마련되지 않은 상황이며, 미국에서는 일반적인 지침으로 ASCE(미국양회학회)에서 다소 보수적인 제안기준을 적용하고 있으며 <표 1>과 같다.

미국교통국에서 제안하고 있는 허용진동은 <표 1>에서 제시하고 있는 값보다 높으며 타설 경과시간이 세분화되어 있는 수치로서 다음의 <표 2>에 나타냈다.

독일과 스웨덴의 기준은 발파진동에 대한 허용기준이며 독일의 경우 <표 3>과 같으며, 스웨덴은 경화온도에 따라 구분하여 기준이 제시되었으며 <표 4>와 같다.

국내의 경우 현재 허용기준은 없으며, 한국지질자원연구원은 미국 교통국의 양생 콘크리트에 대한 허용기준지침에서 진동에 대한 예민한 시간대를 연구결과를 토대로 3~24시간으로 수정하였으며, 다음의 표 5와 같다.

<표 1> ASCE (1970)

타설 후 경과시간	허용 진동치 (mm/s)
0~12시간	2.54
12 ~ 24시간	12.7
24시간 ~ 5일	12.7 ~ 50.8 (타설 후 시간과 비례적으로 증가)
5일 이상	50.8

<표 2> 미국 교통국 (1991)

타설 후 경과시간	허용 진동치(cm/s)
0 - 4 시간	5.08
4 - 24 시간	0.635
1 - 3 일	2.54
3 - 7 일	5.08
7 - 10 일	12.7
> 10 일	25.4

<표 3> 독일의 발파진동 허용기준

양생시간	허용 진동치(cm/sec)	설계강도(%)
12시간	0.635	5
24시간	1.27	10
48시간	2.54	20
7일	6.35	45
14일	10.16	80
28일	12.7	100

<표 4> 스웨덴의 진동 허용기준

경화 온도	경화시간 (일)	허용 진동치 (cm/s)	비 고
+ 5℃	2	0.8	형틀에 넣은 후, 10 시간 이내라면 최대 10(cm/s)의 지반진동까지 견딜 수 있다. 형틀에 넣은 후, 10~70 시간 이라면, 30m 이내에서 발파해서는 않된다.
	3	1.1	
	7	3.5	
	28	80	
+ 15℃	90	10	형틀에 넣은 후, 5 시간 이내라면 최대 10(cm/s)의 지반진동까지 견딜 수 있다. 형틀에 넣을 후 5~24 시간 이라면30m 이내에서 발파해서는 않된다.
	1	1.4	
	2	3	
	3	4	
	7	6	
28	8.5		
90	10		

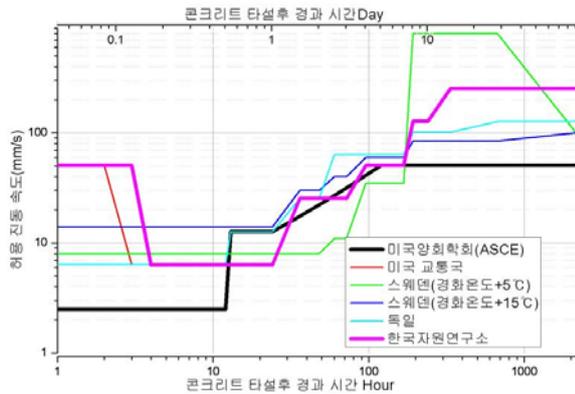
<표 5> 한국 자원 연구소

타설 후 경과 시간	허용 진동 수준 (cm/sec)
0~3시간	5.08
3~24시간	0.63
1~3일	2.54
3~7일	5.08
7~10일	12.7
10일 이상	25.4

† 교신저자; (주)NSV 기술연구소
E-mail : naya978@naver.com
Tel : (032) 816-7992, Fax : (032) 816-7993

* (주)NSV 기술연구소

이와 같은 국내의 진동허용기준을 그래프로 나타내면 (그림 1)과 같다.



(그림 1) 콘크리트 양생시 허용 진동 기준

2.2 연구현황

국내에서는 1980년대부터 연구가 진행되어왔으며, 많은 논문들이 실험적 방법으로 콘크리트 양생 시 진동에 대한 영향을 연구 평가하였다.

콘크리트의 종류와 배합비, 진동의 가진력크기에 따라 각 논문들과 연구결과가 일반적이지 않고 다소 상이하였으며, 부착강도, 휨강도, 압축강도등에 진동이 높은 영향을 주는 결과와 영향이 낮은 결과로 상반되게 나타났다.

그러나 전반적으로 콘크리트 양생에 진동이 영향을 주는 것은 분명하며, 따라서 본 연구에서는 보수적인 ASCE의 진동속도값을 기준으로 향타 시 발생하는 진동의 영향이 미치지 않는 범위를 파악하고자 한다.

3. 향타 시 발생 진동 영향

3.1 진동 측정

본 현장은 송도에 건설중인 현장을 대상으로 진동을 측정하였으며, 객관적인 자료를 얻고자 향타기 1대(Pile \varnothing 0.5m)를 파일 15m깊이로 들어갔때 지반에서의 진동을 측정하였으며 결과는 <표 6>과 같다.

<표 6> 진동 측정 결과

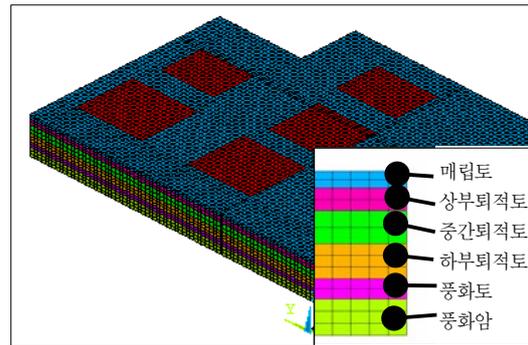
이격거리(m)	mm/s
10	108.0
20	68.5
30	15.5
40	5.4
50	2.1

측정 결과 거리에 따라 진동속도가 줄어들었으며, 파일의 관입깊이에 따라 진동의 크기값이 차이가 있었으나 송도의 지형특성상 매립지반의 영향과 기준에 박혀있는 Pile의 영향으로 인하여 진동특성에 경향성이 없었다.

3.2 진동 예측

현장에서 측정을 유한요소 해석 프로그램으로 Modeling 하여 이론적으로 검증하였다.

Modeling에 사용된 지반은 지질 조사도를 참고로 지반구성은 (그림 2)와 같이 모델링 하였다.



(그림 2) 지반 유한 요소 해석 Modeling

<표 7> 유한 요소 해석 결과와 기준 비교

이격거리(m)	예측값(mm/s)	콘크리트 타설 후 시간 (ASCE, mm/s)				
		0~12H	12~24H	2일	3일	5일 이상
		2.54	12.70	22.23	31.75	50.80
10	103.1	NG	NG	NG	NG	NG
20	66.0	NG	NG	NG	NG	NG
30	24.0	NG	NG	NG	OK	OK
40	3.9	NG	OK	OK	OK	OK
50	0.5	OK	OK	OK	OK	OK

해석결과 예측값과 측정값에 다소 오차(-8.5~4.9mm/s)가 있었으나 유사한 경향을 보였다.

4. 결 론

콘크리트 양생 시 진동발생으로 인한 영향성을 각국의 기준과 연구현황을 통하여 가장 보수적인 기준을 설정하였다.

1) 콘크리트 양생 직후(3시간 이내) 진동발생 시 다지기 효과로 인하여 일부 진동 기준에서 다소 높게 기준이 마련되어 있다.

2) 향타 시 발생하는 진동은 최대 108mm/s로 측정되어 있으며, 해석결과와 약 5mm/s차이가 발생하였다. 해석결과와 측정결과와 신뢰도는 높은 것으로 판단된다.

3) 예측결과 콘크리트 타설 직후에는 최소 50m 이상에서 향타작업을 하고, 5일 이후에도 30m내에서 향타작업을 피해야 할 것으로 본다.

설정된 기준을 토대로 향타 시 발생하는 진동으로 인하여 콘크리트 양생에 문제가 발생하지 않는 범위를 설정하였으며, 향후 콘크리트 양생 시 인접한 곳에 향타작업 시 작업 반경 및 작업공정을 설정하여 콘크리트의 안정성을 저해하지 않는 범위를 찾을 수 있었다.

향후 콘크리트 양생 시 진동원에 대한 객관적인 자료를 바탕으로 실험하여 진동허용 기준에 대한 실험적 정립이 필요할 것으로 판단된다.