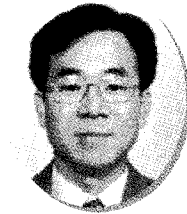


근접시공시 소음·진동 예측에 의한 주변 영향 검토 사례



김 승 옥
한국농어촌공사 농어촌연구원
주임연구원
(sw312@ekr.or.kr)



윤 창 진
한국농어촌공사 농어촌연구원
시설방재팀장
(cjyoon@ekr.or.kr)

1. 서론

최근에는 신도시개발 및 신공항건설 등에 따른 지하철, 지상철도, 고속도로와 같은 사회 간접시설 확충의 각종 대규모 건설공사들이 활발히 진행되고 있다. 그러나, 이들 공사에 투입된 각종 대형 건설장비, 파일함타, 암반발파 등에서 발생하는 소음 및 진동의 영향으로 인하여 기설 시설물의 변형 또는 붕괴까지도 발생하는 경우가 많이 있으며, 근접시공으로 인한 인위적 영향으로 붕괴나 재해가 발생하여 각종 민원과 법적분쟁의 요인으로 작용하게 된다.

근접공사에 있어서는 신설공사의 종류, 규모, 시공방법, 기설구조물의 구조, 기초의 형식 및 용도, 중요도, 기초지반 등의 차이에 따라 기존구조물의 피해나 영향정도도 달라질 수 있다. 이에 근접시공을 계획하거나 시행하고자 할 때에는 근접된 기설구조물의 관리자와의 협의가 중요하며, 신설공사가 기설구조물에 영향을 얼마나 미치게 되는가의 여부, 즉 근접공사인가 또는 근접시공의 영향이 어느 정도인가, 대책을 강구해야 할 것인가 등을 협의해야 할 것이며, 상호간의 양해 하에 공사를 시행할 필요가 있으며,

시공중 또는 준공이후에도 일정기간에 걸쳐 공사로 인한 피해영향의 정도를 관리하는 근접시공의 조사·설계·시공의 대책을 수립하여 그 진행방향을 확립해야 한다.

또한 근접시공시 문제발생 요소에 대한 대책은 기술적 수준을 정립하여 시행함으로써 피해나 재해를 최소화하여 안정성을 유지토록 하는 것이 중요하다. 따라서, 근접시공의 조사·설계·시공 등의 기본계획을 검토함에 있어서 기술적 기준이 될 수 있는 여러 요인을 대상으로 기설구조물의 변위, 변형 등의 추정 및 예측, 계측관리와 정보화 시공계획 등 방안을 검토해야 할 것으로 판단된다.

본 고에서는 광역도로 건설사업의 예정된 노선중 일부 구간에 위치한 저수지와 부속시설물에 인접하여 이루어지게 되는 일련의 건설공사와 배수시설 시공을 위한 가시설공사로 인한 근접시공시 주변에 영향을 미칠 수 있는 요인에 대한 예측 및 구조물의 안정성 확보 여부를 미리 예측한 사례를 소개하고자 한다.

2. 기흥저수지 검토 사례

2.1 개요

본 고에서는 영덕-오산간 광역도로 건설사업과 관련하여 교량기초 및 절토부 발파작업에 앞서 2006년 4월 현재 기흥제의 안정상태를 확인하고, 실제 공사시 슈트파일 타설 및 발파작업 등에 의해 발생하는 진동에 의한 기흥저수지 제체와 취수탑의 안정성 확보여부를 평가하였다. 이와 관련하여 기흥제 인근에서 지반조사를 시행하여 정확한 지층상태를 평가하였으며, 시추조사시 채취한 교란 및 불교란 시료를 대상으로 한 각종 실내시험을 수행하여, 기흥제 지반의 물리, 역학적 및 동적 특성을 평가하였다. 또한, 근접시공시 기흥제의 안정성 확보여부를 평가하였다.

2.2 제원

기흥저수지는 경기도 용인시 기흥읍 고매리에 위치하고

있으며, 1964년에 준공되어 42년간 유지, 관리된 농업기반 시설 관리규정에 의한 1종 시설물로서, 1985년 제체 그라우팅과 1995년 여수로 방수로 시설을 개·보수 하였으며, 기흥저수지 제원은 표 1과 같다.

2.3 슈트파일 타설시 지반진동 영향 검토

도로건설시 수반되는 가시설을 위해 슈트파일 항타는 진동을 발생시켜 인근 구조물에 영향을 줄 수 있다. 시공에 대한 진동평가는 많은 자료가 없는 실정이어서 '건설기술자를 위한 지반진동 영향과 대책(건설연구사, 1993)'을 참고하여 12m의 슈트파일 시공에 대한 진동규모를 평가하였다. 본 문헌자료에서 동경시 공해연구소의 보고서를 참조한 결과, 바이브로햄머에 의한 슈트파일의 관입 인발시의 진동은 인발시가 관입시보다 상당히 큰 진동이 발생하는 것으로 나타내고 있으며, 표 2와 같이 정리하여 나타내

표 1. 기흥저수지 제원

유역면적 (ha)	관개면적 (ha)			유역배율	홍수면적 (ha)	만수면적 (ha)	사수면적 (ha)	홍수위 (EL. m)	만수위 (EL. m)	사수위 (EL. m)	제정표고 (EL. m)
	준공	구역	수혜								
5,300	2,512	2,512	2,077	2.5	234.2	201.0	-	104.8	103.7	95.5	106.1

저수량			제 당				사면 기울기	
단 위 (mm)	총 (ha·m)	유효 (ha·m)	형 식	재 고 (m)	재 장 (m)	정 폭 (m)	내 측 (1:X)	외 측 (1:X)
640	1,072.8	1,069.0	필 뎀 (준 형)	14.3	221.5	6.0	2.0 (사석)	2.3 (떼)

표 2. 바이브로햄머에 의한 진동(건설기술자를 위한 지반진동 영향과 대책(건설연구사, 1993))

구 분		슈트파일 관입시			슈트파일 인발시		
		진동속도 (mm/sec)	가속도레벨 (dB)	진동레벨 (dB)	진동속도 (mm/sec)	가속도레벨 (dB)	진동레벨 (dB)
수평방향	10m 이격	0.6	78	65	3.5	92	79
	20m 이격	0.2	70	58	2.1	88	76
	40m 이격	0.07	58	49	1.2	80	68
수평방향	10m 이격	0.4	79	64	1.8	91	75
	20m 이격	0.15	70	57	1.4	87	72
	40m 이격	0.07	59	50	0.7	74	68
연직방향	10m 이격	2.1	84	76	3.4	93	80
	20m 이격	0.6	73	65	1.6	89	74
	40m 이격	0.1	62	55	0.3	76	62

었다.

표 2에서 제시한 쉬트파일 인발시의 가속도레벨을 이용하여 이격거리에 따른 가속도 단위로 변환 산정하여 이를 제방의 활동에 대한 안정해석을 시행하였다.

진동레벨(dB(V)) 변환식

① 일본 환경청

$$dB(V) = 20 \log 10V + 71 \text{ (단위, mm/sec)}$$

② 일본 건설성

$$dB(V) = 20.9 \log 10V + 69.4 \text{ (단위, mm/sec)}$$

③ 동경시 기준

$$dB(V) = 18 \log 10V + 70 \pm 2 \text{ (단위, mm/sec)}$$

표 2에서 나타낸 이격거리별 최대 가속도레벨을 각각의 경험식으로 가속도를 산정한 결과는 표 3 및 그림 1과 같다.

표 3. 변환식을 통해 산정된 가속도

이격거리 (m)	가속도레벨 (dB)	가속도산정결과 (mm/sec)			
		바이브로햄머 쉬트파일 인발시	일본 환경청	일본 건설성	일본 동경시
10	92	11,220	12,060	12,916	21,544
20	88	7,079	7,762	7,743	12,916
40	80	2,818	3,215	2,783	4,642

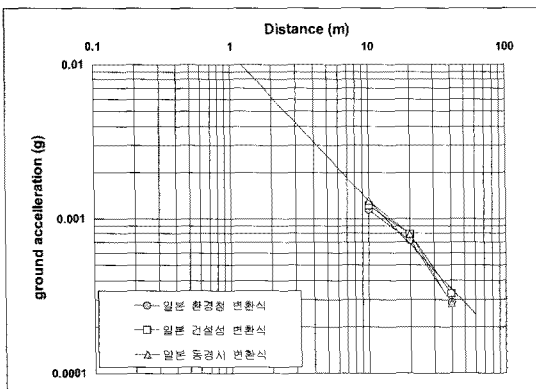


그림 1. 이격거리별 수평가속도

그림 1의 결과를 이용하여 쉬트파일의 이격거리에 대한 지반가속도를 회귀분석한 결과, 다음과 같은 상관관계가 있는 것으로 평가되었다.

$$y = 0.0119x^{-0.5337}$$

여기서, y: Sheet Pile 인발에 의해 발생하는 지표면 가속도

x: Sheet Pile 항타 지점으로부터의 지표면 최대 가속도를 알고자 하는 지점까지의 수평 거리

위 변환식을 이용하여 기흥제에 예상되는 수평가속도를 산정하면 이격거리 50m인 조건일 때, 문헌자료 0.0003g, 시공사례 0.008g의 회귀분석 결과 값을 적용하여 제방의 활동에 대한 유사정적해석을 수행하였다. 또한, 필댐의 내진설계 기준안전율을 1.2로 적용하였으며, 안정성평가 결과 쉬트파일 관입 및 인발시 제체의 안정성에는 큰 영향을 주지 않는 것으로 평가되었다.

2.4 절토부 발파시 지반진동 영향 검토

2.4.1 시추공시험 발파

절토부 발파계획에 따른 기흥제 인근 발파에 의한 진동으로 인하여 기흥제에는 동적하중이 작용할 것으로 판단되며, 기흥제 인근 절토부인 NCB-3과 NCB-4 시추공에서 총 2회의 시추공시험발파를 시행하였다. 이에 현장내에 측정점 A ~ 측정점 F까지 총 6개의 계측기를 설치하였으며, 취수탑을 중심으로 전, 후방 20m 지점에 각각 계측기를 설치하여 계측을 시행하였고, 시추공 시험발파시 계측된 NCB-4의 진동 계측자료 활용을 통해 발파에 의한 진동으로 인한 취수탑 인근에서 측정된 수평가속도를 적용하여 이를 지진계수로 활용하는 안정성 검토를 수행하였으며, 시추공시험발파 시험 위치도는 그림 2와 같다.

2.4.2 절토부 발파시 지반진동 검토 결과

시추공 시험발파결과, 취수탑 인근인 계측점 G, H 및 I 중의 계측결과 중에서 기흥제에 포함되지 않은 계측점 G

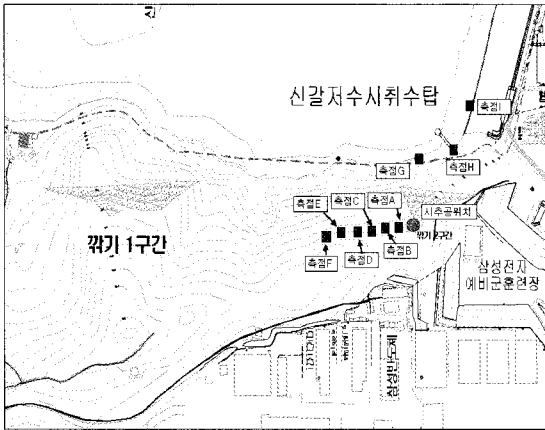


그림 2. 시추공 시험발파위치 및 계측기 위치도

표 4. 수치해석에 적용된 바이브로햄머의 제원

구 분	단 위	값
모터출력	KW	160
면심 모멘트	kg/cm	12000
진동수	Cpm	580
기진력	Ton	45.2
진동중량	Kg	12000
전체중량	Kg	24000
공운전시 진폭	mm	33.0
필요전원	KVa	250

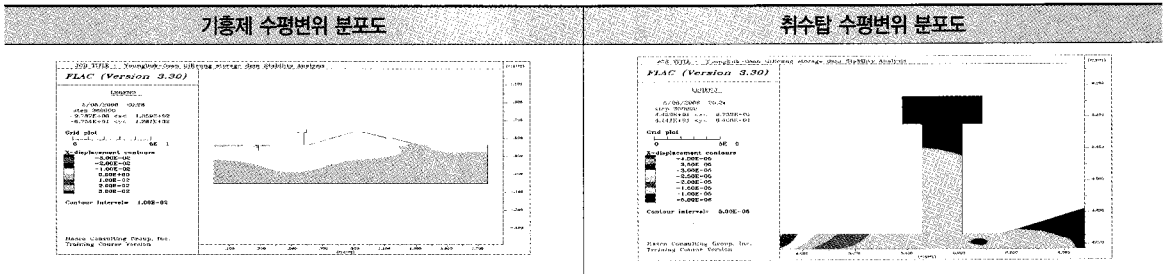


그림 3. 기흥제 및 취수탑 수평변위 분포도

의 결과는 고려하지 않고, 계측점 H 및 I 중에서 가장 큰 수평성분 가속도는 계측점 H로써, 수평성분 가속도는 1회 발파시 0.0464g로 기흥제 인근에서는 가장 큰 것으로 평가되었다. 이와 같이 발파진동에 대한 수평지진계수를 적용한 결과, 안정성을 확보하는 것으로 평가되었다.

2.5 2차원 수치해석

진동하중은 기흥제에서 약 50m 정도 떨어진 거리에서 원지반에 시공되는 것으로 모델링하였으며, 진동하중에 대한 기흥제의 안정성확보 여부를 다양하게 분석하기 위하여 슈트파일의 지표면에서 시공되는 시공초기 시점, 슈트파일이 원지반 모래층에서 시공되는 시공중 시점 및 슈트파일이 기반암까지 시공된 시공완료 시점의 총 3가지의 경우에 대하여 수치해석을 시행하였다.

2.5.1 슈트파일의 진동하중 결정

슈트파일의 관입, 인발 및 절토부의 발파에 의해 발생되는 진동을 수치해석시 입력자료로 활용하기 위하여 시공에 의해 발생되는 진동을 반복하중으로 결정하였다. 햄머에 의해 가해지는 최대 충격력 및 해석에 필요한 타격 위치에서의 진동수는 Menard(1975, "Theoretical and Practical Aspects of Dynamic Consolidation", Geotechnique)의 제안식을 이용하였다.

또한, 진동은 충격하중으로 처리하였으며, 일반적으로 사용하는 바이브로햄머의 제원은 표 4와 같다.

전술한 방법에 근거하여 슈트파일 시공시 예상되는 최대 충격력 산출 결과, 진동에 의한 최대 충격력은 158.58 ton, 진동수는 13Hz로 평가되었다. 따라서 유한차분 수치해석에서는 슈트파일 시공에 의한 진동은 충격력 158.58 ton이며, 진동수 13Hz의 sine파 형태로 시공지점에 직접 작용하도록 모델링 하였다.

2.5.2 2차원 수치해석 결과

기흥제의 유한차분 수치해석은 제방활동 안정해석에 이용된 대표단면을 동일하게 적용하였으나, 동적지반강도정수는 지반조사결과를 종합적으로 분석하여 적용하였다. 또한, 취수탑을 추가로 모델링하여 취수탑 안정성평가를 동시에 수행하였다.

시공 완료단계의 수치해석 결과, 슈트파일 시공으로 인한 진동이 진행되는 동안 전체적으로 최대 30mm 정도의 수평변위가 발생하였으며, 슈트파일이 설치되는 지점 인근에서만 비교적 크게 변위가 나타나는 것으로 평가되었다. 취수탑과 기흥제의 경우에는 최대 0.04mm 정도의 변위가 발생하는 것으로 나타났다.

슈트파일 시공으로 인한 진동하중 작용시 속도분포를 살펴보면, 슈트파일이 시공되는 지점 지반에서는 약 10.0 Kine 정도의 속도가 발생하는 것으로 나타났으나, 제체와 취수탑 부근의 지반에서는 최대속도가 0.15Kine 이내로 허용진동수준 1.0Kine 이내로 평가되었다.

2.6 3차원 수치해석

2.6.1 발파에 의한 진동하중 결정

실제 발파작업이 이루어지는 방식과 동일하게 절토사면을 발파하는 것으로 모델링 하였으며, 3차원 유한요소 수치해석에 사용된 하중은 발파하중으로서 지반에 작용하는 등가의 발파하중을 구하기 위해서 화약의 폭발압력, 천공 공벽면에 작용하는 폭굉압력, 그리고 해석에 적용되는 등

가환산발파하중 등의 순서로 산정하였다.

국내에서 유통되어 발파에 적용되는 다이내마이트계 폭약의 폭발압력(PD)은 대략 100,000MPa 정도이다. 본 해석의 목적상 폭굉압력이 상대적으로 작은 경우인 decoupling시 공벽면에 작용하는 폭굉압력(PB)은 다음 식으로 구할 수 있다.

$$P_B = \left[\frac{d_e}{d_h} \times P_D \right]$$

여기서, d_e : 화약공 직경 (통상 34mm)

d_h : 장약공의 직경 (통상 45mm)

P_D : 발파시 발생하는 가스압

$$\text{따라서, } P_B = \left[\frac{d_e}{d_h} \times P_D \right] = 4313 \text{ MPa}$$

발파시 발생하는 가스의 압력(P_B)은 단위 m당 0.01kN의 화약을 1개 발파공에 사용했을 경우의 값으로, 이를 장약량 0.012kN에 맞추어 환산하면 등가환산발파하중은 다음과 같다.

$$P = P_B \times \text{화약량}(0.012\text{kN}) \times 2\pi \times$$

$$\text{천공면면적} \left(\frac{\pi \times 0.045^2}{4} \right) = 50.72 \text{ MPa}$$

2.6.2 3차원 수치해석결과

3차원 수치해석에서는 기흥제와 원지반이 접촉하여 만

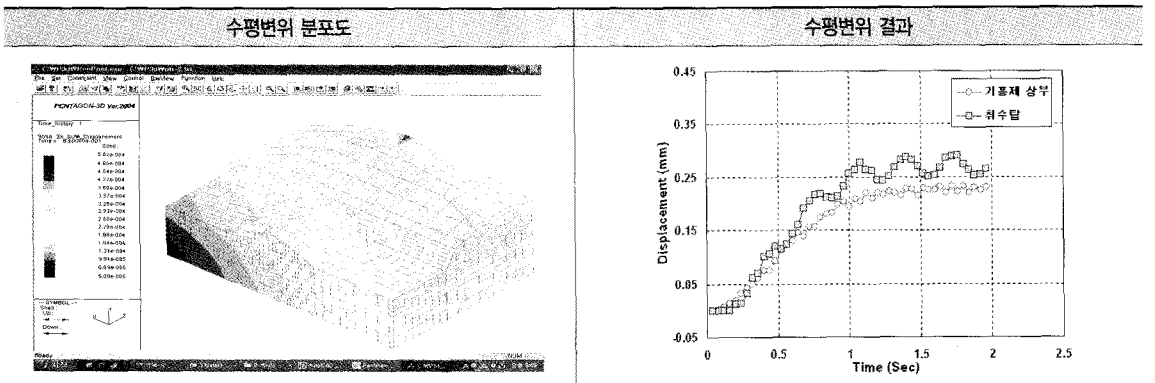


그림 4. 수평변위 분포도 및 결과

나는 접속부를 대상으로 하였으며, 실제 시공과 동일하게 절토부에서 발파하는 것을 모델링하기 위하여 실제 절토부 발파지점까지 모델링하였으며, 발파하중 작용 이후 2초 동안 해석을 진행하였다.

3차원 수치해석 결과, 수평변위 및 연직변위 모두 발파하중 작용 후 1.0초가 경과된 시점부터 변위가 수렴하기 시작하는 것으로 나타났으며, 취수탑과 기흥제 모두 수평변위 및 연직변위가 0.35mm 이내의 변위가 발생하는 결과를 보였다. 지진시 호안 안벽구조물의 허용 변위량이 300mm 인 점을 감안할 때, 매우 작은 변위가 발생하는 것으로 평가되었다. 또한, 발파 후 시간경과에 따른 속도분포는 제체와 취수탑에서 모두 0.15Kine 이내로 평가되었으며, 이는 최저 기준치인 0.8Kine(스위스 진동규제 기준; 4종)에 미치지 못하며, 본 고에서 제시한 제체와 취수탑의 진동허용수준인 1.0Kine 이내로 평가되었다. 이는 발파하중이 적용된 절취부가 모두 경암으로 구성되어 있으며, 수치해석에 적용된 damper의 크기가 크기 때문인 것으로 판단되었다. 따라서, 기흥제와 취수탑은 수치해석이 적용된 발파규모에 대해 안정한 것으로 평가되었다.

3. 오산배수장 검토 사례

본 고에서 소개하고자 하는 다른 하나의 사례는 오산지구 배수개선사업 토목공사 중 배수장 설치 사례이며, 만수동 배수지구간은 전답(田畓) 지역으로서 흙막이 보강으로 쉬트파일 설치 불가피하고 굴착공사 구간과 인접하여 축사(돈사) 및 민가가 위치하고 있다. 따라서 쉬트파일 설치 및 굴착작업에 의해 발생하는 진동과 소음이 인접한 축사 및 민가에 미치는 영향 여부를 검토하는데 목적이 있으며, 본 고에서는 민가보다는 축사에 미치는 소음진동 영향 검토사례가 드문 경우에 해당되므로 축사의 경우만 언급하였다.

3.1 현황

만수동 배수지 설치 지역은 행정구역상 전북 익산시에

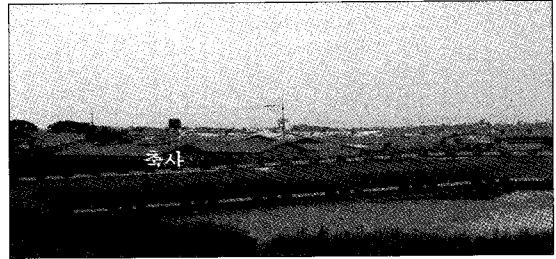


그림 5. 굴착구간 주변현황

위치하며 굴착지역은 전답(田畓)구간으로서 현장과 인접하여 돈사(약 250m, 축종 돼지, 축수 2,500두(모돈 250두) 및 민가(약 220m)가 위치하고 있다. 주변보안물건 현황은 그림 5와 같다.

3.2 소음 진동이 가축에 미치는 영향과 허용 기준

3.2.1 진동이 가축에 미치는 영향

■ 소음과 진동이 가축에 미치는 일반적인 반응

- 가축의 일시적인 먹이 섭취 부진현상을 초래하며,
- 경기와 공포스러운 행동이 일시적으로 나타나고 호흡수, 심장박동수가 변화하며,
- 소, 돼지의 경우 조산, 유산이 발생할 수 있고,
- 소의 경우 우유량과 체중 증가량의 감소 사례가 있으며,
- 돼지의 경우 수태율, 새끼수 감소예가 있다.

(자료출처 : 三村耕 등 가축관리학, 일본동경 : 양현당 1981) 진동에 대한 가축 피해 연구사례(서울대 황우석 교수 등)에서 가축별 진동에 의한 피해정도는 표 5와 같다.

3.2.2 소음이 가축에 미치는 영향

소음이 가축에 미치는 일반적인 반응은 진동과 거의 동일하며 소의 경우에는 90~110phone에서 극단적인 경우 30% 정도의 채유량 감소 발생 사례가 보고되어 있으며 유산, 조산의 가능성을 인지할 수 있다. 또한 80dB 정도의 발파소음에 계속 노출된 경우 산유량이 감소하고 유방암이 발병하였으며 유산과 함께 결국은 도태된 사례가 보고되었다. 그러나 소음과 진동이 가축에 어떠한 기능장애를 주는 지 명확하게 결론을 내린 연구 보고는 아직까지 찾아보

근접시공시 소음·진동 예측에 의한 주변 영향 검토 사례

표 5. 진동에 따른 가축의 예상 피해정도

구 분		진동크기(cm/sec)별 피해정도 (%)				
		0.01~0.02	0.02~0.05	0.05~0.1	0.1~0.5	0.5~1.0
젖소	유·사산	0~5	5~10	10~20	30~40	40이상
	성장지연	0~5	5~10	10~20	10~20	30~40
	젖생산 저하	5~10	10~20	30~40	30~40	40이상
	번식효율 저하	0~5	5~10	10~20	30~40	40이상
	폐사율 증가	-	5~10	5~10	10~20	30~40
한우	유·사산	0~5	5~10	10~20	30~40	40이상
	성장지연	0~5	5~10	10~20	10~20	30~40
	번식효율 저하	-	5~10	10~20	10~20	30~40
	폐사율 증가	-	0~5	5~10	10~20	30~40
돼지	유·사산	5~10	10~20	30~40	30~40	40이상
	정장지연	5~10	5~10	10~20	30~40	30~40
	산자수 감소	0~5	5~10	10~20	30~40	40이상
	번식효율 저하	5~10	5~10	10~20	10~20	30~40
	폐사율 증가	0~5	5~10	10~20	30~40	40이상
닭	산란율 저하	5~10	10~20	30~40	30~40	40이상
	이상란율 증가	5~10	5~10	10~20	30~40	40이상
	수정란율 저하	5~10	5~10	10~20	30~40	40이상
	성장지연	0~5	5~10	10~20	10~20	30~40
개	유·사산	0~5	5~10	10~20	10~20	30~40
	폐사율 증가	0~5	5~10	5~10	30~40	40이상
	번식효율 저하	0~5	5~10	5~10	10~20	30~40
	성장지연	0~5	5~10	5~10	10~20	30~40
	산자수 감소	-	0~5	5~10	10~20	30~40
염소	쌍자율 감소	-	0~5	5~10	10~20	30~40
	수태율 저하	-	0~5	5~10	10~20	10~20
	성장지연	-	5~10	10~20	10~20	10~20
	폐사율증가	-	5~10	10~20	10~20	30~40
	유·사산	-	-	0~5	5~10	10~20

표 6. 소음수준에 따른 축종별 피해 발생을 기준표

현황	dB	50~60	60~70	70~80	80~90	비고
젖소	유생산성 저하	5~10%	10~20%	30% 이상	40% 이상	
	성장지연	0~5%	5~10%	10~20%	30% 이상	
	유·사산	-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	번식효율 저하	-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	폐사율증가	-	5~10%	5~10%	10~20%	
한우	유·사산	-	0~5%	5~10%	10~20%	
	번식효율 저하	-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	성장지연	-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	폐사율증가	-	0~5%	5~10%	10~20%	

표 6. 소음수준에 따른 축종별 피해 발생을 기준표(계속)

현황		dB	50~60	60~70	70~80	80~90	비고
돼지	지돈압사·폐사		0~5%	5~10%	10~20%	30% 이상	
	산자수 감소		0~5%	5~10%	10~20%	30% 이상	
	번식효율 저하		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	성장지연		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	모돈폐사		-	-	5~10%	10~20%	
닭	산란율 저하		5~10%	5~10%	10~20%	30% 이상	기러기, 평등 야생조류는 닭보다 피해율이 높음.
	이상란율증가		0~5%	5~10%	10~20%	30% 이상	
	수정란율 저하		0~5%	5~10%	10~20%	30% 이상	
	폐사율증가		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	성장지연		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
개	유·사산		-	0~5%	5~10%	10~20%	인과요인이 번식계절에 가해질 경우임
	자견폐사		-	0~5%	5~10%	10~20%	
	번식효율 저하		-	0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	산자수 감소		-	0~5%	5~10%	10~20%	
사슴	유·사산		-	0~10%	10~20%	30% 이상	
	수태율 저하		-	0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		-	5~10%	10~20%	30% 이상	
	녹용생산성 저하		-	0~10%	10~20%	30% 이상	
	폐사율증가		-	0~5%	5~10%	10~20%	
염소	쌍자율 감소		-	0~5%	5~10%	10~20%	
	수태율 저하		-	0~5%	5~10%	10~20%	
	성장지연		-	5~10%	5~10%	10~20%	
	폐사율 증가		-	-	10~20%	10~20%	

기 힘들다. 표 6은 축종별로 소음에 의한 피해 발생을 나타내었다.

■ 가축별 진동 및 소음 허용 권고기준(중앙환경분쟁조정위원회, 96. 12)

가축에 대한 진동 피해사례가 많이 발생하였으나, 어느 정도의 진동레벨에 대해 어떤 정도의 피해가 발생한다는 구체적인 사례는 없다. 그러나 환경부 중앙환경분쟁조정위원회에서 한국자원연구소에 용역을 의뢰한 “진동으로 인한 피해 인과관계 검토기준과 피해액 산정방법에 관한 연구”(1996.12)에 의하면 가축별로 특별한 문제가 없는 면책기준은 표 7과 같다.

표 7. 축종별 진동·소음 허용기준

가축의 종류	허용진동기준		비고
	dB(V)	cm/sec	
소	70 이하	0.09	
돼지	70 이하	0.09	검토 대상
닭	90 이하	0.89	

3.3 천공작업과 관련된 소음 진동 계측분석

3.3.1 천공작업과 관련된 소음 진동 계측자료

■국립환경원 1994 (건설공종별·기계별 거리에 따른 작업소음도)

공종	기계명	O.A.소음도 (dB(A))				측정 대수	비 고
		7m		15m			
		범위	평균	범위	평균		
기초 공사	천 공 기 계	착암기	-	96	-	91	휴대용
		착암기	88/96	91	84/88	86	차량에 장착
		착암기	93/95	94	81/91	87	차량에 장착
		드릴마스터	88/93	90	84/87	85	사토지반 천공
		드릴마스터	94/98	96	87/91	89	암반천공
		어스 오거	75/81	78	70/77	74	사토지반천공
		RCD	-	88	-	-	암반천공

■대한화학발파공학회 발파기술워크숍, 2005.08, 수치해석을 통한 발파소음 및 진동의 예측, pp36

이격거리 (m)	작업공정	천공소음 dB(A) / Max(최대치)				비 고	
		천공위치 정비이동	천공시작	천공중	천공종료		브레이크작업
30		77.6	89.0	80.2	81.6	88.2	공압용 천공장비 암반천공

■소음전용측정기(SC-15C)에 의한 측정자료

구 분	이격거리	소음dB(A)	비고
1 회	약 48m	70.0	측사 앞
2 회	약 48m	70.0	측사 앞
3 회	약 48m	69.7	측사 앞
4 회	약 35m	68.8	측사 앞 장비 출력을 줄여 작업
상시소음		51.8	

3.3.2 소음 진동 계측 결과

본 고에서는 기계장비를 이용한 굴착공법 적용시 발생 되는 소음과 진동의 영향이 현장과 인접된 측사에 미치는 영향을 검토하고자 유사조건에 계측 및 측정 자료를 토대로 허용기준과 예측결과를 분석하여 근접시공시 주변에 미치는 영향정도를 평가하였다.

구조물 기초굴착 작업에 따른 작업공종은 개략적으로 Earth anchor 천공작업(Crawler Drill), 슈트파일 근입(진동햄머, 이동식크레인), 집토 및 상차 장비(back hoe / 10), 운반장비(Dump Truck / 15T), Con'c 타설(Remicon

Truck / 15T) 등으로 이루어진다.

Earth anchor 설치에 따른 천공작업시 발생소음수준의 예측결과, 보고서 및 실측결과 등의 기준에 따르면 대상구역의 굴착조건(돈사 약 250m, 민가 약 220m)에서는 소음과 진동 영향은 허용수준 이내일 것으로 판단된다.

슈트파일 설치에 따른 근입작업시 발생소음수준의 예측결과, 이격거리 약 48m에서 최대소음수준은 72.6dB(A)을 나타내어 측사에 설정된 허용수준(70dB(A))을 상회하였다. 따라서, 대상구역의 굴착조건(현재상태 : 굴착원과의 최근접거리 돈사 약 250m, 민가 약 220m)을 기준하면 슈트파일 근입작업에 따른 소음도는 권고기준인 70dB(A)보다 낮은 수준으로 허용수준 이내일 것이며, 슈트파일 근입에 따른 진동의 영향은 없을 것으로 판단된다.(측사권고기준 : 0.09cm/sec, 주거지역 허용진동규제기준 : 0.2cm/sec)

토사의 집토 및 상차작업(장비)에 따른 발생소음수준의 예측결과, 공사현장에서 굴삭기가 중량물(H-pile) 이동시 측정된 소음과 진동 계측자료와 국립환경연구원의 자료를

인용하면 약 15m에서 소음수준은 평균 74dB(A)(국립환경연구원 자료)이며, 계측결과를 인용하면 버켓에 중량물(H-beam)을 매달고서 이동시의 소음은 76.2~78.4dB(A), 공차로 이동시에는 74.0~81.2dB(A)의 소음수준을 나타내었다.

콘크리트, 사토의 운반작업에 따라 발생하는 소음수준은 일정하지 않으나 굴삭기의 소음수준 이내(15m 거리에서 평균 74 dB(A))이며, 진동은 타이어에 의해 차량의 하중 진동이 전달되므로 진동의 크기는 매우 미비하다.

따라서 대상구역의 굴착조건(현재상태 : 굴착원과의 최근접거리 돈사 약 250m, 민가 약 220m)을 기준으로하면 덤프 등 레미콘 작업에 따른 소음과 진동은 허용수준 이내 일 것으로 예측된다.

3.4 수치해석

본 배수장 인접지역에 돈사 약 250m, 민가 약 220m가 위치한 구간에 흙막이 가시설 시공시 진동, 소음이 불가피하게 발생하기 때문에 유한차분 수치해석을 통하여 굴착 원과의 최근접거리에 위치한 돈사 및 민가를 기준으로 결정하여 슈트파일 및 말뚝시공시 진동으로 인한 인접지역에 대한 영향평가를 수행하였다.

3.4.1 슈트파일 및 말뚝 시공시 해석 결과

현재 지반조건을 반영한 초기해석과 그 이후, 지표면에서 슈트파일이 시공되는 경우, 근입심도 중간층에서 시공

되는 경우, 그리고 근입심도까지 시공되는 경우를 순차적으로 모델링하여 최종단계의 결과를 그림 6과 같이 나타내었다.

그림 6의 슈트파일 시공시 수치해석 결과, 진동속도는 민가가 위치한 곳에서는 주거지역 허용진동규제수준을 만족하나, 돈사가 위치한 곳에서는 축사 권고기준을 상회하는 상태로 평가되어 바이브로햄머를 이용한 항타보다는 유압식 관입이 인접지반에 작용하는 진동을 최소화하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

또한, 말뚝 시공시 수치해석 결과, 축사 권고기준인 0.09 Kine를 크게 상회하는 것으로 안정성을 확보하지 못한 것으로 평가되었다. 만수동 배수장의 경우에는 말뚝의 시공은 항타보다는 매입으로 시공하는 것이 인접지반에 작용하는 진동을 최소화하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

4. 결론 및 제언

본 고에서 근접시공으로 인해 발생하는 진동이 기존시 설물 또는 주변 민가에 미치는 영향을 검토한 결과를 소개하였다. 그러나 근접시공과 관련해 참고할 수 있는 자료와 실제 구조물의 거동을 계측한 결과 등은 아직까지는 극히 미비한 실정이므로, 상당부분은 추정할 수밖에 없는 상황이며, 근접시공은 환경문제 또는 민원의 처리가 중요한 문제로 발생하고 있는 근래에 간과할 수 없는 중요한 문제라 할 수 있다.

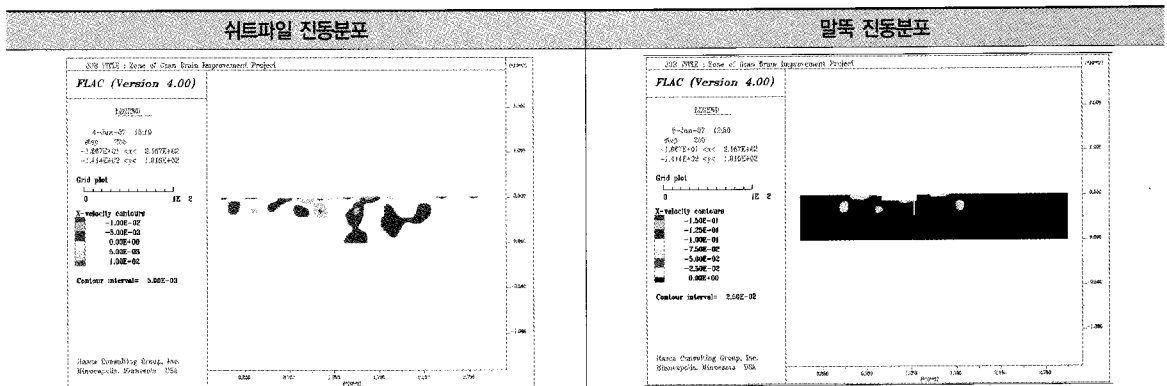


그림 6. 슈트파일 진동 및 말뚝 진동 분포도

근접시공으로 인한 영향평가, 특히 소음과 진동에 대한 연구 등은 비교적 미진하게 진행되고 있으므로 이와 관련한 보다 활발한 연구성과 등의 도출이 향후에도 계속 필요할 것으로 판단된다. 특히 근접시공으로 인한 진동은 구조물의 안정성 뿐만 아니라 인근 지역 주민의 민원에도 크게 영향을 줄 수 있어 시설물의 계획에 앞서 반드시 확인해야 하는 중요한 문제임을 역설하며 본 고를 마치고자 한다.

참 고 문 헌

1. 국립환경원(1994), 건설공종별·기계별 거리에 따른 작업소음도
2. 농어촌진흥공사(1999), 농업기반시설 정밀 안전진단 보고서
3. 대한화약발파공학회 발파기술워크숍(2005), 수치해석을 통한 발파소음 및 진동의 예측 pp36
4. 동아건설산업주식회사 기술연구소(1993), 현장기술지도서(건설환경관리-소음·진동)
5. 중앙환경분쟁조정위원회(1996), 진동으로 인한 피해 인과관계 검토기준과 피해액 산정방법에 관한 연구, 환경부
6. 천병식 외(1993), 건설기술자를 위한 지반진동 영향과 대책
7. 한국지반공학회(1997), 진동 및 내진설계, 구미서관
8. 日本 東京都環境保全局(1994), 建設作業振動防止の手引き
9. DIN 4150 Teil 2(1992), Erschütterungen im Bauwesen - Einwirkungen auf Menschen in Gebäuden

해안항만 기술위원회 특별세미나 안내

해안항만 기술위원회에서는 지반공학 연구자들의 준설토에 대한 이해를 돕고 향후 활용방안에 대한 논의를 하고자 세미나를 개최합니다.

관심있는 회원 여러분의 많은 참여를 부탁드립니다.

- 주 제 : 준설토 어떻게 활용할 것인가?
- 장 소 : 한국과학기술회관 소회의실(역삼동 국기원앞, 강남역 도보 7분)
- 일 시 : 2009년 6월 19일(금) 오후 1시
- 참가비 : 회원 3만원, 학생 1만원
- 문의 및 접수처
 - 해안항만 기술위원회 박경호(현대건설) 위원장
 - 김제경(경동기술공사) 간 사 011-302-3287
 - 최항석(고려대학교) 간 사 010-4660-9943