

진동 차단벽재료 및 타설심도가 방진효과에 미치는 영향 - 점가진 원심모형실험을 중심으로 -

Influence of Materials and Embedded Depth of Isolation Barrier on Ground Vibration - With Point Loaded Centrifugal Tests -

이 강 일¹ Lee, Kang-Il
김 태 훈² Kim, Tae-Hoon

Abstract

In general, open trenches or in-filled trenches have been used to isolate transmitting of vibration. Recently alternative methods, in which various materials are used for wall barriers have been proposed and performed in several sites. Although the effects of these methods are verified, resonable and qualitative evaluation methods have not yet been conducted. It may be because many factors, such as the characteristics of vibration sources, ground condition, and parameters of wall barrier are coupled complicatedly. In this study, a series of centrifugal modelings were conducted in order to examine the evaluation method of a vibration wall barrier when point load transmits to the surface. The experiments were performed with different stiffness of wall barriers and different depths of installations. Using the results obtained from tests, effects of those variables on the efficiency of vibration barrier were analyzed. Through this investigation we observed vibration transmission of under ground, and verified the applicability of ball dropping system which was developed in this study.

요 지

진동전달을 차단하는 공법으로는 방진구나 방진벽공법 등이 있으며 최근에는 다양한 재료를 사용한 차단벽공법 등이 제안되고 현장 시공도 다수 행해지고 있으며 또한 저감효과가 확인되고 있다. 그러나 이들 공법은 가진원의 특성, 지반조건, 차단벽의 매개변수 등이 복잡하여 합리적이고 정량적인 진동저감 평가방법이 아직 확립되어 있지 않다. 본 연구는 이러한 관점에서 지표면에 점가진이 전달될 경우 진동차단벽공법을 원심모형실험을 통하여 재현하고자 하였다. 이를 위해 차단벽재의 강성 및 차단벽재의 타설 심도를 변화시키는 실험을 실시하고 이들의 차이가 방진효과에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 본 연구결과 원심모형 실험장치를 환경진동 문제에 적용하고 파동의 지반내 전달현상 및 메카니즘을 파악하고 본 연구에서 개발한 충격 재하장치의 적용성을 확인했다.

Keywords : Ball dropping system, Centrifugal modeling, Ground surface vibration, Point load, Wall barrier

1. 서 론

최근 고속화에 수반한 교통 진동의 증대나 도시의 근

접 시공에 의하여 발생하는 기계 진동이 인접 지역에 진동 장애를 발생시키고 있어 이에 대한 대책이 절실히 요구된다. 이와 같이 인위적인 현상에 의하여 발생

1 정희원, 대전대학교 토목공학과 부교수 (Member, Associate Prof., Dept. of Civil Engrg., Daejin Univ., kilee@daejin.ac.kr)

2 정희원, (주)대우건설 기술연구소 연구원 (Member, Researcher, Daewoo Institute of Construction & Technology)

하는 진동을 지진에 의한 진동과 구별해서 일반적으로 환경진동이라 부르고 있다. 우리 나라에서 환경진동이 문제가 되었던 것은 1970년대부터 시작된 고도 경제성장 시기에 도시의 집중화가 준비되어 있지 않았던 지역에 주택, 공장, 고속운송 기관 등을 혼재 시킨 것에 기인한다고 할 수 있다. 그 결과 1980년대부터 진동이나 소음에 대해서 공해소송이나 주민운동이 다발 했으며, 그 후 이 문제를 해결하기 위해 진동규제법이 실시되고 법으로서 허용하는 가속도 레벨을 명시하고 그것을 초과할 경우에는 방진대책, 진동차단 대책을 세울 것을 규정하였다.

방진대책 방법은 대책을 실시한 장소에 따라서 ① 진동원, ② 전파경로, ③ 수신부의 3종류가 있다. ①이나 ③의 경우에는 방진장치 등을 설치하여 대책을 수립할 수 있지만 ②의 전파경로에서는 전파의 방식이 각 지반 등에 의존하고 또한 이에 대한 연구가 초기 단계에 있어 아직까지 해명되지 못한 부분이 많다. 이 때문에 진동의 전파경로를 차단하는 주된 공법인 진동차단벽공법, Wave Impeding Block(WIB)공법 등이 현장에서 실제로 다수 시공되고 있지만 어느 정도 효과가 있는지 정량적인 판단을 하지 못하고 있다(竹宮宏和, 2002).

현재 환경진동의 지반내 전파문제에 관한 연구의 다수가 현장실험결과를 통한 것이고 모형실험에 대한 검토는 매우 적다. 현장실험은 실제의 상황을 재현하기 때문에 정확한 결과가 도출되지만 많은 비용과 시간이 요구되며, 시공하는 조건에 따라서 어느 정도 방진효과를 얻을 수 있는지에 대한 의문이 있기 때문에, 방진효과 예측이라는 측면에서 보면 다소 무리가 있다고 판단된다. 따라서 환경진동을 예측하기 위해서는 매개변수와 관련된 연구를 통해 그에 가장 적합한 시공조건 등을 사전에 찾을 필요가 있다(이강일외, 2003). 또한 이러한 문제를 해결하기 위해서는 현장실험을 대체할 수 있는 모형실험을 실시하고 그 조건을 통해서 해석을 수행하고 이들의 결과를 비교하는 방법이 가장 적합하다고 생각된다.

본 연구는 이러한 측면에서 원심모형 실험장치를 사용해서 열차가 고속으로 주행시 기초를 통해 전달되는 환경진동 문제등을 대상으로 지반내 전달특성 및 차단 효과에 대하여 실험(점가진)을 행하고 진동차단벽재의 강성 및 차단벽재의 심도의 차이가 방진효과에 어떠한 영향을 미치는가에 대하여 검토하였다. 또한 본 연구에서는 새롭게 개발된 진동발생장치(철구낙하장치)와 그

것을 이용한 결과의 타당성을 검토하였다.

2. 원심모형 실험의 장·단점 및 적용 예

2.1 장점 및 제한성

원심모형실험이란 축소모형을 원심력장에 놓고 이러한 모형에 실물과 같은 자중응력을 작용시켜 그 변형과 파괴의 거동을 고찰하는 실험장치로서 축척 $1/n$ 의 소형모형을 반경 $r(m)$ 의 팔에 붙여서 매초 N 회전 시키면 반경반향으로 $r(2\pi N)^2 m/s^2$ 의 원심가속도가 작용한다. 이것이 중력가속도 $g=9.8m/s^2$ 의 n 배 즉, ng 이면 모형의 자중응력은 실물과 완전히 일치하고 상사적인 변형 및 파괴의 거동을 기대할 수 있다.

따라서 원심모형실험을 사용하는 이점은 중력장 모형 실험과 비교하기 위한 것으로 표 1에 원심장, 중력장에 있어서 동적현상의 주된 상사칙의 물리량을 비교하여 나타내었다. 만약 기하학 축척비를 n 이라고 하면 중력장 모형실험에 있어서 속도의 상사칙은 $V_m = 1/\sqrt{n} \cdot V_p$ (V_m : 중력장속도, V_p : 원심장속도)이 되고 이것을 만족하기 위하여 중력장 모형실험에서는 동일한 밀도로 속도(지반의 전단파속도)가 $1/\sqrt{n}$ 이 되는 재료를 사용할 필요가 있다.

그러나 이러한 제약조건은 실물재료를 사용하여 재현하기 위해서는 축척비 n 이 클수록 어렵다. 따라서 이를 해소하기 위해 종래부터 중력장 모형실험에서는 아크릴 등과 같이 지반재료가 상이하고 파동전파속도가 지연되는 재료를 사용하는 경우가 많았다. 또한 이와 같이 파동전파를 지연시킴으로서 시각적으로 파동전파현

표 1. 모형실험의 상사칙(高田直俊외, 1987)

물리량	상사칙	
	중력장모형	원심장모형
길이	$1/n$	$1/n$
면적	$1/n^2$	$1/n^2$
체적	$1/n^3$	$1/n^3$
단위체적중량	1	n
응력	$1/n$	1
변형을	$1/n$	1
가속도	1	n
속도	$1/\sqrt{n}$	1
시간(동적)	$1/\sqrt{n}$	$1/n$
주파수	\sqrt{n}	n
비고	n : 축척비	

상을 포착하는 것이 가능하기 때문에 1960년대에는 많은 연구가 행해졌다(森地重暉외, 1964). 그러나 모든 상사칙을 일치시키는 것은 재료의 제약 조건상 어렵기 때문에 중력장 모형실험 결과는 현상의 정성적인 판단밖에 얻을 수 없다. 게다가 중력장모형실험에서는 응력이 $1/n$ 이 되므로 실물의 응력상태를 재현할 수도 없고 전파속도는 응력의존성이 있기 때문에 이것이 현상에 영향을 미칠 가능성도 부정할 수 없다. 그러나 원심장모형에서는 실물과 거의 유사한 응력상태를 재현할 수 있기 때문에 복잡한 구속압 의존성을 나타내는 지반재료를 사용하더라도 초기응력 상태에 따라서 결정되는 물성 및 응력의 변화에 수반되는 변형율이나 변형을 재현하는 것이 가능하다.

2.2 기존의 연구사례

지반진동의 파동전파 및 진동차단문제에 대해서는 많은 연구자들에 의해 연구가 이루어져왔다. 그러나 원심모형실험 방법을 이용해서 지표진동원의 파동전파현상 문제에 접근한 사례는 많지 않다. 진동원으로서 충격하중을 입력시킨 사례로서 Semblat and Luong와 Siemer and Jessberger의 연구가 있다. Semblat and Luong(1998)는 질량 500g의 철구를 높이 10cm에서 표면에 철구를 낙하시킨 장치(drop-ball arrangement)를 개발하고 철구가 지반의 지표면에 충돌할 때 발생하는 진동을 지반내에 설치한 가속도계로부터 파동전파현상을 조사했다. 또한 그 결과로부터 시료용기 저면에서 파의 반사에 대해서 저면경계의 점탄성모델을 변화시킨 FEM해석을 하고 몇 개의 점탄성모델의 적용이 타당하다는 것을 제시하였다. Siemer and Jessberger(1994)는 기계진동을

고려하여 원심가속도 30g장에서 모형지반상에 있는 기초에 충격하중을 주는 장치(down-hole method)를 개발하고 기초로부터 연직방향 및 수평방향으로 전파하는 진동을 가속도계로 계측하였다. 연구결과 기초지하에 강성이 높은 재료를 설치한 경우 연직방향의 최대가속도가 36%정도 저감하는 것을 확인하였다. Cheney et al.(1990)는 기초를 직접 정상가진하고 원심모형에 있어서 용기측면에 실링재를 길게 붙여 반사하는 파의 저감 방법에 대해서 검토하였다. 기존의 연구사례를 통해서 볼수 있듯이 지금까지 원심모형실험을 통해 연구된 연구는 3개 정도 이지만 이들의 연구는 지표면의 파동전파에 대해서는 언급하지 않았다. 따라서 본 연구는 이들의 연구결과를 참고하여 지표진동원에서 발생하는 진동의 전파현상에 관하여 차단벽재료 및 차단심도에 따른 방진효과에 대하여 원심모형실험을 통해 연구하였다.

3. 실험장치 및 조건

3.1 실험장비

실험은 일본의 동경공업대학 토목공학과 지반공학연구실 소유의 원심모형실험장치(TIT MarkIII Centrifuge)를 사용해서 실시하였다. 그림 1은 원심모형실험장치에 모형토조가 탑재되어 있는 외관을 나타낸 것이며 모형토조는 내경 455mm, 높이 420mm의 강제원형 토조이고 토조의 측면과 저면에는 파동의 반사를 억제할 목적으로 두께 10mm의 스폰지를 설치했다. 본 연구에서 개발한 철구낙하장치(multiple ball dropping system)의 상세도는 그림 3 및 그림 4에, 계측기 배치도는 그림 5 및



그림 1. 원심모형실험장치 외관



그림 2. 모래지반 조성상황

그림 6에 나타내었다. 본 장치는 구동부의 모터(Oriental Motor Co., Ltd GVH5G50), 지반에 진동을 전달하는 철구(직경 19.8mm, 질량 28g), 철구를 낙하시키는 슬릿드가 부착된 슬라이드판, 코리올리(coriolis) 힘의 영향을 제어하는 가이드 등으로 구성되어 있다. 낙하기구는 모터의 회전운동을 크랭크 기구를 통해서 직선운동으로 변화시키고 10mm 간격으로 20mm×20mm의 슬릿드가

열려 있는 슬라이드 판이 이동하기 때문에 슬릿드 위에 있는 철구가 낙하하게 된다. 실험은 제작된 모형토조를 원심장치에 탑재한 후 50g의 원심장 상태에서 그림 4와 같이 상단에 있는 철구를 기초지반에 낙하시키는 실험을 차단벽 및 차단벽재의 심도별로 반복하여 실험을 실시하였다.

실험은 원심가속도 50g의 일정가속도장에서 실시하

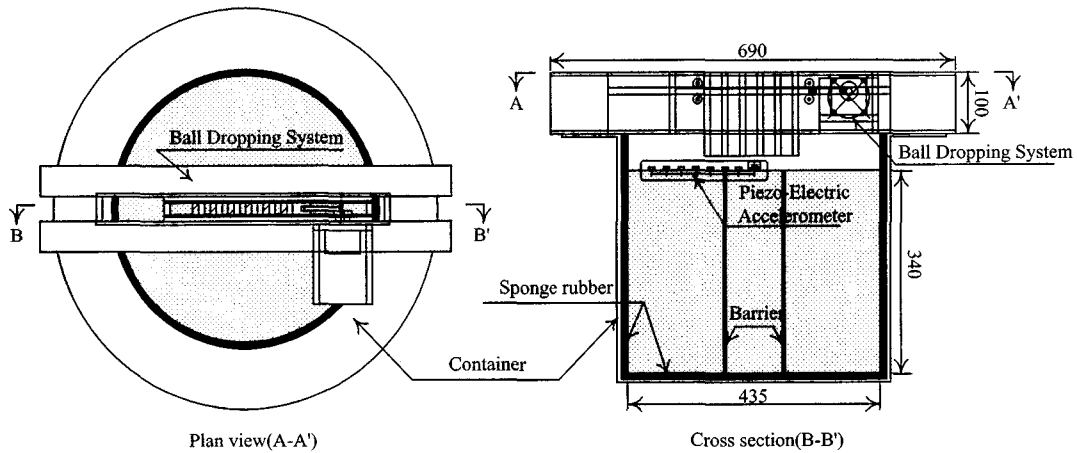
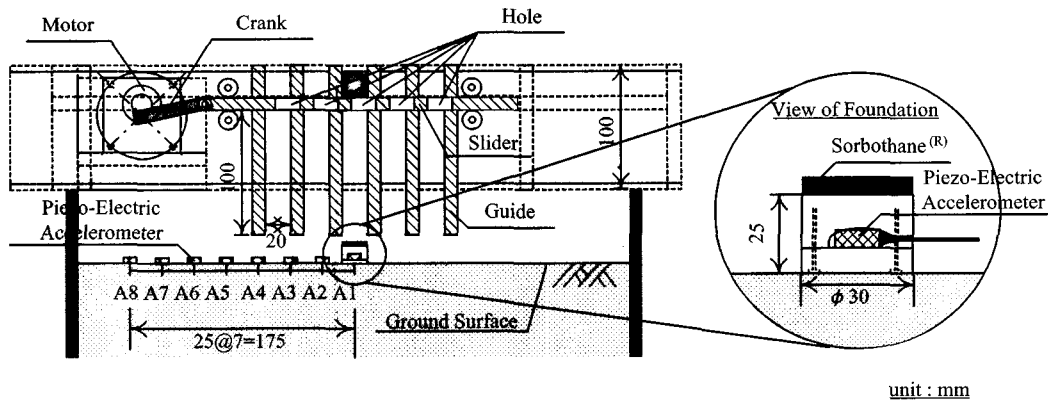


그림 3. 모형토조 실험장치 외관(평면도 및 측면도)



unit : mm

그림 4. 철구낙하장치 상세도(multiple ball dropping system)

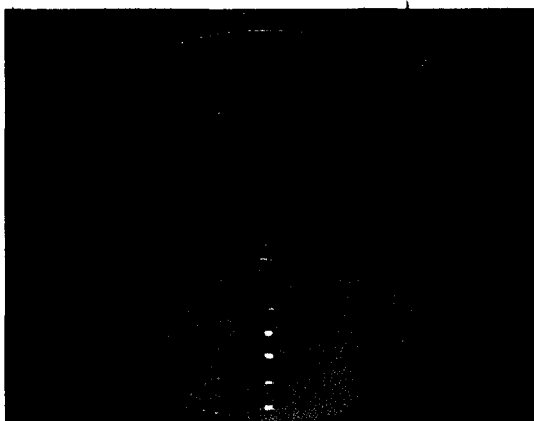


그림 5. 모형지반의 계측기 배치 예(차단벽이 아크릴인 경우)



그림 6. 모형지반의 계측기 배치 예(차단벽이 EPS인 경우)

였다. 지반은 건조상태의 Toyoura Sand($G_s=2.63$, $e_{max}=0.961$, $e_{min}=0.593$)를 공중낙하법으로 쌓고 상대밀도 $D_r=80\%$, 두께 340mm가 되도록 만들었다(그림 2). 측측은 압전형 가속도계(山一電機(株) yamco111bw)를 그림 4의 위치에 그림 5 및 그림 6과 같이 설치하고, 낙하시킨 철구에 의해 기초에 입력한 충격 가진으로 지반내의 파동전달을 측정하였다. 측정은 상,하 방향의 가속도를 압전형 가속도계에 의해 진원으로부터 25mm 간격으로 총 8개 지점에 대하여 측정 하였다. 기초는 직경 30mm의 알루미늄재로 내부에 가속도계가 매설되어 있다. 또한 철구의 낙하부에는 충격을 흡수할 목적으로 5mm두께의 충격흡수재(Sorbothane Ltd.)를 부착했다(확대 그림 4).

3.2 실험종류 및 조건

실험에 대한 모든 치수 표기는 이하 실 축척으로 환산하여 나타내었다. 즉, 실 지반의 차단벽 심도(D)가 17m이면 모형지반은 $17m/50g=0.34m$ 를 의미한다. 원심모형실험에서는 실험의 효율성 등을 고려해서 어느 정도 매개변수를 통일해서 실험할 필요가 있다. 본 연구에서는 FEM에 의한 매개변수 연구결과(이강일외, 2003) 및 기존의 연구 결과등 으로부터 진동차단과 관련된 매개변수는 ① 타설심도(D), ② 진원까지의 거리(R), ③ 벽과 지반과의 강성비($\beta = G_B/G_G$), ④ 입력하중(F), ⑤ 벽재와 지반과의 마찰 등과 같이 5가지로 압축할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 실험상의 제약조건 때문에 입력하중은 충격파를, 벽재와 지반과의 마찰은 무시, 진원으로부터 차단벽재까지 거리는 2.5m로 고정한 조건에

서 그림 7과 같이 ①과 ③의 조건만을 변화시키는 것으로 한정하여 실험을 수행하였다.

본 연구와 관련하여 실시한 원심모형실험 종류는 표 2와 같으며 실험에 사용된 각종 재료의 상수 값은 표 3과 같다. 실험은 기본적으로 무대책 지반 및 차단벽을 설치한 경우로 나누어 실시했는데 차단벽은 지반과의 강성비(β)의 차이에 따라서 다음과 같이 알루미늄, 아크릴, EPS(Expanded Polystyrene)의 재료를 선택하였다.

진동차단벽재의 재료선정 기준은 먼저 전단탄성계수(G) 값을 중심으로 재료상호간에 약 10배정도 이상 차이가 있는 재료를 기준으로 했다. 그 이유는 재료 상호간에 진동차단 효과를 판단하는 데 이 정도 이상의 강성의 차이가 있을때 그 효과를 판단할 수 있다고 생각했기 때문이다. 다음으로 시중에서 시판되고 있는 원통형 재질의 규격 사이즈에 의존할 수 밖에 없다는 점을 고려하였다. 따라서 재료의 조건상 진원까지의 거리 및 차단벽 두께는 2.5m, 0.25m(모형실험 장치에서는 5cm, 0.5cm)

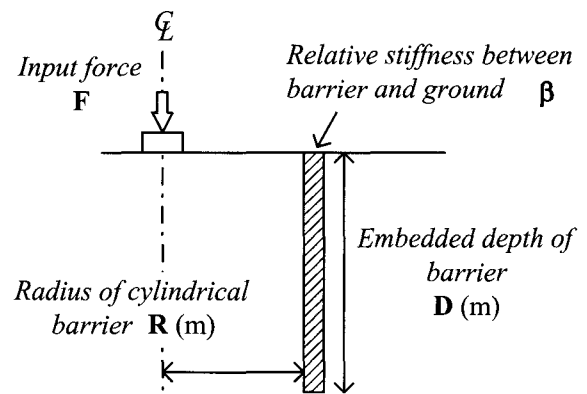


그림 7. 진동차단과 연관성이 있는 매개변수

표 2. 실험종류

				Embedded depth of barrier, D(m)			
				17.0	10.0	5.0	2.5
Radius of cylindrical barrier, R(m)	2.5	Relative stiffness between barrier and ground, β	< 1 (EPS)	○	○	○	○
			> 1 (Acryl)	○	○	○	
			> 1 (Aluminum)	○	○	○	

표 3. 차단벽재 및 모래의 역학적 특성

	Dry unit weight, $\gamma_d(kN/m^3)$	Shear modulus, $G(MN/m^2)$	Relative stiffness between barrier and ground, β
Aluminum	26.5	25.6×10^3	about 1400
Acryl	11.8	12.1×10^2	about 70
EPS	0.12	11.1×10^{-1}	about 0.10
Toyouira Sand ($D_r=80\%$)	15.4	17.9	--

로 고정된 조건에 해당된다.

4. 실험 결과 및 고찰

그림 8은 그림 4의 계측기 배치 예를 갖는 차단벽재가 없는 지반의 경우 A1지점(기초부)과 A3지점(2.5m)에서 시간에 따른 가속도 관계와 주파수에 따른 FFT(Fast Fourier Transform)의 관계를 나타낸 것이다. A1지점의 결과에 의하면 최대 가속도는 87.0m/sec^2 이고 탁월 주파수는 약 12Hz이다. 이 주파수는 고속열차나 트럭에 의해 발생하는 교통진동의 탁월 주파수와 비슷하다(Kobayashi, 1975). 또한 A3지점의 결과에 의하면 1차 탁월 주파수는 약 20Hz이지만 2차주파수는 약 80Hz이다. 그러나 본 연구에서 사용한 A1(기초부)지점 이외의 압전형 가속도계의 공진은 4kHz이기 때문에 2차 탁월 주파수는 가속도계의 공진에 의한 결과라고 생각된다($80\text{Hz} \times 50g = 4\text{kHz}$). 따라서 50Hz 이후의 계측 데이터 결과는 모두 파형처리(low pass)를 실시하고 그 영향을 제거하였다.

그림 9는 원통형 차단벽을 각각의 재료별로 파동전파 상황의 대표적인 예((a) 무대책지반, (b) 알루미늄 차단벽, (c) 아크릴차단벽, (d) EPS차단벽)를 차단벽의 심도(D)가 17m인 경우에 대하여 계측기 위치별로 시간에 따른 가속도관계를 나타낸 것이다. 본 결과에 의하면 무대책 지반의 경우는 진원(기초부)에서 멀어질수록 점진적으로 진동의 감쇠현상이 발생하는 전형적인 현상을 보이고 있다. 그러나 알루미늄이나 아크릴로 차단벽을 지

반전체에 타설(D=17m)한 경우는 차단벽재가 설치된 지점(2.5m)에서 진동의 감쇠현상이 뚜렷이 나타난 후 진원에서 멀어질수록 다시 증가하다 감소해 가는 양상을 보인다. 또한 EPS를 타설한 대책지반의 경우는 차단벽이 설치된 지점(2.5m)인 차단벽에서 진동의 흡수현상이 발생된 이후의 계측지점에서는 진동의 감쇠현상이 확연히 나타나고 있다. 한편 무대책 지반의 각 지점에서의 파동전달시간으로부터 파동전파 속도는 $V=178.6\text{m/sec}$ 였고 가속도 파형의 푸리에 해석으로부터 탁월 주파수는 20Hz였기 때문에 본 실험에서의 파장 $\lambda=8.9\text{m}$ 를 사용하였다.

그림 10은 각각의 차단벽재 별로 심도에 따라 기초에 충격하중을 가했을 경우 거리별 최대가속도의 결과를 나타낸 것이다. 먼저 그림 10(a)는 알루미늄으로 차단벽을 설치한 결과로 타설심도 즉, 근입심도가 17m에서는 차단벽이후 진동의 저감이 계속 나타나지만 그 외의 경우 즉 D=10m인 경우는 무대책 지반의 경우와 거의 동일하며 타설심도가 얇은 D=5m인 경우는 무대책 지반보다 더 큰 진동이 발생하는 결과가 얻어졌다.

그림 10(b)는 아크릴 차단벽을 설치한 결과를 나타낸 것으로 D=10m, 17m인 경우 차단벽에서는 진동이 저감되고 있지만 차단벽 이후에서는 무대책 지반의 결과와 동일한 정도의 값이 나타나고 있다. 또한 D=5m에서는 차단벽 위에서도 무대책 지반의 결과와 비슷하고 차단벽 이후에는 거꾸로 무대책 지반보다 진동이 증가하는 결과가 얻어졌다. 이와 같이 차단벽의 강성의 차이에 의한 진동저감 효과의 유무가 나타나고 있음을 알 수 있다.

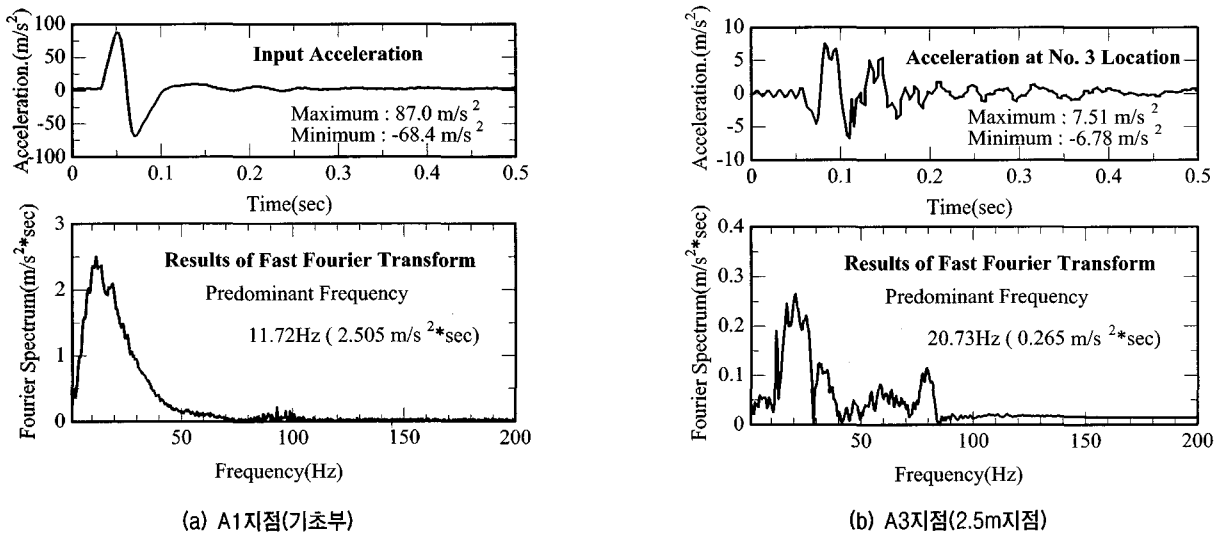


그림 8. 무대책 지반의 경우 A1, A3 지점의 가속도 시간이력 및 FFT 결과

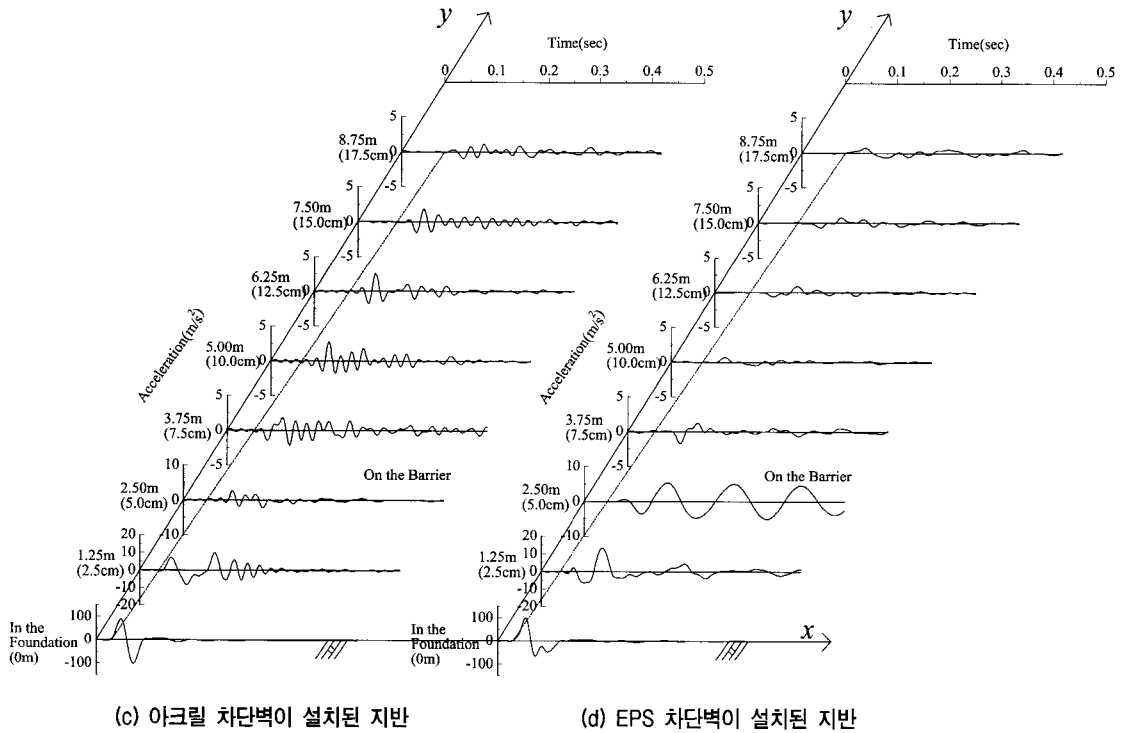
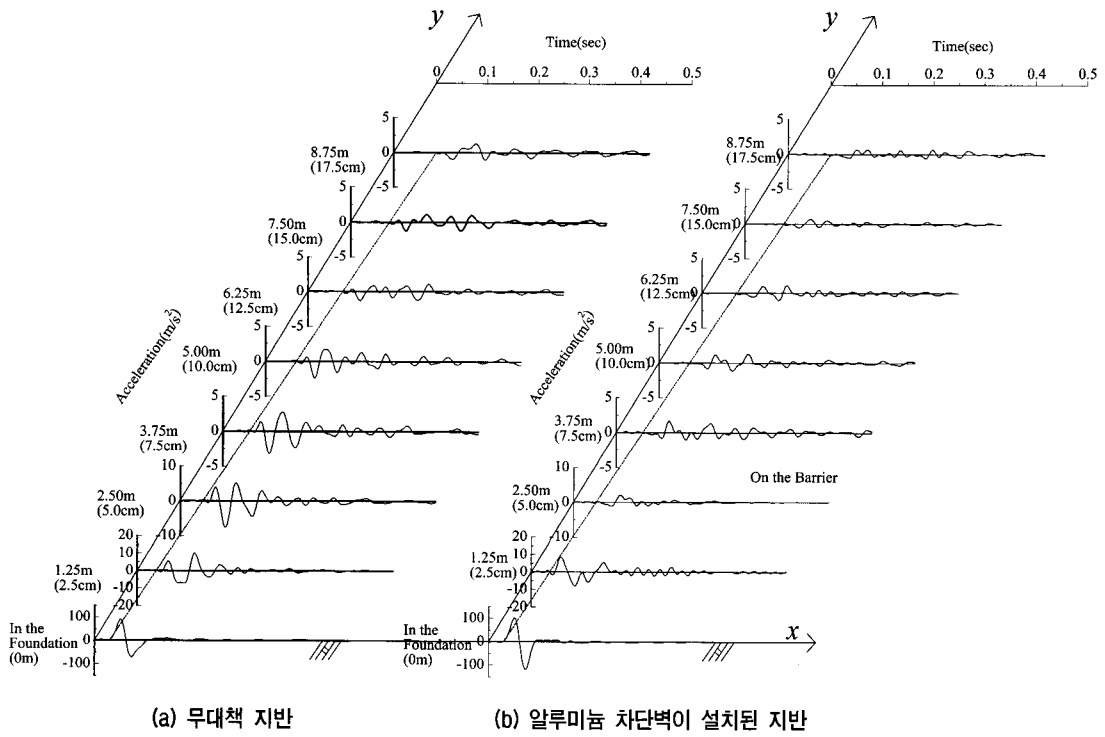
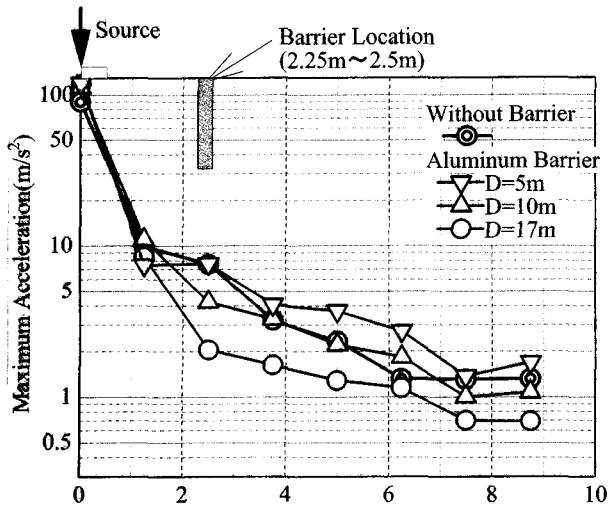


그림 9. 차단벽 재료별 지표면 파동전파 상황(D=17m인 경우)

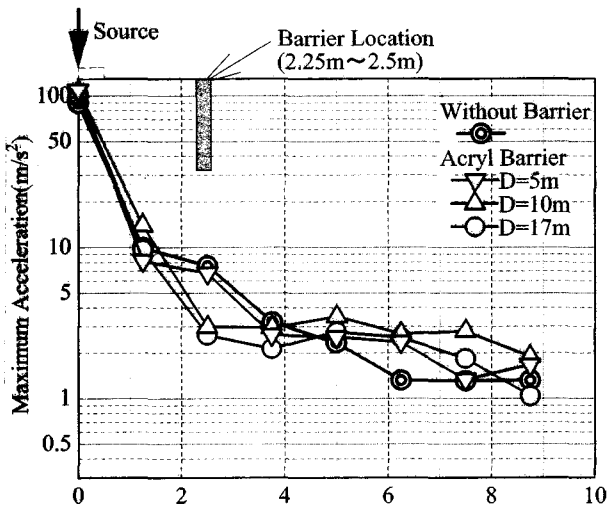
그림 10(c)는 차단벽으로 EPS를 설치하여 얻은 실험 결과를 나타낸 것이다. 이 결과에 의하면 차단벽을 설치한 지점까지는 무대책 지반과 동일한 실험 결과가 얻어졌지만, 차단벽 이후부터는 진동저감효과가 명확히 나타나고 있다. 또한 알루미늄 차단벽과 같이 타설심도에 의한 효과의 거동과는 달리 $D/\lambda \approx 0.56$ 이라고 생각되는

D=5m에서도 전층을 차단벽으로 설치한 D=17m의 결과와 유사한 저감효과가 나타나고 있다는 점은 대단히 주목된다.

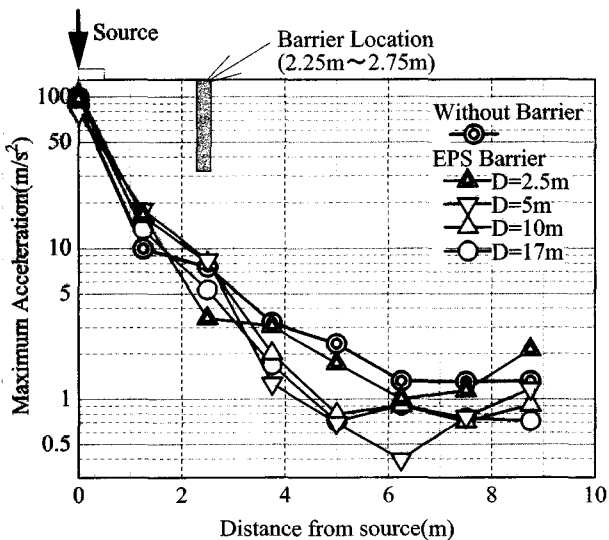
그림 11은 각각의 차단벽재의 재료별 진폭비(R_A)와 차단벽 타설심도/파장(D/ λ)의 관계를 진원으로부터 (a)그림은 3.75m지점, (b)그림은 5m지점의 위치에 대하여



(a) 알루미늄 차단벽

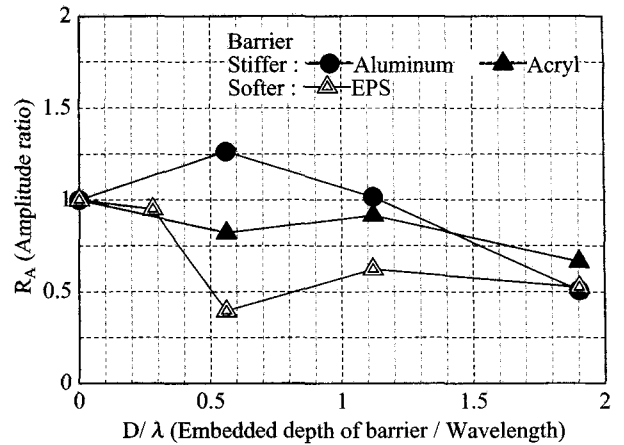


(b) 아크릴 차단벽

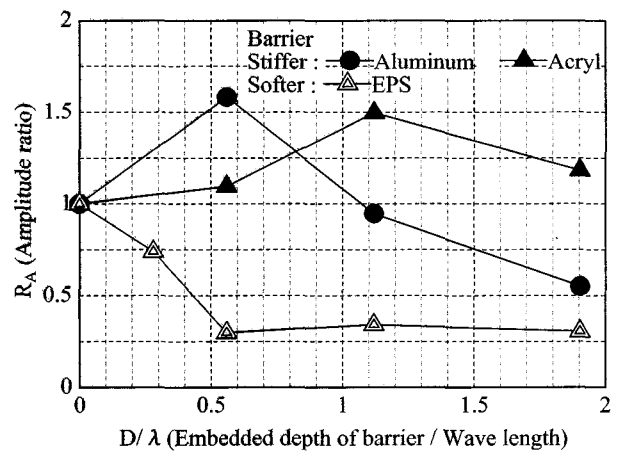


(c) EPS 차단벽

그림 10. 각 차단벽재별 최대가속도-거리관계



(a) 진원으로부터 3.75m지점(A4지점)



(b) 진원으로부터 5.0m지점(A5지점)

그림 11. 차단벽재별 진폭비(R_A)와 타설심도/파장(D/λ)의 변화

분석한 것이다. 여기서 진폭비(R_A)는 대책후의 최대가속도를 대책전의 최대가속도로 나누어서 무차원화 시킨 값이며 이 값이(R_A) 1이하가 되면 차단벽 설치에 의한 진동이 저감한다고 할 수 있다.

그림 11(a)의 결과에 의하면 지반과 차단벽과의 강성비(β)가 1이상인 알루미늄과 아크릴차단벽의 경우 D/λ 가 1이상인 경우는 진폭비가 1이하로 나타나고 있는 반면 지반과 차단벽의 강성비(β)가 1이하인 EPS차단벽의 경우는 D/λ 가 0.3이상인 경우 진폭비가 1이하로 나타났다. 특히 EPS차단벽의 경우 그림 11(b)와 같이 D/λ 가 0.6 이상인 경우는 진폭비가 0.3으로 타설심도와 관계없이 거의 일정하게 나타나고 있다. 이는 EPS와 같은 부드러운 차단벽재의 경우는 차단벽의 타설심도가 파장의 60% 이상이라면 진동저감에 매우 효과적임을 의미한다. 이러한 EPS 차단벽의 결과는 Woods등(1968)에 의해 실시된 방진구 현장실험과 양호한 대응을 보여주고 있다. 또한 진원으로부터 5m지점 이외 지점에 있어

서도 강성비(β)의 차이에 따라서 비슷한 경향을 나타내었다.

5. 결론

본 연구는 지표면에 충격하중이 작용할 경우 발생하는 환경진동문제를 원심모형 실험을 통하여 실험하고 그 결과로부터 지반내 진동의 전달 특성 및 방진벽을 설치한 경우의 진동저감효과에 대해서 검토하였으며 그 결과는 다음과 같다.

- (1) 원심모형 실험장치를 통해서 진동차단벽의 재료 및 그 타설심도를 변화시킨 경우에 대하여 충격 재하 장치를 통해 지반내 파동의 전달 및 진동의 저감효과를 재현하였다.
- (2) 지반에 충격하중이 작용할 경우 차단벽의 타설심도(D)는 차단벽재료와 지반과의 강성비(β)가 1보다도 큰 경우는 파장(λ)의 값이 1 이상일 경우에 진동의 저감효과가 얻어졌다.
- (3) 그러나 차단벽재와 지반과의 강성비(β)가 1이하인 재료에서는 D/λ 의 값이 0.6이상 일 경우 진동의 저감효과가 얻어졌다. 즉, EPS와 같은 부드러운 차단벽은 차단벽의 타설심도가 파장의 60% 이상일 경우 진동저감에 매우 효과적이다.
- (4) 지표면에서 발생하는 기계진동 및 열차진동 등과 같은 지반진동에 대한 전파경로 대책으로서는 차단벽재가 지반보다 강성인 경우보다 부드러운 경우에 진동저감효과에 더 적용성이 높음을 알수 있었다.

본 연구는 하중조건, 차단벽 재료의 기하학적 조건, 지반재료 등을 고정한 상태에서 실험한 결과이므로 향후 이러한 조건을 변화시킨 다양한 형태의 실험을 실시

하여 진동저감효과에 대하여 검토할 필요가 있다.

감사의 글

본 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연수지원에 의하여 연구 되었으며, 본연구에 도움을 주신 일본 동경공업대학 지반공학연구실 구릅에게 진심으로 감사드립니다.

참고 문헌

1. 이강일외 (2003), "지반진동의 저감효과에 영향을 미치는 매개변수연구", *대한토목학회논문집*, 제23권, 제5C호, pp.299-307.
2. 高田直俊, 日下部治 (1987), "講座「遠心模型實驗」3. 原理", *土と基礎*, Vol.35, No.12, pp.89-94.
3. 森地重暉, 江口和人 (1964), "地盤内の波動傳播問題に對するゲル狀材料を用いた一模型實驗方法", *土木學會論文集*, No.489/I-27, pp.197-206.
4. 竹宮宏和 (2002), "環境振動における地盤内の波動傳播と振動對策", *基礎T*, Vol.30, No.1, pp.8-11.
5. Cheney, J. A., Brown, R. K., Dhat, N.R. and Hor, O. Y. Z. (1990), "Modeling free-field conditions in centrifuge models", *Journal of the Geotechnical Eng.*, ASCE Vol.116(9), pp.1347-1367.
6. Itoh, K., Koda, M., Lee, K. I., Murata, O., and Kusakabe, O. (2002), "Centrifugal simulation of wave propagation using multiple ball dropping system", *International Journal of Physical Modelling in Geotechnics*, Vol.2, No.2, pp.33-51.
7. Kobayashi, Y. (1975), "Influence of ground vibration cause by construction and its isolation methods", *Kajima Institute Publishing*, pp.65-68.
8. Semblat, J. F. and Luong, M. P. (1998), "Wave propagation through soils in centrifuge testing", *Journal of Earthquake Engineering*, Vol.2, No.1, pp.147-171.
9. Siemer, Th. and Jessberger, H. L. (1994), "Wave propagation and active vibration control in sand", *Proceeding of International Conference on Centrifuge Modeling-Centrifuge94*, Balkema, Singapore, pp.307-312.
10. Woods, R. D. (1968), "Screening of surface waves in soils", *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Engineering*, ASCE, Vol.94, No.SM4, pp.951-979.

(접수일자 2004. 2. 13, 심사완료일 2004. 7. 7)