

통신 장치랙 지진모사 실험에 대한 고찰

A Consideration of Earthquake Simulation Test for Telecommunication Equipment Rack

강 왕 규*, 한 진 우, 우 병 수
(Wang-Kyu Kang, Jin-Woo Han and Byung-Soo Woo)

Abstract : 2007년 1월 20일 20시 56분경 오대산 부근에서 발생한 지진이 제주도를 제외한 전국에서 감지되어 우리 생활에 직접적인 영향을 끼치는 등 더 이상 우리나라도 지진에 안전한 나라가 아니라는 것이 입증되고 있으며, 정부에서도 자연재해대책법에 통신설비에 대한 내진설계 의무화 규정을 포함시켜 현재 시행을 눈앞에 두고 있는 시점에서 통신시설물에 대한 내진성능 평가와 내진대책 수립이 절실히 요구되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 지진 발생시에 가장 민감하게 반응하며 피해가 클 것으로 예상되는 통신 장치랙에 대하여 전력설비의 내진성능 검증에 사용되는 인공 지진파와 미국에서 측정한 실측 지진파를 진동대에 입력, 지진모사 실험을 실시하여 지진시 발생할 수 있는 통신장비의 기능 이상 유무를 확인하고 동적 거동 특성을 분석함으로써 장치랙이 보유한 내진성능을 도출하여 보았다. 이러한 지진모사 실험은 향후 통신 장치랙의 내진성능을 평가하는 기준을 수립하는데 중요한 기초자료로 활용될 것이라 판단된다.

Keywords: 통신설비, 장치랙, 지진, 내진설계, 진동대

I. 서론

2007년 1월 20일 20시 56분경 오대산 부근에서 발생한 지진이 제주도를 제외한 전국에서 감지되었다. 이 지진은 독자적인 지진관측기술이 도입된 1978년 이후 한반도 육상에서 발생한 지진으로는 4번째, 우리나라에서 발생한 지진으로는 속리산 지진(78년, 규모 5.2), 홍성지진(78년, 규모 5.0)에 이어 3번째로 큰 지진에 해당하는 것으로서 규모가 4.9에 이르는 것으로 알려졌다. 이 지진으로 인하여 큰 피해는 없었지만, 이보다 더 큰 지진이 한반도에 얼마든지 올 수 있다는 가능성을 보여주는 사례로, 더 이상 우리나라도 지진에 안전한 나라가 아니라는 것을 입증하고 있다. 또한, 정부에서는 자연재해대책법에 통신설비에 대한 내진설계 의무화 규정을 포함시켜 향후 설치될 통신시설물은 반드시 내진설계를 하여야 한다는 것을 법제화 할 예정으로 통신시설물에 대한 내진성능 평가와 내진대책 수립이 절실히 요구되고 있다.

본 논문에서는 지진 발생시에 가장 민감하게 반응하며 피해가 클 것으로 예상되는 통신 장치랙 중 현재 철거중인 FLC-B 장비를 택하여 전력설비의 내진성능 검증에 사용되는 인공 지진파와 미국에서 측정한 실측 지진파를 진동대에 입력, 지진모사 실험을 실시하여 지진시 발생할 수 있는 통신장비의 기능 이상 유무를 확인함과 동시에 동적 거동 특성을 분석하여 봄으로써, 현 통신 장치랙의 내진성능(등급)을 가늠해 볼 수 있는 계기를 마련하고자 한다.

II. 본론

1. 실험 방법

1.1 실험 목적

지진이 발생하게 되면 지진파로 인하여 구조물이 흔들리게 되고 구조물 안에 놓여 있는 통신 장치랙 또한 구조물의 거동 특성에 따라 움직이게 되는데, 이러한 움직임은 통신 장비에 기능 이상과 물리적인 결함을 발생시켜 통신서비스의 장애를 초래할 수 있다. 따라서, 진동대를 사용한 지진모사 실험을 통하여 지진시 발생할 수 있는 통신 장비의 기능 이상 유무를 사전에 파악하고, 장치랙이 가지고 있는 기본 내진성능(등급) 및 동적 거동 특성을 분석 함으로써 향후 통신 장치랙의 내진설계 기준 수립에 기초 자료로 활용하고자 한다.

1.2 진동대 사양

지진모사 실험을 할 수 있는 진동대를 보유한 기관은 한국기계연구원(KIMM), 한국전력연구원(KEPRI), 현대건설 기술개발원, 서울시립대학교, 한양대학교 등이 있지만, 그림 1과 같이 3차원으로 가진 할 수 있으며, 통신 장치랙을 용이하게 실험 할 수 있는 용량으로 구축된 한국전력연구원(KEPRI)의 진동대를 선정하여 실험하였다. 실험에 사용된 진동대에 대한 자세한 사항은 표 1에 제시하였다.

표 1. 진동대 사양

진동대 크기	2.5m * 2.5m	
최대하중	2tonf	
자유도	6	
최대가속도	수평	6g
	수직	9g

* 책임저자(Corresponding Author)

강왕규, 한진우, 우병수 : KT 인프라연구소 FTTH솔루션개발담당
(kangwk@kt.co.kr, jinuhan001@kt.co.kr, woobs@kt.co.kr)

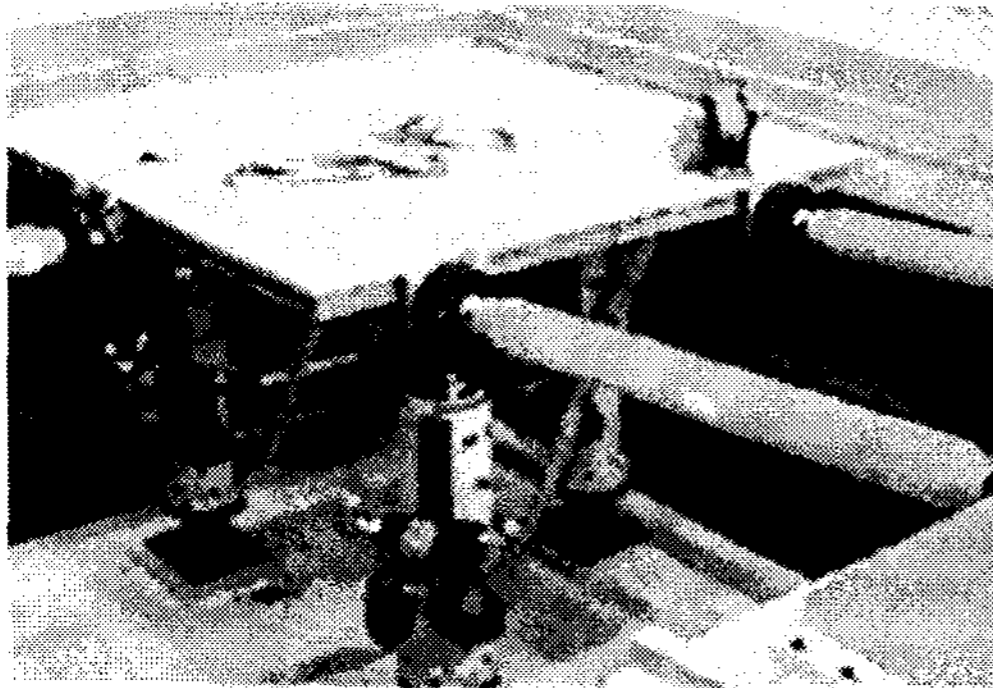


그림 1. 통신 장치랙 내진검증용 진동대

1.3 통신 장치랙

실험에 사용된 통신 장치랙은 철거(불용)된 FLC-B의 COT 측 장비를 실장한 것으로서, 실제로 국사에 설치되어 있는 장치랙은 상부가 케이블랙으로 지지되어 있으나 실험을 위하여 아래 바퀴부분을 제거하고 앙카로 고정할 수 있도록 구조를 변경하였다.

FLC-B 장비는 대형 업무용 빌딩에 적용되어 155M의 속도로 전화 및 전용회선을 공급하는 장비로서 현재는 다른 장비로 대체되어 철거중인 상태이다.

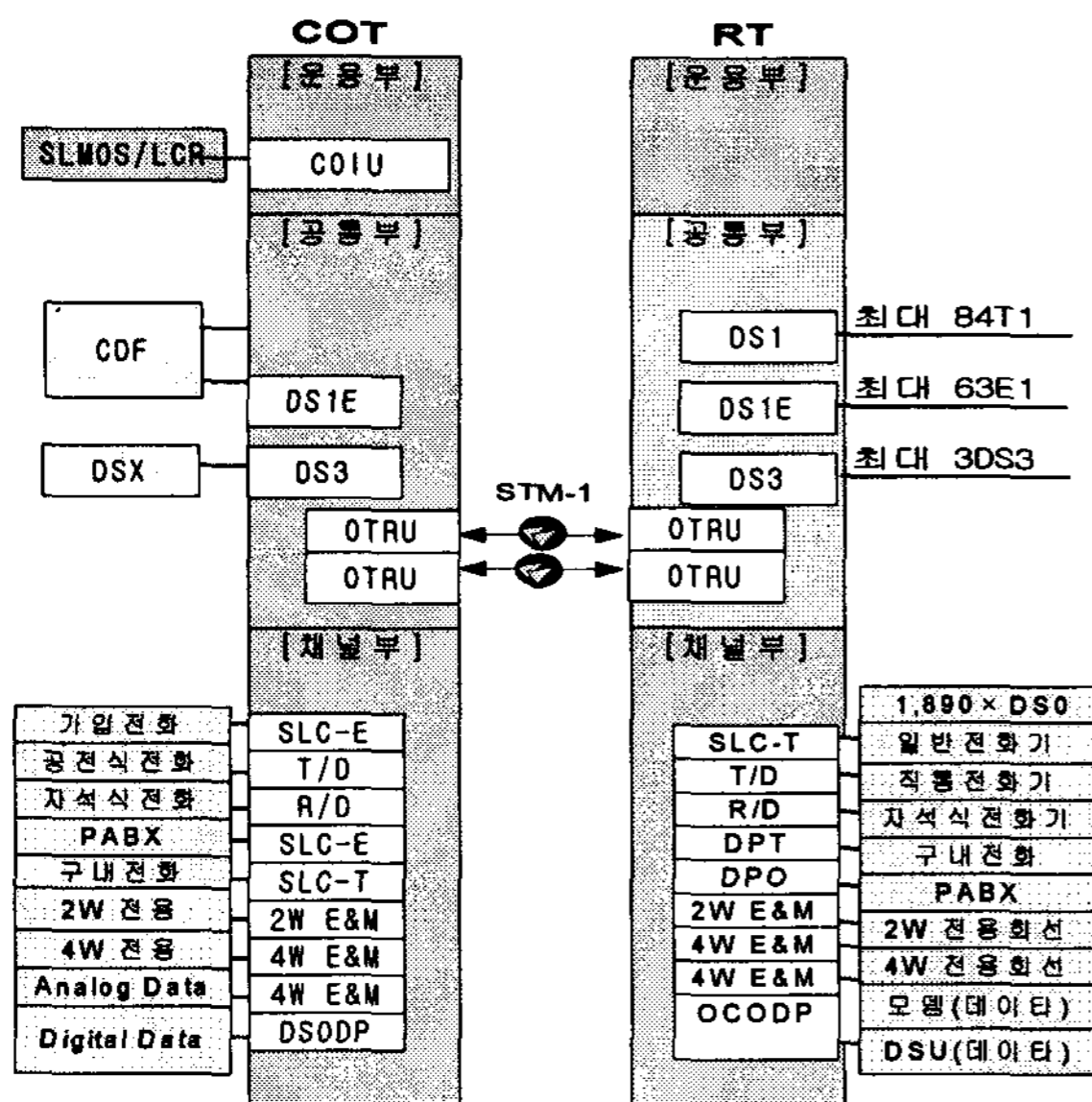
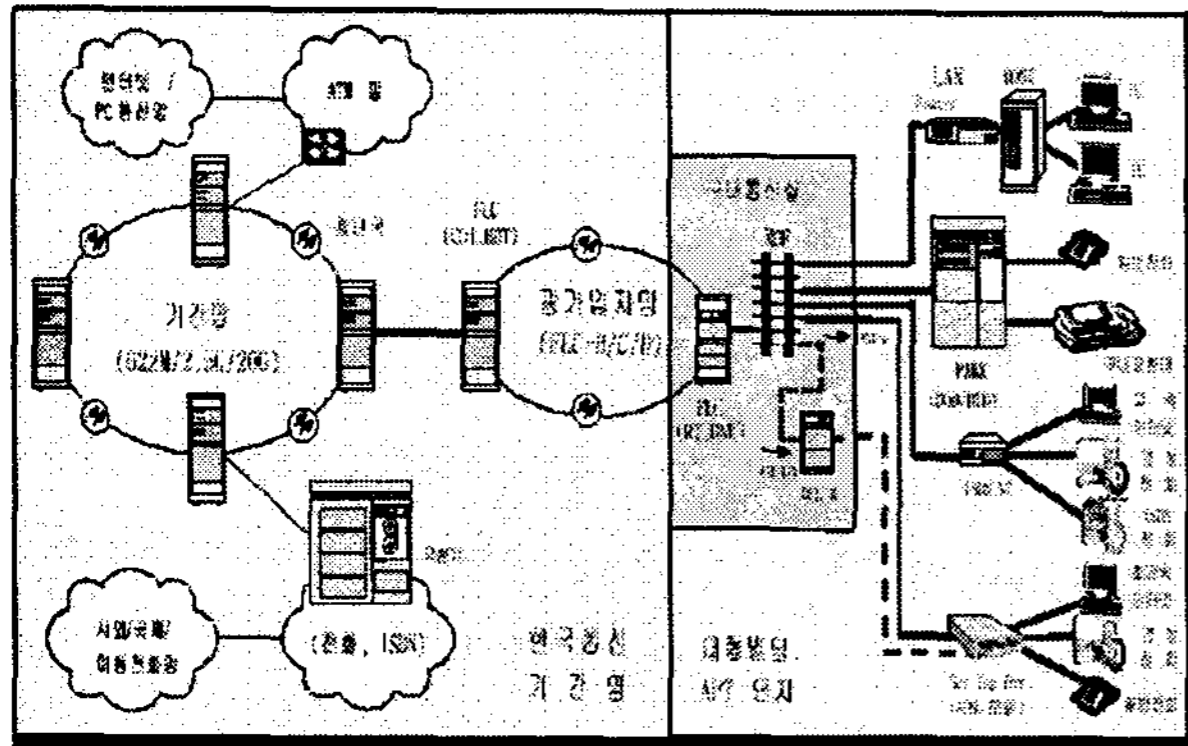


그림 2. FLC-B 장비 개요도

1.4 실험 구성

실험에 사용되는 장치랙은 하부에 정류기를 두어 DC 전원을 공급하게 하였으며, 물리적 특성을 맞추기 위하여 공통부 및 운용부 1 ~ 5와 PDP를 임의로 실장하였으며, 진동 발생시 기능이상 유무를 확인하기 위하여 공통부 6과 7을 광으로 연결한 다음 E1급 신호를 검출하는 장비로 신호를 측정하였는데, 자세한 사항은 그림 3과 표 2에 나타내었다.

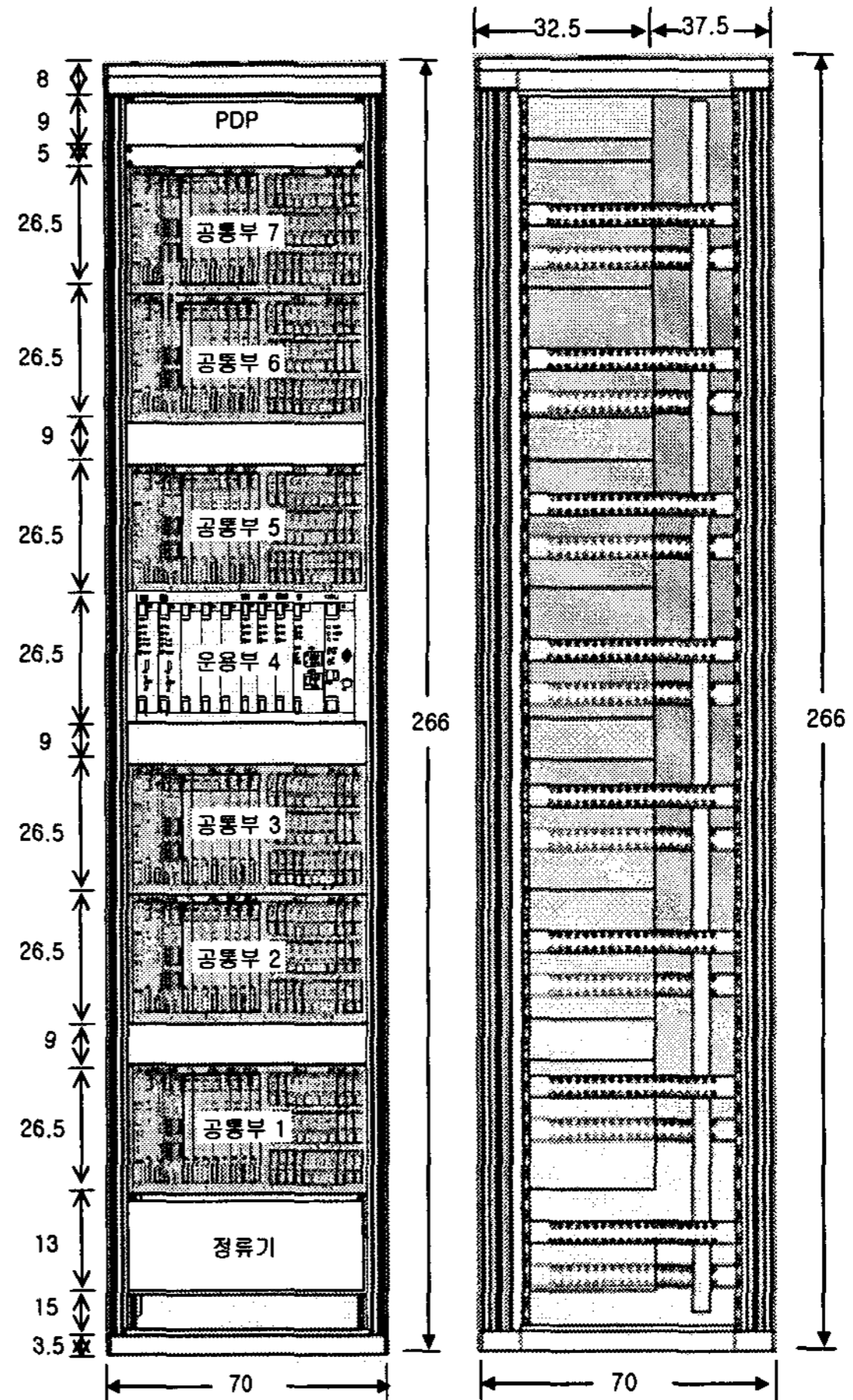


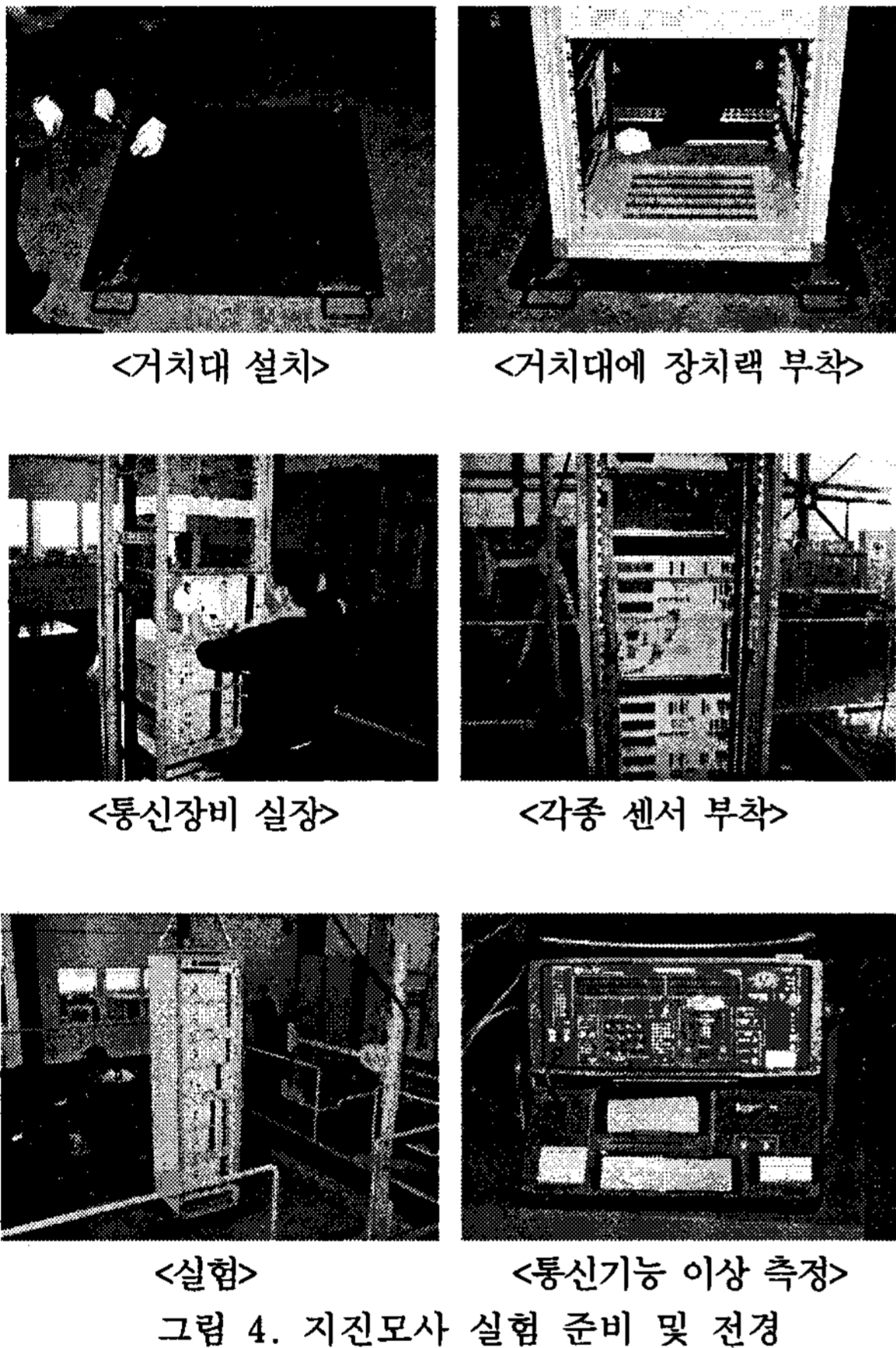
그림 3. 실험용 FLC-B 장치랙 개요도

표 2. 실험용 FLC-B 장치랙 제원

구분	제원(cm)			무게(kgf)	비고	
	폭	깊이	높이			
랙 (본체)	철가	70	70	266	124.4	Side Door 2개 포함
	PDP	54 (58.5)	32.5	9		
랙 (내부)	공통부	7	54 (58.5)	32.5	26.5	22.4
		6				22.3
		5				17.9
	운용부	4	54 (58.5)	30.5	26.5	22.5
		공통부	3	54 (58.5)	32.5	26.5
	2		22.6			
	1		22.4			
	정류기	58.5	38.5	13	16.6	
기타 (하부)	거치대	90	90	3	191.0	철판 제작
합계					295	거치대 제외
					486	거치대 포함

1.5 실험 절차

진동대 위에 콘크리트 바닥을 모사할 수 있는 철제 거치대를 설치하고 앙카로 장치랙을 고정하였으며, 설치된 장치랙 내부에 통신장비를 실장하고, 동적 특성을 측정하기 위한 각종 센서를 부착하는 순서로 실험체를 셋팅하였으며, 실험에 필요한 5가지 지진파를 진동대 제어장치에 입력, 가진 중 또는 가진 후에 통신장비의 기능 이상 유무와 물리적 결함을 확인 하는 것으로 실험을 진행하였다.



1.6 측정 항목

통신 장비의 기능이상 유무를 확인하기 위하여 E1급 신호를 측정할 수 있는 장치를 그림 3의 공통부 6에 연결하였으며, 동적 특성을 분석하기 위하여 장치랙의 하부, 중앙부, 상부에 각 1개씩의 가속도계와 상부에 Y방향으로의 처짐을 측정할 수 있는 처짐계(LVDT)를 설치하고, Data Logger를 통해 신호 Data를 획득하도록 하였다. 또한 장치랙의 변형, 회로 보드 및 Door의 이탈 발생 유무는 가진 중과 가진 후에 육안으로 관찰하도록 하였는데, 실험 장비의 측정에 대한 상세한 구성은 그림 5에 나타내었다.

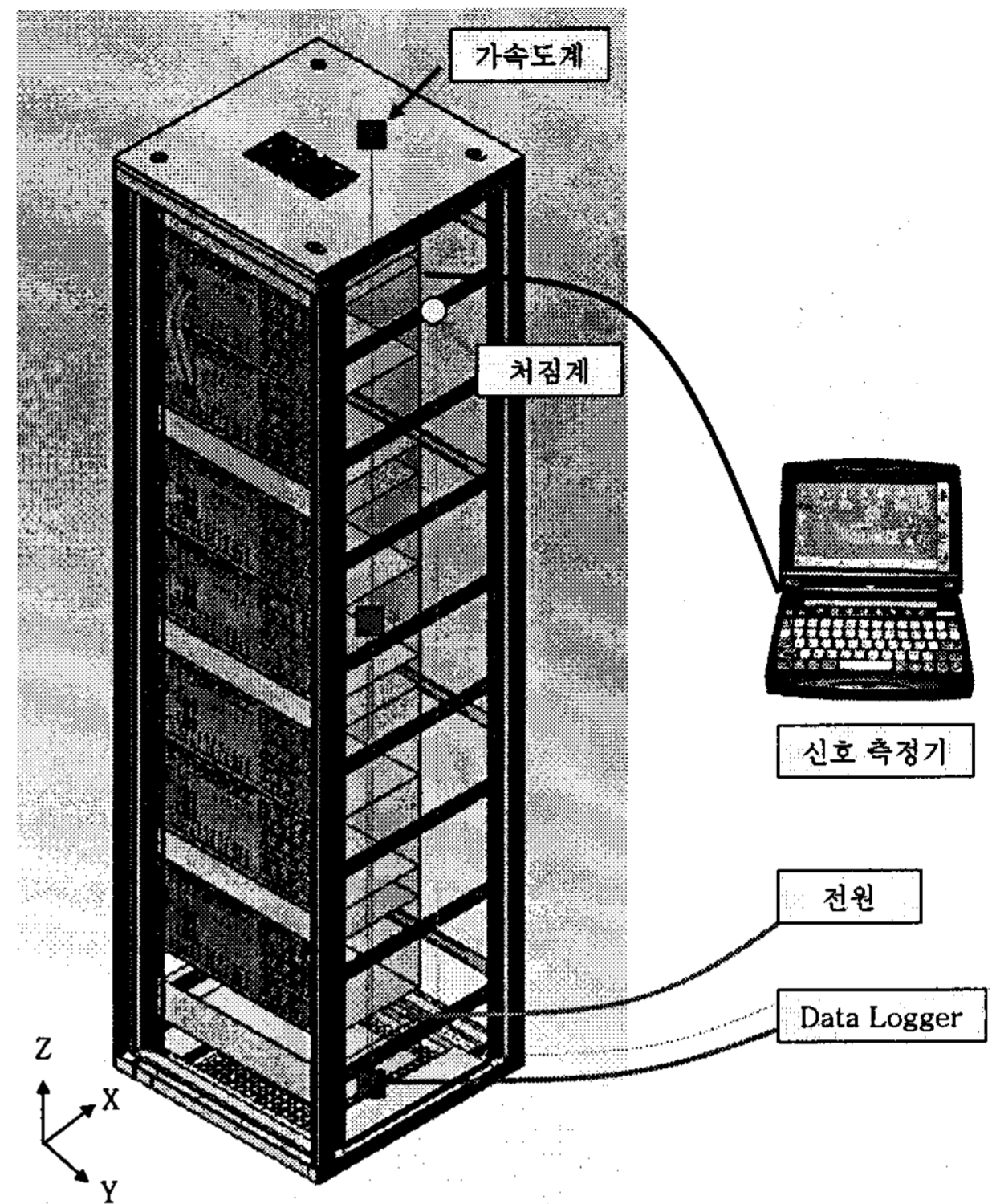


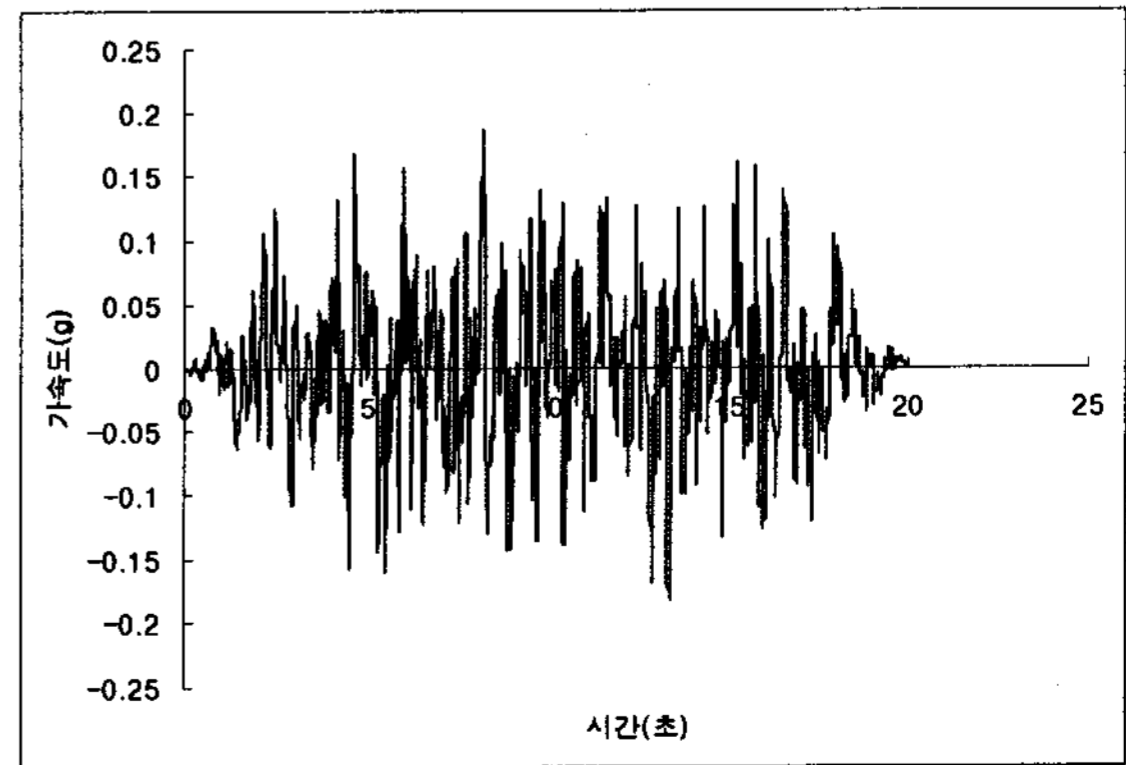
그림 5. 센서부착 및 실험 장비 개요도

2. 가진 지진파

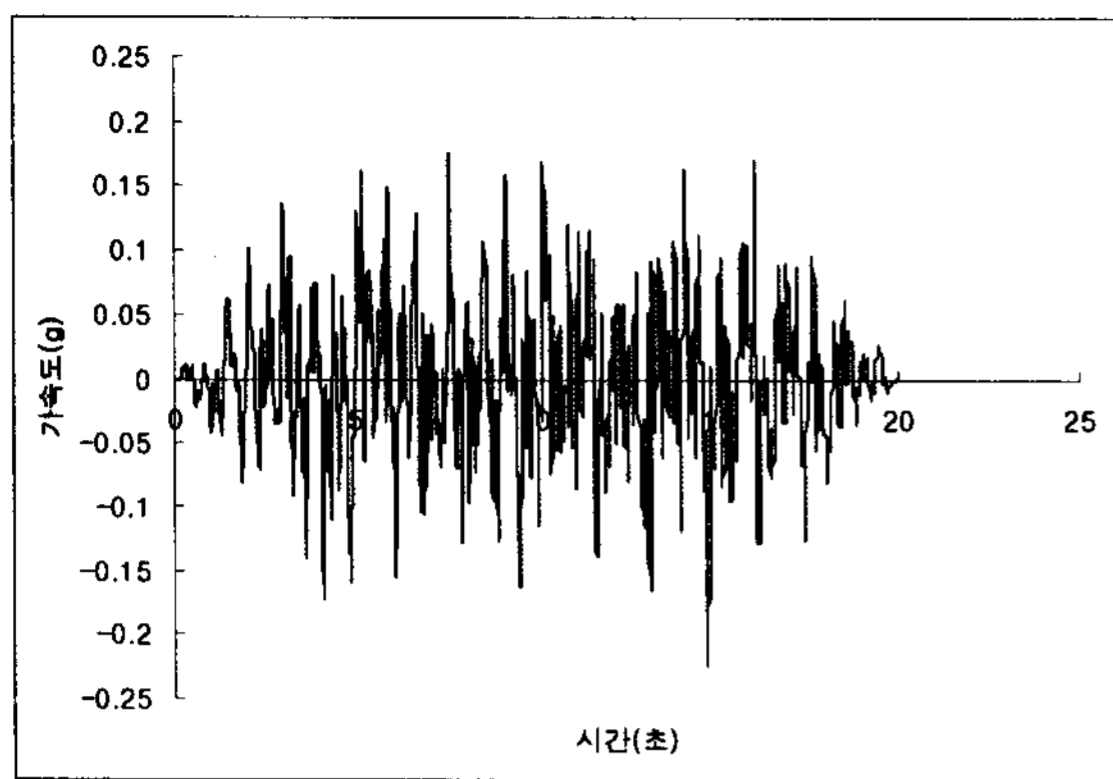
2.1 송/변전설비 내진 1등급 검증 인공지진파 (1층 및 옥외)

통신설비에 대한 인공지진파가 없어 통신설비와 유사한 전력설비에 대한 내진검증용 지진파를 Test 1 지진파로 사용하였는데, 이 지진파는 지진 1구역의 Sc지반 1층 또는 옥외에 있는 시설물에 대하여 내진검증용으로 사용되는 것으로서, X(0.182g), Y(0.182g), Z(0.091g)의 최대가속도를 가지며 강진 지속 시간이 10초 이상인 것을 특징으로 하고 있다.

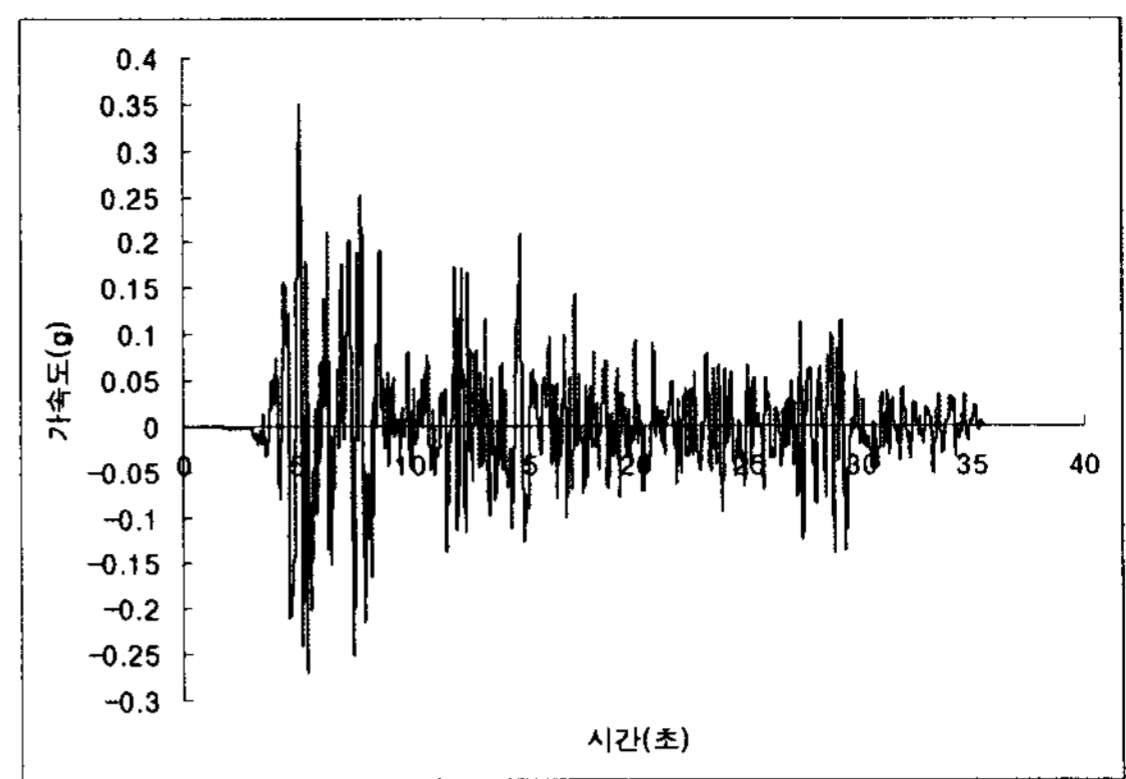
이는 일본의 진도 5강(1층 및 지하 : 0.255g)과 비교할 때 70% 수준이며, 일본에서는 장비가 놓이는 위치에 상관없이 상부층에 대한 실험가속도 즉 0.816g를 사용하고 있는데, 이것과 비교하면 22% 정도의 수준에 달하는 지진파에 해당한다.



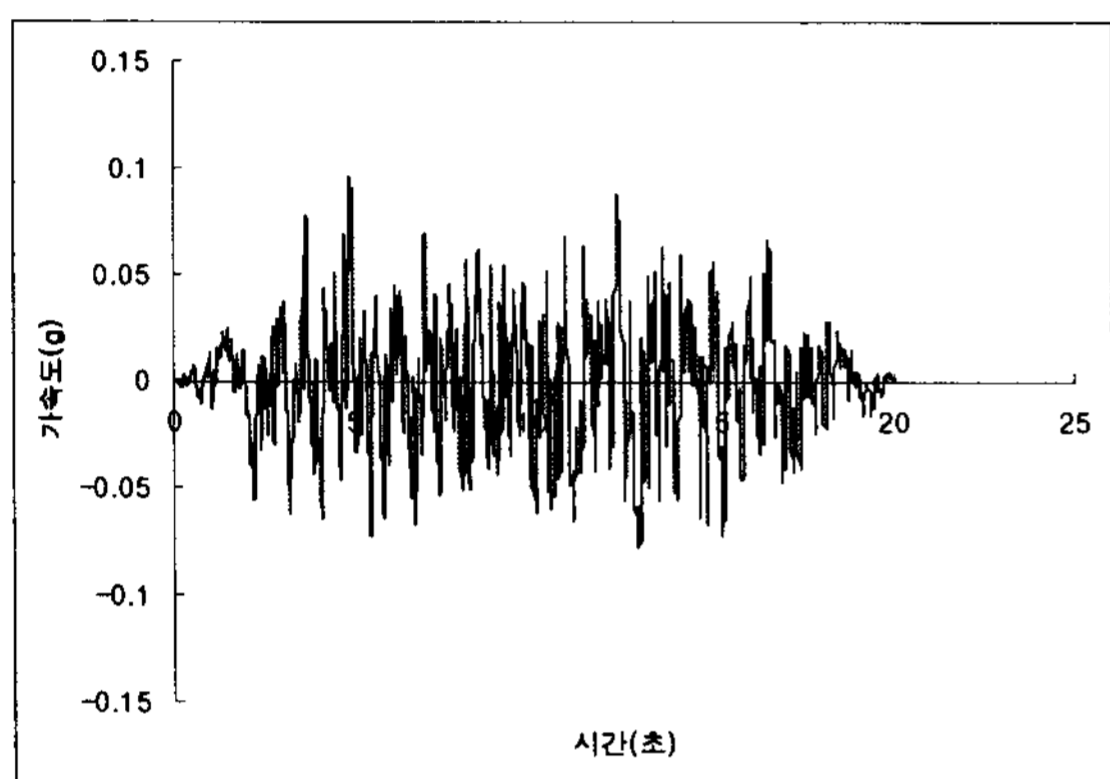
<X방향 시간-가속도>



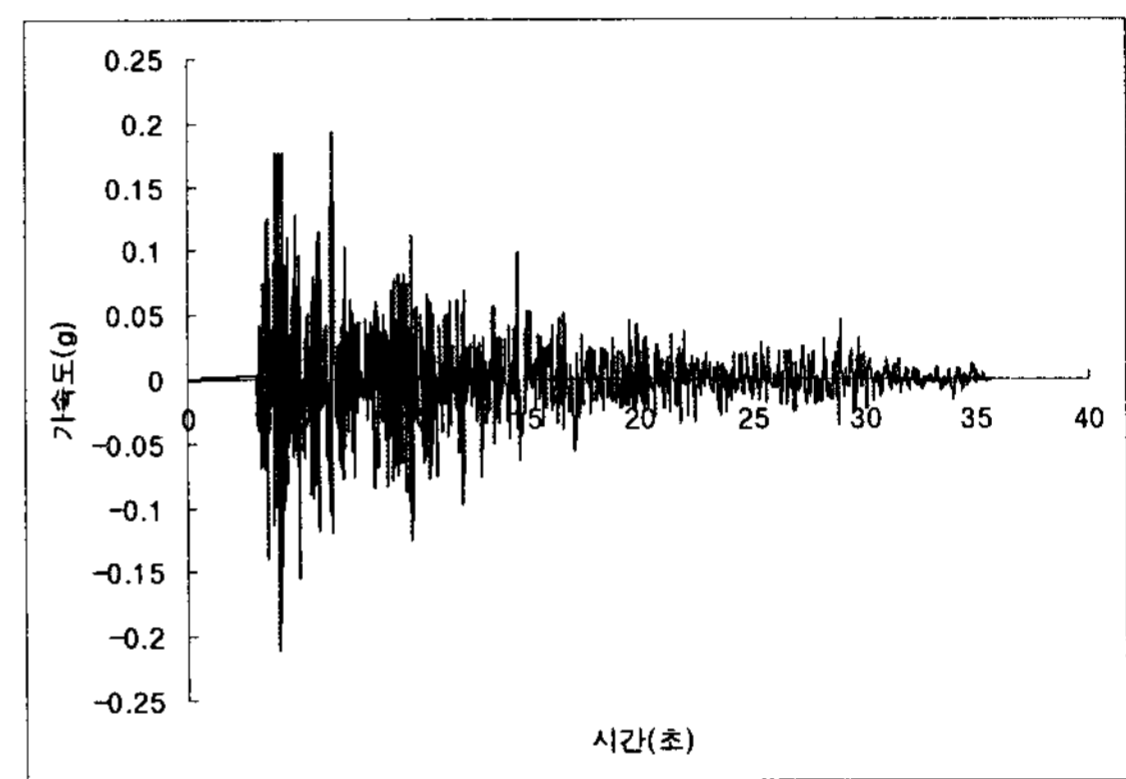
<Y방향 시간-가속도>



<NS방향 시간-가속도>



<Z방향 시간-가속도>



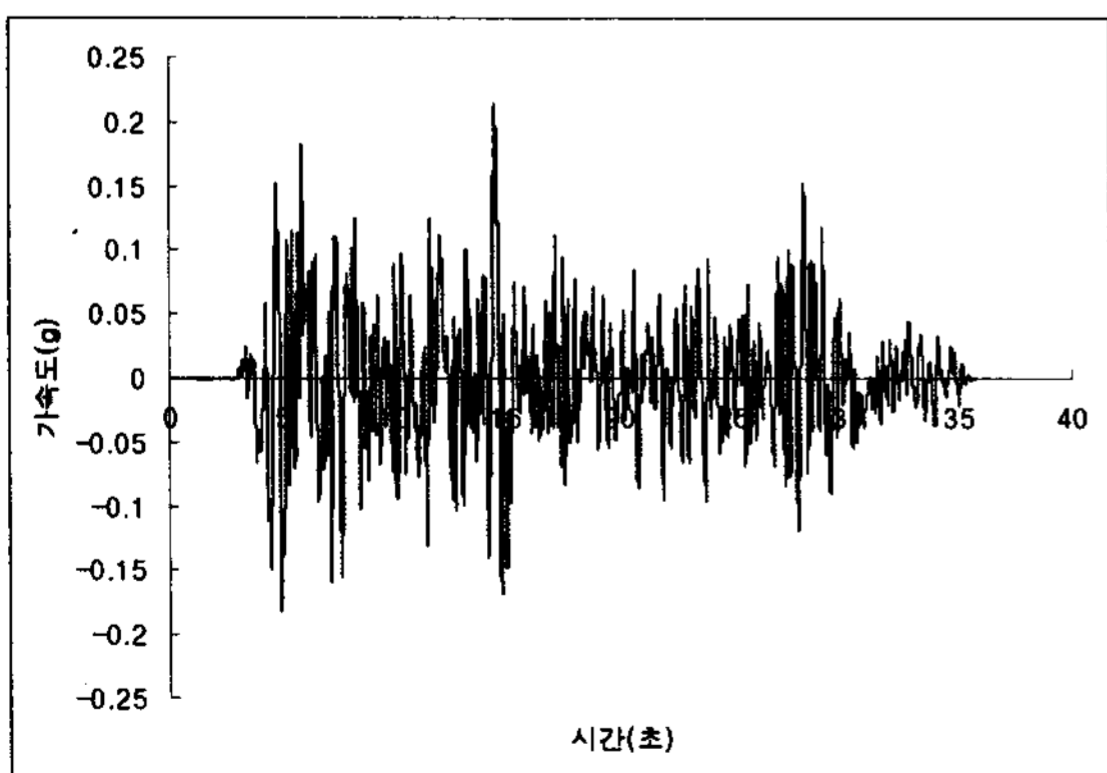
<수직방향 시간-가속도>

그림 6. 송/변전설비 내진 1등급 검증 인공지진파 (1층 및 옥외)

그림 7. 실측 지진파(EI Centro)

2.2 실측 지진파 (EI Centro)

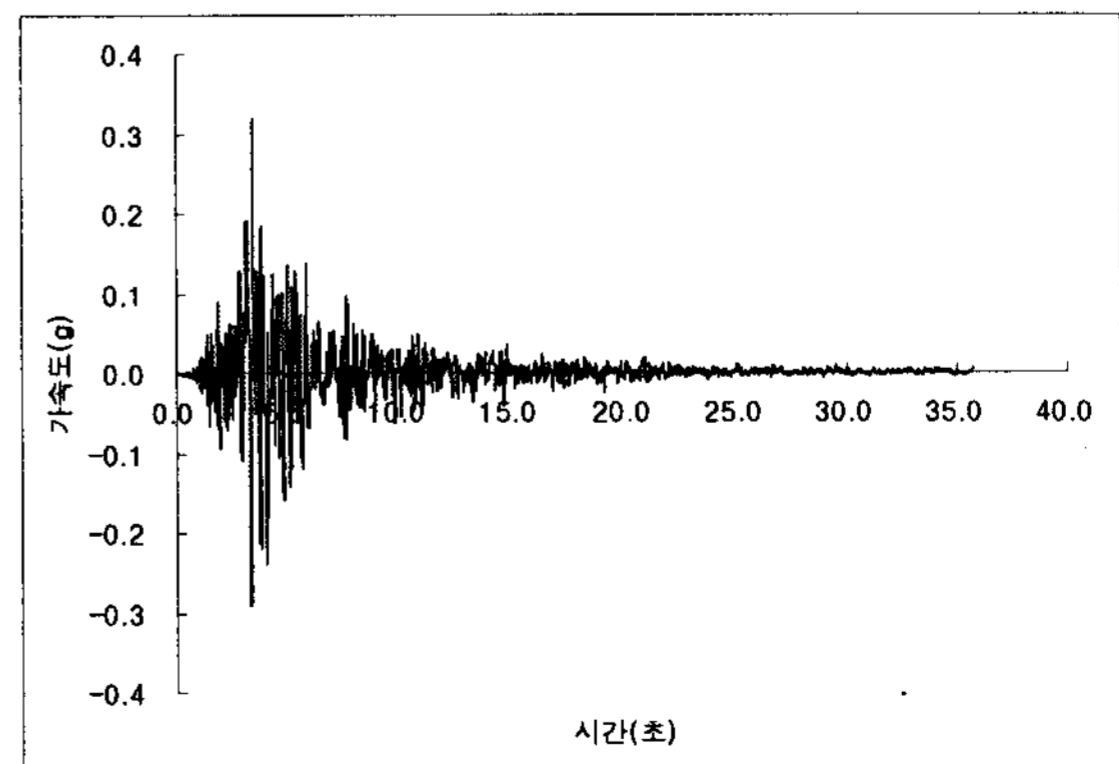
1940년 5월 18일 리히터 규모 7.1의 미국 캘리포니아 EI Centro 지역에서 발생한 지진의 실측지진파를 Test 2 지진파로 사용하였는데, 이 지진파는 세계 최초로 기록된 지진파로서, 0.214g(EW), 0.349g(NS), 0.210g(수직)의 최대가속도 특성을 나타내고 있다.



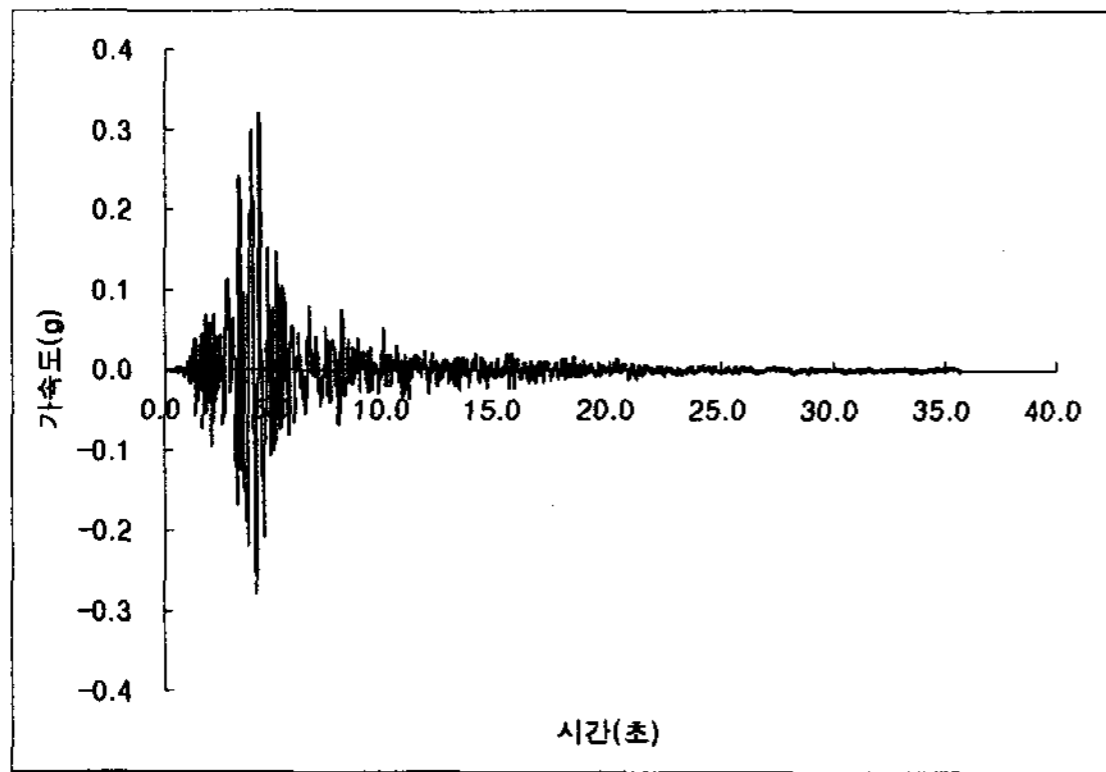
<EW방향 시간-가속도>

2.3 수정 실측 지진파 (Loma Prieta)

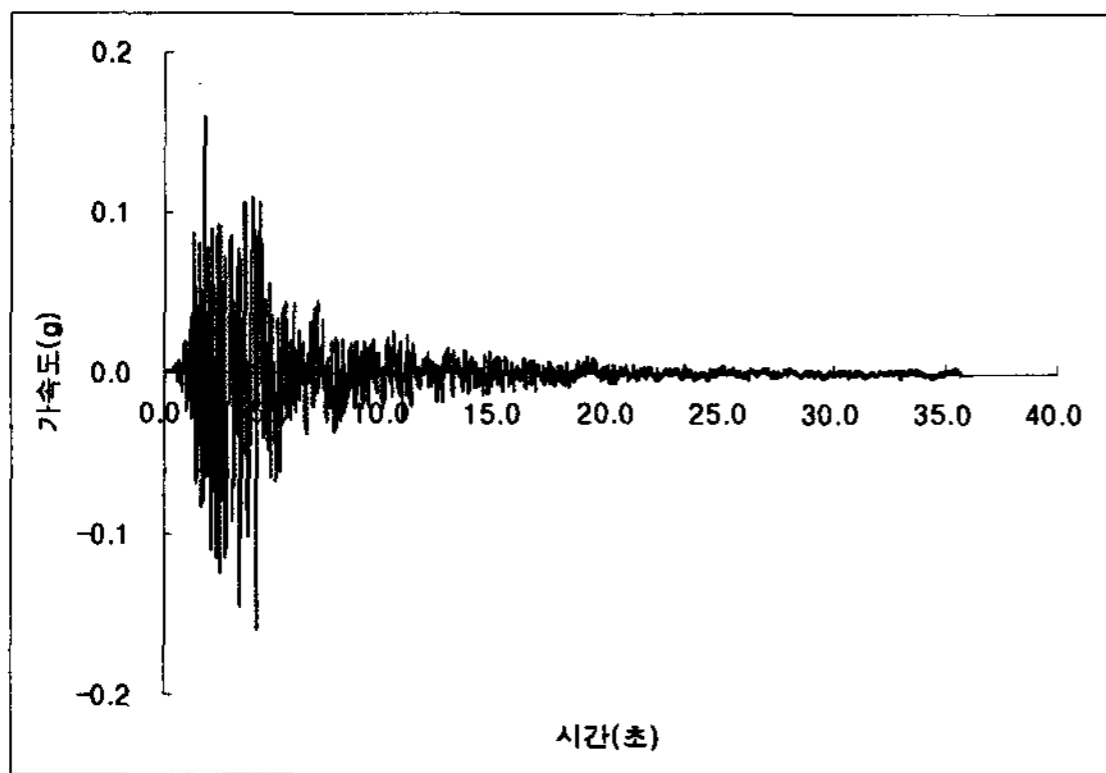
1989년 10월 17일 규모 7.1의 미국 캘리포니아 Loma Prieta 지역에서 발생 지진을 1층 또는 지표(Sd지반)에서의 특등급으로 수정한 것을 Test 3의 지진파로서 사용하였으며, X(0.32g), Y(0.32g), Z(0.16g)의 최대가속도 특성을 나타내고 있다. 이 지진파는 다른 지진파와 달리 강진시간이 짧고 초기에 최대가속도를 발휘하며, 시간이 갈수록 줄어드는 양상을 보이고 있어 초기에 최대 진동을 볼 수 있는 지진파로 알려져 있다.



<X방향 시간-가속도>



<Y방향 시간-가속도>



<Z방향 시간-가속도>

그림 8. 수정 실측 지진파(Loma Prieta)

2.4 송/변전설비 내진 1등급 검증 인공지진파 (2~3층)

송/변전설비의 내진 1등급 검증 인공지진파를 1구역 Sc지반의 2~3층 시설을 검증하도록 가속도를 증폭시켜 (0.13*1.4*2=0.364) 만든 지진파를 Test 4의 지진파로 사용하였다. 이 지진파는 1층의 2배가 증폭된 X(0.364g), Y(0.364g), Z(0.182g)의 최대가속도 특성을 보이고 있으며, 일본의 진도 5강 (하층부 : 0.510g)과 비교하면 70% 수준이며, 실험 가속도 0.816g와 비교하면 45% 수준으로서 그림 6의 지진파를 그대로 증폭시켜 생성하였다.

2.5 송/변전설비 내진 1등급 검증 지진파 (4층)

송/변전설비의 내진 1등급 검증 인공지진파를 1구역 Sc지반의 4층 시설을 검증하도록 가속도를 증폭시켜 (0.13*1.4*2.5=0.455) 만든 지진파를 Test 5의 지진파로 사용하였다. 이 지진파는 1층의 2.5배가 증폭된 X(0.455g), Y(0.455g), Z(0.228g)의 최대가속도 특성을 보이고 있으며, 일본의 진도 5강 (하층부 : 0.510g)과 비교하면 89% 수준이며, 실험 가속도 0.816g와 비교하면 56% 수준으로서 이 또한 그림 6의 지진파를 그대로 증폭시켜 생성하였다.

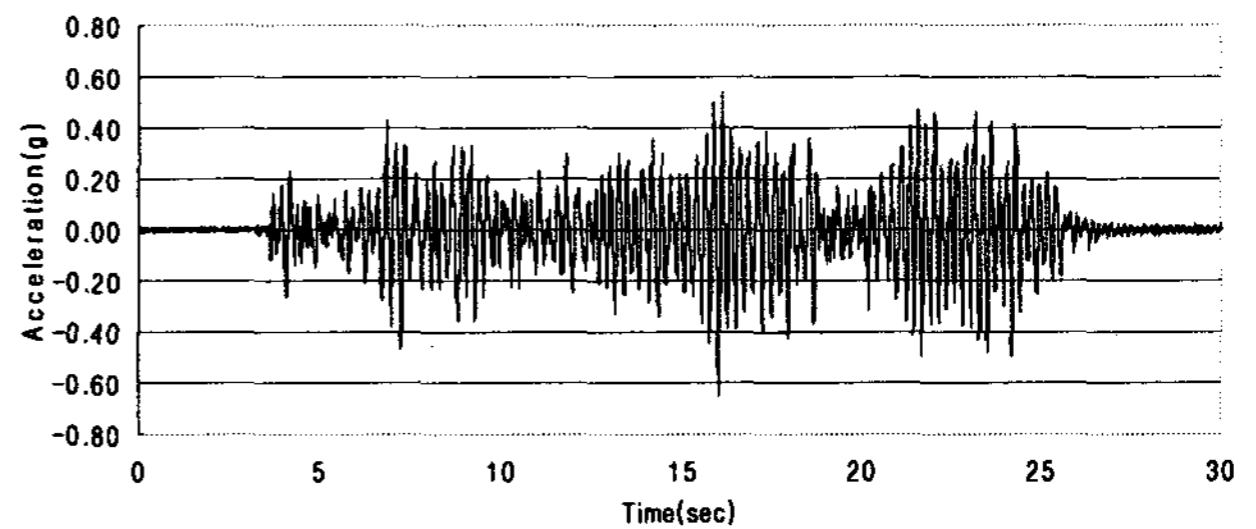
3. 실험 결과

앞의 5가지 조건에 대한 통신 장치랙 지진모사 실험 결과를 표 3에 정리하였다. Test 1에서 Test 5까지의 고유진동수는 장치랙의 고유한 성질을 나타내므로 비슷한 결과가 도출되었으며, 모든 조건에서 장비의 기능 이상은 발견되지

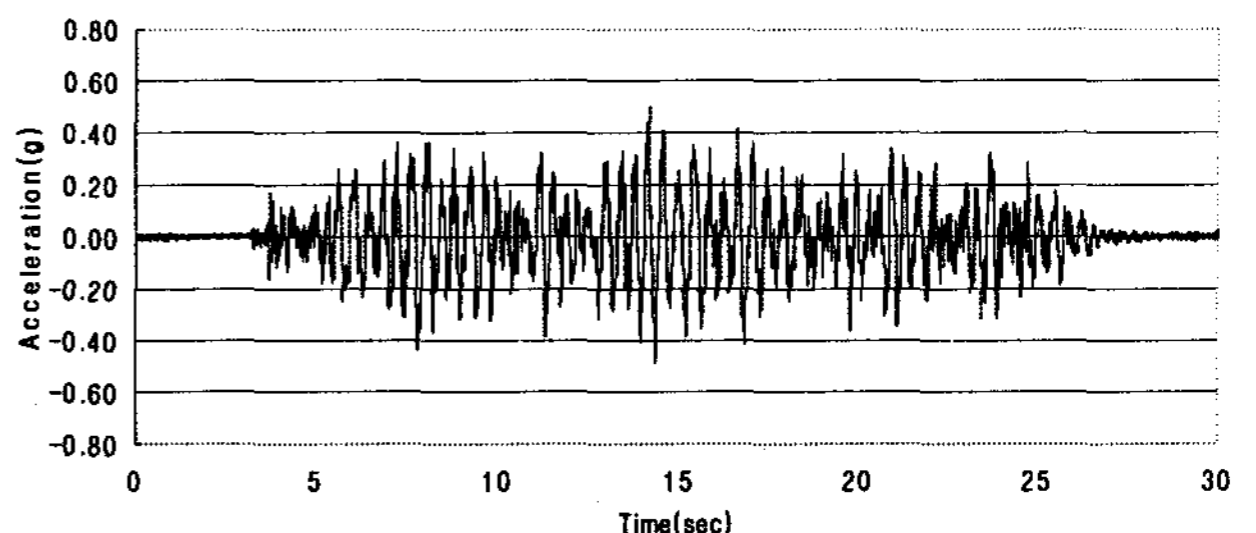
않았고, 물리적인 결함 (장치랙의 변형, 회로 보드 및 Door의 이탈)또한 발생되지 않았다. 그림 9는 Test 1의 동적 거동 특성을 나타내는 것으로, 가진 시간에 따른 가속도와 변위의 응답을 보여주고 있다.

표 3. 장치랙 지진모사 실험 결과

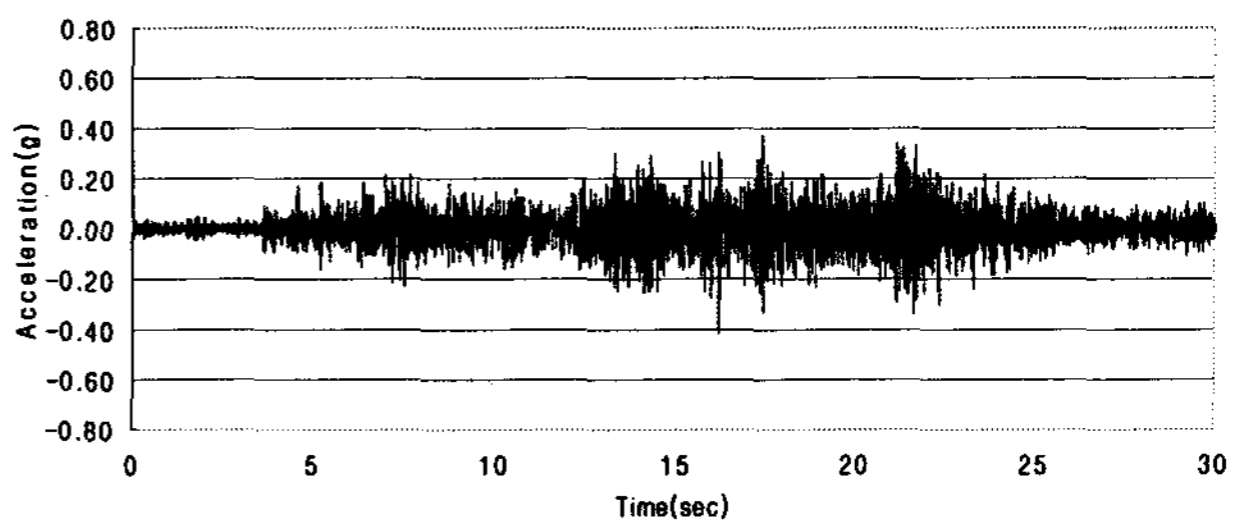
구분	고유진동수 (Hz)		최대변위 (mm)	최대 가속도 (g)			장비 상태
	X	Y		상부			
	X	Y	Y	X	Y	Z	
Test 1			-17.9 ~ 18.6	0.657	0.497	0.412	기능 이상 없음
Test 2			-27.9 ~ 36.4	0.609	0.718	0.683	"
Test 3	4.18	2.54	-68.1 ~ 66.3	1.220	1.877	1.064	"
Test 4			-32.5 ~ 31.9	0.824	0.604	0.534	"
Test 5			-51.0 ~ 44.1	1.255	1.041	0.997	"



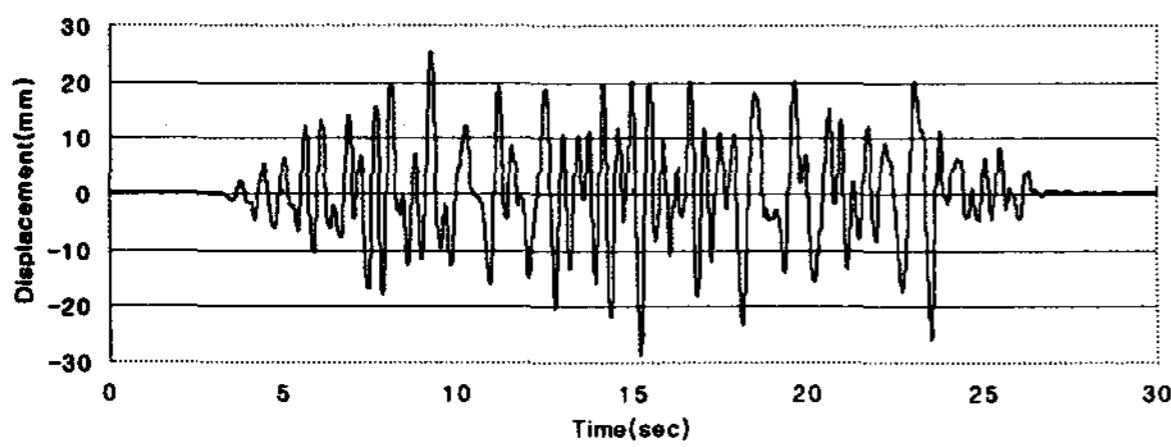
<X방향 시간-가속도 응답>



<Y방향 시간-가속도 응답>



<Z방향 시간-가속도 응답>



<Y방향 변위 응답>

그림 9. Test 1의 가속도 및 변위 응답

4. 결과 분석 및 내진성능(등급) 도출

- 1) Y방향의 고유진동수(2.54Hz) 보다 X방향의 고유진동수(4.18Hz)가 큰 것으로 나타났으므로, Y방향의 강성이 X 방향보다 작아 Y방향으로의 처짐이 더 크게 발생한다는 것을 알 수 있음.
- 2) 송/변전설비 내진 1등급에 대한 지진파 Test 1, Test 4, Test 5의 진동대 대비 장치랙 상부의 가속도 증폭을 평균하면, X방향 2.85배, Y방향 2.23배, Z방향 4.50배가 됨. 이는 X방향과 Y방향의 증폭은 일반적인 기준인 2.5배에 근접한 수치인 반면, Z방향 즉 수직 가속도는 많이 증폭되는 현상을 보이고 있는 것을 알 수 있음.
- 3) Test 3의 경우 지진파의 특성에 따라 처짐이 과도하게 발생하기도 하였지만, Test 5에 의한 단방향 처짐이 51mm로, 일본의 기준 (진도 6강에서 50mm 이하의 처짐) 과 비교할 때 비슷한 수치를 나타내고 있으며, 모든 Test에서 장치랙 변형, 회로 보드 및 Door 이탈, 장비의 통신기능 이상이 없었으므로, 우리나라에서 발생 가능한 지진에 안정한 것으로 파악됨. 즉, 송/변전설비 내진 1등급에 만족한다고 볼 수 있음.
- 4) 그러나, 이는 FLC-B 장비에 대한 실험 결과로서, 특성이 다른 통신장비, 5층 이상의 건물 상층계에 놓이는 경우, 특등급에 대하여 만족하는 지를 검토할 경우에는 다양한 지진모사 실험과 내진성능 검토가 필요할 것으로 판단됨.

III. 결론

이상으로 FLC-B 통신장비의 장치랙 지진모사 실험에 대하여 살펴보았는데, FLC-B 장비의 지진모사 실험결과 내진 1등급의 성능을 보유하고 있지만, 강성이 작아 동적 변위가 상대적으로 크게 발생하고 있어, 실제로 과도한 지진이 발생한다면 장치랙 간에 서로 충돌이 일어날 수 있으므로, 상부를 체결하여 함께 거동하도록 만드는 것이 내진성능을 높일 수 있는 방안이 될 것이라고 판단된다.

통신시설물에 대한 내진성능 평가 기준 및 장치랙 내진성능 검증 실험 방법이 없는 상태에서 시도한 실험이라 다소 미비한 점도 있었지만, 우리나라에서 최초로 시도된 실험이라는 점에서 상당한 의의를 가질 수 있었다.

그리고 이 실험은 현재 철거중인 FLC-B의 COT측 장비에 국한한 것으로 모든 통신장비를 대별할 수는 없지만, 이러한 지진 모사 실험은 향후 다양한 통신 장치랙의 내진성능을 평가하는 기준을 수립하는데 중요한 기초자료로 활용될 것이

라고 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 일본전신전화주식회사, "통신장치등의 내진시험방법", 12. 1998.
- [2] NEBS, "NEBS Requirements : Physical Protection Environmental Criterial", GR-63-CORE, 10. 1995
- [3] NTT-BTI, "고성능 3차원 진동시험시스템을 이용한 진동 시험기술", 2003
- [4] "Equipment Engineering (EE); Environmental conditions and environmental tests for telecommunications equipment; Part 2-1: Specification of environmental test, Stationary use at weather protected locations" ETS 300 019-2-3 A1, June 1997
- [5] 강왕규, 한진우, 우병수, "장치(랙) 내진설계 기술에 대한 고찰", 한국정보통신설비학회 논문집, 08. 2006.



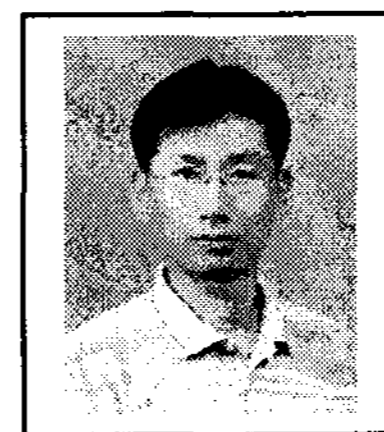
강 왕 규

1995년 충남대학교 토목공학과 졸업
1997년 충남대학교 토목공학과 (석사, 구조공학 전공)
1998년~현재 KT 인프라연구소 재직중



한 진 우

1986년 부산대학교 토목공학과 졸업
1989년 부산대학교 토목공학과 (석사, 구조공학 전공)
1990년~현재 KT 인프라연구소 재직중



우 병 수

1995년 단국대학교 토목공학과 졸업
1995년~현재 KT 인프라연구소 재직중