

KAERI/TR-2243/2002

하나로 지진감시 및 분석시스템의
현장 시험 보고서

Site Acceptance Test Report of
HANARO Seismic Monitoring and Analysis System

KAERI

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

이 보고서를 2002년도 “하나로운영팀 연구로 계통관리” 과제의 기술보고서로 제출합니다.

2002. 7. 26.

주 저 자 : 하나로운영팀 김 형 규

공 저 자 : 하나로운영팀 류 정 수

정 환 성

윤 동 원

우 종 섭

요 약 문

하나로 지진감시시스템은 현장 계측기와 감시 판넬로 구성되어 있다. 현장계측기는 총 5대로 3축 가속도계 3대(기초 슬래브, 자유 지표면, 크레인 지지대), 지진 트리거 1대 및 지진 스위치 1대로 구성되어 있다. 현장의 계측기를 제외한 판넬의 부품이 생산 중단되어 대책이 필요하게 되었다. 현재의 판넬 시스템은 구형일 뿐 아니라 외국기술에 의존해야 하므로 이를 탈피하고자 국산화를 추진하였다. 현장에 설치된 5대의 계측기를 제외한 지진 감시 판넬을 자기 테이프 기록 방식에 의한 아날로그 방식에서 새로운 디지털 감시/분석 시스템으로 개선하였다.

새로운 지진감시 및 분석시스템을 설치한 후 제작 기술 시방서의 요건을 만족하는 지 평가하기 위하여 현장 시험을 아래와 같이 수행하였다.

1. 감시 판넬 및 현장 계측기에 전력을 공급하는 전원공급장치 및 UPS의 점검
2. MCU의 VME Module 및 인터페이스 카드의 건전성 확인
3. 신호의 취득, 분석알고리즘의 적용 및 분석, 데이터의 처리를 위한 소프트웨어 검증
4. 현장 센서와의 인터페이스 점검
5. 하드웨어, 소프트웨어, 현장센서의 통합시험

현장시험결과 새로운 지진감시 및 분석시스템의 성능이 제작 기술 시방서의 요건을 만족함을 확인하였다. 새로운 지진감시 및 분석시스템의 정상적인 운영이 가능하게 되었으며, 지진이 발생하면 현장 계측기의 신호를 취득하여 실시간으로 분석, 평가, 저장하는 것이 가능하여 운전원이 효율적이고 신속하게 대처할 수 있게 되었다.

본 기술보고서는 개선된 지진감시 및 분석시스템의 구성내용과 현장성능시험 결과를 기술하였다.

SUMMARY

The HANARO seismic monitoring system consists of five field sensors and one monitoring panel. The field sensors are composed of three triaxial accelerometers which installed at base slab, free field and overhead crane support respectively, one seismic trigger and one seismic switch. The most parts of panel except field sensors are not produced any more, so the counterplan is to be needed. The present panel system is not only out-of-date model but dependent upon foreign technology. We drive to begin home production of panel system in order to break from foreign technology. We improve the analog seismic monitoring system(SMS) with magnetic tape recorder into a digital seismic monitoring and analysis system(SMAS) except five field sensors.

After the installation of SMAS, we have carried out the site acceptance test(SAT) to confirm the requirements of technical specification for fabrication.

1. Test of power supply modules and UPS supplying the power to monitoring panel and field sensors
2. Integrity test of VME Module and interface card
3. Software valid and verification - data acquisition, analysis algorithm and its application, data handling
4. Check the interface between monitoring panel and field sensors
5. Integration test of hardware, software and field sensors

We confirm that the performance of SMAS conforms the technical specification for fabrication of SMAS as a consequence of SAT and this new system can be in normal operation. If the earthquake occurs, this system will analyze, evaluate and save the seismic data at the same time, so that the reactor operator will begin to tackle efficiently and promptly.

This report describes the composition of the improved SMAS and the result of SAT.

목 차

제 1장 서론	7
제 2장 하나로 지진감시시스템	8
제 1절 지진감시시스템 구성	8
제 2절 지진감시시스템 개선의 필요성	8
제 3장 새로운 지진감시 및 분석시스템	10
제 1절 지진감시 및 분석시스템 구성	10
제 2절 주제어 유니트의 구성	14
제 3절 전원 공급 장치	20
제 4절 분석 컴퓨터	22
제 3장 현장성능시험	24
제 1절 전원 공급 장치	24
제 2절 Main Control Module	28
제 3절 분석용 MMI 컴퓨터 시험	44
제 4절 시스템 통합시험	51
제 4장 결론	61
참고문헌	62

그림 목차

그림 0.	기존의 지진감시시스템의 구성 -----	9
그림 0.	기존의 지진감시 및 분석시스템의 사진 -----	10
그림 0.	새로운 지진감시 및 분석시스템의 구성 -----	11
그림 0.	주제어 모듈(MCM)의 구성 사진 -----	28
그림 0.	MMI 컴퓨터 초기화면 -----	32
그림 0.	AOM 시험 결과 (1V 10Hz sine wave) -----	37
그림 0.	STM의 TEST 버튼을 눌렀을 때의 MMI 컴퓨터 화면 --	38
그림 0.	TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때의 MMI 컴퓨터 화면 -	41
그림 0.	TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때 데이터 로그 화면 ----	41
그림 0.	TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때 분석윈도우 화면 -----	42
그림 0.	MMI 컴퓨터 운전모드 화면 -----	45
그림 0.	MMI 컴퓨터 관리모드 화면 -----	45
그림 0.	DAM 파라미터 변경화면 -----	46
그림 0.	시간이력 시험 그래프(1V Max. 10Hz sine wave) -----	48
그림 0.	응답 스펙트럼 시험(1V 10Hz sine wave) -----	50
그림 0.	CAV 성능시험(1V DC) -----	50
그림 0.	MMI 컴퓨터 테스트 모드의 화면 -----	53
그림 0.	YE-001-L의 기능시험 (Damping) -----	55
그림 0.	YE-001-L의 기능시험 (Natural Frequency) -----	55
그림 0.	YE-001-T의 기능시험 (Damping) -----	56
그림 0.	YE-001-T의 기능시험 (Natural Frequency) -----	56
그림 0.	YE-001-V의 기능시험 (Damping) -----	57
그림 0.	YE-001-V의 기능시험 (Natural Frequency) -----	57
그림 0.	YE-001 충격 시 활성화된 MMI 화면 -----	58
그림 0.	YE-001 충격 시 L방향의 신호 -----	59
그림 0.	YE-001 충격 시 V방향의 신호 -----	59
그림 0.	YE-001 충격 시 T방향의 신호 -----	60

표 목차

표 0. 지진감시 및 분석시스템 모듈의 기능 -----	13
표 0. UPS전압 및 입력 차단 직후의 전원공급장치 전압 -----	25
표 0. 입력 차단 30분 후의 전원공급장치 전압 -----	25
표 0. 전원공급 장치 시험 결과 -----	27
표 0. MCM의 초기상태 -----	29
표 0. DAM 1 보드의 영점 조정 결과 -----	32
표 0. DAM 2 보드의 영점 조정 결과 -----	33
표 0. DAM 3 보드의 영점 조정 결과 -----	33
표 0. DAM 1 건전성 시험 결과 -----	34
표 0. DAM 2 건전성 시험 결과 -----	35
표 0. DAM 3 건전성 시험 결과 -----	35
표 0. 센서연결 후 영점 조정 -----	52

제 1장 서론

하나로의 지진감시시스템은 3대의 3축 시간이력 가속도계, 지진 트리거, 지진 스위치로 구성된 현장 계측기와 계측기의 신호를 취득하고 감시하는 지진 감시 판넬로 구성되어 있다. 3축 시간이력 가속도계는 원자로실 기초슬래브, 자유지표면 및 원자로실 크레인 지지대에 각각 설치되어 있으며 지진트리거 및 지진 스위치는 원자로실 기초슬래브에 각각 설치되어 있다. 지진 감시 판넬은 지진 발생 등의 자연 재해 또는 충격을 받았을 때 지진과 신호를 계측 분석하여 계통 및 구조물의 건전성을 평가하기 위한 자료를 제공하는 기능을 하는 것으로 아날로그 방식에서 디지털 방식으로 개선하였다[1].

기존의 지진 감시 판넬은 설정치 이상의 지진(1/10 OBE)이 발생하면 동작하는 지진 트리거의 신호를 받아 삼축 시간 이력 가속도계에 전원을 공급하여 이들 센서의 신호를 자기테이프에 기록한 후 이를 별도의 분석장치에서 재생하여 지진신호를 분석하는 아날로그 방식이다. 기존의 지진감시시스템에는 분석장치가 없어 지진이 발생하였을 때 하나로와 동일 시스템을 사용하고 있는 영광발전소의 분석장치를 이용하여 지진파를 분석하기로 되어 있었다. 따라서 지진과 신호의 분석 및 계통과 구조물의 건전성 평가에 많은 시간이 소요되어 지진파가 하나로에 입력되었을 때 실시간으로 지진과 신호를 계측하고 분석하여 운전중인 하나로의 정지여부를 쉽고 빠르게 판단함으로써 운전원의 부담을 경감시키고 구조물 및 계통의 건전성을 평가하기 위한 자료를 제공할 수 있는 시스템 개발의 필요성이 요구되었다.

새로운 지진감시시스템은 현장 센서들은 그대로 사용하였으며, 지진 감시 판넬만 개선하여 지진 트리거에 의한 지진 신호 발생뿐 아니라 삼축 시간 이력 가속도계에 항상 전원을 인가하여 연속적인 지진 신호를 감시할 수 있도록 하였다. VME Rack을 통하여 현장 계측기의 신호를 취득하여 이벤트를 검출하거나 트리거 및 스위치의 상태를 감시하여 경보를 발생시키고, 지진이 발생하였을 때 실시간으로 지진 신호를 평가하고 분석함으로써 운전원의 부담을 줄일 수 있을 것이다.

새로운 시스템이 설치되면 설계 및 성능요건의 만족 여부를 평가하기 위한 시험이 요구된다. 새로운 시스템의 하드웨어에 대한 시험을 실시하여 건전성을 확인하였으며, 신호의 취득, 분석알고리즘의 적용 및 분석, 데이터의 처리에 대한 시험을 실시하였다[2].

제 2장 하나로 지진감시시스템

제 1절 지진감시시스템 구성

[그림 1]은 기존의 지진감시시스템의 구성을 나타낸 그림이다. 현장 계측기는 3축 시간이력 가속도계(FBA-3, Force Balanced Accelerometer), 지진 트리거(Seismic Trigger) 및 지진 스위치(Seismic Switch)로 구성되어 있다. 3축 시간이력 가속도계는 원자로실 기초슬래브(YE-001), 자유지표면(YE-002) 및 원자로실 크레인 지지대(YE-003)에 설치되어 있으며 지진트리거(YS-001) 및 지진 스위치(YS-002)가 원자로실 기초슬래브에 각각 설치되어 있다. 지진 감시 판넬은 계측 제어반, 기록반, 재생반 및 스위치반으로 구성되어 있다.

지진 트리거는 항상 지진 발생을 감시하며 설정치(1/10 OBE) 이상의 지진이 발생하면 지진 감시 판넬 및 보조계통 제어반에서 “지진경보(WN-34)”를 발생시킨다. 동시에 계측 제어반을 통하여 삼축 시간 이력 가속도계에 전력을 공급하여 지진과 신호를 감지하게되며, 감지된 신호를 기록반의 자기 테이프에 기록한다. 기록반의 자기 테이프에 기록된 지진 신호는 재생반의 스타일러스 프린터를 이용하여 지진의 크기를 판독할 수 있도록 되어 있다. 지진 스위치는 설정치(OBE) 이상의 지진이 발생하면 지진 감시 판넬 및 보조계통 제어반에서 “지진발생(WN-33)” 경보를 발생시킨다[3].

제 2절 지진감시시스템 개선의 필요성

하나로에 설치된 지진감시시스템은 자기테이프 기록방식으로 지진이 발생하면 신호가 자기 테이프에 기록, 저장된 후 이를 판독 분석하는 장치 및 절차가 필요하다. 지진이 종료된 후 자기 테이프에 기록된 지진파를 테이프 재생장치를 이용하여 지진 신호를 그래프로 출력하여 개략적인 지진의 크기를 알 수는 있으나 하나로에는 자기테이프에 지진신호를 분석할 수 있는 분석 장치가 없어 정확한 지진파의 분석이 불가능하며 사용 중 검사 시에 원자력안전기술원으로부터 분석 장비 확보를 권고 받았다. 지진이 발생하면 동일 시스템을 사용하고 있는 영광발전소의 분석장치를 이용하여 지진파를 분석하기로 되어 있었으나 영광 발전소의 지진감시시스템이 교체됨에 따라 하나로 자체적으로 지진 신호를 분석할 수 있는 설비가 필요하게 되었다. 또한 지진감시시스템의 지진 가속도계 등의 현장 계측기를 제외한 구성품의 대부분이 생산중단되어 예비품의 확보가 불가능하고 대체품을 구입 설치하기 위

해서는 과도한 비용이 요구되었다. 따라서 지진파가 하나로에 입력되었을 때 실시간으로 지진파 신호를 계측하고 분석하여 운전중인 하나로의 정지여부를 쉽고 빠르게 판단함으로써 운전원의 부담을 경감시키고 구조물 및 계통의 건전성을 평가하기 위한 자료를 제공할 수 있는 시스템으로 개선하기로 결정하였다.

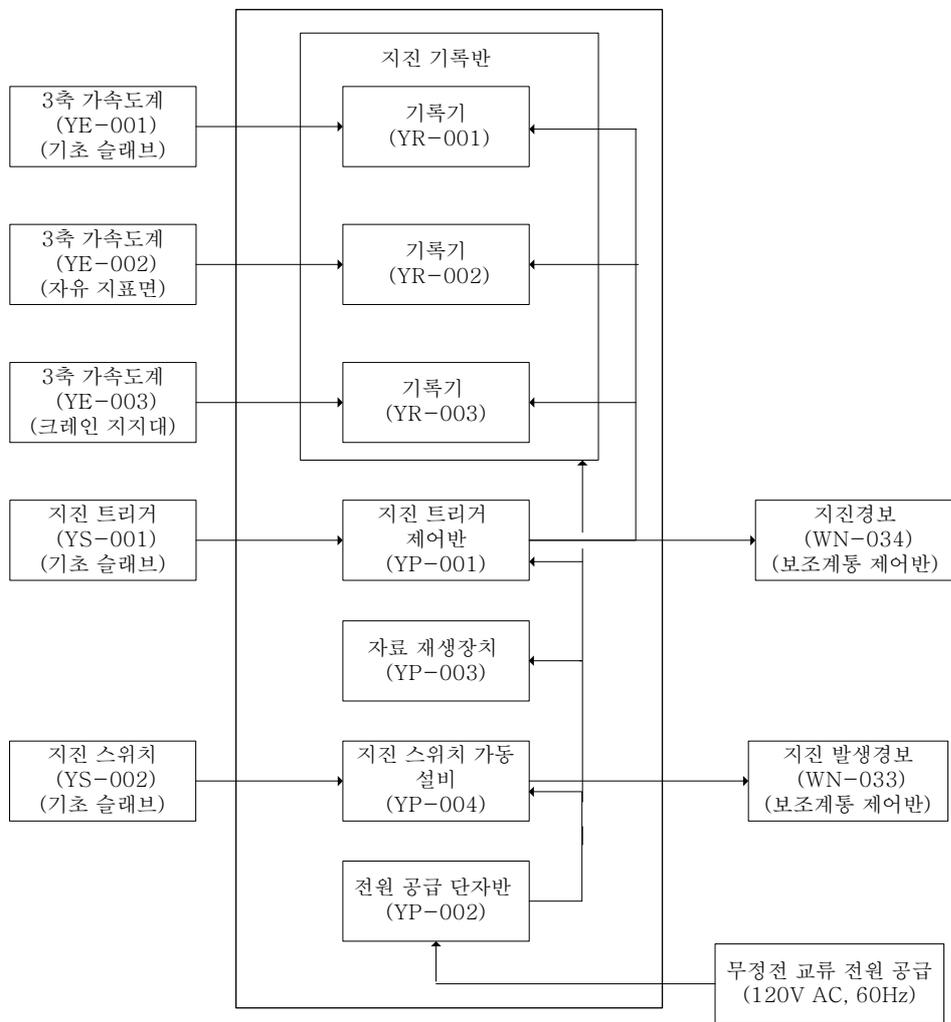


그림 1 기존의 지진감시시스템의 구성

제 3장 새로운 지진감시 및 분석시스템

제 1절 지진감시 및 분석시스템 구성[1]

새로운 시스템은 5대의 현장 계측기와 이들 신호를 취득, 저장, 평가, 분석하는 판넬로 구성되어 있다. 현장의 계측기는 기존의 계측기를 그대로 사용하였으며 지진 신호를 상시 취득, 분석할 수 있도록 지진 감시 판넬만 개선하여 설치하였다.

기존의 시스템은 지진이 발생하여 지진 트리거(YS-002)를 동작시키면 지진 트리거 제어반에서 삼축 시간 이력 가속도계에 $\pm 12\text{VDC}$ 전력을 공급하여 지진 신호를 자기 테이프에 기록하는 방식이나 새로운 시스템은 지진 트리거에 의한 지진 발생 감시 뿐 아니라 삼축 시간 이력 가속도계에 항상 전력을 공급하여 연속적으로 지진 신호를 감시 할 수 있도록 하였다. [그림 2]는 새로 설치된 지진감시 및 분석 시스템 판넬의 사진이다.



그림 2 새로운 지진감시 및 분석시스템의 사진

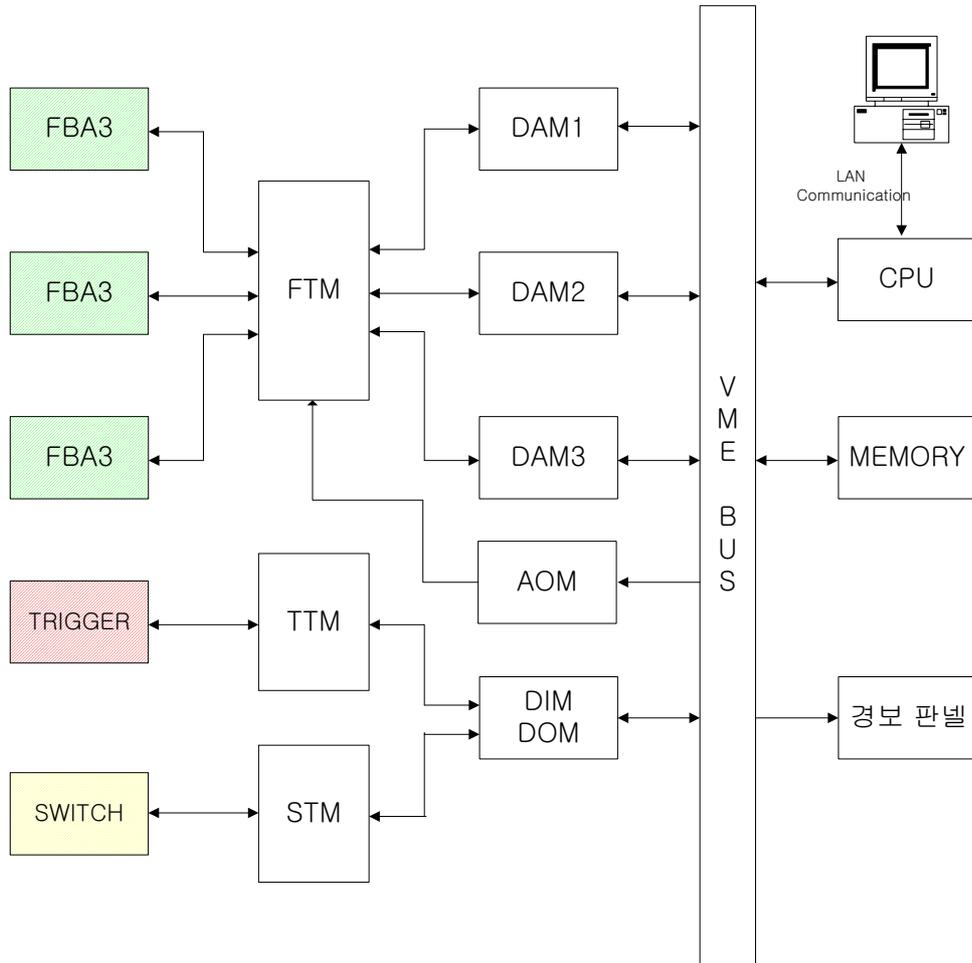


그림 3 새로운 지진감시 및 분석시스템의 구성

판넬의 주요 구성은 전원공급 장치, VME Rack 및 MMI 컴퓨터로 구성되어 있다. 전원공급장치는 UPS(무정전 전원장치)와 PSM(Power Supply Module)로 구성되어 있다. PSM은 현장 계측기에 $\pm 12V$ 의 전력을 공급하는 전원장치(PSM #1, PSM #2)와 VME 모듈에 $+5V$, $+24V$ 의 전력을 공급하는 전원장치(PSM #3, PSM #4)를 가지고 있다. 이들 전원장치는 주전원 및 UPS로부터 전력을 공급받아 부하에 각각 50%의 전력을 공급하며 주 전원 또는 UPS가 비정상인 경우 정상인 PSM이 100%의 전력을 공급하도록 되어있다.

VME Rack은 지진 데이터를 취득하는 DAM(Data Acquisition Module), 취득한 지진 데이터를 저장하는 FMM(Falsh Memory Module), 트리거 및 스위치의 동작상태를 감시하고 경보를 발생시키는 DIM(Digital Input Module) 및 DOM(Digital Output Module), 시스템의 건전성 확인을 위한 시험 신호를 제공하는 AOM(Analog Output Module), 그리고 MMI와 통신을 하는 중앙 제어모듈(MCM, Main Control Module)로 구성되어 있다.

MMI 컴퓨터는 LAN을 이용하여 MCM과 통신하며 CAV, FFT 및 응답스펙트럼 등을 분석하기 위한 소프트웨어를 탑재하였다. 터치스크린 LCD 모니터를 사용하여 편리한 사용자 인터페이스를 제공한다. [그림 3]은 지진 감시 및 분석 시스템의 구성을 나타낸 개념도이다.

표 1 지진감시 및 분석시스템 모듈의 기능

ANN	Annunciator Panel	현 시스템의 각종 정보를 LED로 표시해 주며 Buzzer로 표시	
LCD	LCD Monitor	모니터링 및 분석, 파라미터 설정을 위한 사용자 인터페이스를 제공	
IPC	Industrial Personal Computer	MMI 및 분석용(CAV, FFT, 응답스펙트럼) 컴퓨터	
MCU	Main Control Unit	MCM	Main Control Module 상위 통신, 하위 관리, 알람 발생 여부를 관별
		FMM	Flash Memory Module 이벤트 및 알람 데이터 저장
		DIM	Digital Input Module 시스템 상태 체크
		DOM	Digital Output Module 시스템 상태표시 및 알람 신호 출력
		AOM	Analog Output Module 아날로그 출력을 생성하여 과형을 발생시킴
		DAM	Data Acquisition Module 이벤트 발생여부 관별
		PSM	Power Supply Module 24VDC(판넬 내부), 5VDC(VME RACK) Power 공급
PWM	Power Window Unit	센서($\pm 12V$), MCU(5V), 디지털 입출력(24V) 공급전압 표시	
ICU	Interface Card Unit	FTM	FBA TB Module 인터페이스 및 DAM으로 신호 공급
		TTM	Trigger TB Module DIM으로 Trigger 신호 공급
		STM	Switch TB Module DIM으로 OBE Switch 신호 공급
UPS	Uninterruptible Power Supply	주전원 상실 시에도 안정적인 전원 공급	

제 2절 주 제어 유니트의 구성(MCU, Main Control Unit)

MCU에는 VME Rack을 통하여 시스템을 제어하며 컴퓨터와 통신을 하는 중앙 제어모듈(MCM, Main Control Module), 현장 계측기의 신호를 취득하여 이벤트를 검출하는 Data Acquisition Module(DAM), 트리거 및 스위치의 동작상태를 감시하고 경보를 발생시키는 DIM(Digital Input Module), DOM(Digital Output Module), 시스템의 건전성 확인을 위한 시험 신호를 제공하는 AOM(Analog Output Module) 및 취득한 지진 신호를 저장하기 위한 FMM(Flash Memory Module)로 구성된다[표 1].

1. MCM(Main Control Module)

가. 기능

지진과 신호를 감시, 검출, 저장, 판단, 처리하는 MCU를 실질적으로 제어하는 본 시스템의 핵심 모듈로써 다음의 기능을 가지고 있다.

- 1) DIM에 의해 지진신호 검출을 알리는 인터럽트가 전달되면 MCM은 모든 DAM의 지진과 신호 데이터를 LAN을 통해 분석 컴퓨터 및 메모리 모듈(FMM, Flash Memory Module)에 저장한다.
- 2) 지진 Trigger(YS-001)가 작동하여 DIM에 의해 인터럽트가 발생하면 DAM의 전 채널은 $20\mu s$ 이내에 타임 동기가 되어 데이터가 저장된다.
- 3) Module별 시간동기는 하드웨어적으로 VME Bus 상에서 동기 시킴으로써 데이터 저장시 전 채널이 $20\mu s$ 이내에 타임 동기가 된다.
- 4) DAM에서 전송되는 데이터를 저장할 수 있는 전용 SRAM이 있다.
- 5) 분석 알고리즘에 의해 1/10 OBE, OBE, CAV 설정치를 초과하면 DOM를 통해 지진 감시반과 제어실의 보조계통 제어반에 경보를 발생시킨다.
- 6) 만약 분석컴퓨터가 정상적이지 못할 경우 신호데이터에 “미 전송 Tag”를 설정한 뒤 메모리 모듈에 저장되도록 하며, 분석컴퓨터가 정상으로 복귀될 때 해당 신호 데이터가 자동으로 전송되며 Multi-Tasking 운전이 가능하다.

나. MCM의 사양

- 1) CPU : 25MHz 32bit MC68040, 16Mbyte 내부메모리
- 2) A32/D32 VME Bus Master/Slave Interface
- 3) 2 Mbyte On Board Flash Memory
- 4) Debugger 기능
- 5) 5 Serial Port

2. DAM(Data Acquisition Module)

가. 기능

현장 계측기의 지진과 L, T, V의 신호를 변형 및 왜곡 없이 취득하여 메모리에 저장 후 연속적인 연산을 통하여 CAV(Cumulative Absolute Velocity) 및 OBE를 분석하여 저장된 설계 응답 스펙트럼과 비교하고 공통모드고장(CMF, Common Mode Failure) 배제 개념을 적용하여 시스템 고장 시 각 루프별 단독운전이 가능하도록 설계되었다. DAM의 주요 기능은 다음과 같다.

- 1) A/D변환기에 의해 연속 발생하는 지진과 신호를 안정적으로 취득할 수 있도록 충분한 크기의 비휘발성 전용 데이터 저장 메모리를 가져야 한다.
- 2) A/D 변환은 500Hz, 16Bit 이상의 성능 이어야한다.
- 3) 데이터 저장 용량은 175초의 연속 데이터 저장이 가능하여 CMF 상태에서도 지진신호를 저장한다.
- 4) 지진과 신호 검출 시 동작
 - DAM에 의해 지진과 신호가 설정치에 도달하면 CPU에서 지진과 신호 검출 인터럽트가 발생되면 Pre-Trigger를 포함한 전 채널의 지진과 신호 데이터를 동시에 저장하며, 이때 저장되는 각 채널간의 시간동기는 20 μ s 이내이다.
 - 이때 지진과 검출 신호가 발생하여 동작 중에는 카드 전면의 Event LED를 동작시킨다.
- 5) VME 표준의 인터페이스를 사용하며 지진과 알고리즘의 수행에 요구되는 데이

터의 저장, 계산, 비교 등에 요구되는 사양을 만족하도록 데이터 전용 메모리는 Shared Memory로 구현하였다.

6) 신호크기 및 교정방법

◆ 최대 입력전압(Full Range)은 $\pm 2.5\text{Vdc}/\text{Full Scale g}$ 이다.

◆ $0\text{ VDC} = 0\text{ g}$

◆ $+2.5\text{VDC} = +\text{Full Scale g}$

◆ $-2.5\text{VDC} = -\text{Full Scale g}$ (절대값)

7) 각 모듈의 입력, 출력 신호 연결은 방법은 아래 같다.

◆ 입력 Analog Channel 1 : L 입력 신호 연결(+, -)

◆ 입력 Analog Channel 2 : T 입력 신호 연결(+, -)

◆ 입력 Analog Channel 3 : V 입력 신호 연결(+, -)

◆ 입력 Analog Channel 4 : Spare

◆ 출력 Digital Channel 1 : Function Test시 Cal.동작 전원제공

◆ 출력 Digital Channel 2 : Function Test시 Nat.동작 전원제공

나. DAM의 주요 사양

1) CPU 사양

◆ 60MHz 32 Bit TMS320C32

◆ 외부 데이터 메모리를 위한 8/16/32 Bit Bus Interface

◆ Multiprocessing을 위한 Inter-locked Instruction

2) A/D Converter

◆ AD 7884AP

◆ Sampling Rate : 100kHz

◆ Resolution : 16 Bit

◆ 1 MHz Full Power Bandwidth

3. DOM(Digital Output Module)

가. 기능

- 1) 기능시험이 이루어 질 수 있도록 관련 가속도계에 접점을 제공한다.
- 2) 기능시험시 제어실의 보조계통 제어반 및 지진감시 및 분석 판넬에 경보를 발생시킨다.
- 3) 시스템 고장 시, 지진감시 및 분석 판넬에 시청각 경보를 발생시킨다.
- 4) 지진 발생 시 지진규모가 DAM의 설정치, 지진 트리거(YS-001) 설정치 및 지진 스위치(YS-002) 설정치를 초과하였을 때 아래와 같이 경보를 발생한다. 이때 DOM의 Reset S/W 동작 전까지는 경보 신호를 계속하여 유지한다.
 - 지진트리거 또는 지진스위치에 의해 트리거 또는 지진 신호가 발생되면 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬 및 보조계통 제어반에 시청각 경보를 발생한다.
 - 분석알고리즘에 의해 트리거 또는 지진 신호(OBE)가 발생되면 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬에 시청각 경보를 발생한다.
 - CAV 경보가 발생하면 지진감시반 및 보조 계통 제어반에 경보를 발생한다.

나. 사양

- 1) CPU : I80186-16MHz, 256K RAM
- 2) VMEbus Slave(A24/D8)
- 3) Dual Port RAM 1K
- 4) 16 Channels, Optical Isolation
- 5) I/O Configurable

4. DIM(Digital Input Module)

DIM의 사양은 DOM과 동일하며 기능은 다음과 같다.

- 1) 지진 트리거 및 지진스위치 알람발생 상태를 표시한다.
- 2) 지진트리거 및 지진스위치 동작 후 진동이 최소 지반 가속도 이하가 되더라도 리셋하지 않는 한 동작상태를 시각적으로 표시가 가능하다.
- 3) 지진트리거가 동작하면 MCM에 지진신호 취득 인터럽트를 발생시킨다.

5. AOM(Analog Output Module)

가. 기능

- 1) 분석컴퓨터에 저장되어 있는 지진파 신호를 출력한다.
- 2) 모의 지진파 신호를 시스템에 인가할 수 있어 시스템의 지진파 신호에 대한 자동 및 수동으로 주기적 시험이 가능하다.
- 3) 3 채널 이상의 모의 지진파 신호를 동시에 원하는 다중 채널에 인가할 수 있어야 한다.

나. 사양

- 1) CPU : 16MHz 16bit 80C186, 256 kbyte 내부메모리
- 2) Dual Port RAM 4 kByte
- 3) 12bit, 5 μ s Conversion Rate
- 4) 8 Channel Voltage Output
- 5) Optical Isolation

6. FMM(Flash Memory Module)

지진으로 판정된 취득 신호 데이터의 각 채널 상태 값과 함께 저장한다. 시스템의 전원 상실 시 뿐 아니라 시스템 리셋 시에도 데이터가 지워지지 않고 영구 저장된다. 전체 용량은 128 Mbyte의 SIMM 형태 메모리 모듈을 사용한다.

제 3절 전원공급장치

전원공급장치는 주 전원이 상실되었을 때 VME Module 및 센서에 전원을 공급할 수 있는 UPS(Uninterruptible Power Supply), 삼축 시간 이력 가속도계에 $\pm 12V$ DC를 공급하고 지진 트리거 및 스위치에 $+12V$ DC를 공급하기 위한 전원 공급장치, VME Module에는 $+5V$ DC를 공급하고 판넬 내부의 램프 및 디지털 I/O 모듈에 $+24V$ 의 DC를 공급하는 전원공급장치로 구성되어 있다. 전원 공급 장치는 각각 2대로 구성되어 주 전원 및 UPS로부터 전력을 공급받아 부하에 각각 50%의 전력을 공급하며 주 전원 또는 UPS가 비정상인 경우 정상인 PSM이 100%의 전력을 공급하도록 되어있다.

1. UPS

- 용량 : 2.2 kVA
- 입력 : 110V AC, 60Hz
- 출력 : 110V AC \pm 10%
- Backup 시간 : 30분

2. PSM(Power Supply Module) #1, #2

- 용량 : 100W
- 입력 : 110V AC, 60Hz
- 출력 : $\pm 12V$ DC \pm 0.5V F.S.

3. PSM(Power Supply Module) #3, #4

- 용량 : 150W
- 입력 : 110V AC, 60Hz

- 출력 : +24V DC \pm 0.5V
+5V DC \pm 0.3V

제 4절 분석 컴퓨터

LAN을 통하여 주 제어 모듈(MCM, Main Control Module)과 데이터를 송수신하며 사용자가 지진감시 및 분석시스템을 운용할 수 있도록 한다. 지진 분석시스템을 탑재하여 전송되는 지진 신호를 저장하고 가공, 분석하여 OBE, CAV, 응답스펙트럼 등의 사용자가 원하는 정보를 제공하고 감시 및 분석시스템 전체의 운영 파라미터를 제어한다. 주요 기능 및 사양은 다음과 같다.

가. MMI 컴퓨터의 기능

- 1) MMI(Man Machine Interface)용으로 Keyboard를 통하여 사용자가 본 감시 및 분석시스템을 운용한다.
- 2) LAN Port를 통해 MCM과 데이터를 송수신하며 입력신호에 대한 다양한 처리 기능으로 계통의 정확한 진단 및 지진신호 발생 시 신속한 조치가 가능하다.
- 3) 지진파 신호 데이터 처리

현장신호를 Chart, Continuous X-Y Plot 등 여러 가지 방법으로 화면에 출력하며, 일반화된 DB 포맷(DBF, ASCII, Binary, Txt 등)을 사용하여 지진신호 데이터의 다양한 이용이 가능하다.

4) 사용자 인터페이스

사용자화면을 통해 입력되는 수행명령을 실행하고, 결과를 화면에 나타낸다.

◆ 시스템 운용 파라미터의 수정이 용이하다.

- 데이터 취득 모듈, 주 제어 모듈의 운용 파라미터 변경
- 지진파 분석에 필요한 운용 파라미터 변경

◆ 시스템 운용정보 제공의 확인 검색이 용이하다.

- 각 채널 운용 파라미터 검색 및 표시
- 임의의 채널 신호데이터 캡처 및 플래시 메모리에 저장된 지진 정보

◆ 감시시스템 구성 기기의 건전성 시험 및 표시하는 시스템 진단 기능이 있다.

- 5) MCM으로부터 전송되는 다양한 종류의 신호 데이터(지진파 신호, 주기점검 데이터 등)를 저장, 가공, 분석하여 사용자가 원하는 형태의 정보를 제공한다.
- 6) 시스템 운용정보 및 신호 분석정보는 화면, 디스켓, 프린터로 출력이 가능하며, 영구저장을 위한 백업장치로의 데이터 입출력이 쉽다.
- 7) 지진파 신호 분석소프트웨어를 이용한 Time/History 영역에서의 다양한 분석이 가능하며 기능 시험 시 전반적인 이력 값의 데이터베이스화가 가능하다.
- 8) MCM ROM에 저장된 구조물 설계 응답스펙트럼과 메모리 모듈에 저장된 구조물 설계 응답 스펙트럼 비교가 가능하다.

나. MMI 컴퓨터의 사양

- 1) CPU : Pentium III 850MHz
- 2) OS : Windows 2000
- 3) RAM : 256 MB
- 4) HDD : 30GB
- 5) Monitor
 - 15" 판넬용 터치스크린 LCD 모니터
 - 해상도 : 1024 X 768

제3장 현장성능시험[2]

현장성능시험은 전원공급장치, MCM에 설치되어 있는 VME 모듈 등에 대한 하드웨어 시험, MMI 컴퓨터의 운영환경 및 분석 프로그램의 건전성 확인, 그리고 현장 계측기를 연결한 후 현장계측기의 신호를 취득하고 분석하는 시스템 통합 시험으로 분류된다. 하드웨어 및 프로그램의 건전성 시험은 이들 단독으로 수행되지 않으며 서로 상호 보완적인 관계에서 수행되었다.

제1절 전원 공급장치

본 시스템의 전원 공급장치는 UPS와 UPS의 전원을 사용하는 PSM#1 및 PSM#3, 주 전원을 사용하는 PSM#2 및 PSM#4로 구성되어 있다. PSM#1과 PSM#2는 $\pm 12V$ DC를 5대의 현장 계측기에 전원을 공급하는 역할을 하며 PSM#3과 PSM#4는 VME 모듈 및 경보 판넬에 +5VDC, +24VDC를 공급하는 역할을 한다. 이들 전원공급장치는 서로 병렬로 연결되어 있어 시스템이 정상운전일 경우에는 서로 부하를 분담하며 이중 하나가 고장이 발생하면 정상인 전원공급장치에서 모든 부하를 부담하도록 설계되었다. 본 시험은 모든 VME 모듈을 포함하는 주제어 모듈 및 현장 계측기에 전력을 공급하는 전원공급장치의 출력 전압 및 UPS의 용량이 본 시스템을 안정적으로 운전할 수 있는지 확인하는 시험이다.

1. UPS 시험

UPS에 대한 시험은 주전원이 정상일 때의 UPS 출력 전압과 주 전원이 상실되었을 때 UPS의 용량을 점검하도록 되어 있다. 시험 방법 및 결과는 다음과 같다.

1.1. 시험 방법

- 1) UPS의 출력 전압 측정
- 2) UPS 입력 차단 직후 UPS를 전원으로 사용하고 있는 전원공급장치의 출력전압 측정
- 3) UPS 입력 차단 30분 경과 후 UPS를 전원으로 사용하고 있는 전원공급장치의 출력전압 측정

표 2 UPS전압 및 입력 차단 직후의 전원공급장치 전압

	시험 대상	기준치	측정치
UPS 출력 전압		110V ±10%	118.33V
PSM #1	+12 VDC	+12V ± 0.5V	+12.32V
	-12 VDC	-12V ± 0.5V	-12.32V
PSM #3	+5 VDC	+5V ± 0.3V	+5.04V
	+24 VDC	+24V ± 0.5V	+24.21V

표 3 입력 차단 30분 후의 전원공급장치 전압

	시험 대상	기준치	측정치
PSM #1	+12 VDC	+12V ± 0.5V	+12.32V
	-12 VDC	-12V ± 0.5V	-12.32V
PSM #3	+5 VDC	+5V ± 0.3V	+5.03V
	+24 VDC	+24V ± 0.5V	+24.02V

1.2. 시험 결과

시험 결과는 [표 2], [표 3]과 같으며 UPS의 용량이 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

2. 직류 전원공급 장치 시험

각각의 전원공급 장치가 부하를 단독으로 부담하였을 때 출력 전압을 확인하고 출력전압이 판정 기준을 벗어나면 조정용 포트를 판정기준 이내에 들어오도록 조정하는 절차이다. 시험 절차 및 결과는 다음과 같다.

2.1. ±12 V 전원공급장치(PSM#1, PSM#2) 시험 절차

- 1) PSM#1(또는 PSM#2)을 ON한다. 이때 다른 전원공급장치는 OFF한다.
- 2) 전압계의 +를 전원공급장치의 +12V 시험 포트에, -를 +12V GND 포트에 연결

한다.

- 3) 전압값을 측정하여 판정기준을 벗어났으면 +12V 조정 포트를 이용하여 기준 범위내로 들어오도록 조정한다.
- 4) 전압계의 +를 전원공급장치의 -12V 시험 포트에, -를 -12V GND 포트에 연결한다.
- 5) 전압값을 측정하여 판정기준을 벗어났으면 -12V 조정 포트를 이용하여 기준 범위내로 들어오도록 조정한다.

2.2. +5V, +12V 전원공급장치(PSM#3, PSM#4) 시험 절차

- 1) PSM#3(또는 PSM#4)을 ON한다. 이때 다른 전원공급장치는 OFF한다.
- 2) 전압계의 +를 전원공급장치의 +5V 시험 포트에, -를 +5V GND 포트에 연결한다.
- 3) 전압값을 측정하여 판정기준을 벗어났으면 +5V 조정 포트를 이용하여 기준 범위내로 들어오도록 조정한다.
- 4) 전압계의 +를 전원공급장치의 +24V 시험 포트에, -를 +24V GND 포트에 연결한다.
- 5) 전압값을 측정하여 판정기준을 벗어났으면 +24V 조정 포트를 이용하여 기준 범위내로 들어오도록 조정한다.

2.3. 전원공급장치(PSM#1, PSM#2, PSM#3, PSM#4) 시험 결과

시험 결과는 [표 4]와 같으며 기준을 만족하는 것으로 나타났다.

표 4 전원공급 장치 시험 결과

	시험 대상	기준치	측정치	
			조정전	조정후
PSM #1	+12 VDC	+12V ± 0.5V	12.32V	N/A
	-12 VDC	-12V ± 0.5V	-12.32V	N/A
PSM #2	+12 VDC	+12V ± 0.5V	12.32V	N/A
	-12 VDC	-12V ± 0.5V	-12.29V	N/A
PSM #3	+5 VDC	+5V ± 0.3V	4.99V	N/A
	+24 VDC	+24V ± 0.5V	24.21V	N/A
PSM #4	+5 VDC	+5V ± 0.3V	5.01V	N/A
	+24 VDC	+24V ± 0.5V	24.02V	N/A

제 2절 Main Control Module

MCM은 시스템을 제어하며 컴퓨터와 통신을 하는 중앙 제어 모듈(CPM, Central Processor Module), 현장 계측기의 신호를 취득하여 이벤트를 검출하는 DAM(Data Acquisition Module), 트리거 및 스위치의 동작 상태를 감시하고 경보를 발생시키는 DIM(Digital Input Module), DOM(Digital Output Module), 시스템의 건전성 확인을 위한 시험신호를 제공하는 AOM(Analog Output Module) 및 취득한 지진 신호를 저장하기 위한 FMM(Falsh Memory Module)로 구성된다. [그림 4]는 MCM에 설치되어 있는 각 단위 모듈의 구성 사진이다. +5V, +24V 전원 공급장치인 PSM#3, #4의 스위치를 ON 하였을 때 각 모듈의 초기 상태는 [표 5]와 같다.



그림 4 주제어 모듈(MCM)의 구성 사진

표 5 MCM의 초기상태

Board	LED 상태	
MCM	RUN LED	ON
	FL LED	지속적으로 점등·점멸을 반복 수행
	SCN LED	ON
FMM	RUN LED	ON
	ACCESS LED	지속적으로 점등·점멸을 반복 수행
DIM	RUN LED	ON
	ACCESS LED	지속적으로 점등·점멸을 반복 수행
	CHANNEL LED	모두 OFF 상태
DOM	RUN LED	ON
	ACCESS LED	지속적으로 ON/OFF 반복
	CHANNEL LED	0번, 16번Channel만 ON상태
AOM	RUN LED	ON
	ACCESS LED	지속적으로 ON/OFF 반복
DAM 1	RUN LED	ON
	AD LED	ON
DAM 2	RUN LED	ON
	AD LED	ON
DAM 3	RUN LED	ON
	AD LED	ON

1. 네트워크 카드 설정

새로운 지진감시 및 분석시스템은 중앙 제어 모듈(CPM)과 MMI용 분석 컴퓨터 사이에 LAN 통신을 이용하여 데이터 및 신호를 교환한다. 현장 계측기로부터의 지진 신호는 LAN을 이용하여 분석컴퓨터에 전달되고 분석컴퓨터에서는 이들 신호를 분석, 가공하여 경보를 발생시키고, 운전원이 지진 정보를 쉽게 확인 할 수 있도록 한다. 따라서 본 시험은 MMI 컴퓨터의 IP 주소를 확인하고 PING을 이용하여 CPM과 MMI 컴퓨터 사이의 네트워크 연결이 정상적으로 이루어졌는지 확인하는 시험이다. 점검은 다음과 같은 절차로 수행하였다. CPM의 네트워크 설정은 ROM에 쓰여져 있으므로 MMI 컴퓨터의 IP 주소는 211.242.178.168 이어야 한다.

- 가. Windows 2000의 제어판에서 네트워크를 선택한 후 네트워크 설정창에서 기존에 설정된 로컬영역을 선택하여 등록정보를 확인한다.
- 나. 네트워크 구성요소 선택 리스트 박스에서 어댑터 항목을 선택한 후 등록정보 구성요소에서 네트워크 프로토콜 TCP/IP를 선택한다.
- 다. TCP/IP 등록정보 창에서 할당된 IP 주소 및 서브넷 마스크가 다음과 같은지 확인한다.

IP Address : 211.242.178.168.

서브넷 마스크 : 255.255.255.0

- 라. TCP/IP 프로토콜이 잘 동작하는 지를 확인하기 위해 DOS 프롬프트에서 CPM의 IP 주소를 다음과 같은 형식으로 입력한다.

PING 211.242.178.169 -t

- 마. PING이 제대로 수행되었는지를 다음 메시지로 확인한다.

- 1) 네트워크 연결이 정상인 경우

32바이트의 데이터를 가진 211.242.178.169을 Ping하는중 :

211.242.178.169으로부터의 응답 : 데이터 = 32, 시간 = 2ms, TTL = 32

211.242.178.169으로부터의 응답 : 데이터 = 32, 시간 = 1ms, TTL = 32

211.242.178.169으로부터의 응답 : 데이터 = 32, 시간 = 1ms, TTL = 32

211.242.178.169으로부터의 응답 : 데이터 = 32, 시간 < 10ms, TTL = 32

- 2) 네트워크 연결에 오류가 발생한 경우

32바이트의 데이터를 가진 211.242.178.169을 Ping하는중 :

요청한 시간이 초과되었습니다.

요청한 시간이 초과되었습니다.

요청한 시간이 초과되었습니다.

요청한 시간이 초과되었습니다.

- 바. 오류 메시지가 나타날 경우는 통신 케이블이 정확하게 연결되었는지 확인한다.
- 사. 케이블 이상이 아니라면 PING하려는 CPM의 IP 주소와 네트워크 어댑터의 TCP/IP설정을 다시 확인한다.

2. DAM(Data Acquisition Module) 보드 시험

DAM은 FTM(FBA-3 Terminal board Module)을 통하여 현장의 가속도계로부터 지진 신호를 받아 A/D 변환하여 메모리에 저장한다. VME 표준의 인터페이스를 사용하며 메모리에 저장되는 신호데이터에 대한 연속적인 연산을 수행(지진 신호 알고리즘)하여 지진신호를 검출하고 MCM에 검출한 지진신호를 제공한다. DAM 보드 시험은 DAM 영점조정과 DAM 건전성 시험을 수행하는데 그 목적이 있다. 본 시험은 FTM의 현장 센서 입력단에서 신호를 입력하고 전면의 BNC 포트에서 출력을 점검함으로써 FTM 보드의 건전성 시험도 포함된다.

2.1. DAM 영점(Zero) 조정

DAM 영점조정은 DAM 보드의 영점이 정확한지 확인하고 값이 정확하지 않을 경우 영점을 조정하는데 그 목적이 있으며 DAM 보드의 0, 1, 2 채널에 대하여 영점 조정을 수행하도록 한다. 영점 조정을 할 경우에는 테스트용 보드를 해당 슬롯에 삽입하여 사용하였으며 절차 및 결과는 [표 6], [표 7], [표 8]과 같다.

- 가. MMI 컴퓨터에서 트리거 설정치를 2.5V로 설정한다.
- 나. FTM의 센서 입력단을 개방 상태로 만든다.
- 다. DAM의 백그라운드 데이터 캡처 기능을 이용하여 데이터를 MMI 컴퓨터로 옮긴 후 FTM의 전면 및 [그림 5]의 MMI 컴퓨터 초기화면에서 $0V \pm 0.05V$ DC 인가 확인한다.
- 라. 만약 지시값이 상이하면 DAM의 영점(Zero)을 조정한다. DAM보드 해당 채널에 대한 조정단자는 L: VR6, V: VR7, T:VR8 이며, 시계방향이 증가이고 반시계 방향이 감소이다.



그림 5 MMI 컴퓨터 초기화면

표 6 DAM 1 보드의 영점 조정 결과

DAM 1/FTM 1 (YE -001) F.S : ±0.5g								
입력값 DC [V]	출력값 확인부	단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
Open	MMI 화면	g	0.003	0.001	0.003	0.001	0.021	0.001
		V	0.016	0.000	0.014	0.000	0.107	0.000
	FTM 출력	V	0.005	N/A	0.001	N/A	0.000	N/A

표 7 DAM 2 보드의 영점 조정 결과

DAM 2/FTM 2 (YE -002) F.S : ±0.5g								
입력값 DC [V]	출력값 확인부	단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
Open	MMI 화면	g	0.000	-	0.002	0.000	0.002	0.000
		V	0.000	-	0.001	0.000	0.01	0.000
	FTM 출력	V	0.005	N/A	0.001	N/A	0.001	N/A

표 8 DAM 3 보드의 영점 조정 결과

DAM 3/FTM 3 (YE -003) F.S : ±1g								
입력값 DC [V]	출력값 확인부	단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
Open	MMI 화면	g	-0.01	0.000	0.002	0.000	0.008	0.000
		V	-0.025	0.000	0.005	0.000	0.020	0.004
	FTM 출력	V	0.005	N/A	0.000	N/A	0.001	N/A

2.2. DAM 건전성 시험

본 시험은 DAM 건전성 및 선형성을 확인하기 위한 시험으로 DAM 보드에 입력한 값이 제대로 MMI 화면 및 FTM 전면 BNC 출력단자에 나타나는지 확인하는 시험이다. 정확도는 $\pm 2.5V \pm 1\% (F.S)$ 이다. 시험 결과는 [표 9], [표10], [표 11]에 나타나 있다.

가. 시험 중에 이벤트가 발생되지 않도록 DAM 이벤트 파라미터를 다음과 같이 설정한다.

Filter Mode : OFF Setpoint : 2.5V Pretrigger : 4초

Override : 7000ms Savetime : 14초 CAV : 0.4

- 나. 직류전원 발생기를 이용하여 FTM 센서 입력단에 테스트용 신호 케이블을 연결한 후 -2.4V DC를 공급한다.
- 다. DAM의 백그라운드 데이터 캡처 기능을 이용하여 데이터를 MMI 컴퓨터로 옮긴 후 FTM의 전면 및 그림 5의 MMI 컴퓨터 초기 화면에서 $-2.4V \pm 1\%$ (F.S) 인가 확인한다.
- 라. 확인 된 값을 표의 교정 전 항목에 기록한다.
- 마. -1.2V DC, 0V DC, 1.2V DC, 2.4V DC를 차례로 공급하고 위와 같은 절차를 수행한다.
- 바. 기록된 값들이 정확도 $\pm 2.5V \pm 1\%$ (F.S) 범위 내에 있는지 확인하여 오차범위를 벗어나면 DAM의 SPAN을 조정한다. DAM보드 해당 채널에 대한 조정단자는 다음과 같다. L: VR2, V: VR3, T: VR4 이며, 시계방향이 증가이고 반시계방향이 감소이다.

표 9 DAM 1 건전성 시험 결과

DAM1/FTM1 (YE -001) F.S : $\pm 0.5g$								
입력값 DC [V]		단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
-2.4	MMI 화면	g	-0.476	-0.479	-0.479	-0.479	-0.478	-0.479
		V	-2.384	-2.398	-2.398	-2.398	-2.390	-2.398
	FTM 출력	V	-2.394	-2.394	-2.399	-2.399	-2.400	-2.400
-1.20	MMI 화면	g	-0.240	-0.240	0.240	-0.239	-0.240	-0.241
		V	-1.200	-1.201	-1.202	-1.196	-1.204	-1.206
	FTM 출력	V	-1.194	-1.194	-1.200	-1.200	-1.199	-1.199
0	MMI 화면	g	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	FTM 출력	V	0.005	0.005	0.001	0.001	0.003	0.003
+1.20	MMI 화면	g	0.240	0.236	0.240	0.236	0.240	0.236
		V	1.201	1.204	1.202	1.185	1.204	1.182
	FTM 출력	V	1.204	1.204	1.204	1.204	1.204	1.204
+2.4	MMI 화면	g	0.478	0.480	0.478	0.480	0.478	0.480
		V	2.394	2.400	2.394	2.400	2.394	2.400
	FTM 출력	V	2.405	2.405	2.399	2.399	2.398	2.398

표 10 DAM 2 건전성 시험 결과

DAM2/FTM2 (YE -002) F.S : ±0.5g								
입력값 DC [V]		단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
-2.4	MMI 화면	g	-0.479	-	-0.479	-	-0.479	-
		V	-2.398	-	-2.388	-	-2.388	-
	FTM 출력	V	-2.399	-	-2.399	-	-2.400	-
-1.20	MMI 화면	g	-0.242	-	-0.240	-	-0.240	-
		V	-1.210	-	-1.204	-	-1.204	-
	FTM 출력	V	0.000	-	-1.199	-	-1.200	-
0	MMI 화면	g	0.006	-	0.000	-	0.000	-
		V	-0.006	-	-0.004	-	-0.003	-
	FTM 출력	V	-0.006	-	0.000	-	0.000	--
+1.20	MMI 화면	g	0.239	-	0.239	-	0.239	-
		V	1.199	-	1.195	-	1.197	-
	FTM 출력	V	1.205	-	1.199	-	1.199	-
+2.4	MMI 화면	g	0.477	-	0.476	-	0.476	-
		V	2.389	-	2.381	-	2.383	-
	FTM 출력	V	2.400	-	2.398	-	2.399	-

표 11 DAM 3 건전성 시험 결과

DAM3/FTM3 (YE -003) F.S : ±1g								
입력값 DC [V]		단위	L		V		T	
			교정전	교정후	교정전	교정후	교정전	교정후
-2.4	MMI 화면	g	-0.957	-0.952	-0.951	-0.950	-0.949	-0.951
		V	-2.394	-2.382	-2.378	-2.376	2.374	-2.379
	FTM 출력	V	-2.394	-2.394	-2.399	-2.399	-2.398	-2.399
-1.20	MMI 화면	g	-0.482	-0.480	-0.477	-0.477	-0.477	-0.477
		V	-1.206	-1.200	-1.194	-1.194	-1.193	-1.195
	FTM 출력	V	-1.194	-1.194	-1.200	-1.200	-1.200	-1.200
0	MMI 화면	g	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		V	-0.001	0.001	0.005	0.005	0.004	0.004
	FTM 출력	V	0.005	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
+1.20	MMI 화면	g	0.478	0.476	0.479	0.477	0.479	0.477
		V	1.195	1.192	1.198	1.194	1.198	1.194
	FTM 출력	V	1.205	1.205	1.200	1.200	1.200	1.200
+2.4	MMI 화면	g	0.949	0.954	0.950	0.956	0.950	0.954
		V	2.374	2.385	2.375	2.386	2.375	2.386
	FTM 출력	V	2.450	2.405	2.399	2.399	2.399	2.399

3. AOM(Analog Output Module) 보드 시험

AOM은 프로그램화된 정현파 또는 구형파의 테스트용 아날로그 신호 또는 하드디스크에 저장된 임의의 지진파 신호를 발생시켜 전체 성능을 확인할 수 있는 기능을 제공한다. 본 시험은 AOM 보드를 이용하여 출력한 데이터 값이 제대로 나타나는지 확인하는 시험으로 AOM으로 하여금 파형을 출력하도록 하고 오실로스코프 또는 MMI 컴퓨터에서 출력 파형의 크기 및 시간을 확인하였다.

3.1. 시험 절차 및 결과

가. 이벤트가 발생하는지 확인하기 위하여 DAM 이벤트 파라미터를 다음과 같이 설정한다.

Filter Mode : OFF Setpoint : 0.05V Pretrigger : 4초

Override : 7000ms Savetime : 14초 CAV : 0.4

나. 파라미터 값을 MCU에 다운하기 위하여 좌측상단의 정보변경 버튼을 클릭하고 최신정보 버튼을 클릭하여 정상적으로 다운되었는지를 확인한다.

다. 운영 환경으로 전환하여 분석모듈 자동실행항목의 이벤트 및 알람데이터 수신 후 자동실행 체크박스를 체크상태로 한다.

라. 운영 환경에서 시스템 진단화면으로 이동하여 테스트 탭에서 Simulation Test 모드로 이동한다.

리. Simulation Test를 수행할 전송데이터를 선택하여 C:\SMS\Background 디렉토리에서 사인파 10hz 1Vpp를 선택하고 반복출력으로 지정한다.

마. 출력 채널을 선택하고 모드 변경 버튼을 누르고 모의시험시작 버튼을 선택한 후 Event 신호가 들어오는지 확인하고 출력정지 버튼을 누르고 모드변경 버튼을 누른다.

바. MMI 컴퓨터에서 분석 모듈이 활성화되었는지 확인하고 입력 신호와 출력 신호가 동일한지 확인한다. [그림 6]은 사인파 10hz 1Vpp의 전압신호를 입력한 후 AOM의 출력을 MMI 컴퓨터에서 확인한 결과이다.

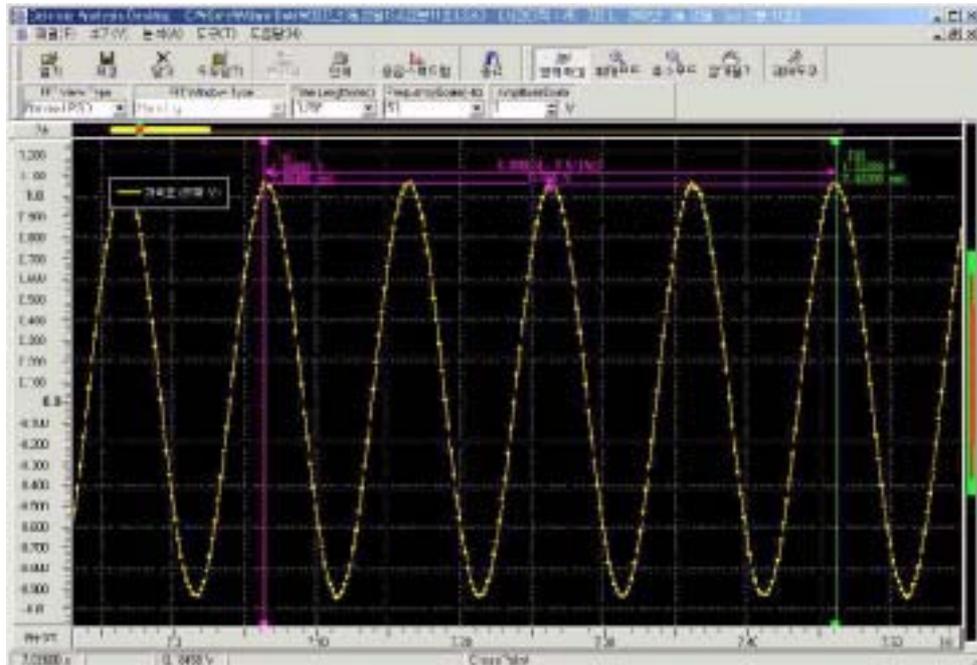


그림 6 AOM 시험 결과 (1V 10Hz sine wave)

4. Terminal Module 시험

새로운 지진감시 및 분석시스템은 FTM과 STM, TTM의 3가지 터미널 모듈을 가지고 있으며 이들은 각각 현장의 FBA-3 가속도계, 지진 스위치 및 지진 트리거와 VME Rack에 설치되어 있는 DAM, DIM 및 DOM과의 인터페이스 역할을 한다. FTM에 대한 건전성의 확인은 DAM의 시험에서 같이 확인하였다. 본 시험에서는 현장 센서의 신호를 모의하거나 직접 발생시켜 DIM 및 DOM이 정상으로 동작하여 MMI 컴퓨터에서 지진 트리거 및 지진 스위치의 진단 화면을 점검하고, 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬과 제어실의 보조 계통 제어반에 경보가 발생되는지 확인하는 시험이다.

4.1. STM(Switch Terminal Module)

STM은 현장의 지진 스위치(YS-001)과 지진감시 및 분석 판넬과의 인터페이스를 위한 터미널 모듈이다. 지진 스위치가 동작하였을 때 DIM 및 DOM이 정상적으로 동작되는지 아래의 절차로 확인하였다. 시험 결과 DIM 및 DOM이 정상적으로

로 동작하여 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬 및 보조 계통 제어반에 지진 발생 경보를 발생하였으며 MMI 시스템 진단 화면은 [그림 7]과 같다.

- 가. 지진 스위치 센서용 컨넥터를 STM(YS-002)에 연결한다.
- 나. STM 전면의 TEST 버튼을 누른다(센서가 연결되어 있지 않은 경우에는 STM의 Backplane의 1번과 3번 단자를 접퍼시킨다).
- 다. STM(YS-002)의 Turn-on LED가 점등되고, DIM(0), DOM(0, 7, 15, 16, 23, 31)의 LED가 점등되는지 확인한다.
- 라. 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬의 Switch LED가 점등되는지 확인한다.
- 마. 지진 스위치가 on되어 있는 동안(약 10초) 경보부저가 울리고 DOM의 31(15)번 LED가 점등되는지 확인한다.

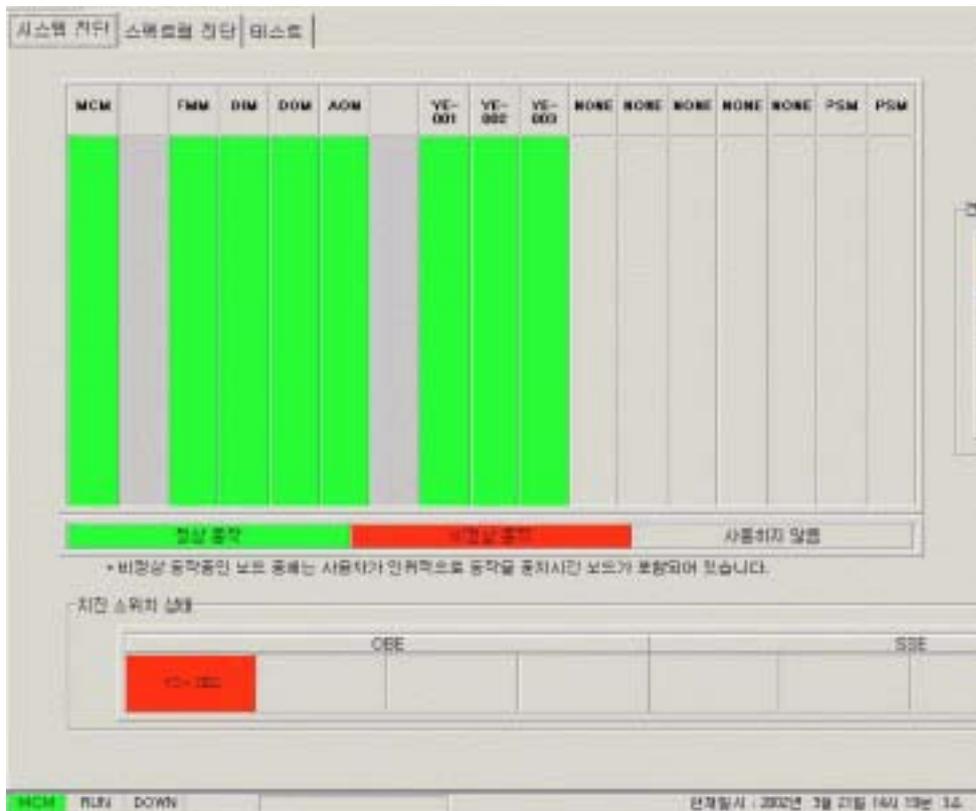


그림 7 STM의 TEST 버튼을 눌렀을 때의 MMI 컴퓨터 화면

- 바. 약 10초 뒤에 DIM의 0번 LED 및 DOM의 15, 31번 LED가 소등되는지 확인한다.
- 사. 제어실의 보조계통 제어반에서 지진 발생(OBE) 지시등(WN-033)이 점등되는지 확인한다.
- 아. 부저 리셋트 버튼을 눌러 부저가 정지되는지 확인한다.
- 자. MMI 화면에서 시스템 진단 화면의 지진스위치 상태에서 YS-002가 녹색에서 적색으로 표시되었는지 확인한다.
- 차. MMI 화면의 YS-002 부분을 클릭하여 적색에서 녹색으로 전환되고 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬의 Switch LED가 꺼지는지 확인한다.
- 카. DOM의 7, 23번 LED가 소등되는지 확인한다.

4.2. TTM(Trigger Terminal Module)

TTM은 현장의 지진 트리거(YS-001)과 감시 판넬과의 인터페이스를 위한 터미널 모듈이다. 지진 트리거가 동작하였을 때 DIM 및 DOM이 정상적으로 동작되는 확인하였다. 시험절차는 STM의 시험 외에 MMI 컴퓨터에서 지진 트리거에 지진신호가 저장되는지 확인하는 항목이 추가되었다.

시험 결과 DIM 및 DOM이 정상적으로 동작하여 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬 및 보조 계통 제어반에 지진 발생 경보를 발생하였으며 MMI 시스템 진단 화면은 [그림 8]과 같다.

4.2.1. 지진감시 및 분석시스템의 상태 점검

- 가. 지진 트리거 센서용 커넥터를 TTM(YS-001)에 연결한다.
- 나. TTM 전면의 TEST 버튼을 누른다(센서가 연결되어 있지 않은 경우에는 TTM의 Backplane의 1번과 3번 단자를 점퍼 시킨다.).
- 다. TTM(YS-001)의 Turn-on LED가 점등되고, DIM(8), DOM(0, 4, 6, 15, 16,

20, 22, 31)의 LED가 점등되는지 확인한다.

- 라. 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬의 Trigger LED가 점등되는지 확인한다.
- 마. 지진 트리거가 on되어 있는 동안(약 10초) 경보부저가 울리고 DOM의 22(6) LED가 점등되는지 확인한다.
- 바. 약 10초 뒤에 DIM의 8 LED 및 DOM의 6, 22번 LED가 소등되는지 확인한다.
- 사. 제어실의 보조계통 제어반에서 지진 경보(1/10 OBE) 지시등(WN-034)이 점등되는지 확인한다.
- 아. 부저 리셋트 버튼을 눌러 부저가 정지되는지 확인한다.
- 자. MMI 화면에서 시스템 진단 화면의 경보창 상태에서 Trigger(YS-001)가 적색으로 표시되었는지 확인한다.
- 차. MMI 화면의 경보창 상태에서 Trigger(YS-001)부분을 클릭하여 적색에서 녹색으로 전환되고 경보 판넬의 Trigger LED가 꺼지는지 확인한다.
- 카. DOM의 4, 15, 20, 31번 LED가 소등되는지 확인한다.

4.2.2. MMI 컴퓨터 데이터 저장 점검

TTM 시험에 따른 트리거 신호 취득 및 분석 윈도우 화면은 [그림 9], [그림 10]과 같다.

- 가. MMI 화면에서 데이터가 저장되었는지 확인한다.
- 나. MMI 시스템진단에서 초기화면으로 이동하여 데이터로그 윈도우를 활성화시킨다. 데이터로그 윈도우에서 데이터 정보탭을 선택하고 상단의 Last 버튼을 눌러 제일 마지막으로 이동하고 날짜와 시간을 확인한다.
- 다. 채널 표시란에 값이 99인지 확인한다.
여기서 99는 지진 트리거에 의한 신호 취득을 의미한다.
- 라. 상단 좌측의 신호 트렌드 버튼을 누른다. 대화상자가 나타나면 HDD를 선택한다. 분석 윈도우 화면이 활성화되는지 확인한다.

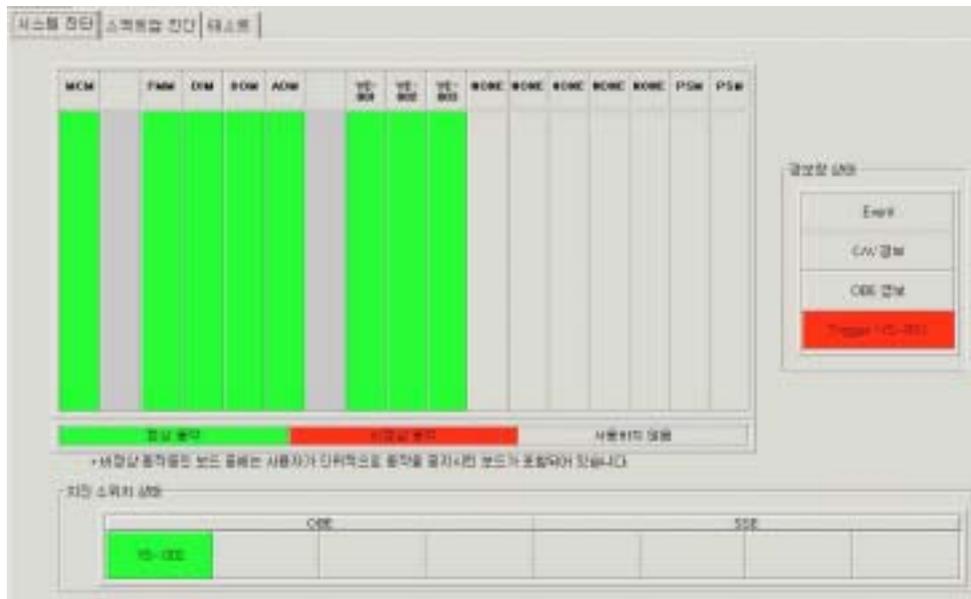


그림 8 TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때의 MMI 컴퓨터 화면

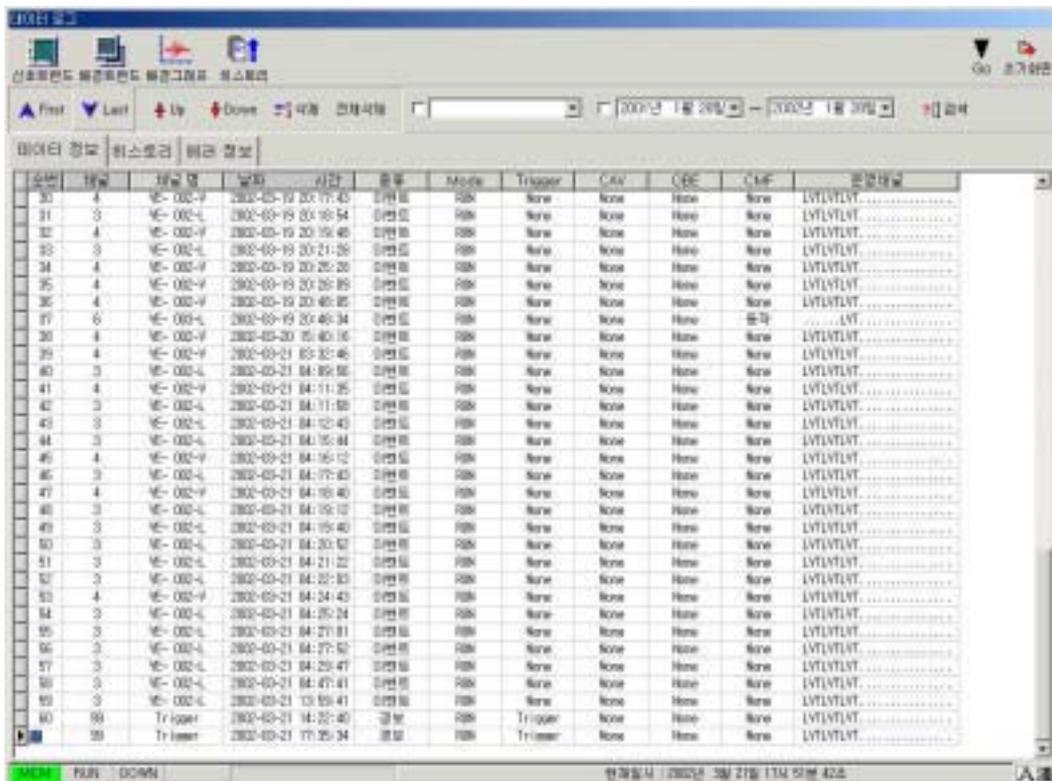


그림 9 TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때 데이터 로그 화면

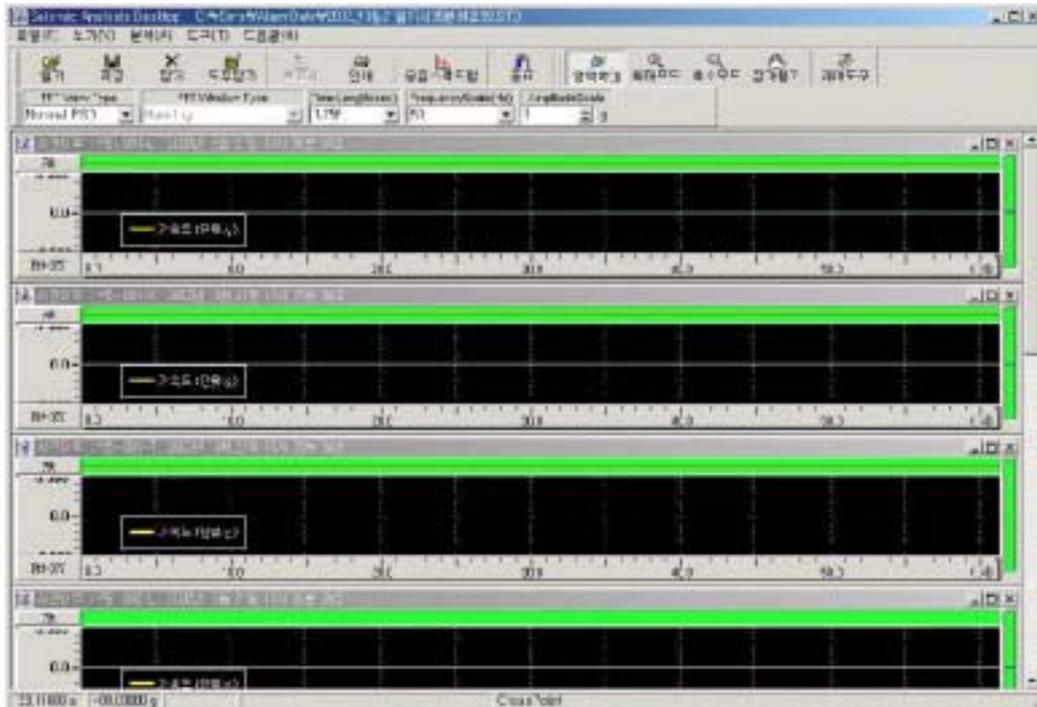


그림 10 TTM의 TEST 버튼을 눌렀을 때 분석원도우 화면

5. Common Mode Fail 배제 기능 시험

Common Mode Fail 배제는 시스템에서 중요한 기능의 하나이다. Common Mode Fail 배제 기능은 MMI 컴퓨터와 통신하고 각 VME 모듈을 제어하는 MCM에 이상이 발생된 경우에도 DAM은 계속적으로 지진 신호를 감시하며 지진 신호가 입력되면 3분 정도의 지진 신호를 자체 메모리에 저장, 분석하여 경보를 발생시키는 기능으로 MCM이 정상으로 복구되어 MMI 컴퓨터와 통신이 이루어지면 지진 신호를 전송한다. 시험은 다음과 같은 절차로 이루어졌으며 정상적으로 CMF 배제 기능이 동작됨을 확인하였다.

가. DAM 이벤트 파라미터를 다음과 같이 설정한다.

Filter Mode : OFF

Setpoint : 0.5V Pretrigger : 4초 Override : 7000ms

Savetime : 14초

CAV : 0.16

- 나. FTM의 한 방향에 function generator를 연결하고 100mv Max 10Hz 사인파를 입력시켜 시스템이 정상인지 확인한다.
- 다. 다른 컴퓨터의 직렬포트와 DAM의 디버그 포트를 serial cable로 연결하고 인용 컴퓨터의 “하이퍼터미널”을 동작시킨다.
- 라. “하이퍼터미널”의 「통신속도:19200, 데이터비트:8비트, 패리티:없음, 스톱비트:1, 흐름제어:없음」으로 설정한다.
- 마. MCM의 Abort 버튼을 눌러 MCM의 HLT LED에 불이 들어오도록 한다.
- 바. MMI에서 MCM통신에러 메시지 박스가 나타나고 DAM의 U2 LED가 점멸되는지 확인하고 경보판넬에서 SYSTEM Fail LED가 들어오는지 확인한다. 인용 컴퓨터의 “하이퍼터미널” 화면에 다음과 같은 메시지가 나타나는지 확인한다.

‘MCM Fail.... DAM remain single operation’

- 사. 이벤트를 발생시키기 위하여 FTL의 한 방향에 1V Max 10Hz sine파를 약 10초간 입력시킨 후 “하이퍼터미널” 화면에 다음과 같은 메시지가 나타나는지 확인한다.

‘CMF Event’

- 아. “하이퍼터미널” 화면에 다음과 같은 메시지가 나타나면 MCM을 Reset하여 시스템을 정상 동작시킨다. 화면에 다음과 같은 메시지가 나타나는지 확인한다.

‘CMF Event End’

- 자. CMF기간동안 발생한 이벤트가 데이터 로그나 히스토리 요청 시에 기록되고 해당 정보창의 CMF란에 동작이라고 표시되는지 확인한다.
- 차. CMF기간동안 발생한 이벤트를 MMI 컴퓨터에서 신호 트렌드를 클릭하여 CMF시 인가한 파형과 같은지 확인한다.

제 3절 분석용 MMI 컴퓨터 시험

분석용 MMI 컴퓨터의 동작 시험에서는 MMI 컴퓨터의 운영환경 및 각 기능별 화면과 메뉴의 정상적인 전환 기능이 이루어지는가와 구현의 충실도를 점검하는 기능시험과 분석 프로그램의 기능이 정상적으로 동작하는지를 확인한다. 특히 분석 프로그램의 시험에서는 트렌드 화면 및 FFT 분석 기능과 지진파 분석 알고리즘의 정상 동작 여부를 확인하는 데 중점을 두었다.

1. MMI 컴퓨터 기능 시험

MMI 컴퓨터는 운전모드와 관리모드로 구별하여 제한된 사용자만이 시스템의 운영 환경을 변경할 수 있도록 하였다. 운전모드는 모든 사람이 접근가능하나 시스템의 변경은 불가능하고 [그림 11]과 같이 현장에 설치된 삼축 가속도계의 운전 정보만 확인할 수 있다. 관리모드에서는 [그림 12]와 같이 데이터 로그, 시스템정보, 운영환경, 시스템진단, 모드변경, 운전정보 등을 확인 또는 변경할 수 있도록 설계 되었으며 이에 접근하기 위해서는 비밀번호를 입력하여야 한다. 관리모드에서의 운영환경 점검, 시스템 정보 점검기능시험은 관련된 각 기능별 동작이 정상적으로 이루어지는가와 구현의 충실도를 점검하였다.

1.1. 운영환경 점검

- 가. 통신연결 상태를 나타내는 좌측하단의 MCM연결 표시가 녹색으로 표시되는지 확인한다.(정상: 녹색, 비정상: 적색)
- 나. 단위변경 부분의 G[g] 버튼 또는 볼트[V] 버튼을 누른 뒤 초기화면으로 이동하여 최대, 최소, 현재위치의 단위가 해당 단위로 변경되었는지 확인한다.
- 다. 시간 설정 버튼을 누른 뒤 시간 또는 날짜를 임의의 시간을 설정하고 하단의 상태바에 시스템 시간이 변경된 시간으로 설정되는지 확인하였다. (하단의 시스템 시간은 MCM에서 전송받은 시간으로 컴퓨터의 시간과는 다르다.)

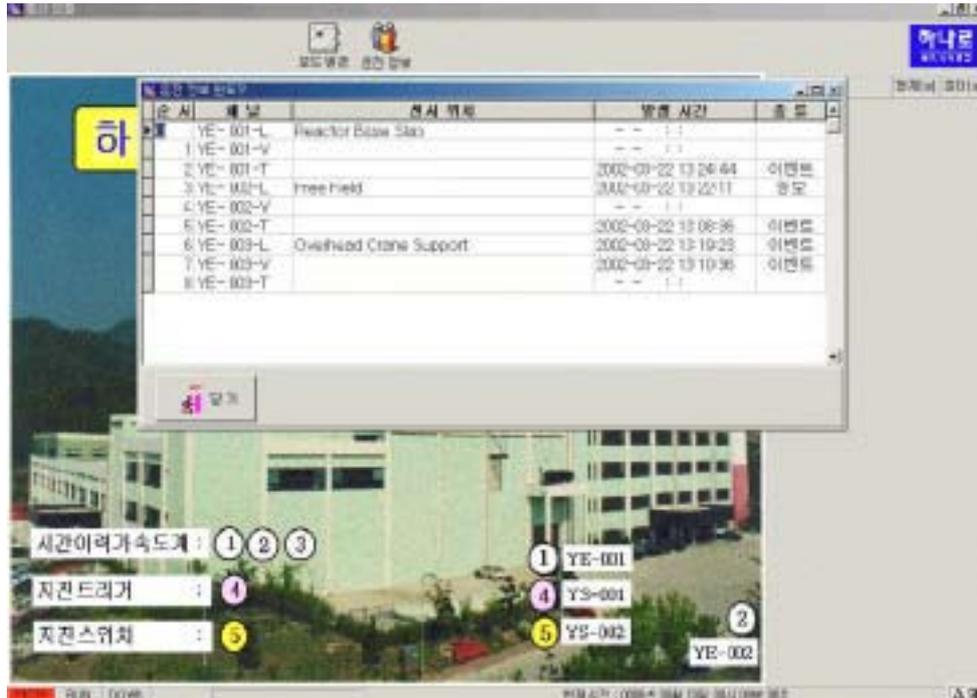


그림 11 MMI 컴퓨터 운전모드 화면



그림 12 MMI 컴퓨터 관리모드 화면

- 라. 배경노이즈 저장을 선택하여 데이터 저장 위치에 일정 시간별로 1 포인트씩의 배경노이즈가 저장되는지 확인한다. (C:\SMS\Noisedata\오늘년오늘월.bg)
- 마. 운영데이터 초기화 버튼을 누르고 초기화면으로 이동하여 우측에 표시되는 최대 값이 소거되었는지 확인하고, 운전정보에서 이력 데이터가 소거되었는지 확인한다.

1.2. 시스템 정보 점검

MCM 파라미터와 DAM 파라미터의 정보 변경의 유효성에 대한 점검을 하였다. MCM 파라미터의 점검에서는 각 보드를 마우스로 클릭하여 상태가 변환되는지 확인하였다. DAM 파라미터의 정보는 시스템의 운전에 많은 영향을 미친다. 이 항목에서는 DAM 보드의 트리거 설정치 변경, CAV 설정치 변경, Pre-Trigger 시간 변경 등의 지진신호를 감시하여 경보를 발생시키는 설정치를 변경하는 부분이다. DAM 보드의 설정치 변경은 다음과 같다.



그림 13 DAM 파라미터 변경 화면

- 가. 해당 채널을 선택하고 수정 버튼을 눌러 [그림 13]과 같은 화면을 활성화시킨다. 활성화된 창에서 DAM 보드의 설정치를 수정하고 확인한다.
- 나. 주 화면의 정보변경을 클릭한 후 최신 정보를 클릭하면 DAM 파라미터가 변경된다.

1.3. 데이터 로그 기능 시험

데이터 로그 기능 시험은 데이터 로그에 관련된 각 기능별 동작이 정상적으로 이루어지는가를 점검하였다. 주요 기능에 대한 점검 내용은 다음과 같다.

- 가. 초기화면에서 데이터 로그를 선택한 후 데이터정보/히스토리/에러 정보 탭을 각각 선택하여 DB Grid에 데이터가 표시되는지 확인하였다.
- 나. 임의의 데이터를 선택하여 신호 트렌드 버튼을 누른 후 데이터가 MMI의 저장 공간(하드디스크, HDD)에 없는 경우 MCM(메모리 모듈, FMM)에 요청하여 정상적으로 데이터를 수신하는지 확인하였다.
- 다. 배경 트렌드 버튼을 눌러 배경채널을 요청할 채널을 선택하는 윈도우가 표시되는지 확인한 후 채널 선택 윈도우에서 채널 선택 후 확인 버튼을 눌러 해당 데이터가 수신되는지 확인하였다.
- 라. 배경 채널요청 윈도우에서 채널 선택 옵션에 따라 선택된 채널만 표시되는지 확인하였으며 배경 데이터의 저장이 원하는 폴더에 정상적으로 이루어지는지 점검하였다.

2. MMI 컴퓨터의 분석 기능 시험

MMI 컴퓨터의 분석 기능 시험은 프로그램의 분석 기능이 정상적으로 동작하는지를 확인한다. 특히 분석을 위한 트렌드 화면 및 FFT 분석 기능과 지진파 분석 알고리즘의 정상 동작 여부를 확인하도록 한다.

2.1. 시간이력 성능시험

시간이력 성능시험에서는 데이터 로그 화면의 데이터 정보에 표시된 이벤트 데이터를 선택한 후 신호 트렌드 버튼을 실행시켜 분석 프로그램이 실행이 되고 해당 이벤트가 화면에 나타나는지 확인한다. 분석 신호에 대해 확대 및 축소 기능이 원활하게 수행되며 사용자 편의를 위한 모든 메뉴의 기능이 정상적으로 수행됨을 확인하였다.

분석 컴퓨터에서 데이터의 정확한 저장여부를 확인하기 위하여 DAM의 필터 기능을 off 시킨 후, FTM의 입력단에 10Hz, 1Vmax 사인파를 인가한 후 시간이력 윈도우상의 그래프가 10Hz, 1Vmax 사인파임을 확인하였다. 진폭에 대하여는 피크 값이 $\pm 1V$ 임을 위치 지정자의 '다음 Peak로' 기능을 이용해 확인하고 주기에 대하여는 위치 지정자의 '다음 Zero로' 기능을 이용해 0점간의 시간차의 역수를 취해 구한다(허용 오차는 F.S. Range의 3%로 한다).[그림 14].

DAM의 필터 대역은 0.1Hz~50Hz를 통과시키게 되어 있으므로 필터 기능을 on 시킨 후 DAM의 입력단에 100Hz, 1Vmax 사인파를 인가한 후 출력을 확인하였다. 입력된 사인파 신호는 걸러져서 나타나지 않아 필터가 정상으로 동작됨을 확인하였다.

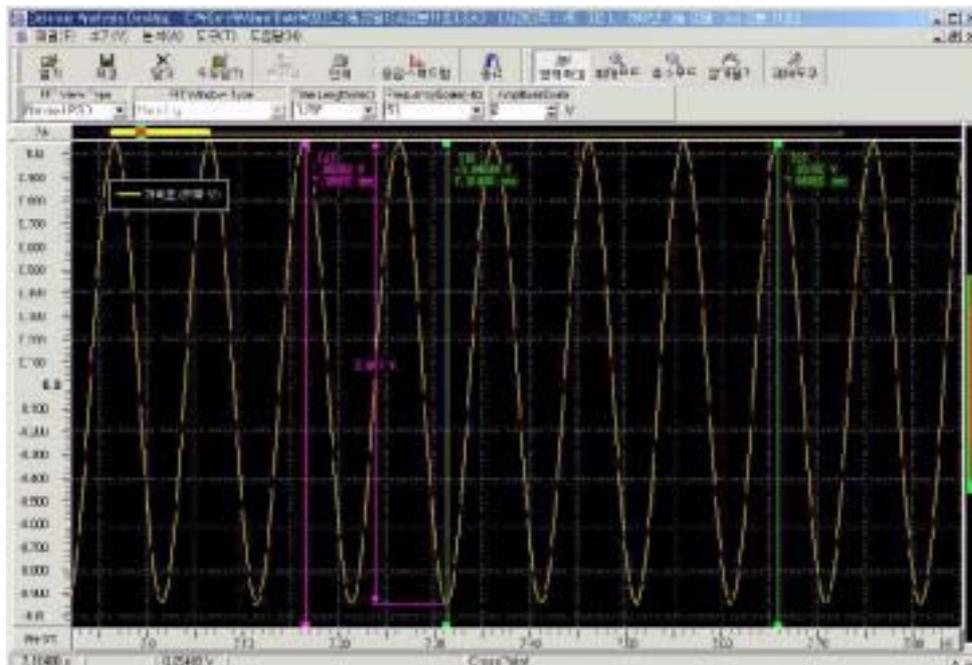


그림 14 시간이력 시험 그래프(1V Max. 10Hz sine wave)

2.2. 응답스펙트럼 성능시험

DAM의 필터 기능을 off 시킨 상태에서 DAM의 입력단에 5초간 10Hz, 1Vmax 사인파를 인가한 후 분석 컴퓨터에서 DAM이 입력받은 신호를 전송 받아 분석 모듈의 시간이력 윈도우로 나타나게 한다. 응답스펙트럼 버튼을 눌러 응답스펙트럼 알고리즘을 수행하고 주파수 응답 윈도우를 통해 주파수 영역에서 충격신호의 스펙트럼이 제대로 표시되는지 확인한다. 10Hz 신호이므로 10Hz에서 피크가 발생하고 다른 대역에서는 신호 성분이 나타나지 않아야 한다[그림 15].

2.3. 누적 절대 속도(CAV) 기능 시험

CAV(Cumulative Absolute Velocity)는 다음과 같이 지진파 에너지 특성을 분석한다.

가. 절대가속도 시간이력을 1초 간격으로 분할

$$CAV = \int_0^t (|a(t)|) dt$$

나. 0.02g를 초과하는 부분이 있더라도 각각의 1초구간을 시간에 대해 적분

다. 구간 값을 누적한 CAV값으로(CAV 계산결과가 0.16g*sec보다 크면 OBE를 초과한 것으로 판정)표현된다.

CAV 알고리즘을 시험하기 위하여 FTM의 입력단에 1V 정전압을 1초간 인가한 후 생성된 파형 데이터를 시간이력 윈도우상에 띄우고 메뉴 상의 '분석-CAV'를 눌러 CAV계산 결과[그림 16]가 나타나도록 한 후 원파형과 CAV계산 결과와의 관계가 합당한지를 판단하여 합부 여부를 확인하였다.

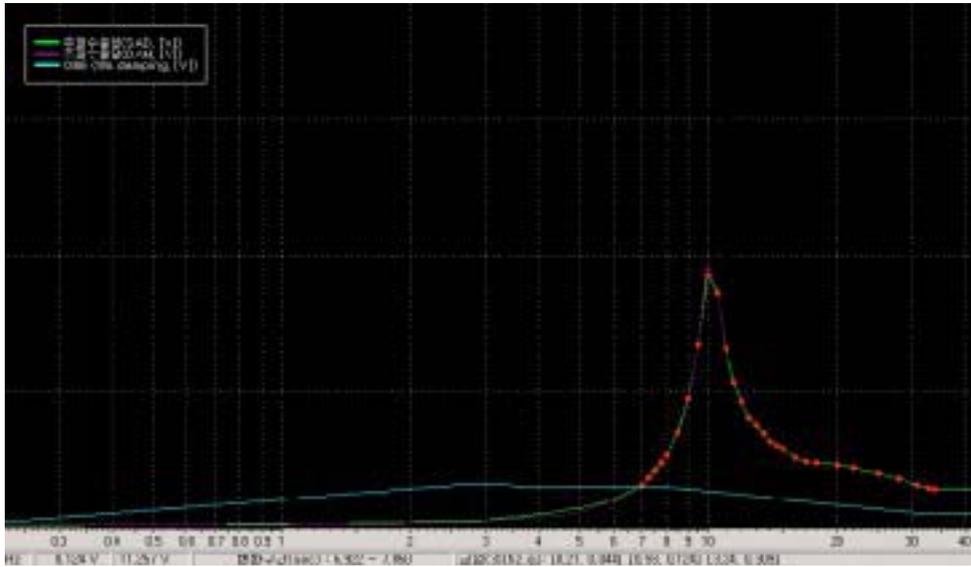


그림 15 응답 스펙트럼 시험(1V 10Hz sine wave)

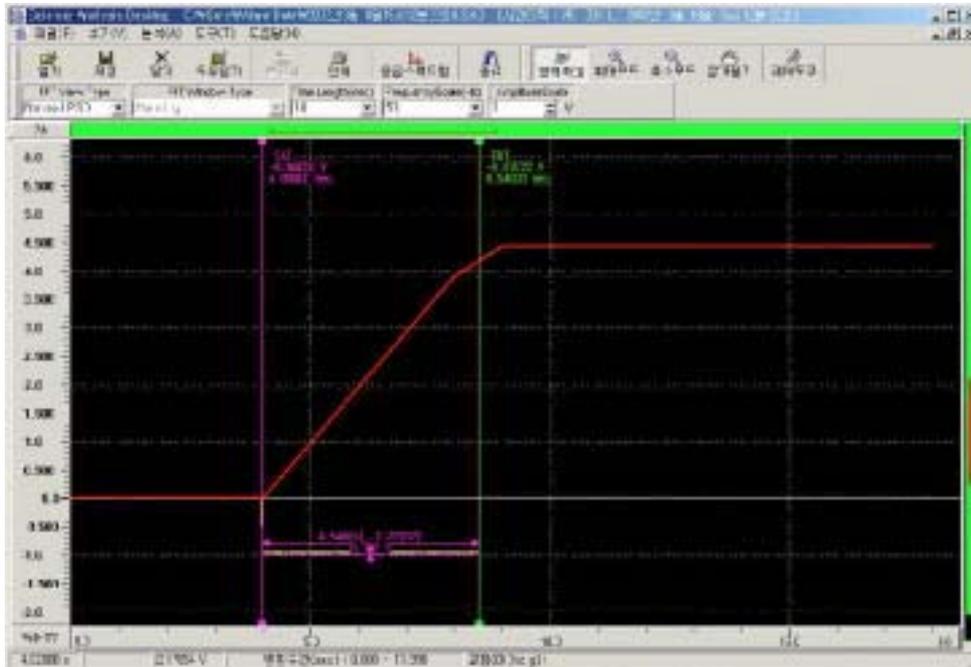


그림 16 CAV 성능시험(1V DC)

제 4절 시스템 통합 시험

지진 감시 분석 시스템의 하드웨어, 소프트웨어 및 MMI 컴퓨터에 대한 건전성 확인시험이 끝난 후 현장 계측기를 연결하여 시스템 통합시험을 실시하였다. 통합 시험은 지진 센서에서 입력되는 데이터가 정상적으로 취득되어 화면에 표시되는지 알아보기 위한 시험이다.

1. 센서 연결 후 초기 상태 점검

센서 연결 후 영점 조정 시험은 센서가 연결된 상태에서 수행되며 센서의 영점이 완료된 상태에서 시스템의 통합 시험이 이루어 져야 한다. 영점 조정의 방법은 센서를 연결하지 않은 상태에서의 시험과 동일하며 절차는 다음과 같다. [표 12]는 센서 연결 후 영점 조정 결과이다.

- 가. PSM#1과 PSM#2의 전원을 off 상태로 한다.
- 나. FTM 후단 센서 입력단에 YE-001, YE-002, YE-003 센서를 연결한다.
- 다. PSM#1과 PSM#2의 전원을 on 상태로 한다.
- 라. DAM의 배경 데이터 캡처 기능을 이용하여 센서 연결 후 영점조정 시험표의 교정 전 항목에 현재 값을 기록한다.
- 마. DAM의 배경 데이터 캡처 기능을 이용하여 데이터를 분석 컴퓨터로 옮긴 후 입력값이 0V DC 인가 확인한다.
- 바. 지시값이 상이할 경우 DAM의 스펠을 조정한다. DAM의 스펠을 조정하기 위해서는 조정하고자 하는 보드를 MCU로부터 분리 후 테스트용 확장보드를 해당 슬롯에 삽입하고 DAM 보드를 테스트용 확장보드에 장착한다.

DAM보드 해당 채널에 대한 조정단자는 다음과 같다. L: VR2, V: VR3, T: VR4 이며, 시계방향이 증가이고 반시계 방향이 감소이다.
- 사. 확인된 값을 센서 연결 후 영점 조정시험 표의 교정 후 항목에 기록한다.

표 12 센서연결 후 영점 조정

센서 연결 후 영점 조정시험				
DAM 번호	출력값 확인부		교정전 (VDC)	교정후 (VDC)
DAM 1	L	MMI 화면	-0.016	-0.003
		FTM 출력	-0.012	-0.012
	V	MMI 화면	-0.010	-0.003
		FTM 출력	-0.014	-0.014
	T	MMI 화면	0.001	0.001
		FTM 출력	0.001	0.001
DAM 2	L	MMI 화면	-0.023	0.000
		FTM 출력	-0.011	-0.011
	V	MMI 화면	-0.022	0.000
		FTM 출력	-0.015	0.000
	T	MMI 화면	-0.004	-0.001
		FTM 출력	-0.001	-0.001
DAM 3	L	MMI 화면	0.028	0.000
		FTM 출력	-0.032	0.000
	V	MMI 화면	0.004	0.000
		FTM 출력	-0.005	0.000
	T	MMI 화면	-0.016	-0.001
		FTM 출력	-0.021	-0.021

2. 시스템진단 기능시험

시스템진단 기능 시험은 시스템 진단 설정에 관련된 각 기능별 동작이 정상적으로 이루어지는가 확인하는 절차이다. 시스템 진단기능은 시스템 진단, 스펙트럼 진단 및 테스트로 구성되어 있다.

시스템 진단은 설정한 보드와 경보 창 상태가 일치되어 정상적으로 표시(정상: 녹색, 비정상: 적색)되는지 확인하는 기능이며 스펙트럼 진단은 MCM에서 보관 중인 스펙트럼 데이터가 MMI 컴퓨터에 저장되어 있는 데이터와 비교하는 기능으로 모두 정상이었다.

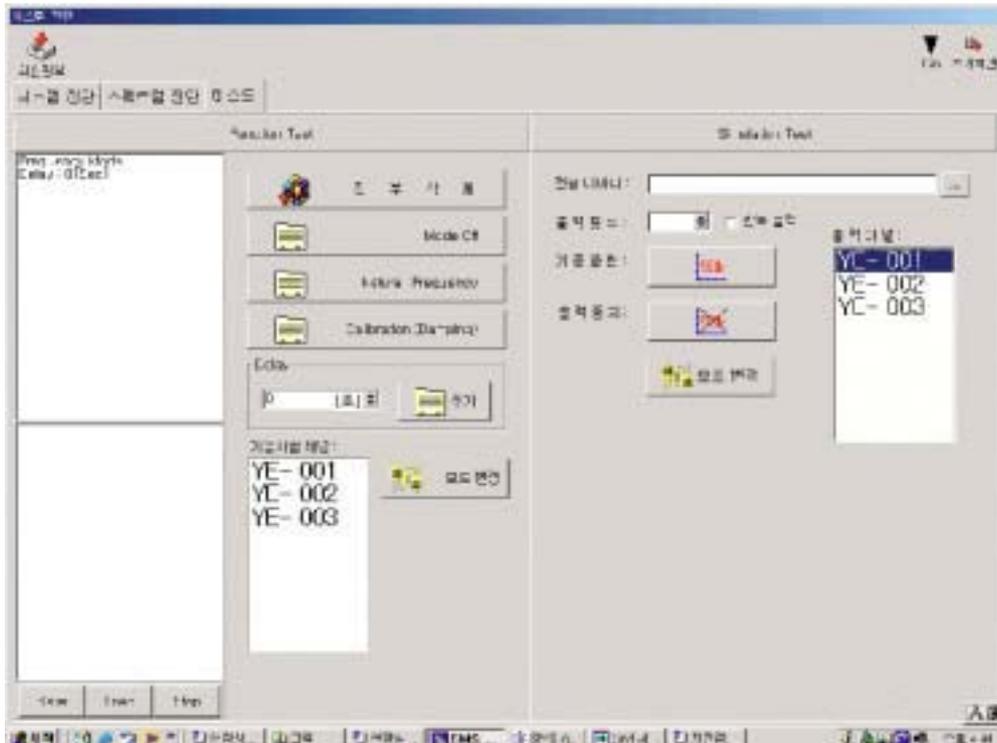


그림 17 MMI 컴퓨터 테스트 모드의 화면

[그림 17]과 같은 테스트 모드에서는 시스템의 기능시험 및 모의 시험 신호를 줄 수 있다. 시스템의 기능 시험은 전 시스템의 건전성을 확인하기 위한 시험으로 시험을 수행하기 위해서 먼저 시스템 정보 화면으로 전환하여 다음과 같이 DAM 파라미터를 설정하고 아래의 절차대로 시험하였다.

Filter Mode : OFF

Set Point : 0.05V

Pre-Trigger : 4초

Override Time : 7000ms

Save Time : 14초

CAV : 0.16

가. 기능시험을 수행하기 위해서 Calibration(Damping) 버튼을 누르고

- 나. Delay 2초를 선택한 후에 추가 버튼을 누르고
- 다. Natural Frequency 버튼을 누르고
- 라. Delay 2초를 선택한 후에 추가 버튼을 누르고
- 마. Mode Off 버튼을 누르고
- 바. 화면에 다음과 같이 표시됨을 확인한다.

Calibration Mode

Delay : 2[Sec]

Frequency Mode

Delay : 2[Sec]

Normal Open Mode

- 바. 출력 채널을 선택하고 모드 변경 버튼을 누른 후에 기능시험 버튼을 누른다.
- 사. FTM의 전면 LED중에서 CAL(Calibration)가 점등되고 2초 후에 소등되고 NAT(Natural Frequency)가 점등되고 2초 후에 소등되는지 확인한다.
- 아. 기능시험 출력을 완료하면 센서로부터 신호를 입력받아 저장하는지 확인한다.
- 자. 분석 프로그램이 자동으로 실행되는지 확인한다. 만일 운영환경의 이벤트 및 알람 데이터 수신 후 자동실행 체크상자가 체크상태로 있다면 자동으로 실행된다.
- 차. 분석 프로그램이 자동으로 실행되지 않을 경우 아래의 절차를 따른다. MMI 시스템진단에서 초기화면으로 이동하여 데이터로그 윈도우를 활성화시킨다. 데이터로그 윈도우에서 데이터 정보 탭을 선택하고 상단의 Last 버튼을 눌러 제일 마지막으로 이동한다. 날짜와 시간을 확인한다. 모드 표시란에 값이 'TEST'인지 확인한다. 상단 좌측의 신호 트렌드 버튼을 누른다. 대화상자가 나타나면 HDD를 선택한다. 분석 윈도우 화면이 활성화되는지 확인한다.
- 자. 분석 프로그램에서 값이 정상적인지 확인한다. 해당 채널을 확대한 후 데이터의 시간이력 그래프를 확인한다. [그림 18]부터 [그림 23]은 원자로실 바닥의 가속도계 YE-001에 대한 기능시험 결과 그래프이다.

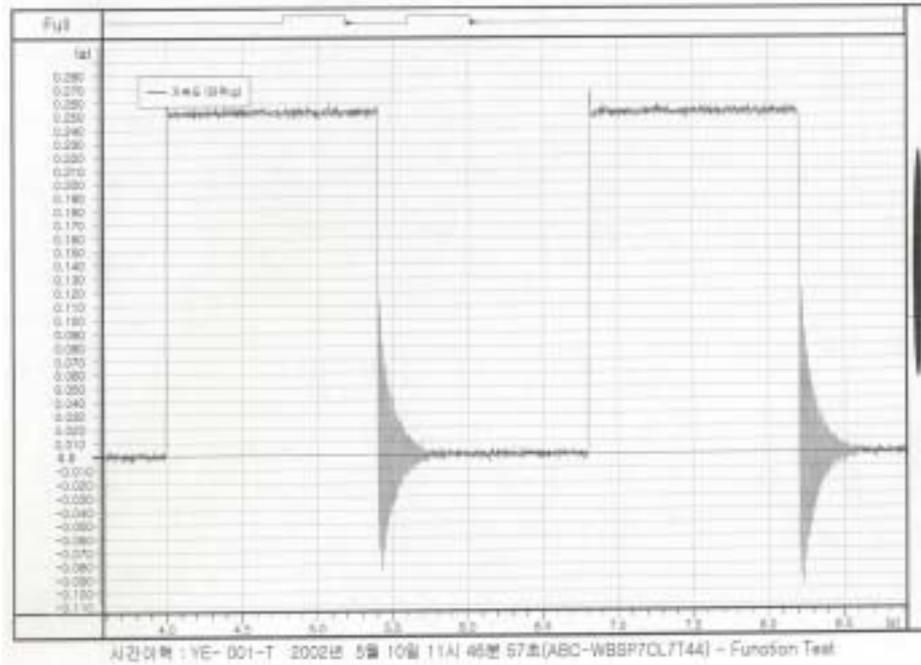


그림 18 YE-001-L의 기능시험 (Damping)

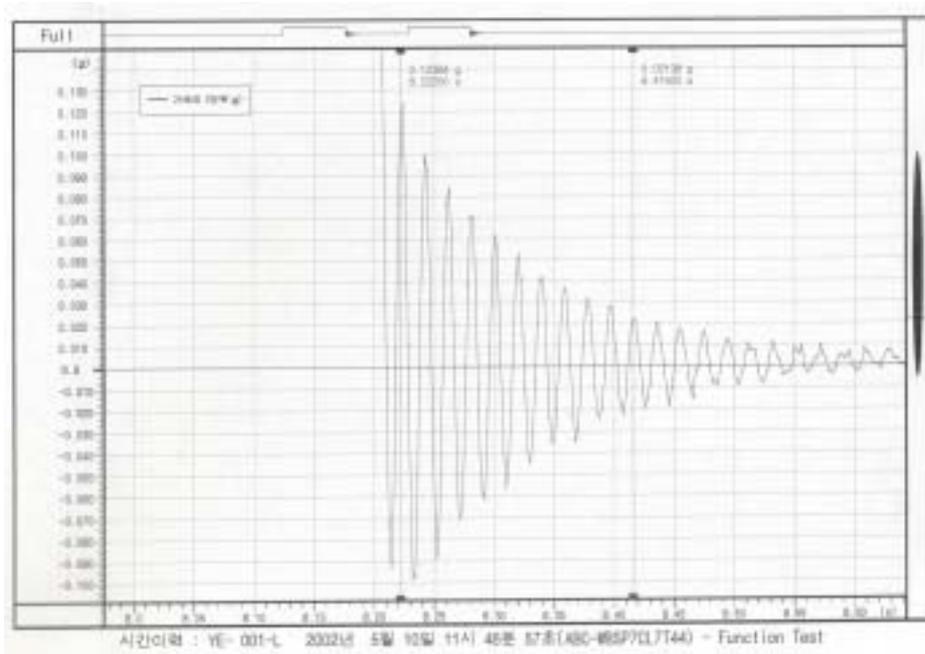


그림 19 YE-001-L의 기능시험 (Natural Frequency)

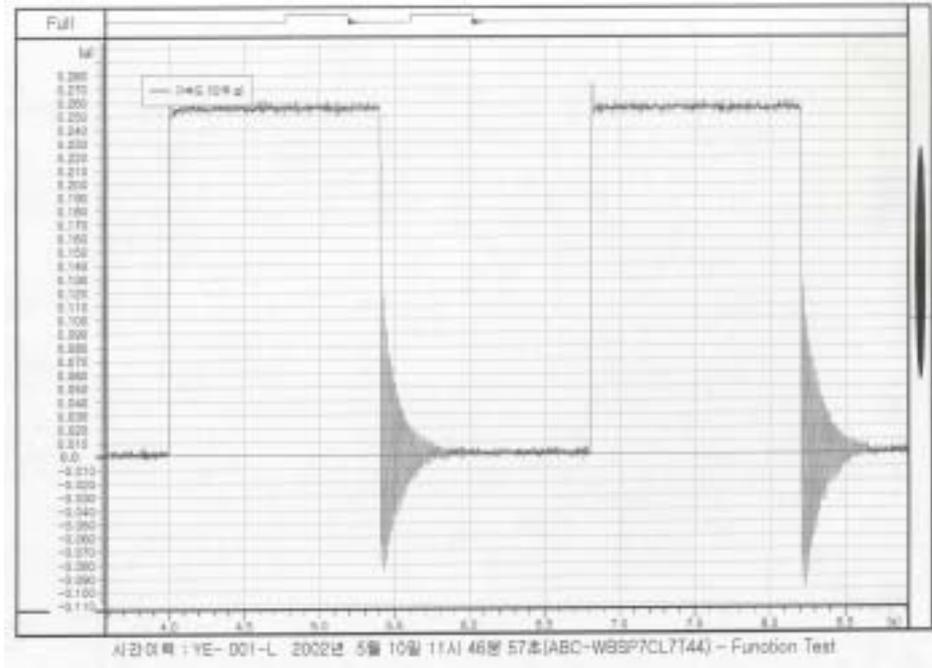


그림 20 YE-001-T의 기능시험 (Damping)

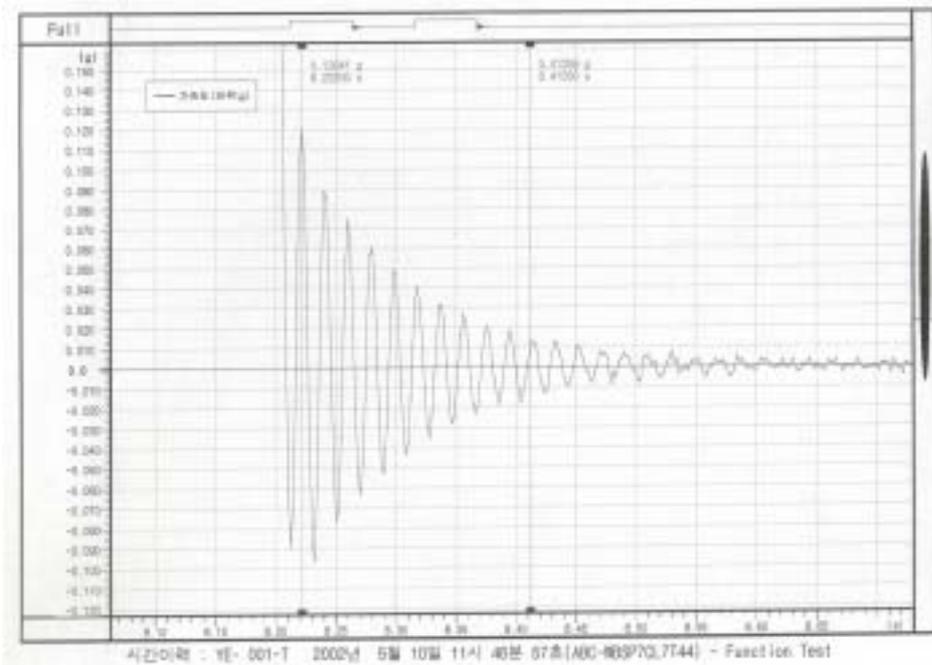


그림 21 YE-001-T의 기능시험 (Natural Frequency)

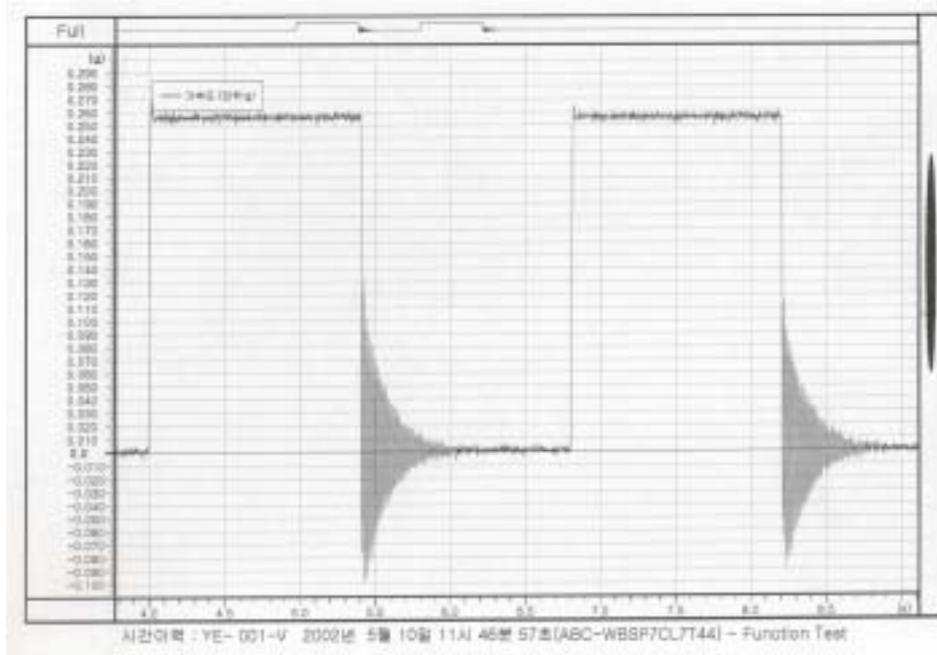


그림 22 YE-001-V의 기능시험 (Damping)

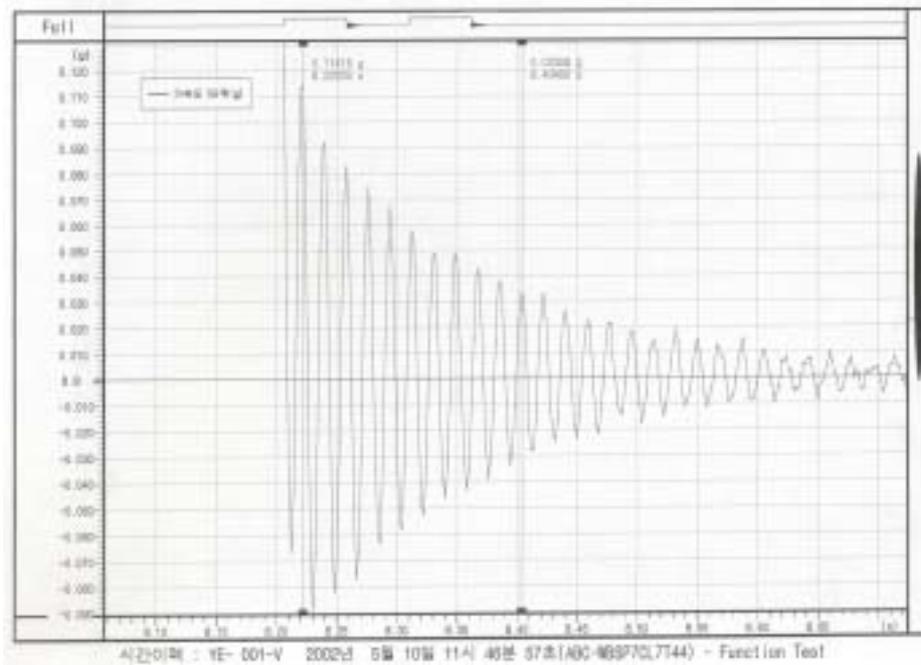


그림 23 YE-001-V의 기능시험 (Natural Frequency)

3. 현장 센서 동작 시험

시스템 진단기능의 테스트 모드에서 기능시험을 수행하고 견전성을 확인하였다. 본 시험에서는 현장의 센서를 직접 동작시켜 현장의 신호가 감시 및 분석시스템에 입력되고 경보가 발생하는지 확인하였다. 지진 스위치와 지진 트리거는 L, V, T 중 임의의 센서를 입으로 붙여 동작시킨 후 DIM 및 DOM의 해당 채널에서 신호를 확인하였으며 지진 트리거가 발생하였을 때 지진 신호가 기록되기 시작함을 확인하였다. 감시 및 분석시스템의 경보 판넬에서 지진 트리거 경보 LED 및 지진 발생(OBE)경보 LED의 점등 여부를 확인하였으며 제어실 보조계통 제어반에 경보가 정상적으로 발생됨을 확인하였다.

삼축 시간 이력 가속도계의 현장 시험은 YE-001 센서에 설정치 이상의 충격을 가하여 수행하였다. 지진감시 및 분석시스템의 경보 판넬에 이벤트 알람이 발생되었으며 MMI 컴퓨터에서 아래 [그림 24]과 같이 분석 모듈이 활성화되었다. [그림 25], [그림 26], [그림 27]은 YE-001의 L, V, T 각 방향에 대한 시간 이력 곡선이다.

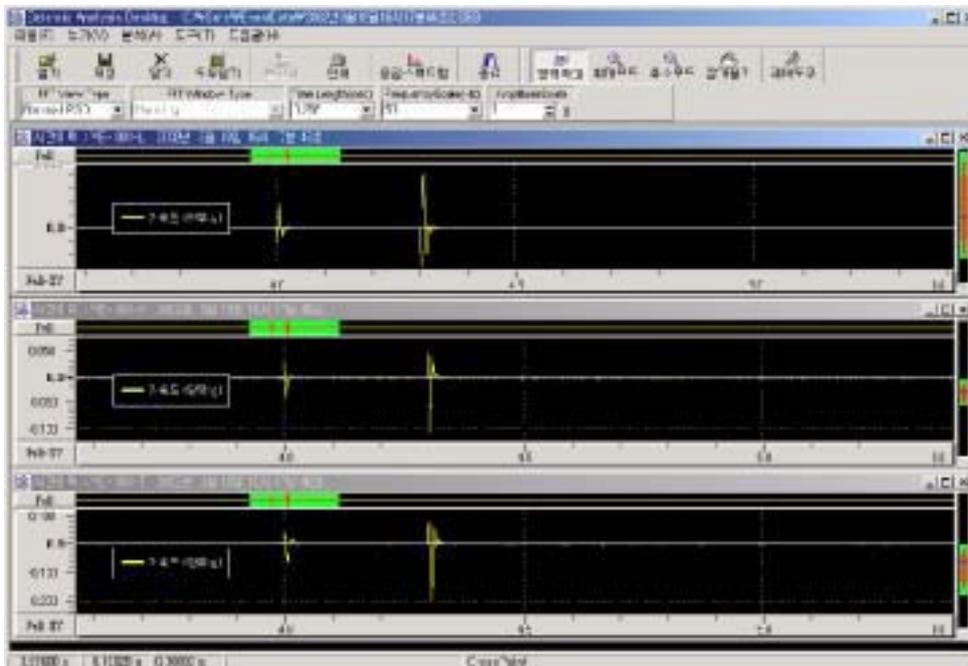


그림 24 YE-001 충격 시 활성화된 MMI 화면

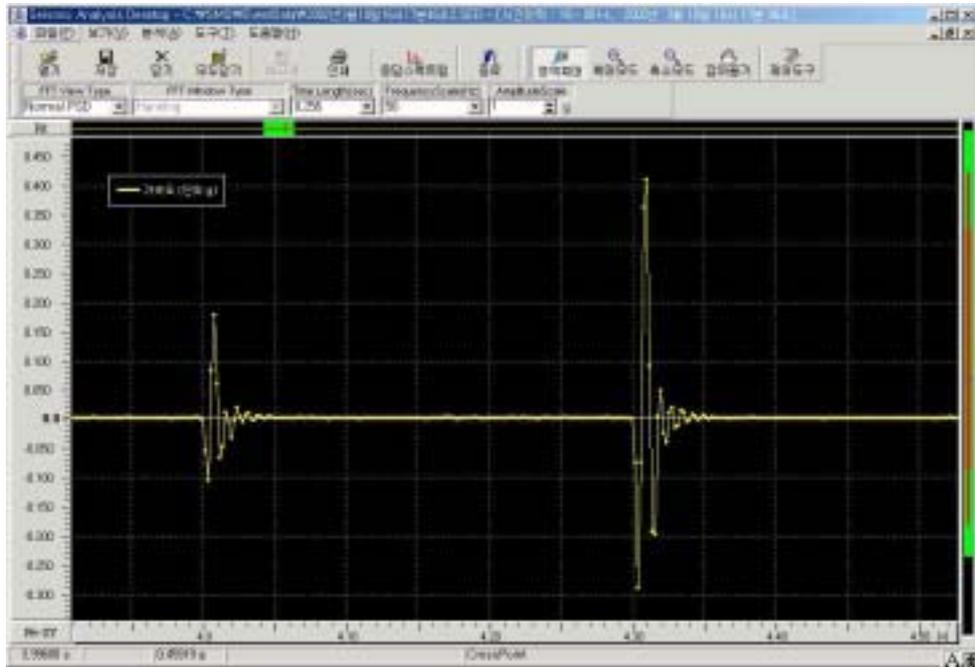


그림 25 YE-001 충격 시 L방향의 신호

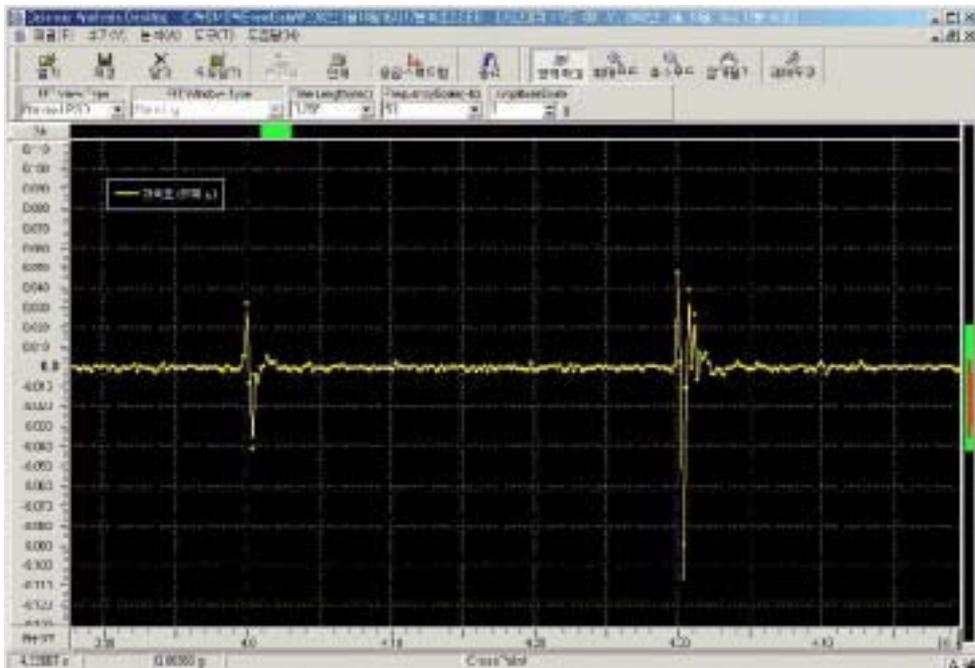


그림 26 YE-001 충격 시 V방향의 신호

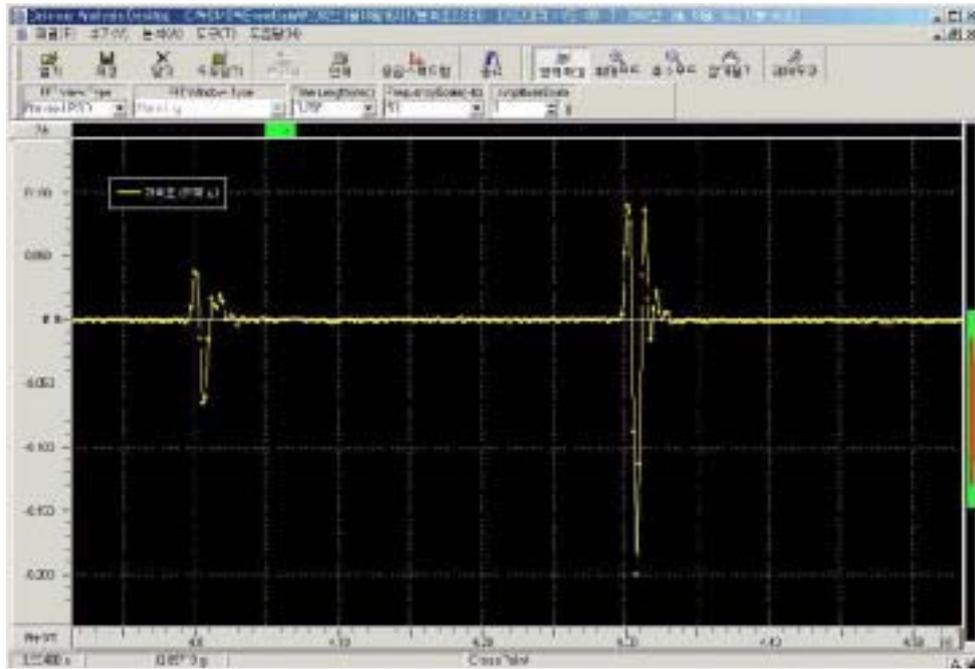


그림 27 YE-001 충격 시 T방향의 신호

제 4장 결 론

기존의 아날로그 방식인 지진감시시스템을 지진 발생 등의 자연 재해 또는 충격을 받았을 때 신호를 계측 분석하여 계통 및 구조물의 건전성을 평가하기 위한 자료를 실시간으로 제공할 수 있는 디지털 방식으로 지진감시 및 분석시스템을 개선하였다. 새로운 시스템에 대하여 다음과 같은 성능시험을 수행하였다.

1. 모든 VME 모듈을 포함하는 주제어 모듈 및 현장 계측기에 전력을 공급하는 전원공급장치의 출력 전압 및 UPS의 용량의 전력 공급 능력 확인
2. MCU의 VME Module의 영점조정과 건전성 확인 및 현장 센서와의 인터페이스 카드의 건전성 확인
3. 신호의 취득, 분석알고리즘의 적용 및 분석, 데이터의 처리를 위한 소프트웨어 검증
4. 현장 센서와의 인터페이스 점검
지진 트리거 뿐 아니라 삼축 시간 이력 가속도계에도 항상 전원을 인가하여 상시 지진신호를 감시하는 기능 점검
5. 하드웨어, 소프트웨어, 현장센서의 통합시험

현장시험결과 기기의 성능이 설계요건과 제작 기술 시방서의 요건을 만족함을 확인하였다. 지진이 발생하면 현장 계측기의 신호를 취득하여 실시간으로 분석, 평가, 저장하는 것이 가능하여 운전원이 효과적으로 대처할 수 있다. 향후 과제로는 취득 분석한 지진 응답 자료와 원 설계자료를 비교 평가하여 원자로, 안전 관련 설비, 구조물 등의 이상 상태 여부를 판단할 수 있는 평가 시스템을 개발하는 것이다.

참고문헌

- [1] 류정수, 김형규, “하나로 지진감시 및 분석시스템 제작 기술 시방서”, KAERI/TR- 1961-2001, 한국원자력연구소, 2001
- [2] “지진감시 및 분석시스템 현장성능시험 절차서”, S201C15-TTP-004-00, Rev. 0, 한국원자력연구소, 우리기술, 2001
- [3] “하나로 안전성 분석보고서”, 제1권 3장, KAERI/TR-710-96, 한국원자력연구소, 1996

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드
KAERI/TR-2243/2002			
제목 / 부제	하나로 지진 감시 및 분석장치 현장 시험 보고서		
주저자	김형규 (하나로 운영팀)		
연구자 및 부서명	류정수, 정환성, 윤동원, 우종섭(하나로 운영팀)		
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소
페이지	62 p.	도표	있음(0), 없음()
크기	29.7 Cm.		
참고사항			
공개여부	공개(0), 대외비(), __ 급비밀	보고서종류	기술보고서
연구위탁기관		계약번호	
초록 (15-20줄내외)	<p>하나로 지진감시시스템은 5대의 현장 계측기와 감시 판넬로 구성되어 있다. 현장계측기는 3축 가속도계 3대(기초 슬래브, 자유 지표면, 크레인 지지대), 지진 트리거 1대 및 지진 스위치 1대로 구성되어 있다. 현장의 계측기를 제외한 판넬의 부품이 생산 중단되어 대책이 필요하게 되었다. 현재의 판넬 시스템은 구형일 뿐 아니라 외국기술에 의존해야 하므로 이를 탈피하고자 국산화를 추진하였다. 현장에 설치된 5대의 계측기를 제외한 지진 감시 판넬을 자기 테이프 기록 방식에 의한 아날로그 방식에서 새로운 디지털 감시/분석 시스템으로 개선하였다.</p> <p>새로운 지진감시 및 분석시스템을 설치한 후 제작 기술 시방서의 요건을 만족하는지 평가하기 위하여 현장 시험을 아래와 같이 수행하였다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 감시 판넬 및 현장 계측기에 전력을 공급하는 전원공급장치 및 UPS의 점검 2. MCU의 VME Module 및 인터페이스 카드의 건전성 확인 3. 신호의 취득, 분석알고리즘의 적용 및 분석, 데이터의 처리를 위한 소프트웨어 검증 4. 현장 센서와의 인터페이스 점검 5. 하드웨어, 소프트웨어, 현장센서의 통합시험 <p>현장시험결과 새로운 지진감시 및 분석시스템의 성능이 제작 기술 시방서의 요건을 만족함을 확인하였다. 새로운 지진감시 및 분석시스템의 정상적인 운영이 가능하게 되었으며, 지진이 발생하면 현장 계측기의 신호를 취득하여 실시간으로 분석, 평가, 저장하는 것이 가능하여 운전원이 효율적이고 신속하게 대처할 수 있게 되었다.</p> <p>본 기술보고서는 개선된 지진감시 및 분석시스템의 구성내용과 현장성능시험 결과를 기술하였다.</p>		
주제명키워드 (10단어내외)	하나로, 지진감시 및 분석 시스템, 현장성능시험, VME, DAM, 디지털, 지진 트리거, 응답 스펙트럼, 공통모드교장 지진		

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.	Standard Report No.		INIS Subject Code
KAERI/TR-2243/2002					
Title / Subtitle		Site Acceptance Test Report of HANARO Seismic Monitoring and Analysis System			
Main Author		Hyung Kyoo Kim (HANARO operation Team)			
Researcher and Department		J. S. Ryu, H. S. Jung, D. W. Youn, J. S. Wu (HANARO operation Team)			
Publication Place	Daejeon	Publisher	KAERI	Publication Date	2002. 7
Page	62 p.	Ill. & Tab.	Yes(0), No ()	Size	29.7 Cm.
Note					
Open	Open(0), Restricted(), _Class Document		Report Type	Technical Report	
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract (15-20 Lines)		<p>The HANARO seismic monitoring system consists of five field sensors and one monitoring panel. The field sensors are composed of three triaxial accelerometers which installed at base slab, free field and overhead crane support respectively, one seismic trigger and one seismic switch. The most parts of panel except field sensors are not produced any more, so the counterplan is to be needed. The present panel system is not only out-of-date model but dependent upon foreign technology. We drive to begin home production of panel system in order to break from foreign technology. We improve the analog seismic monitoring system(SMS) with magnetic tape recorder into digital seismic monitoring and analysis system(SMAS) except five field sensors.</p> <p>After the installation of SMAS, we have carried out the site acceptance test(SAT) to confirm the requirements of technical specification for fabrication as following.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Test of power supply modules and UPS supplying the power to monitoring panel and field sensors 2. Integrity test of VME Module and interface card 3. Software verification and validation - data acquisition, analysis algorithm and its application, data handling 4. Check the interface between monitoring panel and field sensors 5. Integration test of hardware, software and field sensors <p>We confirm that the performance of SMAS conforms the technical specification for fabrication of SMAS as a consequence of SAT and this new system can be in normal operation. If the earthquake occurs, this system will analyze, evaluate and save the seismic data at the same time, so that the reactor operator will begin to tackle efficiently and promptly. This report describes the composition of the improved SMAS and the result of SAT.</p>			
Subject Keywords (About 10 words)		HANARO, seismic monitoring and analysis system(SMAS) site acceptance test(SAT), VME, DAM, digital, seismic trigger, response spectrum, common mode failure(CMF), seismic			