



대형 부유구조물의 구조응답 모니터링 시스템

김재동<한국기계연구원 구조시스템연구부 책임연구원>

1. 서언

일찌기 20세기 초반부터 지구의 마지막 남은 자원의 보고로서 또한 미래의 생활공간으로서 해양에 대한 관심이 고조되어 왔다. 해양의 에너지/광물 자원의 개발을 위한 노력은 이미 1950년대 부터 시작되어 상당한 가시적인 성과를 얻고 있다. 최근에는 특히 환경보존에 대한 관심이 고조됨에 따라 육상기 피시설물(공항, 폐기물 처리시설, 원자력 발전설비 등) 들의 부지확보 문제를 해결하기 위하여 해양공간을 활용하는 방안이 선진각국에서 연구되고 있으며, 그중 가장 타당성이 높은 방안의 하나로서 각종 생산활동을 위한 플랜트를 대형 부유구조물 위에 설치하는 해상플랜트(Barge Mounted Plant, BMP)가 제안되고 있다.

원자력 발전설비를 비롯한 대형 플랜트를 부유구조물 위에 설치할 경우, 지진의 영향을 극소화 할 수 있다는 장점이 있으나 해상의 파도, 조류, 바람, 일사에 의한 갑판의 열변형 등 불규칙적인 환경하중에 노출되므로 이러한 환경조건하에서 구조물이 설계수명 동안 안전하게 기능을 다할 수 있는지를 세심하게 검토할 필요가 있다. 따라서, BMP의 안전성 평가 방법에 대한 신뢰도를 높이고 평가결과에 대한 합리성을 제고하는 한편, 이를 바탕으로 현재까지는 설계/전조 경험이 전무한 초대형 부유구조물의 구조설계와 관련된 기초기술 및 응용기술을 확보하는 문제는 가장 시급히 해결되어야 할 부분이다.

대형부유구조물위에 탑재되는 BMP는 그 규모의 거대성, 사용 또는 가동의 초장기성 등 기존의 선박

및 해양구조물과는 많은 차이점이 있으며, 현재로서는 예측하기 어려운, 여러 가지 고유의 해결해야할 기술적 문제점들이 있을 것으로 판단된다. 따라서, 장기적인 가동, 유지 관리 및 보수를 위한 종합시스템이 필수적으로 요구되기 때문에 기상, 해상정보는 물론, 구조응답에 대한 정보가 반드시 필요하며 특히, 대형구조물인 만큼 체계화된 일관 구조응답 모니터링 시스템을 이용하지 않을 경우 그 거동 및 응답자체의 파악이 불가능하다. 또한, 만일의 사고의 경우 인명, 탑재설비 등에 대한 복구불능의 치명적 손상을 초래할 수 있으며 더우기, 환경보호 측면에서의 해상오염문제도 간과할 수 없다(1).

부유구조물의 건전성 모니터링 시스템은 BMP 가동중 부유구조물의 응력, 가속도, 작용하중 및 압력, 경사도 또는 계류장력등에 대한 객관적인 정보를 가동자에게 제공함으로써 변화하는 구조거동 및 응답상태를 신속, 정확하게 판단하여 적절한 대응조치가 가능하도록 한다. 또, 축적된 계측, 감시 자료는 향후 초대형 부유구조물의 구조안전성 평가 및 신뢰성 제고에 기여하며, 나아가서 설계법의 검증 및 개선을 가능케 할 것이다.

아직까지 부유구조물에 대한 구조응답 모니터링 시스템은 전체적인 개념이 정립되지 못한 상태이다. 그러나, 선박의 경우 1950년 초반부터 실선계측이 시작되었으며, 1980년대 초반 선체응력 감시시스템의 개발에 착수하여 시제품제작, 실선시험을 거쳐 현재에는 상품화단계에 이르고 있다. 해양구조물 관련 계측, 감시시스템의 개발 및 운용실적 또한, 1950년 이후 약 60건이 보고된 바 있고(2), 최근에



는 실부유구조물 또는, 소규모모형에 대한 실험역
실증 및 운용모니터링이 일본을 중심으로 활발히 수
행되고 있다.

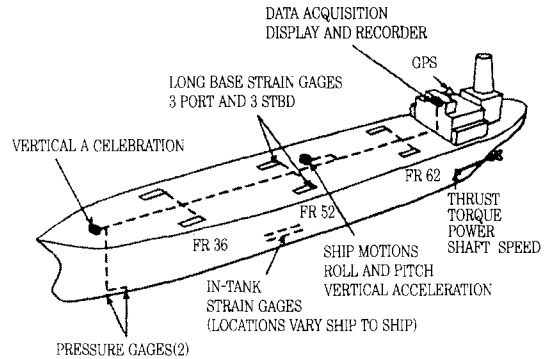
본 고에서는, 먼저 선체응력 감시시스템의 최근개
발동향을 간략히 소개한 후, 해양구조물 및 부유구
조물 관련 계측, 감시시스템의 개발 및 운용현황을
개괄함으로써, 부유구조물의 구조응답 모니터링시
스템에 대한 전체적인 개념파악의 지표로 삼고자 하
였다.

2. 선체응력 감시시스템의 최근 개발동향

선체응력감시시스템과 관련하여 국제해사기구,
선급 및 제작업체등의 최근 동향과 개발 및 실선적
용예를 살펴보기로 한다. 먼저, 국제해사기구(IMO)
의 경우 1994년 6월 선체응력감시시스템(Hull
Stress Monitoring System:HSMS) 장착 권고안
을 제안함으로써 본 시스템에 대한 논란에 큰 획을
그었으며 [3], LR(Lloyd Register)은 1991년 8월
선체감시시스템(Hull Surveillance System :
HSS)에 대한 잠정규칙을 제정한 바 있다. DnV도
신조선에 대하여 동일 명칭의 규칙초안을 1995년 7
월 제시하고 있는데, 이는 LR과 그 내용이 대동소이
하나 선종별로 감시항목을 지정한 점에서 차이가 있
다.

제작업체의 상품화 및 실선장착 현황은, LR과 공
동개발업체인 영국의 Ship & Marine Data Sys-
tem(SMDS)사가 단연 선두주자라 할 수 있어,
1990~1991 2년간 14 set의 수주 및 장착실적이
있다. 상품명은 'STRESS ALERT'이며, SMDS사
는 1993년 Strainstall사가 인수하였다. 그 외에는,
BMT Sea Tech사의 'SEA SMART' 가 있고, 일본
의 Mitsubish도 상품화한 것으로 알려져 있다.

최근의 실선시험에는 BP 석유회사의 선체구조감
시시스템(BP SMS)으로, 이는 <그림1>에 보인 바
와 같이 6개의 Long-based 스트레인 게이지를 주
센서로 하고, 기존의 게이지를 발라스트 탱크 및 화
물창 내측의 구조부재에 부착하여 선측 종통재의 피
로 파괴현상을 규명하고자 한 것이다. 이들은

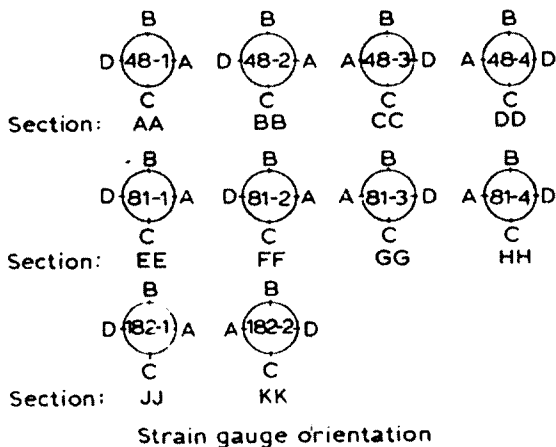
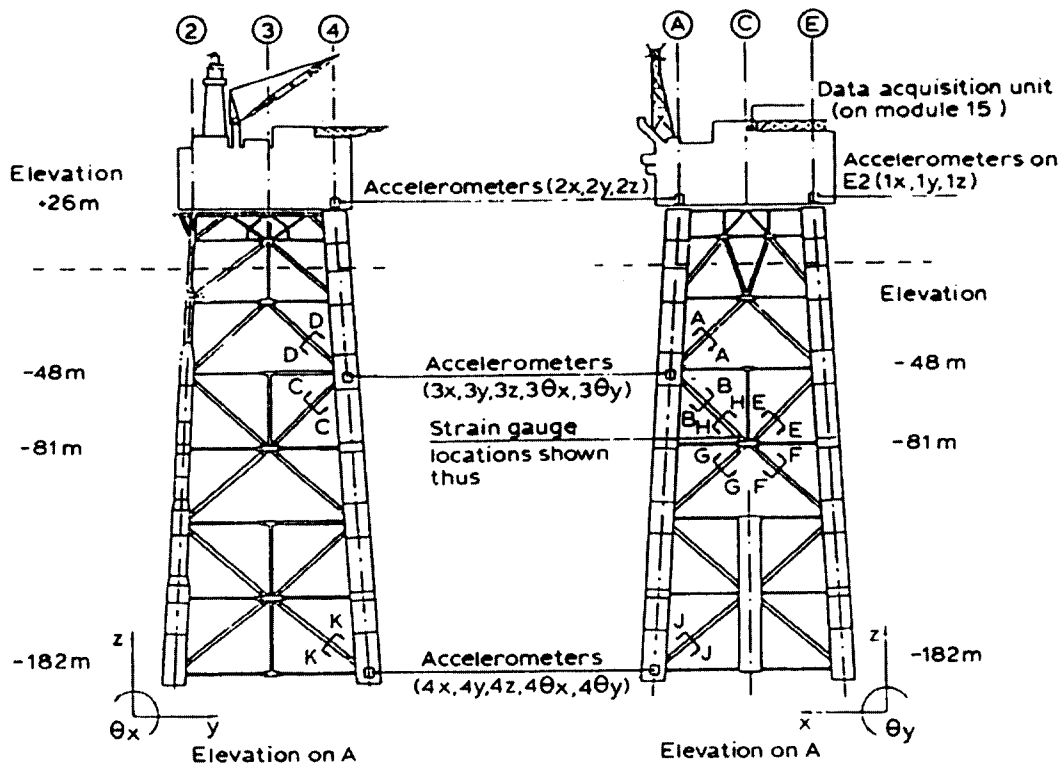


<그림 1> 선체구조 감시시스템(4)

1991~1992년에 걸쳐 4척의 Trans Alaska
Pipeline Service(TAPS) 원유운반선에 장착되었다
[4]. 계측결과로 부터 응력과 파고, 침로각 및 선속
과의 상관관계, 상갑판 스트레인 게이지와 탱크내
스트레인 게이지의 상관관계 또한, 상갑판 스트레인
과 선측, 선저 종보강재 스트레인간의 전달합수를
고찰하였다. 또한, 파괴역학적 기법을 이용하여 피
로수명을 예측하였으며, 선수부 압력센서를 이용한
슬래밍 경보장치를 개발하였다.

3. 해양구조물 계측, 감시시스템

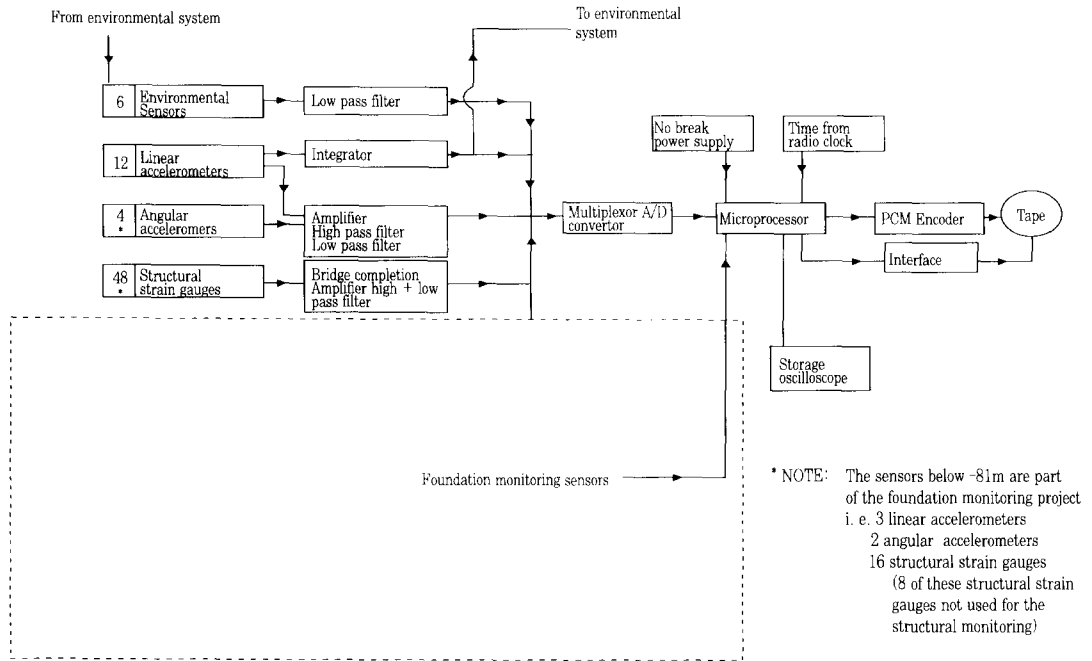
해양구조물 관련 실험역 계측 또는, 모니터링에
대해 살펴보면, 1952년 이래 1989년까지 59건의
사례가 보고되었으며, 대상구조물은 '자켓' 이 31건
또한, 콘크리트 중력식 구조물이 12건으로 대종을
이루고 있다. 구조물 설치 수심은 최소 3m로부터
Cognac의 312m에 이르기까지 매우 다양하다. 계
측기간은 통상 3~4년이나, 시스템 설치이후 계속
중인 것도 상당수에 이르고 있다. 계측항목은, 자켓
의 경우에는 역학적 특성, 하중/응력, 운동 및 피로
등 다양한 항목을 포함하는 반면, 콘크리트 중력식
은 주로 기초부에 관한 것이다. 이들중 대표적으로
북해상 Shetland섬 북동 100마일 해상의 수심
185m에 설치된 대형 자켓 'MAGNUS'의 실험역
모니터링에 관해 살펴보기로 한다[2]. 모니터링의
목적은 해상환경, 파랑하중, 기초부 설계조건 및 동



〈그림 2〉 구조응답 감시시스템(2)

적설계의 검증에 있으며, 1983년부터 1989년까지 수행되었다. 모니터링 시스템은 해상환경 및 성능감시, 구조거동감시와 기초부감시부등 3개 부분으로 구성된다. 해상환경 감시시스템은 풍력계, 적외선

파고계, 백금저항 온도계 및 디지털 데이터로거로 이루어지며, 이들외에 풍속, 기온 및 대기압 등을 측정한다. 데이터기록은 1시간 마다 2Hz로 10분 또는, 17분 07초간 수행되었다.



〈그림 3〉 MAGNUS의 모니터링 시스템(2)

〈그림2〉에 보인 바와 같이 MAGNUS의 구조응답 감시시스템은 16개의 가속도계와 40개의 스트레인 게이지 및 해상환경 감시시스템으로부터의 일부자료를 〈그림 3〉의 자료취득장치(DAU)를 이용하여 기록한다. 기록은 매6시간마다 채널당 10Hz로 40분간 수행한다. 특히, 여기서 사용한 스트레인 게이지는 해양구조물 응력계측시 광범위하게 사용되는 용접형스트레인게이지(AILTECH)로서, 스폿용접에 의해 취부된다.

상시해석은 각 센서로부터 피로반복수 또는, 고유진동수와 같은 기본적인 자료를 얻기 위한 것으로, 이로부터 구조물 성능에 대한 전반적인 지침 및 피로계산을 위한 기초자료를 얻을 수 있다. 각 계측자료로부터 평균값, 표준편차, 극치, 평균주기 및 스펙트럼주기, 축 및 굽힘응력, 감판변위, 고유진동수 및 모드 등의 특성치를 계산하였다. 한편, 폭풍시와 같은 이상환경조건하에서는 설계검증을 위한 특별해석이 수행되었다.

4. 부유구조물의 구조응답 모니터링

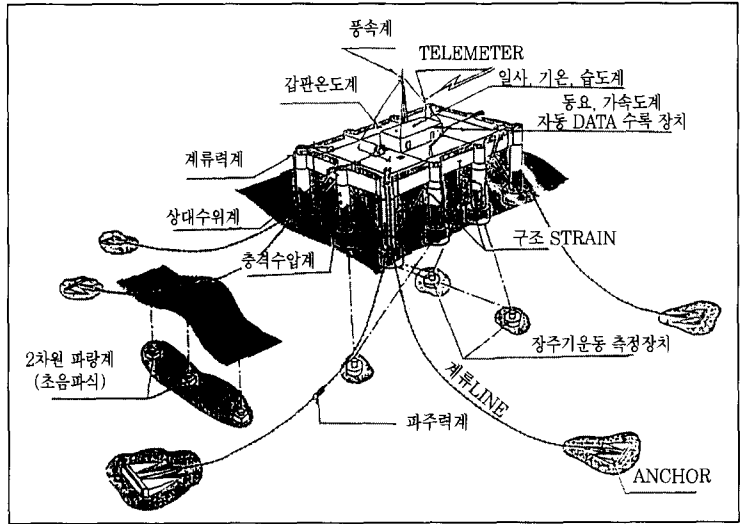
부유구조물은 여러 가지 목적을 위하여 장기간에 걸쳐 일정해역의 정위치에 머무르게 된다. 이때, 실구조물 계측은 계산 및 모형시험에 의한 예측치의 검증, 각종 해상조건에 대한 거동의 정량화, 성능보증의 목적 및 설계자료의 확보를 위하여 수행된다. 일반적으로, 파랑 및 조류, 조위(潮位)는 항만시설 및 기상 robot buoy등을 이용한 장기계측이 수행되고 있으며, 설계시에는 이들 자료를 이용할 수 있다. 그러나, 부유구조물을 설치하고자 하는 특정해역에 대한 상세한 자료는 얻기 어려우므로 현장계측이 필요하게 된다.

이하에서는 부유구조물의 계측, 모니터링에 관한 대표적 예로서 'POSEIDON'의 실험실 실증시험을 살펴보고 아울러, 석유비축 바-지의 실용용 모니터링 사례 및 '97년부터 수행예정인 '메가플로트'의 실험실 실증시험을 소개하기로 한다.

4.1 POSEIDON의 실험역 실증시험

부유구조물의 예인, 설치 및 유지에 관한 각종 측정자료취득을 목적으로 한 대표적인 실험역 실증연구가 일본 선박기술연구소 등에 의해 1986년부터 수행된 바 있다[5,6,7,8]. 이는 5년에 걸친 장기간의 계류를 통해 부유구조물의 신뢰성과 안전성의 확보, 내구성의 확인 및 설계기법의 확립을 최종목표로 하였다. 부유구조물의 명칭은 POSEIDON이고, 그 규모는 길이 34m, 높이 26m, 흘수 5.5m, 배수량 528ton으로, 12개의 column으로 구성되었다. POSEIDON상에는 <그림 4>에 보인 바와 같이 계측을 수행하는 관측실이 있고, 부체의 운동 등 측정자료는 텔레미터링(telemetry)에 의해 육상의 관측기까지 송신된다. 기상, 해상자료외에 <표1>에 보인 바와 같이 설계 및 운동해석법의 확인과 표류력 등 외력의 평가를 위해 부체의 동요, 계류력, 구조의 변형도 및 일사량등의 계측이 병행되었다.

<그림5>에서와 같이 POSEIDON의 모니터링 시스템은 무인·자동화 및 텔레미터링을 이용한 데이터의 통신, 화상전송 등에 비중을 두어 구성되었다. 부유구조물에서와 같은 실험상 모니터링시스템에 있어 가장 중요한 요소의 하나는, 계측기 자체의 성능은 물론, 해상환경조건에 대한 장기안정성 및 신뢰성이 충분히 검증되어야 한다는 것이다. 또한, 실험상에서는 계측 주파수범위가 모형실험에 비해 작아진다는 점도 유의하여야 한다. 따라서, POSEIDON의 경우에는 계측범위, 주파수특성 및 분해능력에 따라 적합한 시판계측기를 선정 한 후, 실험실에서 또는, 실선에 탑재하여 예비실험을 수행함으로써 실험상에서의 적응성을 검증하였다. 그 결과, 경사계에 있어 가속도영향, 가속도계의 중력영향 및 스트레인 변환기의 온도영향과 장기안정성 등에 의문이 제기되어, 이에 대한 대책이 필요하였다. 전력은 해저케이블을 부설하여 육상으로부터 공급되었고, 정전에 대비하여 무정전 전원장치 및 발전기를



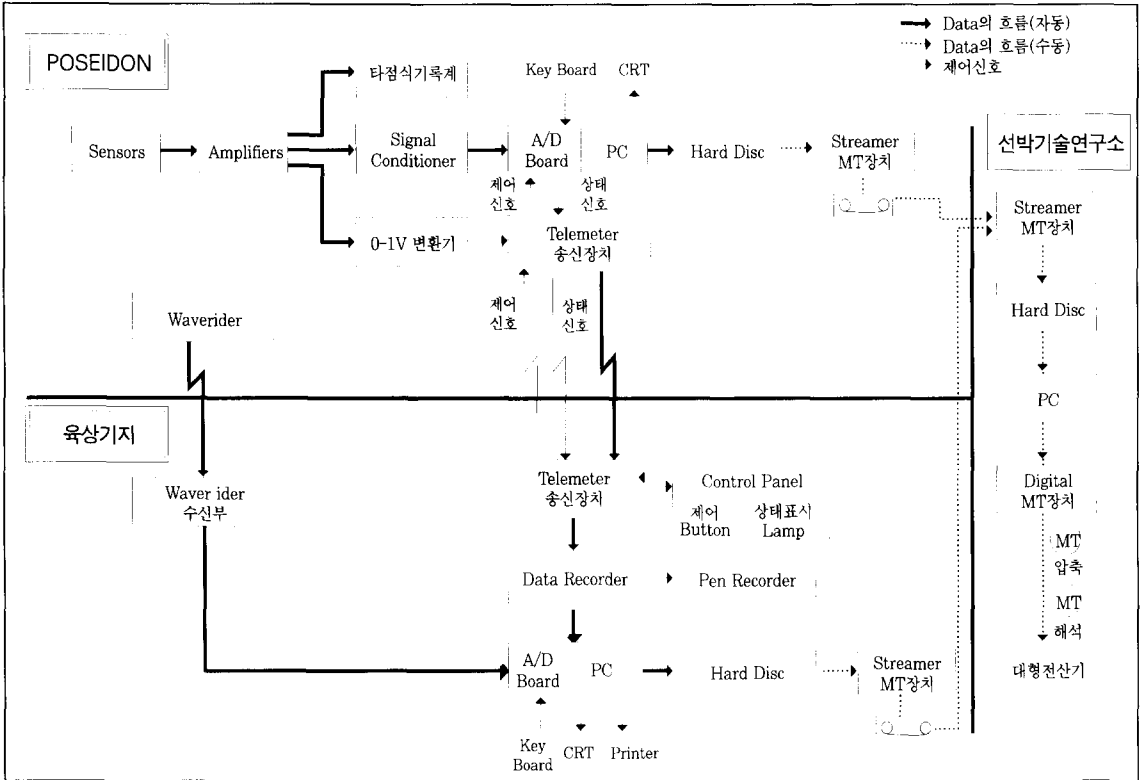
<그림 4> POSEIDON의 계측장치(7)

부유구조물상에 장비하여 최소 수개월간 전력공급이 가능토록 하였다.

계측은 일정시간 간격을 두고 정기적으로 수행되었으며, 데이터의 결손을 방지하기 위해 기록시스템을 2개의 계통으로 하여, 이중 하나를 back-up시스템

<표 1> POSEIDON의 계측내역

계측항목	계측장치	계측범위	계측정도
풍향	potentio-meter	0~54°	±4°
풍속	초음파식	0~60m/s	±2%FS
파고	buoy식	±10m	-
유향, 유속	-	-	-
기온	bi-metal	-15~58°	±1°C
습도	모발식	0~100%	±3%
수온	백금저항	-10°~60°C	±0.5% FS
surge	servo 가속도계	±2G	0.01% FS
sway	servo 가속도계	±2G	0.01% FS
heave	servo 가속도계	-3~1G	0.15% FS
roll	vertical gyro	±10°	±2% FS
pitch	vertical gyro	±20°	±2% FS
yaw	방위 gyro	0~360°	±0.2 FS
경사	servo식	±90°	±0.6/cosθ
상대수위	초음파식	-2~7m	±0.5% FS
선수변위	servo 가속도계	-3~1G	0.15% FS
선미변위	strain식 가속도계	-3~1G	1% R.O
충격수압	strain식	0~5kg/cm²	±1% FS
계류력	strain식 (load cell) strain식 (Mold형)	70ton 40ton	0.2% FS -
구조 strain	표면설치 strain계	±2,000μs	2% FS
일사	열전대식	0~1.4kw/m²	±1.5%
감판온도	백금저항식	-10~66°C	±0.5% FS



〈그림 5〉 POSEIDON의 모니터링 시스템(5)

템으로 사용하였고, 이를 위해 텔리미터링을 효과적으로 사용하였다. 기록장치는 약 1개월간 무인자동 기록이 가능하고, A/D변환기, P/C, 하드디스크 및 카세트 테이프, 디지털 레코더, 히스토그램 분석기 및 펜 레코더등으로 구성되며 또한, 충격수압, 선체 진동 등의 기록에는 아날로그 레코더를 이용하였다. 계측은, 매 6시간마다 34분8초간 4,096개의 데이터를 0.5초 간격으로 샘플링하는 정시계측과 폭풍과 같은 이상해상조건시에 육상으로부터의 지령에 의해 임의시각에 연속계측 가능한 임시계측으로 구분된다. 임시계측은 관측원의 판단에 따라 수행되며, 이때 심플링시간은 1초였다. 기록시스템의 용량은 정시계측을 기준으로 할 때 최대 40항목의 데이터를 약30일간 기록할 수 있다. 계측데이터는 카세트테이프를 이용하여 대형 자기테이프에 기록한 후, 대형전산기로 해석한다.

한편, 자동계측시스템에서 발생할 수 있는 만일의 장애에 대비하여 주요 계측항목 23개는 텔리미터링

장치를 이용하여 육상으로 전송함과 동시에, 이들 중 16개 항목은 back-up 자료로 기록, 보관하였다. 계측자료의 전송을 위해 'RETRAS' 시스템이 개발되었으며, 50GHz의 마이크로파를 이용하여 P/C간의 데이터 통신외에도 실시간 화상정보를 전송하였다. 또한, 근거리 지역망(LAN)을 구축하여 계측 및 제어등 전체 모니터링 시스템에 광범위하게 이용하였다.

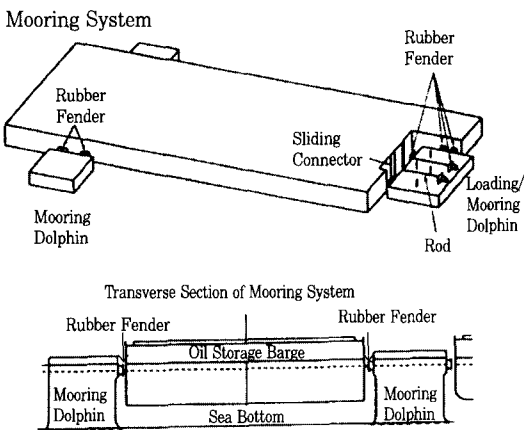
계측자료의 해석은 1차해석과 2차해석으로 나눌 수 있는데, 전자는 통계해석, 빈도해석 및 스펙트럼 해석으로서, 그 목적은 계측항목별로 독립적인 특성을 파악하기 위한 것이다. 반면, 후자는 충분한 양의 1차해석결과가 축적된 단계에서, 이들에 대한 통계처리 또는, 각 계측항목간의 상호상관을 구하는 것이다.

기상 및 해상데이터는, 부유구조물의 특성상 항시 파악할 필요가 있는데, 파랑은 매시간 또한, 풍향과 풍속은 매 3시간마다 통계해석하였고, 그 외의 데이

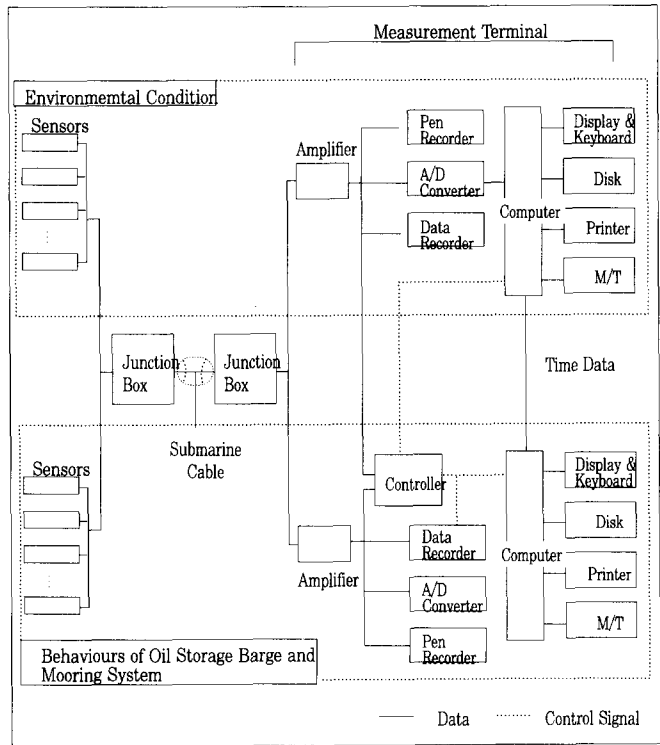
터는 기록후에 전산기를 이용, 각종 해석을 수행하였다. 일상작업으로 수행된 1차해석의 경우, 해상환경조건에 대해서는 주로 시계열 변화추이를, 풍속, 파고와 선체운동 및 상대수위등 간섭현상에 대해서는 통계해석과 스펙트럼해석을 하였다. 반면, 구조응력, 계류력 및 충격수압 등 구조관련 계측항목에 대하여는 빈도해석 및 스펙트럼해석이 수행되었다.

4.2 석유 비축 바-지의 실패역 운용 모니터링

1988년 일본 나가사키의 카미고토(上五島)에 세계 최초의 부유식 석유비축기지가 건조되어 현재 가동중에 있다. 그 규모는 $L \times B \times D = 390 \times 97 \times 27.6m$ 로서, 1기당 881,700k1용량의 직사각형 바-지 5기로 구성된다. 계류시스템은 <그림 6>에서와 같이 각 바-지 둘레에 3개의 돌핀(dolphin)이 장착되며, 바-지와 돌핀사이에는 완충장치로 2개의 고무펜더(fender)가 존재한다. 고무펜더는 직경 및 높이가 각각 3m이고, 현저한 비선형성 및 히스테리시스 특성을 나타낸다.



<그림 6> 석유비축 바-지의 계류시스템(9)



<그림 7> 석유비축 바-지의 모니터링 시스템(9)

해상환경조건과 석유저장 바-지 및 계류장치의 거동을 계측하여 이들 양자간의 상호관계를 파악함으로써 본 비축시스템의 안전성을 보증하기 위하여, 1986. 12월부터 1988년 3월까지 16개월간의 현장 모니터링이 수행되었다[9]. 계측시스템 구성을 <그림 7>에 보였다.

계측은 상시계측과 일시계측으로 구분되는데, 상시계측의 경우 해상환경데이터는 매시각 30분간 또한, 바-지의 운동 및 펜더의 처짐은 매일 일정시각 30분간 수행되었다. 반면, 일시계측은 태풍 또는, 돌풍시와 같은 이상상태에서 제어신호에 의해 수행된다. 계측자료는 해저케이블을 이용하여 육상의 계측터미널로 보내지며, 현장모니터링과 동시에 자기 테이프 및 디스크에 저장된다. 다음, 전체 계측자료는 30분 단위로 나누어 통계적 시계열 해석 및 스펙트럼 해석을 수행한다.

본 실패역 운용모니터링은 성공적으로 수행되었으며, 석유 비축 바-지의 운동성능, 고무펜더의 처



짐 및 바람, 파도등 해상환경조건에 관한 다량의 귀중한 자료를 얻을 수 있었고 특히, 계류시스템의 안전성이 확인되었다.

4.3 '메카 플로트'의 실험역 실증시험

1995년 4월, 일본 운수성 주도하에 철강 및 조선 관련 17개 민간기업에 의해 '메카플로트(Mega-Float)' 기술연구조합이 설립되었다. 아울러 1995년부터 3개년間に 걸친 실증시험이 계획중으로, 그 목적은 시험모형용 단위구조물에 대한 해상접합기술의 실증 및 접합모형의 실험역 실증시험을 통한 부유구조물 관련 각종 기술의 확립에 있다[10, 11]. 본 시험은 동경근처 스미토모 조선소 앞바다에서 수행되며, 1차년도에는 길이 100m, 폭 20m, 높이 2m의 바지형 단위부체 4기를 건조, 해상접합하여 돌핀으로 계류한다. 2차년도에는, 동일한 단위부체 5기를 건조, 해상접합하여 최종적으로 길이 300m, 폭 60m, 높이 2m의 상자형 구조물을 건조하는 것이다. 이와같이 단위구조물의 건조로부터 해상접합까지의 과정 자체가 초대형 부유구조물, 건조기술의 요체이자, 실험역 실증시험의 핵심이기도 하다.

건조후에는, 부유구조물 거동, 구조응력 및 계류력 등을 계측/모니터링함으로써 설계기술의 검증, 초장기 내용기술의 확립을 위한 각종 수중 모니터링 기술 및 각종 탑재시설 장치에 대한 성능보증기술을 실증할 계획으로 그 진행과정 및 결과가 크게 기대되는 바이다.

5. 부유구조물 구조응답 모니터링시스템의 향후 기술개발 과제

이상에서 부유구조물 구조응답 모니터링 시스템과 관련하여 선박, 해양구조물 및 부유구조물의 순서로 개괄하였다. 끝으로, 부유구조물 구조응답 모니터링시스템 기술분야에 있어 향후 개발이 요구되는 기술과제를 고찰함으로써 결론에 가름하고자 한다[7].

- 대수심, 근해역에서의 해상, 해중 및 해저정보 부유구조물의 계획·설계 단계에서

뿐만 아니라, 효율적인 시공, 가동관리를 위해서는 현장계측을 통한 정도높은 입체적 정보가 필요하다. 또한, 육상 및 해상기간 계측자료의 효율적인 전달수단의 개발이 요구되며, 위치유지 및 유실확인 등을 위해 고정도의 간편한 위치검출기술이 필요하다.

- 신형식 부유구조물의 성능확인

경제적, 사회적 요구에 따라 다양한 형상, 구조 및 계류방식을 갖는 신형식 부유구조물의 출현이 예상되며 따라서, 개발단계에서의 수조실험 및 실험역에서의 성능확인을 위한 각종 계측 및 모니터링이 필수적이다.

- 신소재 적용

세라믹, 스텔레스, 티타늄, 탄소섬유 및 복합재료 등의 신소재가 구조부재 및 계류부재에 활발히 적용될 것이다. 따라서, 이들 신소재의 내구성, 경년열화 및 부식에 대한 성능확인이 불가결하며 또한, 해양환경에서 재료의 경년열화에 대한 검토가 요구된다.

- 시공관리

Diverless, 원격작업, robot의 도입등에 의한 실험 또는, 해저시공이 빈번해짐에 따라, 작업의 감시, 제어등 시스템기술의 응용되고, 이를 위한 각종센서의 이용, 3차원계측 및 데이터교신이 활발히 이루어질 수 있어야 할 것이다.

- 보수관리

해상공항과 같이 내구연한이 초장기간인 부유구조물이 증가함에 따라, 구조물 및 계류장치의 마모, 부식 및 피로를 효과적으로 모니터할 수 있는 일례로, AE 등을 이용한 계측시스템 개발이 요구된다. 나아가서는, 계측자료를 이용한 수명예측 및 안전성 평가 시스템 및 교체, 보수를 위한 진단·관리 시스템이 개발되어야 할 것이다.

참고 문헌

[1] 大川豊, "メガフロートの 目指すもの", Techno Marine, 第794號, 1995, 8.
 [2] R. M. Webb and R.B. Corr, "Full Scale Measurements at Magnus", Marine

- Structures, Vol. 4, No. 6, 1991.
- [3] "Recommendations for the Fitting of Hull Stress Monitoring Systems", IMO, MSC/Circ. 646, Jun., 1994.
- [4] D. J. Witmer et al., "Operational and Scientific Hull Structure Monitoring on TAPS Trade Tankers", Paper No. 21, Proc. of the Annual Meeting, SNAME, 1994.
- [5] 安藤定雄 外, "浮体式海洋構造物による海域実験", 日本造船學會誌, 第695號, 1987. 5.
- [6] 大松重雄, "POSEIDON號の 実海域実験を終えて", 日本造船學會誌, 第739號, 1991. 1.
- [7] "海洋構造物の建設に伴う計測とその技術", (社)國際海洋科學技術協會, 平成2年9月
- [8] Marine Vision 2010 : Proceeding of '94 International Underwater Technology Conference, University of Ulsan, Korea, Sept. 12-13, 1994.
- [9] K. Ikegami et al., "One Year Field Measurement of Mooring System for the World's First Floating Type Oil Storage System in Kami-Gotoh, Japan", Proc. of Conf. on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Vol. I-Part B, 1990.
- [10] "超大型浮体構造物", (社)日本造船學會 海洋工學委員會 性能部會 編, 1995.
- [11] "超大型浮体構造物", 關西造船協會, 1995.



김재동

- 1952년 4월 5일생
- 1996년 충남대 공학박사
- 현재 한국기계연구원 책임연구원
- 관심분야: 피로·파괴, 수명평가 및 구조물 모니터링