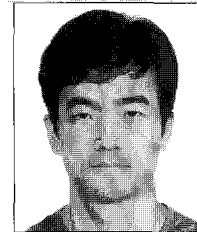


해양구조물의 구조해석과 수력해석을 위한 ANSYS ASAS와 ANSYS AQWA

ANSYS ASAS & ANSYS AQWA for Structural Analysis and Hydrodynamic Analysis of Offshore Structures



심진욱*

*(주)태성에스엔이 FEA사업부 상무

ANSYS사는 Century Dynamics Ltd(CDL)사를 합병하여 그 회사가 보유했던 offshore용 구조해석 프로그램인 ASAS와 수력(hydrodynamics)해석 프로그램 AQWA, Explicit dynamics 프로그램인 Autodyn 등 매우 경쟁력 있고, 특색을 가진 솔루션을 제공하게 되었다. 이번 호에서는 offshore용 솔루션인 ANSYS ASAS와 ANSYS AQWA를 소개한다.

1. 해양구조물 구조해석 프로그램 ANSYS ASAS

ANSYS ASAS는 범용구조해석 프로그램으로 특히 해양 구조물의 구조해석에 목적을 두고 개발된 프로그램이다.

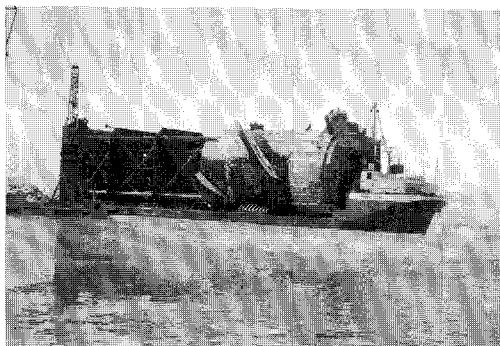


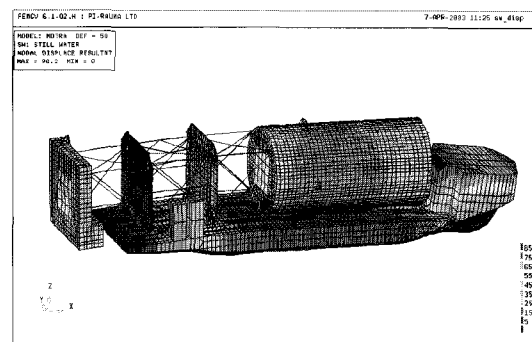
그림 1 중량물 바지선에 의한 스파 트러스의 이송 시뮬레이션

1.1 ANSYS ASAS의 용도

대형 자켓 구조물의 개발, 이송, 설치의 검증, 해상풍력 발전기의 해양하중에 대한 구조해석, LNG인수기지/방파제/안벽 등 항만 구조물의 구조해석에 주로 사용되고 있다.

1.2 ANSYS ASAS의 기능

ASAS는 해양구조물의 기능이 풍부한 범용구조해석 프로그램으로 다음과 같은 기능을 가지고 있다. 선형/비선형, 연속체/프레임 구조, 멀티레벨의 수퍼요소, 주파수/과도 동해석, 복합재해석, 프레임구조의 코드체크 기능(AISC, API, NORSOK, BS5950, DS449), 파이프 프레임 구조에 대한



hydro-elastic연성 해석, MS Excel, Mathcad와의 인터페이스 가능 등이다.

또, ASAS는 메인 솔버 외에도 여러 개의 모듈로 구성되어 있는데, 모듈별 해석타입은 다음과 같다.

- ASAS - 선형/비선형 구조해석 솔버
- BEAMST - 빔 요소에 대한 코드 체크
- FATJACK - 자켓 구조물의 피로해석
- SPLINTER - 지반-파일 연성해석
- VISUALIZER - 전처리/후처리용 프로그램
- ASASWAVE - 해양하중 계산을 위한 모듈
- WINDSPEC - 플레어 타워의 스펙트럴 피로해석
- AXL - 엑셀과의 인터페이스 모듈
- AMC - Mathcad와의 인터페이스 모듈

1.3 ANSYS ASAS의 장점

ASAS는 64GB에 이르는 대형 모델에 대한 해석도 가능하며, MS Excel, Mathcad와의 인터페이스, AQWA의 결과인 압력과 모션 정보(RAO)를 직접 입력 데이터로 ASAS해석을 할 수 있는 점, 자켓 구조물에서 자주 사용되는 튜블라 구조물의 강도 및 피로에 대한 검증용 내장된 코드에 따라 쉽게 할 수 있다는 점, VISUALIZER라는 편리한 GUI로 전/후처리 작업을 할 수 있는 점을 장점으로 들 수 있다.

1.4 ANSYS ASAS의 적용 사례

〈사례 1〉 풍력발전기 전문회사인 RePower사는 자사의 발전기 타워에 대한 해석을 위해 ASAS를 구입하

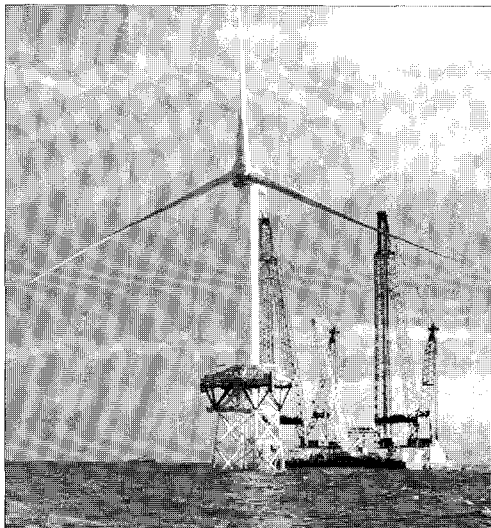


그림 2 RePower사의 해상풍력발전기

였는데, 다른 회사의 제품으로는 원하는 요구조건을 충족할 수 없기 때문이었다. 특히, FLEX5 프로그램과의 연동이 필요한 설계에서 ASAS가 그 역할을 만족하게 해주었고, Mathcad와의 인터페이스가 가능했던 점, 변수화를 통한 수많은 경우의 설계검토가 가능했던 점 때문에 ASAS를 선택하게 되었다.

〈사례 2〉 Kvaerner Maritime사는 미 해군이 주요 작전기지를 해상에 설치하는 프로젝트에 참여하여 거대한 구조물을 설계하는데 ANSYS ASAS를 사용하였다. 비행장과 기지에 필요한 공간을 위해 부유식의 구조물을 계획하였고, 파도에 의한 하중에 유연하게 거동하게끔 댐퍼를 장착한 초대형 구조물의 거동해석을 완벽하게 끝낼 수 있었다. 과도해석, 비선형 댐퍼, 대변형해석, 파도하중과의 연성 등을 고려한 상당히 복잡한 해석이었는데도 불구하고, ANSYS ASAS의 비선형해석 기능을 사용하여 성공적으로 해석을 완수하였다.

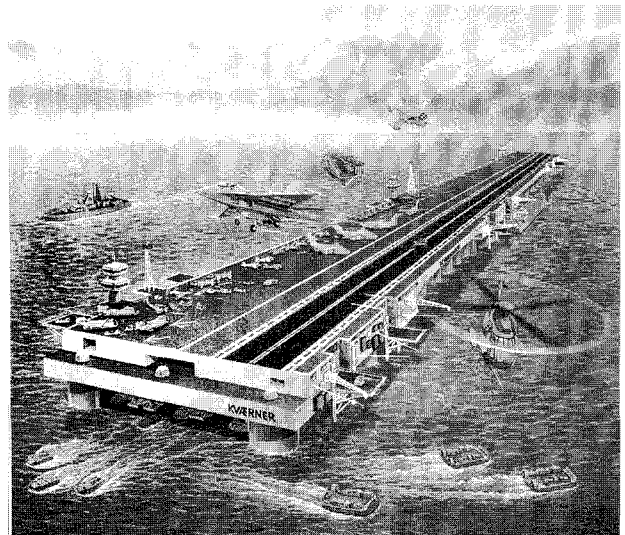


그림 3 해상기지의 개념도

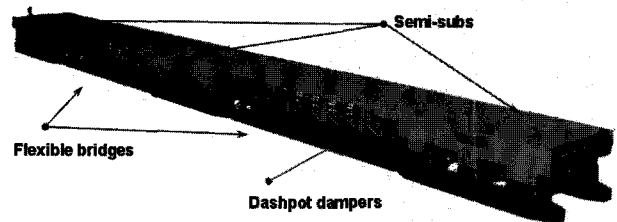


그림 4 해상기지의 모델

2. Hydrodynamics 해석 프로그램 ANSYS AQWA

AQWA는 FPSO, mooring system, buoy, TLP에서 semi-submersible, fishing boat에서 대형선박까지에 이르는 모든 종류의 선박, offshore, 해양구조물의 수력학적 거동을 평가 하는데 유용한 프로그램이다.

2.1 ANSYS AQWA의 용도

ANSYS AQWA는 Mooring시스템의 해석과 설계, 선박/석유시추선/SPAR/FPSO의 동적거동해석, 부유식 또는 고정식의 Air gap(수면과 거주구사이의 간격)예측, 선박이나 방호구조 사이의 shield효과 계산, 다물체의 상호효과, Mooring라인과 부유체의 연성효과, 부이와 케이블과의 동적연성, 반잠수식 시추선의 splitting force계산, TLP의 개념설계, TLP tether/라이저 해석, 파력에너지 시스템, LNG터미널 설계를 위한 하중산정, 해상/수중 구조물에 대한 해양하중(파도, 조류, 해양부착물)의 영향 계산을 목적으로 사용할 수 있다. 주 사용 고객으로는, ABS, LR, DEWI-OCC 등의 선급기관, BP, Exxon Mobil, Conoco-Philips, ONGC와 같은 oil사, US Navy, SBM, Allseas 같은 선박보유기관, CB&I, KBR, Aker Kvaerner JT 같은 엔지니어링 회사, Atkins, CSC, Han Pedron, VersaMarine 같은 컨설팅 회사를 들 수 있다.

2.2 ANSYS AQWA의 기능

제품의 구성은 크게 AQWA Diffraction과 AQWA Suite의 두 가지로 나누어 진다.

AQWA Diffraction은 복잡한 운동과 반응해석에 필요한 수력학적 파라미터(Response Amplitude Operator, RAO)를

계산하기 위한 패키지 프로그램이며, 3차원의 선형 radiation과 diffraction해석을 다물체에 대해 수행할 수 있고, 물체 사이에서 일어나는 상호작용의 효과도 아주 정확하게 구현할 수 있다. 기본적으로 부유체에 대해 해석하도록 설계되었지만 방파제나 중력식 고정물에 대해서도 사용할 수 있다. Full QTF(Quadratic Transfer Function) 행렬로 2차 파력을 계산하므로 다양한 수심 조건에서 사용할 수 있다.

AQWA Suite는 Diffraction기능 외에 랜덤 파도의 조화 또는 시간함수 계산(저속의 조류도 포함), 대형파도의 비선형 시간함수, mooring line을 포함한 정적, 동적 안정성해석 기능을 포함하고 있다. 주파수 함수의 계산은 개략적인 결과를 신속하게 검토하거나, 아주 계산량이 많은 시간 함수의 계산을 하기 전에 초기검토를 할 목적으로 유용하다. 저속의 조류나 극한의 파도하중에 대해서는 시간함수 계산을 주로 이용하게 되며, 계류선이 끊어지는 등의 사고 조건에 대해서도 시간의 효과를 고려하여 계산할 수 있다. 연결된 케이블의 동적거동이 중요한 경우 cable dynamics모듈을 추가하여 해석할 수 있다. 모델생성은 AQWA의 AGS(AQWA Graphical Supervisor)나 ANSYS의 DesignModeler를 이용한다. 유체역

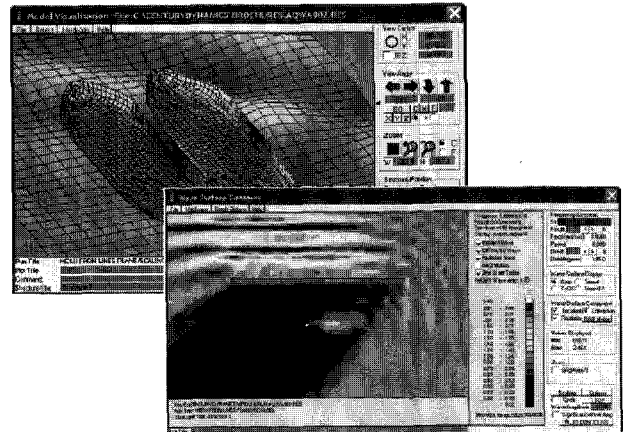


그림 5 ANSYS AQWA의 컨투어 기능

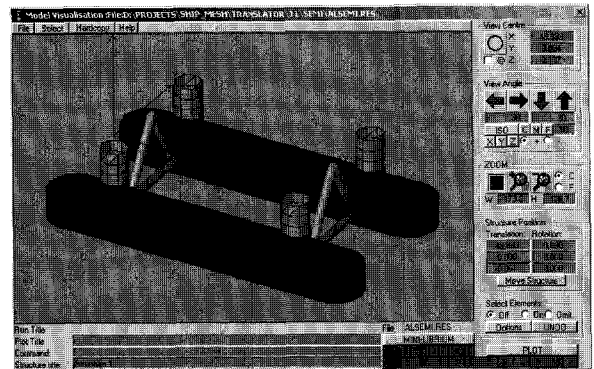
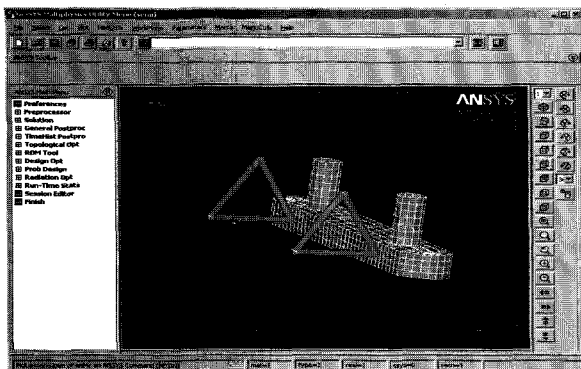


그림 6 ANSYS의 메쉬모델을 AQWA에서 사용

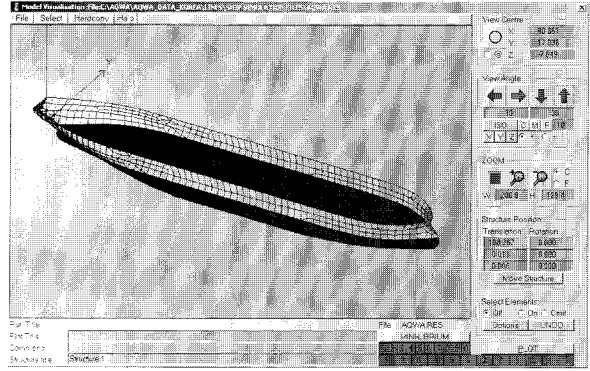
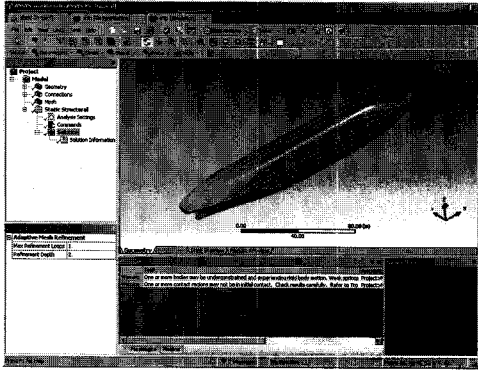


그림 7 Workbench의 모델을 AQWA에서 사용

학적 해석결과(관성성분, 압력 등)는 추후 구조해석 용도로 ANSYS, ASAS나 NASTRAN으로 전달할 수 있다. 이 때 맵핑 기능이 자동으로 작동하므로 상이한 유한요소 메쉬를 가진 모델이라도 번거로움 없이 하중을 전달하게 된다.

결과의 후처리 작업

ANSYS AQWA는 결과의 시각화를 위해 다양한 도구를 제공하고 있는데, 다음과 같은 작업을 지원하는 환경을 갖추고 있다. 파도와 부유체의 거동 애니메이션, 수중 접수면에서의 압력 분포, 그래프의 결합, 그래프 통계(평균, 최고치, 중요 값), 확대, 시간함수값을 주파수함수값으로 또는 그 반대로 변환하는 기능, 시간이력 필터링, 연산기능과 그 조합

2.3 ANSYS AQWA의 장점

ANSYS AQWA는 offshore, 해양산업의 엔지니어들에게 필요한 유체역학 해석을 위한 통합 솔루션이다. 즉, diffraction/radiation, time domain/frequency domain, regular wave/irregular wave를 모두 통합하고 있고, ANSYS Mechanical과의 연계를 통해 구조해석의 일부분이 되거나, ANSYS CFX와의 연계를 통해 상세한 CFD해석의 일부가 되어 아주 큰 규모의 통합솔루션이 된다. 또, dll파일을 통하여 외부의 하중을 가져와서 사용할 수 있으며, 50개까지의 바디를 서로 연결할 수 있다. 30년 이상 개발과 검증은 통해 신뢰성 있는 결과를 제공한다.

2.4 ANSYS AQWA의 적용 사례

〈사례 1〉 COOEC사의 자켓 런칭용 바지선 ‘Hai Yang Shi You’에 대한 해석을 수행하였는데, 목적은 최대 3만 톤의 자켓구조물을 런칭할 때 로커암에 걸리는 설계하중, 선체의 최대 굽힘모멘트, 설계홀수를 계산하고, 안정성을 검토하는 것이었다. 설계뿐만 아니라 이송과 설치과정에도 사용할 수 있는 다양하고 파워풀한 기능의 AQWA의 성공적인 적용사례 중의 하나이다.

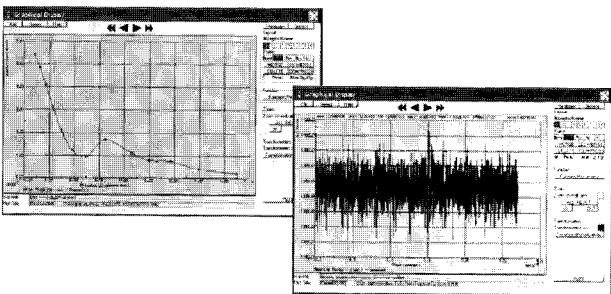


그림 8 ANSYS AQWA의 그래프 기능

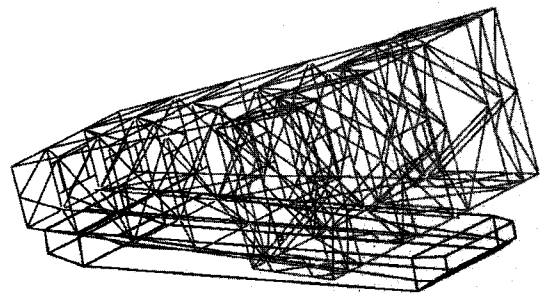
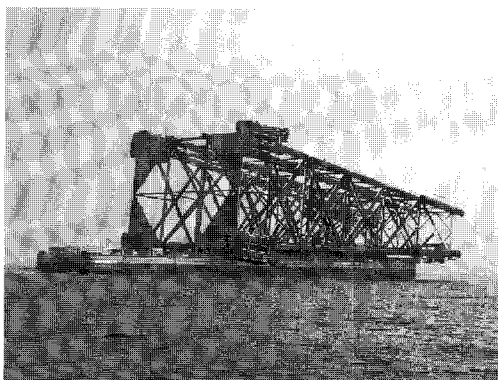


그림 9 런칭 바지선의 실제 사진과 모델

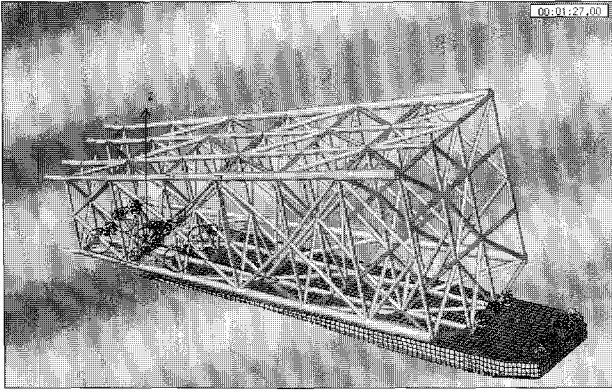



그림 10 런칭 공정 시뮬레이션

〈사례 2〉 Single Buoy Mooring Inc.사는 LNG선박의 소프트 안벽 계류시스템 유효성 해석을 위해 ANSYS AQWA를 사용하였다. 해석의 목적은 FSRU (Floating Storage and Regasification Unit)로부터 LNG로 LNG의 하역을 안정적으로 하기 위한 계류시스템을 검증하는 것이었다. 하역이 가능한 해상조건의 기준을 정확히 추정하는 것이 안벽의 회전율을 높이는데 매우 중요하므로, 새로운 계류시스템을 개발하고 그 성능을 검증하기 위해 수조 실험과 더불어 AQWA로 수력해석을 수행하였다. 바람과 조류 하중도 고려하였고, 터렛방식의 계류

시스템, 펜더 요소 등도 포함하였다. 댐핑값은 실험값과의 보정을 통해 수치모델을 완성하였고, 보정된 수치모델로 많은 수의 환경조건에 대한 최적화된 결과를 이끌어 낼 수 있었다. 해석의 결과는 수조실험의 결과와 상당히 잘 일치하였다.

3. Acknowledgement

본 기사는 대부분 ANSYS사의 자료에 의거하였으며, Single Buoy Mooring Inc.사의 관련 자료는 2007 ANSYS US Regional Conference에서 발표되었던 Jean-Robert Fournier씨의 'Availability Analysis Soft Quay Mooring System'에서 인용하였습니다.

ANSYS사는 1970년도에 설립된 세계 최대의 CAE프로그램 개발사이며, 구조해석 프로그램 ANSYS, 열유동해석 프로그램 FLUENT, CFX, 전자기장해석 프로그램 MAXWELL, HFSS, Simplorer, 폭발해석 프로그램 Autodyn, 선박/offshore 구조물의 구조/수력해석 프로그램 ASAS, AQWA를 포함한 광범위한 솔루션을 제공하고 있습니다. (주)태성에스엔이(www.tsne.co.kr)는 1988년 설립 이래 ANSYS 등 공학용 프로그램을 국내에 공급해 오고 있습니다. 

[담당 : 송명관, 편집위원]

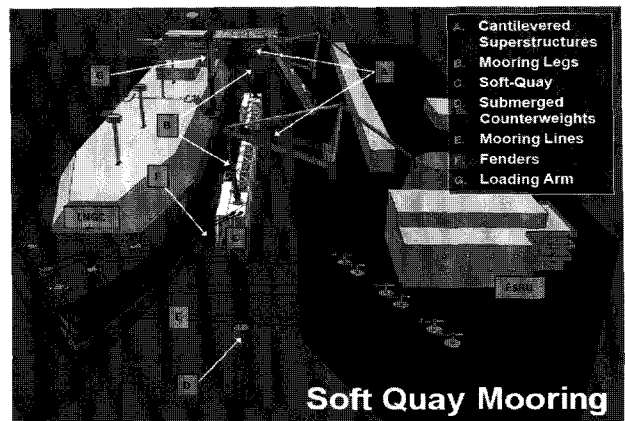
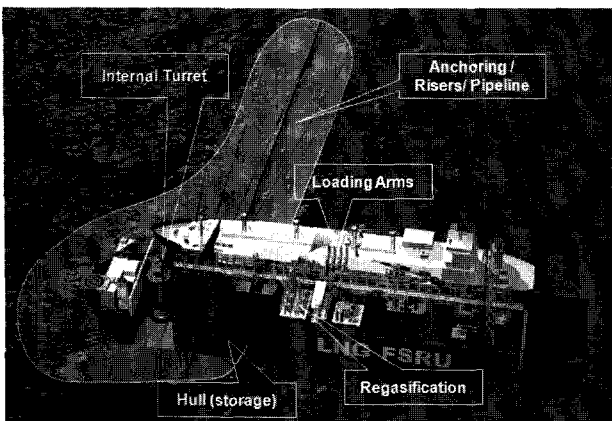


그림 11 Soft Quay Mooring System의 개념도

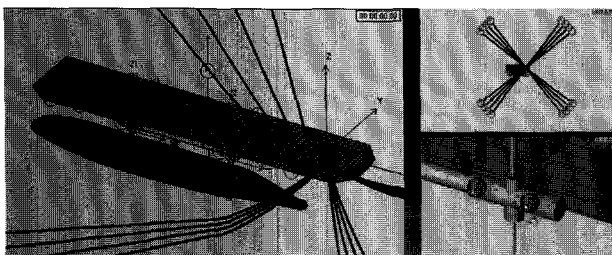


그림 12 Soft Quay Mooring System을 위한 해석 모델

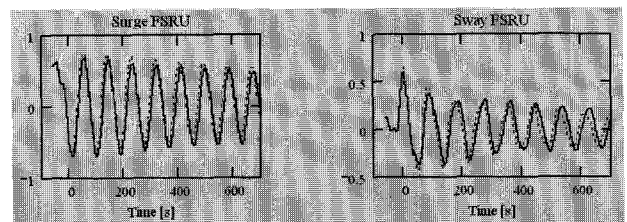


그림 13 FSRU에서의 거동(surge & sway)을 수조실험결과와 비교