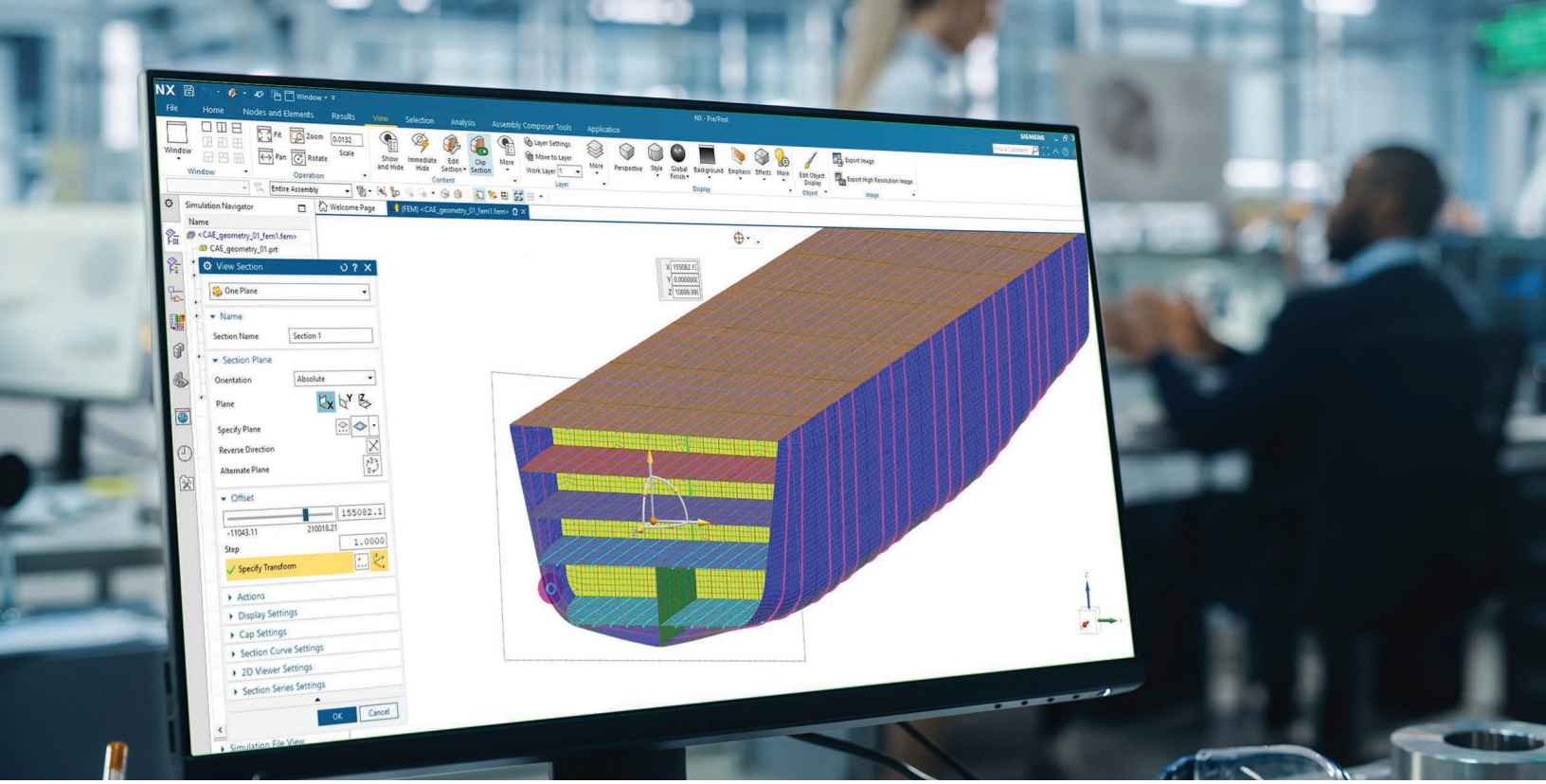


DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

선박의 구조적 성능 파악

메카니컬 시뮬레이션과 물리적 테스트를 결합하여 성능, 안전 및 승선감 향상

요약

시뮬레이션을 사용하여 선박의 구조를 분석하면 선박을 운행하기 전에 실제와 같은 운행 조건에서 내구성, 음향 성능, 구조적 거동과 같은 특성을 예측할 수 있습니다. 디지털 선박 설계를 활용하면 여러 측면을 고려하여 최적의 설계를 선택할 수 있습니다. 이러한 방식으로 초기 설계 단계에서 충분한 정보를 바탕으로 의사 결정을 내려 시간과 비용을 절감할 수 있습니다.

그러나 신뢰할 수 있는 시뮬레이션 결과를 얻으려면 물리적 테스트를 통해 수집된 실제 데이터를 기반으로 가상 모델을 확인하고 검증해야 합니다. 메카니컬 시뮬레이션과 물리적 테스트를 결합하면 강력한 엔지니어링 접근 방식을 구현하여 선박의 구조적 성능을 완벽하게 파악할 수 있습니다.

목차

소개	3
실제 데이터에 기반한 실험적 모달 해석	4
실제 데이터에 기반한 작동 중 모달 해석	6
작동 중 모달 해석의 실제 예시	7
시뮬레이션을 사용하여 설계 의사 결정 개선	10
구조 해석의 기반이 되는 엔지니어링 프로세스	11
구조 해석 워크플로	13
시뮬레이션과 테스트의 시너지 효과: 모달 해석의 예시	15
사전 테스트, 상관 관계 및 모델 업데이트	16
구조 해석에서 음향 개선까지	17
광범위한 진동수 범위	18
결론	18

소개

본 백서는 효율적인 실제 데이터 수집 및 해석을 위한 워크플로를 소개하고, 선박의 크기나 복잡성 같은 실질적인 고려 사항으로 인해 확인하기 어려운 측정값을 평가하기 위한 솔루션을 제공합니다. 또한 구조 시뮬레이션에서 이러한 데이터를 활용하여 선박이 건조되기 전에 구조적 거동과 음향 성능을 최적화하고 예측하는 방법을 설명합니다.

구조적 응답을 완벽하게 파악하고 엔지니어링하는 방법은 규정된 목표 및 안전 규정을 충족하는 데 집중(예: 상용 화물선) 또는 경쟁업체의 제품보다 더 편안하게 만드는 데 중점(예: 레저 요트)을 두는 등 선박의 유형과 용도에 따라 다릅니다. 화물선과 같은 대형 선박은 특히 구조적 응답을 이해하는 것이 중요한데 이는 피로 현상 등으로 인해 구조적 통합이 손상되지 않게 하기 위해서입니다. 반면 요트는 소음과 진동을 최소화하여 편안함을 극대화하는 것이 주된 목표입니다. 이러한 이유로 인해 새로운 선박을 설계할 때 진동이 매우 중요한 고려사항입니다. 완성된 선박의 정확한 진동 예측과 진동 문제 해결을 위해서는 구조의 정확한 동적 모델이 필요하지만, 이러한 모델은 복잡한 진동 환경과 경계 조건으로 인해 측정을 통해서만 검증할 수 있습니다.

선박의 동적 거동을 정확하게 예측하려면 모달 매개변수가 고유 진동수, 모드 형상, 감쇠와 같은 외부 힘에 대한 선박의 응답을 설명할 수 있어야 합니다. 하지만 예를 들어 감쇠는 선박의 복잡한 형상으로 설계에서 시뮬레이션 도구를 사용하여 예측하기가 어렵습니다. 그러므로 물리적 테스트를 활용하는 것이 여전히 가장 효과적인 접근 방식입니다.

따라서 구조물의 모달 매개변수를 확인하는 데 사용되는 기술인 검증을 위한 모달 테스트를 사용하여 선박의 동적 모델의 정확도를 미세 조정해야 합니다.

여기에는 외부 가진에 대한 선박의 동적 응답을 측정하고 이 데이터를 사용하여 모달 매개변수를 식별하는 작업이 포함됩니다. 이 작업은 강제 진동 테스트, 충격 테스트 또는 주변 진동 테스트와 같은 다양한 기술을 사용하여 수행할 수 있습니다. 앞의 두 테스트는 입력 힘이 측정되기 때문에 일반적으로 실험적 모달 해석으로 분류되지만, 후자는 그렇지 않으며 OMA(작동 중 모달 해석)에 해당합니다. 다음 섹션은 두 가지 방법의 범위와 접근 방식에 대해 자세히 설명합니다.

실제 데이터에 기반한 실험적 모달 해석

실용적인 이유로 선박의 크기를 고려할 때, 실험적 모달 해석은 선박의 크기에 관계없이 선박 전체에 적용하기가 어렵거나 불가능합니다. 따라서 이러한 해석은 주로 파워트레인, 프로펠러, 차축 등의 하위 시스템에 적용됩니다.

실험적 모달 해석은 두 가지 프로세스로 구성됩니다.

1. 구조에 대한 원하는 데이터를 수집하는 데 필요한 실험 방식
2. 측정한 데이터에서 모달 모델을 도출하는 모달 매개변수 측정 방식

전체 실험적 모달 해석 프로세스는 5단계로 요약됩니다.

- 테스트 설정 준비: 계측 및 테스트 속성 정의 포함
- 테스트 실행: 원하는 데이터를 얻은 경우
- 시스템 식별: 측정된 FRF(진동수 응답 함수)에서 모달 매개변수를 추정하는 단계
- 식별된 모달 모델의 품질 평가
- 모델을 사용하여 수치 모델을 검증하거나, 주어진 입력에 대한 강제 응답을 계산하거나, 결합 응답을 계산

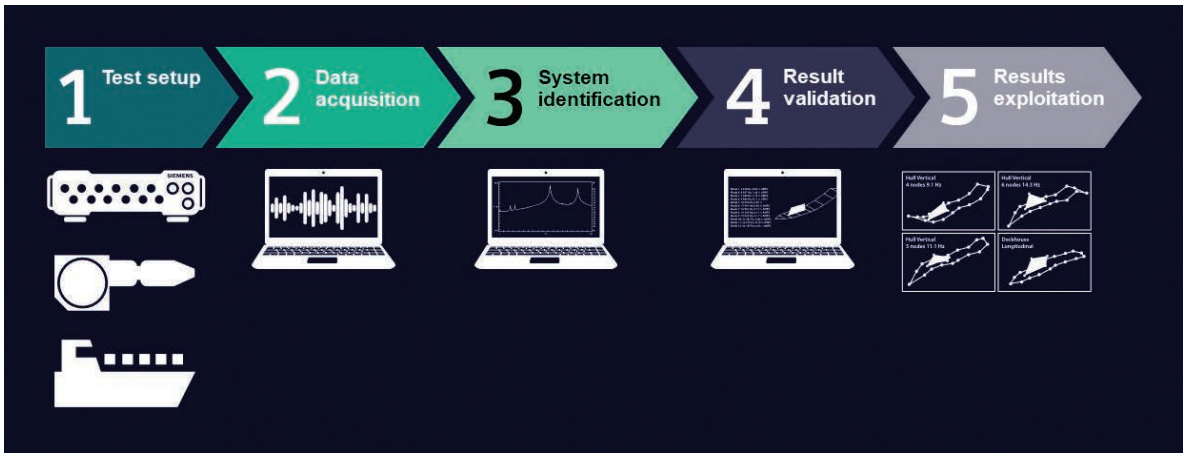


그림 1. 실험적 모달 해석 프로세스의 단계.

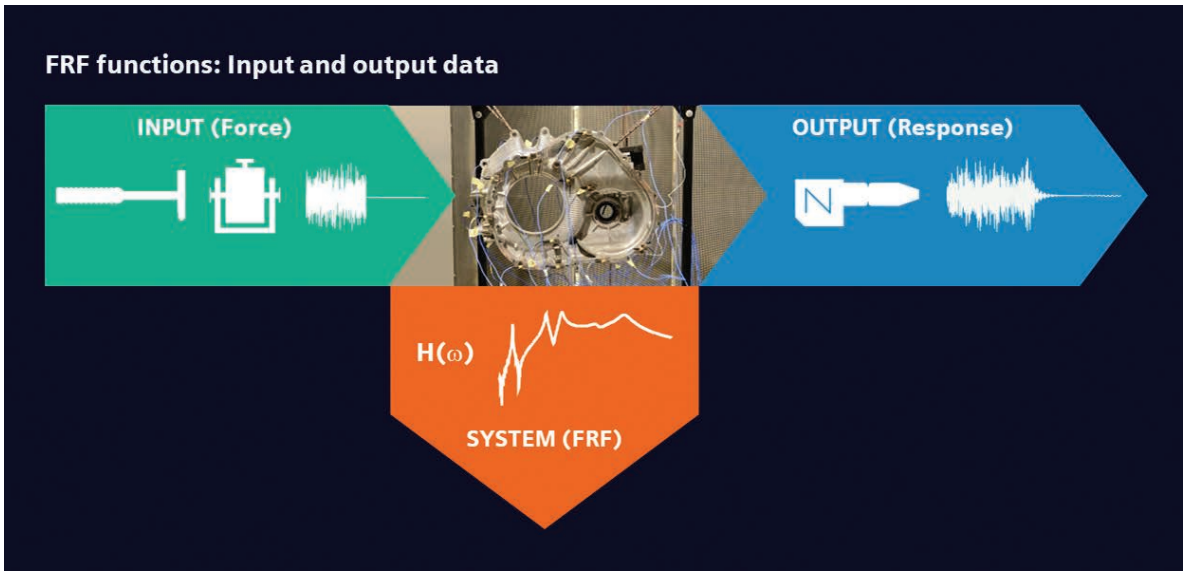
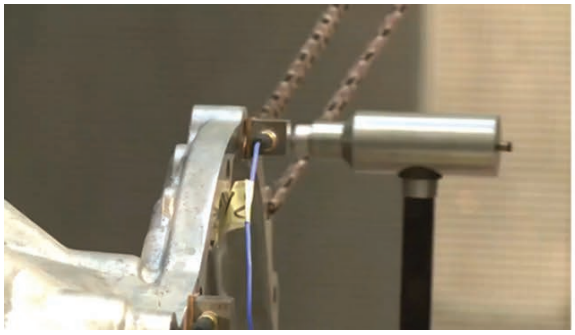


그림 2. FRF 함수는 측정된 입력 및 출력 데이터에 의해 결정됩니다.

모달 테스트에는 일반적으로 충격, 무작위 가진, 정현파 가진과 같은 알려진 입력(힘)을 구조에 적용하고 결과 응답(가속도)을 측정하는 작업이 포함됩니다. 도출된 FRF를 분석하면 구조의 고유 진동수 및 감쇠율을 알 수 있습니다. 진동 중에 구조물의 개별 부분의 상대적인 움직임을 설명하는 모드 형상도 FRF 측정에서 확인할 수 있습니다. 이러한 프로세스가 위에 개략적으로 표현되어 있습니다.

가진을 적용하거나 측정하기 위해 충격 해머 또는 전기역학적 셰이커를 사용할 수 있습니다. 두 경우 모두 부하 셀을 사용하여 힘을 기록합니다. 응답을 기록하기 위해 가장 일반적으로 사용하는 센서 두 가지는 가속도계 또는 레이저 도플러 진동계입니다. 가속도계는 유연한 이점으로 가장 선호됩니다. 레이저 진동계는 경량 구조물에서 또는 매우 높은 공간 해상도가 필요한 경우에 사용됩니다. 신호 관리, 아날로그에서 디지털로 변환, DSP(디지털 신호 처리) 및 동기화는 일반적으로 데이터 수집 시스템에서 관리합니다. 마지막으로, 경계 조건은 테스트에서 중요한 선택입니다. 자유-자유 경계 조건은 구현하기 쉬우며 FE(유한 요소) 모델의 검증을 단순화합니다. 또는 고정-자유 경계 조건도 널리 사용되지만, 클램핑을 충분히 단단하게 만들기가 항상 쉽지만은 않습니다. 그 외에는 인공 감쇠가 추가됩니다. 때로는 실제-경계 조건이 유일한 해결책입니다. 예를 들면 작동 문제 해결을 위한 경우가 있습니다.



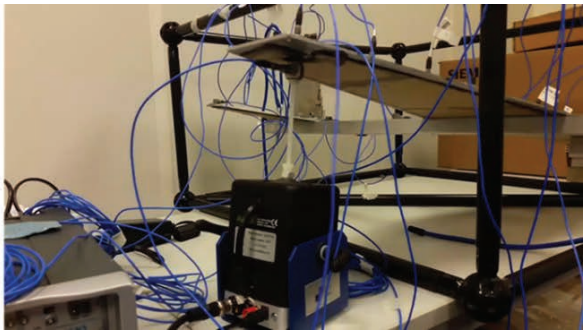


그림 3. 왼쪽은 모달 충격 해머를 사용하여 구조를 자극하는 자유-자유 조건의 설정입니다. 오른쪽은 전기 역학 셰이커로 자극되는 자유-자유 조건의 설정입니다.

실제 데이터에 기반한 작동 중 모달 해석

그림 4. 이러한 구조물에는 어떻게 가진을 적용해야 할까요?

많은 토목 공학 및 메카니컬 구조물이 물리적 크기, 형태 또는 위치로 인해 해머 또는 셰이커를 사용하여 가진을 적용하기가 어렵습니다. 또한 토목 공학 구조물은 파도, 바람 또는 교통과 같은 주변의 힘에 의한 부하를 받습니다. 이러한 자연적인 입력 힘은 쉽게 제어하거나 정확하게 측정할 수 없습니다. 하지만 경우에 따라서는 시스템 동작에 대한 환경적 영향을 고려할 때 실제 작동 및 경계 조건에서 구조물의 이러한 자연적 가진을 사용하여 모달 속성을 확인하는 것이 바람직합니다.

기존의 모달 해석 방법을 사용하려면 선박이 부두에 정박해 있어야 합니다. 모달 속성은 특수한 가진 장치를 사용하여 식별됩니다. 하지만 실제로는 이를 실현하기가 어렵습니다. 현대 선박의 치수 및 톤수의 증가로 인해 선박 전체의 공진을 자극할 수 있는 가진 장치를 설계하고 생산하는 데 충분한 에너지를 사용하기가 어렵습니다.

OMA는 고차 모드까지의 작동 조건에서 대형 선박의 전역 및 국부 구조의 진동 거동을 식별하는 강력한 수단입니다. 이는 인위적인 입력 가진 없이 실제 작동 조건에서 정확한 모달 식별을 위해 테스트 구조물의 응답만 측정하는 방식을 기반으로 하며, 구조물의 인위적 가진을 제어하기가 어렵거나 불가능한 경우에 주로 사용됩니다. Simcenter™ Operational Modal Analysis 소프트웨어와 같은 적절한 모달 추출 알고리즘으로 처리된 이러한 데이터를 사용하여 적절한 모달 매개변수를 식별할 수 있습니다.

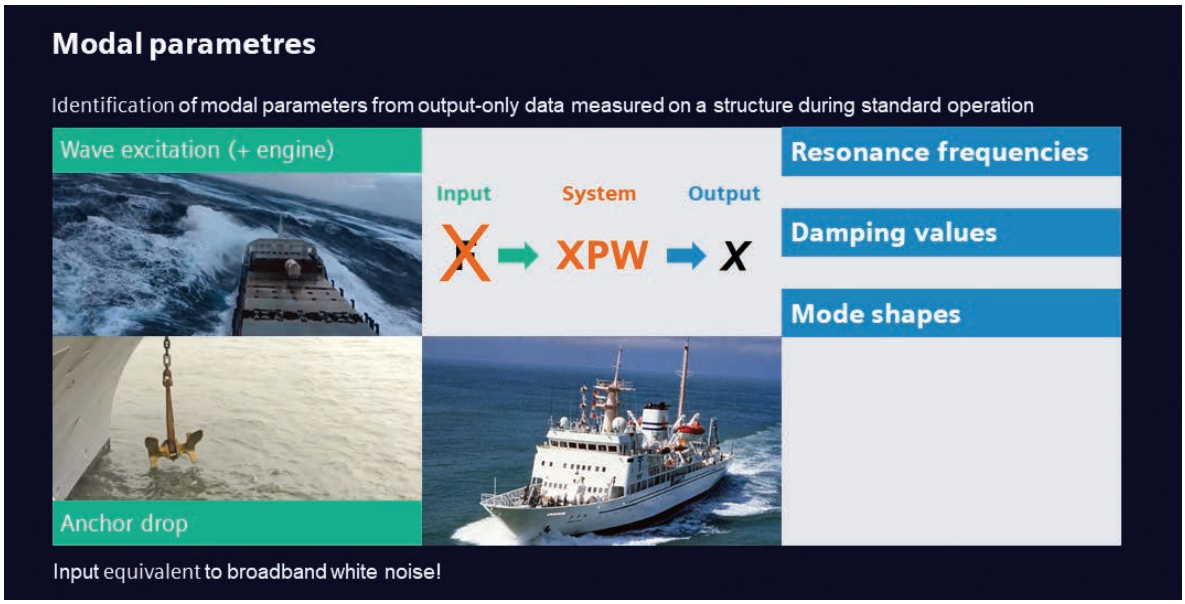


그림 5. OMA를 사용하면 출력 데이터만을 기반으로 모달 매개변수를 확인할 수 있습니다. 가진은 예를 들어 파도 가진 또는 앵커 낙하처럼 백색 소음과 유사한 광대역 스펙트럼을 갖는다고 가정합니다.

작동 중 모달 해석은 1990년대에 작동 중에 응답 측정에만 의존하여 구조에서 모달 모델을 식별하기 위해 도입되었습니다. 이 해석은 시스템에 작용하는 힘이 무작위 프로파일을 갖는 경우, 즉 진동수 스펙트럼이 평탄한 경우에 적용할 수 있습니다. 이러한 경우 일반적인 실험적 모달 해석에 사용되는 것과 유사한 모달 매개변수 식별 알고리즘이 사용됩니다. 가진 프로파일이 요구사항을 준수하지 않으면 추정된 모달 모델의 신뢰성이 낮아집니다.

작동 중 모달 해석의 실제 예시

선박의 작동 중 모달 테스트에는 일반적으로 작동 부하에 대한 응답을 측정하기 위해 구조물에 가속도계를 설치하는 작업이 포함됩니다. 그런 다음 수집된 데이터를 분석하여 구조물의 고유 진동수 및 모드 형상을 식별합니다.

일본 도쿄에 있는 도카이 대학의 연구 및 훈련용 선박에서 테스트를 수행하고 Simcenter SCADAS™ 하드웨어를 사용하여 엔진 런업, 앵커 낙하 테스트, 파도에 의한 진동 등 다양한 조건에서 광범위하게 측정했습니다. 이러한 테스트를 수행하려면 진동 측정에서 측정 위치, 측정 지점 수, 런업 시 엔진 속도 범위가 설정됩니다.

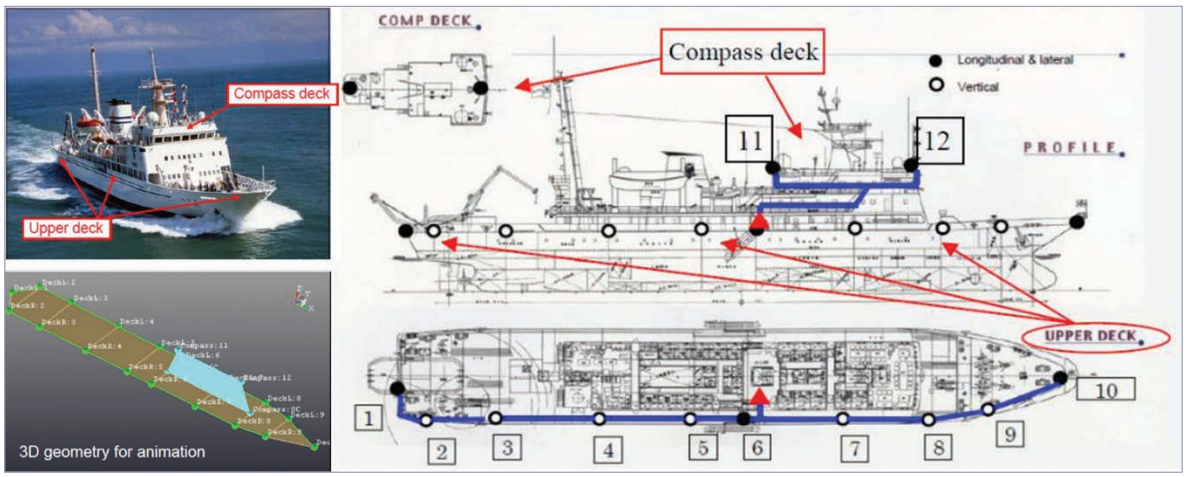


그림 6. 갑판실 구조물의 센서 위치가 표시된 선박.

작동하는 선박의 주변 가진은 프로펠러 플랜트(엔진 및 프로펠러 시스템)로 인해 중첩된 고조파 힘을 가진 백색 소음이라고 가정합니다. 따라서 선박 고조파 응답이 일반적으로 지배적이고 매개변수 식별 프로세스가 방해받을 수 있으므로 OMA를 수행하기 전에 정확한 신호 해석이 필요합니다. 선박 진동 거동에 미치는 파도의 영향에 대한 정성적 해석이 수행되었습니다.

OMA용 Simcenter Testlab™ 소프트웨어를 사용하면 현존하는 물리 모드의 수를 효과적으로 표시하고 물리적 극에 대한 최상의 추정치(고유 진동수 및 감쇠율 값)를 선택할 수 있는 안정화 다이어그램을 생성할 수 있습니다. 안정화 다이어그램을 해석하면 다음 페이지의 그림과 같이 일련의 극과 해당 작동 참조 요소가 산출됩니다.

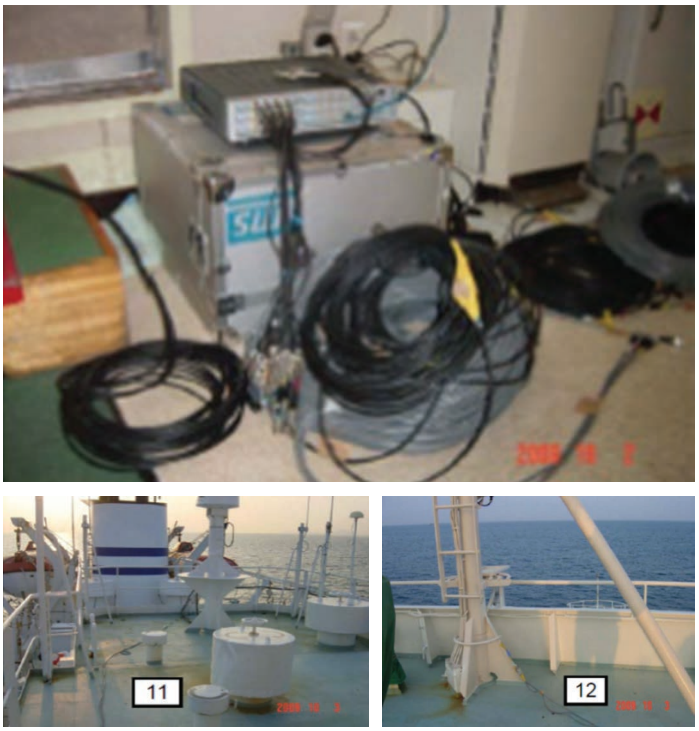


그림 7. 데이터 수집을 위해 Simcenter SCADAS를 사용하는 측정 설정 및 갑판실의 센서 위치.

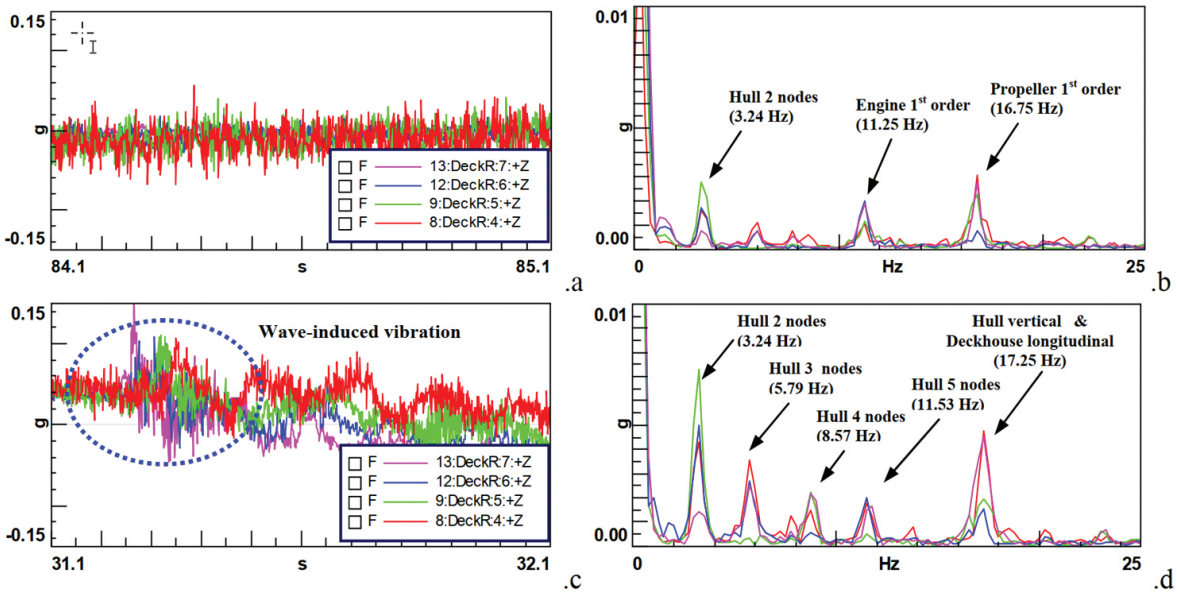


그림 8. 잔잔한 해상 조건(위)과 파도 충격(아래)에서 선체 수직 가속도의 시간 이력 및 DFT 해석. 잔잔한 해상 데이터에서는 주로 고조파가 나타나는 반면(오른쪽 상단), 파도 충격 시에는 구조적 공명이 더 많이 나타납니다(오른쪽 아래).

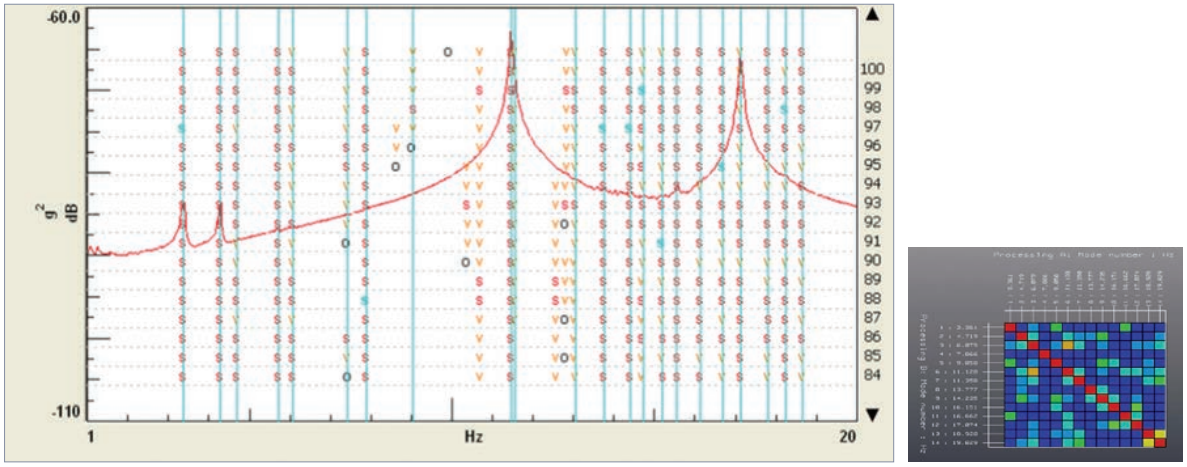


그림 9. 스펙트럼 기반의 PolyMAX 안정화 다이어그램(왼쪽). 배경 그래프는 획득한 모든 수직 가속도 신호에 대해 계산된 교차 스펙트럼의 합입니다. AutoMAC 매트릭스가 해당 PolyMAX 모드 세트에 적용되었습니다(오른쪽).

마지막으로 OMA 결과를 파도에 의한 영향 해석, 엔진 런업 테스트, 앵커 낙하 테스트에서 얻은 결과와 비교했습니다. 다양한 가진 방법으로 얻은 공진 진동수를 비교한 결과 양호하게 일치했습니다. 사소한 차이가 발생하는 원인은 조건이 완전히 동일하지 않기 때문일 수 있습니다. 예를 들어 앵커 낙하는 일반적으로 넓은 바다만큼 파도가 세지 않은 항구에서 수행되거나 엔진이 최고 속도로 작동 중이지 않을 때 수행됩니다. 파도에 의한 영향을 해석하는 경우 파도가 센 넓은 바다에 있고 엔진이 더 빠른 속도로 작동해야 합니다.

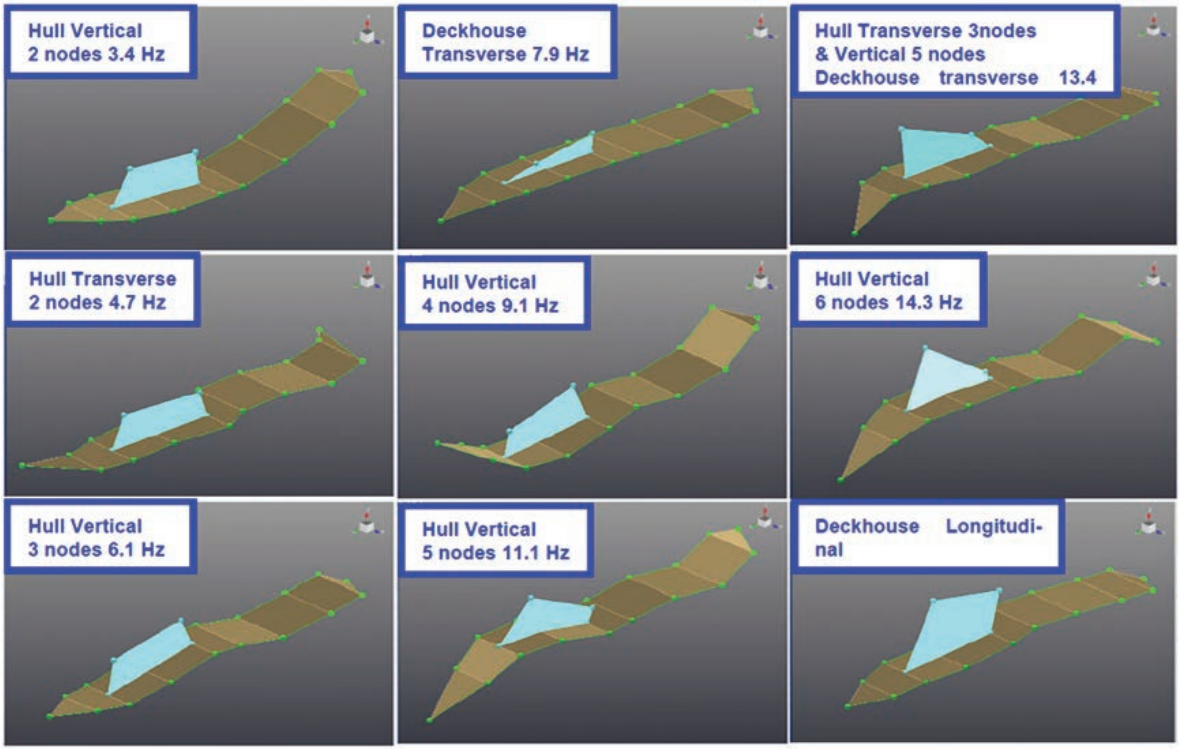
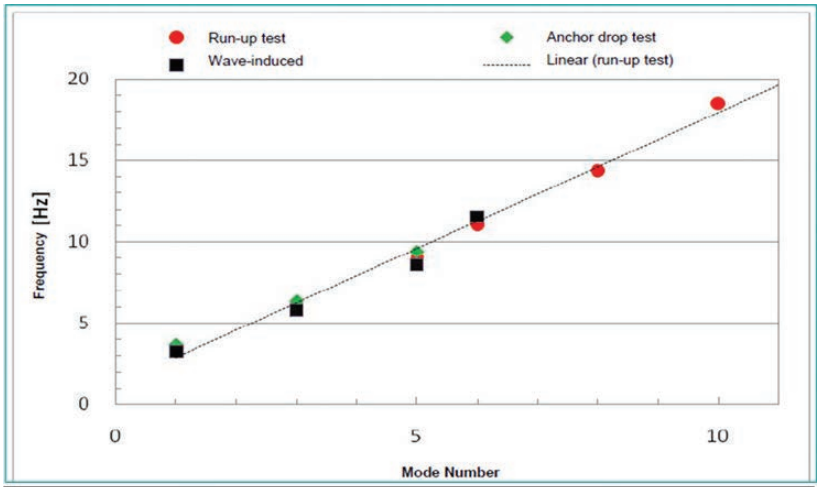


그림 10. 주 선체 및 갑판실 진동 모드 형상 및 진동수.



Vibration Mode	Runup Test	Anchor Drop Test	Wave-induced
2 nodes vibration	3.38	3.67	3.24
3 nodes vibration	6.09	6.35	5.79
4 nodes vibration	9.09	9.40	8.57
5 nodes vibration	11.30	-	11.53

그림 11. 엔진 런업 테스트, 파도에 의한 영향 테스트, 앵커 낙하 테스트 등 다양한 가진 방법으로 확인한 공진 진동수의 비교.

이 그래프를 보면 보다 현실적이고 정확한 시뮬레이션 모델을 얻기 위해 실험 측정을 통해 시뮬레이션 및 수치 모델을 검증하는 OMA의 가치를 확인할 수 있습니다.

새롭고 더 복잡한 선박을 개발하려면 시뮬레이션과 테스트가 모두 필요합니다. 선박이 아직 건조 중이거나 완성되지 않은 경우에는 시뮬레이션을 통해 해상 시험 결과를 추정하여 선박이 충돌 정지 테스트와 같은 기동 중에 어떻게 작동하는지를 평가합니다. 그러나 디지털 시뮬레이션으로 전환하더라도 예인 수조 안의 모델이든 해상 시험의 전체 선박이든 물리적 테스트는 여전히 필요합니다. 물리적 테스트는 조선소가 인증을 받고 선박을 고객에게 인도하기 전에 해상에서 수행하는 필수 테스트입니다. 주요 목적은 선박을 성능 한계까지 밀어붙여 수치 모델로는 정확하게 검증할 수 없는 최고 속도, 기동성, 장비 및 안전 기능을 확인하는 것입니다.

시뮬레이션을 사용하여 설계 의사 결정 개선

선박의 구조적 진동을 확인하고 검증하는 것은 개발 주기의 마지막 단계 중 하나입니다. 이론적으로 이는 이전에 만들어진 설계 선택의 안전성을 확인합니다. 이를 통해 선박의 디지털 표현으로 엔지니어링 프로세스를 지원하며, 복잡한 여러 요구사항을 충족하려면 구조의 설계, 크기 조정 및 최적화 프로세스를 완벽하게 파악해야 합니다.

이러한 맥락에서 구조 시뮬레이션이 물리적 테스트와 함께 어떤 역할을 하는지 살펴보겠습니다.

구조 해석의 기반이 되는 엔지니어링 프로세스

공학 분야는 서로 단절된 경우가 많습니다. 설계가 수행되는 프로그램과 부하가 도출되는 프로그램이 서로 다르고, 설계와 부하는 모두 FEM(유한 요소법) 해석을 실행하기 위한 제3의 애플리케이션을 위한 입력으로 사용된 다음 후처리됩니다.

이러한 값들이 구조 인증을 위한 입력으로 사용되기 때문에 문서화 및 부서 간의 커뮤니케이션은 물론 조선소와 선급 기관 간의 커뮤니케이션이 복잡해질 수밖에 없습니다.

이를 개선하는 방법은 다양한 도구를 이러한 프로세스를 간소화하는 하나의 엔드 투 엔드 솔루션으로 통합하는 것입니다. 이렇게 하면 CAD(Computer-Aided Design)와 시뮬레이션 데이터 관리의 지원을 받아 최적화의 가능성이 열립니다. 설계 변경이 부하 조건 및 구조적 응력에 미치는 영향을 고려하여 설계 변경을 쉽게 롤아웃할 수 있기 때문입니다. 이와 동시에 개념 설계, 예비 설계, 계약 설계 및 세부 설계 전반에 걸쳐 설계 사양을 추적하고 제어할 수 있습니다.

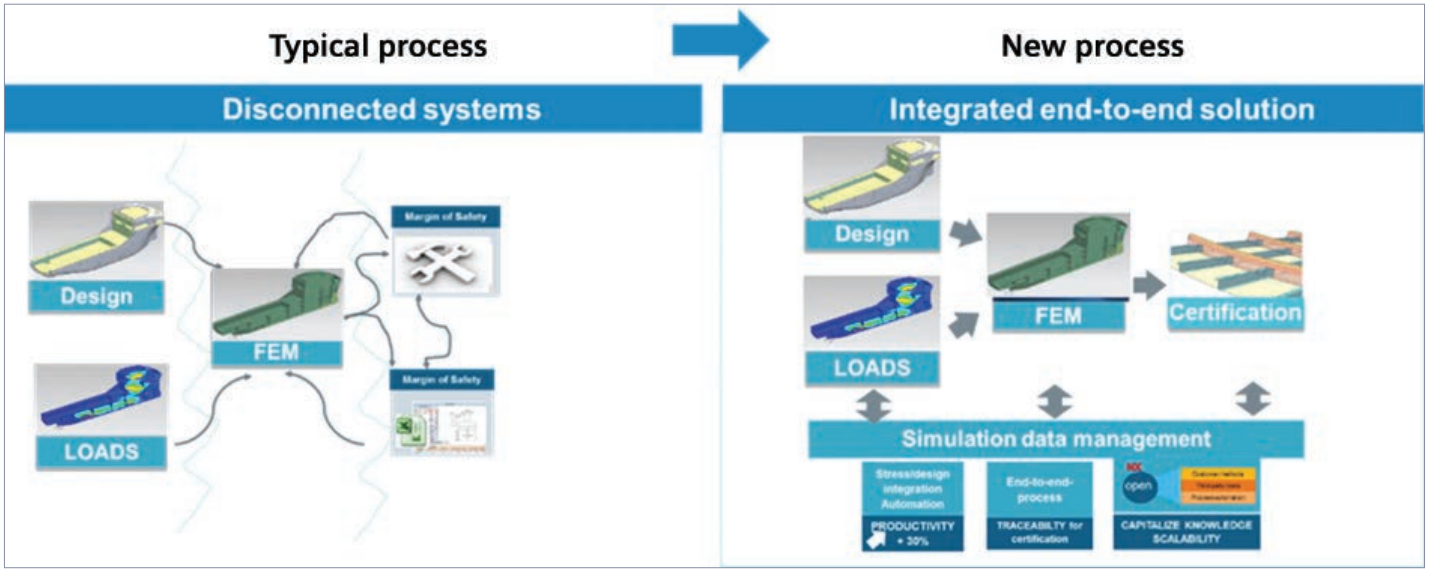


그림 12. 단절된 시스템에서 통합된 프로세스로 변경.

논리적으로 구조 시뮬레이션이 지오메트리를 기반으로 하기 때문에 그 시작은 선박 설계입니다. 해양 선박은 수천 개에서 수백만 개의 컴포넌트로 구성된 복잡한 구조물입니다. 구조의 크기 조정은 그 자체로 복잡한 작업(선체 형성, 단면 정의, 구조 보강)이며 본 백서에서는 다루지 않습니다.

(예: 전산 유체 역학 기반의 선체 형성: https://webinars.sw.siemens.com/de-DE/simulation-driven-ship-design/)

Siemens Digital Industries Software의 NX™ CAD 소프트웨어 플랫폼에는 해양 구조물 크기 조정을 지원하는 전용 수직 애플리케이션이 있습니다. 그림 13과 같이 Simcenter 3D의 시뮬레이션 기능은 같은 플랫폼에서 NX Ship Design을 직접 사용합니다. 모든 CAD 및 CAE(Computer-Aided Engineering) 데이터가 관리되는 환경에 있으므로, 모든 변경 사항이 구조 해석 프로세스 전반에서 서로 연계되어 발생합니다.

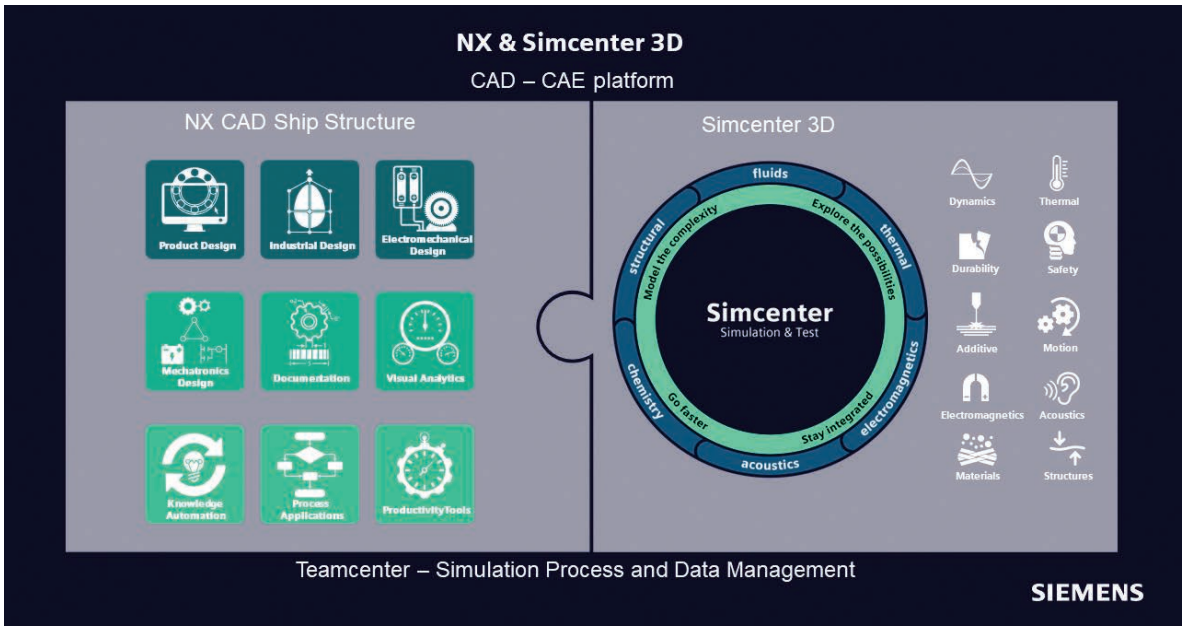


그림 13. CAD, CAE 및 데이터 관리.

구조 해석 워크플로

구조 해석의 각 단계를 살펴보겠습니다. 초기 단계는 CAE 지오메트리를 만드는 것입니다. 이 단계는 모든 곡면, 단면 및 CAD 엔티티가 올바르게 조인트되고 스티칭되도록 합니다. 다음 단계에서는 메싱 전용 규칙에 따라 유한 요소 메시와 해당 속성이 정의됩니다. 수식의 프레임워크를 통해 복잡한 부하 사례를 정의하여 손쉽게 관리할 수 있습니다.

주요 과제는 인증 부하 사례에 따른 구조적 통합이며, 이는 시뮬레이션 템플릿을 통해 구현할 수 있습니다. 후처리 템플릿을 사용하면 결과를 시각화하는 프로세스를 자동화할 수 있습니다. 이는 반복적인 부하 사례와 보고서 생성 자동화에 유용합니다. 반복되는 부하 사례의 후처리는 후처리 템플릿과 자동화된 보고서를 통해 시각화할 수 있습니다. 프로세스의 모든 단계가 동일한 플랫폼을 기반으로 완전히 CAD와 연관되므로, 한 곳에서 변경이 이루어지면 프로세스 전체에 변경 사항이 전파될 수 있습니다.

예를 들어 국부적인 설계 변경이 발생하면 CAE 지오메트리를 통해 전파됩니다. 메시의 해당 부분에 대해 메시가 재생성되면 시뮬레이션이 다시 실행되며 결과를 검토할 수 있습니다.

이 업데이트는 사용자 상호 작용이 거의 필요 없이 이루어집니다.

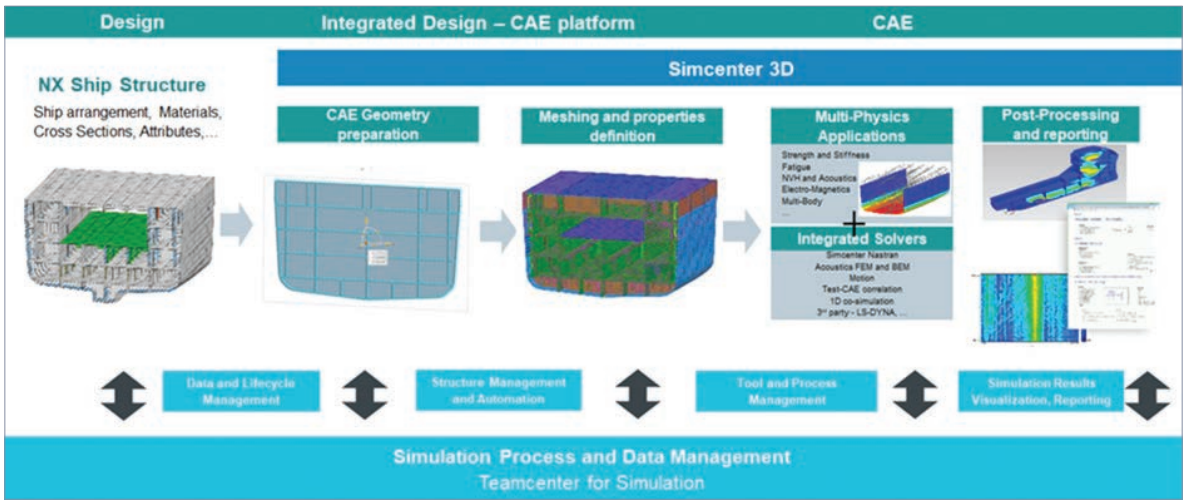


그림 14. CAD에서 메시를 거쳐 결과를 얻는 과정.

전역 FEM과 국부 FEM의 비교

대형 선박의 규모를 감안할 때 모델에는 해석 대상에 따라 다양한 수준의 해석 충실도가 필요합니다. 한편으로는 선박 전체 또는 중요 단면의 큰 부분에 대한 전역 모델이 있습니다(그림 15 참조). 이 모델은 다양한 부하 사례에 구조물의 전체적인 변형을 제공합니다. 하지만 이러한 시뮬레이션을 상세한 수준의 세부사항과 용접, 볼트 및 국부적인 세부사항의 모델링을 적용하여 실행하기는 불가능합니다. 중간 곡면화의 경우 어느 정도의 이상화와 단순화가 이루어지며, 예를 들면 수평재와 보강재를 빔 요소로 고려합니다.

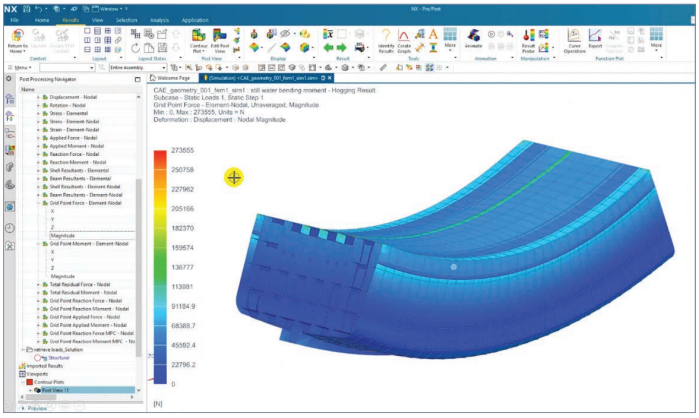


그림 15. 선박 중앙부의 전역 FEM 모델.

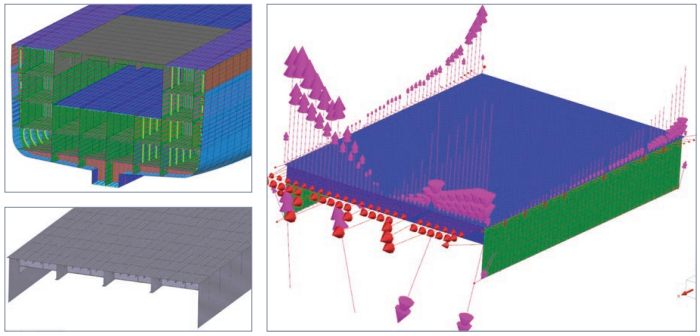


그림 16. 중요 단면의 국부 FEM 모델.

그런 다음 전역 모델의 결과를 사용하여 국부 모델로 선박에서 중요 단면을 식별하고 분석할 수 있습니다. 이렇게 하면 더 많은 세부사항을 기반으로 보강 요소, 용접 등의 국부적 응력 조건에 대한 인사이트를 제공할 수 있습니다.

고전적인 시뮬레이션 사용 사례는 응력 및 강도 해석입니다. 구조 역학은 다시 테스트로 연결하는 데도 중요한 역할을 합니다. 구조 기인 소음과 같은 문제를 고려할 때 관심 진동수는 매우 다양하며 첫 번째 고유 모드의 몇 헤르츠(Hz)부터 최대 1,000Hz 이상의 파동 가진 사이입니다.

호화 요트나 현대식 유람선을 예로 들어 보겠습니다. 고객은 더 큰 방을 원합니다. 따라서 구조적 진동과 구조 기인 소음을 최소화하면서 구조적 크기 조정의 한계를 뛰어넘는 문제가 점점 더 중요해지고 있습니다.

시뮬레이션과 테스트의 시너지 효과: 모달 해석의 예

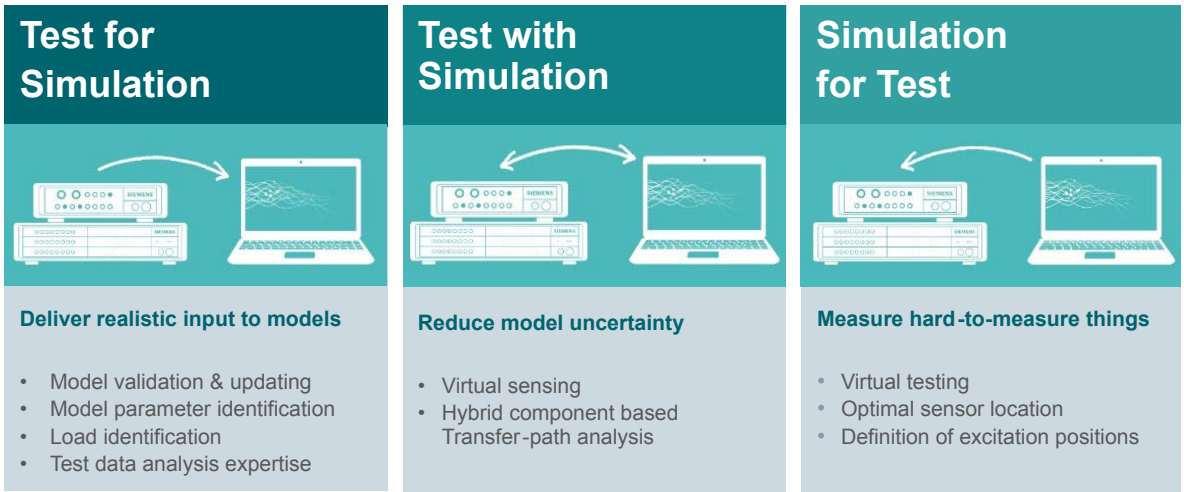


그림 17. 테스트 및 시뮬레이션의 시너지 효과.

여기에서 시스템에 대한 전반적인 이해를 위해 물리적 세계와 디지털 세계의 장점을 최대한 활용하는 것이 중요합니다. 그림 17은 시뮬레이션과 테스트가 서로를 지원하는 시나리오를 보여줍니다. 시뮬레이션 모델을 확인하고 검증하는 테스트를 수행하는 것이 가장 일반적인 사용 사례이며, 첫 번째 그림은 그 중에서 테스트의 측면을 나타냅니다. 하지만 더 나은 테스트를 수행하기 위해 시뮬레이션을 사용하는 것도 중요한 방법입니다. 모달 해석에 적용되는 계측 시간과 센서의 수는 모달 테스트의 중요한 비용 요소이며, 시뮬레이션을 통해 이 숫자를 크게 줄이는 동시에 예상되는 결과 품질을 향상할 수 있습니다.

사전 테스트, 상관 관계 및 모델 업데이트

모달 해석을 위한 구조 시뮬레이션 모델은 구조의 모드 형상과 진동수를 예측합니다. 감쇠, 재료 특성, 모델링 등과 관련된 불확실성이 있지만 초기 시뮬레이션을 통해 선박이 진동할 주요 진동수와 모양을 원활하게 파악할 수 있습니다. Simcenter 3D PreTest는 모달 해석 시뮬레이션을 사용하여 구조물에 센서를 배치하기에 가장 적합한 위치와 이상적으로 가진되는 위치를 예측하는 전용 수직 소프트웨어입니다. 이는 테스트 엔지니어를 지원하고 특정 모드를 식별하는 데 필요한 센서의 수와 배치 위치를 식별할 수 있습니다(그림 18 참조).

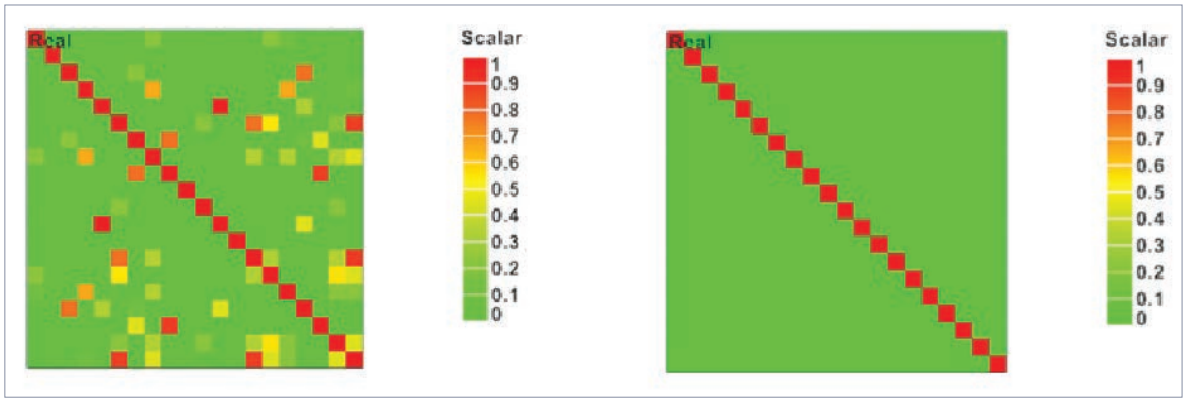


그림 18. MAC 매트릭스(센서가 부족한 경우의 보통 적합도 / 완벽한 상관 관계 - 너무 높은 비용).

구조 해석에서 음향 개선까지

구조적 진동 해석에서는 구조적 통합 및 구조 기인 소음과 관련하여 구조의 동적 가진을 정량화하는 일이 중요합니다. 진동이 소음으로 전환되는 방식을 정의하는 세 가지 기본 요소가 있습니다(그림 20 참조).

- 일반적인 소스
  - 파워트레인
  - 파도 부하
  - 해양 선박 시스템 및 장비
- 전달 경로
  - 구조적 진동이 선박을 통해 이동하는 방식
  - 공기 중의 소음이 구조에 다시 가진을 적용하는 방식
  - 점탄성 감쇠 또는 구조적 조치가 진동을 줄이는 방식
- 수신부
  - 주변으로 방출되는 요소(군함의 수중 탐지 가능성 및 항만 소음)
  - 중요한 영역(승무원 안전에서 승객의 편안함까지)의 음압 수준

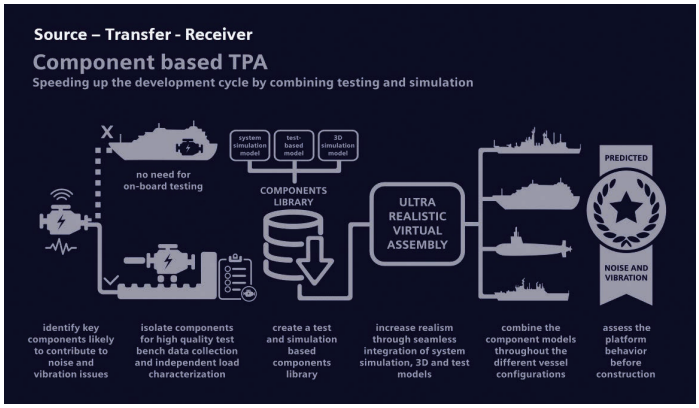


그림 19. 컴포넌트 기반 TPA - 시뮬레이션과 테스트의 결합.

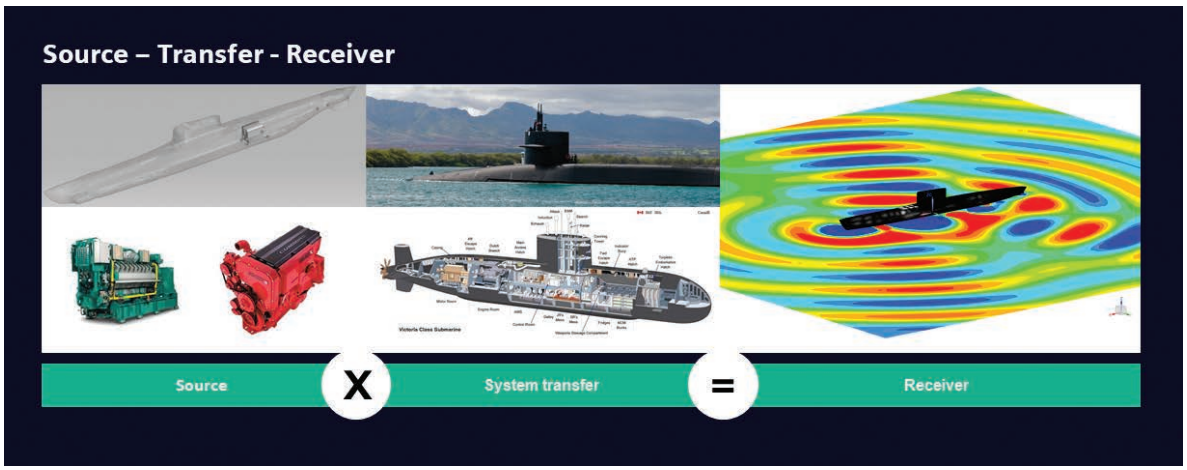


그림 20. 소스 - 전달 - 수신부.

광범위한 진동수 범위

해양 선박의 구조 엔지니어링 프로세스에는 다양한 측면이 있습니다. 구조적 통합은 작동 및 인증을 위한 기본 요소입니다. 일반적으로 안전 계수를 사용한 준정적 해석은 강도 요구사항이 충족되도록 보장합니다. 저주파 진동은 상당한 부하 증폭으로 이어질 수 있으므로 이를 파악해야 합니다.

결론

선박의 구조적 통합을 보장하는 방법은 실제 데이터를 구조 시뮬레이션과 결합하는 것이며, 이것이 바로 디지털 트윈 방식입니다.

소프트웨어 통합은 가능한 최단 시간 내에 최상의 선박을 설계하기 위한 핵심입니다. 통합 도구 모음을 사용하여 엔지니어는 팀 협업을 최적화하고, 오류 위험을 최소화하고, 생산성을 극대화합니다. Siemens Digital Industries Software는 초기 개념부터 선박 인도에 이르기까지 엔지니어가 미래의 선박을 만드는 데 활용할 수 있는 도구 모음을 제공합니다. Simcenter 포트폴리오는 단절되어 있던 여러 엔지니어링 분야를 응집력 있는 시뮬레이션 환경에서 통합합니다. Simcenter는 차세대 물리적 테스트 및 데이터 수집과 결합된 시뮬레이션에 기반한 접근 방식으로 기존 설계 방법의 한계를 극복하고 엔지니어에게 혁신적인 설계가 요구사항에 따라 수행될 것이라는 확신을 줍니다. Simcenter와 NX는 소프트웨어, 하드웨어 및 서비스로 구성된 Siemens Xcelerator 비즈니스 플랫폼의 일부입니다.

Siemens Digital Industries Software

미주 지역: 1 800 498 5351

유럽, 중동, 아프리카 지역: 00 800 70002222

아시아 태평양 지역: 001 800 03061910

다른 지역 번호는 여기를 클릭하십시오.

Siemens Digital Industries Software는 규모에 관계없이 모든 조직이 Siemens Xcelerator 비즈니스 플랫폼의 소프트웨어, 하드웨어 및 서비스를 사용하여 디지털 방식으로 혁신할 수 있도록 지원합니다. 기업은 Siemens의 소프트웨어와 포괄적인 디지털 트윈을 통해 설계, 엔지니어링 및 제조 프로세스를 최적화하여 오늘날의 아이디어를 미래의 지속 가능한 제품으로 전환할 수 있습니다. Siemens Digital Industries Software는 칩에서 전체 시스템까지, 제품에서 프로세스까지 산업 전반에서 디지털 트랜스포메이션을 가속합니다.

siemens.com/software

© 2023 Siemens. 관련 Siemens 상표 목록은 여기에서 확인할 수 있습니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자에 귀속됩니다.

85427-D3-KO 10/23 LOC