



DIGITAL INDUSTRIES SOFTWARE

시뮬레이션 기반 선박 설계

생산성 및 선박 성능에 대한 조기 인사이트를 높이기 위한 해양 설계 재고

요약

본 백서는 통합 설계 환경, 워크플로 자동화 및 지능적 설계 탐색이 어떻게 새로운 선박 설계 방식, 즉 시뮬레이션 기반 선박 설계 (SDSD)의 토대가 되는지 설명합니다. SDSD는 설계 프로세스에 대한 새로운 방식을 활용하고 기존의 비효율적인 설계 방식에서 탈피해 생산성을 높이고 극초기 설계 단계에서부터 선박 성능에 대해 보다 명확한 인사이트와 확신을 제공할 수 있습니다. 이를 통해 비용을 상당히 절감해 조선소와 선주 모두 수익성을 높일 수 있습니다. 또한, 선박 설계자가 다양한 설계 버전을 평가하고 개선점과 새로운 설계에 집중할 수 있어 점차 강화되는 선박 효율성 향상에 대한 요구사항을 충족할 수 있습니다.

목차

개요	3
기존 설계 방식의 한계	4
다른 방법 - 통합 선박 설계	5
마스터 모델, 단일 데이터 소스	5
시뮬레이션 기반 선박 설계	6
시뮬레이션 기반 선박 설계 고객 성공사례	7
고객 성공사례 결과	9
결론	10
참조	10

개요

해양 업계는 글로벌 운송망에서 매우 중요하고 필수적인 역할을 담당하며, 레저 경제에서 국제 무역 및 해군 국방에 이르기까지 모든 분야와 관련되어 있습니다. 동시에 해양 산업에 받는 압박은 어느 때보다 심각합니다.

Clarkson Research에 따르면, 2019년 11월 말까지 글로벌 선박 수주 건은 2,952대 (총합 1,000톤 이상)로 감소해 총 환산톤수(CGT) 7,430만을 기록했으며, 2019년에만 CGT 14% 하락, 2008년 피크 대비 67% 하락했습니다. 이는 2004년 이후 최저 CGT입니다.

이에 따라 조선소는 장기적인 비즈니스 지속가능성을 위해 스스로 차별화를 꾀하며 시장 경쟁력을 강화할 수 있는 방안을 찾아야 합니다.

이와 더불어 이제는 선박 건조 시 탄소 배출량 및 지구 온난화에 미치는 영향 감축을 목표로 점점 더 엄격해지는 규제까지 충족해야 합니다. 이러한 성능 목표를 충족하지 못한 데 따르는 페널티는 조선소가 감당해야 할 위험을 상당히 높이며, 완전히 새로운 감축전략을 구상해야 하는 과제도 안겨줍니다. 한편, 선주는 미래에 대비해 현재 규제는 물론, 향후 예상되는 규제 변화까지 충족할 수 있는 선박을 원합니다.

이와 같은 현실과 불확실성으로 인해 조선소와 선주 모두에게 안전한 유일한 전략은 최대한 효율적인 선박을 설계하고 건조하는 것입니다. 그 에너지원이나 관련 기술이 무엇이든 선박이 운항하는 데 필요한 에너지가 적을수록 새로운 규제를 충족하기도 쉬워집니다. 선박 효율 향상과 건조 비용 감소에 미치는 가장 큰 영향은 선박 설계 단계에서 발생할 수 있습니다. 그림 1은 기술 요구사항 전달에서 선박 인도에 이르는 전체 과정에서 비용의 추이를

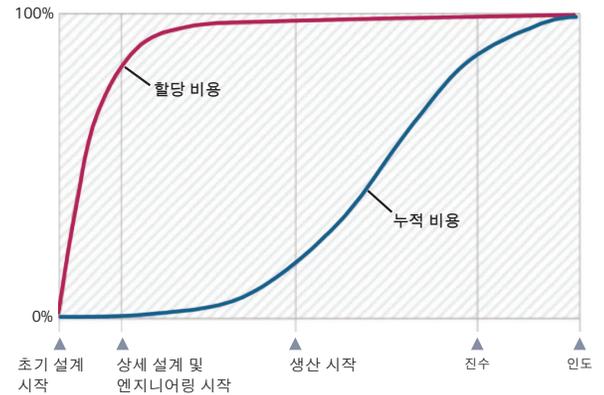


그림 1. 2011년 Fisher 및 Holbach의 연구에 기반한 전형적인 선박 건조 비용 증가. 1 최종 선박 비용 중 약 85%가 초기 설계 단계에서 결정됩니다.

보여줍니다. 할당 비용 곡선을 보면 선박의 최종 비용 중 85% 정도가 초기 설계 단계에서 결정됩니다.

상세 설계가 시작되고 나면 큰 비용 증가 없이 약간의 변화만 발생합니다. 따라서 효율을 극대화하려면 초기 설계에서 최대한 철저한 검토가 이뤄져야 합니다. 동시에 이 단계에서 비용을 약간만 절감해도 총 선박 건조 비용이 감소하면서 수익이 증가합니다.

본 백서에서는 새로운 선박 설계 방식인 시뮬레이션 기반 선박 설계에 대해 소개합니다. 이 방식은 오늘날 이용 가능한 디지털 기술을 최대한 활용합니다. 설계 프로세스를 전통적인 설계 방식에서 제품 라이프사이클 관리(PLM) 백본을 통해 전체 라이프사이클에 걸쳐 모두 연결된 지능적 알고리즘과 자동화 도구, 프로세스로 이루어진 완벽히 통합된 설계 환경으로 전환해 초기 설계 단계에서 비용을 줄이면서 성능에 대한 확신을 높일 수 있습니다. 선박 설계자는 이러한 방식을 활용해 서로 단절된 모델을

빌드하거나 호환되지 않는 데이터 세트 및 사일로화된 프로세스를 이용해 정보를 교환하는 데 시간을 낭비하지 않고, 엔지니어링 및 혁신에 집중하고 전 부문에 걸쳐 시스템 수준 최적화를 구현할 수

있습니다. 본 백서에서는 이러한 방식이 어떻게 효과를 발휘하는지 설명하고, 실제 사용 사례를 소개합니다.

기존 설계 방식의 한계

시뮬레이션 기반 선박 설계를 소개하기에 앞서 기존 선박 설계 프로세스를 살펴보겠습니다. 이 프로세스는 대개 그림 2에서처럼 설계 나선으로 묘사할 수 있습니다. 보통 이 프로세스는 선박에 대한 목표 선언으로 시작해, 비율 및 마력 추정, 선형, 일반 배치 등의 다양한 기능 요건 작업 후 트림 및 복원성 예측 등을 거쳐 최종 비용 예상으로 이어집니다. 이 시점에서 설계는 동일한 루프를 다시 거치며 더욱 정교해집니다. 이 사이클은 모든 요건이 충족돼 상세 설계를 시작할 수 있을 때까지 몇 번이고 반복됩니다.

그림 2는 이 방식이 비효율적임을 여실히 보여줍니다. 반복적이며 유연성이 부족한 이 프로세스에서는 대개 여러 팀이 연결되지 않은 도구 세트와 커뮤니케이션이 거의 없다시피 한 사일로화된 환경에서 작업합니다. 이는 진정한 설계 혁신 가능성이 전무한 시간 소모적인 프로세스로 이어집니다. 보통 처음부터 다시 시작해 동일한 목표에 대한 여러 옵션을 분석하는 대신, 기존 설계를 다듬는 것이 가장 쉬운 방법입니다. 설계 나선에 얽매이면 이윤 압박 뿐만 아니라 조선소에서 부담해야 하는 위험도 증가합니다. 그러나 이미 수십 년 간 사용돼 온 이 방법을 탈피하기란 쉽지 않습니다. 바로 이럴 때 시뮬레이션 기반 선박 설계를 활용할 수 있습니다.

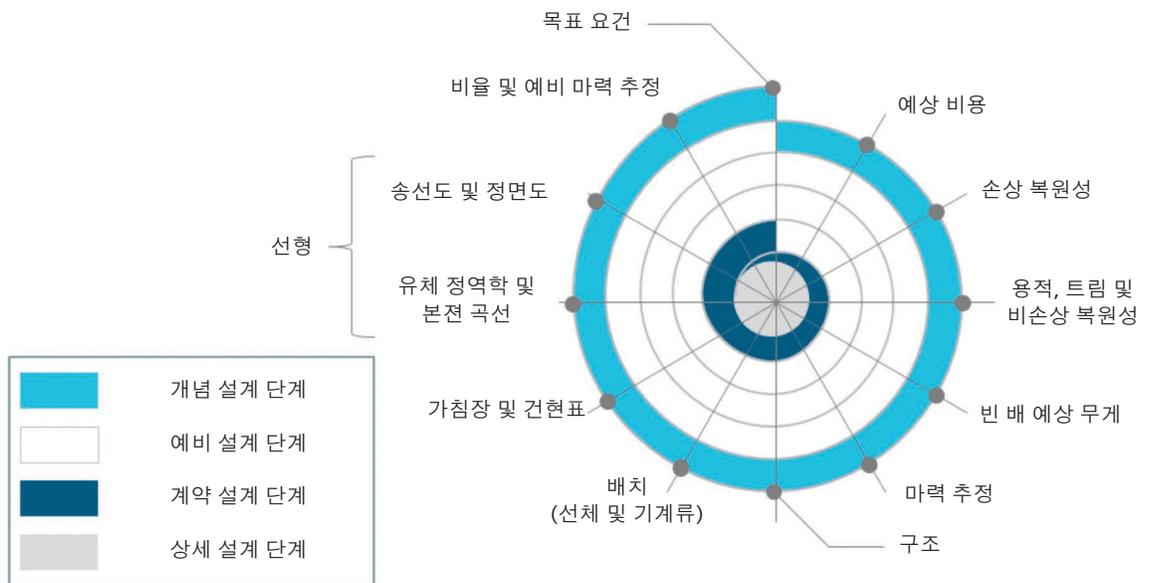


그림 2. 선박 설계 나선을 보여주는 그림입니다. 선박 설계 다듬는 과정은 요구사항 평가를 거쳐 최종 설계에 도달합니다.

다른 방법 – 통합 선박 설계

시뮬레이션 기반 선박 설계는 다양한 관점에서부터 시작됩니다. 오늘날 이용 가능한 디지털 도구를 사용해 프로세스를 간소화하고 나선을 제거하며, 모든 설계 단계를 하나로 통합해 원활한 커뮤니케이션이 이뤄진다면 어떨까요? 이렇게 간소화된 프로세스에서는 여러 설계를 분석해 설계 단계 초반에 빠르게 변경하기가 더 쉬워집니다. 이는 필요한 할당 비용 (그림 1)을 감소시키며 동시에 결정에 정확하다는 확신도 가질 수 있습니다.

그림 3은 이렇게 완전히 통합된 선박 설계 환경을 보여줍니다. 여전히 여러 설계 단계 (초기, 기본 및 상세)가 있고, 필요한 정보 수준도 다양합니다. 하지만 각 단계에서 나선이 사라졌습니다. 대신 선박의 모든 측면이 함께 분석되며, 필요에 따라 단계 간 정보 전달이 이뤄집니다. 설계 수준 간 커뮤니케이션 역시 Teamcenter® 소프트웨어 같은 PLM 시스템 형태의 데이터 백본을 통해 관리됩니다.

마스터 모델, 단일 데이터 소스

통합 설계 환경에서는 특정 설계의 모든 데이터가 함께 저장 및 연동됩니다. 각 설계 단계의 중심으로 모든 단계를 연결하는 마스터 모델은 기본 배치에서 구조 설계 및 해양 시스템에 이르기까지 필요한 모든 정보를 포함할 수 있는 단일 참조 CAD(Computer-Aided Design) 데이터 소스입니다. 마스터 모델에서 필요한 데이터만 사용해 다양한 성능 분석을 수행할 수 있습니다. 예를 들면, CFD(전산 유체 역학)를 이용한 유체 역학 연구에는 선형만 필요할 뿐, 내부 구조는 전혀 필요하지 않습니다. 이 분석과 기타 분석의 결과는 데이터 구조 내에서 관리되며 마스터 모델과 연결됩니다.

마스터 모델을 대상으로 수행한 분석이 선박 성능에 대한 정보를 제공하면 지오메트리 구조가 업데이트 될 수 있습니다. 어떤 단계에서든 마스터 모델에는 가장 효율적인 설계와 관련된 모든 정보가 포함되며, 이를 추가 검사를 위한 시작 지점으로 활용할 수 있습니다. 이 마스터 모델에 기반해 모든 엔지니어가 동시에 동일한 모델에 액세스할 수 있어 데이터와 관련된 팀 간 커뮤니케이션이나 설계 분석 지연과 같은 문제가 사라집니다.

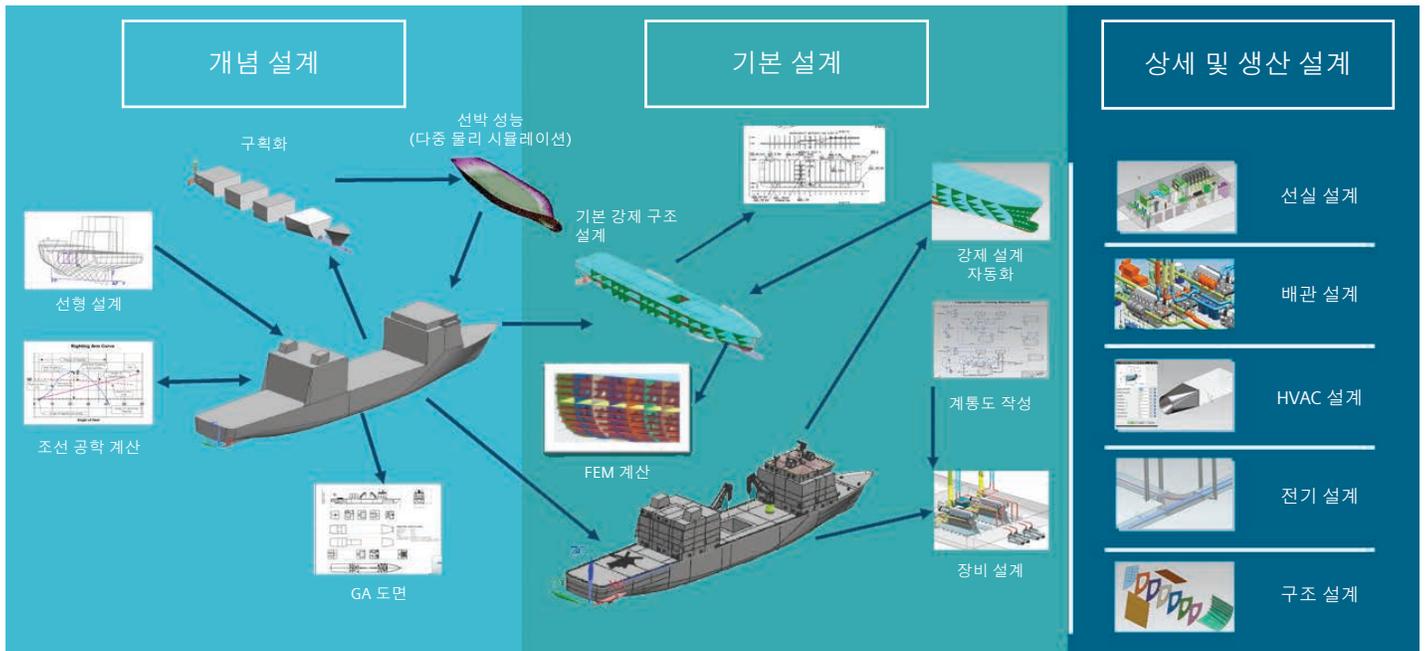


그림 3. 설계 단계 내, 설계 단계 간 커뮤니케이션이 이루어지는 통합 설계 환경

시뮬레이션 기반 선박 설계

마스터 모델로 전환해 얻을 수 있는 나름의 이점이 있지만, 진정한 생산성 향상은 시뮬레이션 기반 선박 설계로 전환하는 데서 옵니다. 이는 마스터 모델을 자동화된 시뮬레이션과 지능적 설계 탐색을 통합해 시뮬레이션 중 수작업을 줄이고 분석 가능한 설계 범위를 넓히는 효과를 가져옵니다.

설계 나선의 일부인 표준 CFD 시뮬레이션 프로세스는 수동적 성격이 강하고 많은 인력 개입을 필요로 합니다. 이 프로세스는 설계 또는 CAD 가져오기로 시작해 메싱으로 넘어가기 전에 설계를 보수하고, 테스트를 위한 물리적 특성과 조건을 설정한 후 분석을 수행하는 과정을 거칩니다. 결과가 나오면 결과를 점검해 설계가 기대 성능 요건을 충족하는지 확인합니다. 만일 충족하지 못하면 CAD 변경부터 시작해 프로세스를 반복하며 각 과정을 다시 거치게

됩니다. 이 과정의 대부분이 반복적이며, 노동 집약적인 특성으로 인해 설계 몇 건만 상세히 분석할 수 있을 뿐입니다.

시뮬레이션 기반 선박 설계는 수작업에서 벗어나 자동화된 컴퓨터 기반 프로세스로 전환합니다. 프로세스의 핵심 부분은 다음과 같습니다.

- 파라메트릭 CAD
- 자동화된 지오메트리 복구 및 메싱
- 물리적 특성 및 매개변수 설정을 위한 템플릿화된 파이프라인식 반복 가능 솔루션
- 여러 분석을 병렬로 동시에 실행
- 자동화된 도구를 사용하는 지능적 설계 최적화

그림 4는 이 프로세스의 도식을 보여줍니다. 이 절차에 따라 원하는 CAD 매개변수를 간단히 변경하고 자동화된 프로세스를 재실행하는 방식으로 원하는 만큼 충분히 시뮬레이션을 실행할 수 있습니다. 모든 시뮬레이션을 완료하고 나면 결과를 모두 통합해

살펴볼 수 있습니다. 예를 들어, 다양한 속도를 적용하며 스윙을 지정한다면, 마력 속도 곡선을 볼 수 있으며 실험계획법(DoE)을 실행한다면 핵심 성과 지표에 다양한 매개변수가 미치는 영향을 확인할 수 있습니다.

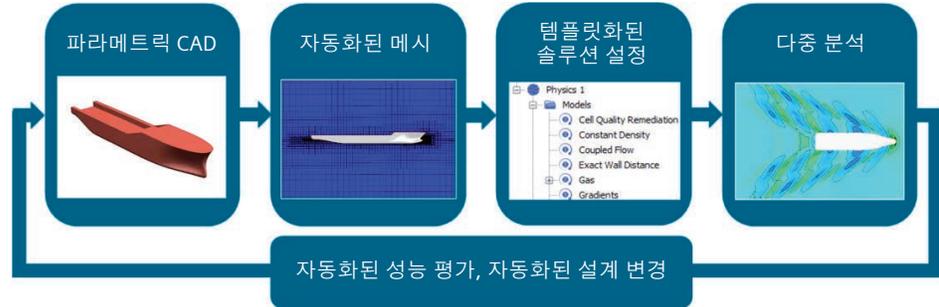


그림 4. 자동화된 시뮬레이션 프로세스. CAD의 모든 변경 사항을 빠르게 평가할 수 있어 사용자가 모델을 설정할 필요가 없습니다.

시뮬레이션 기반 선박 설계 고객 성공사례

시뮬레이션 기반 선박 설계를 통해 파라메트릭 CAD와 시뮬레이션, 자동화된 프로세스, 지능적 설계 탐색을 통합해 선박 설계를 빠르게 분석하고 최적화 할 수 있습니다. 이 섹션에서는 다목적선 (MRV) 사례에서 나온 결과를 살펴보겠습니다. 이 사례의 지오메트리는 그림 5에 나와 있습니다.

이 고객 성공사례의 목표는 더 우수하고 더 비용 효율적인 선박을 설계하는 것입니다. 비용 효율을 높이는 방법은 두 가지입니다. 하나는 조선소 측에 유리한 방법으로, 선박 건조에 투입되는 자본 비용 (CAPEX)을 줄이는 방법이며, 다른 하나는 선주에게 유리한 선박 수명 중 운영 비용 (OPEX)을 줄이는 방법입니다. 시뮬레이션 기반 선박 설계 방식을 활용하면 둘 중 하나를 선택해 최적화할 수도 있으며, 두 방법을 조화시키는 설계를 연구할 수도 있습니다.

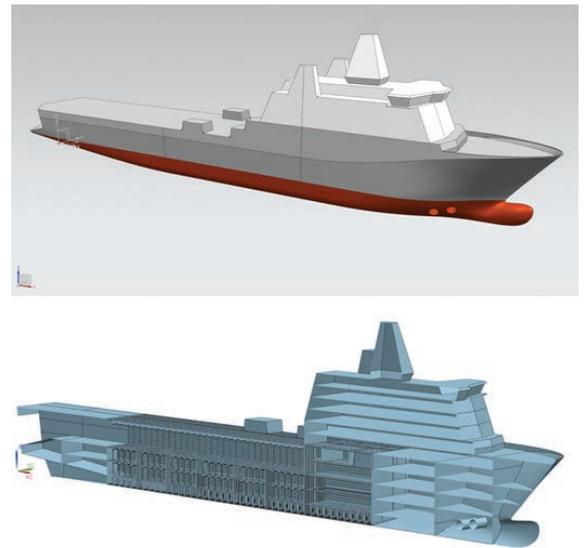


그림 5. Siemens MRV의 파라메트릭 CAD 모델

CAPEX와 OPEX 절감 목표는 성능에 지장을 줘서는 안됩니다. 즉, 목표 선언에 영향을 주지 않아야 합니다. MRV의 경우 목표 선언은 예정된 용도에 따라 달라질 수 있습니다. 이 경우의 목표 선언은 정해진 효율 목표 이상을 충족하는 순증량을 달성하는 것입니다. 이 목표 선언을 달성하려면 특정 갑판 공간뿐 아니라 순증량과 동일한 특정 배수량도 필요합니다. 여기에서는 이 점이 구속조건입니다.

이제 이 MRV 예시에서의 워크플로를 살펴보겠습니다.

1. 그림 5의 CAD 마스터 모델은 NX™ 소프트웨어에 저장돼 있으며, 여기에서 직접 일반 배치도를 가져올 수 있습니다. 일반 배치도는 NX에 있는 마스터 모델과 직접 연결돼 있어 도면은 항상 최신 상태로 유지됩니다. 여기에서는 기본 설계의 선박 선형 수정에 사용할 수 있는 여덟 가지 독립 변수 (매개변수)를 정의하기로 했습니다. CAD를 이용해 갑판 면적 (구속조건 하나) 및 기타 모든 표면적을 측정할 수도 있습니다.

2. 정해진 구속조건을 사용해 유체 정역학 및 비손상 복원성을 계산해 선박 복원성을 확보합니다.

이 예에서는 Siemens Digital Industries Software의 다중물리 CFD 솔버인 Simcenter™ STAR-CCM+™ 소프트웨어를 사용했지만 다른 복원성 도구를 대신 사용해도 됩니다. 계산은 최신 설계 버전을 대상으로 자동으로 수행됩니다.

3. Simcenter STAR-CCM+를 사용해 가상의 예인 수조 시뮬레이션 (유체 역학)을 수행합니다. 지오메트리를 전반적으로 해석하고 선체 저항을 계산합니다.

4. 정해진 목표를 기준으로 결과를 해석합니다. 이를 바탕으로 파라메트릭 CAD 데이터를 변경해 지오메트리 설계를 변경합니다.

5. 여러 설계를 탐색하고 시뮬레이션 기반 설계 방식으로 전환하기 위해 이제 이 전체 프로세스를 HEEDS™ 소프트웨어로 수행합니다. 이 모두가 합쳐지면 정말 강력한 솔루션이 탄생합니다. 여기에서는 HEEDS가 모든 설계 변수를 직접 수정하고, Simcenter STAR-CCM+에 필요한 모든 입력 파일을 생성하고, 시뮬레이션을 실행하면서 CAPEX와 OPEX를 모두 최소화하는 최적의 설계 절충안 (하나 이상일 수 있음)을 지능적으로 검색합니다. 이 프로세스에서 HEEDS는 마스터 모델에 저장된 원본 가상 프로토타입 컨셉트의 모든 선형 변수를 축소하거나 다른 대리 모델링을 사용하지 않고 그대로 사용합니다.

이 워크플로가 그림 6에 도식으로 나와 있습니다. 이 시뮬레이션 기반 방식은 설계 나선을 없애고, 설계 탐색 소프트웨어가 수행한 여러 설계를 빠르게 검토할 수 있는 프레임워크를 제공합니다.

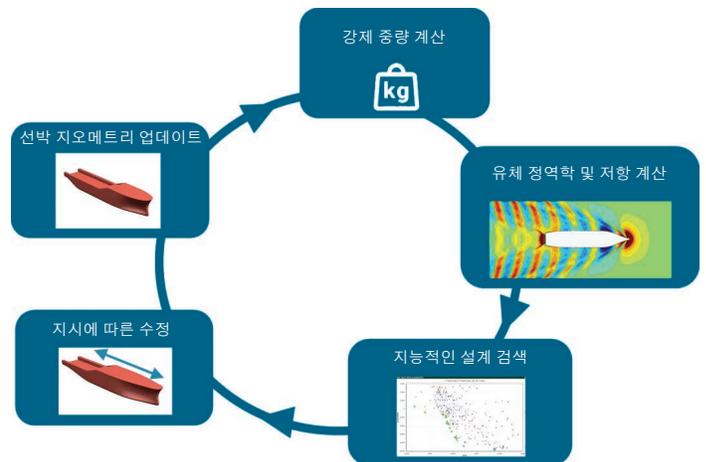


그림 6. 시뮬레이션 기반 선박 설계.

고객 성공사례 결과

MRV와 같은 예시의 경우, CFD 시뮬레이션당 24개 코어를 갖춘 Linux 클러스터 하나를 사용하여 4일 동안 500개의 설계를 평가할 수 있습니다. 설계 당 계산이 두 시간 정도 소요됩니다. 물론 사람이 아닌 컴퓨터의 작업 시간입니다. 초기 설정이 완료되면 HEEDS가 선박 설계자가 지정한 설계 구속조건 내에서 자동으로 이 프로세스를 실행합니다. 선박 설계자는 이 자동화된 시뮬레이션 기반 방식을 사용해 수동으로 시뮬레이션을 설정하고 실행하는 대신, 설계와 인사이트를 활용해 자유롭게 작업할 수 있습니다.

설계 500건을 파악하는 작업은 만만치 않지만, 결과를 다양한 방식으로 해석해 여러 구속 조건의 전체적인 영향을 살펴볼 수 있을 뿐 아니라 각 설계도 한층 상세히 검토할 수 있습니다.

그림 7은 모든 설계 변형의 요약 플롯을 상대적인 CAPEX 및 OPEX 예측값과 함께 예시로 보여줍니다. 파란색 점은 모두 실현 가능한 설계지만, 최선의 설계(가장 낮은 CAPEX 및 OPEX 값으로 목표 선언을 충족하는 설계)는 초록색으로 표시돼 있습니다. 이 플롯의 각 점마다 완전한 시뮬레이션 결과를 확인할 수 있어 선박 설계자는 원하는 설계를 선택해 보다

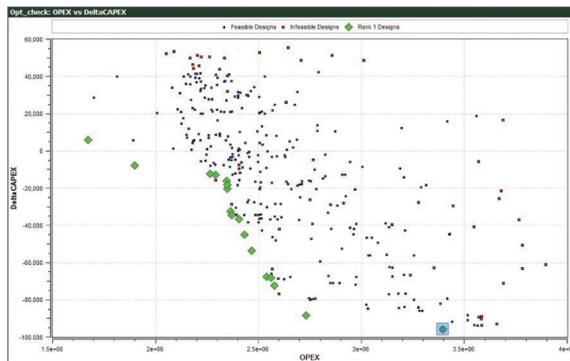


그림 7. 상대적인 CAPEX 및 OPEX와 함께 검토한 모든 설계를 보여주는 개요. 설계 구속 조건을 충족하는 다양한 실행 가능한 설계 (초록색)가 있습니다.

자세히 검토할 수 있습니다. 이를 통해 설계에 따라 실현 가능 여부가 달라지는 이유나 다른 설계보다 더 낫게 만드는 매개변수 조합을 파악할 수 있습니다.

여기에서는 다양한 설계 구속조건의 영향을 비교해 볼 수도 있습니다. 평행 좌표 (그림 8 참고)는 어떤 매개변수 조합이 특정 추세를 유발하는지 보여주며, 이를 고객과 논의 시 공유할 수도 있습니다. 예를 들어, 운항사가 더 넓은 갑판 공간을 원한다면 이를 충족하는 최선의 방법과 기타 설계 구속조건의 변경을 플롯 하나로 보여줄 수 있습니다.

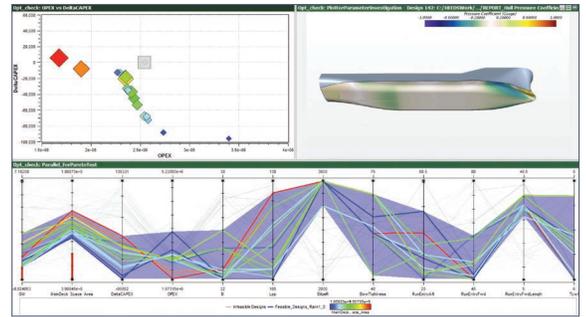


그림 8: 왼쪽 상단에 표시되어 있는 다양한 설계에 대한 설계 구속 조건의 기여도 비교; 갑판 공간 크기 소 (파란색) ~ 대 (빨간색).

따라서 데이터를 통해 어느 매개변수가 다음과 관련되는지 파악할 수 있습니다.

- 건조 비용은 높지만 운항 비용은 낮은 설계
- 건조 비용은 낮지만 운항 비용은 높은 설계
- 그 중간에 위치하는 설계

이 정보를 활용해 개발 계획을 정하거나 설계 초기 단계에 선주와 논의할 수도 있습니다. 또한 이렇게 상세한 정보와 이해는 극초기 설계 단계부터 설계에 영향을 미쳐 요구사항을 더 잘 충족하는 데 도움이 되며, 비용 및 성능 불확실성을 최소화 한 설계로 경쟁력 있는 입찰을 지원합니다.

물론 설계 500건이 모두 실행 가능한 것은 아닙니다. 이 사례에서는 약 20%의 설계가 실행 불가능했고, 하나 이상의 정해진 구속 조건을 위반했습니다. 선박 설계자는 이 구속 조건 위반 빈도를 분석해 구속 조건을 충족하는 것이 얼마나 어려운지, 그 이유는 무엇인지 상황을 파악할 수 있습니다. 이는 해당 구속 조건이 얼마나 엄격한지 보여줄 수 있습니다. 이 구속 조건을 아주 조금 완화하는 것만으로 한층 효율적인 설계를 찾아낼 수 있습니다.

결론

본 백서는 새로운 선박 설계 방식인 시뮬레이션 기반 선박 설계에 대해 다루고 있습니다. 이 방식은 기존의 비효율적인 설계 나선에서 벗어나 생산성을 높이며, 극초기 설계 단계에서부터 선박 성능에 대해 보다 명확한 인사이트와 확신을 제공합니다. 고객 성공사례 예시는 이 방식을 통해 선박 설계자가 다양한 설계 버전을 평가하고, 점점 더 높아지는 선박 효율 향상에 대한 요구사항을 충족할 수 있음을 보여줍니다. 시뮬레이션 기반 선박 설계를 통해 설계 비용을 상당히 절감해 조선소와 선주 모두 수익성을 향상시킬 수 있습니다. 가장 높은 상대적 비용은 이제 엔지니어링 시간이 아니라 컴퓨팅 시간입니다.

이는 고객 성공사례에 이미 잘 나타나 있습니다. 해양 산업은 디지털화의 이점을 수용하여 당면한 비즈니스 및 환경 문제를 해결하고 수익성을 높이며 혁신을

추진할 수 있습니다. Siemens는 시뮬레이션 기반 선박 설계와 이 방식을 사용하는데 필요한 모든 도구를 관리할 수 있는 기술 프레임워크를 갖추고 있습니다.

Simcenter는 소프트웨어, 하드웨어 및 서비스의 포괄적이고 통합된 포트폴리오로, 동급 최고의 CAE(Computer-Aided Engineering)와 PLM 도구를 결합합니다. 또한 혁신 중심의 디지털 트랜스포메이션을 가속하는 소프트웨어, 서비스 및 애플리케이션 개발 플랫폼의 통합 포트폴리오인 Siemens Xcelerator의 일부입니다. 이 포트폴리오는 현재 클라우드에서 제공되므로 접근성, 확장성, 유연성이 더 높아졌습니다. Siemens XaaS(Siemens Xcelerator as a Service)는 협업과 영역 간 기능을 한층 더 강화하며 핵심 고객 이점을 제공합니다.

참조

1. J.O. Fischer, G. Holbach. 조선 부문의 비용 관리 GKP Publishing, 2011.

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 [여기](#)를 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 Software**는 칩에서 전체 시스템까지, 제품에서 프로세스까지 산업 전반에서 디지털 트랜스포메이션을 가속합니다.

[siemens.com/software](https://www.siemens.com/software)

© 2022 Siemens. 관련 Siemens 상표 목록은 [여기](#)에서 확인할 수 있습니다. 기타 모든 상표는 해당 소유자에 귀속됩니다.

81946-D8-KO 3/24 LOC