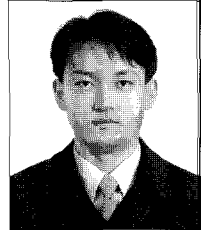


IT를 접목한 선박 설계 자동화 기술 소개

Introduction to Automation Technologies for Ship Design based on IT



노명일*

*울산대학교 조선해양공학부 교수

선박은 자동차, 항공기 등과 같이 생산 업체가 주도하는 다품종 대량 생산 방식(“제품의 사양 등을 생산 업체가 내부적으로 결정”)으로 만들어지는 것이 아니라 선주가 주도하는 다품종 소량 생산 방식(“일품 수주 생산 방식 - 제품의 사양 등을 제품의 구매자인 선주가 결정”)으로 만들어진다. 따라서 자동차, 항공기 등은 하나의 제품을 잘 설계해 두면 동일한 제품을 동일한 생산 라인을 이용해 계속적으로 만들어 낼 수 있지만, 선박은 동일한 제품이라도 선주의 요구가 각각 다르고, 조선소의 작업 공간 즉, 도크(dock) 및 작업 일정에 따라 생산(조선에서는 건조라고 함) 방법이 모두 달라진다.

선박은 선주와의 계약(contract) 체결 후, 설계(design), 강재 절단(steel cutting: 강판을 처음 절단하는 시점), 용골 배치(keel laying: 첫 번째 블록을 도크에 내려놓는 시점), 진수(launching: 선박을 처음 물에 띄우는 시점)를 거쳐 선주에게 최종 인도(delivery)된다. 선종에 따라 다르나 원유를 30만 톤 적재할 수 있는 대형 유조선(VLCC: Very Large Crude oil Carrier)의 경우, 계약부터 인도까지 약 1년이 소요되고 있으며 이 중 설계 기간이 약 40~50%를 차지한다. 과거에 비해 선박 건조 기간이 상당히 짧아졌으나 아직까지도 조선소의 최대 관심 사항 중 하나는 설계와 생산 과정에서의 소요 시간을 최소화 하는 것이다. 따라서 여기에서는 자동화를 위한 핵심 기술로 일컬어지는 IT(Information Technology)를 선박

설계 과정에 적용하여 설계 공기를 단축할 수 있는 몇 가지 예를 간략히 소개한다.

1. 3차원 CAD 모델에 의한 선박 제품 정보 표현

선박과 같은 제품의 초기 설계 단계에서는 제품의 개념을 신속하게 구체화하여 제품의 기능, 구성, 부재간 관계, 치수 및 간단한 형상들을 정의한 후, 검증 작업을 통해 가장 최적화된 설계 결과를 확정하게 된다. 이때, 최종 결과물은 2차원 도면이며, 여기에 제품에 관한 대부분의 정보가 표현된다. 과거에는 도면을 손으로 직접 작성했으나 최근에는 컴퓨터를 이용하여 도면 작성을 하고 있다. 그러나 컴퓨터를 이용한 도면 작성 작업도 설계 정보의 전달 및 활용 관점에서 살펴보면 과거의 수작업에 의한 도면 작성 방법과 내용상으로는 큰 차이점이 없다. 즉, 두 방법 모두 도면으로 설계 결과를 제공하기 때문에 후속 공정에서 설계 정보를 이용하기 위해서는 다른 설계자가 도면을 보고 설계 내용을 이해한 후 필요에 따라 재입력을 해야 하므로 설계 정보 흐름의 지연이 발생한다. 또한, 이 과정에서 설계 정보의 잘못된 이해로 인한 오류 및 정보의 누락이 발생할 수 있다. 이와 같이, 현재의 2차원 도면이 작성되는 초기 설계 단계에서는 다른 분야에서와 마찬가지로 설계자의 의도를 반영하면서 제품 정보를

정의할 수 있는 CAD 시스템의 지원이 잘 되지 못하고 있다. 즉, 이러한 시스템의 미비로 초기/상세/생산 설계 단계에서 선체 구조에 대한 제품 정보 즉, 선체 구조 정보가 자동적으로 전달되지 못하고 2차원 도면에 의해 전달되어 다시 다른 설계자에 의해 도면 내의 선체 구조 정보를 재해석 후 재입력해야 하는 추가의 작업을 필요로 하고 있는 실정이다. 실제로 현재 국내 조선소들이 서로 앞 다투어 초기 설계 단계부터 3차원 CAD 모델링을 수행하려고 계획하고 있으나, 설계 개념이 구체화되지 않아 설계 변경이 빈번히 발생하게 되는 초기 단계를 효과적으로 지원할 수 있는 선체 모델링 시스템을 확보하고 있지 못하는 실정이다.

하지만 설계 단계간 정보 흐름의 단절없이 초기 설계 단계에서 다양한 선종의 선체 구조에 대한 설계자의 의도 및 제품 정보를 저장할 수 있고, 나아가서 후속 공정에서 필요로 하는 3차원 CAD 모델을 조기에 생성해 줄 수 있는 선박 제품 모델링 기술이 있다면 설계 공기를 단축시킬 수 있을 것이다. 그림 1은 선박에 대한 3차원 CAD 모델, 즉

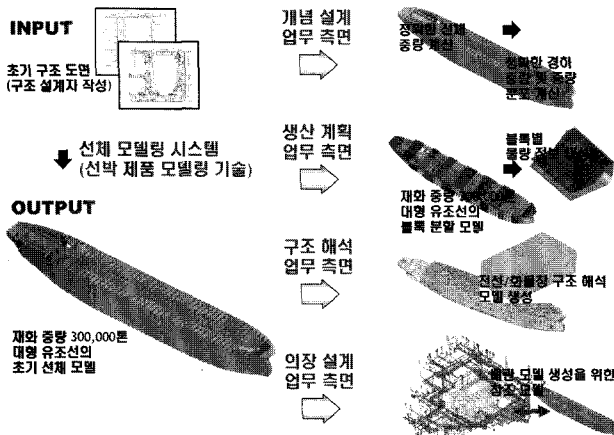


그림 1 선박 제품 모델의 활용 예

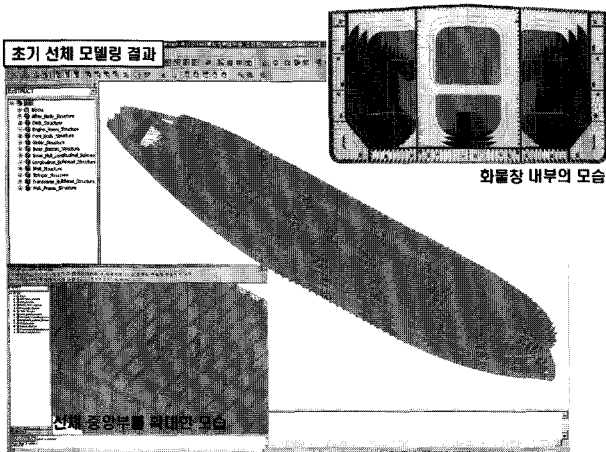


그림 2 대형 유조선에 대한 선박 제품 모델 예

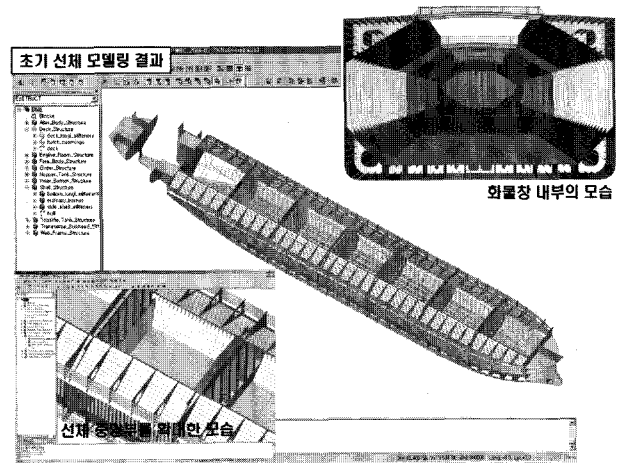


그림 3 살물선에 대한 선박 제품 모델 예

선박 제품 모델(ship product model)의 활용 예를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이, 선박 제품 모델은 개념 설계, 생산 계획, 구조 해석, 의장 설계 등 다양한 설계 업무에서 더 빠르고 정확한 결과의 산출을 위해 효과적으로 활용될 수 있다. 그림 2와 3은 선박 제품 모델링 기술을 이용하여 각각 대형 유조선과 살물선(bulk carrier)에 대한 선박 제품 모델을 생성한 예를 나타낸다.

2. 선박 제품 모델을 이용한 물량 정보(production material information) 생성

선박과 같은 거대 구조물(원유를 300,000톤 실을 수 있는 대형 유조선의 경우, 길이는 320m, 폭은 60m, 깊이는 30m 정도임)은 자동차와 같이 한번에 제작할 수 없다. 따라서 여러 개의 작은 블록들로 먼저 분할하여 각각 조립하고, 이 블록들을 다시 여러 개씩 합쳐 보다 큰 블록들을 만들게 된다. 그 후 도크 내에서 이 블록들을 다시 일정한 순서로 탑재(erection, 블록들을 도크 내에서 크레인을 이용, 서로 조립 또는 용접하는 것)하여 하나의 선박을 완성하게 된다. 즉, 선박의 건조 과정은 마치 레고 블록을 조립하여 하나의 큰 제품을 만드는 것이라고 볼 수 있다. 이때, 선박의 효율적인 건조를 위해서는 각 선박을 어떻게 다수의 블록 및 탑재 블록들로 나누어(“공정 계획”) 어떤 일정으로 도크 내에서 탑재할지(“일정 계획”)를 결정해야 하며 이러한 작업은 조선소의 초기 공정 및 일정 계획 단계에서 이루어진다.

앞서 언급하였듯이 조선소의 초기 공정 및 일정 계획 단계에서는 선박 건조를 위한 작업 방법, 작업 일시, 소요 자원의 양 등을 조선소의 제한된 조건에 맞게 결정하게 되는데, 이러한 작업을 수행하기 위해서 선박의 물량 정보가 필요하다. 초기 공정 및 일정 계획 단계에서 필요로 하는 물

량 정보로는 중량, 무게 중심, 도장 면적, 용접 물량 계산에 사용되는 접합 길이(joint length, 취부 길이라고도 말함) 등이 있으며, 이러한 정보들은 임의의 작업 시점에서 블록별로 제공되어야 한다. 각 조선소의 가장 중요한 재원은 도크와 블록을 탑재하기 위한 크레인이라 할 수 있다. 일반적으로 하나의 도크 내에는 동시에 여러 선박이 함께 건조되기 때문에 하나의 선박을 건조할 때 너무 많은 수의 블록으로 나누어 조립 후 도크 내에서 탑재하게 되면 그만큼 해당 선박의 도크 점유율은 증가하게 되어 조선소의 생산성에 막대한 영향을 끼친다. 따라서 조선소에서는 블록을 탑재하는 크레인의 최대 용량을 고려하여 해당 선박을 최소한의 수의 블록들로 분할하게 된다. 이때 가장 중요한 것이 해당 블록의 비교적 정확한 중량과 블록 탑재 시 크레인과 연결을 위해 필요한 블록의 무게 중심 위치의 계산이다. 그리고 블록의 도장 면적은 블록의 도장 공정 시 요구되는 도료의 양과 공수(man-hour)를 계산하는데 필요한 정보이다. 또한, 블록간 접합 길이는 해당 블록을 도크 내에서 탑재할 때 요구되는 공수를 계산하기 위해 필요하며, 블록 내부의 접합 길이는 해당 블록을 조립 공장에서 조립하기 위해 요구되는 공수를 계산하기 위해 필요하다.

공정 및 일정 계획을 위해 필요로 하는 이와 같은 블록의 중량, 무게 중심, 도장 면적, 접합 길이 등을 초기에 정확히 계산해내기란 그리 쉬운 일이 아니다. 현재 조선소에서는 이러한 정보를 2차원 도면과 과거의 실적선 자료 및 설계자의 경험을 이용하여 수 계산으로 계산하고 있으며 따라서 계산된 물량 정보의 정확성에 대한 신뢰도는 다소 낮다고 볼 수 있다. 하지만 이러한 과정 역시 기존의 실적선이 존재하는 선박의 경우에는 가능하나 그렇지 않은 신조선(new built ship)의 경우에는 어려운 점이 있다. 그런데 초기 설계 단계에서 선체 구조에 대한 3차원 CAD 모델 즉, 선박 제품 모델을 확보할 수 있고, 이 모델을 다수의 블록

으로 분할할 수 있다면 각 블록을 구성하는 선체 구조 부재들로부터 초기 공정 및 일정 계획 단계에서 필요로 하는 블록별 물량 정보를 정확하게 계산할 수 있다. 나아가서 해당 선박을 다양한 방법으로 다수의 블록들로 분할하고 도크 내에서 가상적으로 탑재해 볼 수 있다면 이는 최적의 공정 및 일정 계획을 수립하는데 도움이 될 것이다. 그림 4는 선박 제품 모델을 이용하여 대형 유조선의 중앙부 블록에 대한 물량 정보를 계산한 예를 나타낸다.

3. 선박 제품 모델을 이용한 선체 구조 해석 모델 생성

최근 선주와 선급(classification society)의 요구 및 조선소 자체의 구조 설계에 대한 안정성 검증에 대해 구조 해석에 대한 필요성이 증대되고 있으며, 이에 부응하여 현재 조선소에서는 다양한 구조 해석이 수행되고 있다. 일반적으로 구조 해석 업무는 대상 선박의 구조 해석 모델(structural analysis model, 또는 유한요소 모델(finite element model)이라고도 함)을 생성하고 필요한 경계 조건 및 하중 조건을 부과하기 위한 전처리 과정(pre-processing), 구조 해석을 실제로 수행하기 위한 해석 과정(solving), 구조 해석 결과를 평가하기 위한 후처리 과정(post-processing)의 세 단계로 구분된다. 과거에는 해석 과정이 구조 해석을 위한 대부분의 시간을 차지하였지만, 최근 컴퓨팅 능력의 향상으로 인해 해석 과정에 소요되는 시간은 크게 줄어들었으며 상대적으로 전처리 과정에 많은 시간이 소요되고 있다. 특히 구조 해석 모델의 경우, 기계 부품에 비해 상대적으로 크고 형상이 복잡하며 수많은 구조 부재들의 설치 위치가 모델 생성 시 제약 조건으로 작용하기 때문에 아직까지 조선소에서는 설계자의 수작업에 의해 구조 해석 모델이 생성되고 있으며 따라서 전처리 과정에 많은 시간이 소요되고 있다. 그림 5는 현재 조선소에서 수작업에 의해 구조 해석 모델을 생성하는 과정을 나타내고 있다. 그림에 나타나 있듯이, 설계자는 2차원 도면상의 해당 정보를 인식한 후 상용 구조 해석 시스템 내에서 이를 직접 입력함으로써 수많은 절점(node)들과 요소(element 또는 mesh)들로 구성된 구조 해석 모델을 수작업으로 생성하고 있으며, 이 과정을 수행하는데 선종 및 구조 해석 모델의 활용 시점(전선(global)/화물창(hold)/국부(local)/피로(fatigue) 구조 해석 모델 등)에 따라 다르나 수일에서 수십 일이 소요되고 있다. 이와 같이 설계자의 단순 반복 작업으로 인한 많은 시간 소요와 입력 과정 중 발생 가능한 오류를 최소화하기 위해서는 2차원 도면이 아닌 선박 제품 모델로부터 구조 해석 모델을 자동으

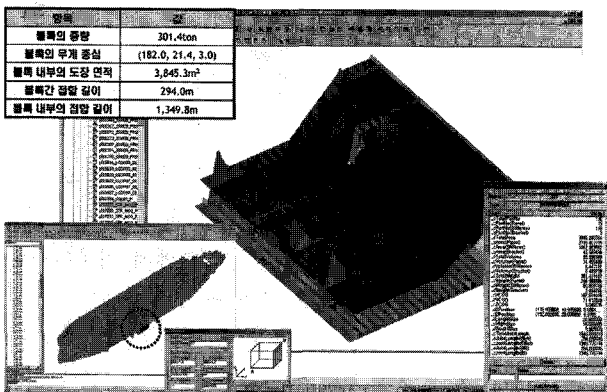


그림 4 선박 제품 모델을 이용한 대형 유조선 중앙부 블록의 물량 정보 생성 예

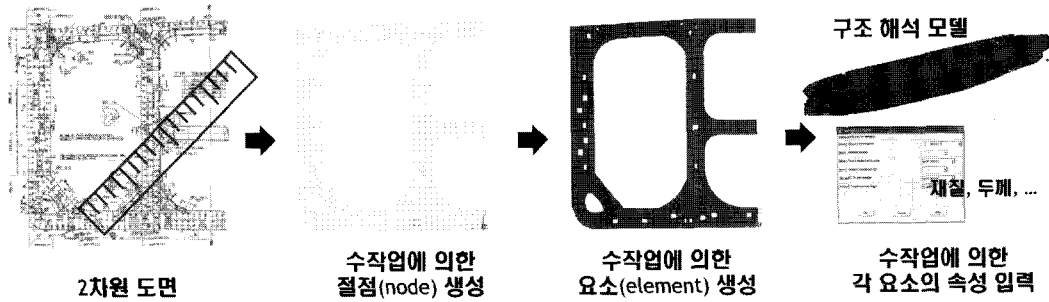


그림 5 현재 조선소의 수작업에 의한 구조 해석 모델의 생성 과정

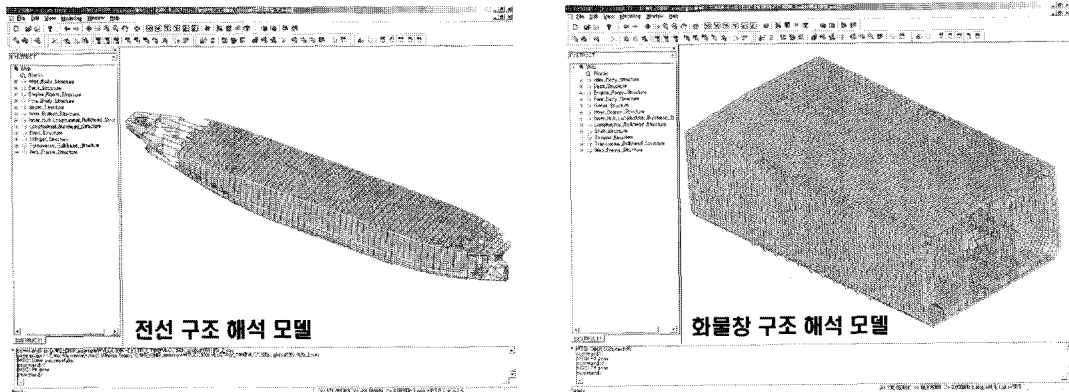


그림 6 선박 제품 모델을 이용한 대형 유조선의 구조 해석 모델 생성 예

로 생성하는 기능이 필요하다.

한편, 현재 조선소에서 선박 제품 모델이 생성되고 있기는 하나 이의 생성 시점이 상세 설계 단계 이후이고, 반면 해석이 필요한 시점(전선 구조 해석 모델의 경우, 초기 설계 단계의 후반부, 화물창 구조 해석 모델의 경우, 상세 설계 단계의 전반부)은 이보다 이전이기 때문에 해석에 필요한 선박 제품 모델을 확보하는데 어려움을 겪고 있다. 그러나 초기 설계 단계에서 선박 제품 모델을 확보할 수 있고 이를 기반으로 하여 구조 해석 모델을 자동으로 생성할 수 있다면 설계자의 수작업에 의해 전적으로 의존하고 있는 전처리 과정에 소요되는 시간 및 인력을 줄일 수 있고, 생성된 구조 해석 모델의 정확성도 보장할 수 있을 것이다. 그림 6은 선박 제품 모델을 이용하여 대형 유조선에 대한 전선 구조 해석 모델과 화물창 구조 해석 모델을 자동 생성한 예를 나타낸다.

4. 맺음말

이상과 같이 IT를 기반으로 한 선박 설계 자동화 기술을 간략히 살펴보았다. 요컨대, 설계 단계간 정보 흐름의 단절 없이 초기 설계 단계에서 다양한 선종의 선체 구조에 대한

설계자의 의도 및 제품 정보를 저장할 수 있고, 나아가서 후속 공정에서 필요로 하는 3차원 CAD 모델을 조기에 생성해 줄 수 있는 선박 제품 모델링 기술이 핵심이라 볼 수 있다. 이를 통해 조기에 선박 제품 모델을 확보할 수 있다면 물량 정보 생성, 구조 해석 모델 생성 등의 다양한 후속 공정에서 이를 활용함으로써 기존의 단순 반복 작업과 정보 재입력에 의한 오류를 최소화 할 수 있을 것이다.

물론, 설계 생산성 향상을 통한 건조 공기의 단축이라는 요구의 의해 자동화의 필요성이 꾸준히 제기되고 있지만 선박 설계는 아직까지 설계자 즉, 사람만이 완벽히 할 수 있는 업무이다. 선박 설계 과정의 많은 부분은 설계 경험, 직관 등을 필요로 하기 때문에 설계자만이 할 수 있지만 단순 반복적인 수작업에 의해 이루어지는 일부 작업은 충분히 자동화가 가능하다. 따라서 자동화의 의미를 사람이 하는 업무를 컴퓨터로 완전히 대체한다는 의미로 해석하기 보다는 사람이 할 경우 많은 시간을 필요로 하는 단순 반복 작업을 최소화시켜 주는 것으로 해석하는 것이 바람직할 것이다. **ㄴ**

[담당 : 이장현, 편집위원]