

조선 정도 관리 동향 분석

[글] 권기연 금오공과대학교 mrkky@kumoh.ac.kr

1. 서 론

선박은 선체를 구성하는 여러 개의 블록으로 나누어 설계를 하고, 각 블록을 별개로 제작한 후 이를 조립하여 만들어진다. 블록은 일반적으로 단판을 가공하여 만든 소부재를 조립하여 만들어지고, 작은 블록에서 큰 블록을 제작해 가면서 선박을 건조한다. 이 과정이 원활하게 수행되기 위해서 블록을 제작한 후, 설계 치수와 제작된 치수 간에 오차 체크를 통해 잘못 된 부분을 수정한다. 또한 배관 및 장치류 등의 의장품을 선체 구조물에 설치하는 과정에서 위치가 맞지 않은 경우에 선체 구조물 또는 의장품의 치수 및 위치를 수정한다. 조선 정도 관리는 이와 같이 해양 플랜트를 포함하여 선박 건조 과정에서 발생하는 치수 품질을 맞추기 위한 활동들을 일컫는 용어이다.

초기 조선 산업에서의 정도 관리는 블록을 조립해 나가는 과정에서 줄자 및 추 등을 이용해서 조립을 위한 기준을 잡아주고, 단순 대표 거리 등을 측정해서 관리하는 수준이었다. 그러나 3차원 계측기가 도입되면서 정도 관리의 업무 범위가 다양해 졌으며, 최근 들어 선박 크기가 대형화 되고, 해양 플랜트에 대한 건조가 늘어나면서 대형 블록에 대한 관리 및 의장품 설치에 대한 이슈가 크게 증가하고 있다.

본 기사에서는 지속적으로 변화하고 있는 조선업에서 정도 관리의 현황을 살펴보고, 최근 이슈가 되고 있는 내용을 포함하여 향후 발전 방향에 대해서 전망해 본다.

2. 조선 정도 관리

정도 관리는 계획, 계측, 시뮬레이션 및 데이터 관리로 4 단계로 구분할 수 있다. 계획은 주로 블록 제작 및 의장품 설치에 있어서 어떤 위치를 관리할지 설정하는 부분이다. 계측은 줄자 및 3차원 계측기를 이용해서 제작된 제품의 현재 수준을 측정하기 위한 것이다. 시뮬레이션은 측정된 데이터를 이용해서 현재 제품의 오차를 분석하고, 향후 제품간의 조립시 발생할 수 있는 변형을 포함하여 오차를 시뮬레이션 통해 예측하는 것이다. 데이터 관리는 분석된 내용을 기반으로 선박 건조 과정에서 발생하는 치수 품질에 대한 현수준을 지표화 하고, 문제의 원인을 분석하여 개선하기 위한 활동을 나타낸다.

2.1 계획

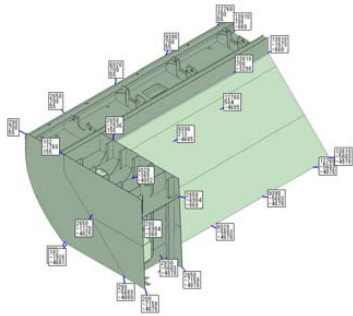
정도 관리에 있어서 계획은 주로 어떤 위치를 관리할지 설정하는 부분이다. 블록 제작에 있어서 주요 관리 포인트는 오차가 발생했을 때 손실 비용이 많이 발생할 수 있는 위치와 블록간의 조립시 문제가 발생하지 않도록 관리해야 하는 위치이다. 또한 의장품 설치의 기준이 될 수 있는 부재의 위치이다. 이는 주로 주요 부재가 교차하는 위치와 주판의 끝 단 위치가 해당된다. 선박 블록의 경우에는 이와 같은 위치가 명확해 보이나, 부재의 두께로 인해 어떤 위치가 측정 위치인지 혼돈이 될 수 있다. 따라서 일반적으로 내부재가 결합되는 몰드면을 기준으로 한다. 일부 구조에서는 기



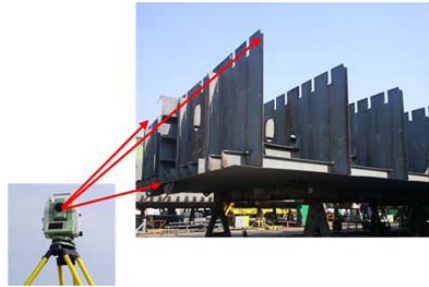
21,000 TEU Container



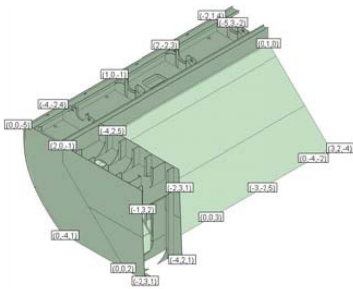
FLNG



1) 계획: 정도 관리 포인트 설정



2) 현장 계측



3) 데이터 분석 및 시뮬레이션



4) 데이터 관리 및 지표화

조선 정도 관리

준이 명확하지 않은 경우가 있어서 후 공정에서의 혼선을 줄이기 위해서는 계획 단계에서 명확하게 설정하는 것이 필요하다.

최근 들어 해양플랜트에 대한 건조가 늘어나면서 계획 부분에 두 가지 관점이 중요해 지고 있다. 첫 번째는 기준 위치 설정이다. 해양 플랜트의 탑재 단위인 모듈 제작시에 주로 배관 및 기장치류는 구조를 기준으로 해서 설치가 된다. 그러나 이를 탑재했을 경우에는 모듈과 모듈을 연결하는 배관에서 많은 오차가 발생할 수 있다. 이는 설치 및 탑재 단계에서 발생할 수 있는 변형에 의한 영향도 있겠지만, 주로 구조와 의장 품에 대해서 관리되는 허용 공차가 많이 다르기 때문이다. 구조의 경우 탑재 블록은 10 mm 내외의 오차를 허용하지만, 해양 플랜트의 배관 설치 공차는 1 mm 이하까지 요구되는 경우가 많다. 따라서 배관을 구조 기반으로 설치하고, 이를 탑재했을 경우에는 구조의 오차로 인해 큰 오차가 발생할 수 있다. 그렇다고 해서 구조를 1 mm 이내 오차를 가지도록 제작하는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 모든 제작 블록에 기준 위치를 설정해서 이와 같은 문제 해결을 위해 접근하고 있다. 배관을 블록의 기준 위치를 참고하여 설치를 하고, 블록

조립 단계에서도 인접한 블록과 기준 위치가 맞도록 하는 것이다. 두 번째는 용접 변형에 대한 리스크 관리이다. 해양 구조물의 경우는 80 mm 이상의 극후판이 많으며 이는 제작 및 조립 오차가 발생했을 경우 거의 수정이 어렵다. 즉 용접에 따른 변형이 발생할 경우 수정을 통하여 허용 공차를 만족시키는 것이 불가능한 경우가 많다. 따라서 용접 변형을 최소화 하기 위하여 용접 순서 및 역셋팅 등을 계획해야 한다.

2.2 계측

계측은 분석 및 시뮬레이션을 위해 데이터를 얻기 위해 이루어진다. 조선 산업에서 주로 사용되는 계측기의 변천 현황은 아래 그림과 같다.

초창기에는 주로 줄자 및 추와 같은 1차원 계측기가 주로 활용되었다. 물론 블록 이전 단계인 소부재 측정을 위해서는 아직까지 줄자가 주로 이용되고 있으며, 일부 수직도 체크를 위하여 추 또한 다수 활용되고 있다. 이후 회전 레벨기를 이용하여 블록 및 시트류의 레벨 관리가 이루어 졌다. 3차원 좌표 값을 획득할 수 있는 토탈스테이션(total station)이 본격적으로 도입되면서 정도 관리의 방향이 크게 바뀌었다. 기존 단편적인



1 세대: 줄자, 추



1.5 세대: 레벨기



2 세대: 토탈스테이션



3 세대: 3D 레이저 스캐너, 사진계측

계측기 변천 현황

치수 관리에서 형상 전체를 파악해서 국소적으로 어떤 부분이 잘 못 되었는지를 파악할 수 있게 되었으며, 조립과정에서 발생할 수 있는 치수에 대한 문제점도 예측 가능하게 하였다. 그러나 이는 줄자 등에 비해 사용 방법 및 분석 방법이 어려워 정도 관리를 위한 전담 부서 조직의 필요성을 부각시켰다. 잘못된 측정 및 분석은 많은 수정 비용을 유발할 수 있으므로 경험이 많은 인력을 필요로 했다.

토탈스테이션은 현재 정도 관리를 위해 조선소에서 가장 많이 활용하고 있는 계측기이다. 2인 1조로 작업이 이루어지며 1명이 관리 포인트에 타깃을 부착하면 다른 1명이 타깃을 조준해서 측정하는 방식으로 활용되고 있다. 측정 방법은 단순하고 높은 정밀도를 획득할 수 있는 장점이 있지만, 다음과 같은 단점을 가지고 있다. 고정된 위치에 설치해야 하며, 한번에 하나의 포인트를 측정할 수 있으며, 또한 측정을 위해서는 시야가 확보 되어야 한다. 즉 측장을 비롯하여 진동이 발생할 수 있는 구조물에서는 측정을 할 수 없으며, 어느 정도의 측정 공간이 확보 되어야 하며, 많은 포인트를 측정할 경우 시간이 소요되며, 대상물을 측정하기 위해서는 여러 번의 위치 이동이 필요하다. 그러나 현재 관리 블록이 대형화 되고, 의장품 관리를 위해서는 측정 포인트가 많아지고 있다. 또한 측정할 수 있는 공간이 협소해 지고, 배관 정도 관리를 위해서는 측장 위에서 작업이 이루어져야 한다. 이로 인해 최근에는 3차원 레이저 스캐너 및 사진 계측기가 부각되고 있다.

3D 레이저 스캐너는 토탈스테이션에 비해 정밀도는 다소 떨어지지만, 한번에 많은 수의 포인트를 획득할 수 있어 면 단위 계측이 필요한 분야에 많이 활용되고 있다. 정도 관리를 위한 현재까지의 적용 사례로는 곡 부재 가공 완성도 평가, 시트류 레벨 관리 및 의장품을

포함하여 대형 블록 탑재 시뮬레이션 등에 일부 활용되고 있다. 현재 레이저 스캐너의 정밀도 수준은 면 단위 측정시에는 2~3 mm 오차 이내로 측정이 가능하다. 그러나 블록은 주로 두께가 10~20 mm 구성되어 있어서 얇은 면을 측정하여 에지 포인트를 추출하기에는 많은 오차를 유발하여 블록 정도 관리에 적용하기에는 한계가 있다. 또한 한번 측정에 수천만 개에서 수억 개의 포인트가 획득되어, 이를 이용해서 원하는 위치의 측정 값을 얻기 위해서는 많은 후처리 과정이 필요하다.

사진 계측기는 현재 항공 촬영을 통해 지형을 복원하기 위해 많이 활용되고 있으며, 여러 장의 측정 이미지를 특이점을 이용해서 결합하여 3차원 좌표 값을 복원하는 방식이다. 측정이 빠른 시간 안에 이루어져 흔들리는 측장 위에서도 측정이 가능하며, 여러 장의 이미지를 연결하는 방식이어서 협소 공간에서도 사용이 가능하다. 또한 레이저 패턴이나 타깃을 이용해서 높은 정밀도를 확보할 수 있다. 그러나 계측 대상이 거대할 경우 많은 수의 사진 측정이 필요하며, 이미지 정합 과정에서 오차가 커질 수 있다. 예를 들어 대형 블록을 계측해야 할 경우 이미지 촬영을 위해 추가로 측장을 설치해야 할 경우가 발생하며, 이미지 연결 과정에서 특이점이 부족하여 오차가 많이 발생할 수 있다. 따라서 현재 사진 계측기는 측정 대상이 크지 않고, 높은 정밀도를 요구하는 분야에 활용되고 있으며, 3차원 레이저 스캐너와 같이 점차 사용 분야가 확대되고 있는 추세이다.

현재 조선소에서 활용되고 있는 기타 계측기로는 다음과 같은 것들이 있다. 부재 자동 계측에 활용되고 있는 LVS(laser vision system), 소형 부재의 정밀 계측을 위한 CMM(coordinate measuring machine), 기계 가공된 제품을 검사하기 위한 레이저 트랙커 및 내부 인공 위성을 활용한 i-GPS(indoor GPS)등이 부

분적으로 활용되고 있다.

2.3 분석 및 시뮬레이션

측정된 데이터는 현재 제품이 잘 만들어졌는지를 평가하는 용도와 조립 및 설치를 할 때에 기준 위치를 잡거나 시뮬레이션을 통해 사전 점검하는 용도에 주로 활용된다. 분석 및 시뮬레이션에 대한 변천 현황은 아래 표와 같다.

초창기에는 줄자 및 회전 레벨기에 대한 1차원적인 오차 분석이 이루어졌으며, 토탈스테이션이 도입되면서 블록 전체에 대한 오차 수준에 대한 분석이 이루어졌다. 시뮬레이션은 분석된 결과를 이용해서 두 개 이상의 블록을 조립했을 때 나타날 수 있는 현상을 가상으로 확인 해보는 것이다. 3차원 좌표 값을 이용해서 오차를 분석하기 위해서는 측정에 해당하는 설계 값이 미리 지정되어 있어야 했으며, 측정된 3차원 좌표는 설계 값과 다른 좌표계를 구성하고 있으므로 이에 대한 매핑이 중요한 이슈였다. 예를 들어 블록이 선수 방향으로 10 mm 크게 제작되었을 경우 오차를 반반 나눌 경우 5 mm 오차가 발생한 경우이며, 한쪽으로 몰아 줄 경우에는 10 mm 오차가 발생한 경우이다. 또한 토탈스테이션을 이용해서 육상에서 측정을 할 경우 일반적으로 z축은 중력 방향을 이용하는데, 레벨에 대한 기준으로 이 값을 활용하기 위해 매핑시에 z축을 어긋나게 하면 안 된다. 따라서 오차 분석을 위한 데이터 매핑시에는 블록의 제작 기준, 의장품 설치 기준 및 주변 환경 등을 고려하여 각각 적절한 방법을 적용해야 한다. 이때까지는 분석 작업이 엑셀 및 2D 시스템 기반으로 이루어져 분석 작업자의 숙련도에 따라 실수가 발생하였으며, 분석 결과를 이용해서 작업을 해야 하는 사용자도 직관성이 떨어졌다.

CAD 시스템 및 PC의 발전과 더불어 좀 더 직관적으로 작업을 원했던 사용자의 요구가 증대되어 3차원

분석 및 시뮬레이션 변천 현황

구분	내용
1세대	줄자 이용 측정데이터에 대한 오차 표기
1.5세대	레벨 측정데이터에 대한 평탄도 분석
2세대	3차원 측정데이터에 대한 오차 분석 및 시뮬레이션
2.5세대	3차원 형상 기반 오차 분석 및 시뮬레이션 실시간 측정을 통한 오차 분석 및 시뮬레이션
3세대	대용량 데이터에 대한 오차 분석 및 시뮬레이션 융접 변형 사전 관리

형상 기반으로 분석 및 시뮬레이션 작업이 이루어지게 되었다. 3차원 형상 기반 작업은 작업 효율성을 증대시켰으며, 분석 및 시뮬레이션 작업 과정에서의 실수를 줄일 수 있었다. 또한 미리 정의가 되어 있지 않더라도 형상에서 원하는 설계 좌표를 필요 시점에 획득할 수 있어서 다양한 활용이 가능해졌다. 예를 들어 측정 포인트 기반으로 설계 포인트를 자동으로 생성하거나, 다양한 로컬 좌표계를 활용하여 오차를 분석할 수 있다. 로컬 좌표계의 활용은 기존 블록 가상 조립 시뮬레이션에서 벗어나 다양한 해양 구조물에 대해서 적용 가능하게 하였다. 일반적으로 이와 같은 오차 분석 및 시뮬레이션은 현장에서 측정을 하고, 사무실에서 분석을 수행하였으며, 경우에 따라서는 분석 결과를 기다리는 대기 시간이 발생하였다. 특히 크레인 사용시에는 많은 비용이 발생하는데, 이에 대한 사용 시간을 줄이는 것 또한 원가 절감에 크게 기여할 수 있다. 따라서 탑재 작업이 이루어 질 경우 계측기의 데이터를 무선망을 이용해서 실시간으로 분석SW에 넘겨받고, 좌표 변환이 자동으로 이루어지게 하여 측정과 동시에 오차 분석을 수행하는 실시간 분석 시스템이 적용되었다.

3세대는 대용량 데이터에 대한 오차 분석이다. 이는 두 가지 의미를 가지고 있으며, 첫 번째는 대형 블록 및 해양 모듈 3차원 형상 가시화를 통한 오차 분석이다. 현재 조선소에서 활용되고 있는 CAD 시스템은 비용이 고가이며, 데이터가 무거워 저 사양 PC에서 대용량 데이터를 가시화 하기에는 어렵다. 따라서 현재 경량 모델을 활용하여 이와 같은 문제를 해결하고 있다. 경량 모델은 CAD 모델과 달리 가시화를 위한 모델로서 최근 PLM(product lifecycle management)에서 많이 활용되고 있다. 이는 CAD 모델에 비해 파일 용량이 매우 작아서 원격지에서도 빠르게 가져올 수 있으며, 파일 구조가 단순하여 로딩 및 가시화에 매우 효율적이다. 이는 형상 기반 정도 일정 관리를 수행할 수 있는 4D 시뮬레이션에도 활용되고 있다. 대용량 데이터에 대한 오차 분석 두 번째는 3차원 스캐닝 데이터에 대한 오차 분석이다. 앞서 언급한 바와 같이 스캐닝 작업을 수행할 경우 수천만 포인트에서 수억 포인트가 생성되며, 원하는 포인트의 위치 값을 얻기 위해서는 많은 후처리 작업이 필요하다. 또한 토탈스테이션과 동일하게 여러 번 위치 이동을 통해 측정을 수행하며 하나의 좌표계로 측정된 데이터를 매핑시키는 것이 필요하다. 현재까지는 작업자의 개입을 통해 많은 수작

업이 요구되고 있다. 따라서 3차원 레이저 스캐너의 적용 확대를 위해서는 오차를 최소화 한 상태에서 좌표계를 일치 시키고, 원하는 위치의 좌표 값을 얻는 과정을 효율적으로 하기 위해 후처리 자동화가 필요하다.

정도 관리에 있어서 오차 원인의 대부분은 용접으로 인한 변형에 의해 발생한다. 아무리 정규 치수대로 가공을 해서 조립을 수행해도 용접 변형으로 인해 오차가 발생한다. 따라서 이를 사전에 제어하는 것이 중요하다. 용접으로 인해 수축 및 각 변형이 발생한다. 수축량을 예측해서 정규 치수보다 크게 제작하거나, 각 변형이 발생하는 반대 방향으로 굽힘 변형을 미리 주거나, 변형이 발생하지 않도록 구속을 하여 용접 후에는 원하는 크기 및 모양이 될 수 있도록 해야 한다. 이와 같은 조건들은 FEM(finite element method) 해석 및 유사 공사 사례의 데이터 기반으로 이루어진다.

2.4 데이터 관리

정도 관리에 있어서 마지막 단계는 데이터 관리이다. 이는 앞에서 설명한 내용에 발생할 수 있는 문서 및 모든 데이터에 대한 내용이며, 변천 현황은 아래 표와 같다.

초창기에는 분석된 내용에 대해 개인 위주의 관리가 이루어 졌으며, 작업의 분업화에 따라 문서 공유의 필요성이 커지게 되어 웹 시스템을 활용하여 중앙 집중 방식 관리가 이루어졌다. 특히 비용 절감을 위해 다수의 블록들이 사외 업체에서 제작됨으로써 계획 및 분석에 대한 원활한 문서 공유가 필요했다. 이와 더불어 후 공정 담당자에서 현재 문서를 자동으로 전달해 주어 관련자들이 사전에 문서를 확인하여 필요한 조치를 할 수 있도록 하는 활동 등이 이루어졌다. 또한 분석된 결과를 바탕으로 각 공정 및 제작 부서/업체 단위로 정도 품질을 평가하기 위해 지표를 산출하여 관리하였다.

지표를 산출하는 방식은 초기에는 측정 포인트 대비 허용 공차를 만족하는 포인트의 개수로 표현하거나, 측정데이터를 정규 분포화시켜 확률로서 표현하였다. 그러나 오차가 위치 및 방향에 따라서 유발되는 수정 비용이 크게 달라질 수 있으므로 이를 현실화 하려는

데이터 관리 변천 현황

구분	내용
1세대	개인 관리
2세대	문서 관리를 위한 웹 시스템 활용
2.5세대	데이터 능동적 피드백 및 품질 수준 관리
3세대	가중치 기반 품질 지표 관리 실시간 품질 모니터링

노력들이 진행되고 있다. 또한 지금까지 설명한 내용들은 정도 관리 업무의 효율성을 높이고, 발생한 오차를 최대한 객관적으로 파악하여 어떻게 후속 조치를 취하면 좋을지에 대한 데이터로 활용하는 것이다. 실시간 품질 모니터링은 이를 위해 데이터 수집부터 모니터링 및 후속 조치에 대한 관리 부분이다.

3. 조선&해양 정도 관리 향후 전망

현재 국내 조선소들은 저유가와 중국을 비롯한 주변 국가들과의 과도한 경쟁으로 어려움을 겪고 있다. LNG 및 대형 컨테이너 선을 비롯한 고부가 가치 선박에 대한 원가 경쟁력 확보 및 해양 플랜트 건조에 위한 기술 및 품질 확보가 필요하다. 선박 건조에 있어서 치수 품질 관리는 가장 기본이지만 경쟁력 확보에 중추적인 역할을 할 수가 있다. 이를 위해 최소한의 인력을 활용하여 각 공사의 특성을 반영하여 정도 관리에 대한 작업 지시를 효율적으로 내리고, 빠르고 정확하게 측정 및 분석 작업을 실행한 후, 추가 발생 비용이 최소가 되도록 수정 작업을 실행하는 것이다. 더 나아가 실질적으로 오차를 유발할 수 있는 인자들을 제거하는 것이 궁극적으로 정도 관리의 목표가 되어야 할 것이다. 다음과 같은 키워드 등을 제시해 본다.

3.1 자주 정도 관리

대부분의 조선소들이 별도의 정도 관리 조직을 보유하고 있다. 이는 블록 제작과 정도 관리 업무가 이원화 되면서 다소 문제점을 유발하고 있다. 아직까지는 생산 조직에서의 중요한 역할은 해당 일정 안에 물량을 소화하는 것이다. 품질을 유지하기 위해서는 상대적으로 더 많은 비용과 시간이 발생하는데, 이는 앞선 내용과 상충된다. 따라서 정도 관리 업무가 경우에 따라서 등한시 될 수 밖에 없는 구조이다. 따라서 생산 조직에서 직접 검사를 시행하고 품질 조건을 만족할 경우에만 납품할 수 있는 프로세스로 변경이 필요하다. 품질 유지를 위해 초기 비용은 올라갈 수 있으나 궁극적으로는 불량품으로 인해 발생하는 추가 비용이 줄어들어 생산 단가를 줄일 수 있는 방향이 될 것이다. 또한 품질에 대한 의식이 높아져 개선 활동에 대해 좀 더 효율적으로 수행할 수 있다.

3.2 실시간 분석 확대

기존 정도 관리 업무는 현장에서 측정을 하고, 사무

실로 이동 후 분석 작업을 수행한 후 시스템을 통해 결과를 공유하는 방식이다. 이는 대기 시간을 유발할 수 있으며, 측정에서 분석까지 시간 차이가 발생하여 태양 복사열로 인한 변형 발생으로 차이가 발생할 수 있다. 따라서 측정과 동시에 즉시 분석을 수행하여 결과를 제시할 필요가 있다. 정도 관리 업무의 효율성 증진을 위해 실시간 분석이 확대될 것으로 기대된다.

3.3 비용 기반 수정 작업 지시(5D 시뮬레이션)

조선업에서 정도 관리의 목적은 정규 치수대로 제작하는 것이 목표가 아니라 조립 및 탑재 단계에서 문제가 없도록 하는 것이다. 예를 들어 두 개의 블록을 조립할 때 한 블록은 10 mm가 크고, 인접한 블록이 10 mm가 작다면 문제가 없다. 또한 수정이 불가피한 경우 어떤 공정에서 어떤 위치를 수정하는 것이 비용적으로 적게 드는지 분석하는 것이 필요하다. 선박 건조 특성상 블록은 동시 다발적으로 진행되며, 많은 변수들로 인해 일정 변경이 잦다. 따라서 현 상황의 데이터를 실시간으로 공유를 해서, 어떤 부분을 어떻게 해야 하는지에 대한 평가를 비용 기반으로 수행하는 것이 필요하다.

3.4 3D 레이저 스캐너 및 사진 계측기 활용

현재 스캐너는 측정 정밀도의 제약 및 데이터 후 처리의 어려움으로 사용 범위가 제한적이다. 그러나 짧은 시간에 실사 형상을 복원할 수 있다는 매우 큰 장점이 있다. 앞으로 계측기 및 SW 발달과 더불어 활용도가 크게 증가할 것이다. 사진 계측기는 고정밀 계측과 휴대성에 큰 장점이 있다. 해양 플랜트의 제작 요구 수준을 만족하기 위해 활용도가 증가할 것으로 기대되고, 또한 휴대성이 높아 멀지 않은 미래에 드론 기술과 융합하여 자동 계측 분야에 활용될 것으로 보여진다.

3.5 용접 변형에 대한 실시간 예측

앞서 언급한 바와 같이 용접 변형은 선박 정도 관리에 있어서 대부분의 오차 원인이다. 초기 설계 단계에서 아무리 예측을 잘 해서 반영을 하여도 한계가 있다. 생산 과정에서 제작 방법 및 환경이 변경 될 수 있으며, 설계 단계에서 모든 부분에 대한 변형 예측을 제시할 수는 없다. 따라서 생산 작업자가 필요에 따라 빠르게 예측을 하여 변형에 대한 사전 관리를 수행하는 것이 필요하다.

3.6 경량 모델 활용

이미 많은 부분에서 경량 모델이 활용되고 있지만, 정도 관리 업무에서 이와 같은 활용도는 더욱 더 증가할 것으로 예상된다. 기본 설계 및 상세 설계 단계에서 정도 문제 검토를 비롯하여 조립 기반 정도 모니터링 및 작업 관리를 위해 활용될 것으로 보여진다. 또한 생산에서 쉽게 접근 가능한 것이 경량 모델이어서 용접 변형에 대한 실시간 예측에도 경량 모델이 활용될 수 있다.

4. 결 론

본 기사에서는 조선업의 정도 관리의 동향을 계획, 계측, 분석(예측) 및 관리 관점에서 정리해 보았으며, 향후 기술 변화 방향에 대해서 전망해 보았다. 지금까지의 정도 관리 업무가 단편적인 툴의 적용 및 업무 효율성을 높이는 방향에서 이루어 졌다면, 앞으로는 정도 업무와 관련된 모든 영역이 유기적으로 연결되는 시스템 기반으로 이루어지고, 궁극적으로 정도 오차 원인을 제거시킬 수 있는 방향으로 진행될 것이다.

참고문헌

1. 삼인정보시스템, <http://www.saminis.com>
2. 삼성중공업, <http://www.samsungshi.com>
3. 비전테크, <http://www.3dsystems.co.kr>
4. 라이카 지오시스템즈, <http://www.leica-geosystems.co.kr>
5. 김병철, 문두환(2013), “PLM 기술 변화 동향 분석”, 한국CAD/CAM학회 학회지, 19권, 1호
6. Cheon, S.U., Lee, J.H., Park, K.P., and Suh, H.W., 2013, Requirement Analysis on Lightweight CAD Models in Ship PLM Environment and Its Application Examples, Transactions of the Society of CAD/CAM Engineers, 18(4), pp. 299-307.
7. Noh, J.K., 2013, An algorithm for optimized accuracy calculation of hull block assembly, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, 19(5), pp. 552-560.
8. Li, R., Lee, K.H., Lee, J.M., Nam, B.W., & Kim, D.S., 2016, A study on matching method of hull blocks based on point clouds for error prediction. Journal of the Computational Structural Engineering Institute of Korea, 29(2), 123-130.

9. Wang, Z., Wu, Z., Zhen, X., Yang, R., & Xi, J., 2016, An onsite inspection sensor for the formation of hull plates based on active binocular stereovision. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 230(2), 279-292.
10. Park, J., Kim, D., Mun, S., Kwon, K., Lee, J., & Ko, K.H., 2016, Automated thermal forming of curved plates in shipbuilding: system development and validation. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 29(10), 1128-1145.