

비정형 건축물 구현을 위한 Digital Fabrication의 활용방법 연구

-롯데월드타워 3D 포디움 시공사례-

Study of Freeform Buildings using the Digital Fabrication

김 성 진*

Kim, Sung-Jin

박 영 미**

Park, Young-Mi

박 정 준***

Park, Jung-Joon

Abstract

Through the case study, we surveyed an applicability of digital fabrication in irregular-shaped building construction project. By digital fabrication, we mean is a precision manufacturing method has been used in aircraft, ship and car manufacturing industry. We collected construction-completed “LotteWorld Tower Podium” project data and analyzed its process in terms of construction quality and duration. The result shows that digital fabrication is considered a competitive technology that enabled to complete the project in seven months within 3mm surface curvature threshold. The digital fabrication is expected to apply on a number of irregular-shaped building construction project.

키 워 드 : 비정형 건축물, 디지털 패브리케이션, 곡면 외장재, CNC 티바 시스템, 3D 스캐닝

Keywords : Complex Geometry Building, Digital Fabrication, curved Facade, CNC T-BAR System, 3D Scanning

1. 서 론

비정형 곡면 건축물들이 일반적인 정형건축공법으로 비정형 마감재를 제작, 시공할 경우 곡면시공 품질불량, 누수 등으로 인한 시공하자, 공기 지연 등 시공단계에서 여러 가지 문제점들이 발생할 수 있다. 특히 비정형 곡면 건축물은 곡률이 일정하지 않기 때문에 곡면 가공방법에 의해 시공품질이 달라질 수 있는데, 최근 디자인이 복잡화로 인하여 시공단계에서 CNC기계 가공으로 마감재를 제작하는 디지털 패브리케이션의 활용이 점차 요구되고 있다.

2017년 4월 완공된 롯데월드타워의 저층부 3D 포디움은 비정형 곡면으로 설계되었고 완벽한 비정형 곡면 품질 구현을 위해 디지털 패브리케이션 프로세스를 적용하여 모든 마감재들을 CNC 기반의 공장제작을 통해 가공한 후 현장 조립방식으로 시공되었다. 일반적으로 건축물 외장재는 비정형 곡면을 직선 세그먼트 패널이나 일방향 곡률패널로 시공하여도 비정형 곡률의 품질이 낮아 보이지 않지만, 내부 마감재는 근거리에서 보기 때문에 곡면이 직선세그먼트 패널로 시공될 경우 시공품질이 매우 낮게 된다. 따라서 롯데월드 타워 3D 포디움은 우수한 시공 품질 확보 및 현장 가공을 최소화하기 위해 선박이나 항공기 제작을 위해 사용하는 CNC 제작기반의 디지털패브리케이션 프로세스를 활용하였으며, 여기에 적용한 디지털패브리케이션 프로세스를 검토함으로써 비정형 곡면건축물의 시공을 위한 효과적인 시공방법을 고찰하고자 한다.

2. 비정형 곡면 형상제어 공법의 적용

곡면을 구현하기 위해 일반적으로 사용하는 가공방법은 스틸 각파이프를 이용하여 일정한 곡률로 벤딩하는 방법과 직선 세그먼트로 연결하여 곡면을 제어하는 방식을 사용한다. 그런데 곡면의 형상 변화가 심할 경우 일반적인 가공방식으로 패널 시공을 위한 Sub Structure를 제작할 경우 시공오차가 많이 발생하여 시공품질이 낮게 된다. 또한 직선 세그먼트 제작은 현장에서 제작 시공하기 때문에 시공품질 저하 및 공기 지연의 원인이 될 수 있다. 따라서 비정형 외장재 시공을 위해 적용하고 있는 CNC T-BAR공법을 활용하여 모든 비정형 내부 마감재들이 XYZ 오차 3mm 이내에서 시공될 수 있도록 CNC T-BAR를 응용한 형상제어 공법을 적용하였다.

* ㈜디지털 건축연구소 위드웍스 대표이사(cielmikim@gmail.com)

** 두산건설 기술연구소 차장

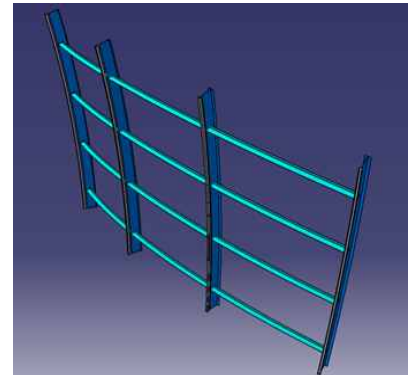
*** ㈜디지털 건축연구소 위드웍스 이사



1)각파이프 직선세그먼트 가공



2)각파이프 벤딩 가공

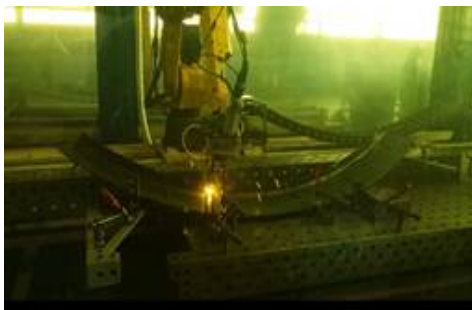


3)CNC T-BAR 시스템

그림 1. 비정형곡면 형상제어 공법

3. 비정형 부재들의 CNC 기계가공 및 조립

비정형 곡면 마감재들을 제작시공오차 3mm이내에서 정밀하게 시공하기 위해서는 반드시 CNC T-BAR를 비롯한 모든 비정형 마감재들의 정밀기계가공이 필요하였다. CNC T-BAR와 리빌은 CNC 레이저 커팅을 통해 1차 가공한 후 7축 로봇 용접기를 이용하여 3D 용접을 하여 부재를 제작하였으며, 약18,000장의 고밀도 목재패널은 CNC 라우터를 이용하여 컷팅한 후 2차 조립하는 방법으로 제작오차 범위 1mm 이내에서 제작 되어 현장에서 정밀하게 조립될 수 있도록 하였다.



1)CNC T-BAR 로봇용접



2)리빌의 로봇용접



3)고밀도 목재패널 라우터가공

그림 2. 비정형 부재들의 CNC 정밀 가공

4. 결 론

롯데월드타워 저층부 3D 포디움은 디지털 패브리케이션 프로세스를 통해 6개월의 짧은 공사기간 내에 우수한 시공품질로 완성 될 수 있었는데, 기존 정형 건축물에 사용하던 현장제작을 통한 시공공법을 탈피하여 모든 구조부재와 마감재를 CNC 가공 후 정밀 제작하였고, 3D 스캐닝 및 역설계를 활용하여 시공현황을 정확하게 BIM 모델에 적용하여 간섭이 발생하는 부분에도 마감재를 정밀하게 제작, 시공할 수 있도록 하여 시공 품질을 높였다.

앞으로 비정형 건축물들은 계속 증가할 것으로 예상하고 있으며, 특히 파라메트릭 디자인이 더욱더 보편화 될 경우 선박이나 항공등 정밀 제조업에 사용하는 CNC 기반의 제조방법이나 3D 프린팅을 활용한 제조방법등의 디지털 패브리케이션 기반의 건축시공 공법들에 대한 연구 및 활용이 더욱더 필요할 것이다.

참 고 문 헌

1. 김성진, 박영미, 박성진, 박기홍, “디지털 패브리케이션을 활용한 비정형 건축물의 시공공법 고찰”, 한국건축시공학회, 한국건축시공학회 추계학술발표대회 논문집, 제15권 제2호(통권 제29호), pp.115~116, 2015.11