

자유형상 커튼월 구현을 위한 3D 프린팅을 활용한 스마트노드 시스템의 연구

Study on the Connection Node System of Irregular-shaped Curtain wall Facade using 3D Printed Smart Node System

나 상 호*
Na, SangHo

유 승 규**
Yoo, SeungKyu

박 영 미***
Park, YoungMi

박 정 준****
Park, JungJoon

김 성 진*****
Kim, SungJin

Abstract

3D printing has the unique advantage of the ability to customize freeform product even in small quantity. However, we need to select and apply the only necessary parts of it because of the high cost of the manufacturing technology. It is of critical importance in irregular-shaped curtain walls to ensure precision of construction as well as quality of finish. Complex shape that have structural members at varying angles can have nodes of different shapes making it unfeasible to construct using a general node connection detail. Therefore, this study aims to utilize smart node system using 3D printing as a solution to complex irregular-shaped curtain wall design.

키 워 드 : 비정형 건축물, 파라메트릭디자인, 디지털 패브리케이션, 스마트노드, 3D 프린팅, 커튼월, 그리드셸구조
Keywords : irregular-shaped building, parametric design, digital fabrication, smart node, 3d printing, curtain wall, gridshell

1. 서 론

3D 프린팅 기술의 특징은 자유형상의 제품을 다품종 소량 생산이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 고가의 제조기술이기 때문에 이를 고려하여 건축분야 중 가장 필요한 부분을 찾아서 적용하는 것이 필요하다. 비정형 커튼월에선 시공의 정밀성 확보와 마감품질이 중요한 부분들이다. 특히 형상이 복잡하고 부재 간 만나는 각이 다양할 경우 노드의 형태가 다양해지기 때문에 일반적인 노드커넥션 디테일로 시공하기 어렵다. 또한 일반 패널로 마감하는 시스템과 달리 커튼월은 유리를 통해 내, 외부가 동시에 노출되는 마감이라 품질의 확보가 더욱 어려워진다. 따라서 본 연구는 현행 비정형 커튼월 디자인의 한계를 극복할 수 있는 3D 프린팅 기술 적용 스마트노드 시스템 개발 사례와 향후 연구방향을 제안하는데 목적이 있다.

2. 스마트 노드 시스템 적용 배경

2.1 비정형 커튼월에서 발생하는 문제점

우선 비정형 커튼월에 발생하는 가장 큰 문제는 ‘다면체 꼭지점 탈락 현상¹⁾’이다. 이는 기하학적 현상으로, 삼각형 면끼리 공유하는 선들을 면과 면의 중심 벡터방향으로 평행이동하면 이동한 선들끼리 기존의 선들처럼 하나의 꼭지점을 공유하지 못하는 것을 말한다. 삼각형 비정형 커튼월에서도 구조부재를 유리줄눈으로부터 평행이동하면 구조부재끼리 한 점에서 만나지 못해 노드를 통해 연결해야 한다. 커튼월의 꼭지점에서 일정방향으로 꼭지점을 먼저 이동시키고 그 꼭지점끼리 구조체로 연결하면 구조체는 한 점에서 모이지만 유리줄눈과 구조체간에 끼인위치가 발생하여 Glazing 시스템이 복잡해진다. 이는 미관상으로도 구조적으로나 불리하기 때문에 부적절하고 노드에서 제어해야만 한다.

또한, 기존의 비정형 커튼월은 주로 ‘곡선형 커튼월’로써 곡면의 형상을 기준으로 한 다각형의 커튼월이다. 이러한 커튼월에서는 인접 유리끼리 이루는 각도가 범위가 주로 150° ~210° 이며, 하나의 노드에 붙는 구조 개수가 6개 이하이다. 즉, 유리의 형상이 급격히 꺾이지 않는다. 하지만 ‘사선형 커튼월’에서는 인접 유리끼리 이루는 각도가 범위가 90° ~270° 로 다양하게 나타되며, 하나의 노드에 붙는 구조 개수가 6개를 초과한다. 다음 그림1은 위 문제점에 대한 것이다.

* (주)디지털 건축연구소 위드웍스 연구원
** (주)쓰리디프라이올 연구소 연구소장, 공학박사
*** 두산건설 기술연구소 차장, 공학박사
**** (주)디지털 건축연구소 위드웍스 이사
***** (주)디지털 건축연구소 위드웍스 대표이사, 교신저자(sjkim@withworks.kr)

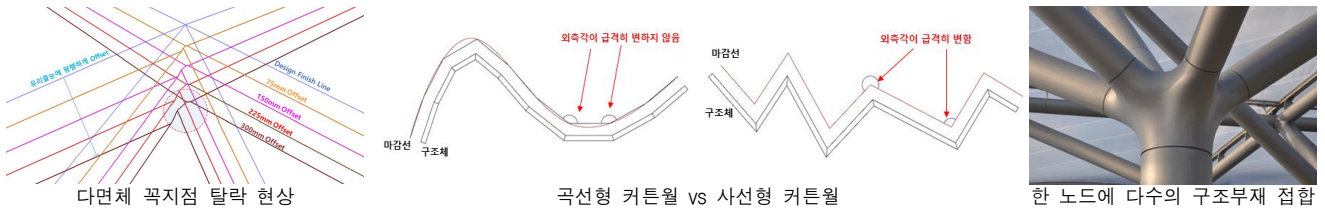


그림 1. 비정형 커튼월에서 발생하는 문제점

2.2 기존 노드시스템의 한계

기존 노드시스템은 커튼월이 급격히 꺾이는 형상일 경우 노드의 크기가 커져 Glazing 시스템과 간섭하고, 하나의 노드에 여러 구조부재가 접합할 수 없다. 또한 노드는 내부로 노출될 수밖에 없으므로 미관상 좋지 않다. CNC Milling을 통해 외관상 적절한 노드를 제작하려해도 절삭가공의 특성상 노드 중공부 가공이 어렵고 규모에 따라 가공 시간-비용이 증가함에 따라 노드가 무거워지고 제작 크기에 한계가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 현행 노드시스템 및 가공방식으로 제작이 어려운 커튼월 디자인을 3D 프린팅 기술이 적용된 스마트노드 시스템으로 구현하고자 한다.

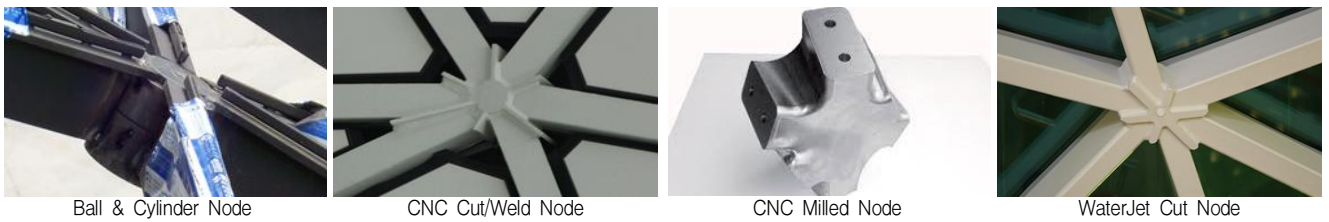


그림 2. 노드 시스템

3. 3D 프린팅을 활용한 스마트노드 시스템

스마트노드 시스템이란, 기존 노드의 한계를 넘어서는 각도로 틀어지는 구조부재를 제어할 수 있도록 노드를 개별적으로 설계하고 제작하는 방법이다. 먼저 구조설계 기준(유한요소해석 응력경도)을 만족하는 자유형상의 개별 노드 원형을 3차원으로 설계한 후, 주조방안이 반영된 몰드를 설계한다. 이후 규사에 접착제를 3D 프린팅하여 주조용 몰드를 제작하고 구조성능을 만족하는 소재를 주입함으로써 노드 형상의 제약이 없는 중공 형태의 노드를 제작 할 수 있다.

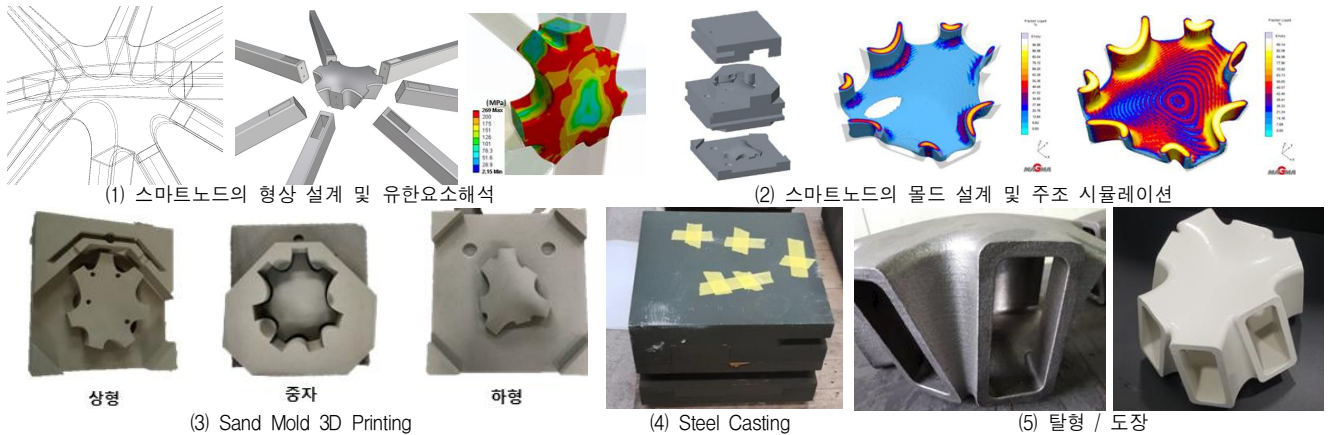


그림 3. 스마트노드의 설계 및 제작

4. 결 론

본 연구는 비정형 커튼월에서 발생하는 문제점과 기존 노드제어 시스템의 한계를 정리하였고, 형상가공에 한계가 적은 3D 프린팅 기술을 활용하여 기존 노드 시스템의 한계를 뛰어넘는 스마트노드 시스템을 제안하였다. 기본적으로 커튼월은 구조-몰딩-유리로 이어지는 복잡한 Glazing 시스템이 필요하고 적절한 설계법, 시공법 등의 기준이 마련되어야 한다. 이에 따라, 후속 연구는 기 개발된 스마트노드 시스템에 적합한 Glazing 시스템, 3차원 스마트노드 자동화 설계방법, 노드 후가공 및 시공법을 개발하는데 중점을 두고자 한다.

참 고 문 헌

1. SuJin kim, DongYoon Lee, MinYang Yang, Offset Triangular Mesh Using the Multiple Normal Vectors of a Vertex, Journal of Computer-Aided Design and Application, Vol.1(1-4), pp.285~291, 2004.1