

STL file을 이용한 Support Algorithm에 관한 연구

백 인 환 (부산대학교 생산기계공학과)

김 준 안 (LG전자 생산기술 센터)

* 한 창 국 (부산대학교 대학원 생산기계공학과)

1. 서론

산업, 기술계에서 어떤 기계부품이 직접 제조되기 전에 샘플용으로 시험 제작하여 부품의 형상, 디자인, 금형제작에 관한 제반사항을 미리 알아보는 것은 제품의 정확한 형상이 나오도록 하는데 아주 중요하다.

Rapid Prototyping(급속입체표현)은 설계자의 의도를 실제 성형물로서 제품개발 초기 단계에서 빠르게 제작, 검증할수 있으며, CAD/CAM 통합에 의한 자동생산체제를 응용하여 Concurrent Engineering에도 적용 가능하다. 이러한 RP(Rapid Prototyping)기술은 제품개발 과정에서 형상 확인, 외관평가 및 기능 check 등 설계검토용으로 활용하여 개발제품의 신뢰성과 납기를 대폭적으로 혁신하고 있다. 1987년 미국 AutoFact show에서 처음 전시된 이후 StereoLithography를 이용한 3차원 입체형상 제작에 관한 문헌들이 1990년대에 들어서 소개되고 있다. 이러한 Rapid Prototyping & Manufacturing의 한 방법으로서 광경화성 수지에 자외선광 또는 레이저를 조사시켜 입체형상을 각각 일정한 간격의 slice로 자른 각 층을 한층씩 적층시키면서 입체형상을 제작하는 기술을 StereoLithography 기법, 즉 광조형법(光造形法)이라고 한다. 그런데 StereoLithography를 이용해서 형상을 적층함에 있어서, 형상변형을 방지하기 위한 support를 생성시키지 않는다면 최종형상에 있어서 원래에 의도했던 정확한 형상을 기대하기가 어렵다.

따라서 본 연구에서는 위의 Rapid Prototyping을 위한 형상 제작기법중의 하나인 StereoLithography를 이용한 3차원 입체형상의 제작을 위해 반드시 필요한 Support Algorithm에 대하여 연구하였다

2. Support system의 이론

3D CAD로 만들어진 도형을 아주 얇은 간격으로 자른 slice를 밑층부터 순차적으로 적층을 하다보면 slice 자체가 스스로 지지할수 없는 형상, 즉 일정한 두께를 가지고 내부가 비워있는 중공형상으로 지붕이 있는 경우, 또는 켈틸레버와 같이 임의의 단면이 돌출되어 있는 형상인 경우는 그 하중, 또는 curl로 인하여 처짐이나 비틀림등의 변형이 발생하게 된다. 그러므로 변형을 방지하기 위해서는 각 형상의 단면을 지지하기 위한 support를 생성하는 것이 필요하게 된다. Rapid Prototyping에서의 support는 기계가공을 위해 각 장치나 기구들을 홀딩(holding)시키는 역할과 유사한 역할을 하게 된다. 기본적으로 support들은 그 part가 만들어지고 있는 곳에서 part를 지지하는 역할을 하게 된다. STL(StereoLithography)은 액체수지 표면위에서 한층한층 적층해 나가는 부가가공이므로 이전에 제작한 층에서 발생할수 있는 변형 중 curl의 발생을 막기 위해서 support가 필요하다. 여기서 curl이란 비틀림의 한 형태로서 형상이 위로 말려올려진 형상이다. 그리고 모든 형상제작 작업이 끝난 후 그 형상을 떼어내거나 필요 없는 부분을 제거, 또는 part의 변형이나 파손을 방지하기 위해서는 Base support나 Part support가 절대적으로 필요하다. 즉 support의 기능을 크게 나눈다면 형상 변형 방지, 작업 완료 후 작업판으로부터 형상 분리시 형상의 파손을 방지하는 기능 등으로 나눌 수 있다.

2.1 STL(StereoLithography) 파일의 구조와 분석

CAD의 3차원 입체 데이터를 실물로 급속입체표현을 하고자 하는 경우, 기존의 3차원 CAD 데이터로서는 입체

형상을 slice별로 잘라서 정확한 입체형상을 만든다는 것은 불가능하다. 그러므로 CAD 데이터를 급속입체표현에 적합하게 변환해 주기 위해서 여러개의 삼각형을 서로 연결하여 입체의 형상을 표현하게 된다. 즉 RP에 적합하게 만든 것을 STL 파일이라고 한다. STL 파일은 입체형상의 급속입체표현을 하고자 하는데 많이 이용되고 있으며 파일의 구조는 다음과 같다.

2.1.1 STL 파일의 구조

(1) solid SLA

```
(2) facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00
(3)   outer loop
(4)     vertex 0.000000e+00 2.188388e+02 0.000000e+00
(5)     vertex 0.000000e+00 1.076700e+02 1.100000e+02
(6)     vertex 0.000000e+00 2.387629e+02 0.000000e+00
(7)   endloop
(8) endfacet
```

(9) endsolid SLA

2.1.2 STL 파일의 분석

위와같이 STL 파일을 구성하고 있는 데이터의 형식을 설명하면 다음과 같다.

- (1) STL 파일의 시작을 나타내며 SLA는 파일명을 나타낸다.
- (2) 구성하는 삼각형의 수직 방향을 나타내는 normal vector이다.
- (3) 삼각형을 구성하는 세 꼭지점에 대한 loop의 시작을 나타낸다.
- (4)~(6) 삼각형의 세 꼭지점을 나타내는 각 x,y,z 좌표값이다.
- (7) 삼각형을 나타내는 세 꼭지점에 대한 loop의 끝을 나타낸다.
- (8) 한개의 면 정보와 동시에 하나의 삼각형의 완성을 나타낸다.
- (2)~(8) 작업면의 수직방향과 삼각형에 대한 정보를 포함하고 있는 구조로서 이러한 형태의 구조가 계속적으로 반복된다.

(9) STL 파일의 종료를 나타내며 SLA는 파일명을 나타낸다.

이러한 구조로 된 STL 파일은 어떠한 복잡한 3차원 입체형상도 용이하게 나타낼 수가 있다. 여기서 하나의 삼각형을 형성하는 세 꼭지점은 (4)~(6)의 vertex 뒤에 나오는 데이터를 말하는데 각각 x,y,z 좌표를 의미하며 모든 삼각형이 서로 연결되어진 형상이므로 서로 인접한 삼각형에 하나의 변과 두개의 꼭지점을 공유하고 있다. STL 파일을 이용한 3차원 입체형상의 예는 Fig 1과 같다.

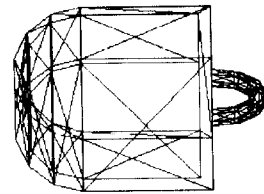


Fig1. 3D Rapid Prototype using STL file

본 연구에서는 다음과 같은 3종류의 support 형태를 정의하고, 적용하였다.

(1) Block support(Weave support)

면적이 넓은 아랫부분을 지지하는데 주로 사용되며 3가지 support중 가장 견고하다. Block support 모양은 바둑판과 같이 X,Y 방향으로 일정한 간격의 벽으로 구성되어 있다.

(2) Line support

면적이 좁은 아랫부분을 지지하는데 사용되며 면적의 중심을 따라 1개의 벽과 다수개의 교차하는 벽들로 이루어져 있다. Block support보다 견고 하진 않지만 part부분과 접촉 면적이 비교적 적기 때문에 분리하기가 용이하다.

(3) Point support

비교적 면적이 작은 부분을 지지하기 위해서 한점을 정점으로 하여 십자형태로 구성되어진 support이다.

위의 3가지 support 형상 예는 Fig 2와 같다.

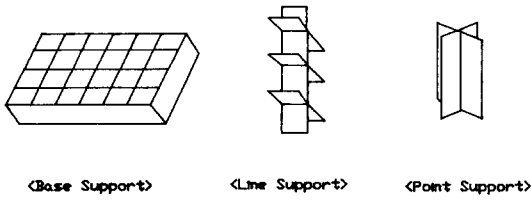


Fig2. Classification of support

3. Support Algorithm

본 연구에서는 입체형상의 비틀림이나 휨이 없는 정확한 형상을 생성시키기 위해서 만족되어야 할 support의 형상 조건은 무엇이며, 그리고 어디에 support를 설치해야 하는가에 관해 규명하고자 한다. 여기서 어디에 support를 설치해야 하는가에 대한 한 방법으로서, STL 파일에서 다음과 같이 작업면의 수직방향을 나타내는 normal vector의 z좌표값이 (-)인 vertex 군을 취출, 그 데이터를 모아 새로운 파일로 생성시킨다. 아래에 나타낸 것은 STL 파일의 구조중 작업면의 수직방향을 나타내는 normal vector를 나타낸 데이터 구조이며, 밑줄친 부분은 normal vector의 z좌표값이 (-)인 값을 나타낸다.

```
facet normal -1.000000e+00 0.000000e+00 -1.000000e+00
```

Fig 3은 support 위치를 취출한 형상이다.

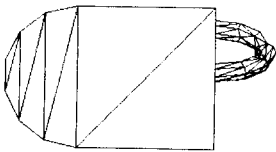


Fig3. Part of (-) z value in normal vector

본 연구에서는 support의 용도에 따라 Base support와 Part support로 분리, 정의하였다. 여기서 Base support는 모든 조형작업이 끝난후 형상을 떼어내거나 불필요한 부분을 제거, 또는 형상의 변형이나 파손을 방지하기 위함이고, Part support는 하중 또는 curl로 인한 형상의 처짐

이나 비틀림등의 변형을 방지하기 위해서 설치하게 된다. 취출한 vertex군중에서 normal vector의 z좌표값이 (-)를 가지는 vertex군중 z값이 최소이고 normal vector가 -1인 부분에는 Base support를 설치하고 나머지 vertex군중 normal vector가 -0.7 이하의 값을 가지는 면은 Part support를 설치하는 것으로 형상의 범위를 정하고 Support Algorithm을 수행하였다. 왜냐하면 normal vector가 -0.7이상의 값을 가지는 면은 스스로 지지될 수 있다는 것이 실험결과 판명되었기 때문이다. Base support 와 Part support 형상의 선택에 있어서는 Block, Line, Point형 등 3가지 형상으로 구성하였다. 그리고 Base support 형상과 Part support 형상의 선택기준은, 하나의 형상에 있어서 한 개의 페루프 또는 여러개의 페루프가 발생할 수 있는데 여기서 각각의 페루프중 각각 normal vector가 -1을 가지는 vertex군 중 최소의 z값을 가지는 부분에서 x좌표의 최대값과 최소값의 차가 7mm 이상이고 y좌표의 최대값과 최소값의 차가 7mm 이상이면 Base support를 설치하고, normal vector가 -0.7이하를 가지는 vertex군 중 x좌표의 최대값과 최소값의 차가 7mm 미만이고 y좌표의 최대값과 최소값의 차가 7mm 미만이면 Point support, 그 차이가 위 두 조건을 만족하지 않는다면 Line support를 설치하는 것으로 정하였고 Base support의 높이는 본 연구에서는 6mm로 설정하였다. 여기서 Base support와 Part support형상의 선택 기준을 7mm로 설정한 이유는 켈틸레버인 경우 최대 4mm 까지 스스로 지탱할 수 있다는 실험결과에 따라서 형상의 안전율을 고려하여 7mm로 설정하였다. 또 Part support에 있어서는 normal vector가 -0.7 이하의 값을 가지는 면으로 구성되어 있기 때문에 Part support가 되어야 할 부분에는 형상을 이루고 있는 삼각형 패치 중 공유하는 선분은 계속 제거함으로써 boundary 데이터만 취출하게 된다. 이 boundary 데이터는 x, y, z값을 가지는 3차원 데이터인데 이것을 2차원 평면상으로 투영시키고 x와 y 방향으로 각 형상에 적절한 격자 간격으로 support를 구성하게 된다. 여기에서 사용되는 support중에서 Block support는 격자간격이 $m \times n$, Line support는 $1 \times n$ 또는 $m \times 1$, Point support는 1×1 의 행렬형태로 구성된다. 본 연구에서는 Base support와 Part support의 격자간격은 7mm로 정하였다. 이러한 알고리즘으로 생성된 support 파일은 NC데이터로 생성된 후 종료된다. Fig 4는 Support Algorithm을 나타낸다.

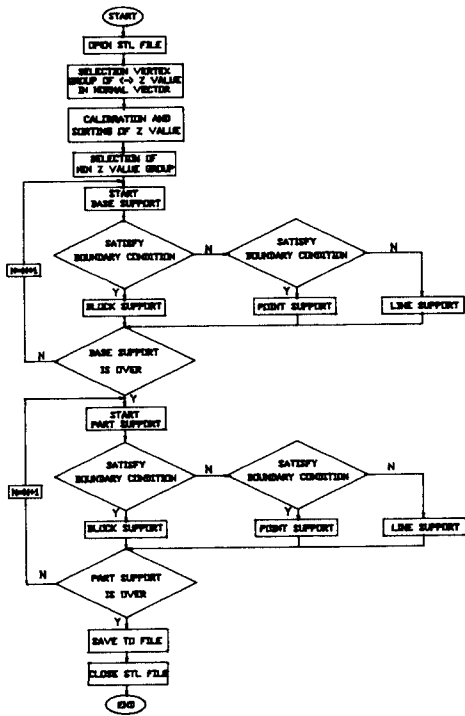
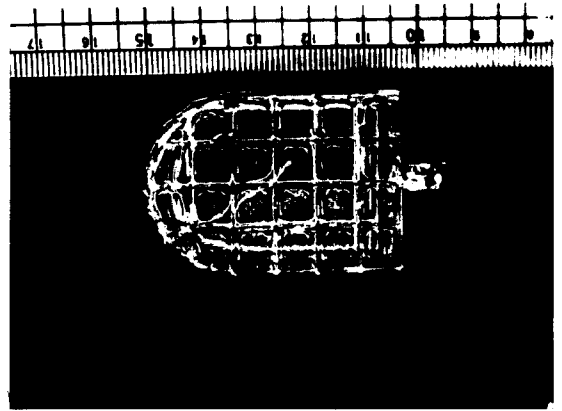


Fig 4. Support Algorithm

4. 적용사례

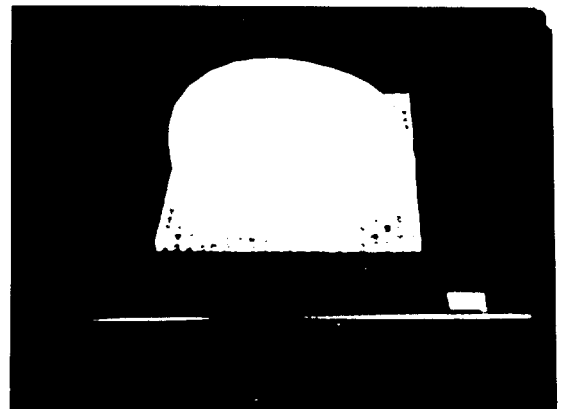
본 연구를 통하여 개발된 Support Algorithm을 토대로, support 파일을 생성시켜서 원래 형상의 파일과 Merge함으로써 입체형상을 조형하게 된다. Fig 5는 이번 연구에서 실험한 CUP 형상으로 (A)는 조형의 중간단계에서 찍은 사진이며 (B)는 support와 part가 적층되어 가공이 완료된 후 후처리에 의해 support가 제거된 최종형상을 나타내고 있는 사진을 보여주고 있다. Fig 6 (A), (B)는 콤프레셔용 챔버를 나타낸 형상으로 (A)는 형상을 위에서 내려본 사진이고, (B)는 뒤집은 형상을 위에서 본 사진으로 윗 부분이 Block support를 나타내고 있다. 여기서 사용된 광조형 장치는 He-Cd Laser, Urethane Acrylate계의 수지, X-Y Plotter방식 등으로 구성된 LG 전자의 LGMC 시스템을 사용하였으며, 한 층의 slice 두께와 레이저 조사간격은 0.2mm로 두어 형상을 조형하였다.



<A>



Fig 5. View of sample(1)



<A>

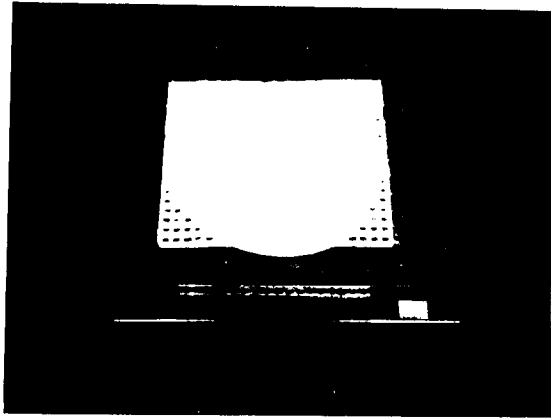


Fig 6. View of sample(II)

5. 결론

본 연구에서 광조형법으로 3차원 형상을 제작시, 원래 설계자가 의도했던 정확한 형상이 나오도록 하는데 필요한 Support Algorithm을 개발한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. STL 파일을 이용하여 PC상에서 3차원 모델의 검증이 가능하게 하였다.
2. STL 파일을 이용하여 형상화된 3차원 모델중 support가 필요한 위치를 추출, 형상화하여 PC상에서 그 위치를 확인하는것을 가능하게 했다.
3. 3차원 입체 모델의 형상제작시 뿔이나 비틀림이 없는 정확한 형상이 나오도록 하는데 필요한 support에 대한 Algorithm을 개발하였다.
4. 본 연구에서 개발한 Support Algorithm을 이용하여 실제 실물제작을 시도한 결과, 각 형상에 적절한 support가 세워졌으며 part와 support가 순차적으로 적층되어 원래 의도한 형상을 얻을 수 있었다.
5. Normal vector의 z value가 (-)인 vertex군을 이용하여 support를 세울때, part와 support간의 상호 간섭없이 어떻게 support를 세울 것인가에 대한 연구가 향후 필요하다.

6. 참고 문헌

1. 丸谷洋二, 大川和夫, 早野誠治, 中井 孝, 光造形法-레이저による3次元プロッター 일간공업신문사, 1990
2. 東京大學 吉川浩一, 木村文彦, 光造形法におけるサポ-

ト形状生成法, 1995年度 日本精密工學會季大會學術講演會講演論文集

3. Paul F. Jacobs, Ph.D. Rapid Prototyping & Manufacturing, SME, 1992.
4. Materialise N.V.1993, Guide to MAGICS 2.2.
5. J.P. Kruth, "Material Increase Manufacturing by Rapid Prototyping Techniques", Annals of the CIRP Vol.40, pp. 603~614, 1991.
6. 부산대학교 정밀정형 및 금형가공 연구센터, Slice 파일을 이용한 Support 시스템 개발.
7. 안대건, Stereolithography의 레이저 조사경로 생성에 관한 연구.
8. 백인환, 이원정, 김준안, STL 파일을 이용한 slice 방법개발에 관한 연구, 한국 정밀공학회 주최 춘계학술대회 1994.