

3D 프린터 활용 프로세스를 통한 교육과정 연구 -디자인대학을 중심으로-

성국주*, 김석래**

건국대학교 예술디자인대학 겸임교수*, 인제대학교 디자인대학 교수**

A Study on the Curriculum by the Process of Actual Use of 3D printer

-Focus on the College of Design-

Kug-Joo Sung*, Suk-Rae Kim**

Konkuk Univ. College of Art and Design*

Inje Univ. College of Design**

요 약 아직까지 3D 프린팅이라는 새로운 패러다임은, 그 누구도 명확하게 기존 산업에 미칠 영향력이나, 그로부터 파생될 수 있는 새로운 비즈니스 모델의 형태나 규모를 규정하거나 가능하기가 힘들지만, 3D프린팅 기술이 내포한 잠재적 가능성에 대하여 부정하는 이는 없으리라고 예상된다.

본 연구는, 3D 프린팅 기술이 가지는 무한한 가능성으로 인하여 각종 미디어를 통하여 자주 소개되고는 있으나, 정작 대학의 교육현장에서 활용할 수 있는 실질적인 정보와 자료가 부족하다고 판단, 새로운 창작도구로서 3D 프린팅 기술의 활용과 영향이 클 것으로 예상되는 디자인 관련학과에서, 실질적 적용과 활용이 가능한 현실적 교육안을 연구하는 것에 그 목적과 의의를 두고 진행되었다. 이를 위해 3D 프린팅 기술의 공정과정에 대한 분석을 기반으로, 학생들이 완성도 높은 결과물을 제작할 수 있도록 이론과 실습이 병행된 세 개의 순차적 구조를 지닌 교육과정을 구성, 제언해 보았다.

주제어 : 3D 프린팅, 창작도구, 디자인 관련 학과, 공정과정, 커리큘럼

Abstract The new paradigm of 3D printing is that no one is clearly easy to regulate or estimate the impact adverse on existing industry or the form of new business models. Nevertheless, it will be judged that there is no person to deny about potential possibility of implicated 3D printing technology by industrial and business aspects.

This study has the purpose and significance of that to suggest practical education which is available as practical application because new creative tools in design department are expected to have greater impact and use of 3D printing technology. Based on the analysis of research on the work process of 3D printing technology for this purpose, we composed the step-by-step curriculum linkages which combined theory and practice for student to create the well-made final output.

Key Words : 3D printing, Creative tool, Design department, Work process, Curriculum

“본 논문은 2015학년도 인제대학교 학술연구조성비 보조에 의한 것임”

Received 10 April 2016, Revised 18 May 2016

Accepted 20 June 2016, Published 28 June 2016

Corresponding Author: Sukrae Kim

(Inje Univ. College of Design, Professor)

Email: deani4@inje.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

1.1 연구의 배경

3D 프린팅 기술은, 많은 미디어를 통하여 가까운 미래에 우리 생활을 크게 변화시킬 기술혁명의 하나로 소개됨으로서, 관련 종사자뿐만 아니라 일반 대중들까지 그 관심이 증대, 최근 산업적, 경제적으로 그 기대치가 높은 분야의 하나로 할 수 있다. 그러나 아직까지 3D 프린팅 기술을 근간으로 추후에 야기될 기존 산업의 변화나, 아니면 이를 통해 태동이 될 새로운 산업유형과 비즈니스 모델들에 대해서는, 그 누구도 명확하게 발전의 방향이나 규모를 언급치 못하고 있는 것 또한 지금의 현실이다. 다만 적은 공정으로 시제품을 확인할 수 있다는 기업적 측면의 장점과, 공산품이 아닌 자신만의 커스터마이징(customize)된 제품을 출력할 수 있다는 개인적 측면의 장점만으로도, 어떤 방향으로든 3D 프린팅 기술이 우리 생활 전반에 영향을 미칠 것만은 분명할 것으로 예상된다. 이런 점에서, 3D 프린팅 기술의 활용방안들에 대하여 현실적인 관점의 다양한 실무적, 학술적 고민들이 필요한 시점이라 할 수 있다.

1.2 연구의 시사점과 목적

3D 프린팅 기술이 최근 다양한 미디어를 통하여 소개, 예상되는 높은 기대가치로 주목을 받음으로서 많은 대학에서 장비를 구축, 관련 교육과정들을 개설하고 있는 상황이지만, 사설 교육기관과 비교하여 몇몇 아쉬운 점들로 인하여 대학환경에서 3D 프린터가 창작도구의 하나로 정착하는데 있어 장애가 되고 있다고 판단된다. 하드웨어적인 측면으로는, 3D 프린터 유형의 잘못된 선정으로 기기의 유지비용과 소재의 출력비용이 상승, 이로 인하여 장비의 사용에 제한이 발생하는 경우가 대표적이며, 소프트웨어적인 측면으로는, 현장에서 활용할 수 있는 교육정보의 부족과 이론과 실습을 병행할 수 있는 교육인력의 부족으로 인한, 장기적 관점의 교육과정 부재가 대표적이라 할 수 있다. 하드웨어적인 부분은 재투자하여 어느 정도 빠른 해결을 할 수 있으나, 3D 프린터를 창작도구로 활용하는 것을 목표로 수립되는 교육과정의 경우에는, 실무환경에 기반을 둔 이론과 실습의 병행수업이 필수적이기에 이 부분에 대한 지속적인 계획과 보완이 무엇보다 중요하다고 할 수 있겠다. 특히 교육자는 3D 프

로그래밍의 숙지, 3D 프린터 필수 속성의 이해, 그리고 후가공 작업공정의 이해를 가지고, 최소 2학기 이상의 연속성을 가진 교과과정을 피교육자에게 제공할 수 있도록 준비되어야 하나, 아직까지 대학이라는 제한된 교육환경에서 활용할 수 있는 교육정보가 부족한 것이 사실이다.

본 연구는 앞의 언급과 같이 대학에서 활용할 수 있는 교육정보가 부족하다는 점에 착안하여 대학의 제한된 교육환경, 특히 디자인 관련학과에서 3D 프린터를 새로운 창작도구의 하나로 활용하는 것을 목표로, 교육과정의 내용적 구성에 초점을 두고 진행되었음을 밝힌다.

1.3 연구의 범위 및 방법

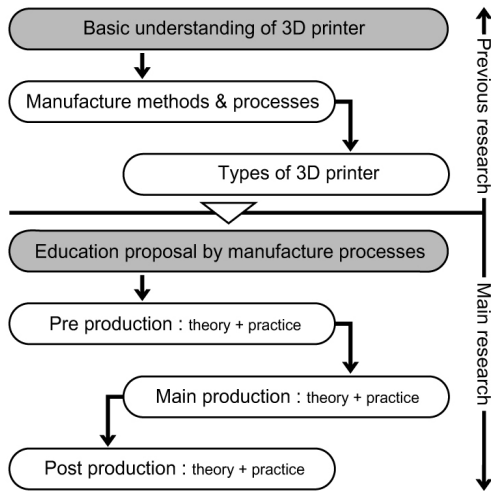
연구목적에서 언급한 것과 같이, 대학의 디자인 관련학과에서 3D 프린터를 활용, 디자인 결과물을 만들어 낼 수 있는 단계별 교육과정을 제안하기 위하여, 먼저 3D 프린터를 활용하는데 있어서 선이해가 필수적이라 판단되는 부분인, 3D 프린터의 제작방식과 전체적인 제작과정, 그리고 3D 프린터의 유형별 특징점을 요약, 정리하는 것을 선행연구로 진행하였다. 이와 같이 이론적 정리를 우선 진행한 이유에 대하여 간략히 부연설명을 덧붙이면 다음과 같다. 제작방식과 공정의 경우에는, 본 논문에서 핵심적 연구내용으로서 제시되는 과정별 교육내용이 실무환경의 제작공정을 근간으로 하여 제안되었다는 점에 그 이유가 있으며, 유형별 특징점의 경우에는, 디자인대학 교육환경이라는 제한된 여건에서 현실적 활용이 가장 용이한 프린터 유형으로 FDM방식¹⁾을 선정, 이를 중심으로 교육내용을 구성하였기에, 3D 프린터의 유형별 특징점에 대한 내용을 우선 정리함으로써, FDM방식을 중심으로 교육과정을 구성하는 것에 무리가 없음을 밝히기 위하여 그 이유가 있다고 하겠다.

이와 같은 선행연구를 바탕으로 본 연구인 교육내용의 제안에서는, 3D 프린터를 활용, 실질적 조형 결과물을 만들어 내는 일련의 과정을 교육하기 위하여, 3D 프린팅 기술의 기본개념과 전체 작업공정의 이해를 목적으로 한 프리퍼덕션(pre-production) 과정, 3D 데이터의 출력을 위한 파일변환 및 세부 셋팅의 이해, 그리고 작업 효율성을 높일 수 있는 방법적 제시를 목적으로 한 메인퍼덕션(productin) 과정, 그리고 마지막으로 출력물의

1) 적층형 방식의 하나로 Fused deposition modeling의 약어, <http://www.itworld.co.kr/news/90761>

표면처리와 같은 후가공 작업의 이해를 목적으로 한 포스트프로덕션(post-production) 과정, 이렇게 크게 세 개의 과정으로 구분하여 각각의 과정에서 이론과 실습을 병행, 대학이라는 제한된 교육환경에서 3D 프린터를 하나의 창작물로서 활용할 수 있는 교육내용을 제시하였다.

다음의 [Fig. 1]은 위에서 언급된 연구의 범위와 방법을 간략히 요약, 본 연구의 전체적인 흐름을 보여주는 그림으로, 단계별 내용들은 본문의 해당 부분에서 자세히 기술, 설명하겠으며, 본문에 첨부된 모든 이미지들은, 연구를 진행하면서 직접 작업이 진행된 결과물들임을 밝힌다.



[Fig. 1] Research procedure

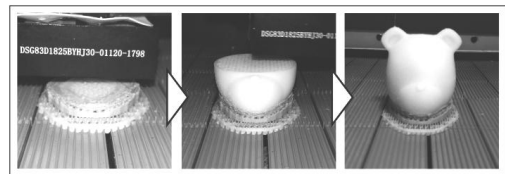
2. 3D 프린팅 기술의 이론적 배경

3D 프린터란, 좌우로 움직이는 X축과 앞뒤로 움직이는 Y축에 Z축을 추가하여 입체 조형물을 제작하는 장치 [1]를 말한다. 최근에서야 미디어를 통하여 3D 프린팅 기술이 자주 노출되면서 대중의 관심이 폭발적으로 증가하였으나, 사실 3D 프린팅 기술은 1980년대 초에 개발된, 이미 30여년의 역사를 가지고 있는 기술이다. 다만 기술적 한계와 핵심 기술의 특허 문제들로 인하여, 그간 관련 기술들이 특정 산업분야에서 한정적으로 사용되어 왔기 때문에, 관련 정보들을 접할 수 없었을 뿐, 최근 새롭게 개발된 기술은 아니라 하겠다. 다음의 본문에서는 연구

범위와 방법에서 언급한 것과 같이, 본 연구에서 제안할 교육내용의 구성적 근간이 되는 제작공정과 프린터의 유형별 장단점에 대하여, 핵심적인 내용들을 중심으로 요약, 정리하도록 하겠다.

2.1 3D 프린터 조형원리와 제작공정

먼저 3D 프린터의 조형원리에 대하여 간략히 요약하면 다음과 같다. 입체조형물 제작 시에 적용되는 조형원리는 적층가공(additive manufacturing) 방식과 절삭가공(subtractive manufacturing) 방식으로 크게 구분지어 이야기할 수 있는데, 3D 프린팅 작업은 3D 모델링 데이터를 3D 프린터가 인식하고 분석한 뒤, 조형재료(소재)가 순차적으로 분사, 레이어(layer) 적층을 통해 형태가 만들어지는 적층가공 방식의 하나라고 할 수 있다. 아래의 [Fig. 2]은 순차적으로 레이어 층이 적층, 3D 프린터의 내부에서 입체 조형물이 조형되는 과정을 보여주는 것이다.



[Fig. 2] Laminating process of 3D object by FDM 3D printer

다음으로 3D 프린터를 활용하여 조형물을 제작할 때의 보편적인 제작공정은, 3D 프린터의 유형에 따라서 약간의 차이점은 존재하나, 크게 세 단계로 요약된다.

첫 번째 단계는 3D 프린터로 출력할 입체조형물에 대한 콘셉트를 설정하고 이를 바탕으로 3D 데이터를 제작하는 단계로, Autodesk사의 Maya나 Max, McNeel사의 Rhino와 같은 3D 모델링 프로그램을 활용하여 직접 3D 데이터를 제작하는 방법과 3D 스캐너를 통해 데이터를 득하고 그것을 활용하는 방법, 인터넷상에서 작업된 3D 데이터를 구입하거나, 무료로 배포되어 있는 3D 데이터를 활용하는 방법등 다양한 접근들이 있으며, 본 연구에서는 창작도구로서 3D 프린터를 활용한 교육내용의 연구라는 측면에서, 3D 스캐너를 활용하는 방법이나 타인에 의해 작업된 유무료 데이터를 활용하는 방법들은 본 연구에 부합되지 않는다고 판단, 3D 모델링 프로그램을

활용하여 직접 3D 데이터를 작업하는 것을 전제로 내용을 구성하였음을 밝힌다.

두 번째 단계는 준비된 3D 데이터를 실질적으로 출력하는 단계로, 크게 작업한 3D 데이터를 3D 프린팅을 위한 표준 데이터 파일형식인 STL(stereo lithography) 파일²⁾로 변환하는 과정과, 출력을 위해 3D 프린터의 세부 세팅을 설정하는 과정으로 나누어 볼 수 있다. STL 파일 변환의 경우, 현재 대부분의 3D 모델링 프로그램들이 STL 파일 형식의 저장을 지원하고 있는 상황이라, 3D 모델링을 마무리한 후에 몇 가지 주의점만 유의하고 STL 포맷으로 파일을 저장하면 과정상에서 큰 어려움은 없다고 하겠다. 3D 프린터의 세부 세팅의 경우, 출력하려는 조형물의 적층면 높이와 조밀도, 그리고 서포터(supporter)³⁾[1]의 생성 등을 조정, 이를 통하여 출력물의 세부묘사 정도가 결정되기 때문에 매우 중요한 과정의 하나로, 3D 출력물 적층면의 구성에 대한 개념적 이해가 필수적인 부분이라 할 수 있다.

마지막 세 번째 단계는 후가공 과정으로, 3D 프린터로 만들어진 출력물을 가공하여 최종 결과물을 완성하는 단계로, 후가공의 경우에는 3D 프린터의 유형과 성능에 의해서 직접적으로 영향을 받는 부분이기 때문에, 프린터 기종에 따라 작업의 난이도 차이가 존재할 수 있지만, 크게 서포트의 제거, 출력물의 표면 보정, 그리고 도색의 순서로 진행이 된다고 요약할 수 있다.

2.2 3D 프린터 유형에 따른 장단점

작업된 3D 모델링 데이터를 가로방향의 얇은 레이어 층으로 분석, 단면을 층층이 쌓는 적층방식으로 입체조형물을 출력하는 조형기술을 뜻하는 3D 프린팅 기술은, 다양한 기술 유형들이 존재하지만, 상용화라는 측면으로 보았을 때, 핵심적인 기술유형은 액체기반의 SLA방식⁴⁾,

분말기반의 SLS방식⁵⁾, 고체기반의 FDM방식⁶⁾[2], 이렇게 세 가지 유형으로 요약될 수 있다. 3D 프린터의 유형별 특성에 대한 이해가 중요한 이유는 유형에 따라 사용할 수 있는 소재에 제한이 있다는 점이 가장 크며, 이러한 소재의 차이가 조형물의 제작속도, 강도, 정밀도 등과 같이 결과물의 완성도에 영향을 미치는 속성들과 직접적인 관련이 있기에, 3D 프린터를 실질적으로 운용하기 이전에 이 부분에 대한 이해가 중요하다고 하겠다.

SLA방식의 가장 큰 장점은 레이저를 특정 부분에 조사(照射)할 수 있기에 출력물의 세부묘사가 우수하다는 점과 출력속도가 빠르다는 점, 그리고 투명도가 있는 출력물을 조형할 수 있다는 점이며, 단점으로는 출력물의 강도가 상대적으로 약하다는 점과 재료인 광경화성 수지의 가격이 높다는 점이라 할 수 있다.

다음으로 SLA방식과 유사한 조형방식을 가지고 있는 SLS방식의 가장 큰 장점은, 분말에 덮여 있는 상태로 조형물이 출력, SLA방식과 FDM방식에서 출력물을 지지하기 위해서 필연적으로 생기는 서포터가 생기지 않기 때문에 상대적으로 후처리(가공)가 수월하다는 점과, 금속, 세라믹, 모래 등과 같은 다양한 소재를 활용할 수 있다는 점이다. 단점으로는 상대적으로 프린터와 소재의 가격이 비싸기 때문에, 아직은 장비의 운용적 측면에서 애로점이 크다고 할 수 있다.

마지막으로 FDM방식의 가장 큰 장점은, 프린터의 가격과 소재의 가격이 제일 저렴하다는 점이며, 다른 장점으로는 타 방식에 비하여 내구성이 우수하다는 점과 소재인 열가소성 플라스틱의 다양한 색상을 출력물에 적용할 수 있다는 점을 들 수 있다. 단점으로는 출력물의 표면이 상대적으로 거칠기 때문에 세부묘사와 표면조도가 떨어진다는 점과 출력속도 또한 상대적으로 느리다는 점이다.

이렇게 3D 프린터의 대표적인 세 가지 기술유형들에 대한 장, 단점을 요약해 보았는데, 본 연구에서는 앞의 연구범위에서 언급했듯이 고체기반의 FDM방식을 중심으로 교육내용을 구성하였다. 물론 결과물의 완성도 측면

2) STL파일 포맷은 3차원형상을 무수히 많은 3각형 평면으로 나누어 표현한 것으로 대부분의 3D프린팅 소프트웨어는 STL파일 포맷을 채택한다. <http://www.businesspost.co.kr/news/>

3) 서포터란 일정 각도를 벗어나 있거나 공중에 떠 있는 물체를 프린팅할 때, 얇은 벽이나 연속된 메쉬를 통해 물체가 허물어지는 것을 막기 위한 보조 모델링으로, 출력 시 자동으로 생성되며 3D 프린터의 응용 프로그램에 제어를 할 수 있다.

4) selective laser sintering의 약자로, 선택적 레이저 소결 조형을 의미하며 빛을 받으면 고체로 변하는 광경화성 수지가 들어있는 수조에 레이저 빔을 쏘아 필요한 부분만을 고체화시켜 조형물을 제작하는 방식을 말한다.

5) stereo lithographic apparatus의 약자로, 파우더가 담겨있는 베드에 레이저 빔을 쏘아 얇은 막을 반복적으로 형성하여 조형물을 제작하는 방식을 말한다.

6) fused deposition modeling의 약자로, 필라멘트 형태의 플라스틱을 노즐에서 얇은 실의 형태로 분사하여 조형물을 제작하는 방식을 말한다.

에서는 액체기반의 SLA방식이나 분말기반의 SLS방식이 우수하나, 교육현장이라는 제한된 환경 아래에서 운용적인 측면을 고려하였을 때, 현 시점에서 기기와 소재의 가격적 측면에서 큰 이점을 가지고 있는 FDM방식이 교육용으로 가장 적합한 것으로 판단되고, 또한 유형별 특성으로 인한 차이가 존재하나, 적층방식이라는 조형원리가 동일하여 전반적인 제작공정이 유사하기 때문에, 추후 FDM방식 이외의 SLA나 SLS방식의 프린터를 실무환경에서 창작물로 활용하게 되더라도, 그 운용에 큰 애로점이 없다고 판단, FDM방식을 중심으로 교육내용을 구성하는 것에 큰 무리는 없을 것으로 사료된다.

<Table 1> Characteristics by 3D Printer type

	SLA type	SLS type	FDM type
precision	high	medium	low
surface finish	high	high	low
durability	medium	high	high
printing speed	high	high	low
color material	limited available	unavailable	limited available
transparent material	available	unavailable	unavailable
flexibility	limited available	unavailable	unavailable

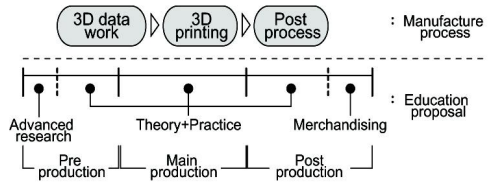
위의 표 <Table 1>은 위에서 언급된 세 가지 대표적 기술유형에 대한 유형별 소재와 출력물의 특성을 정리해 놓은 것으로, 상, 중, 하, 등급별 차이는 절대적 기준이 아닌, 상대적 기준에 준한 것임을 밝힌다.

3. 과정별 교육안의 제시

국내 디자인대학의 교육환경에서 3D 프린터를 창작물로 활용, 입체조형물의 제작을 목적으로 교육내용을 구성하기 위하여, 전체적인 내용을 프리프로덕션, 메인프로덕션, 포스트프로덕션, 세 과정으로 나누어 기술토록 하겠다. 각각의 과정은 독립된 구조가 아닌, 순차적 구조로 구성을 하였기에, 앞의 교육과정이 다음 교육과정의 토대를 이루는 꼬리에 꼬리를 무는 형식으로 이루어져 있으며, 각각의 과정은 이론적 접근을 바탕으로 실습 중심의 교육내용들로 구성을 하였다.

다음의 [Fig. 3]은, 앞의 2.1. 3D 프린터 조형원리와 제작과정 부분에서 언급한 실무환경의 보편적인 3D 프

터 제작공정과 본 연구에서 제시될 교육과정 사이의 연계성을 보여주는 그림이다.



[Fig. 3] Structure of education proposal

3.1 프리프로덕션(pre production)

3.1.1 교육과정 개요 및 목표

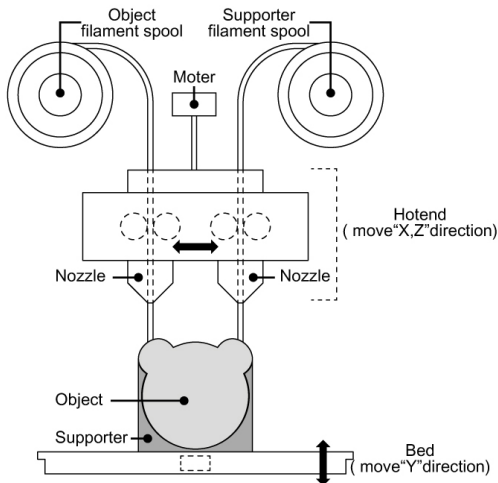
이 과정에서는 3D 프린팅 기술에 대한 전반적인 개념적 이해를 득하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 3D 프린터를 창작물로 활용키 위해, 선이해가 필수적인 이론적 부분과, 3D 프린터로 간단한 조형물을 직접 출력, 직관적 경험의 획득을 우선으로 한, 실습적 부분으로 교육내용을 구성하였다. 이 과정의 수업진행을 위한 제반조건으로는, 3D 프린터로 출력할 입체 조형물을 모델링하고, 이를 데이터화하는데 필요한 3D 소프트웨어⁷⁾와 FDM방식 3D 프린터가 준비되어야 한다.

3.1.2 이론교육 내용

이론수업의 경우, 3D 프린팅 기술발전의 역사적 배경과 조형원리, 그리고 소재를 중심으로 한 3D 프린터 유형별 차이점과 전체적인 제작공정이 중심이 된 이론적 내용을 설명, 새로운 창작물로서 3D 프린터가 지닌 가능성을 피교육자가 명확하게 인지할 수 있도록 하는 것에 중점을 둔다. 또한 본 연구에서 중점적으로 다루어질 FDM 방식 3D 프린터의 구동원리를 구조적으로 설명함으로써, 실습교육에서 다루어지는 내용을 보다 쉽게 이해할 수 있는 근간을 마련토록 하는 것이 중요하다. 이와 관련하여 3D 프린팅 기술적 배경과 유형별 특징점 및 제작공정에 대한 부분은 본 연구의 선행연구 부분을 참고, 교육환경에 맞추어 수정, 적용하면 될 듯하여, 본문에서는 FDM 방식 3D 프린터에 대한 구조적 설명만을 덧붙이도록 하겠다.

7) Autodesk사의 Maya나 3D max, Mackneel사의 Rhinoceros3D, Pixologic사의 Z-brush) 등이 대표적인 3D 모델링 소프트웨어이다.

다음의 그림 [Fig. 4]에서 알 수 있듯이, FDM방식 3D 프린터는 크게 핫엔드(hotend), 모터(motor), 그리고 베드(bed), 세 부분으로 구성되어 있다. 핫엔드는 소재인 필라멘트를 적정 온도에서 녹인 후 노즐을 통해 압출해 주는 역할을 하며, 모터는 노즐의 평면적 운동, 즉 작업된 데이터를 조형할 수 있도록 두 개의 축을 중심으로 노즐을 이동시키는 역할을 한다. 마지막으로 베드는 노즐에서 압출되어서 나오는 필라멘트가 레이어 층을 쌓을 수 있도록 수직적으로 이동을 하는 역할을 한다.

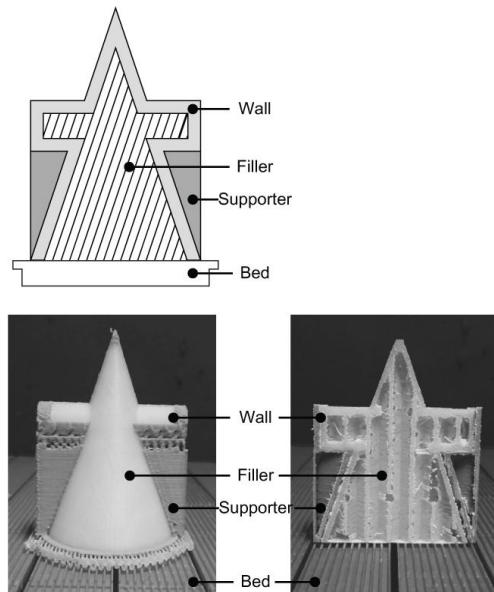


[Fig. 4] Main components of FDM 3D printer

3.1.3 실습교육 내용

실습교육은 이론적인 지식을 바탕으로 단순한 형태의 기하학 입체 조형물을 3D 모델링하여 출력해 봄으로써, 오브젝트(출력 결과물)의 주요 구성요소를 시각적으로 이해한 후, 오브젝트와 이를 지지하는 서포터의 상관관계, 그리고 오브젝트를 구성하는 벽(wall)과 필러(filler)와의 상관관계를 명확히 이해하는 것을 주요 목적으로 하며, 이를 통하여 심화과정이라고 할 수 있는 다음의 메인프러덕션 과정에서 출력물의 완성도를 높일 수 있는 방안들로 제시되는 내용들을, 피교육자가 보다 쉽게 이해하고 실습할 수 있는 토대를 마련할 수 있도록 교육하는 것이 중요하다. 또한 3D 프린터의 조형과정을 직접 지켜봄으로써, 대략적인 출력시간을 유추, 디자인 작업의 필수적 고려사항인 시간 안배에 대한 감(感)을 숙지할 수 있도록 교육내용을 구성할 필요가 있다.

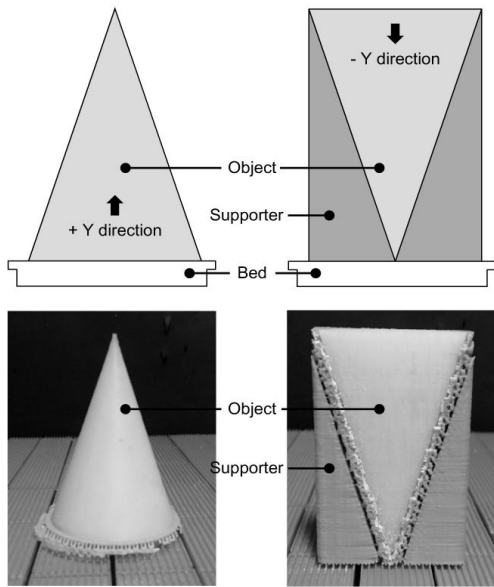
오브젝트와 서포터, 그리고 벽과 필러의 상관관계를 이해하기 위해서는, 우선 3D 프린터로 출력된 결과물의 주요 구성요소에 대한 설명이 선행되어야 한다. 다음의 그림 [Fig. 5]에서 볼 수 있듯이, FDM방식 3D 프린터로 출력된 결과물의 구성요소는 벽, 필러, 그리고 서포터로 크게 나뉜다. 벽은 오브젝트의 외적인 형태를 이루는 부분을 말하며, 필러는 오브젝트의 내적인 형태를 이루는, 즉 벽과 벽사이의 내부를 채우는 부분, 그리고 서포터는 층층이 쌓이는 레이어들로 이루어지는 오브젝트가 조형 과정에서 무너지지 않도록 지지를 해주는 보조물이라 하겠다.



[Fig. 5] Name of components of 3D printed object

위의 구성요소에 대한 설명을 바탕으로 먼저 오브젝트와 서포터의 구조적 관계를 설명하면 다음과 같다. 출력할 오브젝트의 형태에 따라 차이가 있으나, 실질적으로 3D 프린팅된 결과물은 보편적으로 디자인 형상(形象) 부분과 이를 지지하는 서포터, 두 부분으로 구성되어 출력이 된다. 서포터의 주된 역할은 위의 설명과 같이, 3D 프린터가 오브젝트를 조형할 때 형태가 무너지지 않도록 지지하는 역할을 하는 부분으로, 출력 후 제거되는 부분이다. 따라서 작업자는, 서포터가 출력물의 지지대 역할을 충분히 할 수 있는지의 여부와, 과도한 서포터의 생성으로 인하여 추후 이를 제거할 때, 출력물의 표면이 과하

게 훼손되지는 않는지의 여부를 고려해야 할 필요가 있다. 이처럼 오브젝트와 서포터의 상관관계에 대한 이해는 조형과정에서 출력물의 질(質)에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 중요한 사항으로, 이의 빠른 이해를 위해서는 피교육자에게 단순한 형태의 입체도형을 출력, 적층과정과 출력물을 시각적으로 확인해 볼 수 있는 기회를 부여하는 것이 최선의 방법 중 하나라 하겠다. 오브젝트와 서포터 사이의 구조적 이해와 더불어 이 과정에서 또한 학습되어야 하는 부분은, 경우에 따라서 조형 시 오브젝트를 지지하기 위해서 생기는 서포터의 생성 유무와 다소(多少)를, 작업자가 조절할 수 있는 여지가 있다는 점이다.

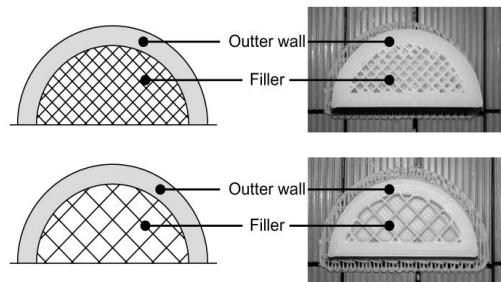


[Fig. 6] Differences of supporter creation by object direction

조금 더 설명을 덧붙이면, 위의 [Fig. 6]의 예에서 볼 수 있듯이, 밑면이 넓고 위로 올라 갈수록 좁아지는 원뿔 형태의 경우, 적층방식의 특성 상 서포터 생성 없이 한 층씩 레이어가 쌓이면서 무난히 출력할 수 있다. 하지만 반대의 형태인 밑면이 좁고 위로 올라 갈수록 넓어지는 원뿔 형태일 경우, 서포터 생성 없이는 원하는 형태의 결과물을 기대하기 힘들다. 이는 원뿔이라는 동일한 형태의 오브젝트라 하더라도 적층되는 장소인 베드 위에 오브젝트를 어떤 방향으로 세팅하느냐에 따라, 서포터가

생길 수도 있고 안 생길 수도 있다는 뜻으로, 작업자는 오브젝트와 서포터의 관계를 명확히 이해한 후, 출력 시 서포터의 양을 최소화할 수 있는 방법들을 고민할 필요가 있다는 의미이다.

다음으로 벽과 필러와의 관계를 설명하면, 겉으로 드러나는 오브젝트의 외형을 형성하는 벽과, 벽의 안쪽에 채워지는 필러 부분은 출력된 오브젝트의 견고함에 직접적으로 영향을 미치는 구성요소라 할 수 있으며, 이의 이해가 중요한 이유는 벽의 두께와 필러의 조밀도가 출력 시간과 재료 소비에 직접적으로 영향을 미치는 부분이기 때문이다. 즉 필요 이상의 벽의 두께와 필러의 조밀도는 출력시간과 재료의 낭비로 직결될 수 있음을 작업자는 인지한 후, 사용할 3D 프린터의 노즐 직경, 출력 속도와 같은 세부 사양을 정확히 숙지하고, 이를 종합적으로 고려하여 벽의 두께와 필러의 조밀도를 설정해야만 한다. 따라서 수업에서는 단순한 형태의 입체도형을 출력, 그 단면을 시각적으로 확인해 볼 수 있는 기회와, 동시에 동일한 외형의 오브젝트에 다양한 수치값을 적용, 출력물을 비교해 볼 수 있는 기회를 제공할 수 있어야 하겠다. 다음의 [Fig. 7]은 벽과 필러의 상관관계에 대한 이해를 돕는 예로, 시각적으로 외형은 동일하지만, 보이지 않는 오브젝트의 안쪽에 추가적인 벽을 세움으로서 필러의 조밀도를 다르게 적용하는 것이 가능하다는 것을 보여주는 이미지이다.



[Fig. 7] Structure of filler by differences of wall and density

이와 같이 프리프러덕션 과정에서는, 3D 프린터로 출력된 결과물의 주요 구성요소들에 대한 명확한 개념적 숙지를 목적으로, 단순한 형태의 기하학 입체 조형물을 다양하게 출력, 그것을 시각적으로 확인하고 비교해봄으로서, 구성요소들 간의 상관관계를 명확히 이해, 추후 창

작물로 3D 프린터를 활용할 수 있는 기본 토대를 마련하는 것에 중점을 두고 내용을 구성해 보았다.

3.2 메인프로덕션(main production)

3.2.1 교육과정 개요 및 목표

프리프로덕션 과정에서는 3D 프린터 출력을 직관적으로 경험하는 것에 중점을 두었다면, 메인프로덕션 과정에서는 계획된 디자인 콘셉트에 부합되는 정확한 출력물을 득하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 이론 부분에서는 오브젝트의 외형적 특성에 따라, 출력 시 고려가 필요한 3D 프린터의 주요 세팅들, 특히 슬라이서(slicer) 작업에 대한 이해를 중심으로 세팅 수치의 차이가 결과물에 미치는 영향을 이해할 수 있도록 구성하였으며, 실습 부분에서는 출력 전 오브젝트의 형태적 분석을 통하여, 결과물의 표면상태 그리고 재료의 소비와 출력시간의 경감을 통하여 작업 효율성을 높일 수 있는 실질적 방법들을 제시하는 것으로 교육내용을 구성하였다. 수업을 위한 제반조건으로는, 3D 소프트웨어를 활용하여 작업이 완료된 모델링 데이터와 FDM방식 3D 프린터가 준비되어야 한다.

3.2.2 이론교육 내용

우선 3D 모델링 데이터를 3D 프린터로 출력하기 위해서 필수적 과정인, STL 파일 변환 작업과, 슬라이서 작업에 대한 개념적 이해가 필요하다. 앞의 2.1. 3D 프린터 조형원리와 제작공정 부분에서 기술하였듯이, STL 파일이란 3차원 데이터를 표현하는 국제 표준 형식의 하나로 대다수의 3D 프린터의 입력 파일로 사용되고 있다. 그러나 3D 모델링 데이터를 단순히 STL 파일로 저장하거나 변환하였다고 바로 적층식 3D 프린터에서 출력할 수 있는 것이 아니고, 범용 또는 사용할 3D 프린터의 제조사에서 제공된 특정 소프트웨어를 활용, 3D 모델링 데이터를 층층이 조형할 수 있도록 레이어로 잘라내는 슬라이서 작업이⁸⁾ 마무리 되어야만 출력이 가능하다. 이런 이유로, 슬라이서 작업 시, 3D 모델링된 조형물의 형태적인 측면과 이전 과정인 프리프로덕션에서 언급한 주요 구성요소간의 상관관계를 고려하여, 슬라이서 작업을 위한 소프트웨어의 주요 속성인 레이어의 높이와 밀도, 벽의

두께, 필러의 밀도, 서포터의 밀도 및 노즐의 이동속도 등, 결과물의 완성도와 조형속도에 직접적으로 영향을 주는 속성들에 대한 부분들을 피교육자에게 이론적으로 숙지시켜야만 하겠다.

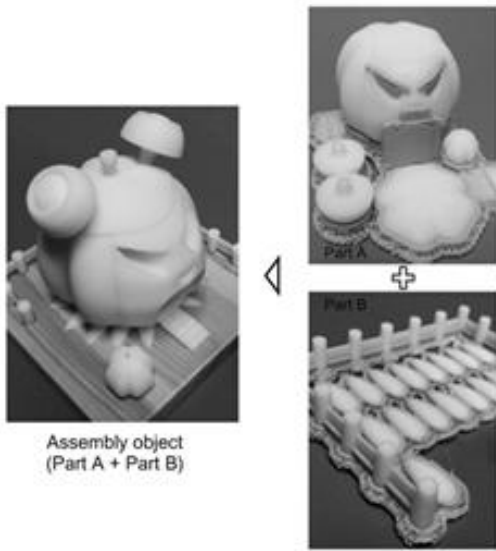
3.2.3 실습교육 내용

메인프로덕션 과정의 실습 부분에서는 완성도 높은 결과물을 만드는데 있어, 실질적 도움을 줄 수 있는 실용적 방법들을 제안하는 것에 목적을 두고, FDM방식의 3D 프린터가 지닌 장점을 유지하면서, 다른 유형의 3D 프린터와 비교하여 취약한 부분인 출력 사이즈의 제한, 서포터의 생성, 출력물 표면의 거침을 작업적으로 일정부분 해결할 수 있도록, 분할 출력, 적중 방향이라는 작업적 해결 방안을 제시하는 것에 중점을 두었다. 이는 3D 출력물의 구조적 이해에서 더 나아가 형태적 분석을 바탕으로, 작업자가 재료 소비, 출력 시간 및 표면 상태를 보다 효과적으로 제어함으로써, 피교육자가 최종 결과물의 완성도를 높일 수 있는 실무적 관점의 방법들을 습득토록 하는 것을 목표로 한다. 덧붙여, 피교육자의 3D 모델링 기술이 어느 정도 갖추어졌다는 전제하에 해당 내용이 구성되었음을 밝힌다.

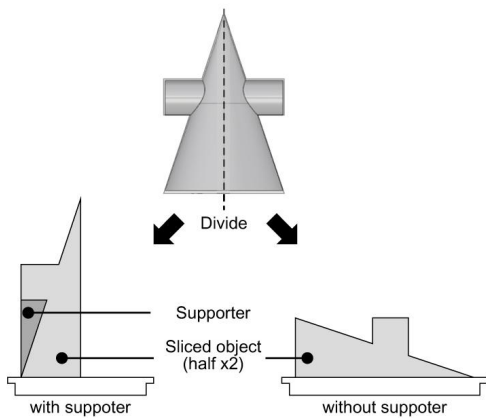
첫 번째, 분할 출력을 하는 가장 중요한 이유는, 출력할 오브젝트의 전체 크기가 FDM방식 프린터의 출력 가능 영역보다 클 경우이다. 최근 100x100x100(cm) 크기의 조형물을 출력할 수 있는 국산 3D 프린터가 등장하기는 하였으나, 현재 운용되고 있는 FDM방식 프린터의 출력 사이즈는 30x30x40(cm) 이하의 출력 사이즈를 지닌 것이 보편적인 상황으로, 그 이상의 조형물을 3D 프린터로 조형하기 위해서는, 프린트 할 오브젝트를 하나의 덩어리가 아닌 분할 출력 후, 이를 조합하여 최종 결과물을 만들어 내는 것이 최선의 방법이라 하겠다. 덧붙여 분할 출력으로 얻을 수 있는 또 다른 장점으로는, 분할된 부분을 어떤 방향으로 위치시키고 출력을 하느냐에 따라서, 출력 시 서포터의 생성 없이, 또는 그 생성의 양을 최소화하여 출력이 가능하다는 점을 들 수 있다.

앞의 [Fig. 8]은 분할작업으로 작업된 출력물의 예이며, [Fig. 9]은 분할 출력 시, 출력방향에 따른 서포터 생성의 차이를 설명하는 이미지이다.

8) <http://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=41184>



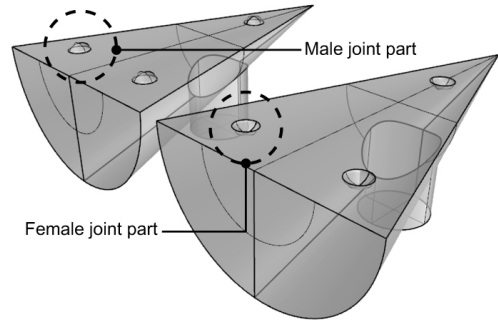
[Fig. 8] Example of divided printing



[Fig. 9] Comparison with the creation of supporter by the position of divided object

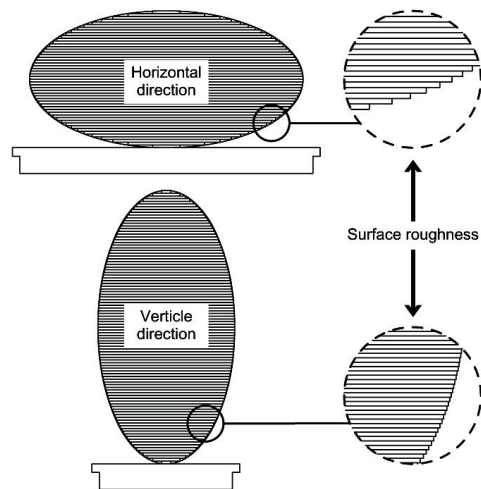
이처럼 출력 사이즈의 한계를 어느 정도 극복할 수 있는 좋은 대안인 분할 출력에서 가장 중요하게 고려되어야 하는 사항은, 분할 부위에 대한 고민으로서 너무 많은 부분으로 오브젝트를 분할하여 출력하게 되면 그만큼 접촉면의 개수가 증가, 후가공 작업의 소요시간이 늘어날 뿐만 아니라, 내구성에도 문제가 생길 수 있다는 점을 인지하고, 전체적인 디자인 콘셉트를 분석한 후, 3D 모델링 단계에서부터 신중하게 분할면에 대한 작업이 이루어져야만 한다. 추가적으로 분할 출력을 할 경우, 다음의

[Fig. 10]과 같이, 분할된 면에 암수형태의 돌기를 3D 모델링 단계에서 만들어 주면, 출력 후 보다 수월하게 분할된 면을 접합, 정확한 조립을 할 수 있다.



[Fig. 10] Example of joint for divided printing

두 번째, 형태적 분석에 의한 적층 방향에 대한 고려가 중요한 이유는, 동일한 형태라 하더라도 출력할 오브젝트를 어떤 방향으로 적층하여 조형하느냐에 따라서, 서포터의 생성 유무뿐만 아니라, 출력 될 오브젝트 표면거침의 정도에 또한 영향을 미칠 수 있기 때문이다.



[Fig. 11] Difference of surface finish by object's direction

위의 [Fig. 11]을 가지고 이 부분에 대하여 보다 상세히 설명하면, 길쭉한 타원형의 입체도형을 출력 할 경우, 가로방향으로 프린트 하는 것 보다는 세로 방향으로 세

워서 프린트 하는 것이, 보다 조밀한 표면상태를 지닌 결과물을 얻을 수 있다. 즉 레이어 층들이 쌓여 조형이 될 때, 쌓이는 레이어 층의 간격이 좁으면 좁을수록 출력된 물체의 표면이 더 매끄럽게 출력된다는 것을 의미하는 것으로, 이는 단지 출력물 자체의 표면품질뿐만 아니라, 다음의 과정인 후가공에서 소요되는 작업 시간을 절약할 수 있다는 측면에서, 적층 방향은 출력 전 단계에서 중요하게 고려되어야 할 사항의 하나라고 할 수 있다.

이와 같이 작업적 측면에서 출력물의 완성도를 높일 수 있는 방법들을 중심으로 교육내용을 구성해 보았다. 무엇보다 메인프로덕션 과정에서는, 콘셉트에 기초하여 작업된 3D 데이터의 출력 품질을 높일 수 있는 방법들에 대한 숙지뿐만 아니라, 피교육자가 다음의 과정인 후가공 작업까지도 고려하여 작업을 진행할 수 있도록, 실무적 관점의 방법들을 제공하고 이를 실습할 수 있도록 충분한 기회를 제공하는 것이 중요하다고 생각한다.

3.3 포스트프로덕션(post production)

3.3.1 교육과정 개요 및 목표

이 과정의 교육목표는, 3D 프린터로 출력된 결과물의 최종 완성도를 높이기 위한 공정인 후가공 작업의 필수적 내용들에 대한 이해와 숙지를 통하여, 출력물의 표면상태를 최대한 마감하게 보정하고 도장 작업을 거쳐, 최초 디자인 콘셉트가 유지된 최종 작품을 완성토록 하는데 있다. 이를 위해 교육내용을 후가공의 전체적 공정과 각각의 필요이유에 대한 설명과 함께, 상품화과정에 대한 내용이 포함된 이론 부분과, 후가공 과정의 핵심적 내용인 출력 결과물의 표면 가공과 처리에 대한 부분을 설명한 실습 부분으로 구성하였다. 이 과정의 수업진행을 위한 제반조건으로는, 세공공구 및 핸드피스, 그리고 기본 도료와 같은 후가공을 위한 최소한의 공구 및 장비들이다.

3.3.2 이론교육 내용

전체적인 후가공 공정은 크게 표면마감 공정과 도색 공정을 포함한 표면처리(surface treatment) 과정과 상품화 과정으로 요약할 수 있다.

적층식인 FDM방식 프린터의 경우, 사용하는 프린터 노즐의 직경에 따라서 출력물의 표면 매끄러움 정도에 차이가 있으나, 기본적으로 레이어가 적층되면서 조형이

되기 때문에, 출력물 표면에 계단 현상이 발생할 수밖에 없다. 표면마감 공정은 이를 처리하여 출력물의 표면을 매끄럽게 다듬는 작업이라 할 수가 있으며, 도색 공정은 마감처리된 출력물의 표면에 색을 입히는 작업이라 할 수 있다. 이러한 표면처리 과정이 필요한 근원적 이유는, 최초 디자인 콘셉트의 완성이라는 시각적 측면에서 뿐만 아니라, 표면마감과 도색 작업을 통하여 출력물 자체의 내구성을 높인다는 측면에서 또한 그 이유를 찾을 수 있다. 각각의 작업을 간략히 요약, 정리하면, 주로 세공용 공구 및 핸드피스를 이용하여 거친 표면을 매끄럽게 다듬는 표면마감 작업에서는, 가공할 대상(출력물)의 표면상태, 형태 및 크기에 따라서 적합한 공구를 선택적으로 사용하여, 한 번의 공정으로 마무리를 짓는 것이 아니라, 반복작업을 통하여 공정을 진행하는 것이 최선의 방법이라 하겠다. 도색 작업 역시 도색과 건조의 반복작업이 도색면의 완성도를 높이는 최선의 방법이며, 분할 출력된 결과물의 경우, 도장 작업이 접착면의 내구성을 강화할 뿐만 아니라, 접착된 면을 시각적으로 숨김으로서 표면을 매끄럽게 보이게 할 수 있는 하나의 방편이 될 수도 있다.

상품화과정이란, 본 연구에서 제한한 교육내용과 더불어 부가가치 창출을 위한 제반적인 모든 행위들을 포함하는 것이라 할 수 있다. 즉 디자인 결과물을 조형하는 일련의 디자인 행위뿐만 아니라, 제도적 접근방식인 디자인특허출원 및 등록출원과 생산적 접근방식인 양산(量産), 유통 및 마케팅 등이 이에 포함된다고 할 수 있는데, 현실적으로 디자인 관련학과에서 이 부분의 전문적 내용을 모두 강의하기는 힘들다고 판단된다. 따라서 디자인 관련학과에서는 3D 프린터로 제작된 디자인 결과물의 사용 목적을 보다 명확히 피교육자가 인지하고 작업을 진행할 수 있도록 시장동향을 분석한 자료들을 피교육자에게 충실히 제공함과 동시에, 최종 결과물을 돋보이게 할 수 있는 포장디자인을 담당하고, 추가적으로 경영대학과 함께 디자인 결과물의 상품성을 향상시킬 수 있는 내용 중심의 융합형 협동강의를 제안해 본다.

3.3.3 실습교육 내용

이 과정에서 중점적으로 요구되는 실습내용은, 후가공과 관련된 이론적 내용을 기반으로 출력물의 시각적 완성도를 높일 수 있는 실질적 방법들을 습득하는 것을 목

표로, 세부적인 실습내용은 서포터 제거 및 표면정리와 도색으로 크게 구분하여 작업 연계성에 초점을 둔 순차적 구조로 구성하였다.

첫째, 서포터 제거 및 표면정리에서 최우선적으로 해야 하는 작업은, 출력과정에서 지지대 역할을 했던 서포터의 신속한 제거로, 서포터는 시간이 경과하면서 경화(硬化)가 진행되기 때문에, 출력 후 최대한 빨리 제거를 하는 것이 서포터로 인한 출력물 외형의 손상과 변형을 최소화할 수 있는 방법이다. 서포터 제거 후, 입체 조형물의 제작 시 일반적인 표면정리 방법인 샌딩(sanding)과 필링(filling) 기법을 사용, 원하는 표면상태를 얻을 때까지 인내심을 가지고 반복적으로 표면정리 작업을 하는 것이 좋다. 본 연구를 진행하면서 다양한 테스트를 진행한 결과, 샌딩 작업 시, 처음부터 고운 사포를 사용하게 되면 가공시간이 오래 걸리기 때문에 작업 초반에는 거칠 정도가 조금 강한 사포를 사용, 전체적으로 거친 면을 제거한다는 느낌으로 작업을 한 후에, 면의 형태나 면적에 따라 적합한 거칠 정도를 가진 사포를 사용하여 작업하는 것을 추천한다. 또한 거칠 정도가 강한 사포를 사용할 경우에는 표면에 사포자국이 남을 수 있으므로, 되도록 하나의 방향으로 작업을 하는 것이 좋다. 필링 작업은 출력 과정에서 출력물의 표면에 생길 수 있는 굴곡이나 홈, 또는 샌딩 작업에서 생길 수 있는 굴곡이나 홈에 퍼티(putty) 재질을 추가적으로 채워주는 작업으로서, 샌딩 작업만으로 표면 처리를 할 경우, 때에 따라서는 출력물에 심한 형태적 변형이나 벽의 뚫림 현상을 초래할 수 있기 때문에, 샌딩 작업간에 표면의 상태를 확인하면서 필링 작업을 병행하여 작업을 하는 것이, 최소한의 외형적 변형을 담보하면서 출력물의 표면을 정리할 수 있는 최선의 방법이라 하겠다.

둘째, 결과물의 견고함과 시각적 효과를 극대화 할 수 있는 도색 작업은, 디자인 콘셉트에 따라 출력물에 색을 입히는 과정으로서 표면마감 이후에 하도(下塗), 상도(上塗), 그리고 마감코팅 순서로 구분하여 진행되는 것이 일반적이다. 하도 도색은 하도용 안료를 표면처리가 된 출력물에 뿌리거나 칠해 줌으로서, 표면상태의 이상유무를 확인함과 동시에, 다음의 상도 도색에서 사용될 안료의 안착성을 높일 수 있도록 하는 작업이다. 상도 도색은 디자인 콘셉트에 따라 결정된 색상의 안료를 표면에 고르게 도포하는 작업으로서, 여러 번의 도포와 건조 과정을

거쳐 마무리 하는 것이 좋으며, 안료의 종류, 도포된 안료의 양 및 작업환경에 따라서 안료의 안착상태에 차이가 있으므로, 상태를 확인해가면서 적절한 횟수와 건조시간을 안배하는 것이 가장 중요하다. 마지막으로 마감코팅은 도장면에 코팅제를 도포하여 코팅막을 형성, 도장면을 보호함과 동시에, 표면의 광택효과를 배가(倍加)시키는 작업이라 하겠다.

이처럼, 후가공을 중심으로 한 포스트프로덕션 과정은, 최초 기획된 디자인 콘셉트에 따라 3D 프린팅된 출력물을 하나의 디자인 상품으로 최종 마무리를 짓는 작업인 만큼, 모든 작업을 행함에 있어 시간적 여유를 가지고 진행이 되어야 한다는 점을 피교육자에게 강조하고, 인지시킬 수 있도록 교육하는 것이 중요하다고 하겠다.

최종적으로 다음의 <Table 2>는 본 연구에서 세 개의 과정으로 구성, 제한한 교육내용의 주요 사항들을 요약, 정리한 표로, 각 과정에 평가항목들을 추가하여 작성해 보았다.

<Table 2> Main points of each course in education proposal

Stage	Content of education	
pre-production	theory	-differences by type of 3d printer -understanding of the manufacture process
	practice	-understanding the components of 3D printed object -experience of 3D printing by geometric form -get the solving skills about structural problems with 3d printed object
	evaluation	-submit own 3D printed object which is composed by geometric form
	conditions	-3D software & FDM 3D printer
main-production	theory	-principal settings of the 3D printer -understanding the value of setting on the results
	practice	-morphological analysis of the 3D geometry -prediction of allowable range about the output time, condition of surface, materials
	evaluation	-submit printed output showing divided printing -submit images showing the making process from concept design to printing
	conditions	-3D modeling data(STL) & FDM 3D printer
post-production	theory	-understanding the essential contents of post process -understanding about the process of merchandising
	practice	-polishing the surface of the 3D printed object -packages for merchandising
	evaluation	-check the final completeness -present the final output with explanation about whole process
	conditions	-work tools for postprocess

4. 결론

가까운 미래에 우리 생활을 크게 변화시킬 ‘제 3의 혁명’[4]으로 최근 자주 언급되고 있는 3D 프린팅 기술은, 본문의 3D 프린팅 기술의 이론적 배경 부분에서 언급했듯이, 대중적 소개가 최근일 뿐 이미 그 발전의 역사가 오래되었으며, 산업용의 경우에는 비용적인 측면을 고려치 않으면 바로 제품화가 가능할 정도의 결과물을 얻을 수 있을 정도로 빠르게 발전하고 있다. 단지 개인용으로 3D 프린팅 기술을 우리의 실생활 전반에 활용하기 위해서는, 아직까지 기기와 소재 가격의 하락, 조형속도의 개선, 소재의 다양화, 최대 출력사이즈의 확대와 같은 부분에서 더 많은 개선이 필요한 상황이라 할 수 있다. 즉 3D 프린팅 기술은, 현재 그 활용의 측면에서 보면 미생(未生)의 단계로서 대중화가 되기에는 아직 많은 부분에서 보완이 필요하나, 지금의 발전 속도로 예상했을 때, 조만간 산업적으로 또한 경제적으로 우리에게 많은 기회를 제공할 수 있는 기술의 하나가 될 것만은 분명하다고 판단된다.

본 연구는 최근 3D 프린팅 기술이 지닌 다양한 가능성으로 인하여, 높은 대중적 관심과 교육적 필요성이 대두되고 있는 상황에서, 디자인대학에서 3D 프린터를 새로운 창작 도구의 하나로 활용할 수 있는 교육안을 제안하는 데 목적을 두고 진행하였다. 이를 위해, 대학의 제한된 교육환경에서 3D 프린팅 교육이 가능할 수 있도록 최소한의 제반시설을 전제 조건으로, 현지점에서 3D 프린터의 대표적 기술유형 중, 출력물의 완성도는 떨어지지만 비용적 측면에서 가장 큰 장점을 가지고 있음과 동시에, 전반적인 3D 프린터의 운용을 습득함에 큰 무리가 없는 FDM방식의 프린터를 중심으로, 실무적 관점의 순차적 교육내용들을 구성해 보았다.

새로운 기술이 단순한 기대에서 하나의 패러다임(paradigm)으로 각인되고, 그것이 특정 집단의 전문적 용도가 아닌 대중의 일반적 용도까지 확대, 사회 전반에 영향을 미치는 단계까지 도달하기 위해서는, 적지 않은 물리적 시간이 소요되는 것이 사실이지만, 현재 3D 프린팅 기술과 관련하여 다양한 학술적 연구와 실무의 다양한 시도들이 더해지고 있기에, 장밋빛 청사진이 아닌 현실적인 부분에서, 보다 빨리 3D 프린팅 기술이 우리 생활 전반에 영향을 미칠 시기가 도래할 것이라는 개인적 믿

음을 피력하며, 본 연구를 마무리 짓도록 하겠다.

ACKNOWLEDGMENT

"This work was supported by the 2015 Inje University research grant."

REFERENCES

- [1] Do-Won Lim, "Creative 3D printing & modeling", Mijinsa, p. 10, p. 211, 2014.
- [2] R&D information center, "Analysis of market, trend, and use of major industries in 3D printing", knowledge industry information institute, p.142, 2013.
- [3] <http://www.ikld.kr>
- [4] Jin-won Yang, "A study on the fashion design adapting three-dimensional digital printing technology", The graduate school of industrial art, Hongik University, p.15, 2013.
- [5] Sheng-yi Jin, "A study on the development of the model of design-business using 3D printing", Dept. of design, The graduate school of Konkuk University, 2015.
- [6] Byung-chul Cho, "A study on the efficiency of manufacturing character goods by 3D printer", Dept. of design, The graduate school of Silla University, 2014.
- [7] Han-min Jung, "Understanding & trend of technology in 3D printing", National Assembly Library, 2014.
- [8] Chang-jo Lee, Jong-nam Sohn, "Plans for 3D printers diffusion: Focusing on production figures", Vol. 12 No. 9, Journal of digital convergence, 2014.
- [9] Tae-seon Choi, "A Study on the Foundation Course of Design Colleges", Vol. 15 No. 4, Korea society of basic design & art, 2014.
- [10] Seung-ho Jung, "Application of 3D printer in developing animation character", Dept. of plastic design, The graduate school of Donga University, 2013.
- [11] Jung-Yeob Han, "A study on the prototype modeling method using 3D printing", Vol. 34, Korea institute

of cultural product & design, 2013.

- [12] Se-Young Chang, Jean-Hun Chung, "Development of a Model of Animation Education Contents applied in STEAM", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 13, No. 2, pp. 333-341, 2015.
- [13] Hyeon-Chang Kim, "A Study on the socio-economic impact of 3D Printing", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 13, No. 7, pp. 23-31, 2015.
- [14] Kyoo-Sung Noh, "Educational Policy Proposals through Analysis of the Perception of Bigdata for University Students", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 13, No. 11, pp. 25-33, 2015.
- [15] Heung-Su Kim, "A Study on the Convergence Entrepreneurship Curriculum Development", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 13, No. 5, pp. 79-88, 2015.
- [16] Seok-Beom Yoon, Eun-Young Jang, "A Development of Creative Capstone Design Education", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 5, No. 4, pp. 15-20, 2014.
- [17] Hye-Kyung Shin, Hyeon-Gi Baek, Gan-Su An, "Study on the Curriculum standards model of Green Coffee Education", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 11, No. 10, pp. 103-122, 2013.
- [18] Myoun-Jae Lee, "A Study on Game Production Education through Recent Trend Analysis of 3D Game Engine", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 4, No. 1, pp. 15-20, 2013.
- [19] Young-Ae Jung, "A Study on the Education Model for Information Literacy Improvement of Multi-cultural Family Children", Journal of the Korea Convergence Society, Vol. 2, No. 1, pp. 15-20, 2011.
- [19] <http://www.itworld.co.kr>
- [20] <http://www.businesspost.co.kr>

성 국 주(Sung, Kug Joo)



- 1996년 2월 : 건국대학교 공예학과 (BFA)
- 2001년 11월 : 미국, Savannah college of art and design(SCAD), Computer art (MFA)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 건국대학교 예술디자인 대학 겸임교수
- 2009년 4월 ~ 현재 : DoingLabs 대표
- 관심분야 : 3D Computer Animation, Contents Design,
- E-Mail : secondangel@hotmail.com

김 석 래(Kim, Suk Rae)



- 2004년 3월 : 미국, Savannah college of art and design(SCAD), Computer art (MFA)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인제대학교 디자인대학 영상디자인전공 교수
- 2014년 3월 ~ 현재 : 동국대학교 영상대학원 멀티미디어학과 박사과정
- 관심분야 : 3D Computer Animation, Contents Design, Character Design
- E-Mail : deani4@inje.ac.kr